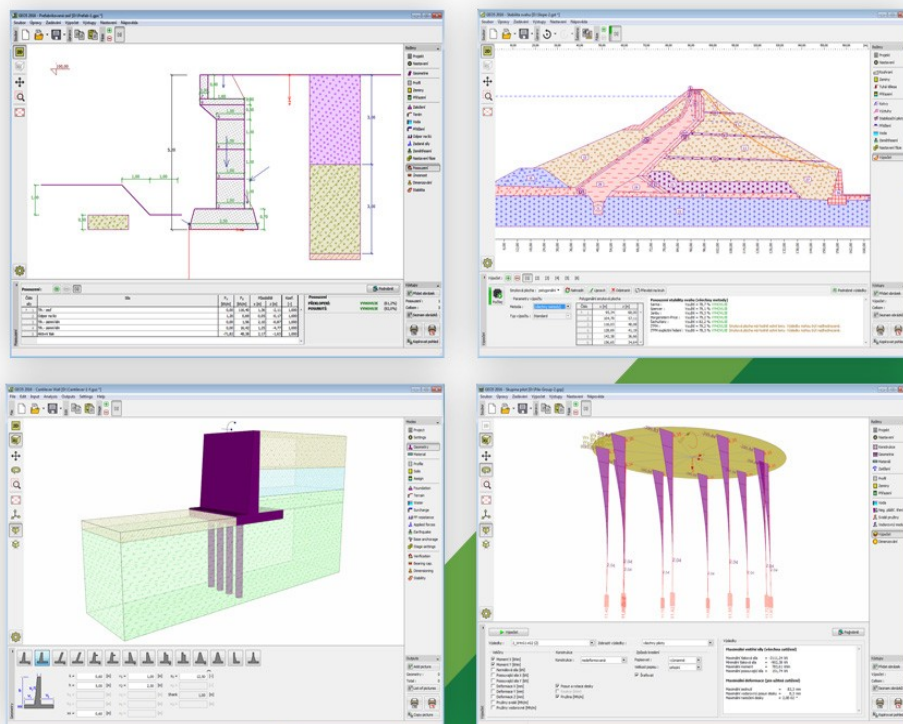




Guia de usuario

Edición 2019



Contenido

Usando la ayuda.....	41
Utilizando la función “Buscar”.....	41
Entorno definido para el usuario.....	42
Ventanas de aplicación.....	43
Menú de control.....	44
Barra de herramientas y control.....	45
Archivos.....	46
Editar.....	47
Plantilla.....	48
Etapas de construcción.....	48
Visualización.....	49
Cuadros.....	51
Salidas.....	52
Vista en 3D	52
Configuración de gráficos.....	53
Administrador de estilos de gráficos.....	55
Cuadros.....	56
Tablas.....	58
Cuadro de diálogo.....	60
Dimensiones y objetos activos.....	61
Funciones del mouse.....	62
Ratón menú contextual.....	65
Unidad - Métrica / Imperial.....	66
Copiar al portapapeles.....	67
GeoClipboard.....	67
Copiar y pegar los datos del proyecto.....	68
Copiar y pegar interfaces 2D.....	69
Copiar y pegar suelos y cuerpos rígidos.....	70
Copiar y pegar asignaciones 2D.....	70
Opciones.....	71
Opciones - Entrada (cuadrícula y reglas)	72
Opciones - Copiar en el portapapeles.....	73
Opciones - Figuras e Impresión.....	74
Entradas comunes.....	75
Añadir y editar suelos.....	76

Clasificación de suelos.....	77
Niveles de suelos y rocas.....	79
Clasificación manual de suelos.....	80
Interfaces en ambientes 2D.....	81
Añadir interfaces.....	82
Editar Puntos de interfaz	83
Editar y eliminar una interfaz.....	86
Corrector de entrada de interfaz.....	88
Coordenadas globales.....	89
Entrada de objetos y datos.....	92
Añadir.....	92
Añadir Gráficamente.....	93
Asignación de suelos.....	94
Coeficientes de diseño.....	95
Ejecución de diferentes Análisis / Verificaciones.....	96
Conectando programas.....	97
Vistas guardadas.....	98
Configuración de gráficos : Análisis.....	99
Configuración de gama de colores.....	100
Definición de gama de colores.....	101
Importar - Exportar DXF.....	102
Lectura de datos dentro de la plantilla.....	103
Lectura de datos dentro de la interfaz.....	104
Lectura de datos desde GeoClipboard.....	105
Ingreso de datos utilizando plantilla.....	105
Modificación de plantillas durante la introducción de datos.....	106
Exportar DXF.....	107
Importar DXF.....	108
Importar tabla de datos	109
(1) Archivo de entrada.....	112
(2) Vista previa del archivo de entrada.....	113
(3) Parámetros de entrada de archivo para la división en columnas.....	114
(4) Archivo de entrada dividida en columnas.....	115
(5) Asignar datos importados a columnas.....	115
(6) Vista previa del resultado de la importación.....	116
Importar LandXML.....	116
Herencia - Etapa de construcción.....	118

Vista del sitio en Google Maps.....	119
Estándares y métodos de análisis.....	121
Administrador.....	122
Exportar e importar configuraciones.....	122
Lista de configuración.....	123
Configuración de análisis.....	124
Materiales y estándares	125
Análisis de muro.....	127
Excavaciones Análisis de presión.....	128
Análisis de estabilidad.....	129
Asientos.....	130
Zapata.....	131
Anclajes.....	132
Pilotes.....	132
Pilotes CPT.....	133
Micropilotes.....	134
Grupo de pilotes.....	135
Añadir nueva configuración.....	135
Metodología de verificación.....	136
Análisis según el factor de seguridad.....	136
Análisis según la teoría de los estados limite.....	137
Análisis según la norma EN 1997.....	138
Factores parciales.....	138
Enfoques de diseño.....	139
Enfoque de diseño 1.....	140
Enfoque de diseño 2.....	141
Enfoque de diseño 3.....	141
Anexo Nacional (AN).....	142
Factores Parciales en agua.....	142
Análisis de muros (estructuras de soporte).....	143
Análisis de estructura pantalla.....	144
Análisis de cimentación (zapata, pilotes).....	145
Análisis Estabilidad de taludes.....	146
Combinación de carga.....	147
Análisis según LRFD.....	148
LRFD - Situaciones de diseño.....	149
LRFD - Análisis de muros (estructuras de soporte).....	150

LRFD 2012 - Análisis de cimentaciones.....	151
LRFD 2012 - Análisis para estabilidad de taludes.....	152
Análisis según los estándares Chinos.....	153
Situaciones de diseño.....	154
Programas Individuales.....	154
Programa Presiones de Tierra.....	155
Proyecto.....	156
Configuración.....	156
Geometría.....	157
Perfil.....	158
Suelos.....	159
Datos básicos.....	160
Asignar.....	161
Superficie del Terreno.....	162
Agua.....	163
Sobrecarga.....	164
Sismo.....	165
Configuración de etapa.....	166
Análisis.....	166
Programa Muro en Voladizo.....	167
Proyecto.....	168
Configuración.....	169
Geometría.....	170
Material.....	171
Perfil.....	173
Suelos.....	174
Datos básicos.....	175
Asignar.....	176
Cimentación.....	177
Relleno.....	178
Terreno.....	179
Agua.....	180
Sobrecarga.....	181
Resistencia	182
Fuerzas aplicadas.....	183
Sismo.....	184
Base de anclajes.....	185

Configuración de etapa.....	186
Verificación de Equilibrio.....	187
Verificación de Capacidad portante.....	188
Verificación del Muro.....	190
Verificación de Estabilidad Global.....	192
Programa Muro de Gravedad.....	193
Proyecto.....	194
Configuración.....	194
Geometría.....	195
Forma general del muro	197
Material.....	201
Perfil.....	202
Suelos.....	203
Datos básicos.....	204
Asignar.....	205
Cimentación.....	206
Relleno.....	207
Superficie del Terreno.....	208
Agua.....	209
Sobrecarga.....	210
Resistencia	211
Fuerzas aplicadas.....	212
Sismo.....	213
Configuración de etapa.....	214
Verificación de Equilibrio.....	215
Verificación de la Capacidad portante.....	216
Verificación del Muro.....	217
Verificación de Estabilidad Global.....	218
Programa Muro Prefabricado.....	219
Proyecto.....	220
Configuración.....	220
Geometría.....	221
Perfil.....	222
Suelos.....	223
Datos básicos.....	224
Asignar.....	225
Cimentación.....	226

Relleno.....	227
Superficie del Terreno.....	228
Agua.....	229
Sobrecarga.....	230
Resistencia	231
Fuerzas aplicadas.....	232
Sismo.....	233
Configuración de etapa.....	234
Verificación de Equilibrio.....	234
Verificación de Capacidad portante.....	235
Verificación del Muro.....	237
Deslizamiento en georefuerzo.....	238
Verificación de Estabilidad Global.....	239
Programa Muro de Mampostería.....	240
Proyecto.....	241
Configuración.....	241
Geometría.....	242
Tipos de bloques.....	243
Material.....	244
Perfil.....	245
Suelos.....	246
Datos básicos.....	247
Asignar.....	248
Cimentación.....	249
Relleno.....	250
Superficie del Terreno.....	251
Agua.....	252
Sobrecarga.....	253
Resistencia	254
Fuerzas aplicadas.....	255
Sismo.....	256
Base de anclajes.....	257
Configuración de etapa.....	258
Verificación de Equilibrio.....	259
Verificación de la Capacidad portante.....	260
Verificación del Muro.....	262
Estabilidad.....	264

Programa Gavión.....	264
Proyecto.....	265
Configuración.....	265
Material.....	266
Geometría.....	267
Perfil.....	268
Suelos.....	269
Datos básicos.....	270
Asignar.....	271
Cimentación.....	272
Relleno.....	273
Superficie del Terreno.....	274
Agua.....	275
Sobrecarga.....	276
Resistencia	277
Fuerzas aplicadas.....	278
Sismo.....	279
Configuración de etapa.....	280
Verificación de Equilibrio.....	280
Verificación de la Capacidad portante.....	281
Verificación del Muro.....	283
Verificación de Estabilidad Global.....	284
Programa Estribo.....	285
Proyecto.....	286
Configuración.....	286
Geometría de corte.....	287
Alas del muro.....	288
Vista geométrica del plano.....	289
Pasos de zapata.....	290
Material.....	291
Perfil.....	292
Suelos.....	293
Datos básicos.....	294
Asignar.....	295
Cargas.....	296
Cimentación.....	297
Relleno.....	298

Superficie del Terreno.....	299
Agua.....	300
Sobrecarga.....	301
Resistencia	302
Fuerzas aplicadas.....	303
Sismo.....	304
Configuración de etapa.....	305
Verificación de Equilibrio.....	306
Verificación de Capacidad portante.....	307
Verificación del Muro.....	308
Verificación de Estabilidad Global.....	310
Programa Muro Claveteado.....	310
Proyecto.....	311
Configuración.....	311
Geometría.....	312
Tipo de clavos.....	313
Geometría de clavos.....	314
Material.....	315
Perfil.....	316
Suelos.....	317
Datos básicos.....	318
Asignar.....	319
Superficie del Terreno.....	320
Agua.....	321
Sobrecarga.....	322
Sismo.....	323
Configuración de etapa.....	324
Verificación de Estabilidad interna.....	324
Verificación de Equilibrio.....	325
Verificación de Capacidad portante.....	326
Verificación del Muro.....	328
Estabilidad	329
Program Muro RediRock.....	330
Proyecto.....	331
Configuración.....	332
Bloques.....	333
Geometría.....	333

Base.....	334
Perfil.....	335
Suelos.....	336
Datos básicos.....	337
Asignar.....	338
Tipos de Refuerzos	339
Refuerzos.....	340
Terreno.....	343
Agua.....	344
Sobrecarga.....	345
Resistencia	346
Fuerzas aplicadas.....	347
Sismo.....	348
Configuración de etapa.....	349
Análisis - Muro de gravedad.....	349
Verificación.....	350
Dimensionado.....	351
Capacidad Portante.....	352
Análisis - Muro de Suelo Reforzado.....	354
Verificación.....	355
Dimensionado.....	356
Capacidad Portante.....	357
Deslizamiento en Geo-refuerzo.....	359
Estabilidad interna.....	360
Estabilidad.....	361
Programa Diseño de Muros Pantalla.....	362
Proyecto.....	363
Configuración.....	363
Perfil.....	364
Suelos.....	365
Datos básicos.....	366
Asignar.....	367
Geometría.....	368
Material.....	369
Anclaje.....	370
Apoyos.....	371
Soportes.....	372

Determinación de presión.....	373
Redistribución de Presiones de la Tierra.....	374
Terreno.....	376
Agua.....	377
Sobrecarga.....	377
Fuerzas aplicadas.....	378
Sismo.....	379
Configuración de etapa.....	380
Análisis.....	381
Dimensionado.....	382
Estabilidad.....	383
Programa Verificación de Muros Pantalla.....	385
Proyecto.....	386
Configuración.....	386
Perfil.....	387
Módulo de reacción del suelo.....	388
Prueba Presiométrica (PMT).....	389
Prueba Dilatometrica (DMT).....	390
Suelos.....	391
Datos básicos.....	392
Geometría.....	393
Material.....	394
Determinación de Presión.....	395
Asignar.....	396
Excavación.....	397
Superficie del Terreno.....	398
Agua.....	399
Sobrecarga.....	400
Fuerzas aplicadas.....	401
Anclaje.....	402
Apoyos.....	403
Soportes.....	404
Sismo.....	405
Configuración de etapa.....	406
Análisis.....	406
Verificación de Estabilidad Interna.....	411
Verificación de Estabilidad Global.....	412

Fallo por tirón.....	413
Dimensionado.....	414
Verificación de anclajes.....	415
Programa Pilote Anti-Deslizante.....	416
Proyecto.....	417
Configuración.....	418
Perfil.....	419
Modulus Kh.....	419
PMTs.....	421
Prueba Dilatometrica (DMT).....	422
Suelos.....	423
Datos Básicos.....	424
Geometría.....	425
Material.....	426
Determinación de presión.....	427
Roca.....	428
Asignar.....	429
Cara frontal.....	430
Terreno.....	431
Agua.....	432
Sobrecarga.....	433
Fuerzas Aplicadas.....	434
Anclaje.....	435
Soportes.....	436
Sismo.....	437
Configuración de etapa.....	438
Análisis.....	439
Dimensionado.....	442
Verificación de anclajes.....	443
Programa Excavación en Pozo.....	444
Proyecto.....	445
Configuración.....	445
Geometría.....	446
Perfil.....	447
Suelos.....	448
Datos Básicos.....	449
Asignar.....	450

Agua.....	451
Sobrecarga.....	452
Configuración de etapas.....	454
Análisis de carga.....	454
Dimensionamiento.....	455
Programa Estabilidad de Taludes.....	457
Proyecto.....	458
Configuración.....	458
Interfaz.....	459
Terraplén.....	460
Corte de Tierra.....	461
Suelos.....	462
Datos básicos.....	463
Cuerpos rígidos.....	464
Asignar.....	465
Anclajes.....	466
Clavos.....	467
Refuerzos.....	468
Pilote Anti-Deslizante.....	469
Sobrecarga.....	470
Agua.....	471
Sismo.....	472
Configuración de etapa.....	473
Análisis.....	474
Entrada de la superficie de deslizamiento.....	476
Restricciones en el proceso de optimización.....	477
Múltiplo de alturas.....	478
Programa Estabilidad de Rocas.....	479
Proyecto.....	480
Configuración.....	481
Terreno - Superficie de deslizamiento plano y poligonal.....	482
Roca.....	484
Superficie de deslizamiento - Plana	485
Superficie de deslizamiento - Poligonal.....	486
Agua - Superficie de deslizamiento plana.....	487
Agua - Superficie de deslizamiento poligonal.....	488
Parámetros - Superficie de deslizamiento poligonal	489

Sobrecarga - Superficie de deslizamiento plano y poligonal.....	491
Fuerzas Aplicadas - Superficie de Deslizamiento Plana	491
Anclaje - Superficie de deslizamiento plano y poligonal.....	492
Sismos.....	493
Configuración de etapa.....	494
Verificación - Superficie de deslizamiento plana	495
Verificación - Superficie de deslizamiento poligonal	495
Geometría - Cuña en roca.....	496
Superficie de deslizamiento - Cuña en roca.....	498
Cuña en roca - Parámetros.....	500
Cuña en roca - Agua.....	502
Cuña en roca - Sobrecarga	504
Cuña en roca - Anclaje.....	506
Cuña en roca - Verificación.....	508
Programa Muro de Suelo Reforzado.....	510
Proyecto.....	511
Configuración.....	511
Geometría.....	512
Material.....	513
Tipos de refuerzos.....	514
Añadir o editar tipo de refuerzo.....	515
Catálogo de usuario.....	516
Refuerzo.....	518
Refuerzos.....	519
Perfil.....	520
Suelos.....	521
Datos básicos.....	522
Asignar.....	523
Superficie del Terreno.....	524
Agua.....	525
Agua.....	526
Sobrecarga.....	527
Resistencia del suelo.....	528
Fuerzas aplicadas.....	529
Sismo.....	530
Configuración de etapa.....	531
Verificación de Equilibrio.....	532

Verificación del Muro.....	533
Verificación de Capacidad portante.....	534
Deslizamiento en georefuerzo.....	535
Verificación de Estabilidad Interna.....	537
Verificación de Estabilidad global.....	537
Verificación Estabilidad de taludes.....	539
Programa Zapata.....	540
Proyecto.....	541
Configuración.....	541
Perfil.....	542
Prueba Dialométrica (DMT).....	543
Suelos.....	544
Datos básicos.....	545
Asignar.....	546
Cimentación.....	547
Carga.....	548
Geometría.....	549
Fondo de la zapata.....	551
Yacimiento Arena-Grava.....	551
Material.....	552
Sobrecarga.....	553
Agua, suelo incompresible.....	554
Sismo.....	555
Configuración de etapa.....	556
Capacidad portante.....	557
Asentamiento y rotación.....	558
Dimensionado.....	559
CPT.....	560
PMTs.....	561
Clasificación de suelo.....	562
Programa Pilote.....	563
Proyecto.....	564
Configuración.....	565
Perfil.....	565
Módulo Kh de reacción del suelo	566
Suelos.....	567
Datos básicos.....	568

Asignar.....	569
Carga.....	570
Geometría.....	571
Material.....	572
Agua + suelo incompresible.....	573
Rozamiento Negativo.....	574
Configuración de etapa.....	575
Verificación Capacidad portante vertical - Análisis basado en el método clásico.....	575
Verificación Capacidad portante vertical - Método spring.....	576
Verificación Asiento - Curva de carga lineal (Poulos).....	578
Verificación Asiento - Curva de carga no-lineal (Masopust).....	579
Capacidad portante horizontal - Subsuelo Elástico (Método p-y).....	580
Verificación Capacidad portante horizontal - Método Brom.....	582
Programa Pilote por CPT.....	584
Proyecto.....	585
Configuración.....	585
Prueba de penetración de cono - CPT.....	586
NF+RN (Napa freática + Rozamiento Negativo).....	587
Clasificación de suelos.....	589
Perfil.....	590
Suelos.....	591
Datos básicos.....	592
Asignar.....	593
Estructura.....	594
Grupo de pilotes.....	596
Geometría.....	597
Efecto de terreno final.....	598
Capacidad portante.....	599
Asentamiento.....	600
Programa Grupo de Pilotes.....	602
Proyecto.....	602
Configuración.....	603
Estructura.....	604
Forma general de un grupo de pilotes.....	605
Geometría.....	609
Material.....	610
Carga.....	611

Carga actuando en un grupo de pilotes.....	612
Perfil.....	614
Suelos.....	614
Datos básicos.....	615
Asignar.....	616
Agua.....	617
Rozamiento negativo.....	618
Resortes verticales.....	619
Módulo horizontal.....	620
Configuración de etapa.....	621
Verificación de capacidad portante vertical - solución analítica.....	622
Asentamiento - Suelos cohesivos.....	623
Asentamiento - Suelos no cohesivos (curva de carga).....	623
Análisis - Método spring.....	624
Verificación del muro.....	625
Capacidad portante.....	626
Programa Micropilote.....	628
Proyecto.....	629
Configuración.....	629
Perfil.....	630
Suelos.....	631
Datos básicos.....	632
Geometría.....	633
Material.....	634
Asignar.....	635
Carga.....	636
Agua.....	637
Pruebas de Penetración Estándar (SPT).....	638
Prueba de Presiómetro.....	639
Verificación de la barra.....	640
Verificación del bulbo.....	641
Programa Losa.....	642
Proyecto.....	643
Configuración.....	643
Juntas.....	644
Líneas.....	645
Macroelementos.....	646

Aberturas.....	647
Refinado de Juntas.....	648
Refinado de Líneas.....	649
Refinamientos de macroelemento.....	650
Generar de Malla.....	651
Advertencias del generador de mallas.....	654
Soporte de juntas.....	656
Soporte de líneas.....	658
Vigas.....	659
Catálogo de materiales.....	660
Editor de materiales.....	662
Tipo de sección transversal.....	663
Catálogo de perfiles.....	664
Editor de sección transversal.....	665
Bisagras internas.....	666
Subsuelos de macroelemento.....	667
Parámetros Winkler - Pasternak C1 a C2.....	668
Cálculo de las constantes de Winkler - Pasternak desde los parámetros de deformación de suelos.....	669
Casos de carga.....	669
Parámetros de casos de carga.....	670
Cargas de junta.....	672
Cargas de línea.....	673
Temperatura de carga.....	674
Cargas de macroelemento.....	675
Cargas de punto libre.....	676
Cargas de línea libre.....	676
Cargas de área libre.....	677
Combinación ULS.....	678
Parámetros de combinaciones de ULS.....	679
Generador de combinaciones de ULS.....	680
Combinación SLS.....	683
Parámetros de combinaciones SLS.....	684
Generador de combinaciones de SLS.....	685
Parámetros de dimensionamiento.....	685
Dimensionamiento de macroelemento.....	686
Verificación.....	687

Procedimiento de análisis.....	688
Resultados.....	689
Barra de herramienta - Resultados.....	690
Configuración de visualización de resultados.....	691
Lista de variables.....	692
Lista de variables de dimensionamiento.....	692
Reducción de los momentos de flexión.....	693
Valores.....	695
Distribuciones.....	696
Sistemas de coordenadas (signo de convención).....	697
Programa Vega.....	700
Proyecto.....	700
Configuración.....	701
Winkler-Pasternak parámetros C1 y C2.....	702
Cálculo de parámetros Winkler-Pasternak C1 y C2 del perfil geológico.....	702
Cálculo de las constantes de Winkler-Pasternak de la deformación de parámetros de suelo.....	703
Geometría.....	703
Subsuelo.....	704
Interfaz.....	705
Ubicación.....	706
Suelos.....	707
Datos básicos.....	708
Asignar.....	709
Agua.....	710
Soportes.....	711
Casos de carga.....	712
Parámetros de casos de carga.....	713
Carga.....	715
Combinación ULS.....	716
Parámetros de combinación ULS.....	717
Generador de combinaciones de ULS.....	718
Combinación SLS.....	721
Parámetros de combinación de SLS.....	722
Generador de combinaciones de SLS.....	723
Verificación.....	723
Programa Asientos.....	724

Proyecto.....	725
Configuración.....	725
Interfaz.....	726
Terraplén.....	727
Corte de Tierra.....	728
Suelo incompresible.....	729
Suelos.....	730
Datos básicos.....	731
Asignar.....	732
Sobrecarga.....	733
Agua.....	734
Configuración de etapa.....	735
Análisis.....	736
Parámetros de consolidación.....	738
Programa Asientos con Excavaciones.....	740
Proyecto.....	741
Configuración.....	741
Construcciones.....	742
Perfil.....	743
Suelos.....	743
Asignar.....	744
Geometría de excavación.....	745
Medición.....	746
Configuración de etapa.....	747
Análisis.....	748
Daños.....	749
Programa Terreno.....	751
Proyecto.....	751
Datos básicos.....	752
Sistema de coordenadas global.....	753
Suelos.....	754
Asignar.....	755
Puntos del terreno.....	756
Importar puntos.....	758
Cálculo de altura automático.....	759
Bordes.....	760
Agua.....	761

Perforaciones.....	762
Modelo del terreno.....	764
Sitio de construcción.....	766
Generar.....	768
Modelado de terreno en el borde.....	769
Punto de construcción.....	770
Línea de construcción.....	772
Ejecutar.....	773
Programa Estratigrafía.....	775
Proyecto.....	775
Configuraciones.....	776
Modelado 2D.....	777
Sistema de coordenadas.....	778
Plantillas.....	779
Creación de Pantilla definida por el usuario.....	781
Datos de entrada.....	782
Imprimir Protocolos de Salida.....	785
Sitio de Construcción.....	787
Bordes Activos.....	788
Puntos del Terreno.....	789
Bordes del terreno.....	790
Ensayos de Campo.....	791
Datos adicionales para Ensayos de Campo.....	792
Importar desde Ensayos.....	793
Perforaciones.....	795
Documentación geológica.....	797
Suelos.....	798
Perfiles de Suelo.....	799
Relación entre Ensayos de campo, Perfiles de suelo y Perforaciones.....	800
Creación de Perfil de Suelo a partir de Perforaciones.....	801
Creación del Perfil de Suelo a partir de CPT.....	801
Creation of Soil Profile using Classification of Soils.....	802
Creación del Perfil de Suelo a partir de SPT,DPT,PMT.....	804
Secciones Geológicas.....	804
Grafico de una Sección Geológica.....	806
Modelo Geológico.....	807
Creación del Modelo Geológico.....	808

Proceso de creación del Modelo Geológico.....	808
Creación del Modelo de Terreno.....	809
Modelo Geológico con Capas Horizontales.....	811
Modelo geológico con Capas siguiente el Terreno.....	815
Bordes del Sitio de Construcción - Bordes Activos.....	816
Editar Capas de Suelo.....	819
Creación de lentes de Suelo.....	820
Creación de una Nueva Capa dentro del modelo.....	824
Modelling of Fault.....	827
Estado de Perforaciones.....	835
Perforación Maestra.....	837
Editar Perforación.....	839
Añadir Perforación.....	842
Compatibilidad de Perforaciones.....	844
Definition of Interface in Borehole.....	845
Order of layer generation.....	848
Perfiles de Salida.....	850
Secciones de Salida.....	850
Copiar datos del programa Estratigrafía a otros programas GEO5.....	851
Programa MEF.....	853
Topología.....	854
Sistema de coordenadas.....	854
Proyecto.....	857
Configuración.....	857
Análisis de estabilidad.....	858
Análisis del plano de tensión.....	858
Simetría axial.....	860
Túneles.....	863
Consolidación.....	863
Principio de la solución numérica por consolidación.....	864
Procedimiento Ko.....	868
Flujo de agua.....	869
Análisis de flujo.....	870
Interfaz.....	871
Suelos.....	872
Modelos de materiales.....	873
Modelos lineales.....	874

Modelo elástico.....	875
Modelo elástico modificado.....	875
Modelos no lineales.....	876
Modelo Mohr-Coulomb (MC).....	878
Modelo de Mohr-Coulomb con tensión de corte.....	878
Modelo Mohr-Coulomb Modificado (MCM).....	879
Modelo Drucker-Prager.....	879
Ablandamiento y endurecimiento.....	880
Ángulo de dilatación.....	882
Influencia del modelo de material.....	882
Modelo Cam Clay modificado (MCC).....	883
Modelo Generalizado de Cam Clay (GCC).....	886
Implementación numérica de los modelos MCC y GCC.....	888
Arcilla hipoplástica.....	890
Variable de Rigidez.....	897
Modelo de materiales en el análisis de flujo.....	898
Coefficiente de permeabilidad.....	902
Datos Básicos.....	904
Tensión geostática, aumento de presión.....	906
Cuerpos rígidos.....	907
Asignar.....	908
Tipos de contacto.....	909
Elementos de contacto.....	911
Revestimiento.....	912
Módulo revestimiento – MEF.....	913
Puntos libres.....	914
Líneas libres.....	915
Líneas de refinamiento.....	916
Configuraciones.....	917
Generador de formas de revestimientos.....	918
Generador de regiones ancladas.....	920
Etapas de construcción.....	921
Puntos libres.....	922
Líneas libres.....	924
Punto de refinamiento.....	925
Línea de refinamiento.....	926
Refinados libres.....	927

Generar malla.....	928
Advertencias sobre el generador de mallas.....	931
Ajustes de la geometría original.....	932
Estándar para condiciones límites	933
Etapas de construcción.....	934
Excavación.....	935
Actividad.....	936
Actividad de las regiones debajo del nivel freático del suelo.....	938
Asignar.....	939
Revestimiento.....	940
Vigas.....	940
Anclajes.....	941
Vigas de carga.....	942
Generador de anclajes en línea libre.....	943
Vigas.....	944
Tipos de secciones transversales.....	946
Puntos extremos de las vigas.....	947
Degradación y refuerzo de vigas.....	948
Catálogo de secciones transversales.....	949
Editor de secciones transversales.....	950
Catálogo de materiales.....	950
Editor de materiales.....	951
Contactos.....	952
Contactos y vigas (flujo de agua).....	953
Puntos de apoyo.....	954
Puntos de fluidez.....	955
Líneas de apoyo.....	956
Línea de fluidez.....	956
Anclajes.....	957
Puntos finales de anclaje.....	959
Anclaje en el análisis de estabilidad.....	960
Apoyos.....	961
Refuerzos.....	963
Geo-refuerzos anclados.....	964
Rigidez axial de los geosintéticos.....	966
Sobrecarga.....	967
Regiones Elásticas.....	969

Cargas sobre viga.....	970
Agua.....	972
Análisis.....	973
Análisis de flujo transitorio.....	974
Modelo de procedimiento recomendado.....	980
Pérdida de convergencia en análisis no lineales.....	981
Configuración y descripción de análisis.....	982
Método de solución.....	983
Cambio en la matriz de rigidez.....	983
Paso de solución inicial.....	985
Máximo número de iteraciones.....	985
Criterio de convergencia.....	985
Configuración del método Newton-Raphson.....	985
Configuración del método Arco-longitud.....	986
Configuración de Arco-longitud.....	988
Control automático del Arco-longitud.....	989
Método Línea de búsqueda.....	990
Plasticidad.....	990
Curso del análisis.....	991
Resultados.....	992
Barra de resultados.....	993
Configuración de gráficos : Análisis.....	993
Lista de variables.....	994
Monitores.....	996
Configuración de monitores.....	997
Gráficos.....	998
Estabilidad.....	999
Configuración de parámetros básicos del análisis de estabilidad de taludes.....	1001
Configuración de los parámetros que conducen la relajación de la reducción de parámetros.....	1002
Sin Regiones de reducción.....	1003
Sismo.....	1004
Salidas.....	1004
Añadir gráfico.....	1005
Lista de gráficos.....	1007
Imprimir y exportar documento.....	1009
Imprimir y exportar la vista del escritorio.....	1011

Barra de control - Imprimir y exportar.....	1013
Configuración de página.....	1015
Configuración de encabezado y pie de página.....	1015
Numeración de página.....	1017
Acerca de la compañía.....	1017
Teoría.....	1019
Tensión en un cuerpo terrestre.....	1019
Tensiones geo-estáticas en un cuerpo terrestre, cálculo de aumento de presión.....	1019
Tensión Efectiva / Tensión Total.....	1020
Tensión incremental debido a sobrecarga.....	1022
Tensión incremental debajo de la base.....	1023
Presiones de tierras.....	1024
Convención de signos.....	1025
Presión activa de la tierra.....	1025
Presión activa de la tierra - La teoría de Mazindrani.....	1026
Presión activa de la tierra - La teoría de Coulomb.....	1027
Presión activa de la tierra - La teoría de Müller-Breslau.....	1028
Presión activa de la tierra - La teoría de Caquot.....	1029
Presión activa de la tierra - La teoría de Absi.....	1030
Presión activa de la tierra - Tensión Total.....	1031
Presión pasiva de la tierra.....	1031
Presión pasiva de la tierra - La teoría de Rankin y Mazindrani.....	1032
Presión pasiva de la tierra - La teoría de Coulomb.....	1033
Presión pasiva de la tierra - La teoría de Caquot - Kérisel.....	1034
Coeficientes de la presión pasiva de la tierra K_p	1034
Coeficientes de reducción de la presión pasiva de la tierra.....	1038
Presión pasiva de la tierra La teoría de Müller - Breslau.....	1038
Presión pasiva de la tierra - La teoría de Absi.....	1039
Presión pasiva de la tierra - La teoría de Sokolovski.....	1039
Presión pasiva de la tierra - Tensión Total.....	1042
Presión en reposo de la tierra.....	1042
Presión en reposo de la tierra por inclinación de la superficie detrás de la estructura	1043
Presión Activa aumentada.....	1044
Distribución de la presión de tierras en casos de terrenos quebrados.....	1044
Influencia del agua.....	1045
Sin aguas subterráneas, el agua no se considera.....	1046

Presión hidrostática, aguas subterráneas detrás de la estructura.....	1046
Presión hidrostática, aguas subterráneas por delante y detrás de la estructura.....	1047
Presión hidrodinámica.....	1048
Especial distribución de la presión del agua.....	1049
Aumento de presión en la base de la zapata.....	1051
Influencia de las grietas de tracción.....	1051
Presión mínima de dimensionamiento	1051
Presión en cuña de tierra.....	1052
Influencia de la sobrecarga en la presión de tierras.....	1054
Sobrecarga en la superficie - Presión activa de la tierra.....	1054
Sobrecarga continua - Presión activa de la tierra.....	1055
Sobrecarga trapezoidal - Presión activa de la tierra.....	1056
Sobrecarga concentrada - Presión activa de la tierra.....	1056
Sobrecarga lineal - Presión activa de la tierra.....	1057
Incremento de la presión de la tierra debido sobrecarga horizontal.....	1059
Sobrecarga en suelos no homogéneos.....	1061
Sobrecarga en la superficie - Presión en reposo de la tierra.....	1061
Sobrecarga continua - Presión en reposo de la tierra.....	1062
Sobrecarga trapezoidal - Presión en reposo de la tierra.....	1063
Sobrecarga concentrada y carga de plano límite - Presión en reposo de la tierra...	1063
Sobrecarga en la superficie - Presión pasiva de la tierra.....	1063
Influencia de sismos en la presión de tierras.....	1064
Teoría de Mononobe-Okabe.....	1066
Teoría de Arrango.....	1067
NCMA - SRW.....	1068
Efecto del agua.....	1069
EN 1998-5 efectos sísmicos.....	1071
Fuerzas desde la presión de tierra en reposo actuando en una estructura rígida....	1071
Influence of Earthquake according to Chinese Standards.....	1072
Influencia de sismo según estándar Chino JTJ 004-89.....	1072
Influence of earthquake according to JTS 146-2012.....	1073
Influence of earthquake according to SL 203-97.....	1076
Seismic fortification intensity according to Chinese standards.....	1077
Water influence according to Chinese standard.....	1078
Importance coefficient for seismic design C_i	1080
Adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a	1080
La influencia de fricción entre el suelo y la cara trasera de la estructura.....	1081

Tabla de factores de fricción de diferentes materiales.....	1082
Adhesión del suelo.....	1083
Parámetros de rocas.....	1084
Análisis de muros.....	1085
Evaluación de las fuerzas en la base de la zapata.....	1086
Verificación – Estados límite.....	1086
Verificación – Factor de seguridad.....	1087
Deslizamiento interno.....	1088
Refuerzos.....	1089
Base de anclaje.....	1090
Contabilización de saltos de muro.....	1092
Capacidad Portante del terreno de cimentación.....	1093
Dimensionamiento de Muro.....	1094
Dimensionamiento del muro de contrafuerte.....	1096
Estabilidad interna de un Gavión.....	1097
Estabilidad interna de muros de gavión - Factor de seguridad.....	1100
Estabilidad interna de las paredes de gavión – Estados límite.....	1102
El cálculo de fuerzas del pilar.....	1103
Reducción de la presión pasiva de la tierra.....	1104
Muro claveteado.....	1105
Análisis de estabilidad interna.....	1105
Análisis de capacidad portante de clavos.....	1106
Estimación de fuerza de adherencia.....	1108
Capacidad portante total de clavos.....	1111
Verificación - Factor de seguridad.....	1111
Verificación - Teoría de los estados límite.....	1112
Fuerza de clavos.....	1113
Dimensionado de capas de hormigón.....	1113
Diseño de excavación.....	1114
Entrada de sección transversal.....	1114
Telón del pilote.....	1115
Muro rectangular de hormigón armado.....	1116
Tablestaca.....	1117
Tablestaca de plastico (vinilo).....	1118
Sección transversal Acero I	1120
Perfil de acero 2xU.....	1120
Entrada por el usuario de A, I, E, G.....	1121

Catálogo de usuario.....	1123
Cálculo automático del coeficiente de reducción de presión por debajo de fondo de la zanja.....	1124
Diseño de muros pantalla.....	1125
Análisis de Muro de tablestacas.....	1125
Análisis de muros anclados fijos en el talón.....	1126
Análisis de muros anclados simplemente apoyados sobre el talón.....	1127
Verificación de muros pantallas.....	1128
Tipos de anclajes.....	1130
Barras pretensadas.....	1132
Anclaje Filamento.....	1133
Anclaje Helicoidal.....	1134
Barra no-pretensada.....	1136
Deadman.....	1137
Fuerza de anclaje.....	1138
Resistencia a la extracción (Suelo).....	1140
Resistencia a la extracción (lechada).....	1141
Método de presión dependiente.....	1142
Método Spring segun JGJ 120-2012.....	1144
Módulos de reacción del subsuelo.....	1144
Módulos de reacción del subsuelo según Schmitt.....	1145
Módulos de reacción del subsuelo según Chadeisson.....	1145
Módulos de la reacción del subsuelo según CUR 166.....	1146
Módulos de reacción del subsuelo derivado de iteraciones.....	1147
Módulos de reacción del subsuelo según Menard.....	1149
Módulo de reacción del subsuelo según NF P 94-282.....	1150
Módulo de reacción del subsuelo especificado por la prueba dilatométrica (DMT).....	1151
Módulo de reacción del subsuelo segun estándares Chinos.....	1152
Módulo no lineal de la reacción del suelo.....	1153
Muro Berlinés (Tirantes).....	1154
Fortalecimiento del suelo.....	1155
Verificación de la estabilidad interna de la estructura.....	1156
Fallo por tirón.....	1157
Asentamiento de terreno detrás de la estructura de apuntalamiento.....	1159
Método Triangular.....	1159
Método Indexado.....	1160

Método Parabólico.....	1161
DG/TJ08-61-2010.....	1162
Pilote Anti-Deslizante.....	1163
Determinación de fuerzas que actúan sobre Pilotes Anti-Deslizantes.....	1164
Distribución de presiones por encima de la superficie de deslizamiento.....	1165
Excavación en pozo.....	1166
Cálculo de carga inicial en un pozo.....	1166
Estructura de pozo flexible.....	1168
Estructura de pozo semirígida.....	1169
Estructura de pozo rígida.....	1170
Cálculo de fuerza interna en un pozo (dimensionamiento).....	1171
Estabilidad de taludes.....	1172
Cuerpo del suelo.....	1172
Influencia del agua.....	1172
Sobrecarga.....	1175
Anclaje.....	1176
Clavos.....	1177
Refuerzos.....	1178
Final de refuerzos.....	1180
Pilote Anti-Deslizante.....	1181
Influencia de sismos.....	1182
Efecto sísmico.....	1183
Earthquake Analysis According to GB 50111-2006.....	1184
Earthquake Analysis According to NB 35047-2015.....	1184
Earthquake Analysis According to GB 50330-2013.....	1185
Earthquake Analysis According to JTG B02-2013.....	1186
Verificación según EN 1997.....	1186
Análisis según la teoría de los estados límite / factor de seguridad.....	1187
Superficie de deslizamiento poligonal.....	1188
Sarma.....	1189
Spencer.....	1191
Janbu.....	1194
Morgenstern-Price.....	1197
Shahunyants.....	1201
Método ITF (Método Fuerza de empuje desequilibrio).....	1204
Fuerza de deslizamiento excedente.....	1208
Optimización de la superficie de deslizamiento poligonal.....	1208

Cambios en la inclinación de planos divididos.....	1209
Superficie de deslizamiento circular.....	1210
Fellenius / Petterson.....	1211
Bishop.....	1212
Spencer.....	1212
Janbu.....	1212
Morgenstern-Price.....	1212
Shahunyants.....	1213
Método ITF (Método Fuerza de empuje desequilibrio).....	1213
Optimización de la superficie de deslizamiento circular.....	1213
Foliación.....	1214
Influencia de grietas de tracción.....	1214
Pendiente Rocosa.....	1214
Superficie de deslizamiento plana.....	1215
Superficie de deslizamiento suave.....	1216
Resistencia a la tracción sobre roca.....	1217
Superficie de deslizamiento ondulada.....	1218
Anclaje en la pendiente rocosa.....	1218
Sobrecarga de la pendiente rocosa.....	1219
Influencia del agua actuando en la superficie de deslizamiento.....	1220
GWT debajo de la punta de la pendiente.....	1220
GWT en grieta de tensión.....	1221
GWT en grieta de tensión, max.....	1223
Agua actuando solo en las grieta de tensión.....	1224
Fuerza de agua propia actuando sólo en la superficie de deslizamiento.....	1225
Comportamiento de la fuerza de agua propia.....	1225
Superficie de deslizamiento poligonal.....	1226
Geometría del bloque rocoso.....	1227
Fuerzas de anclajes, sobrecargas.....	1227
Influencia del agua.....	1228
Procedimiento de solución.....	1230
Concepto de fricción de cono.....	1231
Cuña de roca.....	1232
Geometría de la cuña de roca.....	1233
Proyección estereográfica.....	1234
Influencia de aguas subterráneas.....	1236
Resolución de las fuerzas activas.....	1237

Verificación.....	1238
Verificación según el factor de seguridad.....	1238
Verificación según la teoría de los estados límite.....	1239
Rocas - Criterio de resistencia de corte.....	1239
Mohr - Coulomb.....	1239
Parámetros de Mohr - Coulomb.....	1240
Hoek - Brown.....	1240
Parámetros de Hoek - Brown.....	1241
Cálculo de los parámetros de Hoek - Brown.....	1244
Barton - Bandis.....	1246
Parámetros de Barton-Bandis.....	1246
Peso propio de rocas.....	1249
Influencia de los efectos sísmicos.....	1250
Muro de suelo reforzado	1251
Capacidad portante de refuerzos.....	1252
Verificación – Factor de seguridad.....	1254
Verificación – Estados límite.....	1254
Formas de las superficies de deslizamiento.....	1255
Refuerzo extensible - presión activa de la tierra.....	1256
Refuerzo no extensible - Combinación de presiones de tierra.....	1257
Análisis de capacidad portante de cimentación.....	1258
Capacidad portante en subsuelos drenados.....	1259
Análisis de Capacidad Portante sísmica.....	1260
Análisis estándar	1261
Capacidad portante en subsuelos no drenados.....	1263
Análisis estándar	1263
Capacidad portante en cimientos rocosos.....	1264
Análisis estándar	1264
Solución según CSN 73 1001.....	1265
Análisis según EC 7-1 (EN 1997-1:2003).....	1265
Parámetros de cálculo de capacidad portante de cimentación.....	1266
Capacidad portante horizontal de cimentación	1269
Homogenización de un subsuelo en capas.....	1270
Área efectiva.....	1272
Determinación de la sección transversal de las fuerzas internas.....	1273
Verificación de la excentricidad de cimentación.....	1274
Análisis de levantamiento.....	1275

Enfoque clásico.....	1275
Método del cono.....	1276
DL/T 5219 - 2005.....	1277
Análisis de pilotes.....	1279
Verificación de la Capacidad portante vertical.....	1279
Solución analítica.....	1279
NAVFAC DM 7.2.....	1280
Resistencia en la base del pilote.....	1280
Resistencia en el eje del pilote.....	1280
Factor de capacidad portante N_q	1281
Coeficiente de presión de tierra lateral K	1281
Ángulo de fricción en el contorno del pilote.....	1282
Coeficiente de adhesión.....	1283
Profundidad crítica.....	1283
Tomlinson.....	1284
Coeficiente de adherencia.....	1285
Longitud efectiva.....	1285
Método de tensión efectiva.....	1286
Coeficiente de capacidad portante del pilote.....	1287
CSN 73 1002.....	1287
Verificación.....	1288
Verificación según la teoría de los estados límite.....	1288
Coeficientes de diseño.....	1289
Verificación según el factor de seguridad.....	1290
Capacidad portante vertical – Método spring.....	1290
Curva de carga-asentamiento.....	1291
Resistencia al corte	1292
Coeficiente de incremento de la resistencia friccional límite.....	1293
Profundidad de la zona de deformación.....	1293
Suelo incompresible.....	1296
Rozamiento negativo.....	1296
Influencia de la tecnología.....	1297
Resistencia de corte superficial.....	1297
Rigidez del suelo debajo de la base del pilote.....	1299
Distribución de las fuerzas actuando en el pilote.....	1299
Dependencia del corte en la deformación.....	1300
Verificación de Asiento del pilote.....	1300

Teoría no lineal (Masopust).....	1300
Enfoque según Masopust.....	1301
Coeficientes de regresión.....	1303
Coeficientes m_1 , m_2	1304
Módulo de deformación secante E_s	1305
Coeficiente de asentamiento I_s	1307
Teoría lineal (Poulos).....	1308
Asentamiento de pilotes según Poulos.....	1308
Módulo secante del suelo E_s	1310
Pilotes flotantes en el subsuelo compresible.....	1311
Factor correctivo por la capa de suelo rígido R_b	1312
Proporción de carga en la punta para pilote incompresible $BETA_o$	1313
Factor correctivo para compresibilidad del pilote C_k	1314
Factor correctivo por la influencia del número de Poisson en suelo C_v	1315
Factor correctivo por la rigidez del suelo estrato C_b	1316
Factor de rigidez del pilote K	1317
Coeficiente de influencia de asentamiento básico I_o	1317
Factor correctivo por la compresibilidad del pilote R_k	1318
Factor correctivo por la profundidad finita de la capa en una base rígida R_h	1319
Verificación de la Capacidad portante horizontal (p-y metodo).....	1320
Distribución continua del modelo de reacción del subsuelo.....	1321
Módulo lineal de reacción del subsuelo.....	1321
Módulo de reacción del subsuelo según CSN 73 1004.....	1322
Módulo de reacción del subsuelo luego de Matlock y Rees.....	1323
Módulo de reacción del subsuelo luego de Vesic.....	1324
Capacidad portante horizontal del pilote - método de Brom.....	1325
Análisis en el programa Pilote por CPT.....	1327
Capacidad portante.....	1327
EN 1997-3.....	1328
NEN 6743.....	1329
LCPC (Bustamante).....	1330
Determinación del promedio de resistencia equivalente en la punta del cono....	1330
Schmertmann.....	1331
Determinación del promedio de la resistencia en la punta del cono.....	1332
Coeficiente de correlación K	1333
Rozamiento negativo.....	1334
Eje de fricción coeficiente del ALFA s	1335

Influencia de sobreconsolidación (OCR).....	1338
Coeficiente de influencia de la forma de pilote s.....	1339
Coeficiente de influencia de pilote de base expandido BETA.....	1340
Coeficiente de reducción de la capacidad portante del pilote en la base ALFA p.....	1340
Grupo de pilotes.....	1341
Cálculo del asentamiento en la cabeza del pilote.....	1342
Gráficos para calcular asentamiento.....	1343
Cálculo de la curva de carga límite.....	1344
Verificación.....	1345
Verificación según EN 1997-2.....	1345
Coeficientes de correlación para evaluar la capacidad portante desde CPTs.....	1346
Verificación según el factor de seguridad.....	1347
Verificación según la teoría de los estados límite.....	1347
Zapata por CPT.....	1347
Análisis de capacidad portante.....	1347
Método Meyerhof (CPT).....	1348
Método Schmertmann (CPT).....	1349
Método Skempton (CPT).....	1351
Método Meyerhof (SPT).....	1353
NF P94-261 (PMT).....	1355
Análisis de asiento.....	1358
Método de Schmertmann (CPT).....	1358
Método NAVFAC DM7 (SPT).....	1360
NF P94-261 (PMT).....	1362
Grupo de pilotes.....	1364
Solución analítica.....	1364
Suelos no cohesivos (análisis para condiciones drenadas).....	1364
Eficiencia de un grupo de pilotes.....	1365
Suelo cohesivo (análisis para condiciones no drenadas).....	1366
Análisis según el factor de seguridad.....	1366
Análisis según la teoría de estados límite.....	1367
Asentamiento de un grupo de pilotes.....	1367
Método Spring.....	1369
Cálculo de la rigidez de los resortes verticales.....	1371
Micropilote.....	1371
Verificación según el factor de seguridad.....	1372
Verificación según la teoría de los estados límite.....	1372

Verificación de la barra del micropilote.....	1374
Estabilidad interna de la sección.....	1374
Tiempo de vida útil del micropilote.....	1374
Coeficiente de influencia de corrosión.....	1374
Capacidad portante de la carga de la sección transversal por la fuerza normal. .	1375
Capacidad portante de la sección transversal cargada por la combinación de momento de flexión y fuerza normal.....	1376
Influencia de la pandeo.....	1378
Estabilidad interna de la sección.....	1379
Método geométrico (Euler).....	1379
Teoría Salas.....	1381
Constante A.....	1382
Coeficiente f.....	1382
Teoría Véas-Souche.....	1382
Módulo de reacción horizontal del suelo.....	1383
Cálculo del módulo Er.....	1384
Valores del módulo de reacción del suelo Ep.....	1385
Capacidad portante del bulbo del micropilote.....	1386
Teoría de Lizzi.....	1386
Resistencia friccional en la base del pilote.....	1387
Teoría de Littlejohn.....	1389
Teoría de Zweck.....	1389
Teoría de Bowles.....	1389
Teoría de Véas.....	1390
Coeficiente de tipo de aplicación de micropilotes.....	1391
Capacidad portante del bulbo en rocas.....	1392
Resistencia friccional y capacidad portante del bulbo del micropilote en roca.....	1392
Bustamante (SPT, Presiometro PMT).....	1392
Rozamiento de la raíz del micropilote - gráficos.....	1393
Ensayo de Campo.....	1396
CPT (Prueba de penetración por cono)	1396
Clasificación de suelos según Robertson.....	1397
Coeficiente de penetrometro (relación superficie neta).....	1401
Importar CTP.....	1401
DPT (Prueba de penetración dinámica).....	1403
SPT (Prueba de penetración estándar).....	1404
PMT (Prueba Presiómetrica).....	1406

DMT (Prueba dilatómica).....	1408
Análisis de asientos.....	1409
Tensión en el fondo de la zapata.....	1410
Asentamiento global y rotación de cimentación.....	1412
Influencia de la profundidad de la cimentación y subsuelo incompresible.....	1412
Influencia del colchón de arena-gravel.....	1413
Análisis utilizando el módulo edométrico.....	1414
Análisis utilizando la constante de compresión.....	1415
Análisis utilizando el índice de compresión.....	1415
Análisis según NEN (Buisman, Ladd).....	1416
Análisis utilizando el modelo de suelo blando.....	1417
Análisis según la teoría de Janbu.....	1418
Análisis para suelos no cohesivos luego de Janbu.....	1418
Análisis para suelos de grano-áspero luego de Janbu.....	1419
Análisis para arena y limo luego de Janbu.....	1419
Análisis para arenas y limos sobre-consolidados luego de Janbu.....	1419
Análisis para suelos cohesivos luego de Janbu.....	1420
Análisis para suelos cohesivos sobre-consolidados luego de Janbu.....	1421
Análisis de asientos utilizando DMT (Módulo de suelo restringido).....	1421
Teoría de asiento.....	1422
Teoría de asentamiento primario.....	1423
Asentamiento secundario.....	1426
Análisis de consolidación.....	1427
Determinación de la profundidad de la zona de influencia.....	1429
Teoría de la resistencia estructural.....	1429
Método de restricción de magnitud de la tensión primaria.....	1430
Características del análisis de asiento.....	1431
Índice de compresión.....	1431
Módulo edométrico.....	1434
Constante de compresión.....	1435
Constante de compresión 10.....	1436
Índice de vacío.....	1437
Índice de recompresión.....	1438
Características de Janbu.....	1439
Influencia de la historia de carga.....	1439
Coeficiente m.....	1440
Índice de compresión modificado.....	1441

Índice de compresión secundaria.....	1441
Índice de sobre-consolidado de compresión secundaria.....	1444
Análisis del programa Asentamiento en superficie.....	1444
Análisis de depresión.....	1444
Pérdida de volumen.....	1444
Valores recomendados de parámetros para el análisis de pérdida de volumen...	1445
Teoría clásica.....	1447
Análisis de subsuelos nivelados.....	1448
Forma de la depresión.....	1450
Coeficiente de cálculo del punto de inflexión.....	1451
Depresión con varias excavaciones.....	1451
Análisis de la depresión en una profundidad.....	1451
Cálculo de otras variables.....	1452
Análisis de la falla de construcciones.....	1452
Grietas en tensión.....	1453
Daños gradiente.....	1453
Desviación relativa.....	1454
Fallo en una sección de la construcción.....	1455
Dimensionado de estructuras de hormigón.....	1456
EC2 (EN 1992 1-1).....	1456
Materiales, coeficientes, notación.....	1457
Valores estándar de coeficientes.....	1458
Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1460
Verificación de la sección transversal rectangular RC	1461
Verificación de sección transversal circular RC.....	1463
Verificación de zapata para punzonamiento.....	1465
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1467
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1468
Verificación del ancho de grieta.....	1469
CSN 73 1201 R.....	1469
Materials, Coefficients, Notation.....	1470
Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete.....	1470
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1471
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1473
Verification of Spread Footing for Punching Shear.....	1475
Design of Longitudinal Reinforcement for Slabs.....	1476
Design of Shear Reinforcement for Slabs.....	1477

CSN 73 6206.....	1478
PN-B-03264 : 2002.....	1479
Materials, Coefficients, Notation.....	1479
Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete.....	1480
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1481
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1483
Verificación de la zapata para punzonamiento.....	1484
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1485
Diseño de refuerzo cortante para Losas.....	1486
BS 8110 : 1997.....	1487
Materiales, coeficientes, notación.....	1487
Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1488
Verificación de Sección transversal rectangular RC.....	1489
Verificación de la sección transversal circular RC.....	1491
Verificación de la zapata para punzonamiento.....	1492
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1493
Diseño de refuerzo de corte para losas.....	1494
IS 456.....	1495
Materials, Coefficients, Notation.....	1495
Verification of Rectangular Cross-Sections Made of Plain Concrete.....	1496
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1497
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1499
Verification of Spread Footing for Punching Shear.....	1500
Design of Longitudinal Reinforcement for Slabs.....	1501
Design of Shear Reinforcement for Slabs.....	1502
ACI 318-11.....	1503
Materiales, Coeficientes, Notación	1503
Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1503
Verificación de la sección transversal rectangular RC	1504
Verificación de la sección transversal circular RC.....	1506
Verificación de la zapata para punzonamiento.....	1507
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1509
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1510
AS 3600 - 2001.....	1510
Materiales, coeficientes, notación.....	1510
Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1511
Verificación de la sección transversal rectangular RC	1512

Verification of Circular RC Cross-Section.....	1513
Verificación de zapata para punzonamiento.....	1514
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1515
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1516
SNiP 52-101 - 2003.....	1517
Materiales, coeficientes, notación.....	1517
Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete.....	1518
Verification of Rectangular RC Cross-Section	1519
Verificación de la sección transversal circular RC.....	1520
Verificación de zapata para punzonamiento.....	1521
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1522
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1523
GB 50010 - 2010.....	1524
Materiales, coeficientes, notación.....	1524
Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete.....	1524
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1526
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1527
Verificación de zapata para punzonamiento.....	1529
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1531
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1532
NZS 3101-2006.....	1533
Materiales, coeficientes, notación.....	1533
Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1533
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1535
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1536
Verificación de zapata para punzonamiento.....	1539
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1540
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1541
CSA A23.3-14.....	1542
Materials, Coefficients, Notation.....	1542
Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete.....	1542
Verification of Rectangular RC Cross-Section.....	1543
Verification of Circular RC Cross-Section.....	1545
Verification of Spread Footing for Punching Shear.....	1546
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1548
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1549
NBR 6118-2014.....	1549

Materiales, Coeficientes y Notaciones.....	1549
Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano.....	1550
Verificación de la sección transversal rectangular RC.....	1552
Verificación de la sección transversal circular RC.....	1553
Verificación de la zapata para punzonamiento.....	1555
Diseño de refuerzo longitudinal para losas.....	1556
Diseño de refuerzo cortante para losas.....	1557
Dimensionado de sección transversal de acero.....	1557
Verificación según EN 1993-1-1 (EC3).....	1559
Verificación según CSN 731401.....	1561
Verificación según el Factor de seguridad.....	1561
Verificación según la teoría de estados límite.....	1562
GB 50017-2003.....	1563
Verificación de sección transversal de madera.....	1564
Verificación según N 1995-1-1 (EC5).....	1565
Verificación según factor de seguridad.....	1567
Verificación según la Teoría de los estados límite.....	1568
Verificación de sección transversal de mampostería.....	1568
Dimensionamiento de muros de mampostería según AS 3700.....	1569
Dimensionado de muros de mampostería de acuerdo a EN1996-1-1.....	1570
Dimensionamiento del muro de gravedad - mampostería según EN 1996-1-1.....	1571
GB 50003-2011 - Gravity Wall.....	1573
Verificación de Tablestaca de plástico.....	1575

Usando la ayuda

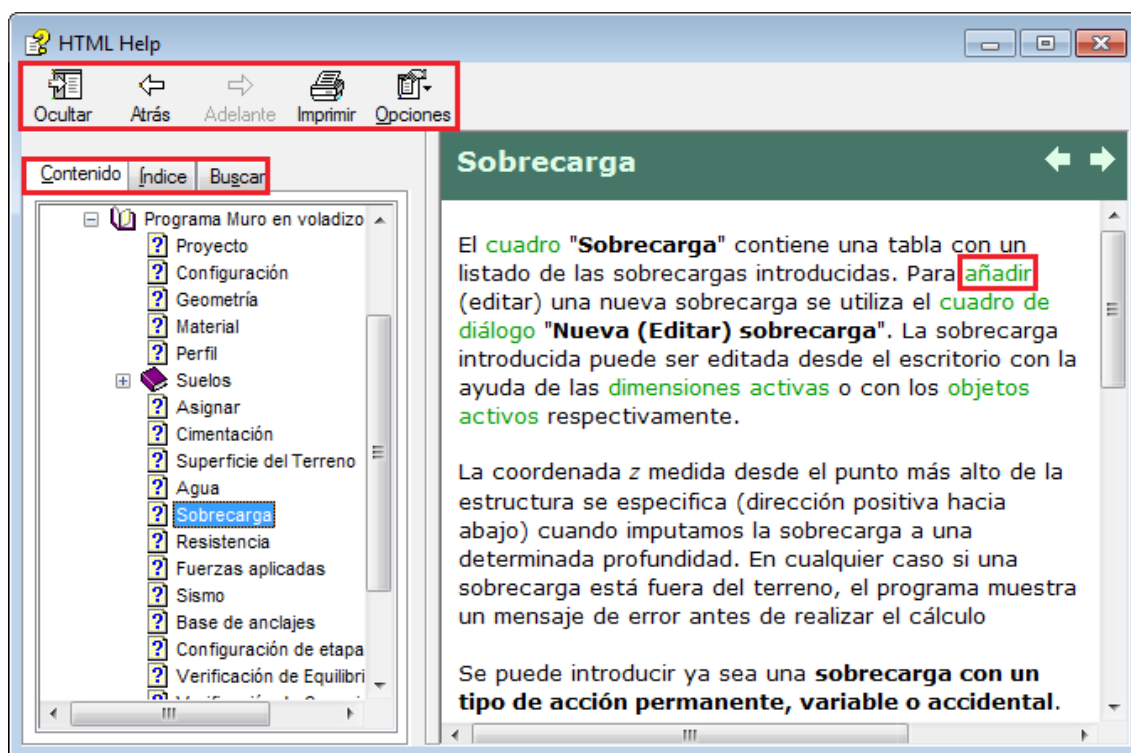
El contenido de la ayuda, sobre todos los programas GEO5, se muestra en la pantalla estándar del explorador de Windows. La Ayuda se muestra desde el menú principal del programa (ítems "**Ayuda**", "**Contenido**") o utilizando el botón "**F1**" en cualquier lugar del programa.

Algunos cuadros de diálogos (ej: "**Añadir nuevo suelo**") permiten abrir el capítulo correspondiente a la ayuda presionando el botón ayuda "?".

El cuadro de diálogo contiene:

- Barra de herramientas con los botones básicos: El botón "**Imprimir**" abre el cuadro de diálogo de impresión. El botón "**Adelante / Atrás**" permite navegar entre las paginas que ya han sido mostradas. El botón "**Anterior/Siguiente**" permite navegar entre las paginas listadas en el árbol.
- Cuadro de entrada "**Buscar**".
- "**Árbol**" que contiene la lista de los temas - Los ítems individuales se **abren/cierran** haciendo click en el símbolo "+" / "-" delante del nombre.
- Ventana para desplegar la ayuda. La cabecera de la ventana contiene el nombre del tema presentado

El texto de cada ayuda puede contener referencias cruzadas a otros ítems. El texto de esta referencia esta subrayado y resaltado en color azul.



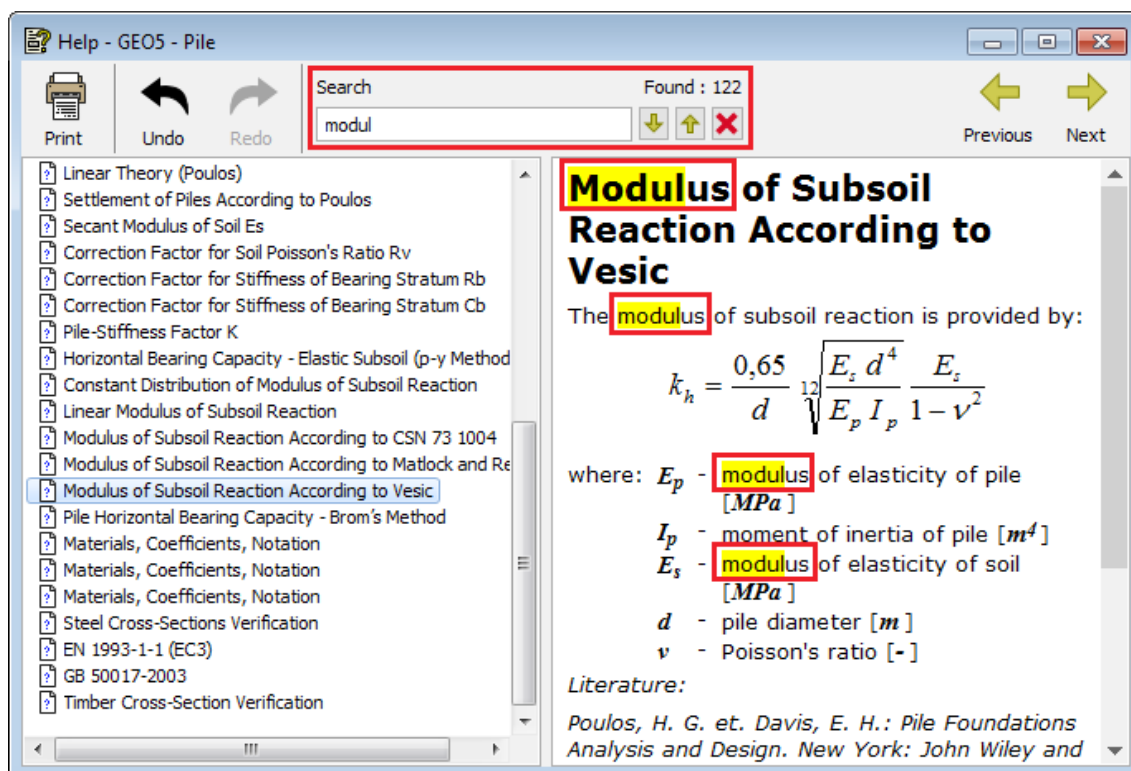
Cuadro de diálogo "Ayuda" - Solapa "Contenido"

Utilizando la función "Buscar"

La función "**Buscar**" permite encontrar un texto de forma arbitraria dentro de los temas de

ayuda.

- Escriba el texto a buscar en el campo "**Buscar**".
- La búsqueda se inicia automáticamente por entrada de texto
- El algoritmo busca el texto ingresado en cada expresión en la cual está contenido solo parcialmente.
- El texto buscado se resalta en amarillo.
- La lista de páginas que contienen el texto buscado, se muestra en la parte izquierda de la ventana de diálogo.
- Los botones "↑" / "↓" Permiten moverse en la lista a través de las páginas encontradas en el "**Árbol**".
- La búsqueda finaliza mostrando el árbol de ayuda original utilizando el botón "✖", "**Deshacer**" o haciendo clic en cualquier enlace del contenido.



Cuadro de diálogo "Ayuda" - Solapa "Buscar"

Entorno definido para el usuario

Los programas GEO5 son aplicaciones estándar de Windows y respetan los estándares propios de la interfaz de Windows.

El entorno de usuario se describe en las páginas:

- [Ventana de aplicación](#)
- [Menú de control](#)

- Barras de herramientas y control
- Visualización en 3D
- Configuración de gráficos
- Cuadros
- Tablas
- Cuadros de diálogos

Las **funciones del mouse** se describen en las páginas:

- Objetos y dimensiones Activas
- Funciones del mouse
- Menú contextual del mouse

Todos los programas GEO5 soportan dos **sistemas de unidades** (Métrico/Imperial)

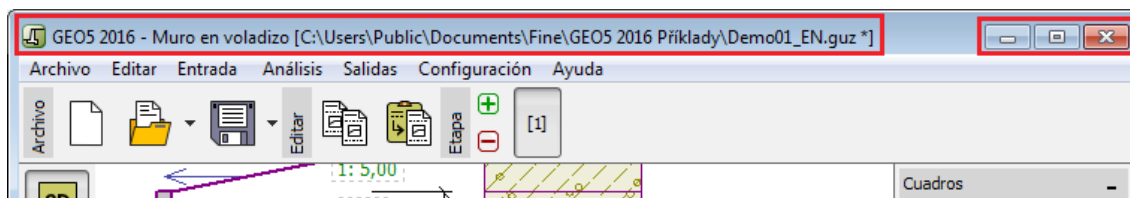
Las **funciones del Portapapeles** se describen en las páginas:

- Copiar al portapapeles
- Portapapeles

Los programas permiten determinar otras configuraciones individuales para **Impresión de Parámetros, copiar al Portapapeles, Entrada de Parámetros** (funciones de deshacer - rehacer, ajustar a cuadrícula, reglas verticales y horizontales) en el cuadro de diálogo "Opciones"

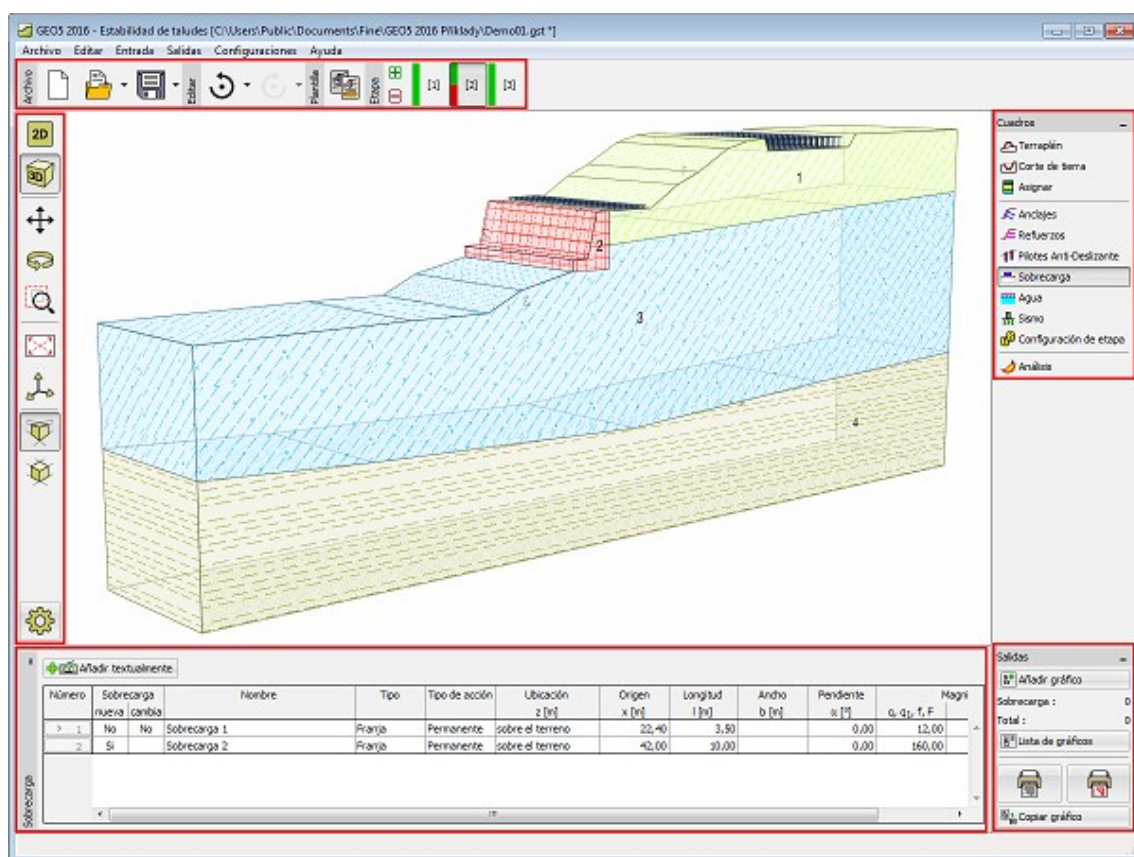
Ventanas de aplicación

El programa se ejecuta con un cuadro de diálogo estándar que contiene todas las herramientas de gestión típicas del entorno Windows. (minimizar, maximizar, cerrar ventana de aplicación...). La cabecera muestra información sobre la tarea que se está ejecutando en ese momento (nombre de archivo y ubicación) ver la figura:



Herramientas de gestión de la ventana de aplicación

El escritorio consiste en la ventana de aplicación. Ésta incluye el **menú de control, barra de herramientas y control**, espacio para visualización gráfica de la tarea ejecutada y la barra de herramientas vertical para seleccionar distintos modos de especificar una tarea. La parte inferior del escritorio muestra **cuadros** que le permiten al usuario introducir distintos parámetros para una tarea. La ubicación de los elementos en el escritorio se muestra en la siguiente figura:



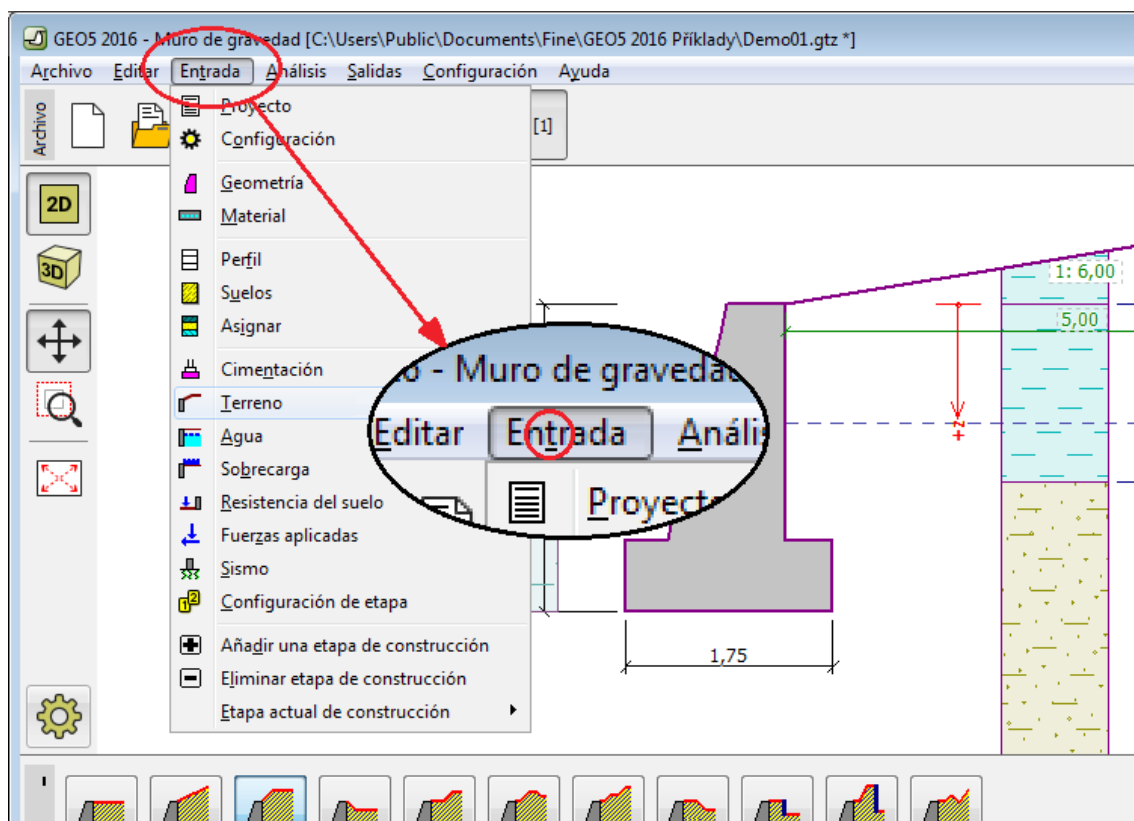
Herramientas de gestión de la ventana de aplicación

Menú de control

La selección de un elemento del menú, puede realizarse haciendo click sobre el ícono con el **botón izquierdo del mouse** o de manera alternativa a través del teclado presionando la tecla **ALT+ letra subrayada** correspondiente al elemento.

Como es típico en el entorno Windows algunas opciones en el menú pueden ser sustituidas con los botones de la barra de herramientas, o con comandos de abreviación introducidos mediante teclado. (siempre que exista, se muestra a un lado del comando en el menú Ej.: **Guardar archivo - CTRL+S**).

Algunas opciones en el programa pueden ser establecidas solo con la ayuda del menú. Ejemplos "Opciones".

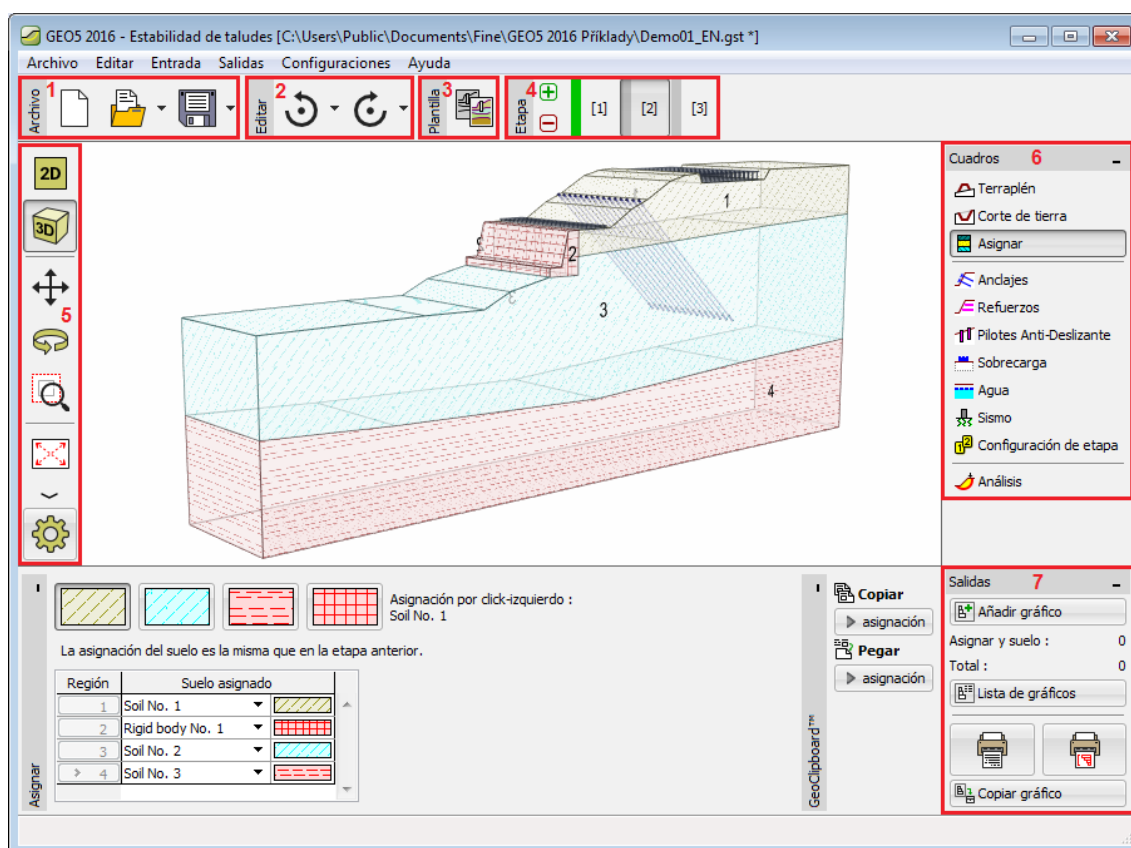


Menú de control del programa

Barra de herramientas y control

El programa contiene las siguientes barras de herramientas y control:

- (1) Archivo
- (2) Editar
- (3) Plantilla
- (4) Etapa
- (5) Visualización
- (6) Modos
- (7) Salidas



Tool and Control Bar Location on the Desktop

Archivos

Los botones de la **barra de herramientas** son para trabajar con archivos. La siguiente imagen muestra la ubicación de cada uno de los botones:



Tool bar "File"

Varios de los botones se dividen en dos partes y pudiendo controlar otras funciones (en la parte derecha del boton donde se encuentra la flecha).







Utilizar este botón para más funciones

Individual buttons functions are following:



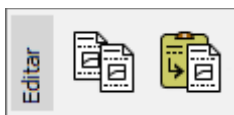
Nuevo Archivo

- Abre un nuevo archivo - si existe una tarea abierta en la misma ventana, el programa propone al usuario guardar los datos que aún no han sido salvados.

	Abrir un archivo	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir un archivo existente - si existe una tarea abierta en la misma ventana, el programa propone al usuario guardar los datos que aún no han sido salvados.
	Abrir archivos recientes	<ul style="list-style-type: none"> • Abre una lista de archivos recientemente editados.
	Guardar datos en un archivo	<ul style="list-style-type: none"> • Guarda datos de la tarea actual, si aún no se le ha asignado un nombre a la tarea, el programa abrirá el cuadro de diálogo, "Guardar como".
	Guardar como	<ul style="list-style-type: none"> • Abre la ventana de diálogo "Guardar como" - la tarea actualmente en ejecución se puede guardar con un nombre diferente o en una ubicación diferente.

Editar

Los botones de la barra de herramientas se utilizan para controlar los datos de una tarea en ejecución. La barra de herramientas tiene un aspecto diferente en los programas de 1D y 2D.

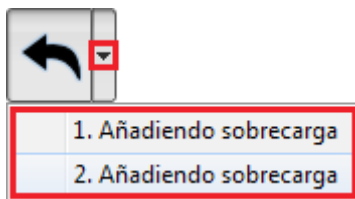


Barra de herramientas "Editar" - programas 1D




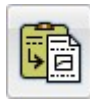

Barra de herramientas "Editar" - programas 2D




Varios de los botones se dividen en dos partes y pudiendo controlar otras funciones (en la parte derecha del botón donde se encuentra la flecha).



Utilizar este botón para más funciones

Las funciones de los botones individuales son los siguientes:

	Copiar los datos al portapapeles	<ul style="list-style-type: none"> • Copia los datos de la tarea actual al portapapeles
	Pegar	<ul style="list-style-type: none"> • Abre un cuadro de diálogo y pega los datos seleccionados de un programa GEO5 diferente - Ej.: desde el programa "Presión de tierras" al programa "Muros de gravedad"
	Deshacer	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelve al paso anterior (esta función está habilitada únicamente en programas con entorno 2D y debe estar

- habilitada en el cuadro de diálogo "Opciones")
- | | | |
|---|-----------------------------|--|
|  | Deshacer (más pasos) | • Abre una lista de pasos, que se pueden deshacer. |
|  | Rehacer | • Devuelve el último paso realizado (esta función esta habilitada únicamente en programas con entorno 2D y debe estar habilitada en el cuadro de diálogo "Opciones") |
|  | Rehacer (más pasos) | • Abre una lista de pasos, que puede volver a realizarse . |

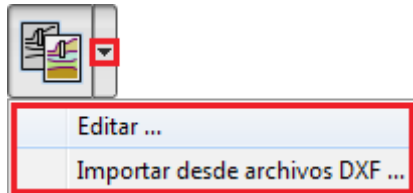
Plantilla

Los botones de la barra de herramientas se utilizan para trabajar con plantillas DXF. The tool bar contains the following buttons:




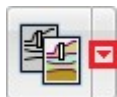
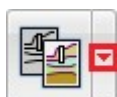
Barra de herramientas "Plantilla"

Varios de los botones se dividen en dos partes y pudiendo controlar otras funciones (en la parte derecha del boton donde se encuentra la flecha). El botón muestra esta función sólo después de cargar la plantilla.



Utilizar este botón para más funciones

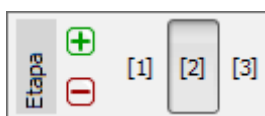
Individual buttons functions are following:

- | | | |
|---|------------------------------------|--|
|  | Plantilla | • Importa una plantilla a partir de un archivo DXF . Si se carga la plantilla, se puede activar / desactivar su visualización en el escritorio. |
|  | Editar | • Abre el cuadro de diálogo editar capa de plantilla |
|  | Importar desde archivos DXF | • Abre el cuadro de diálogo para importar una nueva plantilla desde un archivo DXF. |

Etapas de construcción

Los botones de esta barra de herramientas sirven para trabajar con escenarios o etapas de construcción.

La siguiente imagen muestra la ubicación de cada uno de los botones:



Barra de herramientas "Etapas de construcción"



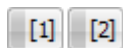
Añadir etapa de construcción

- Añade una nueva etapa de construcción al final de la lista



Eliminar etapa de construcción

- Elimina la última etapa de construcción de la lista



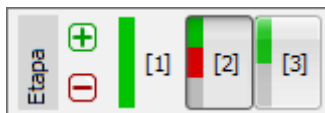
Etapas de construcción 1,2 ...

- Cambia la vista entre las distintas etapas de construcción. La selección se realiza utilizando el botón izquierdo del mouse.

En todos los programas GEO5, esta barra permite la definición de etapas de construcción. Las etapas de construcción sirven como modelo de construcción gradual (**esencial para programas de "Diseño de Revestimiento", "Asentamiento", "MEF"**). Esta función puede usarse también como parámetro de estudio y en cada etapa de construcción asumir diferentes valores de suelo o diferentes coeficientes de diseño. También es una ventaja el modelo de efectos de sismos en una estructura en diferentes etapas de construcción, y de esta forma asumir diferentes factores de seguridad o diferentes coeficientes de diseño.

Para los tipos de entradas individuales (asignación de suelo, anclas, soportes ...) siempre existe una relación sobre las etapas de construcción ([Herencia](#)).

Algunos programas muestran el estado del análisis de la etapa de construcción utilizando una banda de color.



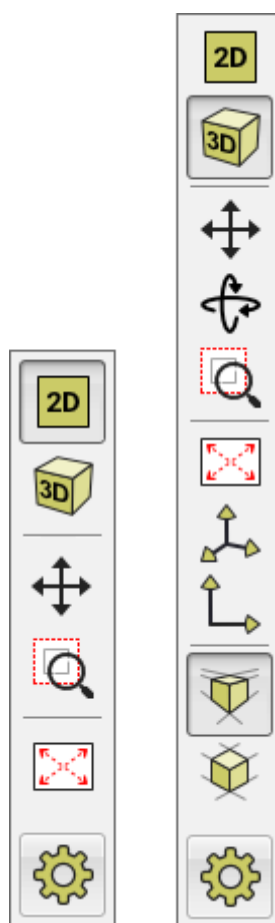
Barra de herramientas "Etapas de construcción" con barra de colores para el estado de análisis

Los colores tienen el siguiente significado:

- verde - Análisis en la etapa de construcción SATISFACTORIO
- rojo - Análisis en la etapa de construcción NO SATISFACTORIO
- gris - Análisis en la etapa de construcción No analizado







Visualización

Los botones de la barra de herramientas permiten al usuario cambiar la configuración de visualización en el escritorio. La barra de herramientas tiene diferente apariencia en el modo 2D y 3D. La barra de herramientas contiene los siguientes botones:



Barra de herramientas "Visualización" - apariencia de la barra de herramientas en modo 2D y 3D

Las funciones de los botones individuales son los siguientes:

- | | | |
|---|-------------------------------------|---|
|  | Vista 2D | <ul style="list-style-type: none"> • Aplica el modo de visualización 2D. |
|  | Vista 3D | <ul style="list-style-type: none"> • Aplica el modo de visualización 3D. |
|  | Move displayed area | <ul style="list-style-type: none"> • Mueve la vista actual en una dirección arbitraria - proceder moviendo el ratón a la posición deseada y manteniendo el botón izquierdo del ratón pulsado. |
|  | Rotación de escena | <ul style="list-style-type: none"> • Gira el dibujo mostrado en una dirección arbitraria (vista 3D) - para mover la diapositiva dibujada usar el ratón pulsando el botón izquierdo. |
|  | Muestra el área seleccionada | <ul style="list-style-type: none"> • Muestra y escalas la región seleccionada - la región se selecciona con el botón izquierdo del ratón. |
|  | Modifica la escala | <ul style="list-style-type: none"> • Escala la vista de tal manera que todos los objetos son visibles (pulsando el botón izquierdo del ratón). |

**Vista 3D Pre-definida**

- Establece la vista 3D predefinida del dibujo (**vista 3D**).

**Vista 2D**

- Vista en la dirección del eje Z

**Vista de perspectiva**

- Establece la vista en perspectiva del dibujo (**vista 3D**).

**Vista axonométrica**

- Establece la vista axonométrica del dibujo (**vista 3D**).

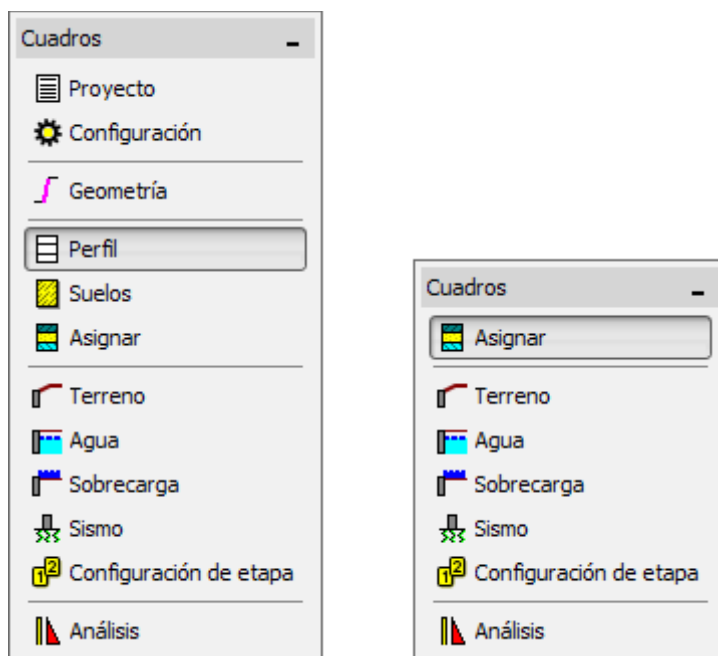
**Configuración de visualización**

- El botón abre el cuadro "Configuración de visualización". Los parámetros para dibujar la imagen, se pueden cambiar en el cuadro.

Cuadros

La barra de herramientas vertical sirve para seleccionar el modo de introducción de datos (proyecto, geometría, perfiles...) incluyendo tipo de análisis y verificación. Seleccionando un modo en esta barra se despliega en la parte inferior del escritorio, el correspondiente **cuadro** para la entrada de datos.

La barra de herramientas contiene estos cuadros, donde la entrada de datos tiene sentido. Esto quiere decir, que si una tarea tiene más **etapas de construcción**, la barra de herramientas estará completa, pero dependiendo de la etapa de construcción algunos elementos estarán presentes y otros no. Los datos no se puede cambiar en los cuadros desaparecidos.



Barra de control "Cuadros" entre los distintos modos de entrada de datos

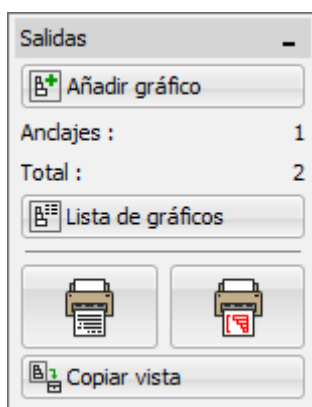
Salidas

La **barra de herramientas** sirve para manejar los gráficos y los documentos de salida.

El botón "**Añadir dibujo**" abre el cuadro de diálogo "**Nuevo dibujo**". La siguiente línea en la barra provee el número de dibujos almacenados en un determinado régimen de entrada de datos. La línea "**Total**" muestra el número total de dibujos almacenados. El botón "**Lista de dibujos**" abre un **listado con los dibujos**

Los otros dos botones abren los cuadros de diálogo "**Impresión y exportación de documentos**" y "**Impresión y exportación de imagen**".

El botón "**Copiar imagen**" guarda la vista actual desde el escritorio al **portapapeles**.

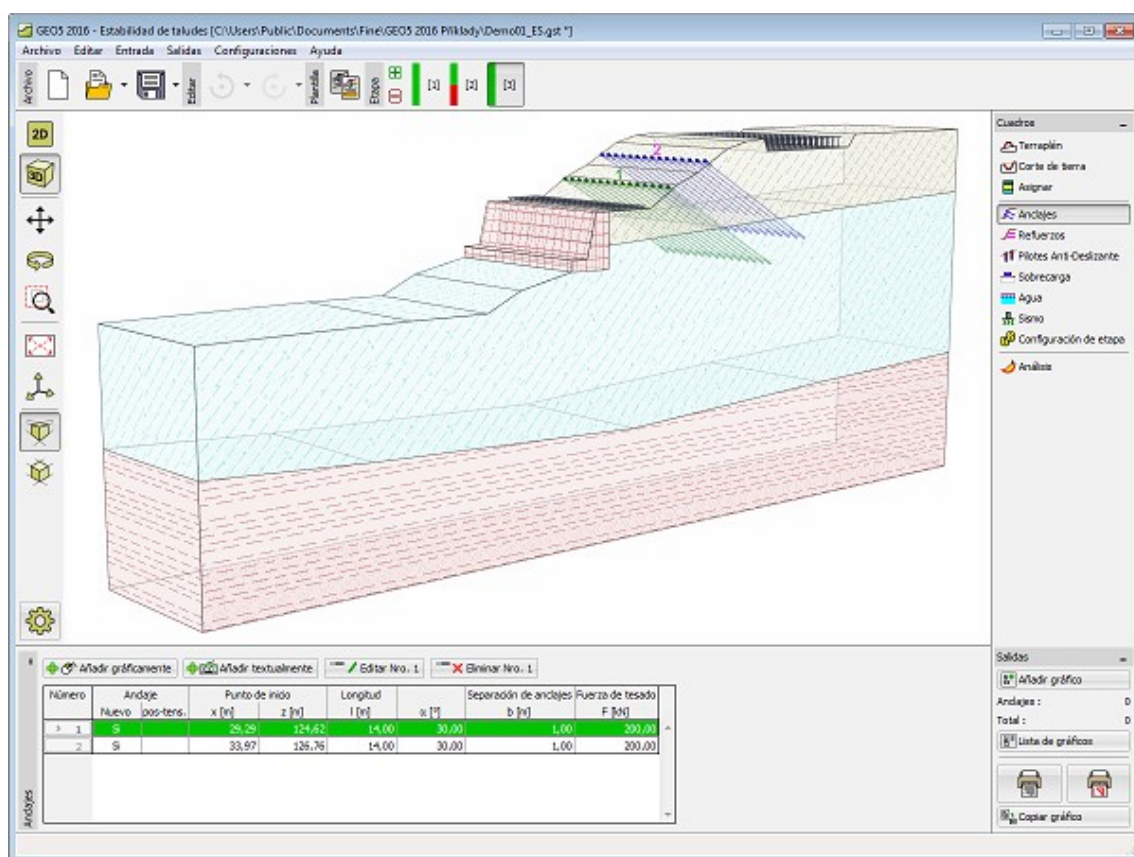


Barra de Control "Salidas"

Vista en 3D

Los programas (1D y 2D) permiten la visualización en 3D en el escritorio. La visualización en 3D es informativa y sirve para una mejor orientación en la estructura (por ejemplo, la dislocación de los objetos) y para las presentaciones de reportes y resultados.

La visualización en 3D se encuentra en la barra de herramientas "**Visualización**", que también contiene herramientas para trabajar con la visualización.



Visualización en 3D

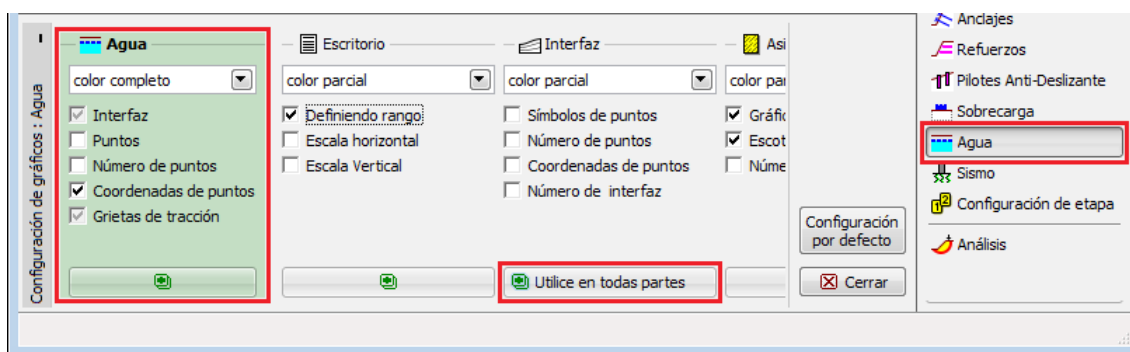
Configuración de gráficos

Utilizando el cuadro **"Configuración de gráficos"**, es posible ajustar los parámetros de la visualización (lo que se muestra en el escritorio). En cualquier marco, es posible cambiar al modo de **"Configuración de visualización"**, simplemente haciendo clic en el **"Visualización"** barra de herramientas.



Botón "Configuración de gráficos"

Las columnas individuales en la ventana corresponden con las tramas individuales. A la izquierda es siempre la configuración del marco actual (marco **"Agua"** en la figura). En otras columnas, se define la visualización de los objetos. Es posible ajustar la visualización solo de aquellos objetos, que actualmente se visualizan



Cuadro "Configuración de gráficos"

El botón "**Usar en todas partes**" en la parte inferior de cada columna establece los parámetros definidos de visualización para todos los **marcos**.

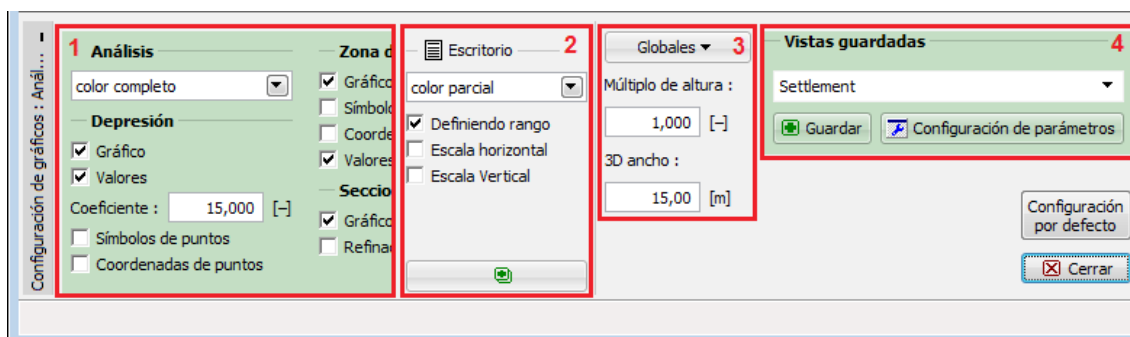
El botón "**Configuración predeterminada**" establece todos los parámetros a los valores predeterminados.

Lo ajustes en este marco sirven principalmente para definir los parámetros de la visualización en el escritorio - la configuración de los parámetros de gráficos para las salidas (impresión) se definen en el modo de "Añadir dibujo"

El cuadro también puede contener columnas con una configuración especial, que sólo aparece en diferentes casos y en algunos programas:

- Configuración de visualización de los **resultados de análisis** (1).
- Escritorio (programas 2D) - define varias configuraciones especiales (rangos, escalas) y son ajustes globales para todos los **cuadros** (2).
- Global - Multiplicador de altura (programas 2D) - permite el cambio de escala en la dirección vertical (z) (3).
- Global - Estiramiento de gráfico (programas 1D) - permite el cambio de escala en la dirección horizontal (x) (3).
- Global - Ancho 3D - define el ancho de la estructura visualizada en el modo de **visualización en 3D** (3).
- **Almacen de Vistas** (Programas de asentamiento, MEF) (4).

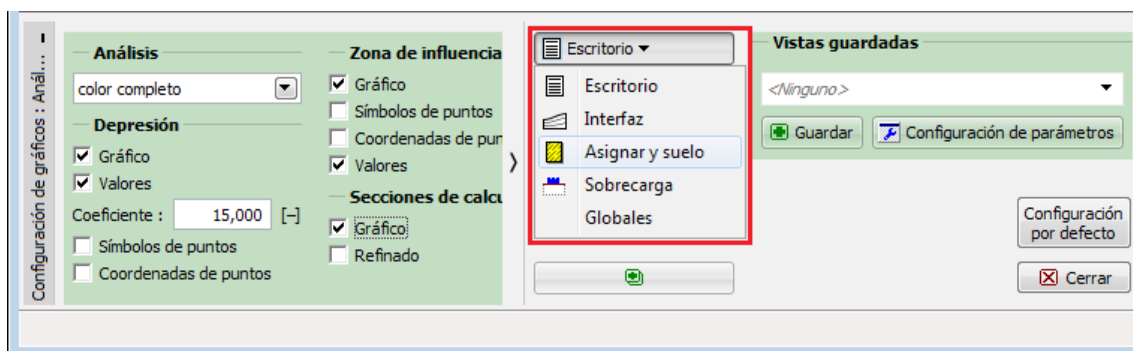
Configuración de colores de fondo, estilos de líneas y rellenos se define para todos los programas en el "**Administrador de estilos de gráficos**".



Cuadro "Configuración de visualización" - Configuración especial -

La primera columna en el cuadro a veces se divide en varias secciones (por ejemplo, ajustes de visualización de resultados.). En este caso, las columnas se fusionan en un en otros

marcos. Es posible seleccionar el cuadro, sobre que visualización se va a establecer utilizando el botón en la cabecera de la columna.

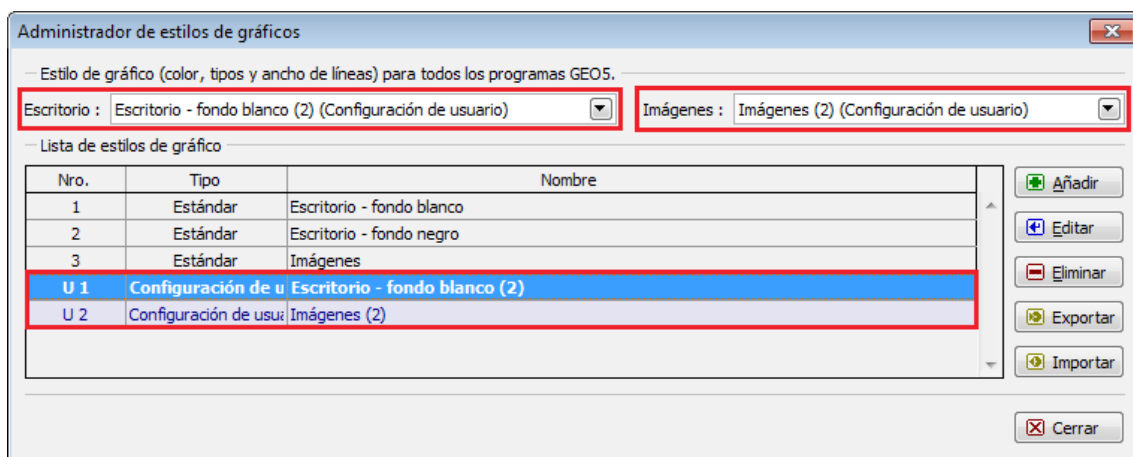


Cuadro "Configuración de visualización" - Múltiples secciones emergentes (columnas)

Administrador de estilos de gráficos

El **administrador de estilos de gráficos** permite configurar de forma global los estilos de gráficos (colores, estilos de línea, estilos de llenado, colores de selecciones). La ventana de diálogo está disponible en el menú (artículos "**Configuración**", "**Estilo de visualización**"). El usuario puede definir el estilo de visualización de gráficos en el escritorio y en las **salidas** de todos los programas GEO5.

Los estilos de visualización de la estructura se define desde la lista desplegable "**Escritorio**" e "**Imágenes**".



Cuadro de diálogo "Administrador de estilos de gráficos"

El programa contiene tres estilos predefinidos de gráficos - dos para la visualización de escritorio (fondo blanco y negro) y una para las imágenes. También existe la posibilidad de entrada de estilos de dibujo definidas por el usuario.

Cómo crear un estilo de dibujo definido por el usuario:

Seleccionar uno de los estilos desde el listado "**Estilos de gráficos**".

Presionar el botón "**Añadir**" - se abrirá el cuadro de diálogo "**Añadir estilo de gráfico**".

Del listado "**Mostrar configuraciones para el programa**" es posible filtrar los modos mostrados para algún programa individual o mostrar los modos de todos los programas GEO5

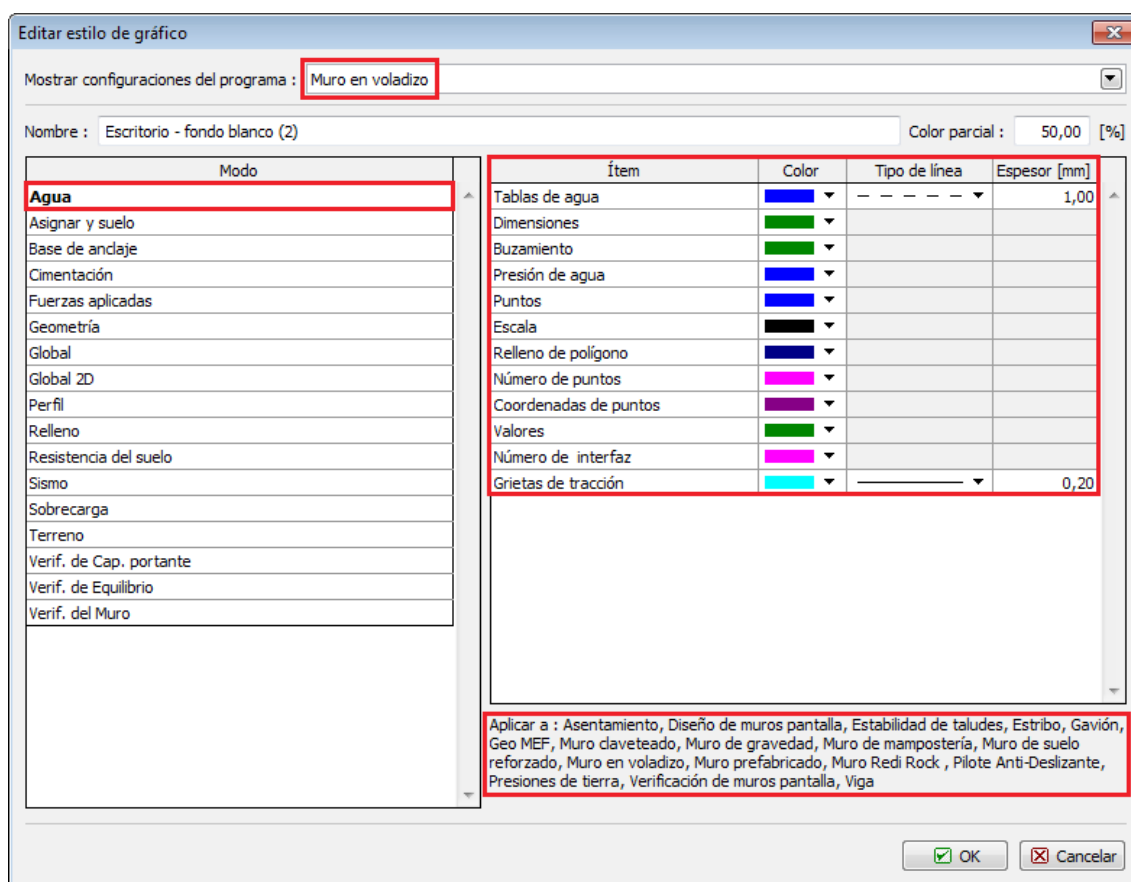
En el cuadro "**Nombre**" ingresar un nombre para la nueva configuración.

En la lista "**Modo**" (parte izquierda del cuadro) seleccionar el modo (ej. fuerzas aplicadas, relleno, anclaje base...) donde usted desea cambiar el estilo de gráfico. En la parte derecha del cuadro ingresar el nuevo estilo de gráfico de objetos en el modo seleccionado (ej. Nivel freático, Dimensiones, Gradiente...).

La lista de los programas GEO5 afectados se muestran en la parte inferior de la ventana

Ejemplo: Si cambiamos el estilo de gráfico (color, tipo de línea, espesor) de "Grieta de tracción" (modo Agua) en el programa Muro en voladizo, la nueva configuración será **válida para todos los programas** de la lista en la parte inferior de la ventana (**Estribo, Pilote Anti-Deslizante, Viga...**) La nueva configuración será guardada presionando el botón "**OK**"

Esta nueva configuración se añade al listado "**Lista de estilos de gráfico**" y estará disponible en el listado desplegable de "Escritorio" y "**Gráficos**" - después de añadir nuevo estilo, es **necesario seleccionarlo** en la lista correspondiente para la visualización en el escritorio o en la impresión.



Cuadro de diálogo "Editar estilo de gráfico"

Cuadros

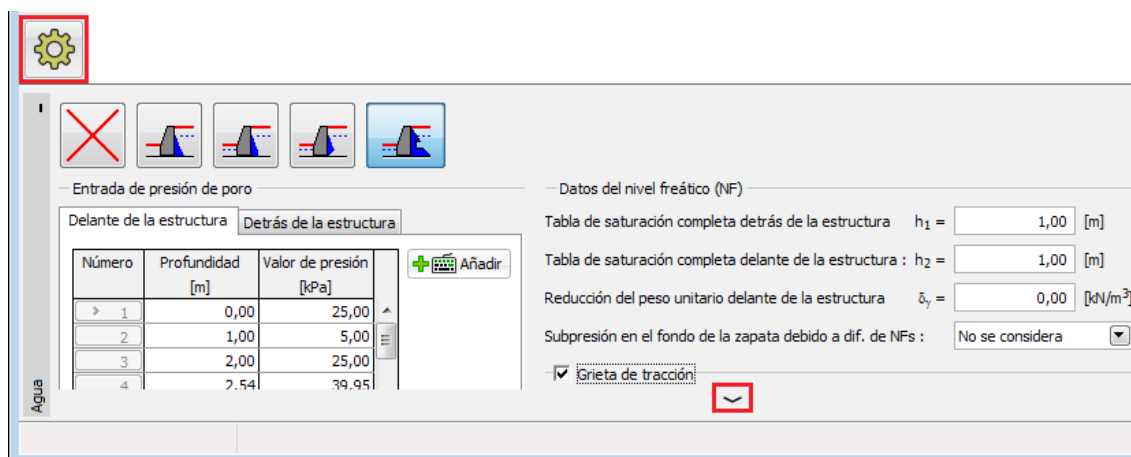
Un cuadro es una ventana permanentemente abierta en la parte inferior de la **ventana de aplicación**. Los cuadros van cambiando dependiendo del modo de introducción de datos de una determinada tarea seleccionada en el panel de control "**Cuadros**" y utilizando el botón de barra de control "**Configuración de gráficos**". Un cuadro puede contener alguno de los siguientes ítems: **tabla**, listado, campos para introducir los datos (h_1 , h_2 ...) y los botones comando.

Con la tecla "**Tab**" y el cursor usted podrá moverse entre los distintos elementos seleccionados

(ej. listados). La selección de las casillas de verificación se realiza mediante el botón de espacio. Al seleccionar con el ratón, utilizando el botón izquierdo del ratón.

Los botones que abren los cuadros de diálogo ("**Añadir**", "**Añadir en el cuadro de diálogo**" y "**Añadir gráficamente**") únicamente pueden ser controlados por el botón izquierdo del ratón.

Si la ventana del marco no es lo suficientemente ancha (o alta) para que todos los elementos puedan ser visualizados, es posible mover el marco en dirección vertical u horizontal con las flechas.

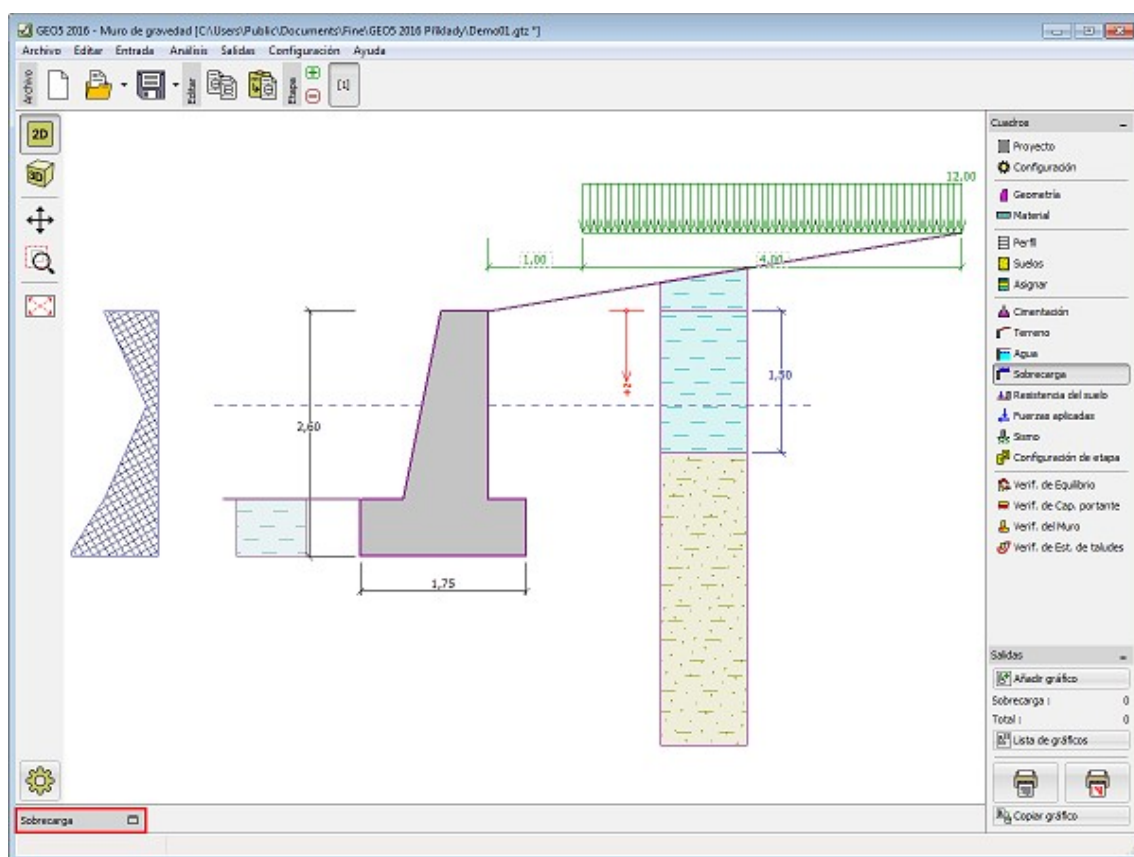


Cuadro "Elementos de control"

El cuadro puede ser minimizado utilizando el botón de la esquina superior izquierda. La altura del marco también se puede cambiar haciendo clic en el botón izquierdo del ratón sobre el borde superior y arrastrando hacia arriba o hacia abajo. En este caso el espacio del cuadro es tomado por el espacio del dibujo y es ventajoso si se quiere aumentar el campo visual del mismo, lo cual es posible debido a que el programa utiliza el sistema de **dimensiones activas y objetos activos** para que el cuadro no tenga que ser mostrado en todo momento.

Para volver a la estructura original del cuadro presionar el botón de la esquina inferior izquierda del escritorio que se muestra junto al nombre del cuadro.

Si un módulo está oculto ejemplo: "**Agua**", permanecerá así aunque se cambie a otros módulos de entrada de datos.



Cuadro "Elementos de control"

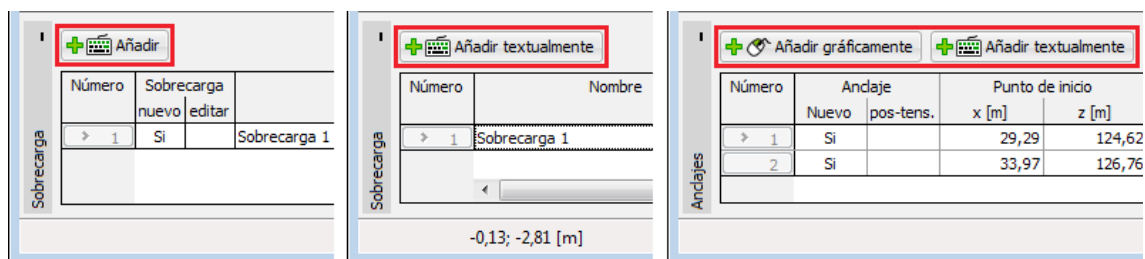
Tablas

Una tabla es una lista de los datos introducidos (por ejemplo, una lista de sobrecargas, suelos, perfil, interfaz etc.). La cabecera de la tabla contiene una lista de elementos (Sobrecarga, nombre, ancho, tamaño ...).

Añadir nuevos elementos a la tabla

La forma de la tabla depende del **cuadro** seleccionado. Las conexiones gráficas entre los elementos de la tabla y en el escritorio son importantes. Algunos datos (objetos) pueden ser **introducidos** únicamente como texto, otros también gráficamente utilizando el ratón. Si el programa permite ambos, entrada textual y gráfica, los dos botones se muestran en la tabla.

Si la tabla todavía **no contiene ningún artículo**, o **no hay ningún elemento seleccionado** en la misma, solo el botón "**Añadir**", "**Añadir textualmente**" o "**Añadir gráficamente**" son visibles por encima de la tabla. Utilizando estos botones, los nuevos elementos se añaden en la tabla.

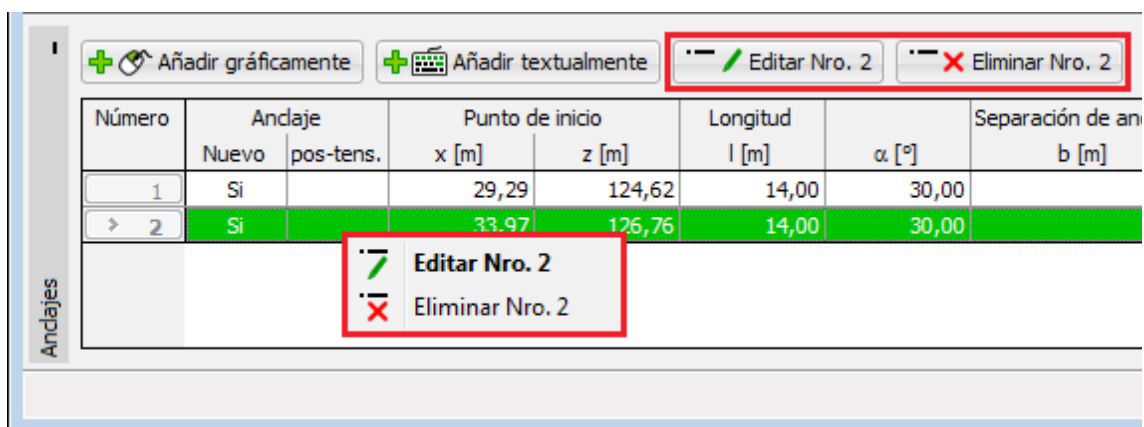


Añadir de un nuevo elemento en la tabla

Edición de elemento de tabla

Si se selecciona una fila (resaltado en verde), los botones "**Editar**" y "**Eliminar**" se activan por encima de la tabla. El **número del elementos** esta dado en paréntesis. Utilizando estos botones, las filas individuales se pueden editar.

La selección de un artículo se hace pulsando el **botón izquierdo del ratón**. Al hacer clic en el botón derecho del ratón se abre el **menú contextual**.

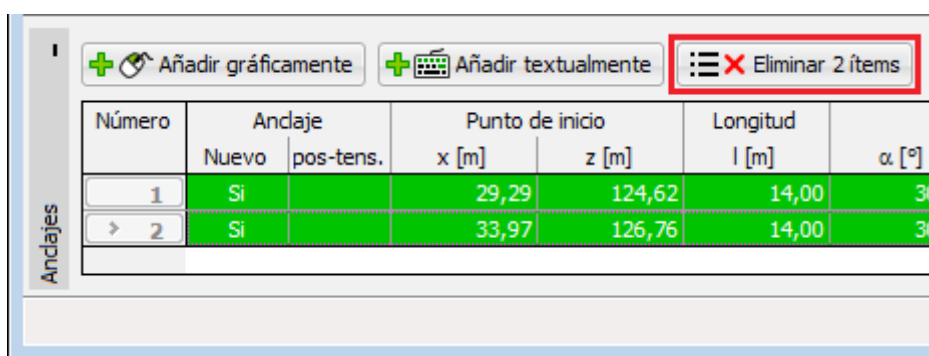


Edición de elemento de tabla

Si la operación le **permite** (por ejemplo. **Eliminar un elemento de la tabla**), es posible editar más elementos (filas) a la vez. En la siguiente figura, hay dos filas seleccionadas. A partir de la imagen, podemos ver que la única opción en este caso es la eliminación de los dos elementos de la tabla, y por lo tanto, el botón "**Editar**" no está disponible.

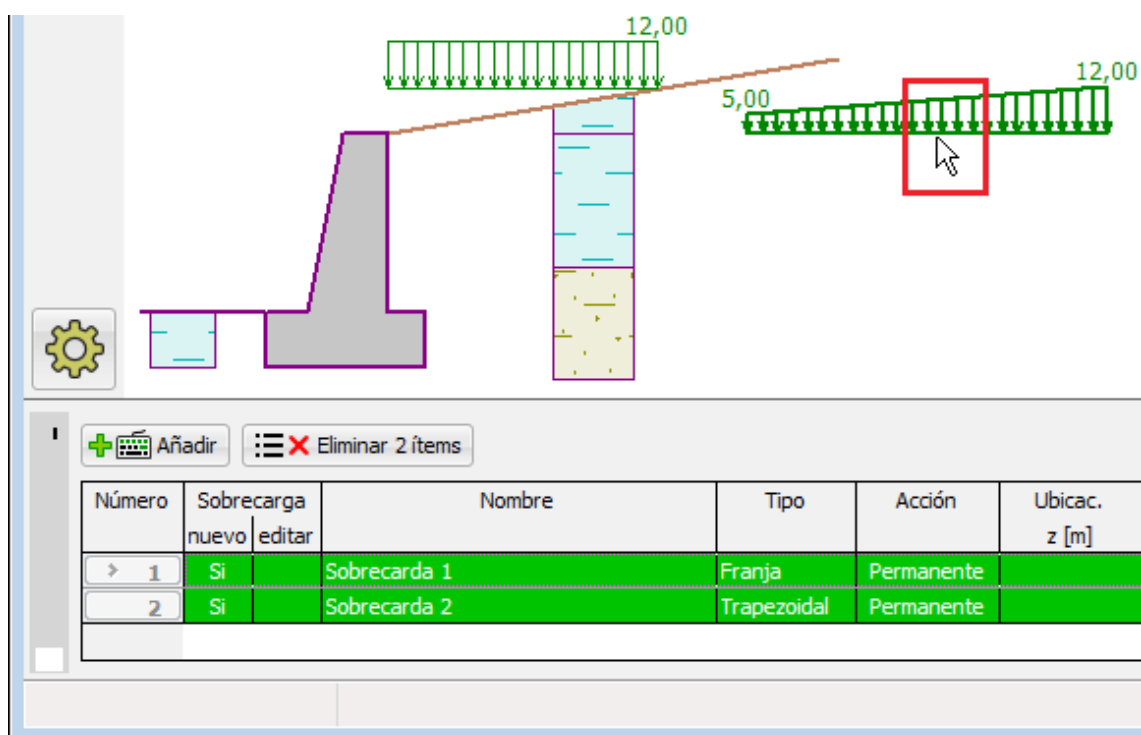
La selección de más elementos (filas) de una tabla se hace presionando la tecla CTRL y haciendo clic en el botón izquierdo del ratón. Manteniendo presionada la tecla **SHIFT** y haciendo clic en el botón izquierdo del ratón, se seleccionan todas las filas superiores o inferiores a las filas seleccionadas.

Al hacer clic fuera de las filas de la tabla seleccionados, se cancela la selección.



Edición de más de un elemento de la tabla

El estado de la selección de filas de la tabla corresponde con los estados de visualización de los **objetos** en el escritorio (y al revés). Si se seleccionan una fila o varias filas en la tabla, los objetos relevantes en el escritorio se resaltan con el mismo color. Si el **marcador del ratón** está sobre uno de los objetos, los objetos se muestran en **negrita**. Después de hacer clic en "**Eliminar**", los objetos y las filas de la tabla se muestran en **rojo**.



Visualización de los objetos seleccionados

Los objetos marcados utilizando estos colores se establecen implícitamente. Esta opción, sin embargo, se puede modificar en la ventana de diálogo "[Administrador de estilos de gráficos](#)".

Cuadro de diálogo

El cuadro de diálogo es uno de los elementos que permite introducir datos al programa. Es todos los programas GEO la ventana de diálogo convencional se aplica como una ventana de administración típica del entorno Windows. El botón izquierdo del mouse se utiliza para seleccionar objetos de una ventana, o la función alternativa de la tecla "**Tab**" cuando se desea utilizar el teclado. Cuando se mueve dentro de un objeto (por ejemplo campo de entrada) con las teclas de flecha y la tecla "**ENTER**".

El cuadro de diálogo puede contener los siguientes ítems: [tabla](#), listado, campo para introducir de datos (números, textos) y botones de comando. El botón de comando "**OK**" confirma la selección, mientras que el botón "**Cancelar**" abandona el modo introducción de datos.

La ventana provee un no-típico elemento de control. Botones "**OK+▲**" y "**OK+▼**". Como ejemplo de su uso considere la siguiente figura mostrando la ventana de diálogo del "**Editor de sobrecarga**": Estos botones le permiten al usuario moverse dentro de la lista de sobrecargas ingresadas y al mismo tiempo confirmar los cambios realizados en la ventana. El efecto de utilizar este botón resulta ser el mismo que si cerrase la ventana con el botón "**OK**" y la abriera nuevamente para el siguiente elemento de la lista.

Editar sobrecarga

Nombre : Sobrecarga 2

Tipo : Trapezoidal

Tipo de acción : Permanente

Ubicación : sobre el terreno

Origen : x = 1,00 [m]

Longitud : l = 4,00 [m]

— Magnitud de la sobrecarga

Magnitud : q1 = 12,00 [kN/m²]

Magnitud : q2 = 0,00 [kN/m²]

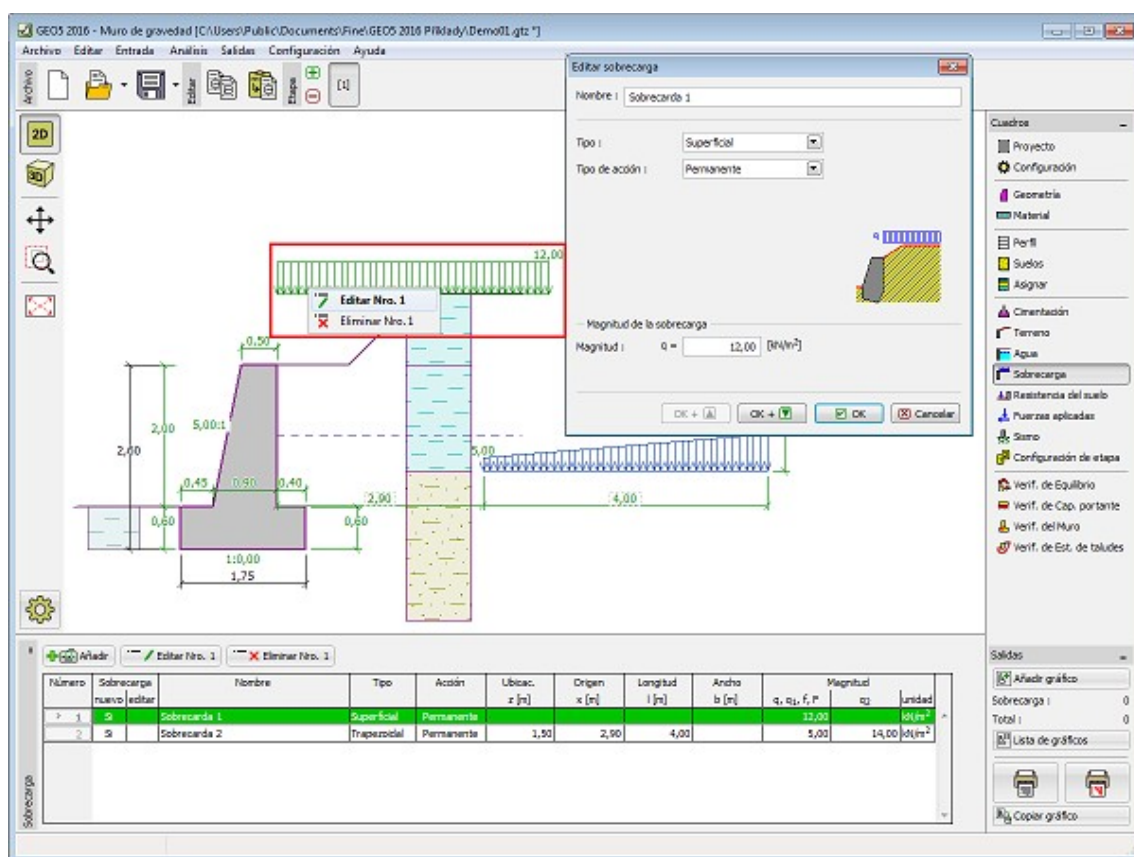
OK + ▲ OK + ▼ OK Cancelar

Ejemplo de cuadro de diálogo

Dimensiones y objetos activos

El sistema de dimensiones y objetos activos permite editar rápidamente los datos de entrada.

- **Dimensiones Activas:** Son las dimensiones que pueden ser editadas directamente desde el escritorio. Los valores de las dimensiones activas son etiquetados desde cuadro (línea discontinua). Posicionando el cursor del mouse, éste cambia a una "**Mano**" y haciendo click con el **boton izquierdo del mouse** en el valor, cambia la vista del cuadro (línea sólida), el cursor empieza a parpadear y la dimensión puede ser editada. El botón "**Enter**" cierra el modo de edición. Los cambios son inmediatamente visualizados en el escritorio.
- **Objetos Activos:** Funciona de forma similar. Posicionando el cursor del mouse sobre el objeto, cambiando el cursor a una "**Mano**" y haciendo doble click en él se activa el modo de edición. En este caso, sin embargo, los valores no son editables directamente desde el escritorio, pero se utiliza la ventana de diálogo original para crear el objeto. La siguiente imagen muestra un ejemplo de los objetos activos (sobrecarga trapezoidal), cuando hace doble click en el escritorio sobre el objeto se abre el cuadro de diálogo "**Editor de sobrecarga**". Con los objetos activos, también es posible utilizar la opción del **menú contextual**.



Ejemplo de utilización de dimensiones y objetos activos

Funciones del mouse

Así como otra aplicación de Windows, los programas GEO5 utilizan el ratón para los controles.

Utilizació Mouse Icono n

Mouse Botones

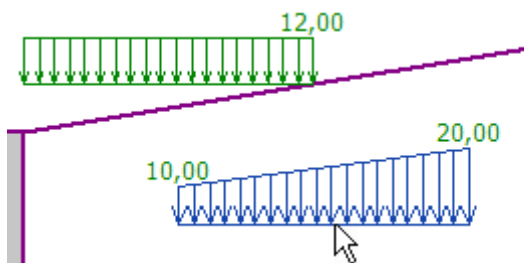
Descripción de funciones

Selección



izquierdo

Los **objetos activos** o fila de la **tabla** se selecciona haciendo clic en el botón izquierdo del ratón.



Sobrecarga			
+ Añadir			
Número	Sobrecarga		
	nuevo	editar	
1	Si		Sobrecarga 1
2	Si		Sobrecarga 2

Ejemplo de utilización

MultiSelección



CTRL +
izquierdo,
SHIFT +
izquierdo

Se añade un número arbitrario de **objetos activos** o filas de la **tabla** (o se elimina) a la selección pulsando la tecla **CTRL** y haciendo clic en el botón izquierdo del ratón. Todas las filas de una tabla debajo o por encima de la fila seleccionada se

seleccionan pulsando la tecla **SHIFT** y haciendo clic en el botón izquierdo del ratón.



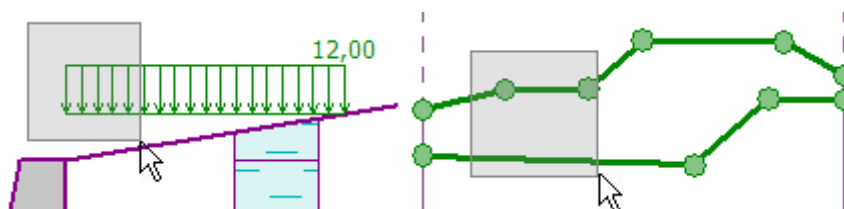
Ejemplo de utilización

Selección Gráfica



izquierdo

Manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón y arrastrando el ratón, se crea un área resaltada. Los **objetos activos** en la zona (aunque sea parcialmente seleccionado) se añaden a la selección.



Ejemplo de utilización

Cambiar Escala



Medio (rueda del mouse)

Girando la rueda del ratón se acerca o aleja dejando el centro del marco.



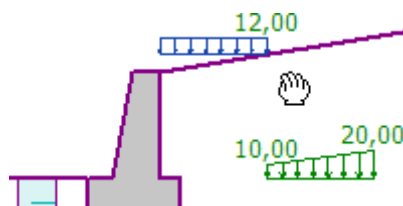
Ejemplo de utilización

Cambiar Escala



Medio (rueda del mouse)

Doble clic en la rueda del ratón escala la visualización para el **zoom máximo**, mientras que todos los objetos son todavía visibles en el escritorio.

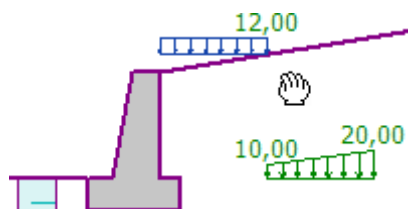


Ejemplo de utilización

Shift

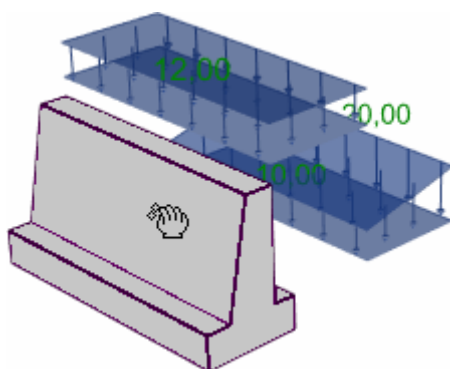
Medio (rueda del mouse)

Pulsando y manteniendo pulsado el botón central del ratón (rueda), y moviendo el ratón, podemos **cambiar la vista en cualquier dirección**.

*Ejemplo de utilización***Rotación**

Medio (rueda del mouse)

Sosteniendo el botón **CTRL** y pulsando el botón central del ratón (rueda) girará la **escena de visualización en 3D**.

*Ejemplo de utilización***Abre una ventana de diálogo**

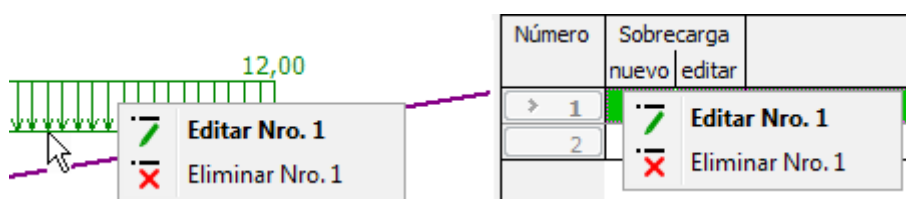
izquierdo

Se abre la ventana de diálogo correspondiente, con un doble clic en el botón izquierdo del ratón u **objeto activo** o sobre una fila de la **tabla**

*Ejemplo de utilización***Menú contextual**

derecho

Se abre el **menú contextual** al hacer clic con el botón derecho del ratón u **objeto activo** o sobre una fila de la **tabla**.

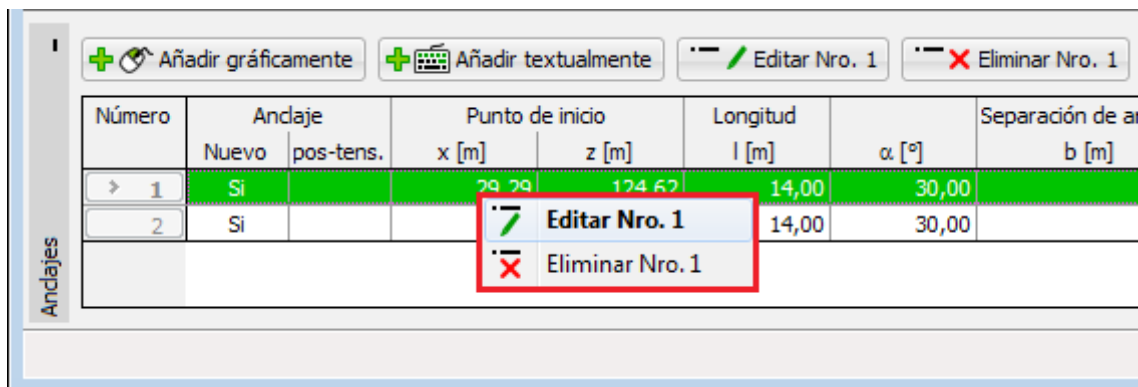
*Ejemplo de utilización*

Ratón menú contextual

Los programas tienen implementado un menú contextual con el **botón derecho del ratón**. El Menú contextual se abre haciendo clic en el botón derecho del ratón sobre un **objeto** o **tabla**.

Menú contextual al editar tablas

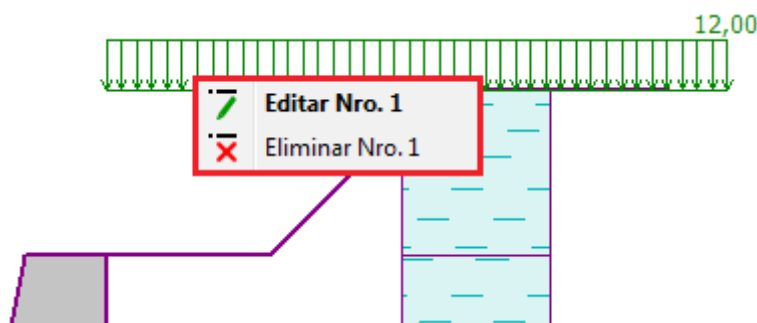
Si una fila en una **tabla** es seleccionada por el **botón derecho del ratón**, aparecerá el menú contextual. El número entre paréntesis al lado de los elementos individuales muestran el número del objeto editado. El elemento requerido en el menú contextual se puede seleccionar con cualquiera de los botones del ratón izquierdo o derecho.



Menú contextual al editar tablas

Menú contextual al editar objetos

Si un **objeto** se selecciona con el **botón derecho del ratón**, aparecerá el menú contextual. El número entre paréntesis al lado de los elementos individuales muestra el número del objeto editado (se corresponde con el número del elemento tabla). El elemento requerido en el menú contextual se puede seleccionar con cualquiera de los botones del ratón izquierdo o derecho.



Menú contextual durante la edición de objetos

El Menú contextual también se puede utilizar para la asignación de los suelos.

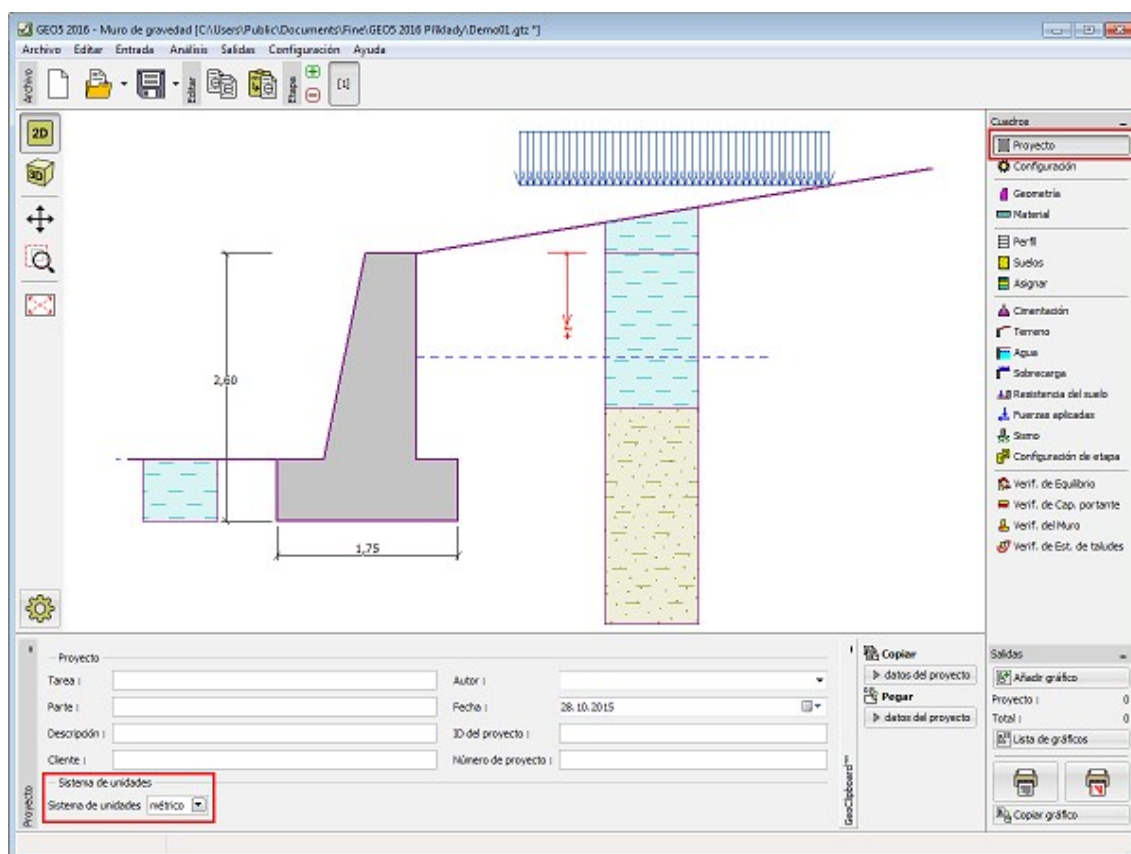


Menú contextual - Asignación de suelos

Alternativamente, es posible utilizar las **dimensiones** y los **objetos activos**.

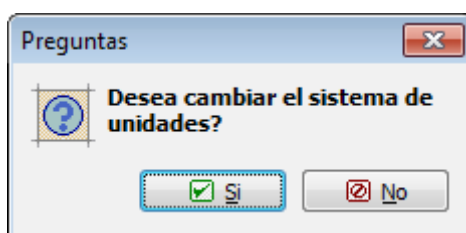
Unidad - Métrica / Imperial

El programa permite elegir entre unidades **métrica o imperial** en el **cuadro "Proyecto"**.



Cambio de unidades

Utilice el listado para seleccionar el tipo de unidad deseada. Luego aparecerá un mensaje que requiere de la confirmación de la selección.



Cuadro de diálogo que confirma el cambio de unidad

Copiar al portapapeles

El programa permite usar el portapapeles de dos formas distintas:

- Es posible copiar la vista actual del escritorio. La imagen puede insertarse luego en un editor arbitrario (Ms Word, Drawing, Adobe Photoshop, etc.). La copia de las imágenes al portapapeles puede realizarse mediante el **menú de control** (artículos "**Salidas**", "**Copiar imagen**") o por el botón de la barra de control "**Salidas**". Los parámetros individuales se configuran en el cuadro de diálogo "**Opciones**", en la pestaña "**Copiar en portapapeles**".
- Es posible copiar los datos de entrada del programa (parámetros de suelo, perfiles de interfaces, sobrecarga, impacto del agua, terreno, etc.). Los datos copiados pueden ser insertados en otro programa GEO5. Copiar al portapapeles se puede hacer mediante el menú de control (ítems "**Editar**", "**Copiar datos**", "**Pegar datos en el nuevo proyecto**") o usando el botón de la barra de herramientas "**Editar**".

También es posible utilizar la opción especial **GeoClipboard**™ del software GEO5, que permite la transferencia de datos entre los modos de entrada o etapas de construcción de uno o más programas.

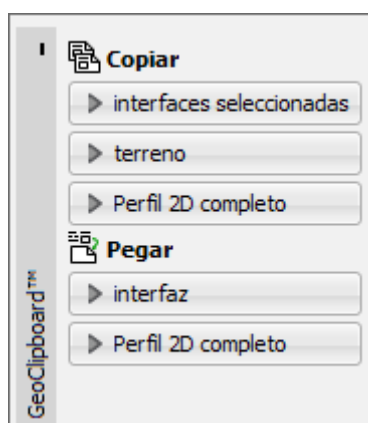
GeoClipboard

GeoClipboard es una tabla especial que se utiliza en los programas GEO5. Permite copiar y pegar datos entre los regímenes y etapas del mismo u otro programa.

Las características básicas de **GeoClipboard** son:

- GeoClipboard puede contener simultáneamente datos diferentes, por ejemplo, Si pegamos los suelos después de las interfaces no eliminará los datos de la interfaz
- Los datos se guardan después de salir del programa y reiniciar el equipo hasta que sean sustituidos por otros datos de misma categoría.
- Todo usuario del ordenador tiene su propia GeoClipboard
- Durante el proceso de pegar formularios de datos desde GeoClipboard la vista previa de los cambios siempre se muestra y el usuario puede cambiar los parámetros de pegado.

Los controles **GeoClipboard** siempre se colocan en un marco relevante. Similar a:



GeoClipboard

GeoClipboard es implementado por los siguientes datos:

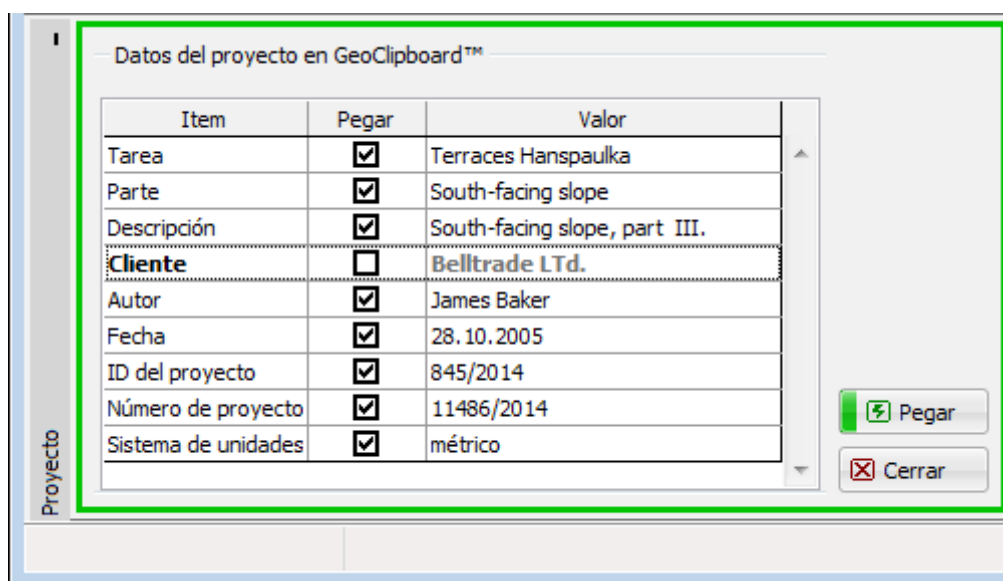
- Datos del proyecto
- Interfaces de 2D, incluyendo la copia de la topología analizado el nivel freático y de etapas en MEF
- Suelos y cuerpos rígidos
- Asignaciones 2D
- Ensayos de campo

Copiar y pegar los datos del proyecto

GeoClipboard permite copiar y pegar los datos del proyecto.

Durante el proceso de copia todos los datos ingresados no vacíos son copiados.

El Pegado de los datos del proyecto se realiza en la siguiente ventana:



Pegado de los datos del proyecto desde GeoClipboard

En esta ventana se puede especificar que datos del proyecto se pegan (columna "**Pegar**"). El

pegado de datos se completa y los datos se cambian cuando al presionar el botón "**Pegar**".

Copiar y pegar interfaces 2D

GeoClipboard permite copiar y pegar las interfaces 2D entre los siguientes regímenes:

- Interfaz
- Terraplén y corte de tierra
- Agua
- Subsuelo Imcompresible

También permite copiar datos de programa MEF:

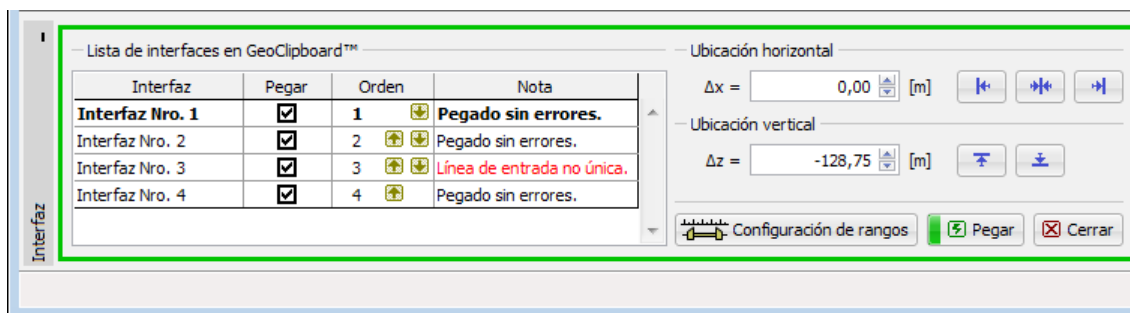
- En la sección de "**Análisis**" permite copiar el nivel freático analizado, especialmente después de un análisis de flujo de agua
- En la sección de "**Análisis**" permite copiar las interfaces con respecto a las zonas activas e inactivas

Es posible copiar los siguientes elementos:

- Interfaz actual
- Interfaces seleccionadas
- Terreno de la etapa actual
- Perfil 2D completo

Pegado de las interfaces

El Pegado de las interfaces desde GeoClipboard es el mismo proceso que si el usuario introduce interfaces paso a paso. Los parámetros de pegado se pueden introducir en la siguiente ventana



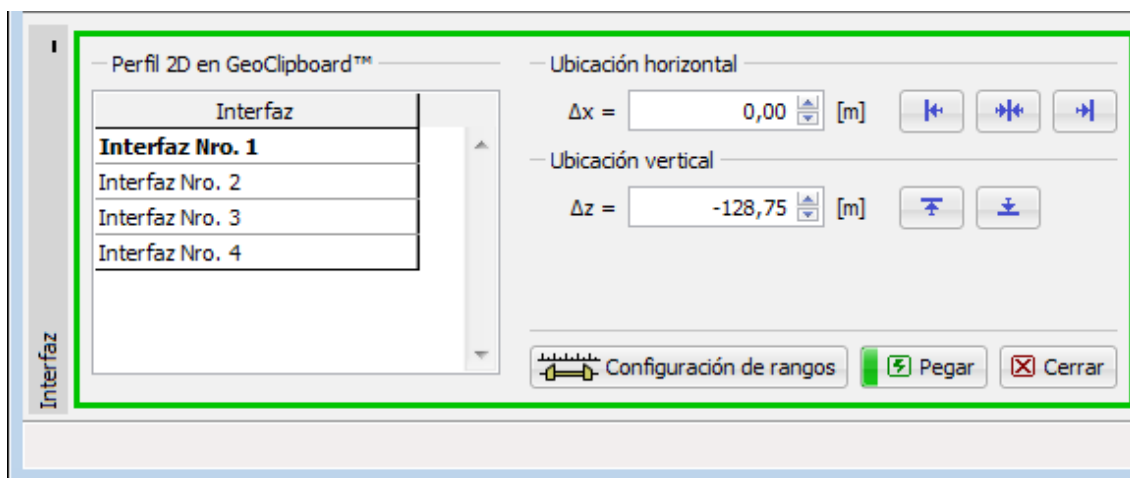
Pegar interfaces 2D desde GeoClipboard

En esta ventana se puede especificar, que interfaces se pegan ("**Pegar**" columna), el orden para pegar (modificable con un clic del ratón en o con las teclas Ctrl + Shift + flecha arriba o abajo) y ubicarla en el lugar deseado. En los mismos segmentos es posible pegar sólo interfaces independiente, entonces la columna "**Pegar**" actúa como un botón de selección y la columna "**Orden**" se oculta. el Programa siempre muestra la vista previa de los cambios causados por la opción pegar y el resultado de pegar se describe en la columna "**Nota**". Los datos cambian cuando se pulsa el botón "**Pegar**". Hay una posibilidad para pegar varias veces una interfaz con la ubicación cambiada entrando en el perfil sesgar capas.

Pegado de perfil 2D completo

Este modo permite pegar de perfil 2D completo desde GeoClipboard al perfil 2D actual. Las interfaces para pegar no se puede especificar, sólo ubicar en el lugar deseado. El programa muestra la vista previa del perfil 2D resultante. El perfil se pega y los datos cambian cuando se

presiona el botón "**Pegar**".



Pegado de perfil 2D completo desde GeoClipboard

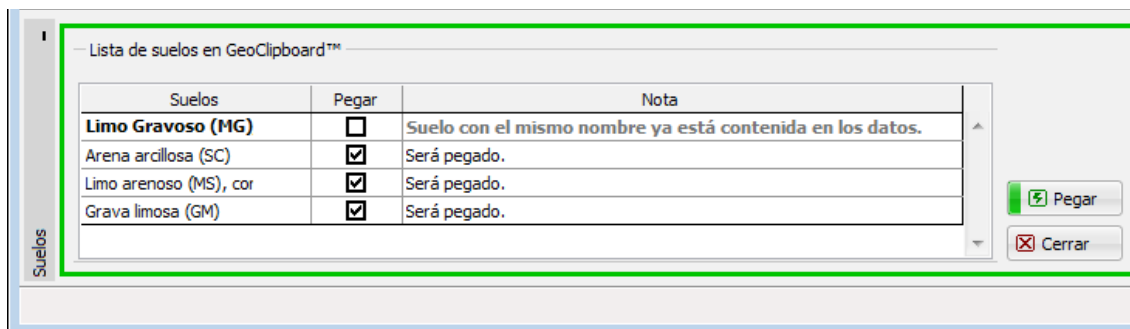
Copiar y pegar suelos y cuerpos rígidos

GeoClipboard permite copiar y pegar suelos y cuerpos rígidos

Es posible copiar los siguientes items:

- suelo actual (cuerpos rígidos)
- suelos seleccionados (cuerpos rígidos)
- todos los suelos (cuerpos rígidos)

El pegado de suelos (cuerpos rígidos) se realiza en la siguiente ventana.



Pegado de suelos desde GeoClipboard

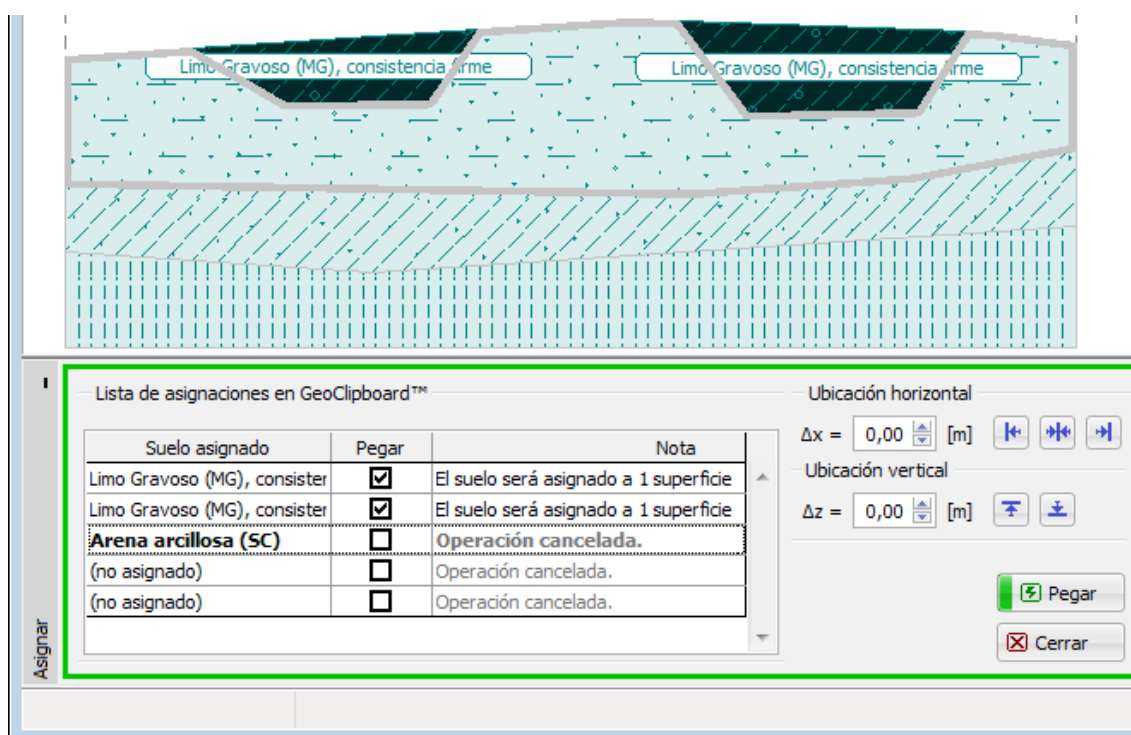
En esta ventana se puede especificar que suelos (cuerpos rígidos) se pegan (en la columna "**Pegar**"). Si el nombre del suelo pegado (cuerpo rígido) es idéntico a un nombre de suelo (cuerpo rígido) ya contenido en los datos, el programa cambia el nombre porque debe ser único. El pegado está completo y los datos cambian al presionar el botón "**Pegar**".

Copiar y pegar asignaciones 2D

GeoClipboard permite copiar y pegar asignaciones.

Copiando las superficies como polígonos con suelos asignados se copian en el GeoClipboard.

El pegado de las asignaciones se muestra en la siguiente ventana:



Pegado de asignaciones desde GeoClipboard

En esta ventana se puede especificar que asignación 2D de suelos se pegan (en la columna "Pegar"). La ubicación de la superficie pegada puede cambiar. El estado resultante está disponible como vista previa, con las superficies marcadas y la información sobre las asignaciones de suelos pegadas. Todas las superficies en los

Si el nombre del suelo pegado (cuerpo rígido) es idéntico a un nombre de suelo (cuerpo rígido) ya contenido en los datos, el programa cambia el nombre porque debe ser único. El pegado está completo y los datos cambian al presionar el botón "Pegar".

Los suelos asignados, que no fueron ya encontrados en los datos, se agregan a la lista de suelos.

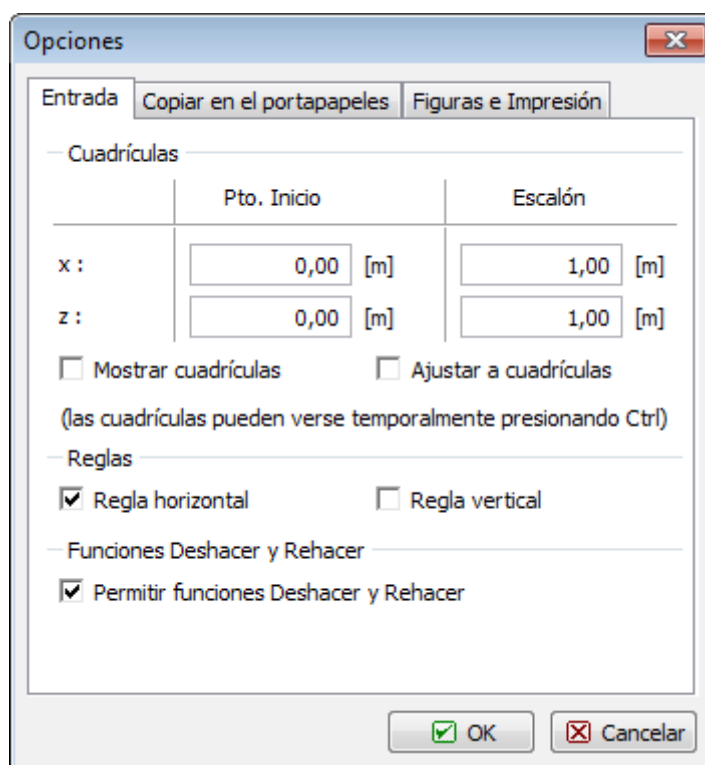
El pegado se completa y los datos cambian al presionar el botón **"Pegar"**

Opciones

El cuadro de diálogo **"Opciones"** sirve para configurar algunas funciones especiales del programa (**Entrada (Cuadrícula y reglas)**, **Copiar al portapapeles**, **Figuras e Impresión** etc).

Este cuadro de diálogo se abre desde el menú de control (ítem: **"Configuración"**, **"Opciones"**).

La ventana contiene pestañas individuales (el número y contenido puede variar en función de los programas) habilitadas para establecer los datos específicos según corresponda.



Cuadro de diálogo "Opciones"

Opciones - Entrada (cuadrícula y reglas)

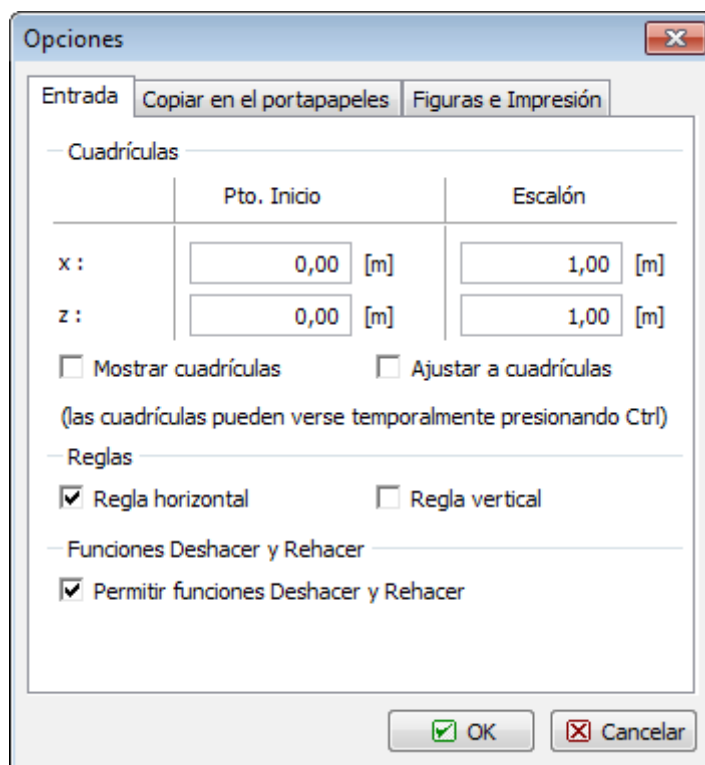
La pestaña **Entrada**, del cuadro de diálogo "**Configuración**" permite configurar los parámetros de "**Cuadrícula**" y los parámetros de las funciones de "**Deshacer**" y "**Rehacer**".

Esta pestaña es implementada **solo en los programas 2D** (Estabilidad de taludes, Asientos, Vigas, etc.).

- | | |
|----------------------------------|---|
| Cuadrícula | <ul style="list-style-type: none"> • Establecer el origen de la cuadrícula y los puntos en dirección <i>X</i> y <i>Z</i> |
| Muestra cuadrícula | <ul style="list-style-type: none"> • Oculta y muestra la cuadrícula en el escritorio |
| Ajustar a la Cuadrícula | <ul style="list-style-type: none"> • Activa y desactiva la opción Ajustar a la cuadrícula a través del mouse (cuando se desplaza el mouse, el cursor salta fuera de la cuadrícula, y un punto fuera puede ser especificado sosteniendo la tecla "Ctrl") |
| Regla horizontal | <ul style="list-style-type: none"> • Muestra y oculta en el escritorio, la regla horizontal con escala de distancias |
| Regla vertical | <ul style="list-style-type: none"> • Muestra y oculta en el escritorio, la regla vertical con escala de distancias |
| Función "Atrás y Repetir" | <ul style="list-style-type: none"> • Habilita/deshabilita la posibilidad de utilizar estas funciones en el programa (en la barra de herramientas estos botones están "ocultos") |

En algunos módulos, es posible especificar si los resultados se almacenan con la función deshacer seleccionando "**Mantener resultados**". El almacenamiento de resultados con la función deshacer puede tomar mucho tiempo. Si los resultados no se almacenan, es necesario

realizar el cálculo nuevamente después de pulsar "**Deshacer**".



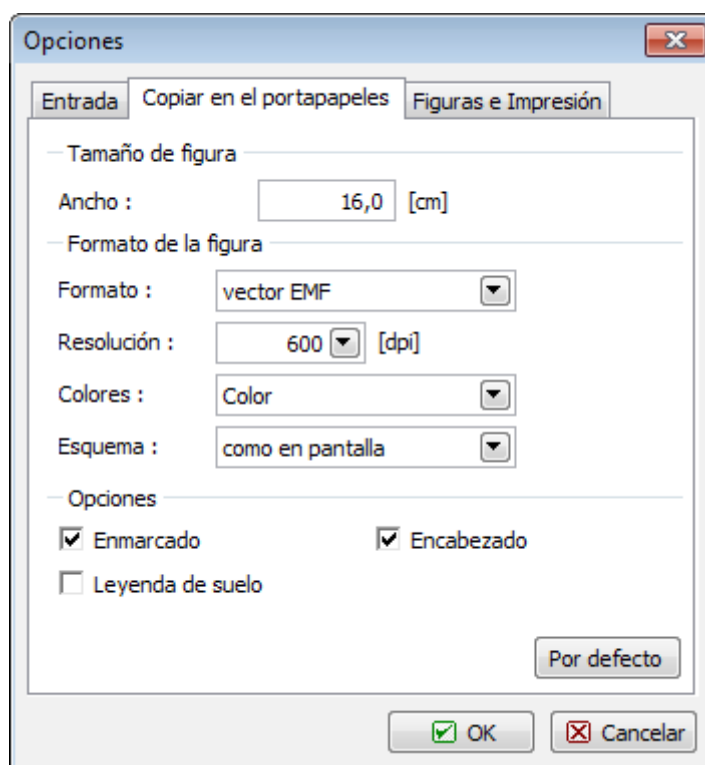
Cuadro de diálogo "Opciones" - pestaña "Entrada"

Opciones - Copiar en el portapapeles

La pestaña "**Copiar en portapapeles**" permite establecer los siguientes parámetros de control:

- | | |
|-----------------------------|--|
| Tamaño de la figura | <ul style="list-style-type: none"> Se define el tamaño de la figura. Ingrese el ancho de la imagen y el alto se calculará según los contenidos de la imagen de forma automática |
| Formato de la figura | <ul style="list-style-type: none"> Se define el tipo de formato de la figura (*.EMF, *.WMF, *.BMP) su resolución, color y orientación. La configuración recomendada se muestra en la figura (format:*.EMF, resolución: 600 dpi, color). |
| Opciones | <ul style="list-style-type: none"> La configuración define los cuadros y la cabecera de la figura. Si ambas opciones están marcadas, la figura contendrá ambos. La Opción "Leyenda de suelos" incluye una leyenda con los suelos utilizados en el gráfico. |

El botón "**Por defecto**" en la ventana define los valores implícitos originales.



Cuadro de diálogo "Opciones" - pestaña "Copiar en el portapapeles"

Opciones - Figuras e Impresión

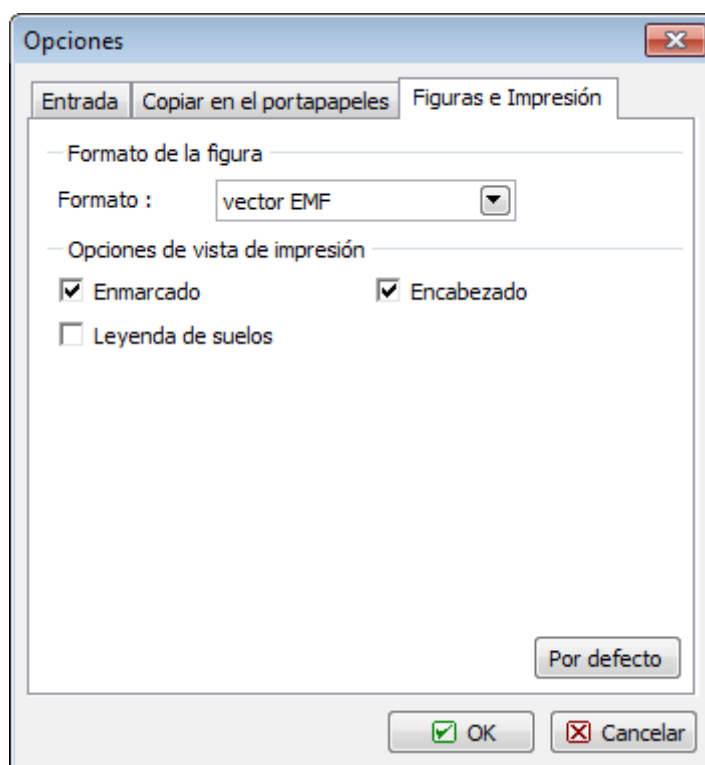
El cuadro de diálogo se abre desde el menú de control (Ítem: **"Configuraciones"- "Opciones"**). La pestaña **"Figuras e Impresión"** permite configurar los parámetros de una figura asumidos para el cuadro de diálogo **"Imprimir y exportar la vista del escritorio"** e **"Imprimir y exportar documento"**.

Formato de la imagen La configuración define el formato de la imagen (*.EMF, *.WMF, *.BMP).

Opciones de vista de impresión Esta configuración define el cuadro de la imagen y su cabecera. Si ambas opciones están marcadas, la imagen contendrá tanto el cuadro como la cabecera.

La Opción **"Leyenda de suelos"** incluye una leyenda con los suelos utilizados en el gráfico. Esto es válido solo para **"Imprimir y exportar imagen"**.

El botón **"Por defecto"** define los valores implícitos originales



Cuadro de diálogo "Opciones" - pestaña "Figuras e Impresión"

Entradas comunes

Este capítulo contiene secciones que proporcionan detalles sobre varios de los programas GEO5.

- Entrada y edición de suelos
- Interfaces en ambientes 2D
- Entrada de objetos y datos
- Asignación de suelos
- Coeficientes de diseño
- Ejecución de diferentes Análisis / Verificaciones

Una función muy importante en todos los programas GEO5 es la posibilidad de definir las **Etapas de Construcción**.

Algunos programas GEO5 permiten **ejecutar otros programas GEO5** con transferencia automática de datos.

Las funciones básicas para el trabajar con los **resultados gráficos** en los programas de MEF, se describen en las páginas de Asiento:

- Vistas guardadas
- Configuración de gama de colores

Las siguientes páginas describen la **Importación de Datos**:

- [Importar y exportar DXF](#)
- [Importar tabla de datos](#)
- [Importar LandXML](#)


Las funciones del Portapapeles se describen en las páginas:

- [Copiar al portapapeles](#)
- [Geoclipboard](#)

Añadir y editar suelos

El cuadro de diálogo "**Añadir suelos**" sirve para introducir el nombre de los parámetros que deben obtenerse de las mediciones en laboratorio o de los estudios geotécnicos

Todos los campos de entrada que aparecen en la pantalla deben ser completados. La única excepción es el valor γ_{sat} (peso unitario del suelo saturado) en la sección de la ventana "**Elevar presión**". En caso de quedar este campo vacío, el programa automáticamente agrega el valor de γ (peso unitario del suelo).

Presionando el botón "" obtenemos información sobre las teorías de análisis vinculadas con los valores individuales ingresados.

[Los colores y las muestras de suelo](#) pueden ser seleccionados del listado en la parte derecha de la ventana.

Si el estudio geotécnico o los experimentos en laboratorios no están permitidos, el suelo puede ser especificado con la ayuda de la base de datos de suelos que contienen valores aproximados de características básicas. El botón "**Clasificar**" despliega el cuadro de diálogo "[Clasificación de suelos](#)" con valores ofrecidos para insertar dentro de la pantalla. El botón "**Eliminar**" permite eliminar información sobre la clasificación de suelos obtenida desde el catálogo. Los parámetros de suelos del campo "**Ángulo de fricción estructura-suelo**" (ver figura) deben ser en todos los casos asignados manualmente.

Las características de las rocas no figura en la base de datos integrada, estos parámetros deben ser definidos manualmente. Los parámetros aproximados de rocas se presentan en la parte teórica de la ayuda (para la solución de [presión de tierras](#), para el [cálculo de la estabilidad de roca](#) o para el [análisis de la capacidad portante de la base sobre la roca madre](#)).

El suelo especificado es insertado dentro de la lista de suelos presionando el botón "**Añadir**".

Cuadro de diálogo "Añadir suelos"

Clasificación de suelos

Los valores aproximados de suelos pueden obtenerse en el catálogo de suelos. La lista desplegable sirve para seleccionar el suelo deseado y especificar: consistencia o densidad, respectivamente. Los parámetros de suelo obtenidos a partir del catálogo aparecen en la ventana.

El botón "**Manualmente**" abre el cuadro de diálogo "**Clasificación manual de suelos**" que permite clasificar los suelos si se conocen los parámetros, ej. A Partir de mediciones en laboratorios (Clasificación, Humedad).

Clasificación de suelos

Clasificación, consistencia, densidad

Clasificación de suelos: MG - MG - Limo Gravoso

Consistencia: Consistencia firme (difícil de deformar al apretar con la mano)

Características estándares de suelos

MG - Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos del suelo	Marca	Unidad	Valor
Coefficiente de Poisson	ν	[-]	0,35
Peso unitario	γ	[kN/m ³]	19,0
Módulo de deformación	E_{def}	[MPa]	10 - 20
Parámetros efectivos:			
Ángulo de fricción interna	ϕ_{ef}	[°]	26 - 32
Cohesión de suelo	c_{ef}	[kPa]	4 - 12
Parámetros totales:			
Ángulo de fricción int.	ϕ_u	[°]	0
Resistencia al corte	c_u	[kPa]	70
Diseño de resistencia:			
Ancho < 3,0 m	R_d	[kPa]	200
Coef. de resistencia estructural	m	[-]	0,2
para $E_{def} < 4.0$ MPa, no sobreconsolidados	m	[-]	0,1

☒ Manualmente ☒ OK ☒ OK + Asignar ☐ Cancelar

Cuadro de diálogo "Clasificación de suelos"

Presionando el botón **"OK"** se muestran los valores recomendados en **"Añadir nuevo suelo"** al lado de los campos correspondientes. Presionando el botón **"OK+Asignar"** se asigna a los campos de entradas individuales los valores promedios de los parámetros de suelo. El botón **"Cancelar"** libera la ventana sin ejecutar ninguna acción.

Añadir suelos

Identificación

Nombre: MG - Limo Gravoso (MG), consistencia firme

MG - Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario: $\gamma =$ 19,00 [kN/m³] 19,0

Estado de tensión: efectivo

Ángulo de fricción interna: $\phi_{ef} =$ 29,00 [°] 26 - 32

Cohesión de suelo: $c_{ef} =$ 8,00 [kPa] 4 - 12

Ángulo de fricción estructura-suelo: $\delta =$ [°]

Clasificación de suelos - Rango de valores recomendados

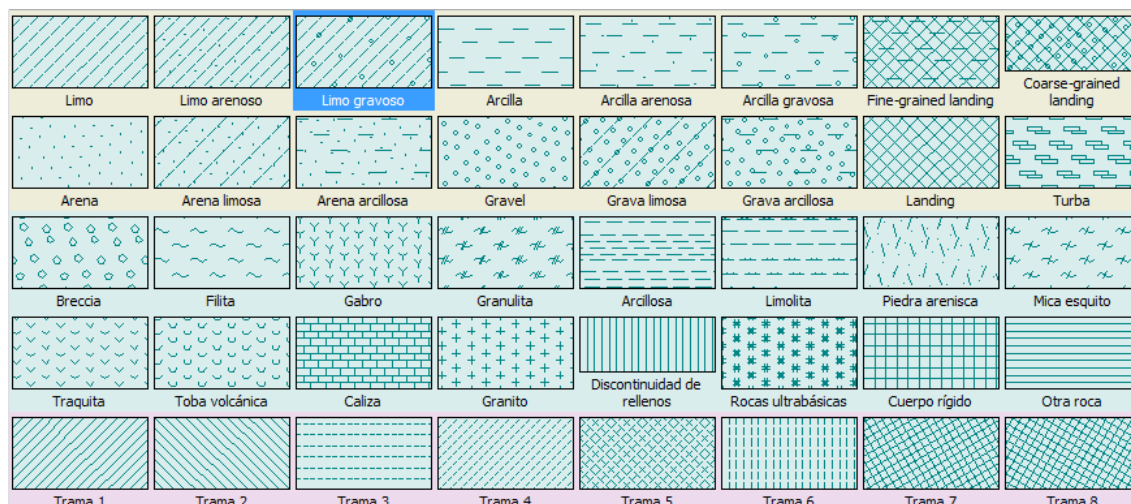
Niveles de suelos y rocas

Para un suelo ingresado manualmente, o insertado desde el catálogo de suelos, se puede seleccionar de una lista desplegable una categoría de patrones (patrones de programas GEO5, a todo color, patrones gINT o patrones según el estándar chino YS 5204¹) y el color, que se muestran en el perfil introducido.

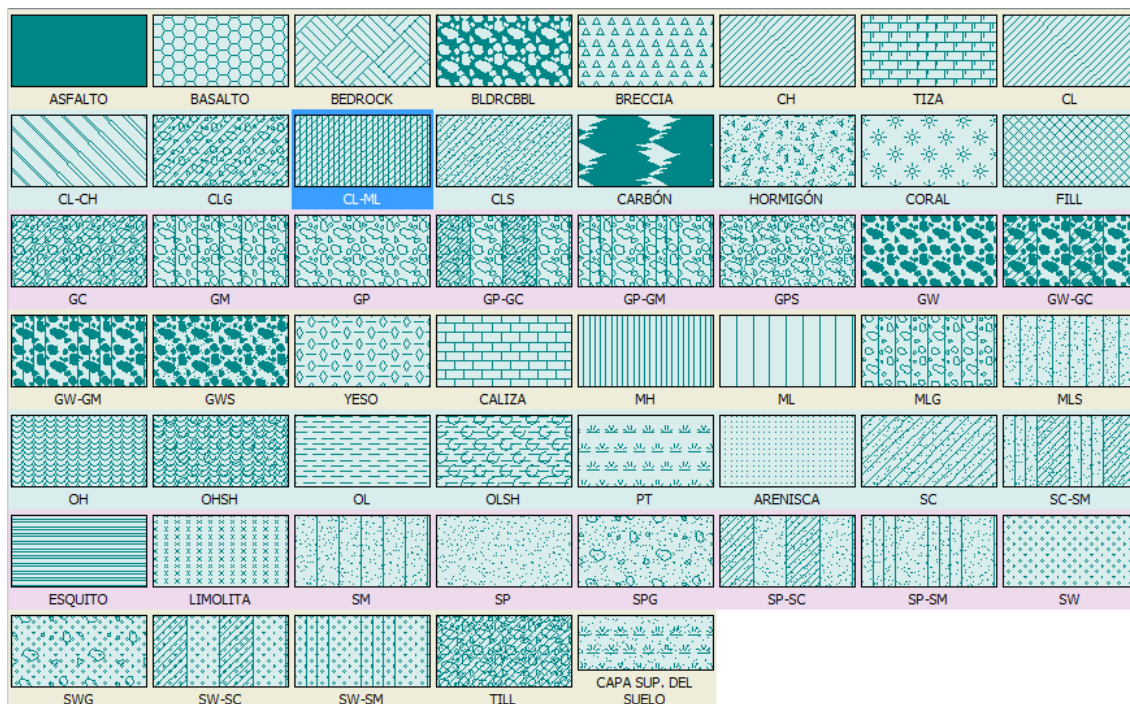
Un color en la lista desplegable "**Color**" es utilizado para dibujar los suelos (rocas) en el escritorio y en las imágenes que se almacenan ya sea en la "**Lista de dibujos**" o impresos con la ayuda de "**Imprimir o exportar dibujos**" (para visualizar los mismos (full) colores en las imágenes se deben configurar la opción "**a todo color**" en los "**Configuración de gráficos**").

El patrón de color que sea suficientemente visible debe ser elegido con respecto al fondo de escritorio o papel para impresora, respectivamente.

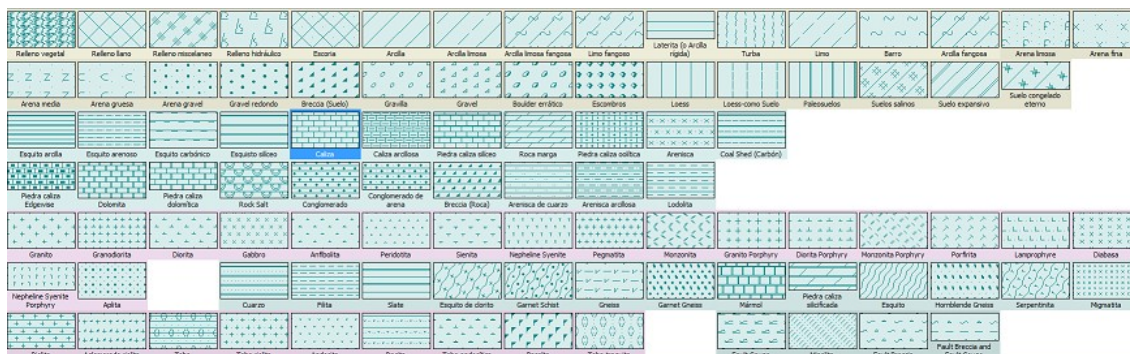
Cuadro "Añadir suelos" - Selección de color y trama



Tramas de suelos - GEO5



Tramas de suelos - gINT



Tramas de suelos - YS 5204 - 2000

Bibliografía:1 - YS 5204-2000 - Specification for mapping symbol of geotechnical investigation report

Clasificación manual de suelos

Este cuadro de diálogo permite especificar parámetros de suelos, los cuales sirven para añadir suelos al catálogo. El botón **"OK"** cambia nuevamente al cuadro de diálogo **"Clasificación manual de suelos"** donde están establecidos los tipos de suelos y su clasificación.

Clasificación manual de suelos

— Clasificación —

Partículas finas (0,0 .. 0,06 mm) : f = 50,0 [%]

Partículas arenosas (0,06 mm .. 2,0 mm) : s = 30,0 [%]

Partículas de grava (2,0 mm .. 60,0 mm) : g = 20,0 [%]

Suma f + s + g debe ser igual a 100%

— Humedad —

Humedad de la muestra : w = 23,0 [%]

Contenido de humedad en el límite líquido: w_L = 55,0 [%]

Contenido de humedad en el límite plástico: w_P = 20,0 [%]

Se debe mantener w_L > w_P

— Clasificación —

CS - Arcilla arenosa (CS), consistencia firme

OK Cancelar

Cuadro de diálogo "Clasificación manual de suelos"

Interfaces en ambientes 2D

La parte izquierda del **cuadro** contiene una **tabla** con la lista de interfaces. En la parte superior del cuadro hay dos botones de control para administrar interfaces.

Configuración de rangos Abre el cuadro de diálogo "**Coordenadas mundiales**" que permite configurar las dimensiones (contornos derechos e izquierdos)

Añadir interfaz Se vuelve al régimen "**Añadir nueva interfaz**" - distintas interfaces pueden ser añadidas en un orden arbitrario. Cada interfaz es automáticamente almacenada en la lista de interfaces cuando se abandona el modo de entrada.

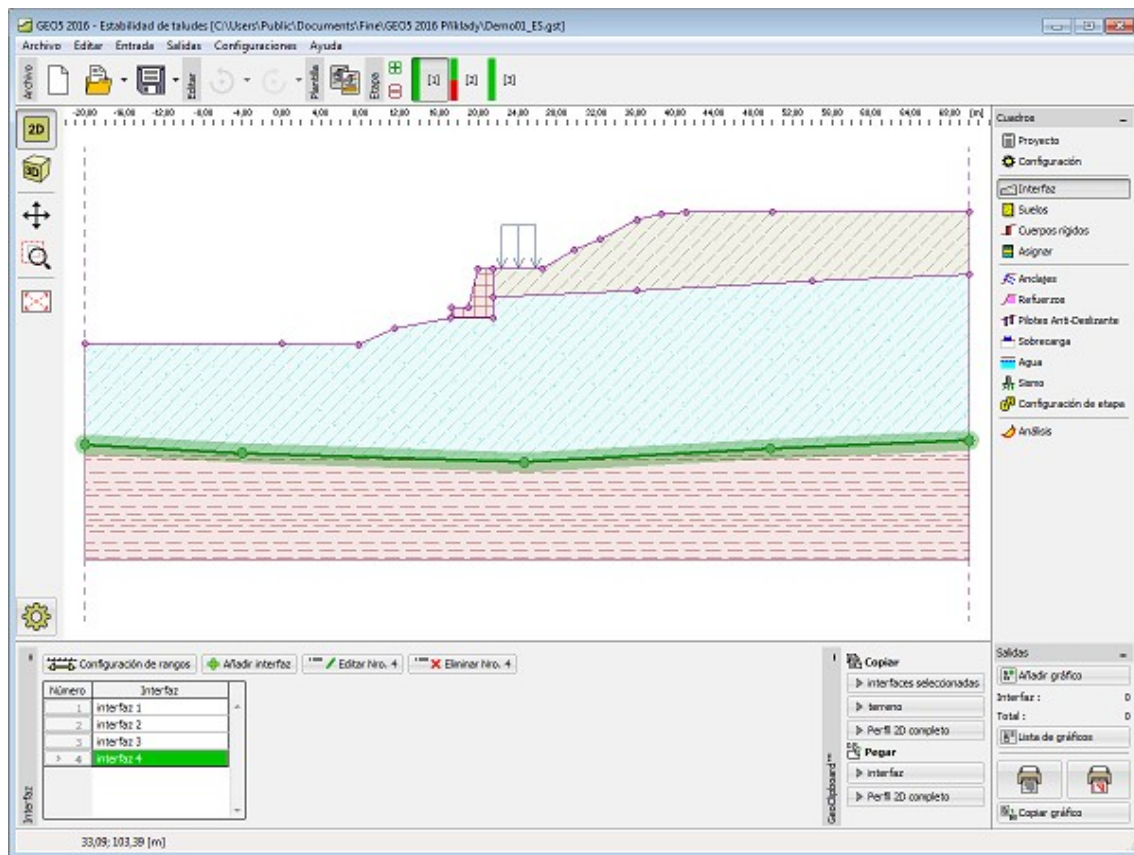
Las interfaces se ordenan en la tabla de abajo y **es posible editar y borrar**.

Número	Interfaz
1	interfaz 1
2	interfaz 2
3	interfaz 3
4	interfaz 4

La tabla con la lista de interfaces

Cada cambio realizado en una interfaz determinada puede ser deshecho utilizando los botones de la barra de herramienta "**Deshacer y Rehacer**".

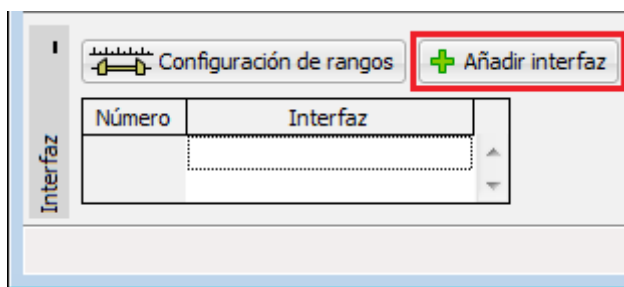
Existe la posibilidad de copiar y pegar las interfaces usando **GeoClipboard**.



Cuadro "Interfaz"

Añadir interfaces

El botón **"Añadir interfaz"** comienza el modo de introducir puntos de una nueva interfaz. El **ratón** cambia a una cruz de ejes y la visualización de los cambios de cuadros.



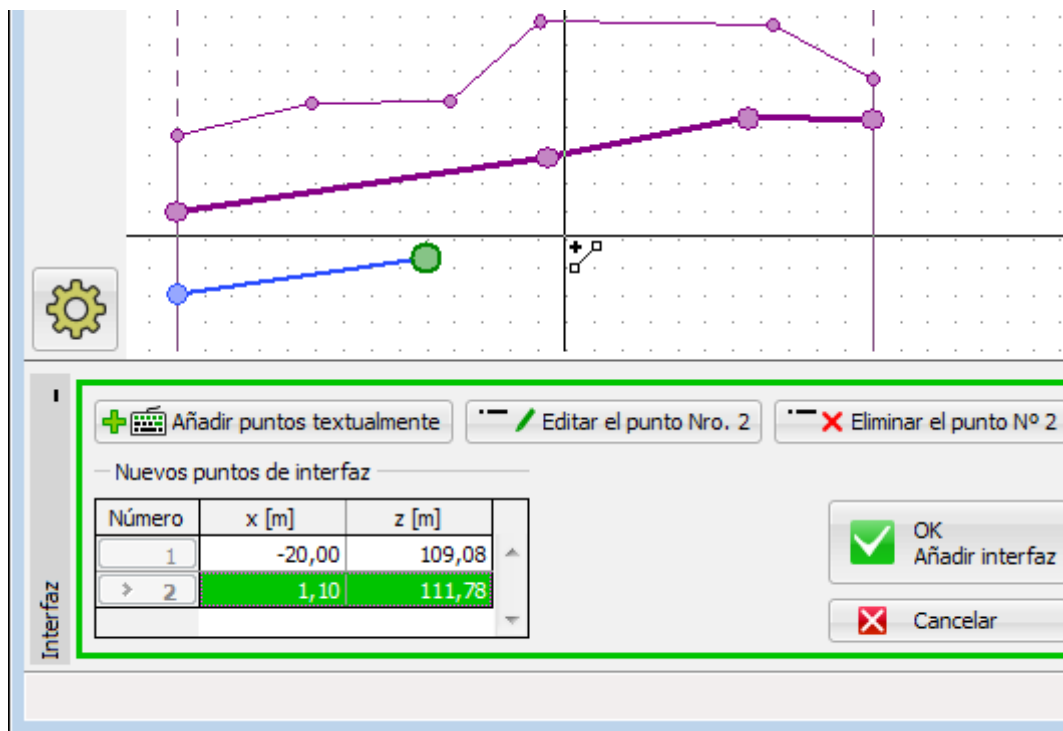
Cuadro "Interfaz"

Al pulsar el botón izquierdo del ratón en el escritorio, es posible ingresar los puntos de la interfaz. Las coordenadas (x , z) de cada punto introducido se añaden a la **tabla "Nuevos puntos de interfaz"**. Alternativamente, es posible añadir puntos en una ventana de diálogo pulsando el botón **"Añadir punto"**. El punto introducido siempre se redondea por cuatro cifras significativas (dos decimales) - la entrada por ratón y teclado es entonces completamente equivalentes

Durante la entrada, es posible **editar y eliminar** puntos individuales.

La entrada es terminada presionando el botón "**OK Añadir interfaz**" (añade la interfaz introducida en la [lista de interfaces](#)), o mediante el botón "**Cancelar**" pulsando (la interfaz introducida se elimina).

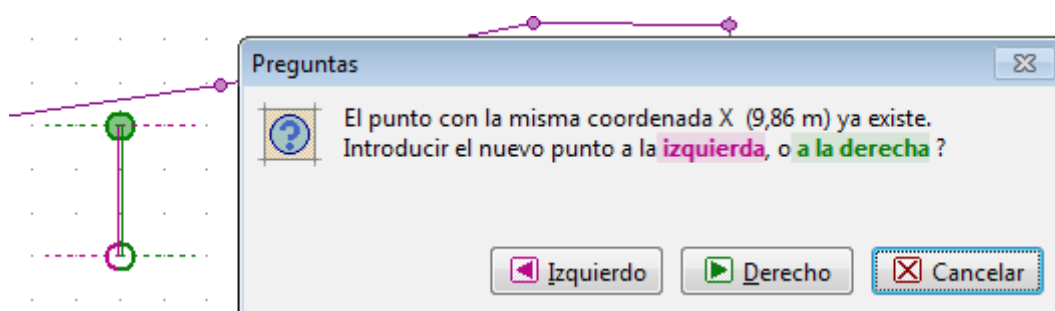
Al insertar, es posible utilizar la función de la [grilla](#).



Modo de entrada de los puntos de interfaz

Cuando introducimos puntos, es posible utilizar las plantillas obtenidas de [importaciones DXF](#).

El programa permite también introducir interfaces verticales - En este caso el programa requiere insertar primero el punto a la **izquierda** o a la **derecha**. Los botones que sirven para confirmar esta acción están coloreados.



Interfaces Verticales

El programa también contiene un [corrector de entrada de interfaz automático](#) que determina los puntos extremos de la interfaz y agrega la interfaz a la lista de interfaces.

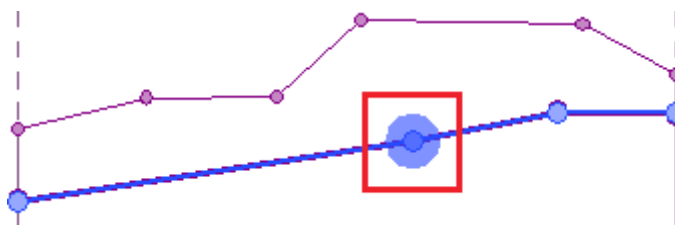
Editar Puntos de interfaz

Al introducir o editar una interfaz, es posible editar o eliminar puntos individuales, de forma

gráfica y textual en un cuadro de diálogo.

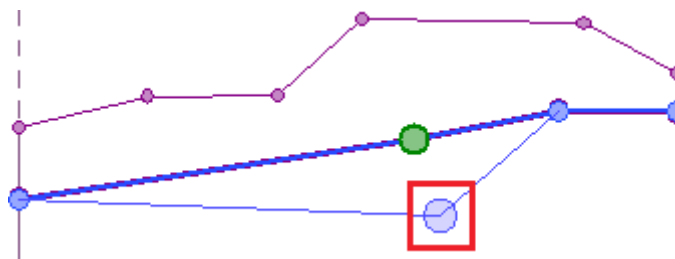
Editar Puntos de interfaz

Mueva el cursor del ratón sobre el punto, que se va a editar. El área alrededor del punto se resalta.



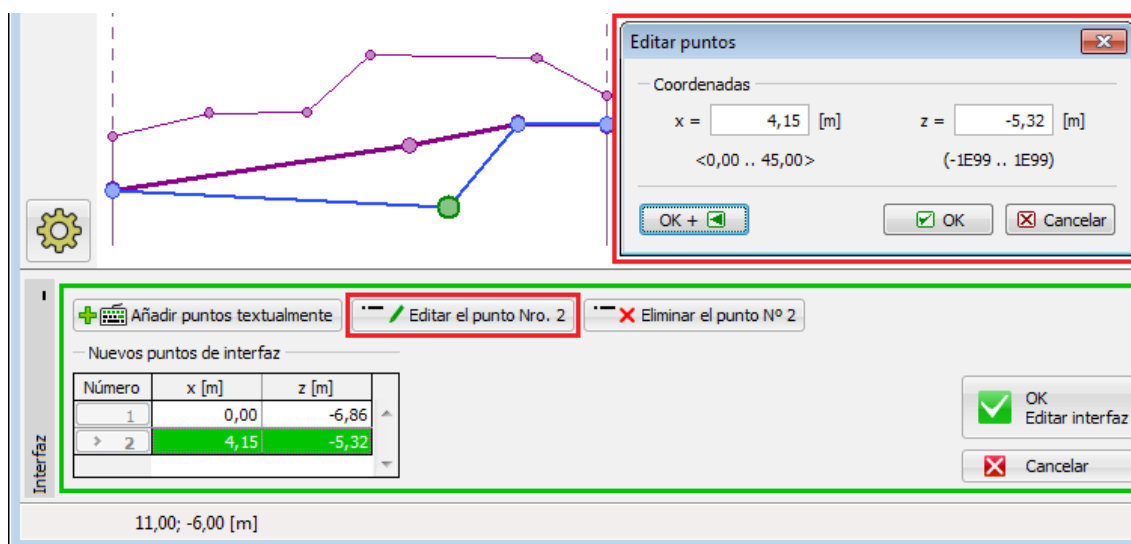
Editar Puntos de interfaz

El punto se mueve manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón y arrastrando. Al liberar el botón izquierdo del ratón, se cambia el punto.

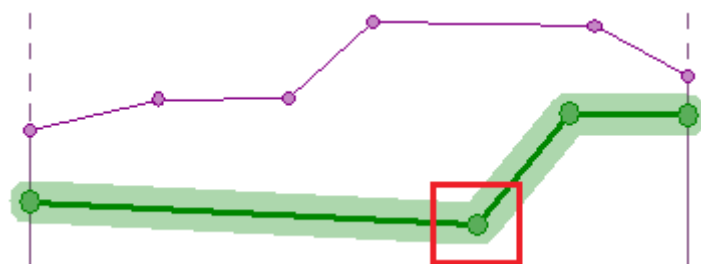


Editar Puntos de interfaz

Alternativamente, es posible presionar "**Editar punto**" en la **tabla**, y cambiar las coordenadas en el cuadro de diálogo. La edición se termina haciendo clic en el botón "**OK**".



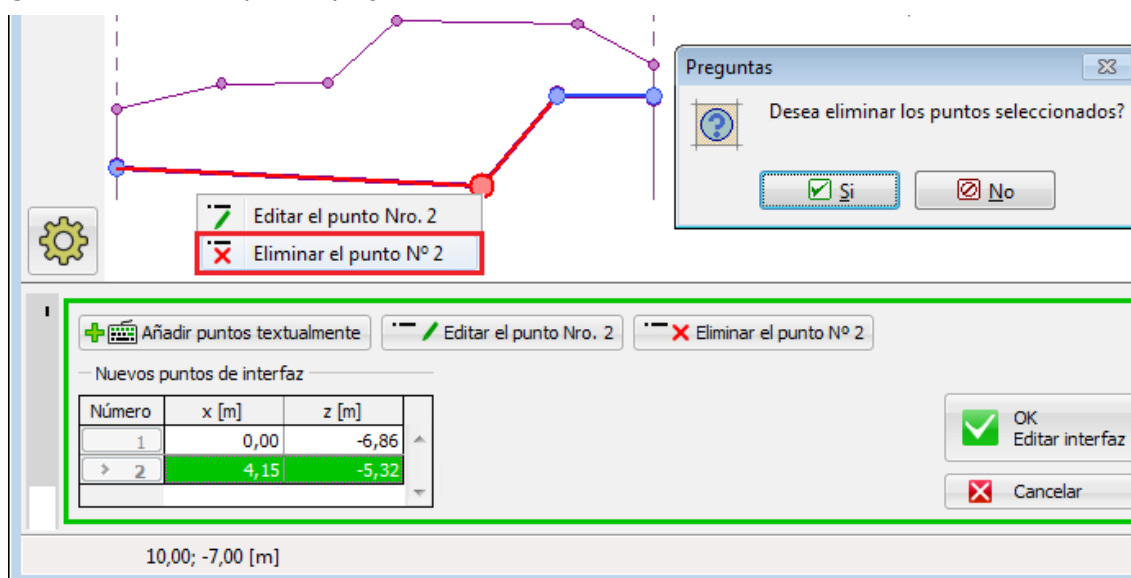
Editar Puntos de interfaz



Editar Puntos de interfaz - resultado del cambio de coordenadas

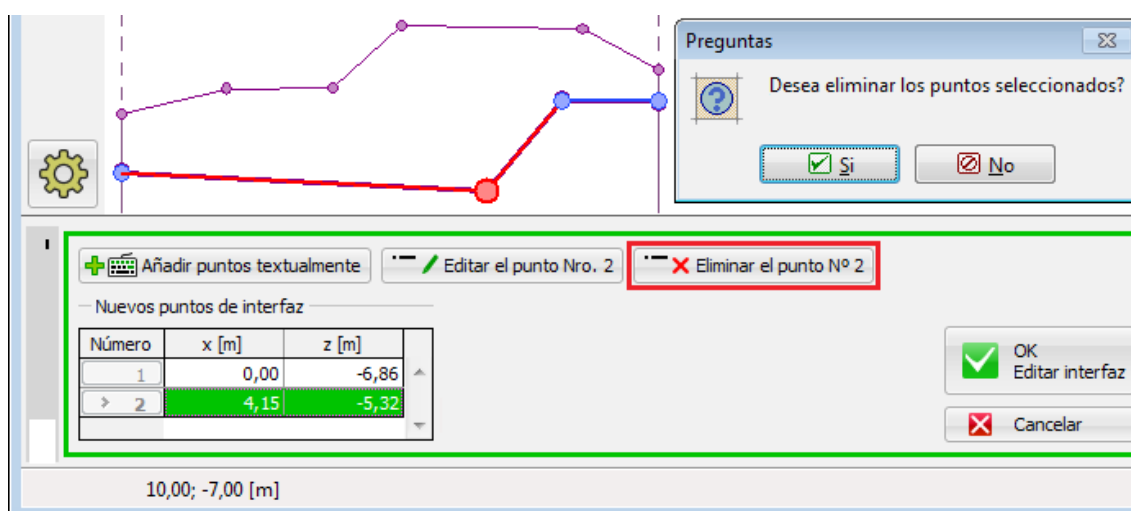
Eliminar puntos de interfaz

Mueva el cursor del ratón sobre el punto, que se va a eliminar. El área alrededor del punto se resalta. Después de hacer clic en el botón derecho del ratón, aparece el **menú contextual**. Seleccione la opción "Eliminar punto". El programa resalta en rojo el punto y las líneas que se ven afectados por la supresión de la punto. Después de la confirmación por parte del usuario, el programa elimina el punto y ajusta la interfaz.



Eliminar puntos de interfaz - graficamente

Alternativamente, es posible seleccionar el punto de la **tabla** y hacer clic en "**Eliminar punto**". Este proceso es idéntico al descrito anteriormente.

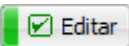


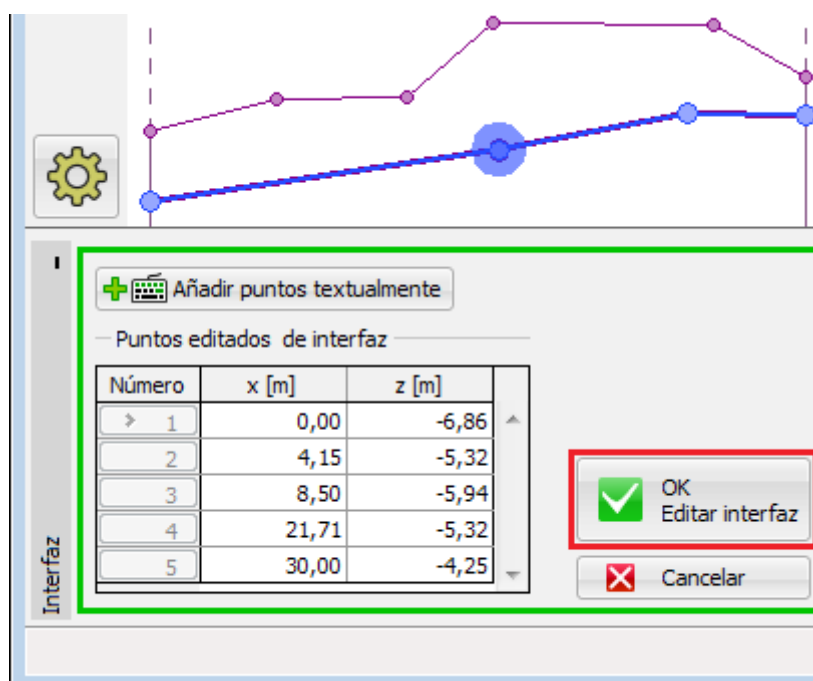
Eliminar puntos de interfaz - textualmente

Editar y eliminar una interfaz

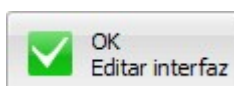
Editar una interfaz

Se selecciona una interfaz en la table o en el escritorio pulsando el botón izquierdo del ratón.

Haciendo doble clic en el botón del ratón sobre la interfaz, o pulsando el botón  **Editar**, el modo de edición de interfaz estará activado. La interfaz que se está editando se resalta en azul y se puede **cambiar su forma**.



Editar una interfaz

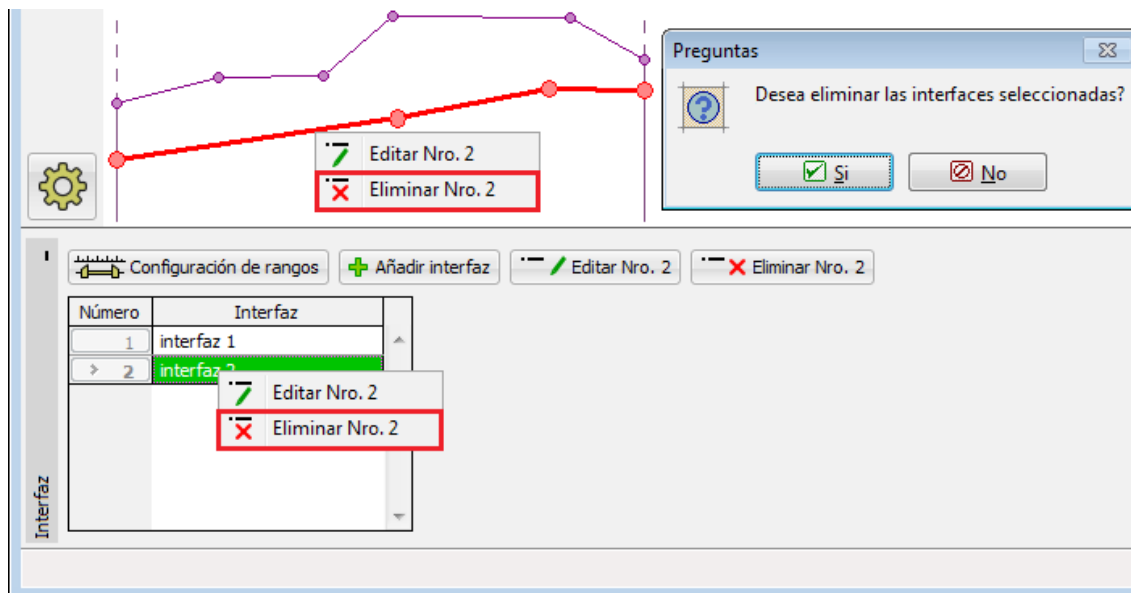


La entrada finaliza presionando el botón  **OK Editar interfaz** (añade una interfaz a la **lista de**

interfaces)), o pulsando el botón  (los cambios se descartan).

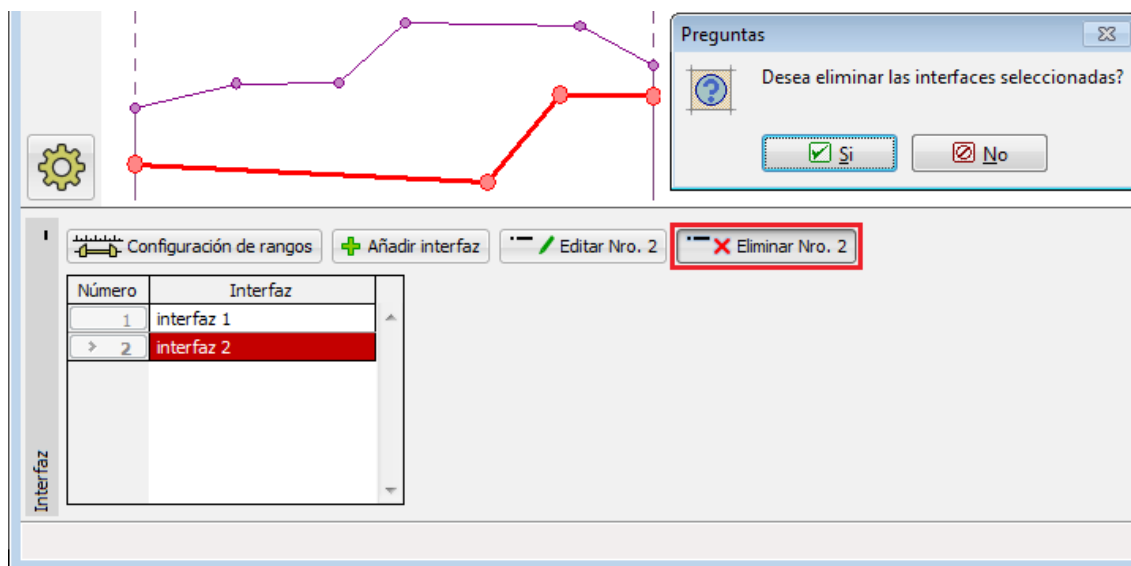
Eliminar una interfaz

En la lista de tablas, o en el escritorio, seleccione una interfaz. Al pulsar el botón derecho del ratón sobre la interfaz (fila de la tabla) se abre el **menú contextual**. Después de pulsar "**Eliminar**", el programa resalta en rojo la interfaz y la fila de tabla. Después de la confirmación del usuario, se elimina la interfaz.



Eliminar una interfaz

Alternativamente, es posible seleccionar la interfaz en una tabla y pulsar "**Eliminar**". Este proceso es el mismo como se describió anteriormente.



Eliminar una interfaz

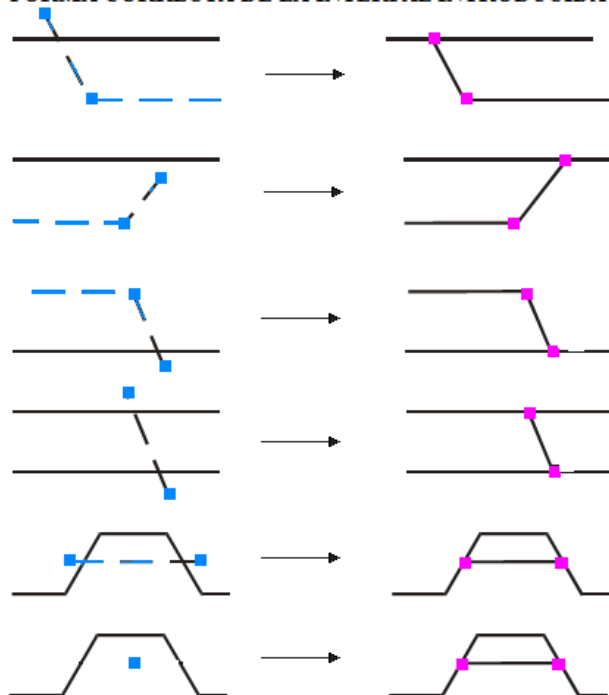
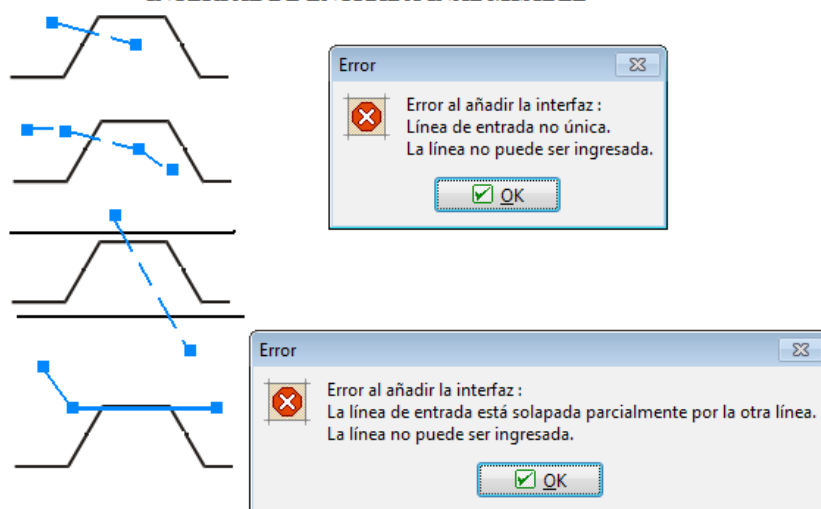
Después de editar una interfaz, el **corrector automático de interfaz** (después de añadir de interfaz), comprueba la forma de la interfaz, y corrige los puntos finales, si es necesario.

Corrector de entrada de interfaz

Cuando el proceso de entrada o edición se completa el programa automáticamente modifica las interfaces introducidas para cumplir con los requerimientos del programa: Es decir: Los puntos extremos que tocan el borde o sus interfaces. El corrector automático puede ser utilizado para simplificar el proceso de entrada. Ejemplo: si solo un punto es utilizado para especificar una interfaz, el programa automáticamente crea una interfaz horizontal conteniendo el punto introducido. Si la interfaz choca con otra el corrector crea un nuevo punto extremo de la interfaz actual. Todas las líneas de las distintas interfaces deben empezar y terminar en un punto.

En caso de una interfaz incorrecta (ver la siguiente figura) ésta no podrá ser almacenada. En este caso la interfaz debe ser modificada o el proceso de entrada se debe detener utilizando el botón "**Cancelar**".

Aquí se presentan ejemplos de la función del corrector de interfaz. (entradas correctas e incorrectas):

FORMA CORRECTA DE LA INTERFAZ INTRODUCIDA**INTERFAZ DE ENTRADA INADMISIBLE***Formas de interfaces correctas e incorrectas*

Coordenadas globales

Esta ventana de diálogo se utiliza para especificar las coordenadas globales (dimensiones) para una tarea dada - límite izquierdo y derecho. La profundidad desde el punto más bajo de la interfaz es para la mayoría de los programas de entrada auxiliar - no tiene ningún efecto en el propio análisis. En el programa MEF, la determinación adecuada de las coordenadas mundiales es muy importante y puede afectar a los resultados del análisis drásticamente.

Las coordenadas mundiales pueden ser modificadas en cualquier momento - Cuando aumentamos dimensiones todas las interfaces introducidas son automáticamente prolongadas, cuando reducimos dimensiones todos los puntos caen fuera de las coordenadas son

automáticamente eliminados.

Coordenadas globales

— Dimensiones

Rango mínimo de X : -15,00 [m]

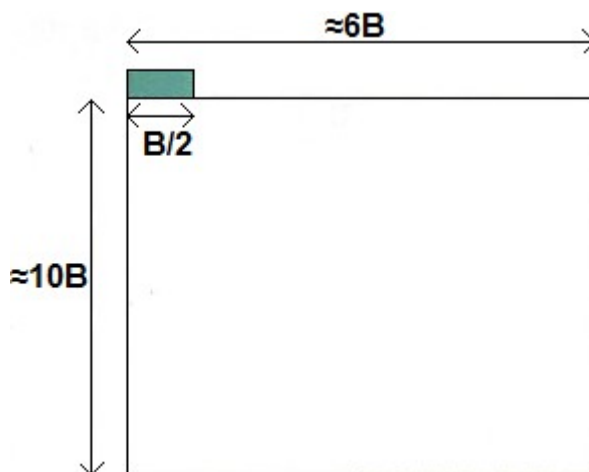
Rango máximo de X : 15,00 [m]

Profundidad de modelo por debajo del punto más profundo de interfaz : 5,00 [m]

OK Cancelar

Cuadro "Coordenadas globales"

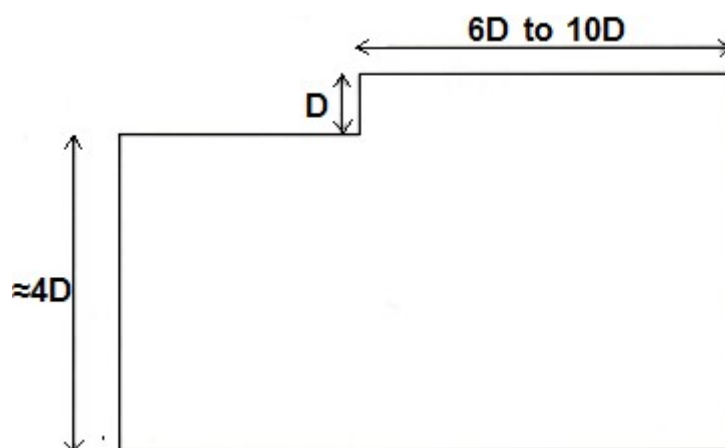
La recomendación de las coordenadas globales para el programa MEF son evidentes a las fotos.



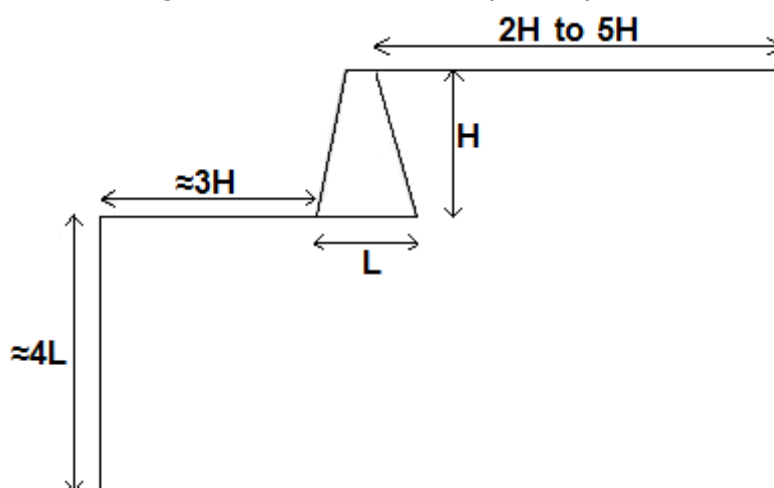
Coordenadas globales recomendados (límites) - Zapata (Cimentaciones superficiales)



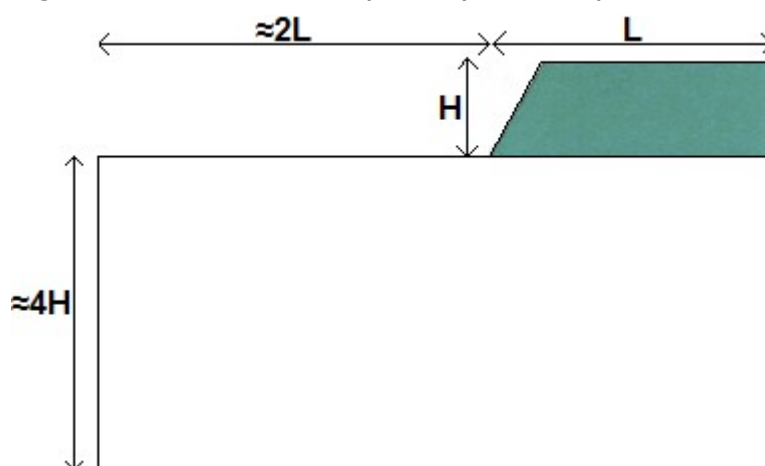
Coordenadas globales recomendados (límites) - profundidades y pilotes cimentación



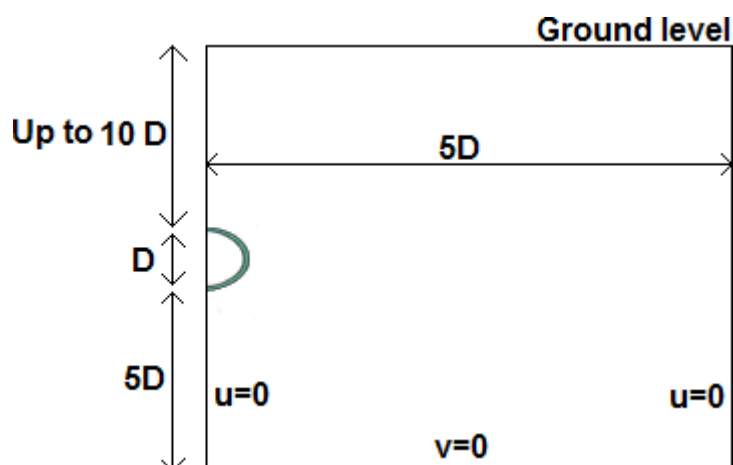
Coordenadas globales recomendados (límites) - Excavaciones



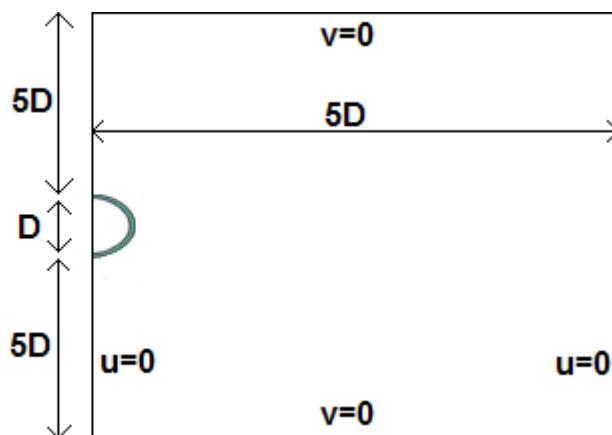
Coordenadas globales recomendados (límites) - Muros y estructuras de soporte



Coordenadas mundiales recomendados (límites) - Terraplenes y taludes



Coordenadas globales recomendados (límites) - Túneles poco profundos



Coordenadas globales recomendados (límites) - Túneles con gran sobrecarga

Entrada de objetos y datos

Los datos de entrada pueden ser introducidos a los programas GEO5 de varias maneras. Los datos se introducen en los **marcos** y los **cuadros de diálogo**. El acceso a los cuadros individuales (modos de entrada) es proporcionada por la barra de herramientas "**Cuadro**". Además de la entrada directa en los marcos, también es posible añadir datos (coordenadas de puntos, profundidades de perfil ...) y objetos (sobrecarga, anclas, georefuerzos etc.) utilizando los botones "**Añadir**", "**Añadir en el cuadro**" y "**Añadir gráficamente**".

Añadir

Añadir (Añadir en el cuadro)

El botón "**Añadir**" ("**Añadir en el cuadro de diálogo**") abre una **ventana**, donde se introducen los datos necesarios (por ejemplo, los parámetros de los suelos, sobrecarga, fuerzas, etc.). Después de la confirmación, los datos se guardan y el elemento se agrega a la **tabla**.



Visualización de los botones

Si el marco se utiliza por primera vez (la **tabla** con la lista de los artículos está vacía) o la tabla contiene artículos, pero ninguno fue seleccionado, los programas abren un cuadro de diálogo vacío, y todos los datos deben ser introducidos. Si hay un elemento seleccionado en la tabla, se abre un cuadro de diálogo, donde se utilizarán los datos del elemento seleccionado, que se pueden modificar y se guardará como un nuevo elemento en la lista de la **tabla**.

La siguiente figura muestra un ejemplo sencillo. El cuadro se utiliza por primera vez, todos los campos están vacíos (foto de la izquierda). Se introducen los parámetros, y se agregan a la tabla. La **tabla** contiene un elemento seleccionado "**Soil 1**". Luego, en el botón "**Añadir en el cuadro de diálogo**" se vuelve a utilizar, y el cuadro de diálogo contiene los parámetros predefinidos de "**soil 1**". Después de la revisión requerida de los parámetros, es posible guardar los nuevos datos como otro elemento de la lista de la **tabla**.

The image shows two side-by-side screenshots of a software dialog box titled "Añadir suelos".

Left Screenshot (Empty Dialog):

- Identificación:** Nombre: Suelo 1
- Datos Básicos:**
 - Peso unitario: $\gamma =$ [] [kN/m³]
 - Estado de tensión: efectivo [v]
 - Ángulo de fricción interna: $\phi_{ef} =$ [°]
 - Cohesión de suelo: $c_{ef} =$ [kPa]
 - Ángulo de fricción estructura-suelo: $\delta =$ [°]

Right Screenshot (Pre-filled Dialog):

- Identificación:** Nombre: Suelo 2
- Datos Básicos:**
 - Peso unitario: $\gamma =$ 18,00 [kN/m³]
 - Estado de tensión: efectivo [v]
 - Ángulo de fricción interna: $\phi_{ef} =$ 29,00 [°]
 - Cohesión de suelo: $c_{ef} =$ 5,00 [kPa]
 - Ángulo de fricción estructura-suelo: $\delta =$ 15,00 [°]

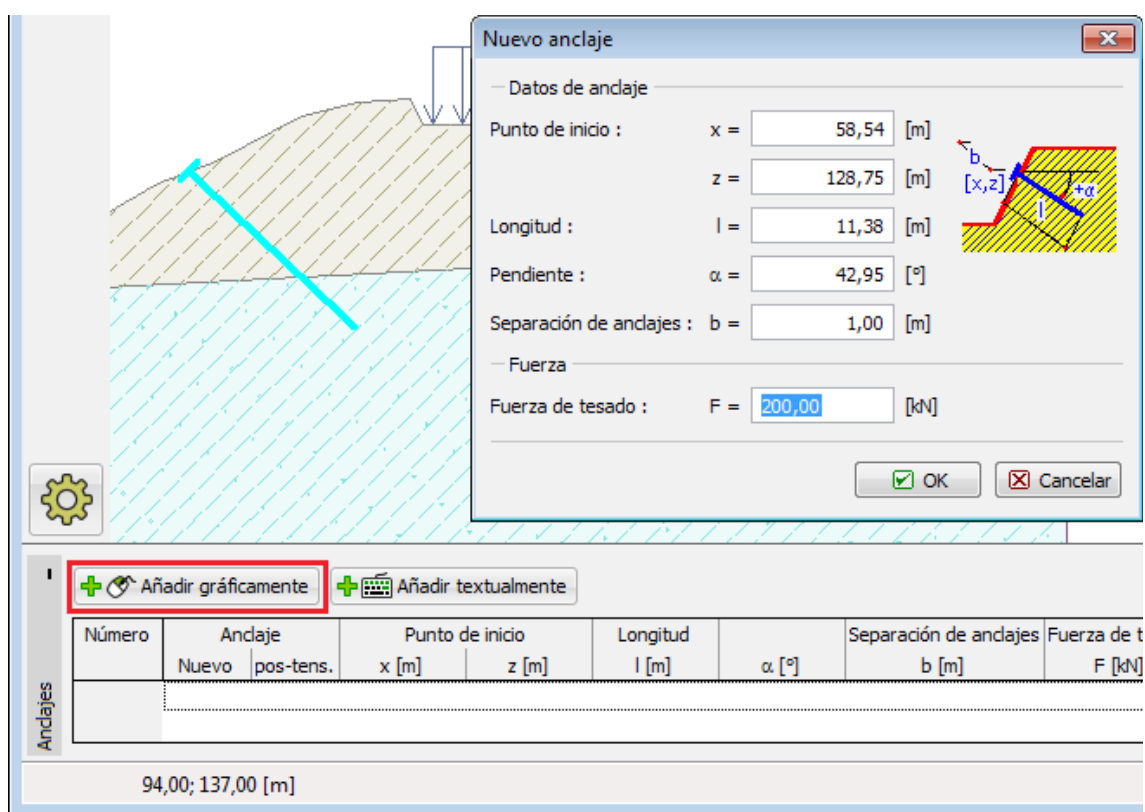
Red rectangular boxes highlight the input fields for γ , ϕ_{ef} , c_{ef} , and δ in both screenshots.

Modos de entrada - utilizando datos existentes

Añadir Gráficamente

Añadir Gráficamente

El botón "**Añadir gráficamente**" se activa el modo de entrada gráfica. El indicador del ratón cambia a una cruz, y con el **botón izquierdo del ratón**, es posible añadir el objeto requerido. Por ejemplo al agregar anclas, haciendo clic en el escritorio, el punto de anclaje inicial y final se introducen. Después de introducir el segundo punto, el programa abre un cuadro de diálogo. A partir de ahora, el proceso es el mismo que describe en el capítulo "**Agregar**".



Entrada Grafica

Asignación de suelos

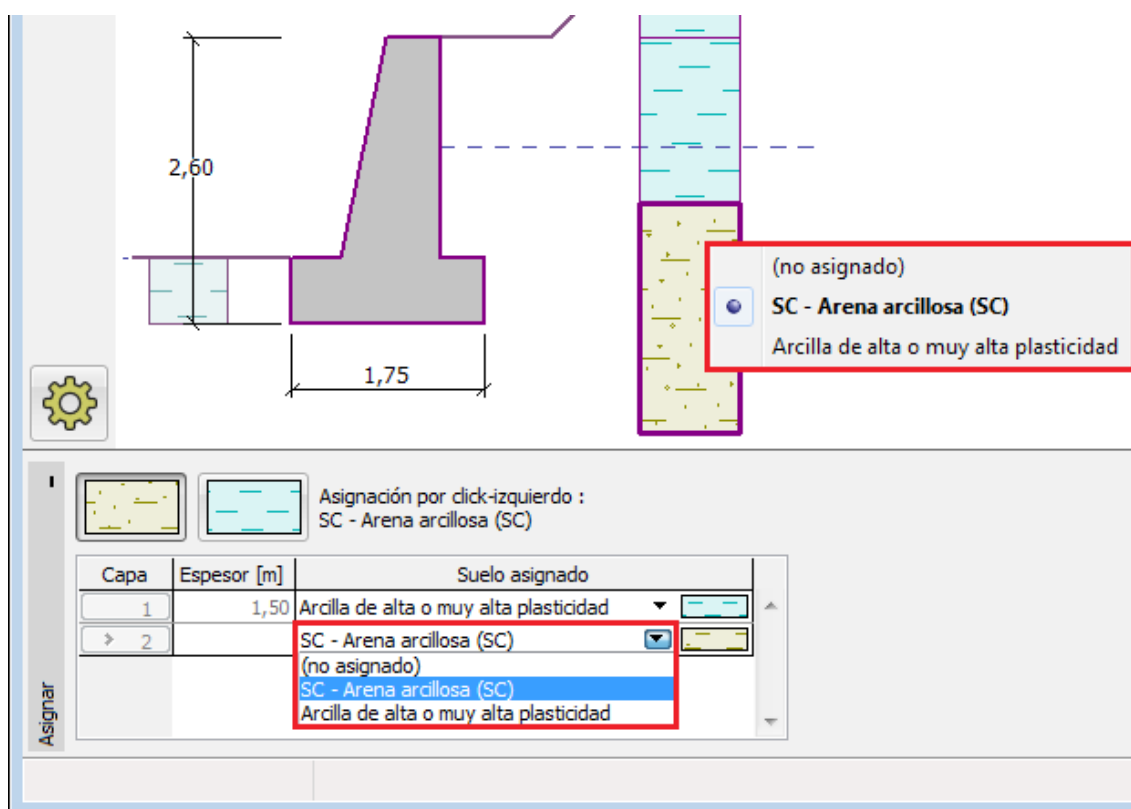
Dos opciones están permitidas para asignar suelos dentro de las capas de perfiles individuales.

Encima de la tabla, en el cuadro "**Asignar suelos**", se encuentran los botones correspondientes a los distintos suelos, seleccionar con el mouse el suelo deseado.

(Posicionando el **cursor del mouse** encima de los botones "**Suelos**" aparece una burbuja con el nombre del suelo). Luego moviendo el cursor del mouse hasta el dibujo del escritorio (el cursor cambia a una "**mano**") y presionando el botón izquierdo del mouse se obtiene el suelo deseado.

La segunda opción requiere en la tabla "**Suelo**" abrir el listado desplegable de la columna suelo asignado y seleccionar el suelo deseado. Todos los cambios en el suelo son automáticamente mostrados en el escritorio.

La ultima opción es utilizar el **menú contextual** del ratón.



Cuadro "Asignar"

Coeficientes de diseño

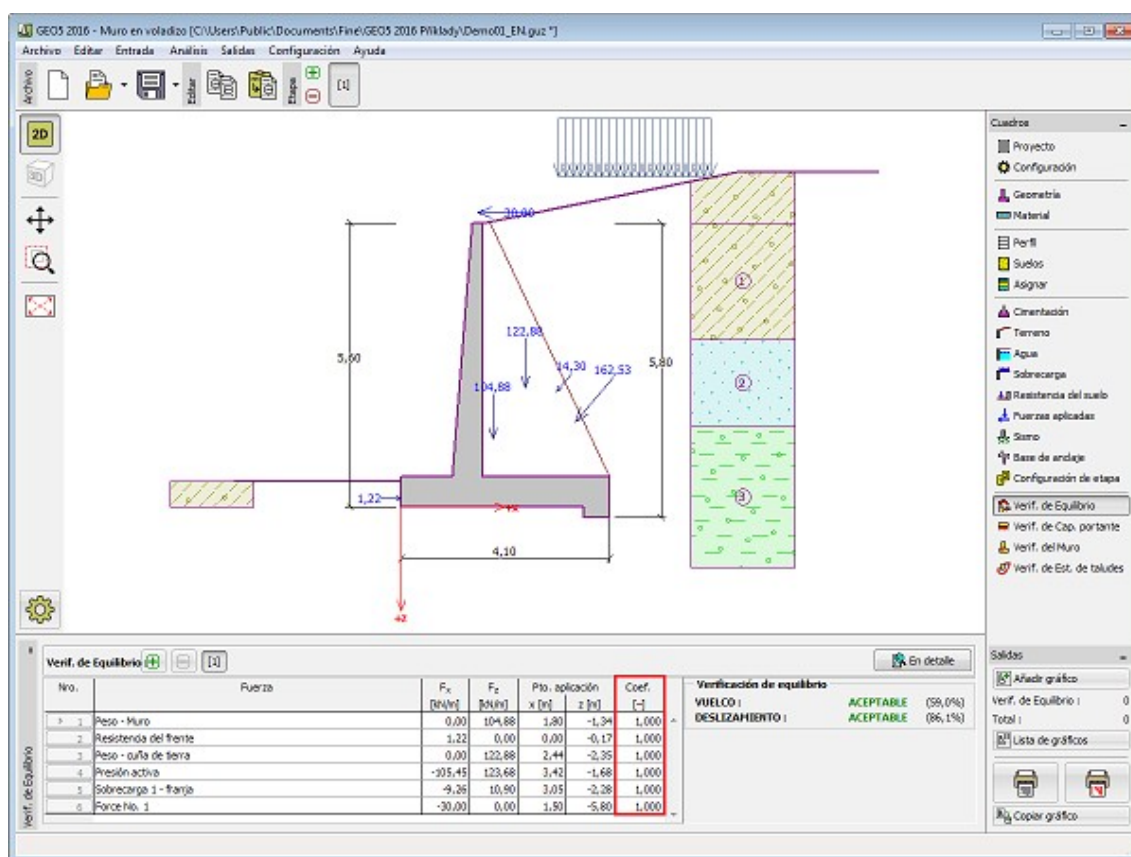
El cuadro "**Análisis**" o "**Comprobación**" (para metodología de comprobación - **análisis clásico**) despliega la lista de las fuerzas calculadas permitidas para especificar coeficientes de diseño. El coeficiente de diseño multiplica la correspondiente fuerza. Cuando se introduce el coeficiente el resultado es automáticamente re-calculado y se muestra la fuerza modificada en el escritorio.

Los coeficientes de diseño son ventajosos por ejemplo para:

- Control de estructuras: cuando la estructura responde a un incremento de una fuerza específica puede verse directamente en la ventana de análisis.
- Exclusión de fuerzas para comprobación o reducción.
- Especificar combinaciones de diseño - ej.: Diferentes coeficientes pueden ser asignados en el sentido de la EC para las variables de carga principal y secundarias.

La siguiente combinación puede ser utilizada como ejemplo cuando desarrollamos verificación de muros.

	Análisis 1	Análisis 2	Análisis 3
• Muro	1,0	1,0	1,0
• Presión Activa	1,0	1,0	1,0
• Sobrecarga 1	1,0	0,5	0,5
• Sobrecarga 2	0,5	1,0	0,5
• Sobrecarga 3	0,5	0,5	1,0



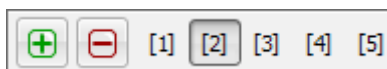
Cuadro "Comprobación" - Aplicación: Coeficientes de diseño

Ejecución de diferentes Análisis / Verificaciones

La mayoría de los cuadros que muestran análisis permiten definir más de un análisis a ejecutar. Varios análisis en un escenario de construcción se llevan a cabo por ejemplo para:

- Dimensionamiento de estructuras en varias ubicaciones
- Análisis de varias superficies deslizantes
- Verificación con varios coeficientes de diseño

La barra en la parte de arriba del cuadro sirve para la gestión de análisis individuales.



Cuadro "Análisis" - Barra de herramientas "Ejecutar mas análisis / Verificación"



Añadir

- agrega un análisis adicional en la barra de herramientas



Eliminar

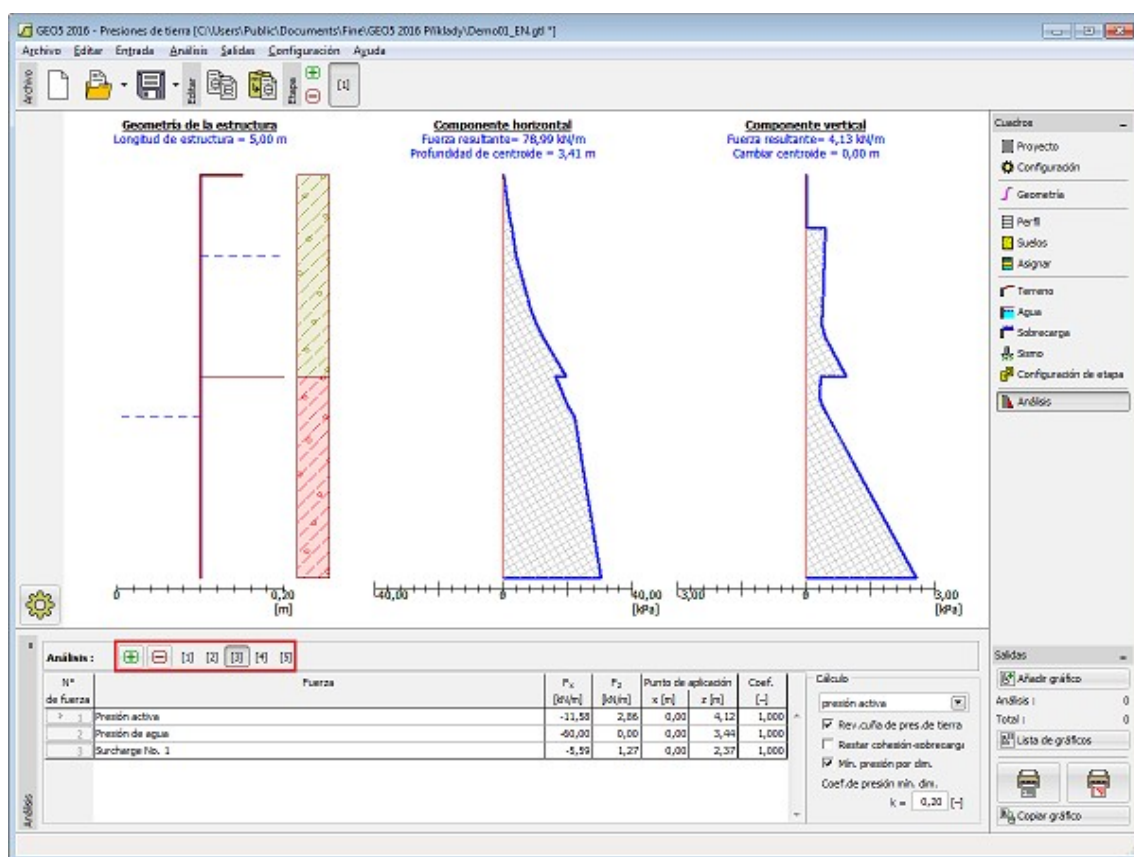
- elimina el análisis **actualmente seleccionado**



Análisis 1,2,3

- cambia entre los diferentes análisis

...



Cuadro "Análisis" - Barra de herramientas "Ejecutar mas análisis / Verificación"

Conectando programas

En algunos casos es posible lanzar nuevos programas desde un programa que se está ejecutando. Por ejemplo: el programa **"Muro en voladizo"** permite ejecutar el programa **"Estabilidad de taludes"** para verificar la estabilidad externa de la estructura, o el programa **"Zapata"** para verificar la capacidad de carga de la zapata de la estructura.

El nuevo programa carga los datos de la estructura y luego se comporta como un programa independiente - Cerrando el programa, sin embargo, es diferente. Presionando el botón **"Guardar y Salir"** (en el lado derecho de la barra de herramientas) se cierra el programa y los datos de análisis se pasan al programa original. Este no es el caso si se cierra el programa con la ayuda del botón **"Salir sin guardar"**.

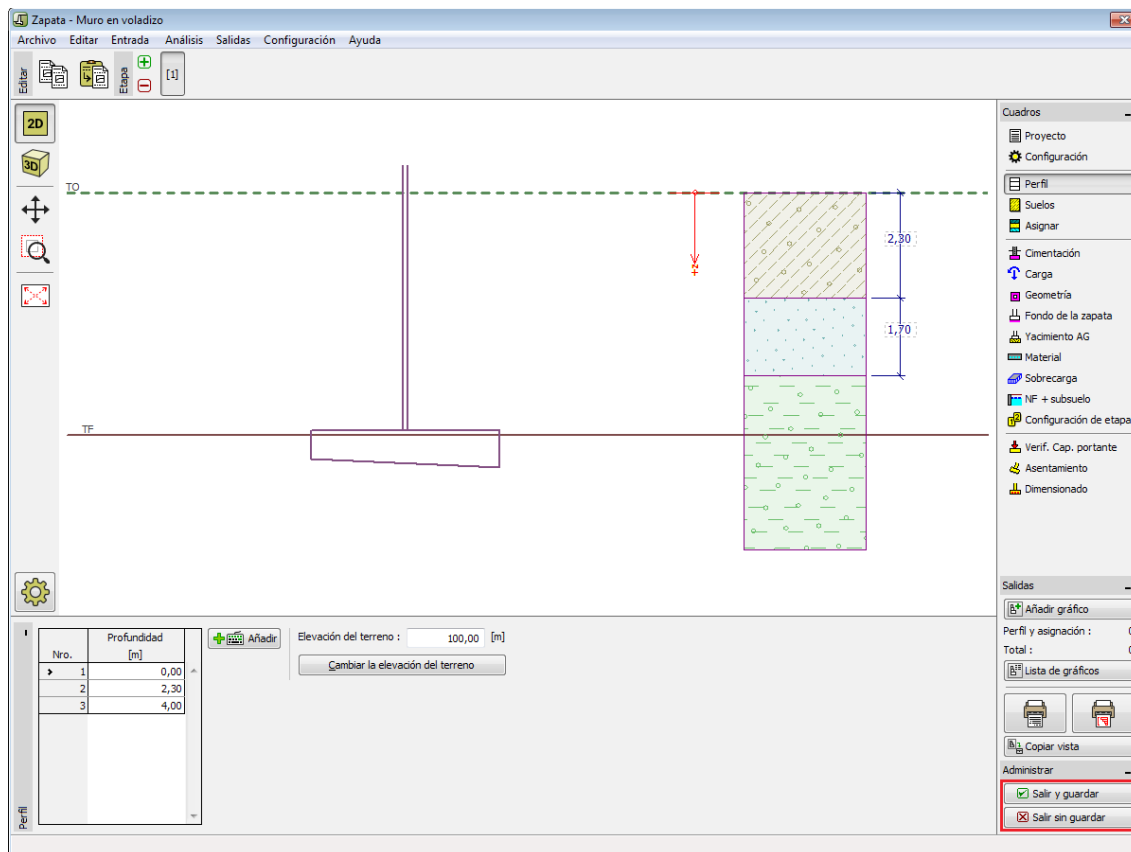
El programa, cuando se ejecuta por primera vez, crea los datos de la estructura y pasa las dimensiones, cargas, sobrecargas, y otros datos. El programa entonces requiere introducir datos adicionales, Ej. El método de análisis, establecimiento de análisis, superficies deslizantes, etapas de construcción, etc.

Cuando se ejecuta nuevamente (siempre es necesario si se hicieron cambios en el programa original) el programa regenera los datos que deben pasarse, pero mantiene los datos ya ingresados en este programa.

Por ejemplo: Cuando conectamos el programa original con el programa **"Zapata"** el nuevo programa mantiene entradas adicionales arena-gravilla amortiguar junto con el ingreso del suelo, dimensiones de la zapata, base geométrica, perfil geológico, regeneración. Algunas acciones no están permitidas en el nuevo programa. - ej.: cambiar la configuración básica del

proyecto, unidades, etc.

Las tareas generadas, sin embargo, pueden ser guardadas como un nuevo dato utilizando el botón "**Guardar como**" y se puede trabajar con éstas como con cualquier otra tarea independiente.



Ejecución del programa "Zapata" desde el programa "Muro en voladizo"

Vistas guardadas

Seleccionando la opción "**Análisis**" de la barra de herramientas vertical, el programa le ofrece diferentes formas de mostrar los resultados. Una opción específica puede ser seleccionada desde el cuadro "**Configuración de gráficos : Análisis**" de los resultados. Usualmente es necesario ir a través de una compleja configuración de vistas. Por ejemplo: si estamos interesados en la distribución de las fuerzas internas desarrolladas en vigas utilizando MEF, es necesario deshabilitar el rango de color, dibujar solo la estructura sin deformar, seleccionar una variable para ser mostrada, etc.

Para simplificar la forma de manejar las vistas individuales el programa permite, utilizando la barra "**Seleccionar y almacenar vistas**", almacenar la **vista actual** y luego **ir de una vista a otra** de una forma muy sencilla.

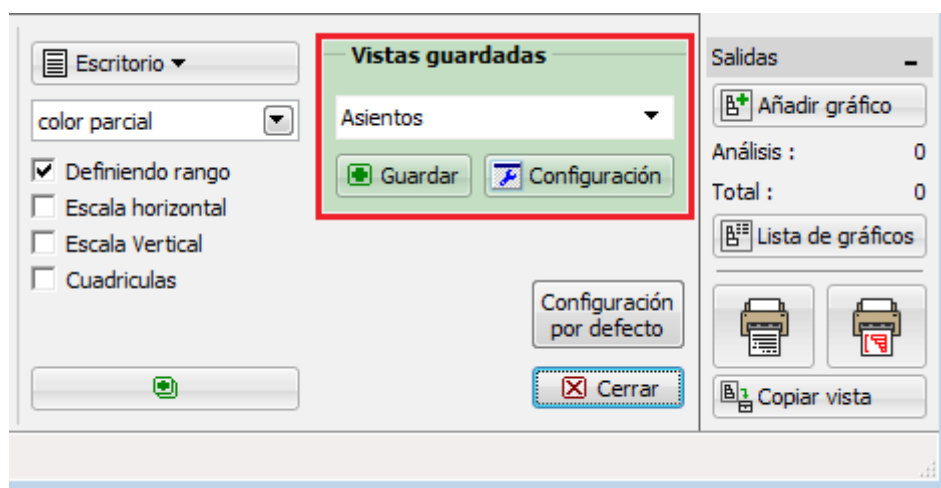
La vista almacenada mantiene:

- Todas las configuraciones de "**Configuración de gráficos : Análisis**" de los resultados".
- Variables dibujadas
- Rango de colores

- Aumento de vistas de dibujos

La vista es almacenada para todas las **etapas de construcción** - En caso de no poder realizar esta configuración en alguna etapa de construcción (por ejemplo: en la primera etapa de construcción en asentamiento y depresión no están definidas) el programa muestra la configuración posible más cercana y la vista definida cambia a **<Ninguno>**.

Los elementos de control se muestra en el **cuadro "Análisis"** en el modo "**Configuración de gráficos**".



Cuadro control de unidad de la barra de herramientas "Seleccionar y almacenar vistas"

Las siguientes unidades de control están disponibles para **administrar las vistas**:

	Seleccionar vista	<ul style="list-style-type: none"> • Lista desplegable que permite seleccionar una vista específica ya almacenada
	Almacenar la vista actual	<ul style="list-style-type: none"> • Abre el cuadro de diálogo "Nuevo dibujo" para almacenar una nueva vista
	Abrir administrador de vistas	<ul style="list-style-type: none"> • Abre la ventana con una lista de vistas

Configuración de gráficos : Análisis

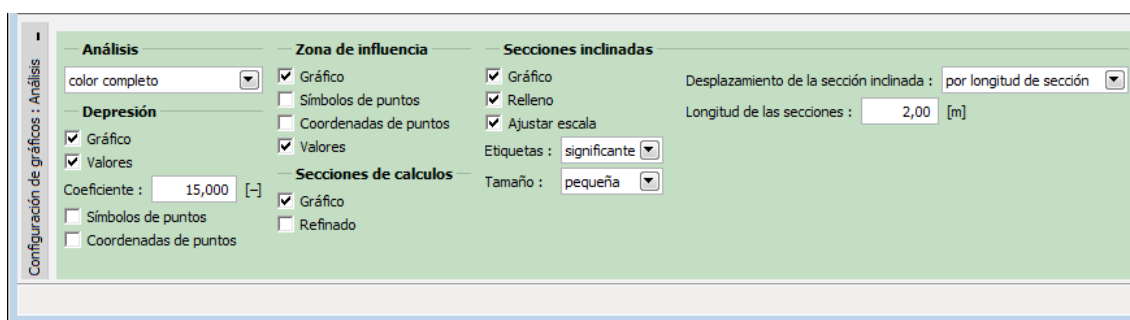
El cuadro "**Configuración de gráficos : Análisis**" proporciona herramientas para mostrar el resultado en pantalla y para imprimirlo.

- Trazado: Parámetros para dibujar **líneas de depresión** y **zonas de influencia**.
- Configuración de vistas superficiales y **escalas de colores**.
- Secciones inclinadas: Configuración y dibujo de secciones inclinadas.

El programa basado en el **método de elementos finitos** luego permite seleccionar:

- Parámetros para dibujar la **mall**a de elementos finitos.
- Parámetros para dibujar la construcción - **deformada** - **sin deformar** (nótese que la opción sin deformar debe ser seleccionada cuando se muestran las fuerzas internas).
- **Distribución de fuerzas internas** a lo largo de la interfaz y de elementos vigas.

Toda la información especificada en esta pantalla, puede ser almacenada utilizando la barra "**Vistas guardadas**".

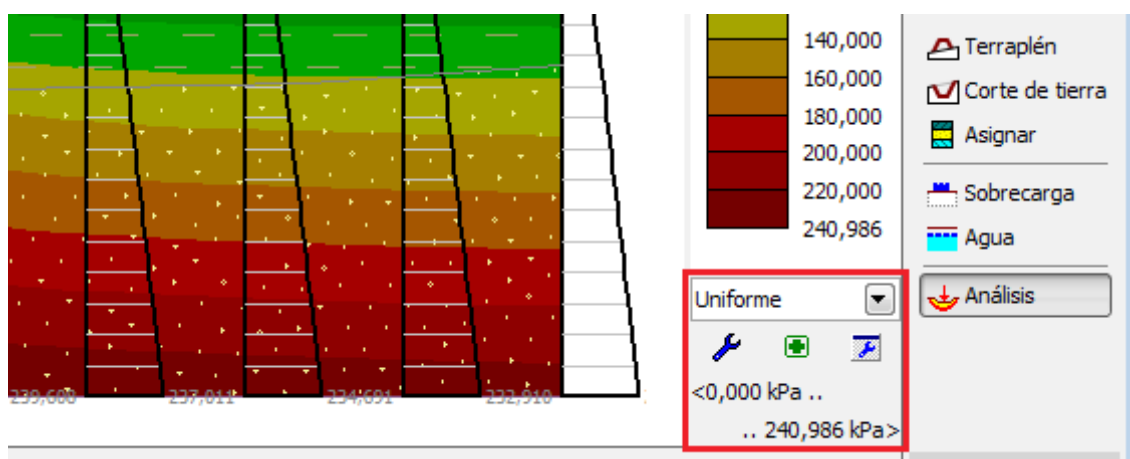


Cuadro "Configuración de gráficos : Análisis" - Congifuración de visualización de resultados"

Configuración de gama de colores

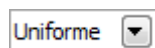
La gama de color es una herramienta importante que proporciona un camino claro de visualización de resultados. El programa ofrece dos tipos predefinidos de gamas de colores - "**Uniforme**" y "**A través de cero**". Ambas gamas tienen un valor mínimo y máximo movable y colores predefinidos. Los valores mínimos y máximos son **regenerados automáticamente** cuando la variable o una etapa de construcción cambia. La gama "**Uniforme**" significa que los colores se propagan uniformemente desde el valor mínimo al máximo. La gama "**A través de cero**" dibuja valores positivos a través de colores cálidos (amarillo, rojo) y con colores fríos (verde, azul) representa valores negativos.

El programa permite introducir gamas **definidas por el usuario** con valores mínimos y máximos **fijos** o variables. Una gama definida por el usuario es especificada en el cuadro de diálogo "**Definición de escala de color**". La gama es siempre definida en la unidad de medida actual. (ej: kPa , m) - cuando cambiamos las unidades el programa ajusta la gama de colores para la unidad dada.



Unidad de control de la barra de herramientas "Gama de colores"

Las siguientes unidades de control están disponibles para **administrar rangos**:



Seleccionar una gama de colores

- Listado desplegable que permite seleccionar una gama específica ya almacenado



Definición de gama de colores

- Abre el cuadro de diálogo "**Definición de gama de colores**" para crear una gama definida por el usuario



Almacenar una gama

- Abre el cuadro de diálogo "**Nueva gama**" para



de colores

Abrir administrados de gama de colores

almacenar una nueva gama

- Abre el cuadro con una lista de gamas automáticas y definidas por el usuario

Definición de gama de colores

El cuadro de diálogo "**Definir gama de colores**" sirve para crear una **gama de colores definida por el usuario**. El cuadro de control "**Mínimo y máximo flotante**" determina el tipo de gama básico. Si la casilla de "valor mínimo y máximo" de una gama son seleccionados, éstos ajustados automáticamente cuando sea que cambie la variable correspondiente o la etapa de construcción. En este caso es posible ajustar lo siguiente:

- **Refinamiento** de escala (el número mínimo de niveles es 4 y el máximo es 100)
- **Escala de colores**
- **Escala uniforme / a través de cero**

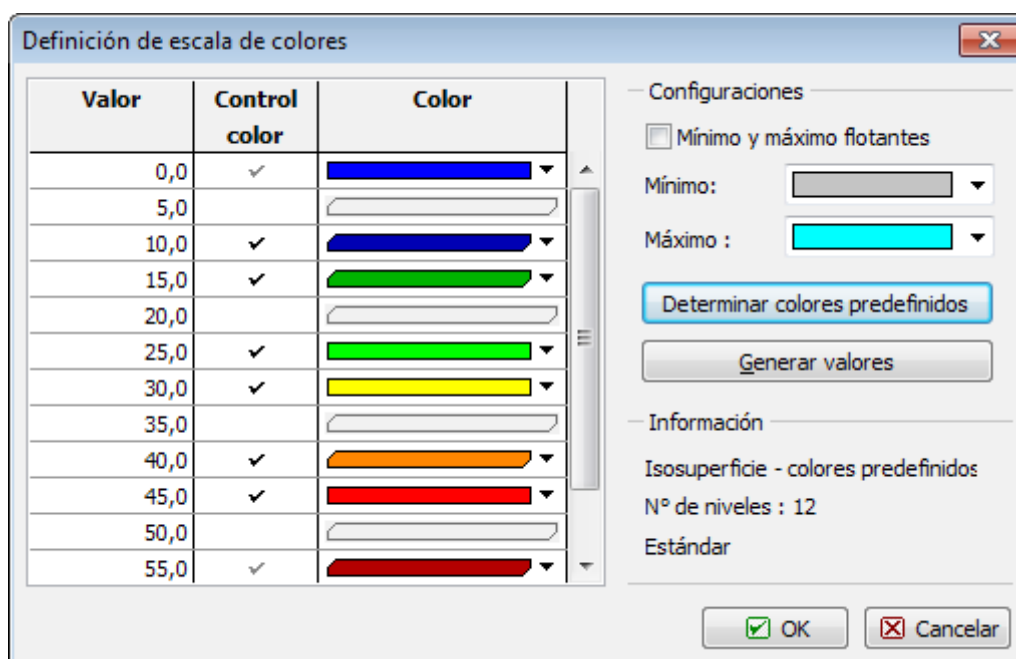
El **número de niveles y tipos de gama de colores** son especificados en el cuadro de diálogo "**Generación de escala**", el cual se abre luego de presionar el botón "**Generar valores**". Es posible ajustar **valores y colores** en la tabla en la parte izquierda del cuadro de diálogo. El rango de valores se puede cambiar fácilmente en la tabla. Si la casilla en la columna "**Control de color**" es seleccionada, es posible seleccionar un color arbitrario. Los colores, en las filas intermedias no controladas, son automáticamente mezclados por los colores introducidos en las filas controladas. El valor por defecto puede ser llamado en cualquier momento al luego de presionar el botón "**Colores predefinidos**".

Una propiedad importante del programa es una definición de gama con **valor máximo y mínimo fijo**. Si no se selecciona la casilla de verificación de "**Máximos y mínimos flotantes**", la gama de colores es fija y sus valores máximo y mínimo son introducidos. Por el contrario para una gama de colores variable es posible especificar:

- **Rango de puntos finales** (En el cuadro de diálogo "**Generación escala**")
- **Colores** para mostrar **valor fuera del rango**

Cuando cambiamos una variable o una etapa de construcción la gama de colores **sigue siendo la misma**, manteniendo el mismo punto final. El valor encontrado fuera del rango (debajo del mínimo o sobre el máximo) se dibuja utilizando colores específicos en la parte derecha de la ventana. **Los valores máximos y mínimos** son introducidos en el cuadro de diálogo "**Generación escala**" y **enlazados a la misma unidad**. - ej.: cuando especificamos un rango de 0 - 200 *kPa*, este rango se mantiene igual para todas las variables especificadas en *kPa*, cuando cambiamos la variable que se muestra actualmente a una variable de asentamiento, el rango actual cambia a la unidad correspondiente de asentamientos

Para ambos casos de escalas fijas y flotantes es posible determinar si el color en el rango se distribuye **uniformemente** o **a través de cero**. La gama de colores "**Uniforme**" significa que los colores se propagan uniformemente desde el valor mínimo al máximo. La gama de colores "**A través de cero**" dibuja valores positivos a través de colore cálidos (amarillo, rojo) y con colores fríos (verde, azul) representa valores negativos.



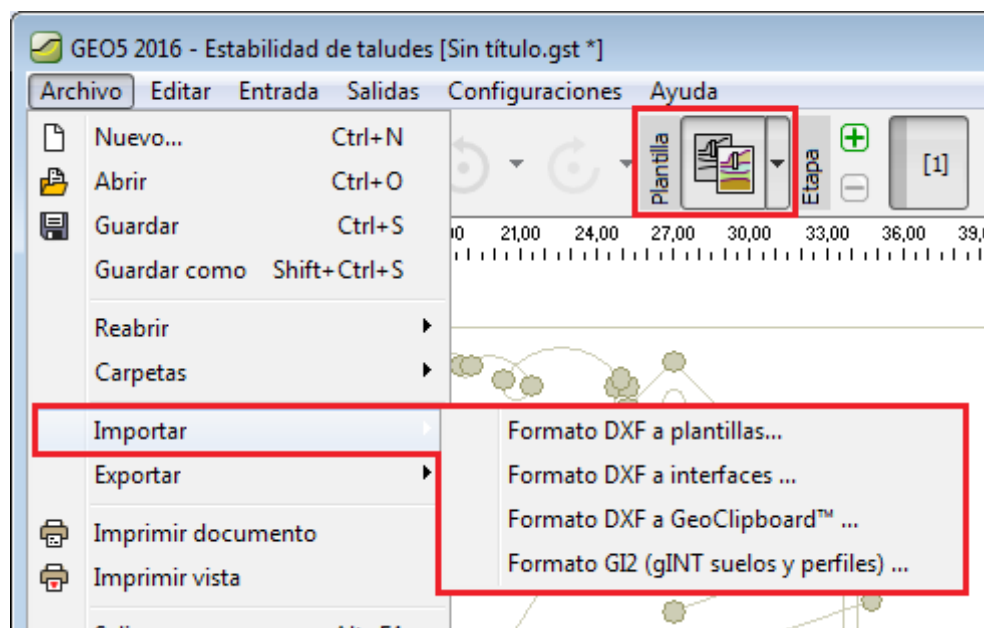
Cuadro "Definición de escala de color"

Importar - Exportar DXF

Los **programas 2D** ("**Estabilidad de taludes**", "**Asiento**", "**MEF**", "**Viga**") permiten importar y exportar datos en formato *.DXF.

Los **programas 1D** ("**Muros en voladizo**", "**Gavión**", "**Zapata**", "**Pilote**") solo permiten exportar datos en formato *.DXF.

El menú principal de los programas (ítem "**Archivo**") de los programas contienen los ítems de "**Importar**" - "**Formato DXF a plantillas**", "**Formato DXF a interfaces**", "**Formato DXF a GeoClipboard**", "**Formato GI2**" y "**Exportar**" - "**Formato DXF**".



Menú y barra de tareas "Importar-Exportar DXF"

El proceso de importación de datos consta de tres pasos:

- Lectura de datos dentro de la plantilla
- Lectura de datos dentro de la interfaz
- Ingreso de datos utilizando la plantilla
- Modificación de la plantilla durante el ingreso de datos

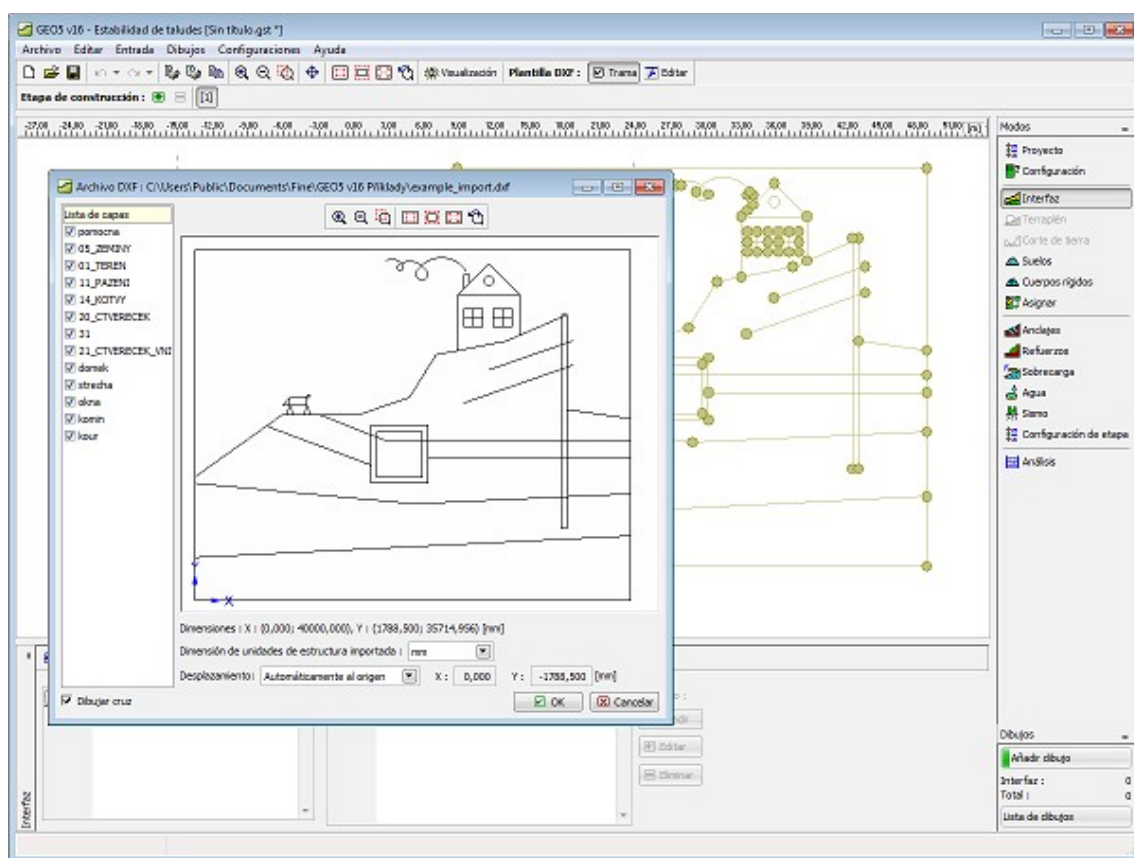
Los datos introducidos en el programa pueden ser exportados en formato DXF en cualquier momento.

Lectura de datos dentro de la plantilla

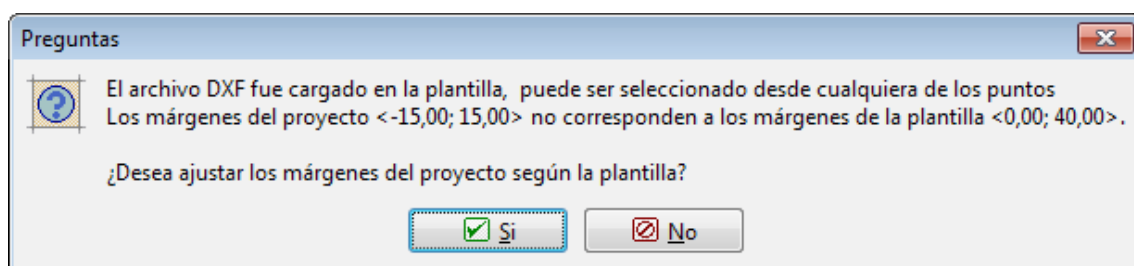
Para proceder, utilizar el menú del programa (ítem "Archivo") elegir "Importar"- "Formato DXF dentro de la plantilla" y luego seleccione la forma clásica el archivo que se desea importar. Los datos cargados se muestra en el cuadro de diálogo **Importar DXF** y luego se lee en la plantilla. La selección de la capa puede ser modificada en cualquier momento.

Cuando importamos los datos es posible ajustar los márgenes, lo cual es muy útil cuando definimos una nueva tarea.

Los datos importados no se transfieren inmediatamente al programa. En cambio se leen dentro de la plantilla, la cual es útil para transferir datos en el programa mas adelante. Cuando los datos están cargados la plantilla se muestra en el escritorio y están disponibles los botones en la barra de herramientas horizontal, que son utilizados para el manejo de la plantilla.



Lectura de datos en la plantilla



Modificación de márgenes

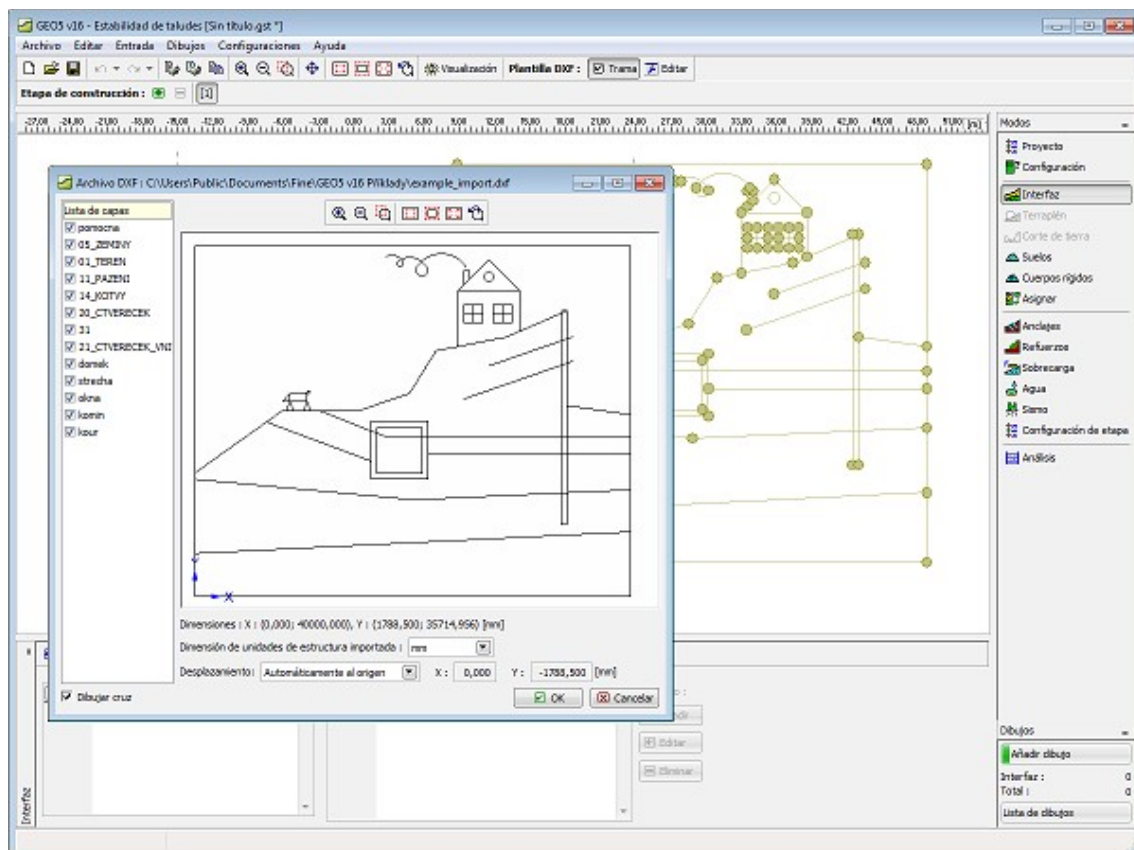
Lectura de datos dentro de la interfaz

Para proceder, utilizar el menú del programa (ítem "**Archivo**") elegir "**Importar**"- "**Formato DXF dentro de la interfaz**" y luego seleccione la forma clásica el archivo que se desea importar.

Los datos cargados se muestra en el cuadro de diálogo **Importar DXF**, la cual permite la selección de capas individuales y especificar otros parametros. El programa automáticamente ajusta los márgenes según los datos cargados

Después de pulsar el botón "**Aceptar**", se crea un nuevo archivo y los datos DXF se carga en las interfaces.

Cuando todos las capas seleccionadas de la estructura están exitosamente cargadas, el programa permite utilizar el archivo DXF cargado **como plantilla**.



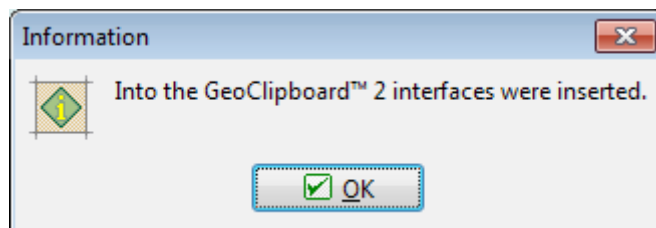
Lectura de datos en una interfaz

Lectura de datos desde GeoClipboard

Seleccione la opción "**Importar**", "**Formato DXF en GeoClipboard**" en el menú del programa ("**Archivo**") y luego seleccione el archivo que desea importar.

Los datos cargados se muestra en el cuadro de diálogo **Importar DXF**, que permite seleccionar capas individuales y especificar otros parámetros.

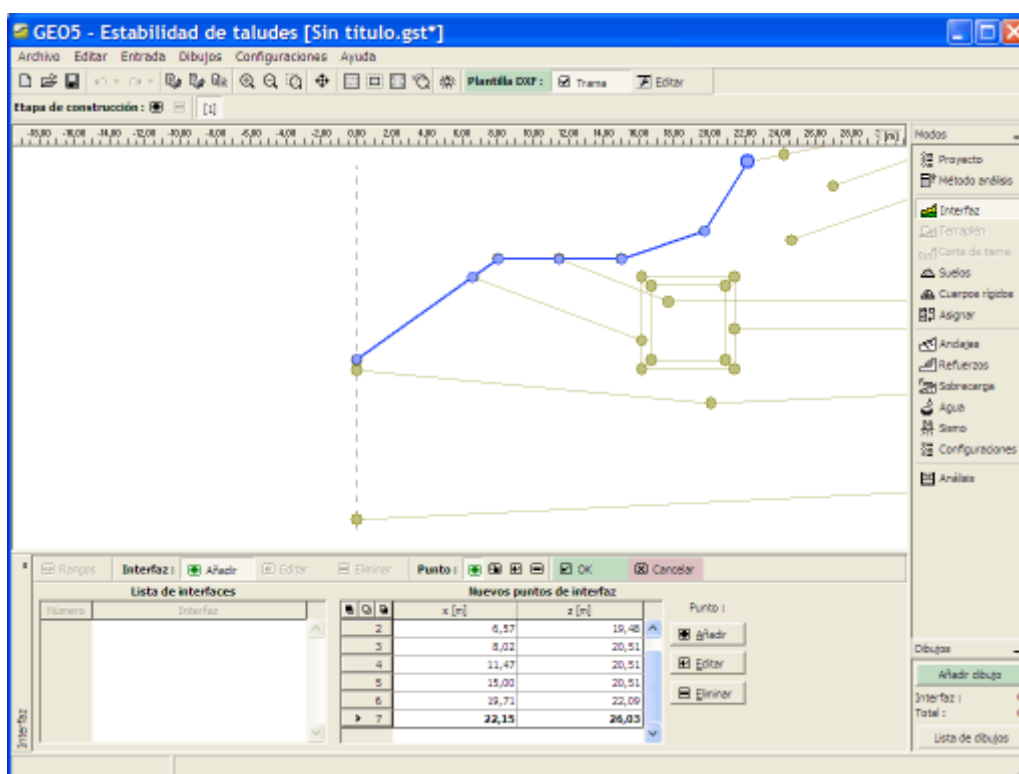
Luego de presionar el botón OK las capas seleccionadas del archivo DXF se convierten en interfaces y se copian en **GeoClipboard**. Los datos de GeoClipboard se pueden pegar luego en varios lugares en el programa.



Información sobre la copia exitosa en GeoClipboard

Ingreso de datos utilizando plantilla

El ingreso de datos utilizando la plantilla es esencialmente igual al ingreso estándar de datos en el programa. La principal diferencia aparece con la posibilidad de agregar un punto a partir de la plantilla en los datos que se introducen. Durante el ingreso el cursor del mouse aparece como una cruz axial, cuando se acerca a la plantilla se convierte en una pequeña cruz y los largos ejes desaparecen. Cuando el punto es introducido (usando el botón izquierdo del mouse) el punto de la plantilla se inserta (el punto insertado tiene ahora las mismas coordenadas que el punto de la plantilla). Para acelerar la introducción de líneas individuales es útil emplear las herramientas de zoom. Luego las interfaces son introducidas. Este procedimiento puede aplicarse para introducir otras entidades. Durante la entrada es posible **modificar las plantillas en cualquier momento**.

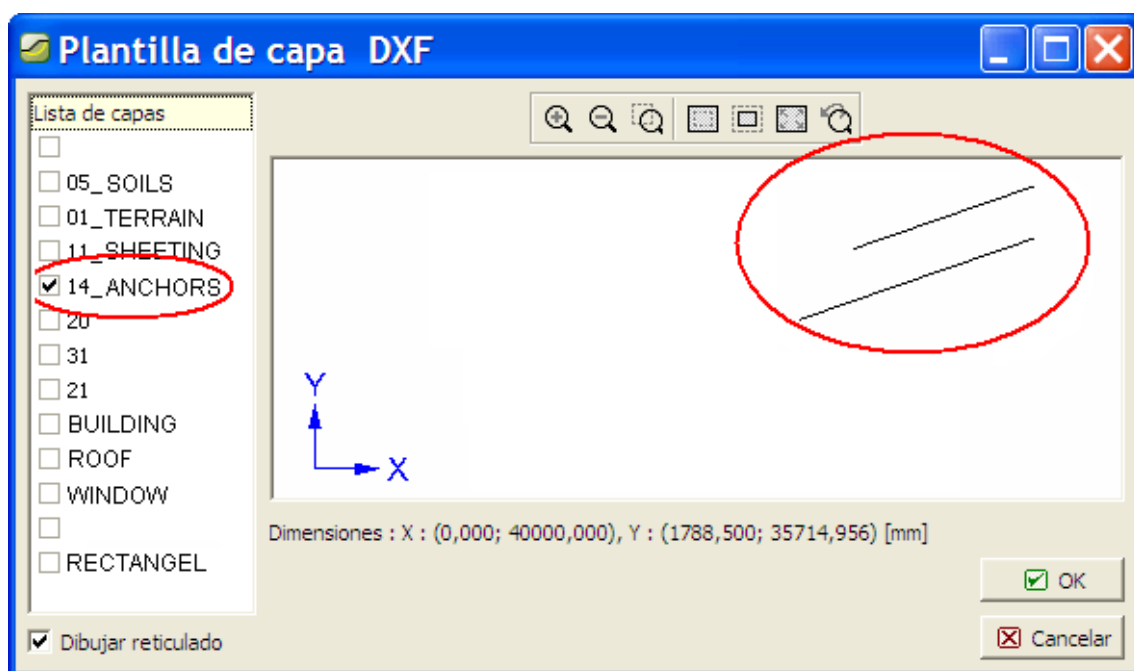


Introducción de datos utilizando plantilla

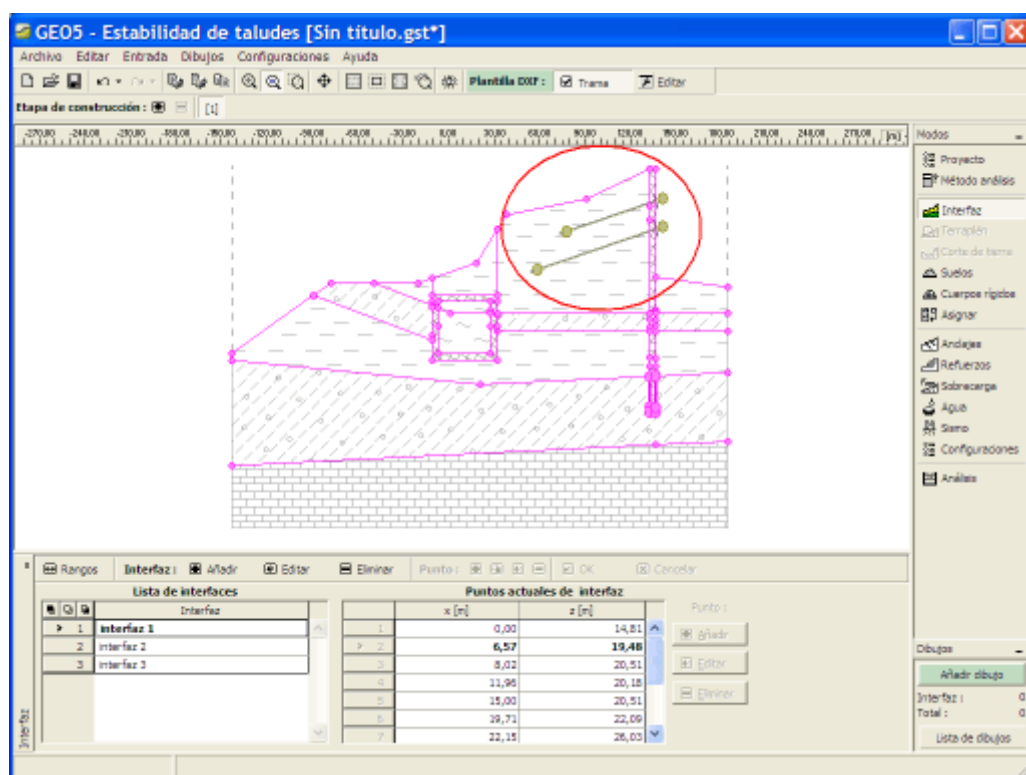
Modificación de plantillas durante la introducción de datos.

Cuando introducimos datos, la plantilla puede ser modificada en cualquier momento. Presionando el botón "**Modificar**" en la barra de herramientas "**Plantilla DXF**" se abre un cuadro de diálogo con niveles individuales de plantilla.

Por ejemplo: cuando ingresamos anclas, es posible desactivar todas las capas excepto las de anclas, la introducción de anclas entonces se vuelve simple y clara.



Activación y desactivación de las capas de una plantilla

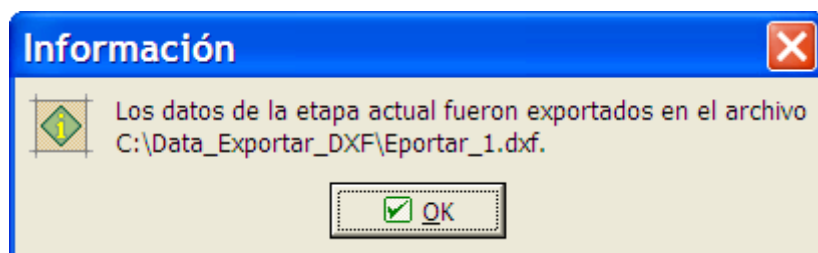


Resultado de la pantalla después de modificar una capa

Exportar DXF

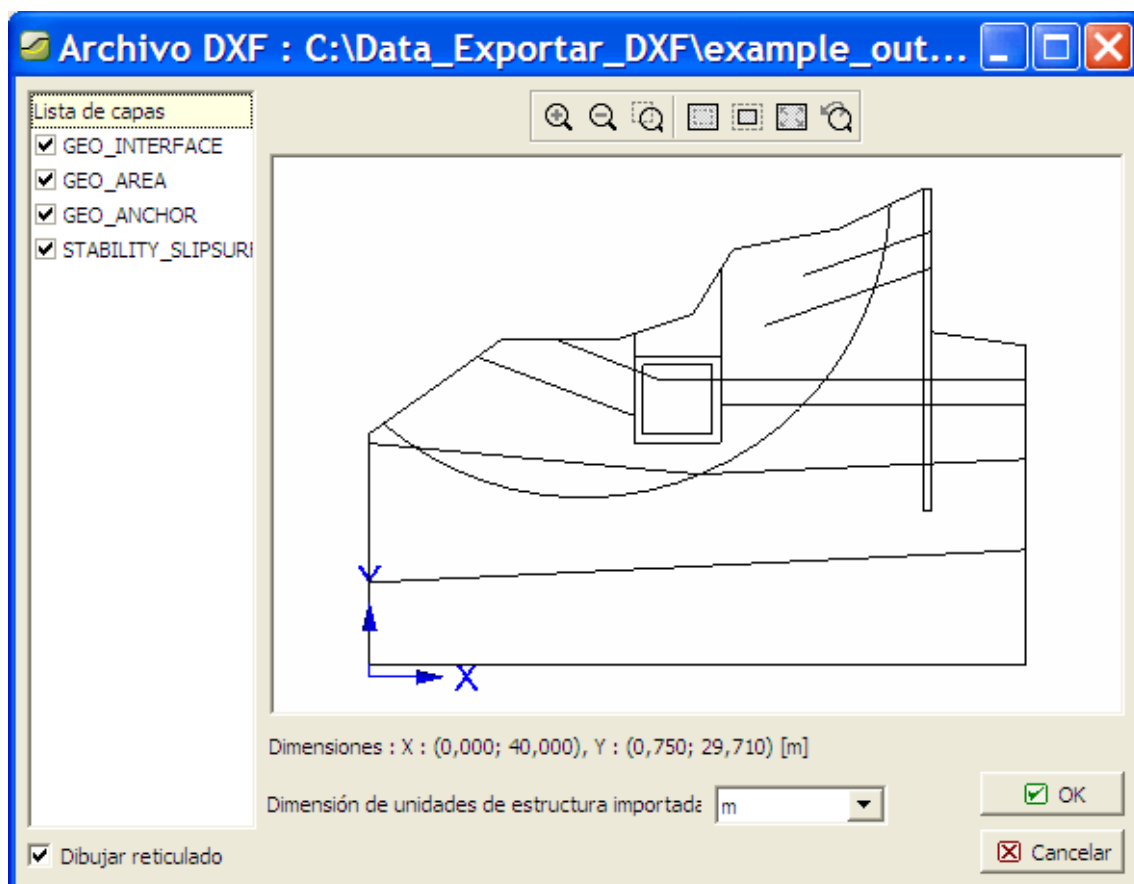
Para proceder, utilizar el menú del programa (ítem "**Archivo**") y elegir el ítem "**Exportar**", "**Formato DXF**". Luego, debe darle un nombre al archivo para guardar y exportar. Un cuadro

de diálogo del programa le proporcionará información relativa a la exportación de datos realizada.



Información relativa a la exportación de datos realizada

Los datos exportados pueden ser verificados importándolos nuevamente en el programa GEO5.



Comprobación de datos exportados

Importar DXF

En el cuadro de diálogo Importar DXF se especifican los parámetros de la importación DXF.

En la parte superior se encuentra la vista previa de los datos importados.

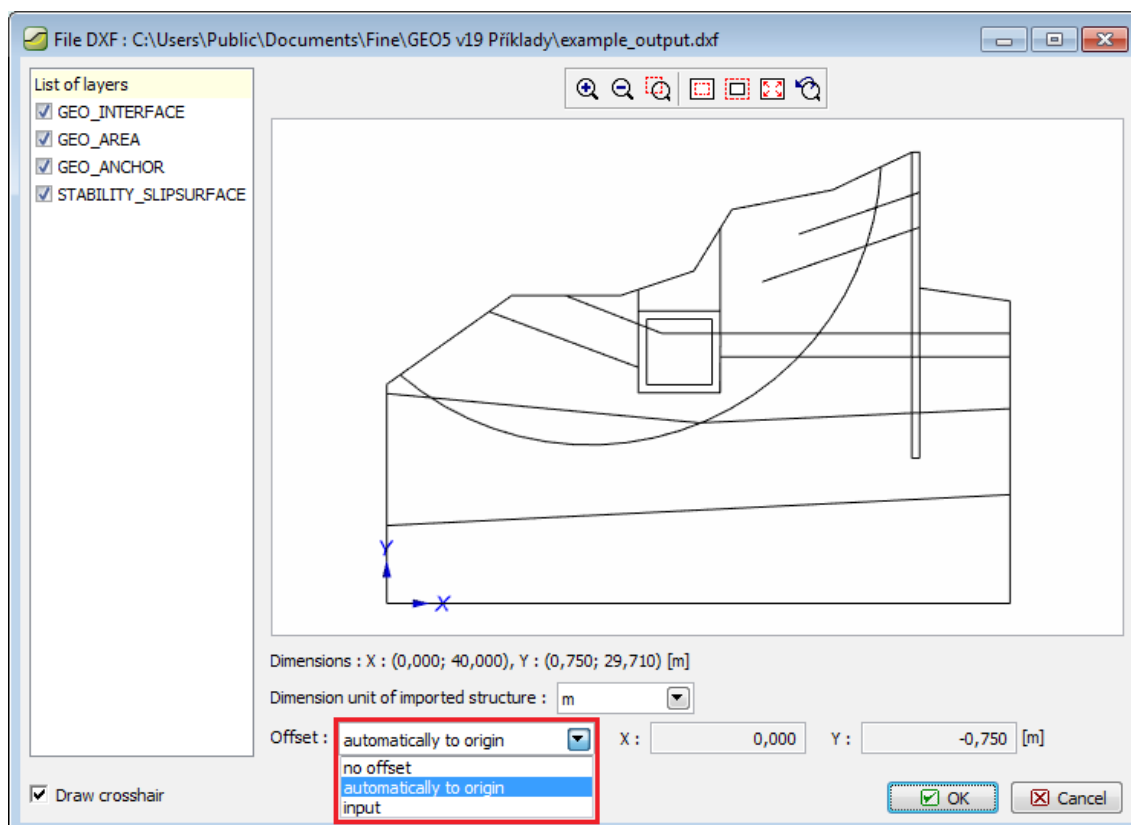
En la parte izquierda las capas a leerse pueden ser seleccionadas.

En la parte inferior se puede especificar la unidad utilizada al crear el archivo DXF. El programa trata de estimar, pero **siempre es necesario comprobar** si la unidad se ha especificado correctamente.

La estructura puede ser movida. El programa ofrece las siguientes opciones:

- **no mover** - esta opción lee los datos de la misma manera que se ingresaron
- **automáticamente desde cero** - esta opción mueve la estructura de la esquina inferior izquierdo al origen del sistema de coordenadas
- **entrada** - esta opción permite definir el eje manualmente

Si el programa no permite la entrada de arcos y círculos, se puede especificar la forma de división en segmentos de línea .



Cuadro de diálogo para importación DXF y sus parámetros

Importar tabla de datos

Esta herramienta está hecha para la importación de una tabla de datos (es decir, datos organizados en columnas) en el programa, por ejemplo, carga, coordenadas, etc. La herramienta puede leer los siguientes formatos:

- archivo de texto separado por **delimitadores**, por ejemplo comas, semicolonas, pestañas, archivo de extensión CSV
- de texto genérico con **ancho de columnas fijo**, los datos se organizan en columnas utilizando espacios o tabuladores, archivo de extensión TXT habitual
- **Tablas** de Microsoft Office Excel (Office Open XML) - archivo de extensión XLSX
- **Tablas** del sistema OpenOffice (OpenDocument) - archivo de extensión ODS

La importación se organiza progresivamente en tres etapas, que varía según el formato cargado. En la parte superior de la ventana se muestra una breve ayuda. El programa intenta

analizar el contenido del archivo y sugerir los mejores parámetros de la transferencia. Si el usuario cambia algún parámetro, el programa recuerda estos cambios y los utiliza de manera apropiada para otros archivos.

1er paso: seleccionar un archivo, determinar el tipo de archivo y ver su contenido. En esta etapa las partes visibles son (1) Archivo de entrada y (2) Vista previa del archivo de entrada.

Importación de carga

Ayuda

- parte No. (1): seleccionar el archivo que desea cargar
- especificar la codificación del archivo y si las columnas están separadas por caracteres especiales o si cada columna tiene un número de
- parte No. (2): ver el archivo modificado por parámetros

(1) Archivo de entrada

Archivo : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v19 Příklad\import02.txt Abrir archivo

Página de código : 20127 ASCII, 7-bit

Método de división de columnas : ☐ Delimitadores (pestaña, punto y coma, coma, espacio, ...) ☒ Ancho fijo Número de caracteres en la ficha : 8

(2) Vista previa del Archivo de entrada

1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Siguiente Cancelar

1er paso

2do paso: dividir el archivo de entrada en columnas

En esta etapa las partes visibles son (2) previsualización de archivos de entrada, (3) Parámetros de entrada de archivo para la división en columnas y (4) Archivo de entrada dividida en columnas.

Importación de carga

Ayuda

- parte No. (2): ver el archivo de entrada modificado
- parte No. (3): en lo posible modificar los parámetros del archivo de la división en columnas
- parte No. (4): vea el archivo de entrada dividido en columnas

(2) Vista previa del Archivo de entrada

	1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y	
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N	
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y	
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y	
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N	

(3) Los parámetros para el archivo de entrada están separados por columnas

Leer desde la fila : a la fila : ☒ Cabecera Desde fila : a columna :

Columnas en el archivo :

A	B	C	D	E	F	G
8	8	8	8	8	8	8

(4) Ingrese el archivo dividiendo en columnas

A (ABCDEFG)	B (123,45)	C (123,45)	D (123,45)	E (123,45)	F (123,45)	G (ABCDEFG)
Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Y
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	N
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Y
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Y
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	N

2do paso

3er paso: Asignación de datos a columnas

En esta etapa las partes visibles son (4) dividir archivos de entrada en columnas, (5) Asignar datos importados a columnas y (6) Vista previa del resultado de la importación.

Importación de carga

Ayuda

- parte No. (4): vea el archivo de entrada dividido en columnas
- parte No. (5): modificar la asignación a columnas que transmiten los datos y entrar en el multiplicador y otros parámetros
- parte No. (6): ver los datos que se pasa al programa

(4) Ingrese el archivo dividiendo en columnas

A (ABCDEFG)	B (123,45)	C (123,45)	D (123,45)	E (123,45)	F (123,45)	G (ABCDEFG)
Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Y
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	N
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Y
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Y
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	N

(5) Columnas asignadas a los datos importados

Nombre	Fuerza vertical N [kN]	Momento flector M _x [kNm] M _y [kNm]		Fuerza horizontal H _x [kN] H _y [kN]		Diseño
A: Name	B: N	C: Mx	D: My	E: Hx	F: Hy	G: Design
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Asignación

(6) Vista previa del resultado de la importación

Nombre	Fuerza vertical N [kN]	Momento flector M _x [kNm] M _y [kNm]		Fuerza horizontal H _x [kN] H _y [kN]		Diseño
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Si
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	No
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Si
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Si
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	No

Anterior OK Cancelar

3er paso

Después de pulsar el botón "OK" se transfieren los datos en el programa.

(1) Archivo de entrada

En esta sección se especifican en el archivo de entrada y sus parámetros básicos. El archivo se abre en la forma estándar pulsando el botón "**Abrir archivo**". El programa analiza el archivo de entrada y rellena los datos de esta sección.

Si se importa el **archivo de texto**, se determinan los siguientes parámetros

- Codificación - codificación (idioma) en la que el archivo se escribe puede ser cambiado
- El estilo de separación de columnas - se especifica si el archivo está separado por caracteres especiales (que luego se introducen [aquí](#)) o el ancho si las columnas son fijas
- El número de caracteres en una pestaña - el programa sustituye las pestañas con espacios para su posterior procesamiento.

(1) Archivo de entrada

Archivo : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v19 Příklady\import02.txt Abrir archivo

Página de código : 20127 ASCII, 7-bit

Método de división de columnas : ☒ Delimitadores (pestaña, punto y coma, coma, espacio, ...)

☐ Ancho fijo

Archivo de texto

Si el **archivo de hoja de cálculo** es importado (por ejemplo, Excel), aquí es posible determinar qué hoja ha sido importada.

(1) Archivo de entrada

Archivo : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v19 Příklady\import02.ods Abrir archivo

Hoja : Sheet1

Archivo de hoja de cálculo

En ambos casos es posible comprobar el resultado en (2) **Vista previa del archivo de entrada**. Si todo está correcto, se continúa haciendo clic en "**Siguiente**".

(2) Vista previa del archivo de entrada

Si se importa el **archivo de texto** con **delimitadores**, los delimitadores de uso común se resaltan en la vista previa.

(2) Vista previa del Archivo de entrada

1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Archivo de texto con delimitadores

Si se importa el **archivo de texto** con ancho de columna fijo, la vista previa se ve así.

(2) Vista previa del Archivo de entrada

1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Archivo de texto con ancho fijo de columna

Si se importa el **archivo de hoja de cálculo**, la vista previa contiene direcciones de las celdas.

(2) Vista previa del Archivo de entrada

	A	B	C	D	E	F	G
1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Archivo de hoja de cálculo

(3) Parámetros de entrada de archivo para la división en columnas

El programa analiza el archivo de entrada y completa esta parte con los parámetros obtenidos. Si se importa el **archivo de texto** con **delimitadores**, se especifican los siguientes parámetros

Archivo de texto con delimitadores

- se determina la primera y la última fila a ser cargada, si tiene cabecera y la primera y la última fila de la cabecera
- determine los separadores de columna mediante la comprobación de los interruptores de cada tipo, o seleccione la sección **"Otros"** y agregue otro separador en la línea de entrada.
- **"Tratar delimitadores consecutivos como uno"** el interruptor determina cómo el programa se manejará los delimitadores seguidos inmediatamente (incluso varios tipos de delimitador)
- calificadores de texto especifican si las columnas de texto están marcadas a la izquierda y derecha con un carácter
- comentario calificador que especifica el carácter contenido en el archivo que se ignora hasta el final de la fila

El botón **"Analizar delimitadores"** re-analiza los parámetros después de cambiar el rango de fila. Si se importa el **archivo de texto** con **ancho de columnas fijo**, la cantidad de columnas y el ancho de cada columna se especifica.

A	B	C	D	E	F	G
8	8	8	8	8	8	8

Archivo de texto con ancho fijo

- se determina la primera y la última fila a ser cargada, si tiene cabecera y la primera y la última fila de la cabecera
- el botón **"Añadir"** inserta una columna al final de la lista, el botón **"Eliminar"** elimina la última columna
- en la tabla de **"Columnas en el archivo"** se especifica el ancho de cada columna

El botón **"Analizar columnas"** re-analiza los parámetros después de cambiar el rango de fila. Si se importa el **archivo de hoja de cálculo**, se determina sólo la primera y la última fila para cargar si una fila contiene un encabezado y, posiblemente, la primera y la última fila de la cabecera

Archivo de hoja de cálculo

En todos los casos es posible comprobar el resultado en la parte (4) del archivo de entrada dividida en columnas. Si todo está correcto, se continua haciendo clic en "**Siguiente**".

(4) Archivo de entrada dividida en columnas

En esta parte se muestra el archivo de entrada dividido por **parámetros**. La primera fila de encabezado contiene las letras A y, además, la segunda fila especifica el tipo de datos de la columna, la tercera fila de encabezado posiblemente contiene el encabezado recuperada del archivo importado. El tipo de datos puede ser:

- (ABCDEFG) texto general
- (123,45) es un número con punto decimal
- (123) es un número sin punto decimal

(4) Ingrese el archivo dividiendo en columnas

A (ABCDEFG) Name	B (123,45) N	C (123,45) Mx	D (123,45) My	E (123,45) Hx	F (123,45) Hy	G (ABCDEFG) Design
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Y
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	N
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Y
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Y
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	N

Archivo de entrada procesado

(5) Asignar datos importados a columnas

El programa prepara la asignación inicial de las columnas. Entonces se puede cambiar a asignación manual. El sistema recuerda los cambios del usuario y la utiliza preferentemente en los mismos casos.

La asignación de columnas se lleva a cabo en la siguiente tabla:

(5) Columnas asignadas a los datos importados

Nombre	Fuerza vertical N [kN]	Momento flector		Fuerza horizontal		Diseño
		M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	
A: Name	B: N	C: Mx	D: My	E: Hx	F: Hy	G: Design
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Asignación

Asignación de columna

- La cabecera de la tabla contiene la columna que son requeridos por el modo de programa a través del cual realiza la importación.
- En la primera fila de la tabla se le asigna la columna del archivo de entrada que se remitirá a la columna apropiada de los datos. Las columnas se pueden utilizar en varias ocasiones, pero por supuesto que sólo se pueden asignar un tipo de datos compatible, es decir, no se puede utilizar, por ejemplo una columna de texto para el número.
- En la segunda fila de la tabla se puede ingresar el multiplicador para los números, presionando el botón "**Asignar**" se muestra el cuadro en el cual se especifica cómo son tratados los valores con un **Sí/No**. Si el cursor se centra en la columna correspondiente, las asignaciones actuales y otra información se muestra en la burbuja.

Enumeración de asignación de valores

Valor	
en el archivo	en el resultado
N	No
Y	Si

OK Cancelar

Asignación de valor

Asignación

N	No
Y	Si

Fuerza horizontal		Diseño
N	H _y [kN]	
▼ F: Hy	▼ G: Design	
1,00	1,00	Asignación

Burbuja

En todos los casos es posible comprobar el resultado en la parte (6) **Vista previa de los resultados de importación**. Si surge algún problema, aparece un mensaje de error en la ventana. Si todo está correcto, se completa la importación presionando el botón "OK".

(6) Vista previa del resultado de la importación.

Esta sección muestra los datos que serán importados al programa

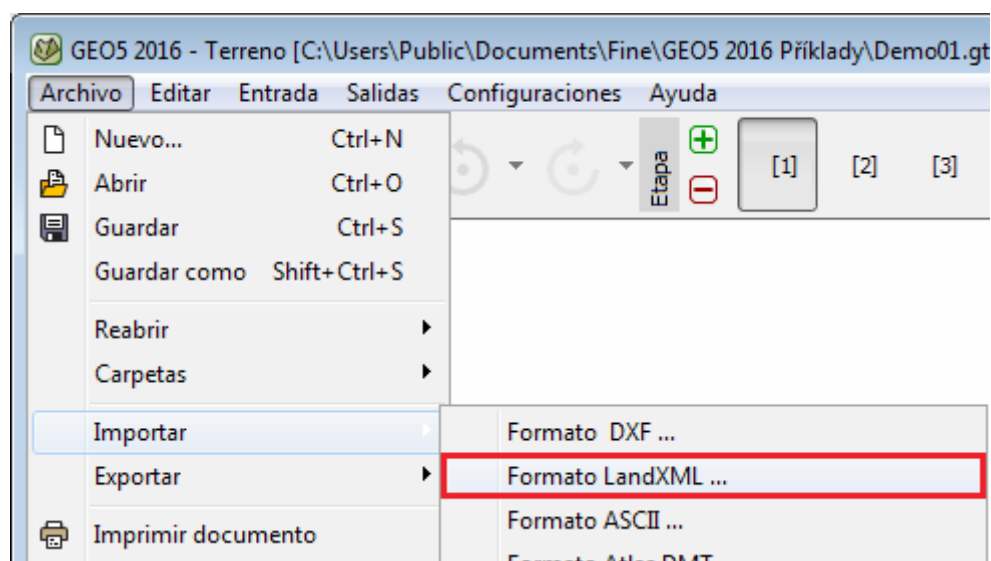
(6) Vista previa del resultado de la importación

Nombre	Fuerza vertical N [kN]	Momento flector		Fuerza horizontal		Diseño
		M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Si
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	No
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Si
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Si
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	No

Resultado de la importación

Importar LandXML

Los programas "Terreno" y "Estratigrafía" permiten importar datos en formato LandXML. Seleccione el ítem "Importar", "Formato LandXML" en el menú del programa ("Archivo") y luego seleccionar normalmente el archivo que desea importar.



Importar LandXML

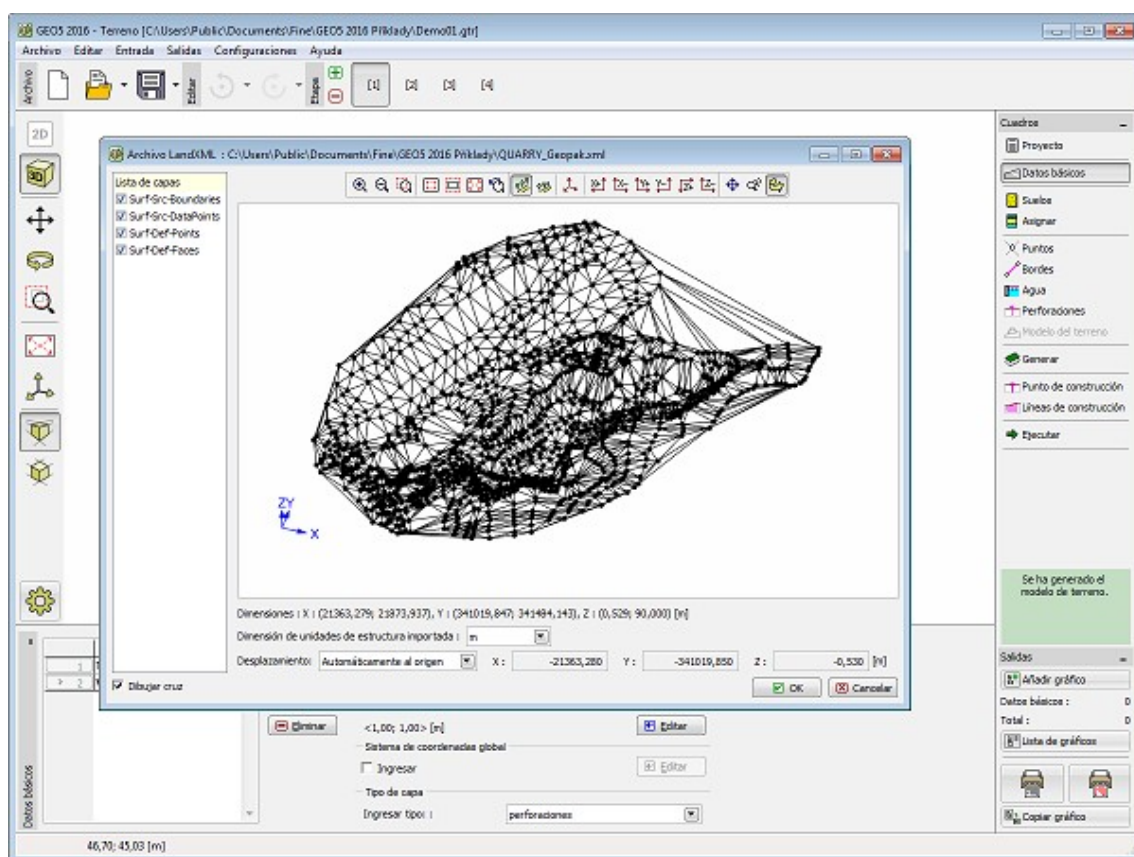
Los datos cargados se muestran en el cuadro de diálogo, lo que permite la selección de capas individuales que se cargan como puntos e interfaces. La misma ventana permite también la modificación de la unidad utilizada al crear el archivo LandXML. La estructura también se puede mover. El programa ofrece las siguientes opciones:

- **no mover** - esta opción lee los datos de la misma forma de la que fueron ingresados
- **automáticamente desde cero** - esta opción mueve la estructura de la esquina izquierda inferior al origen del sistema de coordenadas
- **entrada** - esta opción permite definir el cambio de forma manual

En la importación el programa ajusta automáticamente los márgenes del según los datos cargados.

Elementos LandXML soportados: Unidades, Alineaciones, Puntos Cg, Parcelas, características del plan, carreteras, superficies, Encuesta.

No se admite elementos LandXML: GradeModel, Curvas Espiral excepto clotoideas.



Lectura de datos

Herencia - Etapa de construcción

Las Etapas de construcción (**barra de herramientas de etapas de construcción**) permiten crear la construcción paso a paso y comprobar todas las etapas de construcción (esto es necesario en los programas de **Verificación de Muros Pantalla, Asiento, MEF**).

Para distintos tipos de entradas (asignación de suelo, soporte, anclaje..) siempre existe una relación con las **etapas de construcción** donde fueron creadas. Aquí hay dos formas:

Herencia definida: (anclaje, soportes, sobrecargas..) estos objetos siempre recuerdan la etapa en donde fueron creados. Incluso sólo en esa etapa donde los objetos pueden ser editados. En todas las etapas siguientes estos objetos pueden ser eliminados y se pueden cambiar algunas de sus propiedades (anclaje post-tensión, cambio de magnitud de la sobrecarga, traslado de apoyo...). Cuando se define una nueva etapa de construcción estos objetos se copian automáticamente en esa etapa.

Herencia Automática: (Asignación de suelo, perfil del terreno, impacto del agua, configuración de análisis...) Para esta clase de entradas, las propiedades se pasan desde la etapa anterior a una nueva. Cuando las propiedades cambian en la construcción actual, el programa procede de la siguiente forma:

- si las propiedades en la siguiente etapa son las mismas que en la etapa anterior -de todos modos recibe la etiqueta de nuevo- este cambio también se aplica a todas las fases posteriores
- si las propiedades en la siguiente etapa difieren de las de la etapa anterior (esto significa que esta propiedad en la siguiente etapa será cambiada), este cambio no se lleva a las

etapas posteriores

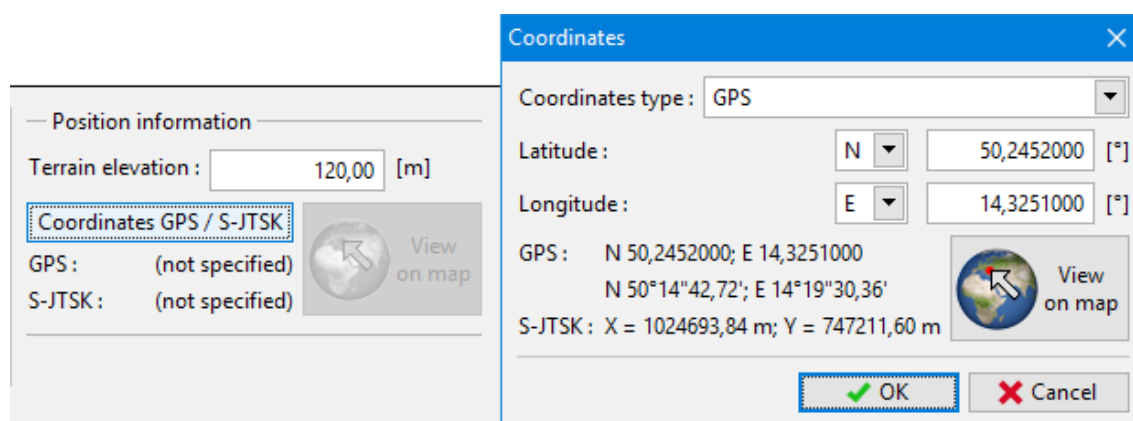


Cambios entre distintas etapas de construcción - Herencia automática

Vista del sitio en Google Maps

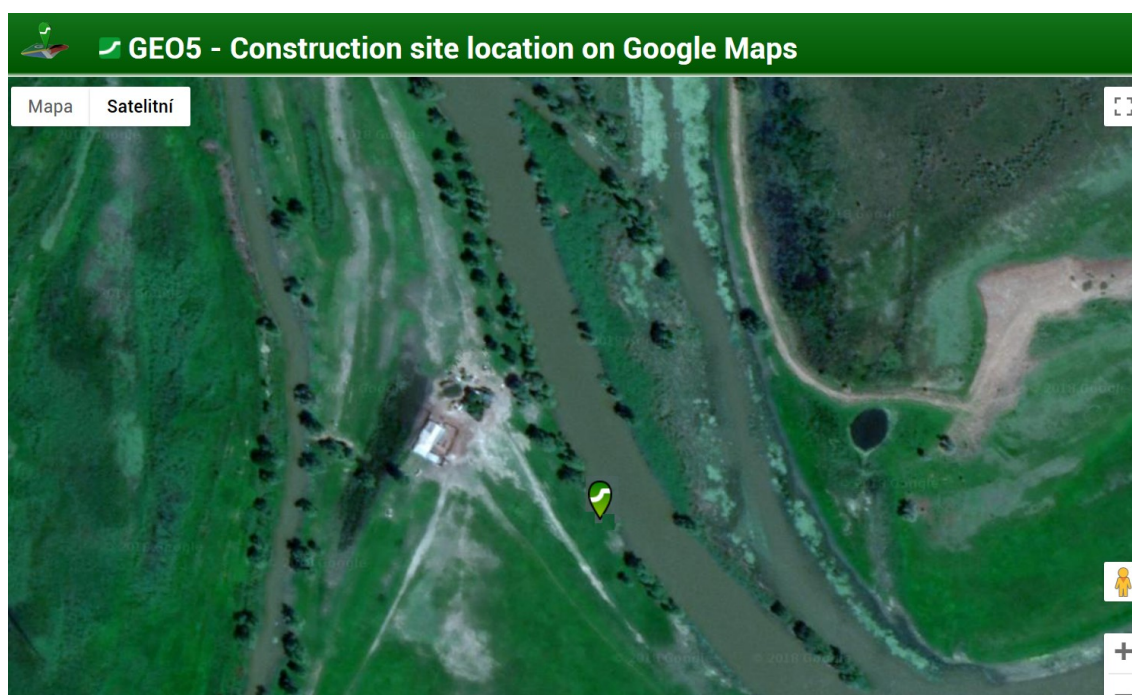
Los programas GEO5 permiten mostrar la ubicación de la construcción en Google Maps. En la mayoría de los programas GEO5 es posible definir coordenadas GPS en el cuadro "**Perfil**".

En la versión checa de los programas también se pueden introducir coordenadas S-JTSK locales.



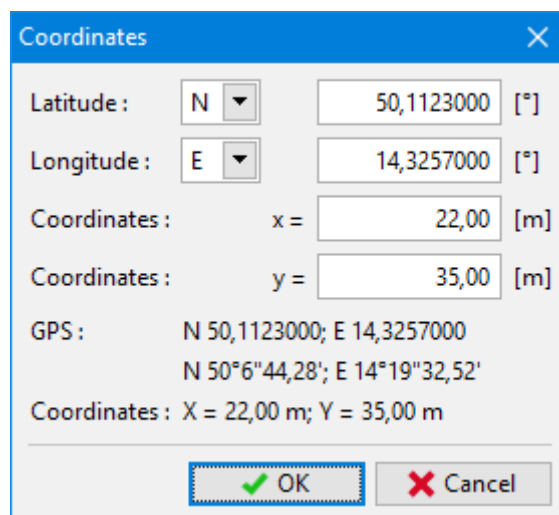
Entrada de coordenadas GPS

Al presionar el botón "**Ver en el mapa**" puede mostrar la ubicación en Google Maps.



El sitio en Google Maps

En el programa **Estratigrafía** es posible mostrar la forma del sitio de construcción y las perforaciones de entrada y los ensayos de campo. Si el sistema de coordenadas es **S-JTSK**, las coordenadas del GPS se **calculan automáticamente**. Para **otros sistemas de coordenadas** es necesario (en el cuadro **Sitio de construcción**) ingresar un punto en ambos: sistema de coordinación local y **coordenadas GPS**.



Coordinates	
Latitude :	N 50,1123000 [°]
Longitude :	E 14,3257000 [°]
Coordinates :	x = 22,00 [m]
Coordinates :	y = 35,00 [m]
GPS :	N 50,1123000; E 14,3257000
	N 50°6'44,28"; E 14°19'32,52'
Coordinates :	X = 22,00 m; Y = 35,00 m
OK Cancel	

Entrada del punto en ambos sistemas de coordenadas.



El sitio de construcción con ensayos proporcionadas en Google Maps

Estándares y métodos de análisis

GEO5 permite la **configuración de normas y métodos de análisis** de forma centralizada para todos los programas GEO5.

En todos los programas GEO5, estos parámetros se pueden especificar en el cuadro **"Configuración"**, lo que permite al usuario:

- Seleccionar los parámetros de análisis en la **lista de configuración**
- Guardar y administrar configuraciones en el **Administrador de configuración**.
- Crear y administrar nuevas **configuraciones de usuario**.

El programa permite realizar la **verificación** de la estructura de acuerdo con cinco metodologías:

- **Verificación según el factor de seguridad**
- **Verificación según los estados límite**
- **Verificación según EN 1997**
- **Verificación según el LRDF**
- **Verificación según estándares Chinos**

Los programas permite definir las **situaciones de diseño** (por diferentes **etapas de construcción**), que pueden diferir por los factores parciales.

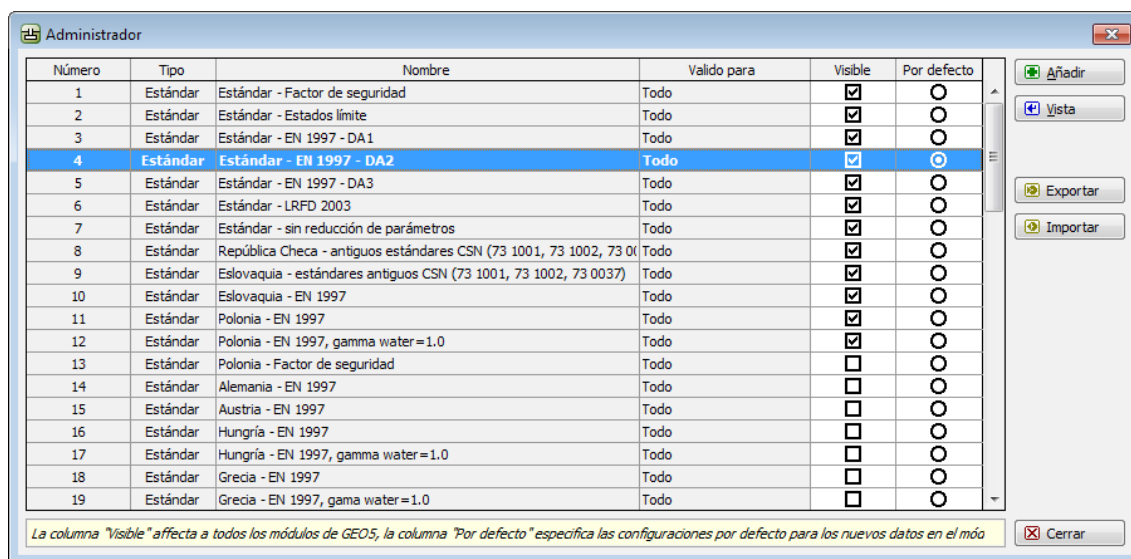
Administrador

El administrador de configuración es la herramienta principal de manejo de **configuraciones** individuales o "**Plantillas**". En particular, permite al usuario:

- Determinar la **visibilidad de las configuraciones (Plantillas)** en la **lista de configuración** (lista de plantillas de prueba) (se determina seleccionando la caja en la columna "**Visibilidad**")
- Especifica la **configuración predeterminada (Plantillas)** de los nuevos archivos de datos del programa actual (la columna "**Por defecto**")
- **Ver configuraciones básicas (Plantillas)** las cuales están seleccionadas (disponible con el botón "**Vista**")
- **Añadir configuraciones de usuario (Plantillas)** (presionando el botón "**Añadir**" abre el cuadro de dialogo "**Nueva configuración**" con una copia de la configuración seleccionada/Plantilla)
- **Editar configuraciones de usuario ingresadas (Plantillas)** (presionando el botón "**Editar**")
- **Eliminar configuraciones de usuario (Plantillas)** (presionando el botón "**Eliminar**")

Además, el administrador de configuración permite **exportar e importar configuraciones** (Plantillas) almacenadas en el disco.

La configuración de visibilidad (Plantillas) y por defecto, se activan con el ratón o pulsando la tecla Espacio (visibilidad) o Mayús + Espacio (configuración por defecto).



Cuadro "Administrador de configuración"

Exportar e importar configuraciones

La configuración de usuario seleccionada (Plantillas) en "**Administrador de configuración** (**Administración de plantillas**)" puede guardarse en un archivo ("**Exportar**") en formatos ***.gxt (Configuración)** or ***.gxc (Plantillas)** y subsecuentemente cargarse ("**Importar**") en otra computadora que tenga instalado GEO5.

Permite compartir configuraciones de análisis entre diferentes usuarios, ejemplo: entre toda la compañía, donde se comparten más licencias distribuidas en diferentes subdivisiones.

Estos formatos pueden ser particularmente útiles para resolver varios problemas con nuestra ayuda hotline.



Exportar (Importar) la "configuración" seleccionada

Lista de configuración

El cuadro "**Lista de configuración (Lista de plantillas de pruebas)**" permite a los usuarios elegir la "**Configuración**", la cual conducirá al cálculo y al análisis de verificación para una tarea dada o la "**Plantilla**" de la documentación geológica.

La lista contiene dos tipos de configuración (plantilla):

- **básico**: el cual acompaña la distribución del software y puede ser editada o eliminada
- **usuario**: la cual es definida por el usuario.

Esta lista se aplica a todos los programas GEO5, solo algunas configuraciones específicas pueden estar restringidas a algunos módulos.

Para mayor lucidez, solo las Configuraciones (plantillas), que fue seleccionada en el "**Administrador de configuración**" como visible, se muestran en pantalla. Cuando se ejecuta el programa por primera vez, la visibilidad de la configuración (Plantilla) se determina según el país destino. Subsecuentemente, el programa recuerda los cambios introducidos por el usuario. Seguidamente, el programale recuerda los cambios realizados por el usuarios.

Para trabajar en forma efectiva con los programas GEO5, es suficiente para la mayoría de los países crear una o más "**Configuraciones**" o "**Pantillas**" específicas. Luego, para **soluciones de tareas individuales**, el usuario simplemente selecciona una **configuración en particular** o la **Plantilla**. El método de análisis, los valores de los coeficientes y la metodología de verificación no necesita ser especificada.

Esto da como resultado un trabajo simple y rápido para cualquier programa dado.



Cuadro "Lista de configuración"

Configuración de análisis

La configuración de análisis es un conjunto de datos, el cual es decisivo para realizar los cálculos en el programa. Esto incluye, en particular:

- métodos y teorías de análisis
- **metodologías de verificación**, la forma de proporcionar seguridad a la estructura (**factor de seguridad**, **estados límite**, **EN 1997**, **LRDF**, **Estándares Chinos**)
- Valores actuales de factores parciales, y grados de seguridad para **situaciones de diseño** individuales.

El ajuste de análisis es típicamente el mismo para un gran número de tareas - debido a esto, el programa permite crear la "**lista de configuración**". Las configuraciones individuales pueden ser editadas, **exportadas e importadas** en el "**Administrador de configuración**"

Una configuración puede ser **válida** para **todos los programas GEO5**, o para **un solo módulo específico**.

- **Materiales y estándares**
- **Análisis de muro**
- **Análisis de presión**
- **Análisis de estabilidad**
- **Asientos**
- **Zapata**
- **Anclajes**
- **Pilotes**
- **Pilotes CPT**
- **Micropilotes**
- **Grupo de pilotes**

Editar la configuración actual : Muro en voladizo

Materiales y estándares **Análisis de muro**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
 Forma de la cuña de la tierra : Calcular oblicuo
 Clave base : Considerada como fondo de la zapata inclinada
 Excentricidad permitida : 0,333 [-]
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
☐ Parámetros de reducción de contacto base-suelo

Situación de diseño permanente Situación de diseño transitoria Situación de diseño accidental Situación de diseño sísmico

Factores de seguridad

Frente al vuelco : $SF_o = 1,50$ [-]
 Para resistencia al deslizamiento : $SF_s = 1,50$ [-]
 Para capacidad portante : $SF_b = 1,50$ [-]

Cambiar la configuración de análisis para el programa :
 Estabilidad de taludes
 Zapata

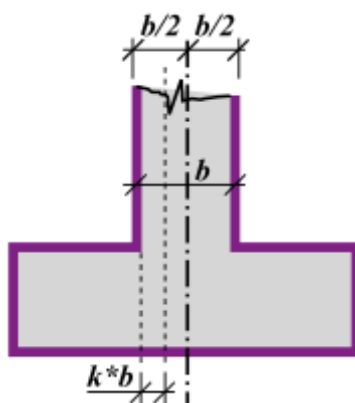
☒ OK
☐ Cancelar

Cuadro "Editar la configuración actual"

Materiales y estándares

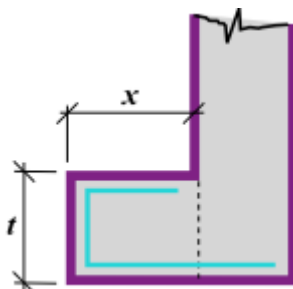
Esta solapa sirve para ingresar los materiales y estándares de análisis para:

- Estructuras de hormigón
- Estructuras de hormigón para estribos puente
- Los coeficientes EC2 son especificados para el análisis de estructuras de hormigón según EN 1992-1-1. Los valores pueden adaptarse tanto para en el caso de valores por defecto o definidos por el usuario.
- Determinación de parámetros para la sección transversal - este coeficiente determina la ubicación de la sección crítica para el cálculo del momento de flexión en la base del muro. Los valores por defecto para hormigón y para las columnas de hormigón reforzado en acero es $k = 0$, es decir la sección crítica se encuentra en una de las caras de la columna expuesta. Para las estructuras de mampostería se recomienda elegir un valor de este coeficiente igual a 0,25



Sección crítica para el momento de flexión máximo dentro de la base del muro

- **Parámetro de salto del muro k** - este parámetro determina si se verifica o no el refuerzo de soporte de carga del salto delantero del muro. Para salto de longitud $x \leq k \cdot t$ no se realiza la verificación de refuerzo. Cuando seleccionamos la opción "**según estándar**" el parámetro de salto corto de muro se calcula automáticamente según la norma seleccionada para **dimensionamiento de estructuras de RC**. Cuando seleccionamos la opción "**entrada de parámetros**" el valor del parámetro k es ingresado por el usuario. El parámetro de salto corto de muro se considera para el **análisis de muros** y para el **análisis de zapata**.



Esquema para determinar los parámetros de salto corto de muro

- Estructuras de mampostería (definidas en el programa "**Muros de mampostería**")
- **Estructuras de hormigón** (definidas en el programa "**Losa**" y "**Verificación de muros pantalla**" y **Pilote Anti-Deslizante**)
- Cargas y combinaciones (definidas en los programas "**Losa**" y "**Vigas**")
- AASHTO - permite la reducción de la fricción entre suelo-suelo interfaz en el **análisis de muros** con el valor.

$$\delta = \frac{2}{3} \varphi$$

- SNiP - permite el ingreso de coeficientes de diseño para escenarios de estándares Rusos SNiP

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Materiales y estándares"

Análisis de muro

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **análisis de muros**:

- El cálculo de **presión activa de la tierra** (Caquot, Coulomb (ČSN 730037), Müller-Breslau (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi).
- El cálculo de **presión pasiva de la tierra** (Caquot-Kerisel (ČSN 730037), Coulomb, Müller-Breslau, Sokolovski (DIN 4085), Mazindrani (Rankin), Absi).
- **Análisis de sismos** (Mononobe-Okabe, Arango, JTJ 004-89, JTS 146-2012, SL 203-97)
- Forma de **cuña de tierra** (calcular como oblicuo, considerar siempre vertical)
- **Base principal** (la base principal se considera como la resistencia frontal, y se considera como base inclinada)
- **Excentricidad permitida** - para la evaluación de la tensión de **contacto en base de la zapata** se asume el valor de excentricidad máxima permitida en el rango de 0,1 a 0,4.
- **Estabilidad interna** - esta forma de cálculo se adopta en el programa "Muro de suelo reforzado". La superficie de deslizamiento tiene una **forma diferente** (recta, quebrada) según la norma seleccionada para el cálculo.
- Concepto Alto de bisagra - que representa la forma del análisis de muros prefabricados según AASHTO, en el que se reduce la fuerza de gravedad que actúa favorablemente en una parte de la estructura. Se adopta en el programa "**Redi Rock Wall**". Este programa también permite introducir el "**Coeficiente de reducción del primero bloque-base**".
- En el caso de la metodología de verificación según los estados límite y el factor de seguridad, es posible reducir los parámetros de la cimentación - interfaz suelo. El coeficiente de reducción de la estructura - suelo interfaz μ representa la cantidad de resistencia del muro contra deslizamiento, contra traslación al entrar en contacto con el suelo
- Al ejecutar el análisis de verificación según la teoría de los estados límite, el programa permite la reducción de la tangente del ángulo de fricción interna φ empleando el coeficiente $\gamma_{m\varphi}$
- **Metodología de verificación** (factor de seguridad, estados límite, análisis según la norma EN 1997, análisis según la norma LRFD, análisis según estándares Chinos)
- Las **situaciones de diseño** se especifican para todas las metodologías de verificación.

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - Factor de seguridad (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | **Análisis de muro** | **Análisis de presión** | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | Zapata | Pilote | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
 Forma de la cuña de la tierra : Calcular oblicuo
 Clave base : Considerada como fondo de la zapata inclinada
 Excentricidad permitida : 0,333 [-]
 Estabilidad interna : Estándar - superficie de deslizamiento recta
☐ Concepto Altura del Eje
 Coef. de reducción de primer contacto bloque-base : 1,00 [-]
 Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
☒ Parámetros de reducción de contacto base-suelo

Situación de diseño permanente | **Situación de diseño transitoria** | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

Factores de seguridad
 Frente al vuelco : $SF_o = 1,50$ [-]
 Para resistencia al deslizamiento : $SF_s = 1,50$ [-]
 Para capacidad portante : $SF_b = 1,50$ [-]
 Para fuerza de malla : $SF_n = 1,50$ [-]
 Para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo : $SF_{sr} = 1,50$ [-]
 Para fuerza de geo-refuerzo : $SF_{st} = 1,50$ [-]
 Para resistencia al arrancamiento del geo-refuerzo : $SF_{po} = 1,50$ [-]
 Factor de seguridad para resistencia de conexiones : $SF_{con} = 1,50$ [-]

Coeficientes de reducción
 Para fricción entre bloques : $\gamma_f = 1,50$ [-]
Para contacto base-suelo : $\mu = 1,00$ [-]

[Añadir] [Cancelar]

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Análisis de muro"

Excavaciones Análisis de presión

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de análisis de excavaciones y **análisis de presión**:

- El cálculo de **presión activa de la tierra** (Caquot, Coulomb (ČSN 730037), Müller-Breslau (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi).
- El cálculo de **presión pasiva de la tierra** (Caquot-Kerisel (ČSN 730037), Coulomb, Müller-Breslau, Sokolovski (DIN 4085), Mazindrani (Rankin), Absi).
- Método de cálculo (**presiones dependientes**, JGJ 120-2012)
- Análisis de sismos** (Mononobe-Okabe, Arango, JTJ 004-89, JTS 146-2012, SL 203-97).
- Módulo de reacción del subsuelo** (estándar, entrada por usuario, **PMT presiométrico**, **DMT dilatómetro**, CUR 166, **estándares chinos**). Configuración estándar contiene métodos internacionales recomendados para el cálculo del módulo de reacción del subsuelo (para el programa "**Verificación de muros pantalla**" en el cuadro de "**Módulo K_h** ") - otros métodos descriptos en este documento se utilizan sólo en países específicos
- Forma de **cuña de tierra** (calcular como oblicuo, considerar siempre vertical).
- Reducir el módulo de reacción del subsuelo para pantallas reforzadas - esta función está disponible únicamente en el programa "**Verificación de muros pantalla**" y **Pilote Anti-Deslizante**, cuando durante el análisis de pantallas reforzadas el programa reduce automáticamente los valores del **módulo de reacción del subsuelo**.
- Asentamiento de terreno** (sin entrada, **método de triángulo**, **método de indexación**, **método parabólico**, DG/TJ08-61-2010): esta opción solo se utiliza en el programa "**Verificación de Muros Pantalla**".

- Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite, análisis según la norma EN 1997, análisis según la norma LRFD, análisis según estándares Chinos).
- Las situaciones de diseño se especifican para todas las metodologías de verificación.

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Presiones de tierra"

Análisis de estabilidad

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de estabilidad**:

- Análisis sísmico (**Estándar**, GB 50111-2006, NB 35047-2015, GB 50330-2013, JTG B02-2013)
- Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite, análisis según la norma EN 1997, análisis según LRFD, análisis según estándares Chinos)
- Las situaciones de diseño se especifican para todas las metodologías de verificación.
- Los botones "**Métodos de análisis para la superficie de deslizamiento poligonal**" y "**Métodos de análisis de la superficie de deslizamiento circular**" abren los cuadros de diálogo que permiten la selección del método de análisis. El programa permite calcular para superficie de deslizamiento seleccionada (**circular**, **poligonal**) todos los métodos de análisis. Sin embargo algunos de ellos son muy exóticos y conocidos unicamente en el país de origen. Los métodos con los cuales el usuario no interviene, pueden ser deshabilitados.

Cuadro de diálogo - "Métodos de análisis de la superficie de deslizamiento poligonal" -

Selección del método de análisis

Nuevas configuraciones

Nombre : según EN 1997 Valido para : Todo

Materiales y estándares | **Análisis de muro** | Excavaciones | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | Zapata | Pilote | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Análisis sísmico : Estándar [todos de análisis para superficie de deslizamiento poligonal]

Metodología de verificación : según EN 1997 [todos de análisis para superficie de deslizamiento circular]

Enfoque de diseño : 3 - reducción de acciones (GEO, STR) y parámetros de suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

Factores parciales en acciones (A)

	Etapas STR		Etapas GEO	
	Desfavorable	Favorable	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : γ_G =	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Acciones variables : γ_Q =	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Carga de agua : γ_w =			1,00 [-]	

Factores parciales para parámetros de suelo (M)

Factor parcial en fricción interna : γ_ϕ = 1,25 [-]

Factor parcial en cohesión efectiva : γ_c = 1,25 [-]

Factor parcial en resistencia al corte sin drenar : γ_{cu} = 1,40 [-]

[Añadir] [Cancelar]

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Análisis de estabilidad"

Asientos

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de asientos**:

Métodos de Análisis:

- CSN 73 1001 (Análisis utilizando el módulo edométrico)
- Análisis utilizando el coeficiente de compresión
- Análisis utilizando el índice de compresión
- NEN (Buismann, Ladd)
- Modelo de suelo suave
- Teoría de Janbu
- Análisis utilizando el módulo de suelo restringido

Restricciones de la zona de influencia:

- basado en la resistencia estructural
- por porcentaje de σ_{or} (El coeficiente de la envolvente de la zona de influencia se ingresa en [%])

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - Factor de seguridad (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | Análisis de muro | Excavaciones | Análisis de estabilidad | **Verificación Asiento** | Zapata | Pilote | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Método de análisis : Módulo edométrico

Restricción de la zona de influencia : Por porcentaje de Sigma, Or

Coef. de restricción para zona de influencia : 10,0 [%]

[Añadir] [Cancelar]

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Asiento"

Zapata

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de capacidad portante de cimentación:**

Análisis de condiciones drenadas:

- enfoque clásico
- CSN 73 1001
- PN-81B-03020
- IS:6403-1981
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
- NCMA
- GB 50007-2002
- SNiP 2.02.01-83
- DS/EN 1997-1 DK NA:2013

Análisis de condiciones no drenadas:

- enfoque clásico
- CSN 73 1001
- IS:6403-1981
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
- DS/EN 1997-1 DK NA:2013

Análisis de zapatas en subsuelos rocosos

- enfoque clásico
- CSN 73 1001
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Análisis de levantamiento

- enfoque clásico
- Método cónico
- DL/T 5219-2005

Excentricidad permitida - para la **evaluación de la excentricidad en la cimentación** el valor de excentricidad máxima permitida está en el rango de *0,1* a *0,4*.

Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite, análisis según la norma EN 1997, análisis según la norma LRFD, análisis según estándares Chinos)

Las **situaciones de diseño** se especifican para todas las metodologías de verificación

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - Factor de seguridad (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | Análisis de muro | Excavaciones | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | **Zapata** | Pilote | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Análisis en subsuelo con drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelos sin drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelo rocoso : Enfoque estándar

Análisis de elevación : Estándar

Excentricidad permitida : 0,333 [-]

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 1 - reducción de acciones y parámetros de suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

Factores parciales en acciones (A)

	Combinación 1		Combinación 2	
	Desfavorable	Favorable	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

Factores parciales para parámetros de suelo (M)

	Combinación 1	Combinación 2
Factor parcial en fricción interna : $\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Factor parcial en cohesión efectiva : $\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Factor parcial en resistencia al corte sin drenar : $\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]
Sobre fuerza no confinada : $\gamma_v =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Añadir Cancelar

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Zapata"

Anclajes

Esta pestaña permite introducir parámetros para el análisis de la **capacidad portante de los anclajes**:

Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite)

La entrada de factores de seguridad o de coeficientes de reducción reducen la capacidad portante calculada del anclaje.

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - EN 1997 - DA2 (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | Análisis de muro | Análisis de presión | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | **Anclajes** | Zapata | Pilote | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad

Factor de seguridad de la fuerza de acero : $SF_t =$ 1,50 [-]

Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (suelo) : $SF_s =$ 1,50 [-]

Factor de seguridad de la resistencia a la extracción (lechada) : $SF_c =$ 1,50 [-]

Añadir Cancelar

Cuadro "Nueva configuración" - solapa "Anclaje"

Pilotes

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de pilotes**

Análisis para condiciones drenadas:

- CSN 73 1002
- Tensión efectiva
- NAVFAC DM 7.2

Análisis para condiciones no drenadas

- Tomlinson
- NAVFAC DM 7.2

Curva carga asentamiento

- no lineal (Masopust)
- lineal (Poulos)

Capacidad portante horizontal

- Subsuelo elástico (método p-y)
- Método Broms

Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite, análisis según la norma EN 1997)

Las situaciones de diseño se especifican para todas las metodologías de verificación

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - Factor de seguridad (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | Análisis de muro | Excavaciones | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | Zapata | **Pilote** | Pilote por CPT | Micropilotes | Grupo de pilote

Análisis en subsuelo con drenaje : NAVFAC DM 7.2

Análisis en subsuelos sin drenaje : Tomlinson

Curva de carga : lineal (Poulos)

Capacidad portante horizontal : Subsuelo elástico (p-y metodo)

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 2 - reducción de acciones y resistencias

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

Factores parciales en acciones (A)

Acciones permanentes : $\gamma_G = 1,35$ [-] $\gamma_Q = 1,00$ [-]

Factores parciales para resistencias (R)

Pilotes perforados | Pilotes hincados | Pilotes CFA [hélice continua]

Sobre el eje de resistencia : $\gamma_s = 1,10$ [-]

Sobre la base de resistencia : $\gamma_b = 1,10$ [-]

Sobre la resistencia tensionada : $\gamma_{st} = 1,15$ [-]

Añadir Cancelar

Cuadro "Nueva configuración"- Solapa "Pilotes"

Pilotes CPT

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de Análisis de pilotes CPT

Metodología de verificación (factor de seguridad, estados límite, NEN 6743, EN 1997-2)

Tipos de análisis:

- EN 1997-2
- NEN 6743
- LCPC (Bustamante)
- Schmertmann

The screenshot shows the 'Nuevas configuraciones' (New configurations) dialog box. The title bar is 'Nuevas configuraciones'. The 'Nombre' field is 'Estándar - Factor de seguridad (2)' and 'Valido para' is 'Todo'. The 'Materiales y estándares' tab is selected. The 'Metodología de verificación' field is empty. The 'Tipos de análisis' dropdown is set to 'Schmertmann'. The 'Factores parciales para resistencias (R)' section has two rows: 'Sobre la base de resistencia' with $\gamma_b = 1,00$ and 'Sobre el eje de resistencia' with $\gamma_s = 1,00$. The 'Coeficientes de reducción' section has one row: 'Para curva carga-asentamiento' with $k = 1,00$. The 'Añadir' and 'Cancelar' buttons are at the bottom right.

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Pilotes CPT"

Micropilotes

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de Micropilotes**

Cálculo de la capacidad portante del tronco

- Método geométrico (Euler)
- Teoría de Salas
- Teoría Véas-Souche

Cálculo de la capacidad portante de la raíz:

- Teoría Lizzi
- Teoría Littlejohn
- Teoría Bowles
- Teoría Zwick
- Teoría Véas
- base en la roca
- Bustamante (SPT, Pressiometer PMT)

Metodología de verificación, factor de seguridad, estados límite)

Las situaciones de diseño se especifican para todas las metodologías de verificación.

The screenshot shows the 'Nuevas configuraciones' (New configurations) dialog box. The title bar is 'Nuevas configuraciones'. The 'Nombre' field is 'Estándar - Factor de seguridad (2)' and 'Valido para' is 'Todo'. The 'Materiales y estándares' tab is selected. The 'De la capacidad portante de la barra' dropdown is set to 'Método geométrico (Euler)'. The 'De la capacidad portante del bulbo' dropdown is set to 'Teoría Lizzi'. The 'Metodología de verificación' dropdown is set to 'Estados límite (LSD)'. The 'Situación de diseño permanente' tab is selected. The 'Coeficiente de reducción de parámetros de suelo' section has six rows: 'De fricción interna' with $\gamma_{mq} = 1,25$, 'De cohesión' with $\gamma_{mc} = 1,40$, 'De fuerza crítica' with $\gamma_{mf} = 1,00$, 'Para mezcla de cemento' with $\gamma_{sc} = 1,50$, 'De refuerzo de acero' with $\gamma_{ss} = 1,50$, and 'De la cap. portante de la base' with $\gamma_r = 1,50$. The 'Añadir' and 'Cancelar' buttons are at the bottom right.

Cuadro "Nueva configuración"- Solapa "Micropilotes"

Grupo de pilotes

Esta solapa sirve para ingresar parámetros de **Análisis de un grupo de pilotes**

- **Análisis de condiciones drenadas:** CSN 73 1002, Tensión efectiva , NAVFAC DM 7.2
- **Efectividad de un grupo de pilotes:** UFC 3-220-01A, La Barré (CSN 73 1002), Seiler-Keeney, entrada de eficiencia
- **Metodología de verificación** (Factor de seguridad, Estados límite, según EN 1997)
- Las **situaciones de diseño** se especifican para todas las metodologías de verificación.

The screenshot shows the 'Nuevas configuraciones' dialog box with the 'Grupo de pilotes' tab selected. The 'Nombre' field is 'Estándar - Factor de seguridad (2)' and 'Valido para' is 'Todo'. The 'Análisis en subsuelo con drenaje' dropdown is set to 'NAVFAC DM 7.2'. The 'Eficiencia del grupo de pilotes' dropdown is set to 'La Barré (CSN 73 1002)'. The 'Metodología de verificación' dropdown is set to 'Estados límite (LSD)'. There is a checkbox for 'El coef. γ_{mq} reduce el ángulo de la tg de fricción interna ϕ ' which is unchecked. Below this, there are four tabs for design situations: 'Situación de diseño permanente', 'Situación de diseño transitoria', 'Situación de diseño accidental', and 'Situación de diseño sísmico'. Under 'Situación de diseño permanente', there are three sections: 'Coeficiente de reducción de parámetros de suelo' with inputs for $\gamma_{mq} = 1,25$, $\gamma_{mc} = 1,40$, and $\gamma_{my} = 1,00$; 'Coeficiente de reducción de capacidad portante' with inputs for $\gamma_s = 1,00$, $\gamma_b = 1,00$, and $\gamma_t = 1,00$. At the bottom right are 'Añadir' and 'Cancelar' buttons.

Cuadro "Nueva configuración" - Solapa "Grupo de Pilotes"

Añadir nueva configuración

El programa contiene un número relativamente alto de **configuraciones básicas** aplicables a los diferentes países y enfoques teóricos. A pesar de esto, es muy probable que la mayoría de los usuarios requieran la modificación de los mismos y la creación de su **propia configuración**.

Una configuración puede ser válida en todos los programas GEO5 o solamente para el programa en ejecución (esto se puede especificar en la ventana de la esquina superior derecha)

Presionando el botón **"Añadir al administrador"** se abre el cuadro de diálogo, el cual muestra la **configuración del programa** actual:

- Si la **"Entrada para la tarea actual"**, se refiere a la configuración actual, la ventana se abre en el módulo pertinente al programa en ejecución.
- Si la configuración actual se selecciona de la **Lista de configuración**, se abre una copia de esta configuración con la misma validez.

Luego de editar y especificar el nombre de la **nueva configuración**, ésta se guarda dentro del **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir"** por lo que puede ser seleccionada luego de la **"Lista de configuración"**.

La configuración definida por el usuario es razonable para crear por ejemplo:

1) Basada en países o estándares

- configuraciones para Bogoto
- configuraciones para Borito
- configuraciones para pro Borito, estructuras puentes

2) Basada en el inversor

- configuraciones para autopistas
- configuraciones para vías de tren
- configuraciones para edificios

3) Basada en el método de análisis

- análisis basado en Mazindrani
- análisis basado en Coulomb.....

4) Individualmente

- mi forma
- la forma de Peter

El objetivo es crear una "[Lista de configuración](#)" tal que el usuario no necesite preocuparse por la forma de ingresar varios tipos de análisis y los coeficientes que acompañan. Las configuraciones creadas pueden ser "[Exportadas](#)" y estar disponibles para otros usuarios. Estas configuraciones serán luego implementadas dentro de las configuraciones pre-definidas, y estarán disponibles para todos los usuarios de los programas GEO5.

Metodología de verificación

El programa permite la verificación de la estructura según las siguientes cuatro metodologías:

- [Verificación según los factores de seguridad](#)
- [Verificación según la teoría de estados límite](#)
- [Verificación según la norma EN 1997](#)
- [Verificación según la norma LRFD](#)
- [Verificación según estándares Chinos](#)

Cálculos específicos (ejemplo: Cálculo de presión, determinación de la capacidad portante de suelo de cimentación) son los mismos para las cuatro metodologías - solo difieren en la forma de ingresar los coeficientes de diseño, combinaciones y procedimiento para la verificación de la seguridad de la estructura.

Análisis según el factor de seguridad

La metodología de verificación basada en el "**factor de seguridad**" es históricamente, el enfoque más antiguo y extensamente utilizado para verificación de seguridad de estructuras. La ventaja principal es la claridad y simplicidad.

En general, la seguridad esta dada por el factor de seguridad:

$$FS = \frac{X_{pas}}{X_{act}} > FS_{req}$$

Donde:	FS	-	Factor de seguridad calculado
	X_{pas}	-	Una variable de resistencia al fallo (fuerza de resistencia, fuerza, capacidad)
	X_{act}	-	Una variable de causa de fallo (fuerza de deslizamiento, tensión)
	FS_{req}	-	Factor de seguridad requerido
	q		

Cuando realizamos el análisis utilizando el "factor de seguridad", ni la carga ni los parámetros de suelo son reducidos por ningún coeficiente de diseño.

Detalles descriptivos para cada programa y tipo de estructura pueden ser encontrados en los siguientes capítulos ([Muro y estructuras de contención](#), [Estabilidad de taludes](#), [Zapata](#), [Pilote](#), [Estabilidad de rocas](#), [Micropilote](#), [Pilote CPT](#), [Grupo de pilotes](#))

Análisis según la teoría de los estados límite

La metodología de verificación basada en la "**teoría de los estados límites**" prueba la seguridad por comparación a la variable de resistencia (fuerza de resistencia, fuerza, capacidad portante) y una variable de causa de error (fuerza de deslizamiento, tensión)

$$X_{pas} > X_{act}$$

Donde:	X_{pas}	-	Una variable de resistencia al fallo (fuerza de resistencia, fuerza, capacidad portante)
	X_{act}	-	una variable de causa de error (fuerza de deslizamiento, tensión)

X_{act} es en general determinada por los parámetros de diseño de suelos y cargas:

- Los parámetros de suelo se reducen por los coeficientes correspondientes
- Las cargas (su acción) se incrementa por los coeficientes correspondientes

X_{pas} se determina en base a las siguientes suposiciones:

- Los parámetros de suelo se reducen por los coeficientes correspondientes
- La resistencia a la estructura calculada se reduce por los coeficientes correspondientes

En general, se puede afirmar que la verificación basada en los "**estados límite**" es más moderna y con un enfoque apropiado en comparación con "**factor de seguridad**". Sin embargo, es menos claro.

Los estándares modernos utilizados para la verificación de la seguridad de la estructura ([EN 1997](#), [LRFD](#)) surgen a partir del concepto de estados límite. Además, introducen varios valores para los coeficientes de factores parciales para cargas que actúan favorable y desfavorablemente.

Detalles descriptivos para cada programa y tipo de estructura pueden ser encontrados en los siguientes capítulos ([Muro y estructuras de contención](#), [Estabilidad de taludes](#), [Zapata](#), [Pilote](#), [Estabilidad de rocas](#), [Micropilote](#), [Pilote CPT](#), [Grupo de pilotes](#))

Análisis según la norma EN 1997

El diseño de una estructura según EN 1997-1 se basa en el análisis de los **estados límite**.

Los **factores parciales**, ajustan los valores característicos para cargas, materiales, resistencias y son ingresados dentro del análisis dependiendo del "**enfoque de diseño**" seleccionado.

Los factores parciales son idénticos para el análisis en cualquier programa, para etapas individuales también es posible elegir una "**Situaciones de diseño**".

Los programas se pueden agrupar en varias categorías basadas en el enfoque del análisis y en el grado de automatización.

- **Análisis de muros, estructuras de soporte** (Muros, Estribos, Muros claveteados)
- **Análisis de estructuras de muros** (diseño de muros pantalla, verificación de muros pantalla, presiones de tierra)
- **Análisis de cimentación** (zapata, pilote)
- **Análisis de estabilidad de taludes**

Los programas GEO5 soportan lossiguientes **anexos nacionales**:

Finlandia, Francia, Polonia, Alemania, Eslovaquia, Austria, Singapur, Dinamarca, Bélgica, Holanda, Reino Unido, Grecia, Hungría, Bulgaria, Eslovenia, Italia, Portugal, Noruega.

El Anexo Nacional deseado se puede seleccionar en la "**Lista de configuración**".

Factores parciales

El cuadro de diálogo "**Configuración**" sirve para ingresar, para el análisis basado en la norma EN 1997, el análisis para factores parciales.

La lista desplegable de "**Enfoque de diseño**" permite seleccionar una de los tres (3) "**enfoques de diseño**". Dependiendo de la selección del enfoque de diseño, el cuadro de diálogo muestra **factores parciales en acción, material o resistencia**, y **coeficientes de combinación** para acciones de carga variables.

La sección de entrada de factores parciales en acción sirve incluso para ingresar factores parciales de reducción de **acción de agua**.

El "**Administrador de configuración**" y la "**Lista de configuración**" contienen un amplio número de configuraciones pre-definidas para países europeos - configuraciones EN 1997 según el **anexo nacional** (AN) seleccionado.

En la mayoría de los países se especifica un solo enfoque de diseño dependiendo de NAD y del programa utilizado (tipo de tarea geotécnica) - muchas configuraciones pre-definidas están disponibles solo para algunos países.

El programa permite ingresar cada set de parámetros cuatro (4) veces- para **situaciones de diseño** individuales. El programa luego toma los coeficientes basados en la situación de diseño configurada en el cuadro "**Configuración de etapa**".

Cuadro "Nueva configuración" - entrada de factores parciales para el análisis basado en EN1997

Enfoques de diseño

EN 1997-1 introduce **enfoques de diseño** en el análisis, que difieren según la aplicación de los factores parciales.

Según EN 1997-1 los factores parciales son generalmente aplicados a las acciones cargadas o a sus efectos, a las propiedades de los suelos de cimentación M , o a la resistencia R o a ambos. El valor de los factores parciales difiere no solo en el **enfoque de diseño** asumido, sino también al tipo de tarea de análisis geotécnicos (estructuras revestidas, pilotes, etc.) El valor de los factores parciales es en general especificado por el Eurocodigo en **Anexos A**, la elección del valor nacional de los factores parciales especifican en **AN**. El programa automáticamente muestra el coeficiente requeridos dependiendo del enfoque de diseño seleccionado o de los parámetros seleccionados en "Configuración"

El hecho de que los **enfoques de diseño** individuales añaden factores parciales en el análisis de diferentes formas (ejemplo: factores parciales en acción sobre una estructura y la resistencia resultante de la estructura o las acciones y parámetros de suelo), es lógico que los resultados atribuidos a esos enfoques de diseño puedan ser considerados diferentes. Si el **Anexo Nacional** no recomienda para una tarea geotécnica dada un **enfoque de diseño**, depende del diseñador seleccionarla o no (y por lo tanto deberá evaluar si los resultados corresponden a la situación analizada).

- **Enfoque de diseño 1** - La verificación se realiza para dos tipos de coeficientes (**Combinación 1** y **Combinación 2**) utilizados en dos cálculos separados. Los coeficientes se aplican a las **acciones de carga y a los parámetros de material**.
- **Enfoque de diseño 2** - Se aplica para factores parciales de **acciones de carga y materia de resistencia** (capacidad portante).
- **Enfoque de diseño 3** - Se aplica para factores parciales de **acciones de carga** y del mismo tipo de material (parámetros de material de suelo).

Nuevas configuraciones

Nombre : Estándar - Factor de seguridad (2) Valido para : Todo

Materiales y estándares | Análisis de muro | Excavaciones | Análisis de estabilidad | Verificación Asiento | Zapata | Pilote | p. < >

Análisis en subsuelo con drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelos sin drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelo rocoso : Enfoque estándar

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 2 - reducción de acciones y resistencias

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

– Factores parciales en acciones (A) –

	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

– Factores parciales para resistencias (R) –

Sobre capacidad portante vertical : $\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]
Sobre resistencia al deslizamiento : $\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]

Añadir Cancelar

Cuadro "Nueva configuración", análisis basado en EN 1997 - Selección de enfoque de diseño

Enfoque de diseño 1

La verificación se lleva a cabo para dos paquetes de coeficientes (**Combinación 1 y Combinación 2**) utilizado en dos análisis separados.

Para **Combinación 1** los factores parciales se aplican solo a las **acciones de carga**, los coeficientes restantes son iguales a 1,0.

Para **Combinación 2** los factores parciales se aplica a **parámetros de materiales. (Parámetros de materiales de suelo) y a las variables de acciones de carga**, los coeficientes restantes son igual a 1,0.

En programas de **Análisis de muros** y **análisis de estabilidad**, el análisis se lleva a cabo para ambas **combinaciones automáticamente** y el resultado se presenta para la **situación más severa**. Descripción detallada de los resultados para ambas combinaciones están disponibles en el protocolo de salida.

Este enfoque no se aplica para el programa "**Verificación de muros pantalla**". La combinación, para el cual el análisis debería llevarse a cabo, debe ser seleccionada en el cuadro de diálogo "**Análisis de presión**".

Los programas "**Zapata**" y "**Pilote**" requieren que se especifique el servicio de carga incluso para el análisis de capacidad portante - El **diseño de carga** luego se adopta con la combinación 1, el servicio de carga con la combinación 2.

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 1 - reducción de acciones y parámetros de suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

– Factores parciales en acciones (A) –

	Combinación 1		Combinación 2	
	Desfavorable	Favorable	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

– Factores parciales para parámetros de suelo (M) –

	Combinación 1	Combinación 2
Factor parcial en fricción interna : $\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Factor parcial en cohesión efectiva : $\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Factor parcial en resistencia al corte sin drenar : $\gamma_{cu} =$	1,00 [-]	1,40 [-]
Sobre fuerza no confinada : $\gamma_v =$	1,00 [-]	1,40 [-]

Entrada de factores parciales para enfoque de diseño 1

Enfoque de diseño 2

El enfoque de diseño 2 aplica para factores parciales en **acciones de carga** y en **material de resistencia** (capacidad portante).

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 2 - reducción de acciones y resistencias

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

– Factores parciales en acciones (A) –

	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

– Factores parciales para resistencias (R) –

Sobre capacidad portante vertical : $\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]
Sobre resistencia al deslizamiento : $\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]

Entrada de factores parciales para enfoque de diseño 2

Enfoque de diseño 3

El enfoque de diseño 3 aplica para factores parciales de **acciones de carga** y para el mismo tipo de **material** (parámetros de material de suelo)

En forma contraria a otros enfoques de diseño este distingue **cargas geotécnicas - Etapa GEO** (acciones de carga causadas por el suelo - ejemplo: presiones de tierras, presión debido a sobrecarga, acción del agua) y a **cargas aplicadas a estructuras - Estado SRT** (el programa considera el peso propio de la estructura, fuerzas introducidas actuando en la estructura, anclajes, geo-refuerzos, mallas voladizas). Un conjunto de coeficientes diferentes, especificados en el cuadro de diálogo "**Factores parciales**", se utiliza para cada tipo de carga. Factores parciales aplicados a las cargas geotécnicas son más pequeños que aquellos aplicados a las cargas de estructuras.

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 3 - reducción de acciones (GEO, STR) y parámetros de suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

– Factores parciales en acciones (A) –

	Etapas STR		Etapas GEO	
	Desfavorable	Favorable	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]

– Factores parciales para parámetros de suelo (M) –

Factor parcial en fricción interna : $\gamma_\phi =$ 1,25 [-]

Factor parcial en cohesión efectiva : $\gamma_c =$ 1,25 [-]

Factor parcial en resistencia al corte sin drenar : $\gamma_{cu} =$ 1,40 [-]

Sobre fuerza no confinada : $\gamma_v =$ 1,40 [-]

Entrada de factores parciales para enfoque de diseño 3

Anexo Nacional (AN)

El **anexo nacional** (AN) ofrece el detalle sobre como aplicar el Eurocódigo a nivel nacional (en países de Europa) y fue publicado en conjunto con ENV para ciertos países.

El anexo nacional por lo tanto determina la elección de ciertos **factores parciales** a nivel nacional y las aplicaciones de **enfoques de diseño** para tareas de geotecnia individuales. Debido al hecho de que el contenido de NA sigue abierto en algunos países miembros, no todos los anexos nacionales se aplican a todos los programas para ciertos países.

Anexos nacionales individuales pueden ser seleccionados desde la configuración pre-definida disponible en el **Administrador de configuración** y en la **lista de configuración**.

Nuevas **configuraciones** pueden ser **creadas** por los usuarios desde aquellas existentes y se puede definir sus **propios Anexos Nacionales**.

Factores Parciales en agua

Los factores parciales en acción de carga ajustan la magnitud de la fuerza debido a la acción del agua; la magnitud de presión de poros respectivamente.

Metodología de verificación : según EN 1997

Enfoque de diseño : 1 - reducción de acciones y parámetros de suelo

Situación de diseño permanente | Situación de diseño transitoria | Situación de diseño accidental | Situación de diseño sísmico

– Factores parciales en acciones (A) –

	Combinación 1		Combinación 2	
	Desfavorable	Favorable	Desfavorable	Favorable
Acciones permanentes : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	
Acciones variables : $\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	
Carga de agua : $\gamma_w =$	1,35 [-]		1,00 [-]	

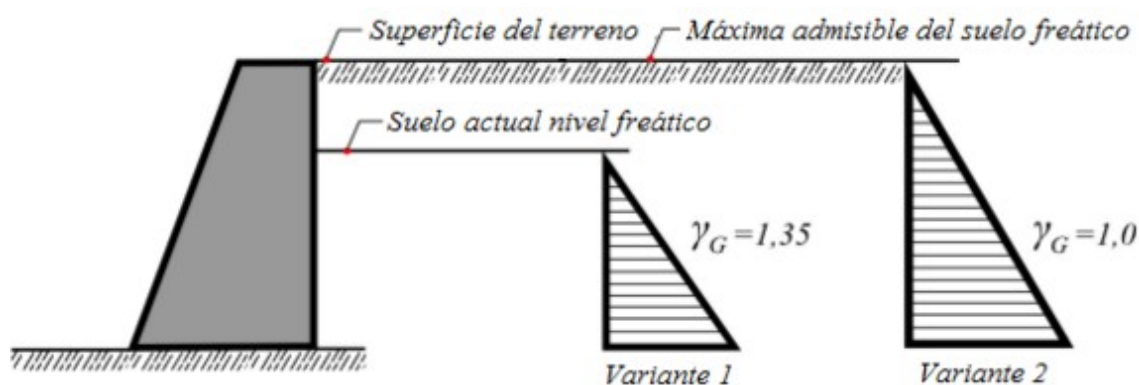
– Factores parciales para parámetros de suelo (M) –

	Combinación 1	Combinación 2
Factor parcial en fricción interna : $\gamma_\phi =$	1,00 [-]	1,25 [-]
Factor parcial en cohesión efectiva : $\gamma_c =$	1,00 [-]	1,25 [-]

Factores parciales aplicados a la acción del agua

Un factor parcial puede ser ingresado en una acción de agua, ya que EN 1997 ofrecer algunas alternativas sobre como contabilizar la influencia del agua. Los dos enfoques básicos son:

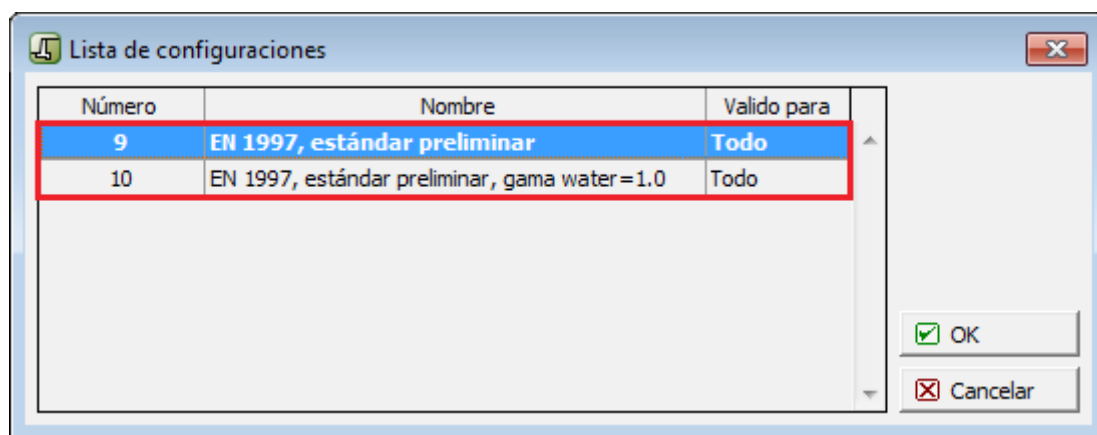
- **Variante 1:** El coeficiente de influencia de agua se configura como 1,3 o 1,35; respectivamente (algunos AN). En este caso el nivel freático actual se considera y su influencia es multiplicada por el factor parcial ingresado.
- **Variante 2:** El coeficiente de agua se configura como 1,0 o en otras palabras la acción del agua no se considera en el análisis. En este caso se debe considerar el máximo permitido de nivel freático.



Factor parcial en agua

La selección de una opción particular para la verificación depende del usuario.

Si el usuario adopta ambas opciones, se recomienda introducir dos configuraciones en el "Administrador de configuración", el cual difiere por la magnitud del coeficiente γ_w .



Lista de configuración - pre-configuración para ambas variantes de factores parciales en acción de agua

Análisis de muros (estructuras de soporte)

El análisis basado en la norma EN 1997 introduce diferentes factores parciales según el enfoque de diseño (ED) seleccionado.

Al diseñar una estructura según EN 1997-1 se sigue de manera esencial el análisis de estados límite.

Reducción de carga (DA1, DA2, DA3):

Todos los **enfoques de diseño** consideran factores parciales de reducción de carga. Estos son utilizados para multiplicar todas las fuerzas ingresadas, en el análisis. Para verificaciones actuales de modos de fallas individuales, el programa determina si la **fuerza o presión actúa favorable o desfavorablemente**. Dependiendo de esto, estas acciones son luego multiplicadas por el factor parcial correspondiente. La información relacionada con la aplicación de factores parciales se encuentra en el protocolo de análisis.

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. Z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. X [m]	Coef. vuelco	Coef. deslizam.	Coef. tensión
Peso - Muro	0.00	-2.11	116.40	1.36	1.000	1.000	1.000
Resistencia	-1.40	-0.17	0.69	0.05	1.000	1.000	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.20	0.00	0.70	1.000	1.000	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-0.87	1.56	2.10	1.000	1.000	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.77	17.10	1.24	1.000	1.000	1.000
Presión activa	86.50	-1.46	49.45	2.19	1.000	1.000	1.000

Protocolo de Análisis

El cuadro de verificación permite por definición "**Acciones variables secundarias**" - Los correspondientes factores parciales son luego multiplicados por los coeficientes de **combinación de carga**.

Cuando se analizan estructuras de soporte, la acción del agua y por lo tanto también la determinación del **factor parcial de agua** correspondiente se vuelven de mucha importancia.

Reducción de material (DA1, DA3):

Los parámetros de suelo son automáticamente reducidos por el factor parcial correspondiente.

Reducción de resistencia (DA2):

Las correspondientes magnitudes de fuerzas de resistencia, momentos y capacidades portantes son reducidas

Cuando se desarrolla el análisis según el **enfoque de diseño 1**, todas las verificaciones se llevan a cabo dos veces por ambas combinaciones de carga. Para un estado límite dado el diseño de tensión mas alto se muestra en el escritorio.

Análisis de estructura pantalla

En **análisis basado en la norma EN 1997** introduce diferentes **factores parciales** según el **enfoque de diseño** (ED) seleccionado

Al diseñar una estructura según EN 1997-1 se sigue de manera esencial el análisis de **estados límite**.

Reducción de carga (DA1, DA2, DA3):

En los programas donde se consideran para el análisis presiones de tierra generales (**Presiones de tierra, diseño de muros pantalla, verificación de muros pantalla**) los factores parciales se utilizan para multiplicar singularmente componentes de presión actuando en la estructura.

Las suposiciones básicas del análisis es que la **presión de tierra activa** actúa de manera **desfavorable** mientras la **presión de tierra pasiva** es considerada como **favorable**. Diagramas de presiones individuales son por lo tanto multiplicados por el factor parcial correspondiente.

Reducción de material (DA1, DA3):

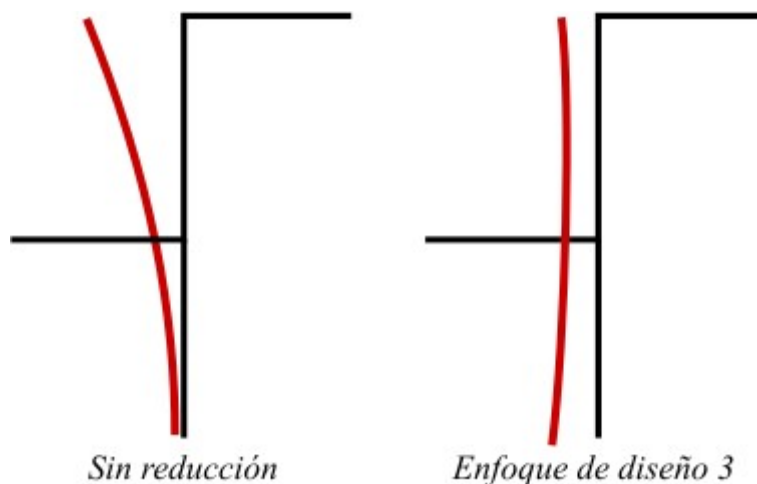
Los parámetros de suelo son automáticamente reducidos por los factores parciales correspondientes.

Reducción de resistencia (DA2): Se considerada.

DA1, - Combinación 2 y DA3 aumenta **la magnitud de la presión activa y reduce la magnitud de la presión pasiva.**

Mientras que DA1 - Combinación 1 solo **aumenta la magnitud de la presión activa.**

Este enfoque puede por lo tanto **cambiar en algunos casos el comportamiento de la estructura** y dar **resultados dudosos**. Por lo que se debe tener precaución cuando se reducen los parámetros ingresados.



Respuesta de la estructura laminada durante la descarga

Análisis de cimentación (zapata, pilotes)

En **análisis basado en la norma EN 1997** introduce diferentes **factores parciales** según el **enfoque de diseño** (ED) seleccionado

Al diseñar una estructura según EN 1997-1 se sigue de manera esencial el análisis de **estados límite**.

Reducción de carga (DA1, DA2, DA3):

La carga de cimentación se toma como un resultado del análisis de la estructura superior.

- los casos de carga están determinados según las normas dadas por EN 1990:2002
- las combinaciones de casos de carga son calculadas según EN 1991

El resultado de las combinaciones calculadas sirve como entrada en los programas "**Zapata**" y "**Pilote**".

Tanto, el **diseño** (análisis de capacidad portante, dimensionamiento de cimentación) o el **servicio de carga** (análisis de cimentación) son considerados. En el **enfoque de diseño 1**, el análisis se lleva a cabo tanto para el diseño de carga ingresado (combinación 1) y el servicio de carga ingresado (combinación 2).

Solo la el **propio peso de la estructura** o el **peso del suelo debajo de la zapata** es multiplicado por los factores parciales del programa. El **diseño de carga** específico debe ser determinado en conjunto con los estándares **EN 1990 y EN 1991** - Componentes individuales

de carga deben ser multiplicados por los factores parciales correspondientes - **El programa no cambia la carga ingresada.**

Reducción de material (DA1, DA3):

Los parámetros de suelo son reducidos automáticamente por los factores parciales correspondientes.

Reducción de carga (DA2), para pilotes (DA1, DA2, DA3):

El programa "**Pilote**" asume factores parciales dependiendo del tipo de pilote (**perforados, hincados, CFA**). La ventana sirve para definir los factores parciales. El análisis luego adopta factores parciales dependientes del tipo de pilotes seleccionado en el cuadro "**Geometría**". La verificación de la **tensión del pilote** siempre considera el propio peso del pilote. Para el **pilote compresivo** el propio peso puede ser ignorado dependiendo de la configuración en el cuadro "**Carga**". El **análisis de verificación** actual se lleva a cabo según la teoría de los estados límites.

La capacidad portante vertical y horizontal de los cimientos se reducen en el programa "**Zapata**".

Análisis Estabilidad de taludes

En **análisis basado en la norma EN 1997** introduce diferentes **factores parciales** según el **enfoque de diseño** (ED) seleccionado.

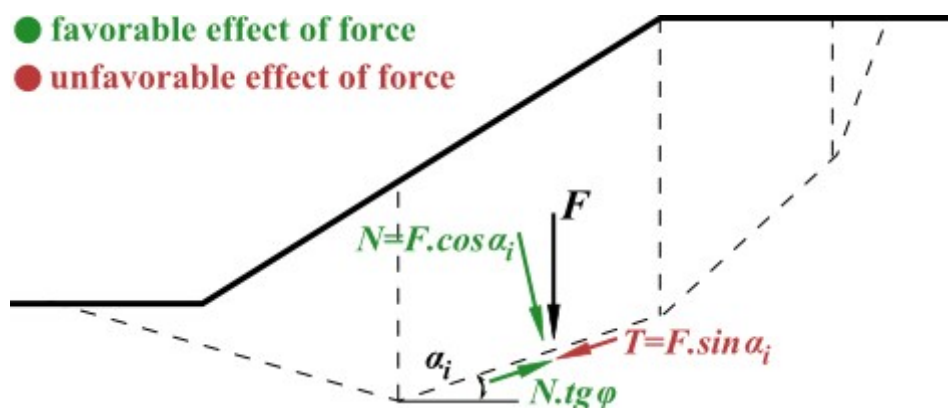
Al diseñar una estructura según EN 1997-1 se sigue de manera esencial el análisis de **estados límite**.

Reducción de carga (DA1, DA2, DA3):

Las cargas actuando en una franja se reducen en el análisis por los factores parciales. Dependiendo de la inclinación de la superficie de deslizamiento, el programa evalúa si la **fuerza de gravedad** actuando en un bloque dado, es favorable o no.

Si el efecto de la fuerza favorable es mayor que el la fuerza desfavorable, el programa adopta un coeficiente favorable. Con esa base, el peso del bloque W se pre-multiplica por el factor parcial de la carga permanente.

La **influencia del agua** se reduce por el **factor parcial**, el cual multiplica el resultado de **presión de poros** y las fuerzas debido al agua no confinada sobre el terreno



Determina si la fuerza de acción es favorable o no

Para sobrecargas ingresadas, el programa primero evalúa si ésta actúa favorablemente o no,

luego pre-multiplica la **carga general** por el factor parcial correspondiente.

Reducción de material (DA1, DA3):

Los parámetros de suelo son reducidos automáticamente por los factores parciales correspondientes.

Reducción de resistencia (DA2):

Reducción de la resistencia en una superficie de deslizamiento.

¡ CUIDADO !! El cálculo de la estabilidad de taludes según DA2 DA1 (comb. 1)

utilizando los parámetros totales da resultados irreales. Los cuales son causados por diferentes reducciones del propio peso masivo. (favorable o desfavorable). En el caso de utilizar el enfoque antes mencionado **se recomienda un cambio manual de los factores parciales de reducción.** (Es decir: aumentar el factor parcial de la estabilidad general y disminuir los factores parciales en acción).

Combinación de carga

Las acciones de carga que actúan simultáneamente son introducidas dentro del análisis con la ayuda de combinaciones de carga definidas en **EN 1990 Base de diseño estructural**. La mayoría de las cargas son consideradas como permanentes. Las sobrecargas y fuerzas introducidas pueden ser especificadas como variables de cargas. El programa automáticamente determina el valor de factores parciales individuales dependiendo de si la carga dada actúa favorablemente o no.

Por defecto la carga variable es considerada como **primaria**. No obstante, el cuadro "**Verificación**" y "**Dimensionado**" permiten especificar la carga variable como **secundaria** - como una carga es luego pre-multiplicada por el coeficiente correspondiente reduciendo su magnitud. Determinando que todas las cargas son consideradas en la combinación básica como secundarias el programa muestra una ventana de advertencia y la verificación no es aceptada.

Cuatro tipos de combinaciones pueden ser especificadas en el cuadro "**Configuración de etapa**":

Situaciones de diseños permanentes y temporarios

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{G,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Donde:
- $G_{k,j}$ -Valores característicos de carga permanente j -th
 - $\gamma_{G,j}$ -Factor parcial de carga permanente j -th
 - $Q_{k,i}$ -Valores característicos de carga variable secundaria i -th
 - $Q_{k,1}$ -Valores característicos de carga variable primaria
 - $\gamma_{Q,i}$ -Factor parcial de carga variable i -th
 - ψ_0 -Factor para valor cuasi-permanente de carga variable

Situaciones de diseño extremas

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \psi_{1,i} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

- $G_{k,j}$ - Valores característicos de carga permanente j -th
- $Q_{k,1}$ - Valores característicos de carga variable primaria
- ψ_1 - Factor de valor frecuente de carga variable
- ψ_2 - Factor de valor combinación de carga variable
- A_d - Valor de diseño de carga extrema

Situaciones de diseño sísmicos

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}$ -Valores característicos de carga permanente j -th
- $Q_{k,i}$ -Valores característicos de carga variable secundaria j -th
- $\psi_{2,i}$ -Factor para valor cuasi-permanente de carga variable
- A_{Ed} -Valor de diseño de carga sísmica

La **carga de factores parciales** y los **coeficientes de combinación** son introducidos en el cuadro de diálogo "Factores parciales".

Nº de fuerza	Fuerza	Fx [kN/m]	Fz [kN/m]	Punto de aplicación		Menor carga
				x [m]	z [m]	
1	Peso - Muro	0.00	116.40	1.36	-2.11	
2	Resistencia	1.20	0.69	0.05	-0.17	
3	Peso - cuña de tierra	0.00	0.00	0.70	-5.20	
4	Peso - cuña de tierra	0.00	1.56	2.10	-0.87	
5	Peso - cuña de tierra	0.00	17.10	1.24	-4.77	
6	Presión activa	-65.46	45.95	2.19	-1.36	
7	Fuerza N° 1	15.00	0.00	1.20	-4.70	✓

Entrada de cargas secundarias

Análisis según LRFD

Cuando se realiza el análisis según la norma LRFD (**Diseño por Factor de Carga y Resistencia**) se sigue la teoría de **estados límite**.

El análisis según LRFD introduce dos tipos de coeficientes de diseño:

- Coeficientes modificando la magnitud de la carga (**Factores de carga**)
- Coeficiente de reducción de resistencia del suelo (**Factores de resistencia**).

LRFD se implementa en el programa para realizar:

- Análisis de muros (estructuras de contención)
- Análisis de cimentaciones

- El análisis de estabilidad de taludes

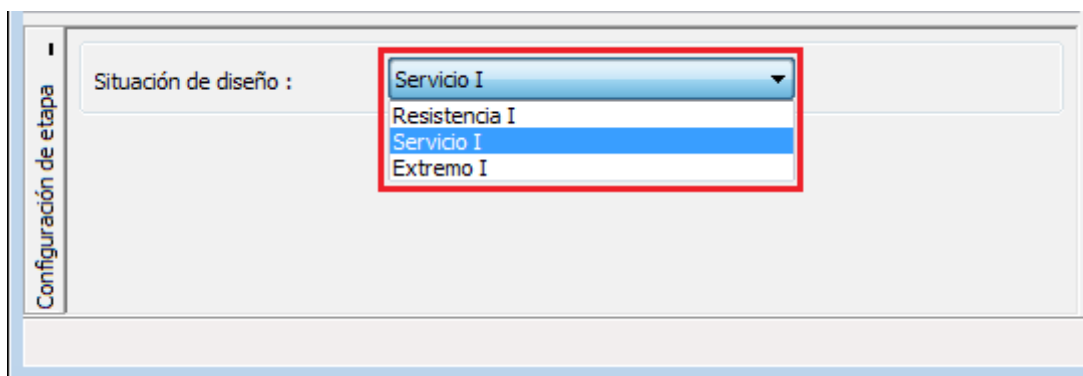
LRFD introduce nuevos tipos de **situaciones de diseño** (Fuerza I, Servicio I, Extreme I).

LRFD - Situaciones de diseño

Para el análisis de las **estructuras de soporte (muros)**, **cimentaciones** y **estabilidad de taludes** el **LRFD 2012** introduce las siguientes situaciones de diseño:

- **Resistencia I:** La situación básica de diseño que reduce la resistencia de la estructura y la magnitud de la carga.
- **Servicio I:** Esta situación se asume para el diseño de la mayoría de los casos los factores parciales son igual a $1,0$ (**carga, reducción de la resistencia**).
- **Extremo I:** Esta situación se asume para el diseño donde en la mayoría de los casos, los factores parciales de reducción de resistencia son igual a $1,0$.

El tipo de situación de diseño selecciona en el cuadro "**Configuración de etapa**". Los valores de los factores parciales (**carga, reducción de resistencia**) se pueden modificar en el cuadro "**Configuración**".



LRFD - Selección de situación de diseño

Editar la configuración actual : Zapata

Materiales y estándares Verificación Asiento Zapata

Análisis en subsuelo con drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelos sin drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelo rocoso : Enfoque estándar

Análisis de elevación : Estándar

Metodología de verificación : según LRFD 2012

Resistencia I Servicio I Extremo I

Factores de carga

		Mínimo		Máximo	
Carga muerta de los componentes estructurales :	DC =	0,90	[-]	1,25	[-]
Presión vertical de relleno de tierra :	EV =	0,90	[-]	1,30	[-]

Factores de resistencia

Factor de resistencia en capacidad portante :	ϕ_b =	0,45	[-]
Factor de resistencia en deslizante :	ϕ_t =	0,80	[-]
Factor de resistencia en presión pasiva :	ϕ_{ep} =	0,50	[-]
Factor de resistencia en elevación :	ϕ_{UP} =	0,80	[-]

OK Cancelar

Análisis basado en LRFD - Entrada de factores parciales

LRFD - Análisis de muros (estructuras de soporte)

El **Análisis según LRFD** introduce dos tipos de coeficientes de diseño - coeficientes modificadores de la magnitud de la carga (**factor de carga**) y los coeficientes de reducción de la resistencia del suelo (**factores de resistencia**). Estos coeficientes se ingresan en el análisis según la **situación de diseño** seleccionada.

Al evaluar los casos individuales de fallo, el programa determina, si la **fuerza o la presión actúa favorable o desfavorablemente**. Entonces se multiplica por el factor parcial correspondiente.

Al realizar la verificación final de la resistencia global de la estructura contra el fallo se multiplica por el factor de resistencia correspondiente.

Editar la configuración actual : Muro en voladizo

Materiales y estándares **Análisis de muro**

Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb
 Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Caquot-Kerisel
 Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
 Forma de la cuña de la tierra : Calcular oblicuo
 Clave base : Considerada como una base de zapata inclinada

Metodología de verificación : según LRFD 2012

Resistencia I Servicio I Extremo I

Factores de carga

		Mínimo	Máximo
Carga muerta de los componentes estructurales :	DC =	0,90 [-]	1,25 [-]
Carga muerta de la superficie de rodadura :	DW =	0,65 [-]	1,50 [-]
Presión de tierra - activa :	EH _A =	0,90 [-]	1,50 [-]
Presión de tierra - en reposo :	EH _R =	0,90 [-]	1,35 [-]
Carga de sobrecarga de tierra (permanente) :	ES =	0,75 [-]	1,50 [-]
Presión vertical de relleno de tierra :	EV =	1,00 [-]	1,35 [-]
Sobrecarga viva :	LL =	0,00 [-]	1,75 [-]
Carga de agua :	WA =	1,00 [-]	1,00 [-]

Factores de resistencia

Factor de resistencia en vuelco :	ϕ_o =	0,90 [-]
Factor de resistencia en deslizamiento :	ϕ_t =	0,80 [-]
Factor de resistencia en capacidad portante :	ϕ_b =	0,55 [-]
Factor de resistencia en presión pasiva :	ϕ_{VE} =	0,75 [-]

Cambiar la configuración de análisis para el programa :

Análisis basado en LRFD - Entrada de los coeficientes parciales para el análisis del muro

Para las estructuras de soporte (muros) la información sobre los factores de diseño aplicados, están dentro del protocolo de análisis.

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F _{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F _{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Coef. vuelco	Coef. deslizam.	Coef. tensión
Peso - Muro	0,00	-1,34	104,88	1,80	0,900	0,900	1,250
Resistencia del frente	-1,22	-0,17	0,00	0,00	0,900	0,900	0,900
Peso - cuña de tierra	0,00	-2,00	99,17	2,44	1,000	1,000	1,350
Empuje activo	84,30	-1,65	118,67	3,26	0,900	1,500	1,500
Sila číslo: 1	30,00	-5,80	0,00	1,50	1,500	1,500	1,500

Protocolo de análisis

LRFD 2012 - Análisis de cimentaciones

El **Análisis según LRFD** introduce dos tipos de coeficientes de diseño - coeficientes modificadores de la magnitud de la carga (**factor de carga**) y los coeficientes de reducción de

la resistencia del suelo (**factores de resistencia**). Estos coeficientes se ingresan en el análisis según la **situación de diseño** seleccionada.

Los factores parciales para carga se utilizan para multiplicar el **peso unitario de la cimentación** y el **peso del suelo sobre la cimentación (sobrecarga)**. Los componentes individuales de carga deben ser **multiplicados** por los correspondientes factores parciales - El programa no modifica la carga introducida.

Al realizar la verificación final de la resistencia global de la estructura contra el fallo se multiplica por el factor de resistencia correspondiente.

Editar la configuración actual : Zapata

Materiales y estándares | Verificación Asiento | Zapata

Análisis en subsuelo con drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelos sin drenaje : Enfoque estándar

Análisis en subsuelo rocoso : Enfoque estándar

Análisis de elevación : Estándar

Metodología de verificación : según LRFD 2012

Resistencia I | Servicio I | Extremo I

Factores de carga

		Mínimo		Máximo	
Carga muerta de los componentes estructurales :	DC =	0,90	[-]	1,25	[-]
Presión vertical de relleno de tierra :	EV =	0,90	[-]	1,30	[-]

Factores de resistencia

Factor de resistencia en capacidad portante :	ϕ_b =	0,45	[-]
Factor de resistencia en deslizante :	ϕ_t =	0,80	[-]
Factor de resistencia en presión pasiva :	ϕ_{ep} =	0,50	[-]
Factor de resistencia en elevación :	ϕ_{UP} =	0,80	[-]

OK Cancelar

Análisis basado en LRFD - Entrada de los coeficientes parciales para cimentaciones

LRFD 2012 - Análisis para estabilidad de taludes

El **Análisis según LRFD** introduce dos tipos de coeficientes de diseño - coeficientes modificadores de la magnitud de la carga (**factor de carga**) y los coeficientes de reducción de la resistencia del suelo (**factores de resistencia**). Estos coeficientes se ingresan en el análisis según la **situación de diseño** seleccionada.

Las cargas introducidas se verifican, para determinar si actúan favorable o desfavorablemente. La **magnitud de sobrecarga** se multiplica por el factor parcial correspondiente para la carga (**ES** o **LL**, respectivamente).

Reducción de Resistencia (Factores de Resistencia):

La resistencia global en la superficie de deslizamiento se reduce por el factor parcial ϕ_{SS} . La siguiente condición debe ser satisfechas en la superficie de deslizamiento al realizar la evaluación de la seguridad:

$$\phi_{SS} F_{pas} \geq F_{act}$$

Donde:

- ϕ_{SS} - factor de resistencia en la estabilidad
- F_{pas} - fuerzas resistentes (pasivas) que actúan sobre la superficie de deslizamiento
- F_{act} - fuerzas activas que actúan sobre la superficie de deslizamiento

Análisis basado en LRFD - Analiza la entrada de los coeficientes parciales para la estabilidad

Análisis según los estándares Chinos

GEO5 programs allow to perform various analyses based on the methodologies provided by Chinese standards.

Geotechnical analyses are verified using the **safety factor**. Neither calculated forces or soil parameters are reduced by any coefficient.

Dimensioning of steel-reinforced concrete and masonry structures follows the GB 50153-2008 or JTS D30-2004 standards. In this case, each force entering a combinations is pre-multiplied by the corresponding coefficient.

Another coefficient influencing the dimensioning is the **Coefficient of structure importance** (GB 50153-2008, 8.2.2-1) to be specified in the "**Settings**" frame when performing the structure verification according to GB 50010-2010.

Earthquake analysis and seismic combination analysis according to GB 50010-2010 further exploit **Seismic coefficients of strength** (GB 50011-2010), which increase the calculated bearing capacity of a cross-section. These coefficients are specified in the "**Settings**" frame in the "**Materials and standards**" tab.

Analysis of **sheeting structures** follows to **JGJ 120-2012** standard (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations). This is eg. a **determination of modulus of subsoil reaction**.

Situaciones de diseño

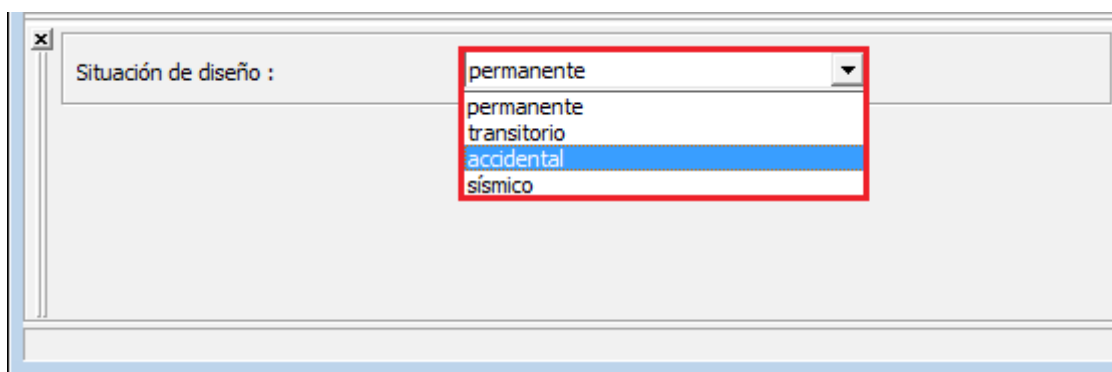
El programa permite definir cuatro situaciones de diseño, que difieren por el coeficiente de análisis. Estas son:

- **Situación de diseño permanente:** La situación y tipo de verificación mas común, se asume cuando se proporciona el diseño seguro para una estructura con tiempo de vida útil supuesto.
- **Situación de diseño permanente:** Puede utilizarse para estructuras temporales (etapas de construcción). Típicamente se requiere una seguridad mas baja en comparación con la situación de diseño permanente.
- **Situación de diseño accidental:** Adoptada para cargas extraordinarias (ejemplo: explosiones, impacto de vehículo, inundación, fuego, etc.) El valor de los factores parciales son típicamente iguales a uno.
- **Situación de diseño sísmico:** Aplica para el análisis de sismos. Podría parecer similar a la situación de diseño accidental, pero para sismos a veces se requiere un valor de seguridad más alto. En algunos países la seguridad requerida es incluso igual a la situación de diseño permanente.

LRFD introduce nuevos tipos de **situaciones de diseño** (**Fuerza I, Servicio I, Extremo I**).

Los coeficientes de seguridad y los factores parciales son especificados en la **configuración de análisis**.

La situación de diseño correspondiente para una etapa de construcción se selecciona en el cuadro **"Configuración de etapa"**



Selección de situación de diseño

Programas Individuales

Este capítulo contiene una descripción básica de las distintas opciones de introducción de datos en el programa:

- Presiones de tierra
- Muro en voladizo
- Muro de gravedad
- Muro prefabricado
- Muro de mampostería
- Gavión

- Estribo
- Muro claveteado
- Muro RediRock
- Diseño de muros pantalla
- Verificación de muros pantalla
- Pilote Anti-Deslizante
- Excavación en pozo
- Estabilidad de taludes
- Estabilidad de rocas
- Muro de suelo reforzado
- Zapata
- Zapata por CPT
- Pilote
- Pilote por CPT
- Grupo de pilote
- Micropilote
- Losa
- Viga
- Asientos
- Asientos con excavaciones
- Terreno
- Estratigrafía
- MEF (and modules Consolidación, Flujo de agua, Túneles)

Programa Presiones de Tierra

El programa calcula las presiones de tierras básicas (presión activa, presión pasiva y en reposo) que actúan sobre una estructura arbitrariamente curvada.

La ayuda en el programa "Presiones de Tierra" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Perfil	Suelos	Asignar
Terreno	Agua	Sobrecarga	Sismo	Configuración de etapas	Análisis

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "**Presiones de Tierra**":

Tensión en el cuerpo del suelo

Presiones de tierra

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos y especificar la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

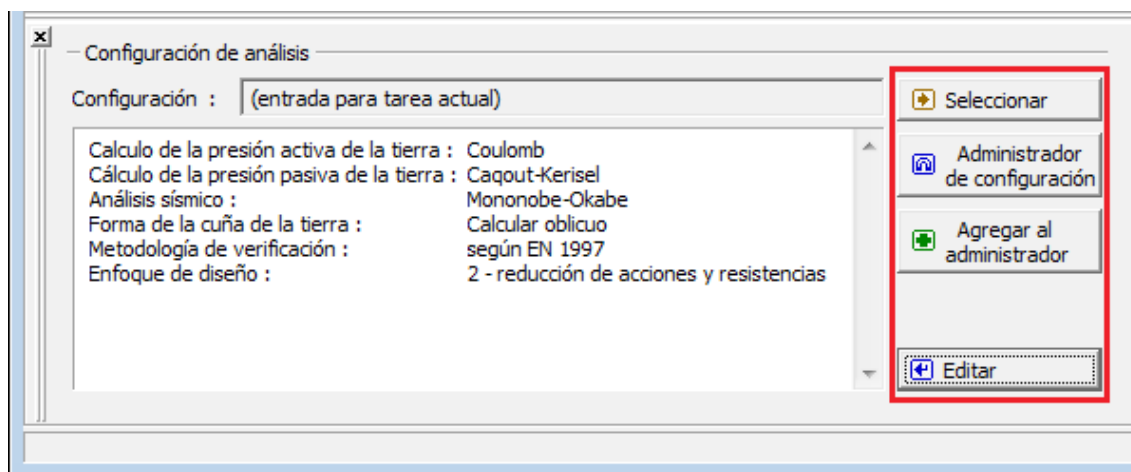
El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración

seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Presiones de tierra**".



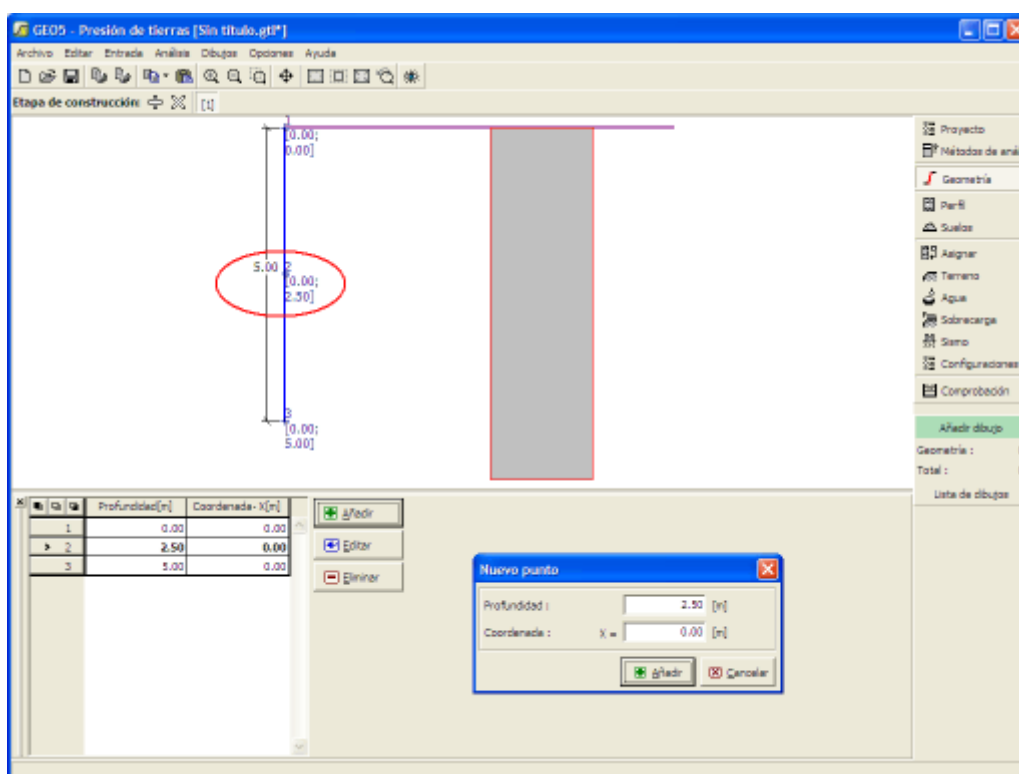
Cuadro "Configuración"

Geometría

El cuadro "**Geometría**" contiene una **tabla** con un listado de puntos de la estructura. Para **añadir** (editar) puntos se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo punto"**.

Los puntos geométricos existentes pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos** - haciendo doble click en el punto seleccionado, se abre un cuadro de diálogo para editar el punto.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en formato *.DXF



Cuadro "Geometría"

Perfil

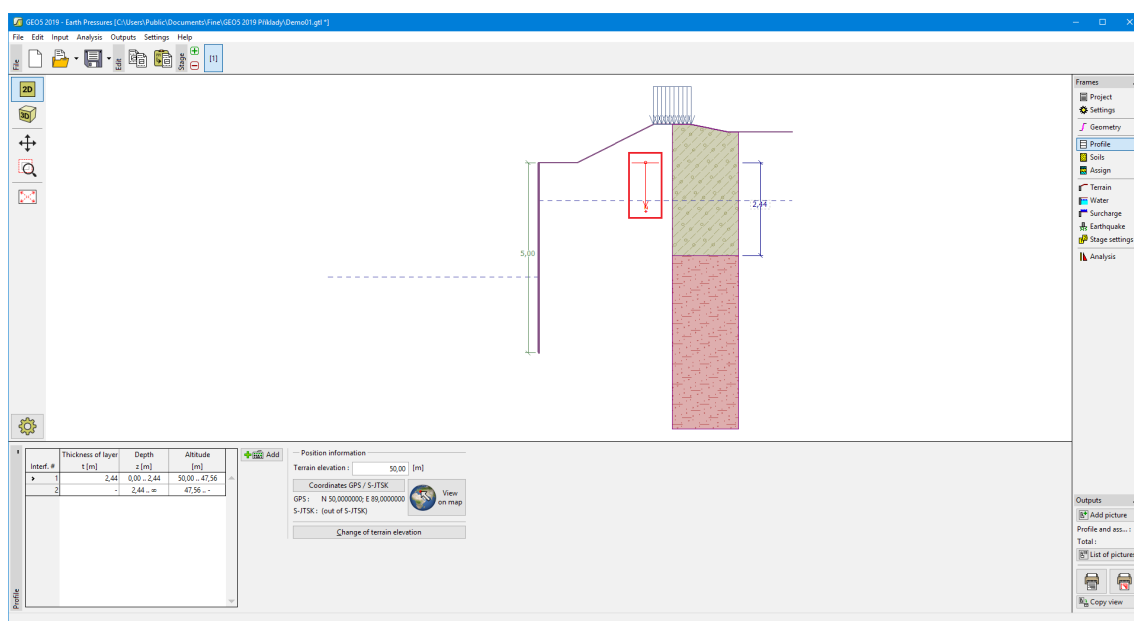
El cuadro **"Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** o **"Estratigrafía"**.



Cuadro "Perfil"

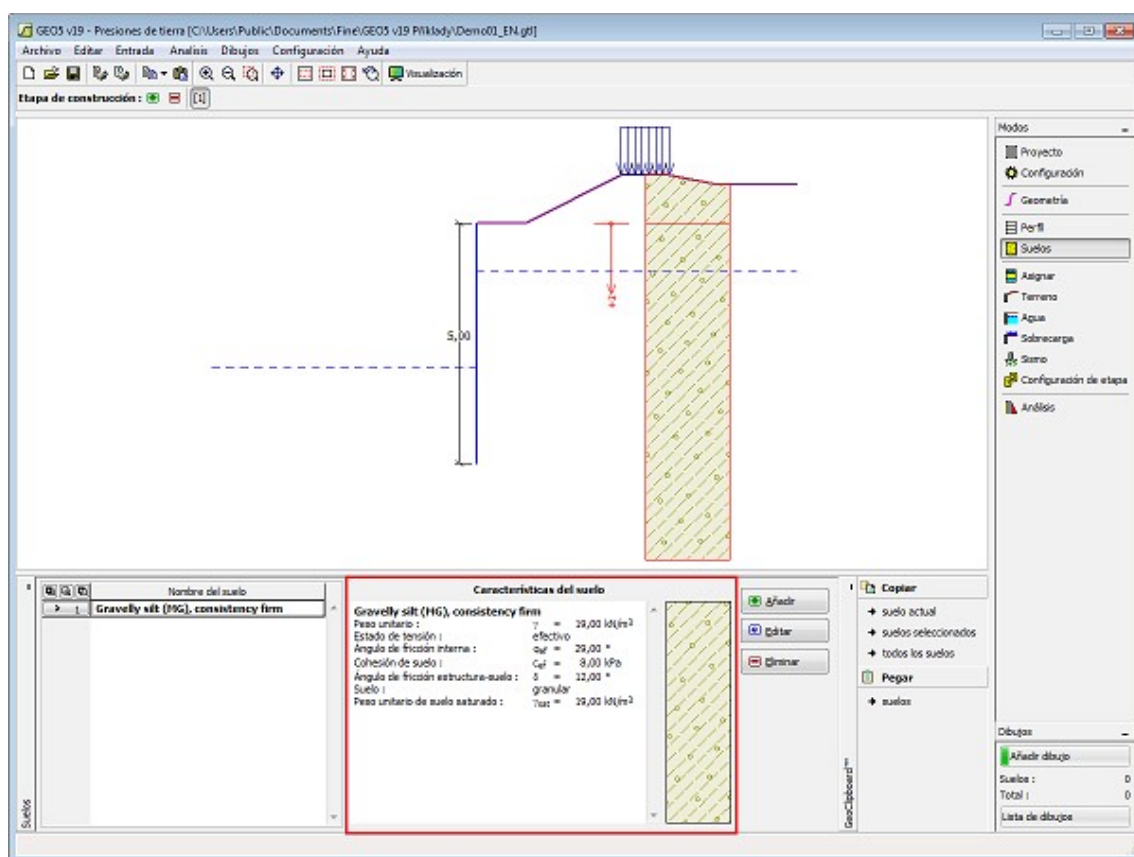
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierra](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre : Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$

Presión en reposo

Suelo :

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama

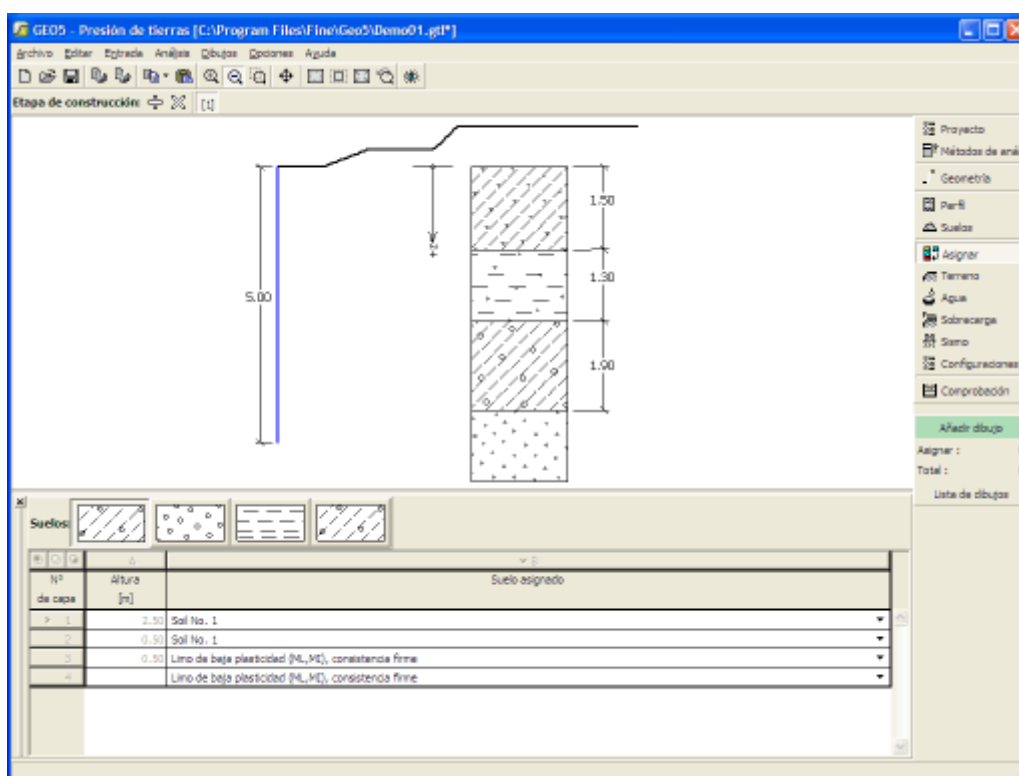
Clasificación

Cuadro "Añadir nuevos suelos"- "Datos Básicos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en **herencia**.



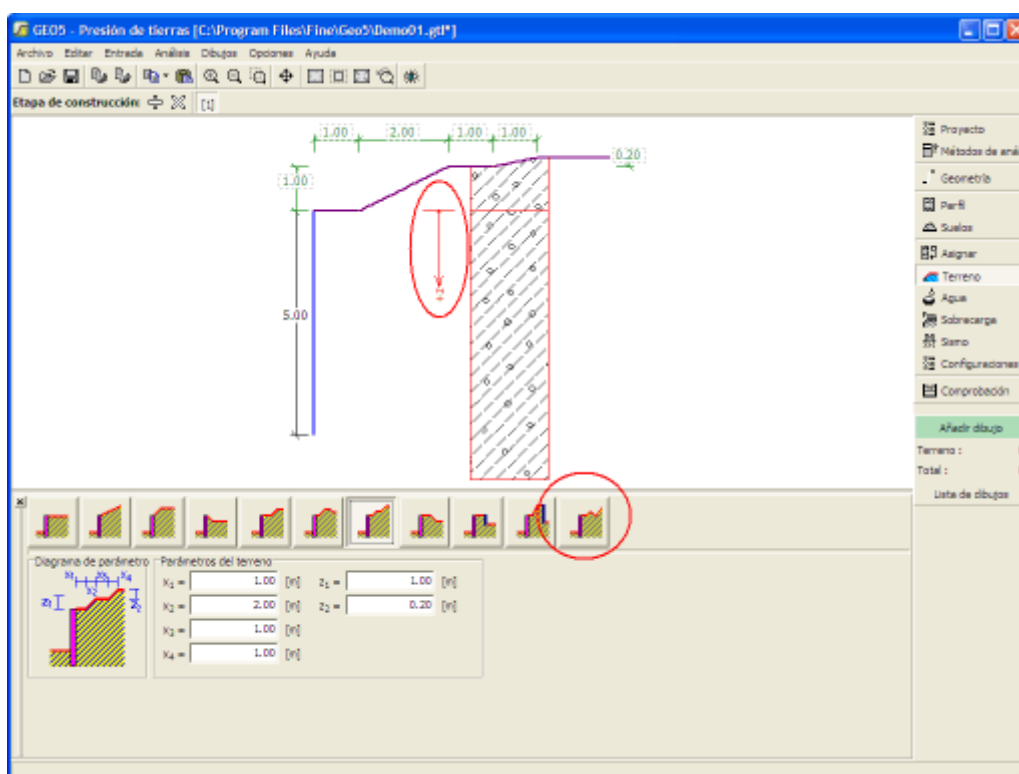
Cuadro "Asignar"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

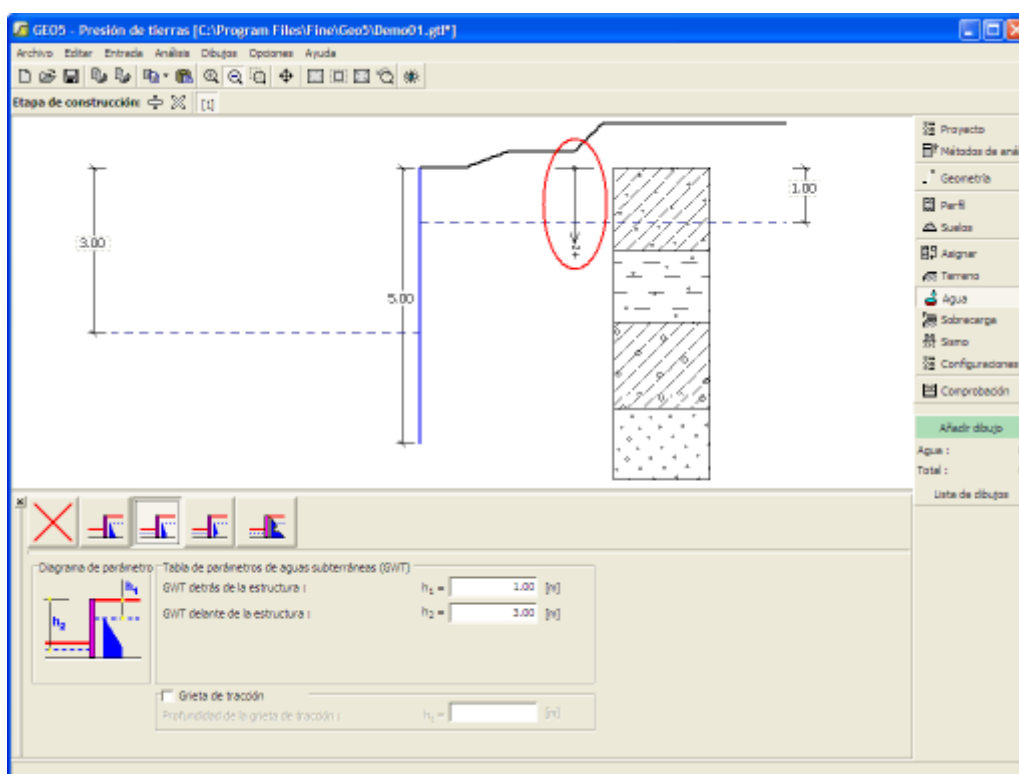
El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica (**"Diagrama de Parámetros"**) de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad " z " (eje - z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

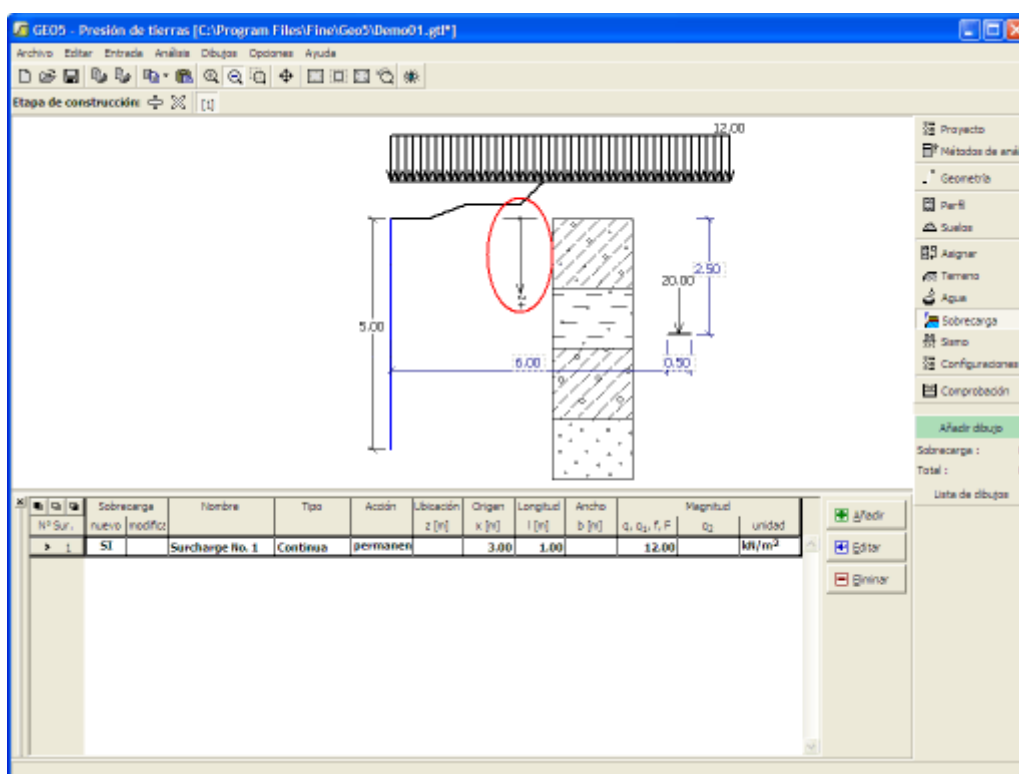
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. Si se añade una sobrecarga fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



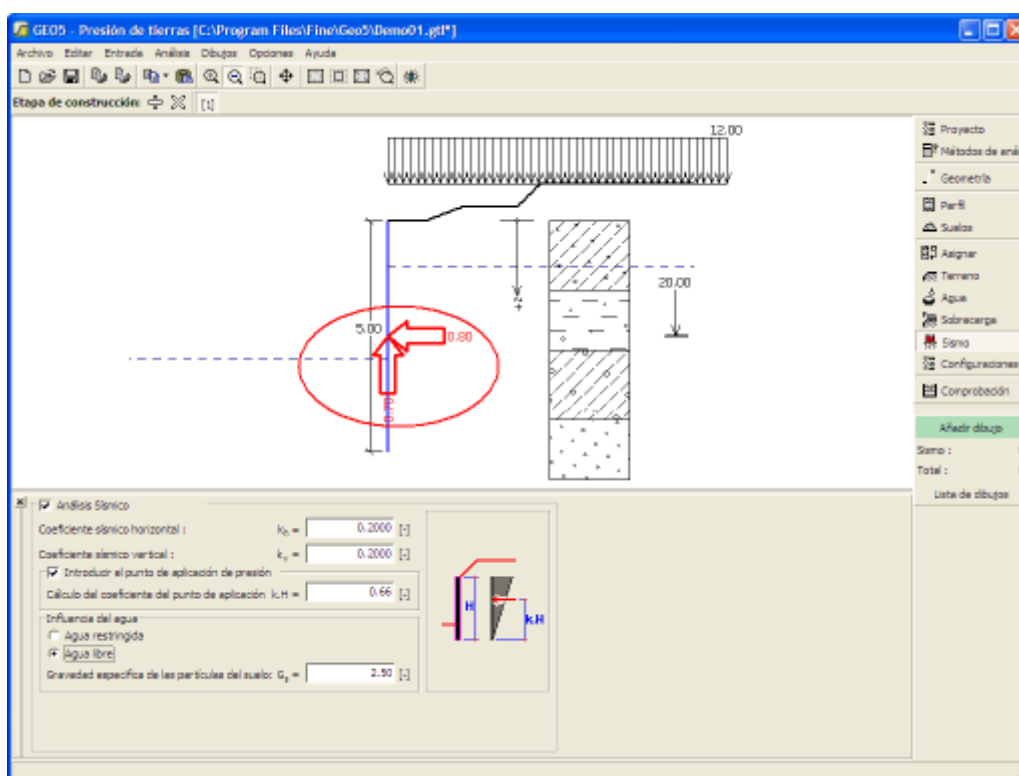
Cuadro "Sobrecarga"

Sismo

El cuadro "**Sismo**" sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras con cálculo de sismo, se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia de sismo**".



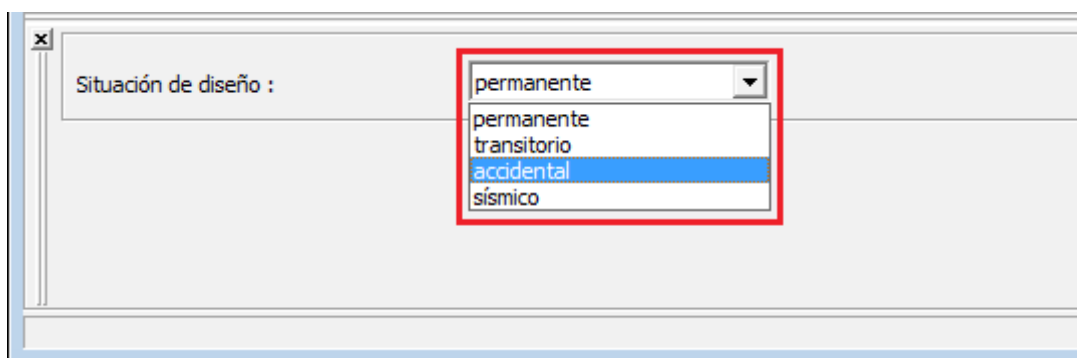
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El **cuadro "Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

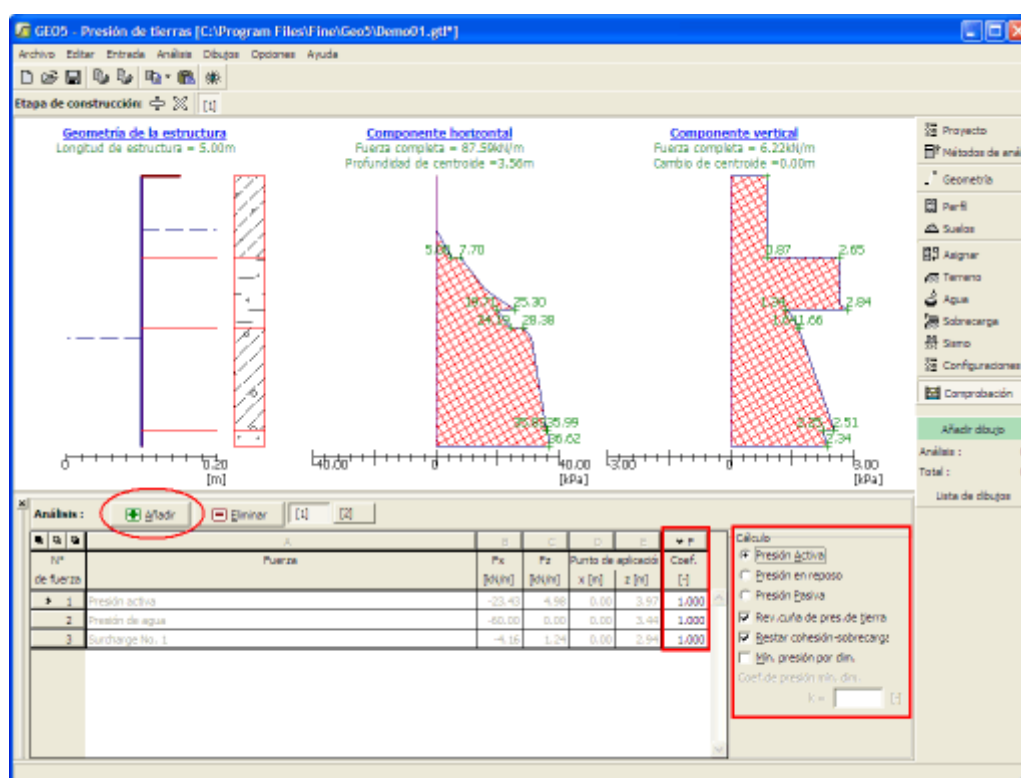
El **cuadro "Análisis"** muestra el resultado del análisis. **Distintos cálculos** pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según el **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección "**Combinación de cargas**". El análisis se lleva a cabo según "**Enfoque de diseño 1**", es necesario introducir el número de combinación en la parte derecha de la ventana.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cuadro sirve para seleccionar el tipo de cálculo de presión de tierras (**presión activa**, **presión en reposo**, **presión pasiva**). Cuando se calcula la presión activa de la tierra están disponibles tres opciones: "**Crear cuña de presión de tierra**"; "**Restar cohesión-sobrecarga**"; "**Presión mínima por dimensionamiento**" están disponibles cuando se calcula la presión activa de la tierra.

El resultado del análisis se muestra en el escritorio y se actualiza inmediatamente cuando ocurre un cambio arbitrario en los datos introducidos o en la configuración. La visualización de los resultados puede ser ajustada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Análisis"

Programa Muro en Voladizo

El programa se utiliza para verificar diseño de muros en voladizo. Ofrece distintas formas de muros y verifica secciones representativas de hormigón armado.

La ayuda en el programa "Muro en Voladizo" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Material	Perfil	Suelos	Asignar
Cimentación	Relleno	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas
Sismo	Base de anclajes	Configuración de etapas	Verificación	Capacidad portante	Verificación del muro	Estabilidad

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "Muro en Voladizo":

Tensión en el cuerpo del suelo	Presiones de tierra	Análisis de muros	Análisis de Capacidad Portante de Cimentación	Dimensionamiento de Estructuras de Hormigón
--------------------------------	---------------------	-------------------	---	---

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el Entorno de Usuario de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (métrico / imperial). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

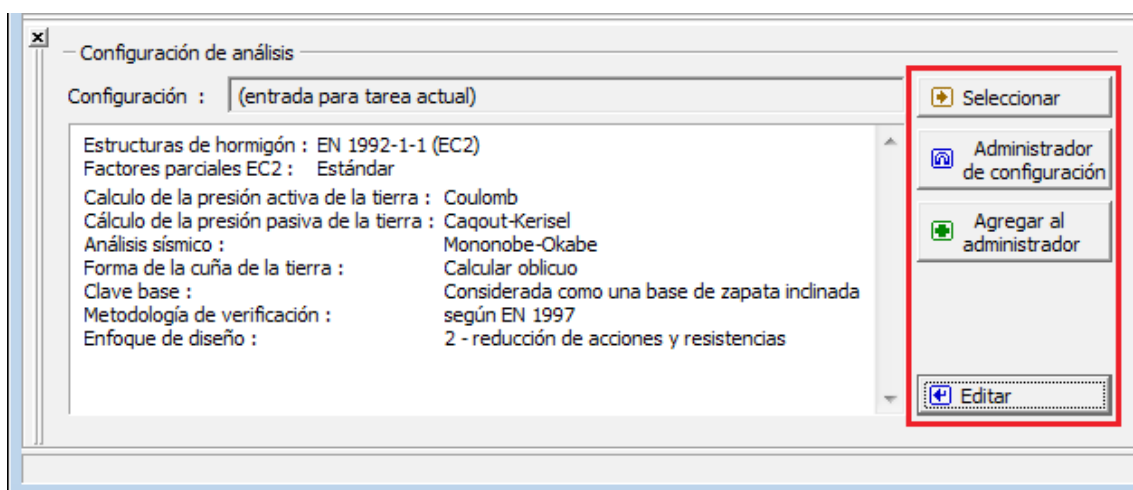
El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas **"Materiales y estándares"** y **"Análisis de muros"**.



Cuadro "Configuración"

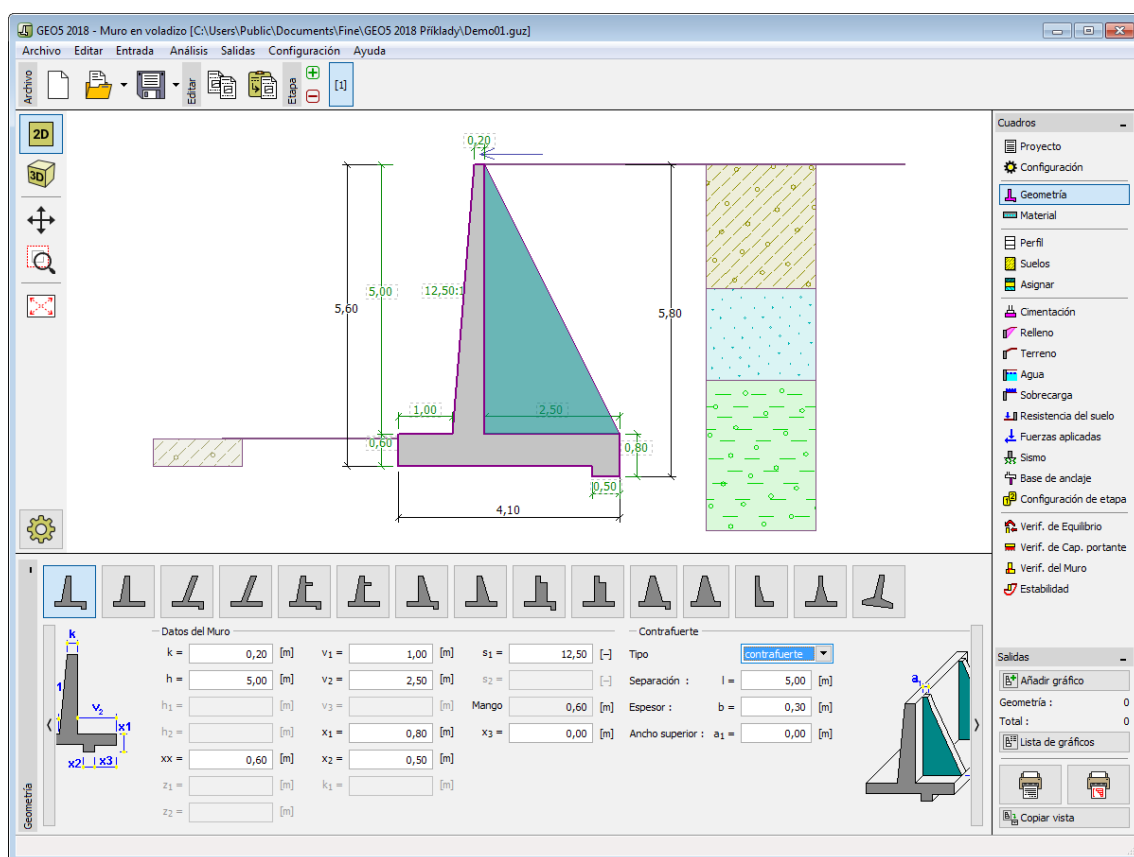
Geometría

El cuadro **"Geometría"** permite, presionando un botón, seleccionar la forma del muro. El **contrafuerte** se puede definir para algunas formas de muro.

La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del muro puede ser editada en el cuadro insertando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

En el caso de que la estructura esté compuesta por segmentos inclinados se requiere introducir el coeficiente de las partes del mismo 1:x. **La estructura recta** se especifica introduciendo el valor cero.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

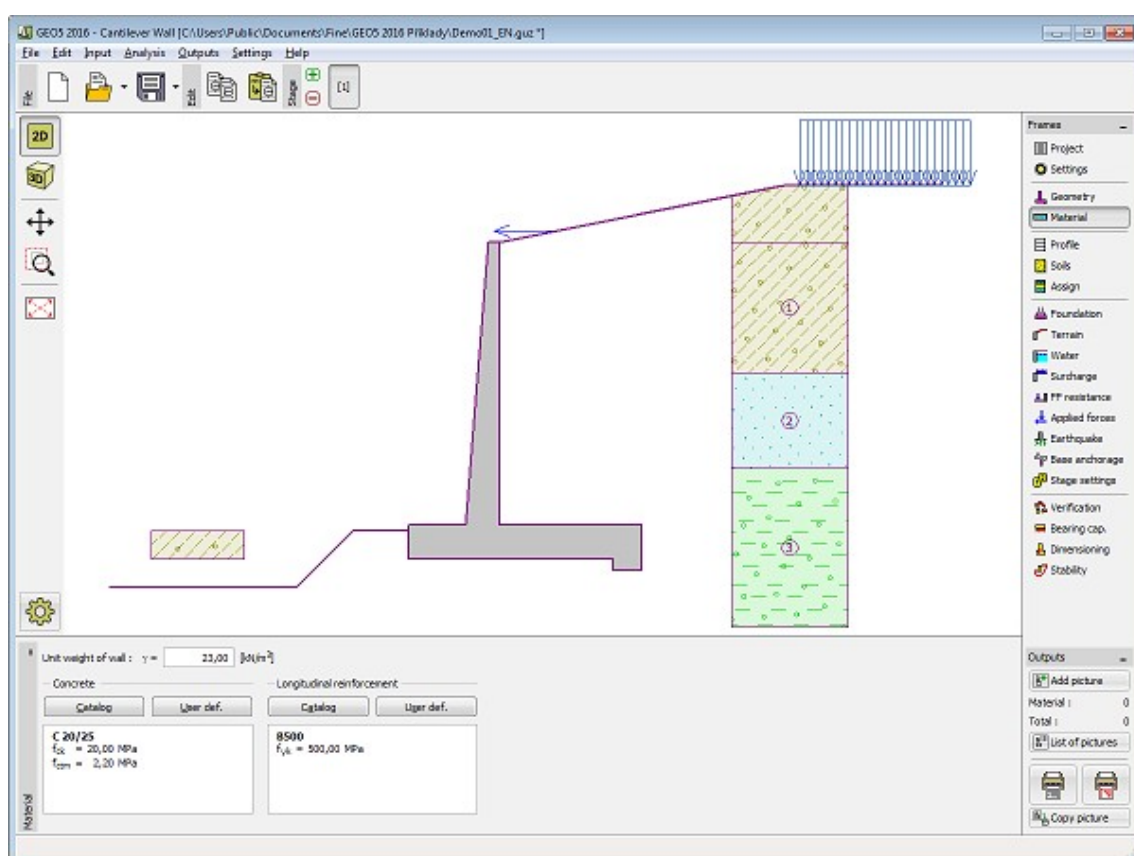
Material

El cuadro **"Material"** permite ingresar los parámetros de los materiales. El **peso unitario del muro** se introducen en el campo de entrada en la parte superior del cuadro.

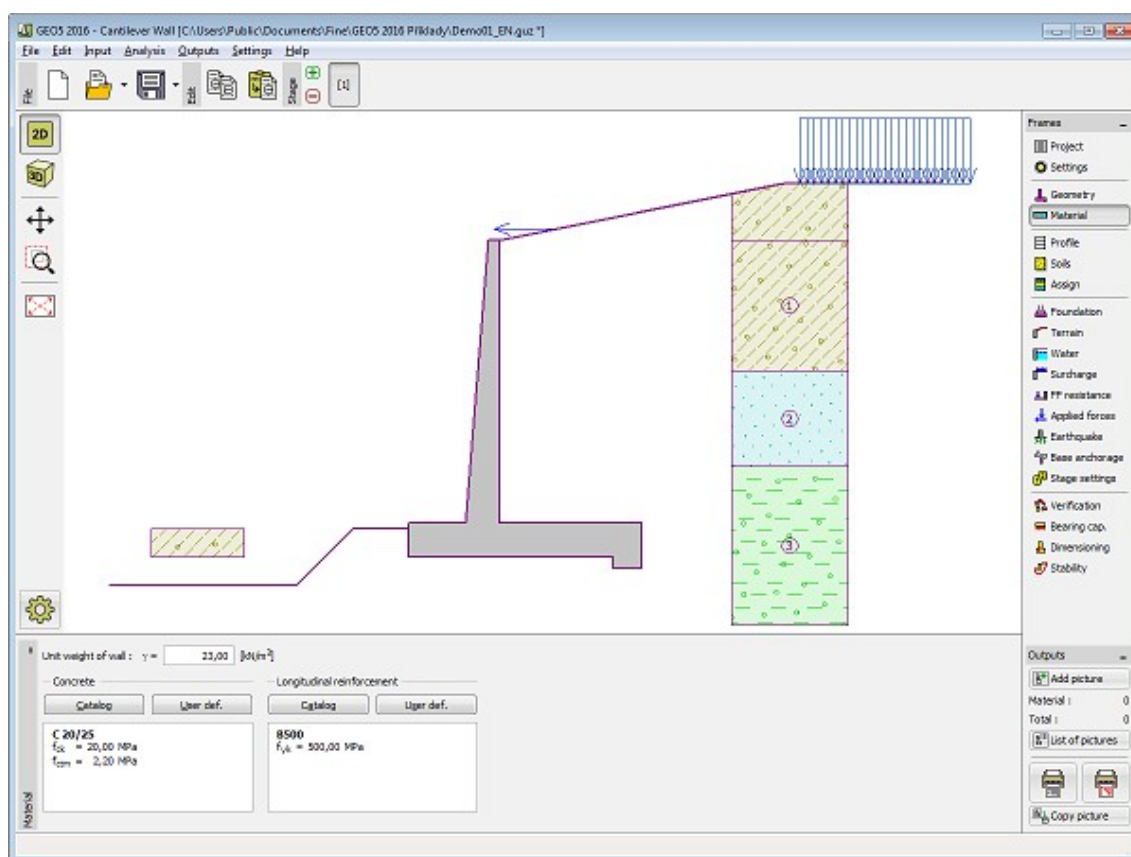
Dos opciones están disponibles cuando seleccionamos el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** (Para refuerzos de hormigón o acero) la lista de materiales sirve para seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material - Hormigón"** (para hormigón), y **"Edición de material - Acero para hormigón"** (para refuerzos de acero longitudinales y transversales), el cual sirve para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar seleccionado para el dimensionamiento de la estructura de **hormigón** en la solapa **"Materiales y estándares"**.



Cuadro "Material"



Cuadro "Material"

Perfil

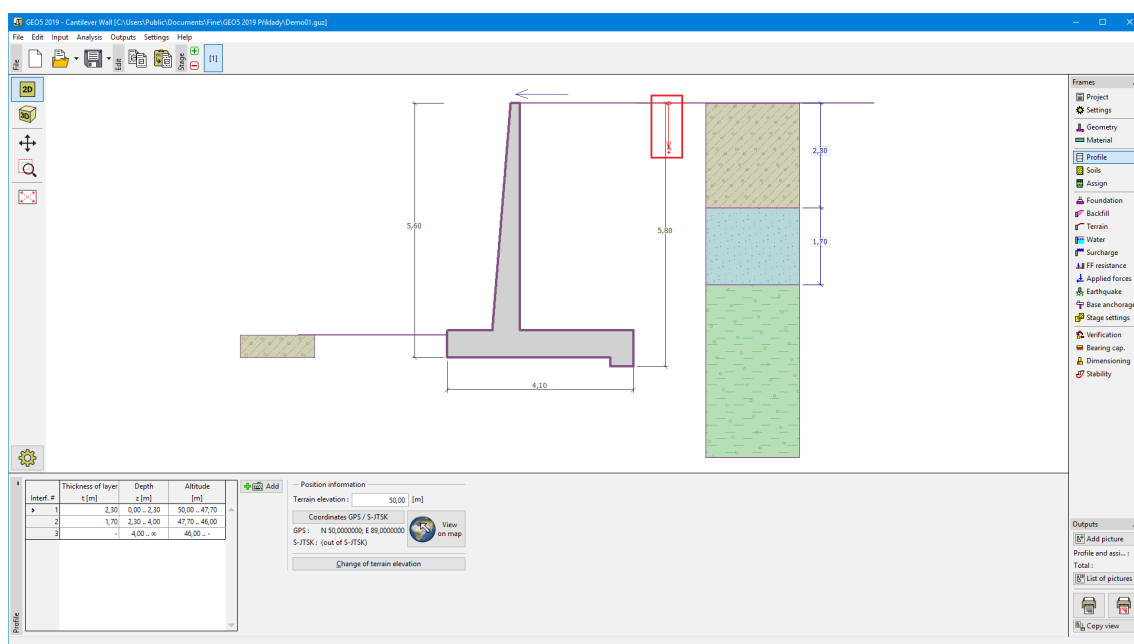
El cuadro **"Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**



Cuadro "Perfil"

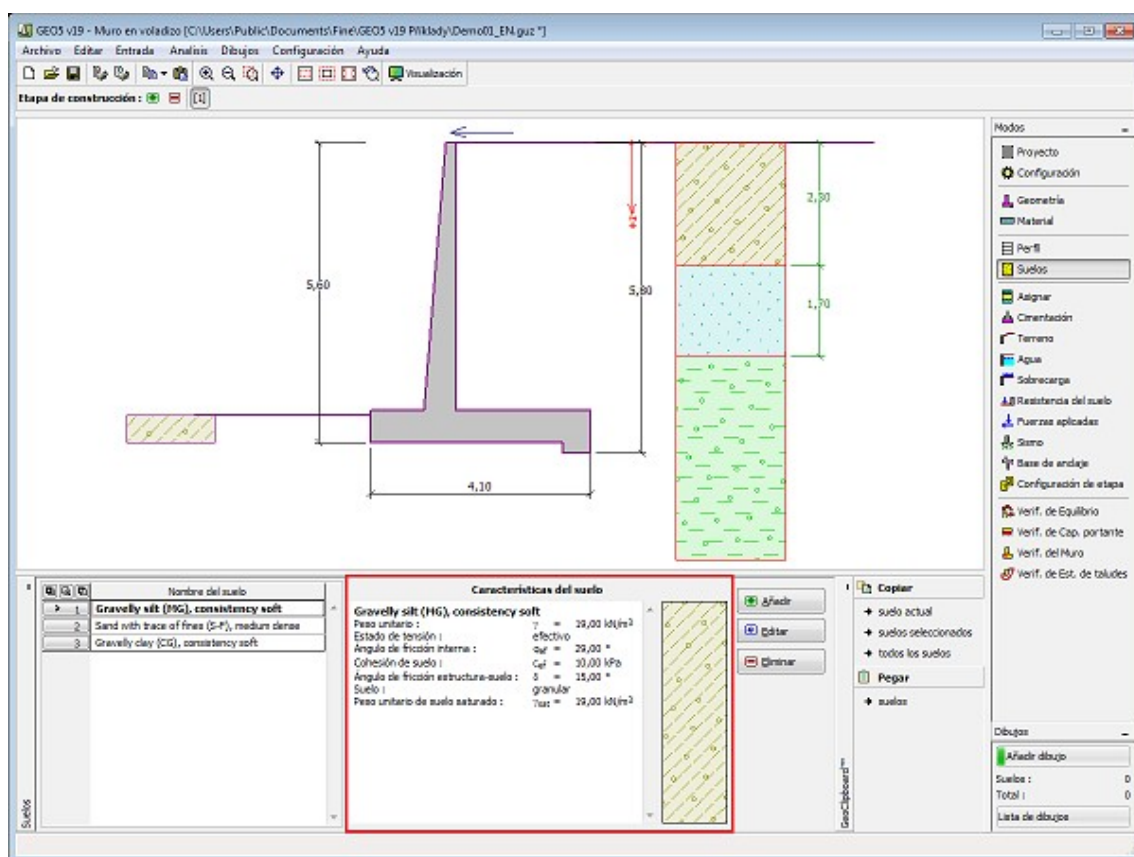
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo.

Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la **Ayuda** en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los **parámetros efectivos o totales** se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la **tensión efectiva** es necesario especificar el **ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura**, el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la **tabla de valores recomendados**.

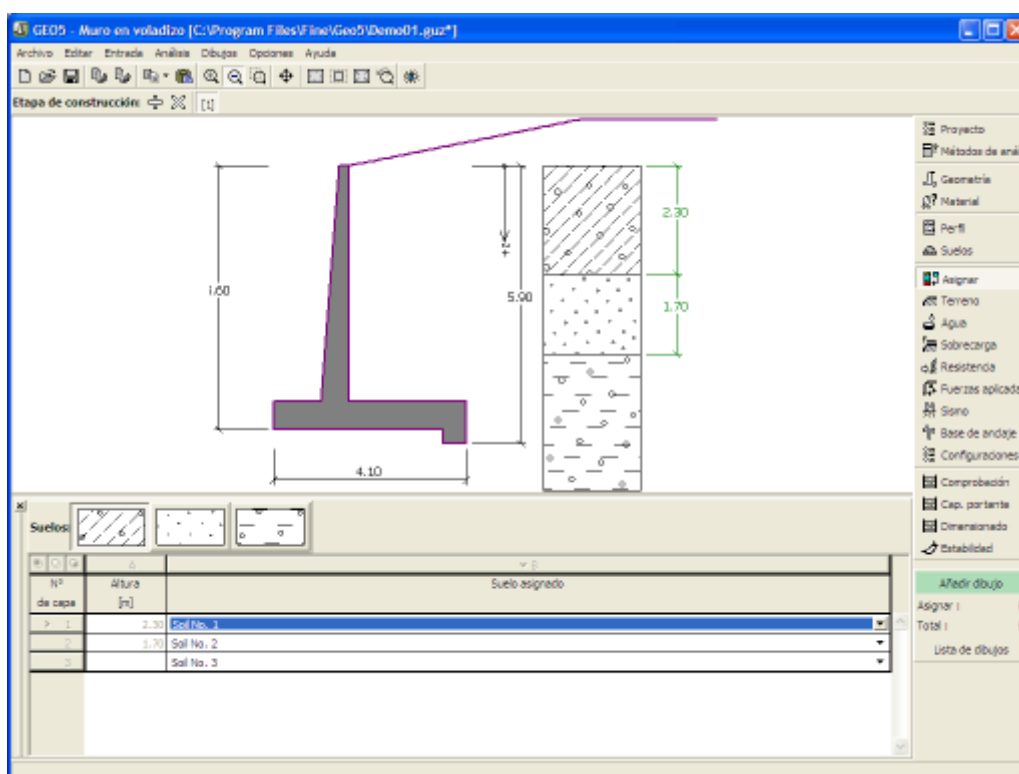
Para la **tensión total** se necesita especificar la **adhesión del suelo a la cara de la estructura** a . La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "**Presión de tierras**".

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en **herencia**.



Cuadro "Asignar"

Cimentación

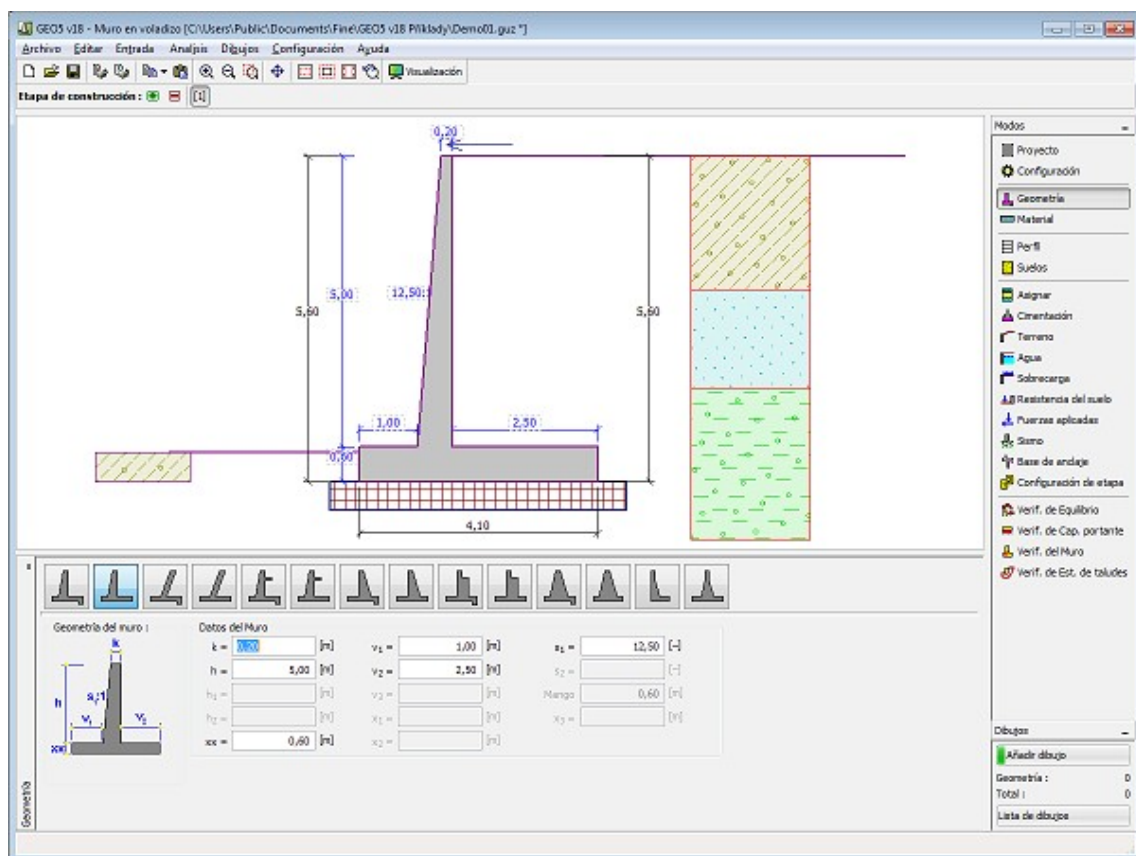
El cuadro "Cimentación" sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro "Perfil".
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción "**Entrada del ángulo de fricción base-suelo**" requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción "**Entrada de coeficiente de fricción**" requiere el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro "Suelos") o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de "Geometría". La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro** actual

(verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

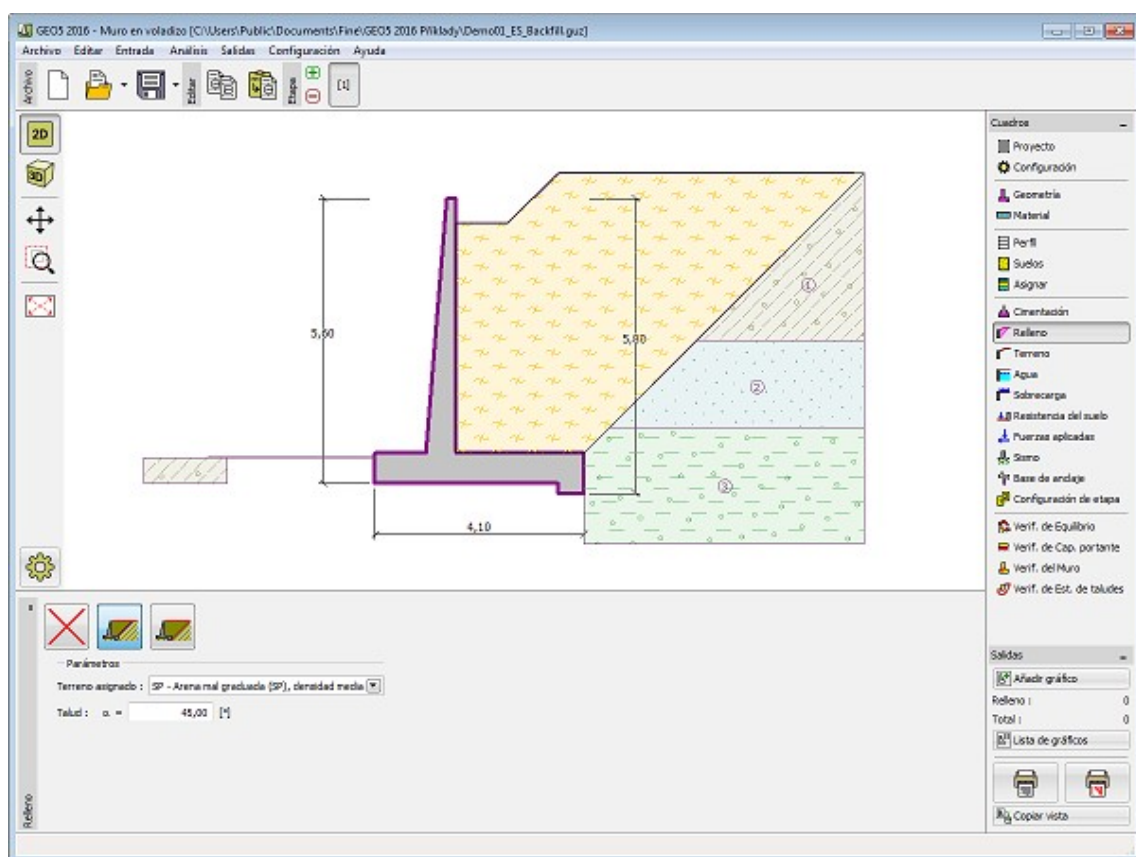


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El **cuadro "Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro **"Suelos"**). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



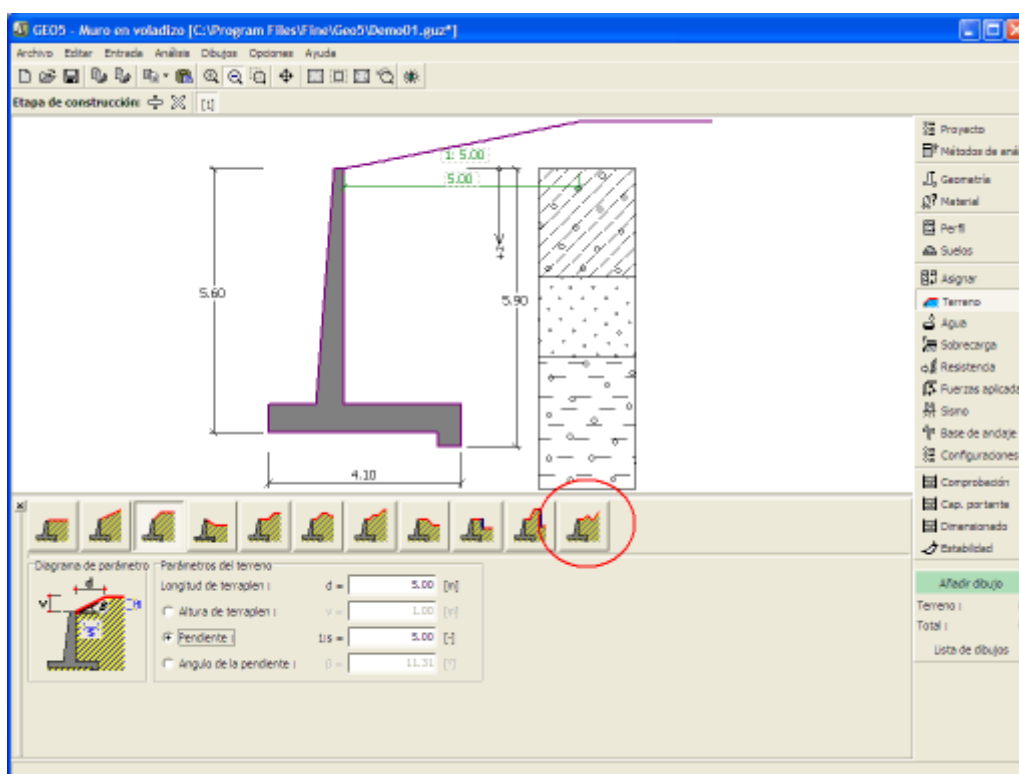
Cuadro "Relleno"

Terreno

El cuadro **"Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

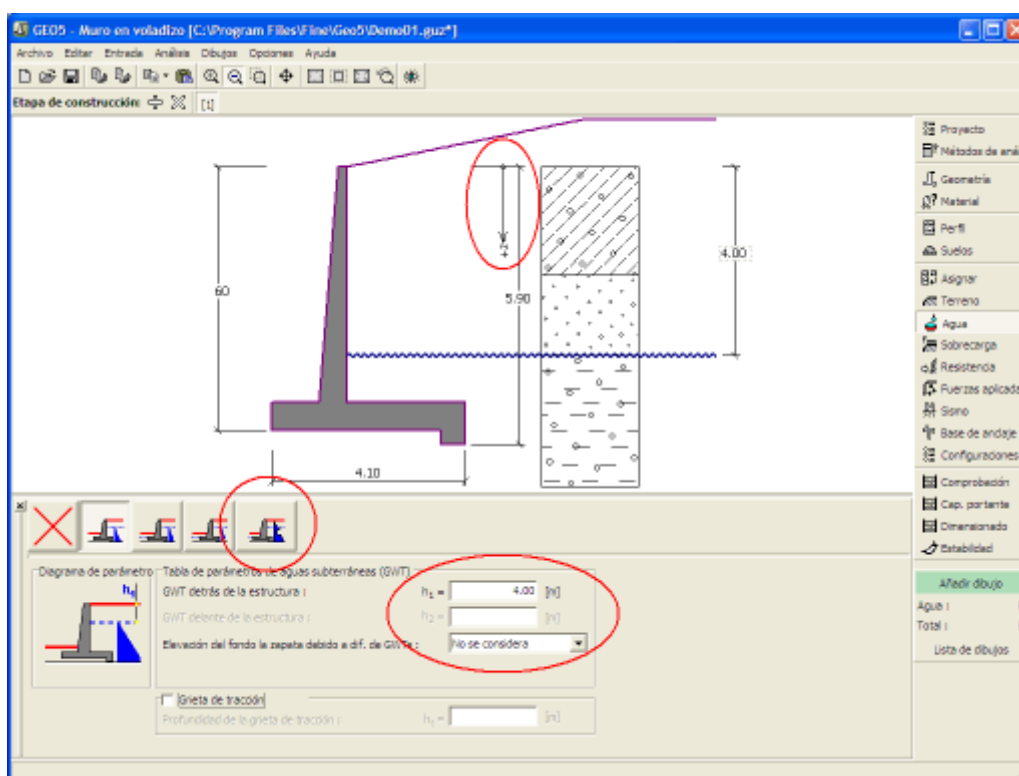
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas "**Delante de la estructura**" y "**Detrás de la estructura**" aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia del agua**".

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

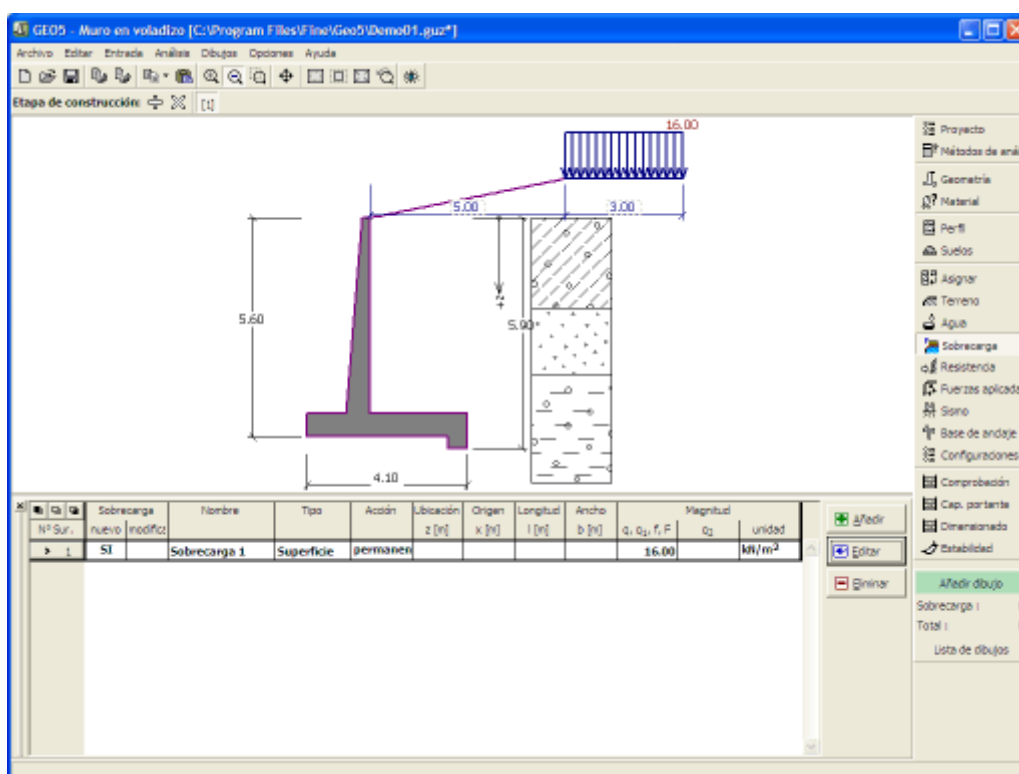
Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir (editar) una nueva sobrecarga se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas o con los objetos activos respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sobrecarga".



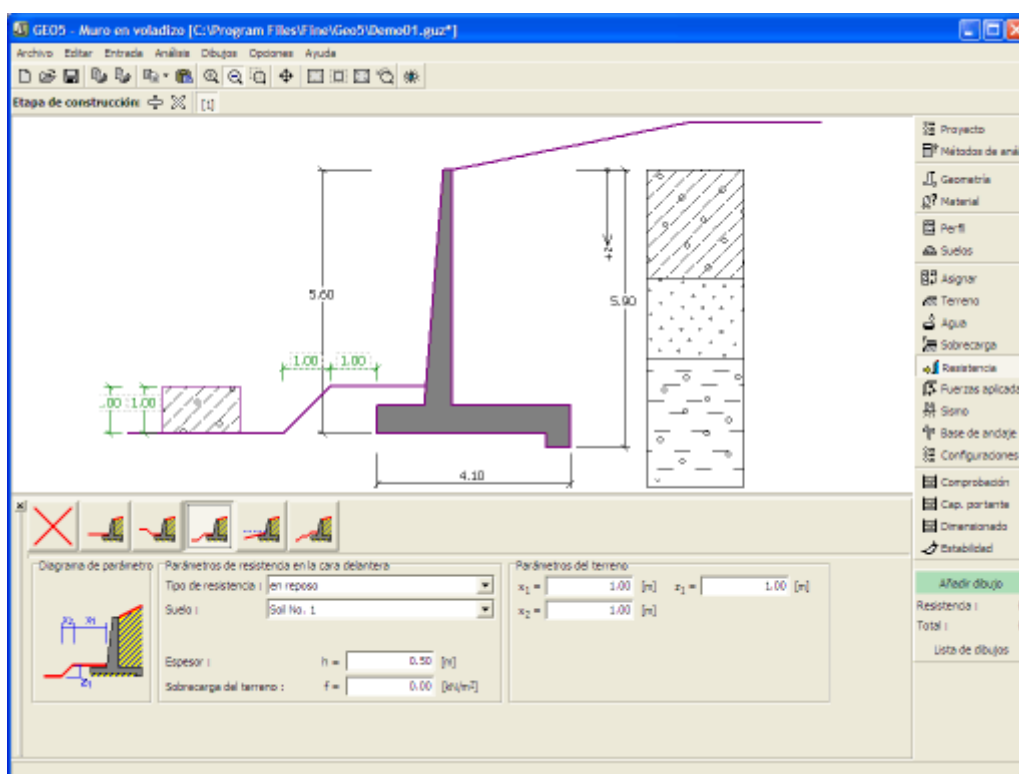
Cuadro "Sobrecarga"

Resistencia

El cuadro **"Resistencia"** del suelo (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**"). También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



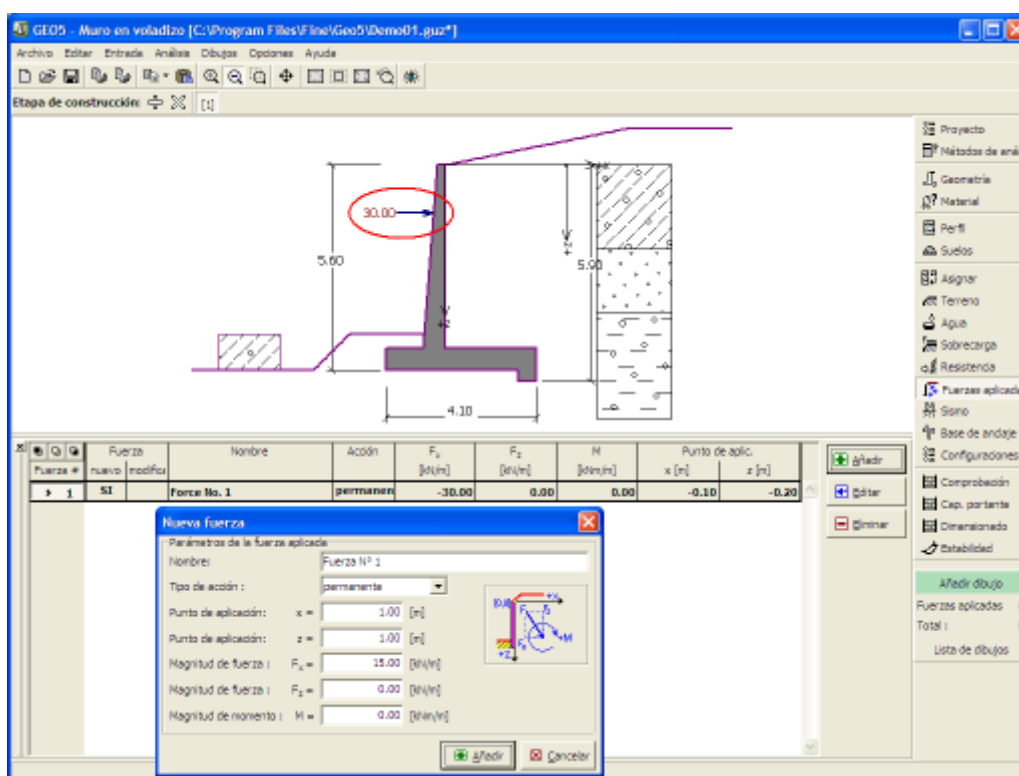
Cuadro "Resistencia" del suelo (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecargas**.



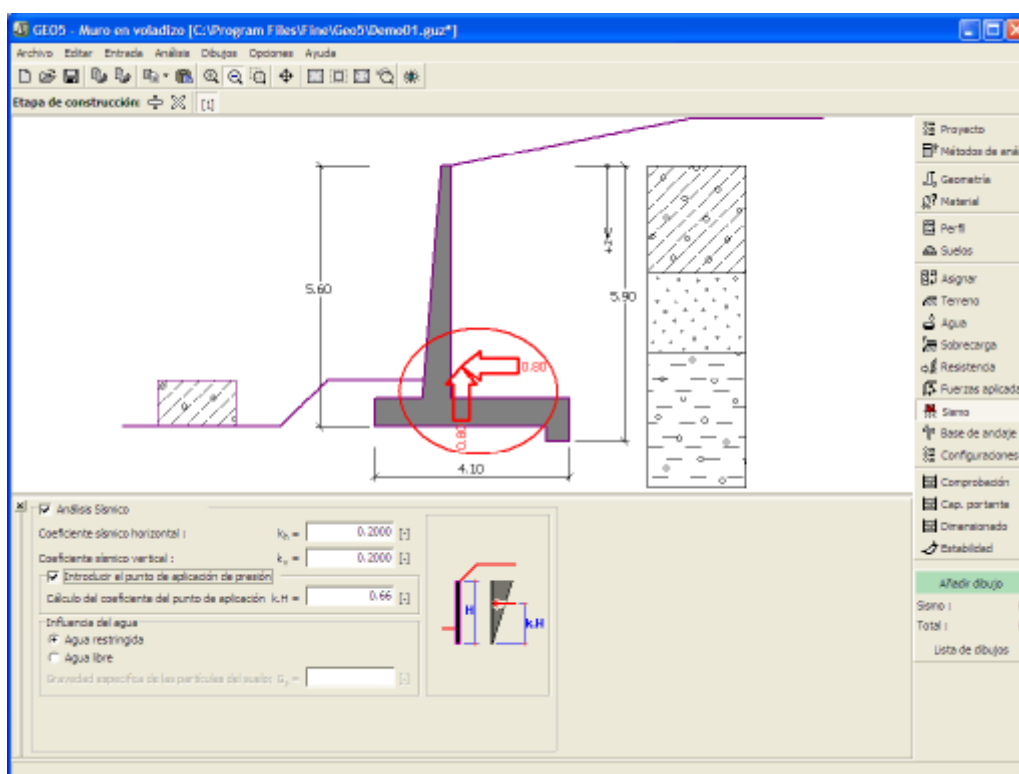
Cuadro "Fuerzas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



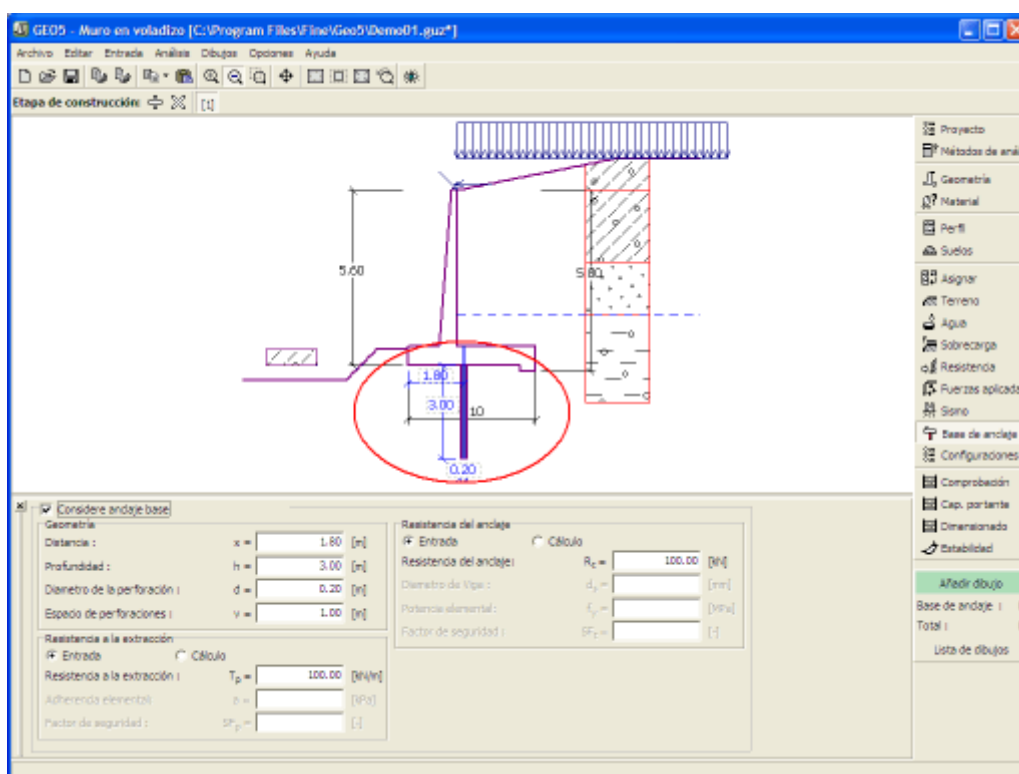
Cuadro "Sismo"

Base de anclajes

El cuadro **"Base de anclajes"** sirve para introducir parámetros (geometría, resistencia a la extracción y resistencia de anclaje) especificando el anclaje para los cimientos.

La geometría de la base de anclaje puede ser editada en el cuadro insertando los valores en los cuadros de entrada o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Los valores de la capacidad portante pueden ser introducidos o **calculados por el programa** por medio de los parámetros de entrada.



Cuadro "Base de anclaje"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

Luego, el cuadro sirve para especificar el tipo de presión que actúa en el muro cuando el muro puede deflectarse. Cuando el muro tiene libertad de movimiento, se asume una **presión activa**, caso contrario, se utiliza la **presión en reposo**. La tercera opción permite la carga de un muro con **presión activa aumentada**.

El espolón del muro se ubica tanto por la **presión en reposo como** por la misma presión actuando en todo el muro.

Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "Verificación de Equilibrio" muestra el resultado del análisis. Distintos cálculos pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

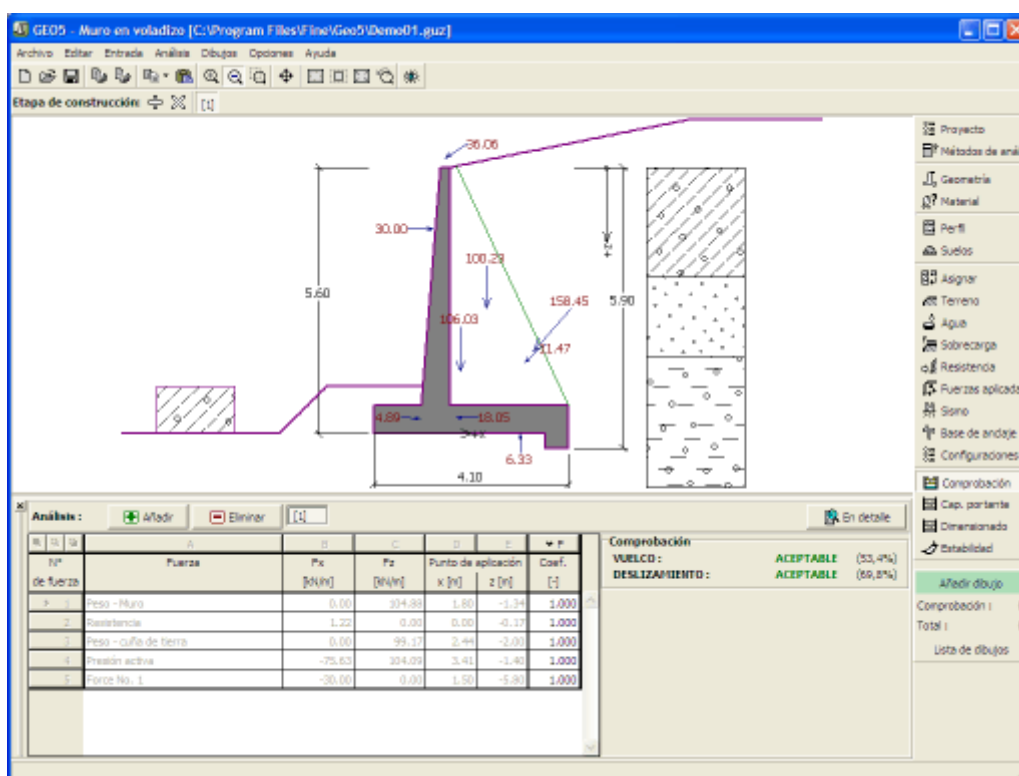
- Verificación según el factor de seguridad, o la teoría de los estados límite - La última columna de la tabla, permite introducir coeficientes de diseño, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- Análisis según EN 1997 - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección combinación de cargas.
- Análisis según LRFD - en este caso la última columna desaparece.

El muro se carga por presión activos o presión de reposo dependiendo de las entradas en el cuadro "Configuración de etapas".

El procedimiento para comprobación de muros se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación de Capacidad portante

El cuadro "Verificación de Capacidad portante" muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las verificaciones realizadas en el cuadro "Verificación de equilibrio".

El programa "Zapata", "Zapata por CPT", "Pilote" y "Grupo de Pilotes" considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa "Pilote por CPT", solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.

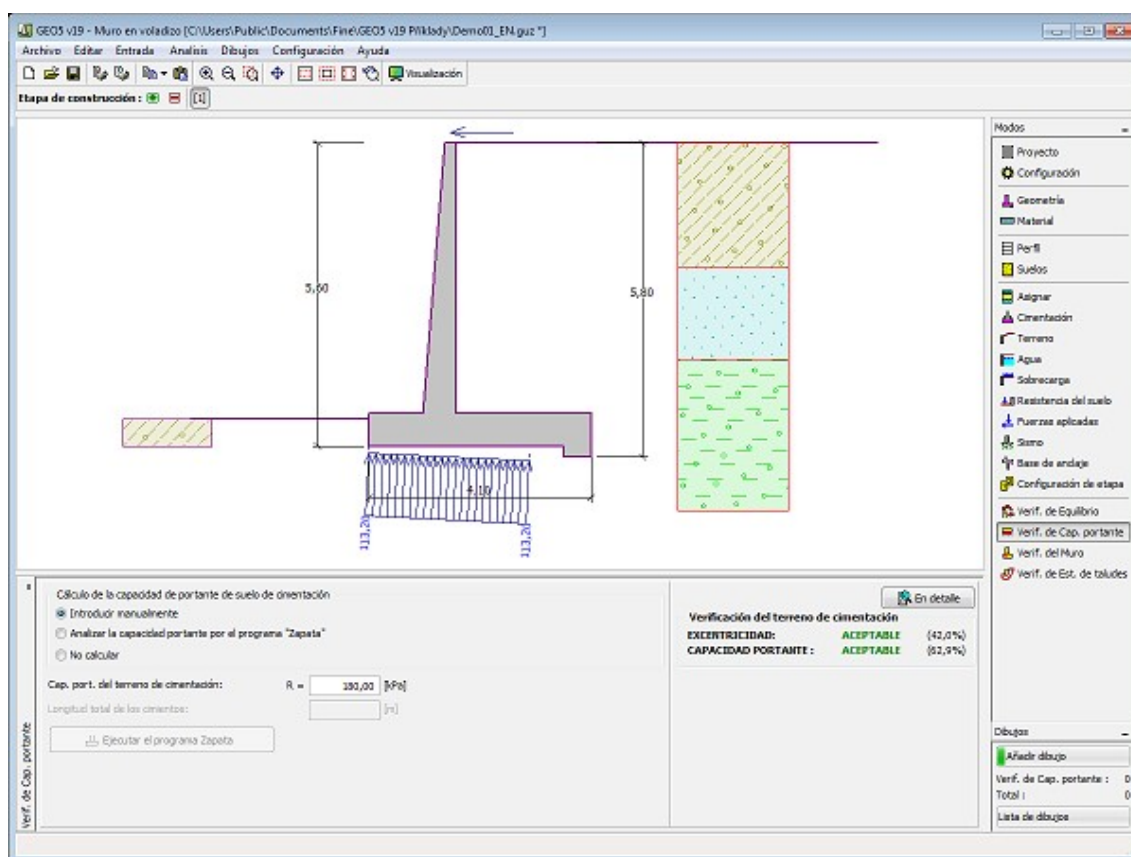
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón "Ejecutar el programa Zapata" se abre el programa "Zapata" habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón "OK" se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa "Muros en voladizo". El programa "Zapata" debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de

- | | |
|---|--|
| | cimentación. |
| • Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata". | El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "Zapata". |
| • Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote" | El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "Zapata". El botón "Ejecutar el programa Pilotes" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "Cimentación"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s . |
| • Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT" | El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "Pilote". |
| • Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de Pilotes" | El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "Zapata". El botón "Ejecutar el programa Grupo de pilotes" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "Cimentación"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l . |
| • No calcular (cimentación sobre pilotes) | La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula. |

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro "Verificación del Muro" sirve para diseñar y verificar el refuerzo de un muro de sección transversal - la sección transversal sujeta al dimensionamiento se selecciona en el listado de la parte izquierda de la pantalla.

- Verificación del tallo del muro - refuerzo frontal
- Verificación del tallo del muro - refuerzo trasero
- Verificación del salto del muro
- Verificación del talón del muro
- Control de placa de alivio de tensión

Para contrafuertes se verifican las siguientes secciones transversales:

- Verificación del tallo del muro - refuerzo frontal vertical y horizontal
- Verificación del tallo del muro - refuerzo trasero vertical y horizontal
- Verificación del salto - refuerzo frontal y trasero
- Verificación del talón del muro - refuerzo superior e inferior
- Verificación de costilla (contrafuerte)

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cálculo de las fuerzas y sus acciones sobre la sección transversal analizada se describe **aquí**.

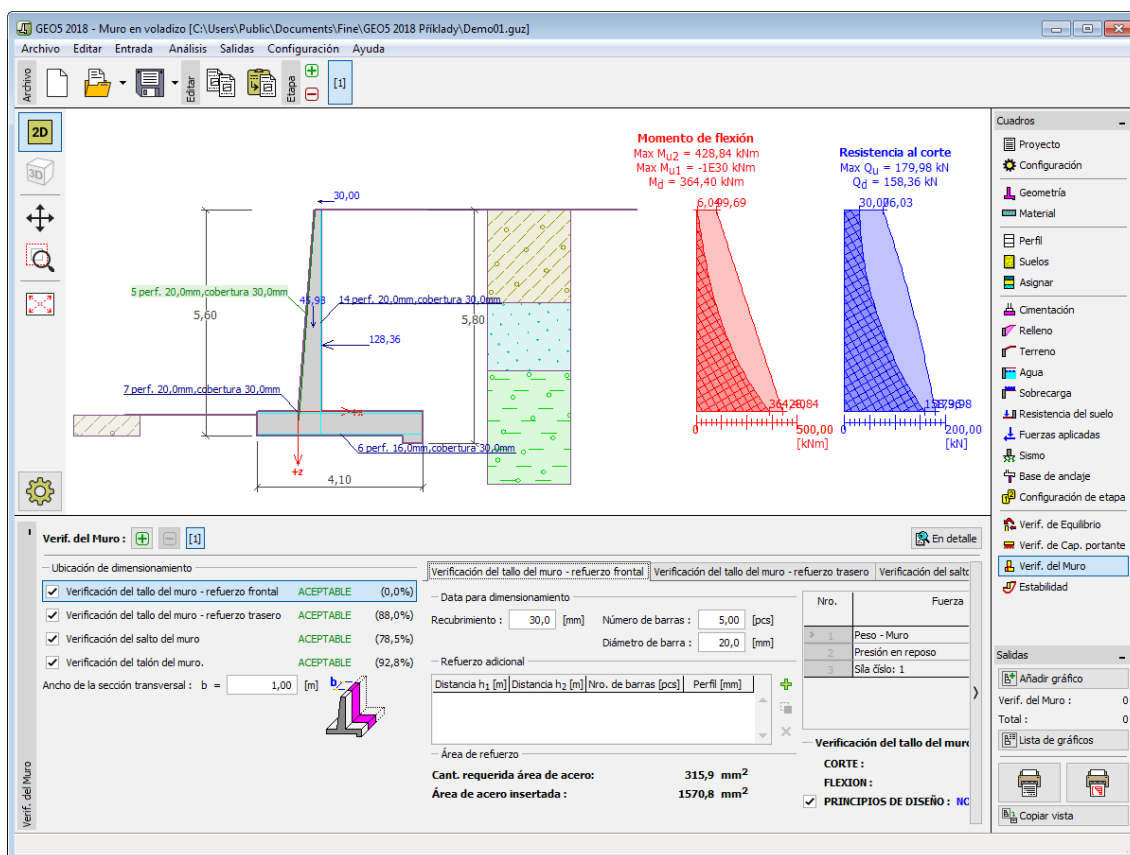
El tallo del muro y la junta de construcción son siempre cargadas por la **presión en reposo**. Al comprobar el salto del muro en la parte frontal, el muro se carga por la **presión activa** o por la **presión en reposo** dependiendo de las especificaciones introducidas en el cuadro "Configuración de etapa".

El **procedimiento para derivar la distribución de fuerzas internas** en distintas secciones transversales se describe en la parte teórica de este capítulo. Además, la **fuerza de la presión en reposo de tierra** se tiene en cuenta cuando se considera el análisis sísmico.

El **dimensionado de una estructura de hormigón de acero reforzada** se resuelve según la configuración estándar en la solapa "Materiales y estándares".

Distintos cálculos para diferentes secciones transversales pueden ser llevados a cabo. Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionado.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

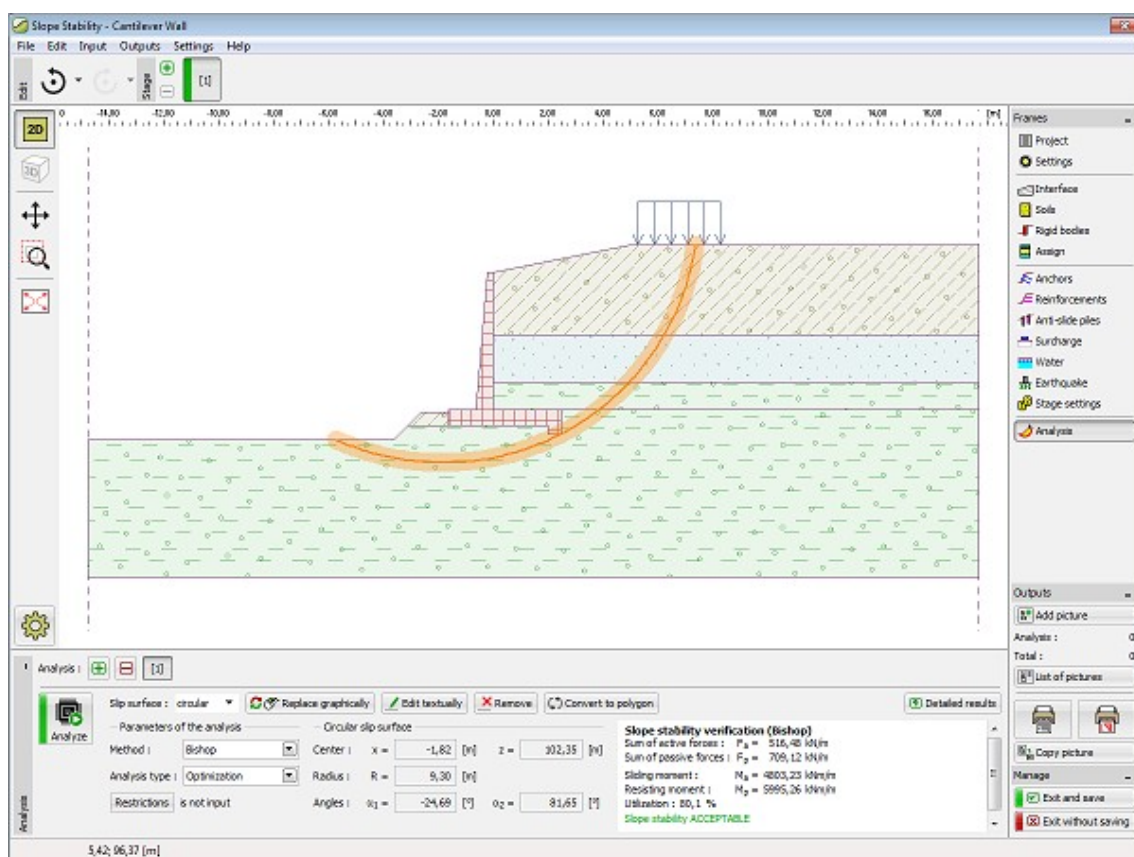


Cuadro "Verificación del Muro"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón **"Verificación de Estabilidad Global"** se ejecuta el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"Guardar y Salir"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Muro en Voladizo"**.



Cuadro "Estabilidad"

Programa Muro de Gravedad

El programa se utiliza para verificar el diseño de muros de gravedad. Ofrece distintas formas de muro y de comprobación de secciones representativas de hormigón.

La ayuda en el programa "Muro de Gravedad" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Material	Perfil	Suelos	Asignar
Cimentación	Relleno	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas
Sismo	Configuración de etapas	Verificación	Capacidad portante	Verificación del muro	Estabilidad	

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "Muro de Gravedad":

Tensión en el
cuerpo del sueloPresiones de
tierra

Análisis de muros

Análisis de
Capacidad
Portante de
CimentaciónDimensionamien
to de Estructuras
de Hormigón

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones

visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

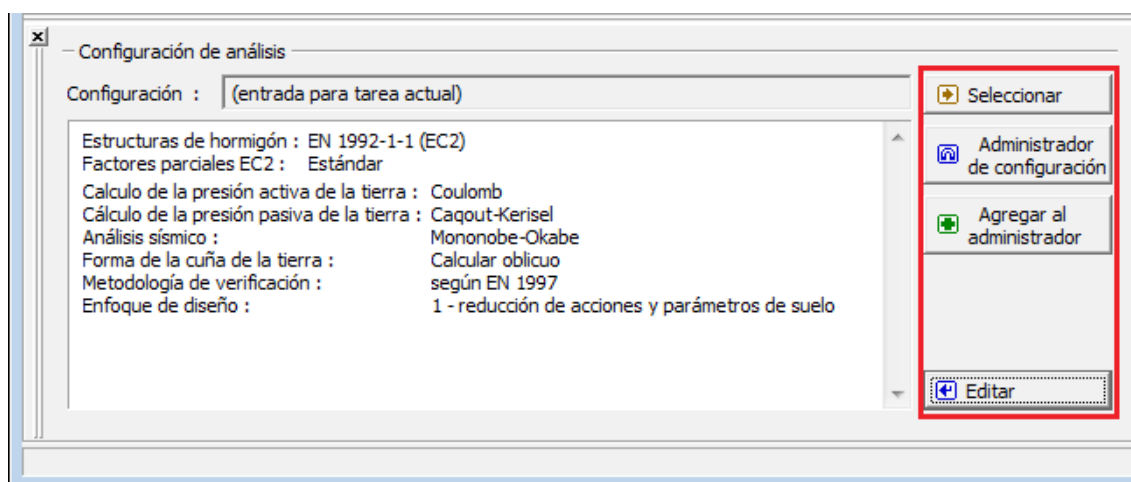
El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de muros**".



Cuadro "Configuración"

Geometría

El **cuadro "Geometría"** permite, presionando un botón, seleccionar la forma del muro. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del muro puede ser editada en el cuadro, insertando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

En el caso de que la estructura esté compuesta por segmentos inclinados se requiere introducir el coeficiente de las partes del mismo $I:x$. La **estructura recta** se especifica introduciendo el valor cero.



Definición de la forma del muro

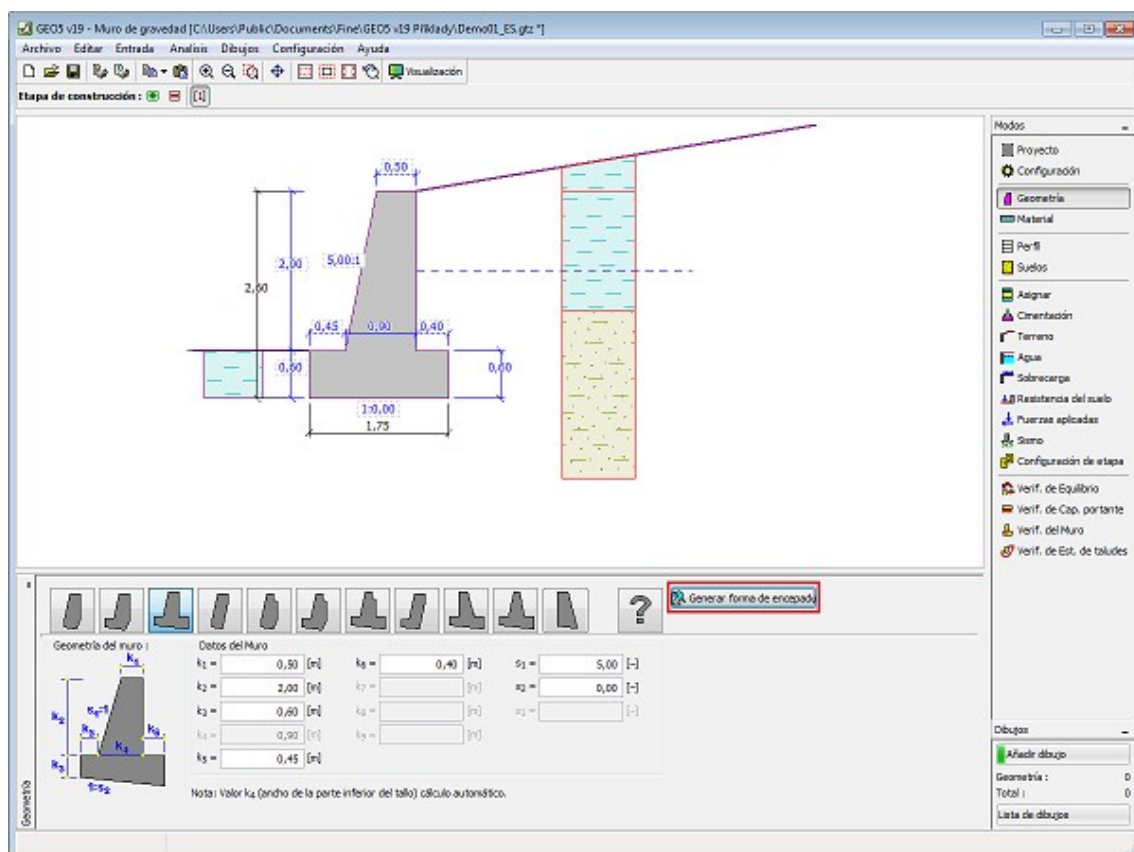
Si las formas del muro definidas no son satisfactorias para la entrada de la geometría del muro, el programa permite ingresar la **forma general del muro de gravedad**. La forma general del muro se introduce mediante los puntos de coordenadas, pero también es posible (pulsando el botón "**Generar forma general**") generar las coordenadas de la estructura a partir de un

muro predefinido ya introducido.

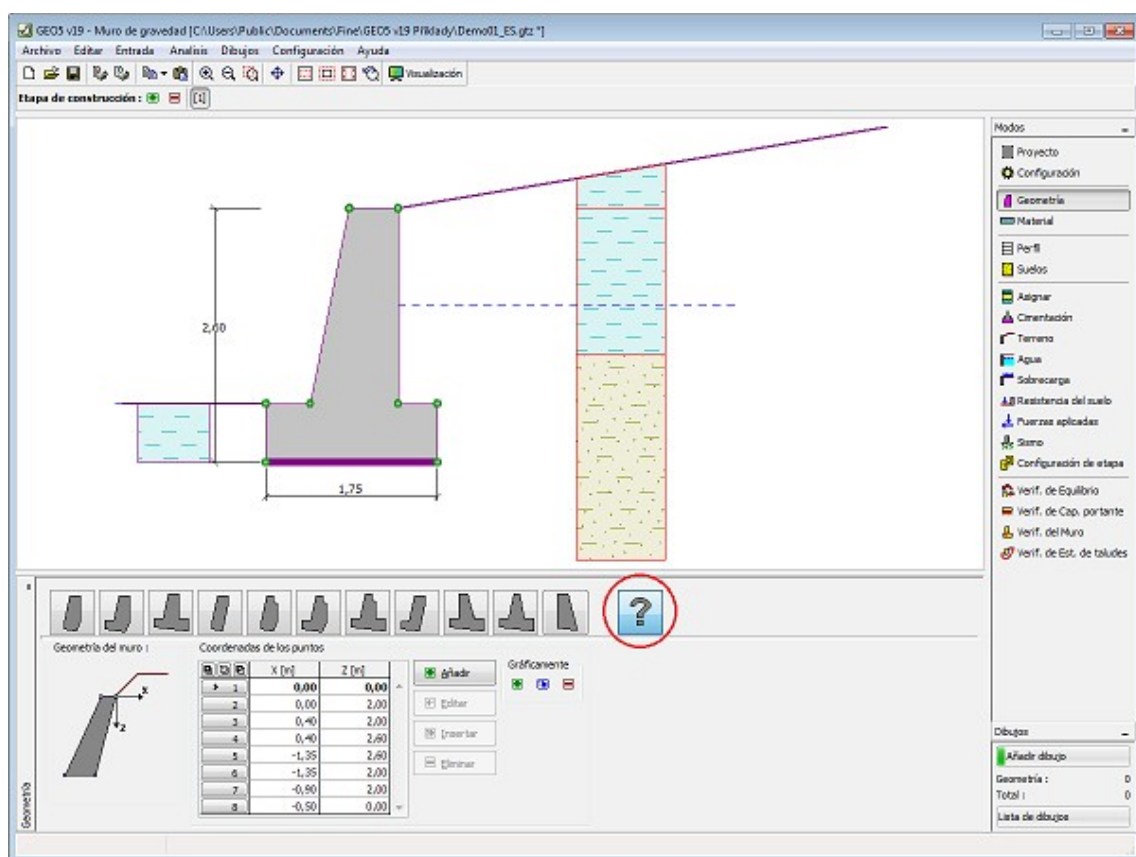


Entrada de la forma general del muro

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF



Cuadro "Geometría"



Cuadro "Geometría" - forma general del muro

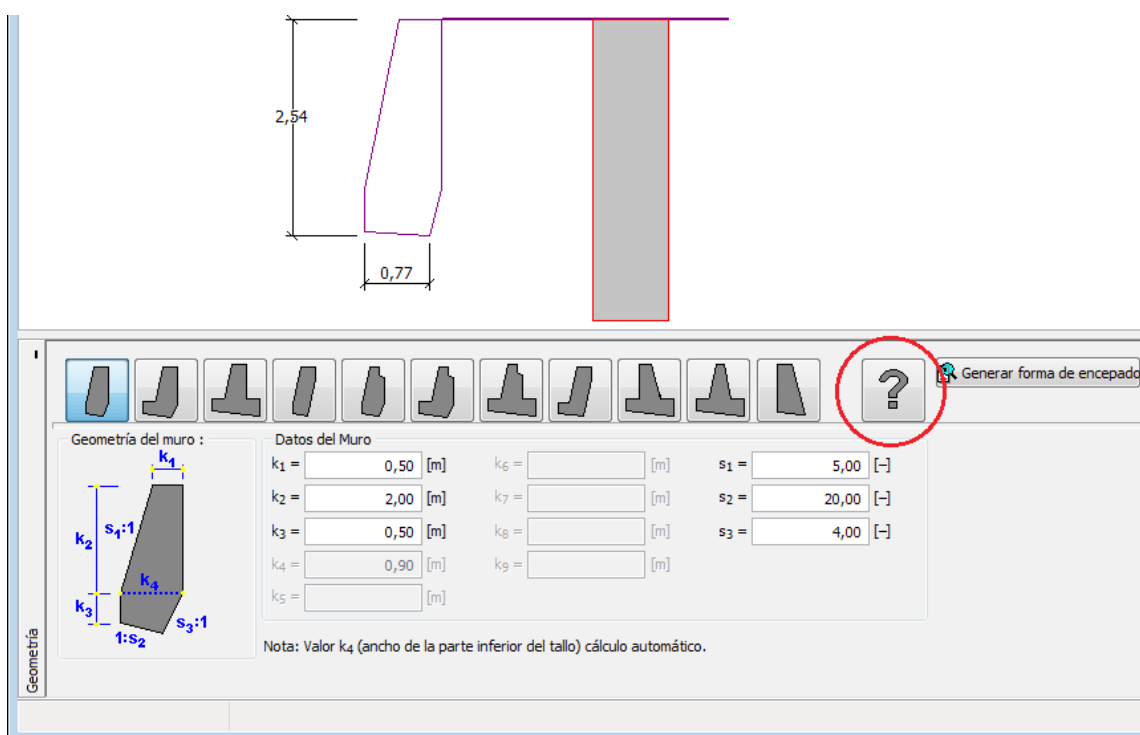
Forma general del muro

Entrada de la forma general del muro en una nueva tarea

El programa permite la entrada de la forma general del muro de dos formas:

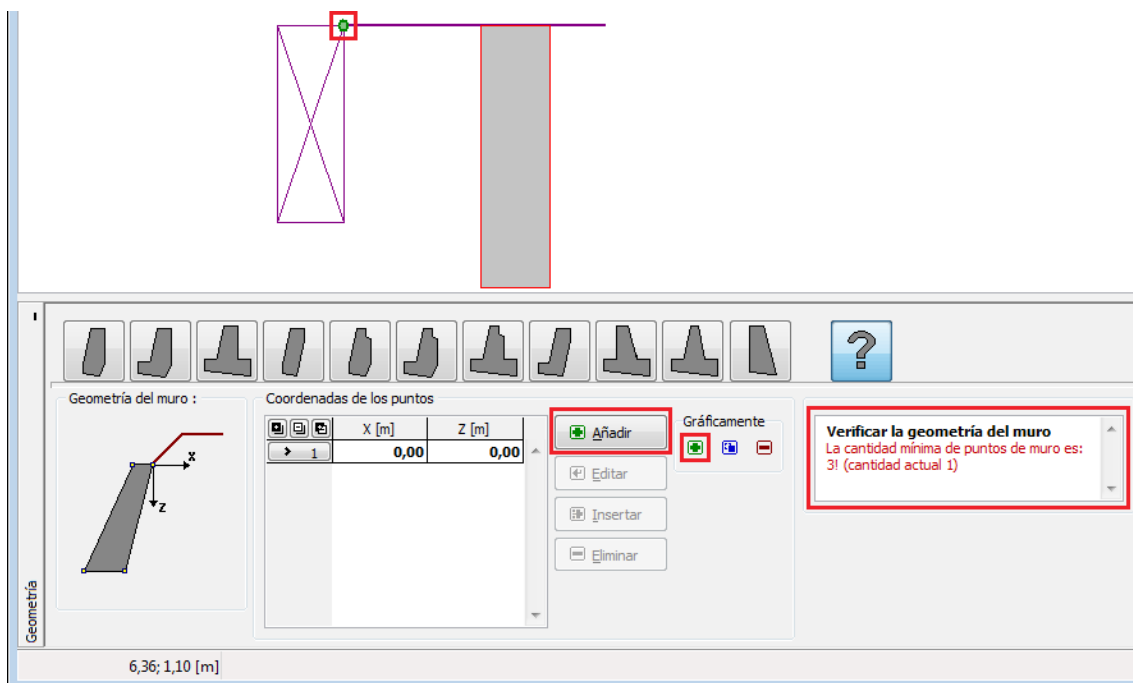
1. Entrada de la forma general del muro utilizando puntos

Al pulsar el icono de signo de interrogación en la barra de herramientas sobre el "**esquema de geometría del muro**", se creará una forma rectangular y el primer punto de la estructura $[0,0]$. La cantidad mínima de puntos introducidos es 3 (si se introducen menos puntos, el programa mostrará un mensaje de error).



Cuadro "Geometría" - nueva tarea

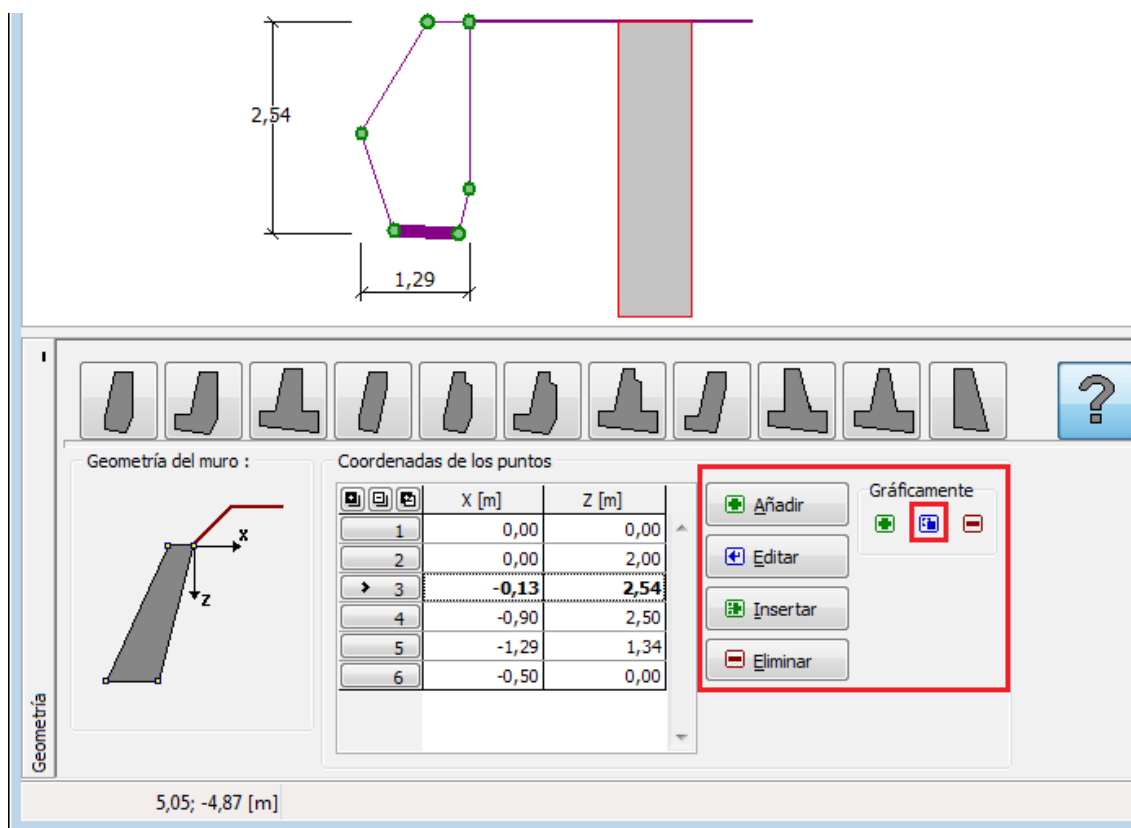
Utilizando el botón **"Añadir"**, se abre un cuadro de diálogo **"Nuevo punto"**, y se introducen los demás puntos de la estructura (es posible ingresar puntos haciendo clic en el escritorio).



Cuadro "Geometría" - forma general del muro entrada utilizando puntos

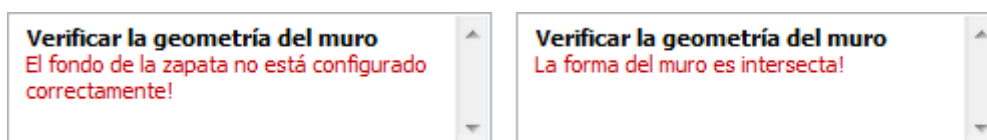
Los puntos introducidos se van agregando a la tabla, y entonces es posible editarlos, introducir más puntos en el medio y eliminarlos utilizando los botones **"Editar"**, **"Insertar"** y **"Eliminar"** o haciendo clic en los puntos en el escritorio en el modo correspondiente. Los puntos se pueden mover a la derecha del escritorio con el ratón después de hacer clic en el icono

especial .



Cuadro "Geometría" - editar puntos

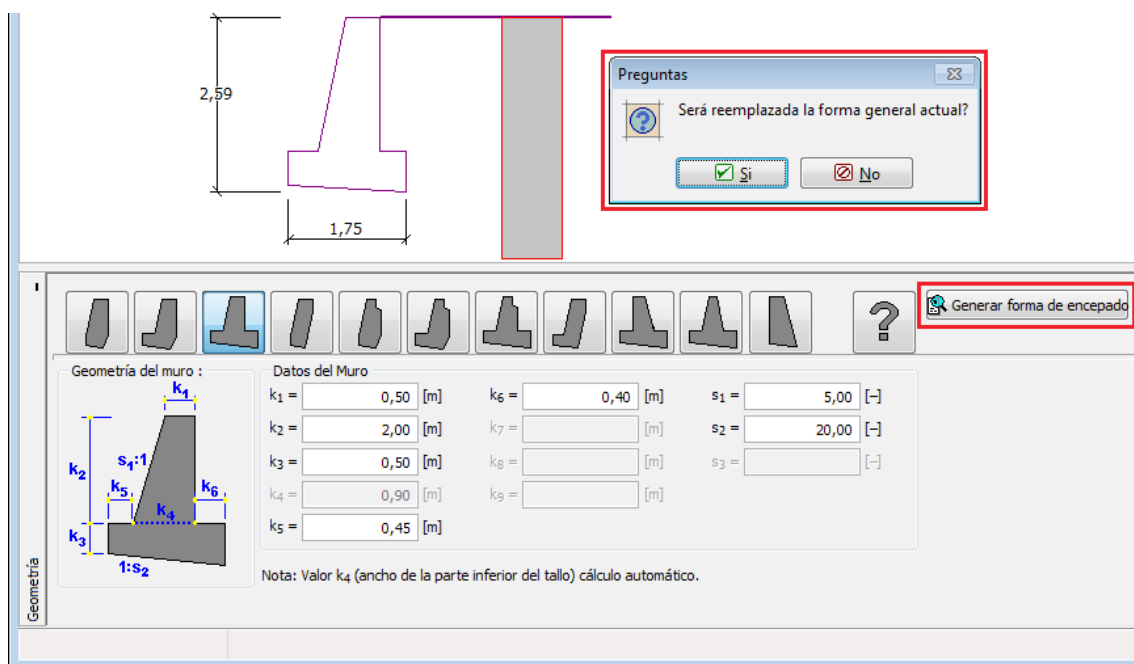
La inclinación máxima del fondo de la zapata se considera 45°. Si se ingresa una inclinación equivocada del fondo de la zapata, o si la forma del muro está en intersección, el programa comprueba la geometría general del muro y advierte al usuario de un error. En ese caso, se debe cambiar la geometría del muro.



Cuadro "Geometría" - mensaje de error de entrada de puntos

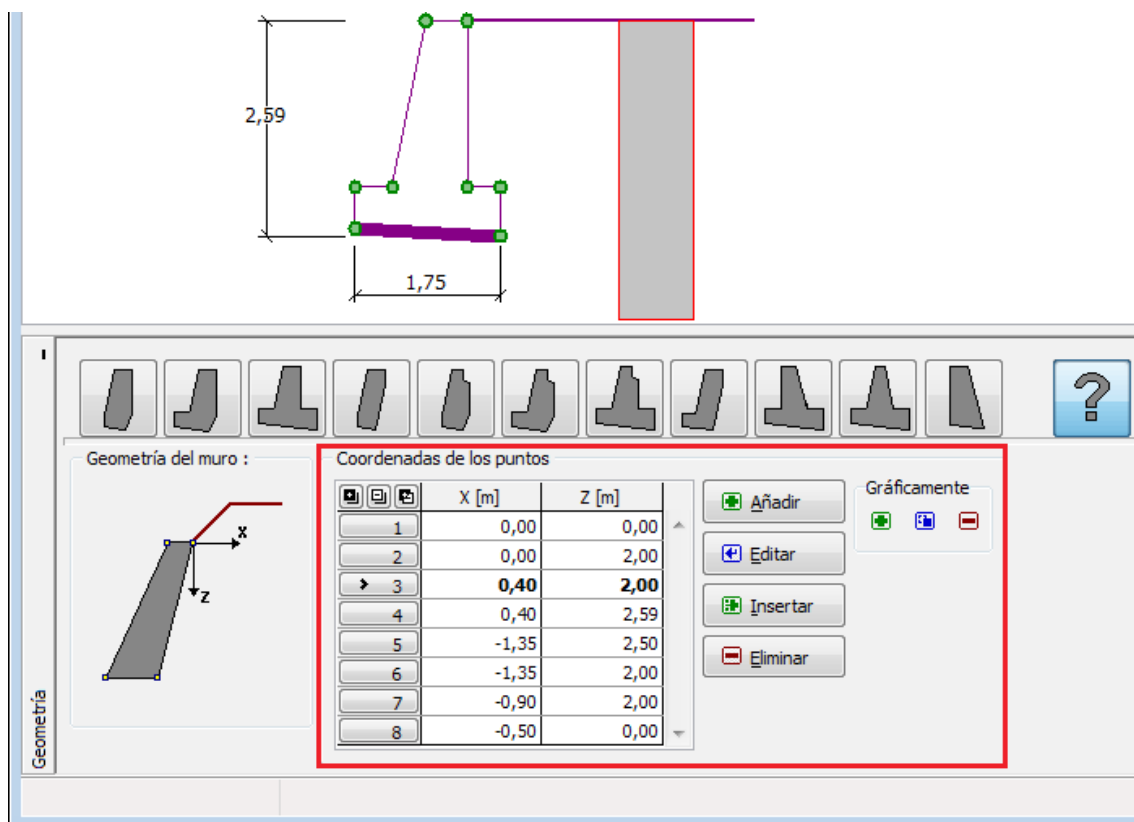
2. Entrada de la forma general del muro mediante generador

La estructura definida por el esquema de la construcción y sus dimensiones se puede obtener de la entrada de la forma general del muro presionando el botón "**Generar forma general**". Es posible trabajar con los puntos recién generados y editar la forma del muro generada.



Cuadro "Geometría" - entrada de la forma general del muro utilizando generador

La apariencia del cuadro se cambia a continuación, como en el primer caso de entrada de la forma general del muro. Es posible trabajar con la imagen de la estructura como ya se ha descrito.



Cuadro "Geometría" - apariencia del cuadro luego de ingresar los puntos

Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar los parámetros de los materiales. El peso del muro ingresado siempre se introduce en el campo de la parte superior del cuadro.

Si el **muro es de hormigón**, el programa ofrece dos opciones:

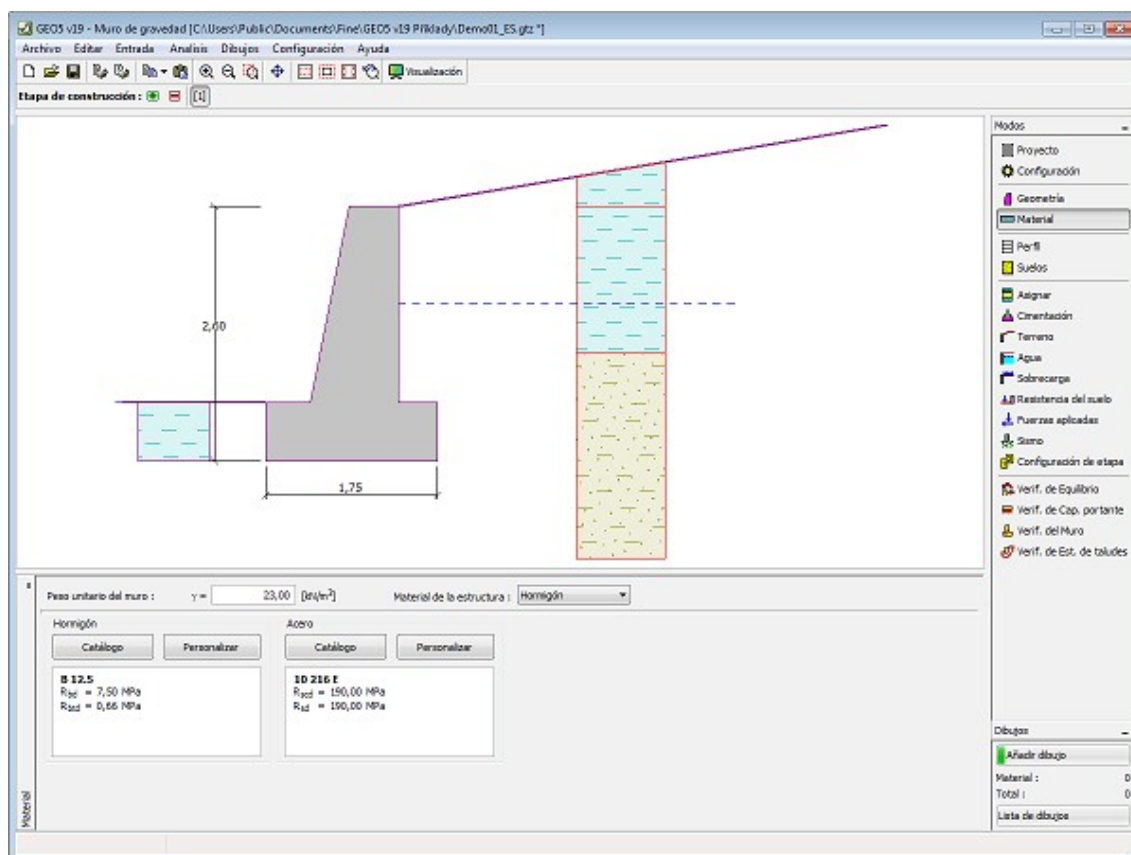
- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** (Para refuerzos de hormigón o acero) la lista de materiales sirve para seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material"** el cual sirve para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar seleccionado para el dimensionado de estructuras de **hormigón** y **acero** en la solapa **"Materiales y estándares"**.

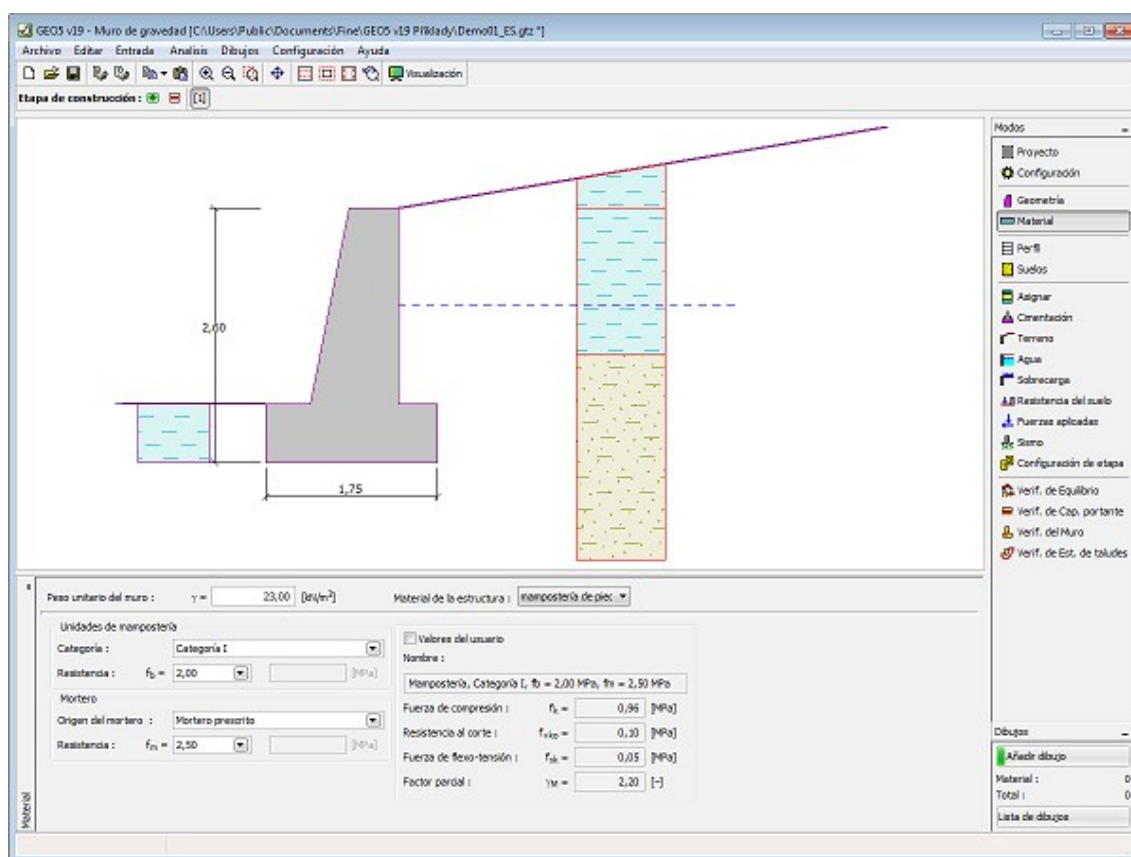
Si el muro es de mampostería de piedra, las características de los materiales de las unidades de mampostería según la norma seleccionada se especifican en la pestaña de **"Materiales y estándares"**:

- **EN 1996-1-1** - fuerza de unidades mampostería f_b , origen de mortero y la fuerza de mortero f_m
- **GB 50003-2011** - tipos de unidades de mampostería, grado de resistencia de la piedra, grado de resistencia de mortero

Si se selecciona **"definido por el usuario"**, es posible que el usuario ingrese las características del material.



Cuadro "Material" - hormigón



Cuadro "Material" - Mampostería de piedra

Perfil

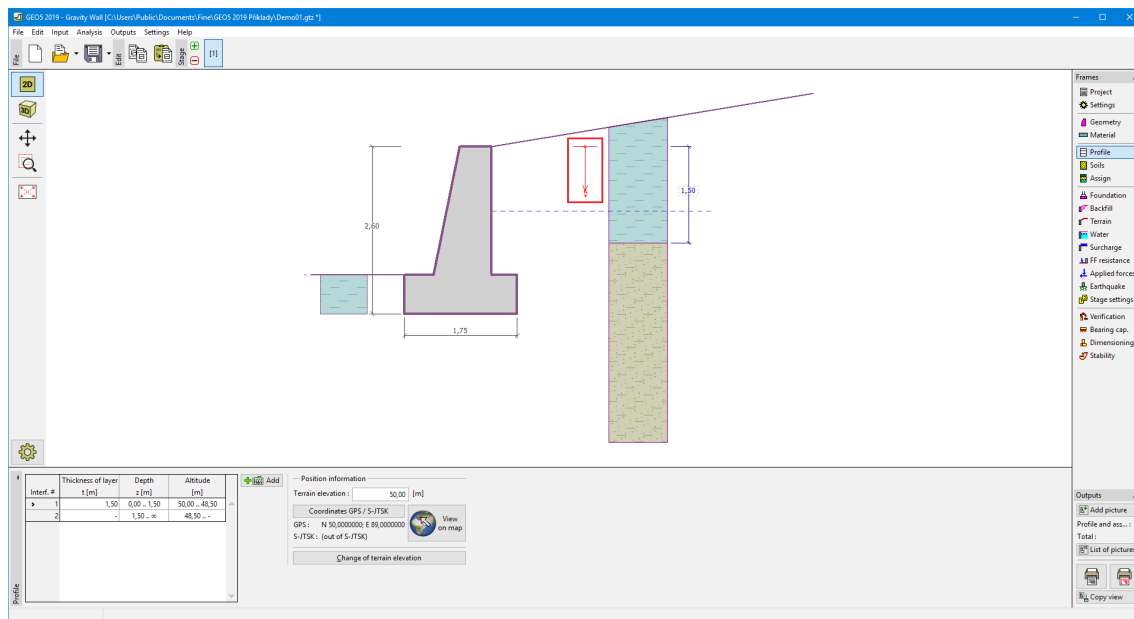
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía".



Cuadro "Perfil"

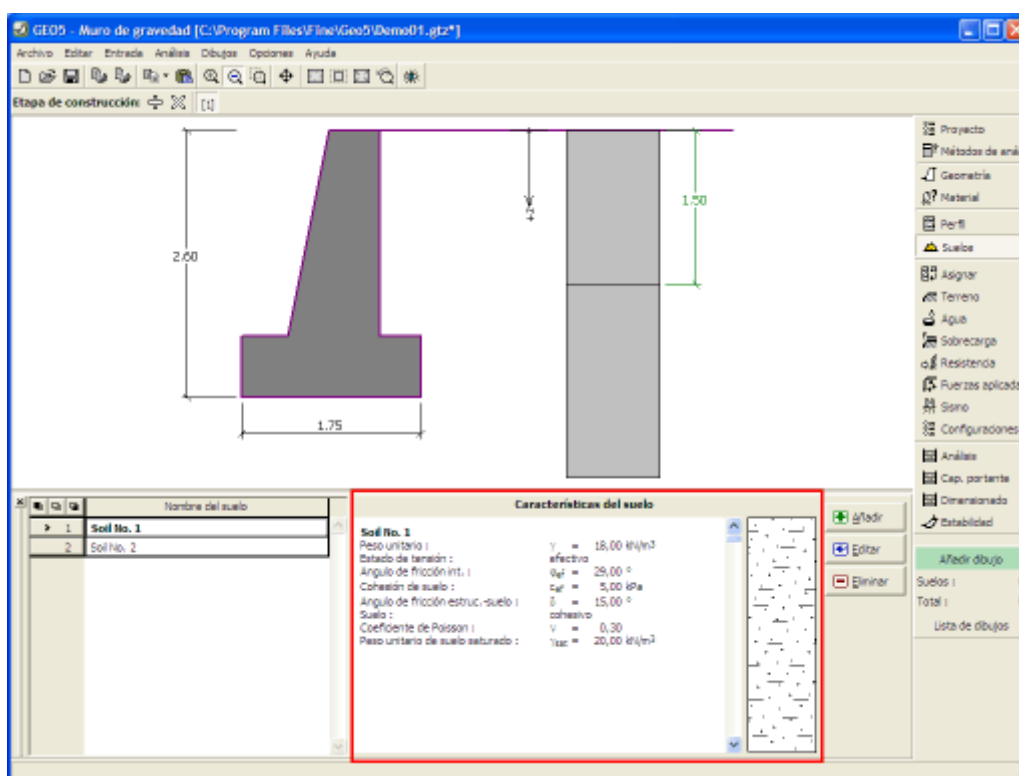
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos del suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular se obtiene a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo principalmente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α . La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de la tierra](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Arcilla gravosa (CG), consistencia blanda

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,5

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 24-30

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 6-14

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Presión en reposo

Suelo :

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

GEO

Trama

Arcilla gravosa

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

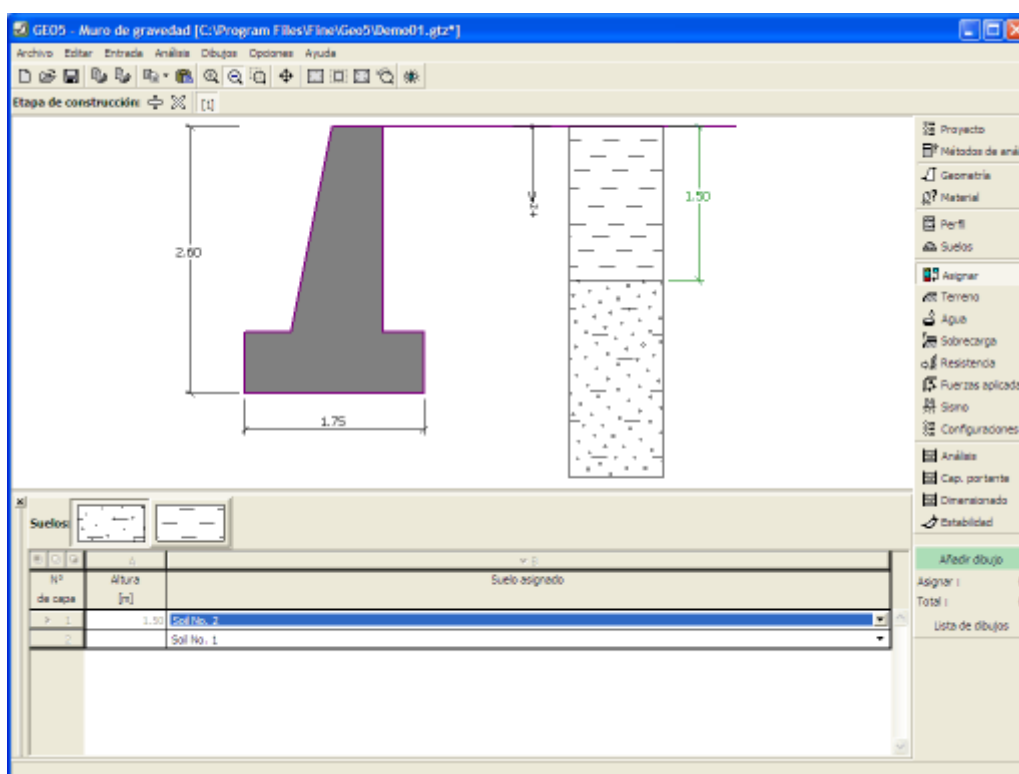
Cancelar

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

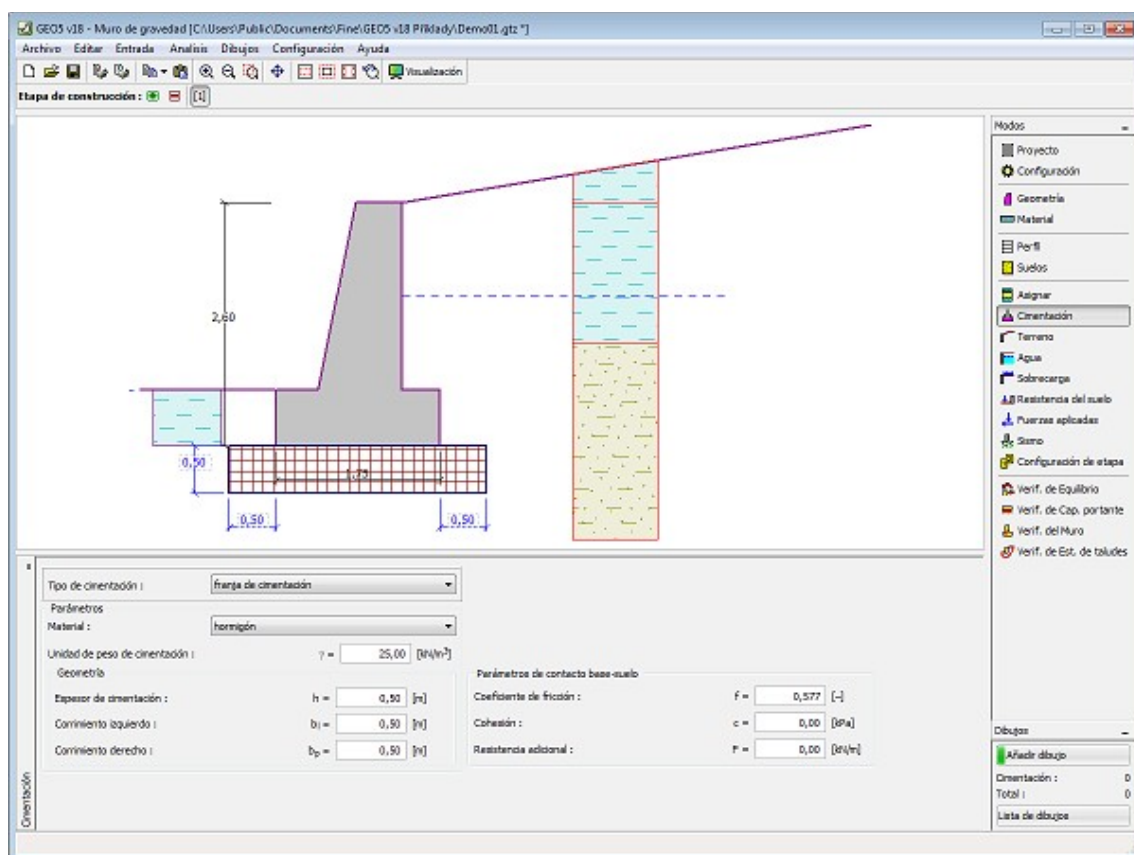
Cimentación

El cuadro "Cimentación" sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro "Perfil".
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción "**Entrada del ángulo de fricción base-suelo**" requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción "**Entrada de coeficiente de fricción**" requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro "Suelos") o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de "Geometría". La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro actual** (verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

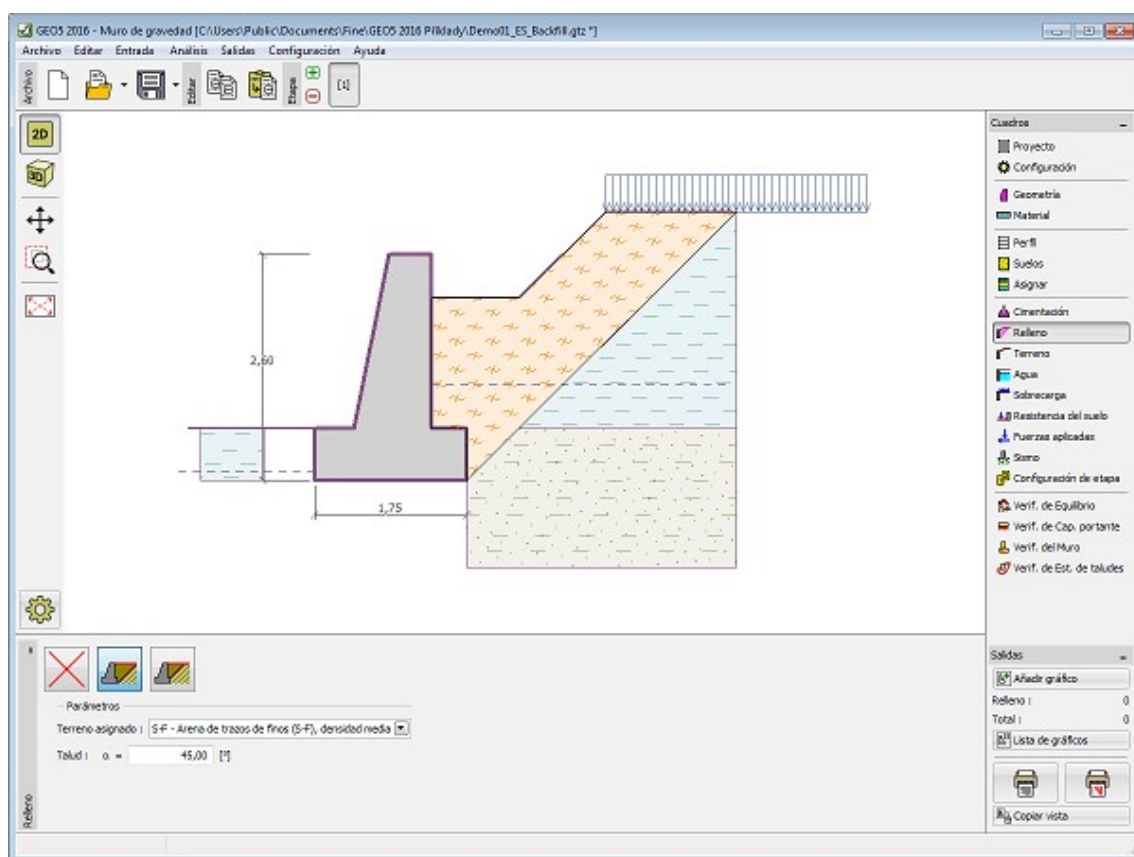


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El cuadro **"Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro "**Suelos**"). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



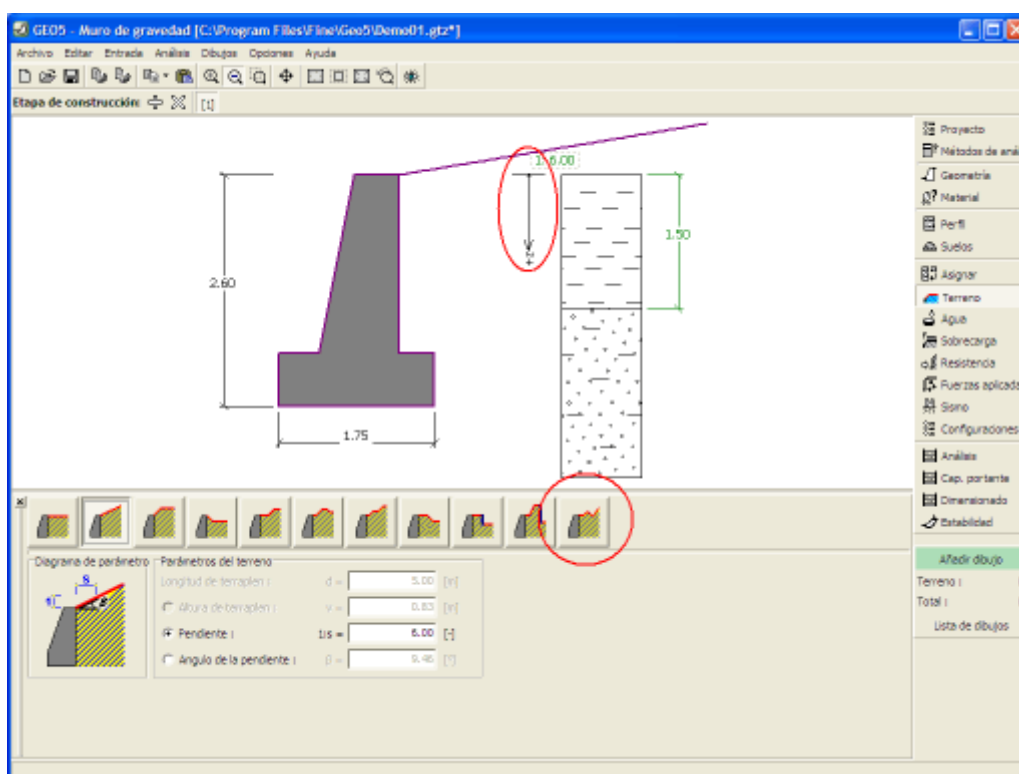
Cuadro "Relleno"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada [0,0] coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda **"Distribución de presión de tierras en terreno quebrado"**.



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro "Agua" permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("Diagrama de Parámetros") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

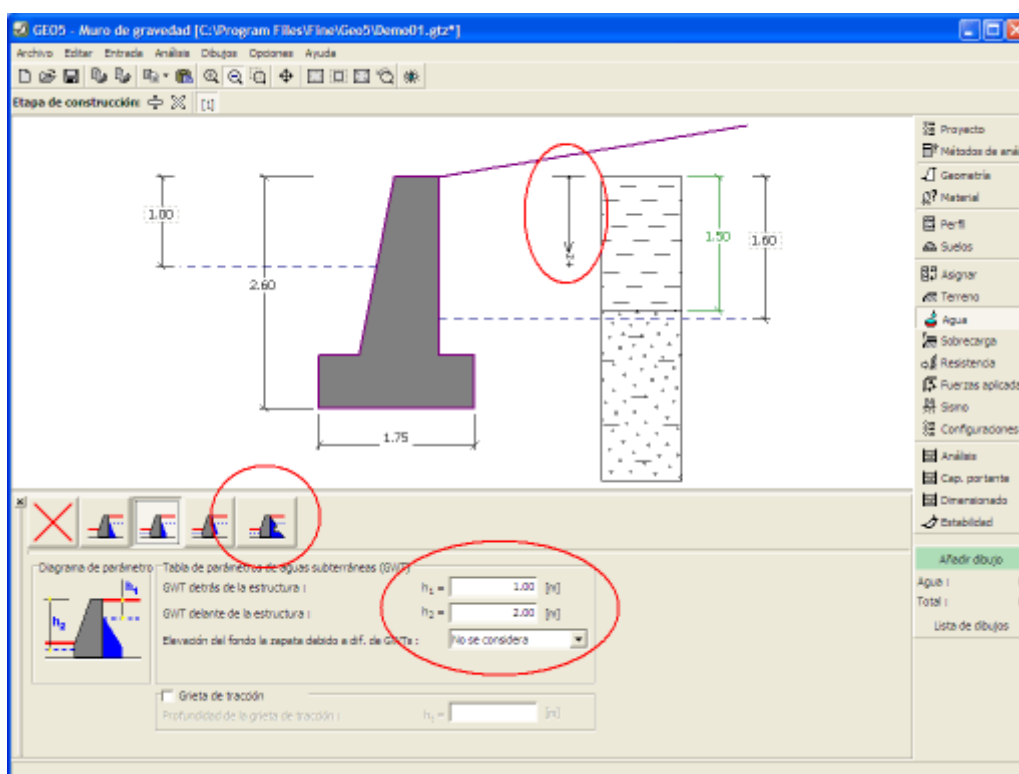
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas "**Delante de la estructura**" y "**Detrás de la estructura**" aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

El nivel freático también puede ser especificado por encima de la estructura o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia del agua**".

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

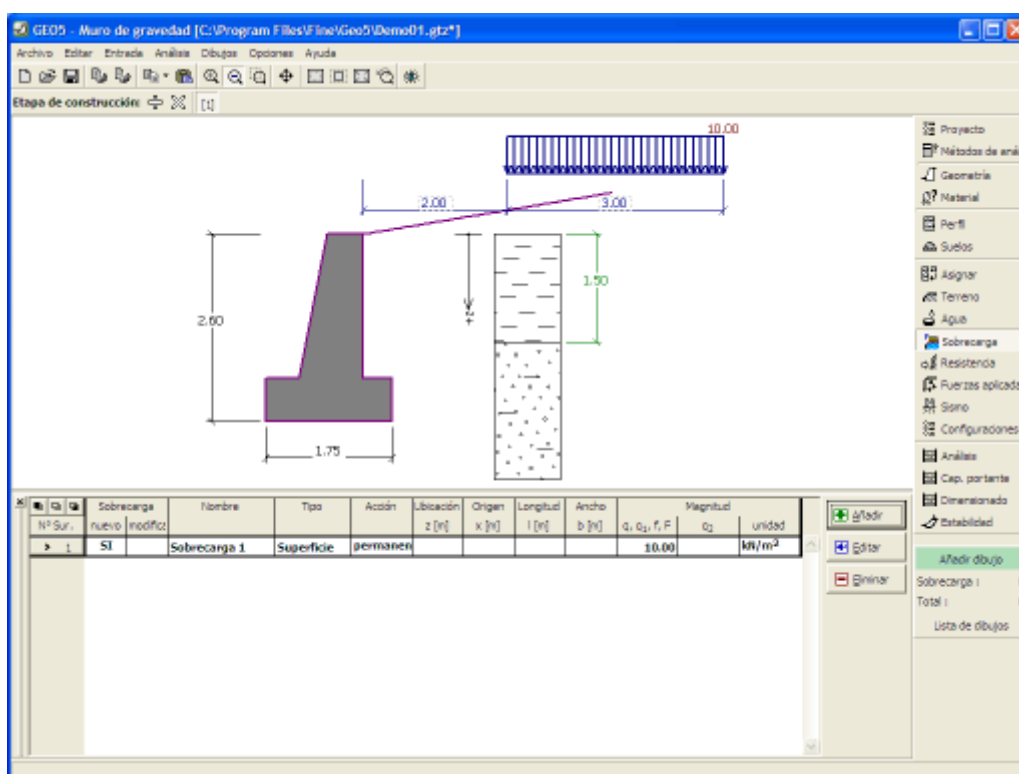
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** (editar) una nueva sobrecarga se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva (Editar) sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



Cuadro "Sobrecarga"

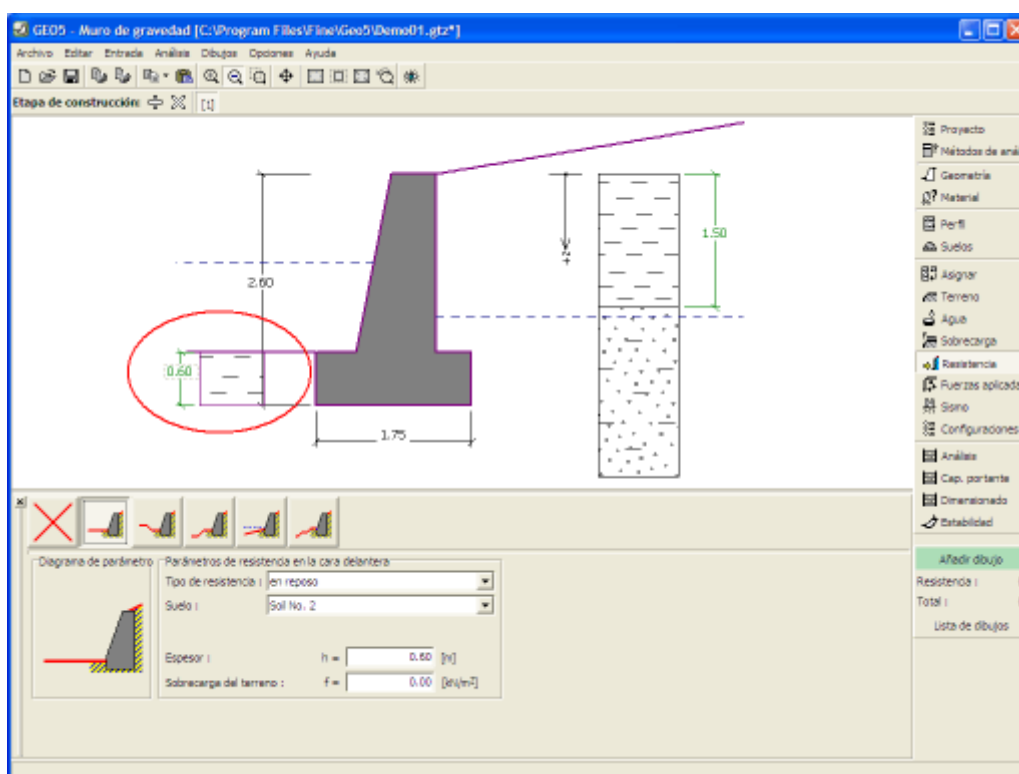
Resistencia

El cuadro **"Resistencia"** del suelo FF (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**").

También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



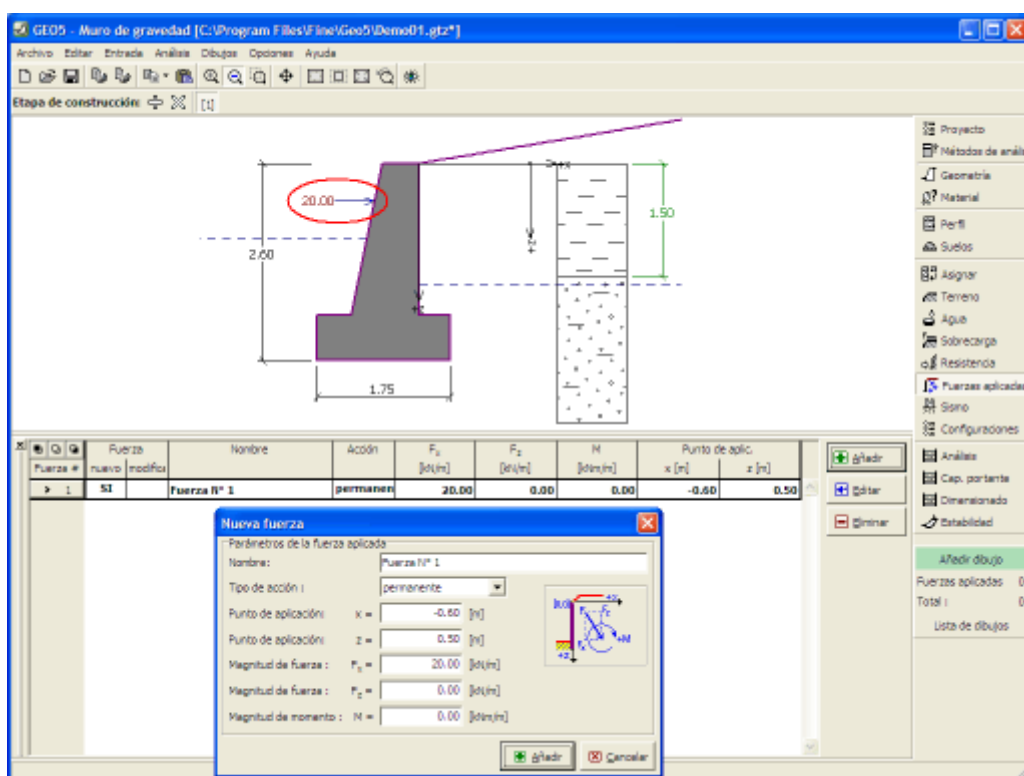
Cuadro "Resistencia" del suelo FF (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecargas**.



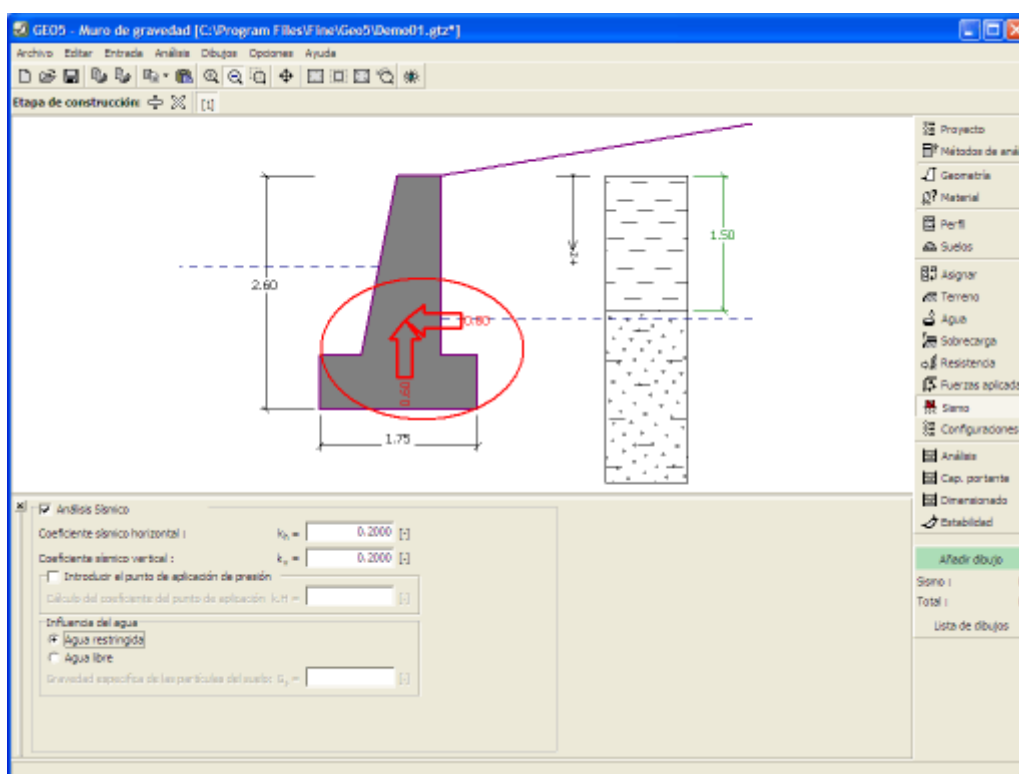
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



Cuadro "Sismo"

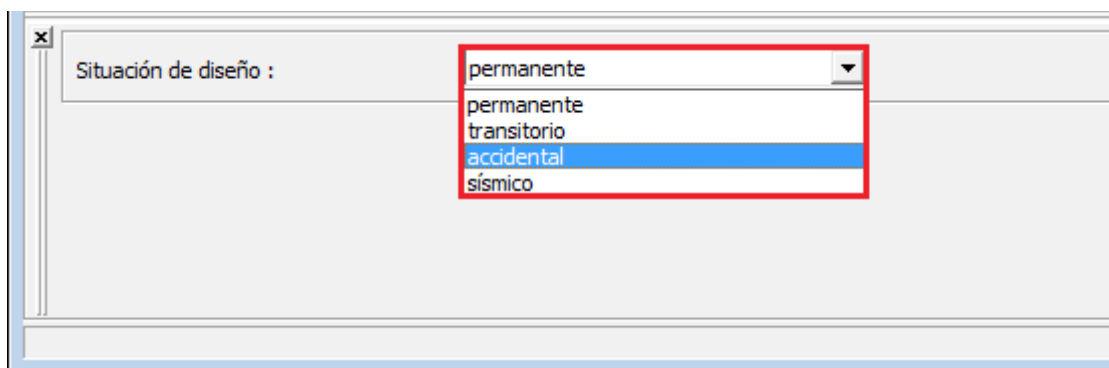
Configuración de etapa

El cuadro **"Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

Luego, el cuadro sirve para especificar el tipo de presión que actúa en el muro cuando el muro puede deflectarse. Cuando el muro tiene libertad de movimiento, se asume una **presión activa**, caso contrario, se utiliza la **presión en reposo**. La tercera opción permite cargar el muro por **presión activa aumentada**.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "Verificación de Equilibrio" muestra el resultado del análisis. Distintos cálculos pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

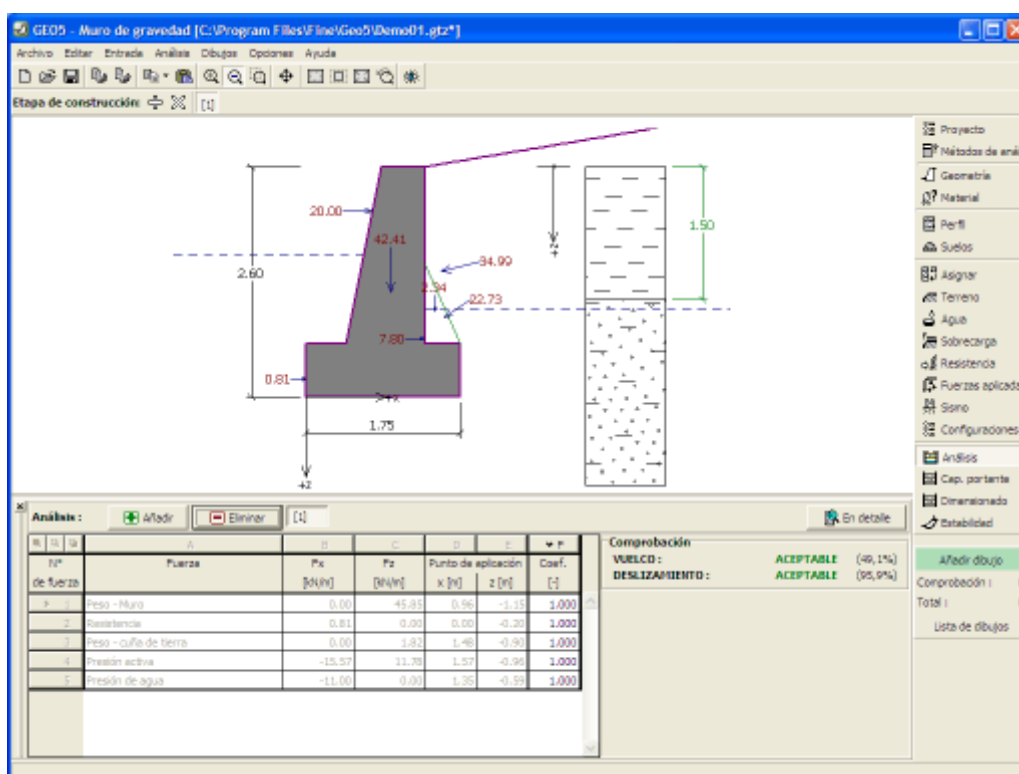
La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El procedimiento para **comprobación de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación de la Capacidad portante

El cuadro **"Verificación de Capacidad portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro **"Verificación de equilibrio"**.

El programa **"Zapata"**, **"Zapata por CPT"**, **"Pilote"** y **"Grupo de Pilotes"** considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa **"Pilote por CPT"**, solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón **"Ejecutar el programa Zapata"** se **abre el programa "Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón **"OK"** se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa **"Muro de gravedad"**. El programa **"Zapata"** debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.
- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata".**

El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Zapata"**.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote"**

El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s .
- **Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT"**

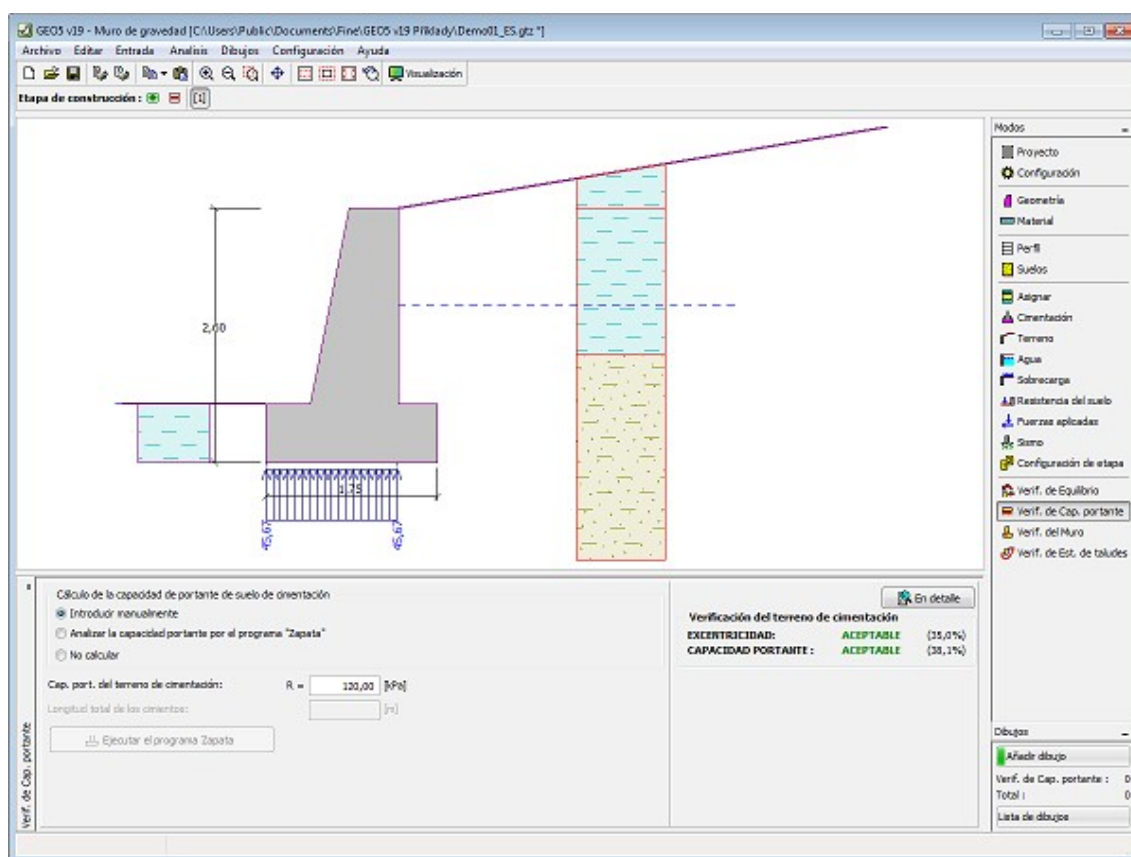
El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Pilote"**.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de pilotes"**

El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Grupo de pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l .
- **No calcular (cimentación sobre pilotes)**

La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de la Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro "Verificación del Muro" sirve para diseñar y verificar el refuerzo de una pared de sección transversal - la sección transversal sujeta al dimensionado se selecciona en el listado.

- **Control del espolón del muro**
- **Control de la junta de construcción** Se especifica la **profundidad** de la junta desde el borde superior de la construcción.
- **Control del salto del muro**

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cálculo de las fuerzas y sus acciones sobre la sección transversal analizada se describe [aquí](#). El tallo del muro y la junta de construcción son siempre cargadas por la **presión en reposo**.

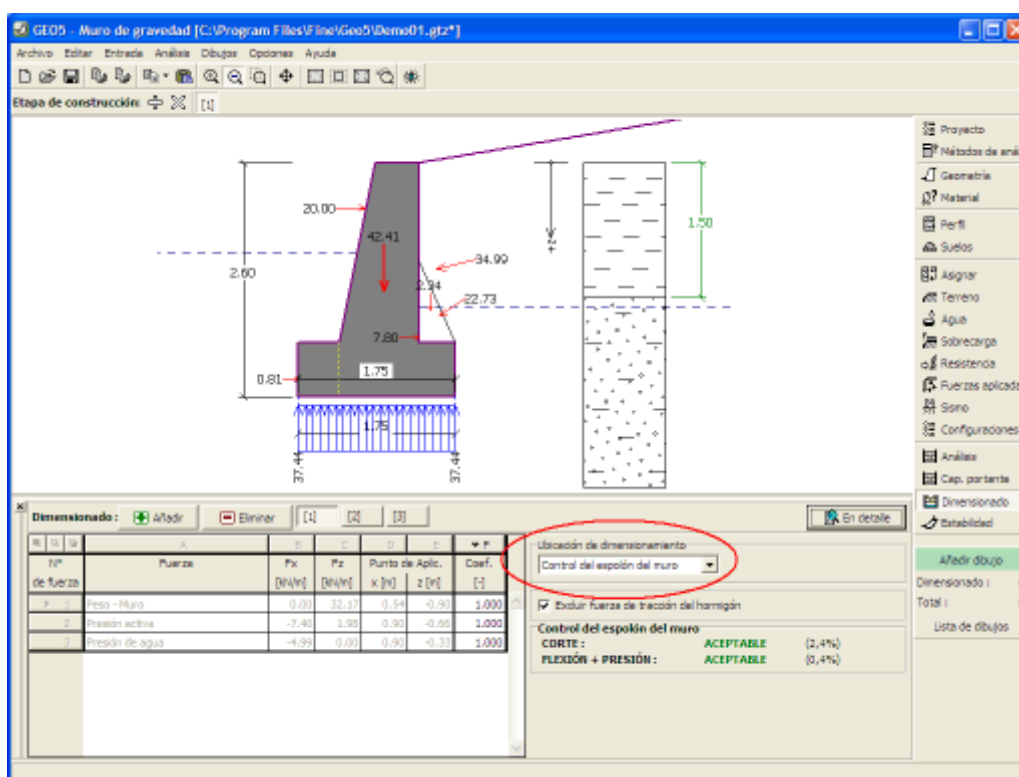
El **procedimiento de dirigir la distribución de fuerzas internas** en secciones transversales aisladas se describe en la parte teórica.

El **dimensionado de una estructura de hormigón de acero reforzada** se resuelve de acuerdo a la configuración estándar en el cuadro "Materiales y estándares".

Distintos cálculos para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo.

Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

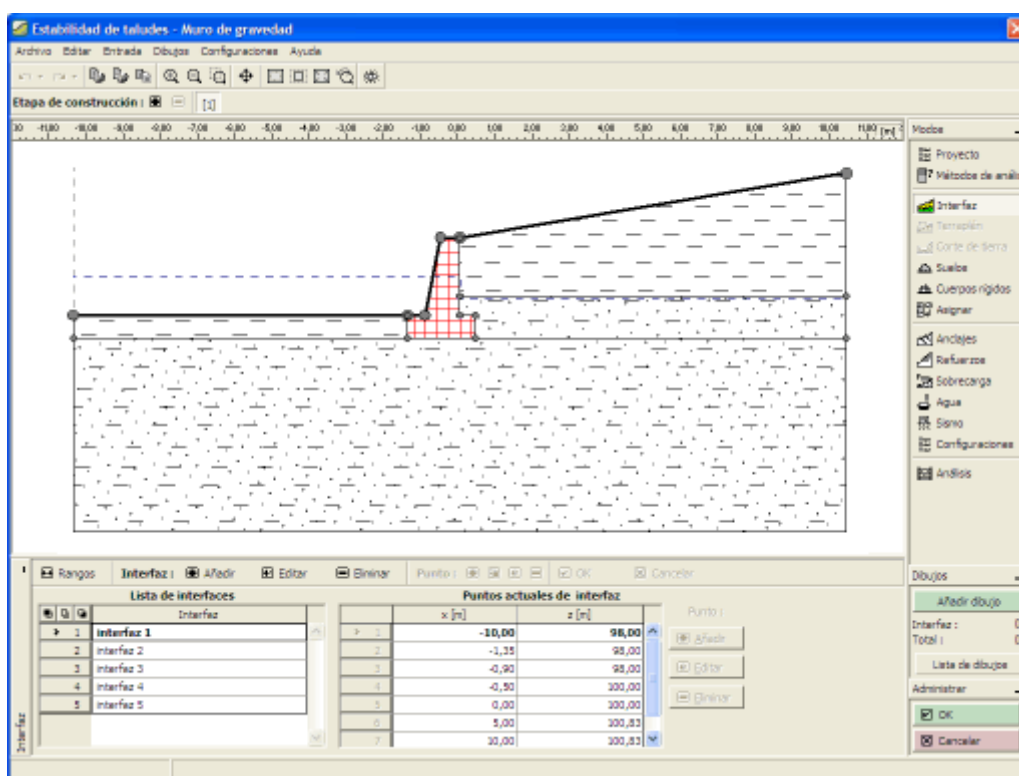


Cuadro "Verificación del Muro"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón "**Verificación de Estabilidad Global**" se ejecuta el programa "**Estabilidad de taludes**". El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa "**Estabilidad de taludes**" está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón "**OK**" para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa "**Muro de Gravedad**".



Cuadro "Verificación de Estabilidad Global"

Programa Muro Prefabricado

El programa se utiliza para verificar los muros de contención hechos de bloques prefabricados.

La ayuda en el programa "Muro Prefabricado" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Perfil	Suelos	Asignar	Cimentación
Relleno	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas	Sismo
Configuración de etapas	Verificación	Capacidad portante	Verificación del muro	Deslizamiento o en georefuerzo	Estabilidad	

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "Muro Prefabricado":

Tensión en el cuerpo del suelo	Presiones de tierra	Análisis de muros	Análisis de Capacidad
--------------------------------	---------------------	-------------------	-----------------------

Portante de Cimentación

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite crear configuraciones definidas por el usuario, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

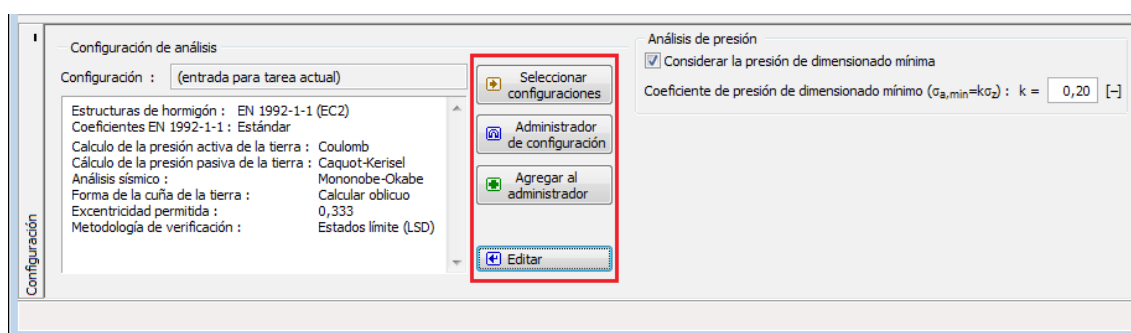
El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

El programa permite especificar un valor k de presión mínima de dimensionamiento (marcando la opción "**Considerar la presión mínima de dimensionamiento**"). Para las estructuras reales se mostró que se comportan de manera problemática al considerar suelos cohesivos detrás del muro de los bloques superiores de la estructura. Por esta razón se recomienda aplicar un valor k en el cálculo para el caso de relleno que consiste en suelos cohesivos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de muros**".



Cuadro "Configuración"

Geometría

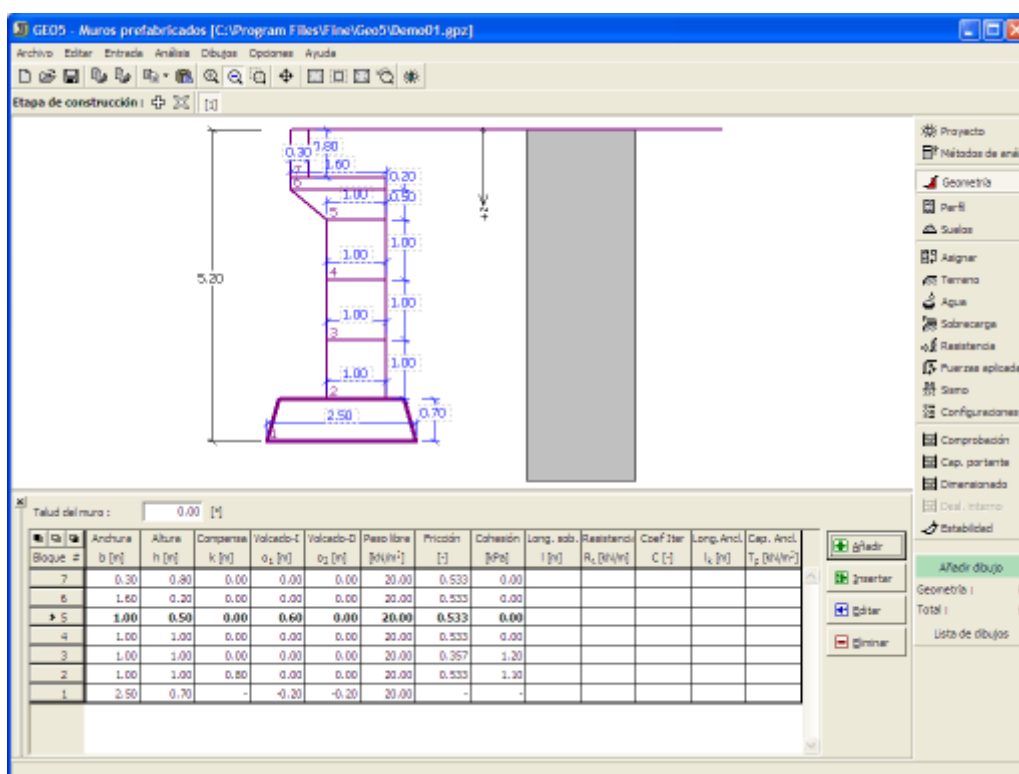
El cuadro "**Geometría**" contiene una tabla con un listado de estructuras prefabricadas (denominadas: bloques) introducidos (el bloque más bajo está etiquetado como nº 1). Para añadir bloques se utiliza el cuadro de diálogo "**Nuevo bloque**".

El cuadro de diálogo sirve para definir la **geometría del bloque**, **parámetros de refuerzos** (longitud sobresaliente, potencia del refuerzo, resistencia a la extracción) y las **características de los materiales** (peso propio, fricción entre bloques, cohesión)

El programa permite introducir un nuevo bloque entre dos bloques ya existentes de una estructura. Para añadir el nuevo bloque utilizar el cuadro de diálogo "**Insertar bloque**" que se muestra presionando el botón "**Insertar**". El nuevo bloque precede al bloque de la estructura actualmente seleccionado.

Los bloques introducidos pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos** o de las **dimensiones activas**. - Haciendo doble click en la estructura se abre un cuadro de diálogo con el bloque dado. **Cuando se utilizan objetos activos, no se debe habilitar la visualización de dimensiones detalladas en el cuadro "Configuración de gráficos"**.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

Perfil

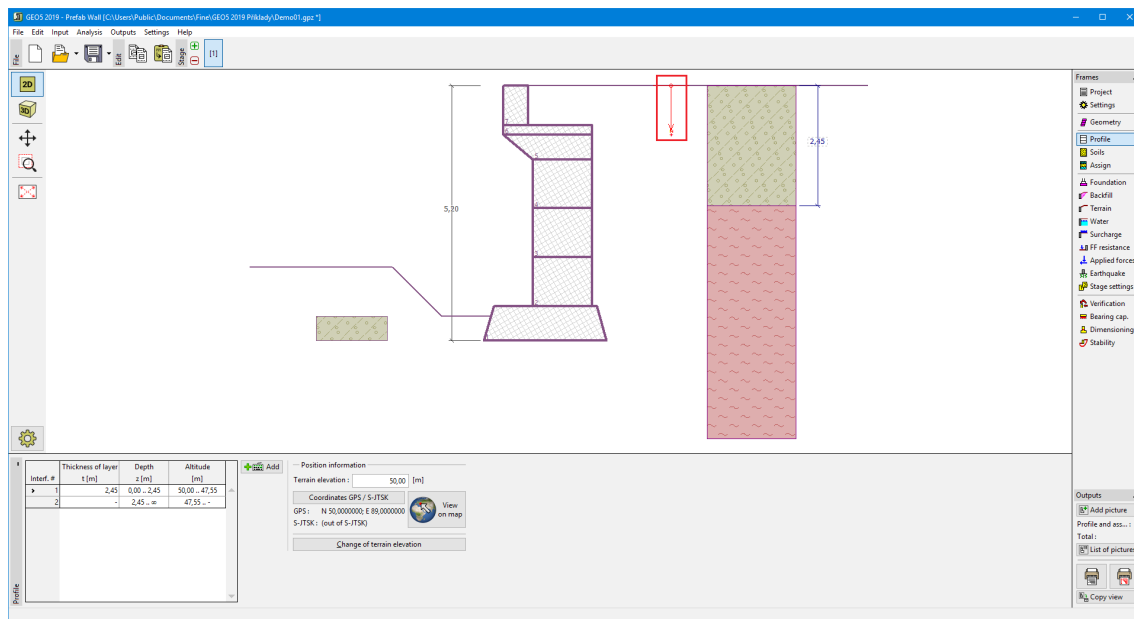
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las dimensiones activas.

Para añadir capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible mostrar una estructura en Google Maps usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" o "Estratigrafía".



Cuadro "Perfil"

Suelos

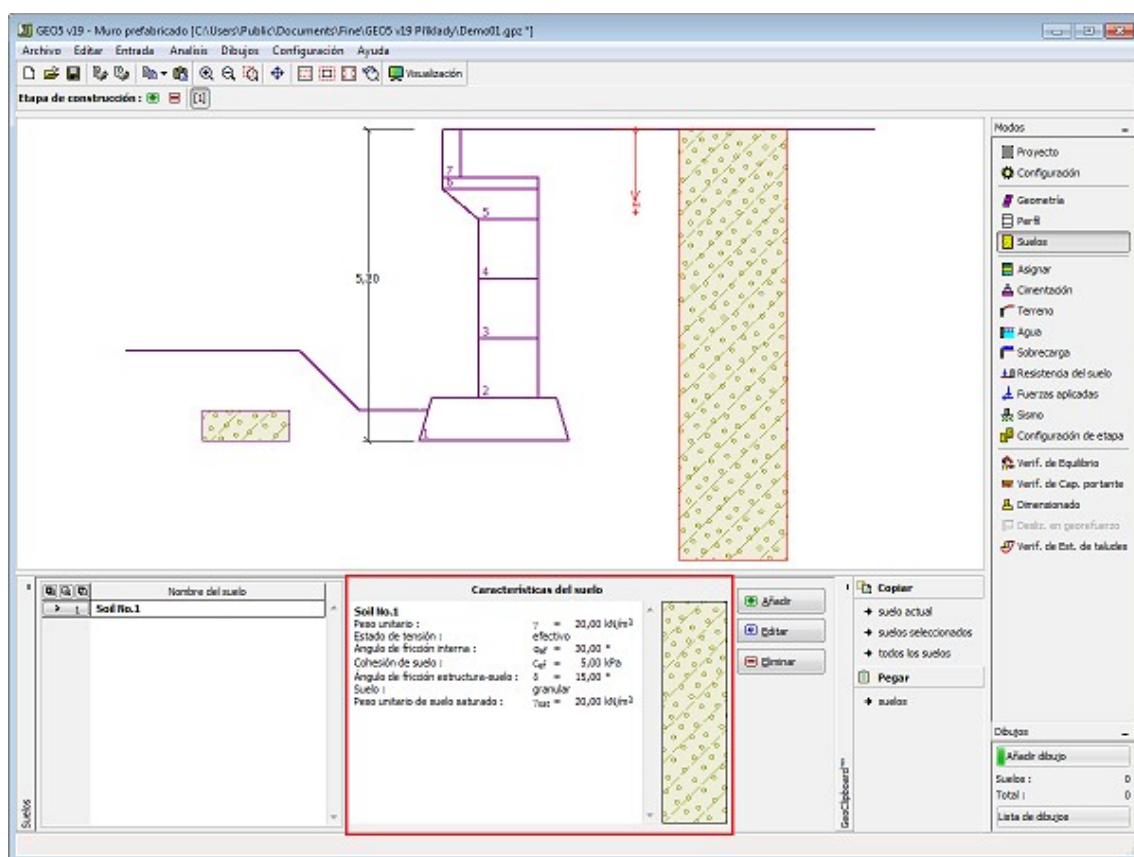
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre : Limo arenoso (MS), consistencia blanda

Limo arenoso (MS), consistencia blanda

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 18,00$ [kN/m³] 18,0

Estado de tensión : efectivo

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} = 26,50$ [°] 24-29

Cohesión de suelo : $c_{ef} = 12,00$ [kPa] 8-16

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 15,00$ [°]

Presión en reposo

Suelo : cohesivo

Coeficiente de Poisson : $\nu = 0,35$ [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión : Estándar

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 21,00$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

GEO

Trama

Limo arenoso

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

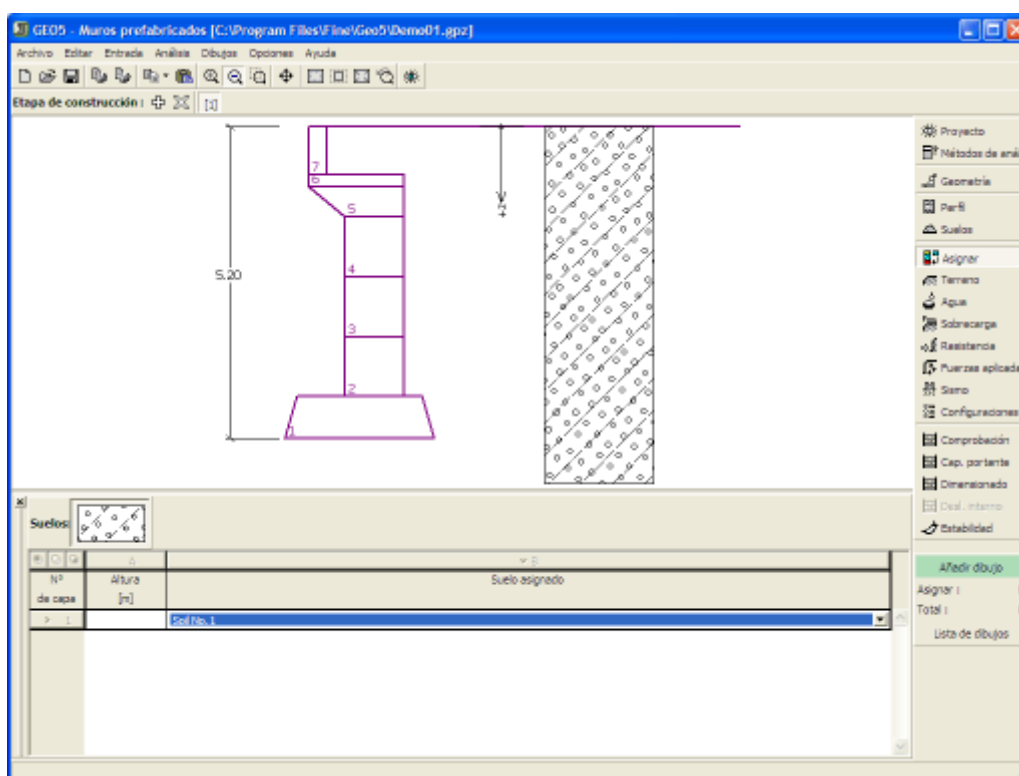
Cancelar

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

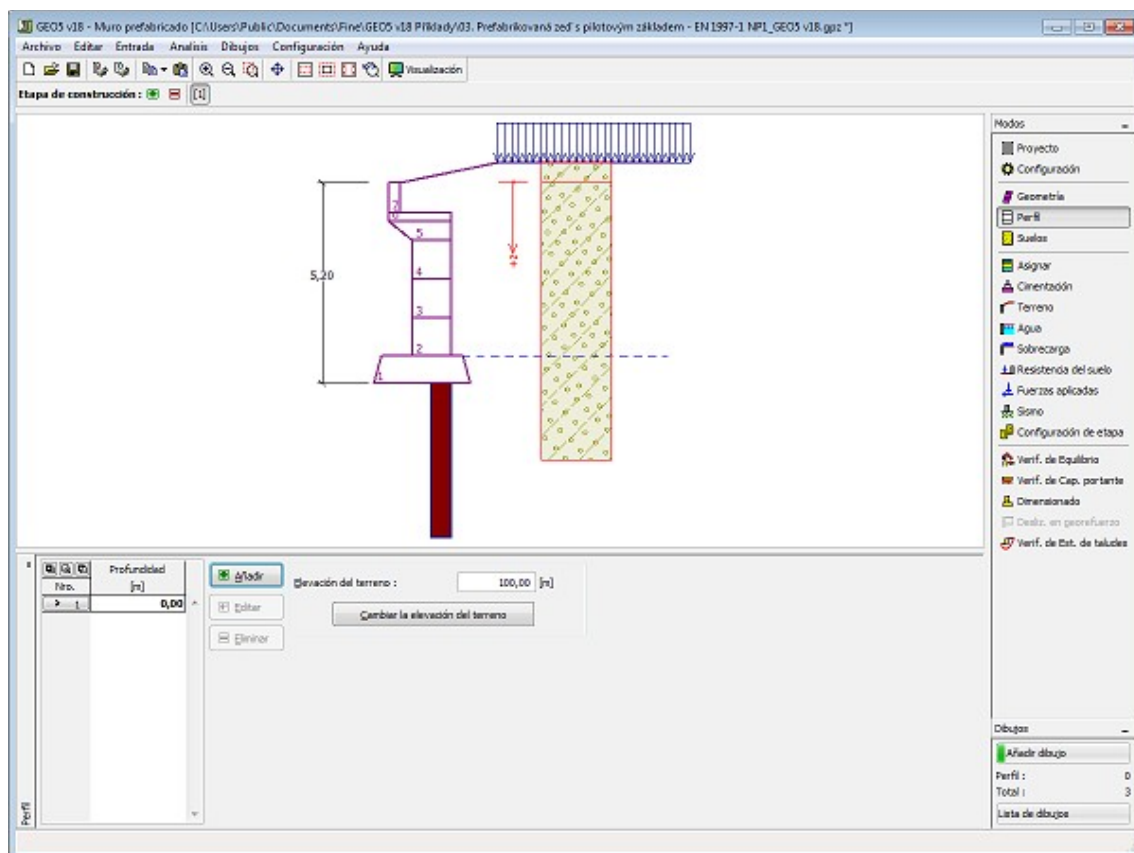
Cimentación

El cuadro "Cimentación" sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro "Perfil".
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción "**Entrada del ángulo de fricción base-suelo**" requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción "**Entrada de coeficiente de fricción**" requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro "Suelos") o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de "Geometría". La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro actual** (verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

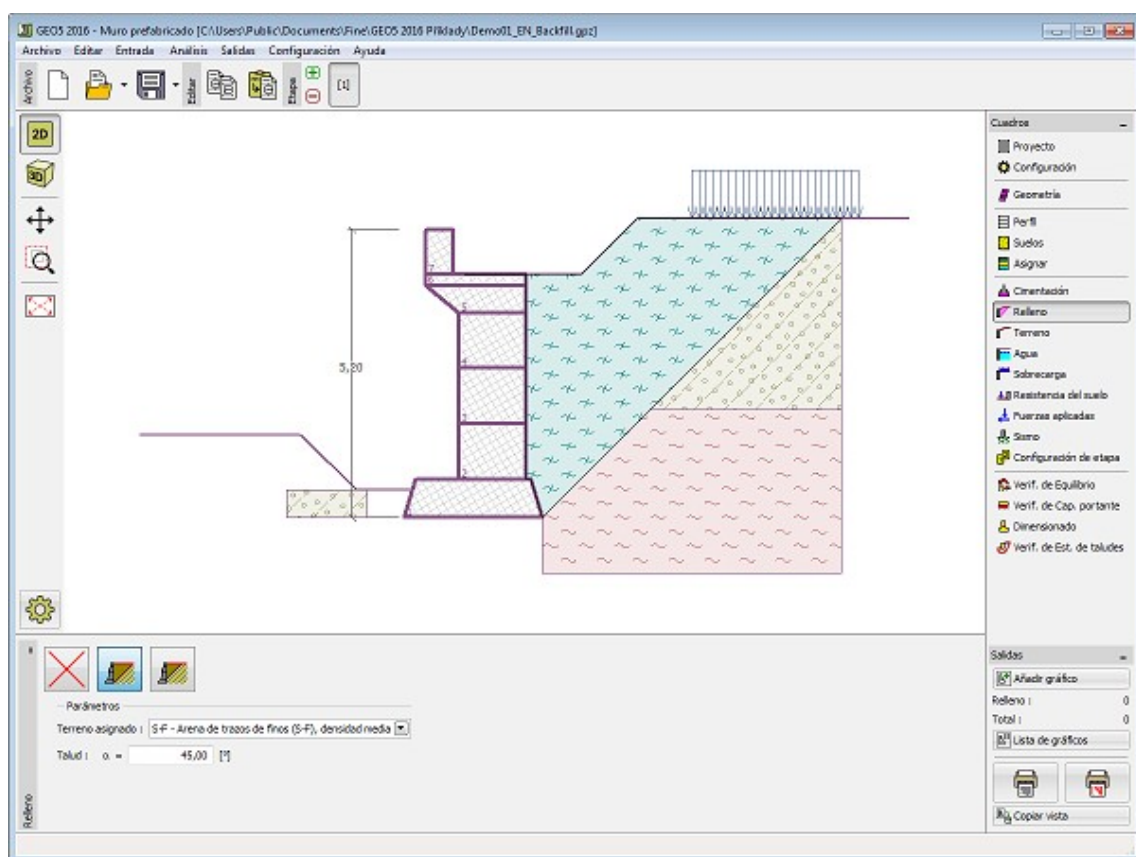


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El **cuadro "Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro "**Suelos**"). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



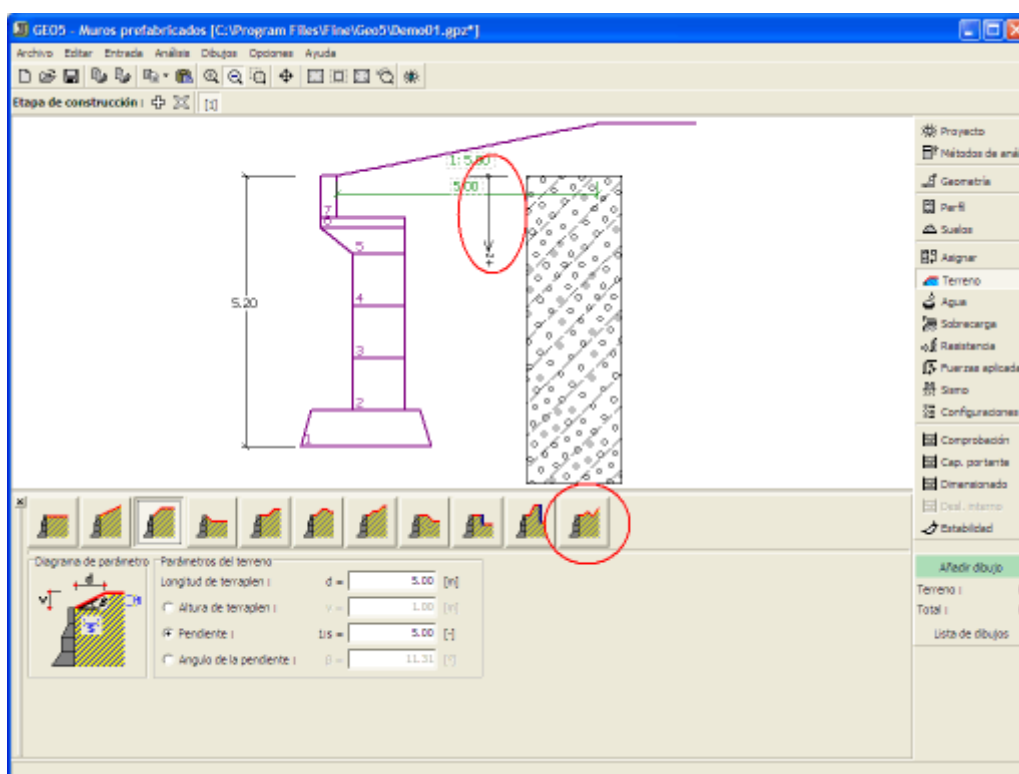
Cuadro "Relleno"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda **"Distribución de presión de tierras en terreno quebrado"**.



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica (**"Diagrama de Parámetros"**) de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

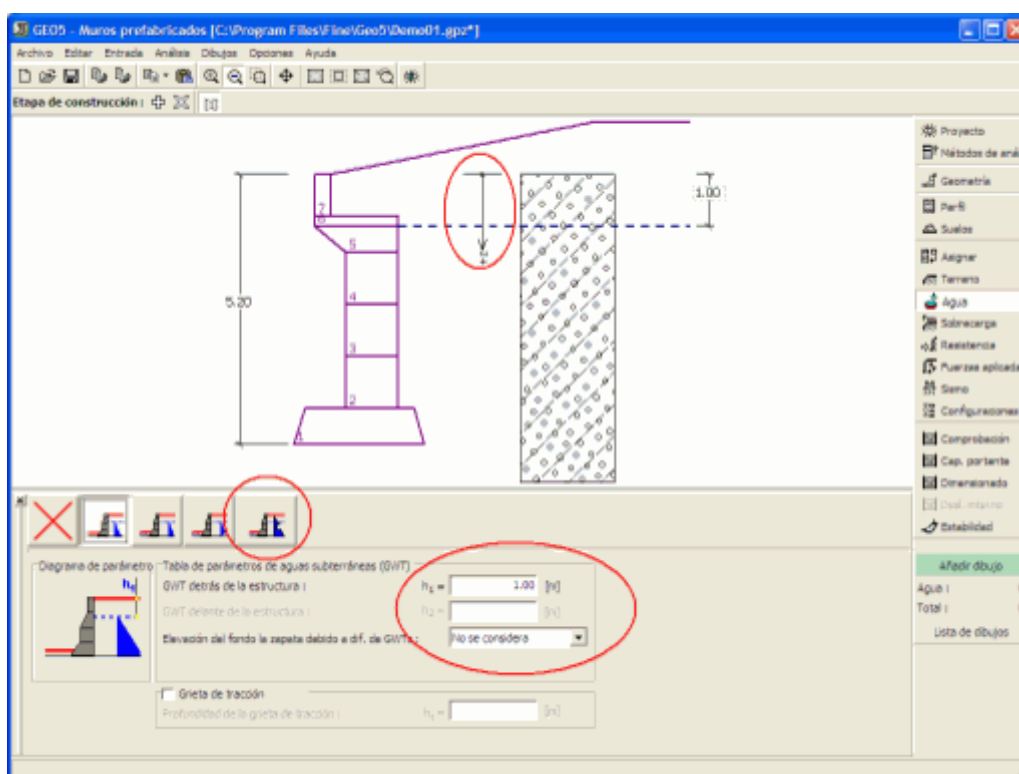
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad " z " (eje- z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

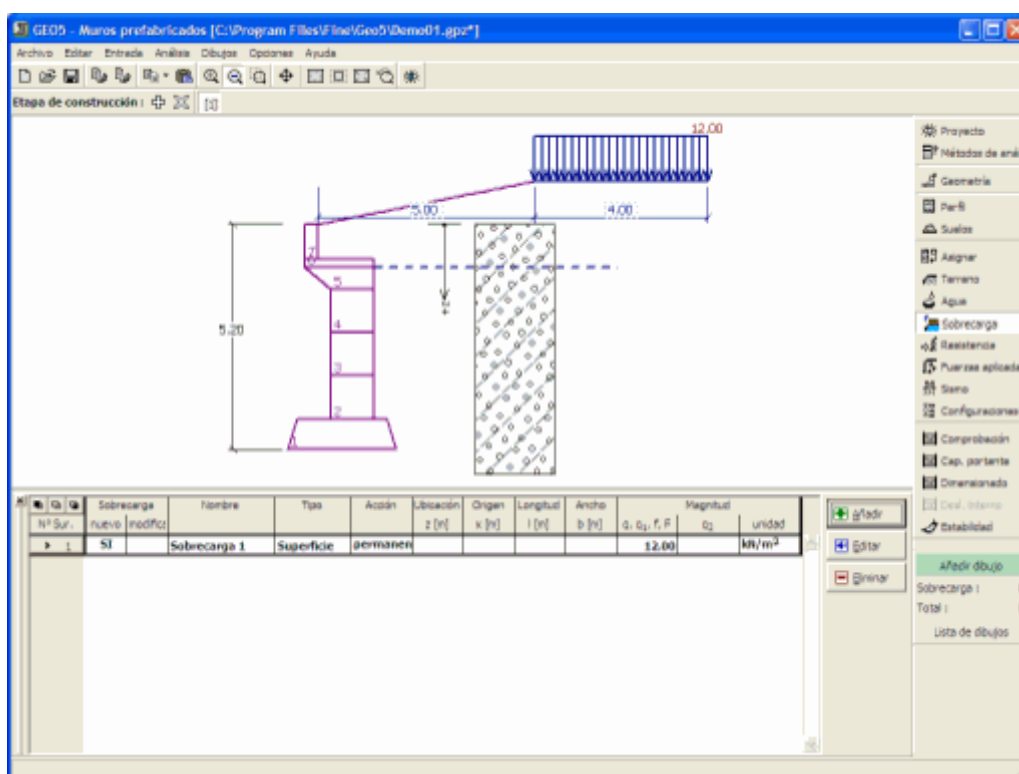
Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir (editar) sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas o con los objetos activos respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. Cuando una sobrecarga se encuentra fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sobrecarga".



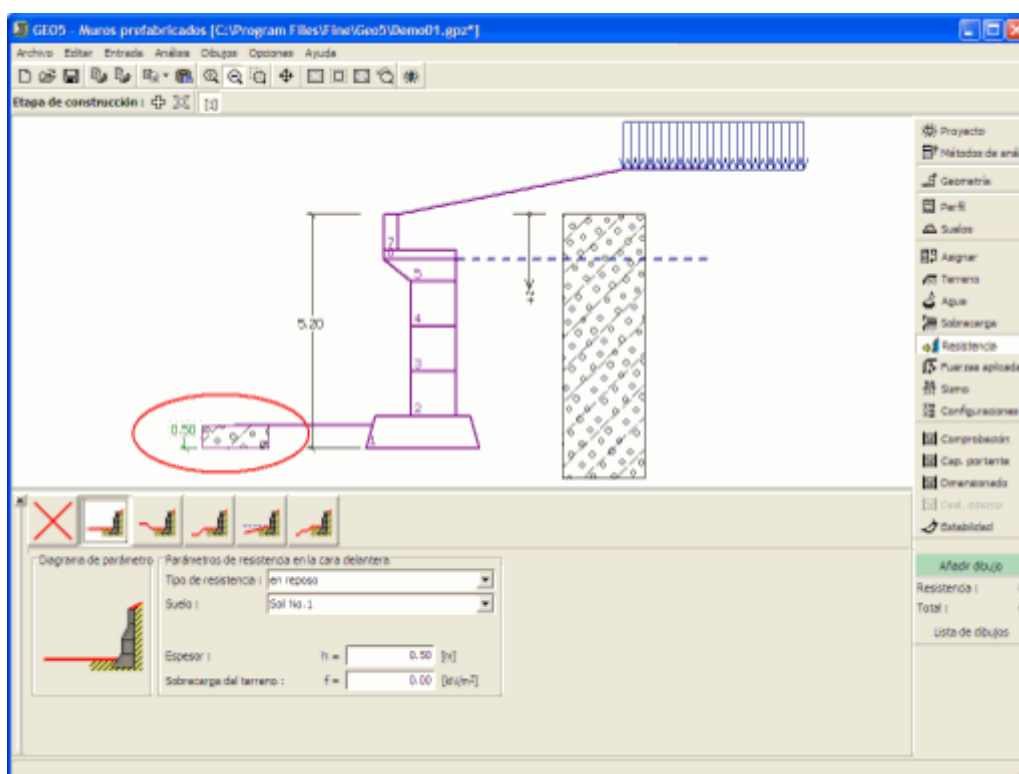
Cuadro "Sobrecarga"

Resistencia

El cuadro **"Resistencia"** del suelo FF (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**"). También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



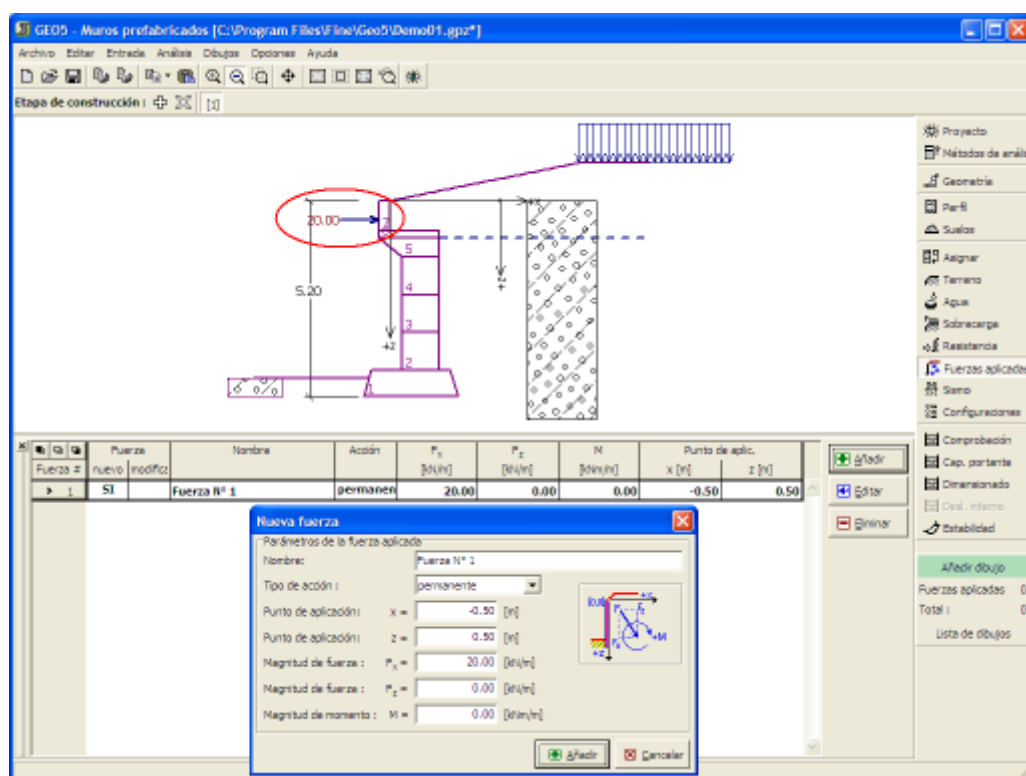
Cuadro "Resistencia" del suelo FF (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas ingresadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de cartelera, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



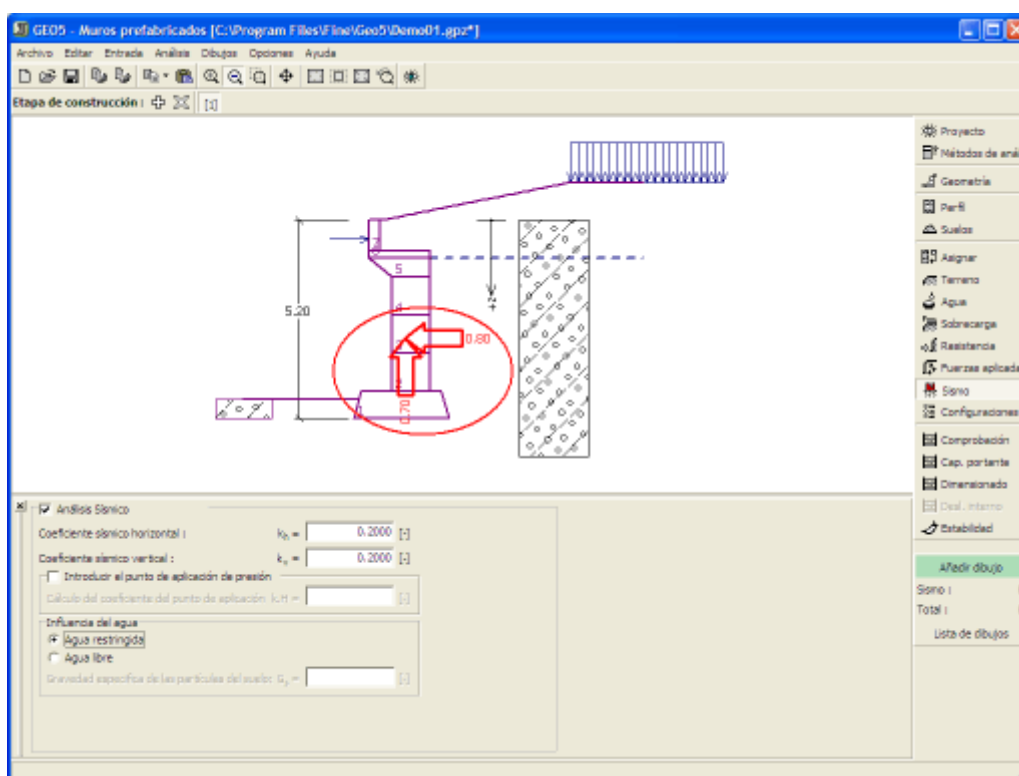
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



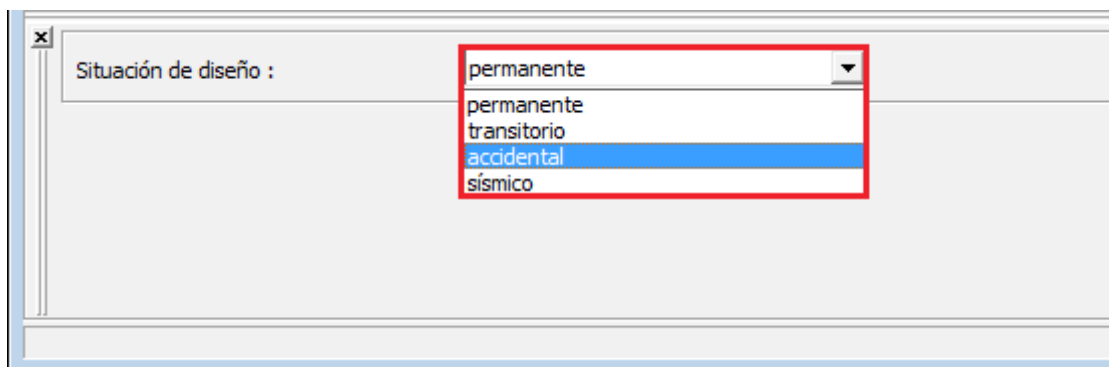
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "Verificación de equilibrio" muestra el resultado del análisis. Distintos cálculos pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

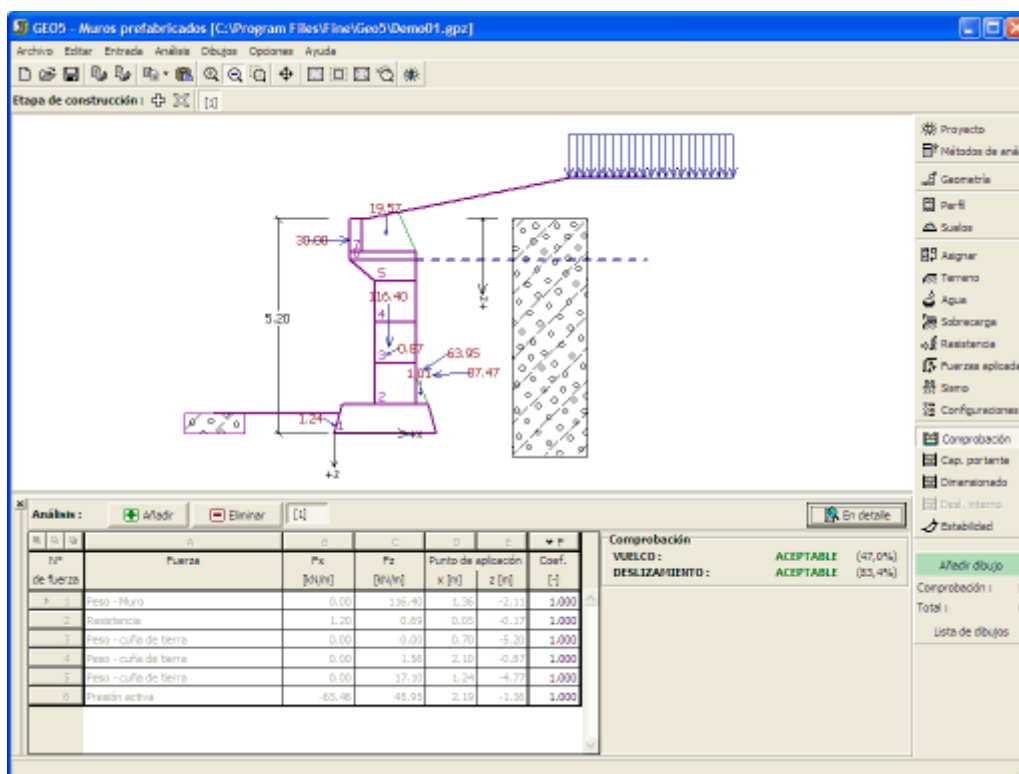
La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El procedimiento para **verificación de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de equilibrio"

Verificación de Capacidad portante

El cuadro **"Verificación de Capacidad portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro **"Verificación de equilibrio"**.

El programa "**Zapata**", "**Zapata por CPT**", "**Pilote**" y "**Grupo de Pilotes**" considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa "**Pilote por CPT**", solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón "**Ejecutar el programa Zapata**" se **abre el programa "Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón "**OK**" se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa "**Muro prefabricado**". El programa "**Zapata**" debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.
- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata".**

El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "**Zapata**".
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote"**

El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "**Zapata**". El botón "**Ejecutar el programa Pilotes**" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "**Cimentación**"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s .
- **Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT"**

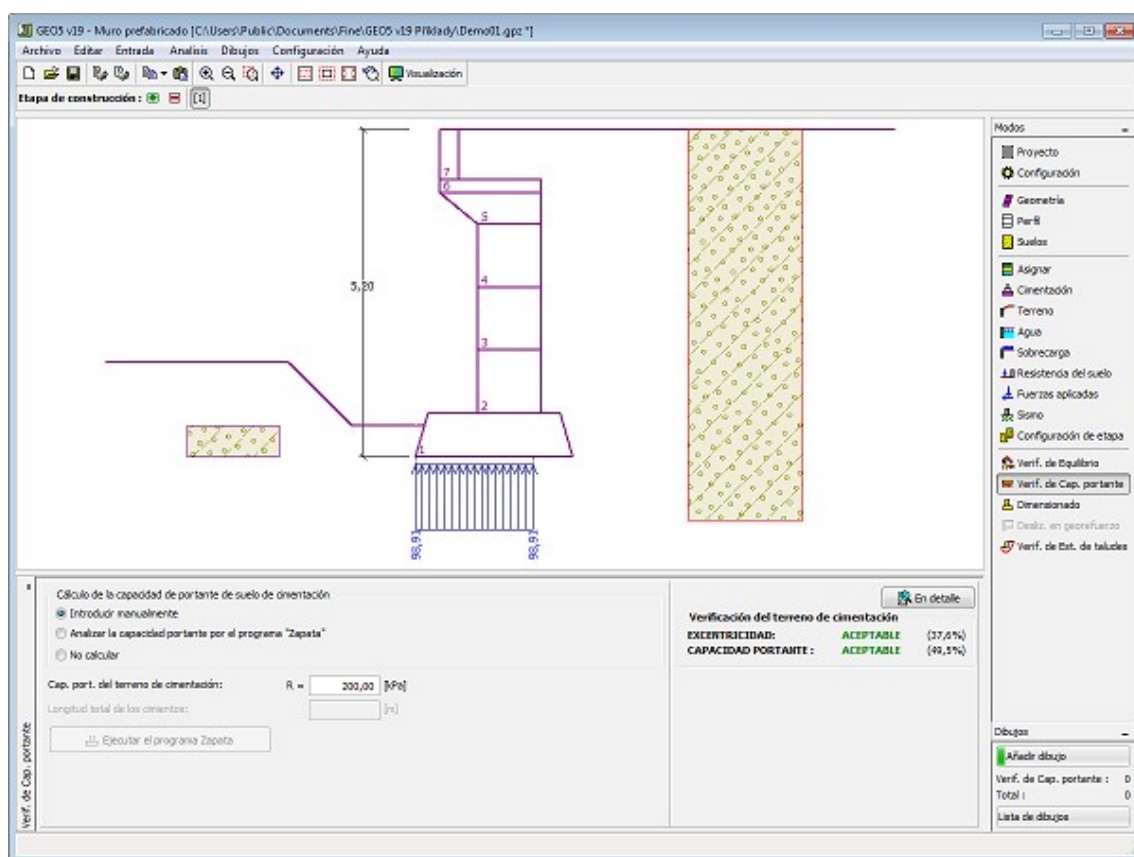
El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "**Pilote**".
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de pilotes"**

El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "**Zapata**". El botón "**Ejecutar el programa Grupo de pilotes**" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "**Cimentación**"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l .
- **No calcular (cimentación sobre pilotes)**

La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación de Capacidad portante"

Verificación del Muro

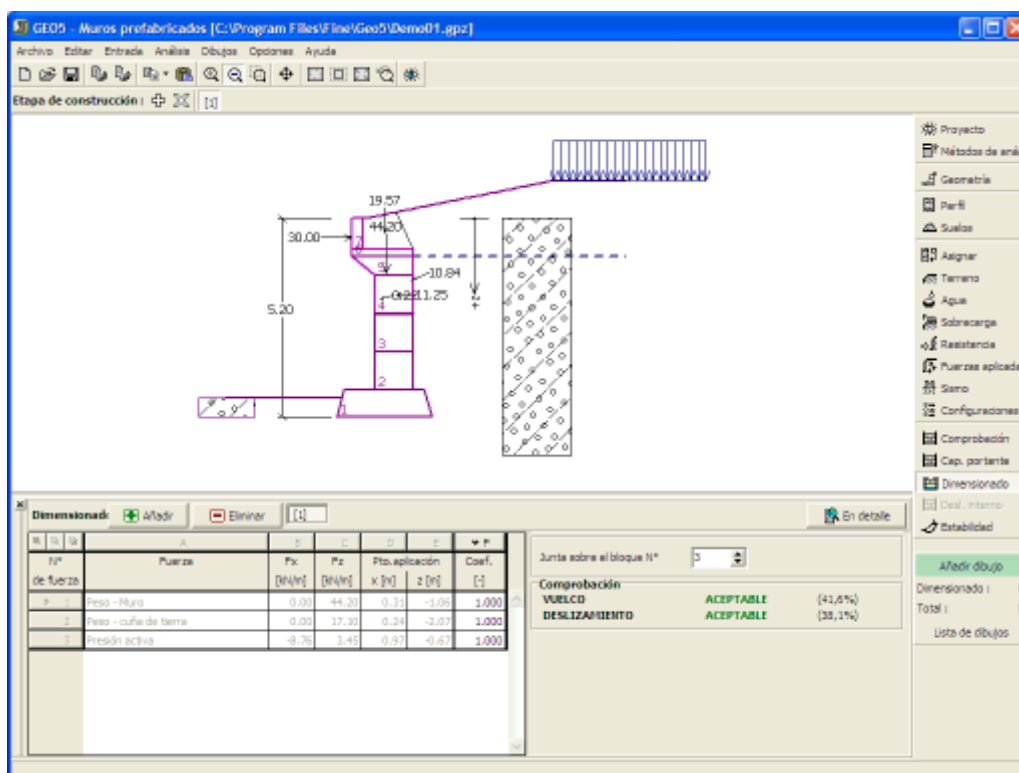
El cuadro **"Verificación del Muro"** permite verificar las juntas entre distintos bloques de muros. El campo **"Junta en el bloque N°"** sirve para introducir la junta que se desea analizar. La verificación contra **vuelco** y **deslizamiento** se realiza de la misma forma que para una **pared completa** - la fricción entre bloques y la cohesión del material del bloque se introduce en el cuadro **"Geometría"**.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Distintos **cálculos** para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo. Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación del muro"

Deslizamiento en georefuerzo

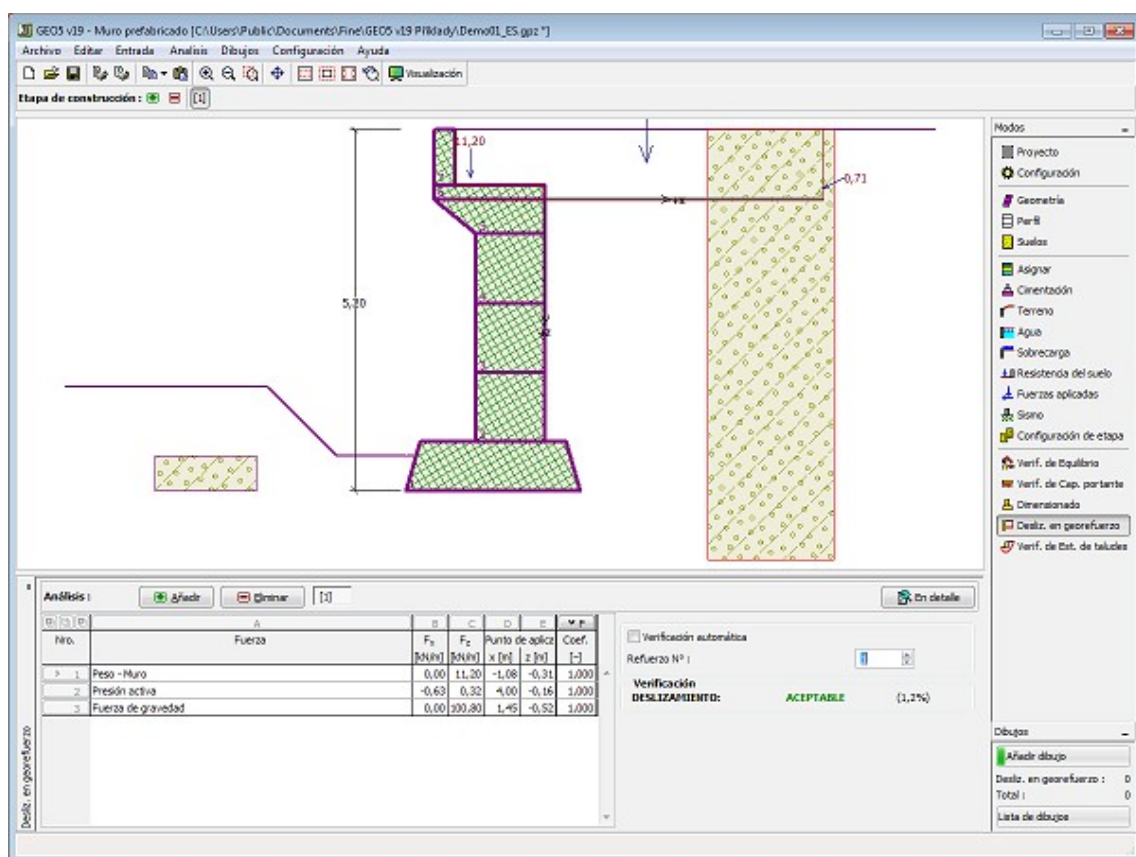
El **cuadro** sirve para verificar el estado límite para de deslizamiento a lo largo de refuerzo. Solo se puede acceder al cuadro en las **etapas** donde se definen refuerzos.

El cuadro requiere que se introduzca el número del refuerzo - y se muestran las fuerzas introducidas junto con la forma del bloque móvil. El cálculo de las fuerzas son almacenadas en la **tabla**.

Distintos cálculos para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo. Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

El proceso de verificación depende de lo configurado en la solapa "**Análisis de muro**" - Ya sea basado en **Factores de seguridad** o de acuerdo a la **teoría de los Estados límite**. El proceso de solución se describe en **herencia**.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".

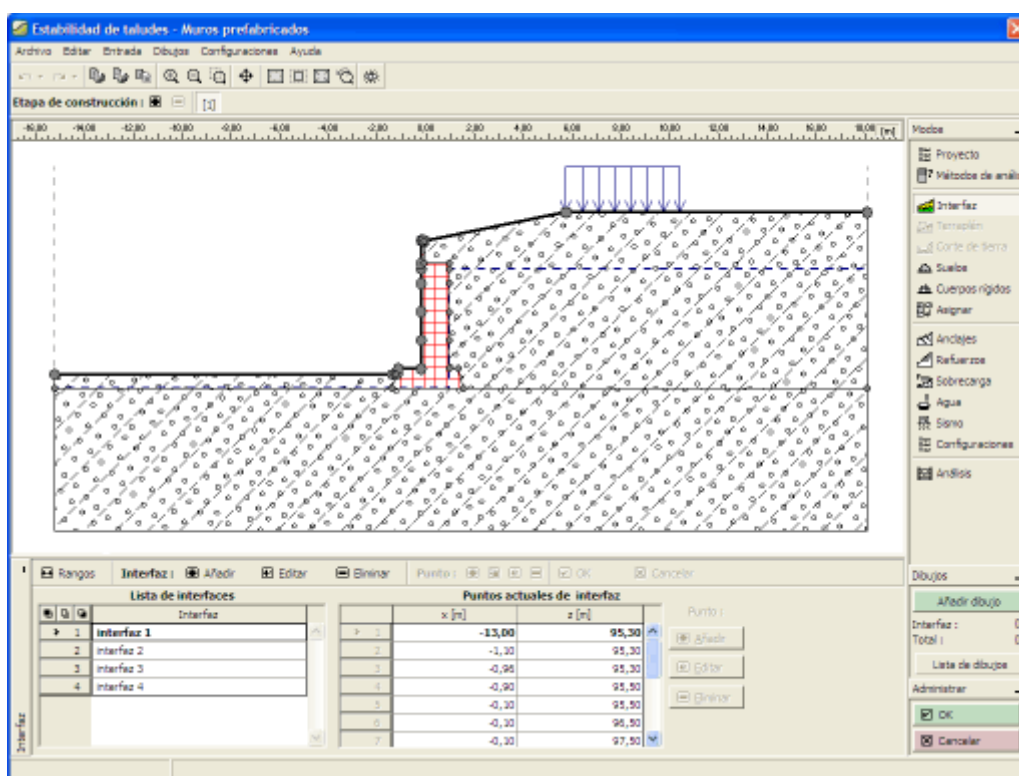


Cuadro "Deslizamiento en georeforzo"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón **"Verificación de Estabilidad Global"** se ejecuta el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"OK"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Muros prefabricados"**.



Cuadro "Verificación de Estabilidad Global"

Programa Muro de Mampostería

Verificación de los muros de mampostería reforzados según las normas AS 3700.

La ayuda en el programa "Muro de Mampostería" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Tipo de Bloques	Material	Perfil	Suelos
Asignar	Cimentación	Relleno	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal
Fuerzas Aplicadas	Sismo	Base en Anclajes	Configuración de etapas	Verificación	Capacidad Portante	Verificación del Muro
Estabilidad						

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "Muro de Mampostería"

Tensión en el Presiones de Analisis de muros Análisis de Dimensionado de

cuerpo del suelo tierra

Capacidad
Portante de
CimentaciónEstructuras de
Hormigón

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser

también **exportados e importados**.

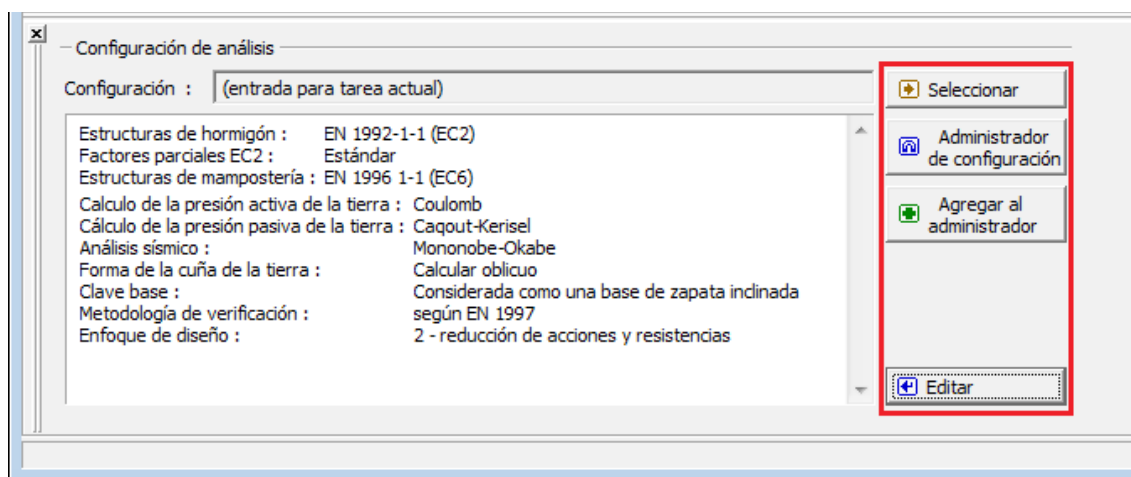
El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de muros**".



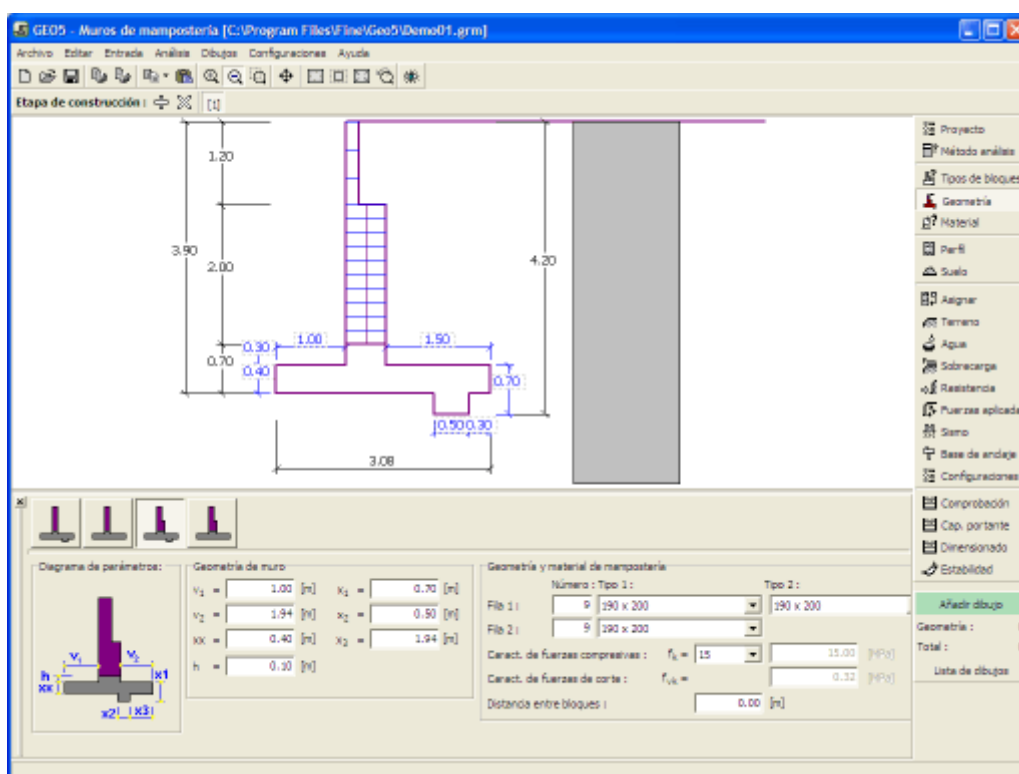
Cuadro "Configuración"

Geometría

El **cuadro "Geometría"** permite, presionando un botón, seleccionar la forma del muro. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del muro puede ser editada en el cuadro, insertando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Basándose en la forma del muro seleccionada, debe especificar en el cuadro "**Geometría y material de mampostería**" el número y las dimensiones de los bloques de mampostería en distintas columnas, y si es aplicable, también el espesor de la junta vertical entre los bloques. Es necesario introducir la fuerza compresiva de la mampostería, la cual sirve como parámetro de entrada básica para la comprobación de la capacidad portante de refuerzos de mampostería (de acuerdo con **EN 1996-1-1** o **AS 3700**).

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



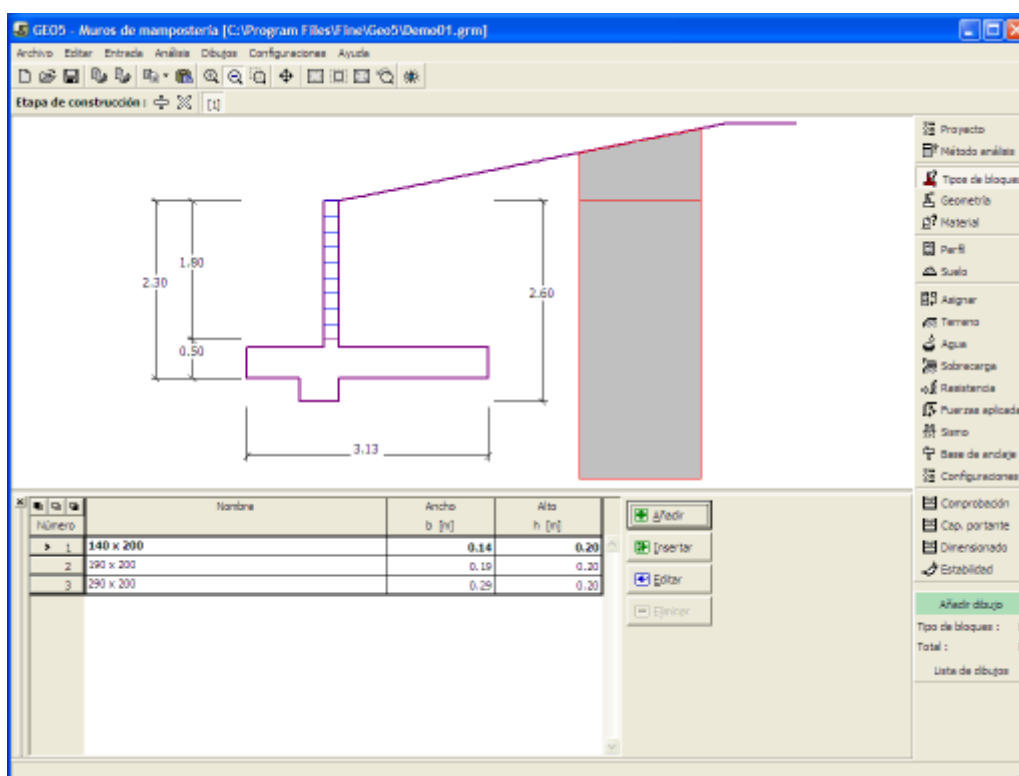
Cuadro "Geometría"

Tipos de bloques

El cuadro **"Tipos de bloque"** contiene una **tabla** con un listado de bloques introducidos. Para **añadir** (editar) bloques se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo (Editar) tipo de bloque"**.

Este cuadro sirve para definir la **geometría del bloque** (peso y altura).

El programa permite añadir (insertar) otro bloque en medio de dos bloques ya existentes de una estructura. El ingreso del nuevo bloque se realiza en el cuadro de diálogo **"Insertar tipo de bloque"** que se complementa con el cuadro de diálogo **"Nuevo tipo de bloque"**s. El bloque insertado se ordena como para continuar con el bloque actualmente seleccionado de una estructura.



Cuadro "Tipos de Bloques"

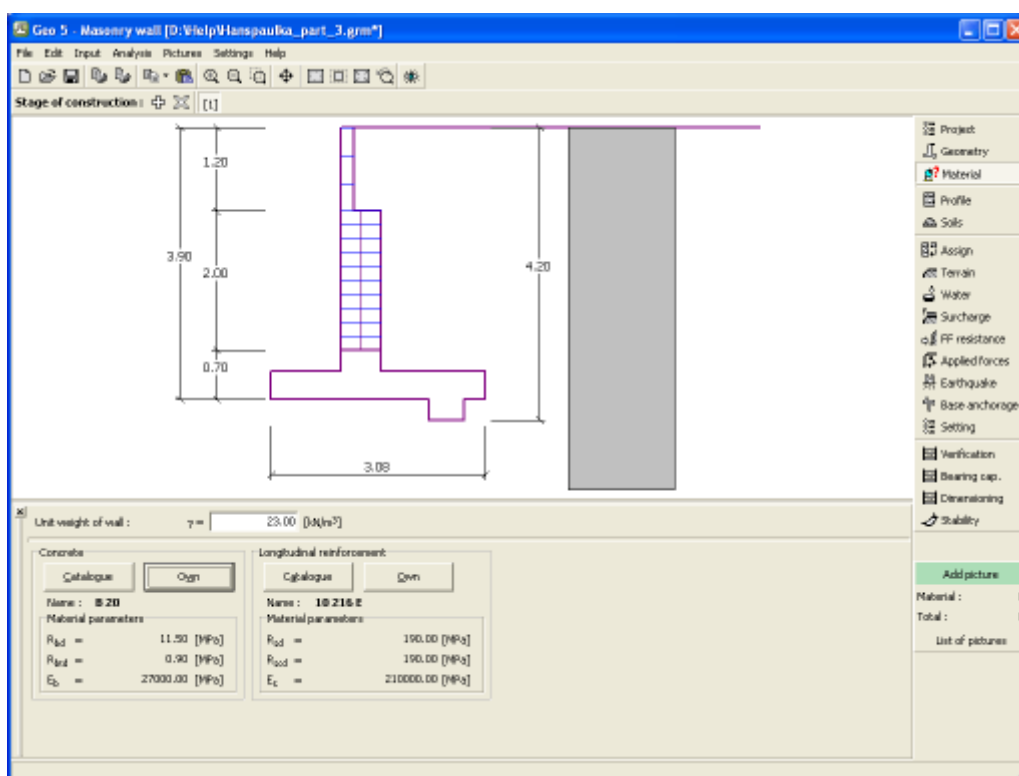
Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar los parámetros de los materiales. La **unidad de peso** se introduce en el campo de entrada en la parte superior del cuadro.

Dos opciones están disponibles cuando seleccionamos el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** donde se puede seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material"** - el cual sirve para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar seleccionado para el diseño de la estructura de hormigón configurada en la solapa **"Materiales y estándares"**.



Cuadro "Material"

Perfil

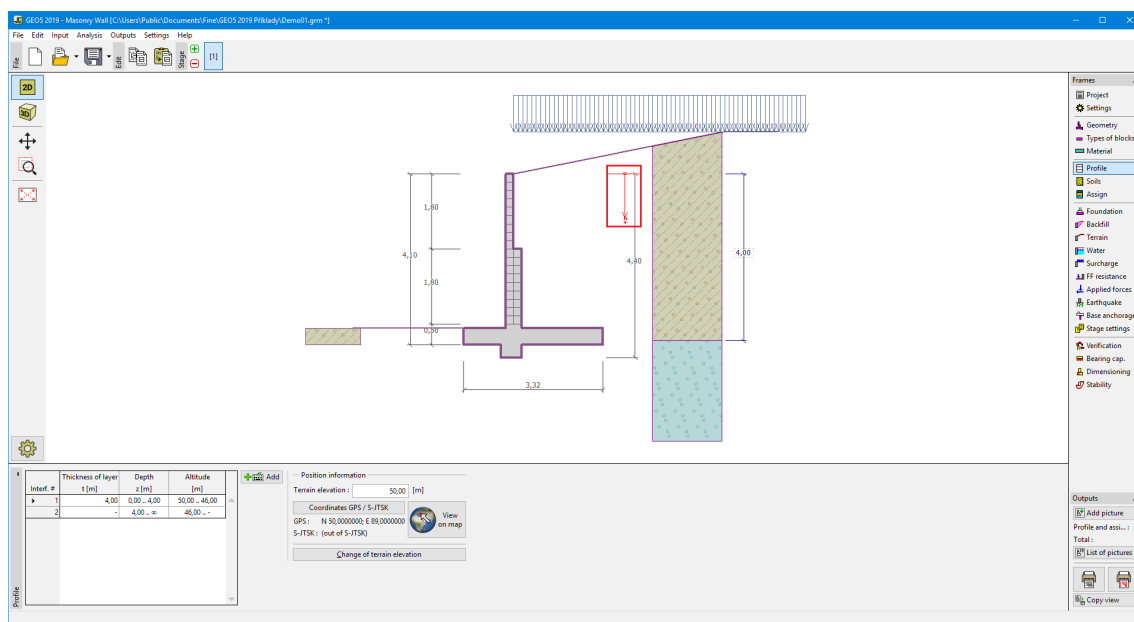
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las dimensiones activas.

Para añadir capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible mostrar una estructura en Google Maps usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía".



Cuadro "Perfil"

Suelos

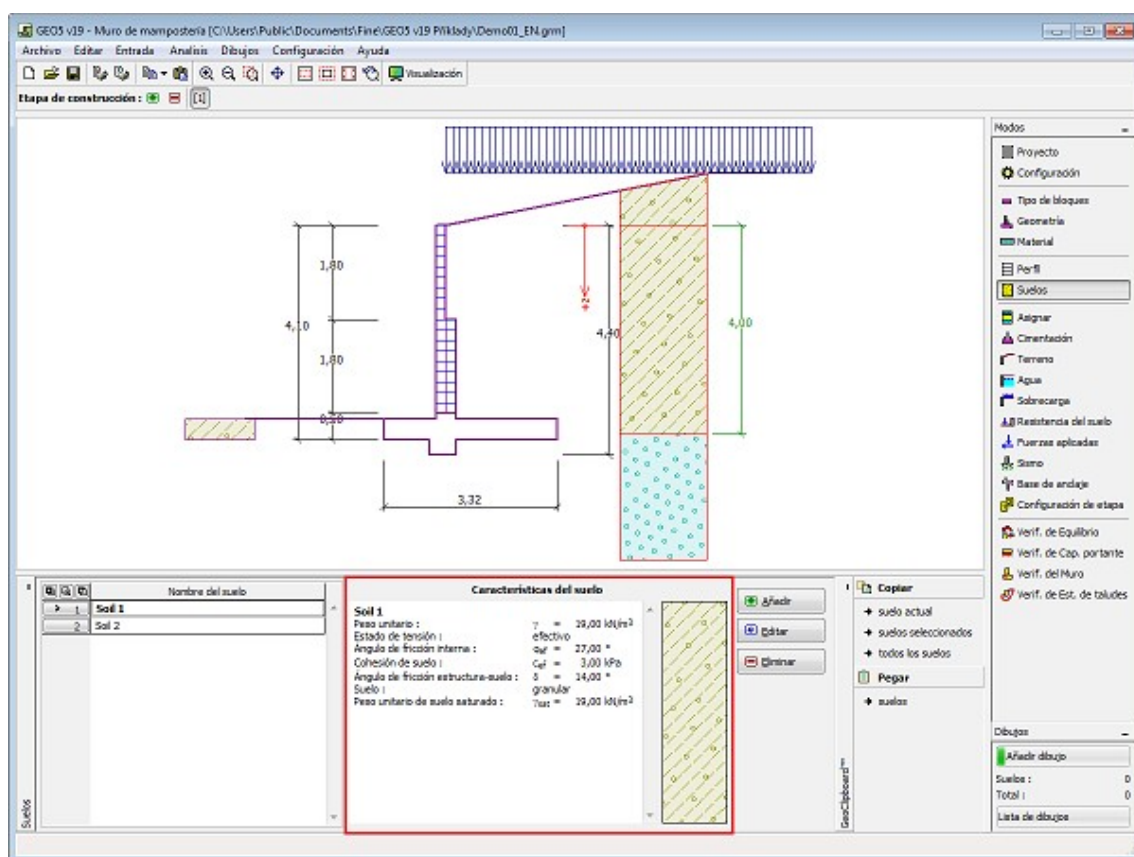
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Presión en reposo

Suelo :

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama

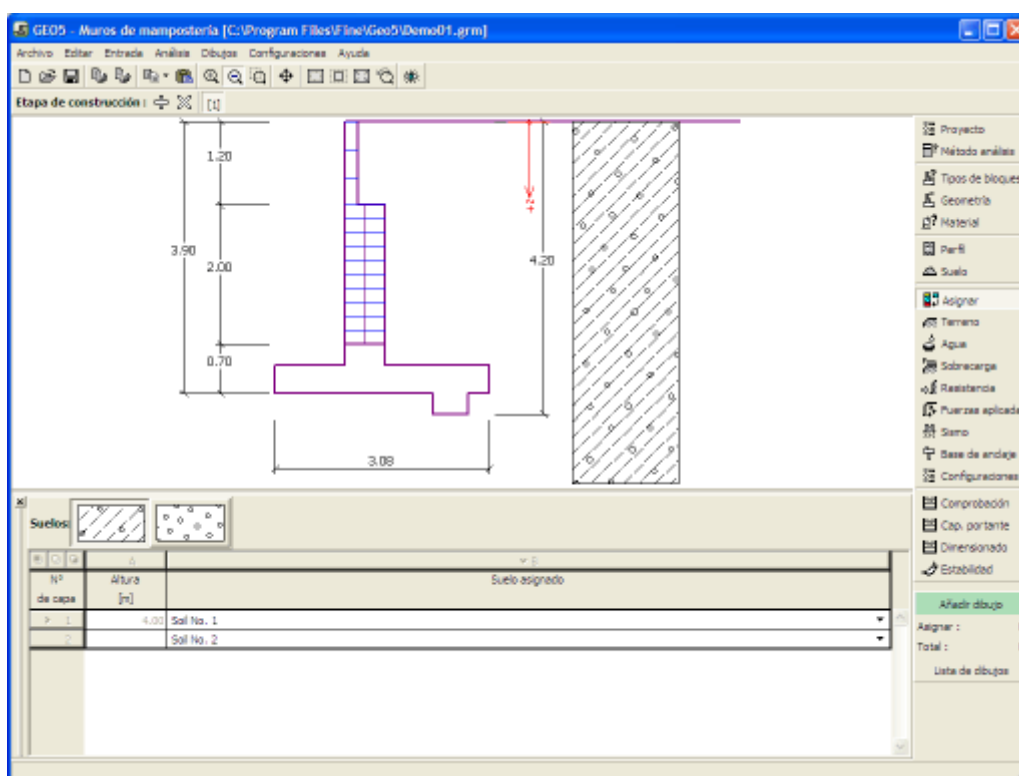
Clasificación

Cuadro "Añadir nuevos suelos"- "Datos Básicos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

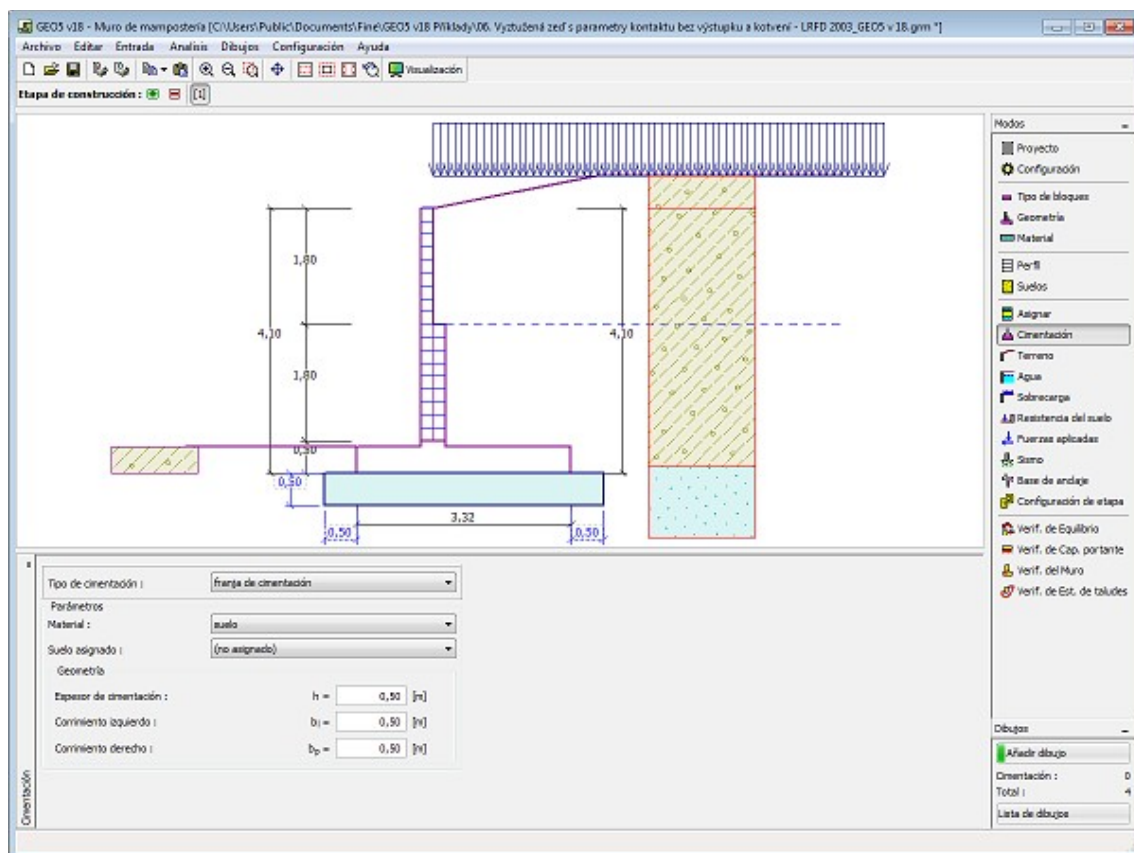
Cimentación

El cuadro "Cimentación" sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro "Perfil".
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción "**Entrada del ángulo de fricción base-suelo**" requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción "**Entrada de coeficiente de fricción**" requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro "Suelos") o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de "Geometría". La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro actual** (verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

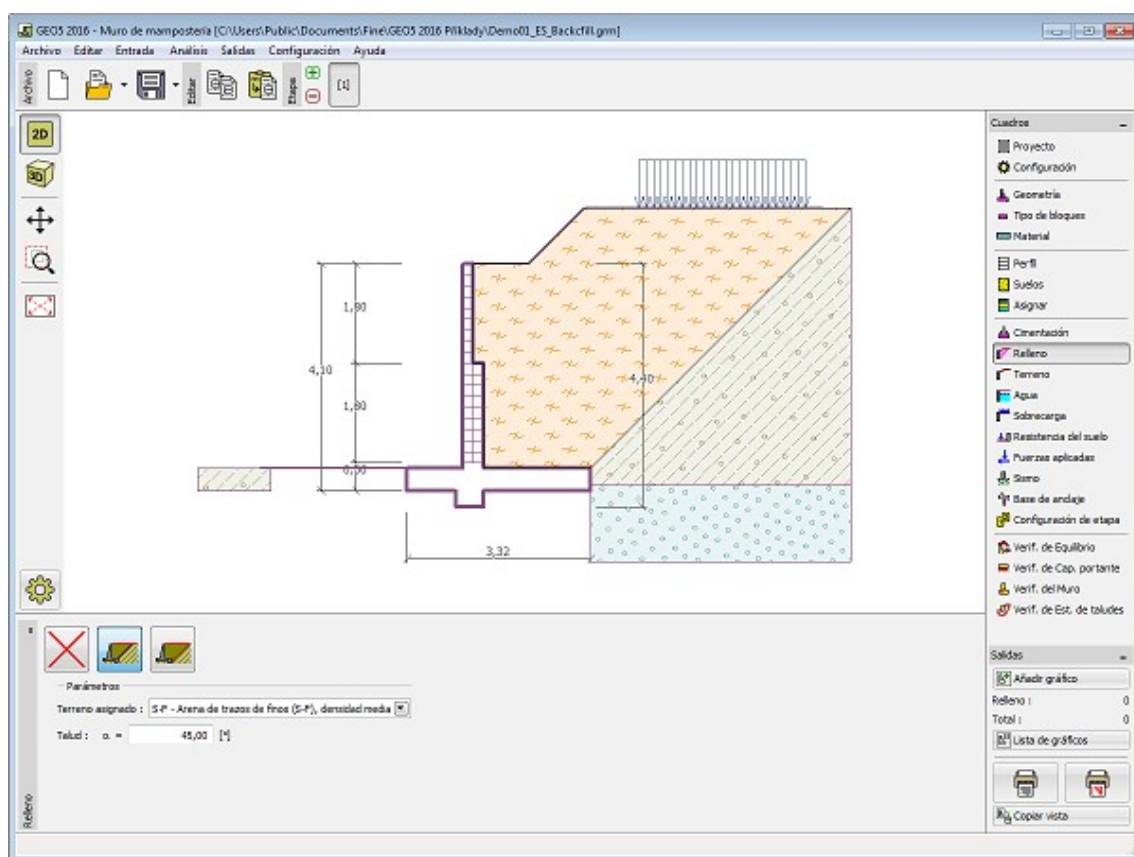


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El **cuadro "Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro **"Suelos"**). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



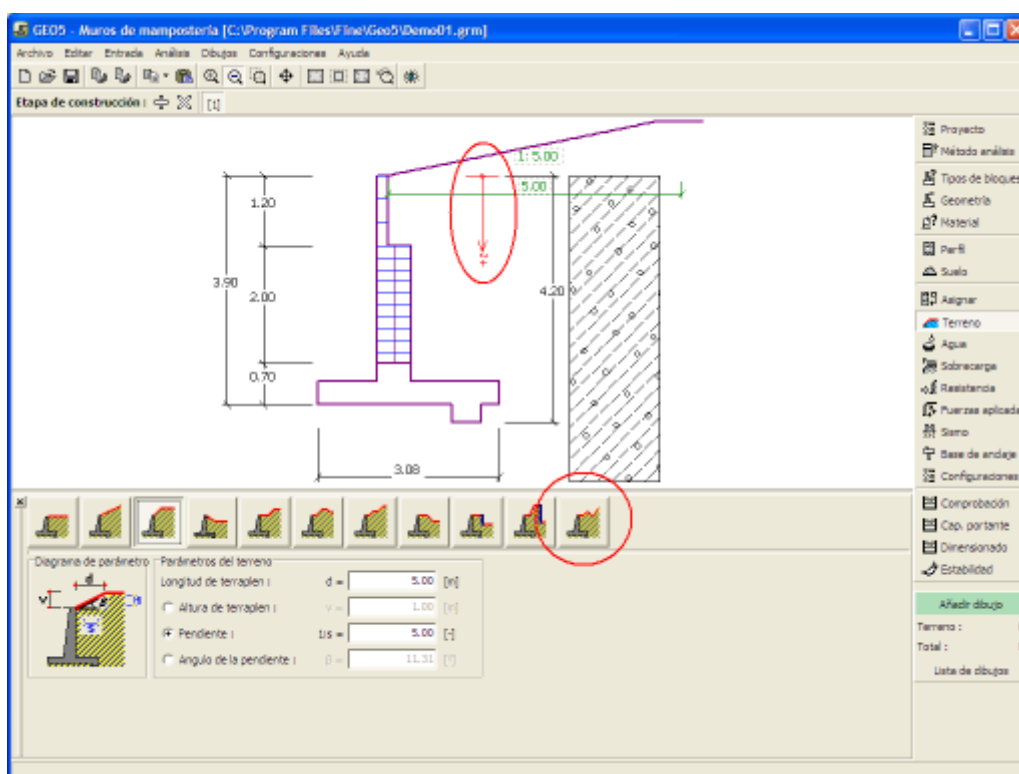
Cuadro "Relleno"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda **"Distribución de presión de tierras en terreno quebrado"**.



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

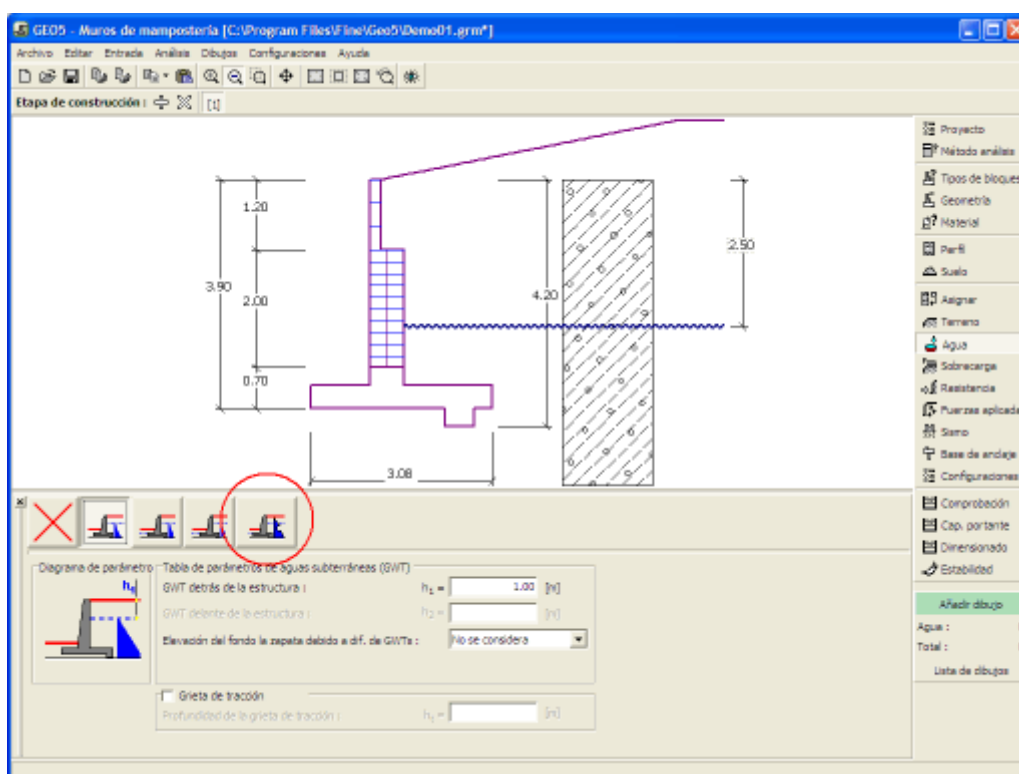
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

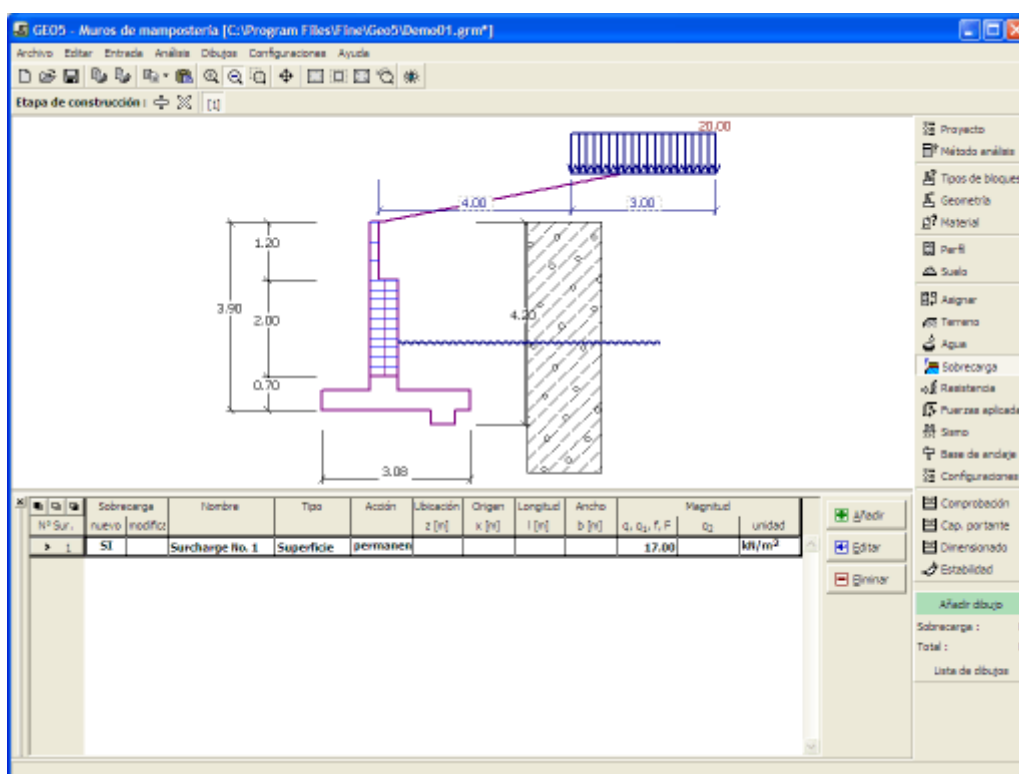
Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas o con los objetos activos respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sobrecarga".



Cuadro "Sobrecarga"

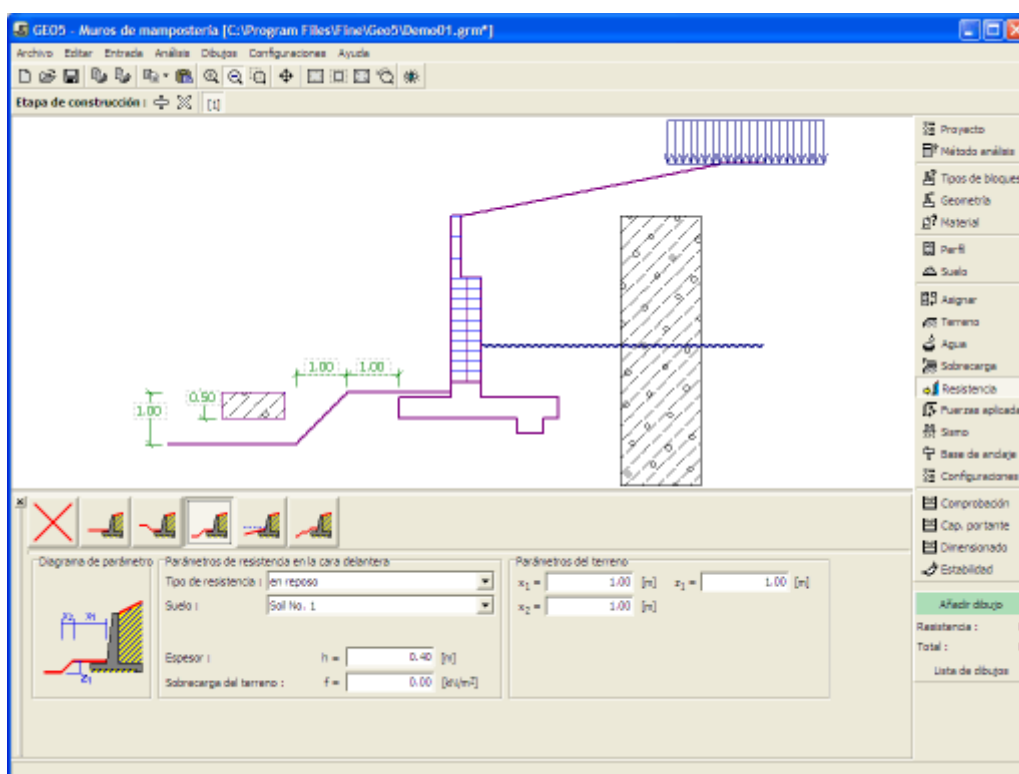
Resistencia

El cuadro **"Resistencia"** del suelo FF (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**").

También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



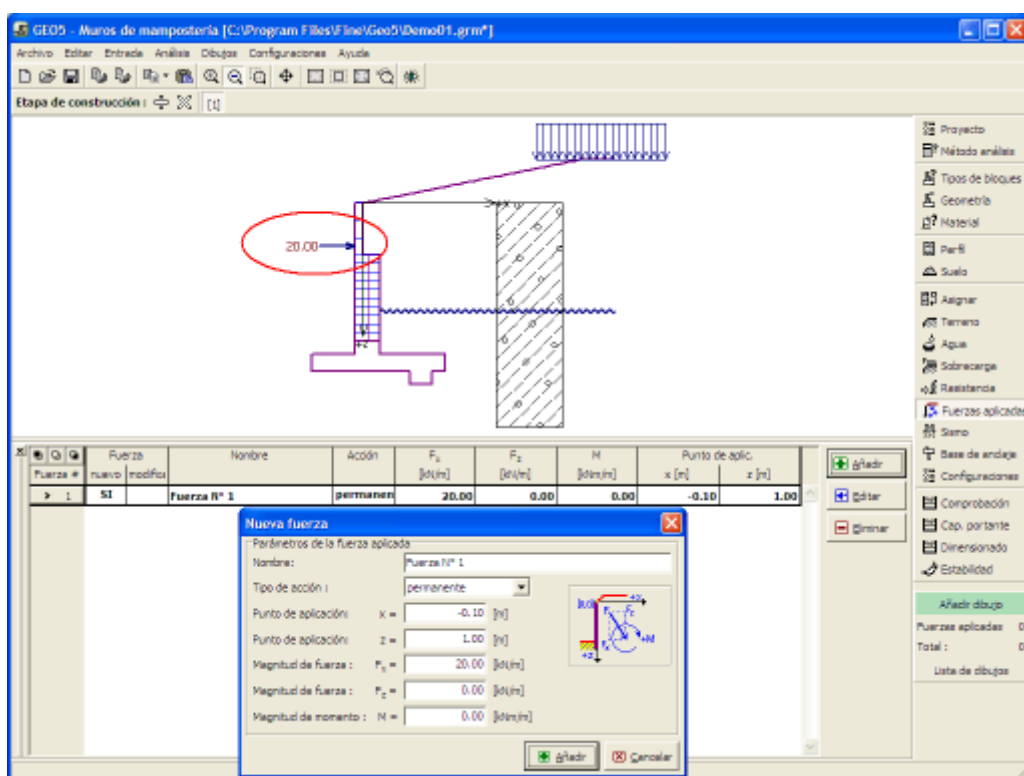
Cuadro "Resistencia" del suelo FF (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro "**Fuerzas aplicadas**" contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas ingresadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de cartelera, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



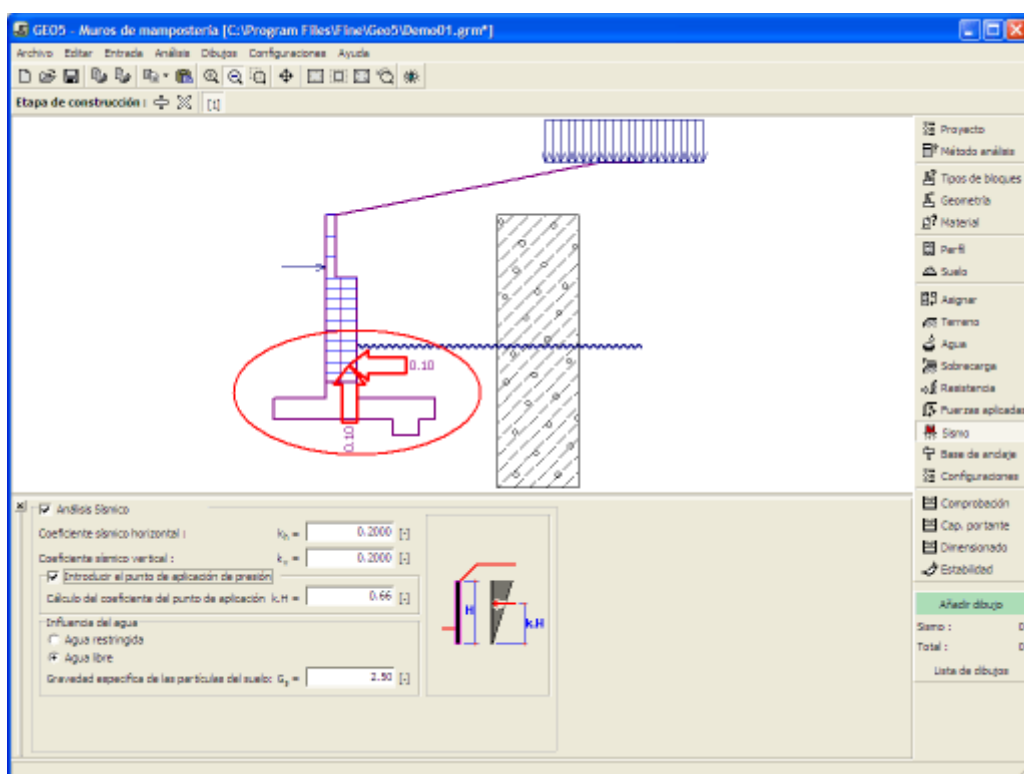
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.

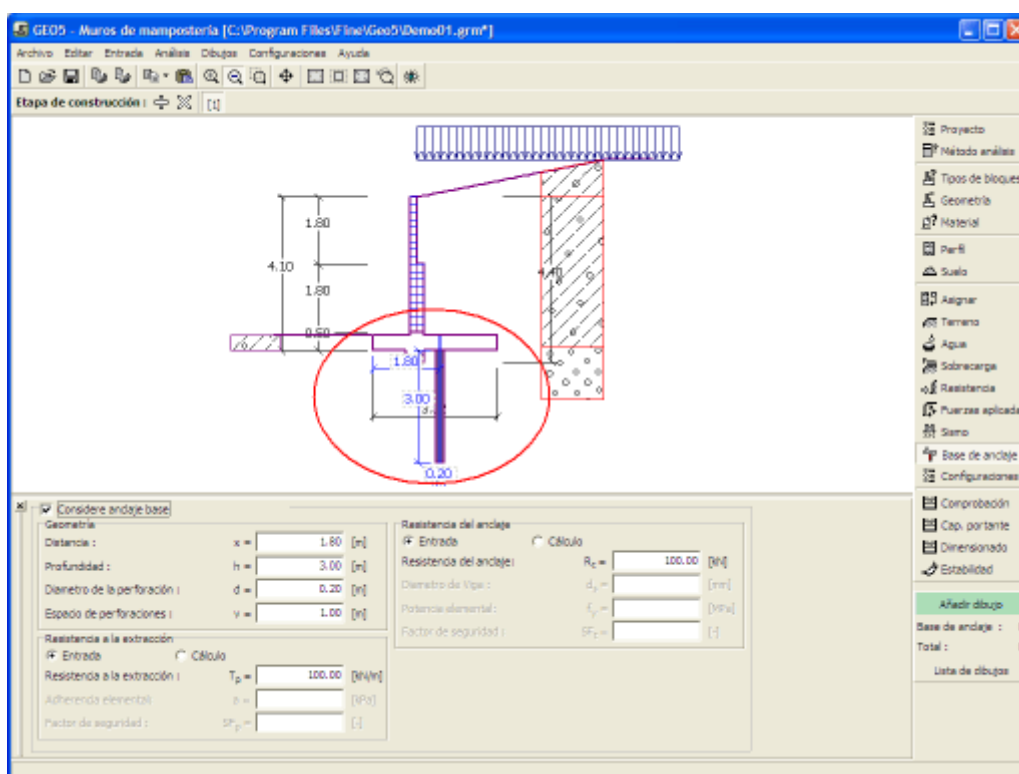


Cuadro "Sismo"

Base de anclajes

El cuadro **"Base de anclajes"** sirve para introducir parámetros (geometría, resistencia a la extracción y resistencia de anclaje) especificando un anclaje para cimientos. La geometría de la base de anclaje puede ser editada en el cuadro insertando los valores en los campos de entrada o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Los valores de la capacidad portante pueden ser introducidos o **calculados por el programa** a través de los parámetros de entrada.



Cuadro "Base de anclaje"

Configuración de etapa

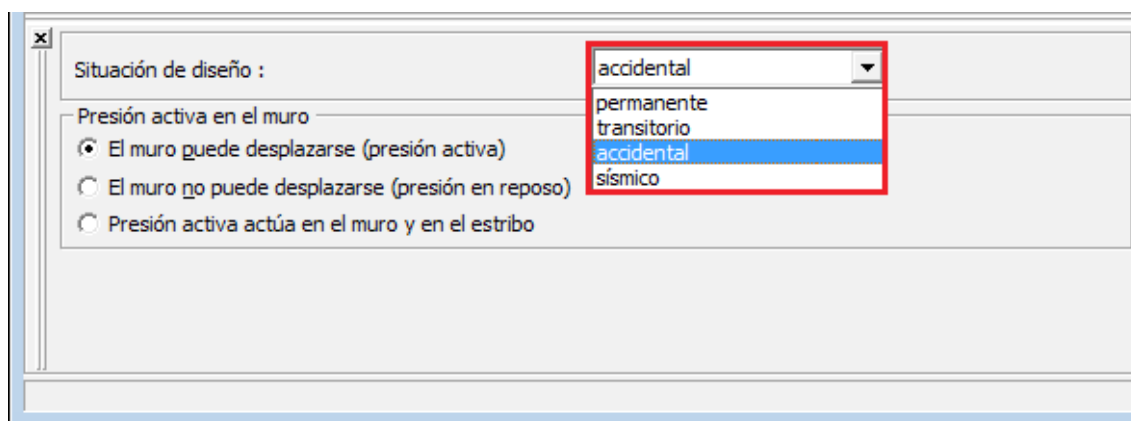
El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

Luego, el cuadro sirve para especificar el tipo de presión que actúa en el muro cuando el muro puede deflectarse. Cuando el muro tiene libertad de movimiento, se asume una **presión activa**, caso contrario, se utiliza la **presión en reposo**.

La tercera opción permite cargar el muro por **presión activa aumentada**.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "**Verificación de equilibrio**" muestra el resultado del análisis. **Distintos cálculos** pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

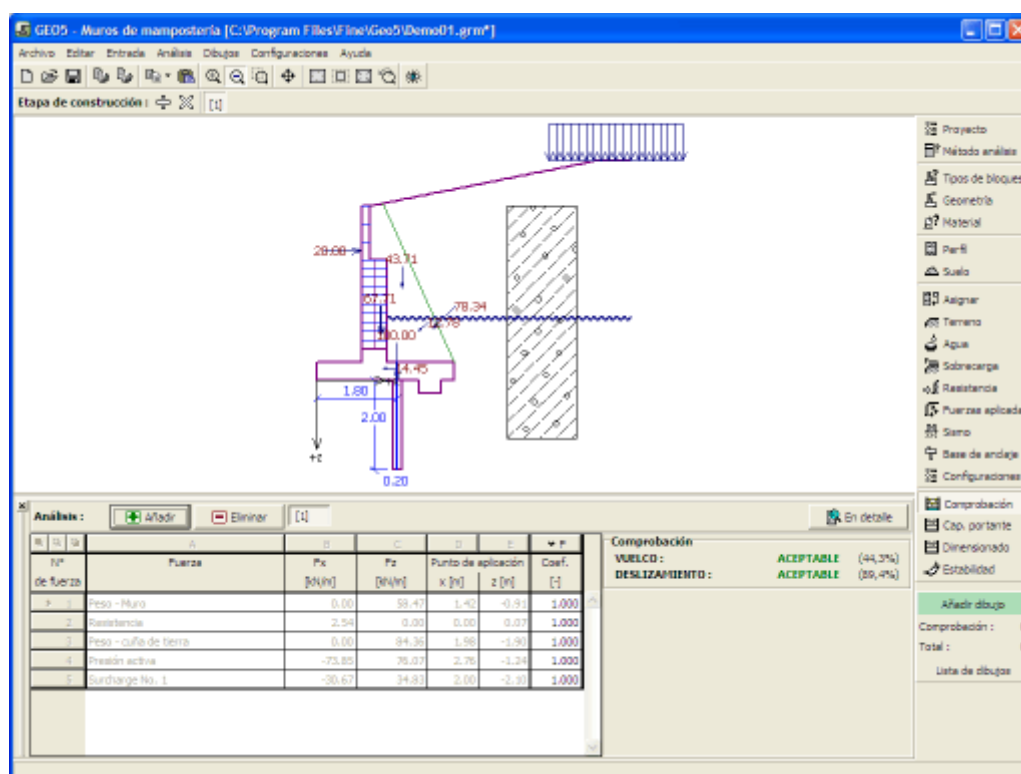
- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El muro se carga por **presión activos** o **presión de reposo** dependiendo de las entradas en el cuadro "**Configuración de etapas**".

El procedimiento para **verificación de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación de la Capacidad portante

El cuadro "Verificación de Capacidad portante" muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro "Verificación de equilibrio".

El programa "Zapata", "Zapata por CPT", "Pilote" y "Grupo de Pilotes" considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa "Pilote por CPT", solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.

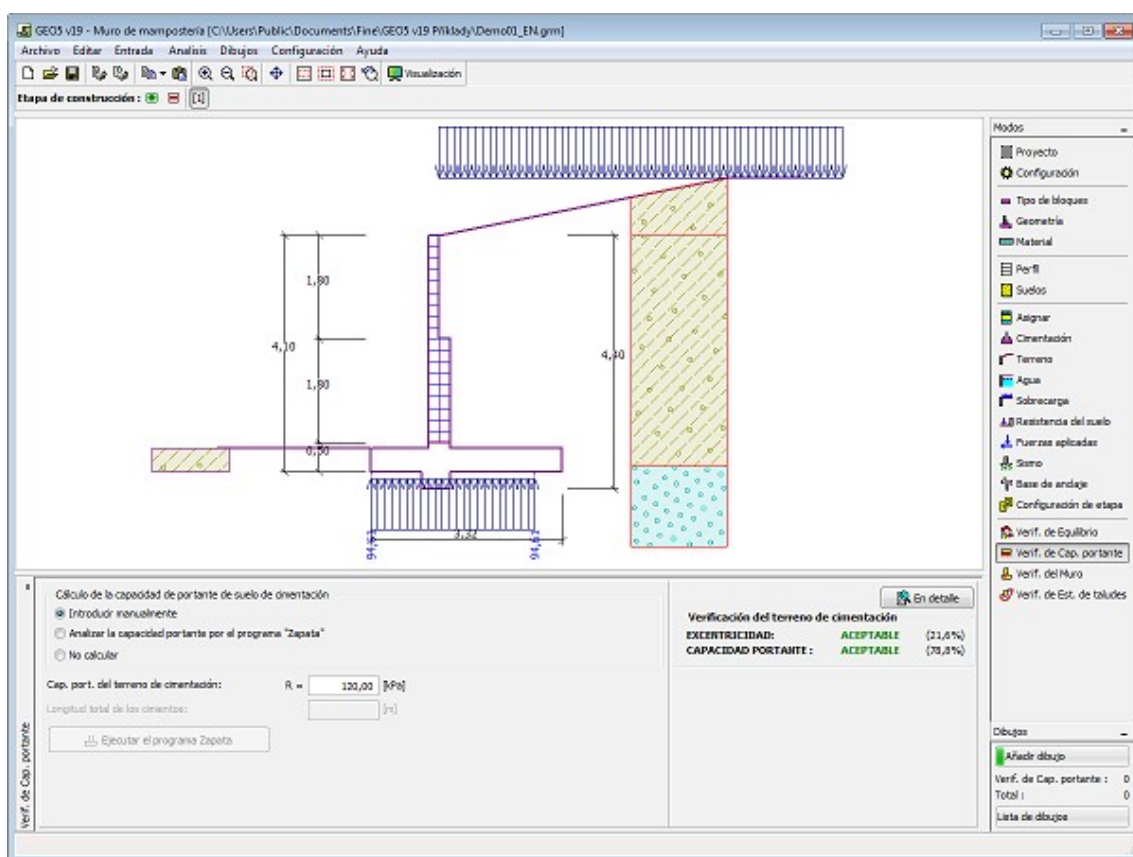
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón "Ejecutar el programa Zapata" se **abre el programa "Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón "OK" se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa "Muro de gravedad". El programa "Zapata" debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de

- | | |
|---|--|
| | cimentación. |
| • Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata". | El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "Zapata". |
| • Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote" | El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "Zapata". El botón "Ejecutar el programa Pilotes" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "Cimentación"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s . |
| • Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT" | El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "Pilote". |
| • Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de pilotes" | El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa "Zapata". El botón "Ejecutar el programa Grupo de pilotes" está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro "Cimentación"). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l . |
| • No calcular (cimentación sobre pilotes) | La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula. |

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro "Verificación del Muro" sirve para diseñar y verificar el refuerzo de una pared de sección transversal - la sección transversal sujeta al dimensionamiento se selecciona en el listado.

- Del refuerzo de mampostería
- Salto del muro
- Talón del muro

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

- Verificación según el factor de seguridad, o la teoría de los estados límite - La última columna de la tabla, permite introducir coeficientes de diseño, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- Análisis según EN 1997 - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección combinación de cargas.
- Análisis según LRFD - en este caso la última columna desaparece.

El cálculo de las fuerzas y sus acciones sobre la sección transversal analizada se describe [aquí](#).

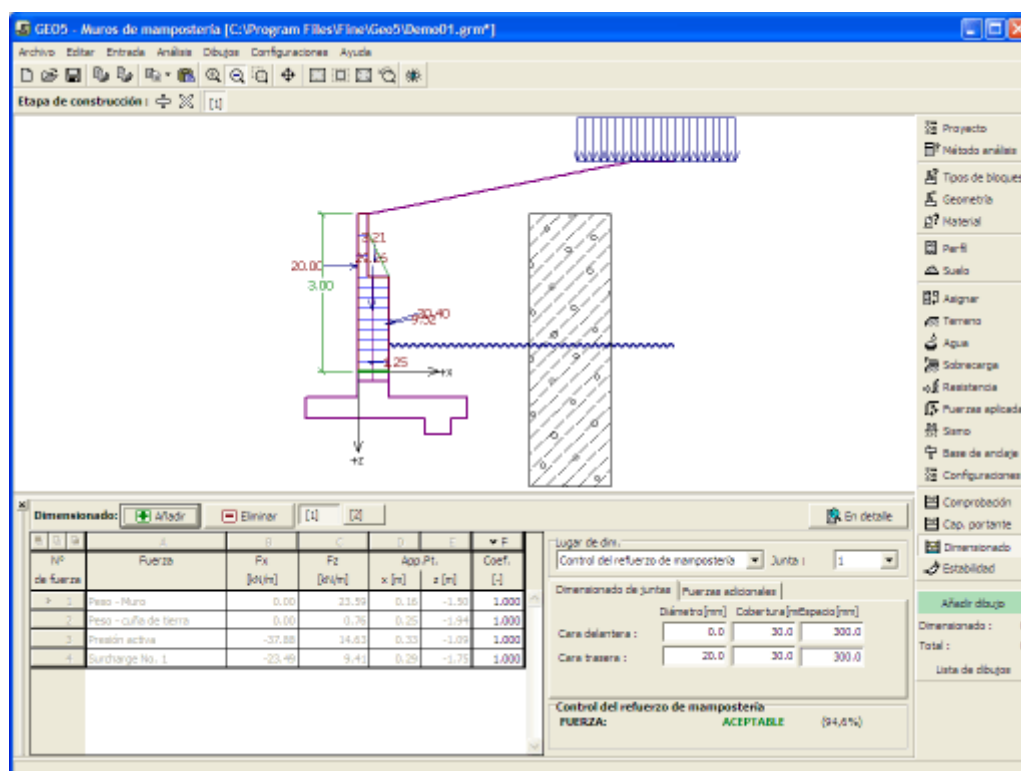
El muro es cargado por la presión activa de la tierra o por la presión en reposo, dependiendo de cómo se configuró el cuadro "Configuración de etapa". El procedimiento para derivar la distribución de fuerzas internas en distintas secciones transversales se describe en la parte teórica de este capítulo. Además las fuerzas de presión de tierra en reposo son tomadas en cuenta cuando se consideran los sismos.

Las juntas entre los bloques de mampostería son comprobadas de acuerdo a los estándares AS 3700 o EN 1996-1-1 dependiendo de la configuración de la solapa "Materiales y estándares". El programa comprueba la capacidad portante para flexión, corte, y combinación entre compresión y flexión. Los refuerzos pueden ser especificados delante y detrás de la estructura. También se puede especificar una carga adicional aplicada a la sección transversal (momento de flexión, fuerzas de compresión normal y fuerza de corte). Estas fuerzas adicionales se añaden a las ya calculadas.

El dimensionado de una estructura de hormigón de acero reforzada se resuelve de acuerdo a la configuración estándar en la solapa "Materiales y estándares".

Distintos cálculos para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo. Varios coeficientes de diseño de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario de los datos o de la configuración especificada en el cuadro. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "Configuración de gráficos".

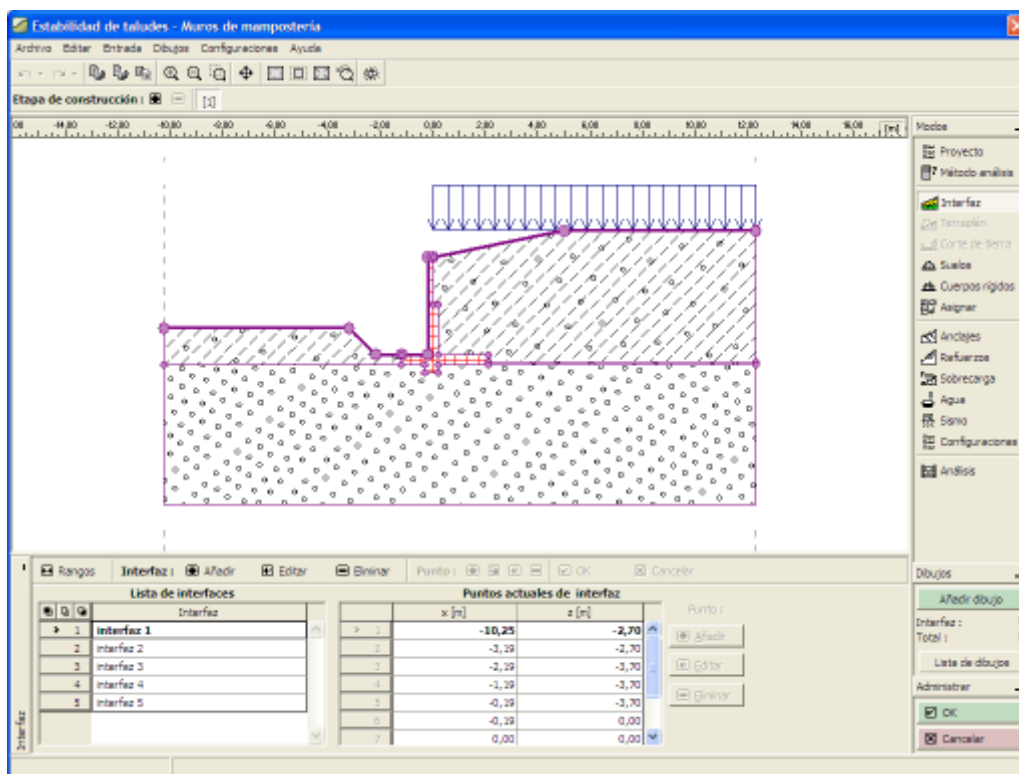


Cuadro "Verificación del Muro"

Estabilidad

Presionando el botón **"Estabilidad"** se ejecuta el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"OK"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Muro de Mampostería"**.



Cuadro "Estabilidad"

Programa Gavión

El programa se utiliza para analizar gaviones. Esto permite el análisis de formas arbitrarias incluyendo salientes que requieren anclajes

La ayuda en el programa "Gavión" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Material	Geometría	Perfil	Suelos	Asignar
Cimentación	Relleno	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas
Sismo	Configuración de etapas	Verificación	Capacidad portante	Verificación del muro	Estabilidad	

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Gavión**":
 - Tensión en el cuerpo del suelo
 - Presiones de tierra
 - Análisis de muros
 - Análisis de Capacidad Portante de Cimentación
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el Entorno de Usuario de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro "**Configuración**" sirve para introducir la configuración básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes

países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "**lista de configuración**".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

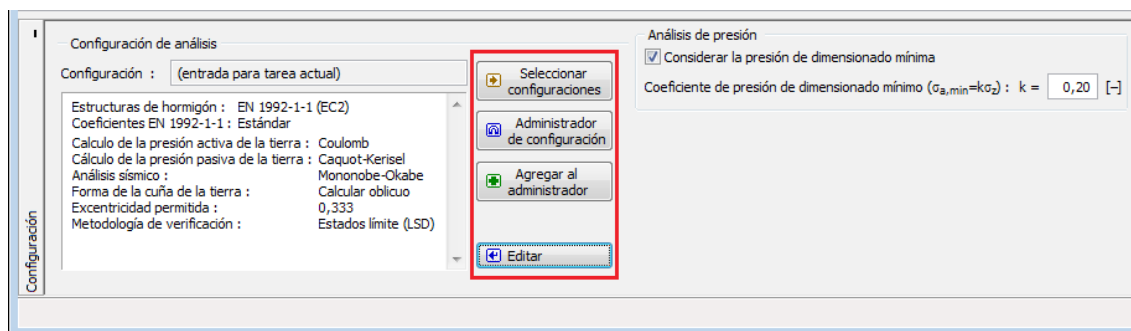
El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

El programa permite especificar un valor k de **presión mínima de dimensionamiento** (marcando la opción "**Considerar la presión mínima de dimensionamiento**"). Para las estructuras reales se mostró que se comportan de manera problemática al considerar suelos cohesivos detrás del muro de los bloques superiores de la estructura. Por esta razón se recomienda aplicar un valor k en el cálculo para el caso de relleno que consiste en suelos cohesivos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de muros**".



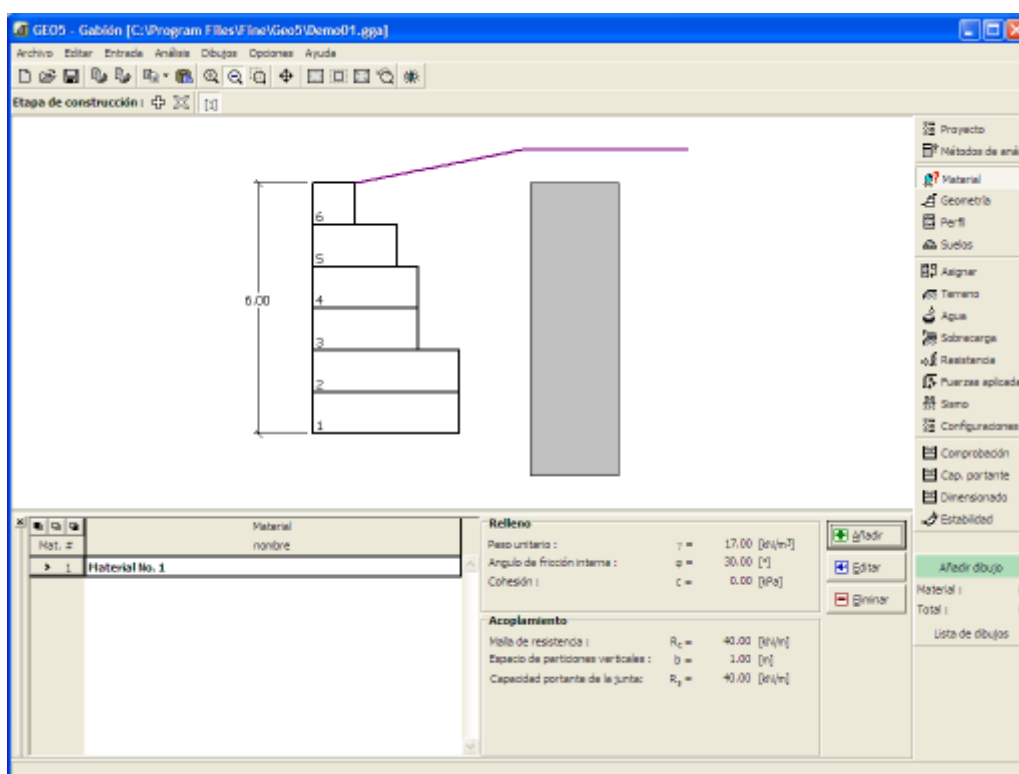
Cuadro "Configuración"

Material

El cuadro "**Material**" contiene una **tabla** con una lista de rellenos (ingresados) y parámetros de materiales para aplicar al gavión de malla de alambre. **Añadir** materiales y mallas se realiza en el **cuadro de diálogo "Nuevo material"**

Los parámetros de material para relleno y mallas de alambre del bloque de gavión seleccionado se muestran en la parte derecha del cuadro.

Un valor aproximado del ángulo de fricción interna del material para el llenado del gavión es una grava bien graduada en el rango de 35-40, para una mampostería puede ser mayor.



Cuadro "Material"

Geometría

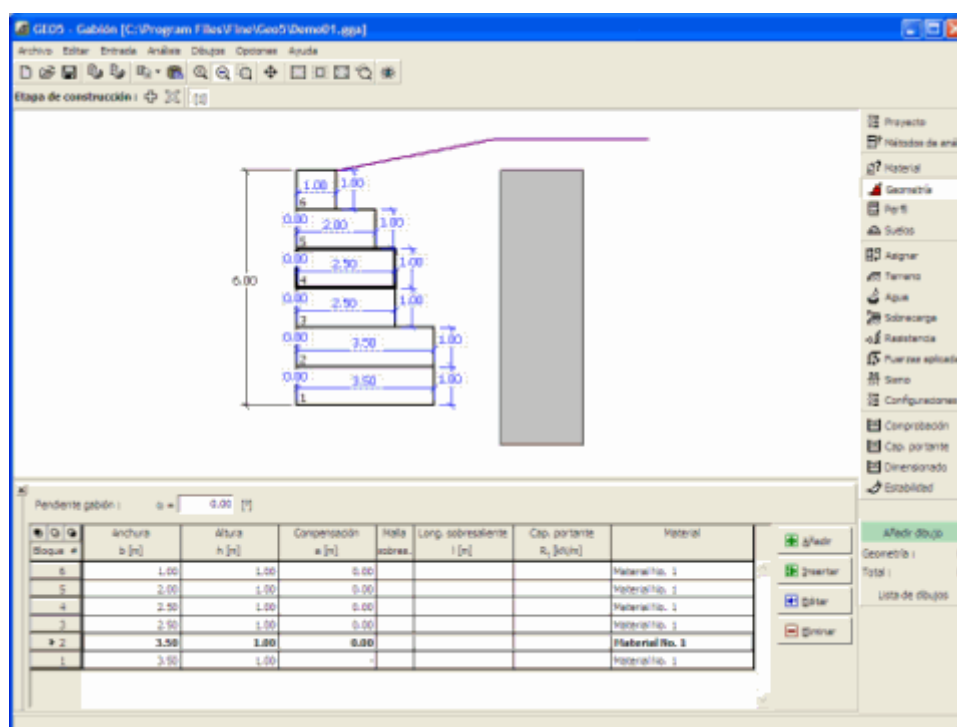
El cuadro "Geometría" contiene una **tabla** con una lista de estructuras de bloques de muro introducidos (el bloque más bajo está etiquetado como nº 1). Para **añadir** bloques se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo bloque".

El cuadro de diálogo sirve para definir la **geometría del bloque**, **parámetros de refuerzos** (longitud, longitud de anclaje, resistencia a la tracción, resistencia a la extracción).

El programa permite introducir un nuevo bloque entre dos bloques ya existentes de una estructura. Para añadir el nuevo bloque utilizar el cuadro de diálogo "**Insertar bloque**" que se muestra presionando el botón "**Insertar**". El nuevo bloque precede al bloque de la estructura actualmente seleccionado.

Los bloques introducidos pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos** o de las **dimensiones activas**. Haciendo doble click en la estructura se abre un cuadro de diálogo con el bloque dado. **Cuando se utilizan objetos activos, no se debe habilitar la visualización de dimensiones detalladas en el cuadro "Configuración de gráficos"**.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

Perfil

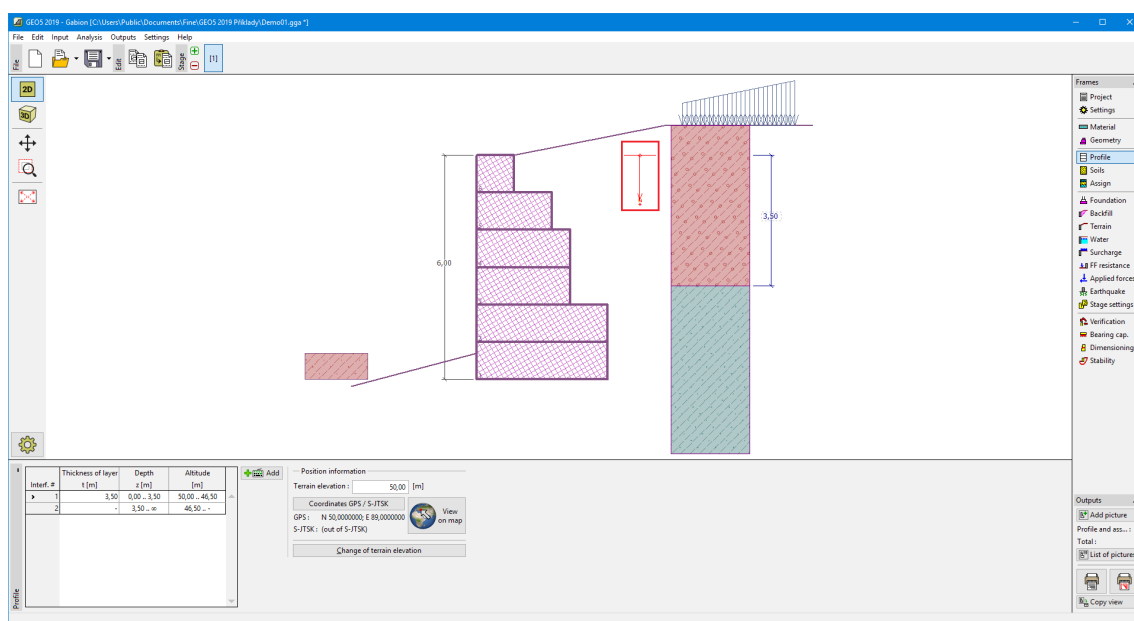
El cuadro **"Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**



Cuadro "Perfil"

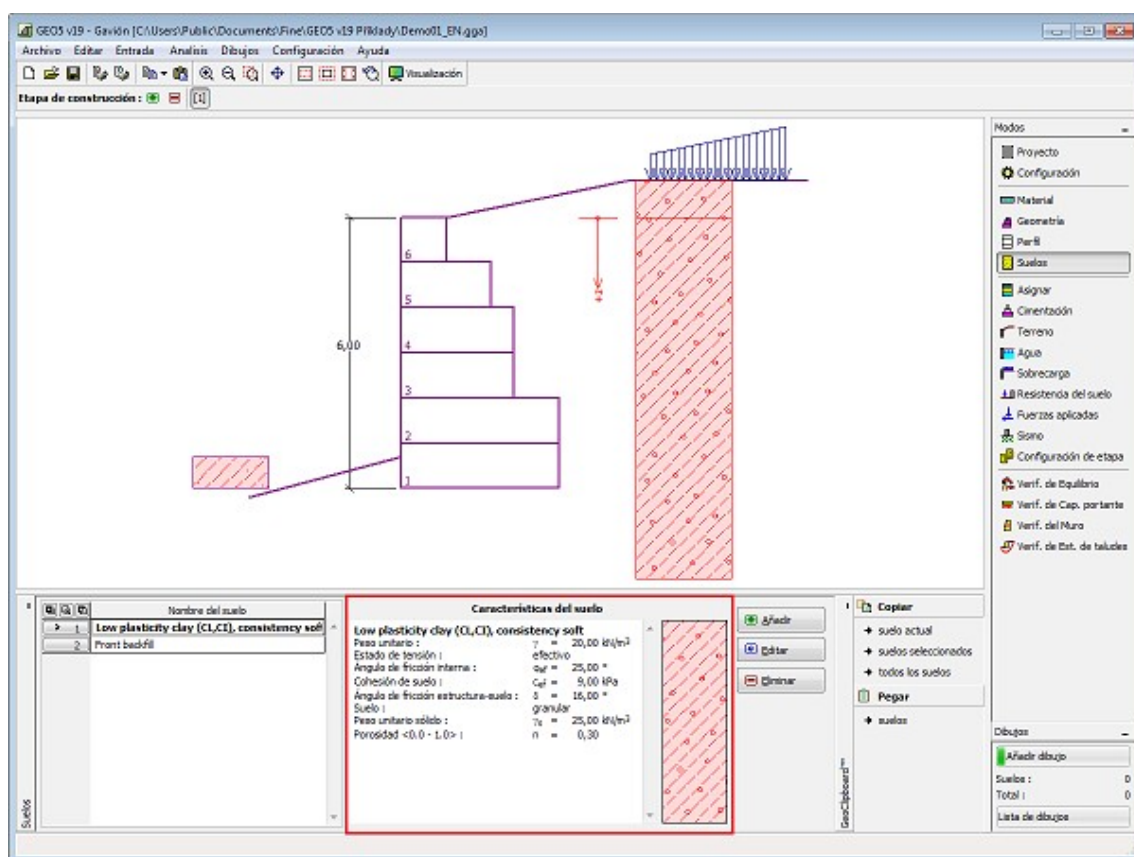
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos ingresados. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo. - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Limo de baja plasticidad (ML,MI), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 20,0

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 19-23

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 8-16

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Presión en reposo

Suelo :

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,4

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario sólido : $\gamma_s =$ [kN/m³]

Porosidad <0.0 - 1.0> : $n =$ [-]

Dibujar

Color

Categoría de trama

GEO

Trama

Limo

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

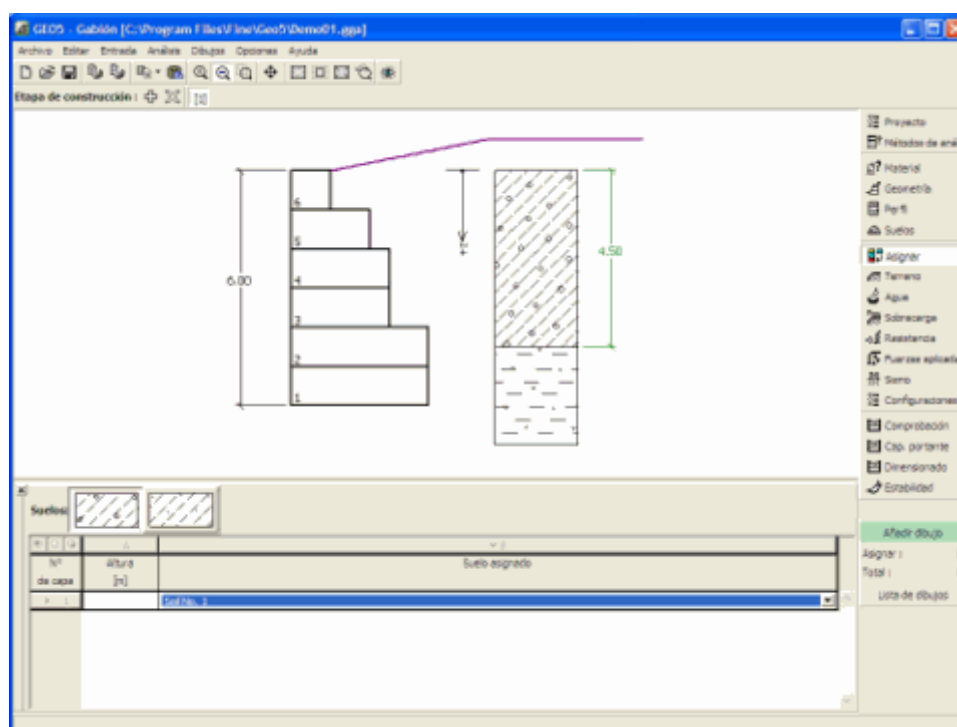
Cancelar

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Cimentación

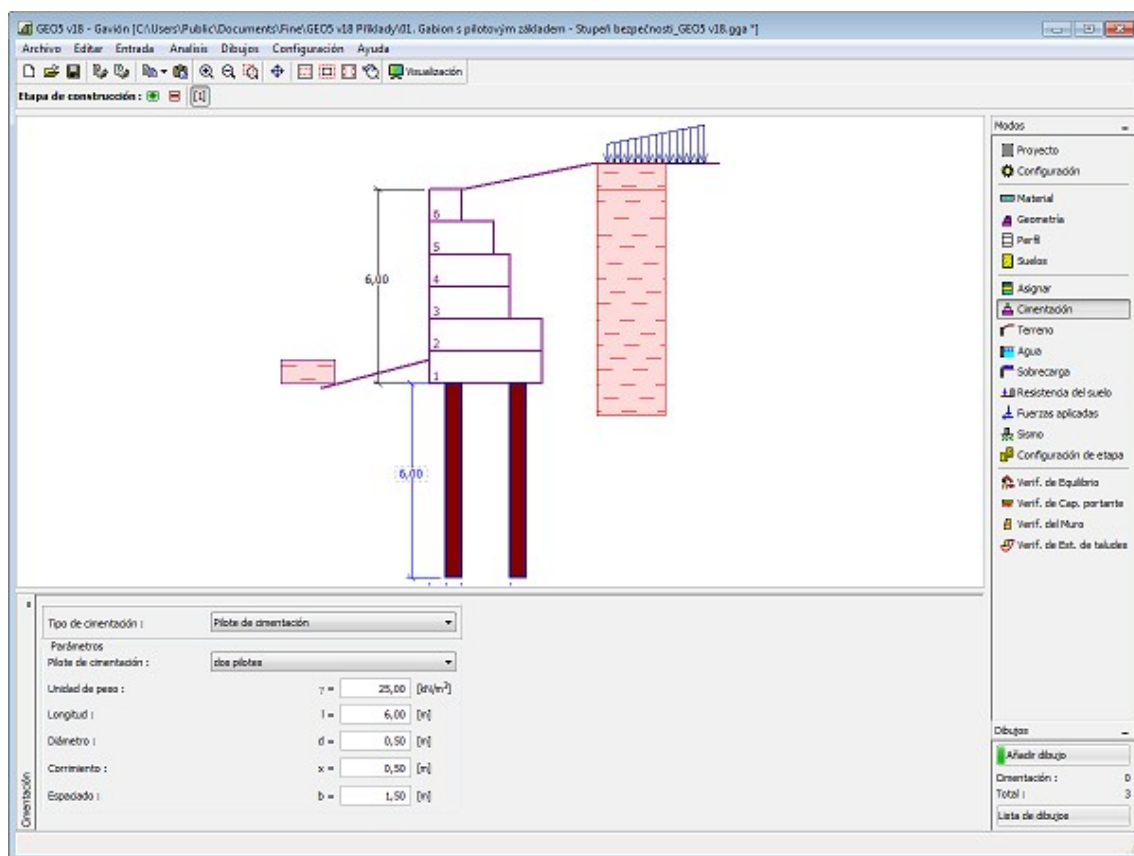
El cuadro **"Cimentación"** sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro **"Perfil"**.
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción **"Entrada del ángulo de fricción base-suelo"** requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción **"Entrada de coeficiente de fricción"** requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro **"Suelos"**) o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de **"Geometría"**. La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro** actual

(verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

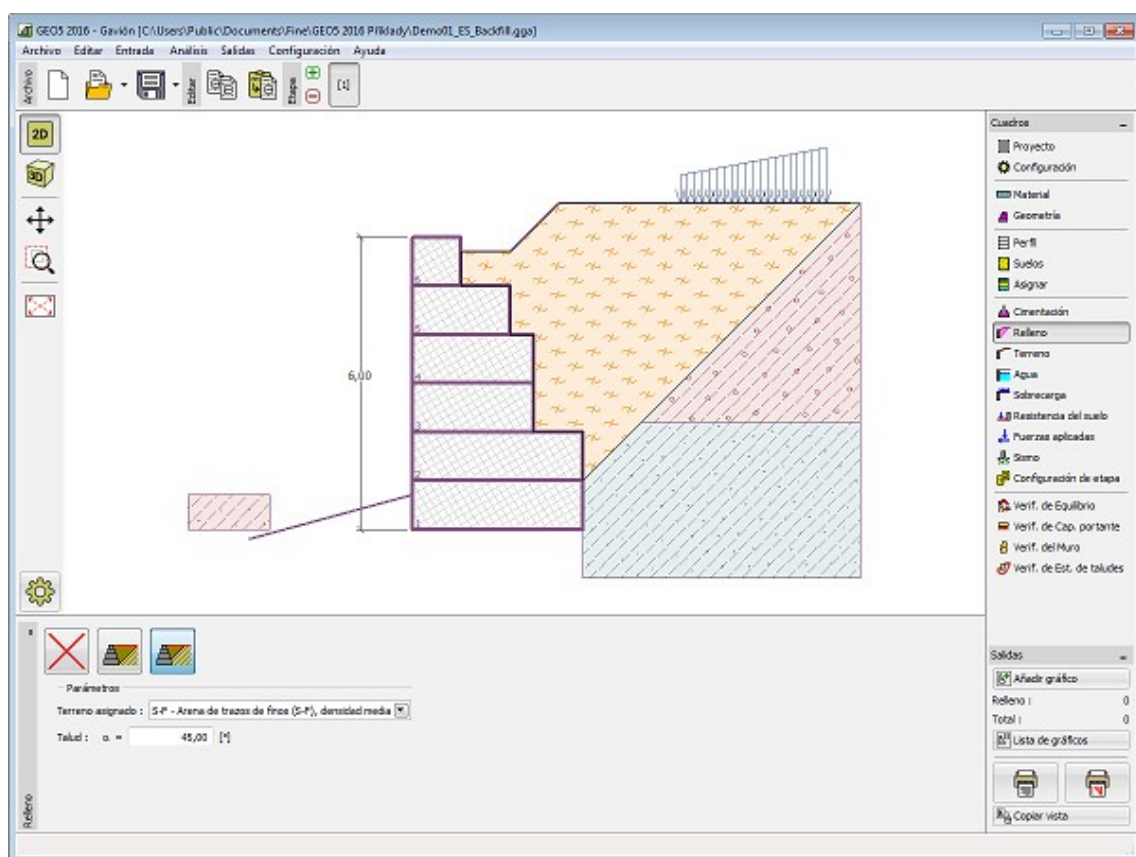


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El **cuadro "Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro "**Suelos**"). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



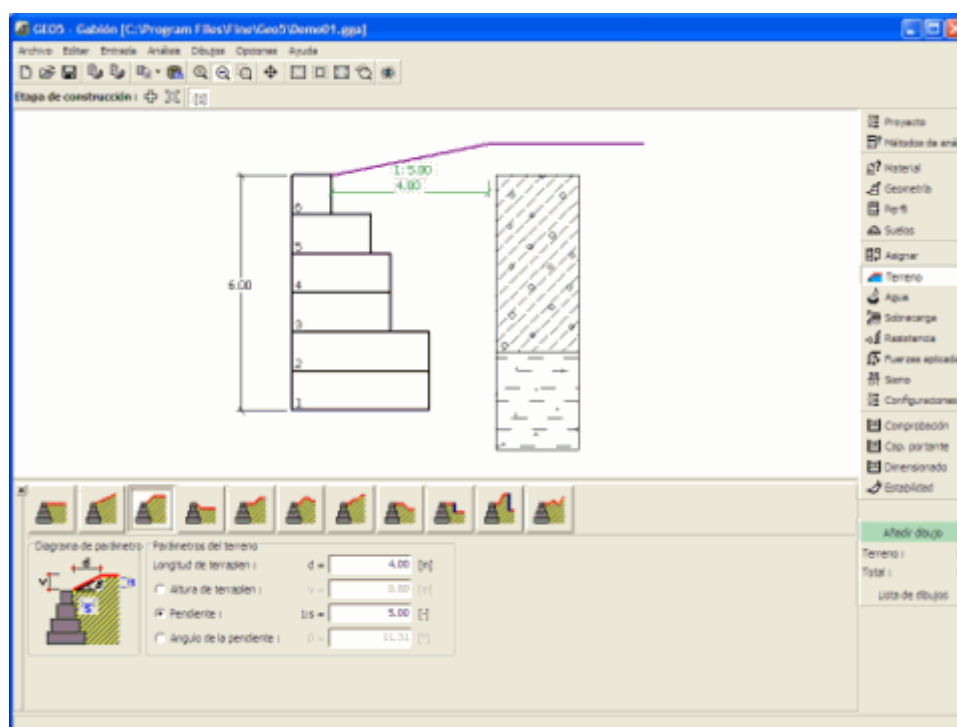
Cuadro "Relleno"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica (**"Diagrama de Parámetros"**) de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

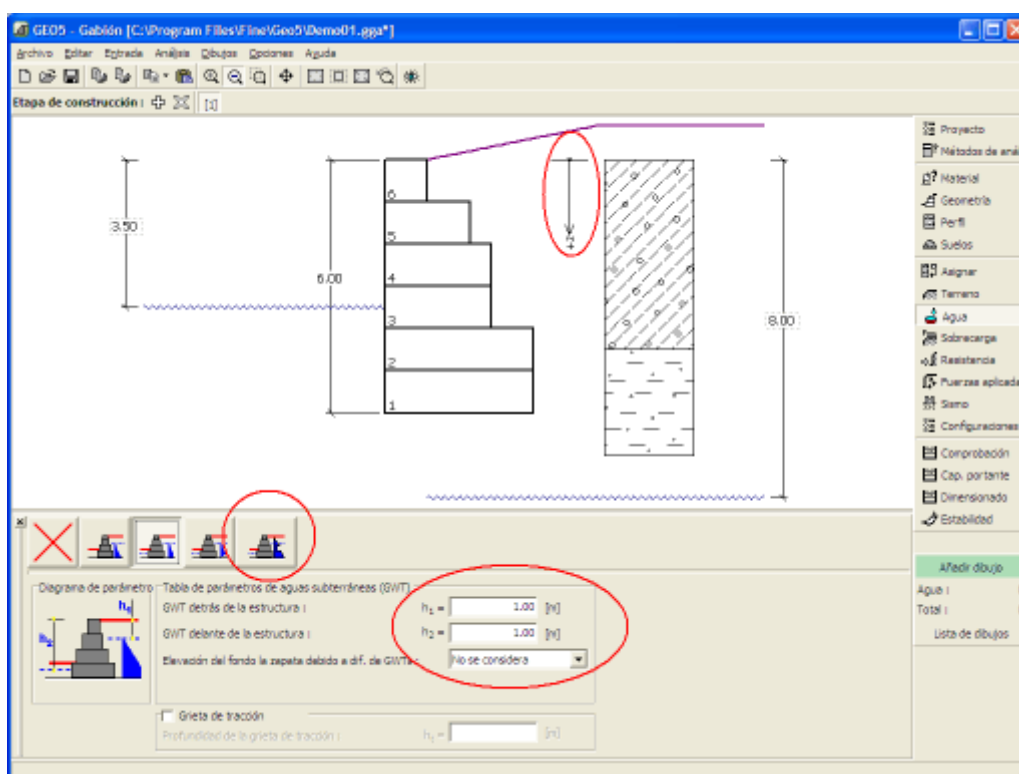
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes tablas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

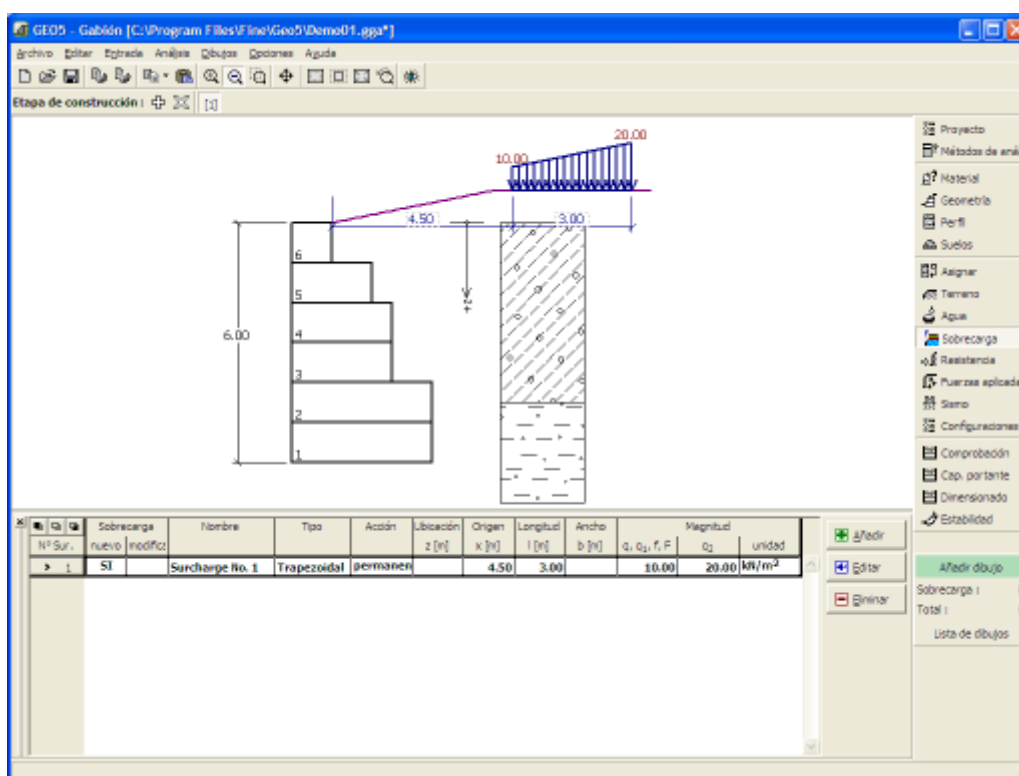
Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas o con los objetos activos respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sobrecarga".



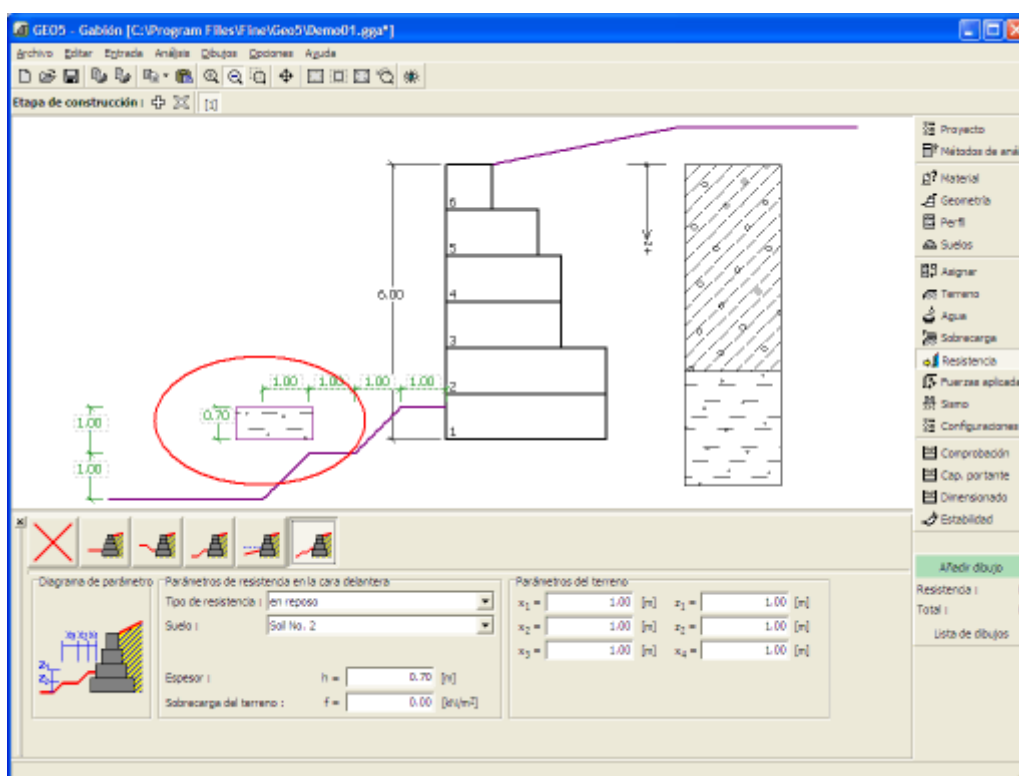
Cuadro "Sobrecarga"

Resistencia

El cuadro "**Resistencia**" del suelo FF (Front Face), presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**"). También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



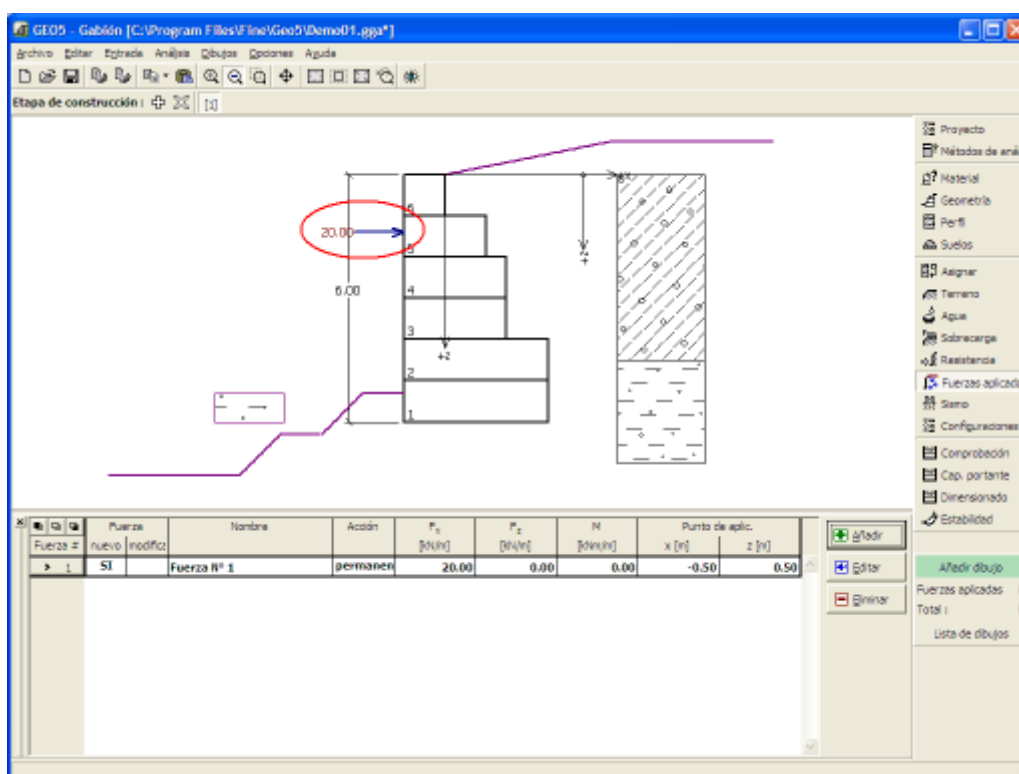
Cuadro "Resistencia" del suelo FF (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de cartelera, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



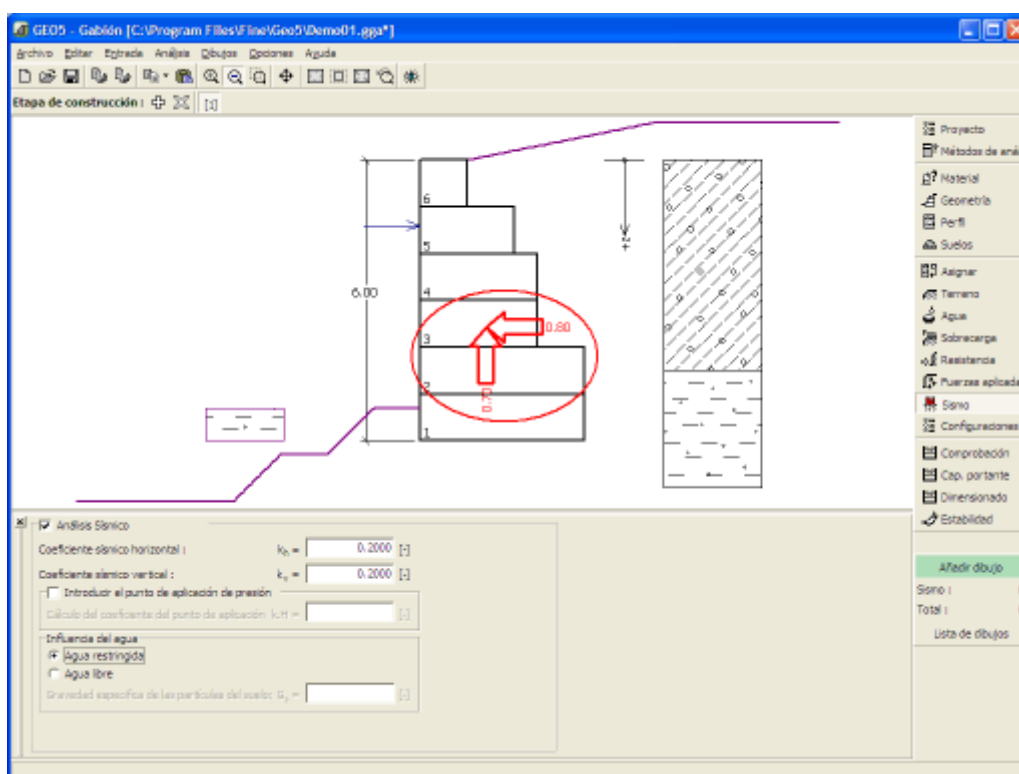
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro **"Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

Verificación de Equilibrio

El cuadro **"Verificación de equilibrio"** muestra el resultado del análisis. **Distintos cálculos** pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

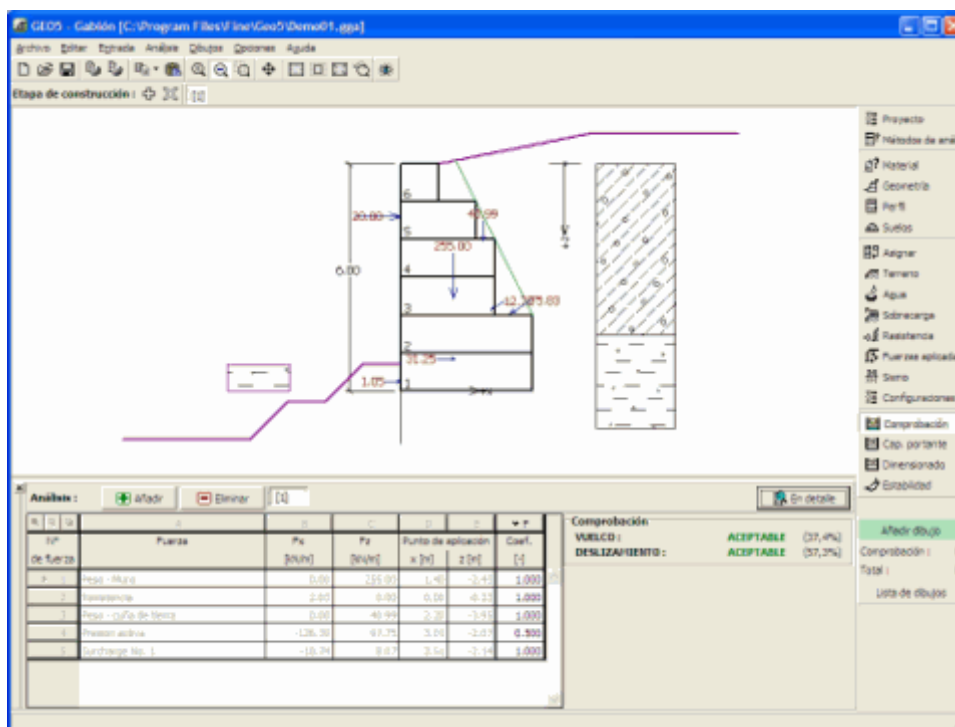
La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El procedimiento para **verificación de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación de la Capacidad portante

El cuadro **"Verificación de la Capacidad portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro **"Verificación de equilibrio"**.

El programa **"Zapata"**, **"Zapata por CPT"**, **"Pilote"** y **"Grupo de Pilotes"** considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa **"Pilote por CPT"**, solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.

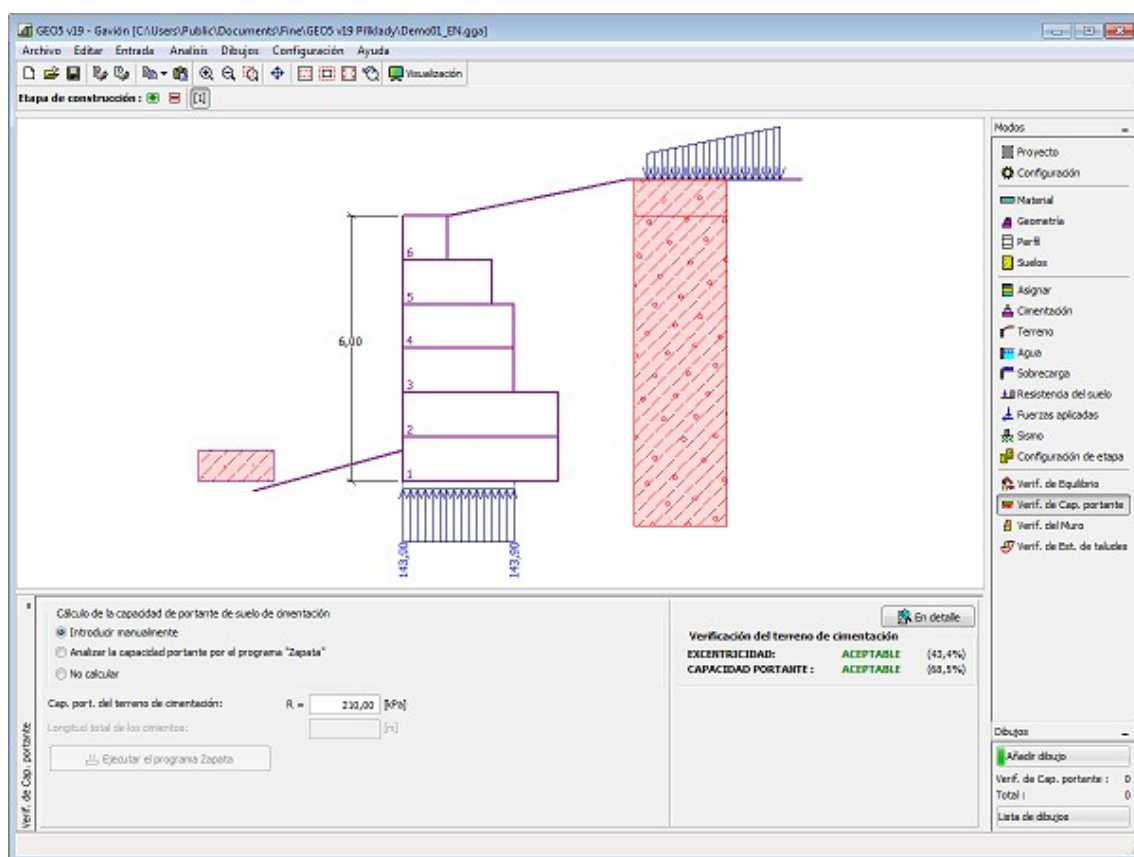
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón **"Ejecutar el programa Zapata"** se **abre el programa "Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación

- de la zapata. Presionando el botón **"OK"** se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa **"Muro de gravedad"**. El programa **"Zapata"** debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.
- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata".**
El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Zapata"**.
 - **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote"**
El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s .
 - **Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT"**
El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Pilote"**.
 - **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de pilotes"**
El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Grupo de pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l .
 - **No calcular (cimentación sobre pilotes)**
La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de la Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro **"Verificación del Muro"** permite verificar las juntas de distintos bloques. El campo **"Junta debajo del bloque N°"** sirve para seleccionar la junta deseada sujeta al análisis de verificación. Se realiza la verificación contra **vuelco y desplazamiento, por presión de lados y juntas entre bloques**.

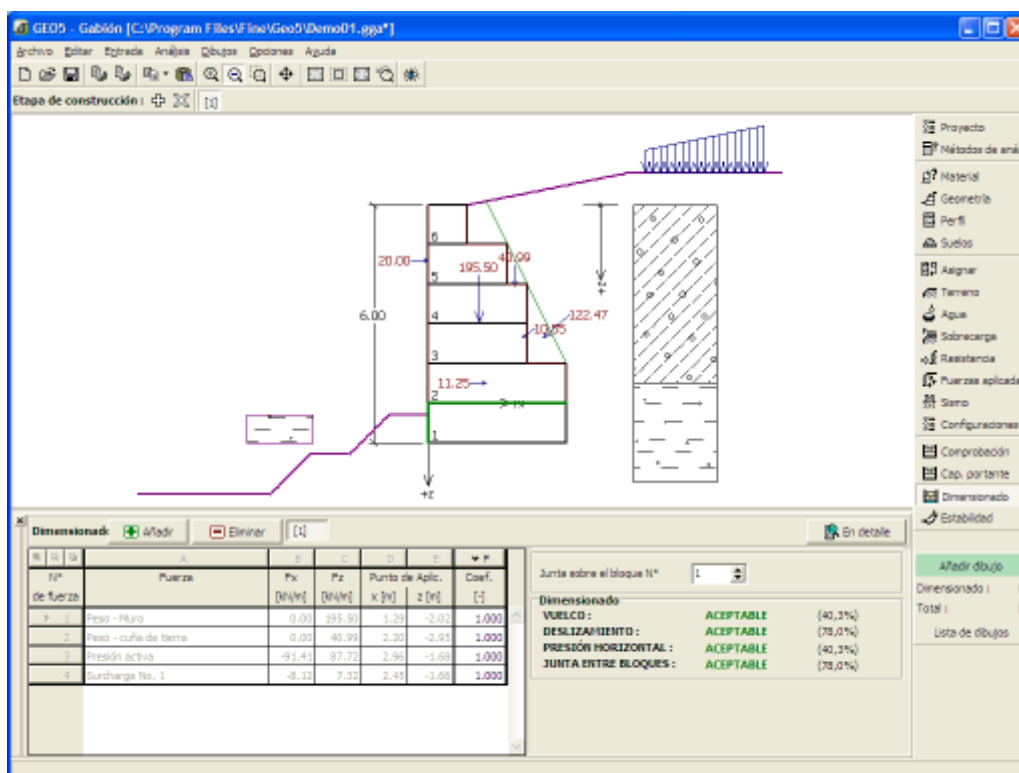
La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Distintos cálculos para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo.

Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".

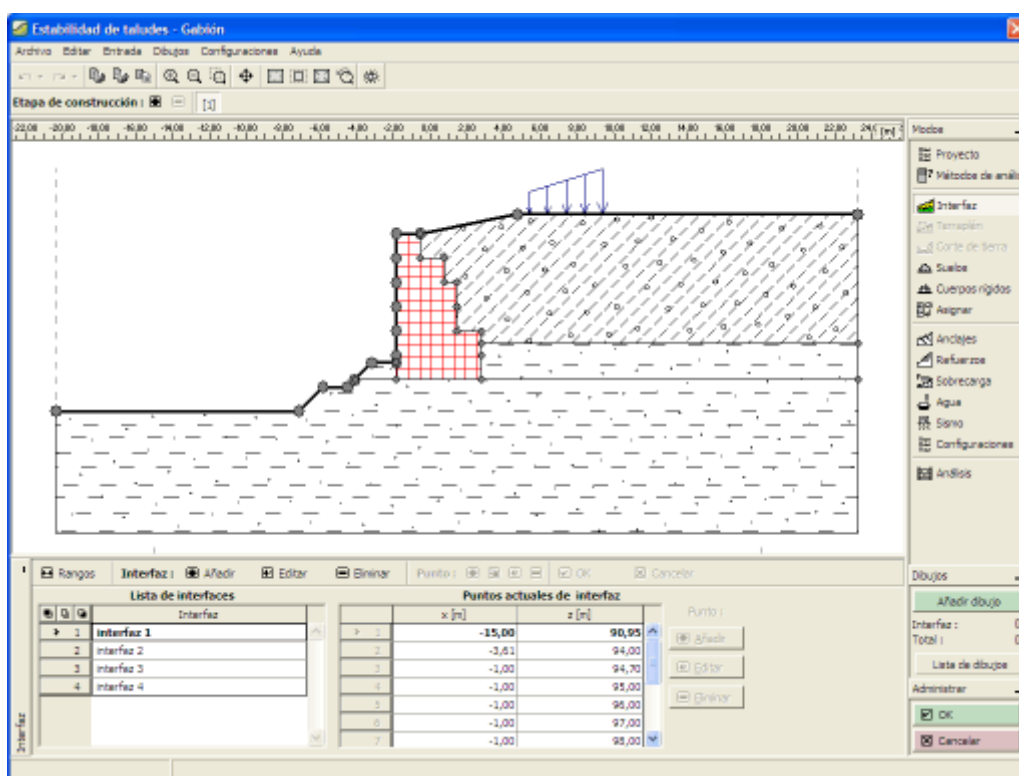


Cuadro "Verificación del Muro"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón "**Verificación de Estabilidad Global**" se ejecuta el programa "**Estabilidad de taludes**". El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa "**Estabilidad de taludes**" está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón "**OK**" para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa "**Gavión**".



Cuadro "Verificación de Estabilidad Global"

Programa Estribo

Este programa se utiliza para diseñar estribos incluyendo alas del muro. Permite comprobar el estribo contra vuelco, la traducción, la capacidad portante del suelo de cimentación y dimensionado de secciones de hormigón armado o decisivas que se apoya (incluyendo alas).

La ayuda en el programa "Estribo" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría de corte	Alas del muro	Vista geométrica del Plano	Pasos de Zapata	Material
Perfil	Suelos	Carga-LC	Asignar	Cimentación	Relleno	Terreno
Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas	Sismo	Configuración de etapas	Verificación
Capacidad portante	Verificación del muro	Estabilidad				

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "**Estribo**":

Tensión en el
cuerpo del suelo

Presiones de
tierra

Análisis de muros

Análisis de
Capacidad
Portante de
Cimentación

Dimensionado de
Estructuras de
Hormigón

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "**GeoClipboard**".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "**lista de configuración**".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

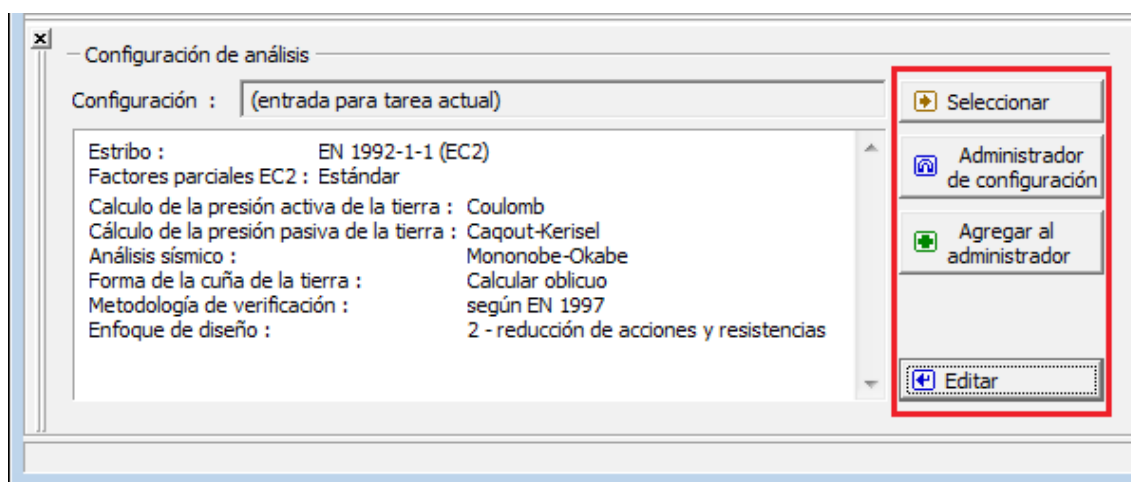
El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de muros**".



Cuadro "Configuración"

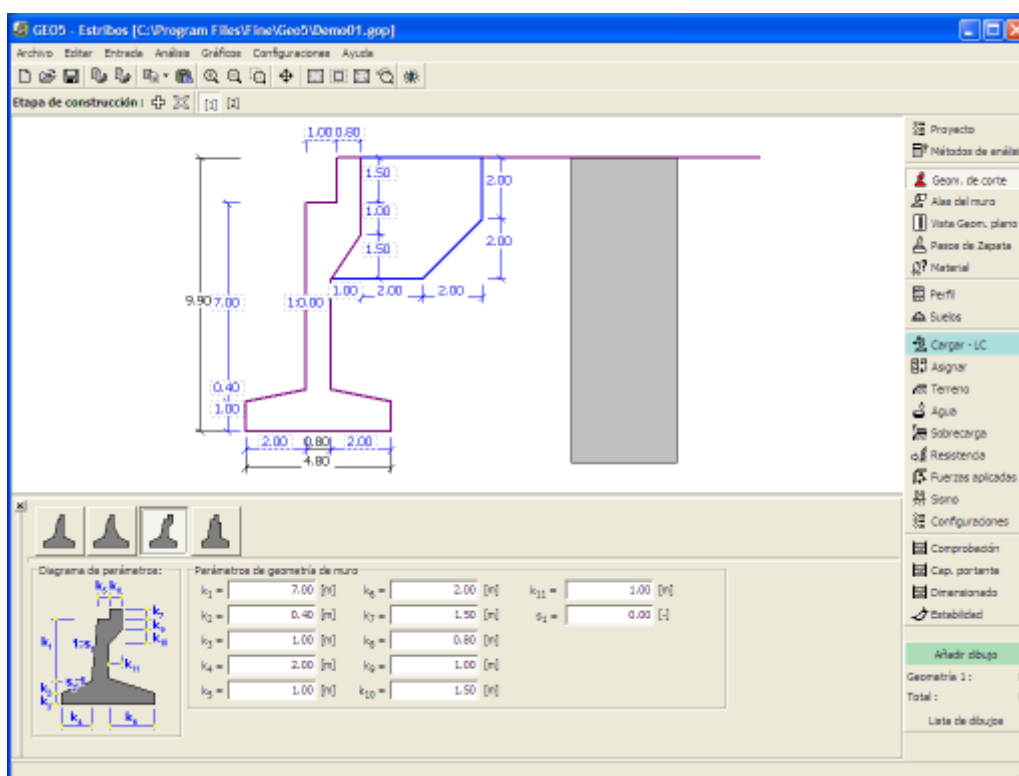
Geometría de corte

El **cuadro "Geometría de corte"** permite seleccionar la forma del estribo de puente. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del muro puede ser editada en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

En caso de que la estructura esté compuesta por segmentos inclinados se requiere ingresar el grado de inclinación de los segmentos 1:x (s1). La **estructura recta** se especifica ingresando valor de inclinación cero.

El cuadro sirve para especificar la forma final del estribo incluyendo el muro de cierre. El estribo puede ser verificado por el estado de construcción (sin el muro de cierre) basándose en la selección realizada en el cuadro "**Cargar - LC**". La longitud del estribo y la longitud de la zapata se especifica en el cuadro "**Vista geométrica plana**".

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF



Cuadro "Geometría de corte"

Alas del muro

El cuadro **"Alas del muro"** permite introducir las dimensiones de las alas del muro. Las bisagras de las alas pueden ser simétricas o asimétricas. Asumiendo alas asimétricas se requiere introducir las dimensiones del ala derecha e izquierda separadamente. La pantalla siempre muestra el ala introducida actualmente - solo el ala izquierda se visualiza en los cuadros posteriores.

El cuadro **"Vista geométrica plana"** puede ser utilizado para introducir o editar el espesor de las alas y la longitud.

Las alas de estribos en conjunto con las secciones transversales pueden ser comprobadas en el cuadro **"Dimensionamiento"**. Se considera también, la carga debido al momento. El ala completa se carga por la **presión activa** desarrollada detrás de la estructura. El cuadro de diálogo **"Dimensionamiento"** sirve para introducir la magnitud de la **sobrecarga de la superficie**, para determinar la presión del ala. Entonces la sobrecarga especificada en el cuadro **"Sobrecarga"** no se toma en cuenta y luego el terreno detrás del ala se considera como plano.

El momento resultante aplicado a la unión se obtiene multiplicando la magnitud general de la presión del suelo que actúa en la superficie del muro y por la diferencia de los centroides de la presión resultante y de la unión.

La longitud de la sección transversal utilizada para el dimensionamiento, se considera por defecto como la altura del ala - Una longitud diferente a la de la unión ala-estribo puede incluso ser especificada seleccionando la opción **"Reducción para dimensionamiento"**.

Cuando utilizamos alas de muros prolongadas es posible introducir dimensiones de base debajo del muro. Estos saltos de base se reflejan en el análisis calculando un ancho ficticio de

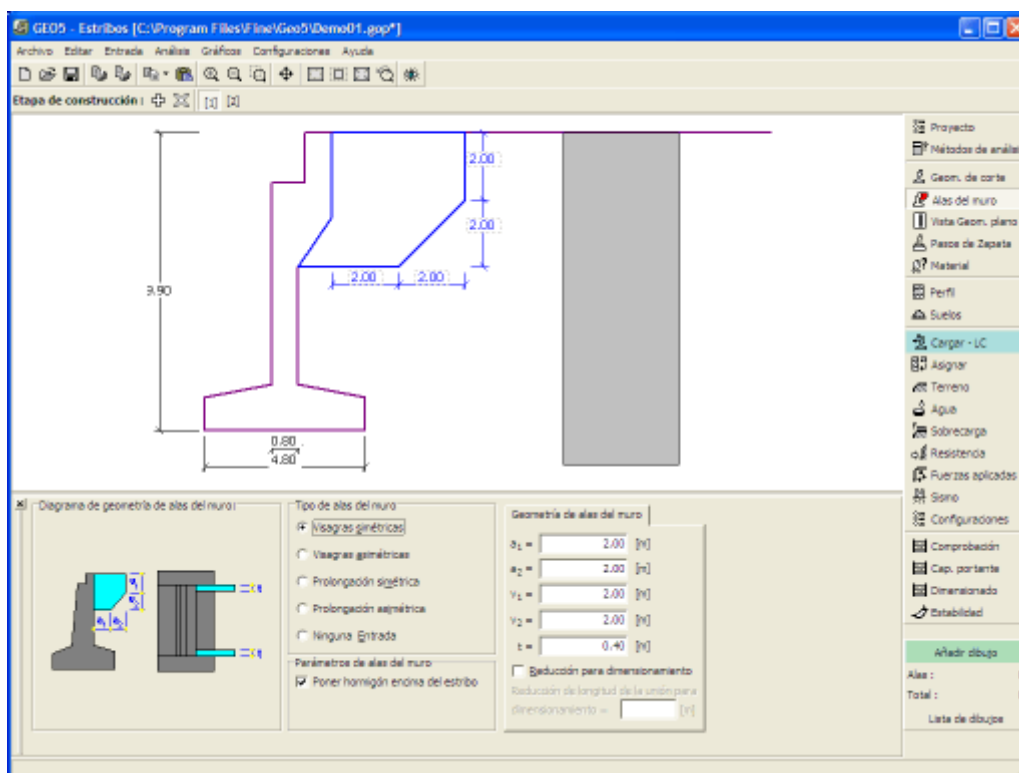
la base como:

$$d_{fict} = \frac{A_{tot}}{S}$$

Donde:

A_{tot}	Ancho ficticio de la base para comprobación de análisis
S	Área general de la base incluyendo los saltos
d_{fict}	Longitud del estribo base

La base luego se considera como rectangular, lo que es más simple, pero es una hipótesis más conservadora.



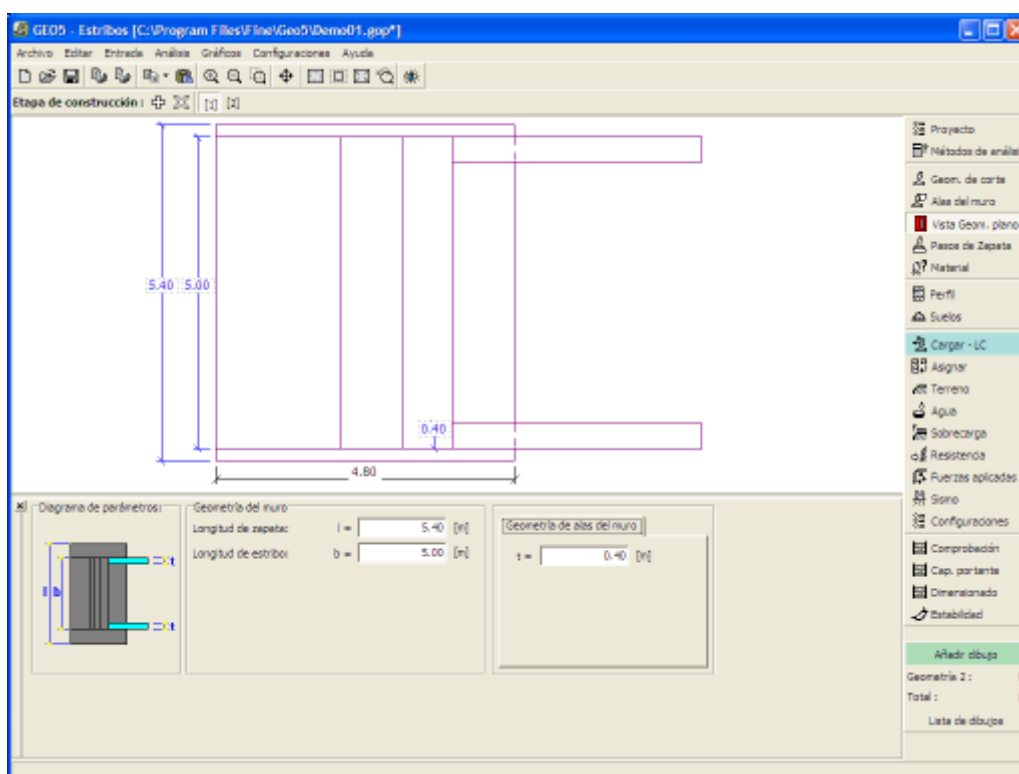
Cuadro "Alas del muro"

Vista geométrica del plano

El **cuadro "Vista geométrica del plano"** permite ingresar la longitud del estribo, longitud de la zapata y las dimensiones de las alas del muro. Las dimensiones pueden ser editadas en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para obtener más información sobre los **efectos de las dimensiones de los estribos** en el análisis de comprobación, referirse a la sección "**Cálculo de fuerzas de estribos**".

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.

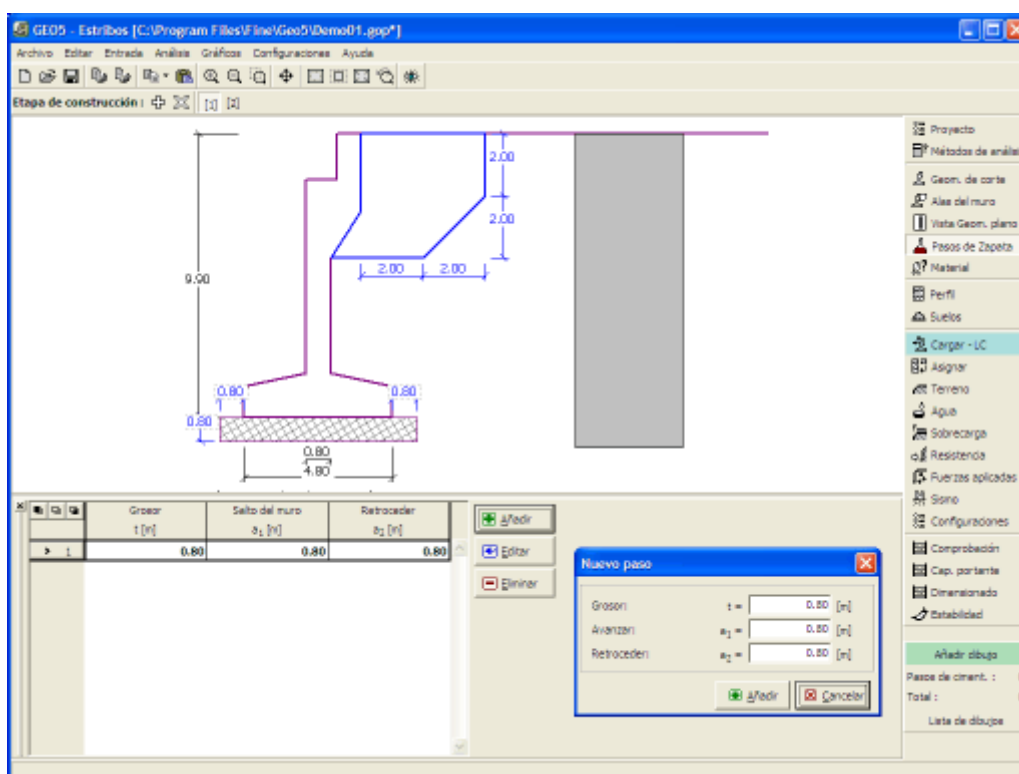


Cuadro "Vista geométrica del plano"

Pasos de zapata

El cuadro **"Pasos de zapata"** sirve para introducir los pasos de la zapata debajo del estribo. Esta opción permite especificar formas adicionales del puente estribo.

Para **añadir** pasos se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo pasos"**. Los pasos pueden ser editados en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** u **objetos activos** respectivamente.



Cuadro "Pasos de zapata"

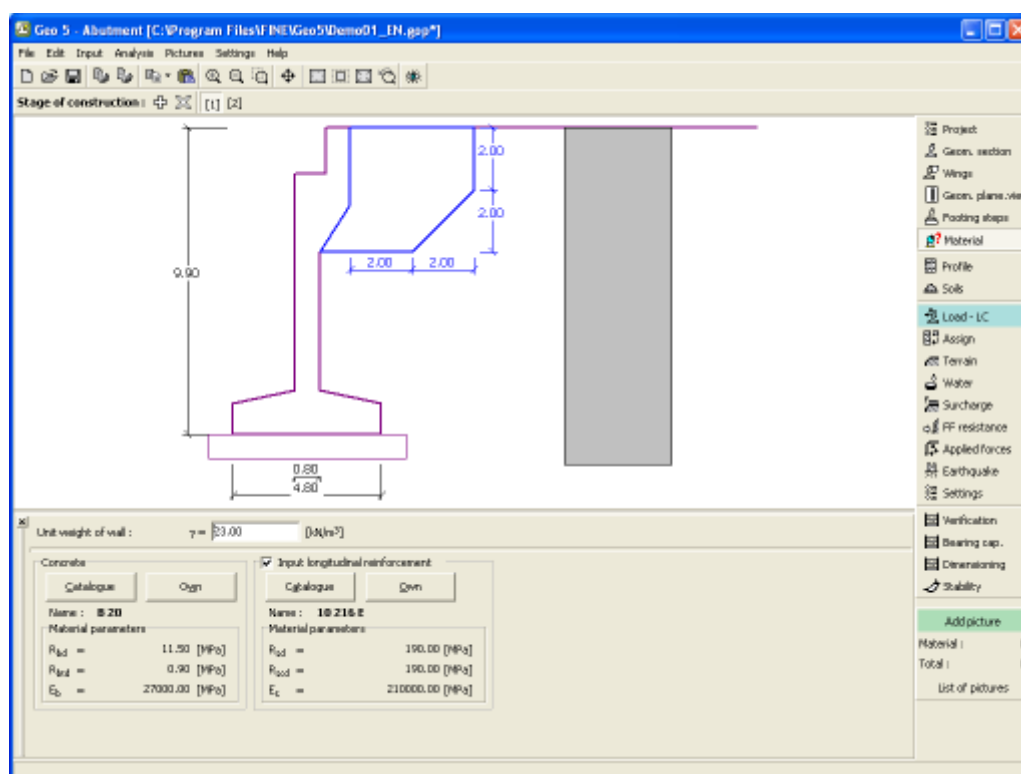
Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar los parámetros de material. La **unidad de peso** se introduce en el campo de entrada en la parte superior del cuadro.

Dos opciones están disponibles cuando seleccionamos el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** para seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material"** - el cual sirve para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar seleccionado para el diseño de la estructura de hormigón configurada en la solapa **"Materiales y estándares"**. El campo de entrada en la parte superior del cuadro sirve para especificar la **unidad de peso de la estructura**.



Cuadro "Material"

Perfil

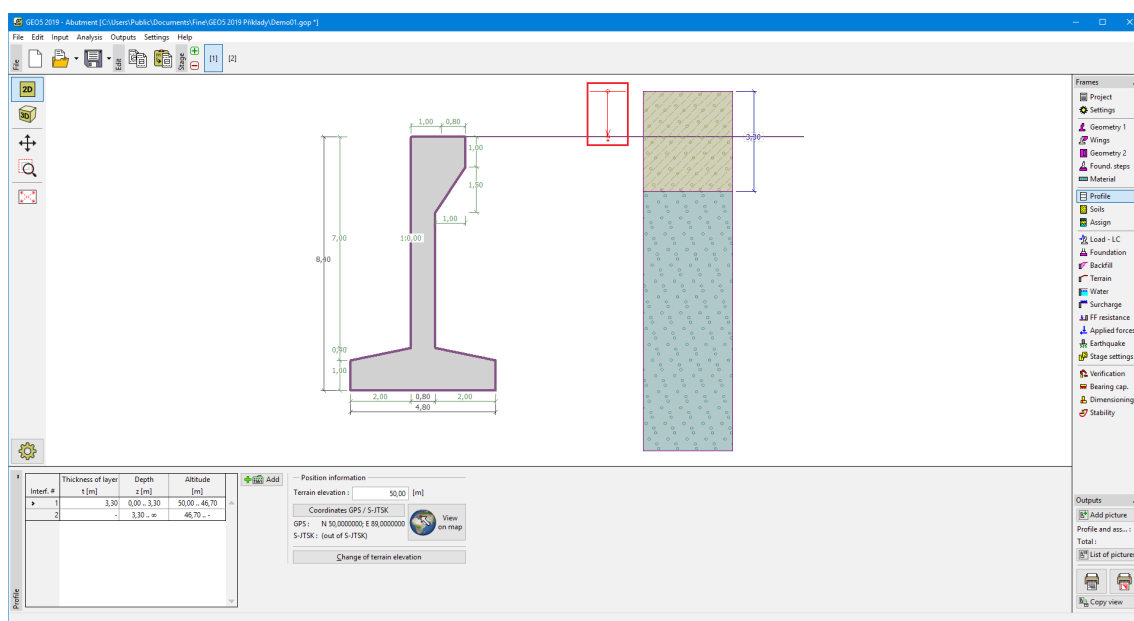
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las dimensiones activas.

Para añadir capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible mostrar una estructura en Google Maps usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía".



Cuadro "Perfil"

Suelos

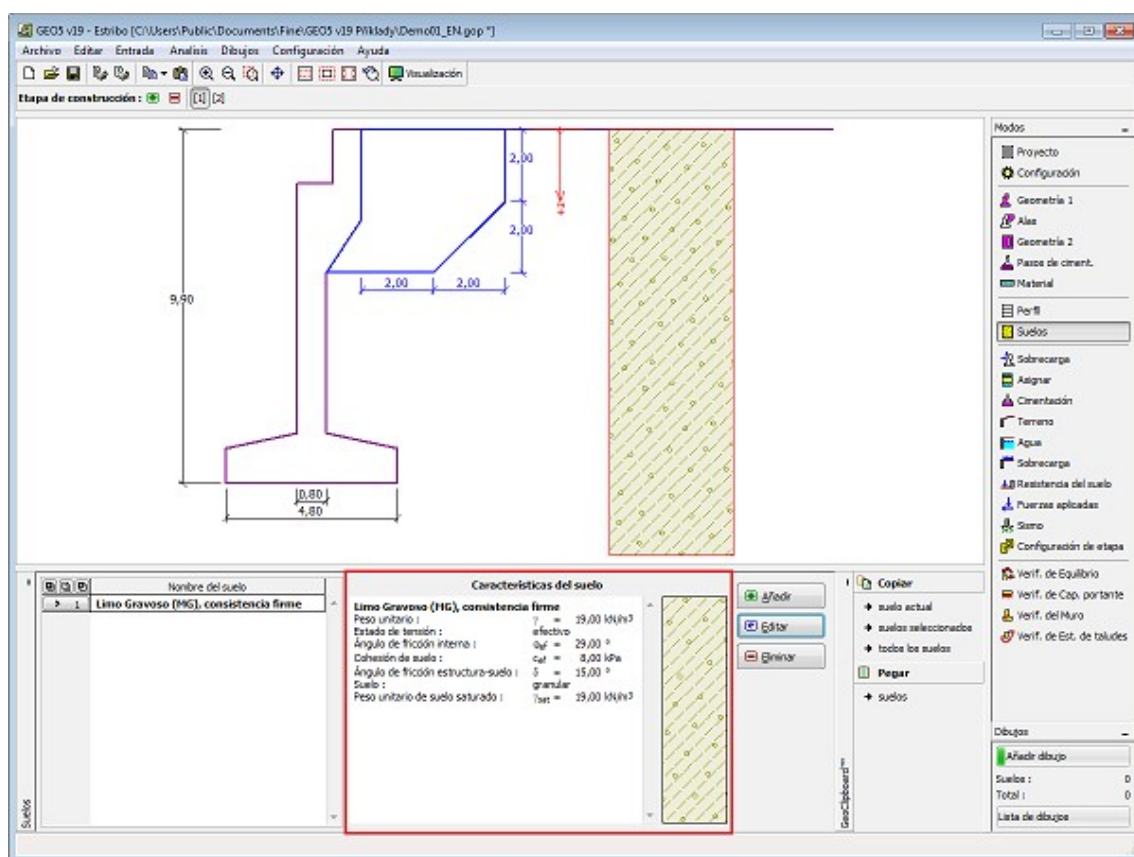
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo. - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Arcilla arenosa (CS), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 18,5

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 22-27

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 10-18

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Presión en reposo

Suelo :

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

GEO

Trama

Arcilla arenosa

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

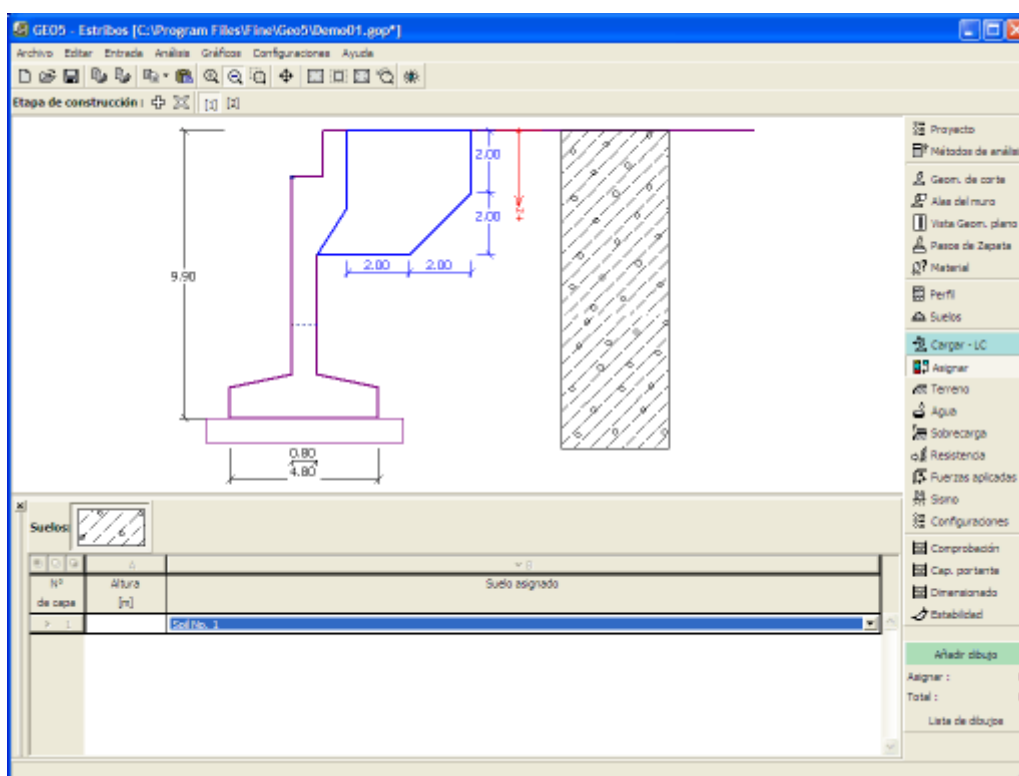
Cancelar

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Cargas

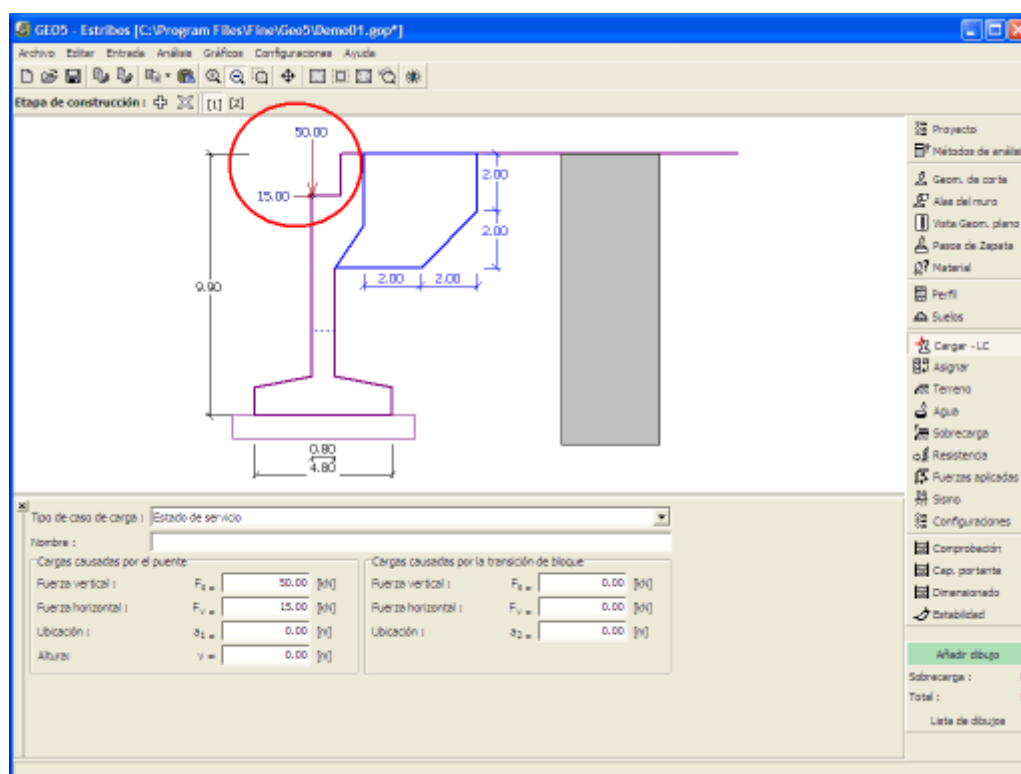
El cuadro "Cargas" sirve para especificar el **tipo de caso de carga** (estado de construcción, estado de servicio) y la carga causada por el puente y causada por el bloque de transición.

El análisis de verificación y dimensionamiento de todo el puente-estribo o solo una parte puede ser llevado a cabo especificando según el tipo de carga.

Cuando usamos análisis según **EN1997** o **LRFD**, las cargas ingresadas desde el **puente y el plano de transición no aumentan** por ningún **factor parcial**. Las fuerzas ingresadas deben ser determinadas según el estándar correspondiente (EN 1990, EN 1991)

El número de carga especificado en el caso de **estado de construcción** y el estribo, se comprueba en una determinada etapa de construcción sin muro de cierre y alas puente. En el caso de **estado de servicio** el estribo se carga por el **puente** y el **bloque de transición** y se verifica todo el estribo.

Para la comprobación del estribo se tiene la ventaja de poder aprovechar la **etapa de construcción** y especificar distintos estados para diferentes casos de carga (ejemplo: estado de construcción, estado de servicio sin carga móvil, estado de servicio sin ninguna carga). Distintos estados luego permiten introducir diferentes cargas, sobrecargas, formas de terreno, tipos de análisis de presión (activa, en reposo) diseño de coeficientes, etc.



Cuadro "Cargar - LC"

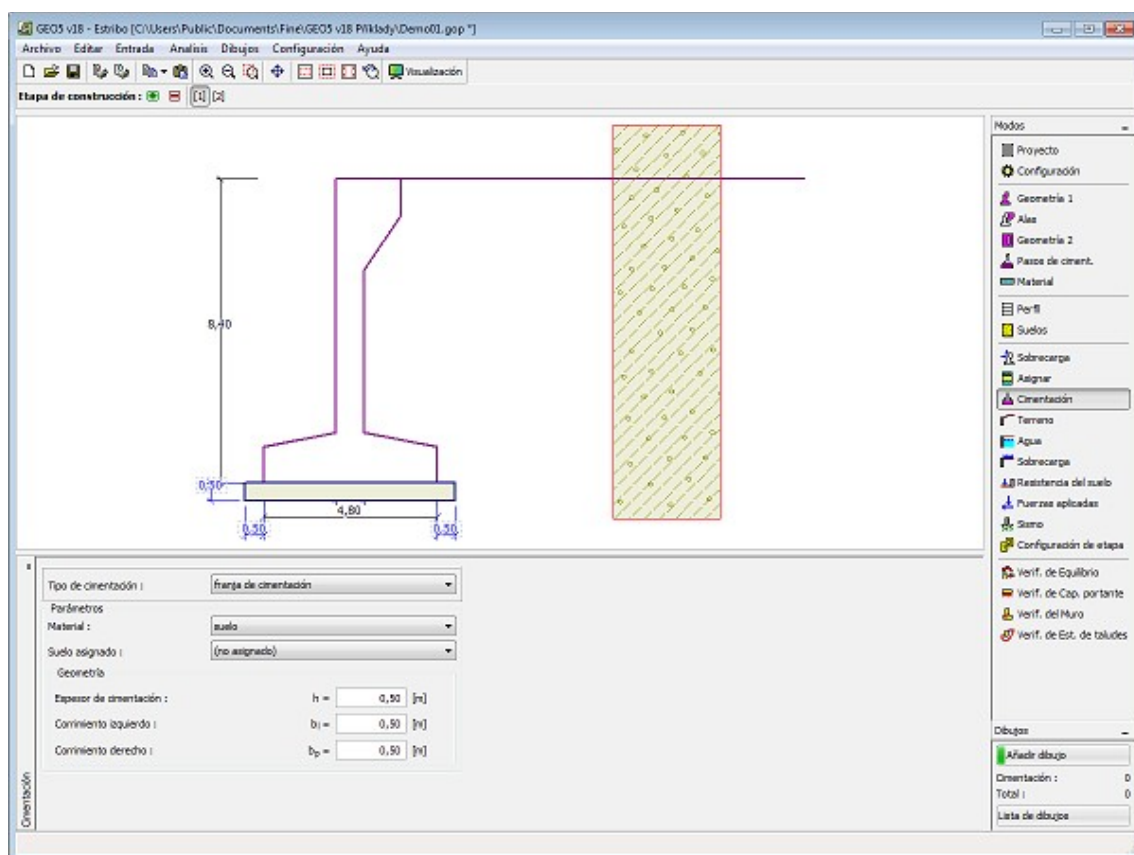
Cimentación

El cuadro "Cimentación" sirve para asignar el tipo de cimentación. Los siguientes tipos de cimentación de muros están disponibles:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro "Perfil".
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y la estructura. La opción "**Entrada del ángulo de fricción base-suelo**" requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción "**Entrada de coeficiente de fricción**" requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.
- **Franja de cimentación** - El material de la franja de cimentación se representa por el **suelo** (ingresado en el cuadro "Suelos") o por hormigón - requiere ingresar la **unidad de peso del material de cimentación** γ y los **parámetros de contacto base-suelo** (coeficiente de fricción f , cohesión c , resistencia adicional F).
- **Pilote de cimentación** - el muro puede ser cimentado en una de las filas de pilotes o en dos filas de pilotes, respectivamente

La **franja de cimentación** y el **pilote de cimentación** pueden ser adoptados para la base del muro solamente si se selecciona el tipo de muro una **zapata con fondo sin salto** en el cuadro de "Geometría". La geometría del muro de cimentación (**franja de cimentación**, **pilote de cimentación**) pueden ser modificados tanto en el cuadro ingresando los valores específicos dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en el **análisis del muro actual** (verificación de deslizamiento) y en la **capacidad portante del suelo de cimentación**.

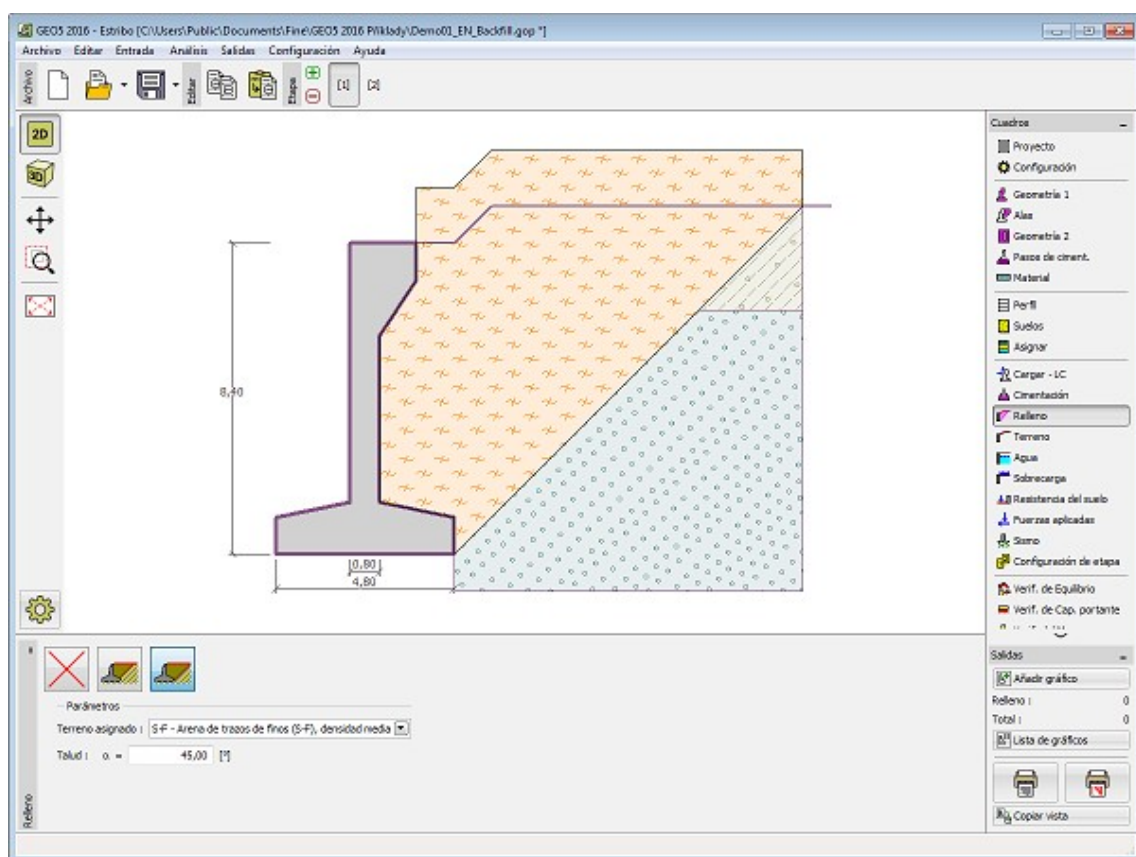


Cuadro "Cimentación"

Relleno

El **cuadro "Relleno"** permite la selección del relleno detrás de la estructura.

El suelo asignado al relleno se selecciona en la lista desplegable en el cuadro (los parámetros de suelo se definen en el cuadro "**Suelos**"). Además, se ingresa el ángulo de relleno.



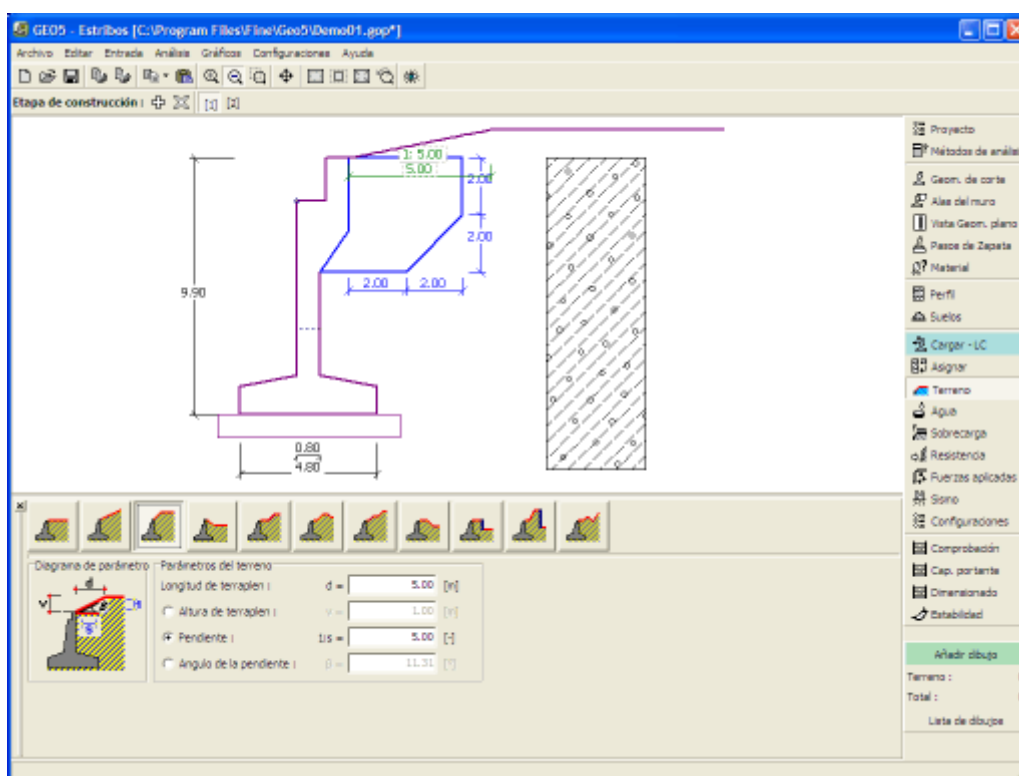
Cuadro "Relleno"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda **"Distribución de presión de tierras en terreno quebrado"**.



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica (**"Diagrama de Parámetros"**) de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

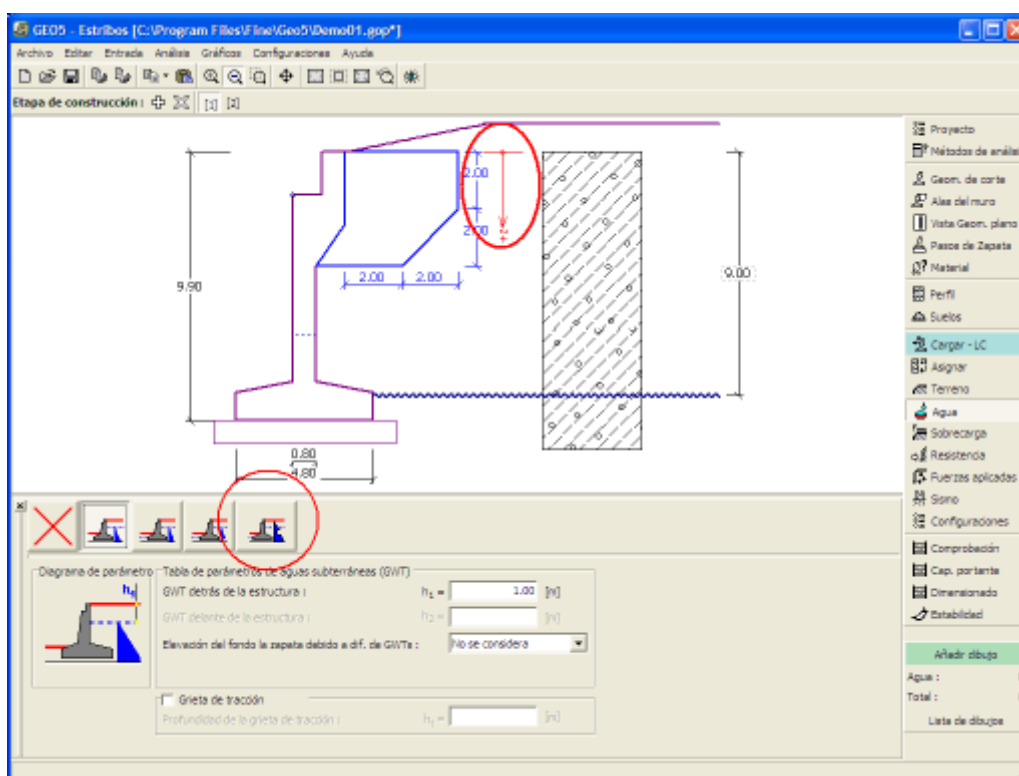
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes tablas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

Las napas freáticas también pueden ser especificadas por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

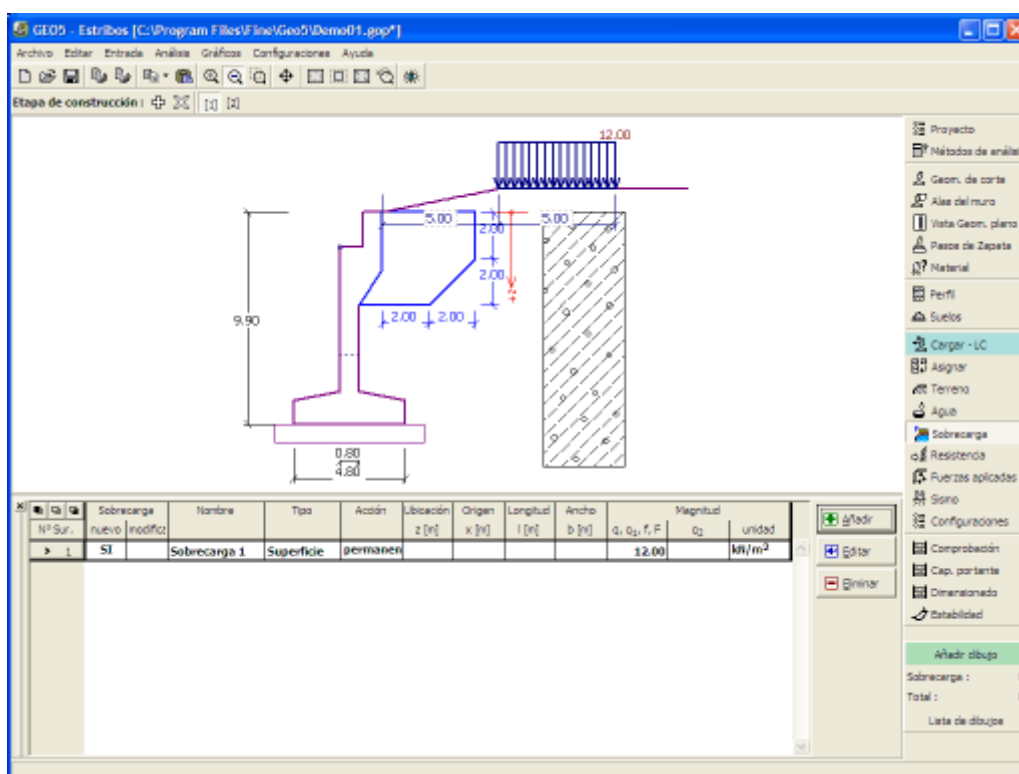
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



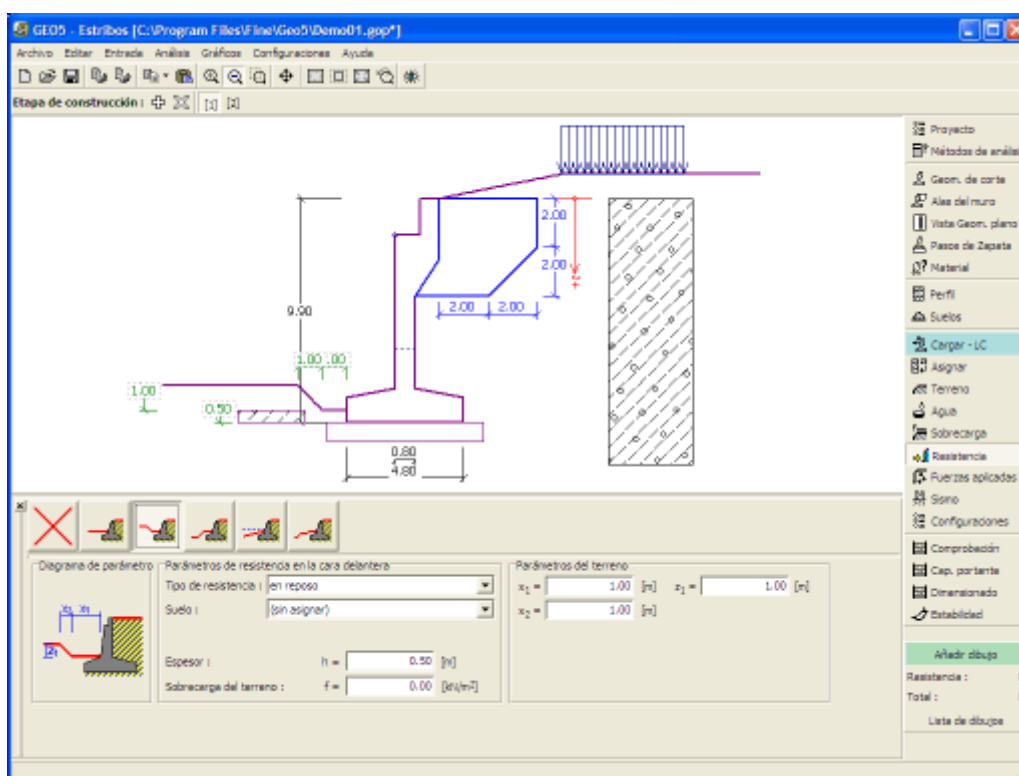
Cuadro "Sobrecarga"

Resistencia

El cuadro "**Resistencia**" del suelo FF (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Este cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**"). También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



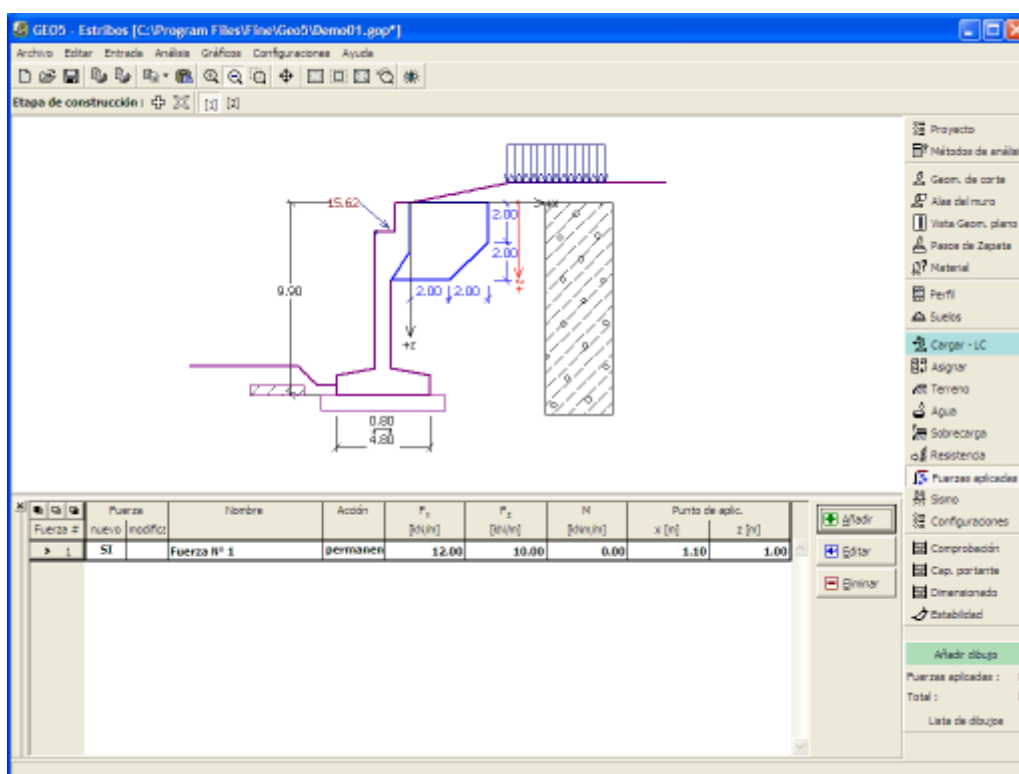
Cuadro "Resistencia" del suelo FF (Front Face)

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



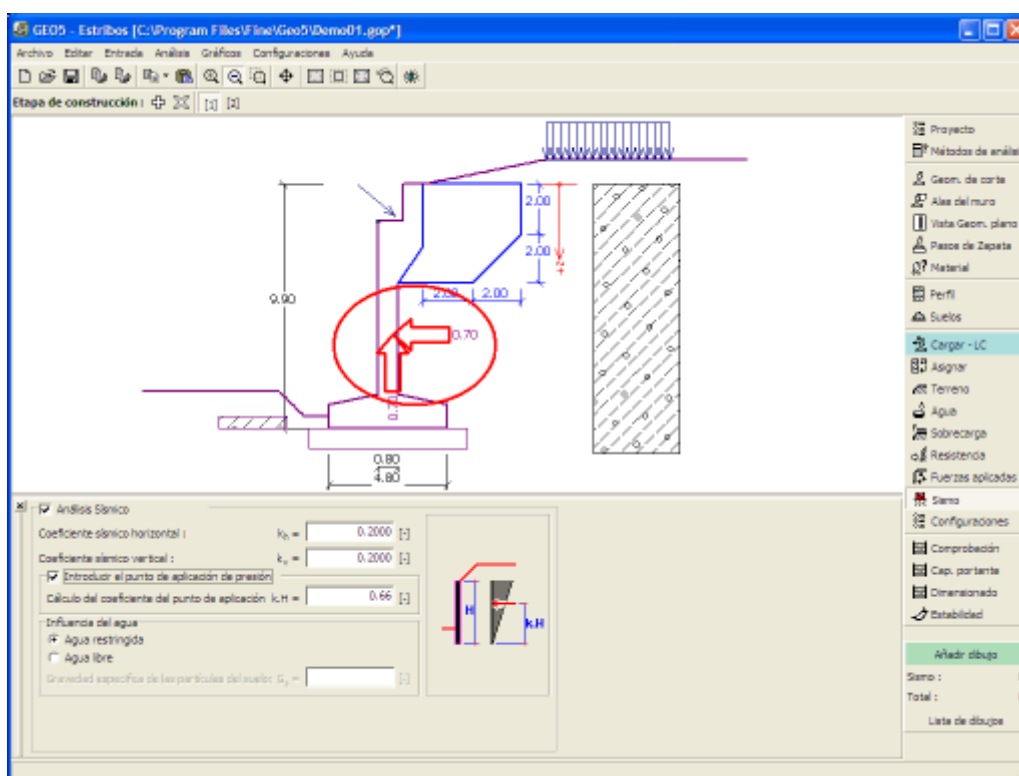
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



Cuadro "Sismo"

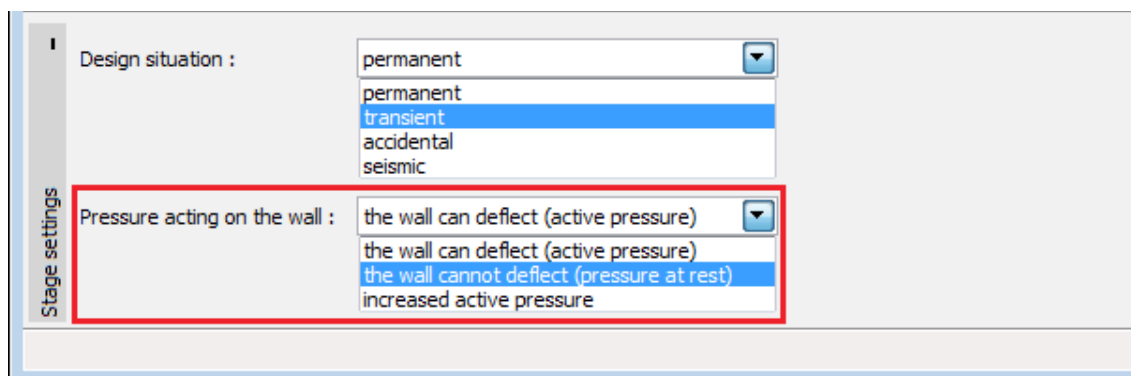
Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

Luego, el cuadro sirve para especificar el tipo de presión que actúa en el muro cuando el muro puede deflectarse. Cuando el muro tiene libertad de movimiento, se asume una **presión activa**, caso contrario, se utiliza la **presión en reposo**. La tercera opción permite cargar el muro por **presión activa aumentada**.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "Verificación de equilibrio" muestra el resultado del análisis. Distintos cálculos pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

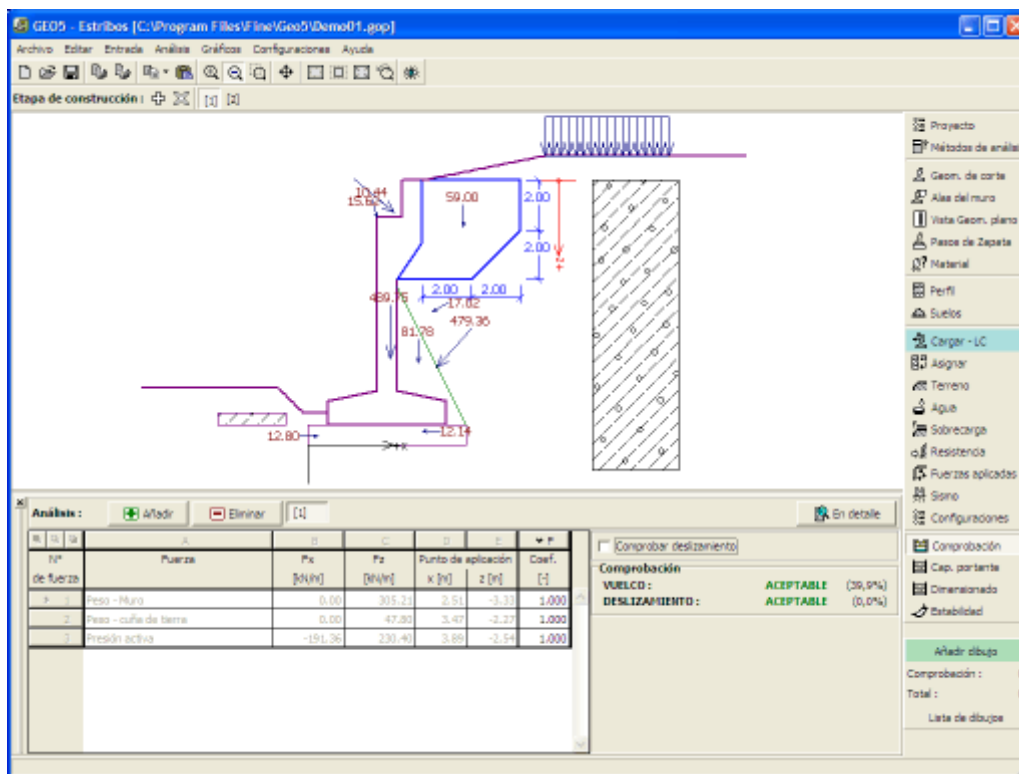
- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El muro es cargado por la **presión activa** o en **reposo** dependiendo de los ítems seleccionados en el cuadro "Configuración de etapa"

El procedimiento para **Análisis de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El **cálculo forzado** se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado del análisis del muro contra **vuelco o deslizamiento**. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación"

Verificación de Capacidad portante

El **cuadro "Verificación de Capacidad portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro **"Verificación"**.

El programa **"Zapata"**, **"Zapata por CPT"**, **"Pilote"** y **"Grupo de Pilotes"** considera todas las verificaciones como casos de carga. En el programa **"Pilote por CPT"**, solo se usa la carga normal.

El cuadro contiene las siguientes opciones de análisis.

- **Ingresar capacidad portante de suelos de cimentación manualmente**

Se introduce la capacidad portante del suelo de cimentación. El resultado del análisis de **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha de la imagen. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados respondiente.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Zapata"**

Presionando el botón **"Ejecutar el programa Zapata"** se **abre el programa "Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón **"OK"** se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa **"Muro de gravedad"**. El programa **"Zapata"** debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.
- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT" "Zapata".**

El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Zapata"**.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Pilote"**

El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s .
- **Analizar la capacidad portante por el programa "Pilote por CPT"**

El procedimiento es idéntico como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Pilote"**.
- **Análisis de capacidad portante utilizando el programa "Grupo de pilotes"**

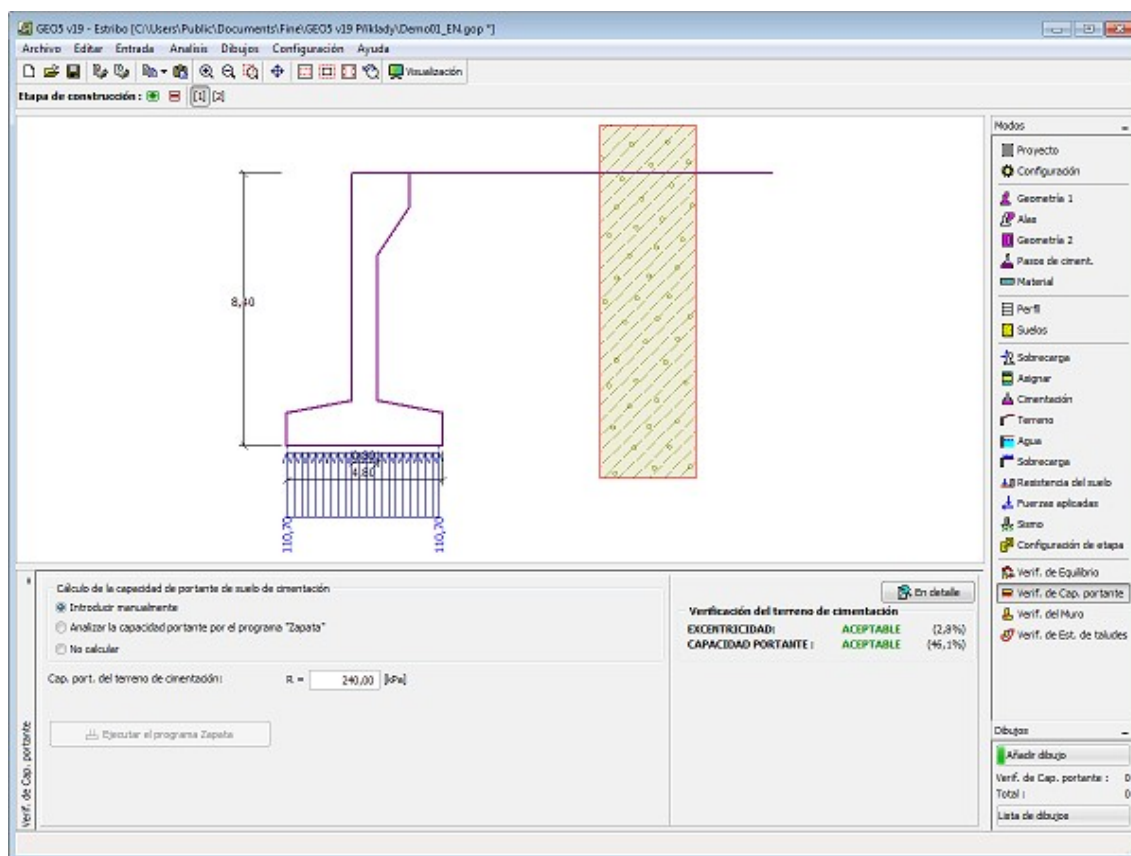
El procedimiento es idéntico al de calcular la capacidad portante del suelo por el programa **"Zapata"**. El botón **"Ejecutar el programa Grupo de pilotes"** está disponible si el muro tiene la cimentación en un pilote (cuadro **"Cimentación"**). Se introduce el espaciamiento de pilotes s , el número total de filas de pilotes n y la longitud de carga l .
- **No calcular (cimentación sobre pilotes)**

La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de**

gráficos".



Cuadro "Verificación de Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro "Verificación del Muro" sirve para diseñar y verificar el refuerzo de un estribo de sección transversal - la sección transversal sujeta al dimensionamiento se selecciona en el listado. La tabla muestra las **fuerzas del estribo**.

Muestra las fuerzas transversales que se puede comprobar dependiendo del **tipo de carga** seleccionado (construcción, servicio). Las siguientes secciones transversales están disponibles para ambos estados; construcción y servicio:

- **Control de espolón del muro**
- **Control de la junta de construcción** - se especifica la **profundidad** de la junta desde el borde superior de la construcción
- **Control de salto del muro**

El estado de servicio también permite comprobar:

- **Control de muro de cierre**
- **Control de alas de muro** - se introduce la superficie de sobrecarga debido al terreno, para un análisis actual se hace referencia a la sección "Alas"

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última

columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.

- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El estribo se carga por la **presión activa** o **presión en reposo** dependiendo de las especificaciones introducidas en el cuadro "Configuración de etapa", la **presión activa de la tierra** se utiliza cuando analizamos alas de muro.

El **procedimiento para derivar la distribución de fuerzas internas** en distintas secciones transversales se describe en la parte teórica de este capítulo.

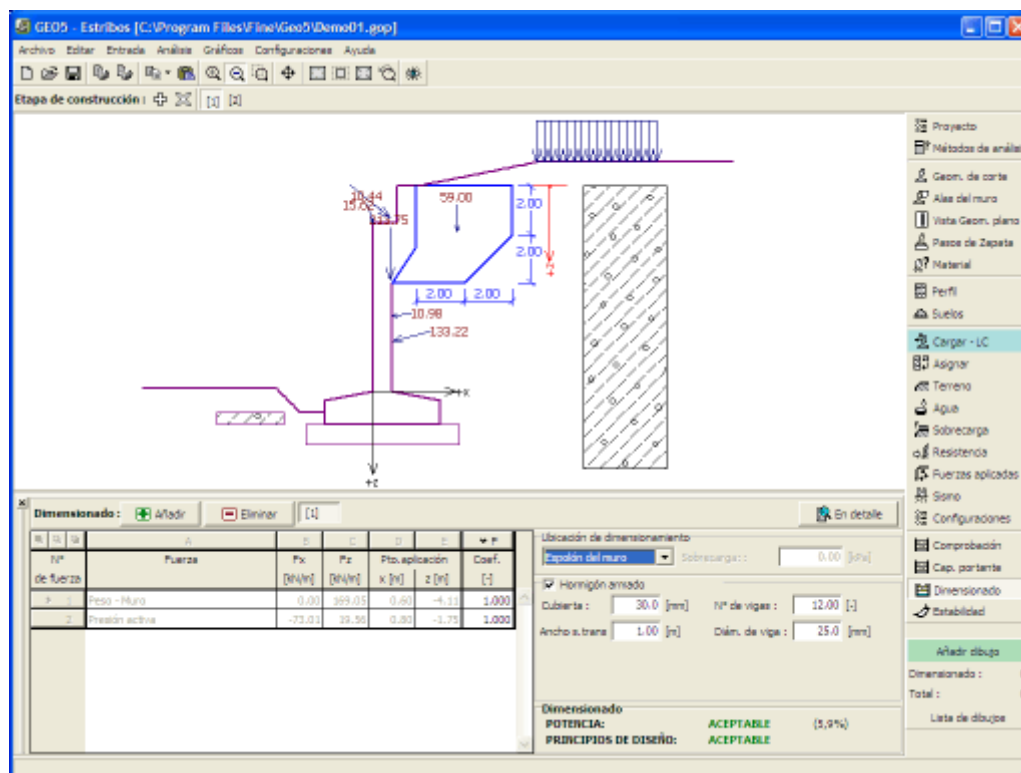
El **dimensionado de una estructura de hormigón de acero reforzada** se resuelve de acuerdo a la configuración estándar en el cuadro "Materiales y estándares".

El análisis de comprobación se basa en el **estándar CSN 73 6206 "Diseño de hormigón y refuerzos de acero de las estructuras de puente de hormigón"** se describe en **herencia**.

Distintos cálculos para varias secciones transversales pueden ser llevados a cabo.

Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".

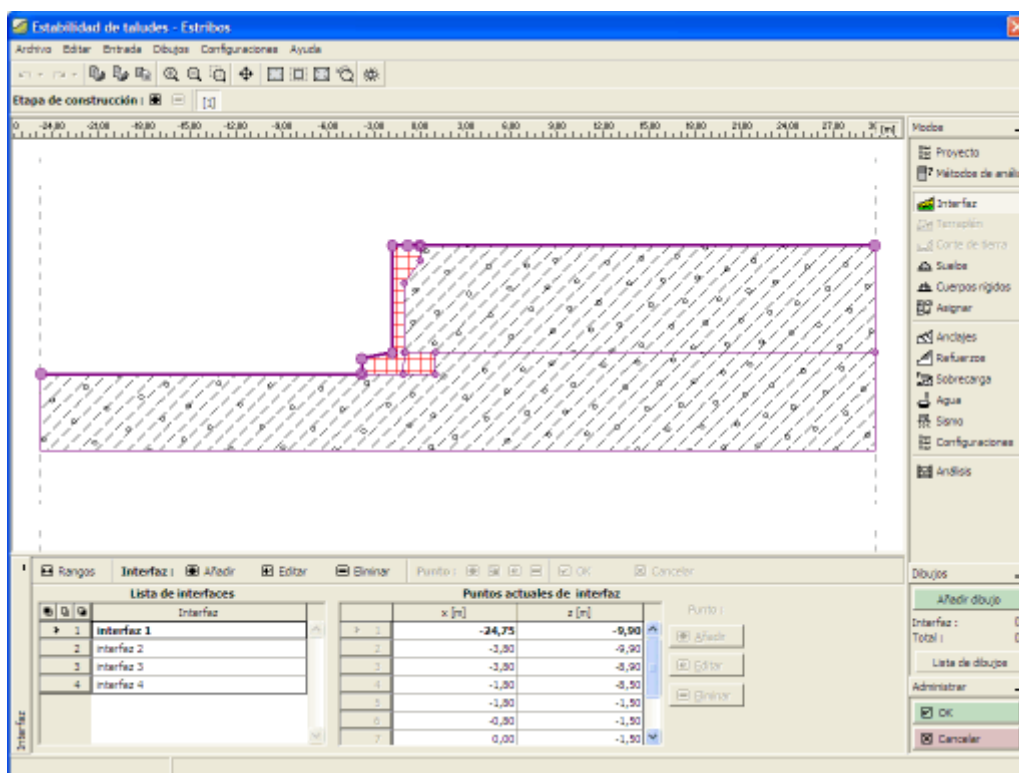


Cuadro "Verificación del Muro"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón **"Verificación de Estabilidad Global"** se **ejecuta** el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"OK"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Estribos"**.



Cuadro "Verificación de Estabilidad Global"

Programa Muro Claveteado

El programa analiza muros y taludes claveteados de varias formas.

La ayuda en el programa "Muro Claveteado" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Tipo de Clavos	Geometría de los Clavos	Material	Perfil
Suelos	Asignar	Terreno	Agua	Sobrecarga	Sismo	Configuración de etapas
Estabilidad Interna	Verificación	Capacidad portante	Verificación del muro	Estabilidad Externa		

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "**Muro Claveteado**":

Tensión en el
cuerpo del suelo

Presiones de
tierra

Análisis de muros

Muros
claveteados

Dimensionado de
Estructuras de
Hormigón

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro "**Configuración**" sirve para introducir la configuración básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "**lista de configuración**".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

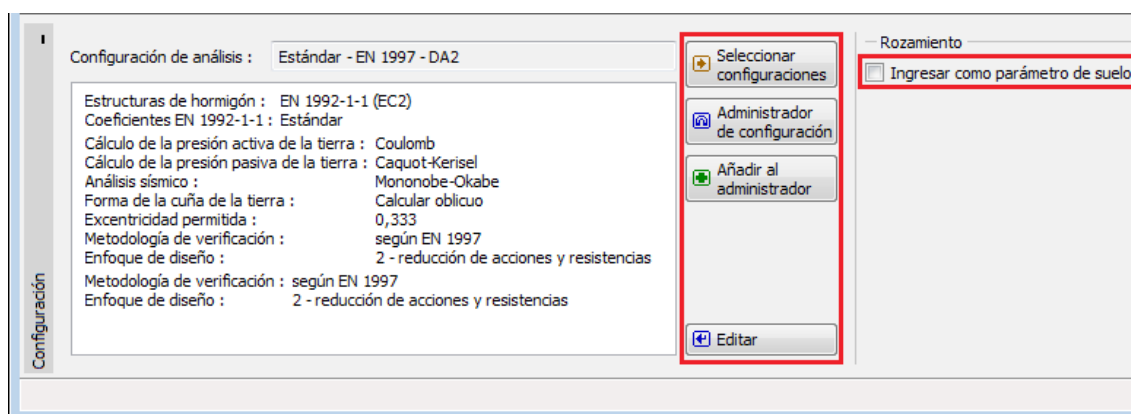
El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**", "**Análisis de muros**" y "**Análisis de estabilidad**".

Cuando se calcula la resistencia a la extracción del clavo, el **rozamiento** puede ser insertado como un parámetro de suelo.



Cuadro "Configuración"

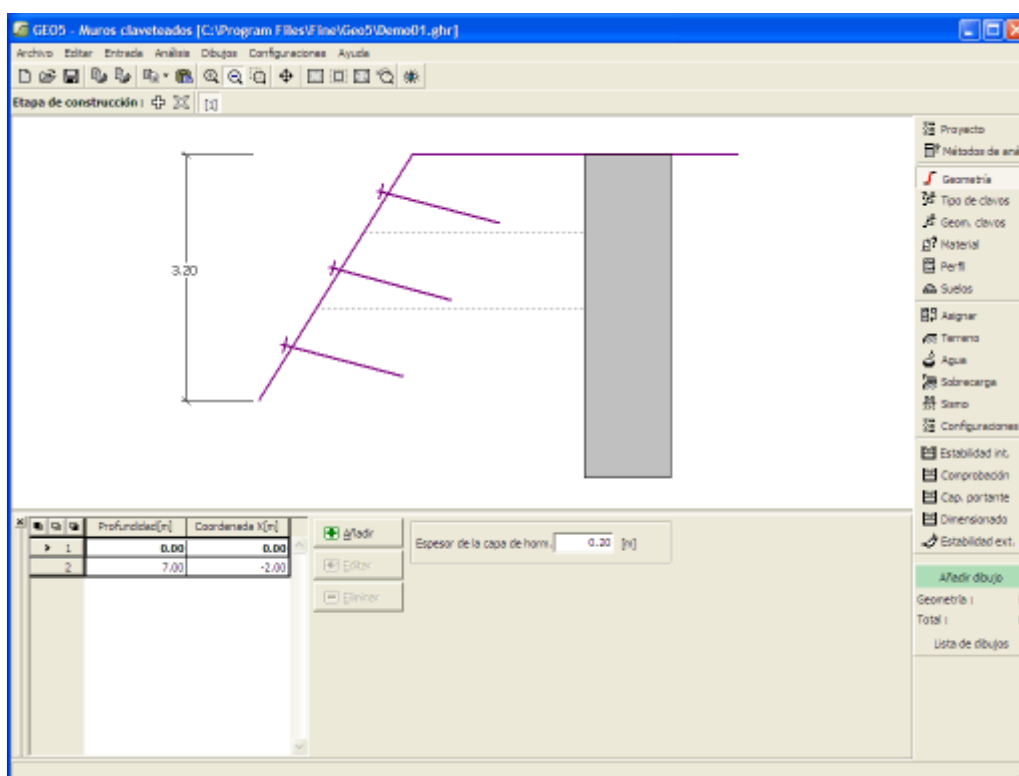
Geometría

El **cuadro "Geometría"** contiene una **tabla** con un listado de los puntos introducidos en la cara delantera de la estructura. Para **añadir** puntos se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo punto"**.

Es posible editar los puntos en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**, seleccionando el punto se abre una cuadro de diálogo para su modificación.

Es necesario especificar la profundidad (coordenada z , desde el punto mas alto de la estructura - dirección positiva hacia abajo) y la coordenada x (dirección negativa se asume a la izquierda, no se permite pendientes de estructuras)

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.

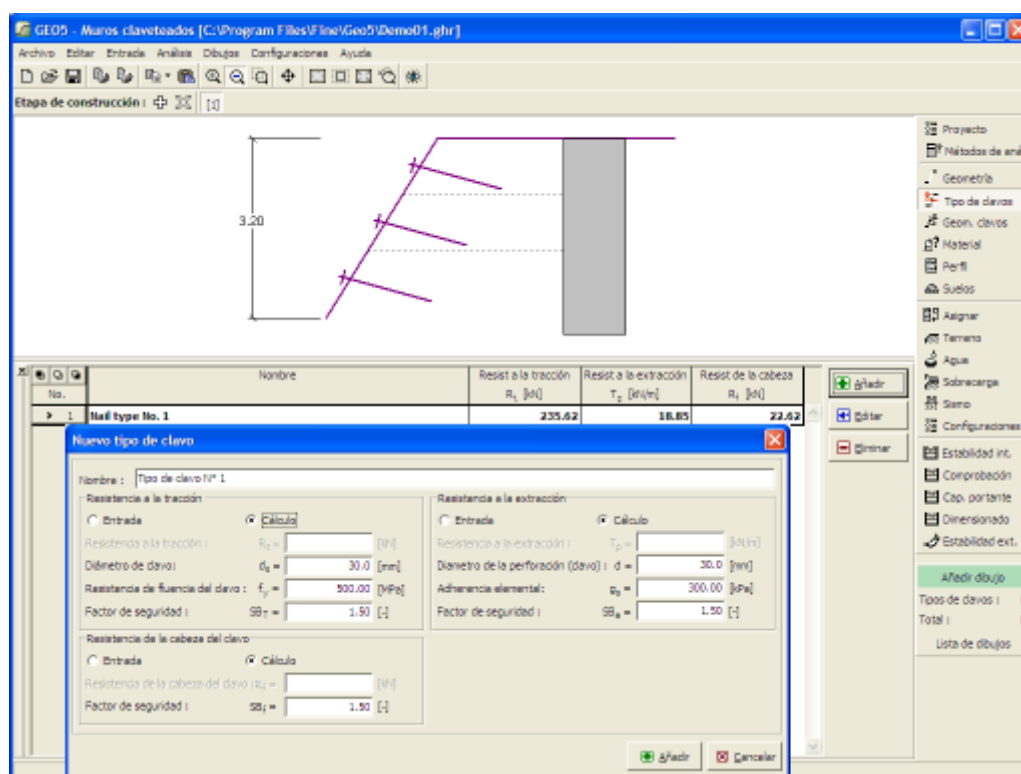


Cuadro "Geometría"

Tipo de clavos

El cuadro "Tipo de clavos" sirve para **especificar** el tipo de clavos en una **tabla** determinada. Los parámetros de resistencia de clavos pueden ser **introducidos** por el usuario o **determinados directamente por el programa**, dependiendo de los datos introducidos.

La tabla muestra los siguientes datos introducidos o calculados: **Resistencia de la cabeza del clavo**, **Resistencia a la tracción** - **Resistencia al arrancamiento** - por *l m*.



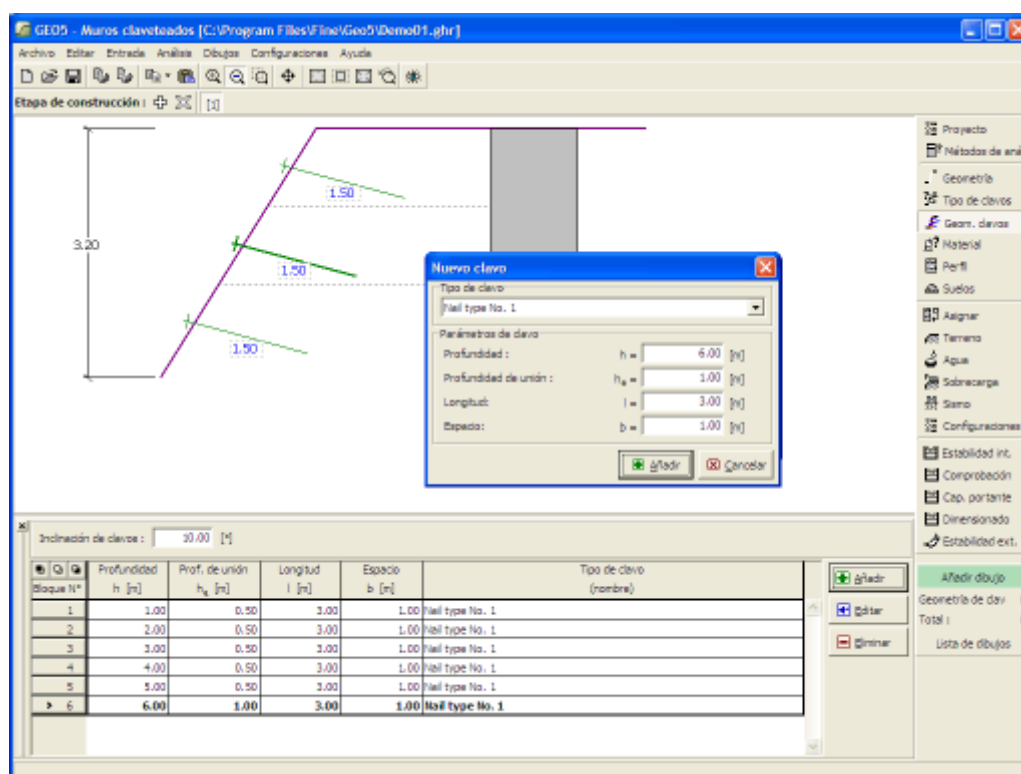
Cuadro "Tipo de clavos"

Geometría de clavos

El cuadro "Geometría de clavos" contiene una tabla con un listado de los clavos introducidos en la cara delantera de la estructura. Para añadir puntos se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo punto". Es posible editar los clavos en el escritorio con la ayuda de los objetos activos.

El usuario debe especificar la profundidad del clavo, **profundidad de la plataforma para un clavo dado** (el próximo clavo debe introducirse tan profundo como el que se encuentra por debajo de la plataforma del clavo superior), longitud del clavo, su diámetro y distancia.

La inclinación de los clavos se considera desde la línea horizontal en la dirección de las agujas del reloj y es constante para todos los clavos.



Cuadro "Geometría de clavos"

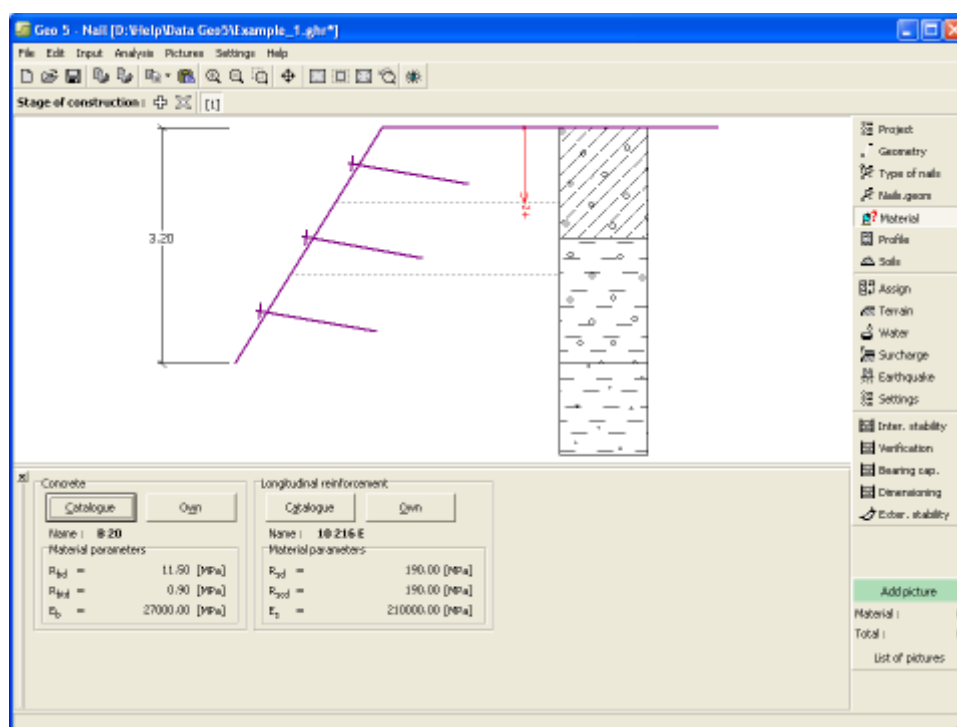
Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar los parámetros de los materiales para hormigón y refuerzos de aceros longitudinales.

Dos opciones están disponibles cuando seleccionamos el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** (Para refuerzos de hormigón o acero) la lista de materiales sirve para seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material - Hormigón"** (para hormigón), y **"Edición de material - Acero para hormigón"** (para refuerzos de acero longitudinales y transversales), el cual sirve para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar seleccionado para el diseño de la estructura de hormigón configurada en la solapa **"Materiales y estándares"**. El campo de entrada en la parte superior del cuadro sirve para especificar la unidad de peso de la estructura.



Cuadro "Material"

Perfil

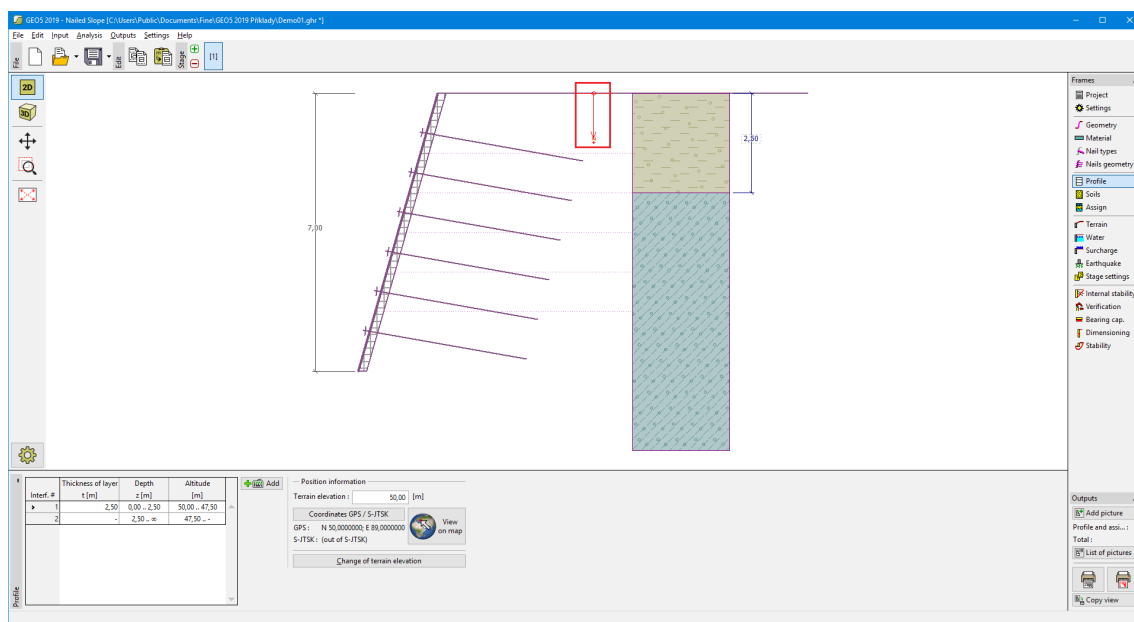
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las dimensiones activas.

Para añadir capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible [mostrar una estructura en Google Maps](#) usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía"



Cuadro "Perfil"

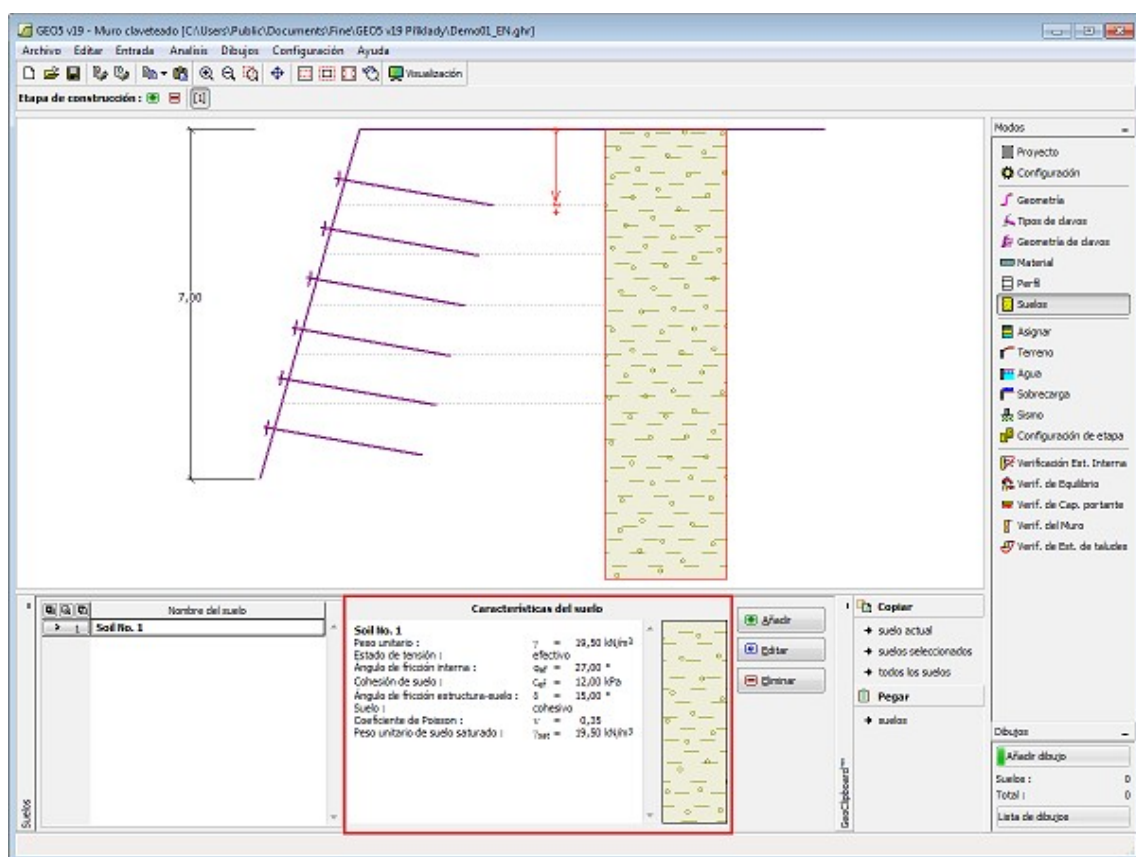
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) un suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características del suelo necesarias en el programa se especifican en los siguientes capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de tierra en reposo"**, **"Aumento de Presión"** y **"Fuerza de adherencia"** (consulte el cuadro **"Configuración"**).

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Editar suelos

Identificación
Nombre : Arcilla gravosa (CG), consistencia firme
Tøida F2, konzistence tuhá

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ 19,50 [kN/m³] 19,5

Estado de tensión : efectivo

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ 27,00 [°] 24-30

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ 12,00 [kPa] 6-14

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ 15,00 [°]

Presión en reposo

Suelo : cohesivo

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ 0,35 [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión : Estándar

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ 19,50 [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama
GEO

Trama
Arcilla gravosa

Clasificación

Clasificar

Eliminar

OK +

OK +

☒ OK

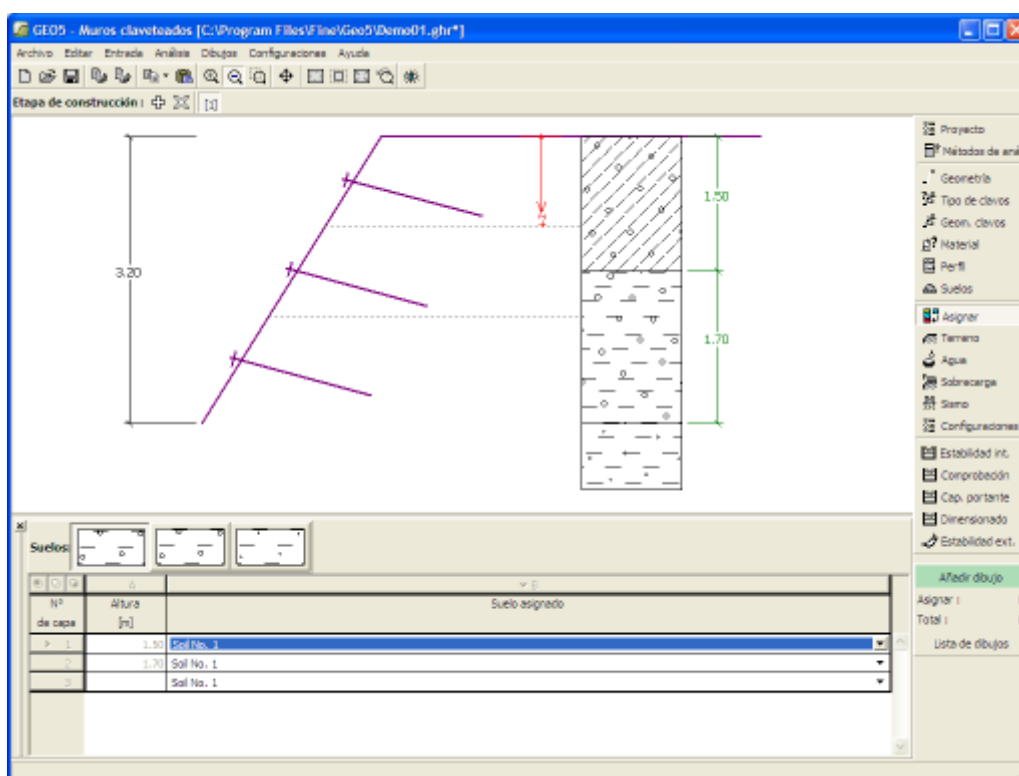
☒ Cancelar

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



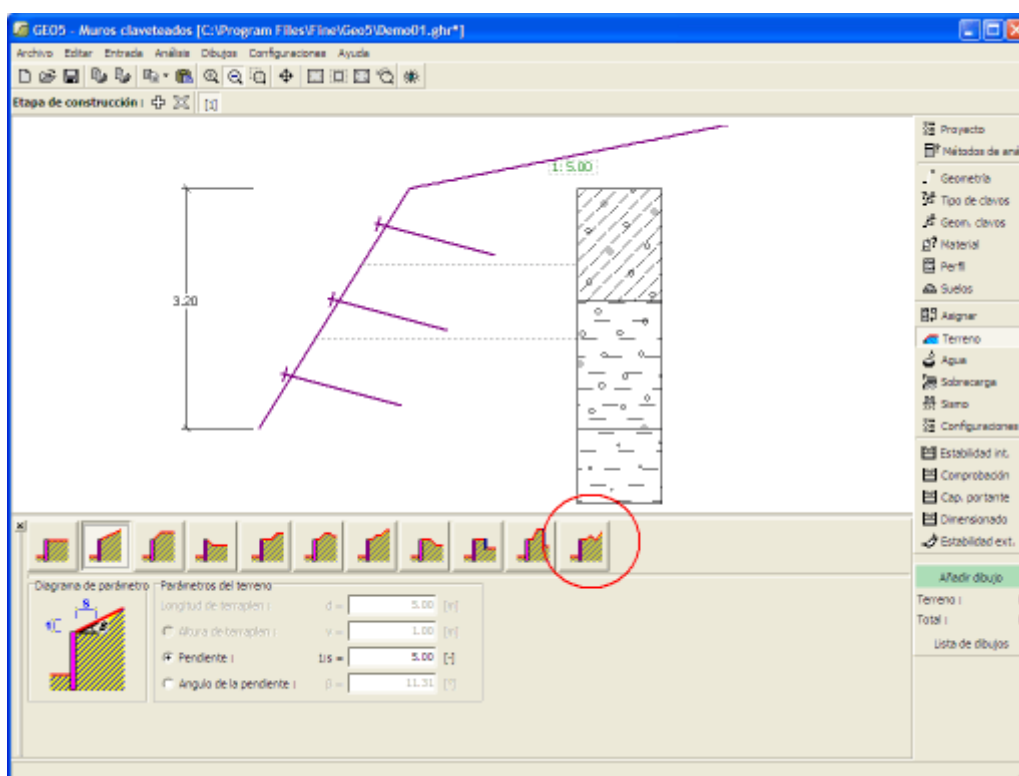
Cuadro "Asignar"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

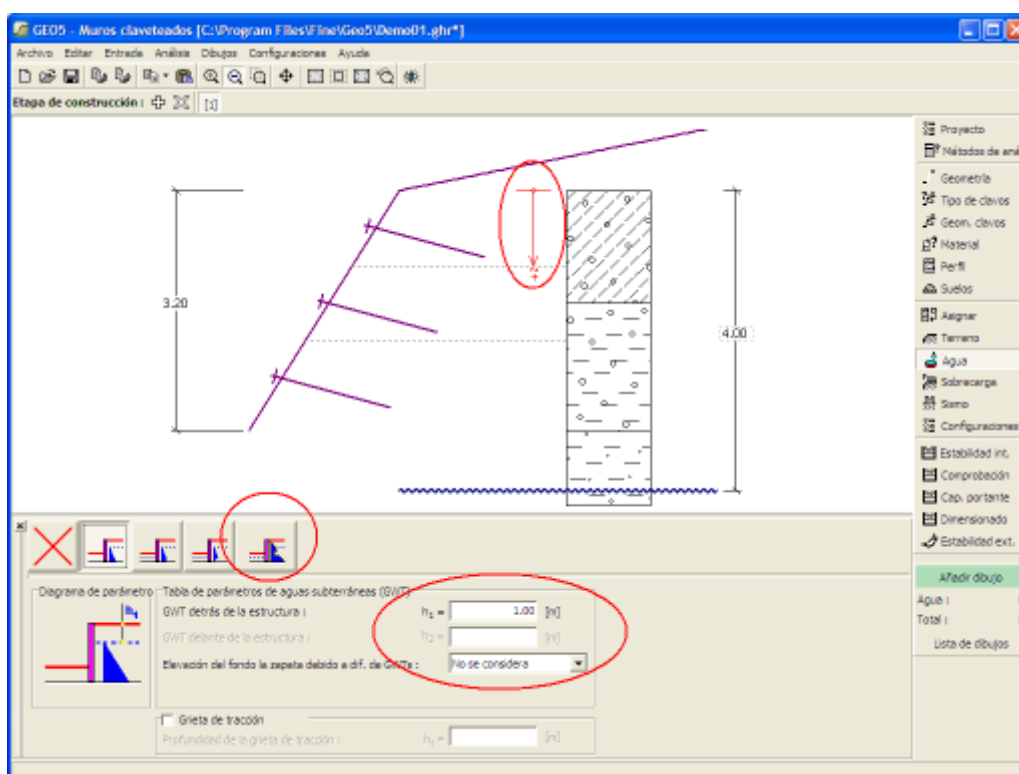
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a los diferentes niveles freáticos en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a los diferentes niveles freáticos se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas "**Delante de la estructura**" y "**Detrás de la estructura**" aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad " z " (eje- z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia del agua**".

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

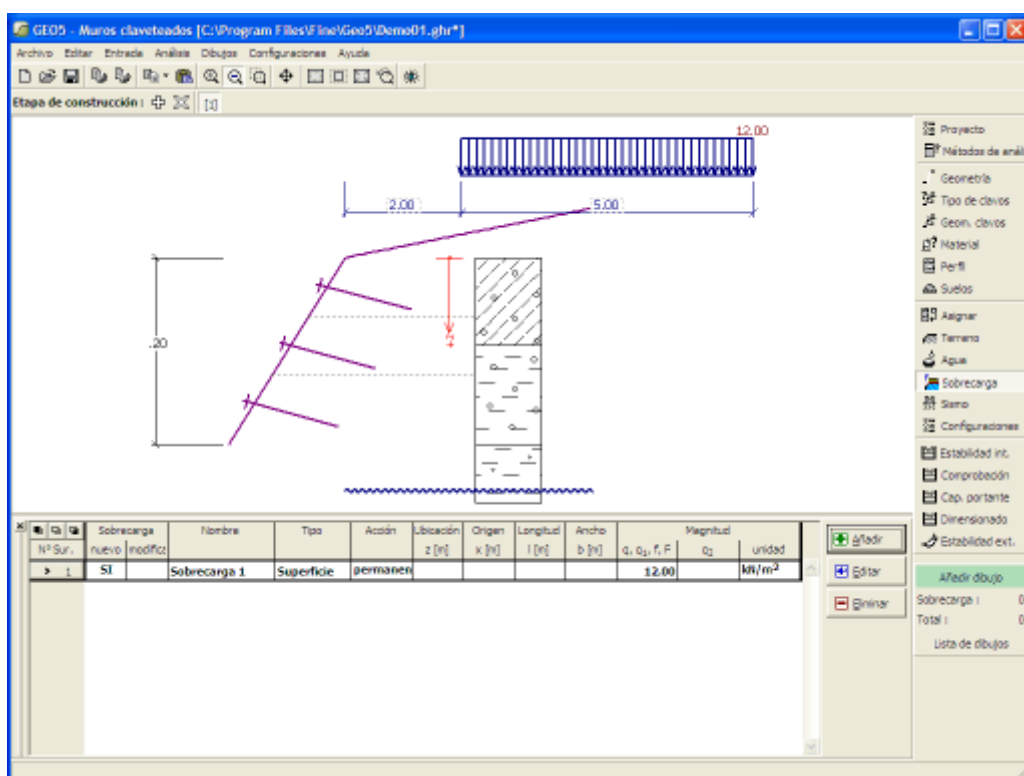
Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas o con los objetos activos respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sobrecarga".



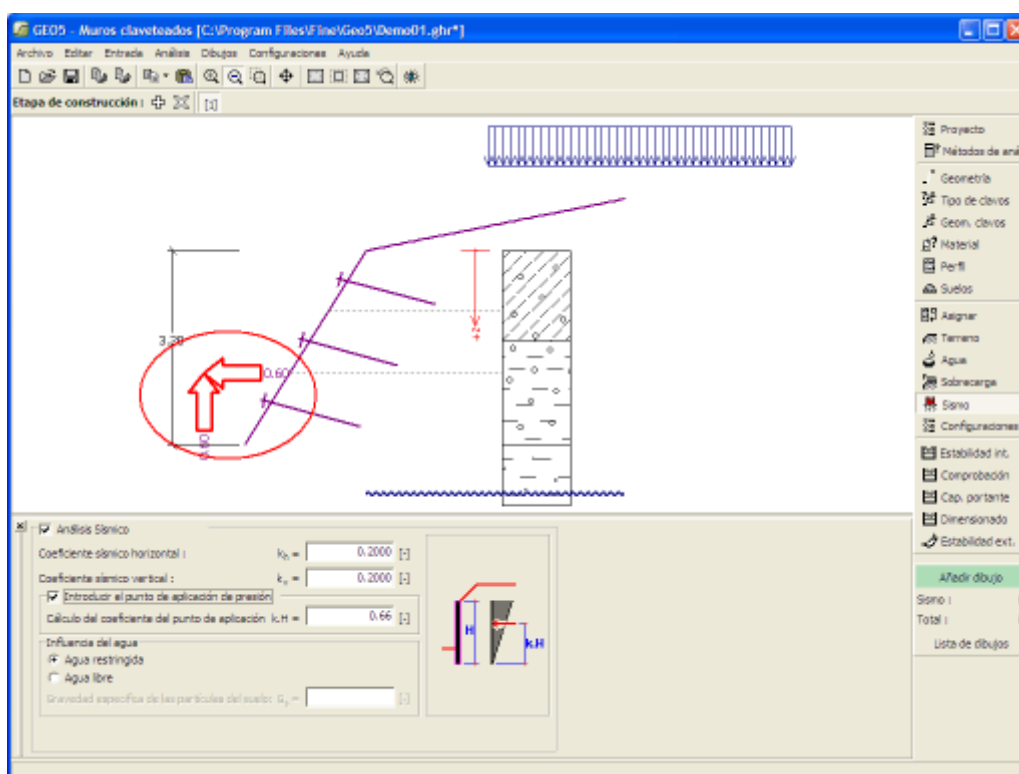
Cuadro "Sobrecarga"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



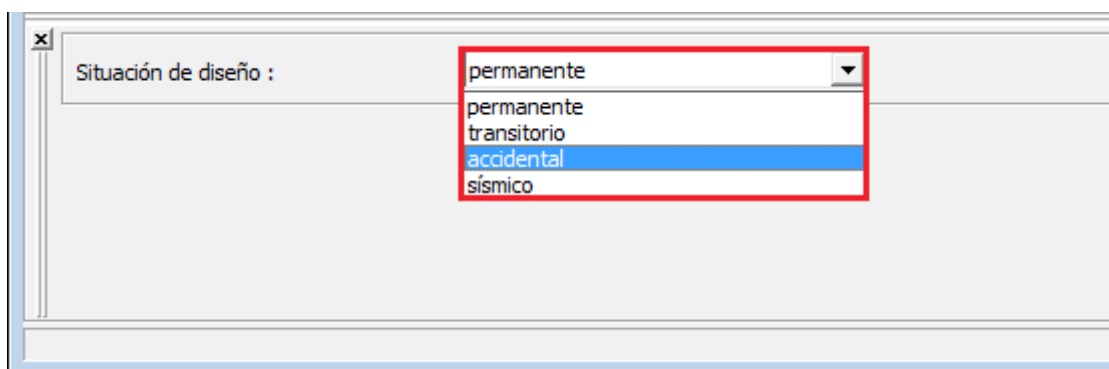
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Estabilidad interna

Este cuadro permite verificar la estabilidad interna de la estructura asumiendo ya sea una superficie de deslizamiento **plana**, o **quebrada**.

La verificación de la estabilidad interna se realiza según:

- Según **EN 1997** (la verificación actual se realiza según la **teoría de los estados límite**)
- Según **LRFD** (la verificación actual se realiza según la **teoría de los estados límite**)
- Según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** (la verificación actual se realiza dependiendo de aquello configurado en la solapa "Análisis de estabilidad")

Distintos pasos del proceso de verificación se describen en **herencia**.

Este cuadro también permite verificar la **capacidad portante de los clavos**.

Para determinar la **fuerza de clavos**, en este marco se define el coeficiente de reducción del kn empuje activo.

Cuadro "Verificación Estabilidad interna"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "**Verificación de equilibrio**" muestra el resultado del análisis. Distintos cálculos pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la metodología de verificación seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **combinación de cargas**.

-325-

- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Para verificar la estabilidad externa, se crea una **estructura ficticia** (muro) y luego objetos de análisis de comprobación.

El muro ficticio consiste en: la cara delantera de una estructura, una línea conectando los puntos finales de los distintos clavos, una línea vertical construida desde el punto final del primer clavo sobre la profundidad del terreno y desde el punto final del último clavo sobre la profundidad de la estructura (Así el borde inferior de la estructura ficticia siempre es horizontal).

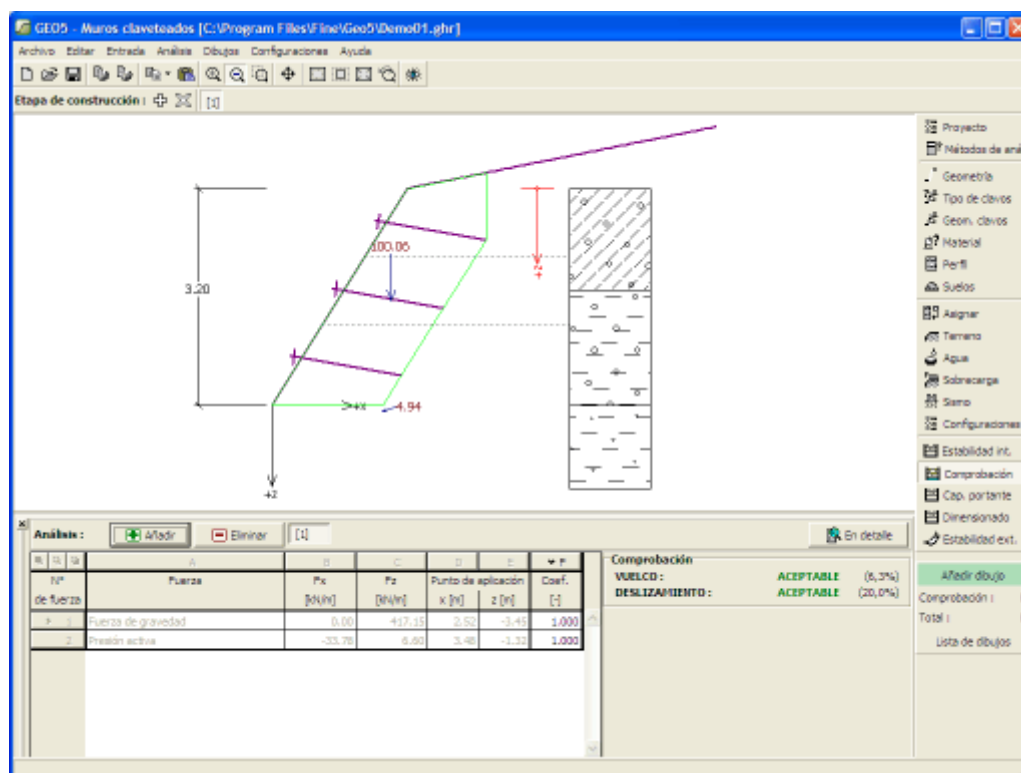
Los puntos del muro que causan una curvatura cóncava en la parte trasera de la estructura son automáticamente excluidos del programa.

La estructura es cargada por la **presión activa de la tierra**.

El procedimiento para **verificación de muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

El cálculo forzado se muestra en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización del los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación de Capacidad portante

El cuadro "**Verificación Capacidad portante**" muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación.

La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las

comprobaciones realizadas en el cuadro "Comprobación".

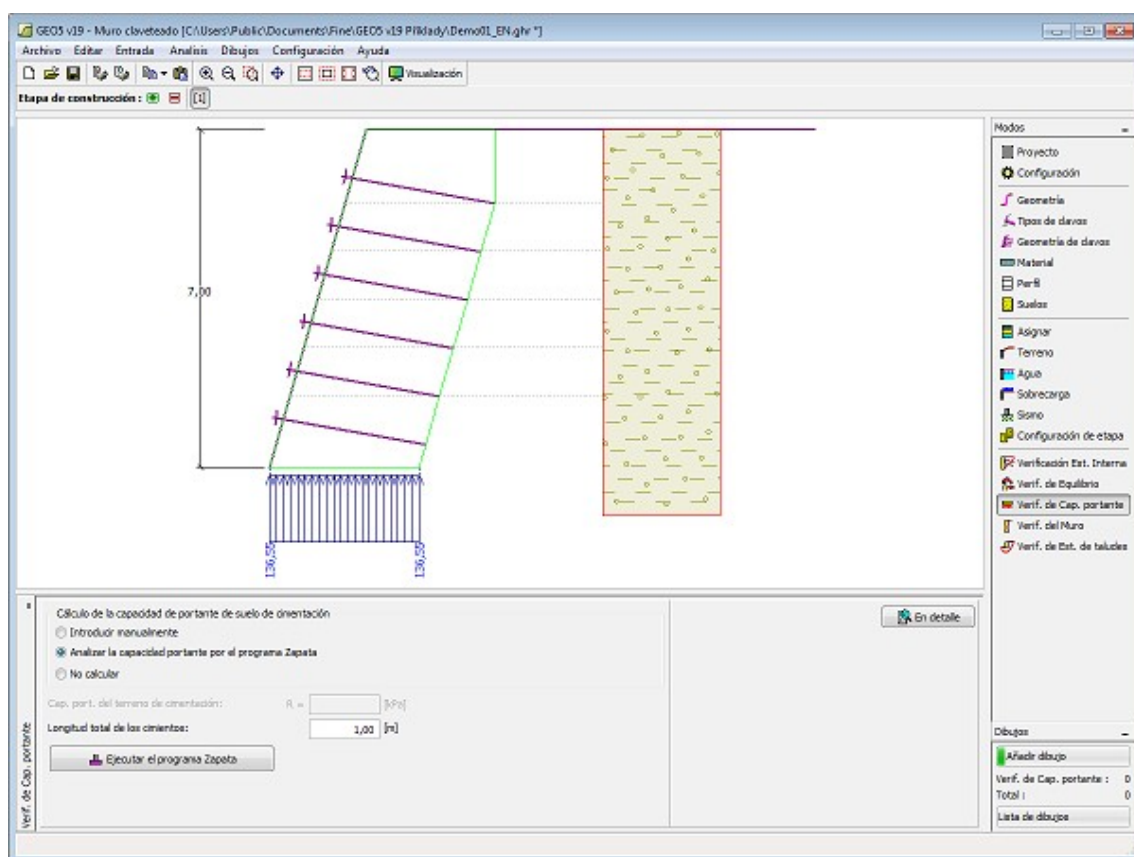
El programa "Zapata", "Zapata por CPT", considera todas las verificaciones como casos de carga.

Tres tipos de análisis están disponibles en este cuadro:

- **Introducir Manualmente** El campo de entrada sirve para especificar la capacidad portante del terreno de cimentación.
El resultado del análisis de comprobación de un suelo por **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha del cuadro.
El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación de la capacidad portante del terreno de cimentación.
- **Calcular utilizando el programa "Zapata"** Presionando el botón "Ejecutar el programa Zapata" se abre el programa "Zapata" habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón "OK" se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa "Muros claveteados". El programa "Zapata" debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.
- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT"** El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa "Zapata".
- **No calcular (cimentación sobre pilotes)** La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar la **forma de la tensión en el fondo de la cimentación**.

La visualización del los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



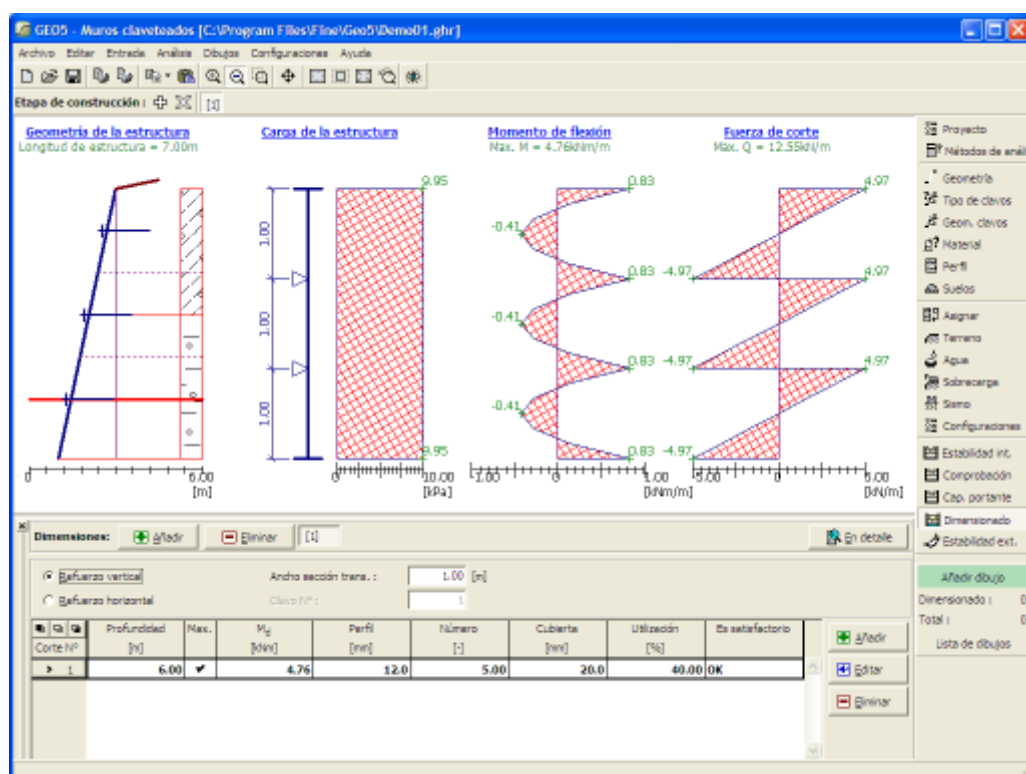
Cuadro "Verificación Capacidad portante"

Verificación del Muro

El cuadro **"Verificación del Muro"** permite el diseño y la verificación de **refuerzos de estructura de hormigón**. La parte superior del cuadro se utiliza para elegir **refuerzos verticales u horizontales** y para verificar su ubicación. El programa luego **determina las fuerzas internas** desarrolladas en la sección elegida.

La **tabla** en la parte inferior del cuadro se utiliza para especificar la ubicación de las comprobación de los refuerzos diseñados dependiendo de los estándares introducidos para **dimensionado de estructuras de hormigón reforzadas de acero** (el estándar se especifica en la solapa **"Materiales y estándares"**). Una sección transversal se carga por el momento de flexión en un punto dado. Se introduce el valor de la **resistencia a la tracción** en la sección transversal. Si el momento es negativo, el refuerzo diseñado se coloca en el cara frontal de la estructura, y si es positivo, entonces se coloca en la parte trasera de la estructura.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.

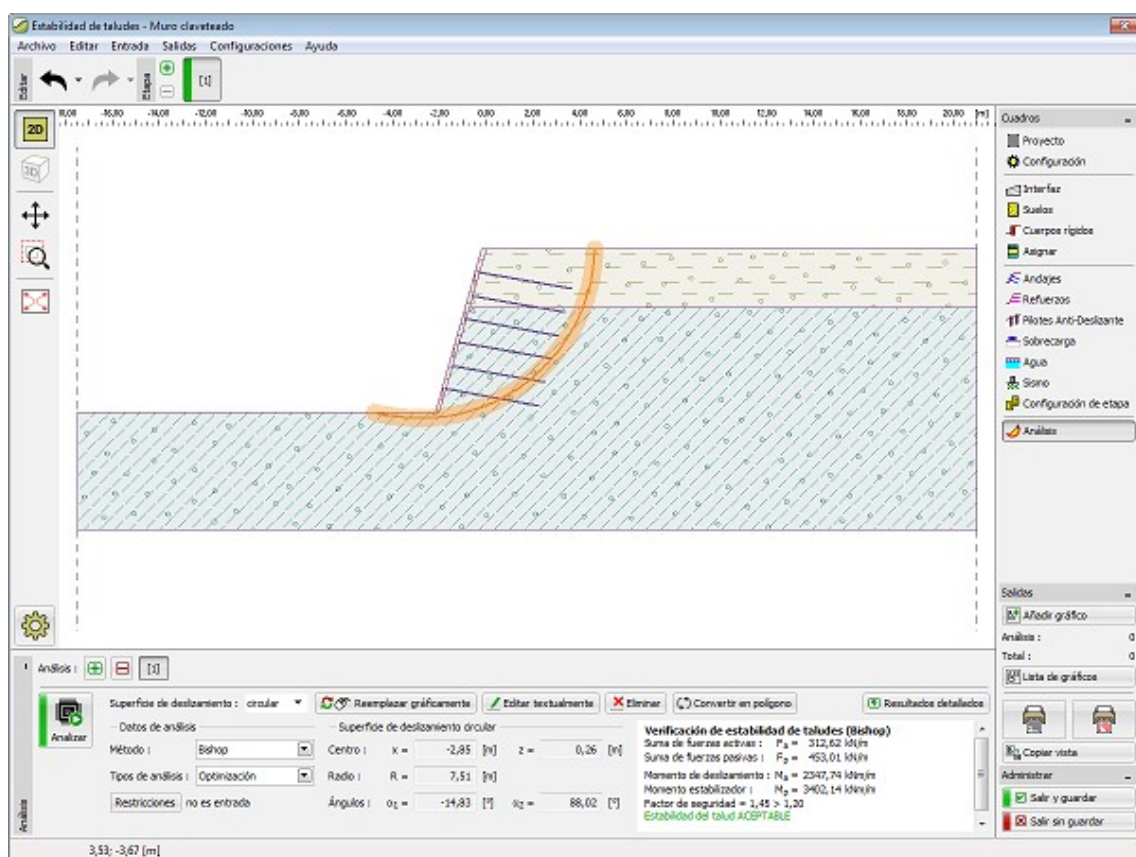


Cuadro "Verificación del Muro"

Estabilidad

Presionando el botón "**Estabilidad**" se ejecuta el programa "**Estabilidad de taludes**". El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa "**Estabilidad de taludes**" está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón "**OK**" para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa "**Muros claveteados**".



Cuadro "Estabilidad"

Program Muro RediRock

Este programa se utiliza para diseñar y verificar muros de contención, pendientes y Muros de Suelo Reforzados. La estructura de un muro está hecha de bloques prefabricados Redi-Rock.

La ayuda en el programa "Muro RediRock" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Bloques	Geometría	Base	Perfil	Suelos
Asignar	Tipos de refuerzos	Refuerzos	Terreno	Agua	Sobrecarga	Resistencia en la cara frontal
Fuerzas aplicadas	Sismo	Configuración de etapas				

Análisis -
Muro de

Gravedad

Verificación Dimensionado Capacidad
o portante

Análisis -
Muro de
Suelo
Reforzado

Verification Dimensionado Capacidad Deslizamiento Estabilidad
o portante o en Geo- Interna
refuerzo

Estabilidad

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Muro RediRock**":

Tensión en el cuerpo del suelo	Presiones de tierra	Análisis de muros	Dimensionamiento de Estructuras de Hormigón
-----------------------------------	---------------------	-------------------	---
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el [Entorno de Usuario](#) de los programas GEO5
- [Entradas comunes](#) para todos los programas

Proyecto

El [cuadro "Proyecto"](#) se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las [salidas de impresión de textos y gráficos](#).

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades ([métrico / imperial](#)).

La página web del fabricante (<https://www.redi-rock.com>) puede mostrarse presionando el botón "**Cotización**".

Los datos del proyecto pueden ser copiados en el programa utilizando "[GeoClipboard](#)".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

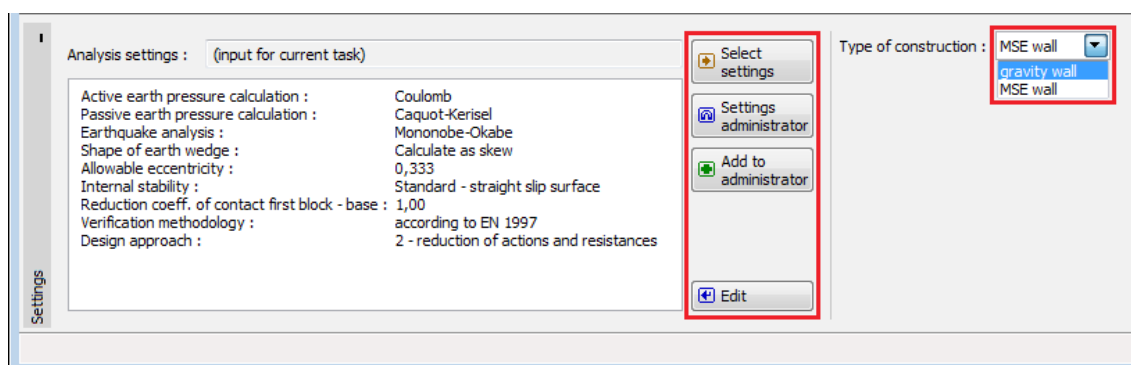
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se llevan a cabo en la solapa **"Materiales y Estándares"** y en **"Análisis de muro"**.

Los tipos de estructuras pueden ser seleccionados en el cuadro:

- Muro de Gravedad
- Muro de Suelo Reforzado

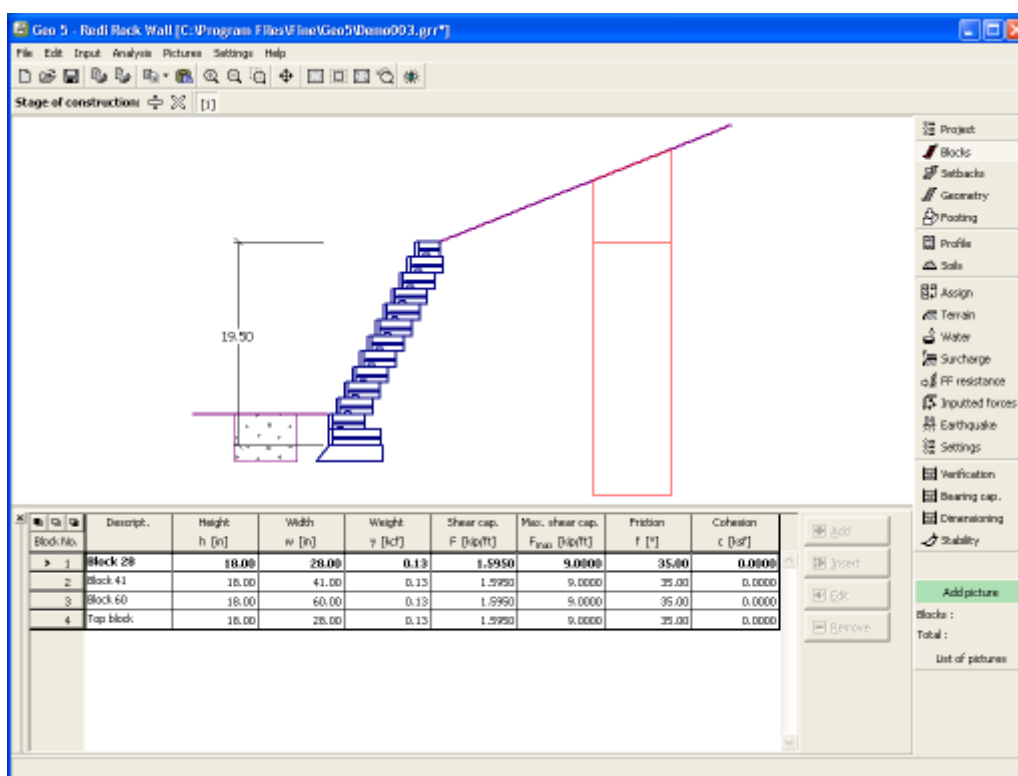


Cuadro "Configuración"

Bloques

En el cuadro **"Bloques"** se muestran los bloques prefabricados del fabricante.

Algunos parámetros de bloques (unidad de peso, fuera de corte máxima y mínima, fricción entre bloques) pueden ser editados, el dimensionamiento de los bloques no puede ser modificado.



Cuadro "Bloques"

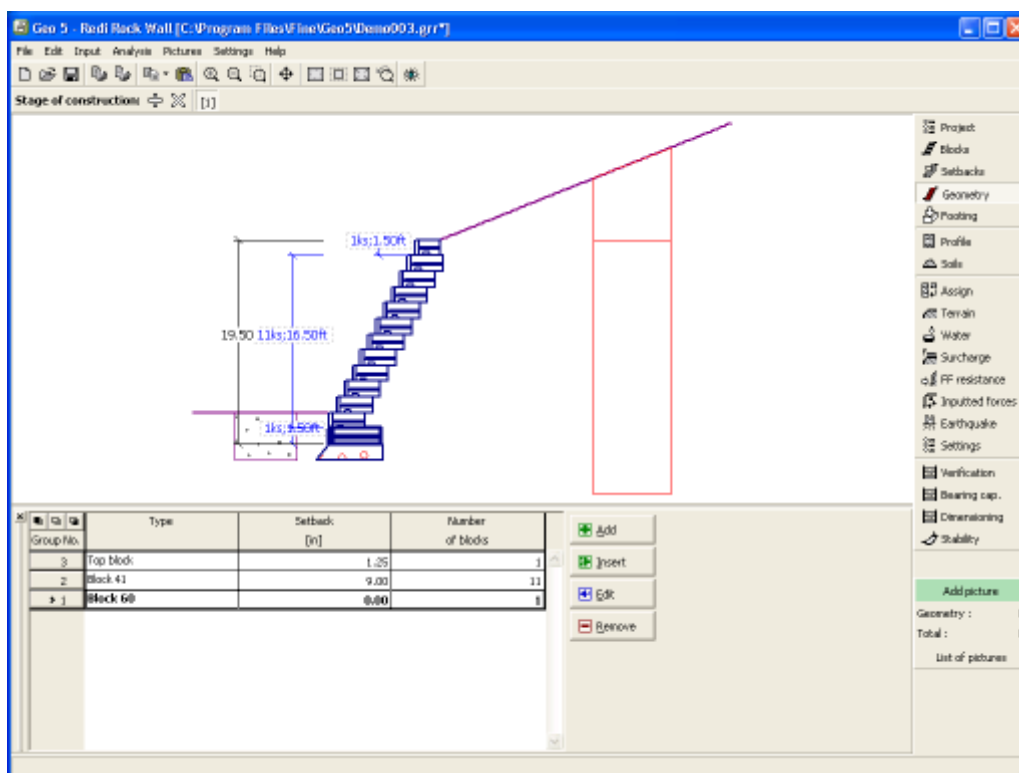
Geometría

El cuadro **"Geometría"** contiene una tabla con un listado de las entradas de unidades de estructuras prefabricadas (bloques) de un muro (el bloque más bajo está etiquetado como nº 1). Para añadir bloques se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo bloque"**.

Un grupo de bloques está definido por el número de **bloques** y por las distancias entre estos.

El programa permite introducir otro grupo de bloques entre dos bloques de una estructura ya existentes. Para añadir el nuevo grupo utilizar el cuadro de diálogo "**Insertar**" que se muestra presionando el botón "**Insertar**". El nuevo bloque precede al bloque de la estructura actualmente seleccionado.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

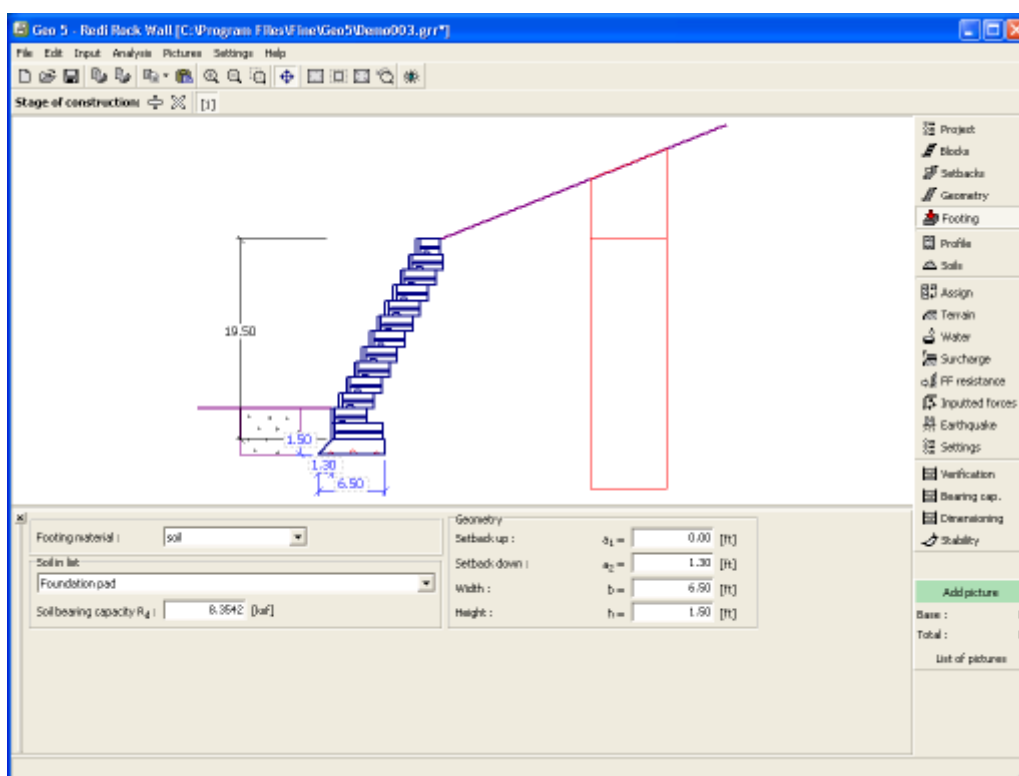
Base

En el **cuadro "Base"** es necesario seleccionar el material de la zapata (suelo, hormigón) e ingresar sus dimensiones. En el caso de zapata de hormigón, el peso unitario, la capacidad portante del corte (llave) y la fricción entre la base de hormigón y el primer bloque debe ser especificado.

La capacidad se tiene en cuenta según la especificación del usuario.

Una resticción según la fig. 4-4, página 73 del manual NCMA es que no se aplica automáticamente ni se controla por el programa.

La capacidad debe ser ingresada dentro del programa para cumplir con los criterios de diseño.



Cuadro "Base"

Perfil

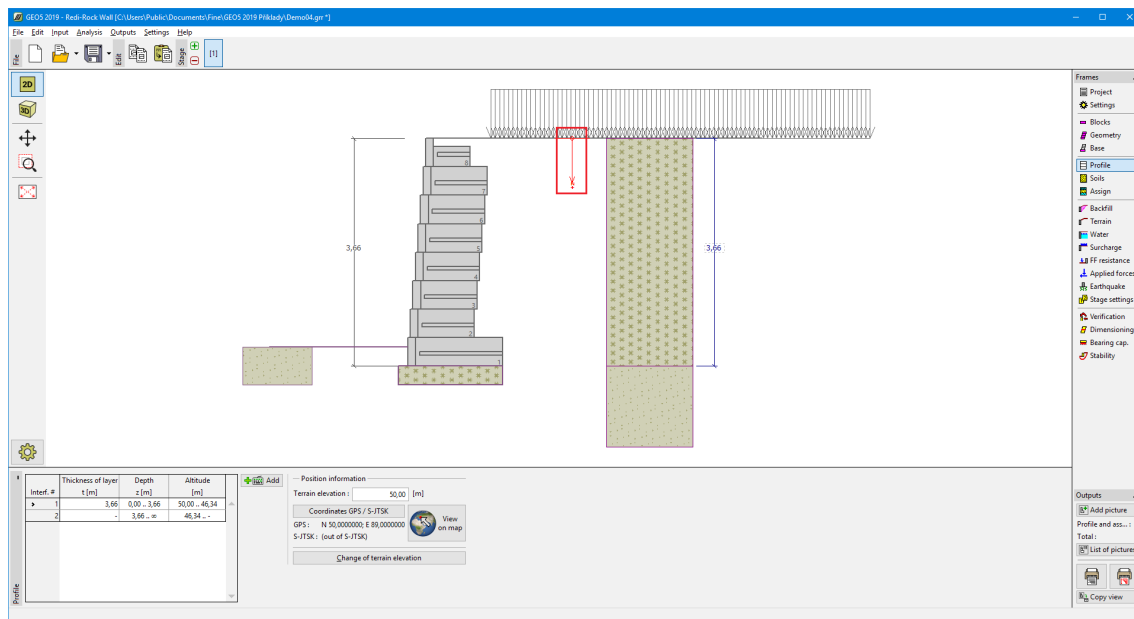
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las capas individuales con la ayuda de las dimensiones activas.

Para añadir capas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva interfaz". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible mostrar una estructura en Google Maps usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía"



Cuadro "Perfil"

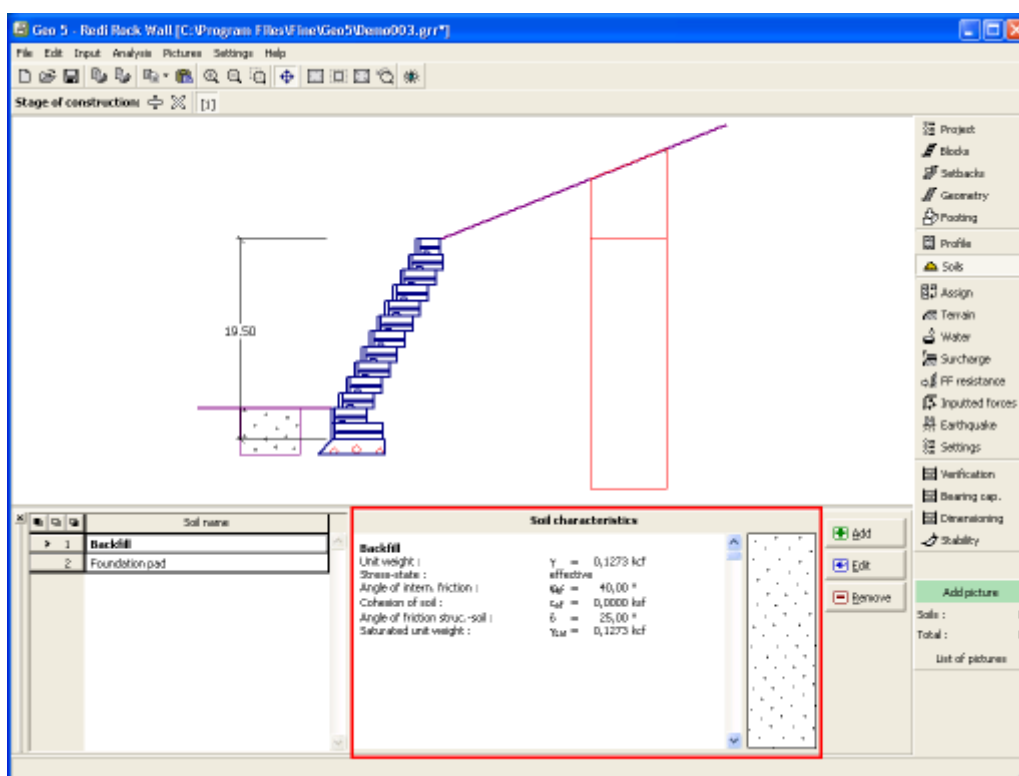
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Añadir suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de suelos ingresados pueden ser copiados a cualquier programa de GEO5 utilizando el **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo. - **unidad de masa, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo.

Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) luego es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presiones de tierra](#)".

Add new soils

– Identification –

Name : Gravelly silt (MG), consistency firm

Gravelly silt (MG), consistency firm

– Basic data –

Unit weight : $\gamma =$ 121,0 [pcf] 121

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\phi_{ef} =$ 29,00 [°] 26-32

Cohesion of soil : $c_{ef} =$ 160,0 [psf] 80-240

Angle of friction struc.-soil : $\delta =$ [°]

– Uplift pressure –

Calc. mode of uplift : standard

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} =$ [pcf]

Draw

Pattern and colour

Desktop

Pictures

Classification

Classify

Delete

Add

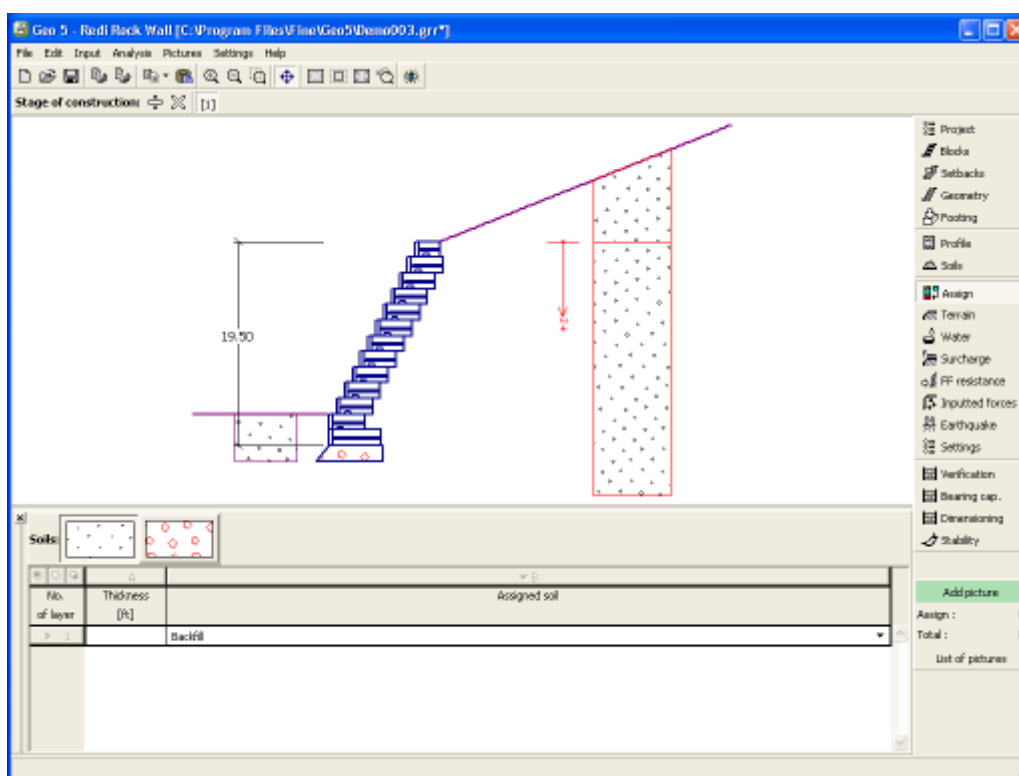
Cancel

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asociados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

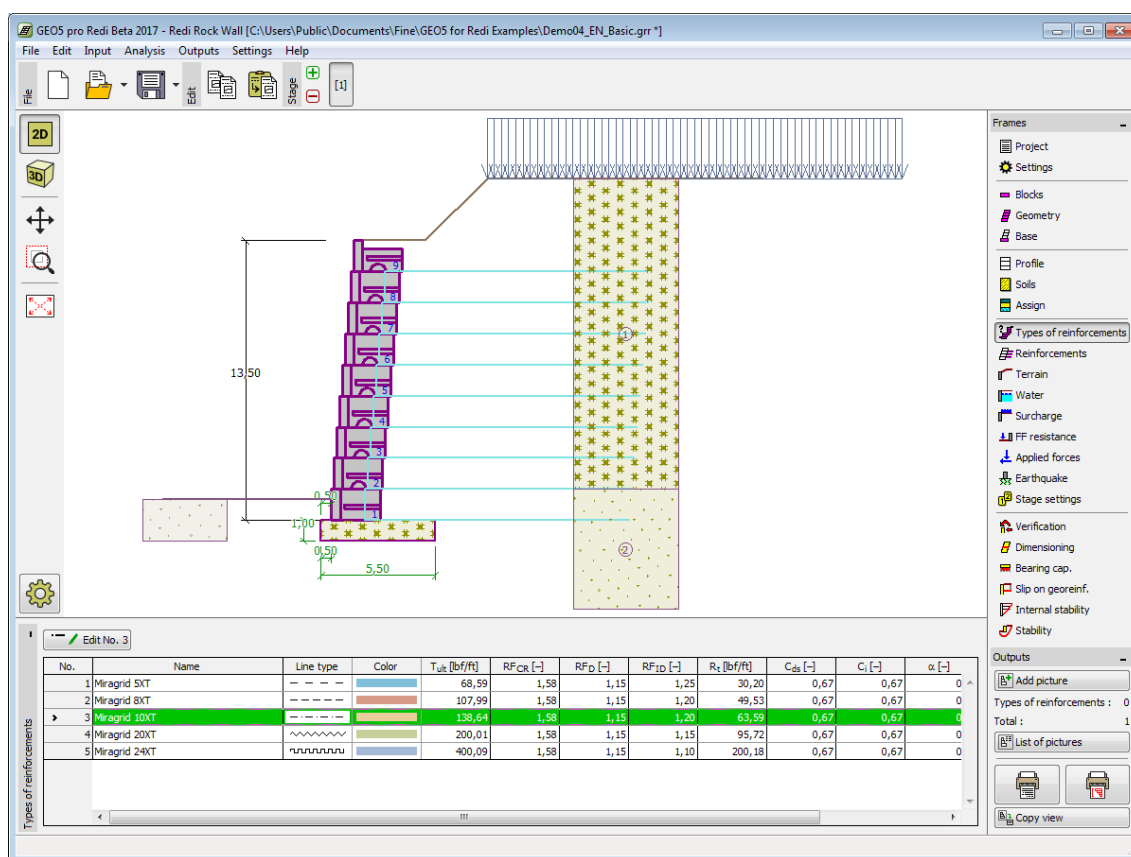


Cuadro "Asignar"

Tipos de Refuerzos

El cuadro **"Tipos de refuerzos"** contiene una **tabla** con un listado de geo-refuerzos de entrada y sus **parámetros** (capacidad portante a largo plazo de refuerzos y coeficientes de interacción). El geo-refuerzo puede **editarse** mediante el botón **"Editar"**.

El cuadro **"Tipos de refuerzos"** está disponible solo en el caso de cálculo de **Muros de Suelo Reforzados**. El tipo de estructura se selecciona en el cuadro **"Configuración"**.



Cuadro "Tipos de refuerzos"

Refuerzos

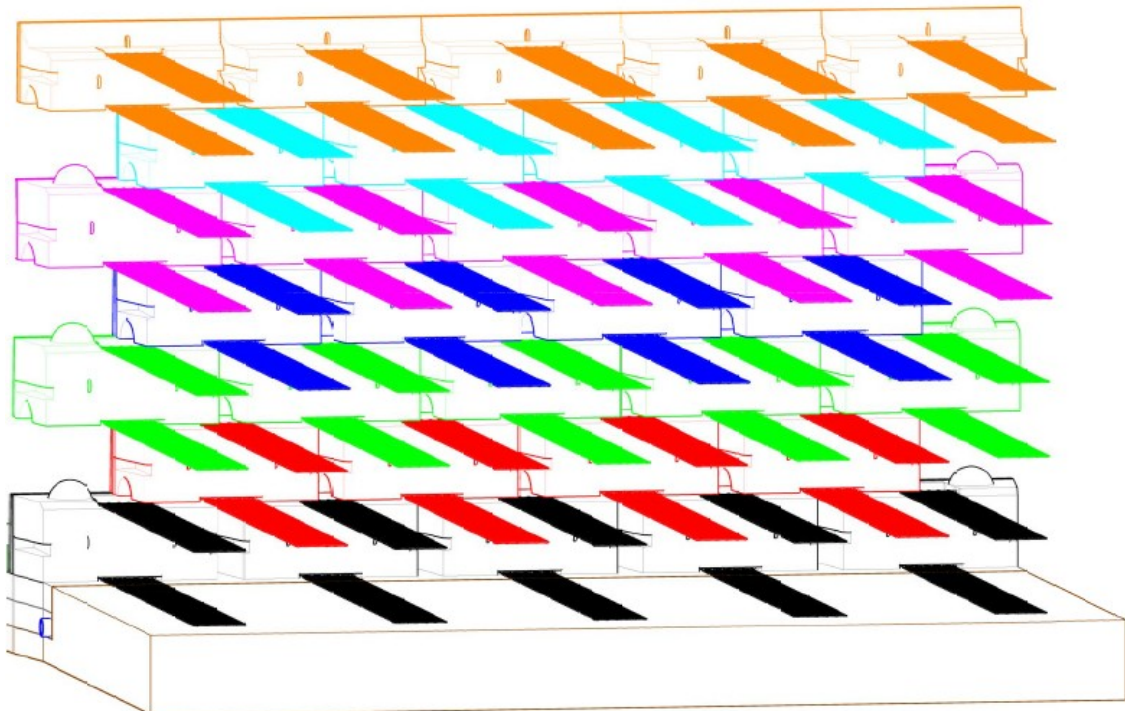
En el cuadro "Refuerzos", los parámetros y los refuerzos son especificados.

Modo de entrada

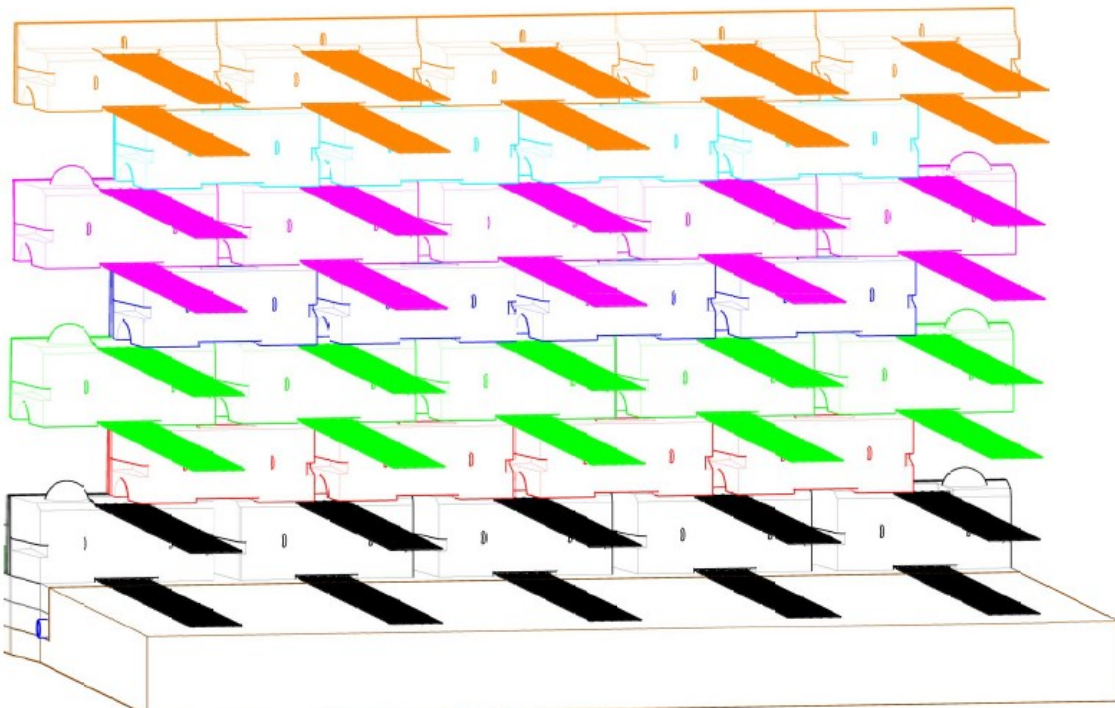
- 1 tipo de refuerzo - El muro está reforzado por un tipo de refuerzo. El **tipo de refuerzo** se selecciona en la lista desplegable. Los refuerzos se generan desde la fila inferior de bloques hasta la fila, que se selecciona en la lista desplegable.
- 2 tipos de refuerzo - El muro es reforzado por dos tipos de geo-refuerzos. Hay refuerzos diferentes en la parte superior e inferior del muro. La entrada es la misma que en el caso de un tipo de refuerzo
- tabla de refuerzos - Los refuerzos se especifican para cada fila de bloques.

Instalación de refuerzo

- En todas las filas de bloque (50%) - el refuerzo se ubica en todos los bloques

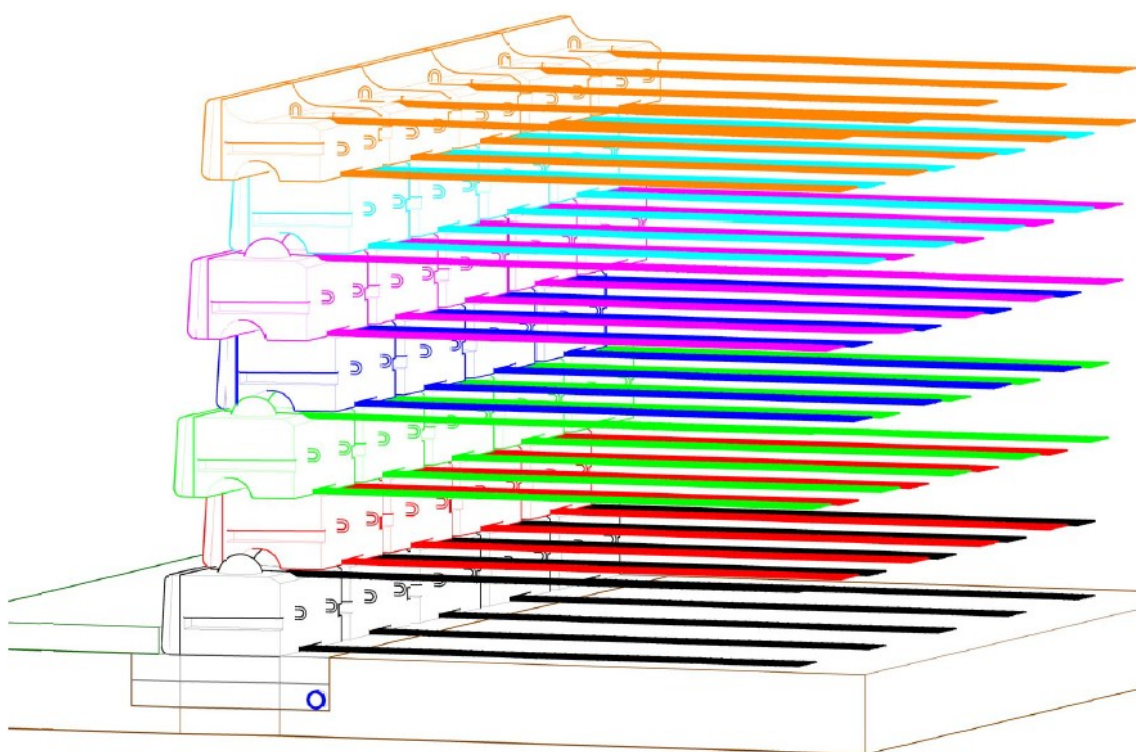


- En todas las otras filas de bloque (25%) - el refuerzo se ubica en todos los demás bloque

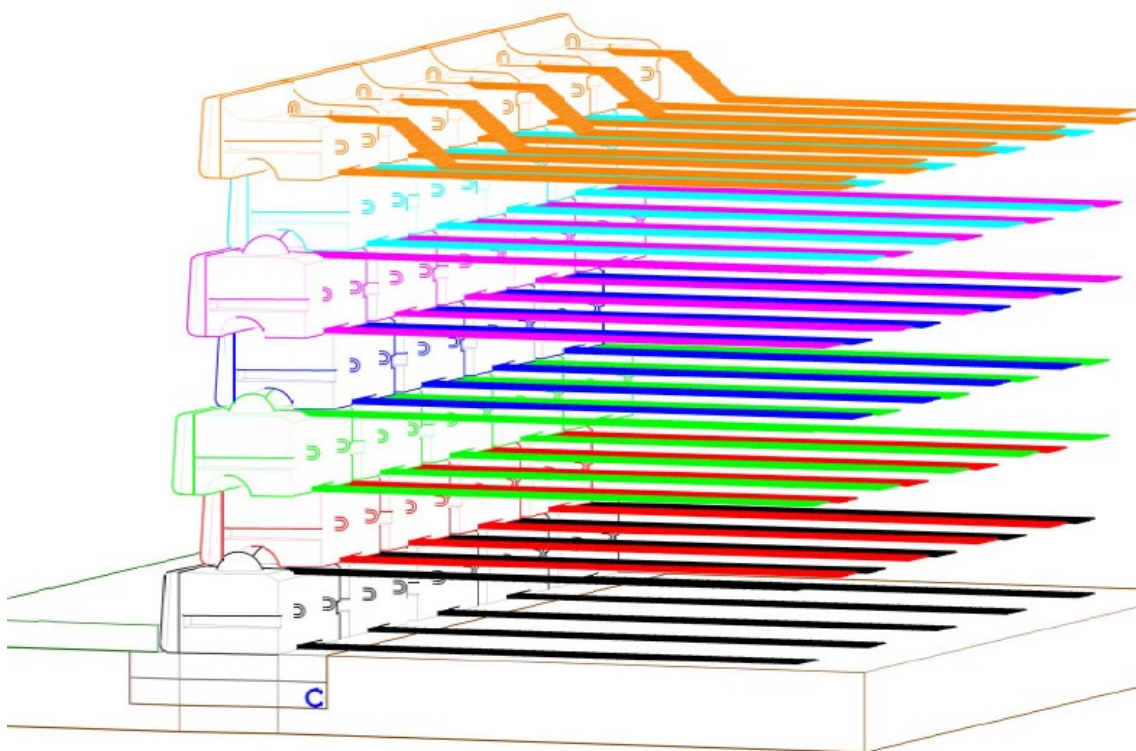


Refuerzo superior

- recto (25%) - los refuerzos de la fila superior se ubican en todos los demás bloques.



- parte trasera anclada - La parte superior de los refuerzos en la fila superior de los bloques se dirige hacia el ángulo a su parte inferior

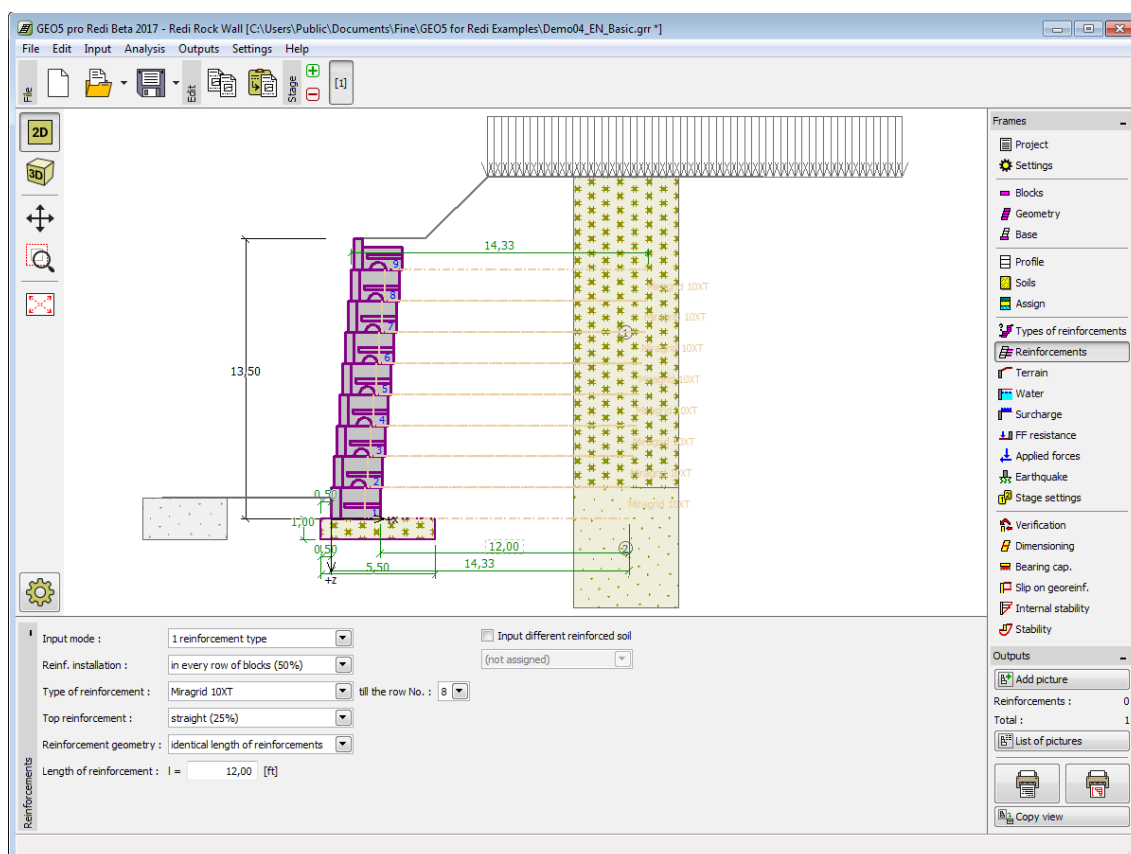


Geometría del refuerzo

- Idéntica longitud de refuerzos - todos los refuerzos tienen la misma longitud l
- Final idéntico de refuerzos - todos los refuerzos terminan a la misma distancia del muro l_k

Si el suelo entre los refuerzos es diferente al suelo asignado en el perfil geológico, entonces el programa permite especificar este suelo marcando la opción "**Entrada de suelo reforzado diferente**". Luego, en la lista desplegable, el usuario selecciona el tipo de suelo (la lista desplegable contiene los suelos introducidos en el cuadro "**Suelos**").

El cuadro de "**Tipos de refuerzos**" está disponible sólo en el caso del cálculo de **Muros de Suelo Reforzados**. El tipo de estructura se selecciona en el cuadro "**Configuración**".



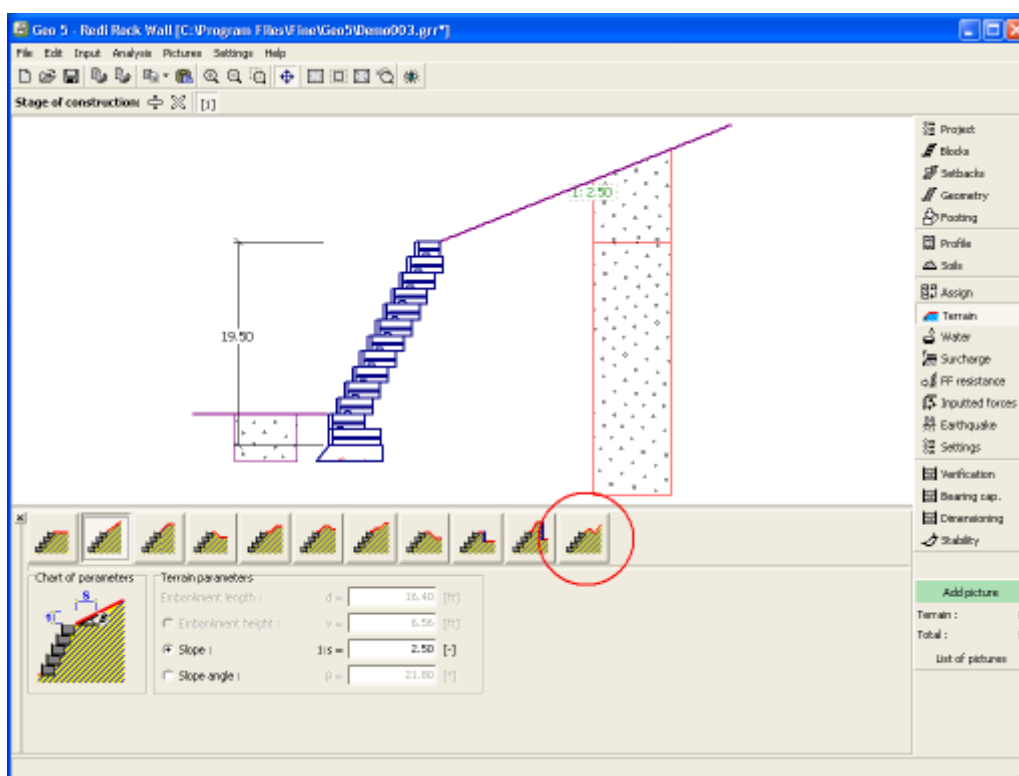
Cuadro "Refuerzo"

Terreno

El cuadro "**Terreno**" permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada [0,0] coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica (**"Diagrama de Parámetros"**) de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

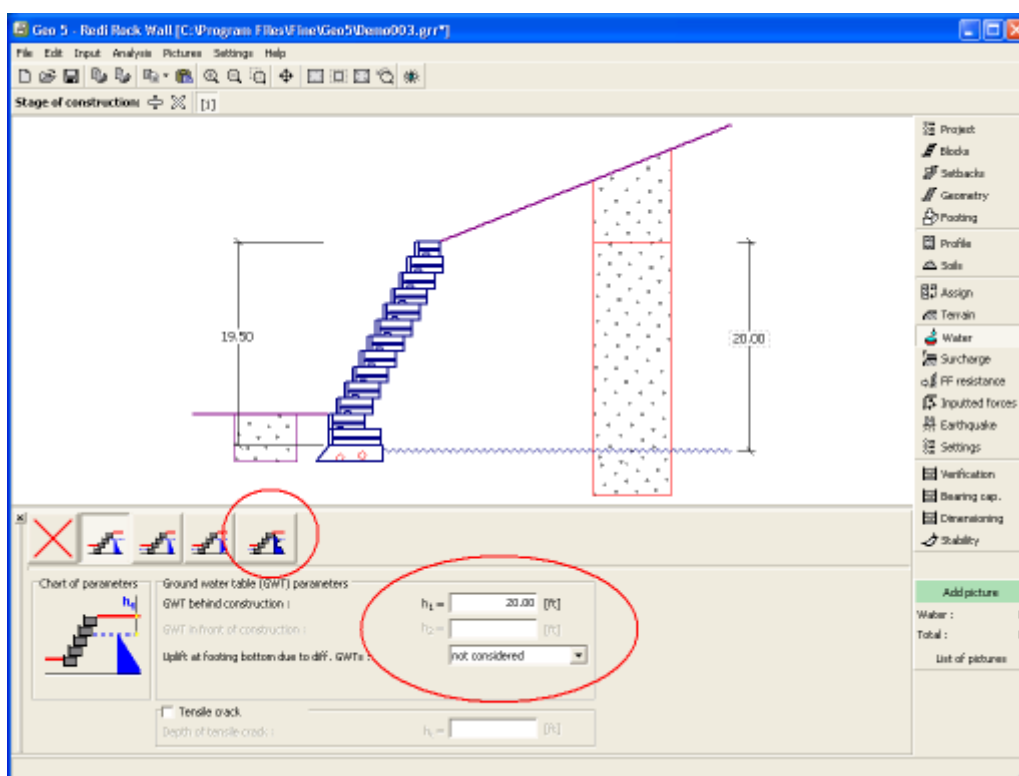
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes tablas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes tablas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas **"Delante de la estructura"** y **"Detrás de la estructura"** aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad " z " (eje- z).

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia del agua"**.

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

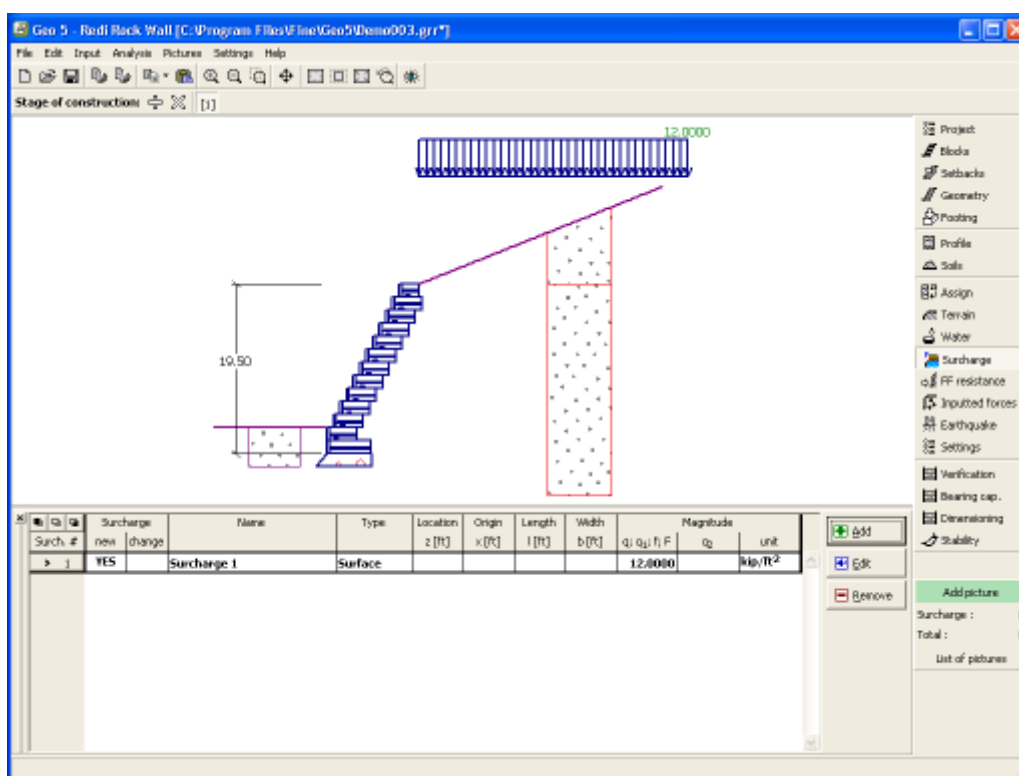
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



Cuadro "Sobrecarga"

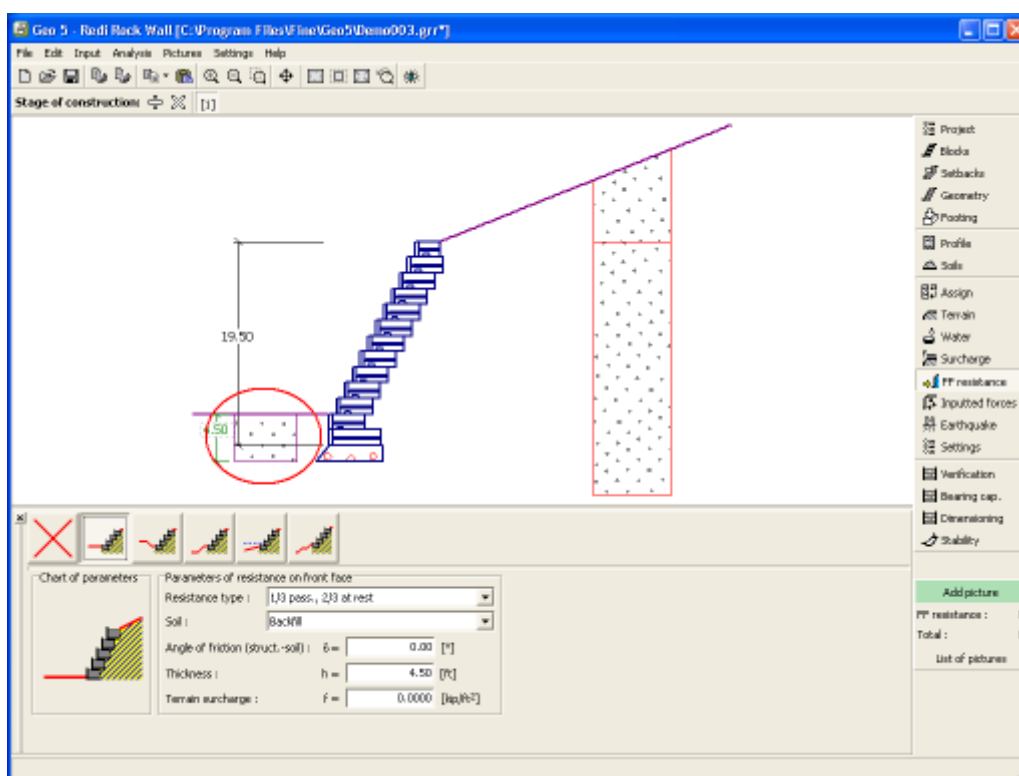
Resistencia

El cuadro **"Resistencia"** del suelo FF (Front Face) permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de resistencia en la cara delantera de la estructura. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Esquema**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro introduciendo valores en los campos de entrada o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Éste cuadro presenta un listado que le permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y de suelo (listado contiene los suelos introducidos en la sección "**Suelos**").

También permite especificar la magnitud de la sobrecarga del terreno delante de la estructura o el espesor del terreno por encima del punto más bajo del muro.

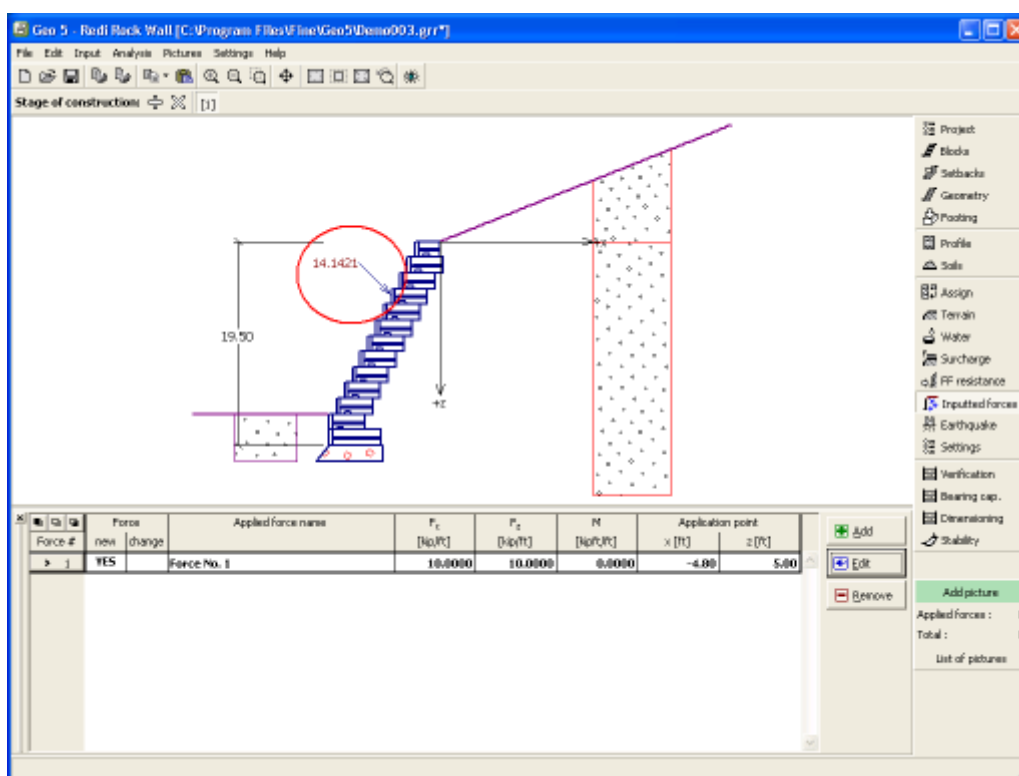
La resistencia en la cara delantera de la estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva** o **presión pasiva reducida de la tierra**. La fuerza resultante debido a la presión pasiva reducida se obtiene como una fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida introducida.



Cuadro "Resistencia" del suelo FF

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.



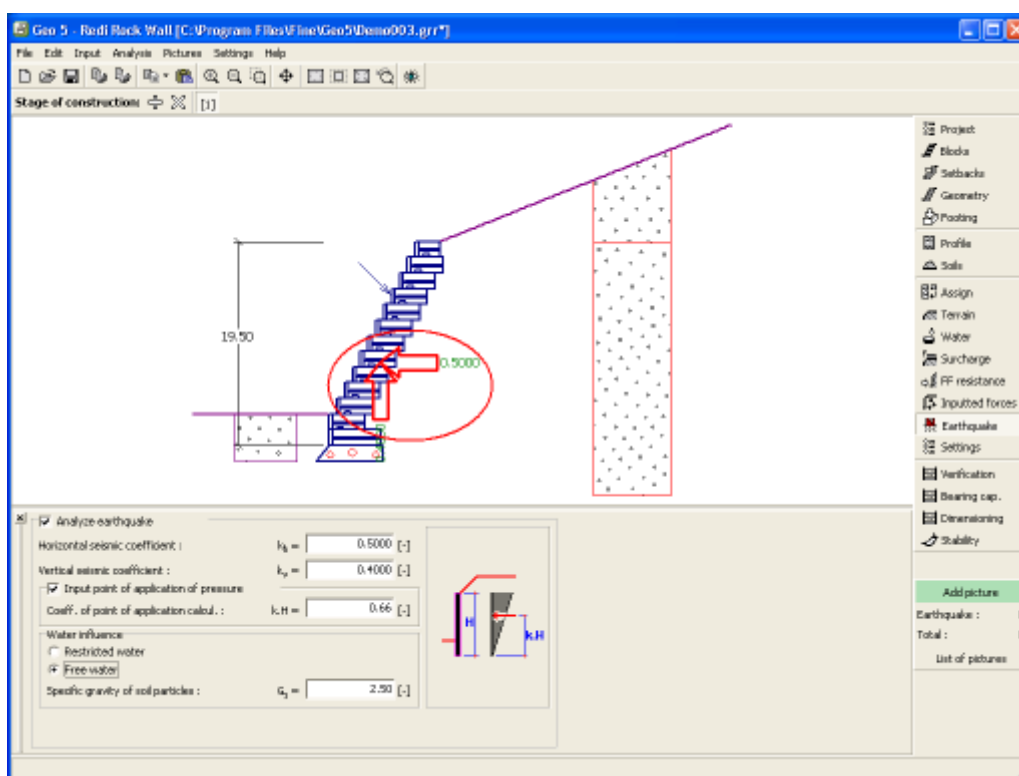
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



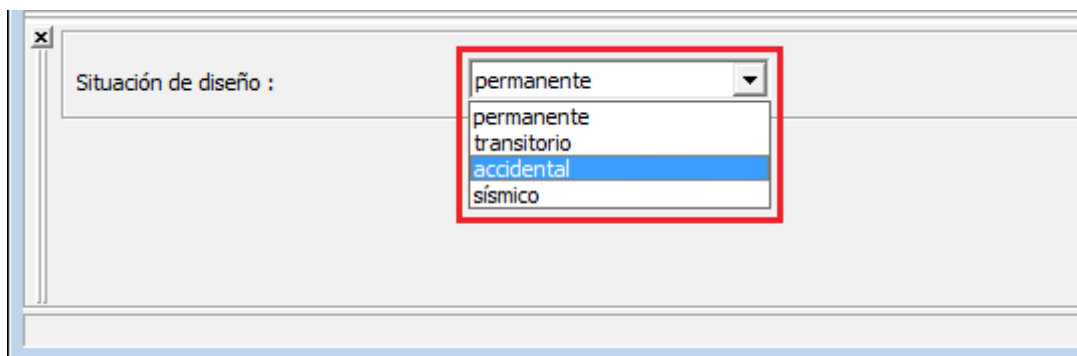
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

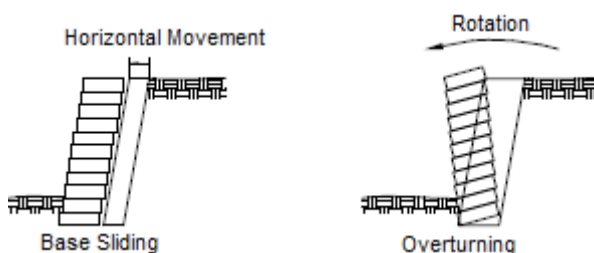


Cuadro "Configuración de etapa"

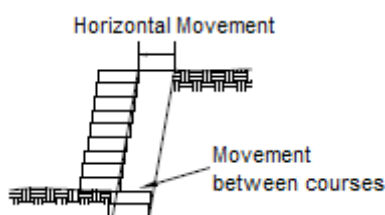
Análisis - Muro de gravedad

La verificación de un **Muro de Gravedad** de bloques RediRock se realiza en los siguientes cuadros.

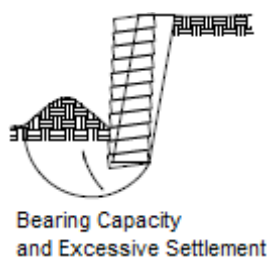
- **Verificación** - verificación de un muro contra **vuelco y deslizamiento**



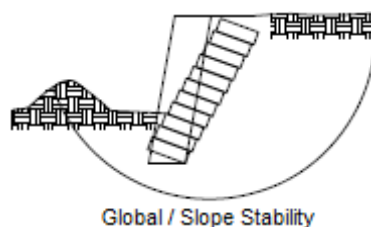
- **Dimensionado** - verificación de juntas entre bloques individuales de un muro contra **vuelco y deslizamiento**



- **Capacidad portante** - verificación de la capacidad portante del suelo de cimentación



- **Estabilidad** - verificación de la estabilidad global de la estructura analizada



Imágenes: *Design Manual for Segmental Retaining Walls (NCMA, 3rd Edition)*

Verificación

El **cuadro "Verificación"** muestra el resultado del análisis. Pueden realizarse **distintos cálculos** para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección "**combinación de cargas**".

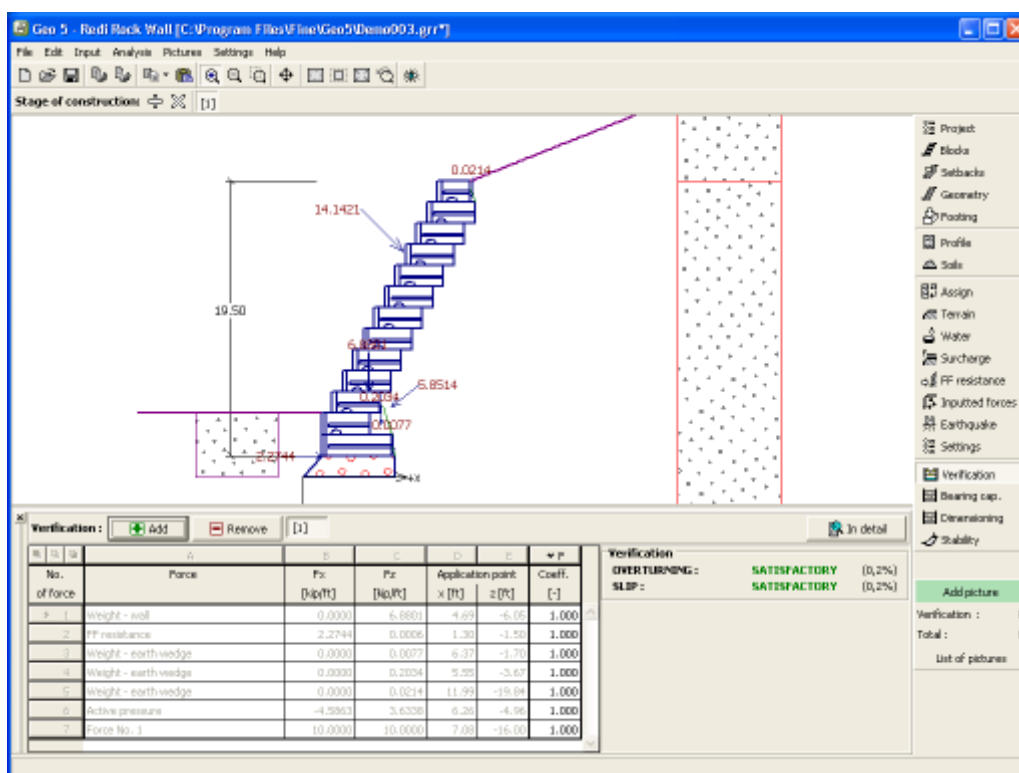
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna de la tabla desaparece.

El procedimiento para **verificar muros** se describe en la parte teórica de este capítulo.

Las fuerzas calculadas se muestran en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la verificación del muro contra **vuelcos** o **deslizamientos**. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de verificación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

Para un mejor entendimiento el proceso de de solución es posible utilizar el ejemplo de cálculo manual.



Cuadro "Verificación"

Dimensionado

El cuadro "**Dimensionado**" permite **verificar** las juntas entre bloques individuales de un muro contra **vuelcos** y **deslizamientos**. La "**Verificación automática**" comprueba la junta más crítica sobre el bloque o también es posible realizar la verificación de cada junta.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

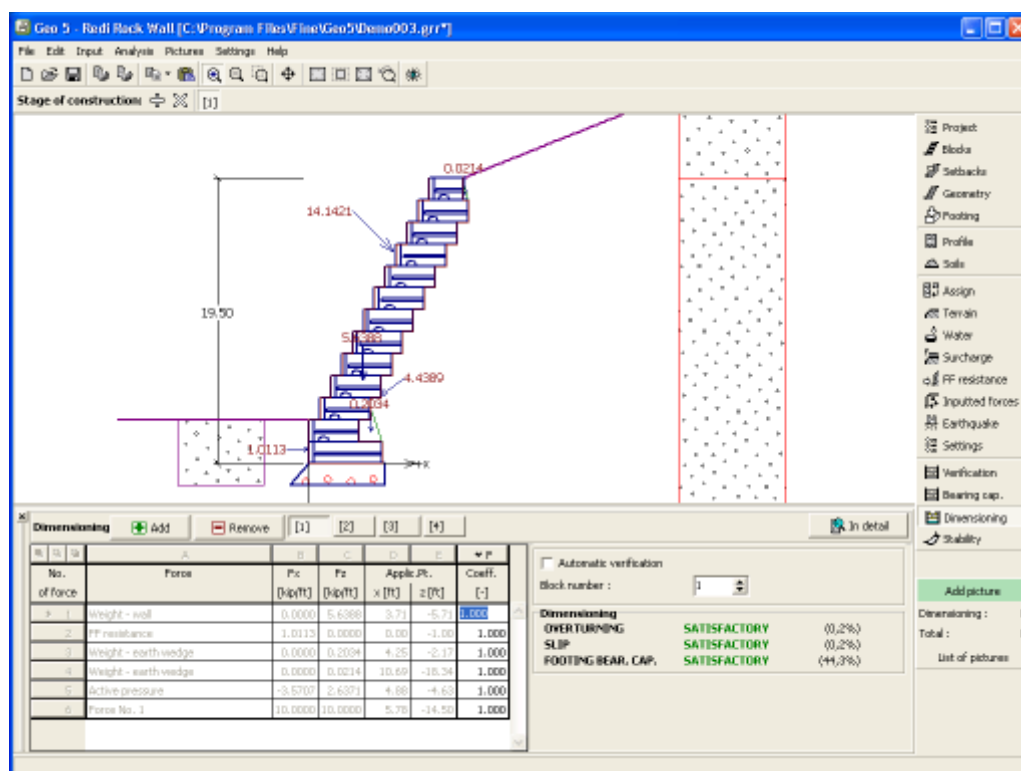
- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La ultima columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más

detalles en la sección "Combinación de cargas".

- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Pueden realizarse **distintos cálculos** para varias secciones transversales. Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario de los datos o de la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Dimensionado"

Capacidad Portante

El **cuadro "Capacidad Portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las verificaciones realizadas en el cuadro "**Verificación**". Los programas "**Zapata**" y "**Zapata por CPT**" considera todas las verificaciones como casos de carga.

La capacidad se tiene en cuenta según la especificación del usuario. **Esta es una restricción según la figura 4-4, página 73 del manual NCMA ya que la capacidad no es ni automática ni controlada por el programa.** La capacidad base debe ser ingresada dentro del programa para cumplir con los criterios de diseño.

Tres tipos de análisis están disponibles en este cuadro:

- **Introducir la capacidad portante del terreno de cimentación**

El campo de entrada sirve para especificar la capacidad portante del terreno de cimentación. El resultado del análisis de verificación de un suelo por **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la

- **Calcular la capacidad portante del terreno de cimentación usando el programa "Zapata"**

parte derecha del cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación.

Presionando el botón **"Ejecutar Zapata"** se abre el programa **"Zapata"** que permite el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón **"OK"** se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa **"RediRock wall"**. El programa **"Zapata"** debe estar instalado para que el botón este activado. Se introduce la longitud total de la base del muro.

- **Análisis de Capacidad Portante con el programa "Zapata con CPT")**

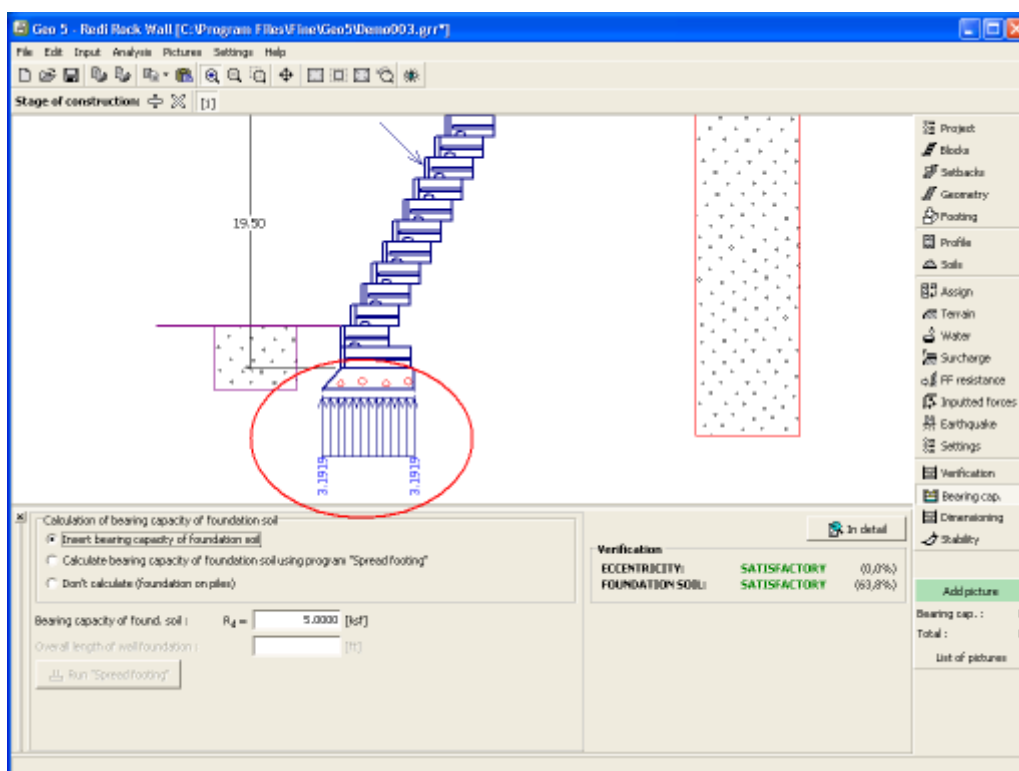
El procedimiento es idéntico a calcular la capacidad portante del suelo con el programa **"Zapata"**.

- **No se puede calcular (cimentación sobre pilotes)**

La capacidad portante del terreno de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar una **forma de la tensión en el fondo de la base**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.

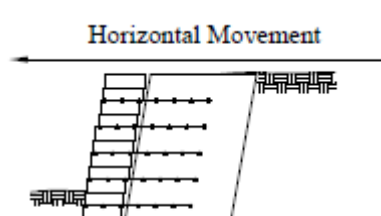


Cuadro "Capacidad portante"

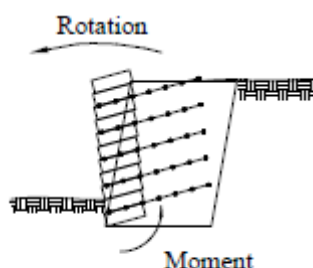
Análisis - Muro de Suelo Reforzado

La verificación de retención del Muro de Suelo Reforzado de bloques Redi-Rock con refuerzos Mirafi se realiza en los siguientes cuadros:

- **Verificación** - verificación del muro contra **vuelco y deslizamiento**

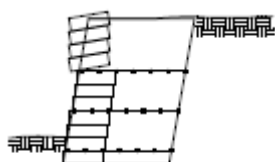


Base Sliding



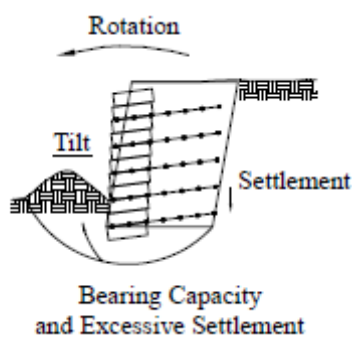
Overturning

- **Dimensionado** - verificación de juntas entre bloques individuales de un muro contra **vuelco y deslizamiento**



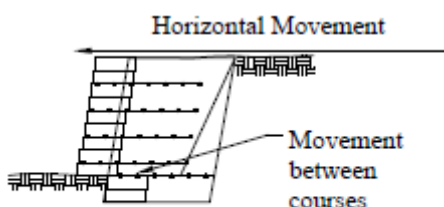
Crest Toppling

- **Capacidad portante** - verificación de la capacidad portante del suelo de cimentación



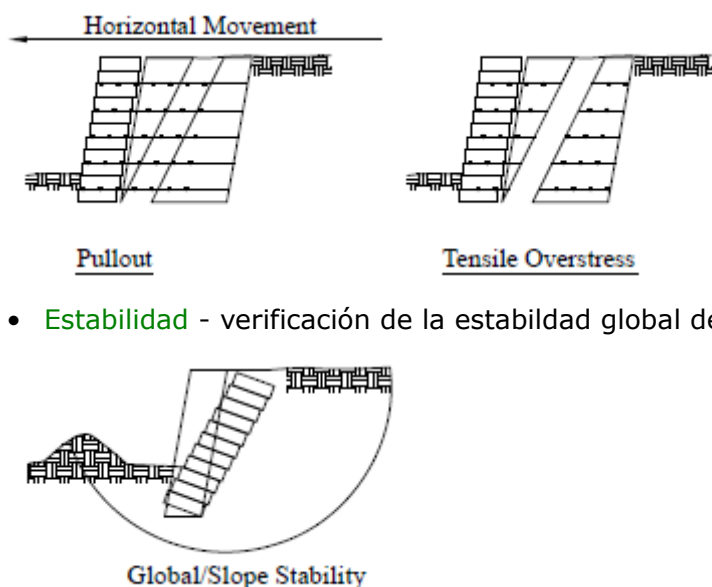
Bearing Capacity
and Excessive Settlement

- **Deslizamiento en geo-refuerzo** - verificación de deslizamiento del bloque de suelo reforzado a lo largo del geo-refuerzo



Internal Sliding

- **Estabilidad interna** - verificación de tensión y resistencia a la extracción del geo-refuerzo



- **Estabilidad** - verificación de la estabilidad global de la estructura analizada

Imágenes: *Design Manual for Segmental Retaining Walls (NCMA, 3rd Edition)*

Verificación

El cuadro **"Verificación"** muestra el resultado del análisis. Pueden realizarse **distintos cálculos** para una misma tarea.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **Factor de Seguridad**, o la teoría de los **Estados Límite** - La última columna de la tabla permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **"combinación de cargas"**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

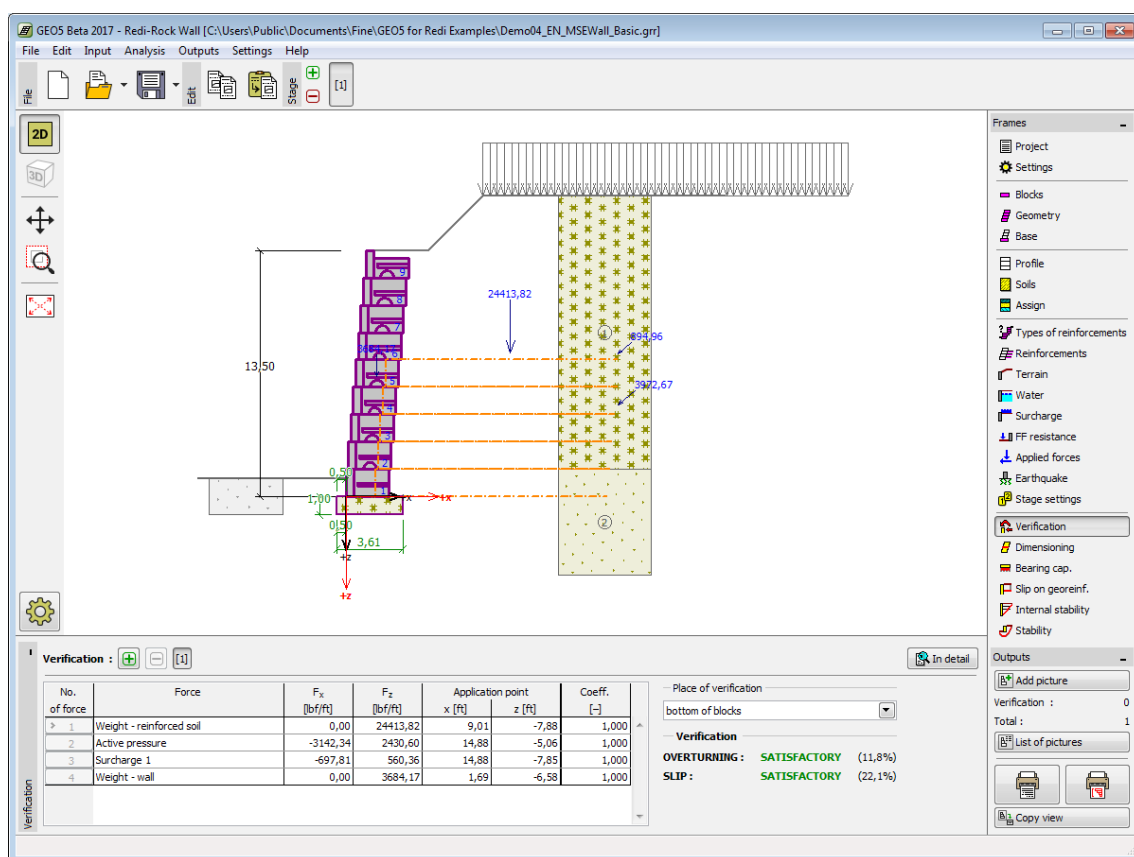
The procedure for **wall verification** is described in the theoretical part of the help.

Las fuerzas calculadas se muestran en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la verificación del muro contra **vuelcos** o **deslizamientos**. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de verificación.

La verificación puede realizarse en:

- Parte inferior de la base de nivelación
- Fondo de los bloques

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación"

Dimensionado

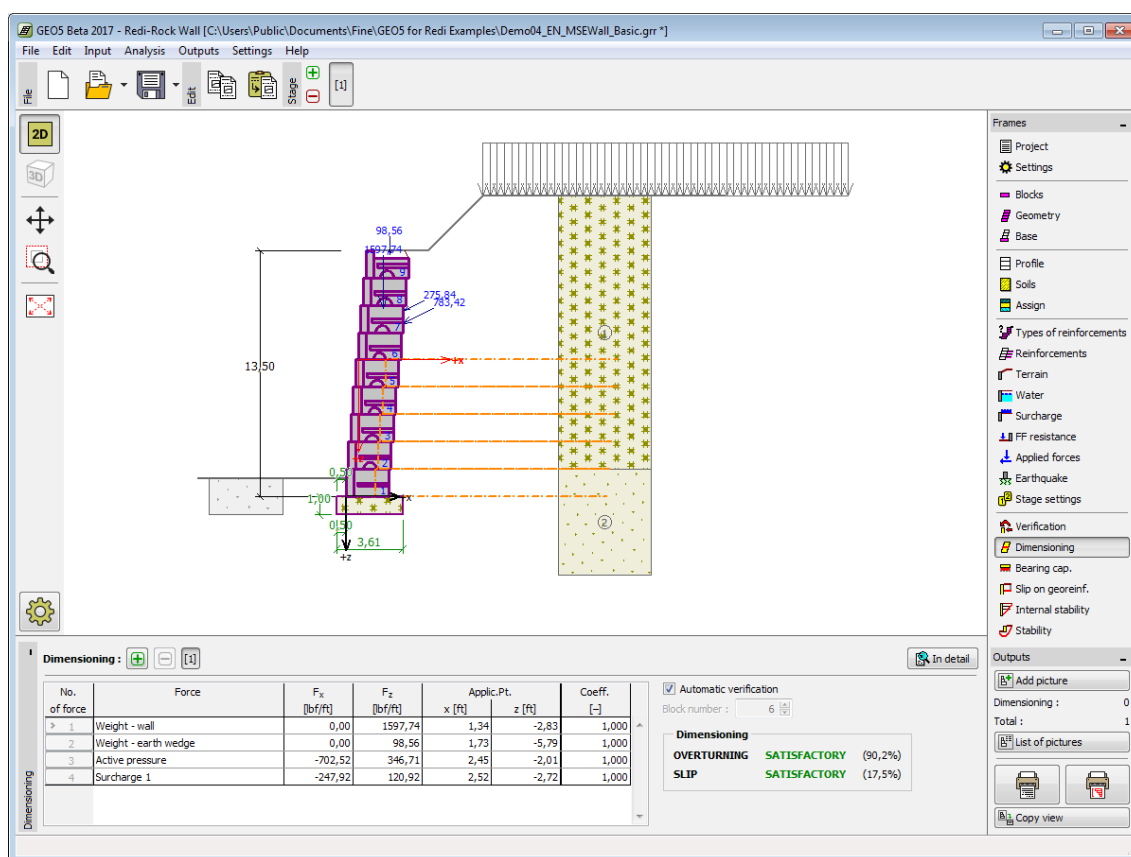
El cuadro **"Dimensionado"** permite **verificar** las juntas entre bloques individuales de un muro contra **vuelcos** y **deslizamientos**. Sólo se pueden verificar las juntas que no están reforzadas por los geo-refuerzos. La **"Verificación automática"** comprueba la junta más crítica sobre el bloque o puede realizar la verificación de cada junta.

La apariencia del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La ultima columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **"Combinación de cargas"**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Pueden realizarse **distintos cálculos** para varias secciones transversales. Varios **coeficientes de diseño** de distintas fuerzas pueden ser especificadas. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas ante cualquier cambio arbitrario de los datos o de la configuración especificada en el cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Dimensionado"

Capacidad Portante

El cuadro "Capacidad Portante" muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las verificaciones realizadas en el cuadro "Verificación". Los programas "Zapata" y "Zapata por CPT" considera todas las verificaciones como casos de carga.

La capacidad se tiene en cuenta según la especificación del usuario. **Esta es una restricción según la figura 4-4, página 73 del manual NCMA ya que la capacidad no es ni automática ni controlada por el programa.** La capacidad base debe ser ingresada dentro del programa para cumplir con los criterios de diseño.

Tres tipos de análisis están disponibles en este cuadro:

- **Introducir la capacidad portante del terreno de cimentación**

El campo de entrada sirve para especificar la capacidad portante del terreno de cimentación. El resultado del análisis de verificación de un suelo por **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha del cuadro. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación.

- **Calcular la capacidad portante del terreno de cimentación usando el**

Presionando el botón "Ejecutar Zapata" se **abre el programa "Zapata"** que permite el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata.

programa "Zapata"

Presionando el botón "OK" se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el programa "RediRock wall". El programa "Zapata" debe estar instalado para que el botón este activado.

Se introduce la longitud total de la base del muro.

- **Análisis de Capacidad Portante con el programa "Zapata con CPT")**

El procedimiento es idéntico a calcular la capacidad portante del suelo con el programa "Zapata".

- **No se puede calcular (cimentación sobre pilotes)**

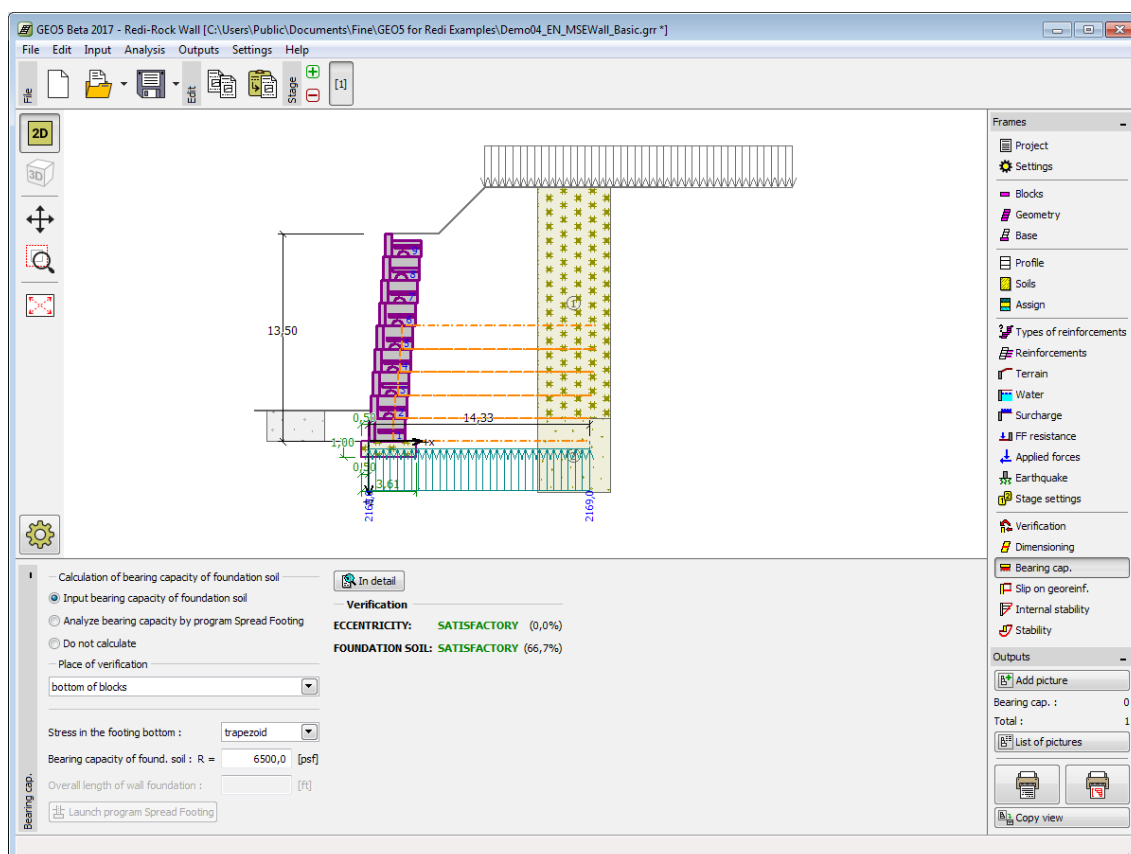
La capacidad portante del terreno de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar una **forma de la tensión en el fondo de la base**.

La verificación puede realizarse en:

- Parte inferior de la base de nivelación
- Fondo de los bloques

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Capacidad Portante"

Deslizamiento en Geo-refuerzo

El cuadro "**Deslizamiento en Geo-refuerzo**" permite verificar un deslizamiento del bloque de suelo reforzado a lo largo de un geo-refuerzo verificando el campo "**Número de refuerzo**". Seleccionando la opción "**Verificación automática**" permite verificar el refuerzo más crítico. El **bloque de suelo reforzado** está delimitado por la cara frontal del muro, el geo-refuerzo controlado, una línea vertical que pasa por el punto final de geo-refuerzo y el terreno.

El bloque de suelo reforzado es cargado por la **presión activa de tierra** y por fuerzas de estabilización debido a los geo-refuerzos que exceden el límite del bloque reforzado.

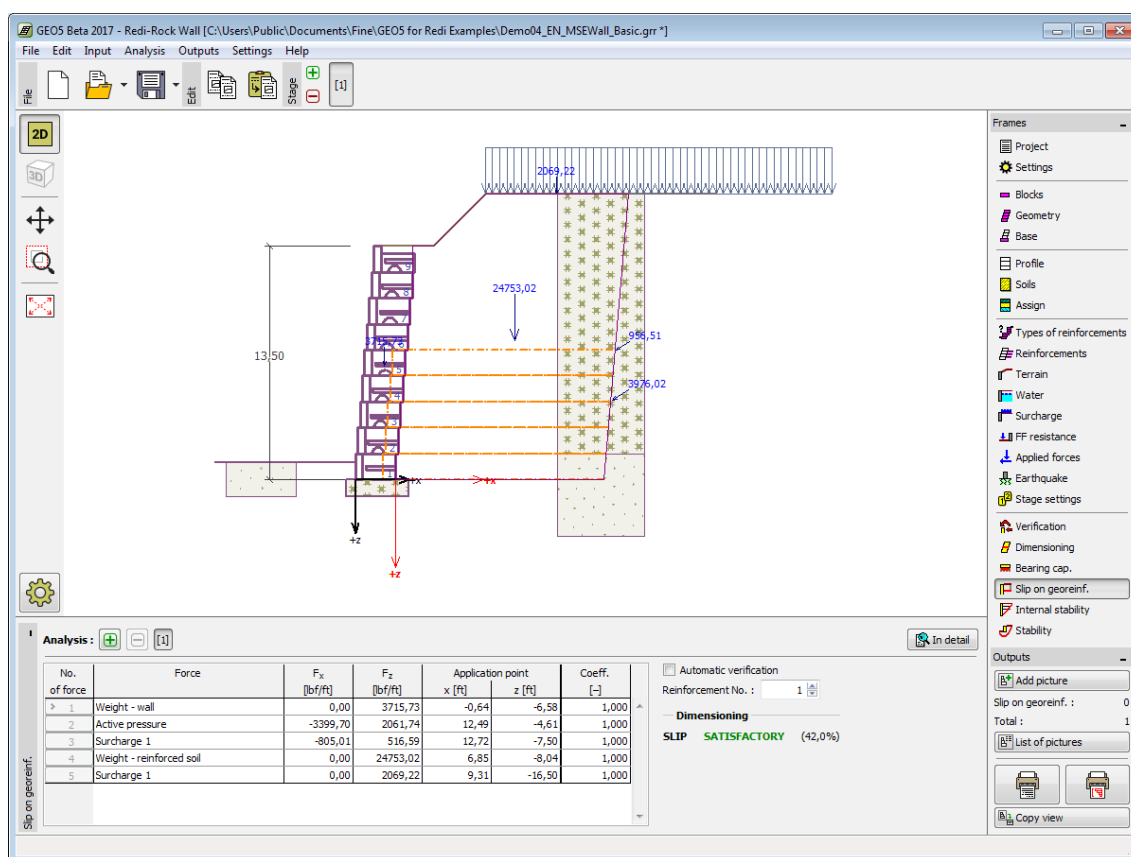
En la parte teórica de la ayuda se describe el procedimiento de solución de **deslizamiento en geo-refuerzo**.

La apariencia del cuadro puede ser modificada según la **metodología de verificación** seleccionada.

- Verificación según el **Factor de Seguridad**, o la teoría de los **Estados Límite** - La última columna de la tabla permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección "**combinación de cargas**".
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cuadro permite realizar más **análisis de verificación** de los geo-refuerzos individuales. También se pueden especificar varios **coeficientes de diseño** de fuerzas individuales. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y se actualizan con cada cambio arbitrario en los datos o con la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre la ventana de diálogo, que contiene una lista detallada de los resultados de la **estabilidad interna**.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Deslizamiento en Geo-refuerzo"

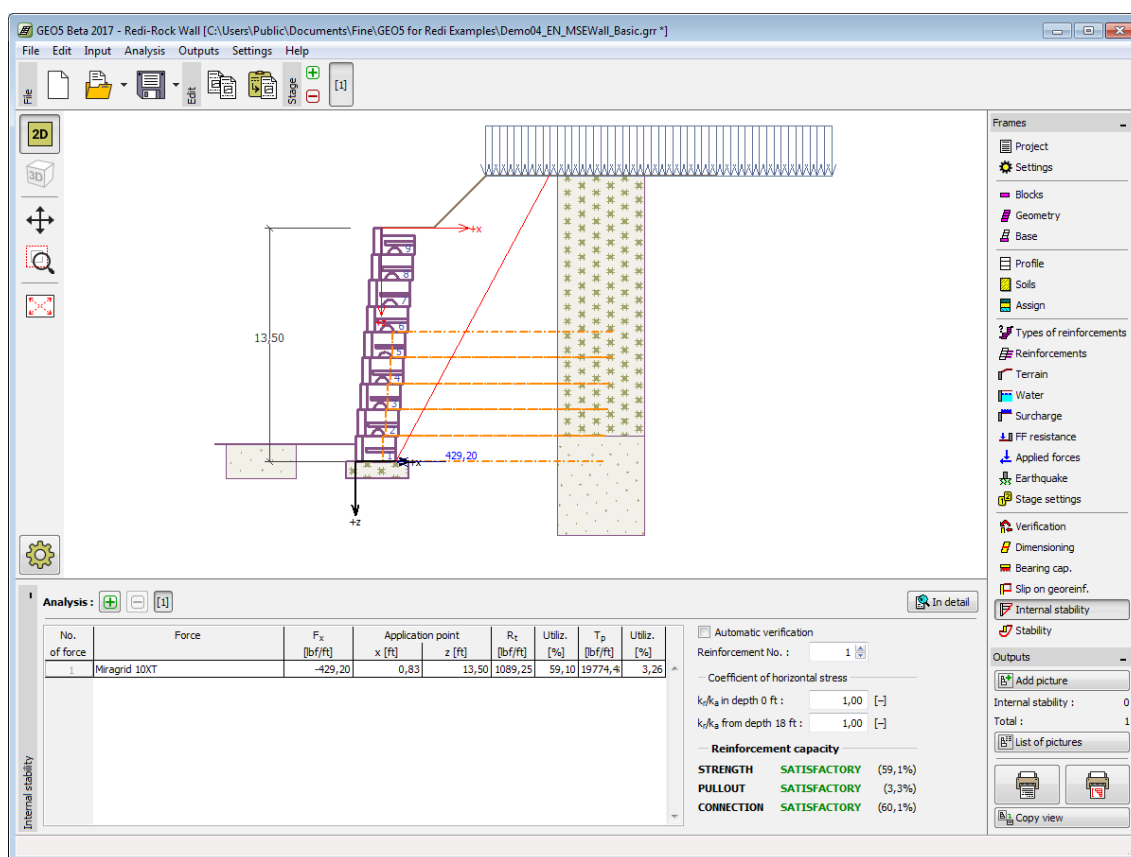
Estabilidad interna

El cuadro "Estabilidad interna" permite comprobar la resistencia del geo-refuerzo, la capacidad portante de extracción entre el cuerpo del suelo y la fuerza de las conexiones. Al comprobar el campo "Número de refuerzo" sólo se verifican los refuerzos individuales. La selección de la opción "Verificación automática" permite verificar todos los refuerzos. El resultado para el refuerzo más crítico se muestra en la parte derecha del escritorio. El procedimiento de solución de la estabilidad interna se describe en la parte teórica de la ayuda.

En la tabla se muestran las fuerzas causadas por la presión activa de tierra que actúa sobre la cara frontal del muro en geo-refuerzos individuales y los puntos de aplicación de estas fuerzas. Además, se muestra la capacidad portante de los geo-refuerzos para resistencia a la tracción R_t , resistencia de extracción T_p , capacidad portante de conexión R_{con} y la utilización resultante para cada refuerzo geográfico.

El cuadro permite realizar más análisis de verificación de los geo-refuerzos individuales. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y se actualizan con cada cambio arbitrario en los datos o con la configuración especificada en el cuadro. El botón "En detalle" abre la ventana de diálogo, que contiene una lista detallada de los resultados de la capacidad portante reforzante.

La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "Configuración de gráficos".

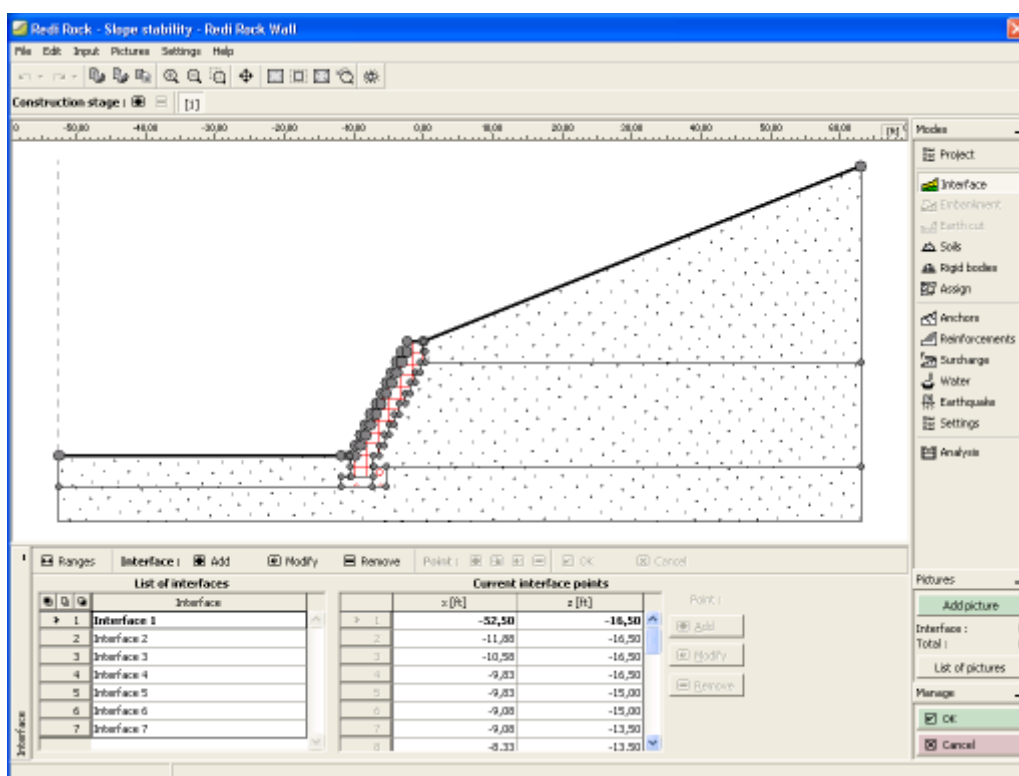


Cuadro "Estabilidad interna"

Estabilidad

Presionando el botón **"Estabilidad"** se ejecuta el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"OK"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Muro Redi Rock"**.



Cuadro "Estabilidad"

Programa Diseño de Muros Pantalla

Este programa se utiliza para el diseño rápido de muros de contención no anclados y preliminar. Los resultados son longitudes de empotramiento requeridos, fuerzas internas en la estructura y las fuerzas en los anclajes. "Diseño de muros pantalla" sólo proporciona análisis preliminar. El análisis final de los muros anclados multiplicados debe ser proporcionado por el programa de "Verificación de Muros Pantalla" (método no lineal elasto-plástico).

La ayuda en el programa "Muro Diseño de Muros Pantalla" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuració n Perfil	Suelos	Asignar	Geometría	Material
Anclajes	Apoyos	Soportes	Determinaci ón de presión	Terreno	Agua
Fuerzas Aplicadas	Sismo	Configuració n de etapas	Análisis	Dimensionad o	Estabilidad

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "Diseño de Muros Pantalla":

Tensión en el cuerpo del suelo Presiones de tierra Diseño de muros Contención apuntalada

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el Entorno de Usuario de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "Proyecto" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (métrico / imperial). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro "Configuración" sirve para introducir la configuración básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las configuraciones básicas pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus propias configuraciones, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "Seleccionar" permite elegir configuraciones ya creadas de la "lista de configuración".

El botón "Administrador de configuración" abre el cuadro "Administrador", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también exportados e importados.

El botón "**Añadir al administrador**" permite crear configuraciones definidas por el usuario, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Presiones de tierra**".

Configuración de análisis : (entrada para tarea actual)	
Estructuras de hormigón :	EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficientes EN 1992-1-1 :	Estándar
Estructuras de acero :	EN 1993-1-1 (EC3)
Factor parcial en capacidad portante de sección transversal de acero :	$\gamma_{M0} = 1,00$
Estructuras de madera :	EN 1995-1-1 (EC5)
Factor parcial para propiedades de madera :	$\gamma_M = 1,30$
Modif. factor de duración de la carga y contenido de humedad :	$k_{mod} = 0,50$
Coefficiente de ancho efectivo para el esfuerzo de corte :	$k_{cr} = 0,67$
Calculo de la presión activa de la tierra :	Coulomb
Cálculo de la presión pasiva de la tierra :	Caquot-Kerisel
Análisis sísmico :	Mononobe-Okabe
Metodología de verificación :	Estados límite (LSD)

Cuadro "Configuración"

Perfil

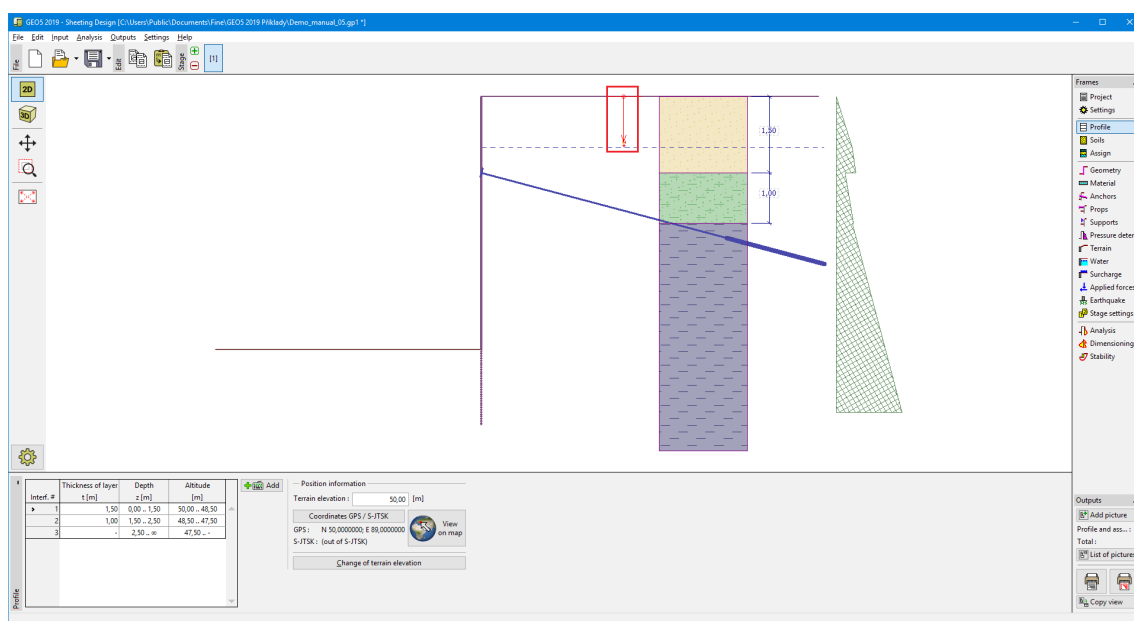
El cuadro "**Perfil**" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el cuadro de diálogo "**Nueva interfaz**". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "**Ver en el mapa**" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "**Cambiar la elevación del terreno**" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "**Terreno**" y "**Estratigrafía**".



Cuadro "Perfil"

Suelos

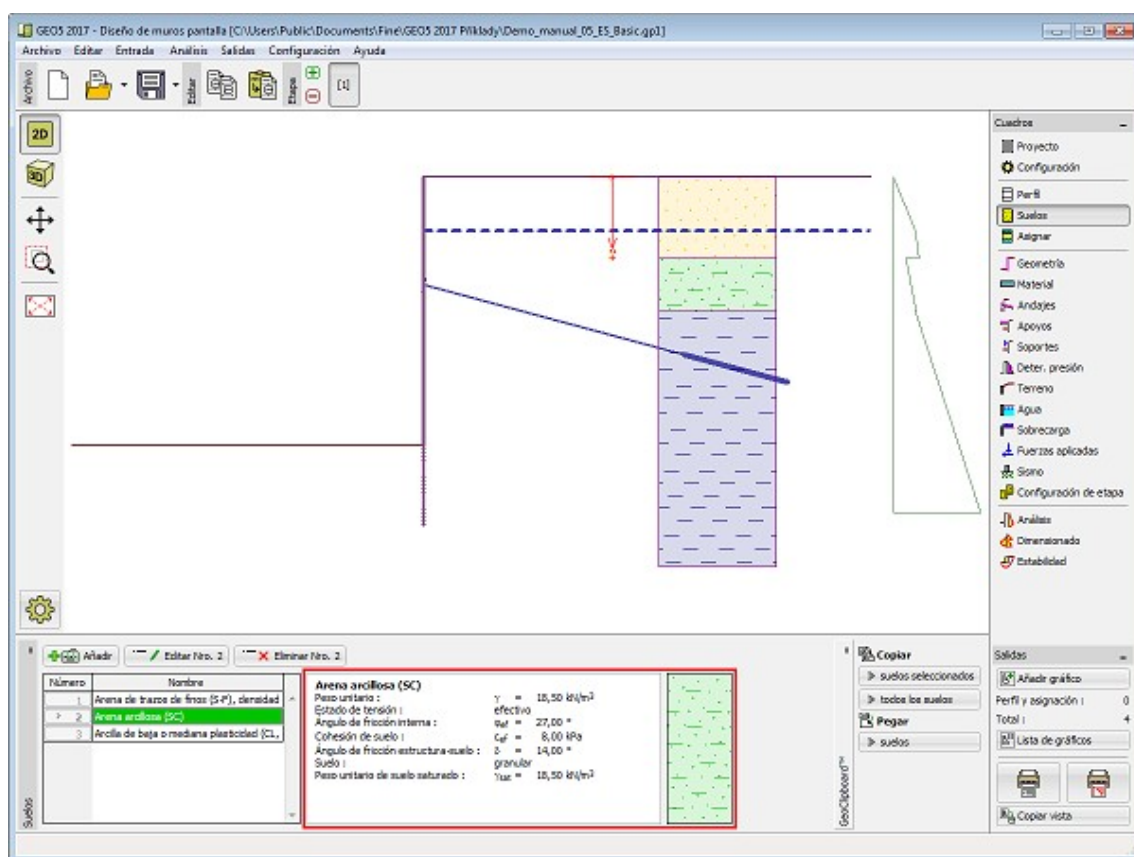
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Presión de la tierra en reposo"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la [tensión total](#) se necesita especificar la [adhesión del suelo a la cara de la estructura](#) α .

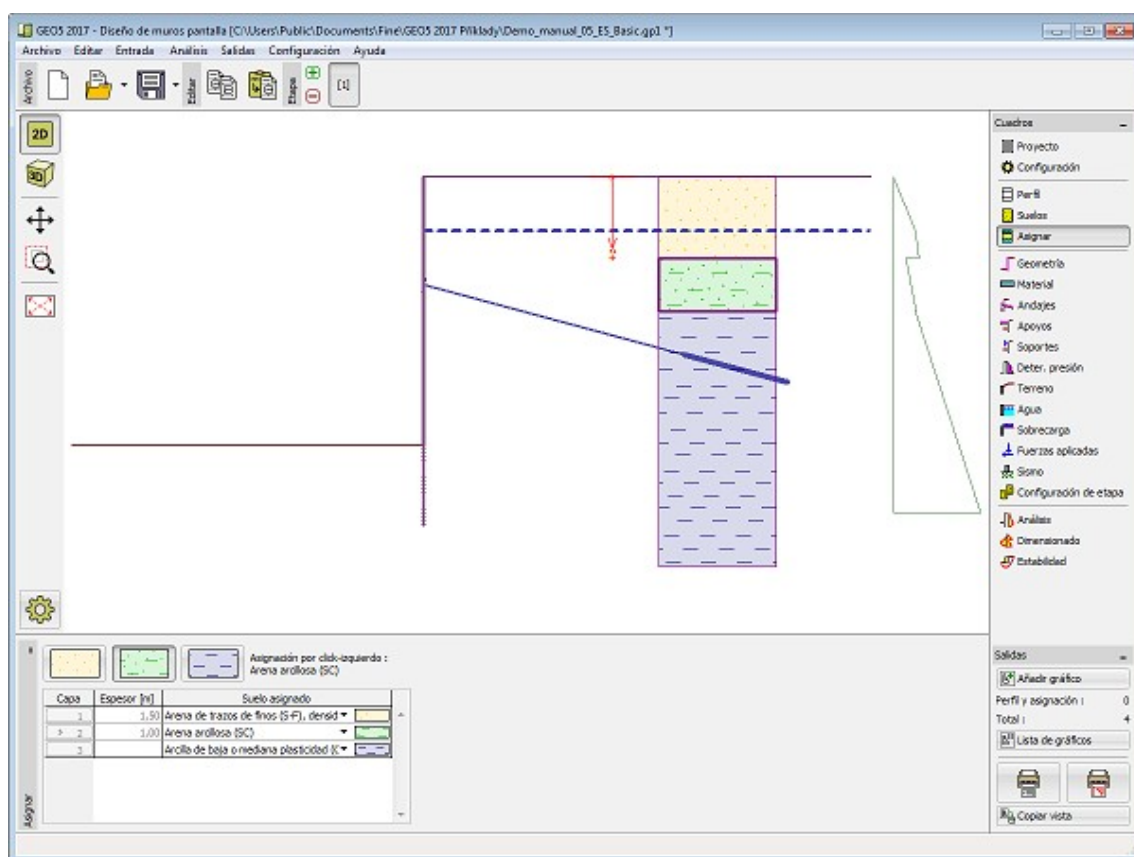
La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Presión de tierras](#)".

Cuadro "Añadir nuevos suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Geometría

El cuadro **"Geometría"** es utilizado para especificar la profundidad de la zanja construida y presionando el botón se elige la forma de la profundidad. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. Las dimensiones de la estructura pueden ser editadas en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

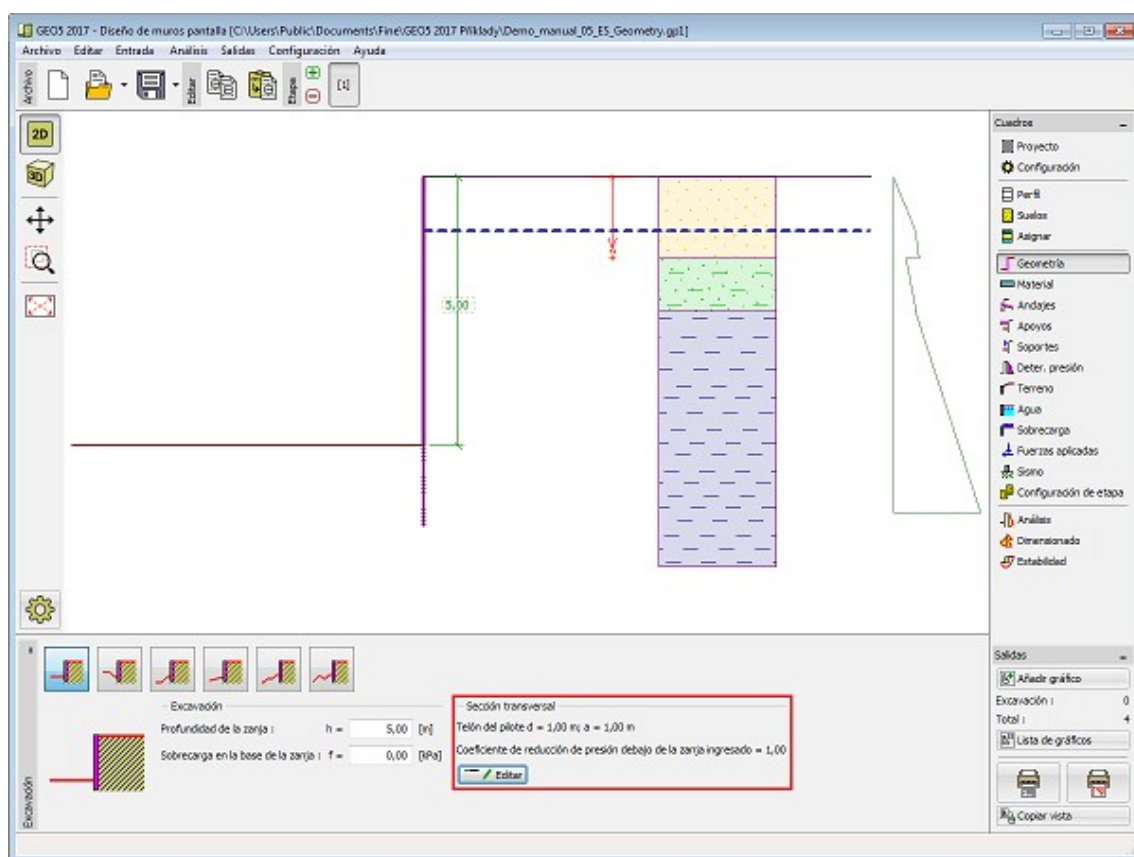
El cuadro luego puede ser utilizado para ingresar sobrecargas de las zanjas construidas

El **tipo de sección transversal** también se introduce en este cuadro. Al cargar los datos de la versión anterior del programa "Diseño de Muros Pantalla", la sección transversal se introduce como "no ingresada". La edición de la sección transversal se realiza mediante el botón **"Editar"**.

El tipo de sección transversal no afecta en **análisis** de fuerzas internas

Los resultados de las evaluaciones de la sección transversal se muestran en el cuadro **"Dimensionado"**.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

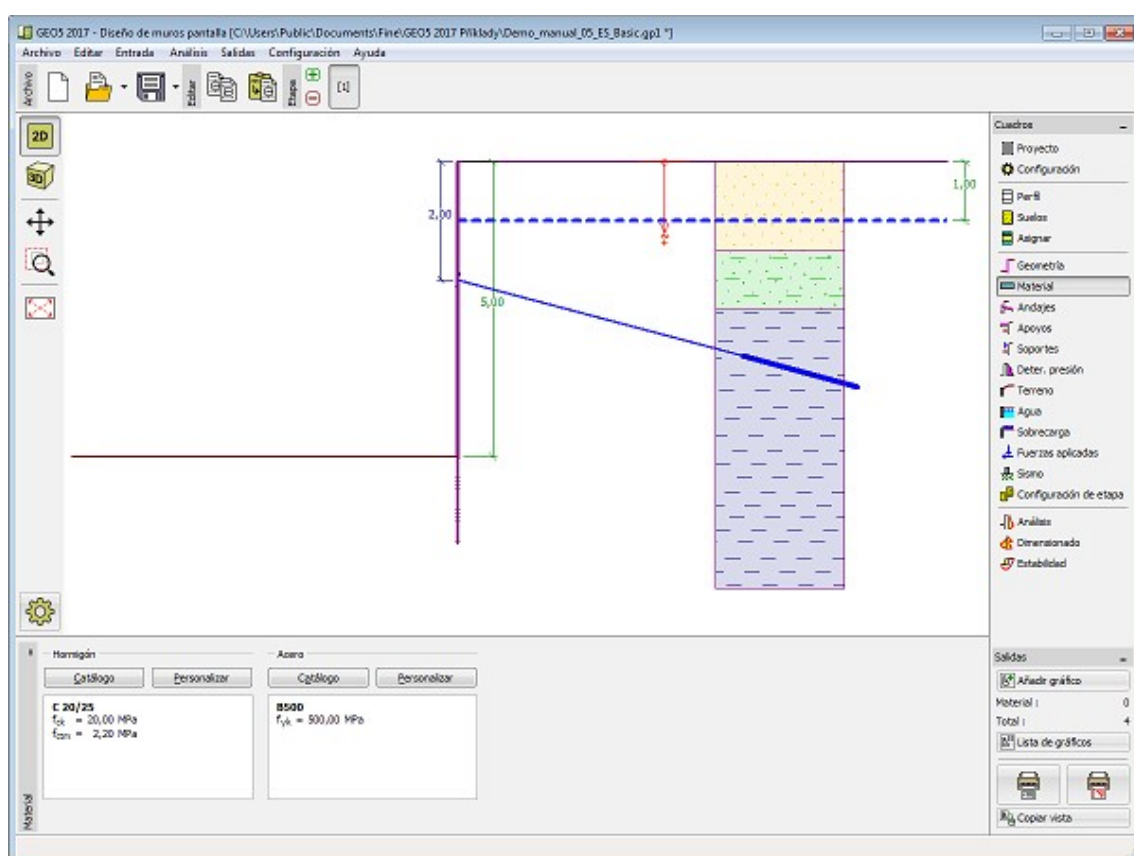
Material

El cuadro **"Material"** permite introducir los parámetros de material. La apariencia del cuadro varía según el material seleccionado (**hormigón, acero, madera, plástico**) en el cuadro **"Geometría"**.

Dos opciones pueden ser utilizados para la configuración de parámetros de materiales:

- El botón **"Catálogo"** abre el cuadro **"Catálogo de materiales"**, donde el material requerido puede ser seleccionado.
- El botón **"Definido por el usuario"** abre el **"Editor de materiales"**, el cual permite ingresar las especificaciones de parámetros de materiales de forma manual.

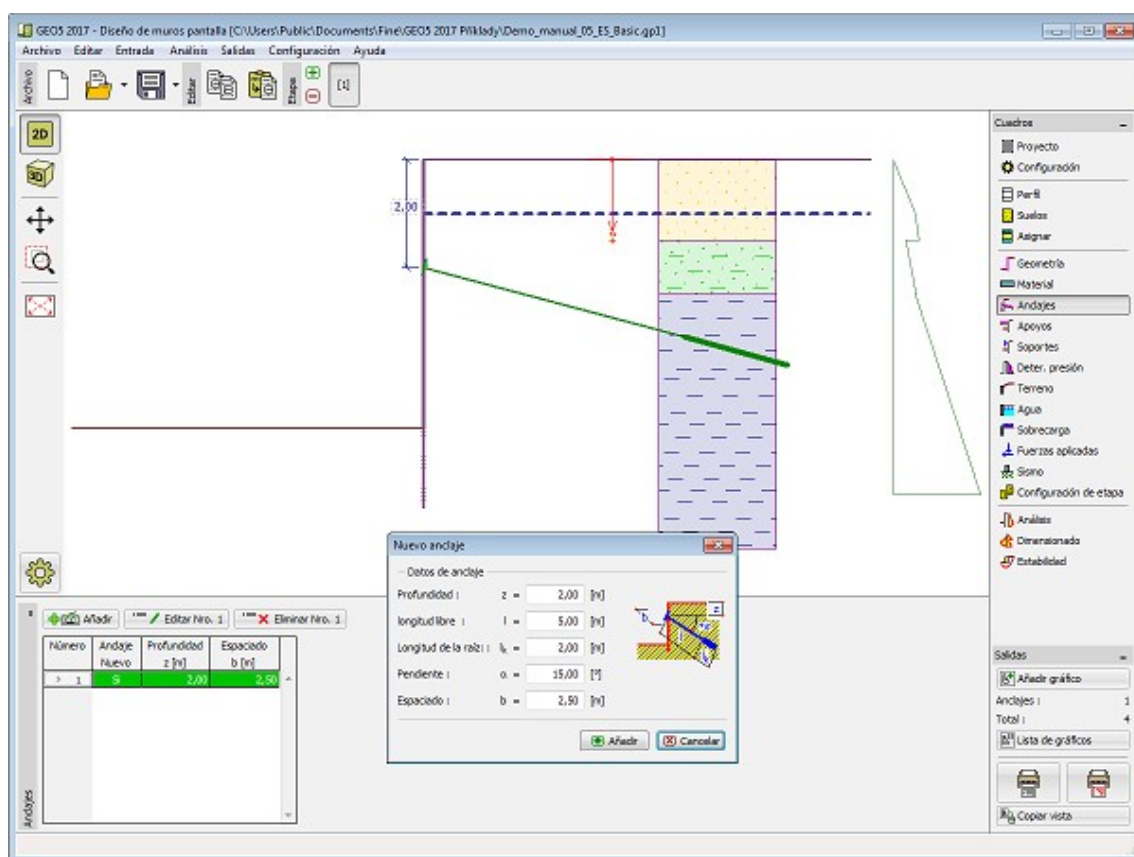
El contenido de los catálogos dependen de la selección de estándares relevantes para el dimensionado de **hormigón, acero, madera**, o estructuras **plásticas** configuradas en la solapa **"Materiales y estándares"**.



Cuadro "Material"

Anclaje

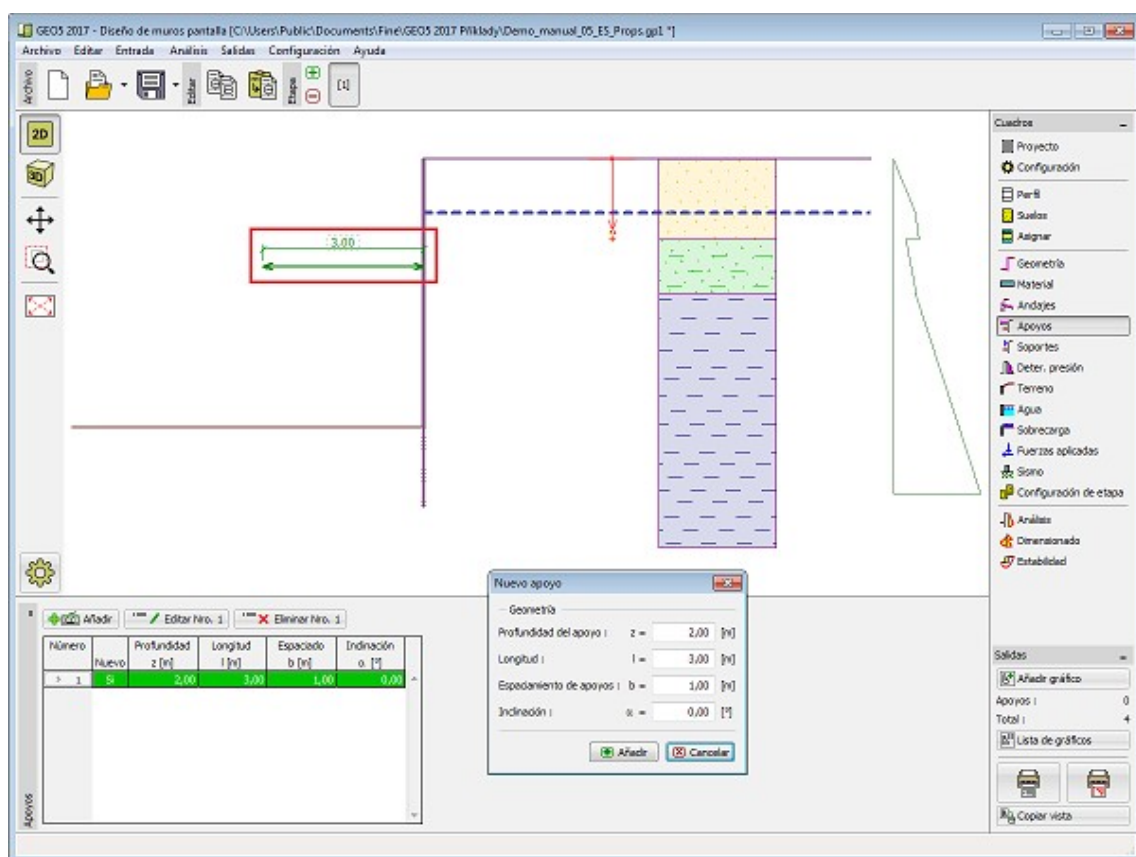
El cuadro **"Anclaje"** contiene una tabla con un listado de los anclajes introducidos. Para **añadir** anclajes se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo anclaje"**. Los anclajes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.



Cuadro "Anclaje"

Apoyos

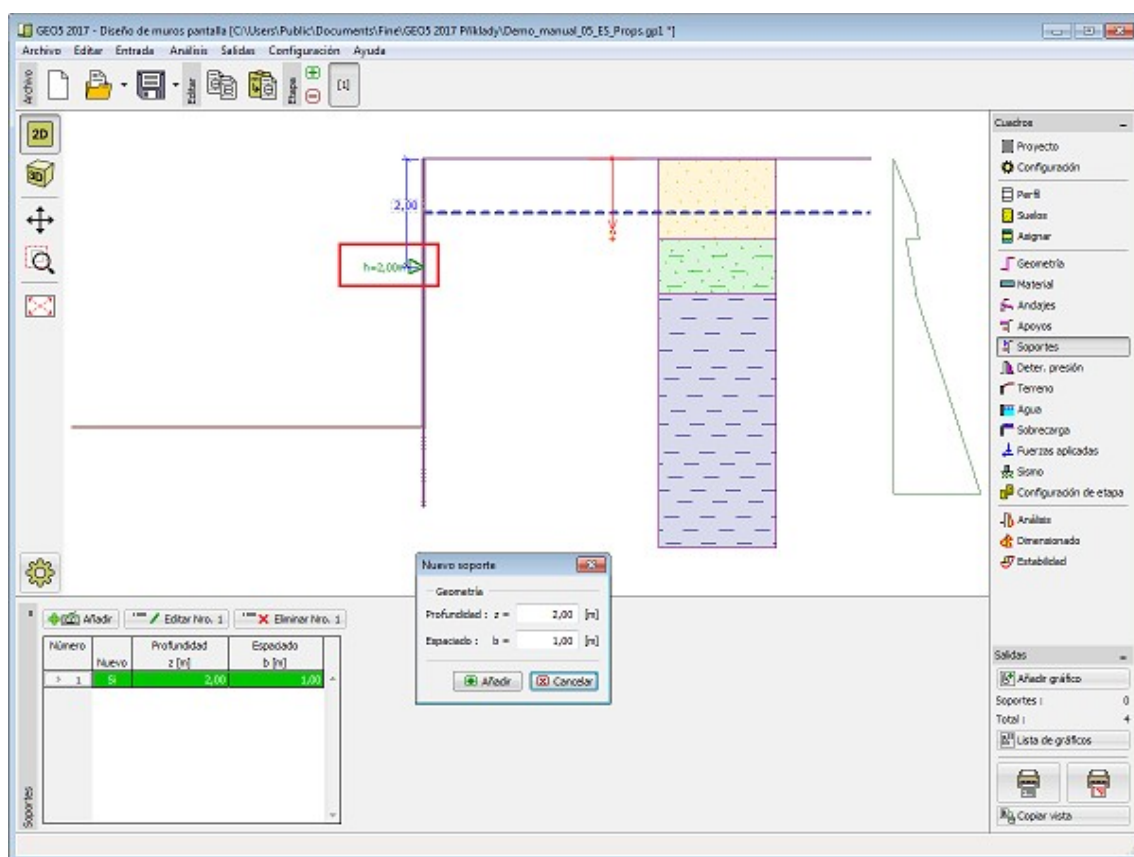
El cuadro **"Apoyos"** contiene una tabla con un listado de los apoyos introducidos. Para **añadir** apoyos se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo apoyo"**. Los apoyos introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de **dimensiones activas** o de **objetos activos**, respectivamente.



Cuadro "Apoyos"

Soportes

El cuadro **"Soportes"** contiene una **tabla** con un listado de los soportes introducidos. Para **añadir** soportes se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo soporte"**. Los soportes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** y de los **objetos activos**, respectivamente.

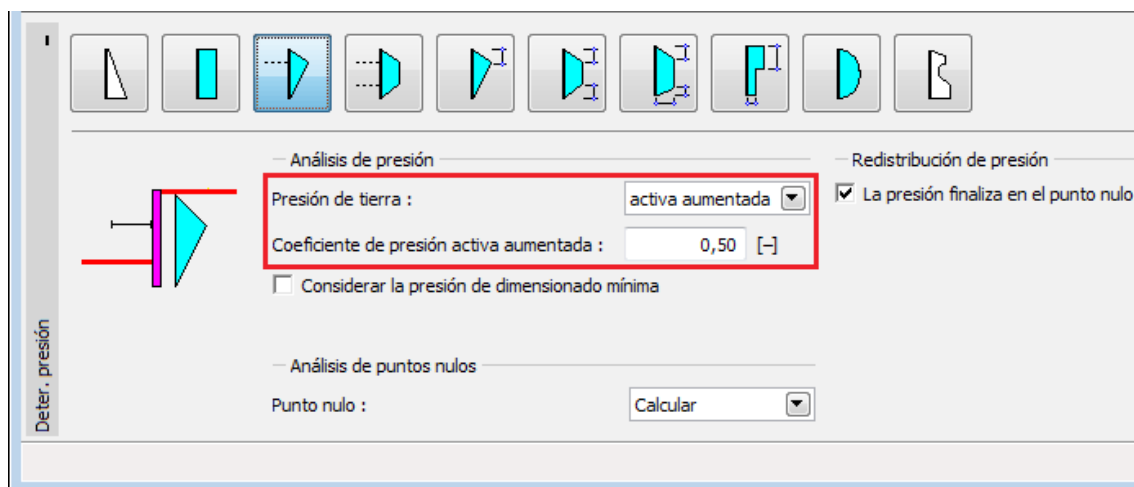


Cuadro "Soportes"

Determinación de presión

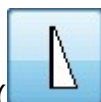
El cuadro **"Determinación de presión"** se utiliza para especificar la presión de la tierra activa en el muro.

El tipo de presión que actúa sobre el muro puede especificarse como **activo**, **en reposo** o **activa aumentada** - según la deformación permitida del muro. También es posible definir una **presión mínima de dimensionamiento**, que es requerida por muchas normas.



Entrada presión activa aumentada

La barra superior con botones determina si se redistribuye la presión de tierra calculada



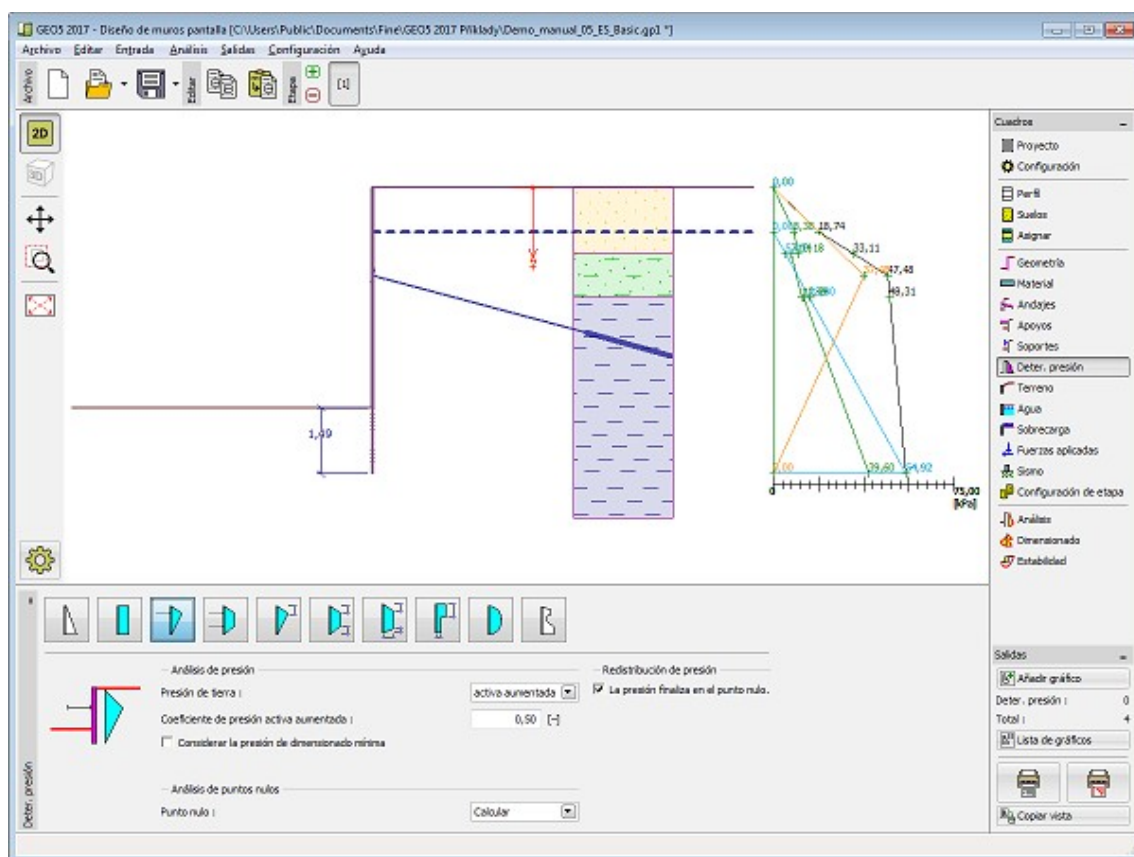
La opción 1 se utiliza para **muros no anclados** - no hay redistribución de presión

Para muros anclados y pavoneados es apropiado usar la **redistribución de las presiones de tierra**. Las opciones adicionales (botones) son para diversas posibilidades de redistribución de presión.



La última opción () permite **ingresar manualmente cualquier distribución** de la presión de tierra final - esta presión no depende del perfil geológico de entrada.

El programa permite introducir una posición de **punto nulo**, pero se recomienda dejarla calcular automáticamente.



Cuadro "Determinación de presión"

Redistribución de Presiones de la Tierra

El programa permite seleccionar las formas más comunes de la presión redistribuida.





La selección de la forma de presión redistribuida

Las prácticas de redistribución son muy diferentes según el país. El programa contiene esquemas clásicos de redistribución, y formas según los estándares EAB, AASHTO.

El programa está diseñado para ser completamente universal y el usuario puede redistribuir la presión según a sus hábitos.



Para las selecciones ,  El programa calcula automáticamente una posición de presión máxima según la ubicación de los anclajes (apoyos). Esta variante es la más fácil de ingresar y también es recomendada por los autores del programa.



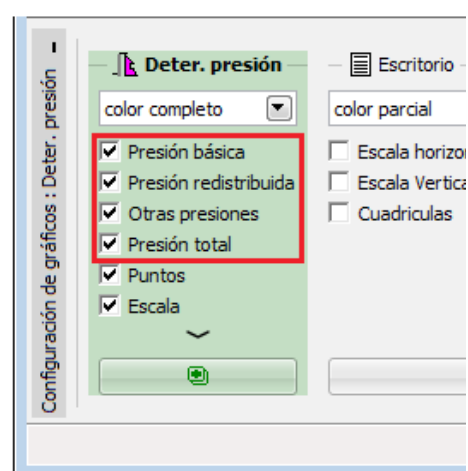
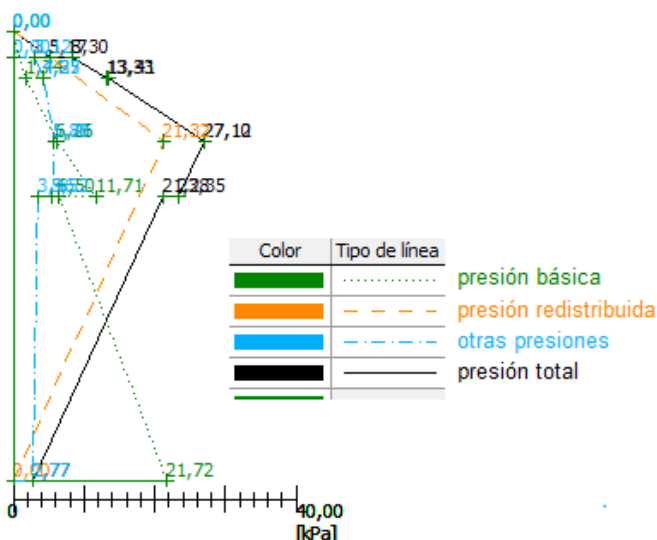
Para las selecciones , , ,  es necesario ingresar los coeficientes (x_1 a x_6), que determinan la forma final de la presión redistribuida.

El usuario también puede especificar si la presión redistribuida actúa en el **punto nulo** (procedimiento estándar) o en el fondo de la zanja (EAB).

El **procedimiento de cálculo de la presión sobre la estructura** es el siguiente:

- Se calcula la posición del punto nulo (la magnitud de la presión pasiva frente a la estructura es la misma que la magnitud de la presión de tierra detrás del muro - la suma total de la presión en este punto es cero)
- Se calcula la **presión básica** detrás de la estructura (**activa, en reposo, activa aumentada**) hasta la profundidad del punto nulo. Puede considerarse la **presión mínima de dimensionamiento**.
- Se calcula la **presión redistribuida** con el mismo área que el área de presión básica. Sólo se redistribuye una presión básica (calculada a partir del perfil geológico). La presión de sobrecarga o presión de agua no se redistribuye.
- La presión de sobrecarga, agua o sismo se añade a la presión redistribuida (**presión total**)

Todas las presiones se dibujan en el escritorio:



Representación gráfica de las presiones

La visualización de presiones se puede activar en el cuadro "Configuración de gráficos". La

configuración de colores y tipos de líneas se puede editar en la ventana de diálogo "**Administrador de estilos de gráficos**".

Bibliografía:

EAB - 2012 Ernst & Sohn A Wiley Company, 5.Auflage, Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben".

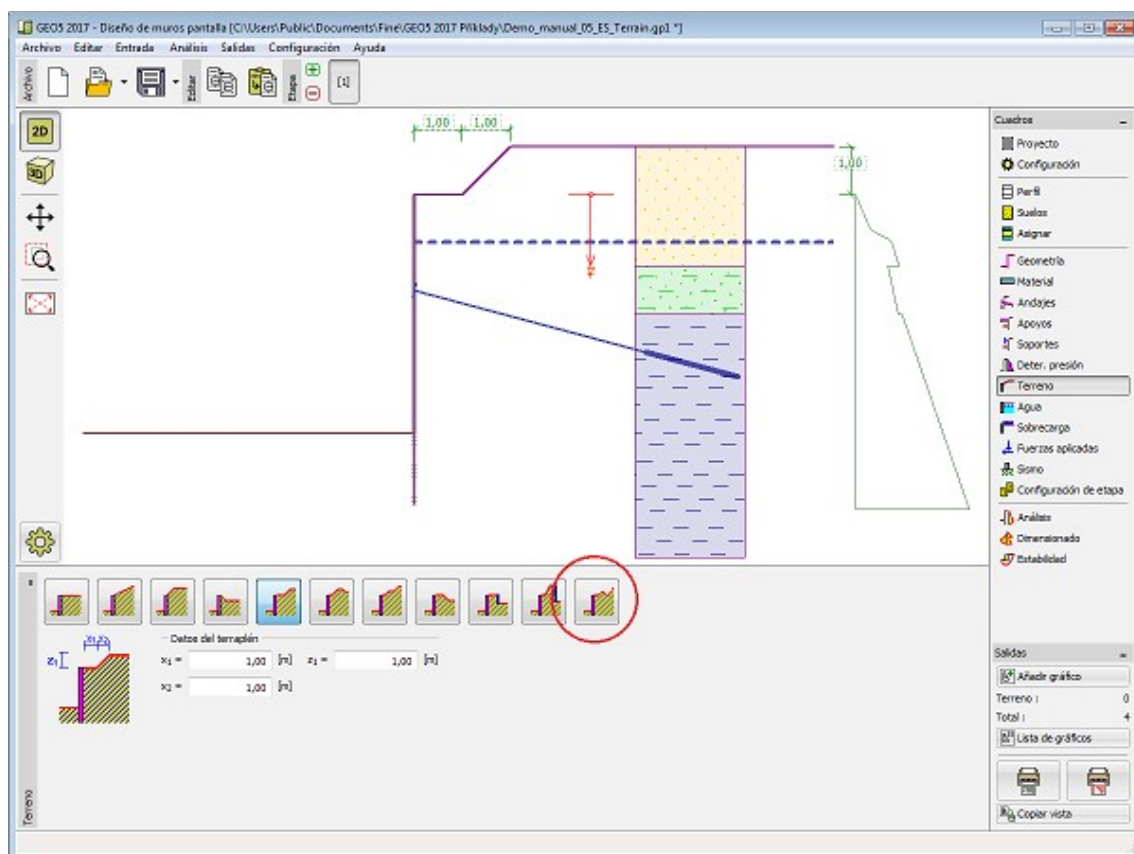
AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Seventh Edition, 2014.

Terreno

El **cuadro "Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Terreno"

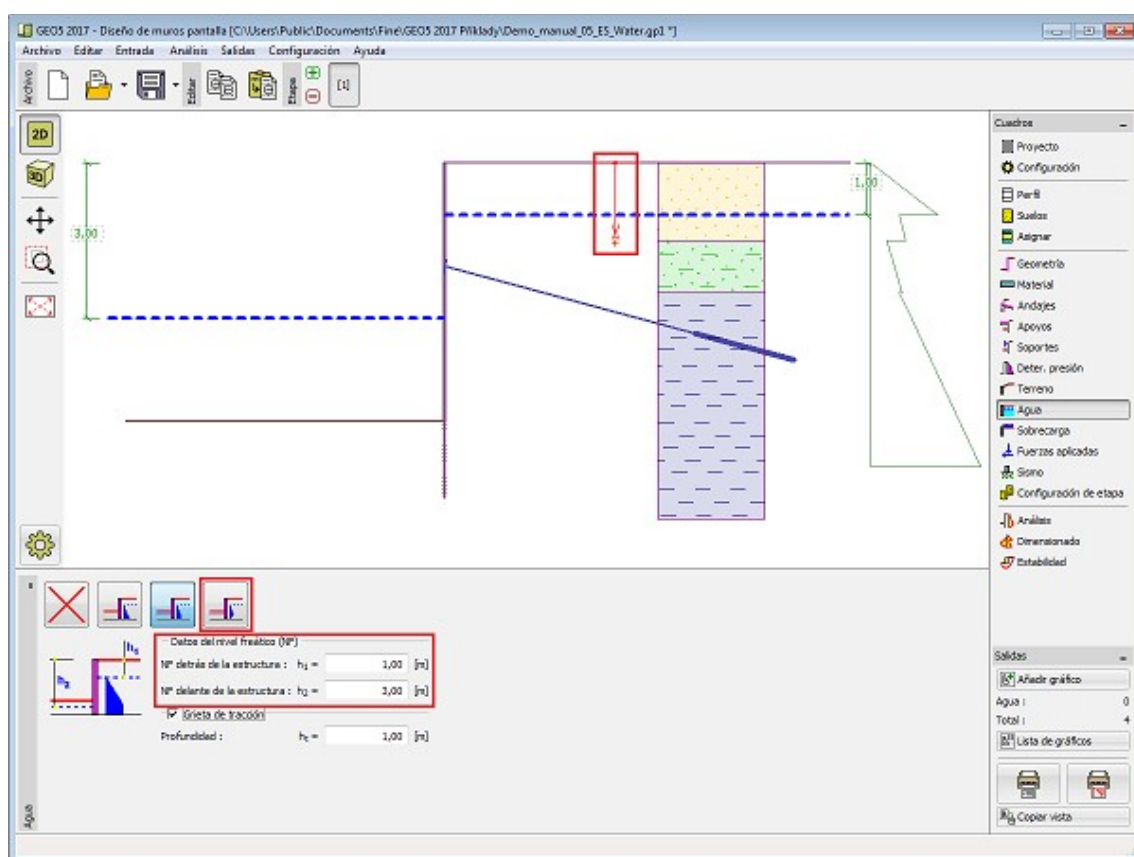
Agua

El **cuadro "Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El nivel freático también puede ser especificado por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia del agua**".

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

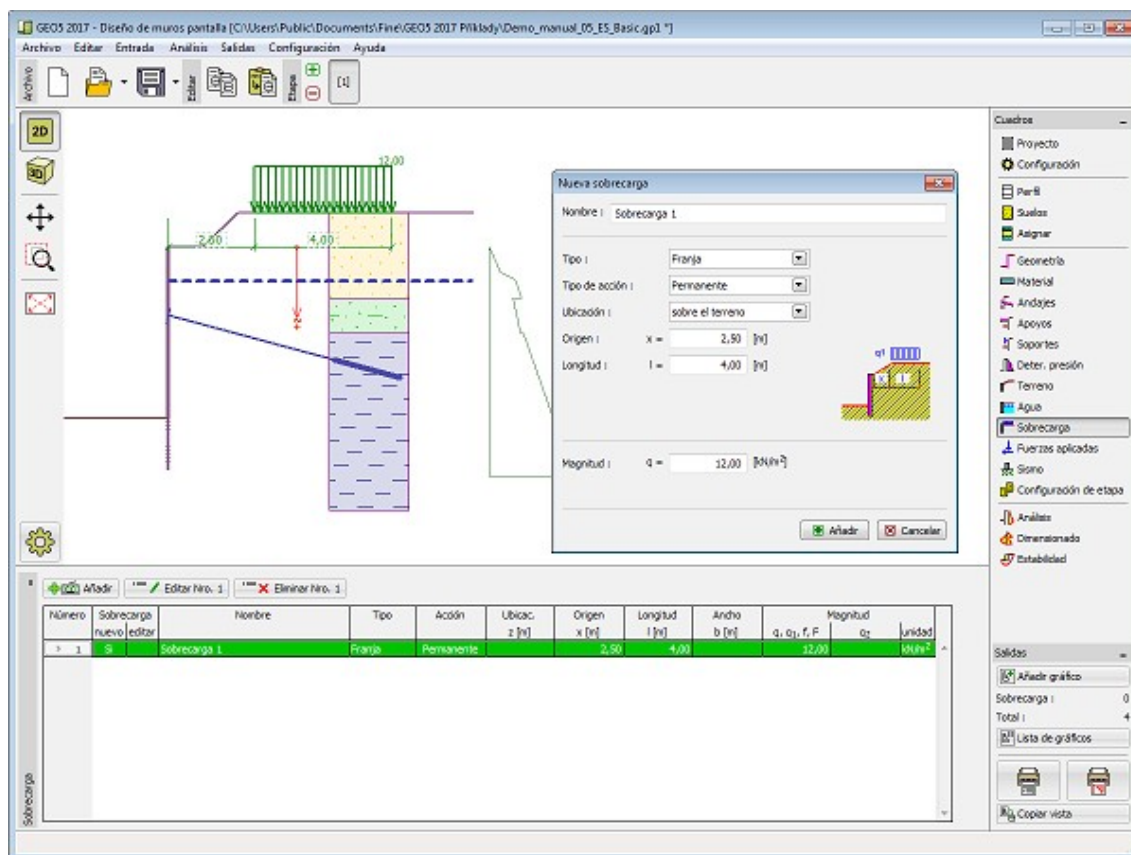
Sobrecarga

El **cuadro "Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



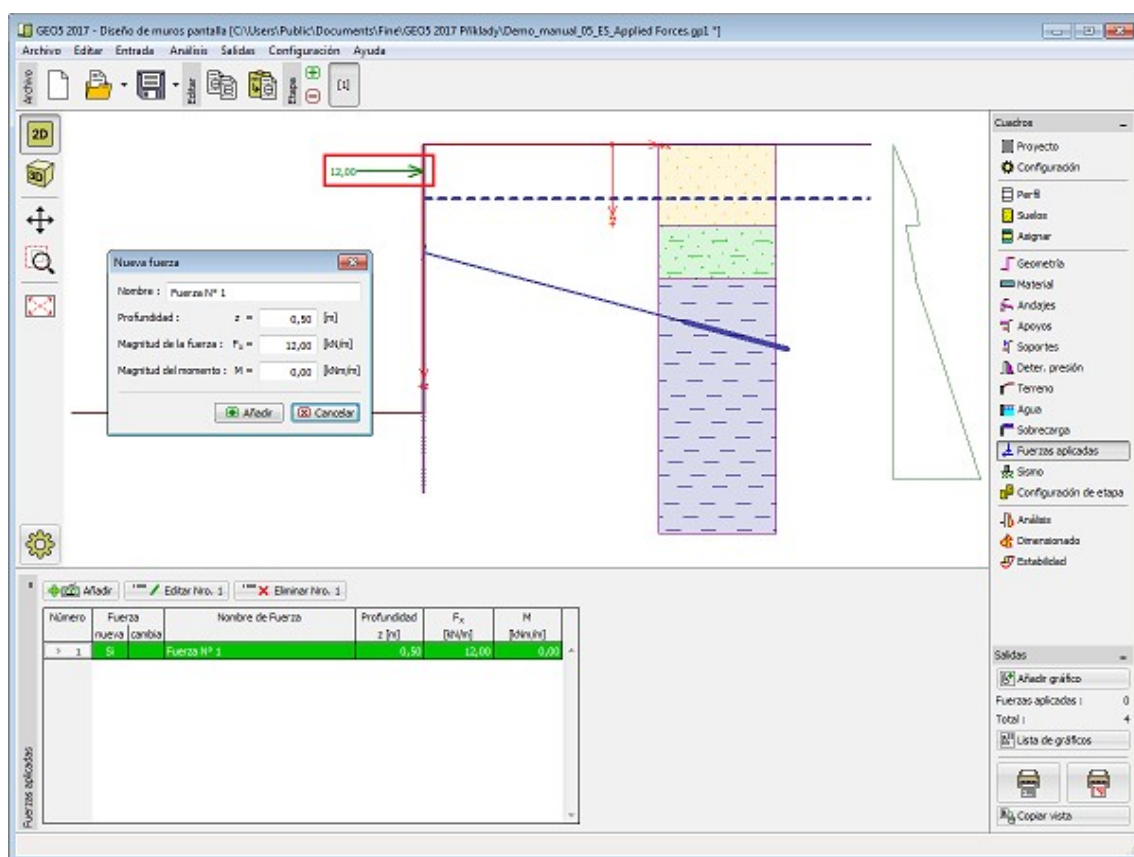
Cuadro "Sobrecarga"

Fuerzas aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de cartelera, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



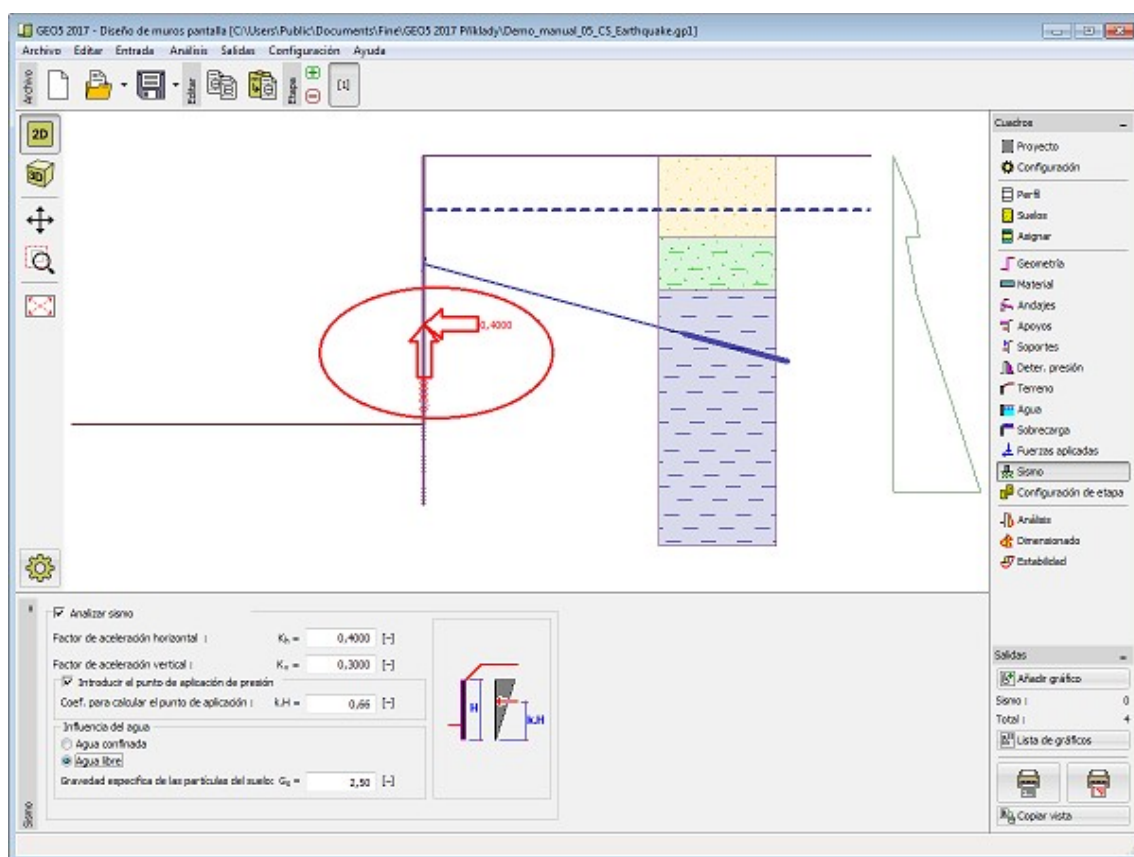
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras con cálculo de sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



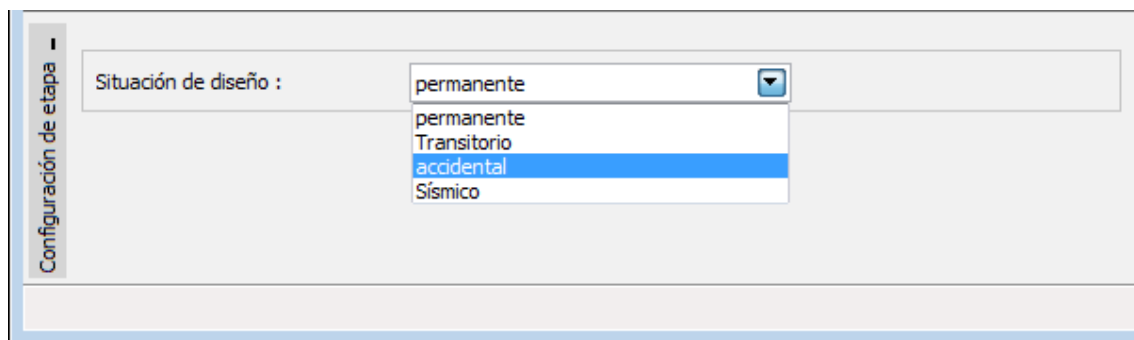
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro **"Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

El cuadro "Análisis" muestra el resultado del análisis.

El cuadro tiene dos variantes: La primera se aplica a un muro no-anclado (Tablestacas), y la segunda se aplica a un muro anclado (pavoneado).

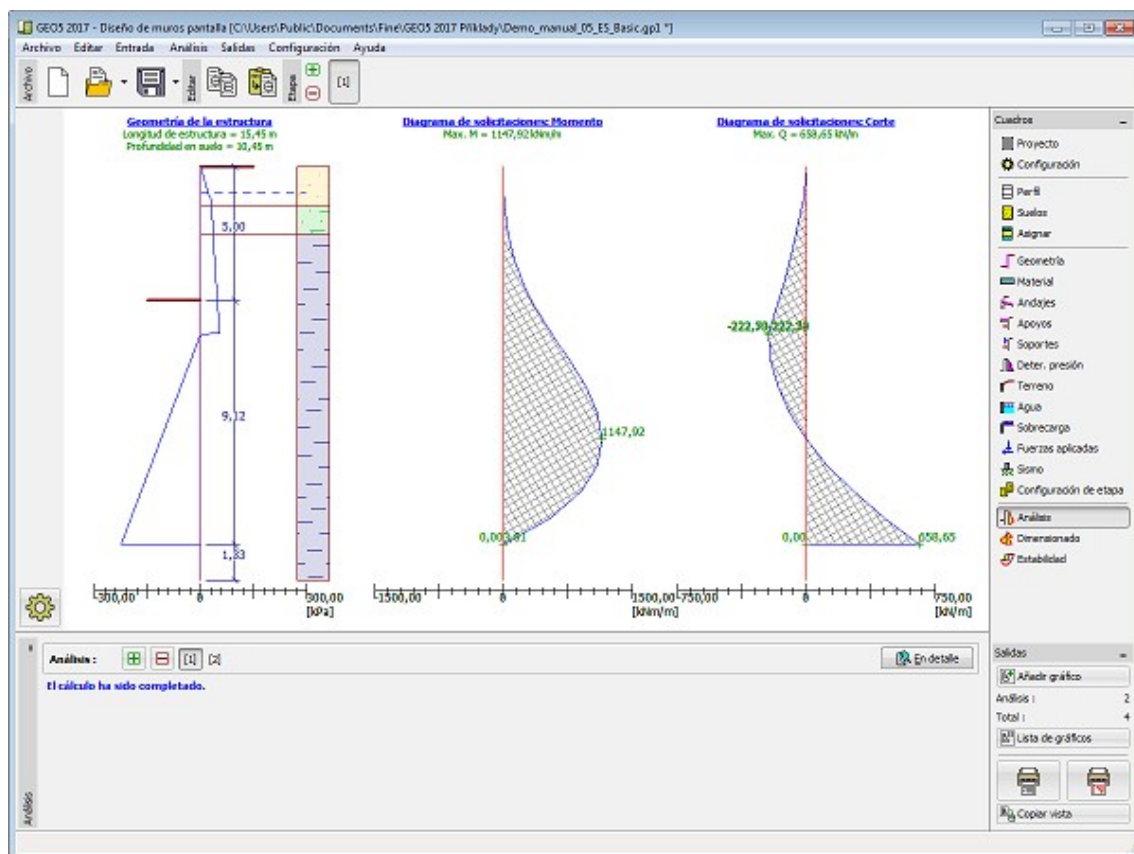
Es posible ingresar un coeficiente de reducción de presión pasiva de tierra para ambas variantes.

Según la metodología de verificación **Estados límite** o **Factor de seguridad**, es posible especificar el factor de seguridad para un muro **no-anclado**.

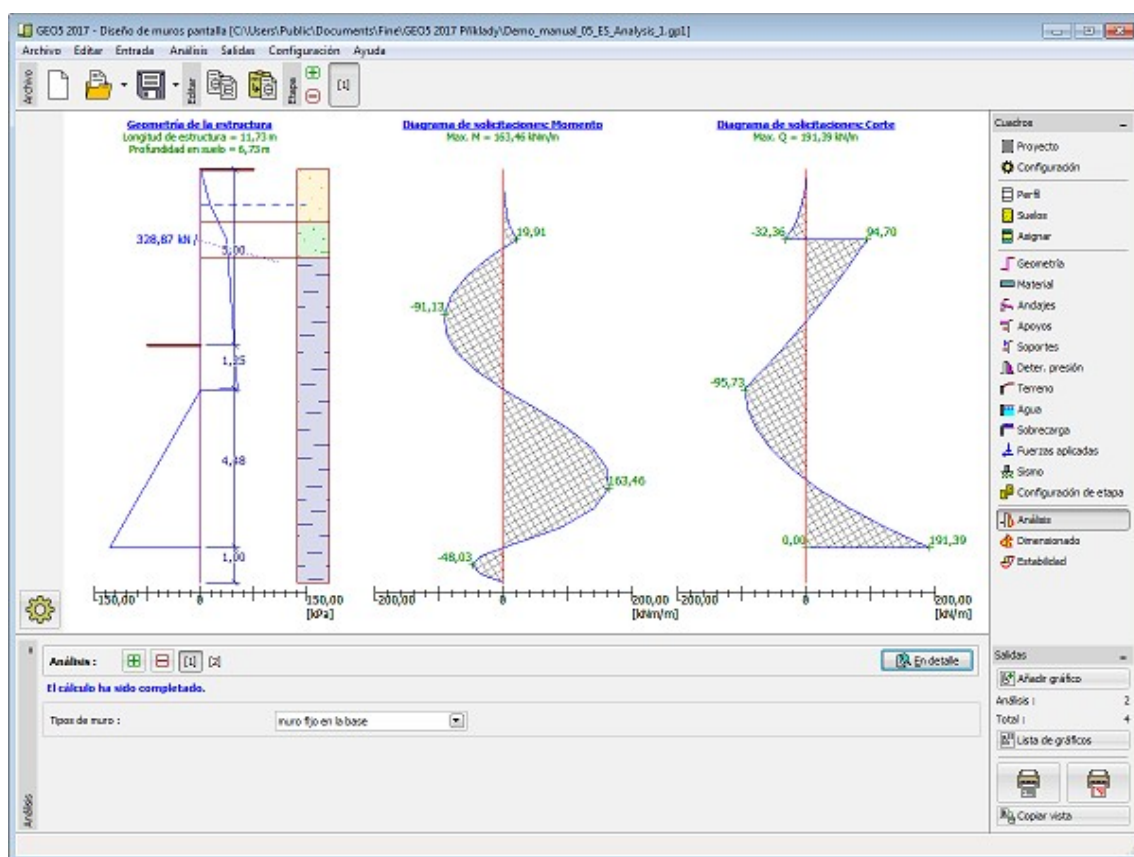
El tipo de soporte en la base (**fijo**, **abisagrado**) se especifican para un muro **anclado**.

Cuando realizamos el análisis según **EN 1997** o **LRFD**, los coeficientes de diseño se introducen en el cuadro "Análisis de presión". Para llevar a cabo el análisis según el **Enfoque de diseño 1**, es necesario también introducir el número de combinación.

El análisis de resultados se muestra en el escritorio. La visualización de los resultados puede ser ajustadas en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Análisis" - Muro no anclado



Cuadro "Análisis" - Muro anclado

Dimensionado

El cuadro **"Dimensionado"** es posible mostrar una envolvente de fuerza interna y desplazamientos desde todos los análisis (**etapas de construcción**). Por defecto el envolvente se construye a partir de los resultados de todas las etapas de construcción, no obstante, puede ser creado sólo desde las **etapas seleccionadas**. El botón **"modificar"** abre el cuadro de diálogo **"Selección de etapa de construcción"**, donde es posible seleccionar las etapas de construcción que se utilizan para generar el envolvente actual. (presionando los botones correspondientes)

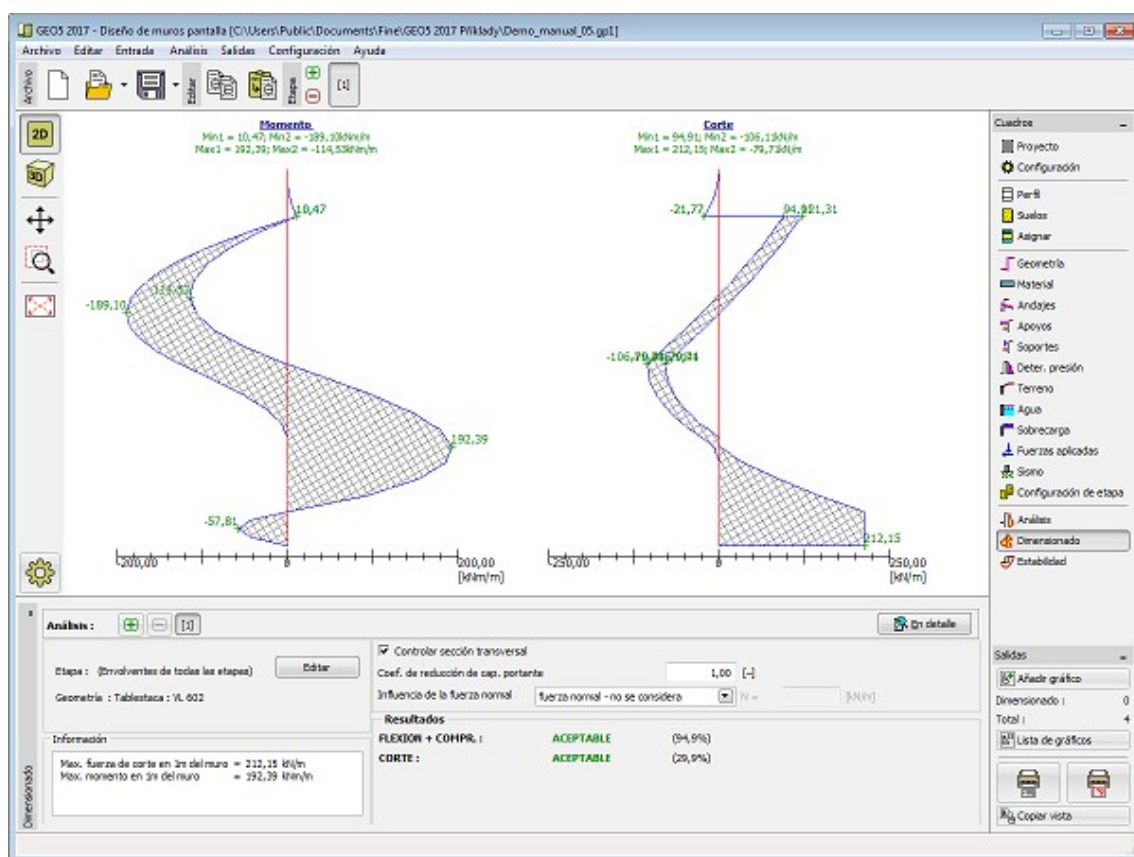
Los valores máximos de las fuerzas internas calculadas (momento de flexión y fuerza de corte) se muestran en la parte inferior del cuadro.

El programa permite el dimensionado de **hormigón reforzado**, y de secciones transversales de **acero, madera y plástico** (seleccionando la opción **"Controlar sección transversal"**).

Cuando analizamos la sección transversal es posible introducir el **coeficiente de reducción de la capacidad portante**, el cual multiplica los valores de las fuerzas internas.

Para el dimensionamiento de **secciones transversales de acero**, es posible suponer **influencia de la fuerza normal** de estas formas:

- **Fuerzas normales - no se consideran:** el programa no considera la influencia de la fuerza normal.
- **Fuerzas normales - entrada:** valor de la fuerza normal definida por el usuario N [kN/m, lbf/ft]



Cuadro "Dimensionado"

Estabilidad

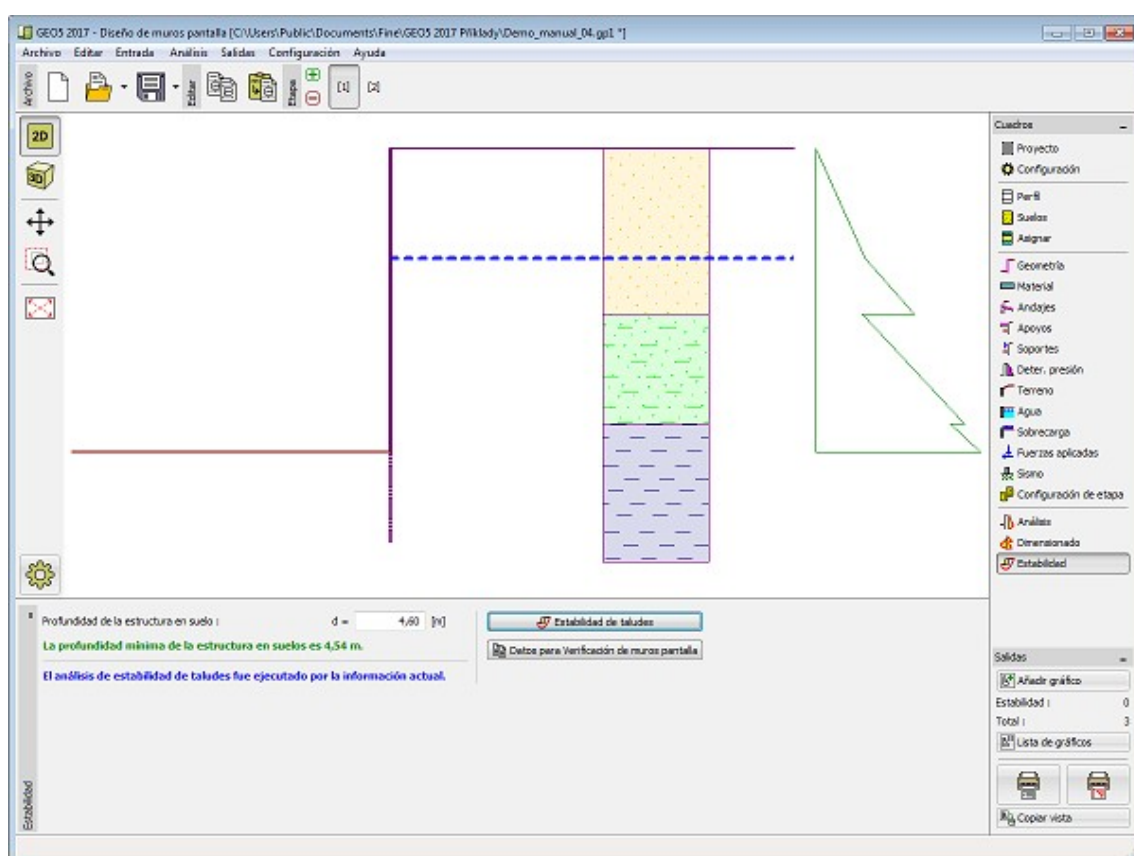
El cuadro de "**Estabilidad**" sirve para exportar el muro diseñado a otros programas - "Estabilidad de Taludes" (verificación de la estabilidad global) y "**Verificación de muros pantalla**" (cálculo de deformaciones y modelado del comportamiento real de la estructura, evaluación de anclajes y sistema de anclaje) .

En el cuadro se introduce la **Profundidad de la estructura en suelo**, que es la misma para todas las etapas de construcción. Para muros anclados se debe especificar la "**fuerza de anclaje**" correspondiente.

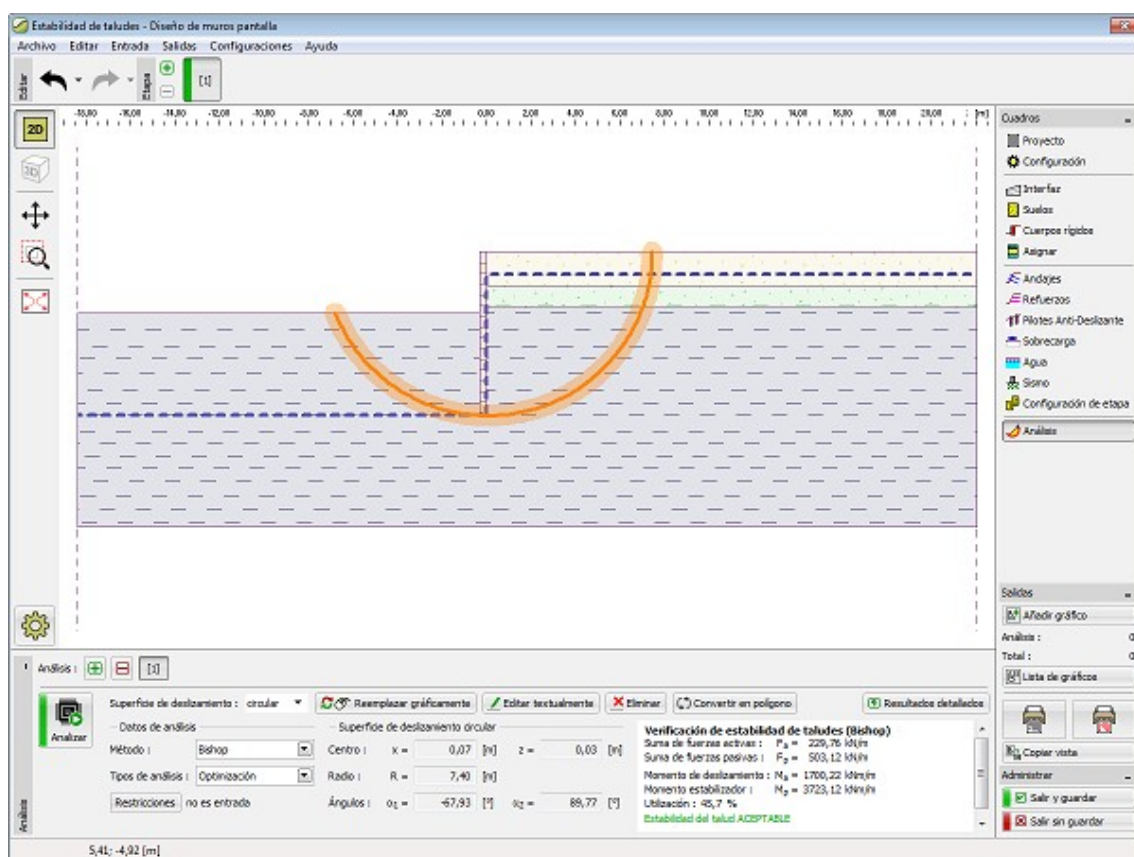
El programa muestra la **profundidad mínima o recomendada de la estructura en el suelo** - la profundidad basada en los resultados de todos los análisis de todas las etapas de construcción. Si la profundidad ingresada es mayor que la profundidad necesaria calculada, la información se muestra en verde, de lo contrario en rojo.

El botón "**Estabilidad de taludes**" ejecuta el programa "**Estabilidad de taludes**" y se transfieren todos los datos necesarios. El programa permite comprobar la estabilidad general de la estructura. El botón sólo está disponible si el programa "**Estabilidad de taludes**" está instalado. Después de realizar los cálculos y salir con el botón "**OK**", los resultados se transfieren al programa "**Diseño de muros pantalla**".

Al pulsar el botón "**Datos para verificación de muros pantalla**" se copian todos los datos en el portapapeles. Estos datos se pueden pegar en el programa "**Verificación de muros pantalla**" como una nueva tarea.



Cuadro "Estabilidad"



Programa "Estabilidad de taludes"

Programa Verificación de Muros Pantalla

Este programa se utiliza para analizar excavaciones profundas y estructuras de contención por el método de análisis no lineal elástico-plástico es decir, la magnitud de las presiones que actúan sobre una estructura depende de su deformación. Éste, modela el comportamiento real de la estructura durante el proceso de construcción y determinantes fuerzas internas y deformaciones.

El diseño preliminar de las dimensiones de la pared, las fuerzas internas y las cargas de anclaje puede llevarse a cabo por el programa de "Diseño de muros pantalla".

La ayuda en el programa "Verificación de Muros Pantalla" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Perfil	Módulo de Kh	Prueba presiométrica (PMT)	Prueba Dialométrica (DMT)	Suelos
Geometría	Material	Determinación de presión	Asignar	Excavación	Terreno	Agua
Sobrecarga	Fuerzas aplicadas	Anclajes	Apoyos	Soportes	Sismo	Configuración de etapas

Análisis Estabilidad Interna Estabilidad Externa Fallo por tirón Dimensionado o Verificación de anclajes

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa **"Verificación de Muros Pantalla"**:

Tensión en el cuerpo del suelo	Presiones de tierra	Verificación de muros	Dimensionado de estructuras de hormigón	Dimensionado de sección transversal de Acero
--------------------------------	---------------------	-----------------------	---	--
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro **"Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "**lista de configuración**".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

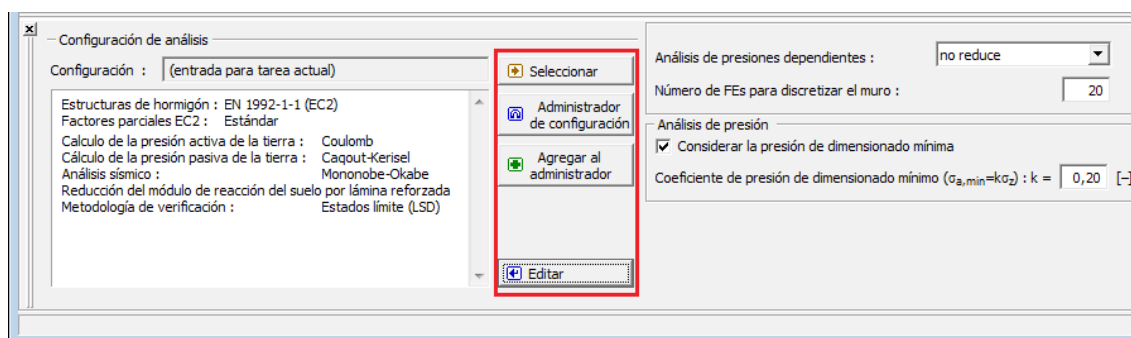
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Presiones de tierra**".

Cuando se lleva a cabo el análisis de según la norma **EN 1997** o según la teoría de los **estados límite**, el programa permite configurar si se desea reducir los parámetros de suelo para el cálculo de las presiones límite. Al modelar un comportamiento real de la estructura se recomienda no reducir estas presiones.

El marco permite al usuario especificar la subdivisión de una pared en elementos finitos (por defecto el número de elementos es igual a 40) y especificar si la estructura está cargada por la **presión mínima de dimensionamiento**.



Cuadro "Configuración"

Perfil

El cuadro "**Perfil**" contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

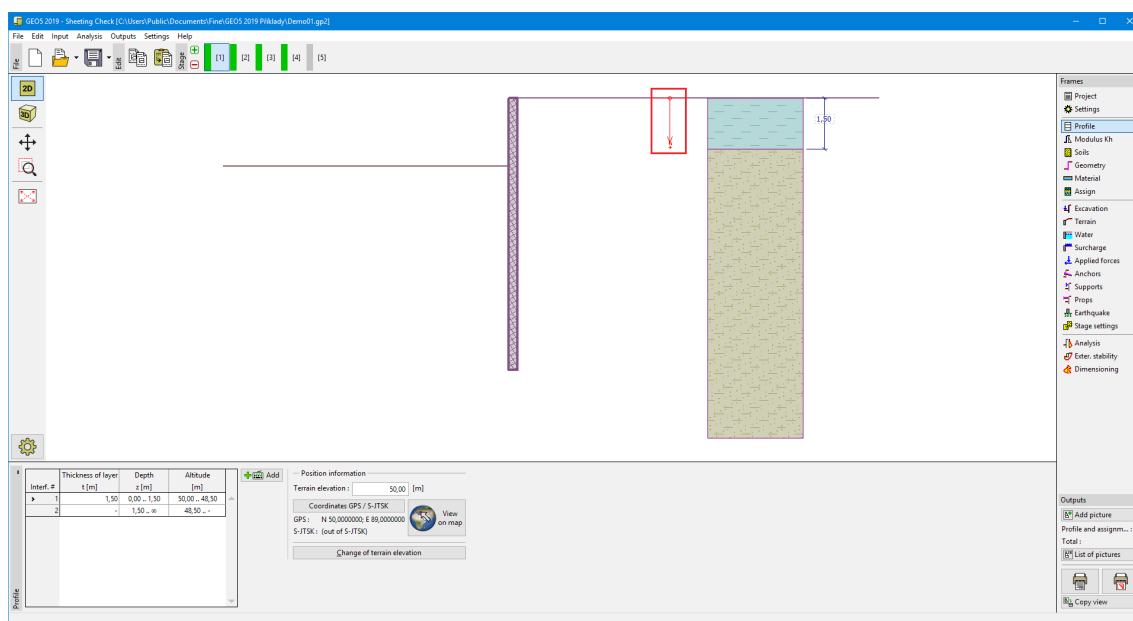
Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor

de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "Ver en el mapa" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "Cambiar la elevación del terreno" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "Terreno" y "Estratigrafía"



Cuadro "Perfil"

Módulo de reacción del suelo

Este cuadro sirve para especificar el tipo de análisis para el cálculo del **módulo de reacción del suelo**, parámetro de entrada importante cuando analizamos una **estructura pantalla** utilizando el **método de presión dependiente**.

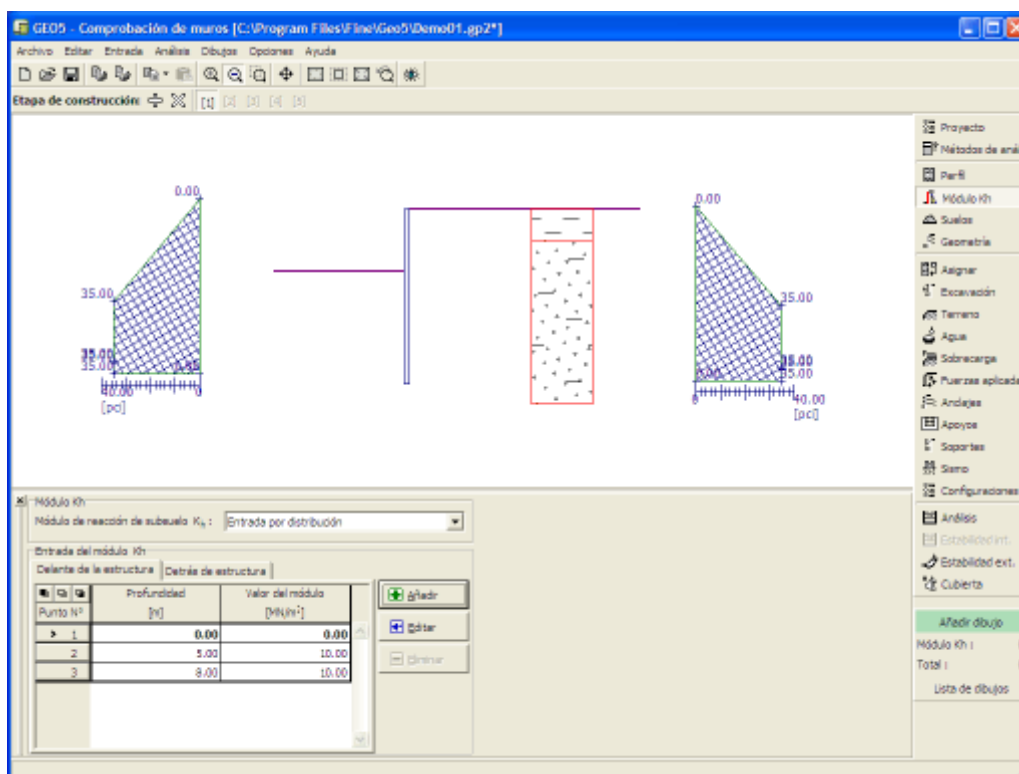
La forma de calcular el **módulo de reacción del suelo** k_h es seleccionado en el cuadro "Configuración" (en el cuadro de diálogo "Editar configuración actual" solapa "Análisis de presión").

El cuadro puede tomar diferentes formas dependiendo del método de cálculo seleccionado:

- **Estándar** (opción "Analizar - Schmitt", "Analizar - Chadeisson", "repetición manual" o "repetición automática")
- **Entrada** (seleccionando la opción "Entrada por la distribución" se abre una table en el cuadro que permite **introducir** los valores del módulo de reacción del subsuelo k_h tanto delante como detrás de la estructura. Para la opción "Entrada como parámetro del

suelo", el k_h módulo se especifica en el marco de los "suelos", donde el módulo de reacción del subsuelo se considera ya sea **lineal, no lineal-curva**)

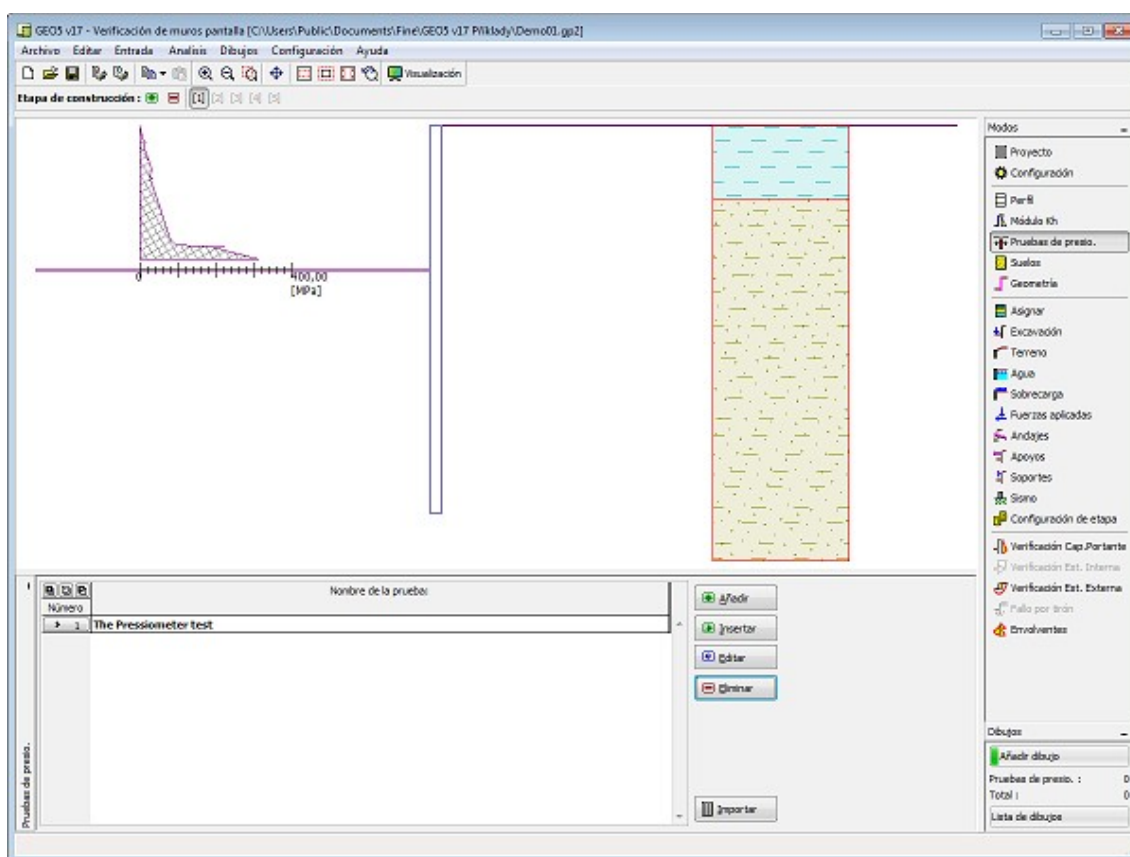
- **PMT presiometrico** (módulo de reacción subsuelo k_h se ingresa, ya sea mediante la **prueba de presión**, o como un parámetro de suelo en el cuadro "Suelos", donde el método de cálculo se especifica - según cn **NF P 94-282** o **Menard**)
- **Estándares chinos** (por método de "m" se define el **desplazamiento horizontal** en la zanja inferior v_b [mm] y la magnitud del módulo A [MN/m³], o se **ingresa** como un parámetro del **suelo** - método de "c", método "k" o "m ")



Cuadro "Módulos de k_h "

Prueba Presiométrica (PMT)

El cuadro "PMT" contiene una **tabla** con la lista de los valores de entrada de las **pruebas presiométricas (PMT)**.



Cuadro "PMT"

Los resultados de las pruebas presiométricas (PMT) se pueden **importar** al programa insertando el archivo en diferentes formatos (por ejemplo, * **.TXT**, * **.CSV**, * **.XLSX**, * **.ODS**).

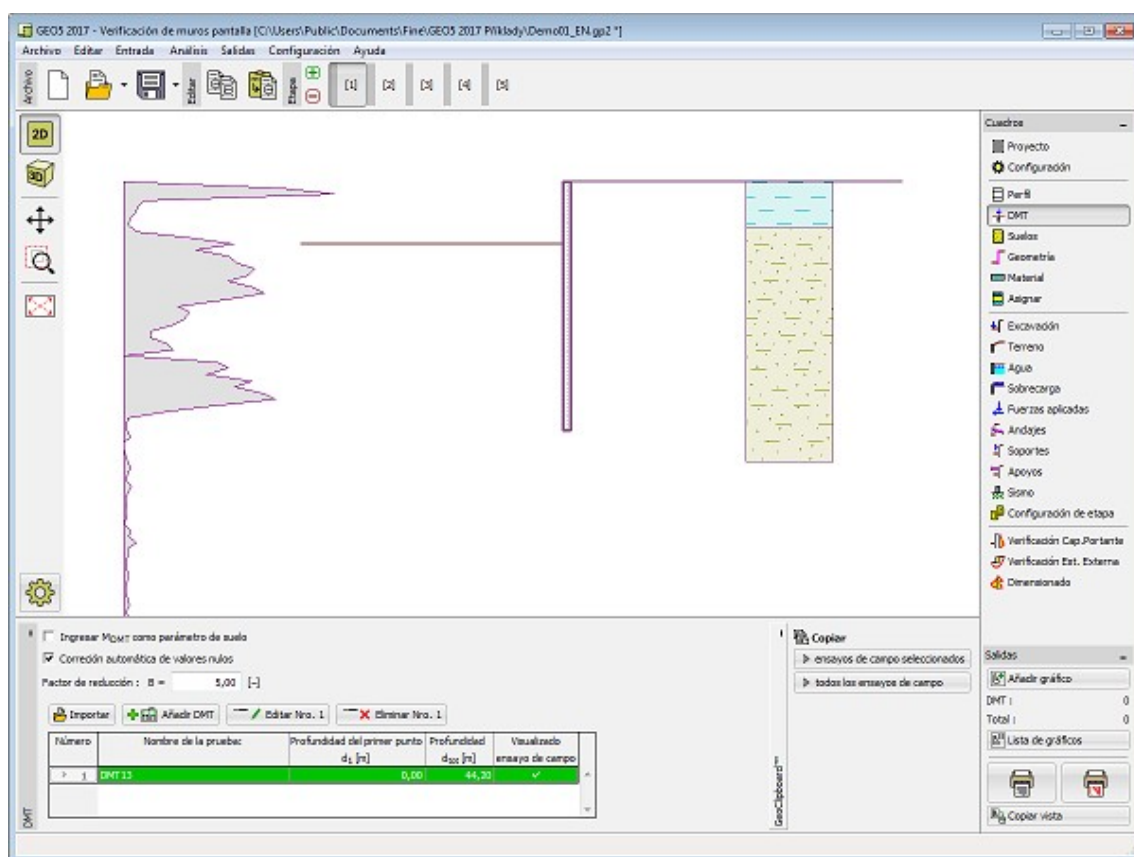
Los datos de PMT se pueden copiar dentro de los programas "**Micropilote**", "**Verificación de Muros Pantalla**", "**Pilote Antideslizante**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

Nota: El cuadro es accesible solo en el caso, de que se haya seleccionado la opción "**Pesimétrico PMT**" para la determinación del **módulo de reacción del subsuelo** en el cuadro "**Configuración**" (la solapa "**Análisis de presión**").

Prueba Dilatometrica (DMT)

El cuadro "**DMT**" sirve para introducir el **módulo de suelo restringido** dentro del programa - ya sea como parámetro de **suelo** (seleccionando la opción "Entrada M_{DMT} como parámetro de suelo") o importando la **prueba dilatométrica (DMT)**.

Este cuadro contiene una **tabla** con la lista de valores ingresados de la **prueba dialométrica (DMT)**



Cuadro "Prueba Dilatometrica (DMT)"

Si durante la evaluación de la **prueba dilatómétrica** se mide el valor cero del **módulo del suelo limitado** M_{DMT} , luego, el programa permite la corrección automática de errores de medición - en lugar del valor cero se considera la media aritmética del próxima valor distinto de cero superior e inferior de M_{DMT} del cálculo.

También es necesario ingresar el **coeficiente de reducción** B .

Los resultados obtenidos de las **pruebas dilatómétricas**, pueden ser importados dentro del programa insertando el archivo en formato **UNI (*.uni)**.

Los datos de los DMT se pueden copiar dentro de los programas **"Zapata"**, **"Verificación de Muros pantalla"**, **"Pilote Anti-Deslizante"** y **"Estratigrafía"** utilizando **"GeoClipboard"**.

Nota: El cuadro es accesible sólo cuando en el cuadro **"Configuración"** se selecciona la opción **"DMT dilatómetro"** (en la solapa **"Análisis de presión"**) para el cálculo del **módulo de reacción del subsuelo**.

Suelos

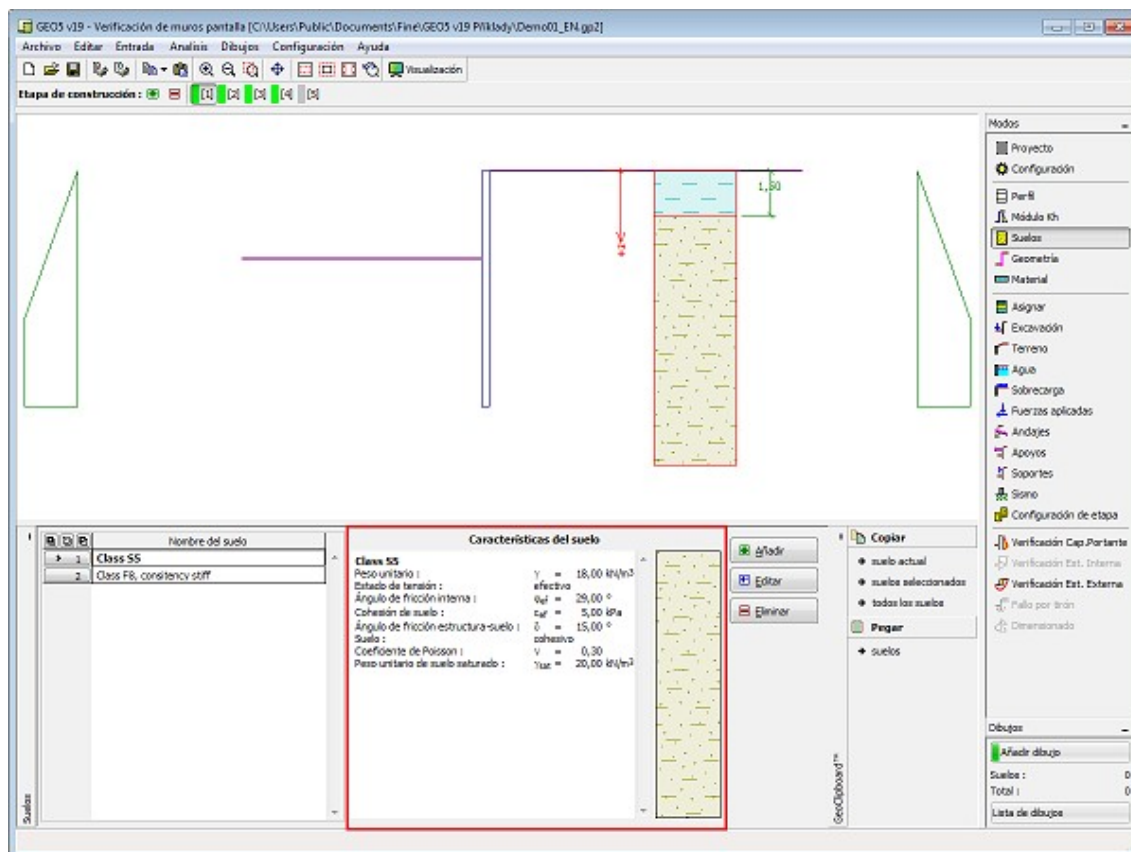
El **cuadro "Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: "Datos básicos", "Presión de la tierra en reposo", "Aumento de Presión" y "Módulo de reacción del suelo"

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo.

Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la **tensión total** se necesita especificar la **adhesión del suelo a la cara de la estructura** α . La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "**Presión de tierras**".

Añadir suelos

Identificación
Nombre :
Limo Gravoso (MG), consistencia blanda

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Estado de tensión :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Presión en reposo

Suelo :

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Análisis del módulo de reacción de suelos

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Análisis de asentamiento :

Módulo de deformación : $E_{def} =$ [MPa] 5-10

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama

Clasificación

Cuadro "Añadir nuevos suelos"- "Datos Básicos"

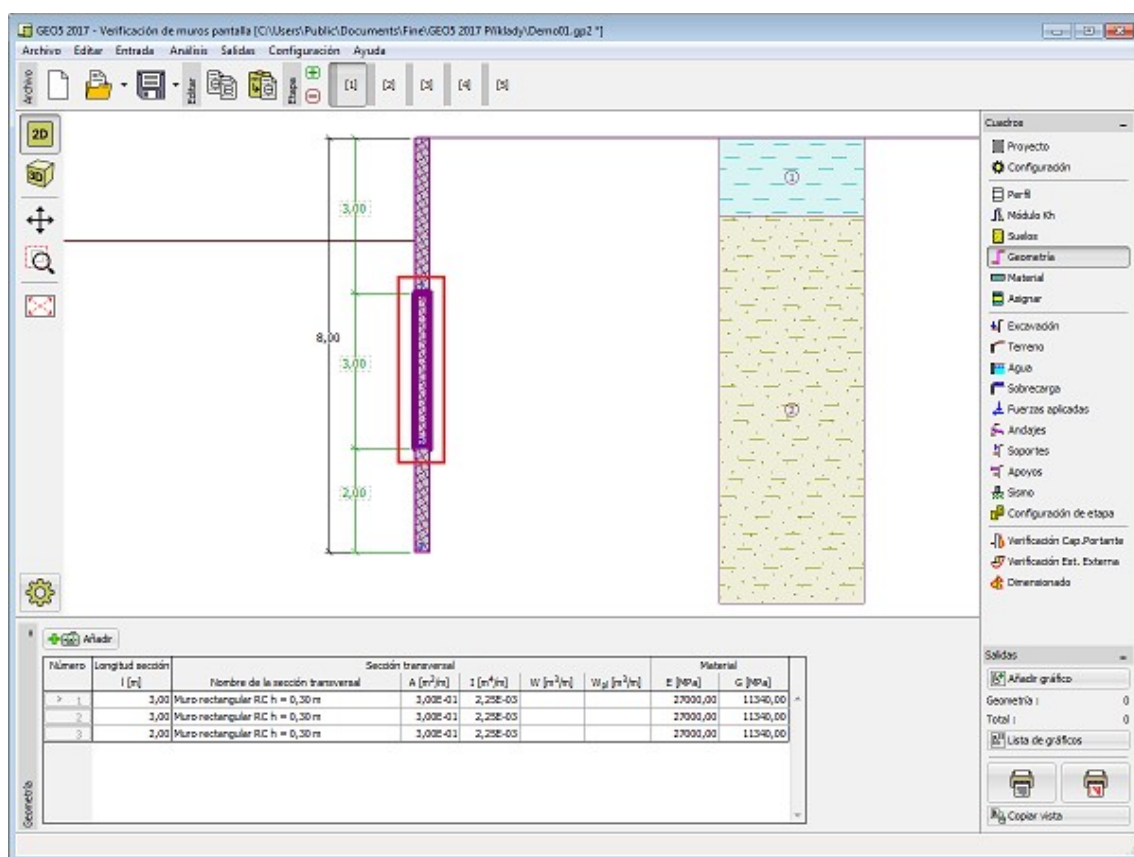
Geometría

El **cuadro "Geometría"** contiene una **tabla** con un listado de las secciones estructurales que forman el **muro revestido**. Para cada sección, la tabla guarda características sobre secciones transversales (A : Área; I : Momento de inercia - estas variables se expresan siempre con respecto a I_m corrido de la longitud de la estructura) y sobre las características de materiales (E : Módulo de elasticidad; G : Módulo de corte)

Para **añadir** secciones se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sección"**.

Una sección puede ser editada en el escritorio con la ayuda de **objetos activos** - haciendo doble click en la sección se abre un cuadro de diálogo con los datos correspondientes a la sección dada.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

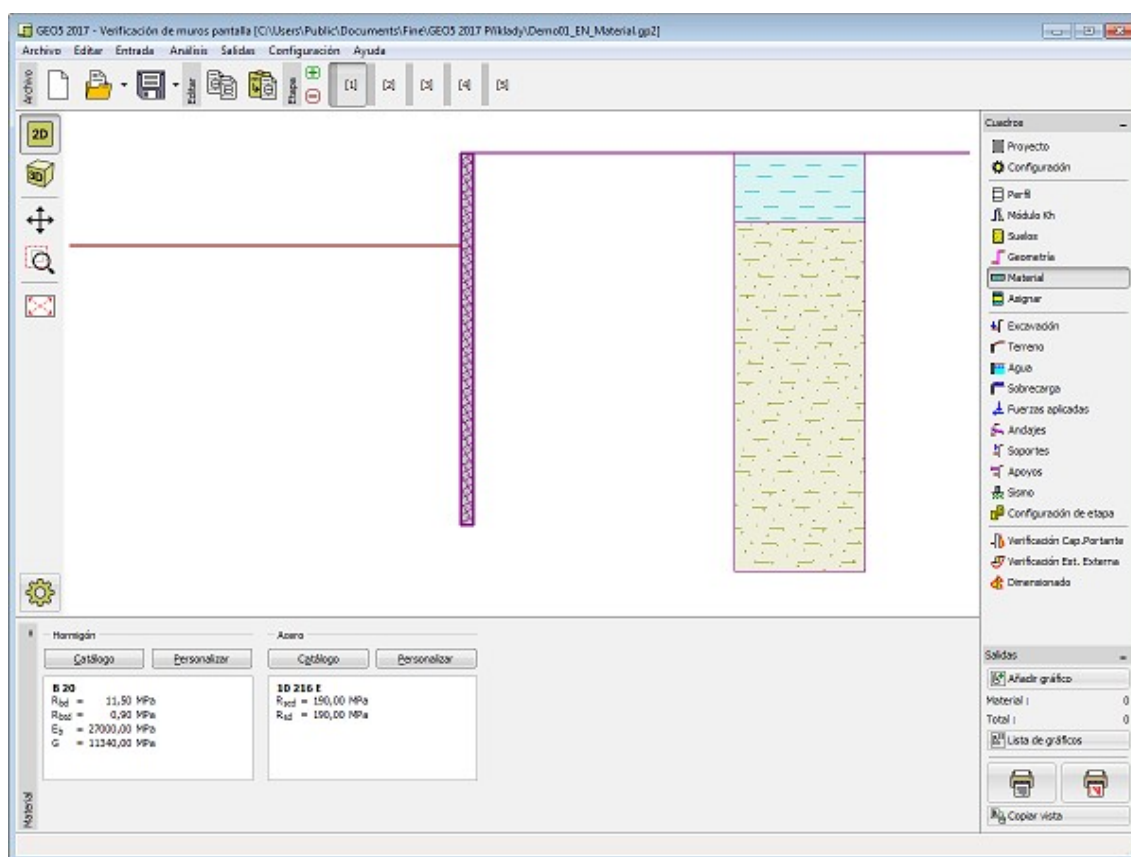
Material

El cuadro **"Material"** permite introducir los parámetros de material. La apariencia del cuadro varía según el material seleccionado (**hormigón, acero, madera, plástico**) en el cuadro **"Geometría"**.

Hay dos opciones disponibles al seleccionar el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre el cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** que permite seleccionar el material requerido.
- El botón **"definido por el usuario"** abre el cuadro de diálogo **"Editor de material"** que permite a la entrada manualmente específica de los parámetros de material.

El contenido de los catálogos dependen de la selección de estándares relevantes para el dimensionado de **hormigón, acero, madera**, o estructuras **plásticas** configuradas en la solapa **"Materiales y estándares"**.



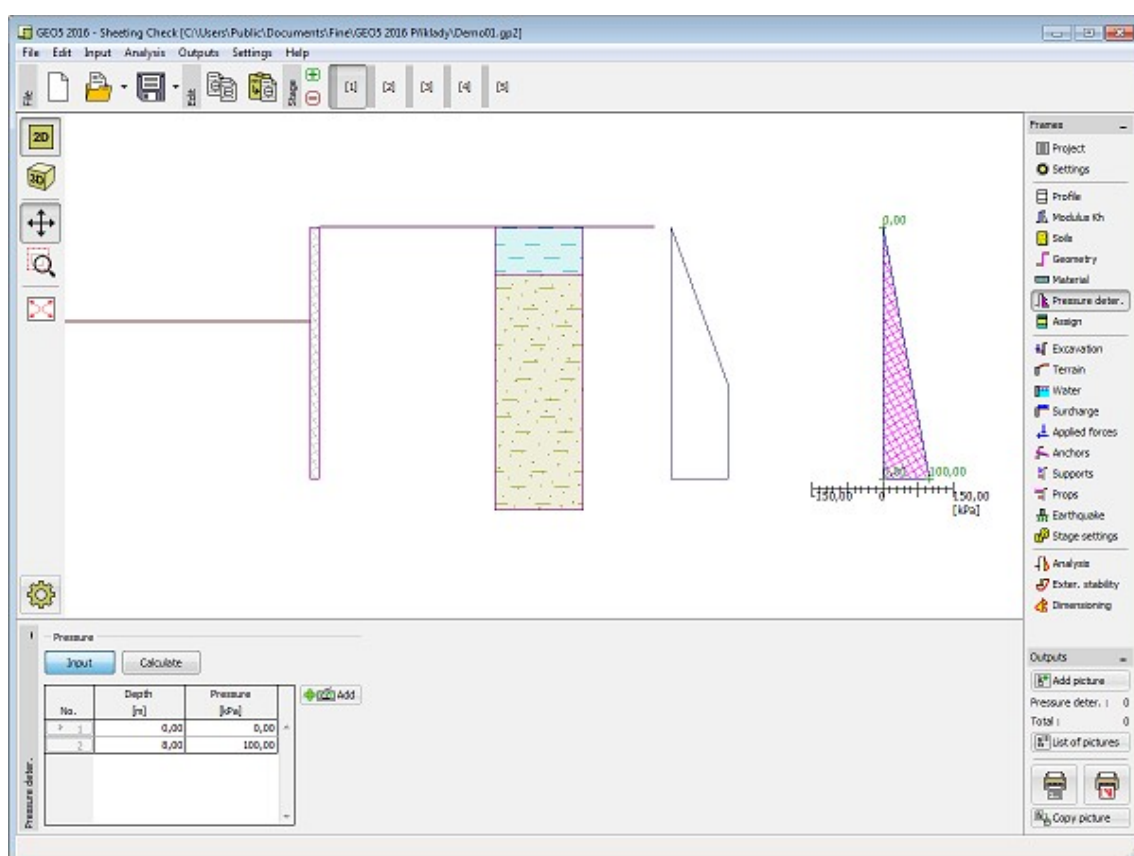
Cuadro "Material"

Determinación de Presión

El cuadro **"Determinación de presión"** permite introducir los valores de la presión de tierra detrás de la **estructura pantalla** de forma manual (pulsando el botón **"Entrada"**). El cuadro es accesible sólo cuando en el cuadro **"Configuración"** se selecciona una opción **"JGJ 120-2.012"** (la solapa **"Excavación"**).

Este cuadro contiene una **tabla** con la lista de los valores introducidos de **presión de tierra**. Para **Añadir** estos valores se realiza en el cuadro **"Nuevo punto"**, donde se especifica la profundidad del punto [*m*] y el valor de la presión de la tierra [*kPa*].

Es posible calcular los valores de la **presión activa de la tierra**, o de la **presión de tierras en reposo** de forma automática (pulsando el botón **"Calcular"**).

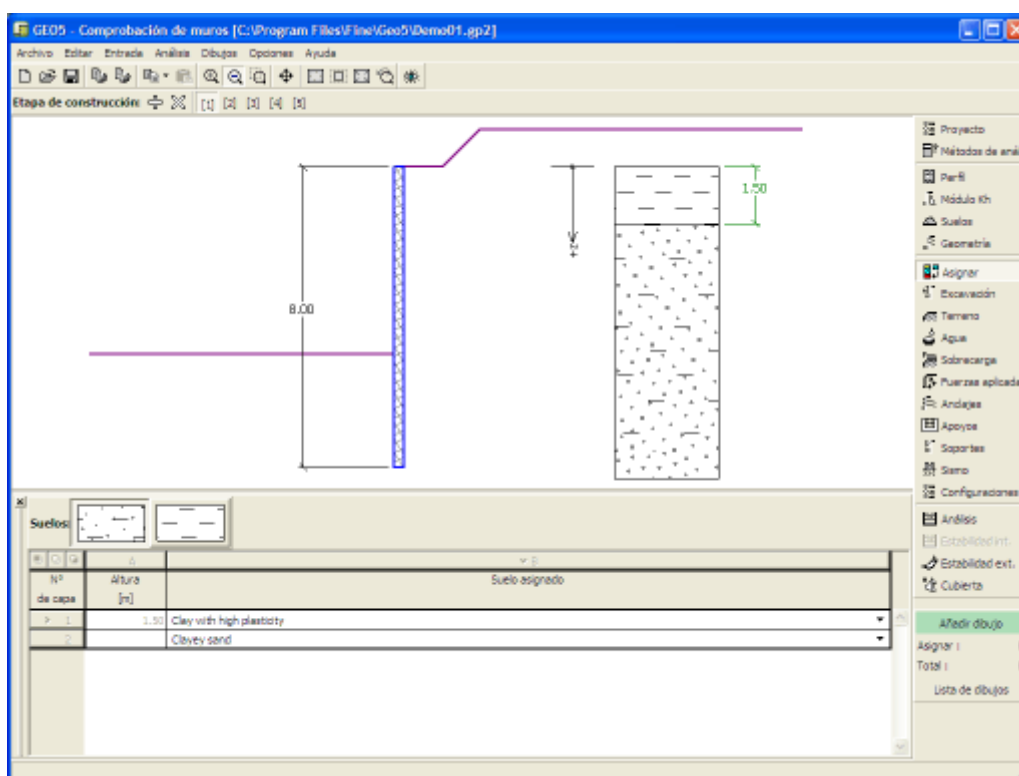


Cuadro "Determinación de presión"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



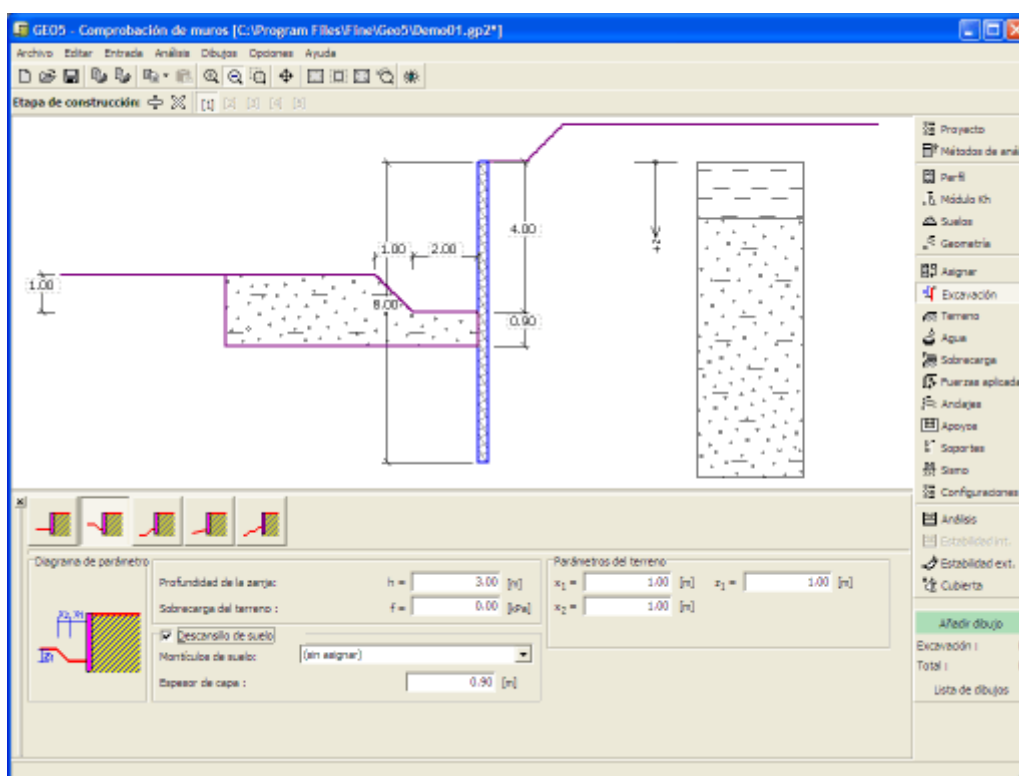
Cuadro "Asignar"

Excavación

El cuadro **"Excavación"** sirve para ingresar la profundidad de la zanja en construcción h [m] y los botones permiten seleccionar la forma de la base de la zanja delante de la **estructura pantalla**. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. Las dimensiones de la estructura pueden ser editadas ya sea en el cuadro ingresando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El cuadro también permite especificar **sobrecargas** que actúan en la base de la zanja o el espesor de la capa de tierra formada por nuevo suelo debajo de la zanja base. (el suelo puede ser seleccionado desde el listado que contiene los suelos ingresados en la opción "**Suelos**"). Al ingresar el descansillo del suelo con **contención apuntalada** se asume que hay una estructura revestida ubicada en el terreno, es decir, todas las presiones actúan en todo el ancho de la estructura por encima de la construcción de la base de la estructura.

En este cuadro es posible la entrada del **fortalecimiento del suelo** en el talón de la estructura pantalla. El principio del cálculo se describe con más detalle en [este documento](#).



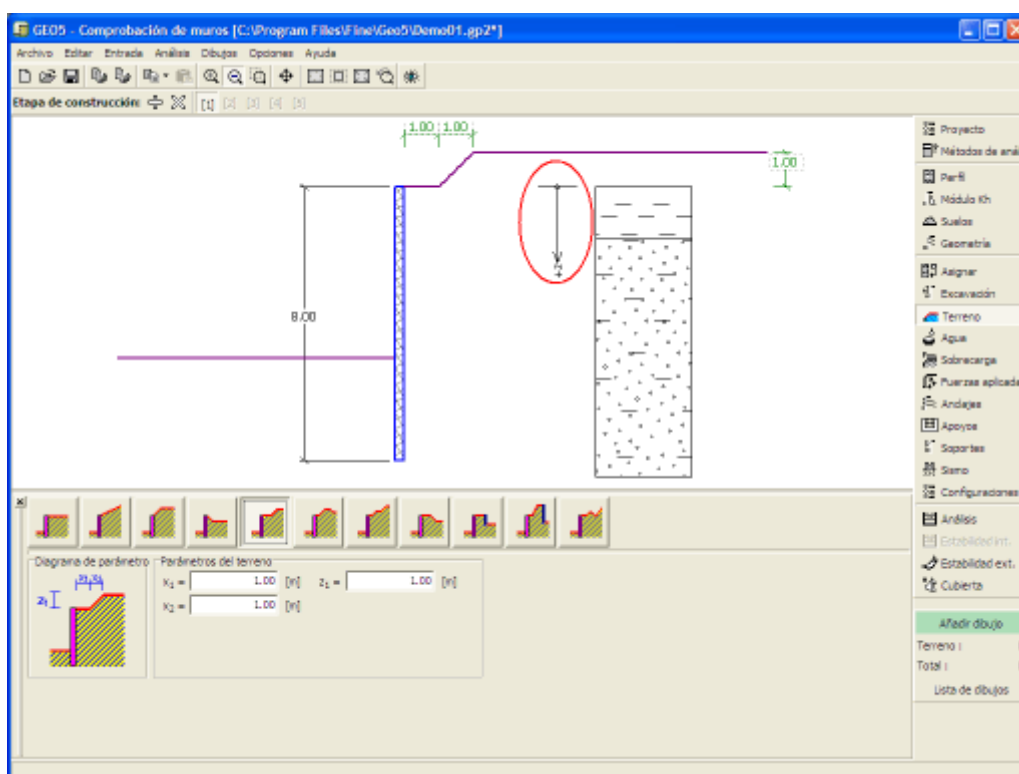
Cuadro "Excavación"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda **"Distribución de presión de tierras en terreno quebrado"**.



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

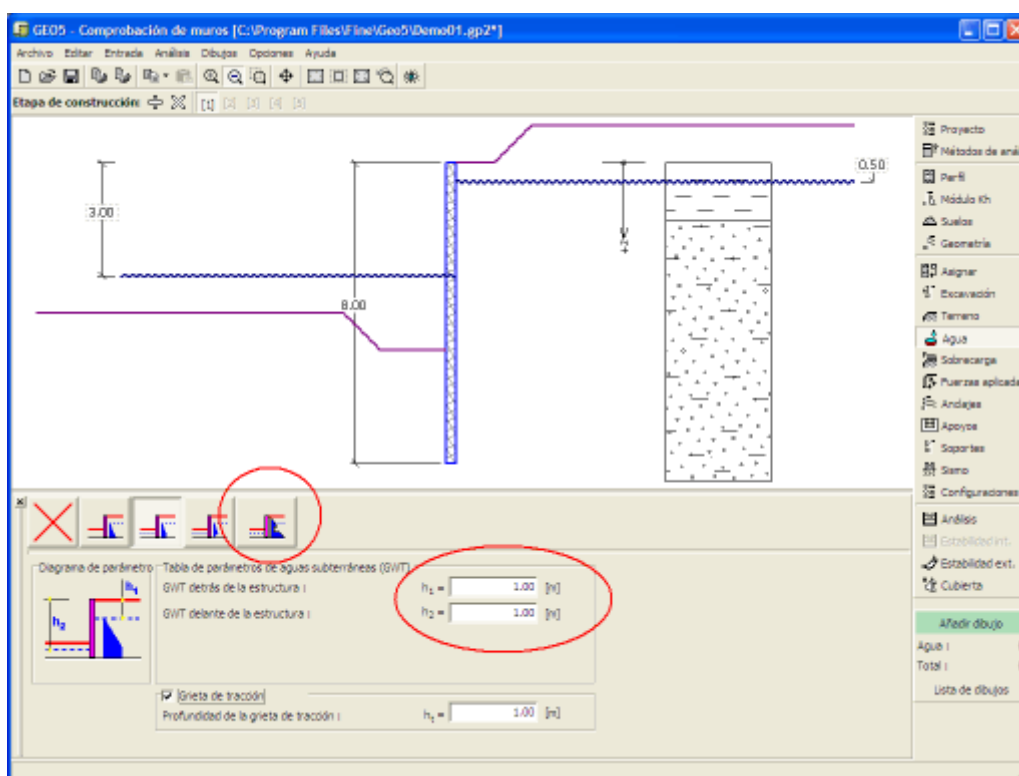
El cuadro "Agua" permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("Diagrama de Parámetros") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas "Delante de la estructura" y "Detrás de la estructura" aparecen en la tabla. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad "z" (eje-z).

El nivel freático (NF) también puede ser especificado por encima de la estructura o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica de la ayuda, capítulo "Influencia del agua".

El programa además permite especificar la profundidad de grietas de tracción h_t rellenas de agua.



Cuadro "Agua"

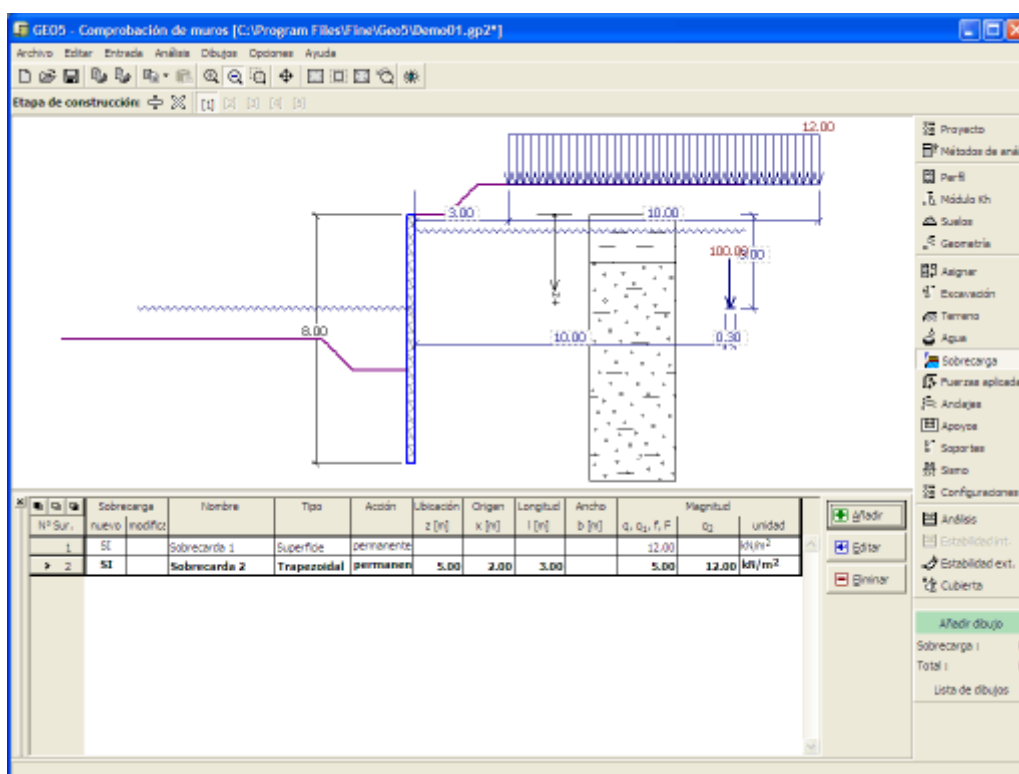
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En cualquier caso si una sobrecarga está fuera del terreno, el programa muestra un mensaje de error antes de realizar el cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



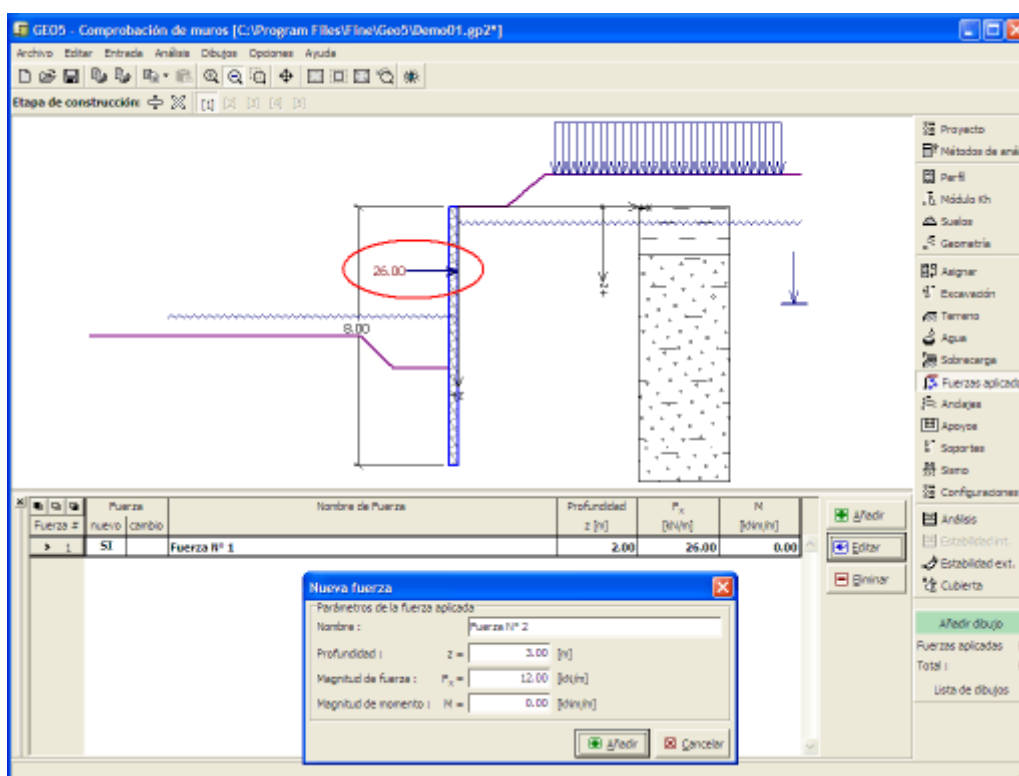
Cuadro "Sobrecarga"

Fuerzas aplicadas

El cuadro "**Fuerzas aplicadas**" contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Anclaje

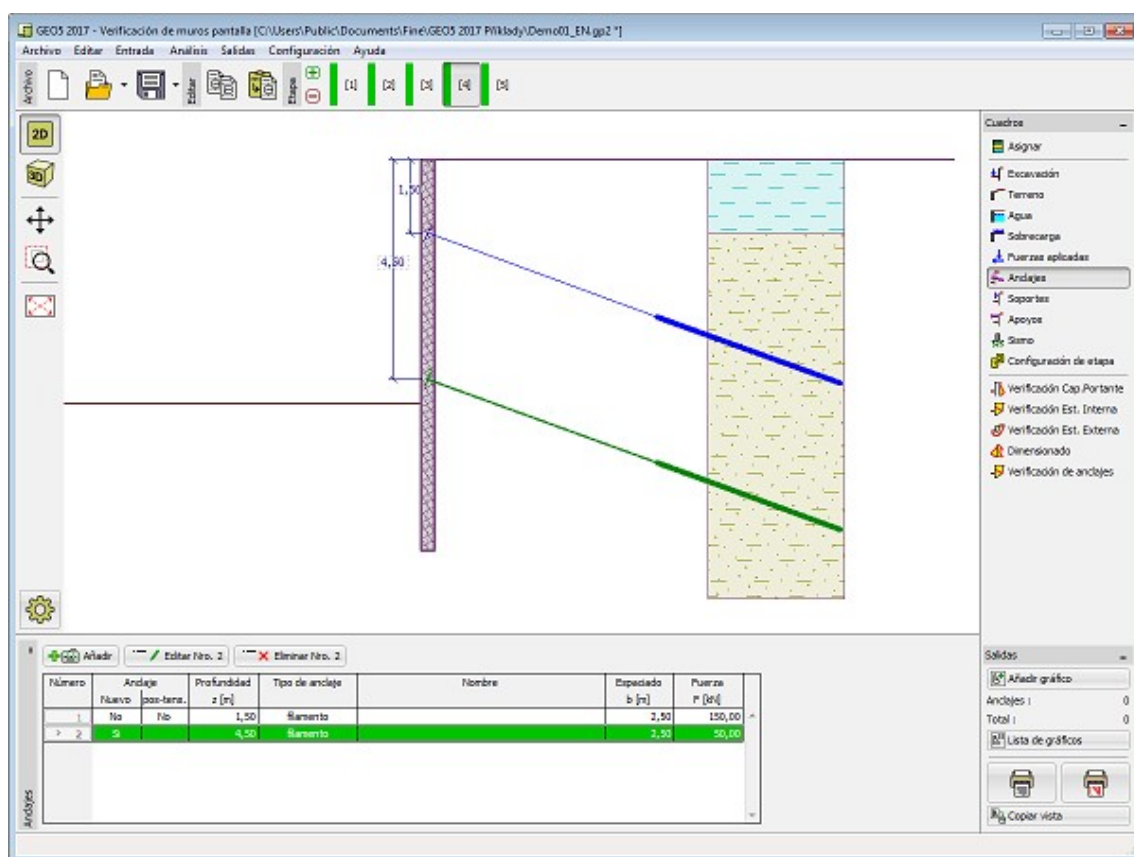
El cuadro "Anclaje" contiene una tabla con un listado de los anclajes introducidos. Para añadir anclajes se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo anclaje". Los anclajes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de los objetos activos.

El anclaje se ingresa automáticamente en la **estructura deformada** (el desplazamiento se obtiene de la etapa de construcción anterior).

Los anclajes se pueden introducir como pretensados (no especificados, barras pretensadas, varillas) y no pretensados (helicoidales, barras no pretensadas, deadman). La **rigidez de las anclas pretensadas** se calcula en etapas de construcción posteriores.

La **rigidez del anclaje pretensado** se vuelve efectiva en la siguiente etapa de construcción. Debido a la deformación de la estructura luego resulta en un cambio de la fuerza normal del anclaje. las etapas posteriores el anclaje no podrá ser editado.

En las **siguientes etapas** el anclaje no se puede modificar, la única acción permitida es la **post-tensión** del anclaje.



Cuadro "Anclajes"

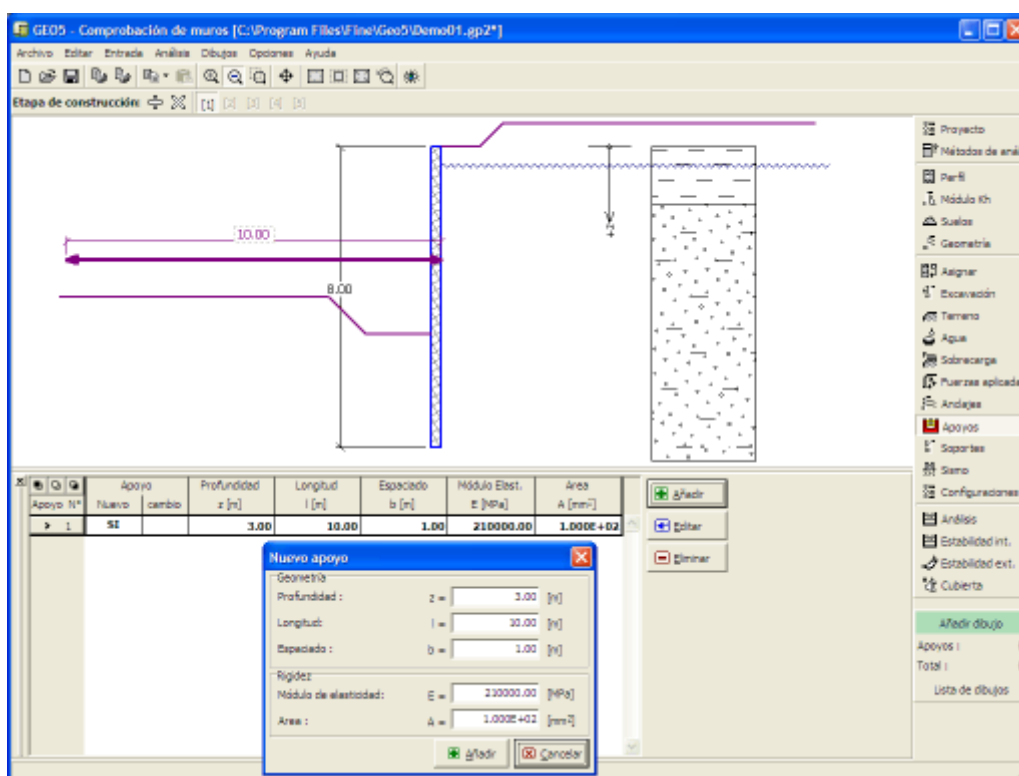
Apoyos

El cuadro **"Apoyos"** contiene una **tabla** con un listado de los apoyos introducidos. Para **añadir** apoyos se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo apoyo"**. Los anclajes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** y **objetos activos**.

Deberá ingresar la profundidad del apoyo, longitud, espaciado y las propiedades necesarias para determinar la rigidez del apoyo (área de la sección transversal y módulo de elasticidad)

El apoyo se introduce automáticamente en una **estructura deformada** (que se obtiene de la **etapa de construcción** anterior). En las etapas siguientes el apoyo no podrá ser editado. La única acción permitida es la modificación de la rigidez del apoyo. En el **análisis**, los apoyos son modelados de la misma manera que los **anclajes** pero con la fuerza inicial igual a cero.

Nota: El programa no controla la capacidad de carga del apoyo ni para la compresión, ni para el pandeo.

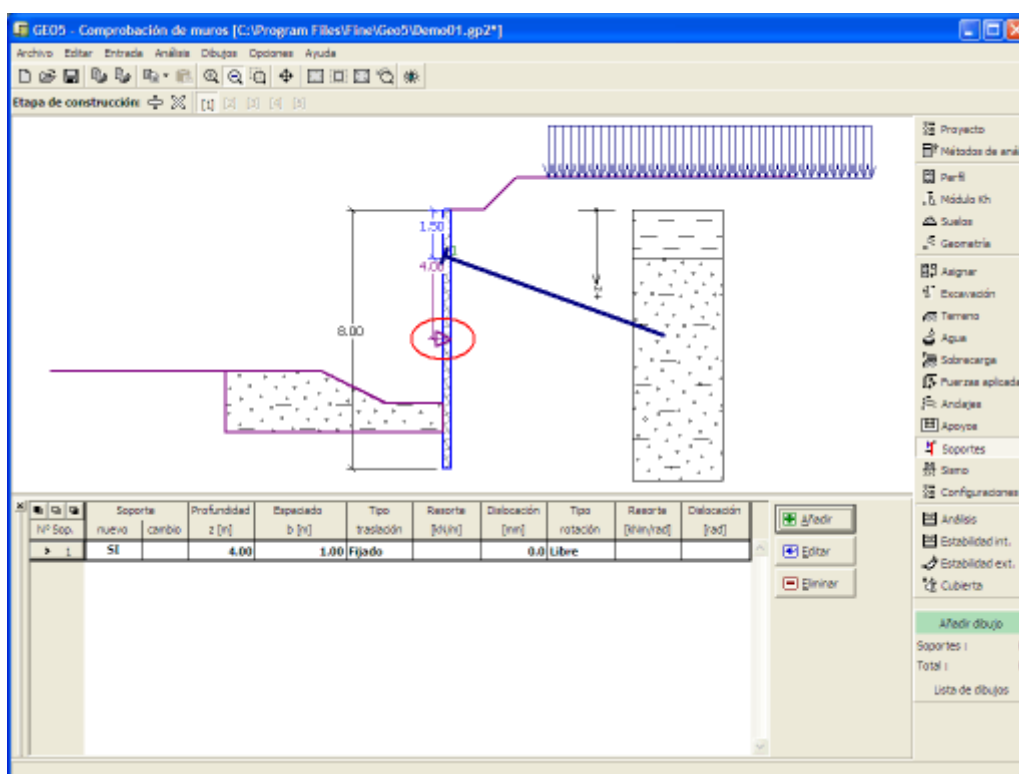


Cuadro "Apoyos"

Soportes

El cuadro **"Soportes"** contiene una **tabla** con un listado de los soportes introducidos. Para **añadir** soportes se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo soporte"**. Los soportes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** y de los **objetos activos**, respectivamente.

Deberá especificar su ubicación, el tipo de desplazamiento (libre, fijado, resorte, dislocación forzada) y rotación. El soporte se introduce automáticamente en una estructura deformada (que se obtiene de la **etapa de construcción** anterior). En las etapas siguientes el apoyo no podrá ser editado. La única acción permitida es la entrada del desplazamiento forzado de un soporte.



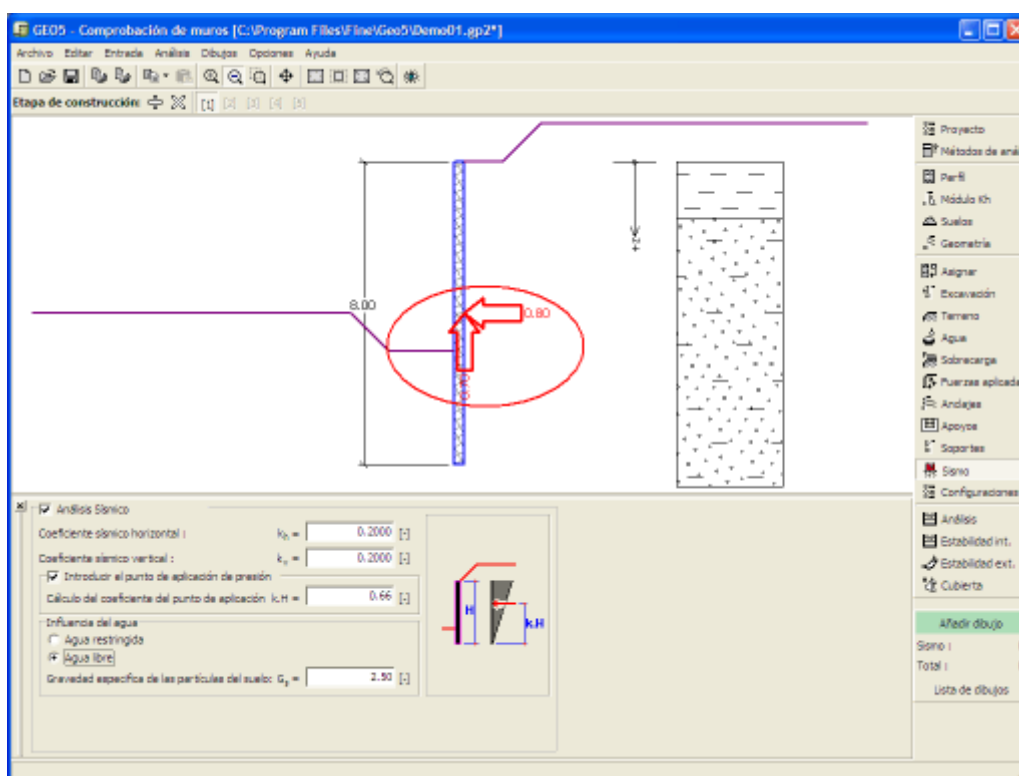
Cuadro "Soportes"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica de la ayuda, capítulo **"Influencia de sismo"**.



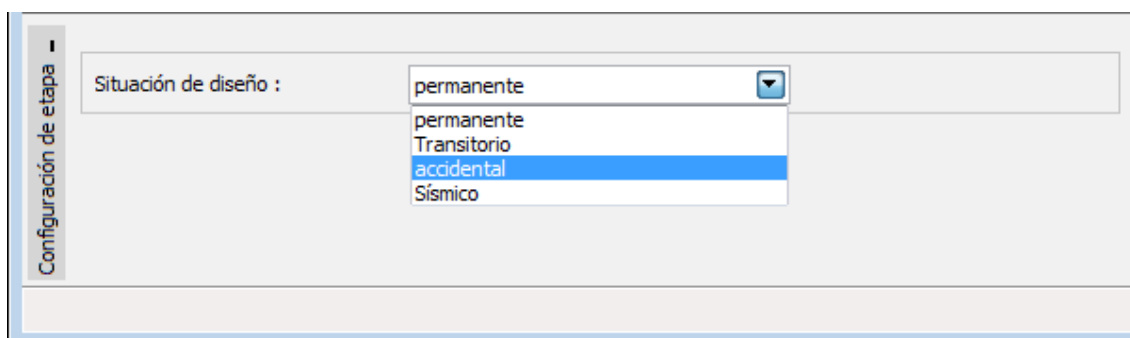
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

El cuadro "Análisis" muestra el resultado del análisis. Seleccionando esta opción automáticamente comienza a ejecutarse el análisis. El cuadro contiene cuatro botones para mostrar el resultado del análisis:

K_h + presiones

La variación de **módulo de reacción del subsuelo** se muestra en la parte izquierda del escritorio (por defecto color azul) Refiriéndose al **método de presión dependiente** algunos de los resortes (valores de los módulos de reacción de subsuelo) son eliminados del análisis (la rigidez del resorte se configura igual a cero).

El análisis **puede no converger** proporcionado la etapa crítica (límite) desarrollada por delante y por detrás de la estructura y no hay suficientes límites disponibles (anclaje, soportes). Si el programa continúa sin encontrar una solución, un mensaje de error aparece en la parte inferior del cuadro. En este caso llamar para **modificación por problemas de entrada**. Ej.: agregar anclaje, cambiar la profundidad de la excavación, mejorar los parámetros del suelo, etc. Algunas etapas de construcción muestran (por defecto línea de puntos amarilla) deformación al inicio de la movilización de la **presión en reposo de la tierra** - Información complementaria mostrando deformación plástica de la estructura.

La distribución de los límites de presión (por defecto línea de puntos verde) se muestra en la parte derecha del escritorio (**presión pasiva**, **presión en reposo** y **presión activa**). La presión actual que actúa sobre la estructura se representa con una línea azul sólida.

La estructura deforme (por defecto se representa con una línea roja sólida) y no deforme aparece en la parte derecha del escritorio. Se muestran también las fuerzas y desplazamientos desarrollados en los anclajes, soportes, y apoyos.

Fuerzas internas

La geometría de la estructura aparece en la parte izquierda del escritorio junto con las fuerzas que actúan en anclajes, reacciones y deformaciones de soportes y objetos. La distribución del momento de flexión y fuerzas de corte son representados luego en la parte derecha.

Desplazamiento + Presión

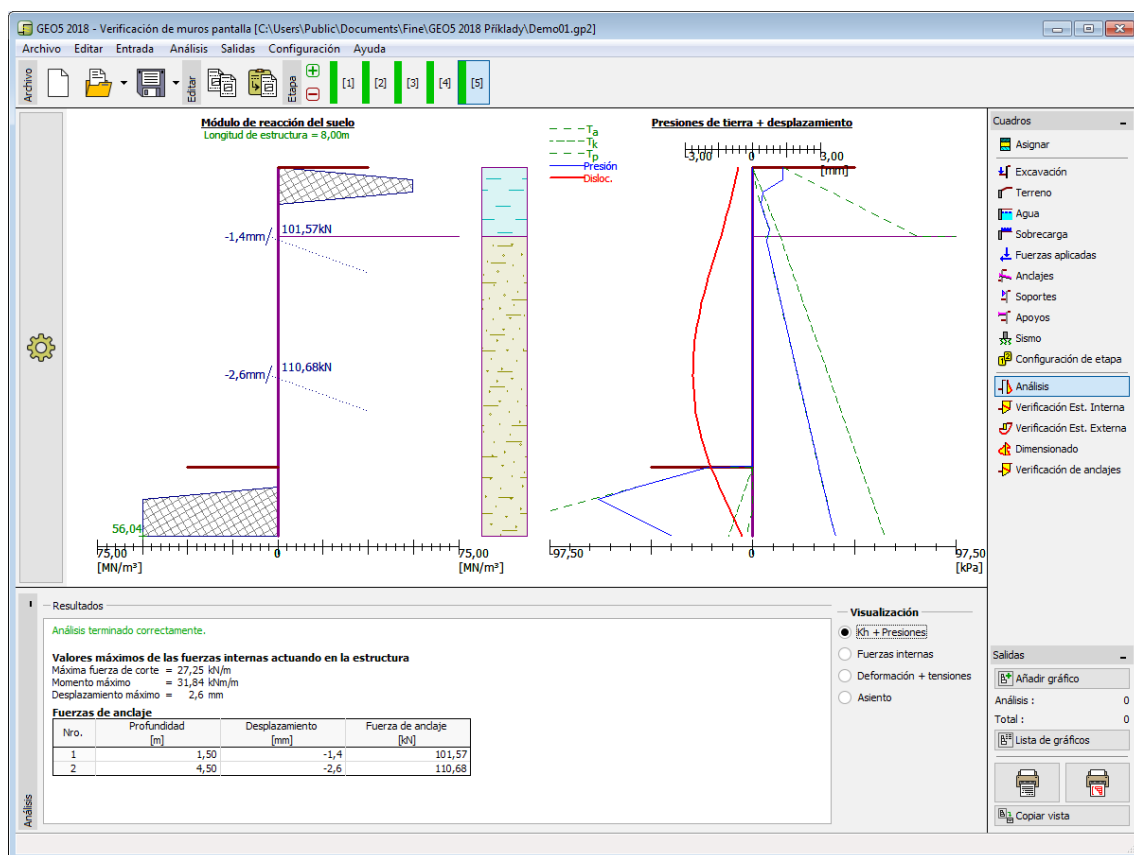
La geometría de la estructura aparece en la parte izquierda del escritorio junto con las fuerzas que actúan en anclajes, reacciones y deformaciones de soportes y objetos. La deformación de la estructura junto con la presión general actuando en la **estructura pantalla** se representa luego en el lado derecho.

Asentamiento de terreno

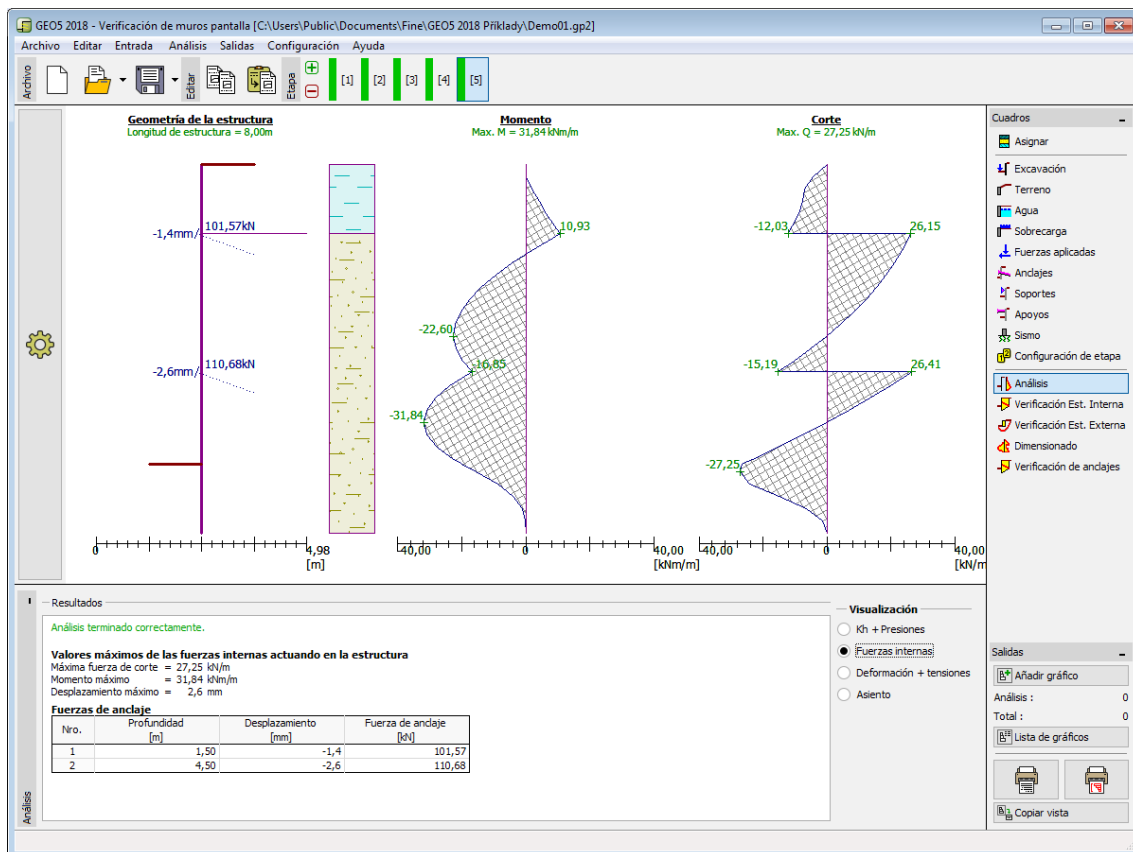
El trazado de una estructura se muestra en la parte izquierda del escritorio. El **asentamiento del terreno** está trazado a la derecha. El método para calcular el asentamiento del terreno se selecciona en el cuadro "**Configuraciones**" en la pestaña "**Análisis de presión**".

Proporcionado el módulo de reacción del suelo se puede ver, por iteración, que es necesario controlar el curso de la iteración en el cuadro de diálogo. Los detalles son proporcionados en la parte teórica bajo el título "**Módulos de reacción de suelo determinado por iteración**".

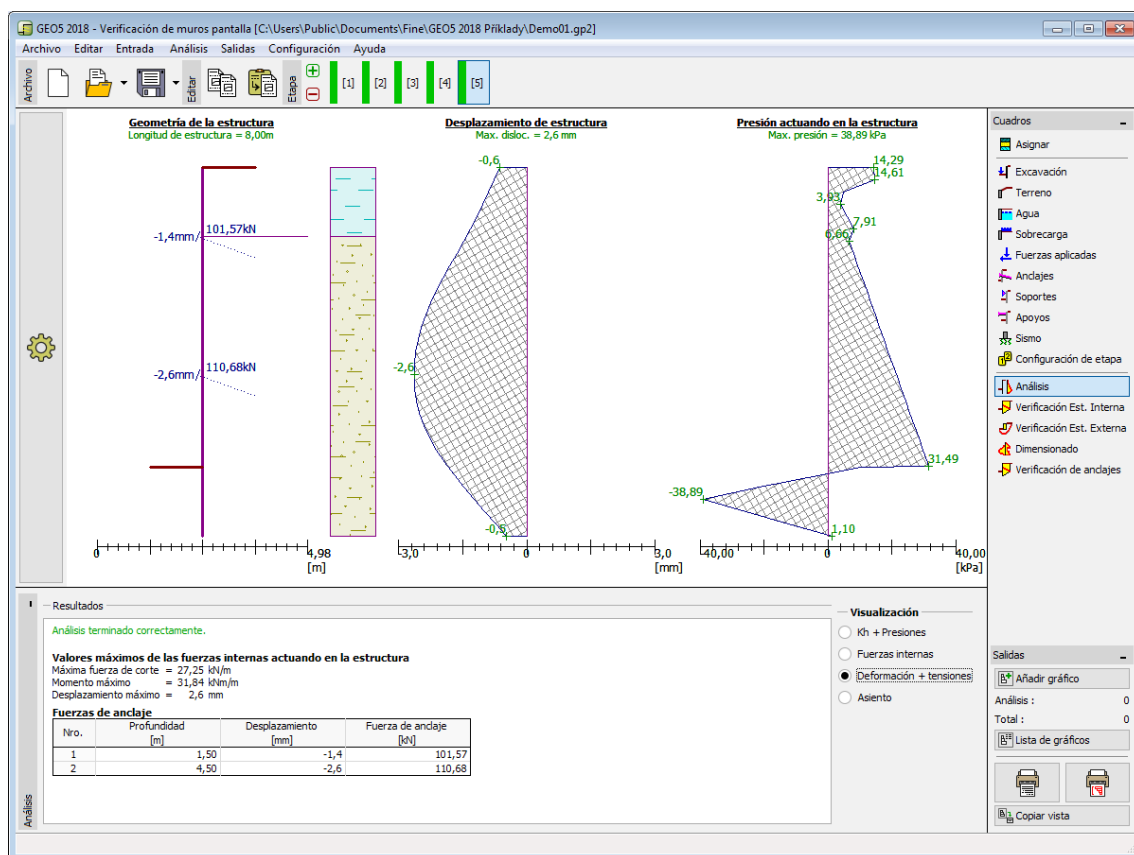
La visualización de los resultados puede ser ajustada en el cuadro "**Configuración de gráficos**"



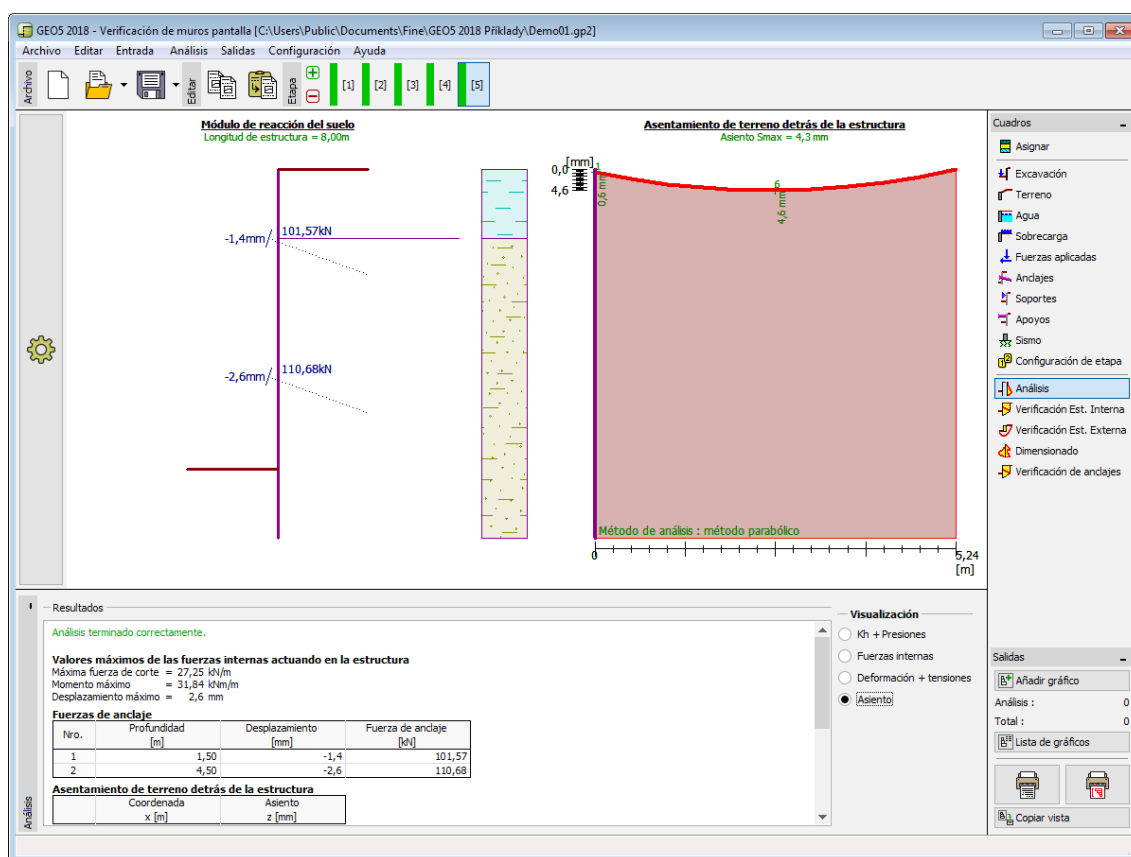
Cuadro "Análisis" - módulos de reacción del subsuelo, presión de tierras y deformaciones



Cuadro "Análisis" - momento de flexión y fuerza de corte



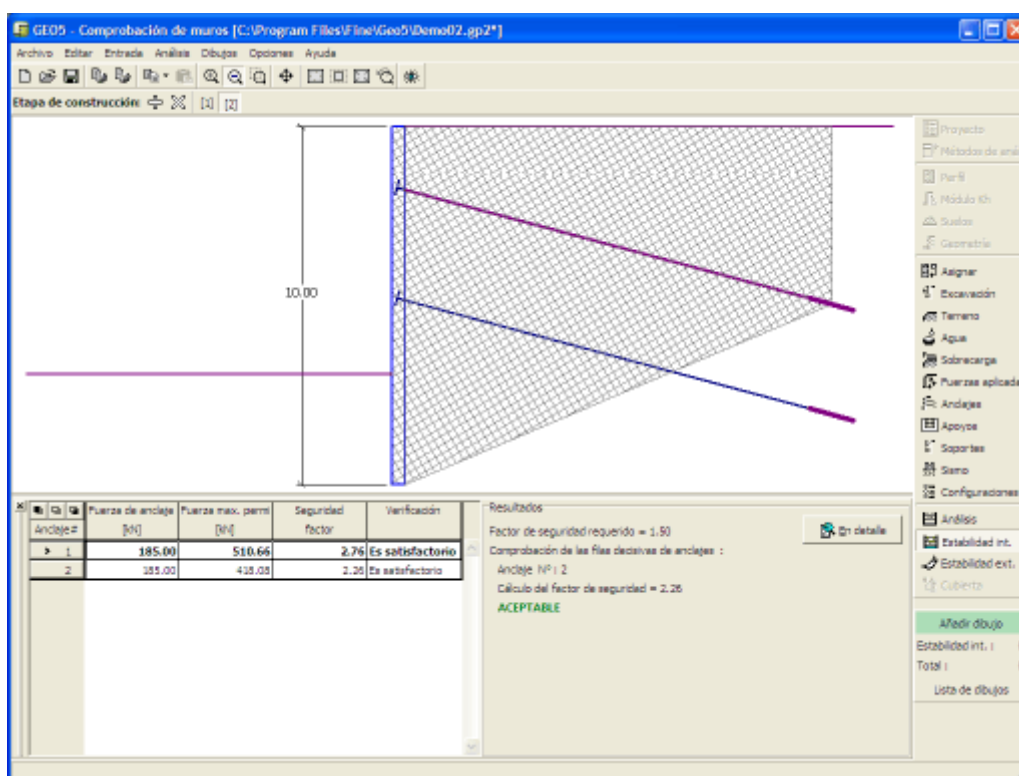
Cuadro "Análisis" - Desplazamiento y presión de la tierra actuando en la estructura



Cuadro "Análisis" - Asentamiento de terreno

Verificación de Estabilidad Interna

Este cuadro sirve para controlar la **estabilidad interna de los anclajes** - El cuadro es accesible solo en las **etapas** donde el anclaje fue introducido. Para cada fila de anclaje la **tabla** muestra **fuerzas de anclaje** ingresadas y la **máxima fuerza permitida** en cada uno. El control general para la fila más tensionada de anclas se muestra en la parte derecha del cuadro.

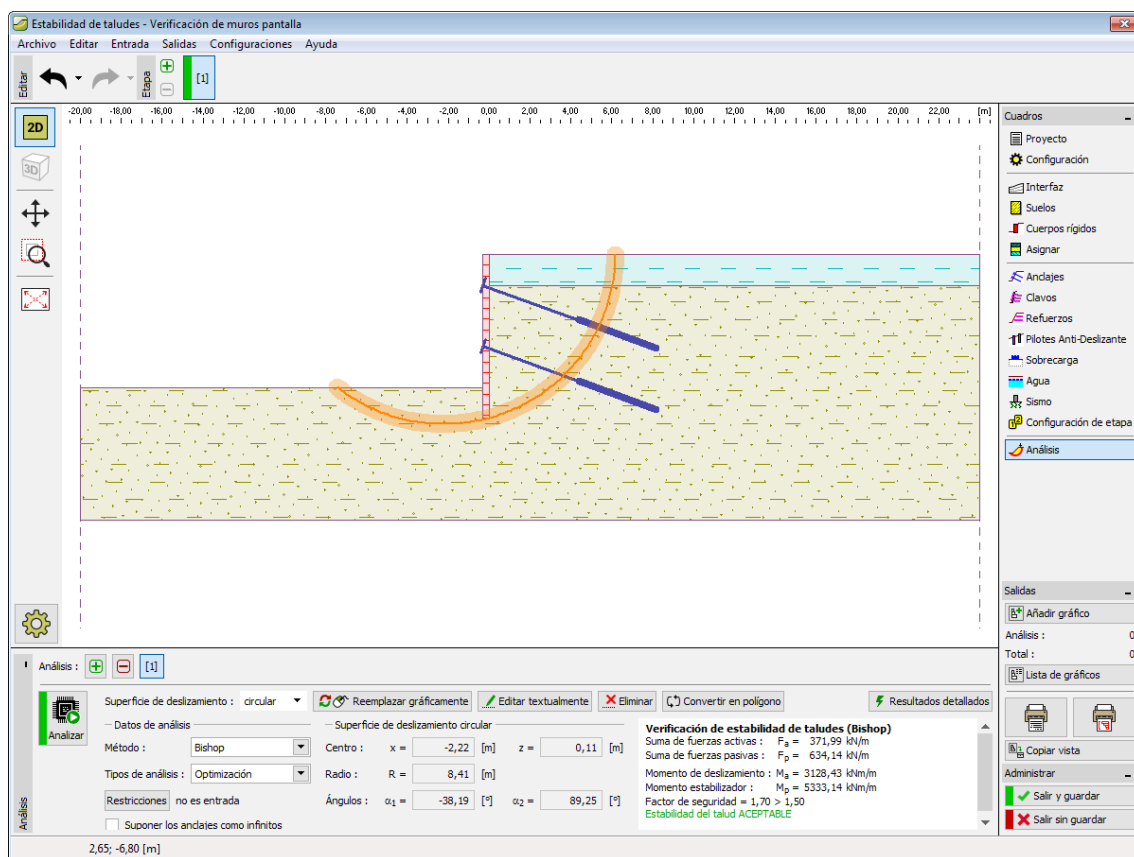


Cuadro "Verificación de Estabilidad Interna"

Verificación de Estabilidad Global

Presionando el botón **"Verificación de Estabilidad externa"** se **despliega** el programa **"Estabilidad de Taludes"**. Este programa permite controlar la estabilidad general de la estructura analizada. El botón es habilitado solo si el programa **"Estabilidad de Taludes"** está instalado.

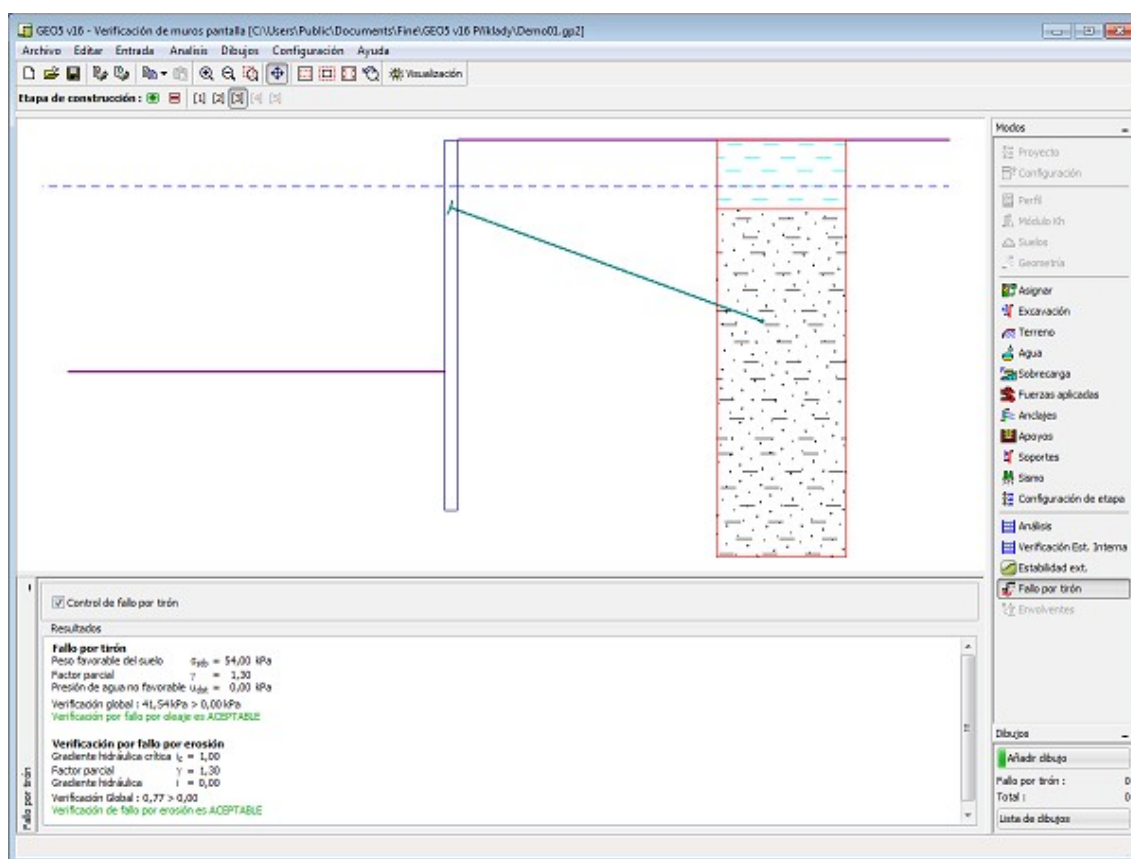
Luego de completar todo el análisis, presionar el botón **"Salir sin guardar"** para abandonar el programa. - Todos los datos se pasan al análisis del programa **"Verificación de muros pantalla"**.



Cuadro "Verificación de Estabilidad externa"

Fallo por tirón

El cuadro **"Fallo por tirón"** sirve para controlar el **fallo por tirón o fallo por erosión**. El cuadro es accesible solo en el caso, donde la **influencia del agua** es considerada como **"Presión Hidrodinámica"** (el talón de una estructura se hunde dentro de un subsuelo permeable, el cual permite flujo de agua libre de debajo de la estructura)



Cuadro "Fallo por tirón"

Dimensionado

El cuadro **"Dimensionado"** es posible mostrar una envolvente de fuerza interna y desplazamientos desde todos los análisis (**etapas de construcción**). Por defecto el envolvente se construye a partir de los resultados de todas las etapas de construcción, no obstante, puede ser creado sólo desde las **etapas seleccionadas**. El botón **"modificar"** abre el cuadro de diálogo **"Selección de etapa de construcción"**, donde es posible seleccionar las etapas de construcción que se utilizan para generar el envolvente actual. (presionando los botones correspondientes)

Los valores máximos de las fuerzas internas calculadas (momento de flexión y fuerza de corte) y las magnitudes de desplazamiento se muestran en la parte inferior del cuadro.

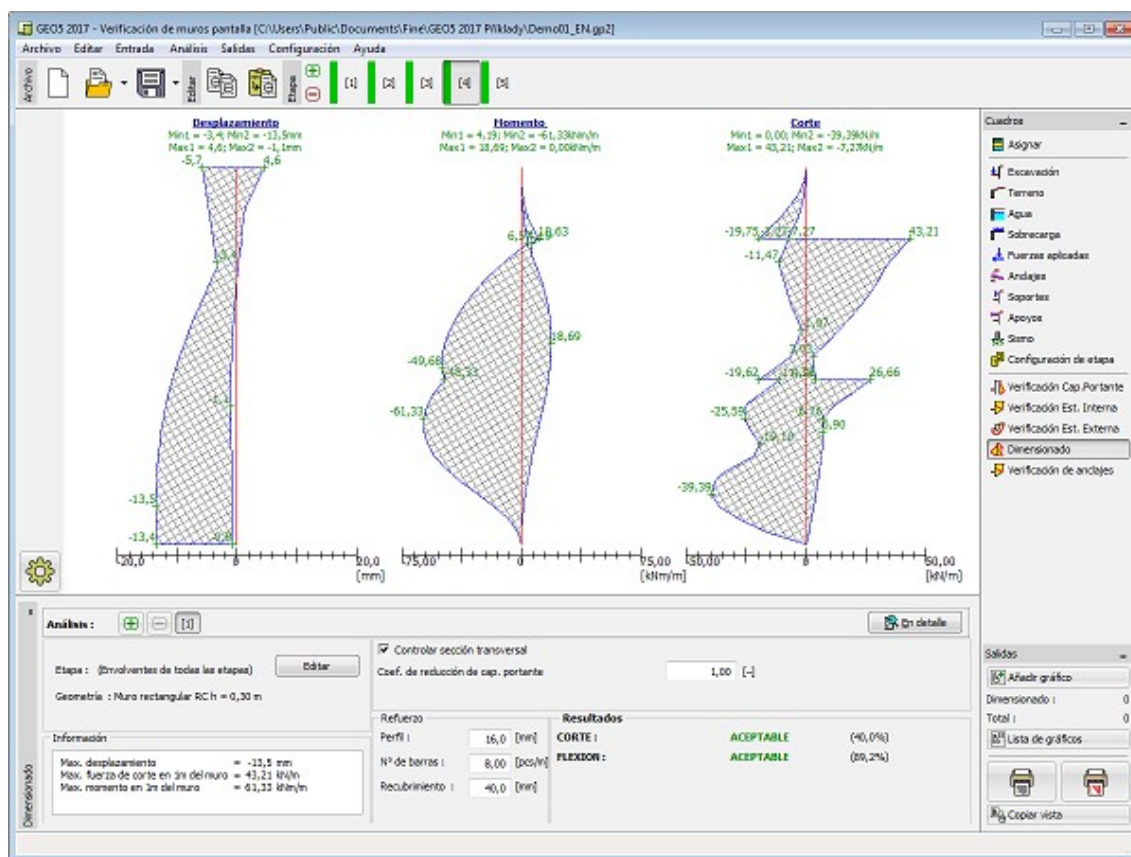
El programa permite el dimensionado de **hormigón reforzado**, sección transversal de **acero** y **madera** (seleccionando la opción **sección transversal**).

Cuando analizamos la sección transversal es posible introducir el **coeficiente de reducción de la capacidad portante**, lo que reduce la capacidad portante global de la sección transversal. Al realizar el análisis con la **reducción de la presión de tierra**, este coeficiente se fija igual a $1,0$. Para el análisis **sin considerar la reducción la presión de tierra** (para asegurar un comportamiento realista de la **estructura**) es necesario aumentar las fuerzas calculadas adoptando un coeficiente mayor a $1,0$ (el valor $1,35$ se recomienda para el análisis de muros pantallas según **EN 1997**)

Para el dimensionamiento de **secciones transversales de acero**, es posible suponer **influencia de la fuerza normal** de estas formas:

- **Fuerzas normales - no se consideran:** el programa no considera la influencia de la fuerza normal.
- **Fuerzas normales - desde el anclaje más cercano:** el programa asume un valor máximo de fuerza normal local cerca del anclaje $N = F \cdot \sin \alpha$, donde α representa la pendiente del anclaje
- **Fuerzas normales - suma de todos los anclajes:** el programa suma las influencias de las fuerzas normales desde los anclajes como la suma de influencia de todos los anclajes
- **Fuerzas normales - entrada:** valor de la fuerza normal N definido por el usuario

Este cuadro permite realizar un **largo número de análisis** de dimensionado de una sección transversal. El botón **"En detalle"** en la parte derecha del cuadro abre el **cuadro de diálogo "Dimensionado"** para mostrar los resultados detallados.



Cuadro "Dimensionado"

Verificación de anclajes

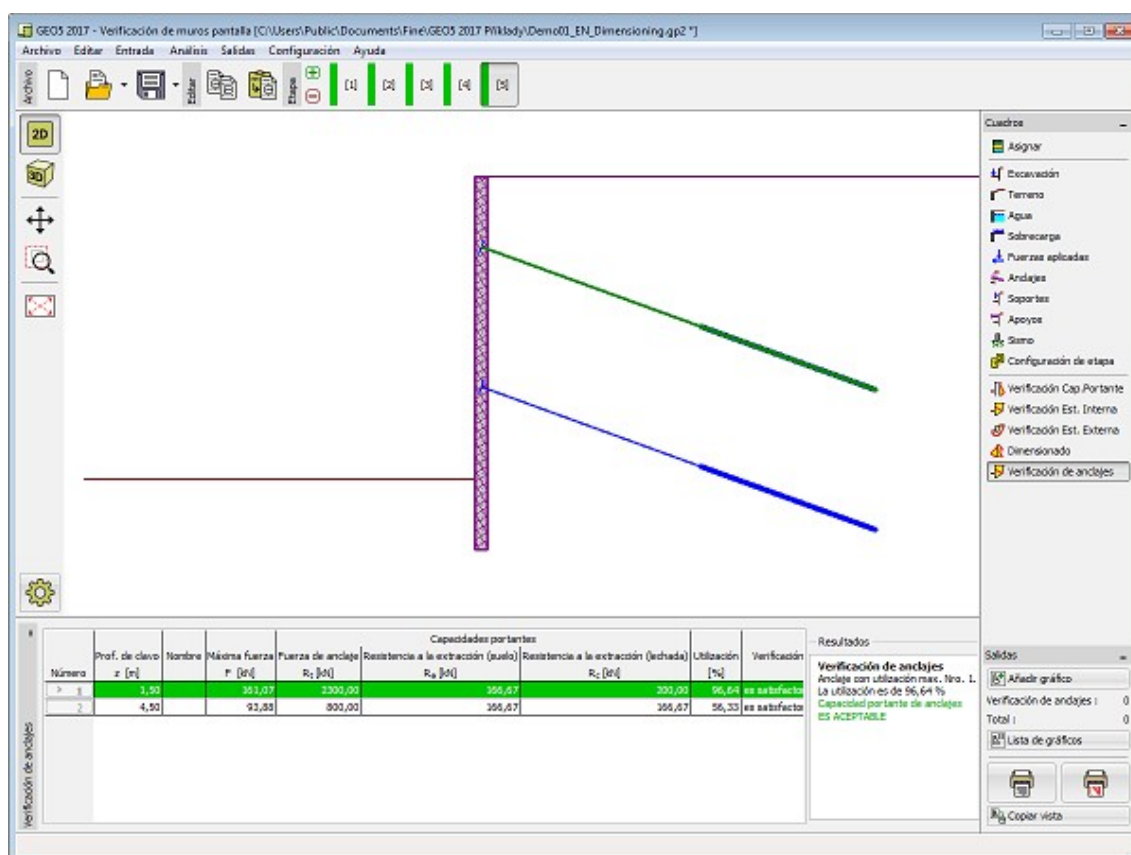
El cuadro **"Verificación de anclajes"** contiene una **tabla** con una lista de anclajes de **entrada**.

La **capacidad portante total** de los anclajes se verifica en este cuadro. Los anclajes se pueden verificar para tres **tipos de fallas** diferentes.

- **Fuerza de anclaje** R_f
- **Resistencia a la extracción (suelo)** R_e
- **Resistencia a la extracción (lechado)** R_c

Las **capacidades portantes** de anclajes calculadas se **reducen** por el factor de seguridad o coeficiente de reducción correspondiente, que se define en el cuadro "**Configuración**", solapa "**Anclajes**". La verificación del anclaje es satisfactoria, cuando la fuerza máxima en el anclaje P_{max} es menor que todas las capacidades portantes calculadas.

$$\min \left(\frac{R_t}{SF_t}; \frac{R_s}{SF_s}; \frac{R_c}{SF_c} \right) \geq P_{max}$$



Cuadro "Verificación de anclajes"

Programa Pilote Anti-Deslizante

Este programa se utiliza para el diseño de pantallas de pilotes, estabilizar el movimiento pendiente o el aumento de factor de seguridad del talud. El primer análisis se debe hacer en el programa de **Estabilidad de Taludes**, donde se calculan las fuerzas activas y pasivas que actúan sobre la pared del pilote. A continuación, la posición de la superficie de deslizamiento de la carga y se transfieren al programa Pilote Anti-Deslizante, donde se llevan a cabo otros análisis (determinación de las fuerzas internas en el pilote, deformación del pilote y dimensionamiento de refuerzo de pilotes).

La ayuda en el programa "Pilote Anti-Deslizante" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto

Configuración
n Perfil

Módulo de
Kh

Prueba
presiométrica
(PMT)

Prueba
Dialométrica
(DMT)

Suelos

Geometría	Material	Determinación de presión	Roca	Asignar	Cara frontal	Terreno
Agua	Sobrecarga	Fuerzas aplicadas	Anclajes	Soportes	Sismo	Configuración de etapas
Análisis	Dimensionado	Verificación de anclajes				

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa **"Pilote Anti-Deslizante"**:

Tensión en el cuerpo del suelo	Presiones de tierra	Verificación de muros	Pilote Anti-Deslizante	Dimensionado de estructuras de hormigón	Dimensionado de sección transversal de Acero
--------------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	---	--
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro **"Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

The screenshot shows the 'Project' form in the GEO5 software. The form has a light gray background and a white border. It contains several input fields and a dropdown menu. A red rectangle highlights the 'System of units' dropdown menu, which is currently set to 'metric'. To the right of the form is a 'GeoClipboard' panel with a vertical title bar and two buttons: 'Copy' and 'Paste', each with a 'project data' label below it.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

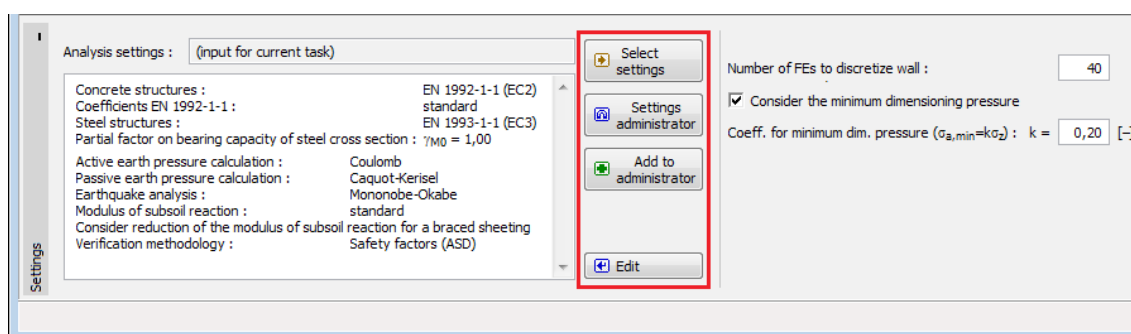
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas **"Materiales y estándares"** y **"Presiones de tierra"**.

Cuando se lleva a cabo el análisis de según la norma **EN 1997** o según la teoría de los **estados límite**, el programa permite configurar si se desea reducir los parámetros de suelo para el cálculo de las presiones límite. Al modelar un comportamiento real de la estructura se recomienda no reducir estas presiones.

El marco permite al usuario especificar la subdivisión de una pared en elementos finitos (por defecto el número de elementos es igual a 40) y especificar si la estructura está cargada por la **presión de dimensionamiento mínimo**.



Frame "Settings"

Perfil

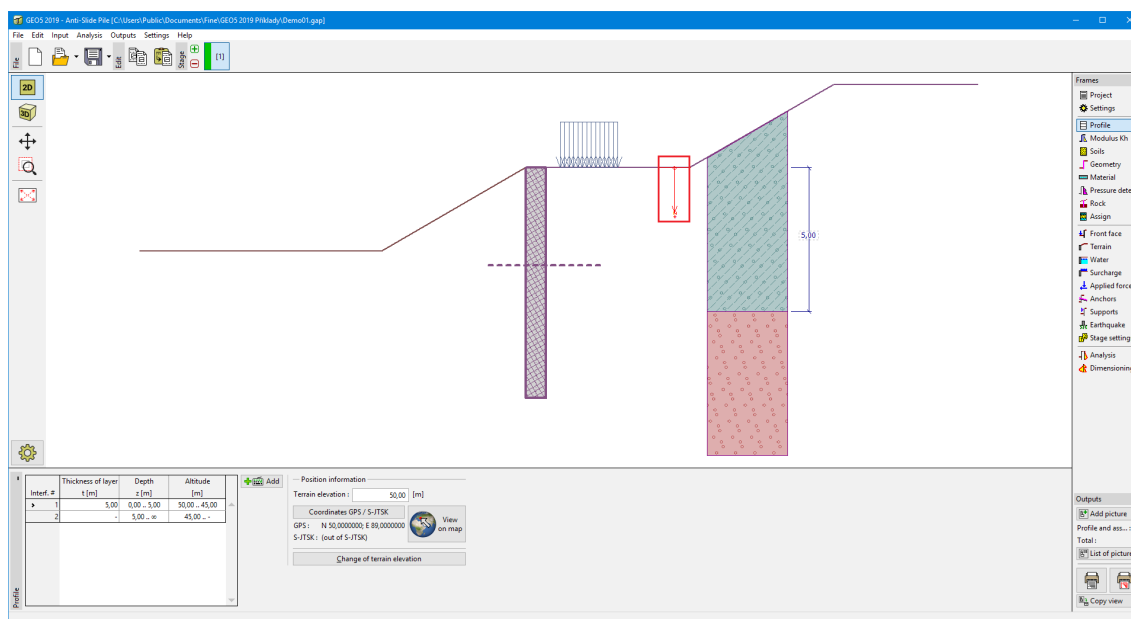
El **cuadro "Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**



Cuadro "Perfil"

Modulus Kh

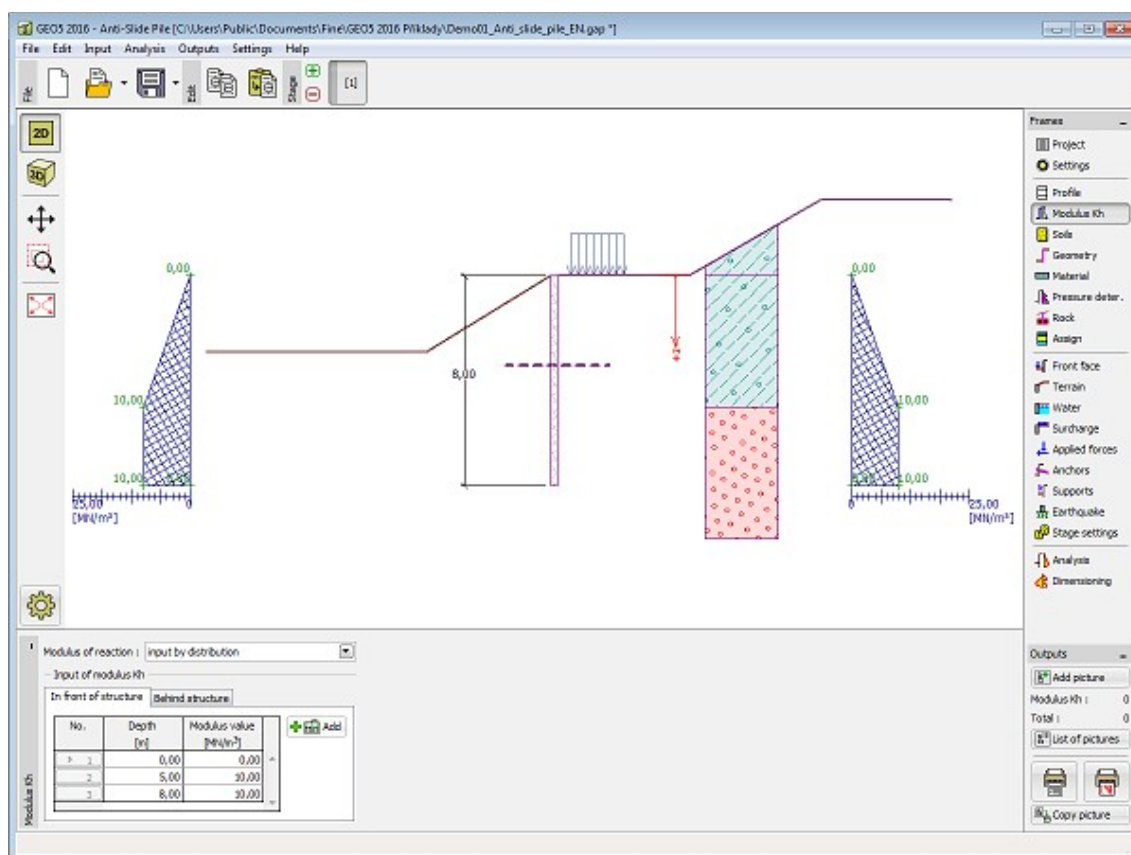
Este **cuadro** sirve para especificar el tipo de análisis para el cálculo del **módulo de reacción del suelo**, parámetro de entrada importante cuando analizamos una **estructura pantalla** utilizando el **método de presión dependiente**.

La forma de calcular el **módulo de reacción del suelo** k_h es seleccionado en el cuadro

"Configuración" (en el cuadro de diálogo "Editar configuración actual" solapa "Análisis de presión").

El cuadro puede tomar diferentes formas dependiendo del método de cálculo seleccionado:

- **Estándar** (opción "Analizar - Schmitt", "analizar - Chadeisson", "iteración manual" o "iteración automática")
- **Entrada** (seleccionando la opción "Entrada por la distribución" se abre una table en el cuadro que permite introducir los valores del módulo de reacción del subsuelo k_h tanto delante como detrás de la estructura. Para la opción "Entrada como parámetro del suelo", el k_h módulo se especifica en el cuadro de los "Suelos", donde el módulo de reacción del subsuelo se considera ya sea **lineal**, **no lineal-curva**)
- **PMT presiometrico** (módulo de reacción subsuelo k_h se ingresa, ya sea mediante la prueba presiométrica, o como un parámetro de suelo en el cuadro "Suelos", donde el método de cálculo se especifica - según cn NF P 94-282 o Menard)
- **Estándares chinos** (por método de "m" se define el desplazamiento horizontal en la zanja inferior v_b [mm] y la magnitud del módulo A [MN/m^3], o se ingresa como un parámetro del suelo - método de "c", método "k" o "m")



Cuadro "Módulo k_h " - selección "entrada por distribución"

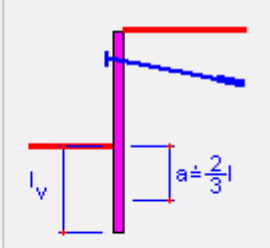
Modulus k_h

Parameters

Analysis method :

Ménard modulus :

Characteristic length : $a =$ [m]


Cuadro "Módulo k_h " - selección "presiómetro Ménard"

Modulus k_h

Method of calculation of subsoil modulus :

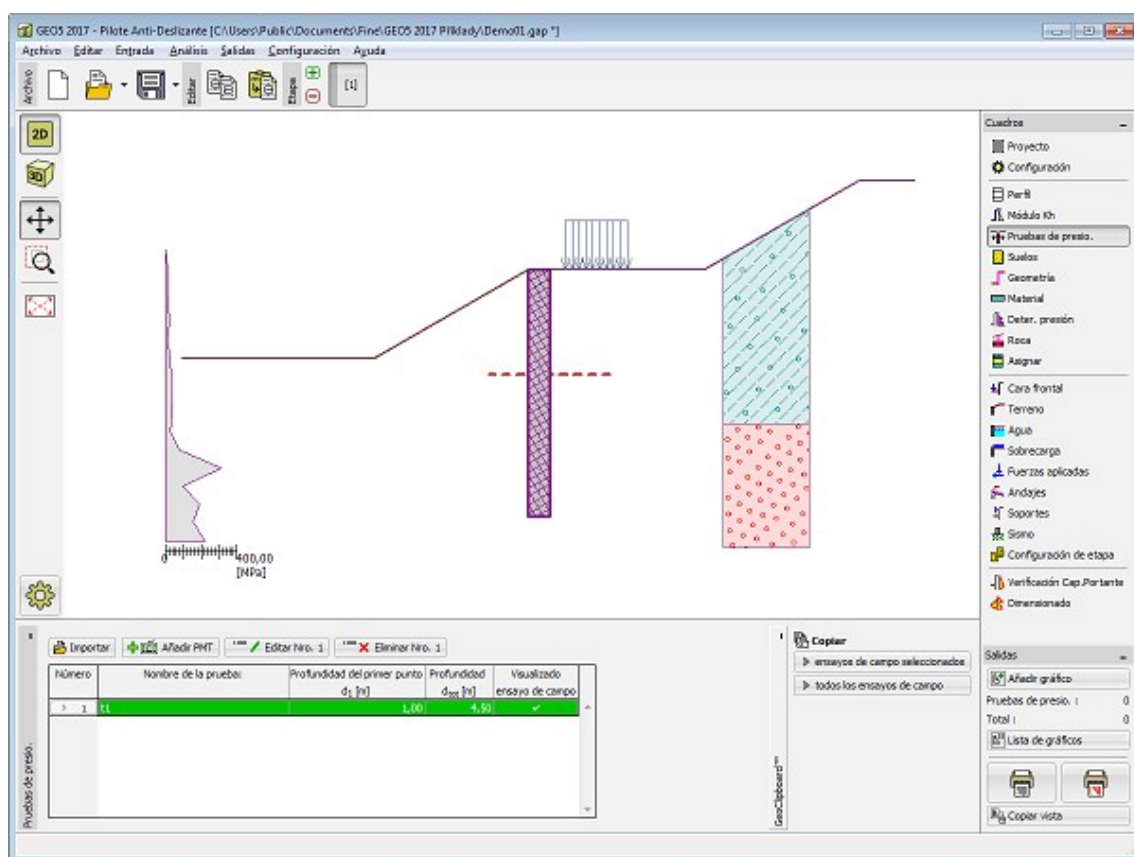
Displacement at the ditch : $v_b =$ [mm]

Magnitude of modulus at the ditch : $A =$ [MN/m³]

Cuadro "Módulo k_h " - selección "Estándares Chinos"

PMTs

El cuadro "PMTs" contiene una tabla con la lista de pruebas pesiométricas (PMT).



Cuadro "Prueba Presiométrica"

Los resultados de la prueba presiométrica (PMT) se puede **importar** en el programa en diferentes formatos (como ser *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

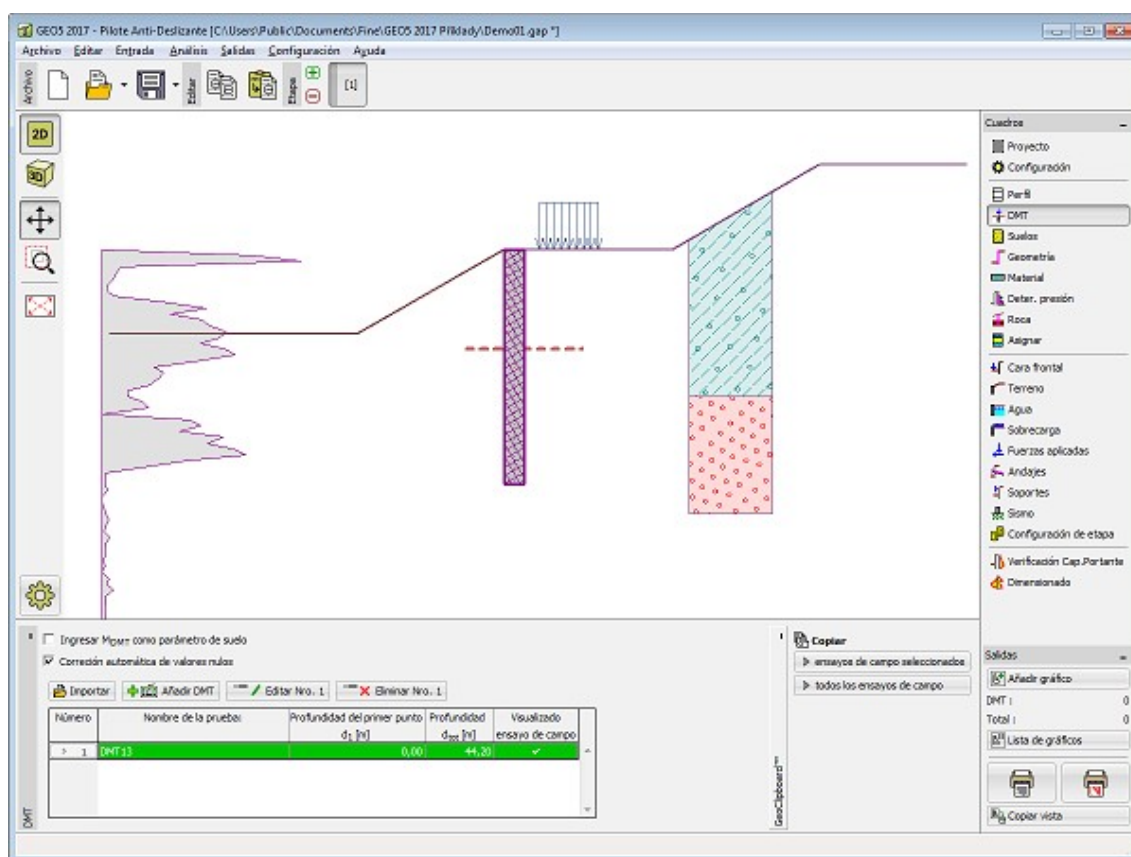
Los datos de PMTs se pueden copiar dentro de los programas "**Micropilote**", "**Verificación de Muros Pantalla**", "**Pilote Anti-deslizante**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

Nota: El cuadro es accesible solo cuando se selecciona una opción "**PMT presiométrico**" para la determinación del **módulo de reacción del subsuelo** en el cuadro "**Configuración**" (la solapa "**Análisis de presión**").

Prueba Dilatometrica (DMT)

El cuadro "**DMT**" sirve para determinar la forma de introducir el **módulo de suelo restringido** en el programa, ya sea como un parámetro de **suelo** (verificando la opción "**entrada de M_{DMT} como parámetro de suelo**") o importando **pruebas dilatométricas (DMT)**.

Este cuadro contiene una **tabla** con la lista de los valores introducidos de **prueba dilatométrica (DMT)**.



Cuadro "Prueba Dilatometrica (DMT)"

Si durante la evaluación de la **prueba dilatómétrica** se mide el valor cero del **módulo del suelo limitado** M_{DMT} , luego, el programa permite la corrección automática de errores de medición - en lugar del valor cero se considera la media aritmética del próxima valor distinto de cero superior e inferior de M_{DMT} del cálculo.

También es necesario ingresar un **coeficiente de reducción** B .

Los resultados de la **prueba dilatómétrica (DMT)** se pueden importar en el programa insertando el archivo en formato **UNI** (*.uni). Los datos de los DMTs se pueden copiar dentro de los programas "**Zapata**", "**Verificación de Muros Pantalla**", "**Pilotes Anti-Deslizantes**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

Nota: El cuadro es accesible sólo cuando en el cuadro "**Configuración**" se selecciona la opción "**DMT dilatómetro**" (en la solapa "**Análisis de presión**") para el cálculo del **módulo de reacción del subsuelo**.

Suelos

El **cuadro "Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

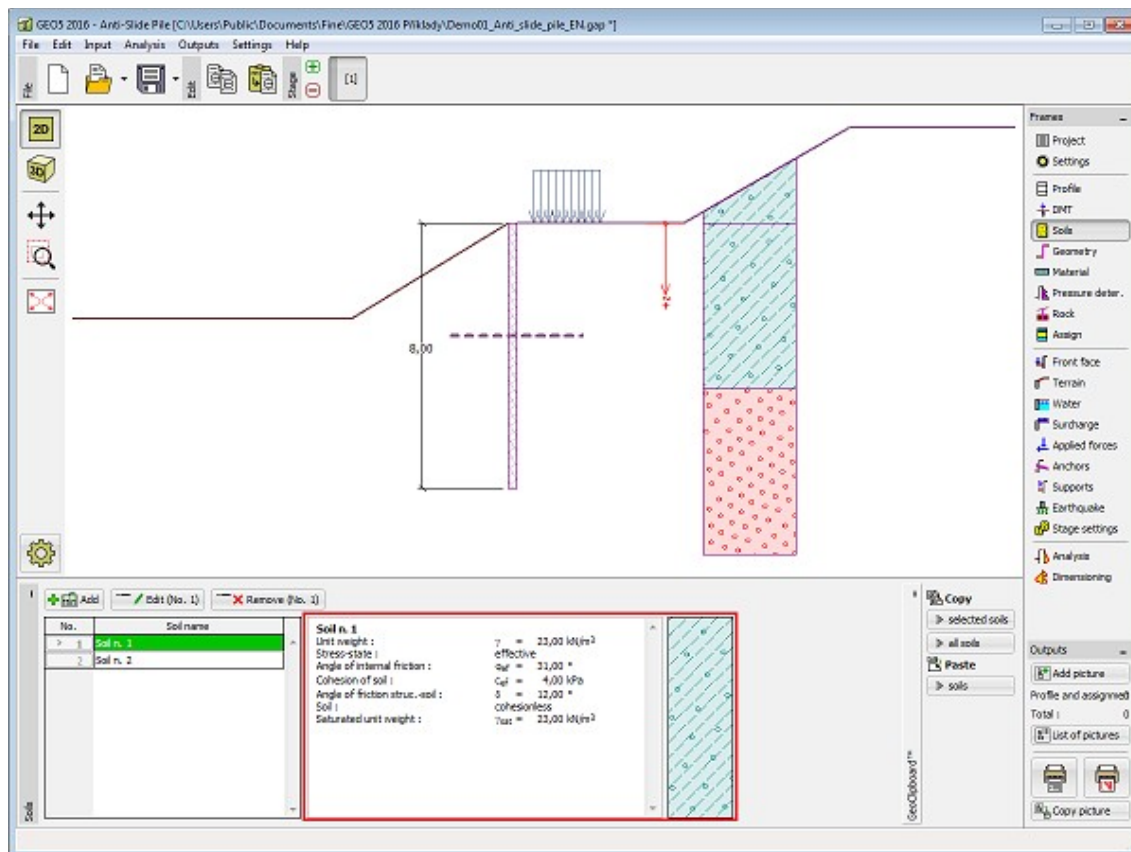
Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán

detalladas en los capítulos: "[Datos básicos](#)", "[Presión de la tierra en reposo](#)", "[Aumento de Presión](#)" y "[Módulo de reacción del suelo](#)".

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "[GeoClipboard](#)".



Frame "Soils"

Datos Básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo.

Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros **efectivos y totales** del ángulo de fricción interna y cohesión se especifican dependiendo de la configuración en el listado "**Estado de tensión**". Los [parámetros efectivos o totales](#) se utilizan dependiendo primeramente del tipo de suelo, tipo de carga, duración de la estructura y condiciones del agua.

Para la [tensión efectiva](#) es necesario especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), el cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro están listados en la [tabla de valores recomendados](#).

Para la **tensión total** se necesita especificar la **adhesión del suelo a la cara de la estructura** α . La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "**Presión de tierras**".

Add new soils

Identification
Name : Soil n. 1
MG - Gravelly silt (MG), firm consistency

Basic data

Unit weight : $\gamma =$ 23,00 [kN/m³] 19,0

Stress-state : effective

Angle of internal friction : $\phi_{ef} =$ 31,00 [°] 26 - 32

Cohesion of soil : $c_{ef} =$ 4,00 [kPa] 4 - 12

Angle of friction struc.-soil : $\delta =$ 12,00 [°]

Pressure at rest
Soil : cohesionless

Uplift pressure
Calc. mode of uplift : standard

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} =$ 23,00 [kN/m³]

Analysis of modulus of subsoil reaction
Poisson's ratio : $\nu =$ 0,35 [-] 0,35

Settlement analysis : insert Eoed

Oedometric modulus : $E_{oed} =$ 24,00 [MPa] 16 - 32

Draw
Color
Pattern category : GEO
Pattern : Gravelly silt

Classification
Classify
Clear
Add
Cancel

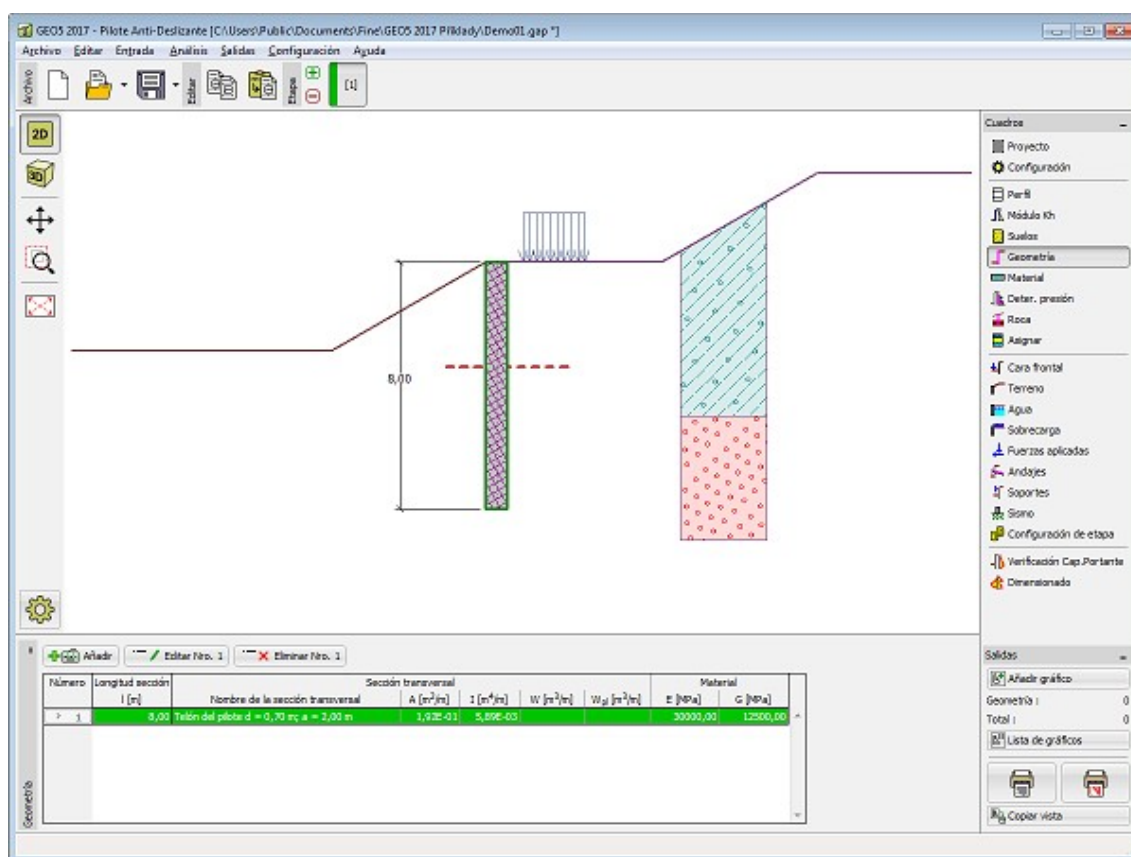
Dialog window "Add new soils" - "Basic data"

Geometría

El **cuadro "Geometría"** contiene una **tabla** con un listado de las secciones estructurales que forman el **pilote anti-deslizante**. Para cada sección, la tabla guarda características sobre secciones transversales (A : Área de sección transversal; I : Momento de inercia - estas variables se expresan siempre con respecto a 1 m de longitud de ejecución estructura) y sobre los materiales (E : Módulo de elasticidad; G : Módulo de corte)

Para **añadir** secciones se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sección"**.

Una sección puede ser editada en el escritorio con la ayuda de **objetos activos** - haciendo doble click en la sección se abre un cuadro de diálogo con los datos correspondientes a la sección dada.



Caudro "Geometría"

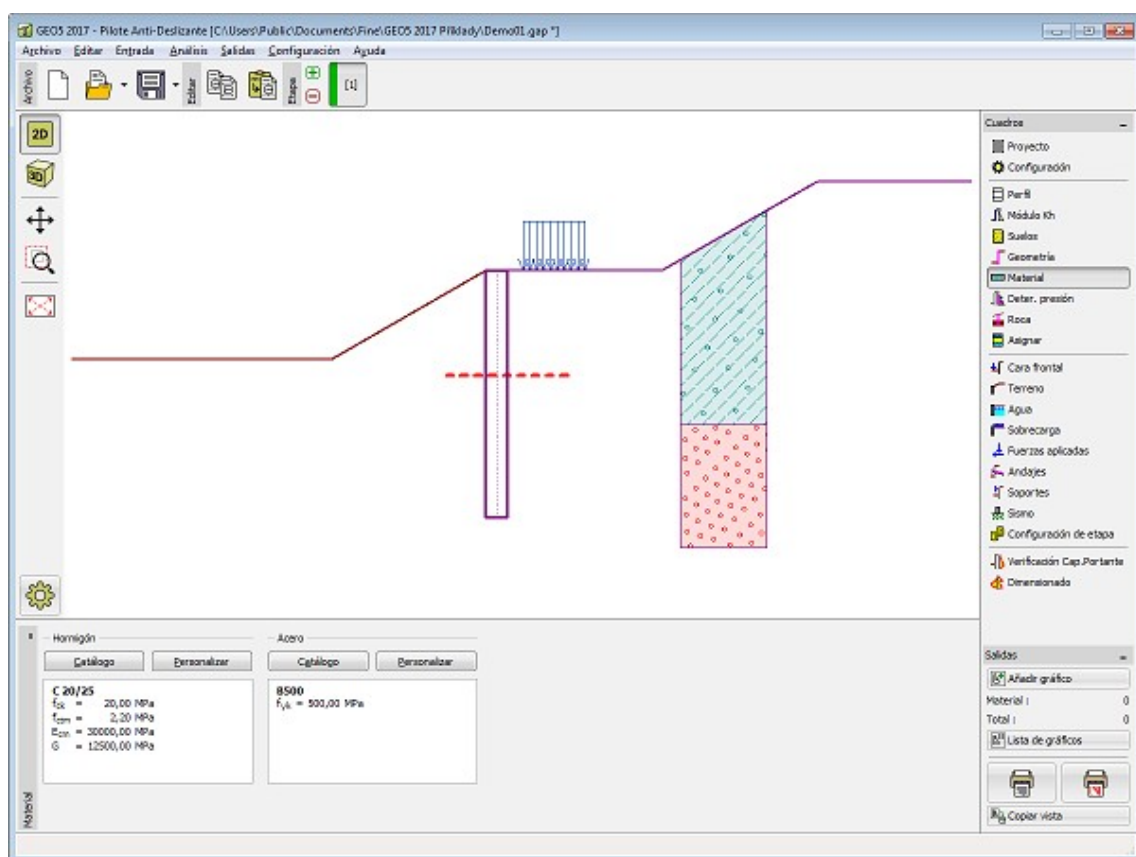
Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar parámetros del material. La apariencia del cuadro varía según el material seleccionado (hormigón, acero, madera) en el cuadro **"Geometría"**

Hay dos opciones disponibles al seleccionar el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre el cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** (para hormigón o refuerzo de acero), la lista de materiales, permite seleccionar el material requerido.
- El botón **"definido por el usuario"** abre el cuadro de diálogo **"Editor de material"**, que permite a la entrada manualmente específica de los parámetros de material.

El contenido de los catálogos dependen de la selección de estándares relevantes para el dimensionado de **hormigón**, **acero**, **madera**, o estructuras **plásticas** configuradas en la solapa **"Materiales y estándares"**.



Cuadro "Material"

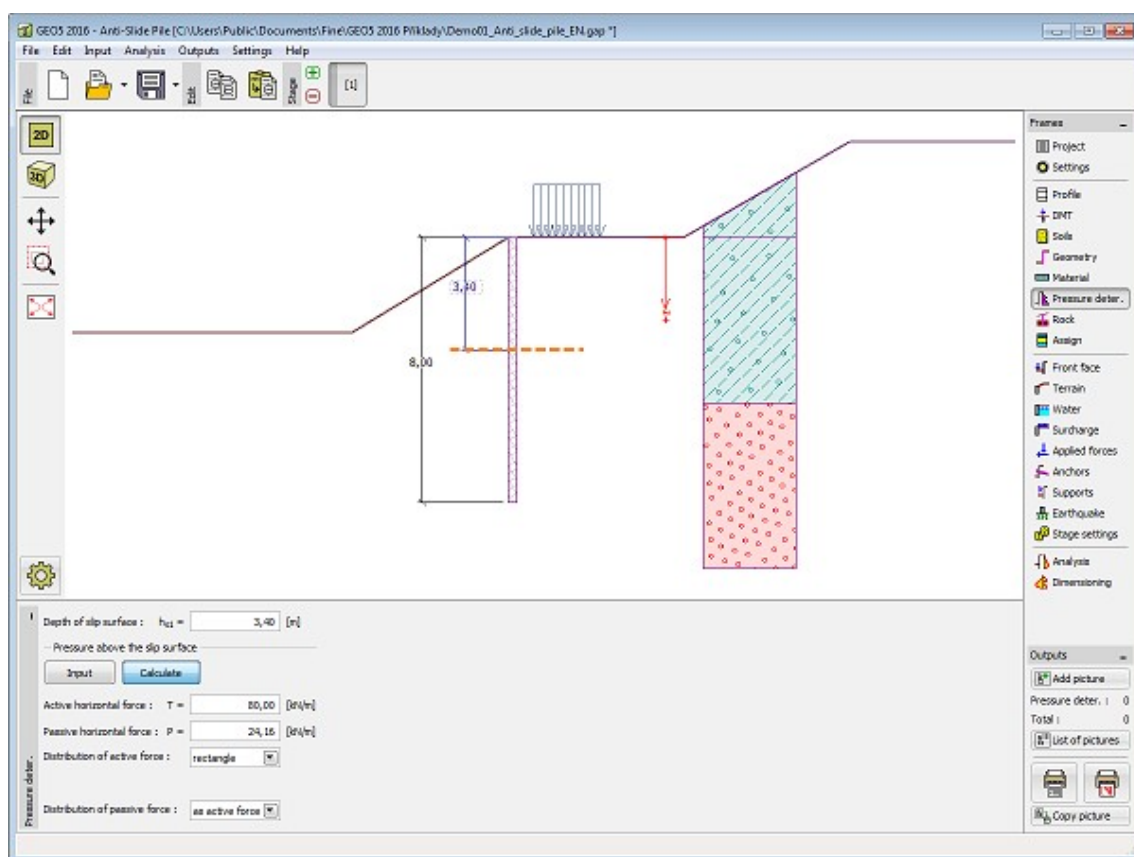
Determinación de presión

El cuadro **"Determinación de presión"** permite, introducir la profundidad de la superficie de deslizamiento y la carga en el **pilote anti-deslizante** sobre la superficie de deslizamiento.

Si se selecciona la opción estándar **"Calcular"**, la carga se especifica por la fuerza horizontal activa y pasiva fuerza horizontal que actúa sobre el pilote por encima de la superficie de deslizamiento ingresada. Las **fuerzas activas y pasivas** se pueden calcular en el programa de **Estabilidad de taludes** y se transfieren a la Pila programa Anti-Slide. A continuación, la **forma de la distribución de la presión** se debe especificar detrás (fuerza activa) y en frente de la pila (fuerza pasiva). El programa **NO AUMENTA** la fuerza pasiva y activa ingresada por cualquier factor parcial durante el análisis - es necesario determinarlas según los estándares y normas requeridas.

Si las fuerzas se obtienen del programa de **Estabilidad de taludes**, se corresponden con la forma de análisis establecida en el programa. Por ejemplo, cuando el análisis se realiza según el Eurocódigo **EN 1997-1**, los valores recibidos son valores de diseño de fuerzas.

Los valores de la presión resultante que actúa sobre la estructura por encima de la superficie de deslizamiento también se pueden introducir en la tabla (opción **"Entrada"**).



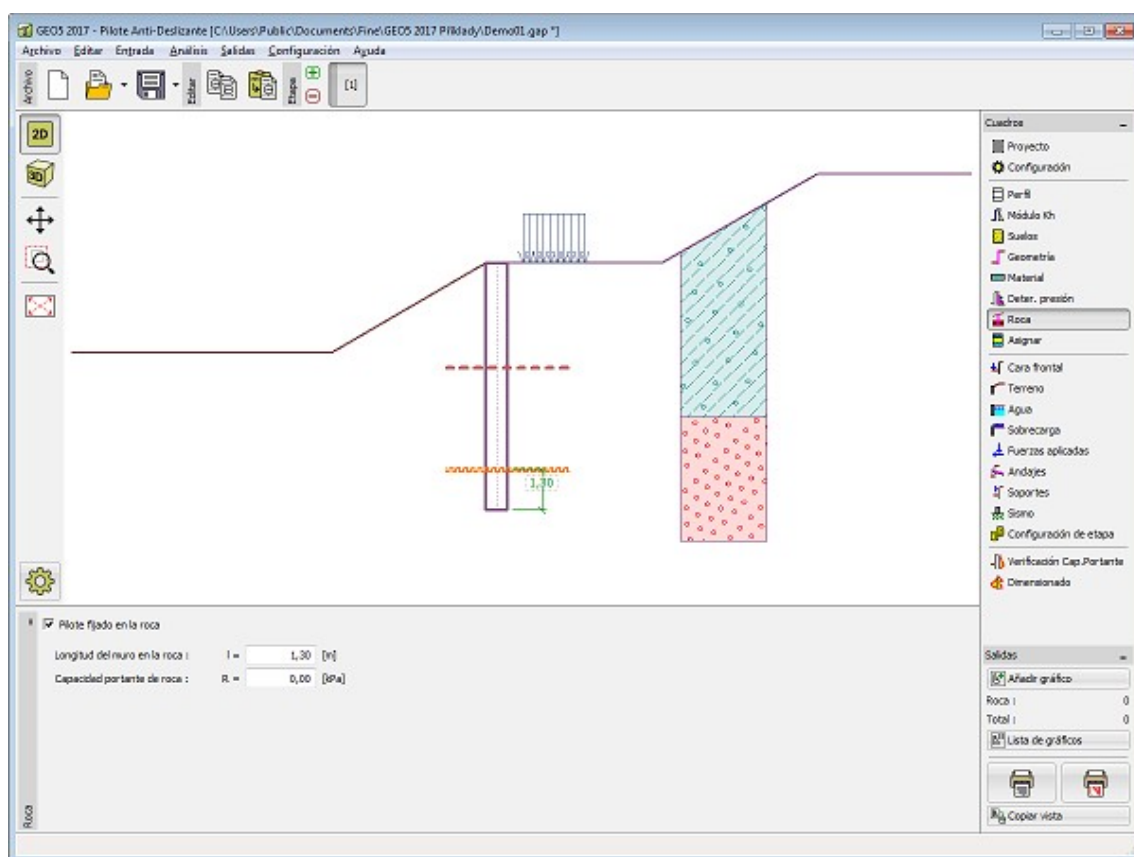
Cuadro "Determinación de Presión"

Roca

El cuadro **"Roca"** permite introducir la longitud del pilote fijo en la roca l [m] y la **capacidad portante de roca** R [MPa].

La roca solamente se modela como material elástico y se considera la presión pasiva sin límite - Los contactos de tensión pueden llegar a cualquier valor. En el cuadro de **"Análisis"** el programa comprueba que la **tensión máxima** no exceda la **capacidad portante de diseño de roca**. No se considera la presión activa de la roca.

Nota: En muchos casos, la superficie de deslizamiento sigue el subsuelo rocoso, por lo tanto, este caso debe ser siempre investigado.

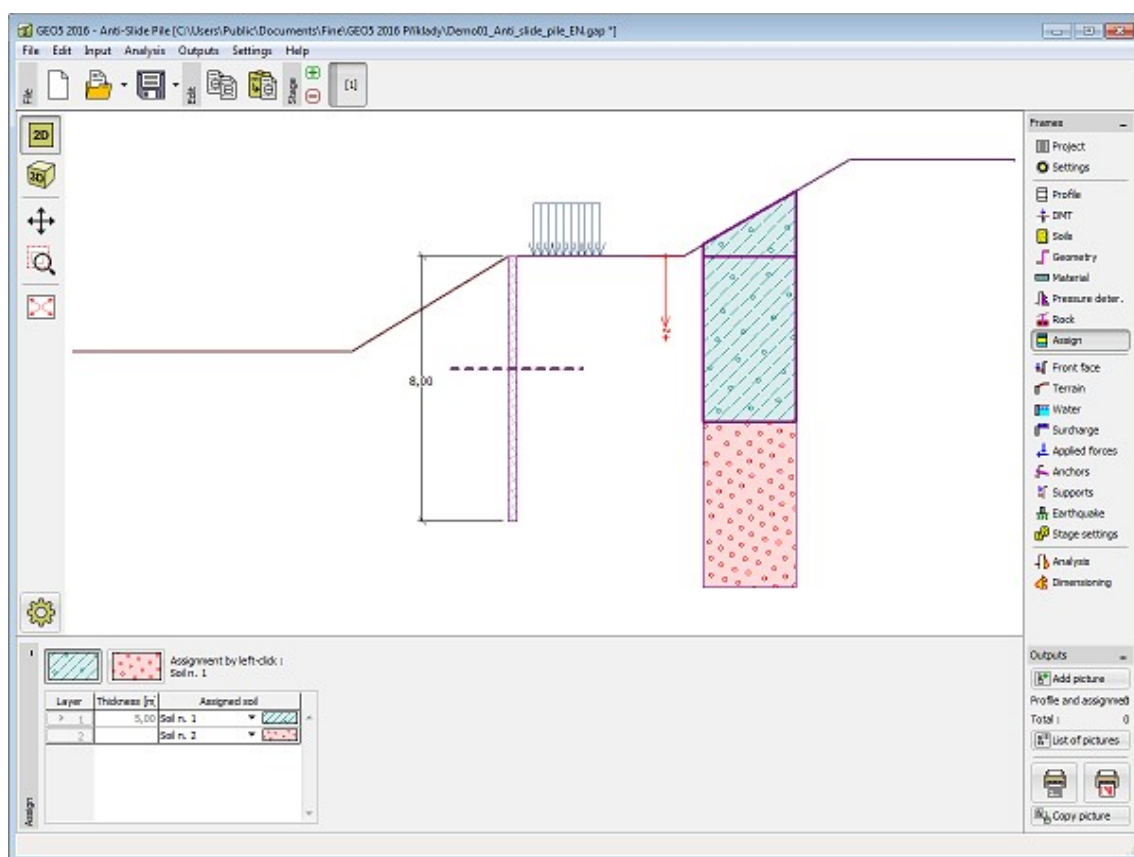


Cuadro "Roca"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

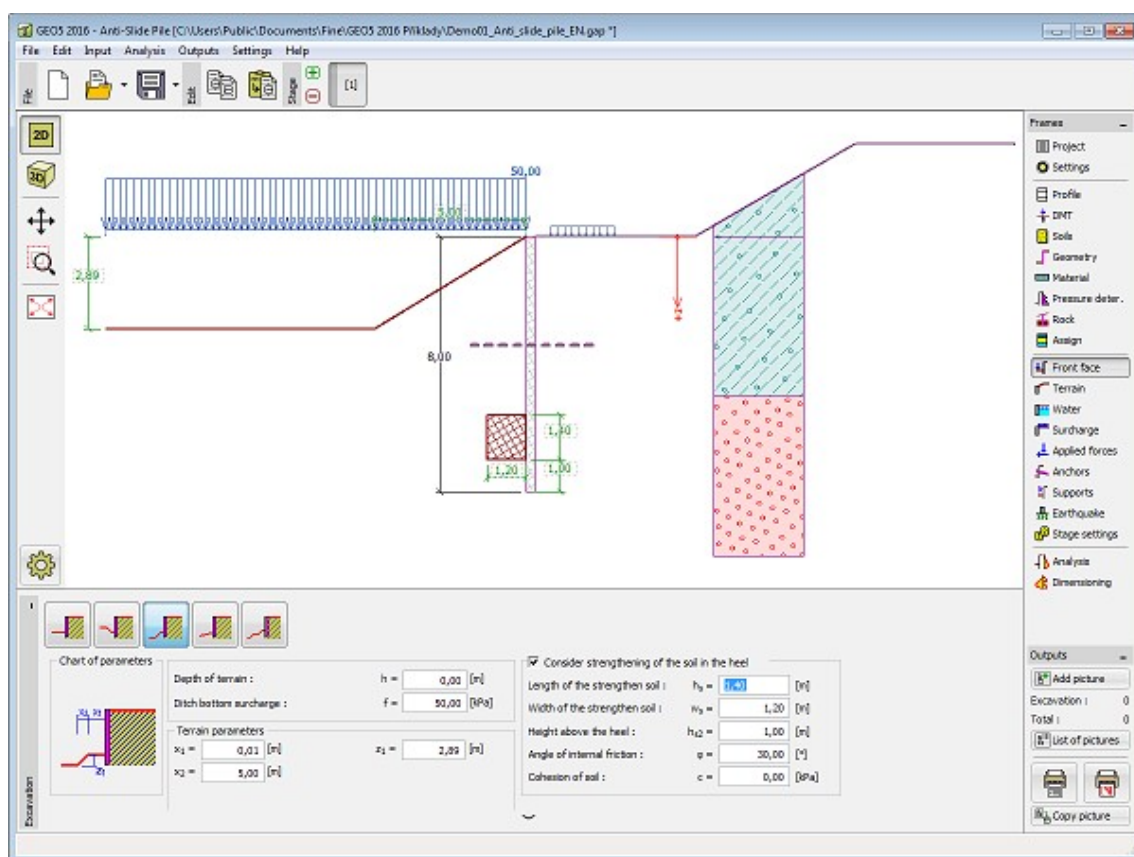


Cuadro "Asignar"

Cara frontal

El cuadro "Cara frontal" sirve para introducir la forma del terreno delante de la estructura. La forma seleccionada con un toque gráfico aparece en la parte izquierda del cuadro. Las dimensiones de una estructura se pueden editar ya sea en el cuadro mediante la inserción de los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

En este cuadro, es posible la entrada del fortalecimiento del suelo en el talón de los pilotes. El principio de cálculo se describe con más detalle en [aquí](#).



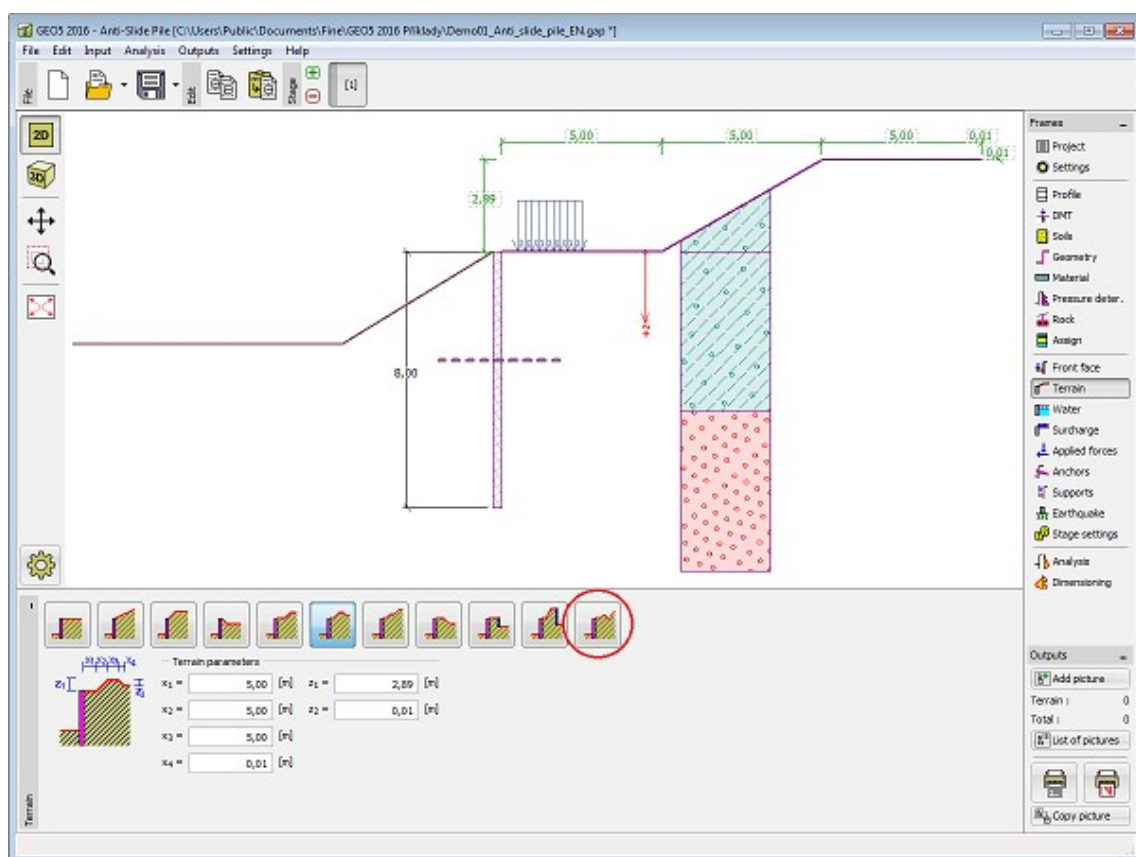
Cuadro "Cara frontal"

Terreno

El cuadro **"Terreno"** permite especificar la forma del terreno. La forma seleccionada con toque gráfico de los valores introducidos (**"Tabla de parámetros"**) se muestra en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno se puede editar, ya sea en el cuadro insertando valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción para elegir es una forma general del terreno. En este caso, la trama contiene una tabla con una lista de los puntos del terreno. El primer punto de coordenadas [0,0] coincide con el punto superior de una estructura.

EL análisis de presión de tierras en el caso de terrenos inclinados se describe en la parte teórica de la ayuda, en el capítulo **"Distribución de presión de tierras de terreno quebrado"**.

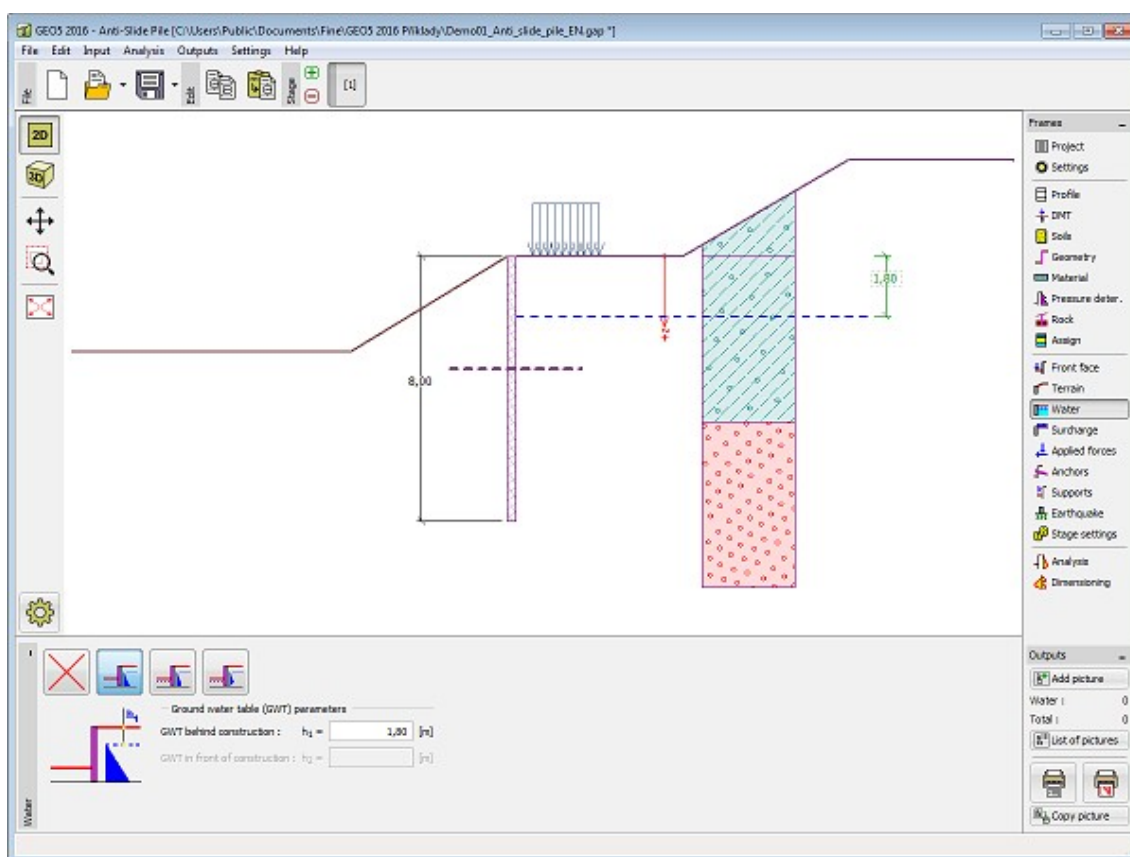


Cuadro "Terreno"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica de la ayuda, capítulo "**Influencia del agua**".



Cuadro "Agua"

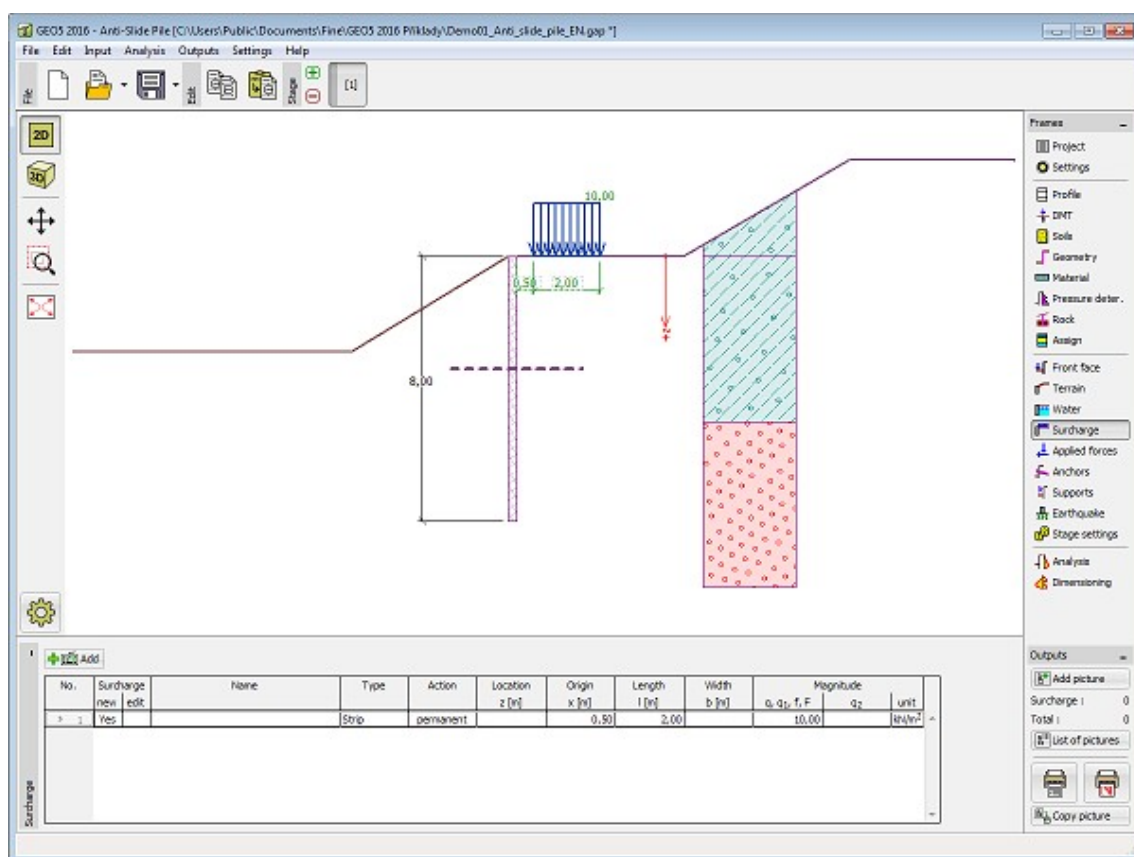
Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir (editar) sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo **"Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



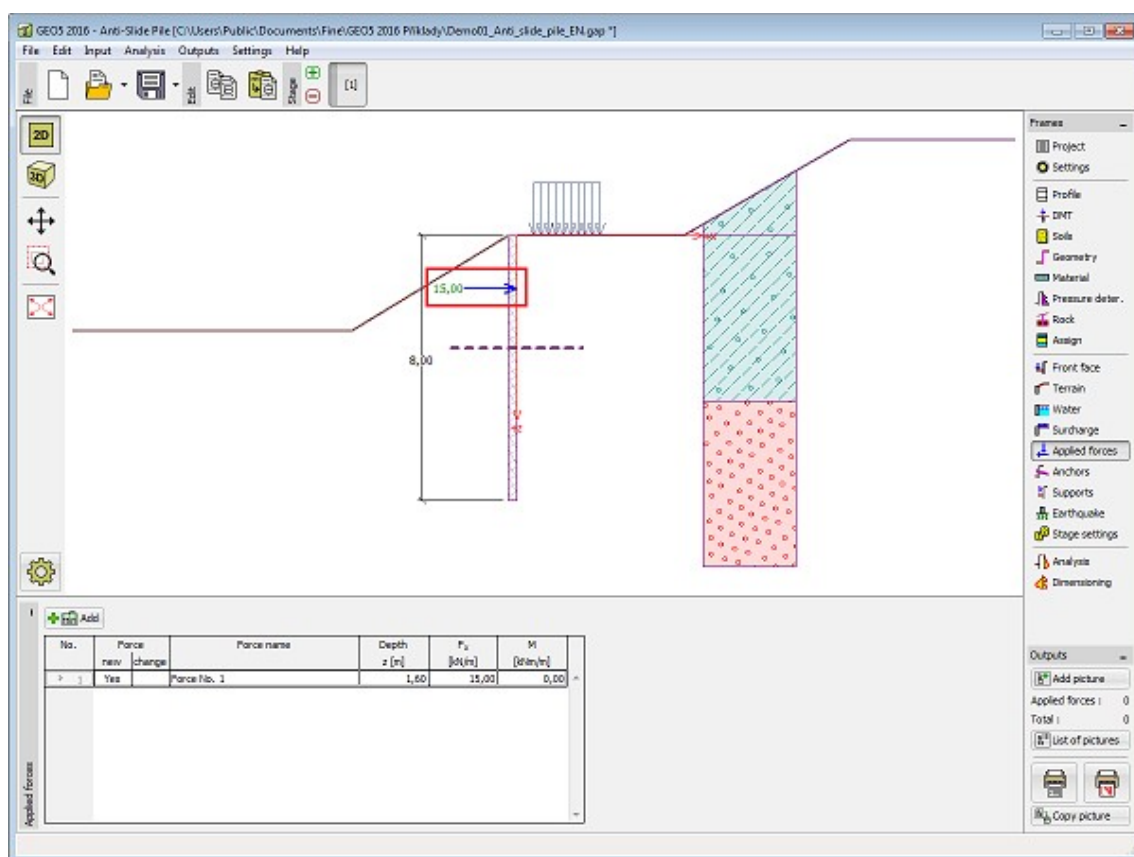
Cuadro "Sobrecarga"

Fuerzas Aplicadas

El cuadro **"Fuerzas aplicadas"** contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** (editar) fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997, LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



Cuadro "Fuerzas Aplicadas"

Anclaje

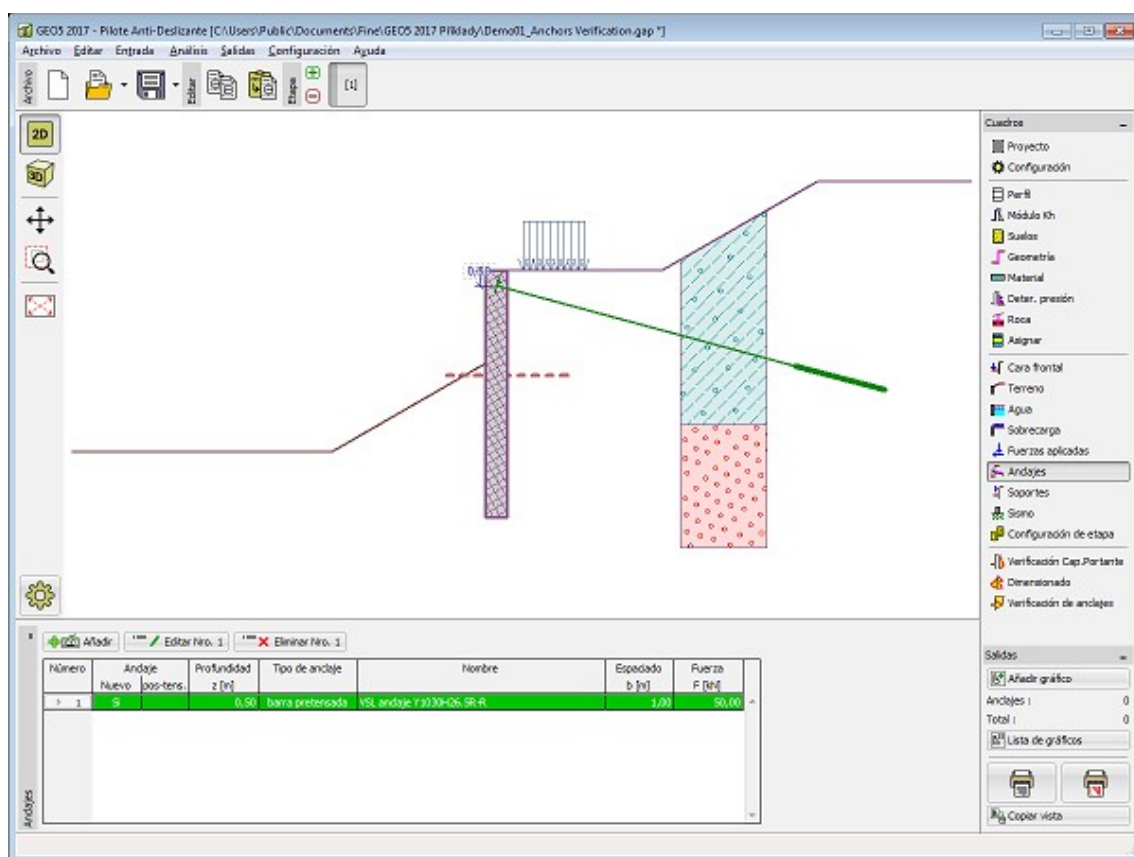
El cuadro "**Anclaje**" contiene una tabla con un listado de los anclajes introducidos. Para **añadir** (editar) anclajes se utiliza el cuadro de diálogo "**Nuevo anclaje**". Los anclajes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

El anclaje se coloca automáticamente en la **estructura ya deformada** (el desplazamiento se obtiene de la **etapa de construcción** anterior).

Los **anclajes** pueden ser introducidos como pretensados (**indefinios**, **barras pretensadas**, **varillas**) y no pretensados (**helicoidales**, **barras no pretensadas**, **deadman**). **La rigidez de los anclajes pretensados** se manifiesta en su propio cálculo en las etapas de construcción posteriores.

La **rigidez del anclaje** se **vuelve efectiva** en la siguiente **etapa** de construcción. Debido a la deformación de la estructura luego resulta en un cambio de la fuerza normal del anclaje. las etapas posteriores el anclaje no podrá ser editado.

La única acción permitida es la modificación de la fuerza de anclaje.



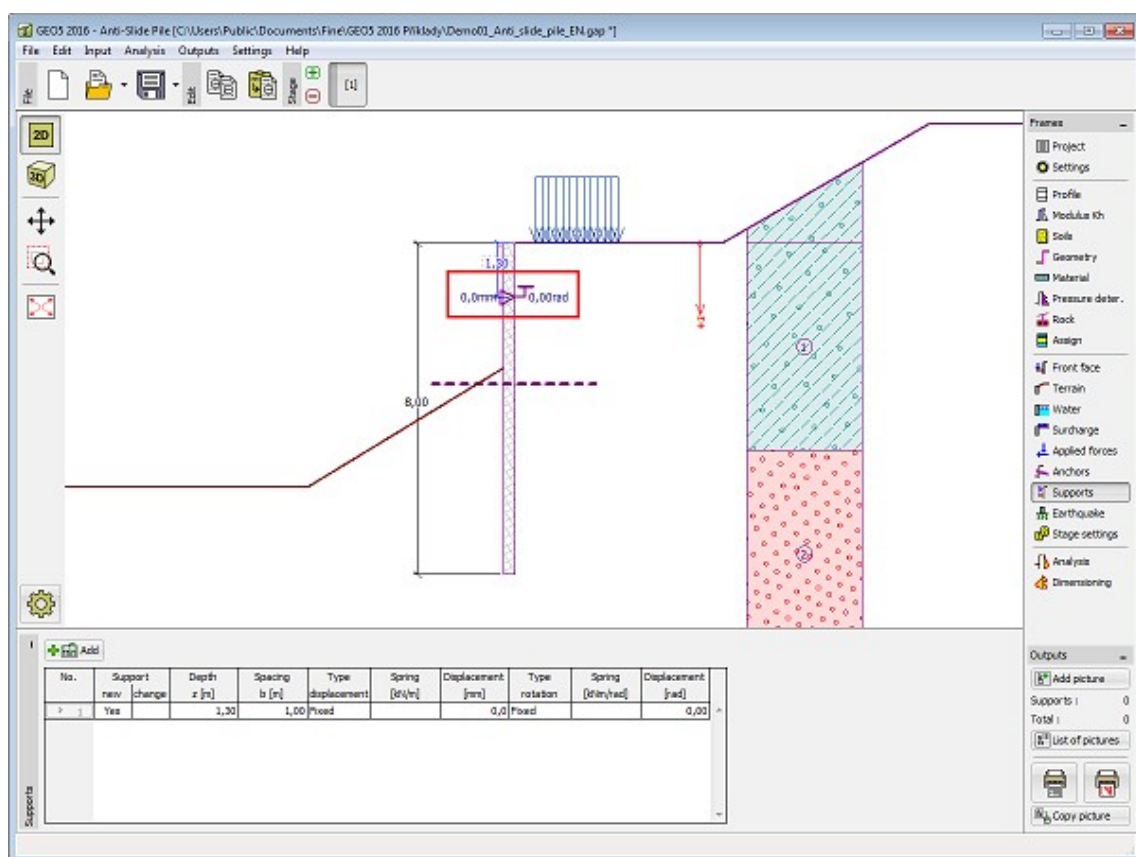
Cuadro "Anclaje"

Soportes

El cuadro **"Soportes"** contiene una tabla con un listado de los soportes introducidos. Para **añadir** (editar) soportes se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo (Editar) soporte"**. Los soportes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** y de los **objetos activos**, respectivamente.

Deberá especificar su ubicación, el tipo de desplazamiento (libre, fijado, resorte, dislocación forzada) y rotación. El soporte se introduce automáticamente en una estructura deformada (que se obtiene de la **etapa de construcción** anterior).

En las etapas siguientes el apoyo no podrá ser editado. La única acción permitida es la entrada del desplazamiento forzado de un soporte.



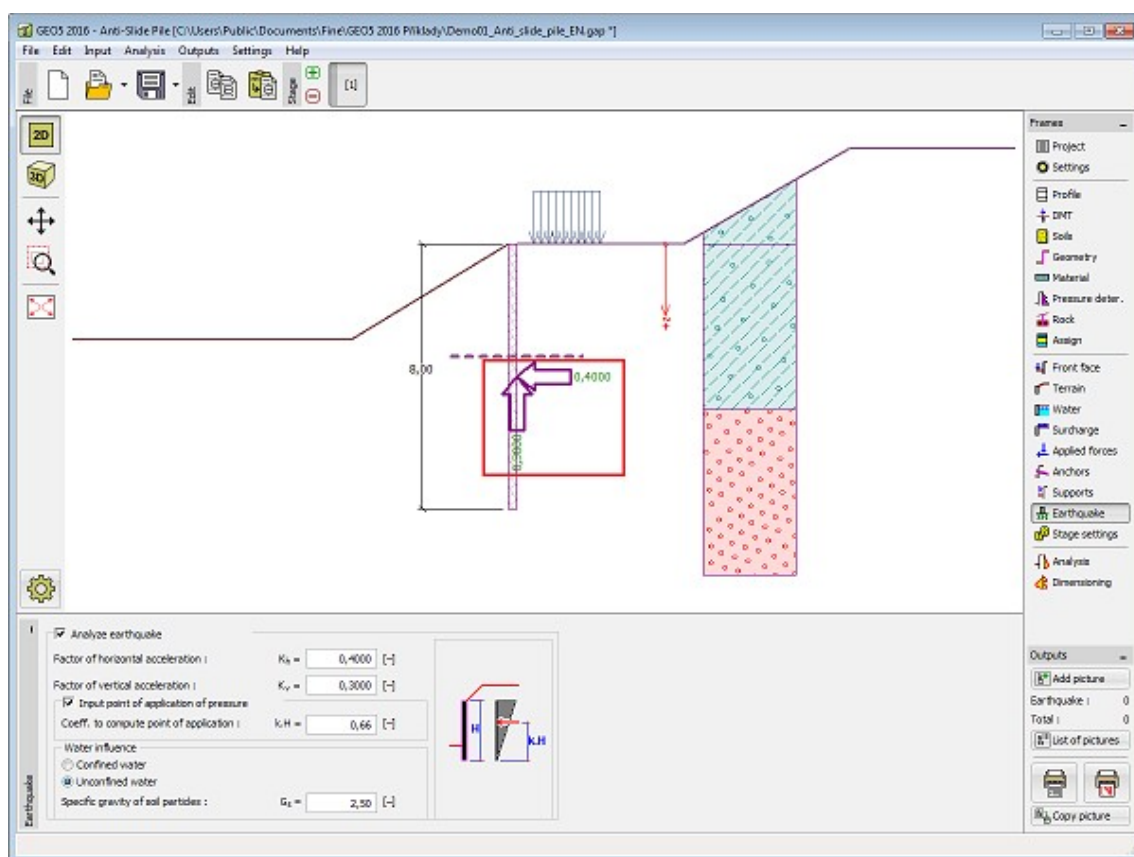
Cuadro "Soportes"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica de la ayuda, capítulo **"Influencia de sismo"**.



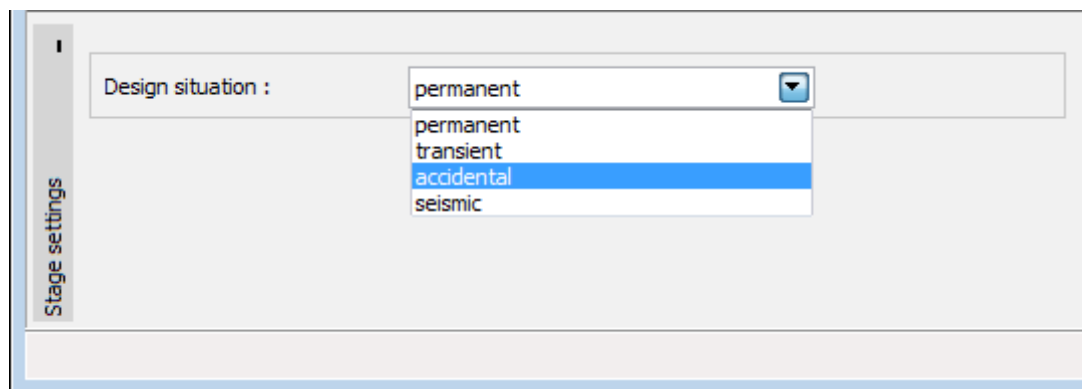
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

El cuadro "Análisis" muestra el resultado del análisis de pilotes anti-delizantes. Seleccionando esta opción automáticamente comienza a ejecutarse el análisis.

Los valores máximos de las **fuerzas internas y el desplazamiento** se muestran en la ventana inferior. Si el pilote se **fija en la roca**, se realiza la comprobación de la **capacidad portante de roca**. El cuadro contiene tres opciones para mostrar los resultados del análisis, que se pueden cambiar con los botones en la parte derecha del marco.

- **Módulo de reacción de subsuelo + presiones de tierra**

La variación de **módulo de reacción del subsuelo** se muestra en la parte izquierda del escritorio (por defecto color azul) Refiriéndose al **método de presión dependiente** algunos de los resortes (valores de los módulos de reacción de subsuelo) son eliminados del análisis (la rigidez del resorte se configura igual a cero).

El análisis **puede no converger** proporcionado la etapa crítica (límite) desarrollada por delante y por detrás de la estructura y no hay suficiente límites disponibles (anclaje, soportes). Si el programa continúa sin encontrar una solución, un mensaje de error aparece en la parte inferior del cuadro. En este caso llamar para **modificación por problemas de entrada**.

Ej.: agregar anclaje, cambiar la profundidad de la excavación, mejorar los parámetros del suelo, etc.

La distribución de los límites de presión (por defecto línea de puntos verde) se muestra en la parte derecha del escritorio (**presión pasiva**, **presión en reposo** y **presión activa**). **La presión actual que actúa sobre la estructura** se representa con una línea azul sólida.

La estructura deforme (por defecto se representa con una línea roja sólida) y no deforme aparece en la parte derecha del escritorio. Se muestran también las fuerzas y desplazamientos desarrollados en los anclajes, soportes, y apoyos.

- **Momento + Fuerzas de corte**

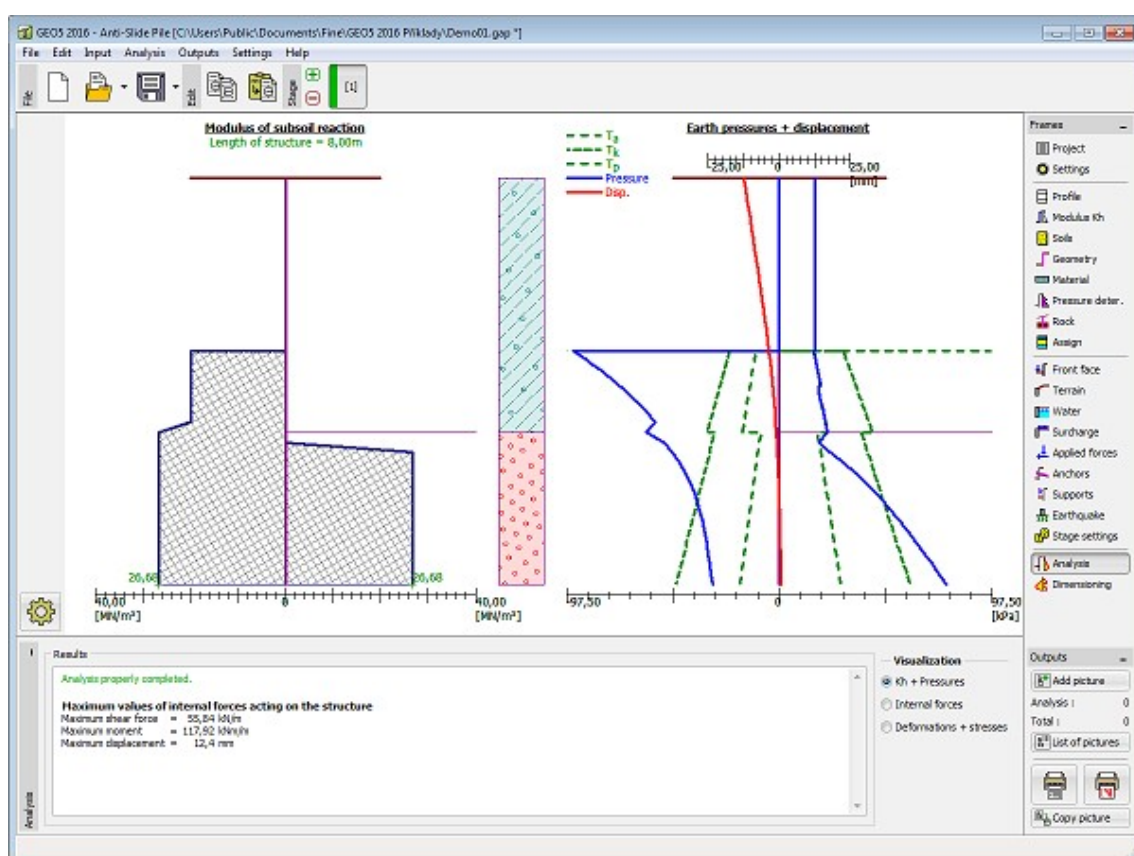
La geometría de una estructura junto con las fuerzas que actúan en anclajes, reacciones y deformaciones de los soportes y los apoyos aparece en la parte izquierda del escritorio. Distribuciones de momento de flexión y fuerza de corte son entonces graficados a la derecha.

- **Desplazamiento + Presión**

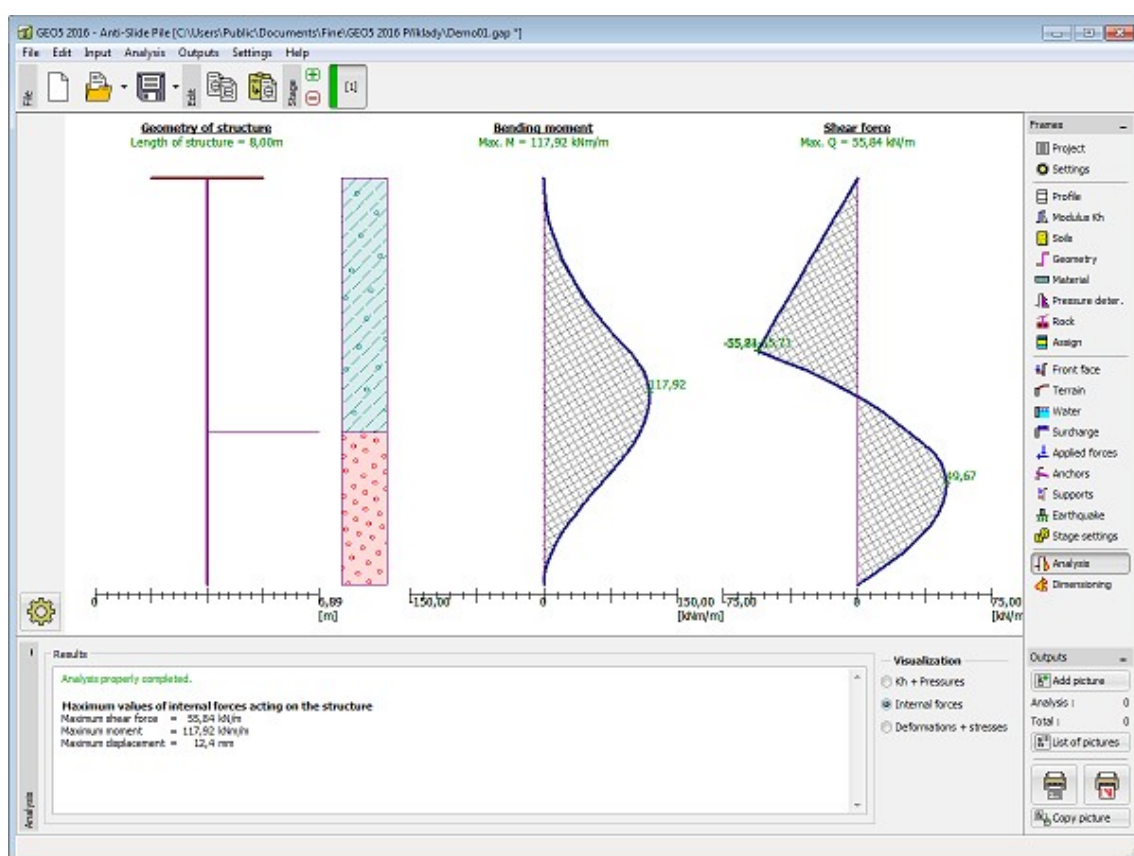
La geometría de la estructura aparece en la parte izquierda del escritorio junto con las fuerzas que actúan en anclajes, reacciones y deformaciones de soportes y objetos. La deformación de la estructura junto con la presión general actuando en la **estructura pantalla** se representa luego en el lado derecho.

Proporcionado el módulo de reacción del suelo se puede ver, por iteración, que es necesario controlar el **curso de la iteración manual** en el cuadro de diálogo "Iteración". Los detalles son proporcionados en la parte teórica bajo el título "**Módulos de reacción de suelo determinado por iteración**".

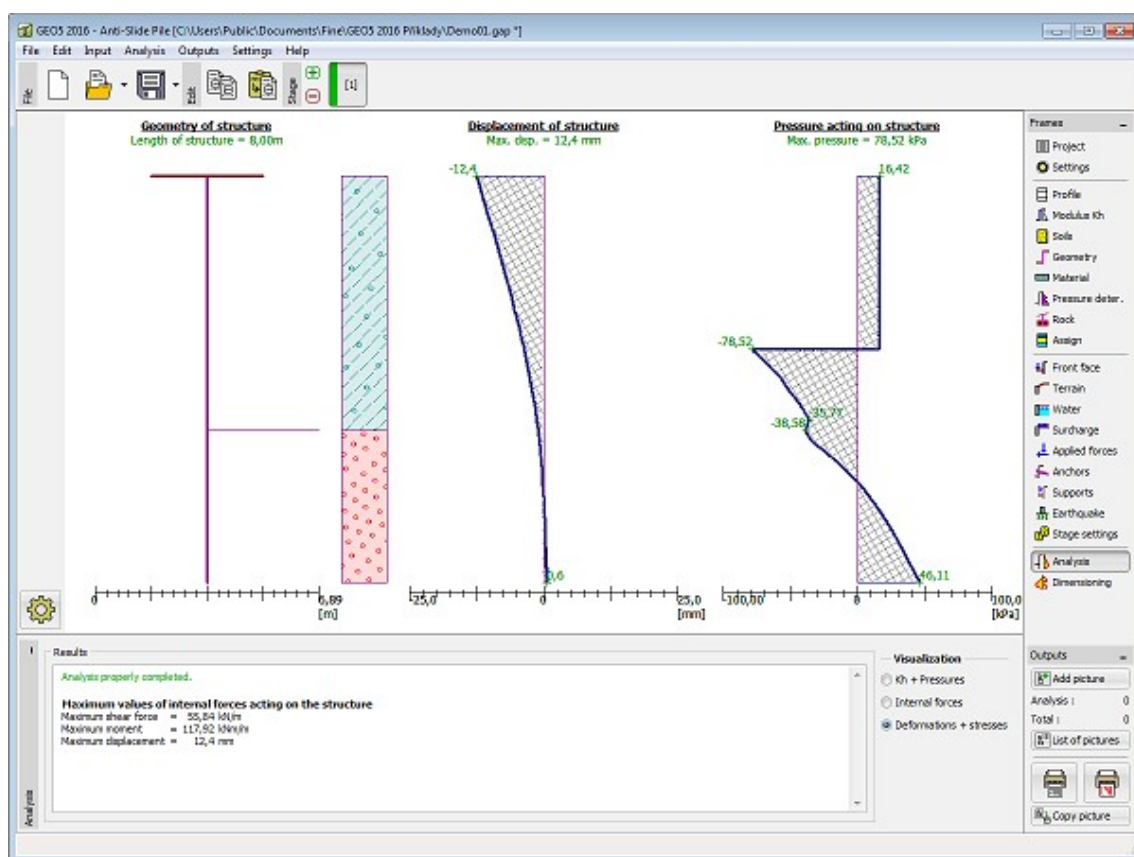
La visualización de los resultados puede ser ajustada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Análisis" - Módulo de reacción del suelo, presión de tierra, y desplazamiento



Cuadro "Análisis" - momento de flexión y fuerza de corte



Cuadro "Análisis" - desplazamiento y presión de tierra actuando en la estructura

Dimensionado

El cuadro **"Dimensionado"** es posible mostrar una envolvente de fuerza interna y desplazamientos desde todos los análisis (**etapas de construcción**). Por defecto el envolvente se construye a partir de los resultados de todas las etapas de construcción, no obstante, puede ser creado sólo desde las **etapas seleccionadas**. El botón **"modificar"** abre el cuadro de diálogo "Selección de etapa de construcción", donde es posible seleccionar las etapas de construcción que se utilizan para generar el envolvente actual. (presionando los botones correspondientes)

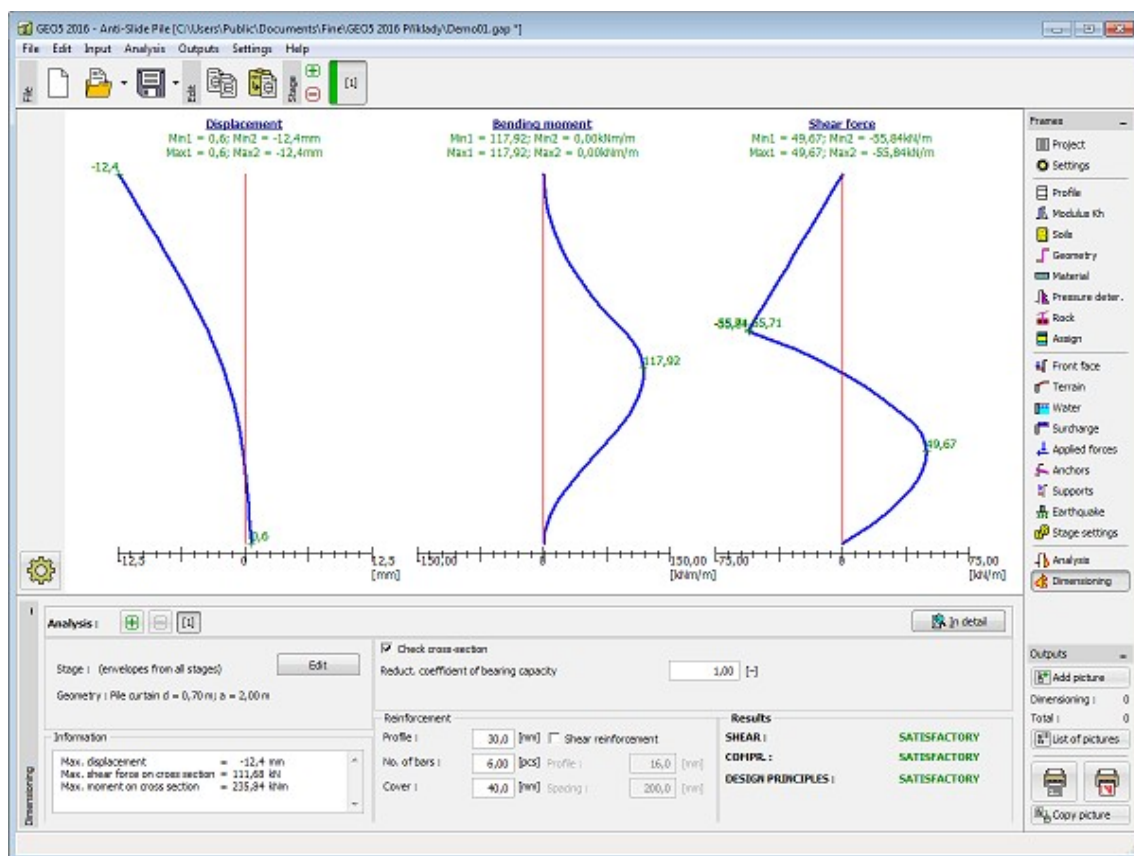
Los valores máximos de las fuerzas internas calculadas (momento de flexión y fuerza de corte) y las magnitudes de desplazamiento se muestran en la parte inferior del cuadro.

El programa permite el dimensionado de **hormigón reforzado en acero** y **sección transversal de acero** (seleccionando la opción **sección transversal**). Cuando analizamos la sección transversal es posible introducir el **coeficiente de reducción de la capacidad portante**, lo que reduce la capacidad portante global de la sección transversal.

La magnitud de este coeficiente depende de la forma, cómo se calculan las fuerzas activas y pasivas (cuadro **"Determinación de presión"**). Si estos valores son los valores de diseño (ya aumentado en factores parciales), este coeficiente debería ser 1,0 - si no, este coeficiente debe ser más alto que 1,0. (Para **ES 1997** es este valor en el intervalo de 1,35 a 1,5).

Este cuadro permite realizar una **largo número de análisis** de dimensionado de una sección transversal. El botón **"En detalle"** en la parte derecha del cuadro abre el cuadro de diálogo **"Dimensionado"** para mostrar los resultados detallados.

La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "Configuración de gráficos"



Frame "Dimensioning"

Verificación de anclajes

El cuadro "Verificación de anclajes" contiene una tabla con una lista de anclajes de entrada.

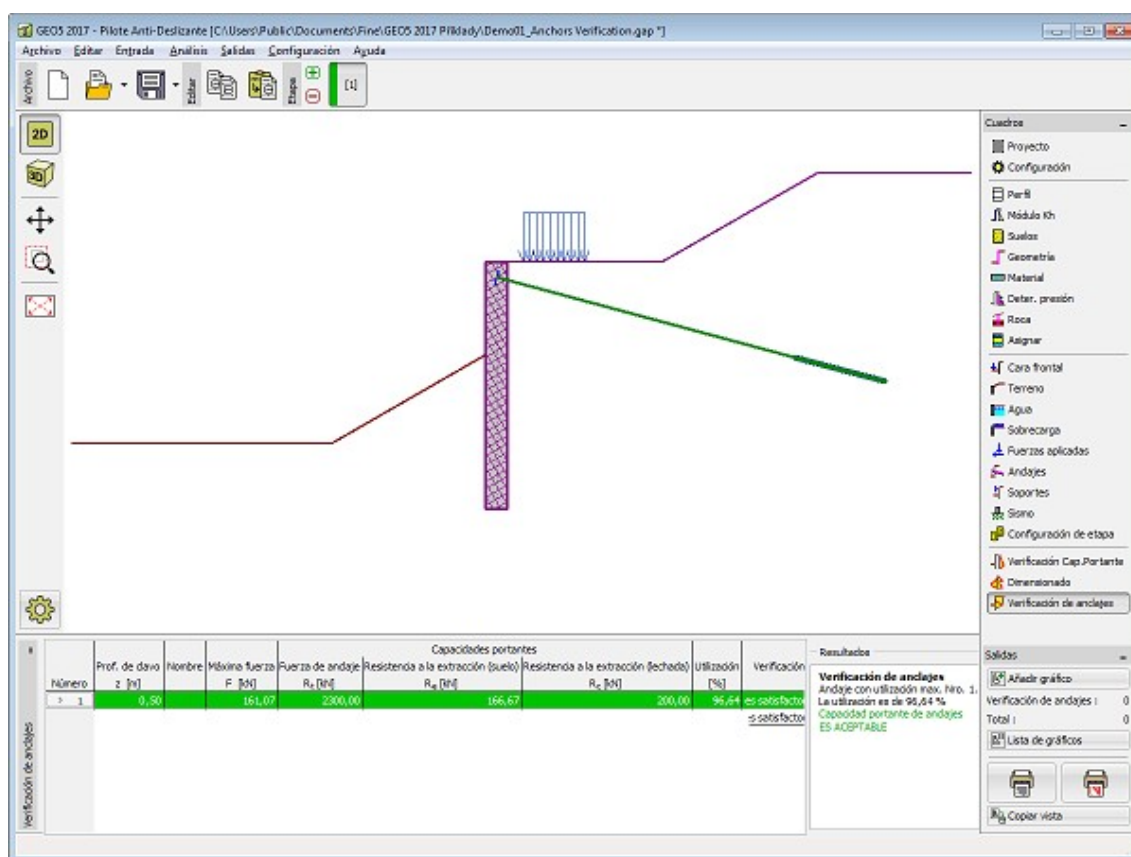
La **capacidad portante total** de los anclajes se verifica en este cuadro.

Los anclajes se pueden verificar para tres **tipos de fallas** diferentes.

- Fuerza de anclaje R_t
- Resistencia a la extracción (suelo) R_e
- Resistencia a la extracción (lechado) R_c

Las **capacidades portantes** de anclajes calculadas se **reducen** por el factor de seguridad o coeficiente de reducción correspondiente, que se define en el cuadro "Configuración", solapa "Anclajes". La verificación del anclaje es satisfactoria, cuando la fuerza máxima en el anclaje P_{max} es menor que todas las capacidades portantes calculadas.

$$\min \left(\frac{R_t}{SF_t}; \frac{R_e}{SF_e}; \frac{R_c}{SF_c} \right) \geq P_{max}$$



Cuadro "Verificación de anclajes"

Programa Excavación en Pozo

Este programa se utiliza para analizar las presiones de tierra espaciales en el eje circular y la determinación de las fuerzas internas en la estructura.

La ayuda en el programa "Excavación en Pozo" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuració Geometría n	Perfil	Suelos	Asignar	Agua
Sobrecarga	Configuració Análisis de n de etapas carga	Dimensiona miento			

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "**Excavación en Pozo**":

Tensión geoestática, Aumento de presión	Sobrecarga continua - Presión activa de la tierra	Sobrecarga concentrada - Presión activa de la tierra	Sobrecarga lineal - Presión activa de la tierra	Sobrecarga concentrada - Presión en reposo de la	Excavación en pozo
--	--	---	--	---	-----------------------

tierra

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos y para especificar configuraciones generales para la ejecución del análisis. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

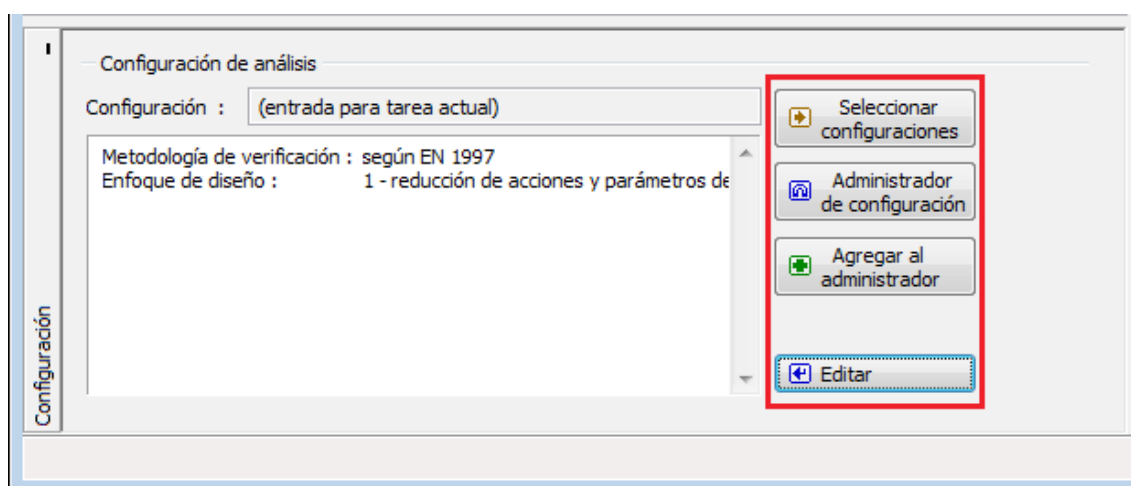
El botón "**Añadir al administrador**" permite crear configuraciones definidas por el usuario, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se llevan a cabo en la pestaña "**Análisis de presión**".



Cuadro "Configuración"

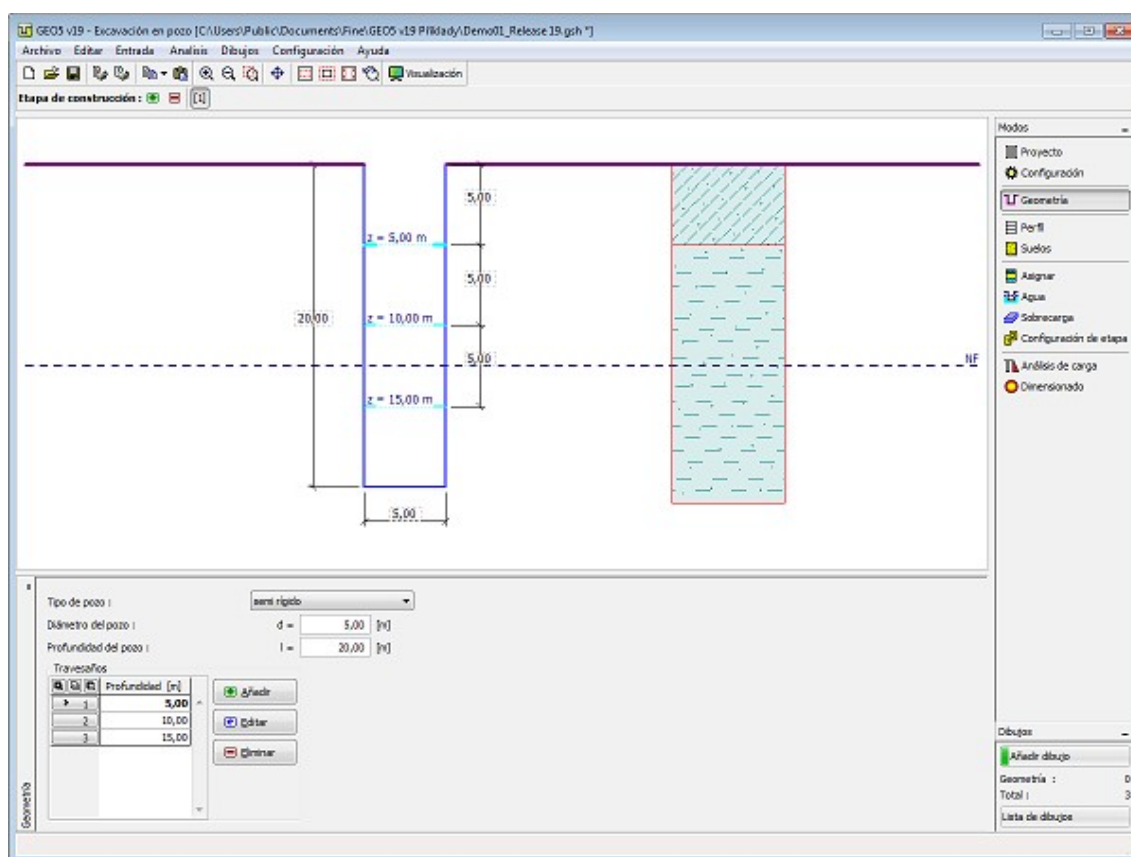
Geometría

El cuadro "**Geometría**" permite seleccionar la forma del pozo (**flexible**, **semi-rígido**, **rígido**) y el **diámetro del pozo d** , **profundidad del pozo l** , y **la profundidad de los travesaños**

El cuadro contiene una **tabla** con la lista de profundidades de travesaños. **Añadir** un segmento se realiza en el **cuadro de diálogo "Nuevo travesaño"**.

Las dimensiones de la estructura y profundidad de los travesaños pueden ser modificadas en el cuadro editando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

Perfil

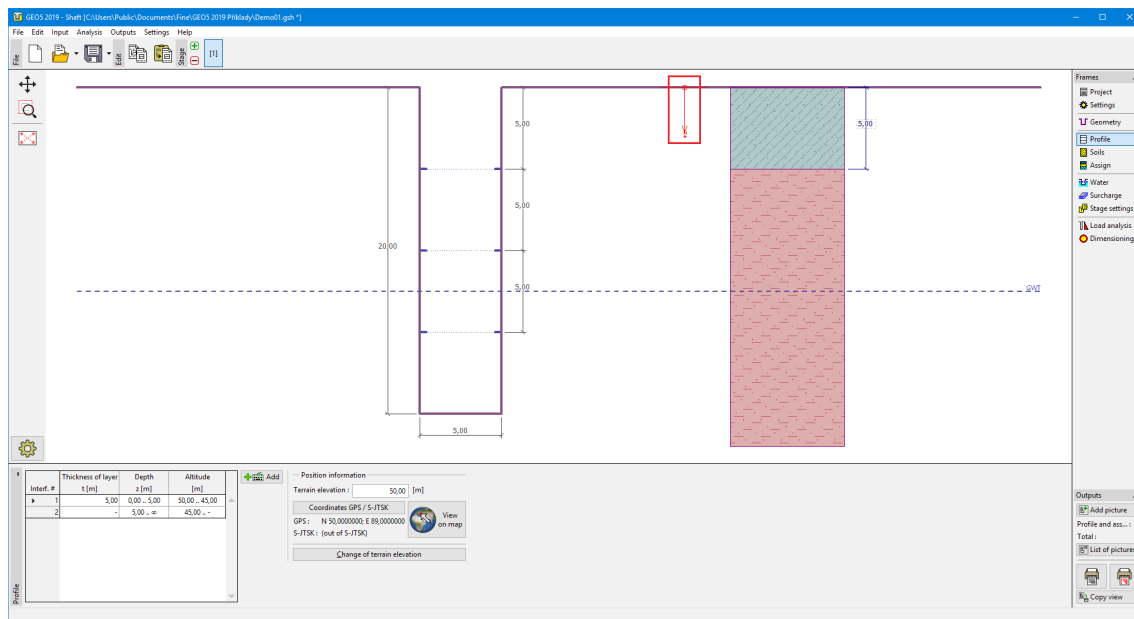
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con la lista de interfaces ingresadas. Luego de especificar interfaces es posible editar el espesor de las capas individuales con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el cuadro de diálogo "**Nueva interfaz**". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "**Ver en el mapa**" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "**Cambiar la elevación del terreno**" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "**Terreno**" y "**Estratigrafía**"



Cuadro "Perfil"

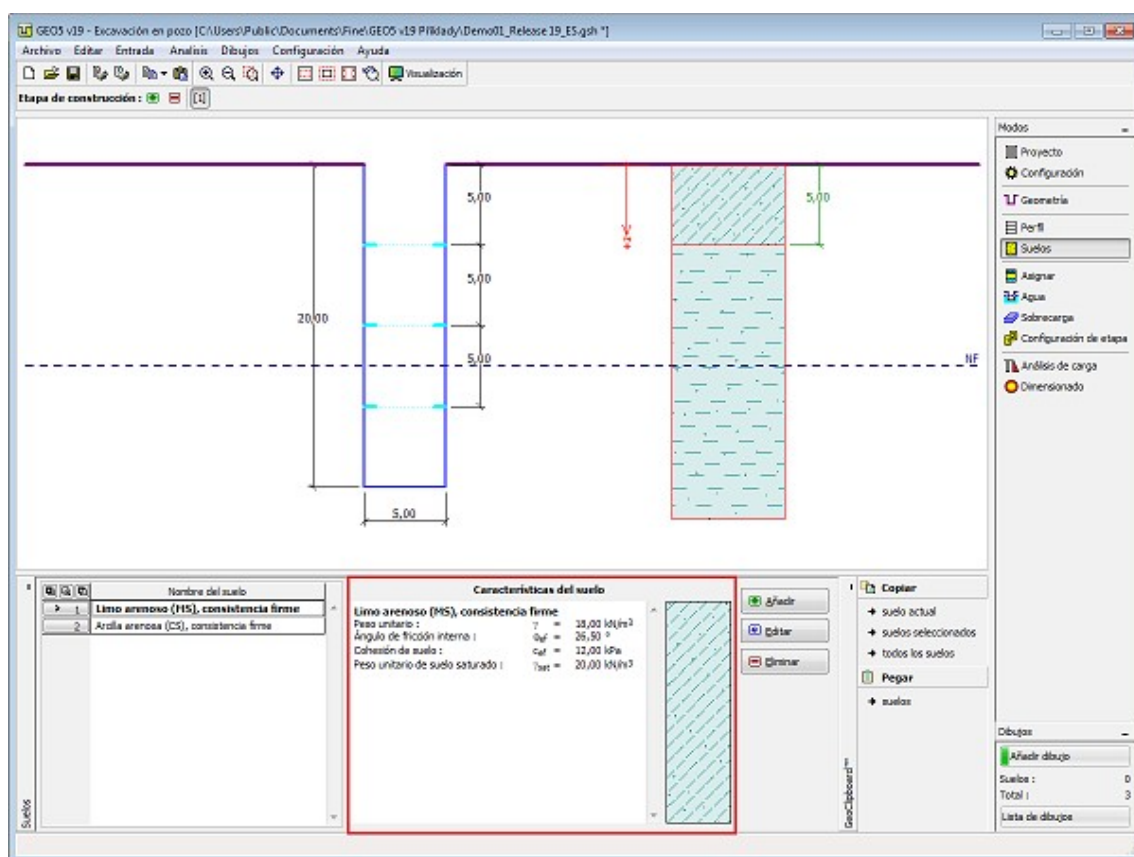
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos Básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo**, **ángulo de fricción interna** y **cohesión del suelo**, etc. El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

La teoría asociada se describe en detalle en el capítulo "[Presiones de tierra](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Típo F3, konzistence tuhá

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 18,0

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 24-29

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 8-16

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

GEO

Trama

Limo arenoso

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

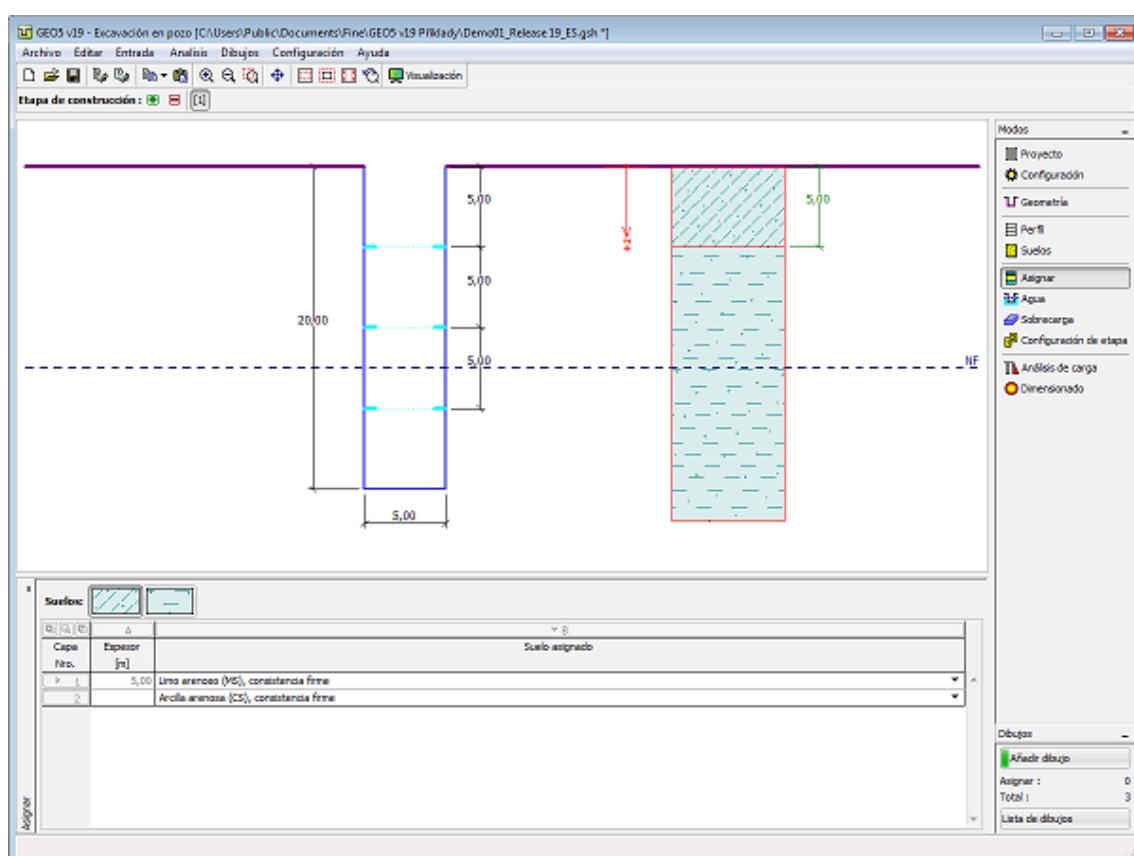
Cancelar

Cuadro "Suelos - Datos Básicos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asociados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en **herencia**.

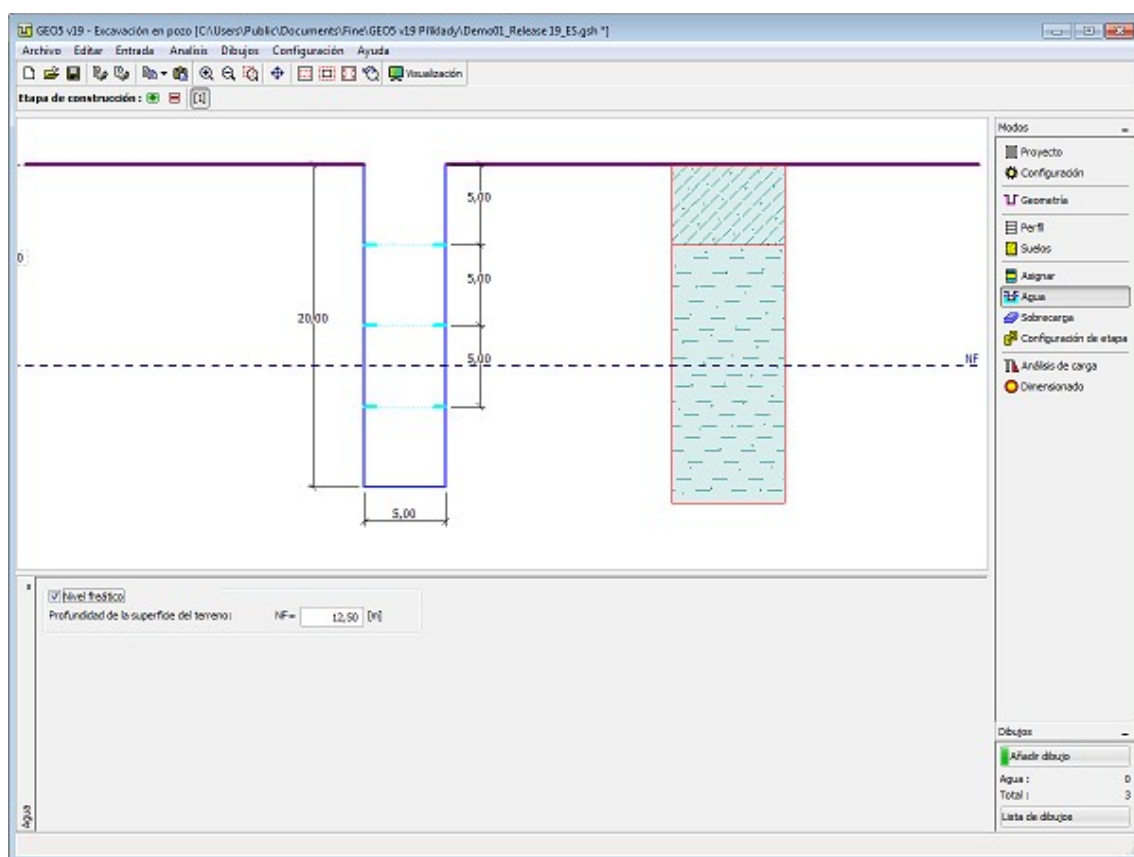


Cuadro "Asignar"

Agua

El cuadro **"Agua"** sirve para introducir la **profundidad de la napa freática**. Los valores pueden ser editados en el cuadro entrando los valores en los campos específicos, o en escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El NF cambia la **tensión geostática** en el perfil del suelo.



Cuadro "Agua"

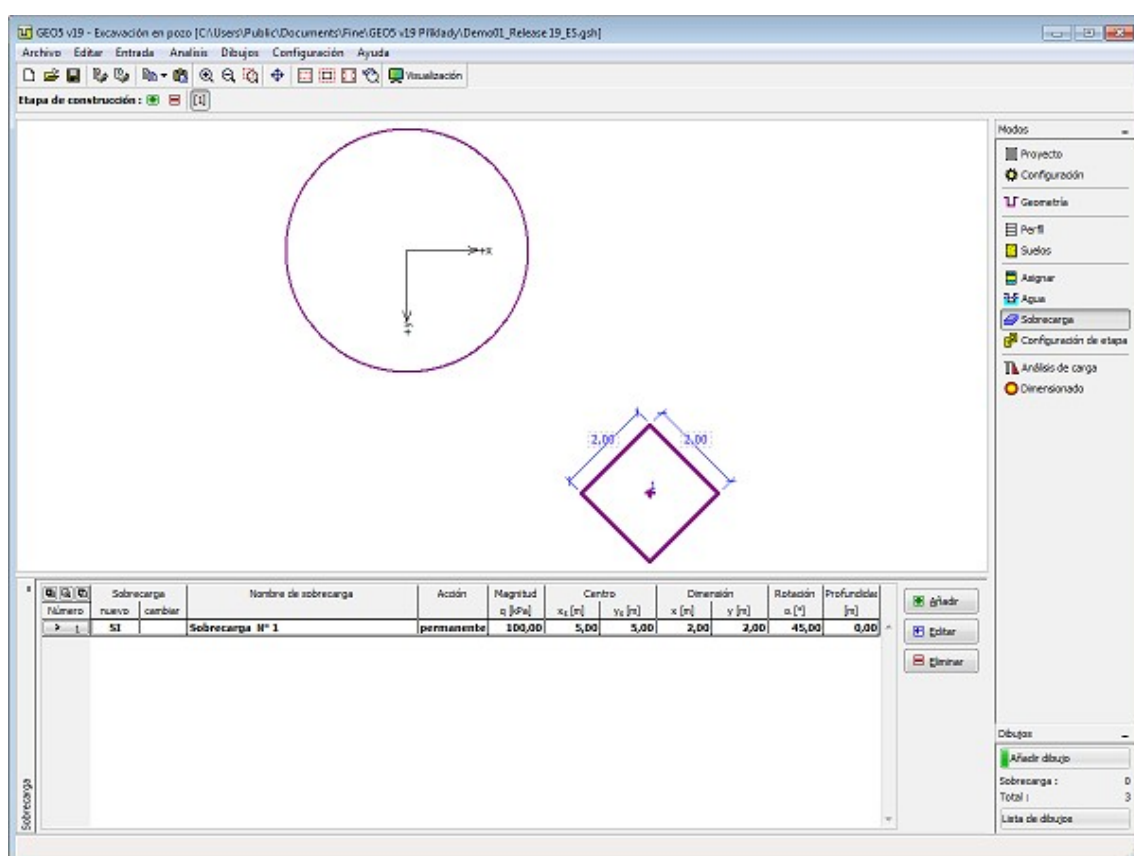
Sobrecarga

El **cuadro "Sobrecarga"** contiene una **tabla** con la lista de las sobrecargas introducidas.

Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

Es posible ingresar la sobrecarga como **permanente**, **variable** o **accidental**. Tipo de sobrecarga es superficial o local. El efecto final se multiplica por el coeficiente de verificación correspondiente según el tipo de sobrecarga.

En el caso de considerar sobrecarga en una profundidad diferente, entonces se introduce en la superficie (por ejemplo, bases de los edificios circundantes), la profundidad h por bajo de la superficie (dirección positiva hacia abajo).



Cuadro "Sobrecarga"

Nueva sobrecarga

Parámetros de sobrecarga

Nombre :

Tipo de sobrecarga :

Tipo de acción :

Mag. de sobrecarga : $q =$ [kPa]

Centro : $x_s =$ [m]
 $y_s =$ [m]

Dimensión : $x =$ [m]
 $y =$ [m]

Rotación : $\alpha =$ [°]

Profundidad de la superficie del terreno (dirección abajo positiva) :
 $h =$ [m]

Geometría

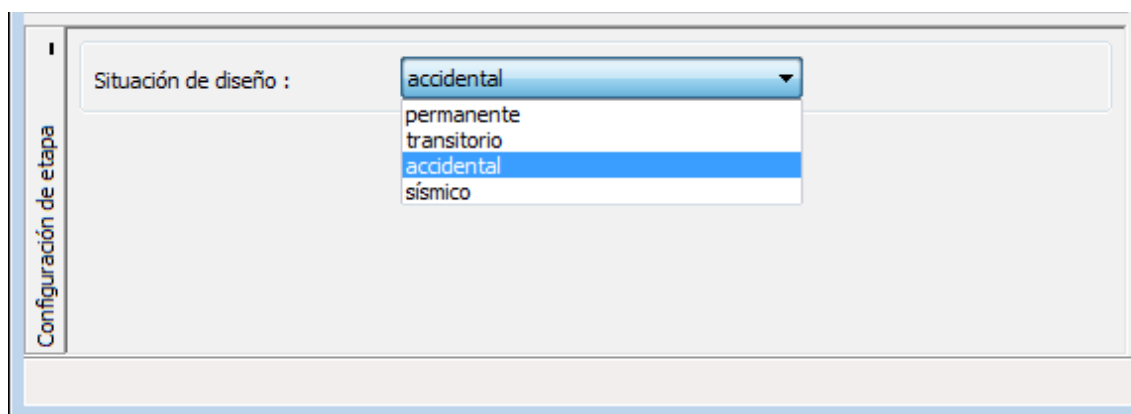
Cuadro "Nueva sobrecarga"

Configuración de etapas

El **cuadro "Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapas"

Análisis de carga

El **cuadro de "análisis de carga"** permite detererminar la carga final en **dirección vertical**, la carga final sobre los **travesaños** o en la **profundidad introducida** (para pozos sin travesaños). El programa calcula todas las cargas parciales, los multiplica por los correspondientes coeficientes parciales y muestra la carga final en la pantalla

La presión de la tierra uniforme calculada se puede modificar (en cumplimiento con las normas DIN o SNIP) por el coeficiente de reducción, por lo que la carga **"circular"** cambia a **"elípticas"**. Es posible especificar la forma de modificación (aumento y disminución de la carga, sólo disminuir la carga) y el valor del **coeficiente de reducción** (valor recomendado es 25 %).

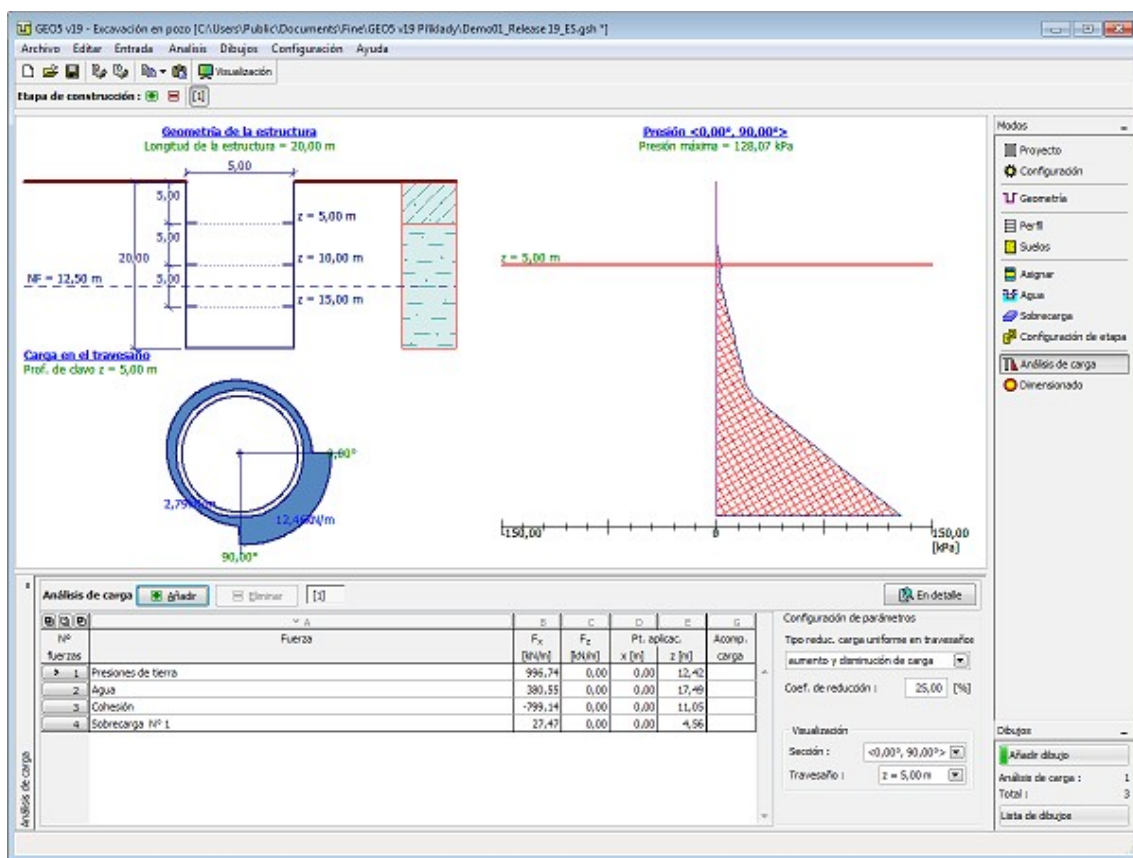
La **carga** computarizada es la entrada para el análisis de las **fuerzas internas** en el cuadro de **"Dimensionamiento"**. El programa calcula automáticamente la carga en todos los travesaños o en la profundidad de entrada (pozo sin travesaños).

Varios cálculos pueden llevarse a cabo en una sola tarea. Esto es muy útil para la determinación de combinaciones de casos de carga - en el cuadro de **"Dimensionamiento"** se puede trabajar con todas las combinaciones aquí calculadas.

La apariencia del cuadro se ajusta según la **metodología de verificación** seleccionada

- Verificación según el **factor de seguridad** o la teoría de **estados límite** afirma - la última columna en la tabla permite introducir los **coeficientes de diseño**, lo que multiplica las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y se actualizan con cada cambio de datos y la configuración.
- **Análisis según el estandar EN 1997** - la última columna en la tabla permite especificar si la carga que actúa sobre una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalle en la sección **"Combinación de cargas"**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna no se muestra.

Los **resultados del análisis** se muestran en el escritorio y se actualizan inmediatamente para cada cambio o modificación arbitrario en los datos de entrada. La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Análisis de carga"

Dimensionamiento

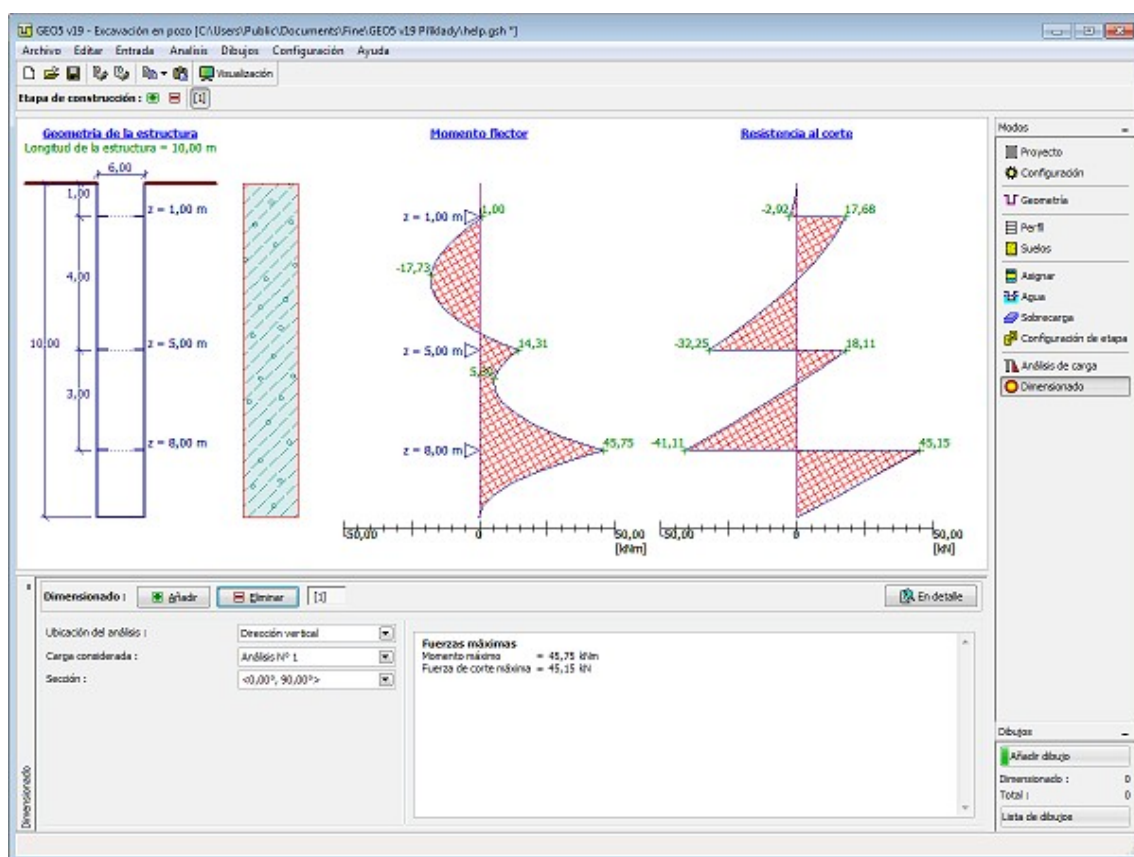
En el cuadro "**Dimensionamiento**", el programa calcula las fuerzas internas en el pozo para la **carga**, ya definido en el cuadro de "**Análisis**". Dos tipos de análisis se pueden realizar:

- fuerzas internas en dirección vertical
- fuerzas internas sobre travesaños o en profundidad específica (para pozos sin travesaños)

El análisis se realiza para la carga seleccionada o envolventes de fuerzas internas calculadas para todas las cargas especificadas (casos de carga).

Varios cálculos pueden llevarse a cabo en una sola tarea. Los valores máximos de fuerzas internas se muestran en la ventana de salida. El botón "**en detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

Cuando analizamos la dirección vertical, el programa permite seleccionar una sección específica (se introduce un suplemento local, de esta manera más secciones están disponibles) o se calcula el envolvente de las fuerzas internas para todas las secciones.



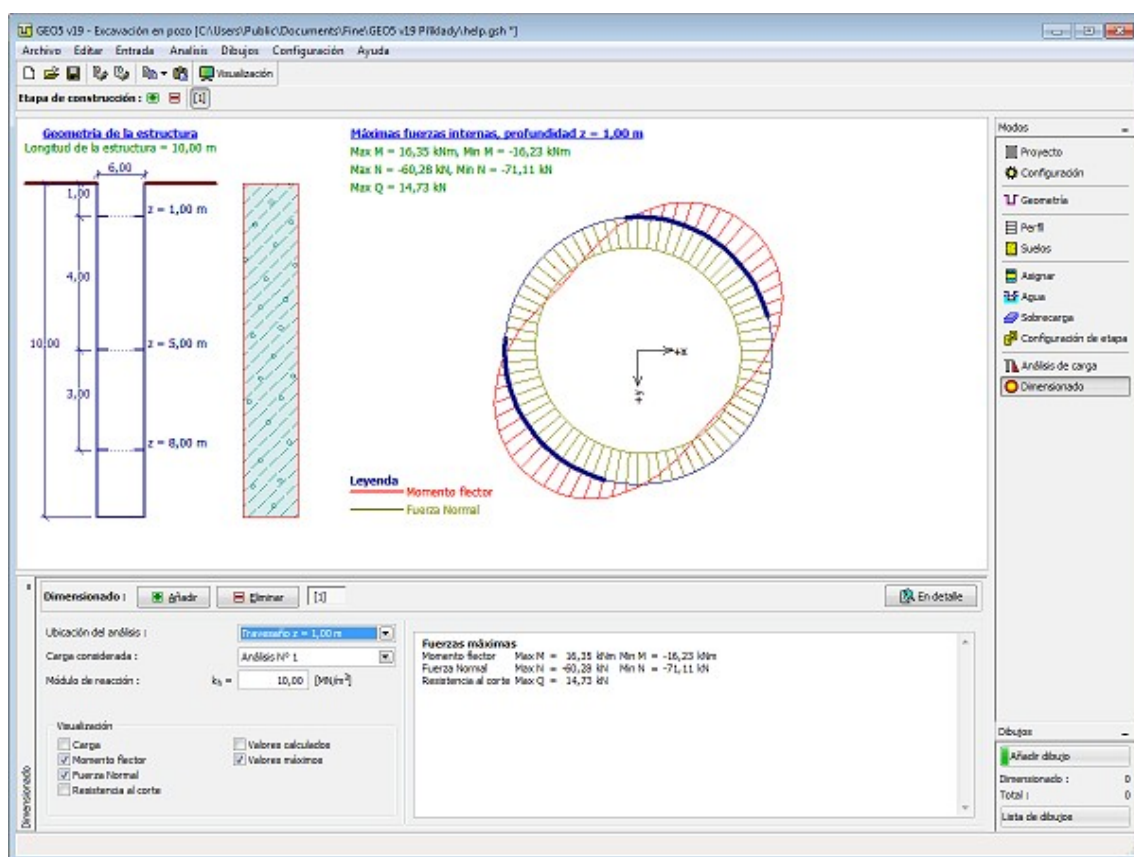
Cuadro "Dimensionamiento" - dirección vertical

Cuando analizamos la dirección horizontal (Fuerzas internas en el travesaño o en la profundidad introducida), el coeficiente de balasto tiene que ser ingresado para el suelo a una profundidad especificada.

El programa muestra la carga, el momento de flexión y la fuerza corte - la forma de representación se define en la parte "**Visualización**". El botón "**Valores máximos**" oculta todos los valores excepto los valores máximos.

Parte de la imagen está marcada con una línea en negrita - esto es parte del pozo, que se deforma en el suelo. En esta parte, los resortes del subsuelo se consideran en el análisis por el método de poligonal.

La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Dimensionamiento" - travesaños

Programa Estabilidad de Taludes

El programa se utiliza para realizar el análisis de la estabilidad de taludes (Terraplenes, cortes tierra, ancladas estructuras de contención, muros de suelo reforzado, etc.). Se utiliza principalmente para la comprobación de la estabilidad de diques, desmontes y de estructuras de refuerzo ancladas.

a superficie de deslizamiento es considerada circular (Bishop, Fellenius / Peterson, Janbu, Morgenstern-Price o métodos Spencer) o poligonal (Sarma, Janbu, Morgenstern-Price o métodos Spencer).

La ayuda en el programa "Estabilidad de Taludes" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Interfaces	Terraplén	Corte de tierra	Suelo	Cuerpo rígido
Asignar	Anclajes	Clavos	Refuerzos	Pilote Anti-Deslizante	Sobrecarga	Agua
Sísmo	Configuración	Análisis				
	n de etapas					

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa "**Estabilidad de Taludes**":
 Tensión en el cuerpo del suelo Parámetros de roca Pilote Anti-Deslizante Estabilidad de Taludes
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro "**Configuración**" sirve para introducir la configuración básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar configuraciones**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "lista de configuración".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

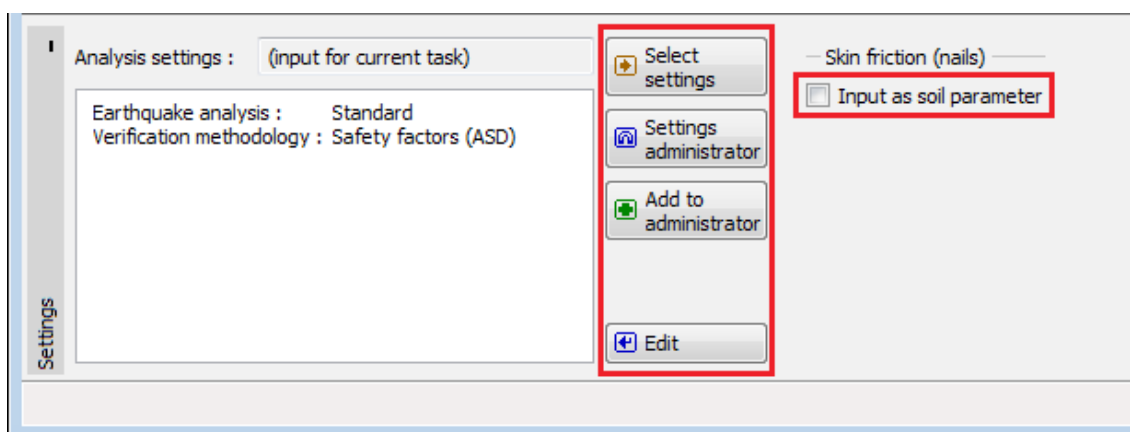
El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**" y "**Análisis de estabilidad**".

Cuando calculamos la resistencia a la extracción del clavo, el **rozamiento** puede ser ingresado como parámetro de suelo.



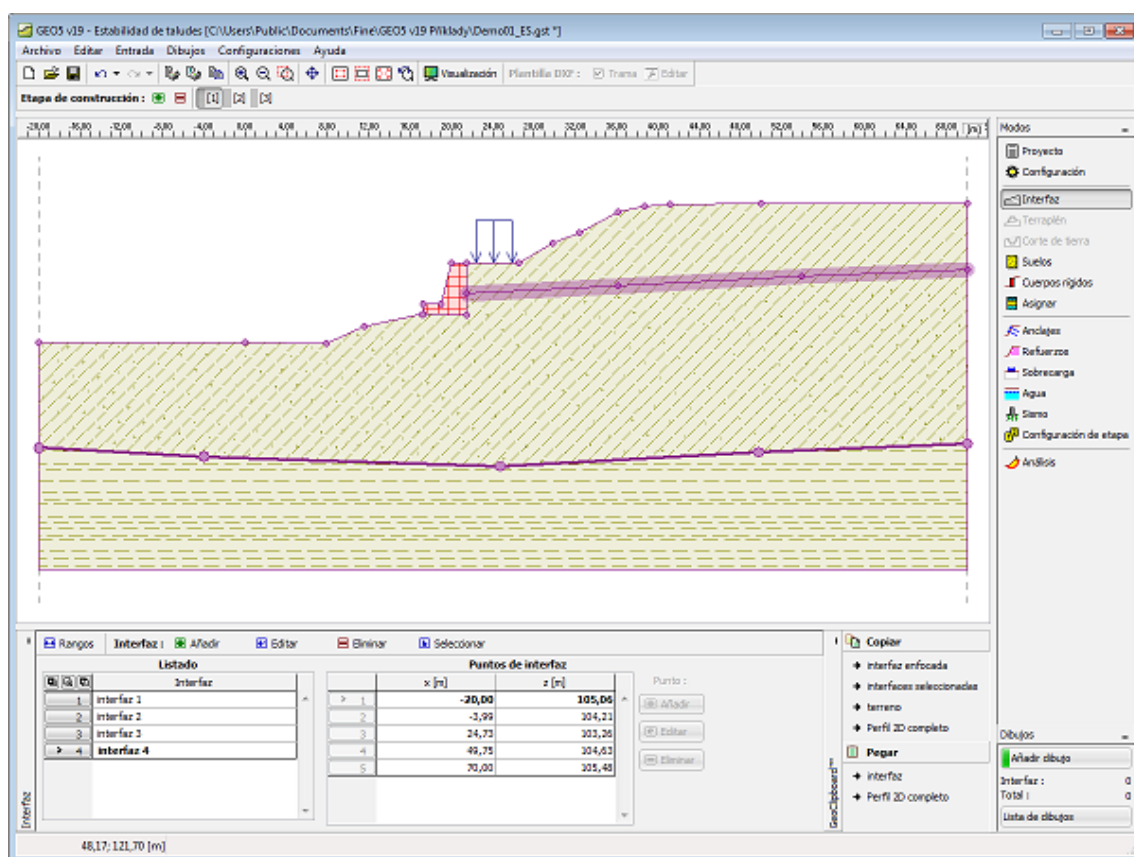
Cuadro "Configuración"

Interfaz

El **cuadro "Interfaz"** sirve para introducir distintas interfaces de suelo dentro del cuerpo del suelo. La descripción detallada de como trabajar con interfaces se describe en **herencia**.

El programa permite **importar / exportar** interfaces en el formato *.DXF.

Las interfaces introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "**GeoClipboard**".



Cuadro "Interfaz"

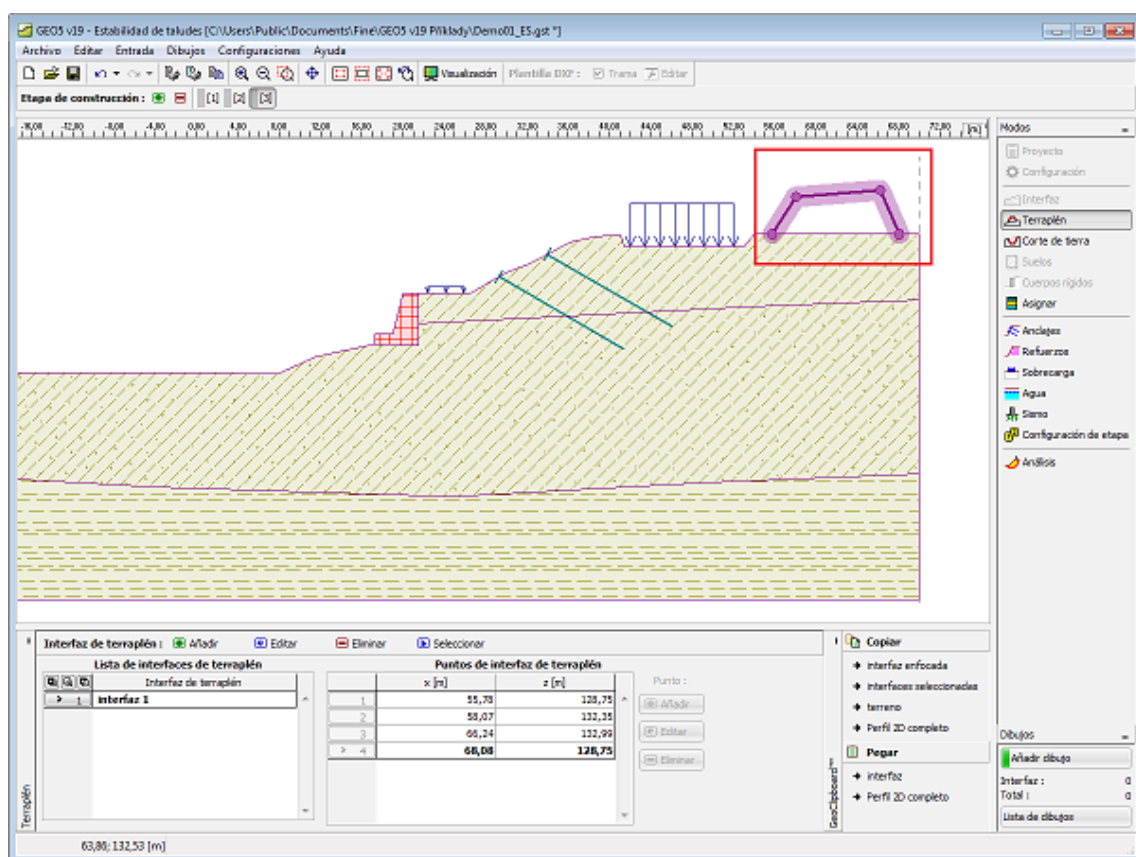
Terraplén

El cuadro "Terraplén" permite introducir interfaces para crear un terraplén por encima del terreno. El cuadro contiene una tabla con la lista de interfaces que forman el terraplén. En la sección media del cuadro se muestra la tabla con un listado de los puntos de las interfaces seleccionadas del terraplén. Para introducir una interfaz de terraplén se deben seguir los mismos pasos que para introducir una interfaz estándar.

Un terraplén no puede ser especificado en la primera etapa de construcción.

Un terraplén no puede ser creado si hay un corte de tierra en la etapa - en este caso una nueva etapa de construcción debe ser creada para introducir el terraplén y/o el corte existente debe ser eliminado.

Las interfaces introducidas en un terraplén se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Terraplén"

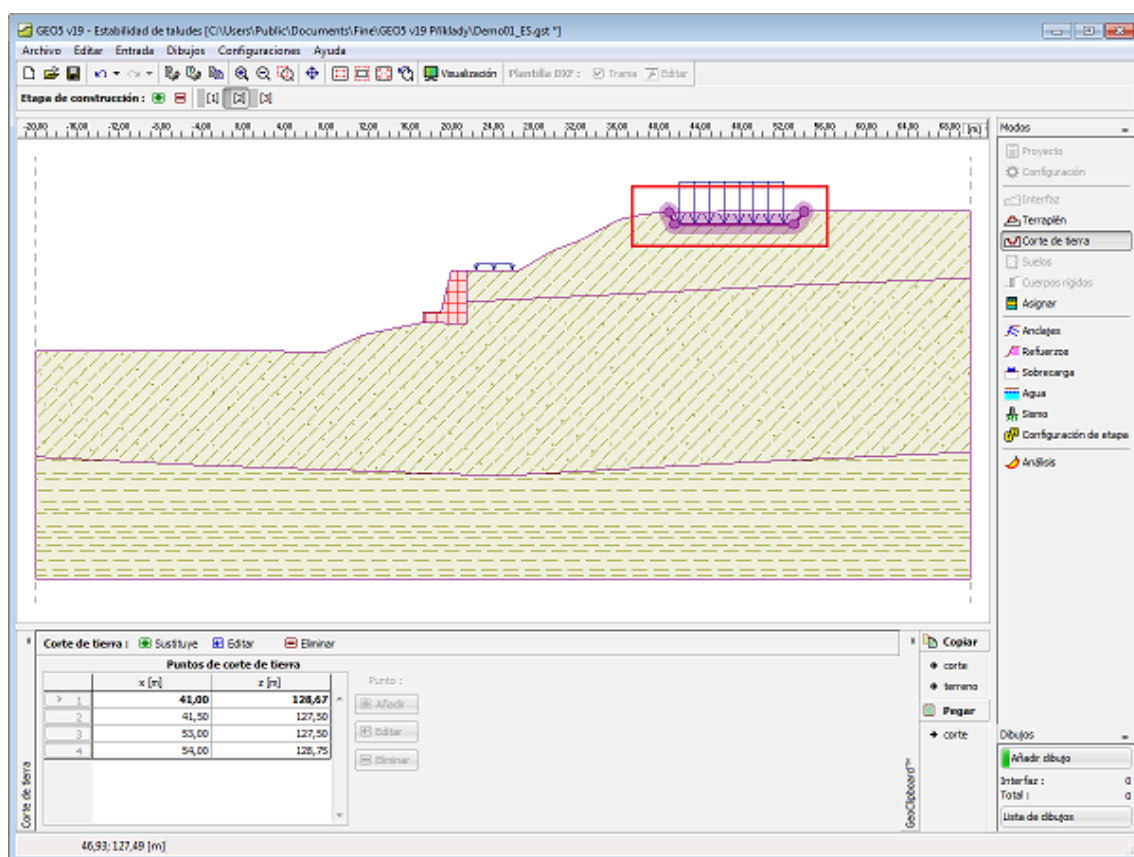
Corte de Tierra

El cuadro **"Corte de Tierra"** sirve para especificar la forma de un corte abierto. Esta función permite modificar el perfil del terreno dentro de una **etapa de construcción** dada. Distintos cortes de tierra pueden ser introducidos al mismo tiempo. En este caso algunas líneas de corte aparecen parcialmente por encima del terreno.

En la parte izquierda del cuadro se muestra la **tabla** con la lista de los puntos de las interfaces. Para introducir un nuevo corte de tierra se deben seguir los mismos pasos que para introducir una **interfaz estándar**.

Un corte de tierra no puede ser especificado en la primera **etapa de construcción**. Un corte de tierra no puede ser creado si hay un **terrapién** en la etapa - en este caso una nueva etapa de construcción debe ser creada para introducir el corte de tierra y/o el terrapién existente debe ser eliminado.

Las interfaces introducidas en un corte de tierra se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Corte de Tierra"

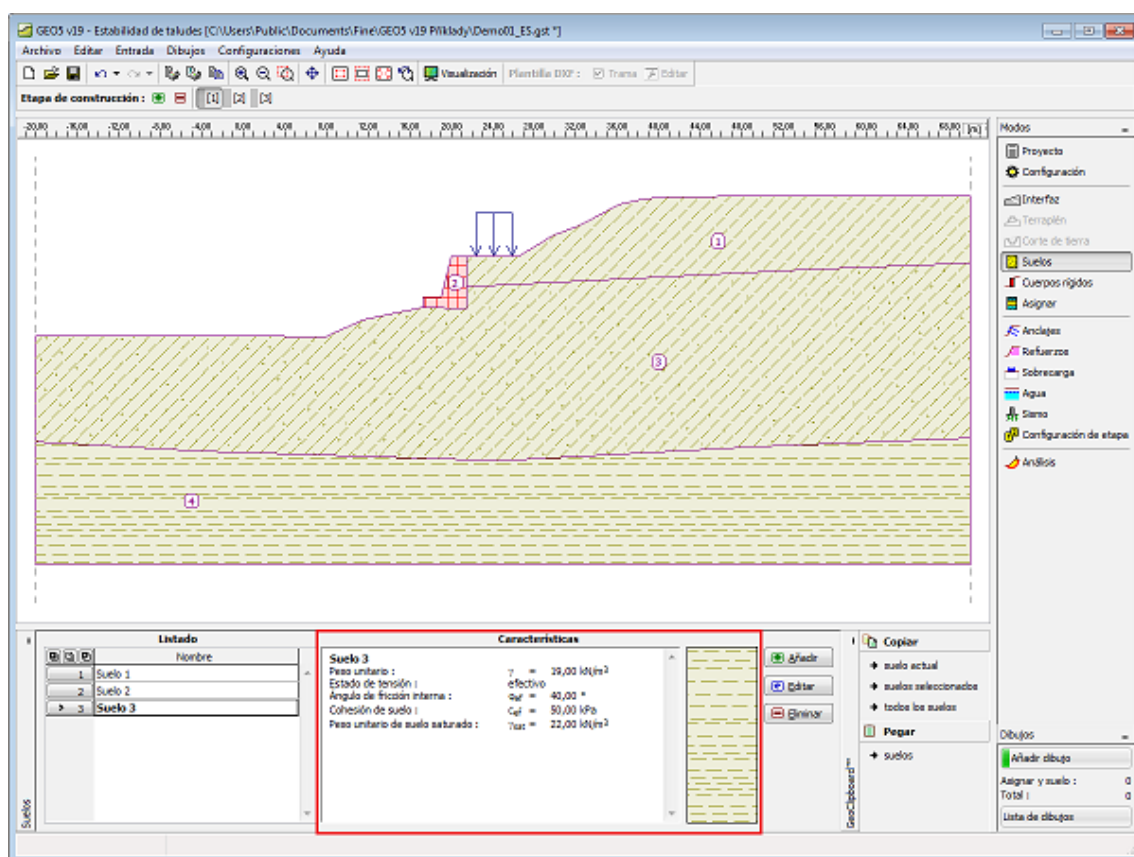
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla con información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Añadir Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Aumento de presión"**, **"Foliación"**, **"Influencia del agua"** y **"Rozamiento"** (ver cuadro **"Configuración"**). La introducción de futuros parámetros depende del tipo de análisis seleccionado (estado de tensión: **efectivo / total**) el cual es configurado en la lista desplegable.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo. - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la **Ayuda** en el presente documento.

El método de análisis de estabilidad de taludes es diferente para:

- **Condiciones drenadas:** para los cálculos de estabilidad de taludes determinar las condiciones de equilibrio en la superficie de deslizamiento (**circular, poligonal**) se considera la **tensión efectiva** según la ecuación $N \cdot \tan \phi_{ef} + c_{ef} \cdot l$.
- **Condiciones sin drenar:** en caso de **tensión total** para el cálculo de las fuerzas pasivas en la superficie de deslizamiento (**circular, poligonal**) se considera de acuerdo con la ecuación $c_u \cdot l$.

En algunos países se acostumbra a especificar los dos parámetros de resistencia al corte ϕ_u , c_u para **tensión total**. En este caso es necesario especificar la tarea como **tensión efectiva** utilizando los parámetros ϕ_{ef} , c_{ef} en el programa "Estabilidad de Taludes".

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "Análisis de estabilidad de Taludes".

Cuadro "Añadir suelo" - "Datos Básicos"

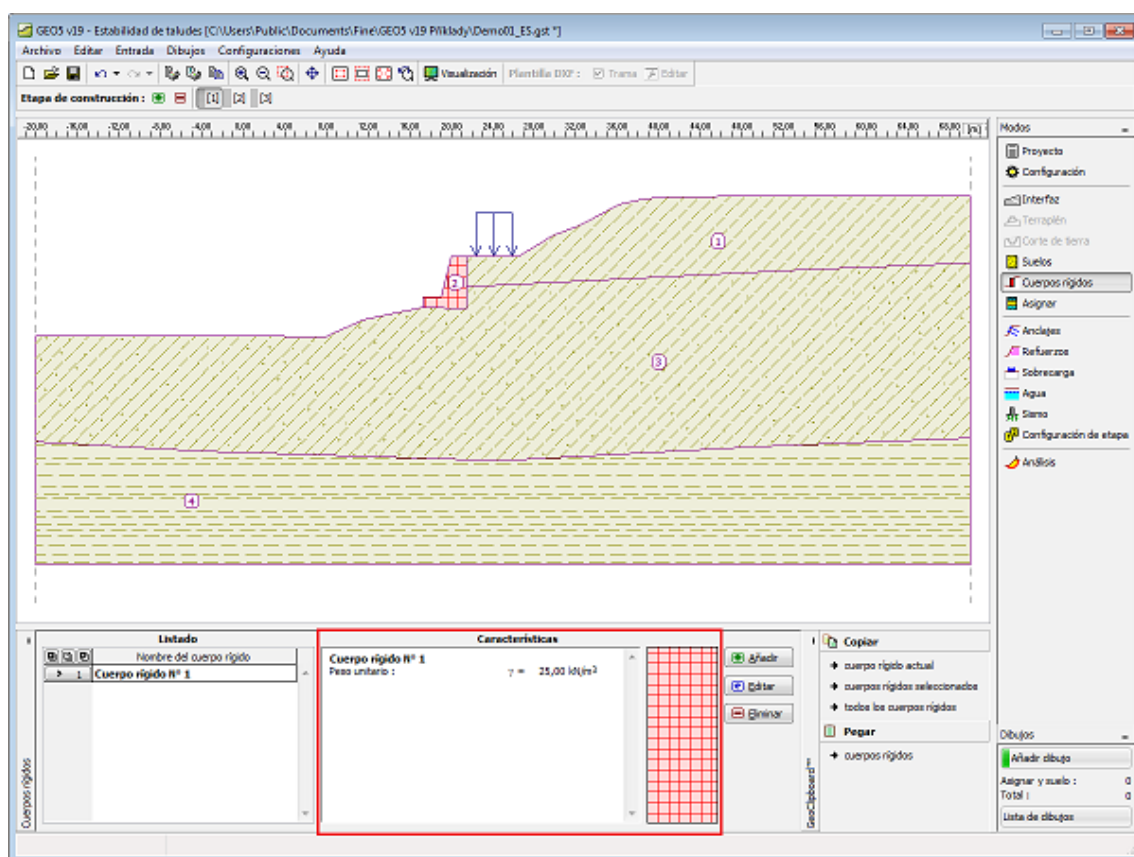
Cuerpos rígidos

El **cuadro "Cuerpos rígidos"** contiene una tabla con un listado de los cuerpos rígidos introducidos. Un cuerpo rígido sirve para modelar regiones con alta rigidez. Ej.: **estructuras revestidas, roca sobresaliente**. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla con información sobre el cuerpo rígido seleccionado.

Para **añadir** cuerpo rígidos se utiliza el **cuadro de diálogo "Añadir nuevos cuerpos rígidos"**. Esta ventana sirve para introducir unidades de peso del material del cuerpo rígido y para seleccionar el **color y patrón**. Los cuerpos rígidos serán ordenados en el cuadro **"Asignar"** luego de introducir suelos.

Los cuerpos rígidos se introducen en el programa como regiones con alta resistencia no como intersecciones de una potencial superficie de deslizamiento. Si se quiere proporcionar una superficie de deslizamiento para modelar un cuerpo rígido (ej.: Pared de pilote) se recomienda modelar el cuerpo rígido como un suelo con una cohesión que corresponda a acumular capacidad de carga contra deslizamiento.

Los cuerpos introducidos se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



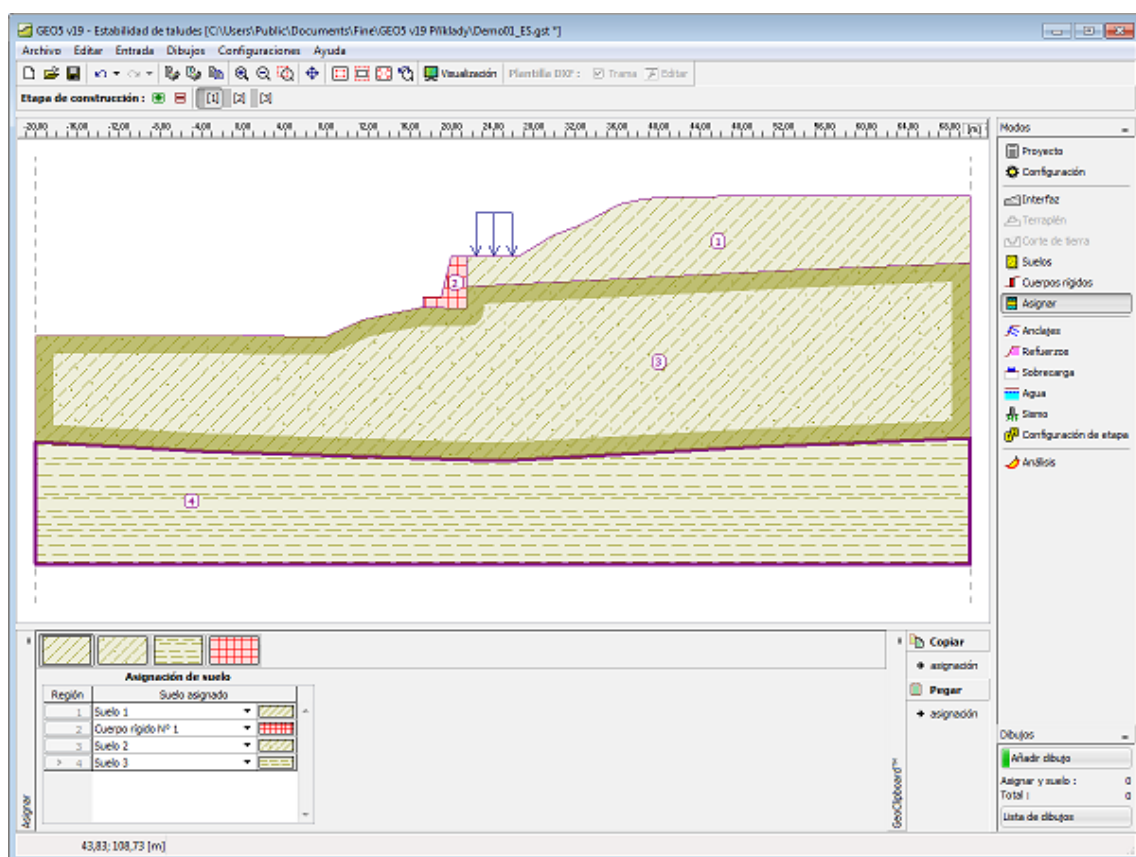
Cuadro "Cuerpos rígidos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

La asignación de suelos puede ser copiada en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



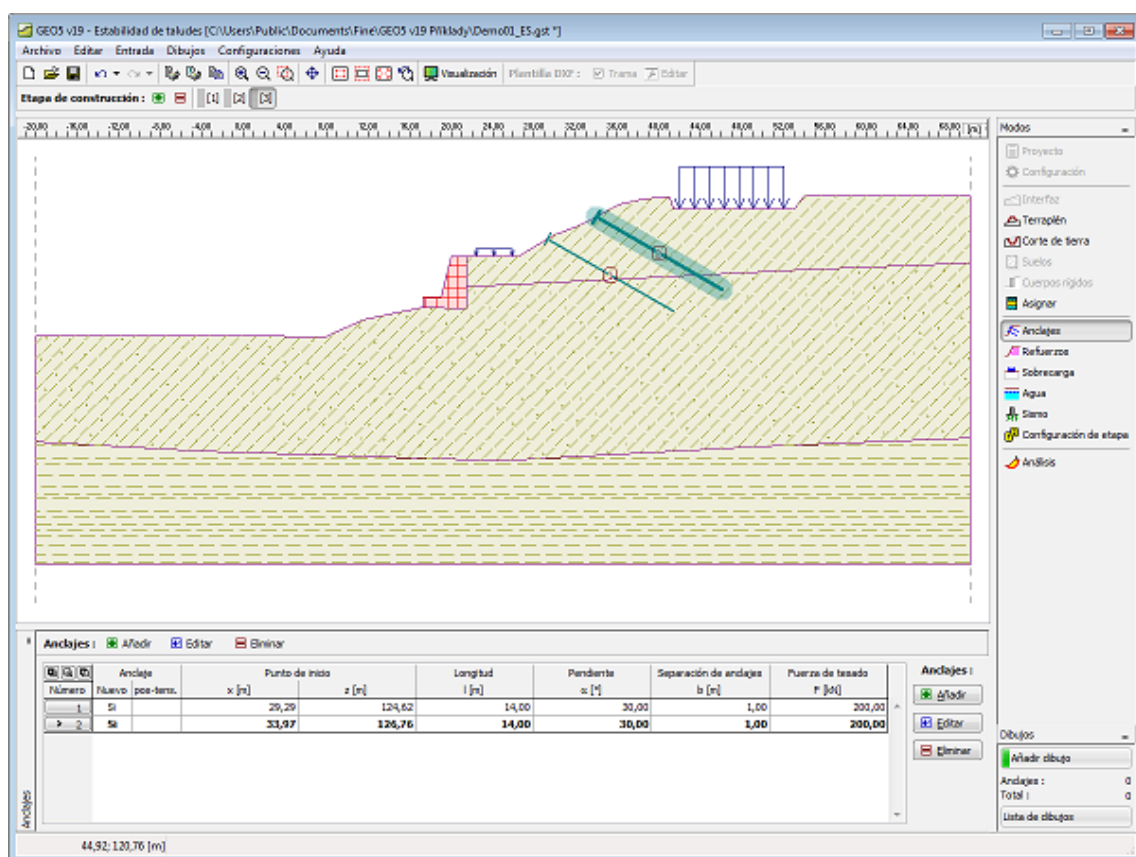
Cuadro "Asignar"

Anclajes

El cuadro **"Anclajes"** contiene una tabla con un listado de los anclajes introducidos. Para añadir anclajes se utiliza el cuadro diálogo **"Nuevo anclaje"**. Los anclajes introducidos pueden ser modificados desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

El cuadro de diálogo sirve para introducir la ubicación del anclaje (empezando por el punto x , z), su longitud libre l , longitud de la raíz l_k , inclinación del anclaje α , espacio entre anclajes b , cambio de fila de anclaje b_s y fuerza de pre-tensión F . El punto de anclaje inicial está **unido al terreno (superficie del suelo)**. Todas las propiedades establecidas pueden modificarse en la **etapa de construcción** en donde el anclaje fue introducido. En las etapas siguientes el programa permite solo modificar la magnitud de la fuerza de pre-tensión del anclaje (seleccionando la opción **"Anclaje post-tensión"**).

La influencia del anclaje en el análisis se describe con más detalles en la parte teórica de la ayuda.

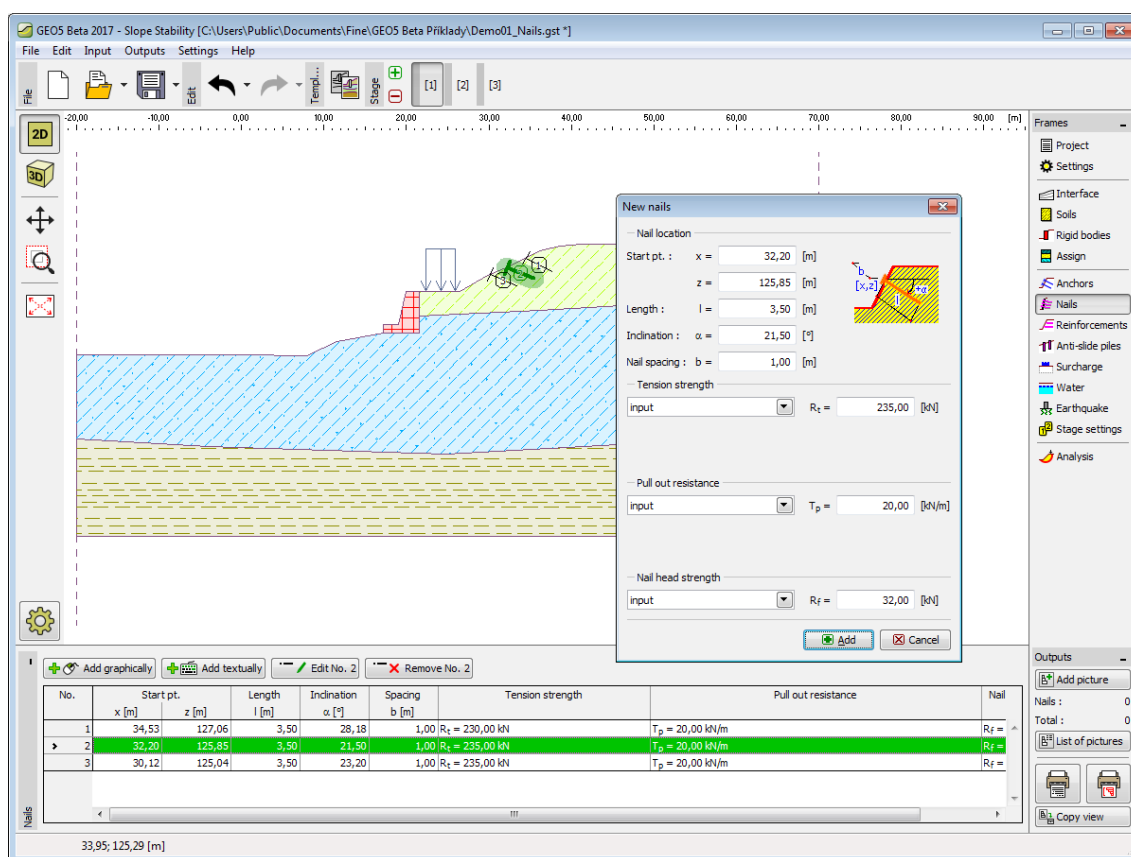


Cuadro "Anclajes"

Clavos

El cuadro "**Clavos**" contiene una **tabla** con una lista de clavos. En el **cuadro de diálogo** "Nuevos clavos" se **añaden** los clavos. Los clavos ingresados se pueden editar en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

El cuadro de diálogo sirve para ingresar la ubicación de los clavos (punto de comienzo x, z), su longitud l e inclinación del clavo α , espacio entre clavos b , **fuerza de tensión R_t resistencia a la extracción T_p y fuerza en la cabeza del clavo R_f** . El punto de inicio del clavo siempre está **unido al terreno (superficie del suelo)**. Todos los parámetros de entrada pueden ser modificados en la **etapa de construcción** donde el clavo fue ingresado.



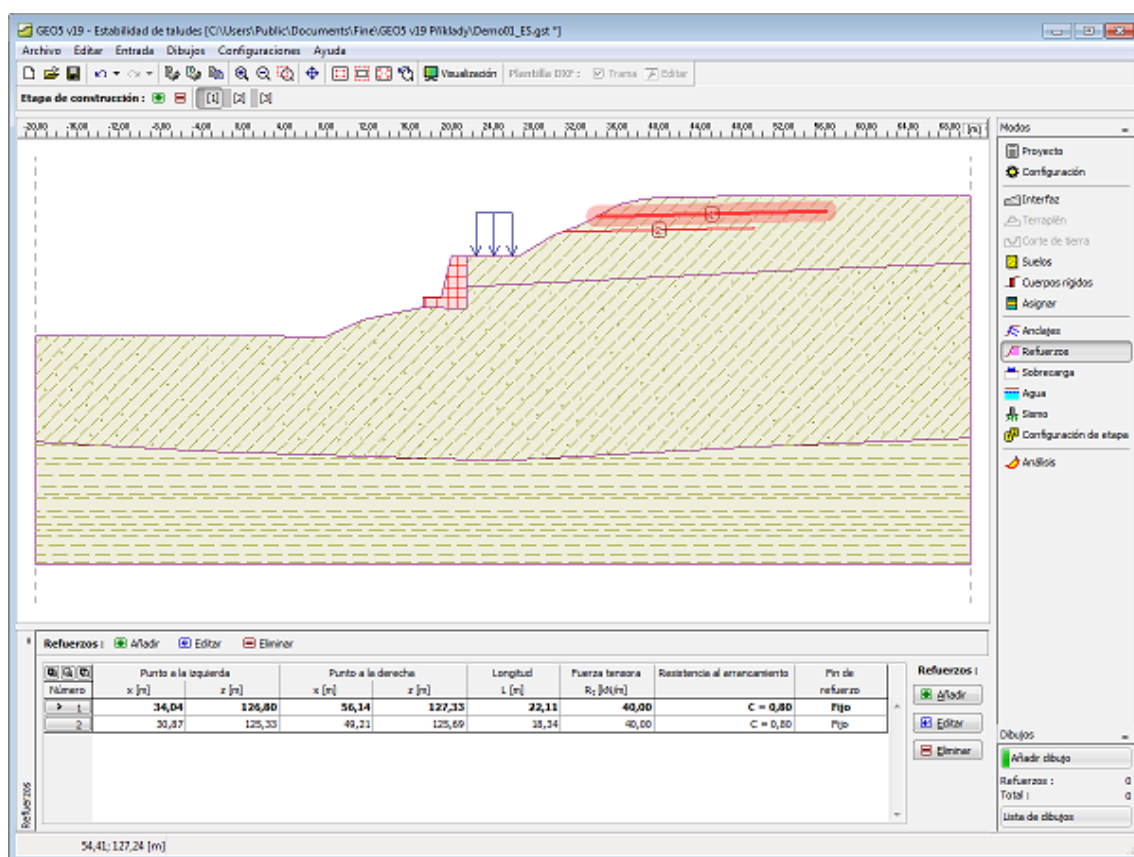
Cuadro "Clavos"

Refuerzos

El cuadro **"Refuerzos"** contiene una tabla con un listado de refuerzos introducidos. Para añadir refuerzos se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo refuerzo"**. Los refuerzos introducidos pueden ser modificados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

El cuadro de diálogo sirve para introducir la ubicación del refuerzo, **longitud de anclaje**, (desde ambos extremos izquierdo y derecho) **resistencia a la tracción del refuerzo R_t** y el **extremo final de refuerzo** (fijo o libre). Para el cálculo de la **capacidad portante** se selecciona una de tres opciones en una lista desplegable: **"Calcular la capacidad portante"** (se define el **coeficiente de interacción C**), **"Entrada longitud de anclaje $l_{k,r}$ "** o **"Entrada de capacidad portante"** (se define la **resistencia a la extracción T_p**). Todos los parámetros introducidos pueden ser modificados solo en la **etapa de construcción** donde fueron ingresados. En las etapas posteriores un refuerzo solo puede ser eliminado.

La **influencia de refuerzos** en el análisis se describe con más detalles en la parte teórica de la ayuda.



Cuadro "Refuerzos"

Pilote Anti-Deslizante

El **cuadro** "Pilote Anti-Deslizante" contiene una **tabla** con una lista de los pilotes introducidos. Los pilotes se **introducen** de una de dos maneras (en el botón **"Añadir en el cuadro de diálogo"** o **"Añadir gráficamente"**).

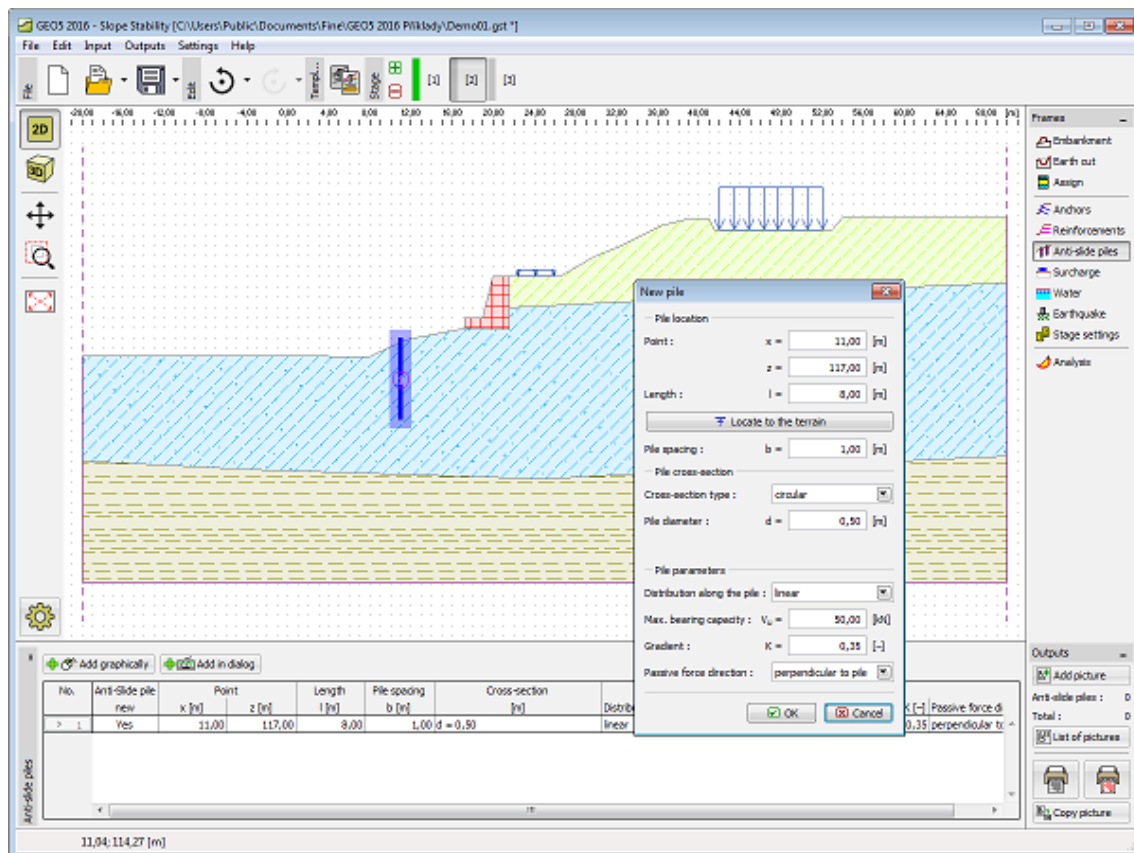
El **cuadro de diálogo** **"Nuevo pilote"** o **"Modificar las propiedades del pilote"** sirve para introducir la ubicación del pilote (coordenadas x , z , la longitud del pilote l y el espaciamiento entre pilotes b).

El botón **"Ubicación a los terrenos"** establece el punto de partida de la cabeza del pilote en la superficie del suelo. A veces, un pilote anti-deslizante puede ser localizado en la masa directamente (en este caso es posible analizar la **estabilidad de taludes**, pero no es posible ejecutar el programa **"Pilote Anti-Deslizante"**).

Entonces se especifica la **sección transversal del pilote** (círculo - Diámetro del pilote d , rectángulo - Dimensiones s_x , s_y) y los **parámetros del pilote** - **distribución de la capacidad portante a lo largo de la longitud del pilote** (lineal, constante), **capacidad portante máxima** V_u , **gradiente** de K y dirección de la fuerza pasiva (perpendicular al pilote, paralela a la superficie de deslizamiento). Todos los parámetros introducidos pueden ser modificados en la **etapa de construcción**, en el que se introdujo el pilote anti-deslizante. En etapas posteriores de la pila anti-deslizante sólo puede ser eliminado.

La **influencia de pilotes anti-deslizantes** sobre la evaluación de **estabilidad del talud** se describe con más detalle en la parte teórica de la ayuda. Otros cálculos de pilotes anti-deslizantes (análisis de una **fuerzas interna**, **dimensionamiento de refuerzo** de pilotes) se basan en el

análisis de las **fuerzas activas y pasivas** en el programa "**Pilote Anti-Deslizante**".



Cuadro "Pilote Anti-Deslizante"

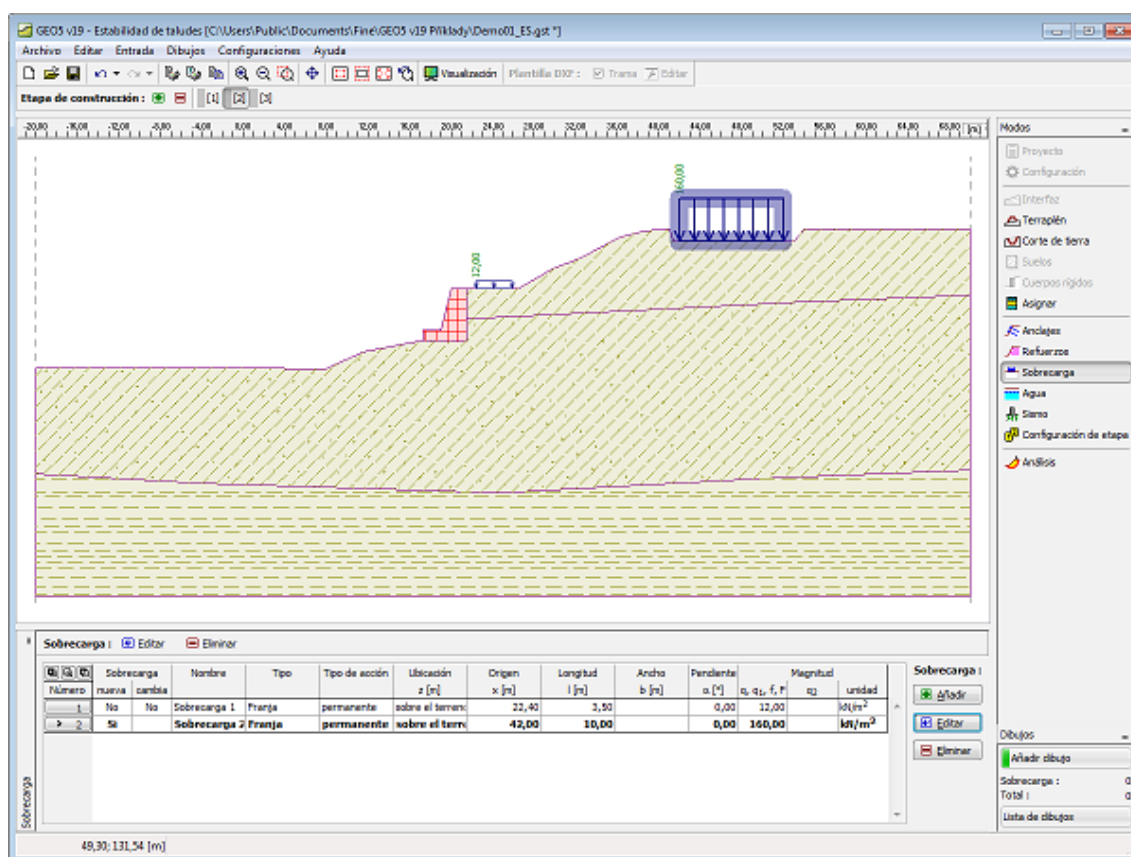
Sobrecarga

El cuadro "**Sobrecarga**" contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

Todas las propiedades de la sobrecarga pueden ser modificadas solo en la **etapa de construcción** donde ésta fue creada. Solo la magnitud de la sobrecarga puede ser modificada en etapas posteriores. (Opción: "**Modificar magnitud de la sobrecarga**")

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el **coeficiente de diseño** correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

La **influencia de sobrecarga** en el análisis de estabilidad de taludes se describe en la parte teórica de la ayuda.



Cuadro "Sobrecarga"

Agua

El cuadro "Agua" sirve para configurar el tipo de nivel freático. El listado presenta seis opciones para especificar el tipo de agua.

El proceso de introducción los niveles freáticos o isolíneas, respectivamente, es idéntico al de introducir interfaces.

El campo para especificar el valor del coeficiente R_u o la presión de poro aparece si se introduce como tipo de agua "Coeficiente R_u " o "Presión de poro", respectivamente.

Presionando el botón con la flecha azul al lado del campo de entrada se abre el cuadro de diálogo de "Coeficiente R_u " o "presión de poro" para introducir el valor deseado.

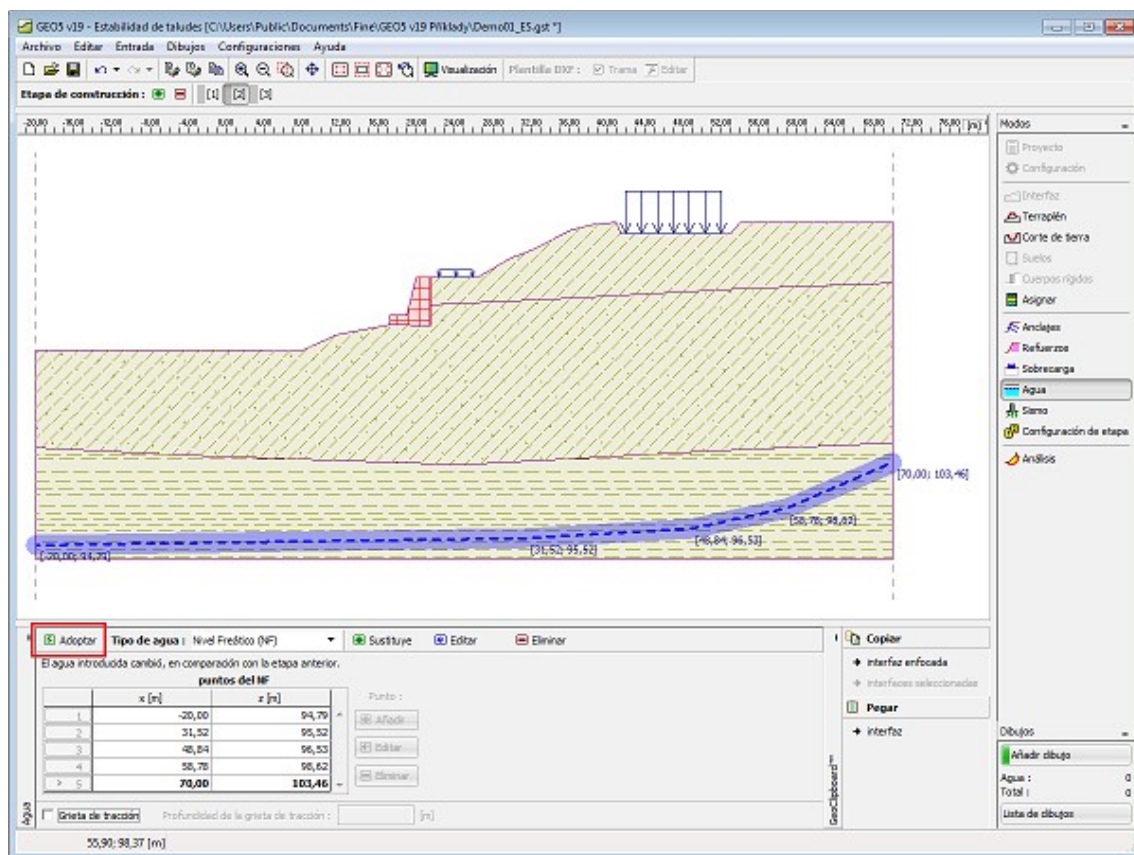
Una ventaja, es que se puede introducir todos los valores al mismo tiempo utilizando el botón "OK+↑" y "OK+↓". El valor para una cantidad determinada, encontrado en un punto específico entre dos **isolíneas es aproximado** por una interpolación lineal de valores pertinentes a dichas isolíneas. Para la opción "Coeficiente R_u " el primero (el más alto) es siempre idéntico a terreno - por lo tanto no se puede eliminar.

El nivel freático (resp. **la tabla de succión** o **NF original**) se especifica como continuas interfaces, que pueden ser ubicadas incluso por encima el terreno.

Si la introducción de datos en distintas capas es diferente, el programa permite aceptar los datos de la etapa de construcción anterior presionando el botón "Aceptar".

El programa además permite especificar la profundidad de las **grietas de tracción** rellenas de agua.

Las interfaces de agua introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "GeoClipboard".



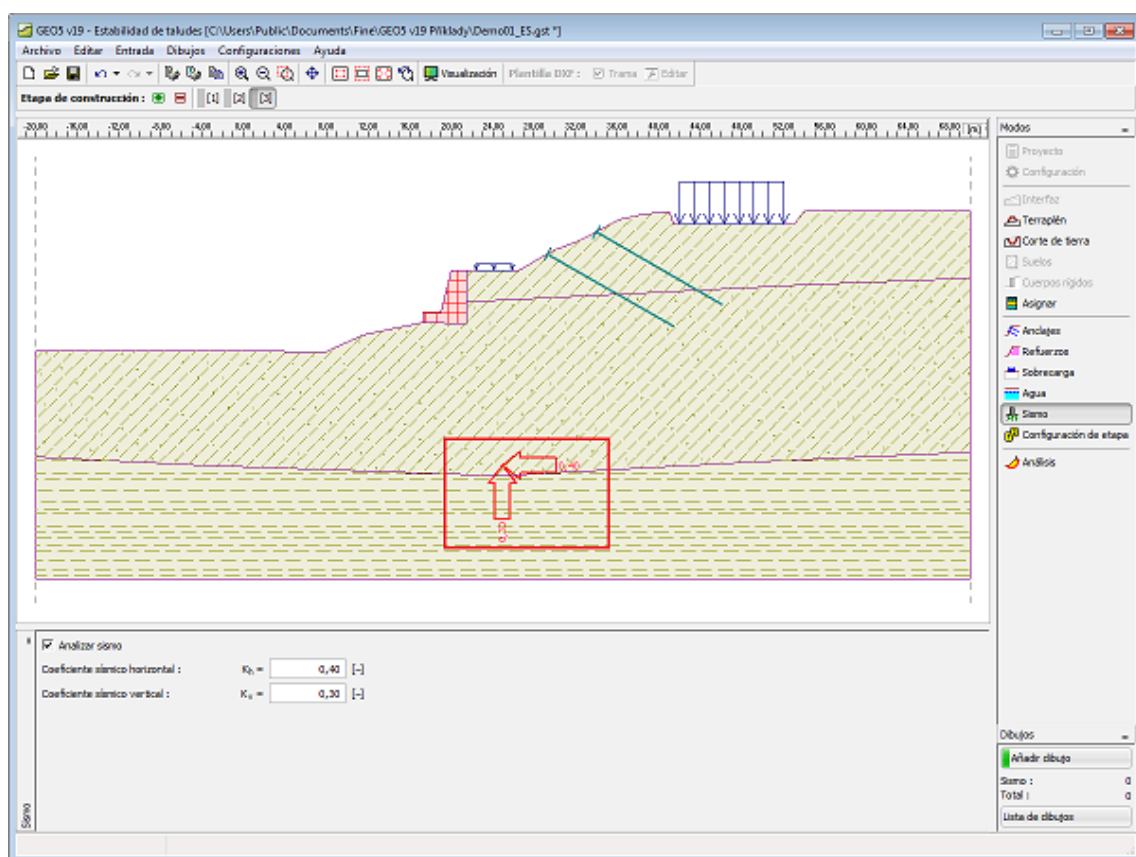
Cuadro "Agua"

Sismo

El cuadro "Sismo" sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras con presencia de sismos, se describe en la parte teórica del capítulo "Influencia de sismo".



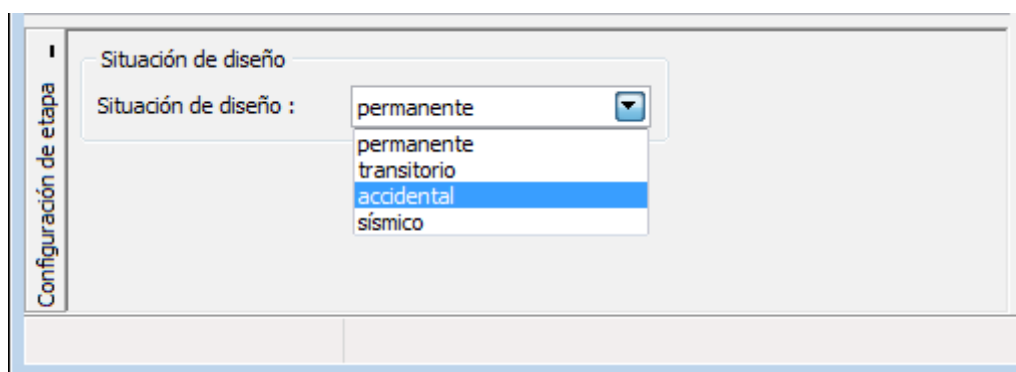
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

El cuadro "**Análisis**" muestra el resultado del análisis. **Distintos análisis** pueden realizarse para una misma tarea.

El punto inicial del **análisis de estabilidad de taludes** es seleccionar el tipo de superficie de deslizamiento. Esta selección se habilita en la parte superior izquierda del cuadro en un listado que contiene dos opciones: **Superficie de deslizamiento circular** y **Superficie de deslizamiento poligonal**. Luego de introducir la superficie de deslizamiento, el análisis comienza a ejecutarse presionando el botón "**Analizar**". El resultado aparece en la parte derecha del cuadro.

El **tipo de análisis** es seleccionado en la sección media del cuadro. Los métodos disponibles son siete:

Para **superficie de deslizamiento**

circular : Fellenius/Petterson, Bishop, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, Shahunyants, método ITF).

y son seis Para **superficie de deslizamiento poligonal**: Sarma, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, Shahunyants, método ITF).

La verificación actual de la estabilidad de taludes se realiza, dependiendo de la configuración especificada en el cuadro "**Análisis de estabilidad**" como:

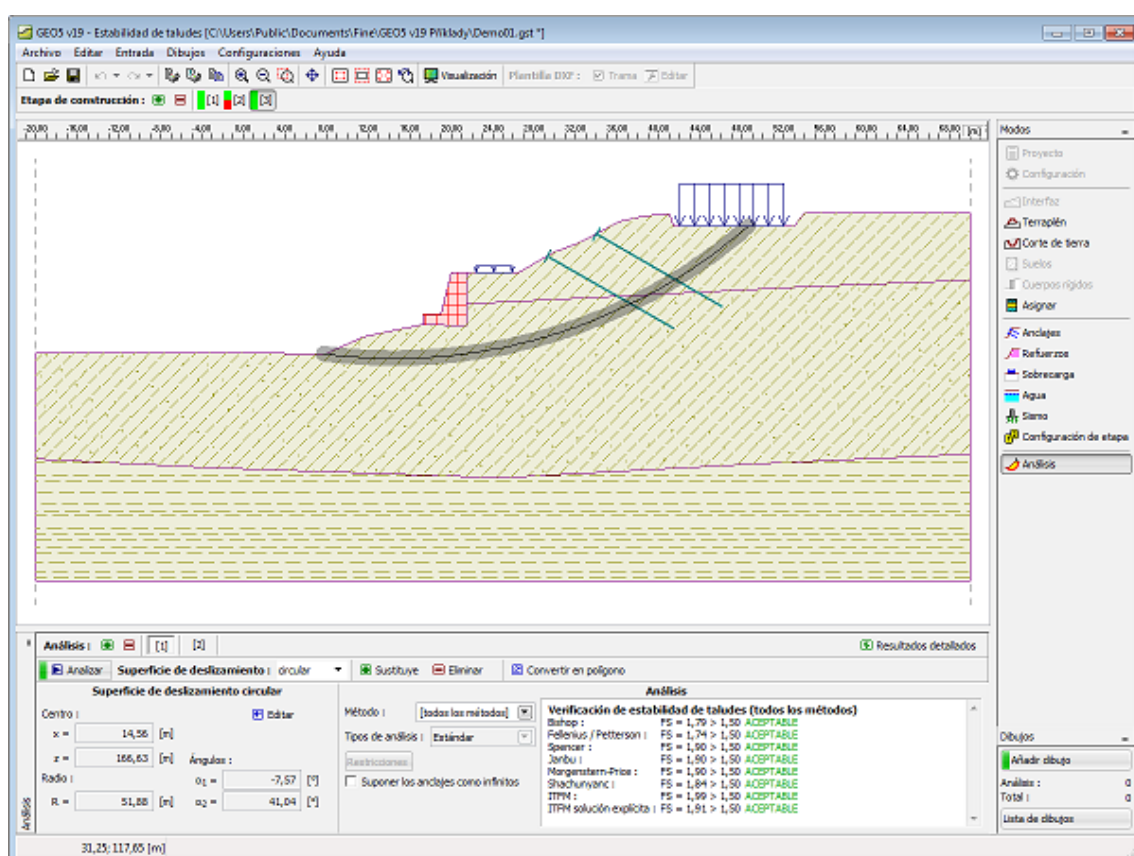
- Verificación **Según EN 1997** - donde la carga es **reducida** por los factores de análisis parciales y la verificación es realizada según la **teoría de los estados límite**.
- Verificación **Según el factor de seguridad**
- Verificación **Según la teoría de estados límite**

El listado desplegable (ítems: **Estándar** y **Optimización**) permite optimizar la superficie de deslizamiento **circular** y **poligonal** en Tipo de análisis seleccionar la opción "**Optimización**". Este paso activa el botón "**Restricciones**". Presionando este botón se despliega un nuevo cuadro de diálogo y hace posible introducir **restricciones sobre el proceso de optimización**.

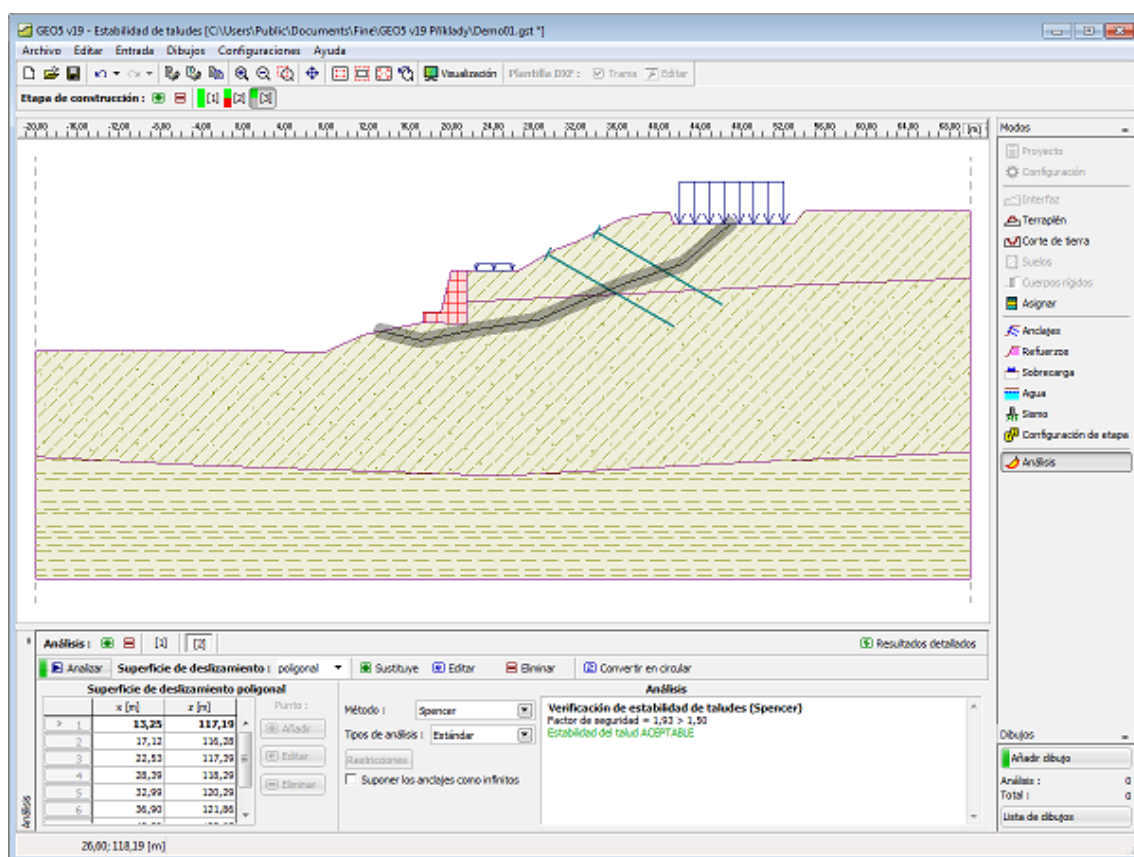
También es posible especificar **cómo manejar los anclajes en el análisis** (casilla "**suponer los anclajes como infinitos**").

La superficie de desplazamiento (incluso también la optimizada) debe ser **introducida** en el cuadro.

El análisis de resultados aparece en la parte izquierda del cuadro y la optimización de la superficie de deslizamiento aparece en el escritorio. La visualización de resultados puede ser ajustada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Análisis" - Superficie de deslizamiento circular



Cuadro "Análisis" - Superficie de deslizamiento poligonal

Entrada de la superficie de deslizamiento

Seleccionar el tipo de superficie de deslizamiento de la lista (circular, poligonal). Es posible la entrada de la superficie de deslizamiento según su tipo de varias maneras:

• Superficie de deslizamiento Circular

Graficamente - después de pulsar el botón **Ingresar gráficamente**, ingresar los tres puntos que definen la superficie de deslizamiento circular con el botón izquierdo del ratón.

Es posible cambiar la superficie de deslizamiento introducida en el cuadro de diálogo

"Superficie de deslizamiento circular" después de pulsar el botón **Editar textualmente**, o reemplazar la superficie de deslizamiento con el botón del ratón presionando **Reemplazar gráficamente**.

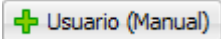
El botón **Cancelar la entrada** cancela la entrada de la superficie de deslizamiento.

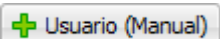
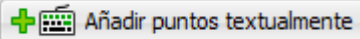
El botón **Convertir en polígono** convierte la superficie de deslizamiento circular poligonal.

El botón **Eliminar** elimina la superficie de deslizamiento.

Textualmente - después de pulsar el botón **Ingresar textualmente** se abre el cuadro de diálogo **"Superficie de deslizamiento circular"**, y se ingresan las coordenadas x , y , y el diámetro

- **Superficie de deslizamiento Poligonal**

Graficamente - después de pulsar el botón  en la barra de herramientas, se activa el modo ingresar superficie de deslizamiento, - el proceso es el mismo que la entrada de **interfaz**.

Textualmente - presionando El botón  y utilizando el botón arriba de la tabla  se abre el cuadro de diálogo "**Nuevos puntos**". En el cuadro de diálogo, e agregar los puntos dela superficie de deslizamiento utilizando las coordenadas x , y .

El botón  convierte la superficie de deslizamiento a circular.

Las funciones del resto de los botones son los mismos que con la superficie de deslizamiento circular.

Restricciones en el proceso de optimización

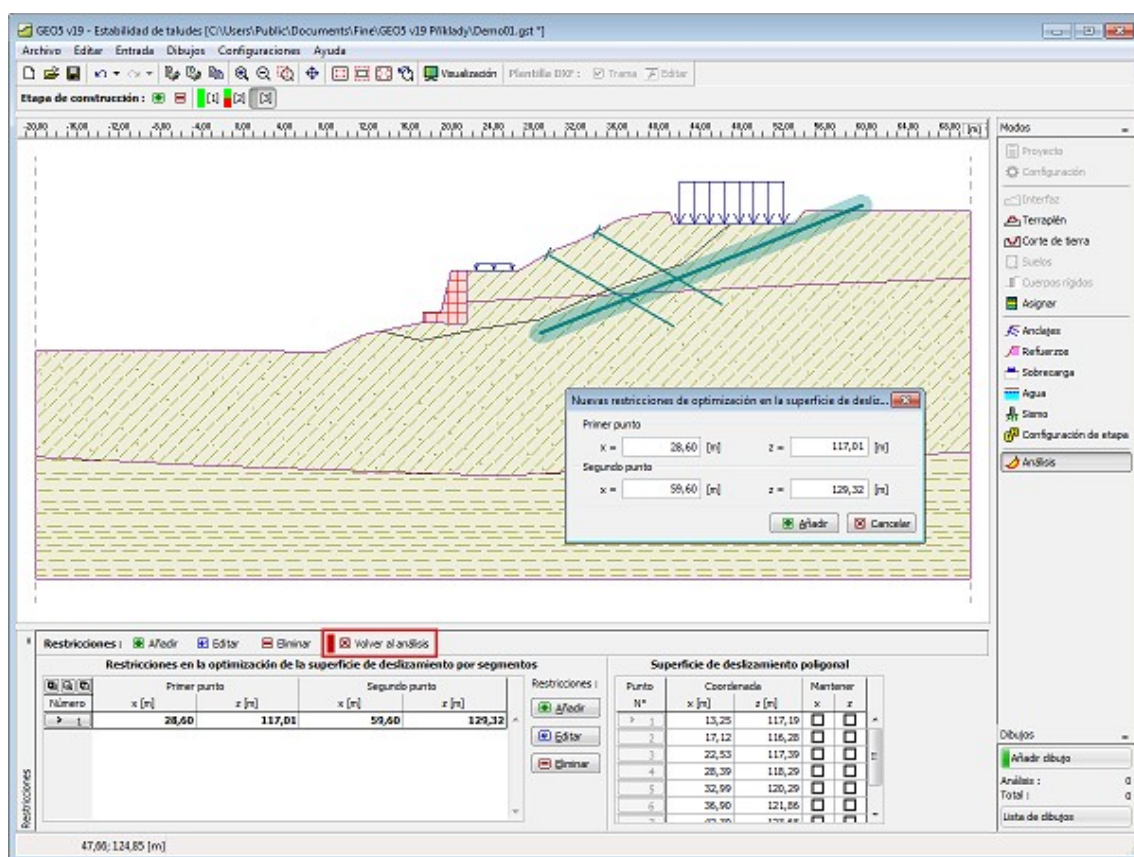
El cuadro "**Análisis**" permite (después de presionar el botón "**Restricciones**") especificar restricciones en el proceso de optimización.

Independientemente del tipo de superficie de desplazamiento seleccionada (**circular**, **poligonal**), es posible introducir en el cuerpo del suelo (con ayuda del mouse) segmentos, los cuales no deben ser traspasados por la superficie de deslizamiento optimizada. Estos segmentos también aparecen en la **tabla** en la parte izquierda del cuadro.

La **superficie de desplazamiento poligonal** también permite excluir algunos puntos **de la optimización**, de forma completa o incluso de forma parcial en la dirección especificada.

"**Mantener el punto fijo**" durante el proceso de optimización se logra seleccionando la casilla en la tabla que corresponde al punto.

Este modo de ingreso es abandonado presionando el botón rojo "**Volver al análisis**".

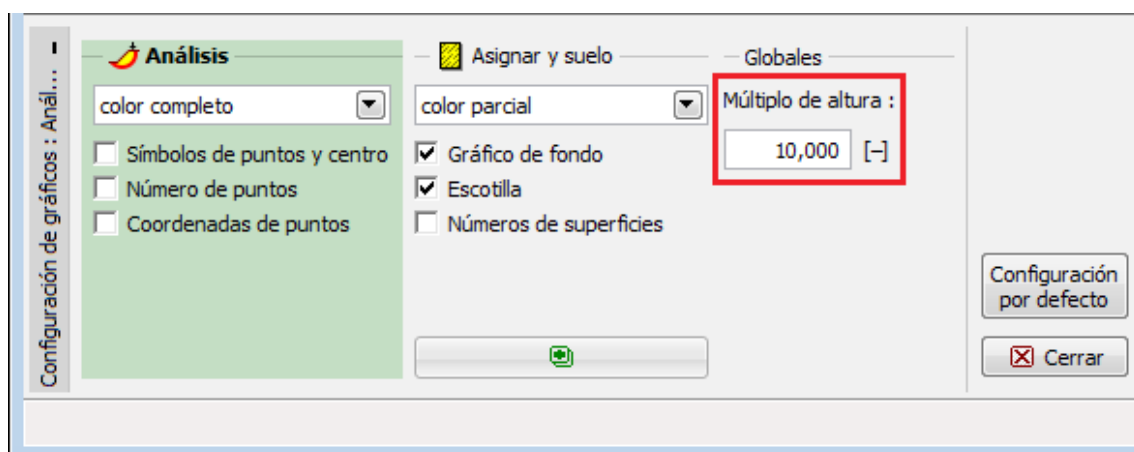


Cuadro "Análisis" - restricciones en la superficie de desplazamiento optimizada por segmentos.

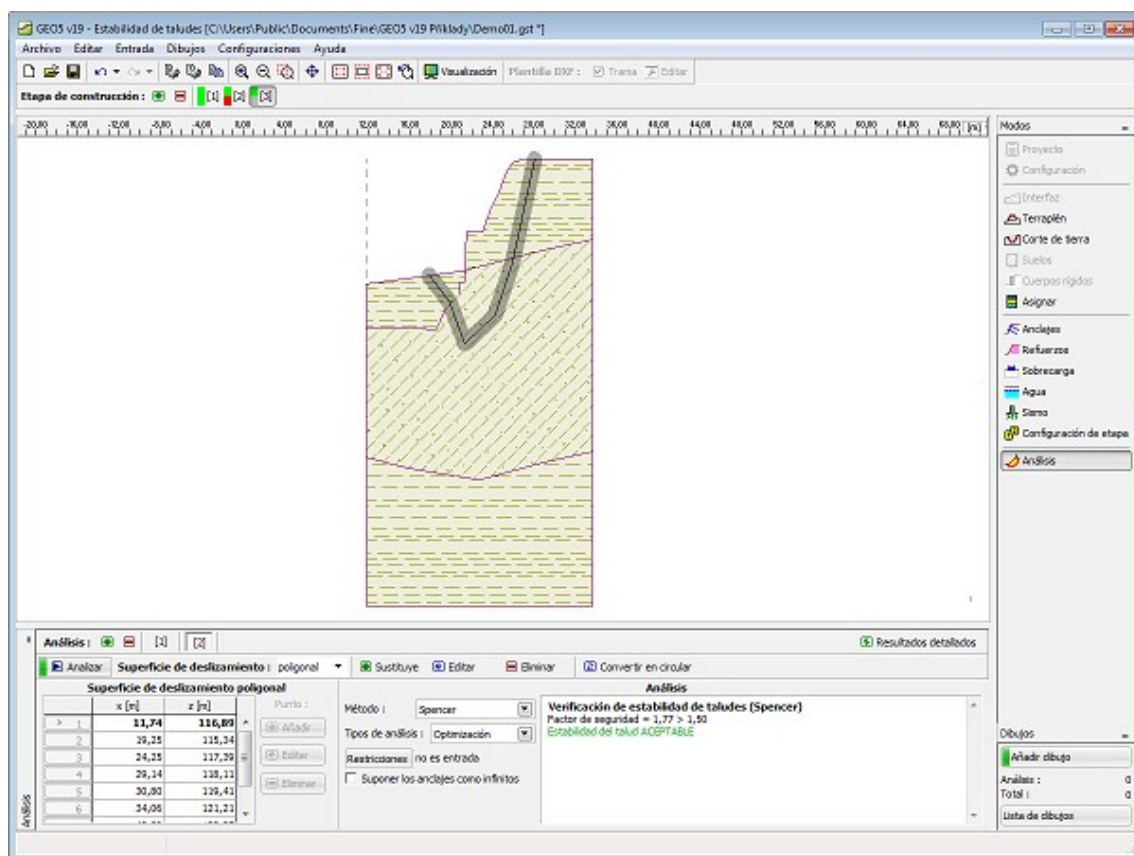
Múltiplo de alturas

Puede ser que el análisis de taludes sea muy largo o que tenga alturas pequeñas y que el trazado de la superficie de desplazamiento pueda no ser lo suficientemente visible. Este problema puede resolverse seleccionando una escala en la dirección vertical con la ayuda del múltiplo de alturas. El valor de este multiplicador puede configurarse en el cuadro "Configuración de gráficos", pestaña "Global 2D". Usando la configuración estándar ("Múltiplo de altura" igual a cero) traza una estructura no distorsionada proporcional a sus dimensiones.

Solo la superficie de desplazamiento poligonal puede introducirse gráficamente al aprovechar la opción del múltiplo de alturas. La superficie de desplazamiento circular debe ser, en este caso, introducida manualmente en el cuadro de diálogo "Superficie de desplazamiento circular" utilizando el botón "Entrada".



Configuración de múltiplos de altura



Visualización de resultados de la superficie de desplazamiento cuando se utiliza múltiplo de alturas

Programa Estabilidad de Rocas

El programa analiza la estabilidad de taludes en roca y muros para un tipo especificado de rotura, incluyendo una superficie de deslizamiento plana o poligonal o una cuña de suelo.

La ayuda en el programa "Estabilidad de Rocas" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales: **Proyecto**, **Configuración**

Superficie de deslizamiento plana poligonal	Terreno	Roca	Superficie de deslizamiento (Plana)	Superficie de deslizamiento (Poligonal)	Agua Superficie de deslizamiento (Plana)	Agua Superficie de deslizamiento (Poligonal)
Sobrecarga	Fuerzas aplicadas	Anclajes	Sismos	Configuración de etapas	Verificación Superficie de deslizamiento (Plana)	Verificación Superficie de deslizamiento (Poligonal)
Cuña en Roca	Geometría	Superficie de deslizamiento	Parámetros	Agua	Sobrecarga	Anclajes
	Sismos	Stage Configuración de etapas	Verificación			

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Estabilidad de Rocas**":
 - Parámetros de roca Estabilidad de Roca
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el Entorno de Usuario de los programas GEO5
- Entradas comunes a todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (métrico / imperial). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

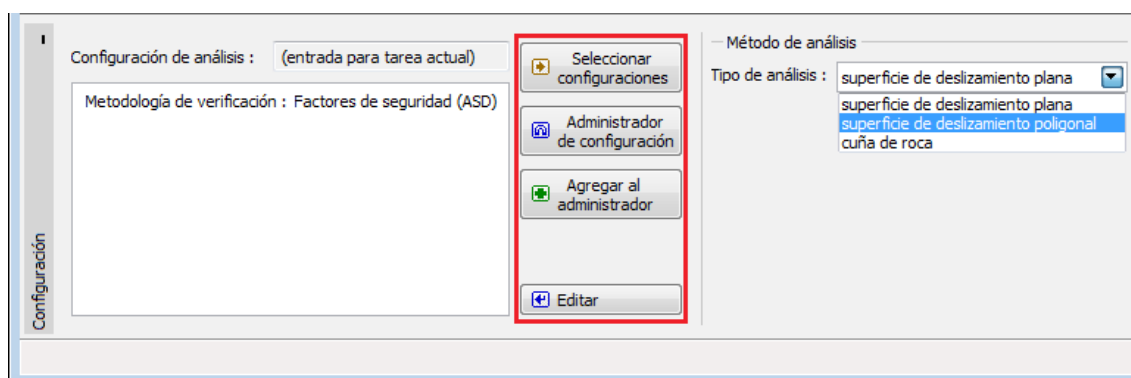
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en la solapa **"Análisis de estabilidad"**.

El cuadro sirve para seleccionar un tipo de superficie de deslizamiento:

- Superficie de deslizamiento plana
- Superficie de deslizamiento poligonal
- Cuña de tierra



Cuadro "Configuración"

Terreno - Superficie de deslizamiento plano y poligonal

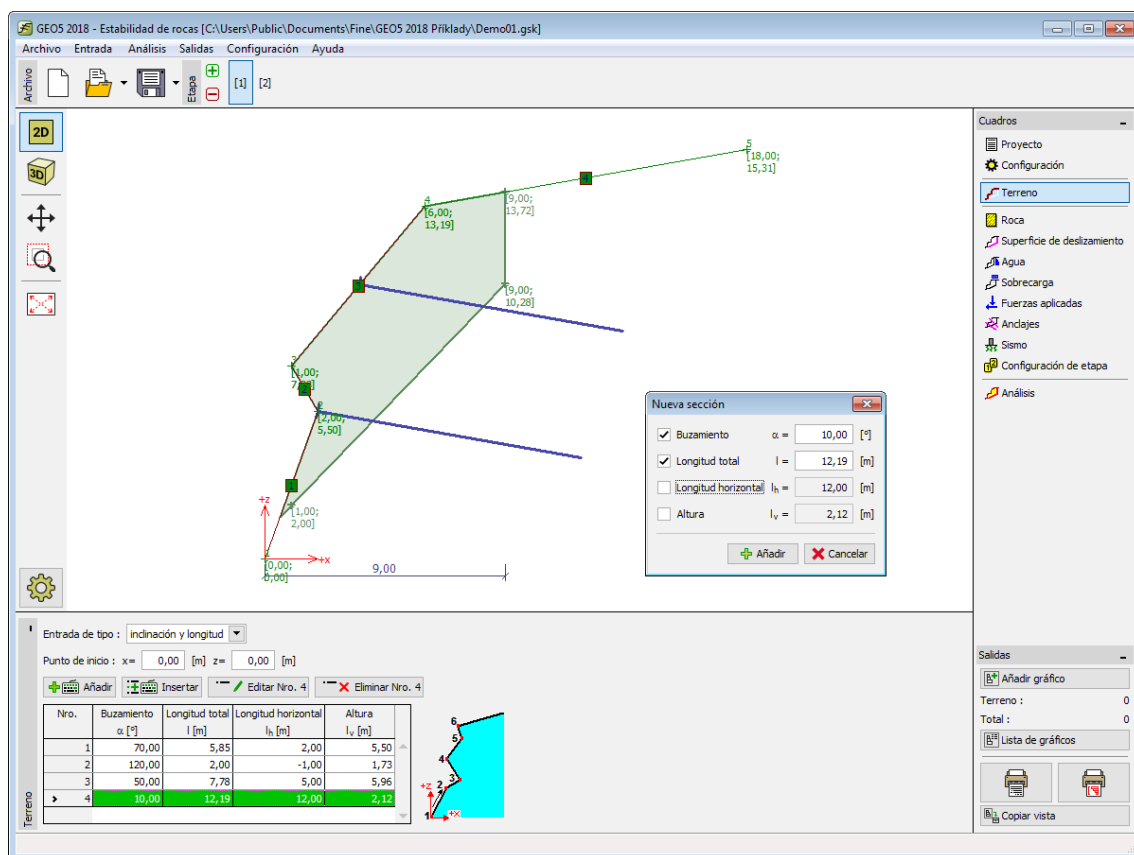
Están disponibles dos opciones para ingresar el terreno en el **cuadro "Terreno"**. El terreno se puede definir por secciones de pendiente rocosa o se puede definir por las coordenadas X y Z . Este cuadro contiene una **tabla** con una lista de secciones definidas de pendientes rocosas o una tabla con una lista de las coordenadas de cada punto del terreno. En el programa, la pendiente siempre esta orientada **de izquierda a derecha**.

Las **coordenadas del origen** - el primer punto del terreno seguido de las secciones definidas - se ingresan en la parte superior del cuadro si se usa el método de definición de **secciones de pendiente rocosa** (inclinación y longitud).

Para **añadir** secciones se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sección"**. Estas secciones pueden editarse en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

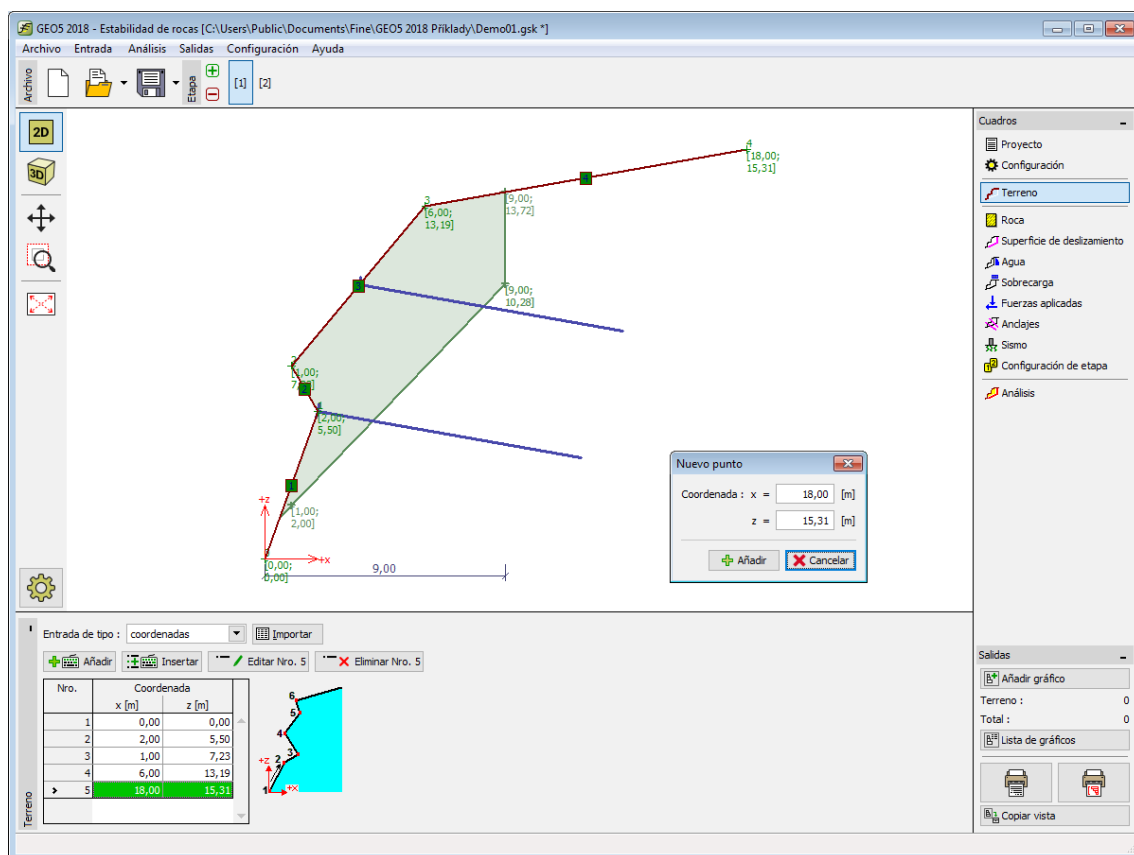
Cada sección puede ser definida por su inclinación, por la longitud total de la sección, por la longitud horizontal y la altura de la pendiente rocosa. Solo **dos valores de secciones** son utilizados mientras los demás son determinados automáticamente por el programa (caso contrario el programa muestra un cuadro de advertencia y el cálculo no se lleva a cabo). Ambas secciones, vertical y horizontal, y las salientes, pueden ser representadas. El terreno debe definirse de abajo hacia arriba.

En caso de una entrada apropiada el **programa traza automáticamente la sección definida** en el escritorio utilizando líneas discontinuas, por lo que antes de aceptar la sección definida presionando el botón **"Añadir"** es posible controlar si la sección está correctamente definida.



Cuadro "Terreno" - Inclination and length

Si usa las **coordenadas** para la definición del terreno, la superficie del terreno debe definirse de abajo hacia arriba. Para **añadir** puntos se utiliza el **cuadro de diálogo** "Nuevo punto". Estos puntos también se pueden editar en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**. Se pueden representar tanto secciones verticales como horizontales, así como voladizos. El programa permite **importar** puntos desde la tabla de datos.



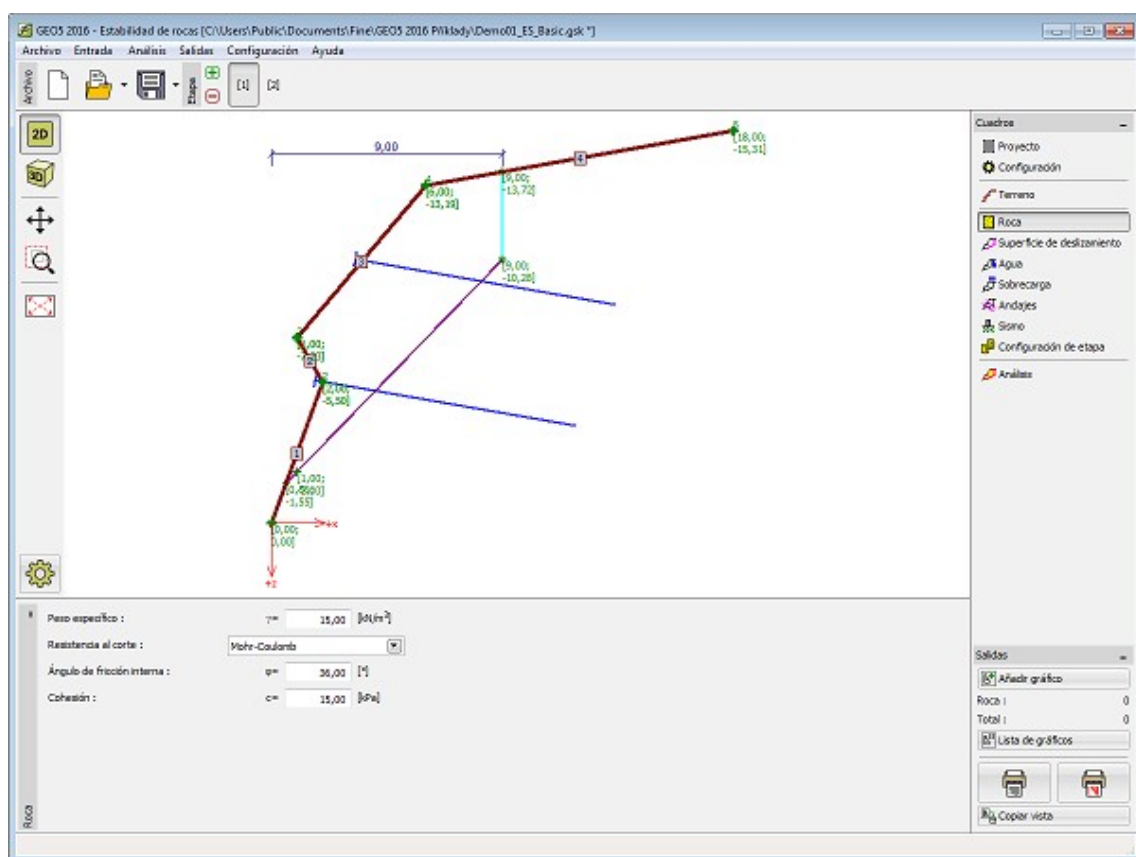
Cuadro "Terreno" - Coordenadas

Roca

El cuadro **"Roca"** permite introducir los parámetros de material (**valores aproximados**) de la pendiente rocosa (dependiendo del tipo de resistencia de corte) incluyendo el **propio peso de la roca**. Tres **tipos de resistencia de corte** en la superficie de deslizamiento están disponibles en el programa:

- Mohr - Coulomb
- Barton - Bandis
- Hoek - Brown

Los parámetros de material de roca son introducidos según el método seleccionado.



Cuadro "Roca"

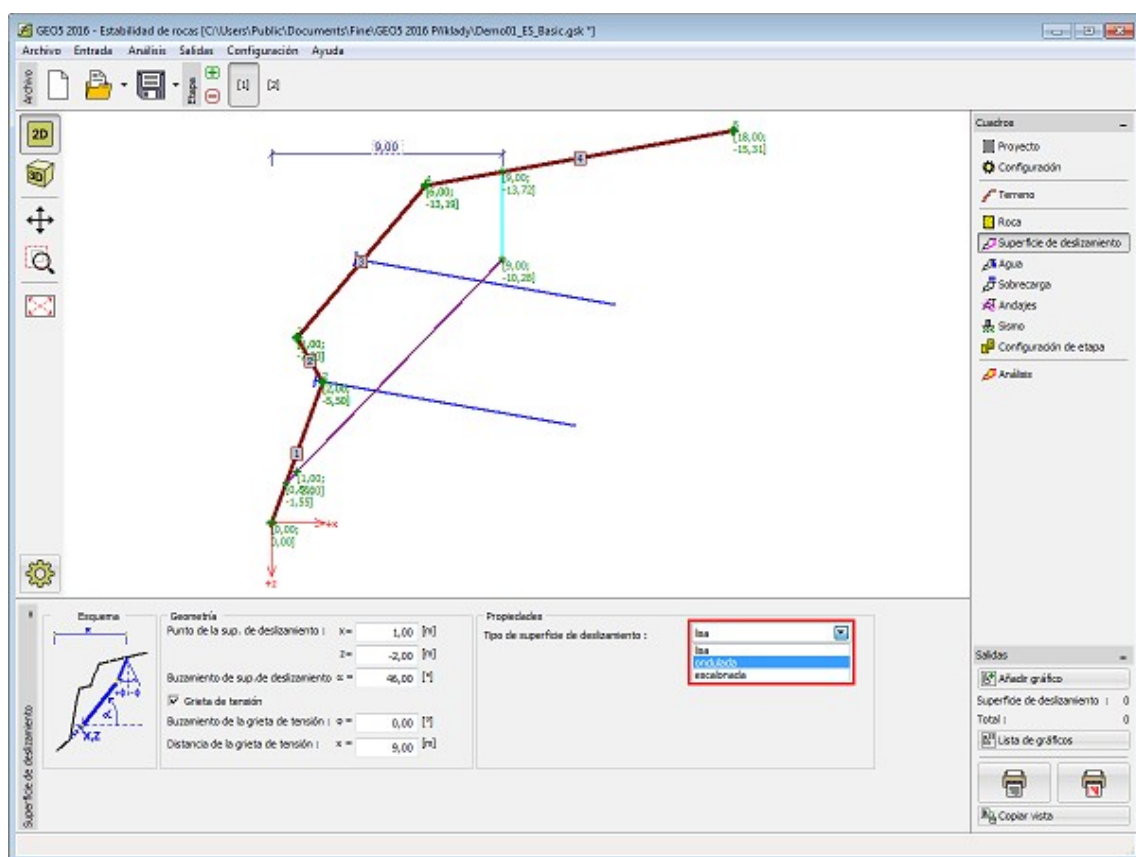
Superficie de deslizamiento - Plana

El cuadro **"Superficie de deslizamiento"** sirve para especificar la forma y los parámetros de la superficie de deslizamiento plana. La superficie de deslizamiento está definida por un punto en el cuerpo de la roca y por su gradiente. El programa automáticamente determina las intersecciones de la superficie de deslizamiento con el terreno.

El programa permite definir una **grieta de tensión** con un gradiente arbitrario (no disponible para el paso de la superficie de deslizamiento). La grieta es definida por la distancia horizontal desde el **origen** y su gradiente.

La **superficie de deslizamiento** plana, puede ser nivelada como liso, **ondulada** o **escalonada**.

El programa hace posible **exportar** la geometría de una estructura en formato *.DXF.



Cuadro "Superficie de deslizamiento plana"

Superficie de deslizamiento - Poligonal

El cuadro **"Superficie de deslizamiento"** contiene una tabla con un listado de secciones de superficies de deslizamiento definidas. Para **añadir** secciones se utiliza el cuadro de diálogo **"Nueva sección"**. Estas secciones pueden editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

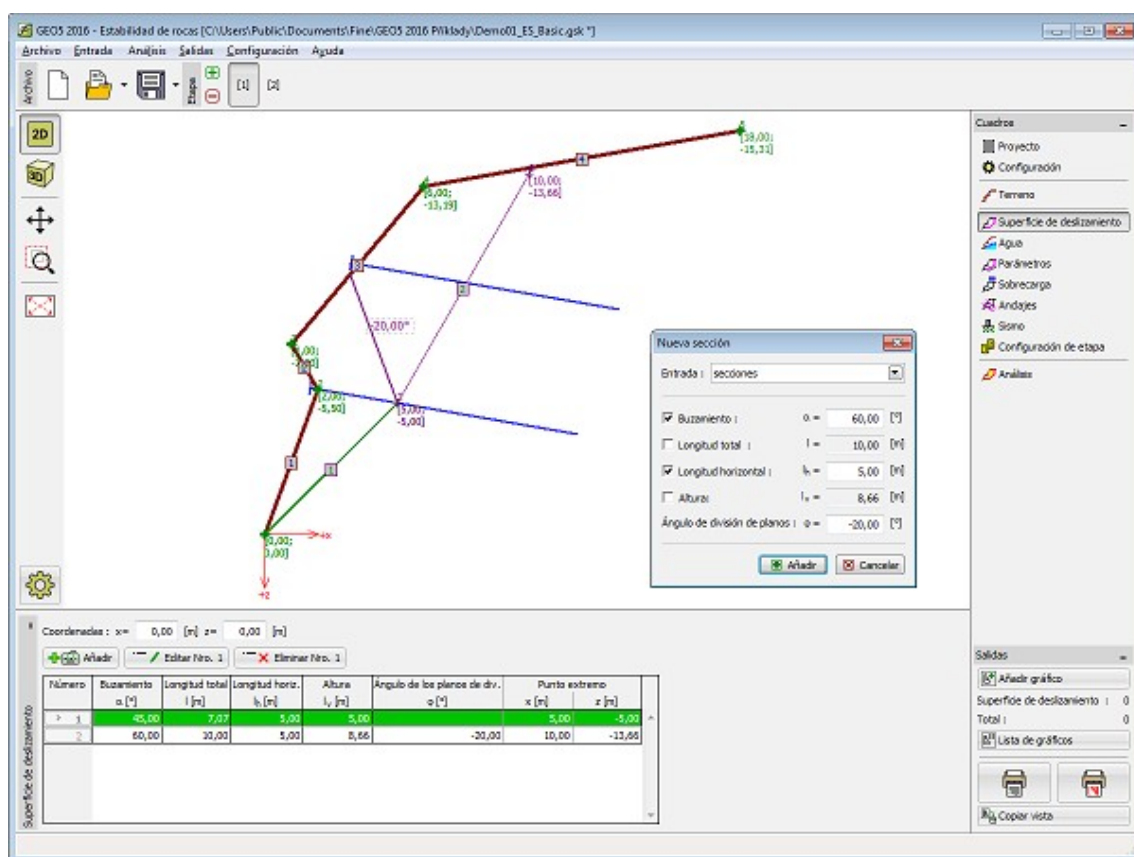
Las coordenadas de la superficies de deslizamiento **origen** - un punto en la superficies de deslizamiento seguido por otro de la sección - son introducidas en la parte superior del cuadro. Este punto puede ser encontrado fuera del cuerpo del suelo - El programa entonces calcula automáticamente la intersección de la superficie de deslizamiento del terreno.

Cada sección puede ser definida por su inclinación, por la longitud total de la sección, por la longitud horizontal y la altura de la pendiente rocosa. Solo **dos valores de secciones** son utilizados mientras los demás son determinados automáticamente por el programa (caso contrario el programa muestra un cuadro de advertencia y el cálculo no se lleva a cabo). Ambas secciones, vertical y horizontal, y las salientes, pueden ser representadas.

En caso de una entrada apropiada el **programa traza automáticamente la sección definida** en el escritorio utilizando líneas discontinuas, por lo que antes de aceptar la sección definida presionando el botón **"Añadir"** es posible controlar si la sección está correctamente definida.

Los supuestos generales para el cálculo de la **superficie de deslizamiento poligonal** se enumeran [aquí](#).

El programa hace posible **exportar** la geometría de una estructura en formato *.DXF.

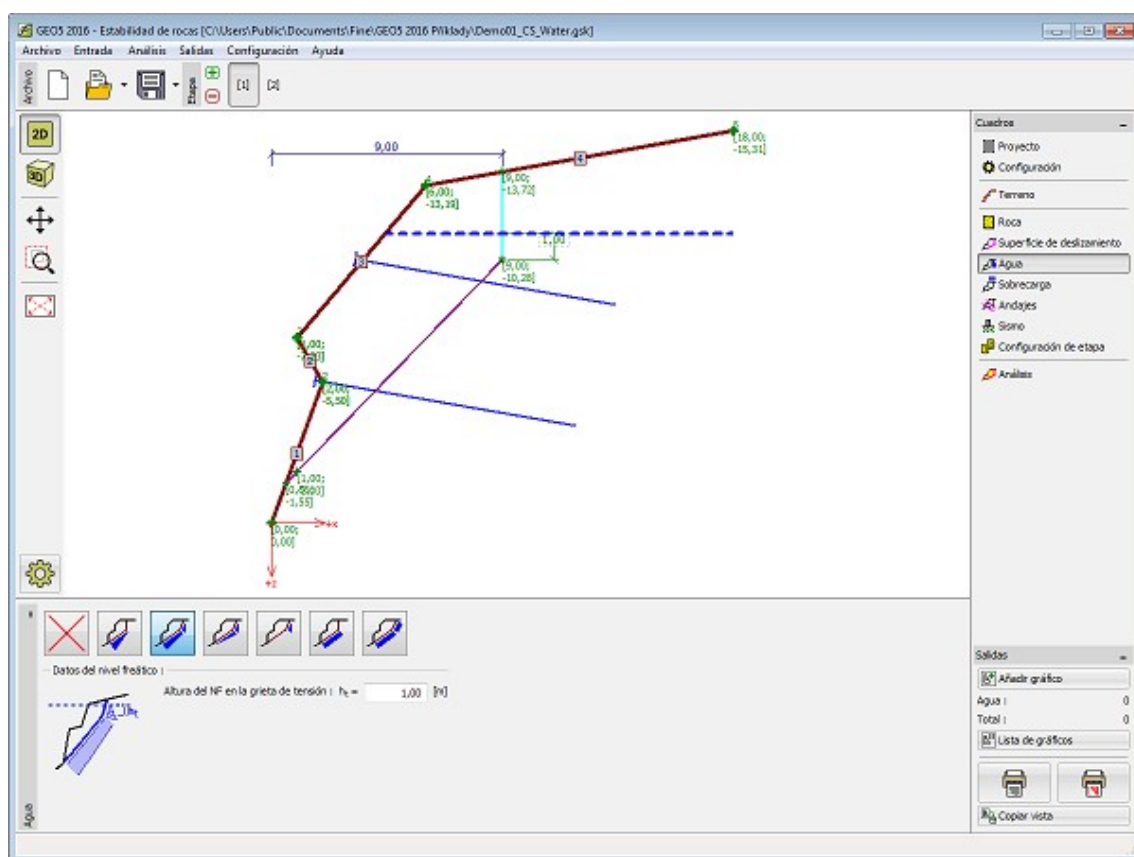


Cuadro "Superficie de deslizamiento poligonal"

Agua - Superficie de deslizamiento plana

El cuadro "Agua" permite, presionando un botón, seleccionar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El procedimiento de solución tenido en cuenta para el agua se describe en la parte teórica de esta ayuda "**Influencia del agua en la superficie de deslizamiento**".



Cuadro "Agua" - superficie de deslizamiento plana

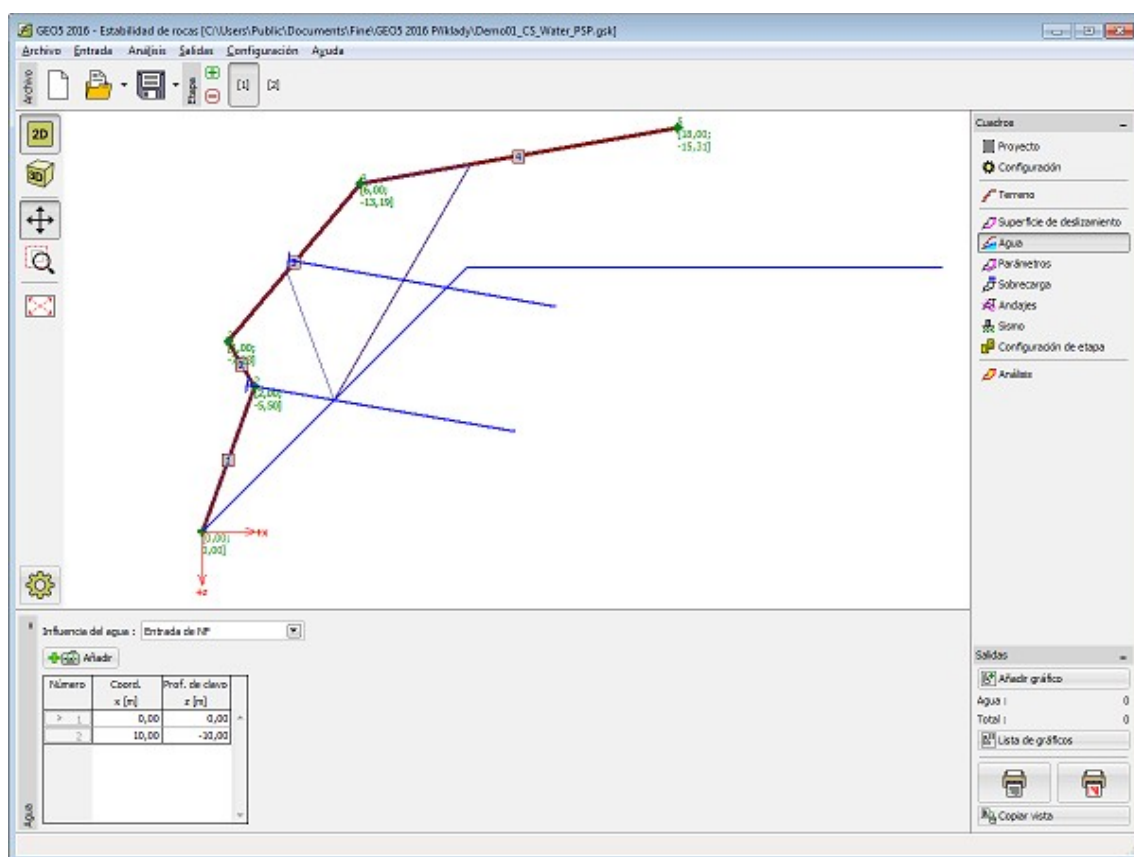
Agua - Superficie de deslizamiento poligonal

El cuadro "Agua" sirve para ingresar la **influencia del agua** (no se considera, ingresar fuerzas en bloques, ingresar nivel de agua horizontal, ingresar NF).

Los parámetros del agua pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El procedimiento de solución tenido en cuenta para el agua se describe en la parte teórica de esta ayuda **"Influencia del agua en la superficie de deslizamiento"**.

Para la opción **"Ingresar fuerzas en bloques"** la fuerzas del agua actuando en la superficie de deslizamiento F_V o las fuerzas desde el agua actuando en la superficie de deslizamiento interior U se ingresan en el cuadro **"Parámetros"** (presionando el botón **"Editar"**).



Cuadro "Agua" - superficie de deslizamiento poligonal

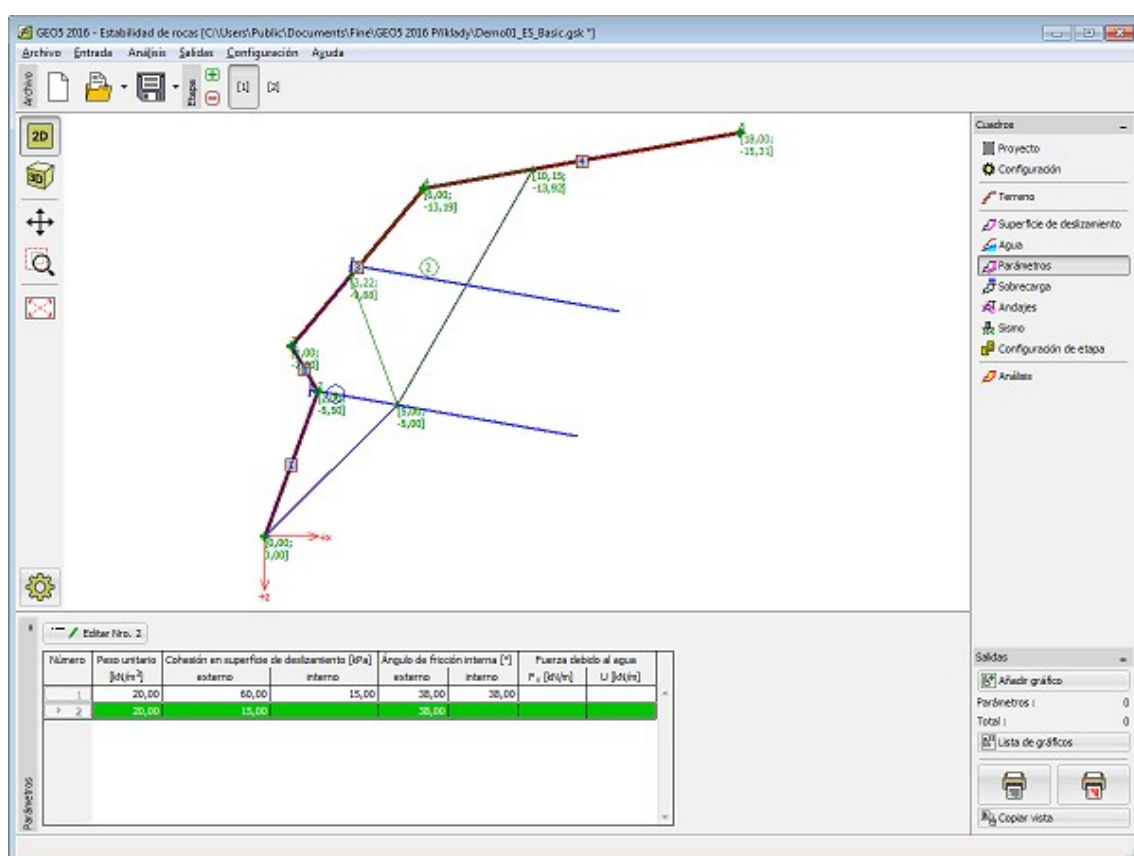
Parámetros - Superficie de deslizamiento poligonal

El cuadro **"Parámetros"** contiene una **tabla** con un listado de bloques, los cuales son creados introduciendo la **superficie de deslizamiento poligonal**. Para editar los parámetros de distintos bloques se utiliza el **cuadro de diálogo "Editar bloque"**. Estos bloques pueden editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

Aquí se introducen los parámetros de resistencia de **Mohr-Coulomb** en una superficie de deslizamiento y en las uniones que separan los distintos **bloques** incluyendo el **propio peso del cuerpo**.

Esta ventana también sirve para introducir las **fuerzas debido al agua** en los bloques de rocas.

Los supuestos generales para el cálculo de la **superficie de deslizamiento poligonal** se enumeran **aquí**.



Cuadro "Parámetros" - superficie de deslizamiento poligonal

Editar bloque 2

Datos del bloques de roca

Peso unitario del bloque : $\gamma = 20,00$ [kN/m³]

Cohesión en la sup. de deslizamiento externa : $c^* = 15,00$ [kPa]

Ángulo de fricción interna en sup. de des. externa : $\phi^* = 38,00$ [°]

☒ Fuerza debida al agua en la sup. de desliz. : $U = 0,00$ [kN/m]

☒ Fuerza debida al agua en la grieta de tensión interna : $U_T = 0,00$ [kN/m]

Información

Longitud de la sup. de deslizamiento externa : 10,30 [m]

OK + ▲ OK + ▼ OK Cancelar

Cuadro "Editar bloque"

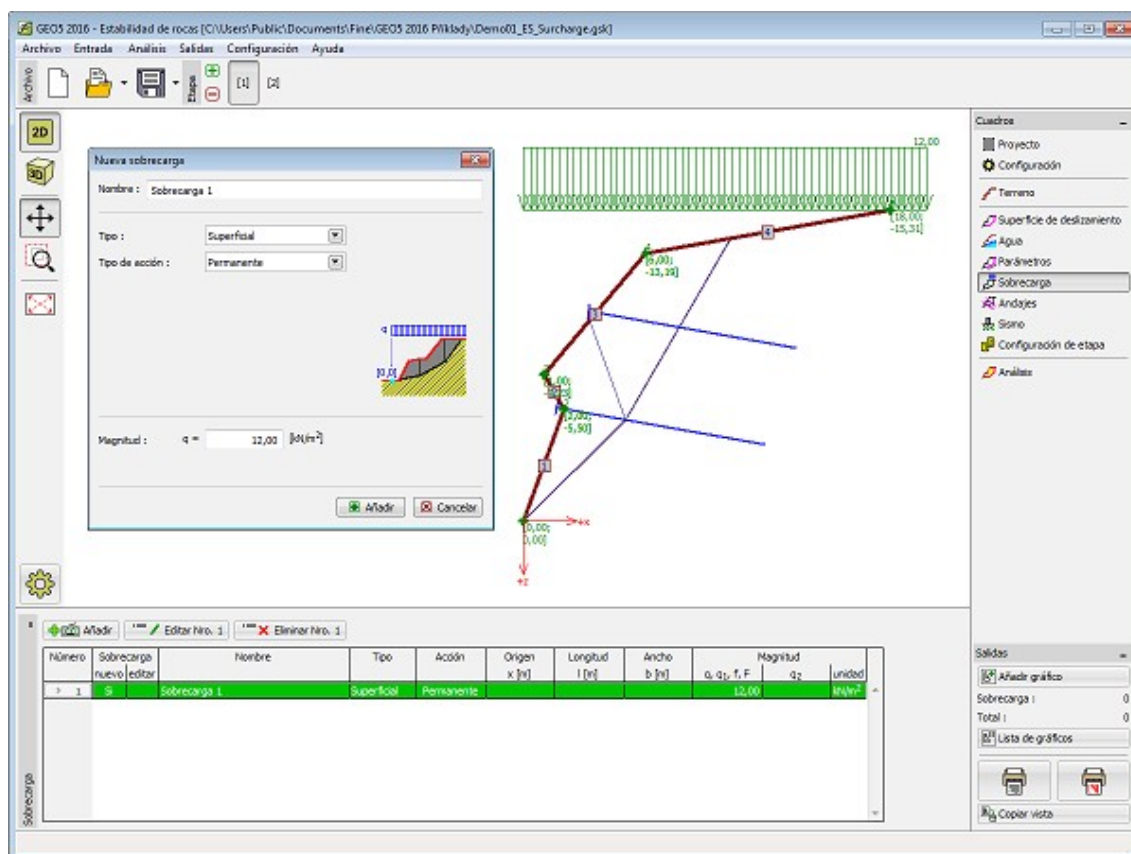
Sobrecarga - Superficie de deslizamiento plano y poligonal

El cuadro "Sobrecarga" contiene una **tabla** con la lista de las sobrecargas introducidas.

Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de **dimensiones activas** u **objetos activos** respectivamente.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante. Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

La entrada de fuerzas de sobrecarga en el análisis es distinta para superficies de deslizamiento **plana** y **poligonal**.



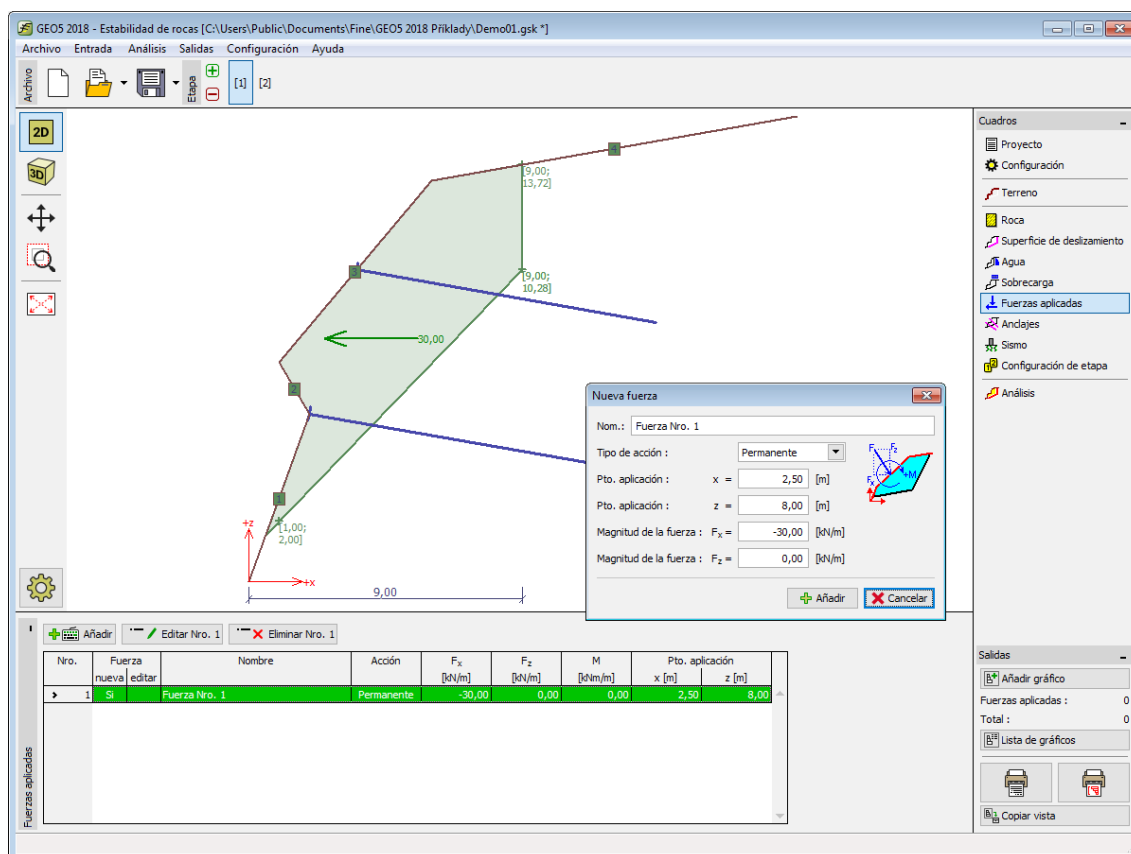
Cuadro "Sobrecarga" - superficie de deslizamiento plano y poligonal

Fuerzas Aplicadas - Superficie de Deslizamiento Plana

El cuadro "Fuerzas Aplicadas" contiene una **tabla** con una lista de fuerzas que actúan sobre un bloque de rocas. Para **Añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas ingresadas también se pueden editar en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

Las **Fuerzas Aplicadas** representan una carga adicional en el bloque de roca. Podemos modelar como punto de sujeción de los puentes o paso peatonal, etc. El programa no modifica las fuerzas aplicadas en el cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

La carga externa que actúa sobre la superficie del suelo debe definirse como una **sobrecarga**.



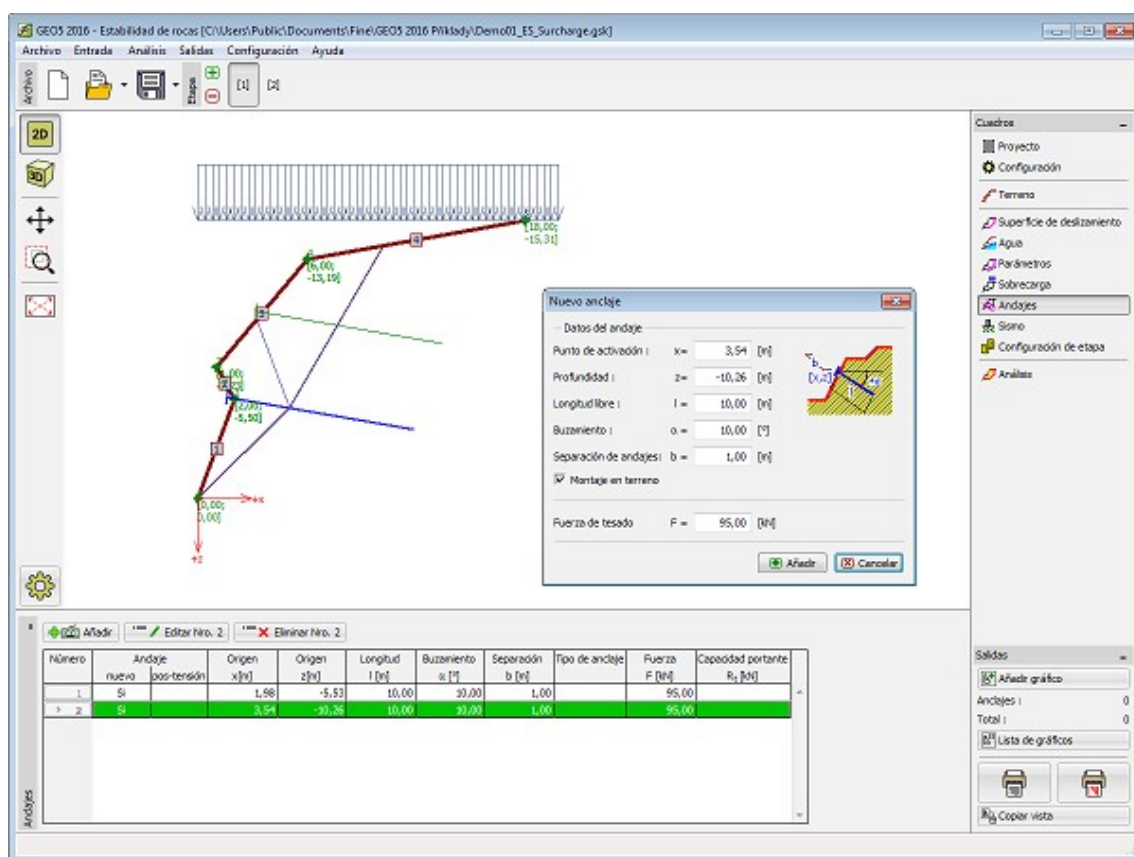
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Anclaje - Superficie de deslizamiento plano y poligonal

El cuadro **"Anclajes"** contiene una **tabla** con una lista de anclajes introducidos. Para **añadir** anclajes se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo anclaje"**. Los anclajes insertados pueden ser modificados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

Deberá ingresar la ubicación del anclaje (origen), profundidad, longitud libre, espacio entre anclajes y fuerza del anclaje. El origen del anclaje puede ser automáticamente **ubicado en el terreno** (seleccionando el campo de entrada específico). Todos los parámetros de anclajes pueden ser modificados sólo en la **etapa de construcción** donde fueron introducidos. Las siguientes etapas solo permiten el ajuste de la fuerza de anclaje (opción **"Anclaje post-tensión"**).

La **superficie de deslizamiento plana** permite definir anclajes activos o pasivos. Solo se permiten los anclajes activos utilizando **superficie de deslizamiento poligonal**.

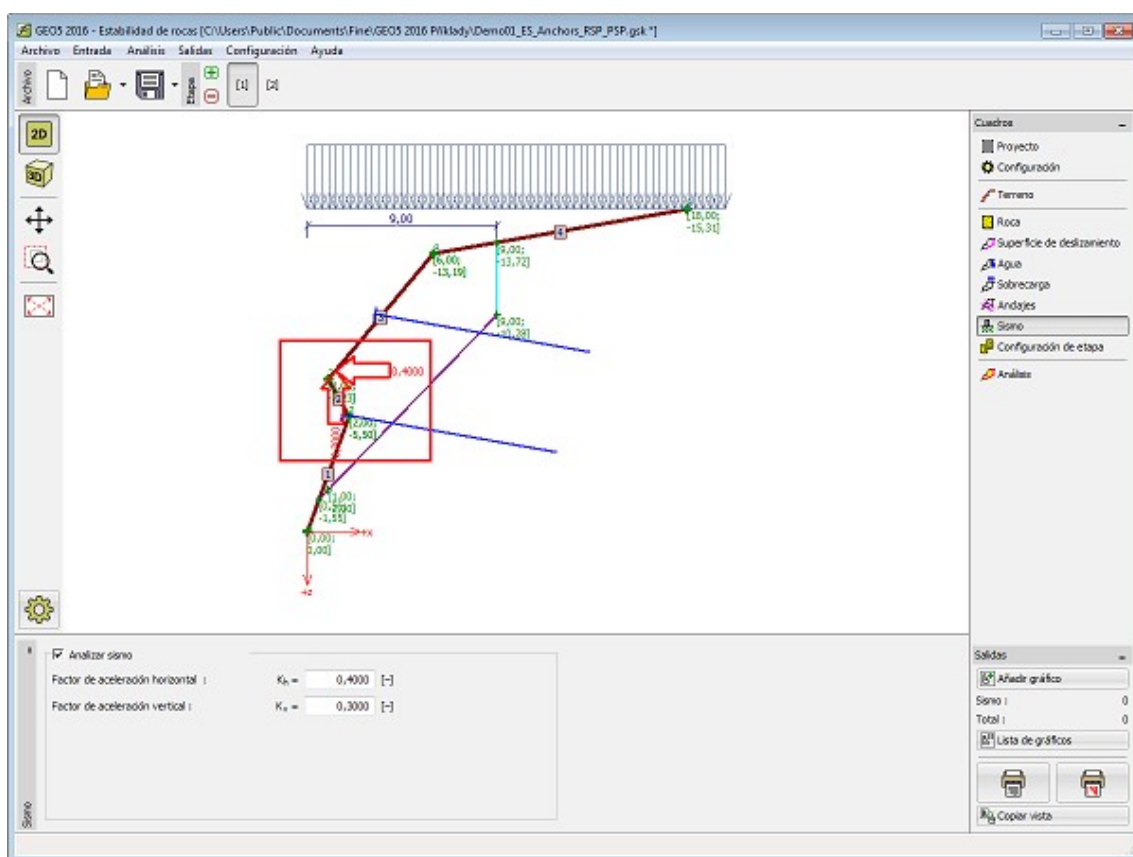


Cuadro "Anclaje" - superficie de deslizamiento plano y poligonal

Sismos

El cuadro **"Sismos"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

El análisis de pendiente rocosa mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



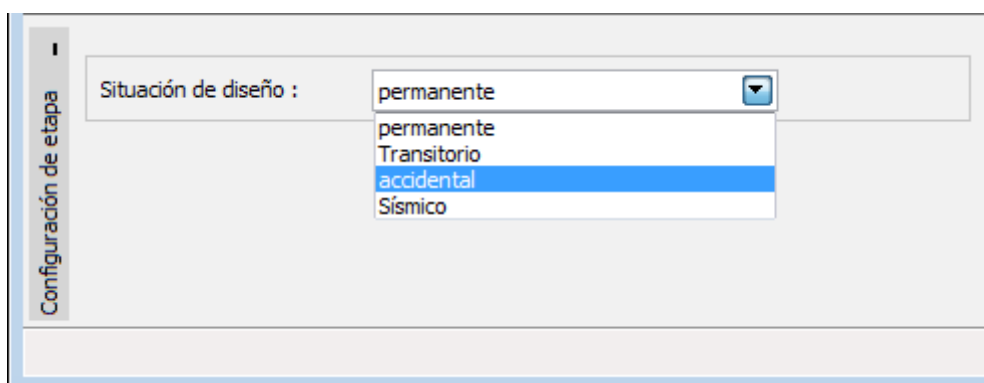
Cuadro "Sismos"

Configuración de etapa

El cuadro **"Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapas"

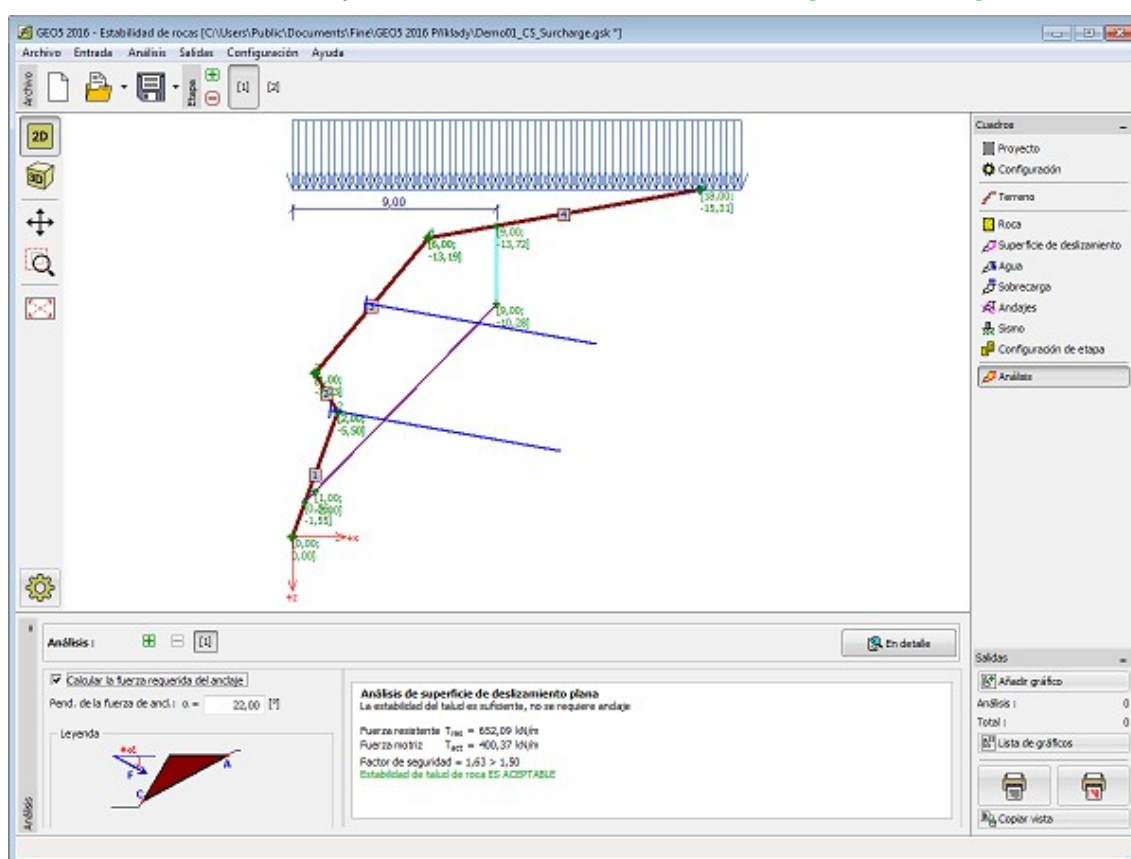
Verificación - Superficie de deslizamiento plana

El **cuadro "Verificación"** muestra el resultado del análisis. **Distintos análisis** pueden realizarse para una misma tarea.

La evaluación de la pendiente de roca para la **superficie de deslizamiento plana** se puede llevar a cabo según los **métodos de verificación** seleccionados en base a la entrada en el marco de **"Configuración"**. Los resultados del **análisis** se muestran en el cuadro en la parte inferior del escritorio.

En este cuadro el programa hace posible determinar las **fuerzas de anclaje necesarias** para obtener resultados del factor de seguridad. En este caso el campo de entrada **"Calcular fuerzas de anclaje requeridas"** debe ser seleccionado y la pendiente de la fuerza de anclaje horizontal debe ser introducida.

La visualización de resultados puede editarse en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



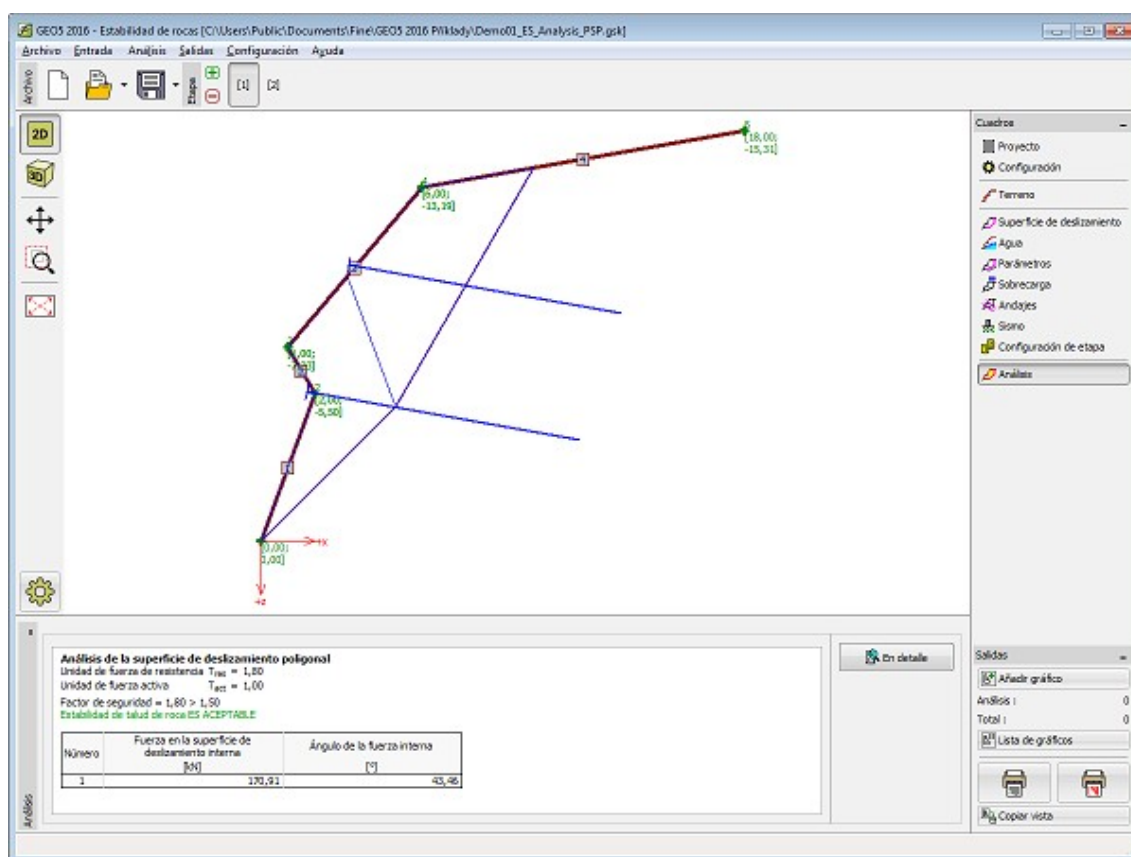
Cuadro "Verificación" - superficie de deslizamiento plana

Verificación - Superficie de deslizamiento poligonal

El **cuadro "Análisis"** muestra el resultado del análisis. **Distintos análisis** pueden realizarse para una misma tarea.

La verificación de la estabilidad de roca para una **superficie de deslizamiento poligonal**, puede llevarse a cabo según la **metodología de verificación** seleccionada en el cuadro **"Configuración"**. El resultado de la **verificación** se muestra en el cuadro en la parte inferior del escritorio.

La visualización de los resultados puede editarse en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación" - superficie de deslizamiento poligonal

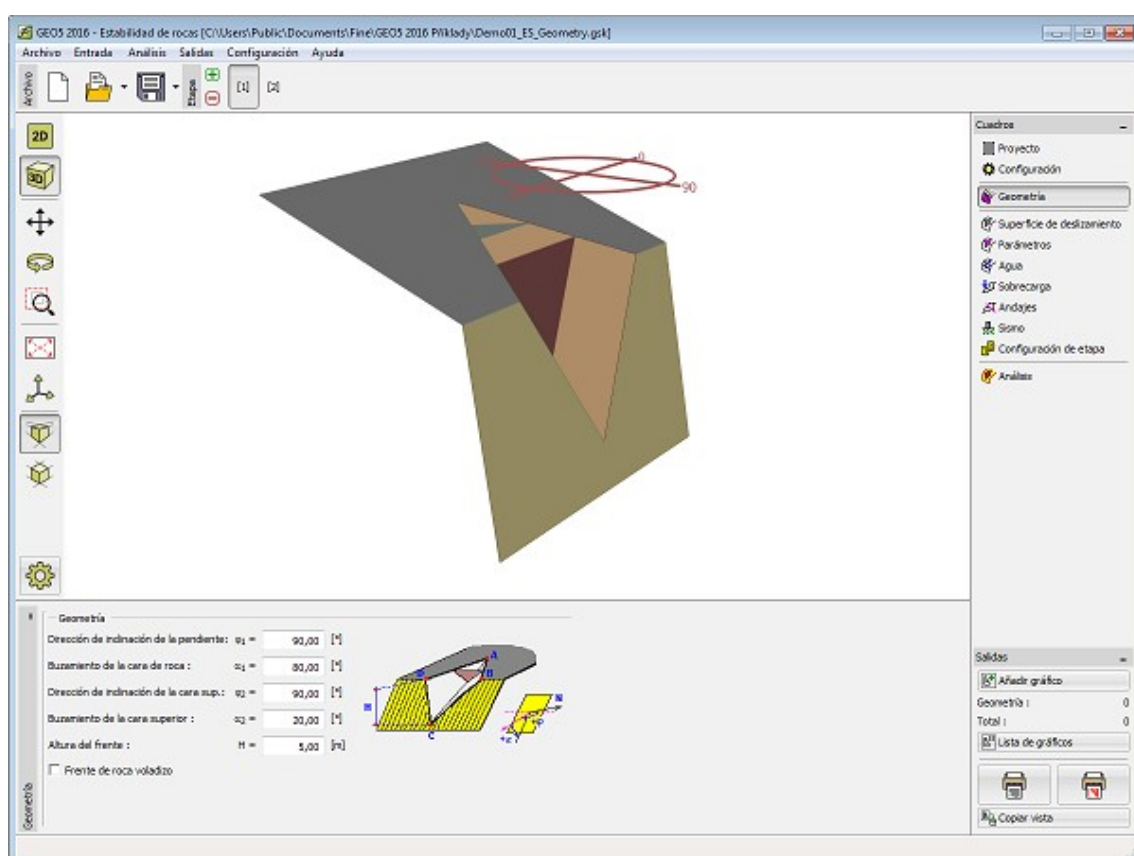
Geometría - Cuña en roca

El cuadro **"Geometría"** permite la entrada de la forma de la pendiente rocosa (cuña en roca).

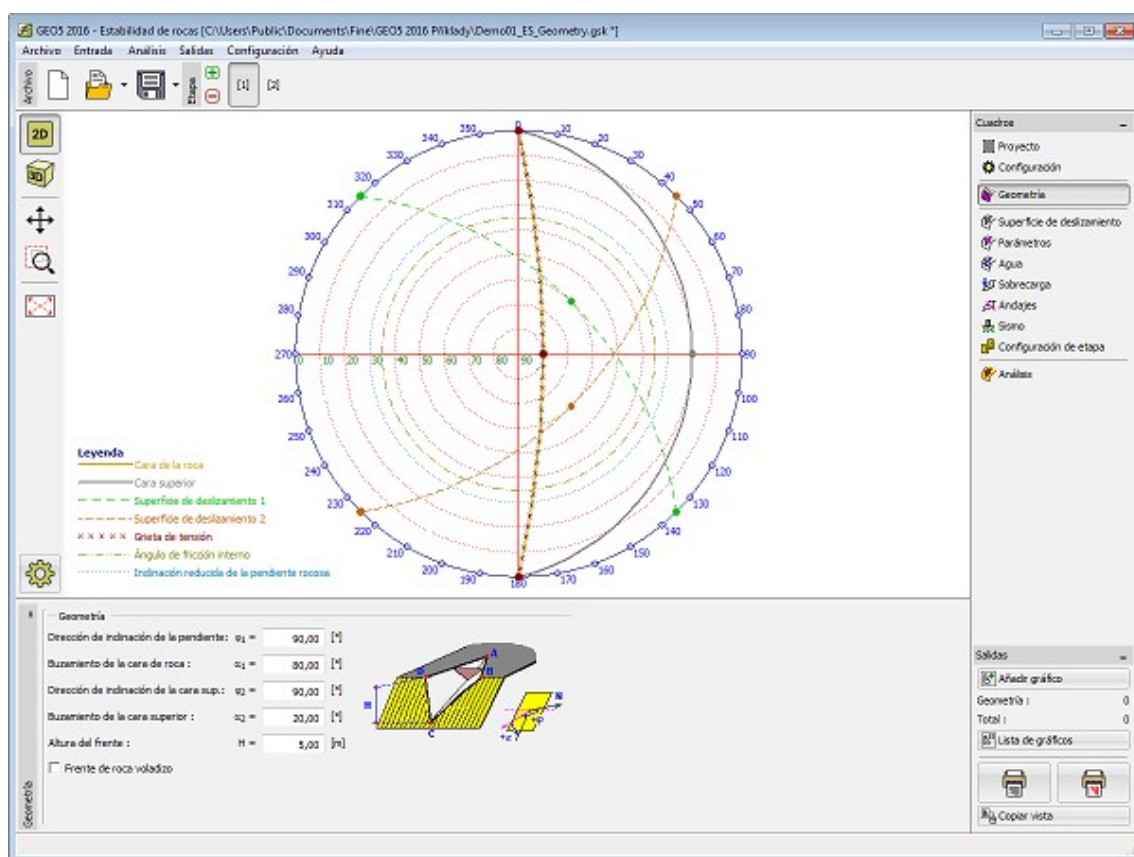
La geometría de la cuña en roca es definida por las **direcciones y gradientes de la caída de la línea de la cara** que forma la cuña. La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.

Al pulsar el botón **"Roca en voladizo"** puede ser modelado el **muro de roca en voladizo**.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría" - cuña en roca - visualización en 3D

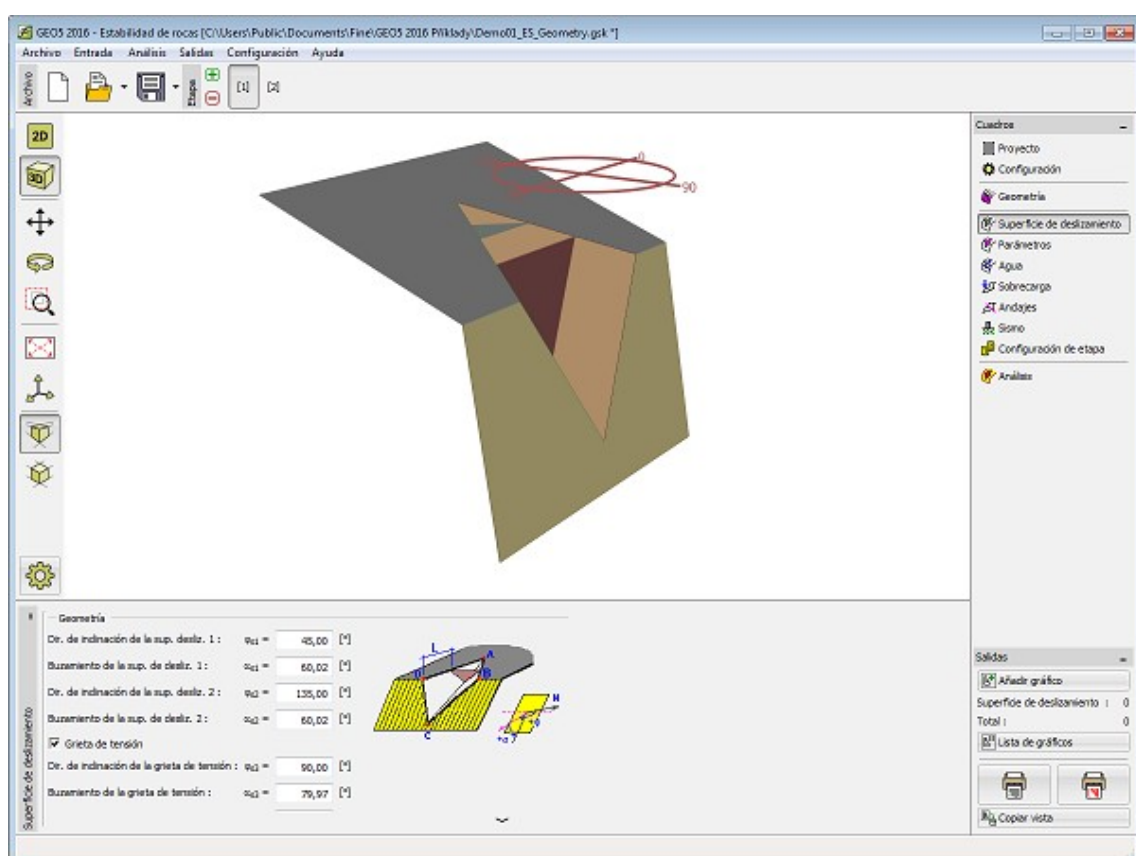


Cuadro "Geometría" - utilizando direcciones y gradientes de la línea de caída

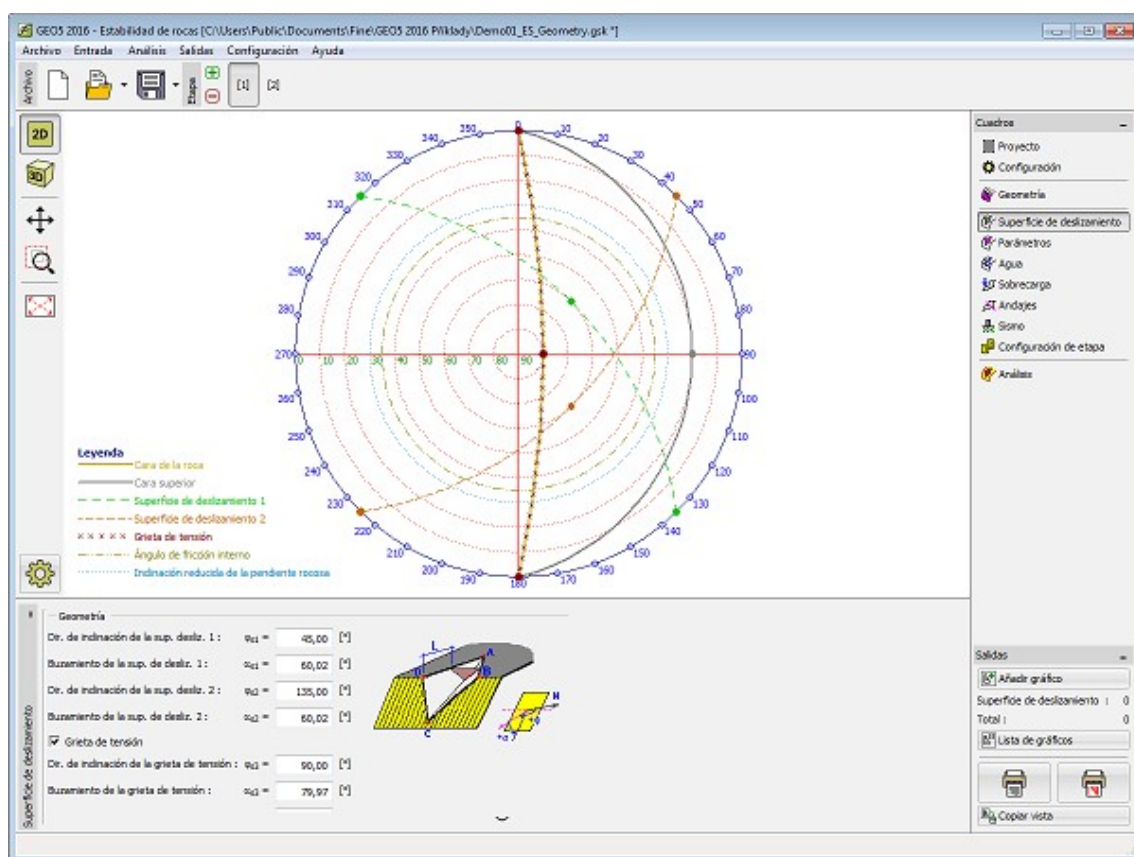
Superficie de deslizamiento - Cuña en roca

El cuadro **"Superficie de deslizamiento"** sirve para introducir la forma de una superficie de deslizamiento utilizando las **direcciones y gradientes de una línea de caída de cara** formando una cuña. Una grieta de tensión también puede ser definida.

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.



Cuadro "Superficie de deslizamiento" - cuña en roca - visualización en 3D

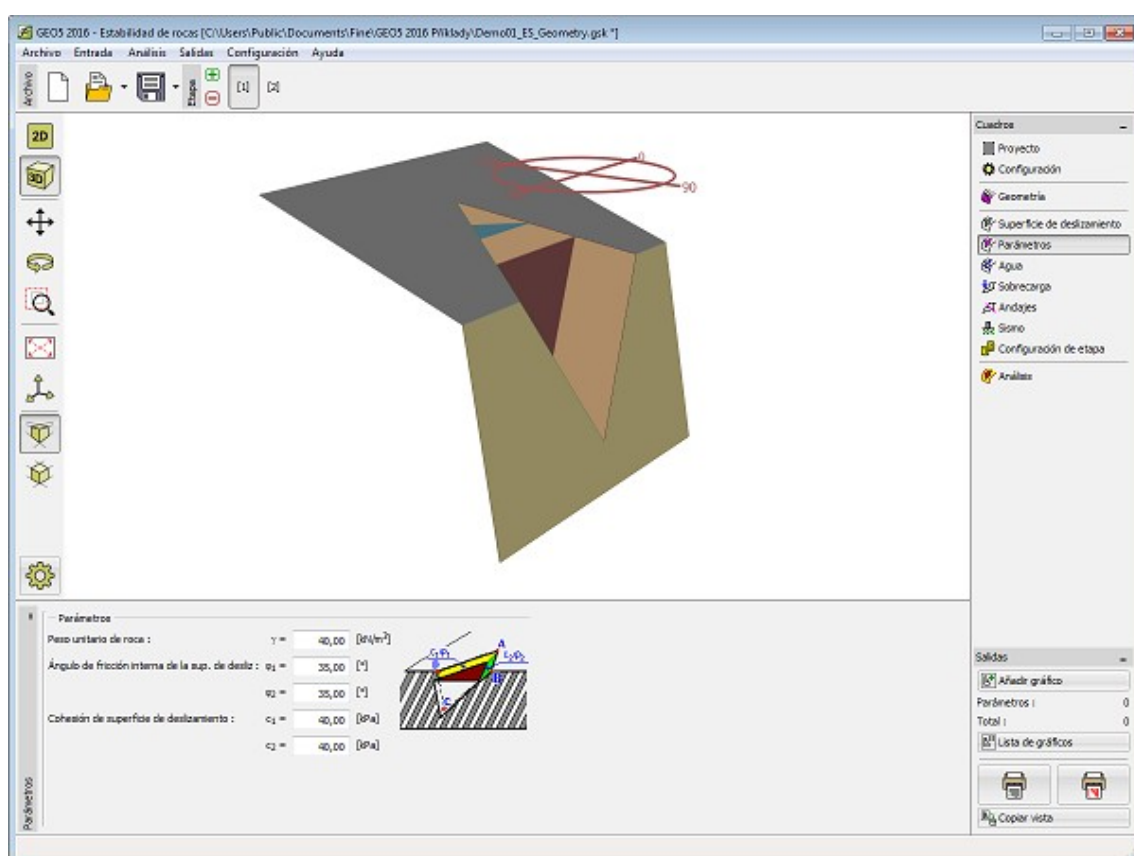


Cuadro "Superficie de deslizamiento" - cuña en roca - proyección estereográfica

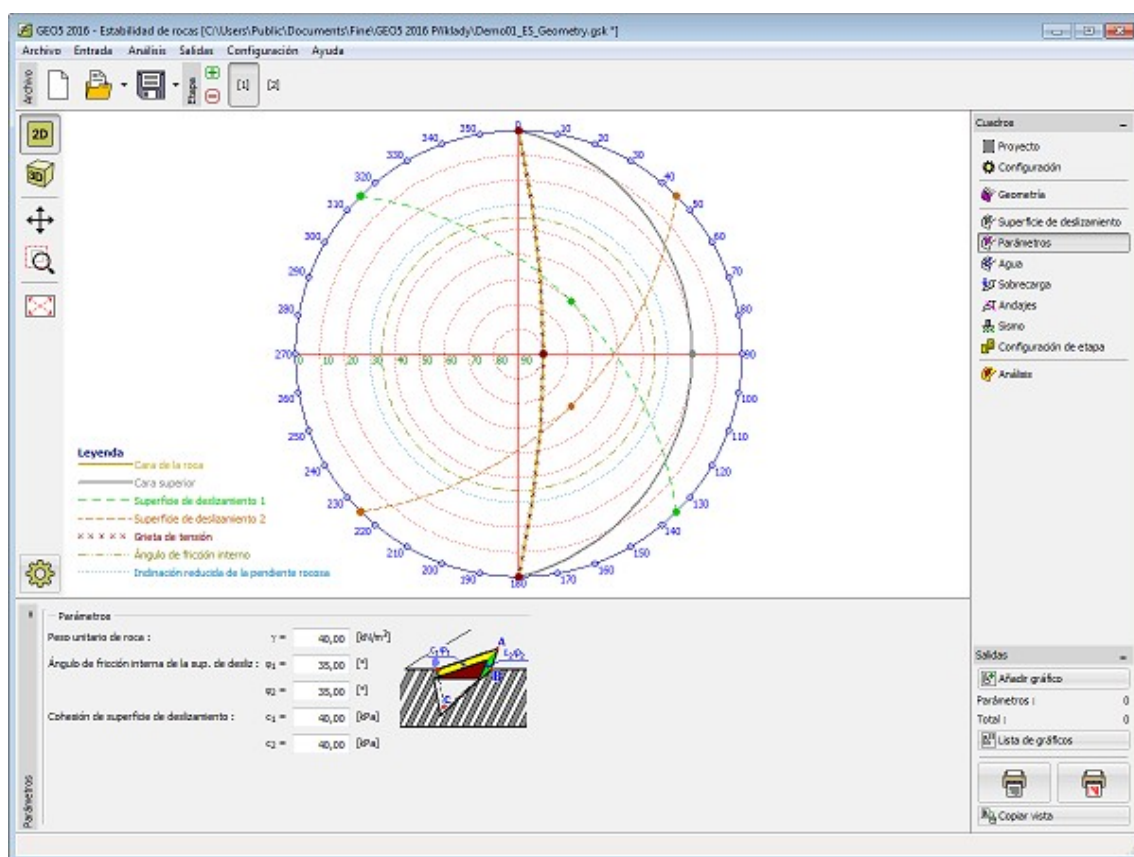
Cuña en roca - Parámetros

El cuadro **"Parámetros"** sirve para introducir los parámetros de una cuña en roca. El **propio peso de la roca** y los parámetros de resistencia de **Mohr-Coulomb** para una superficie de deslizamiento son introducidos.

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.



Cuadro "Parámetros" - cuña en roca - visualización en 3D



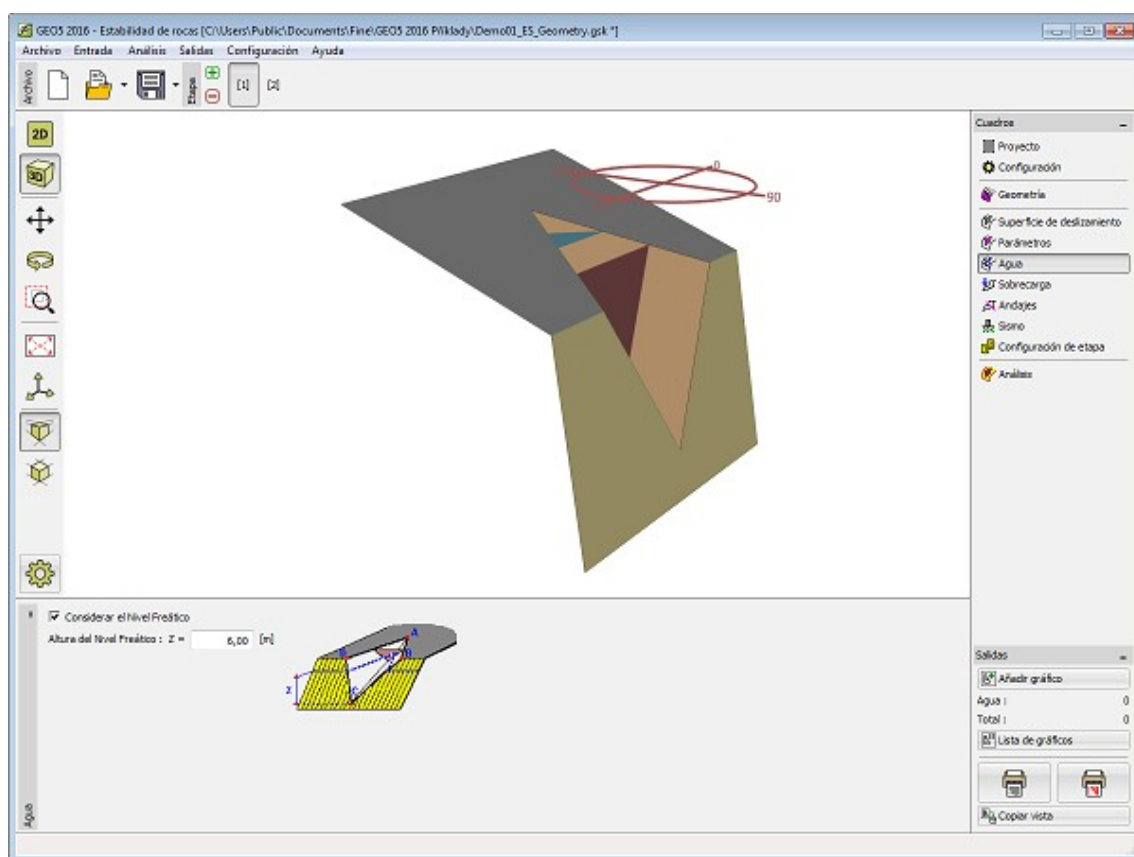
Cuadro "Parámetros" - cuña en roca - proyección estereográfica

Cuña en roca - Agua

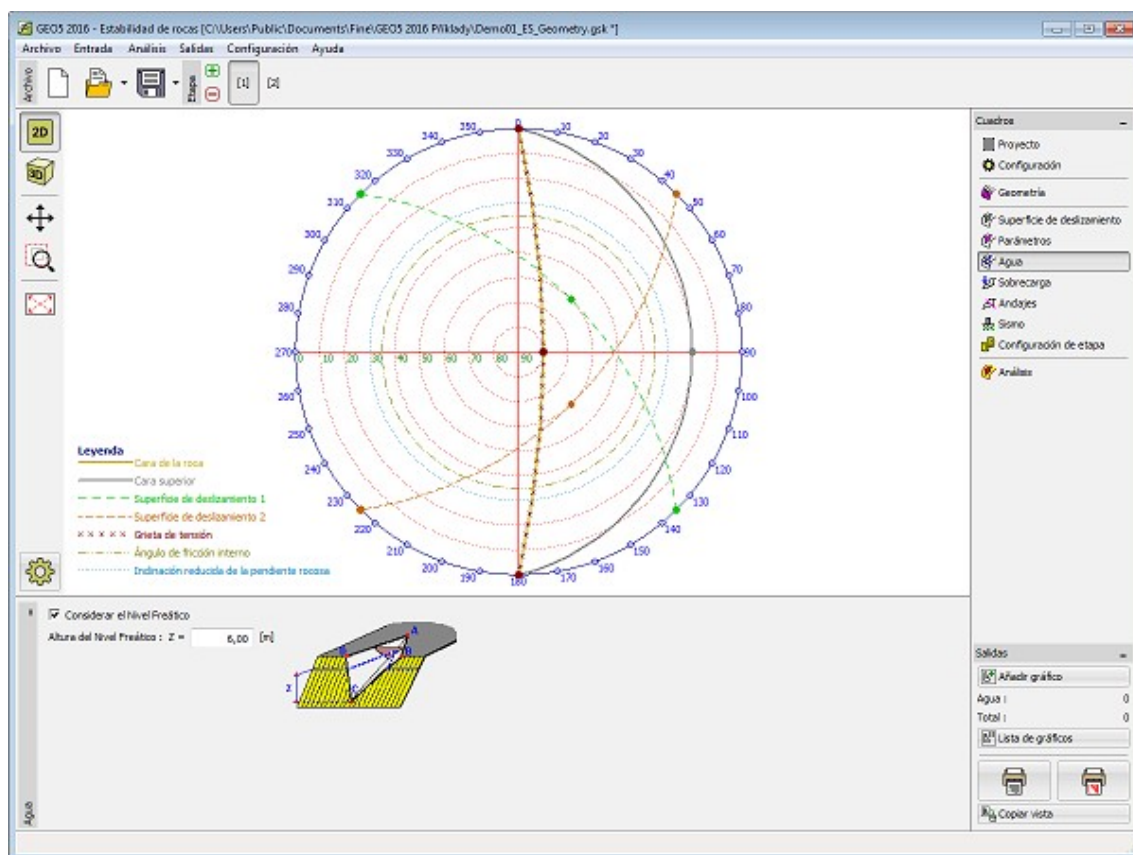
El cuadro "Agua" permite introducir agua dentro del análisis. Si la influencia del agua es tomada en cuenta, entonces seleccionando el campo de entrada correspondiente se abre un cuadro de diálogo para introducir la altura del GWT sobre el punto más bajo de la cuña en roca.

El procedimiento de solución cuando se tiene en cuenta el agua, se describe en la parte teórica del documento de ayuda "Influencia de agua subterránea".

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola vista 3D o la proyección estereográfica.



Cuadro "Agua" - cuña en roca - visualización en 3D



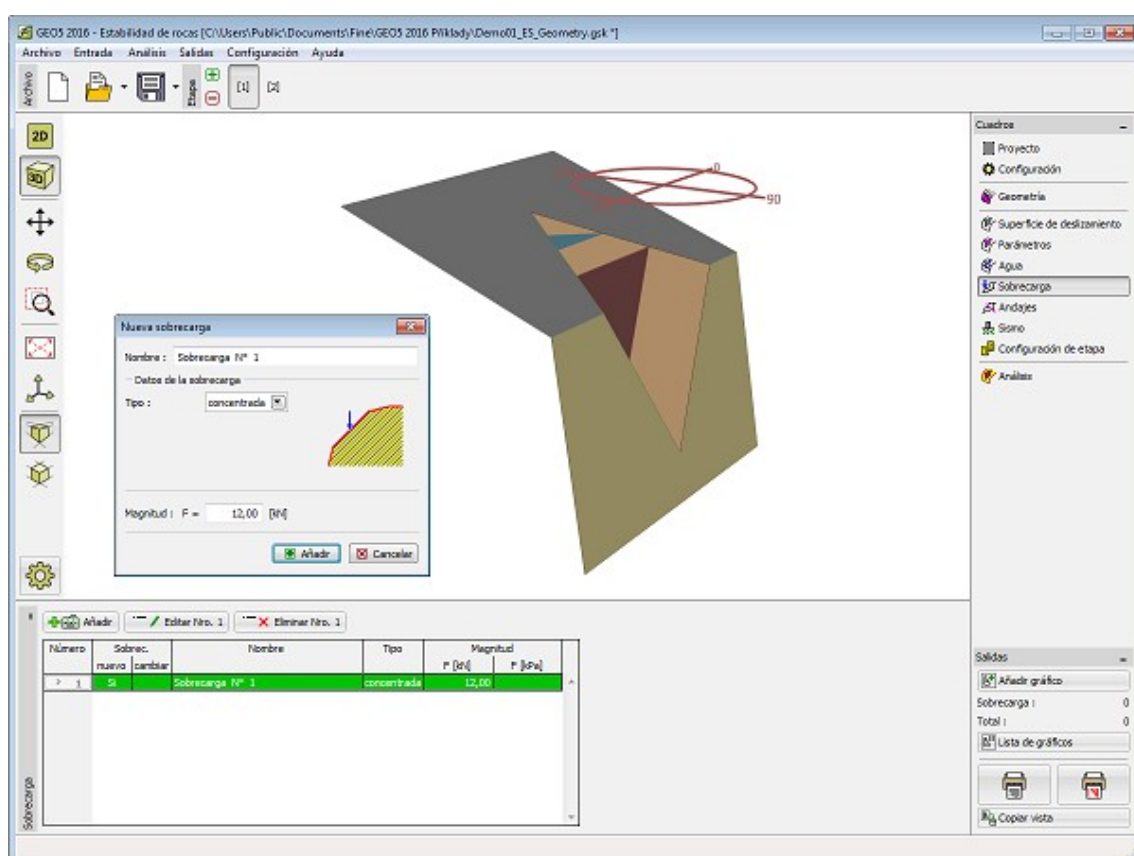
Cuadro "Agua" - cuña en roca - proyección estereográfica

Cuña en roca - Sobrecarga

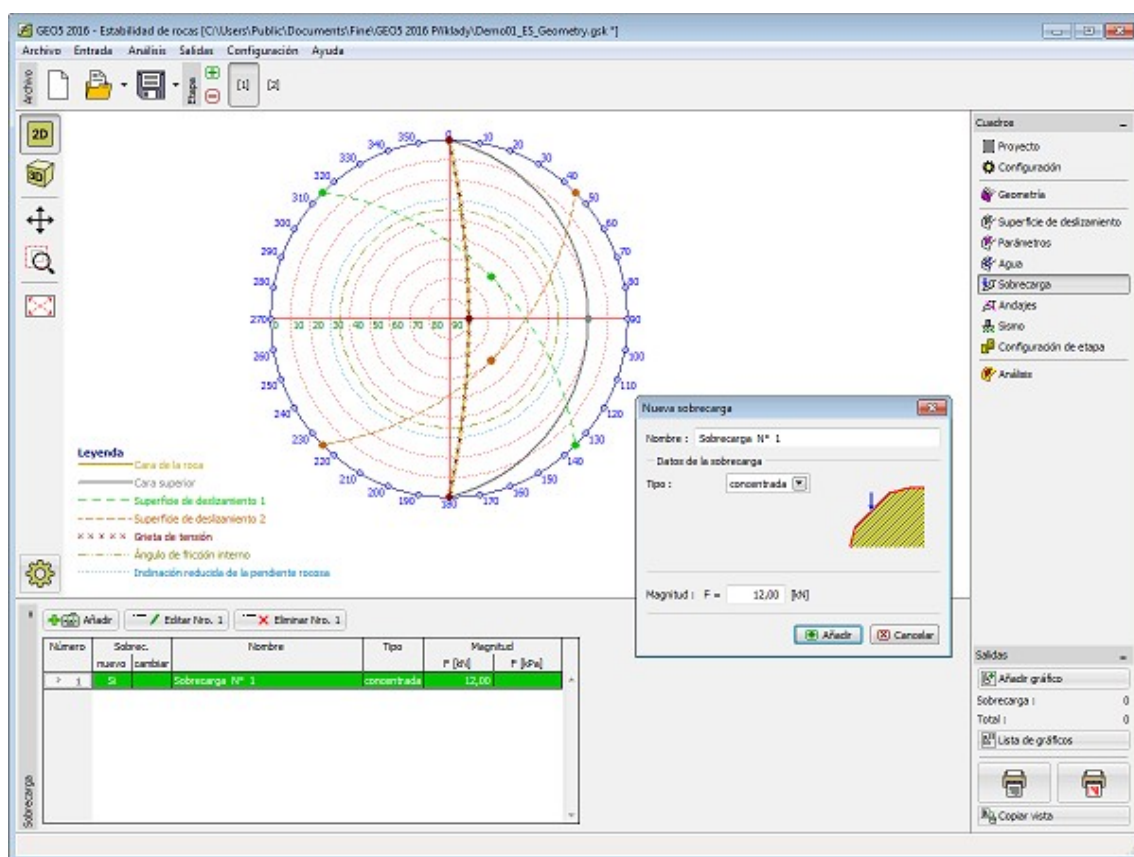
El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con la lista de las sobrecargas ingresadas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**.

Las fuerzas de sobrecarga son introducidas dentro el **análisis de estabilidad** de una cuña en roca utilizando la **resolución de fuerza**.

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.



Cuadro "Sobrecarga" - cuña en roca - visualización en 3D



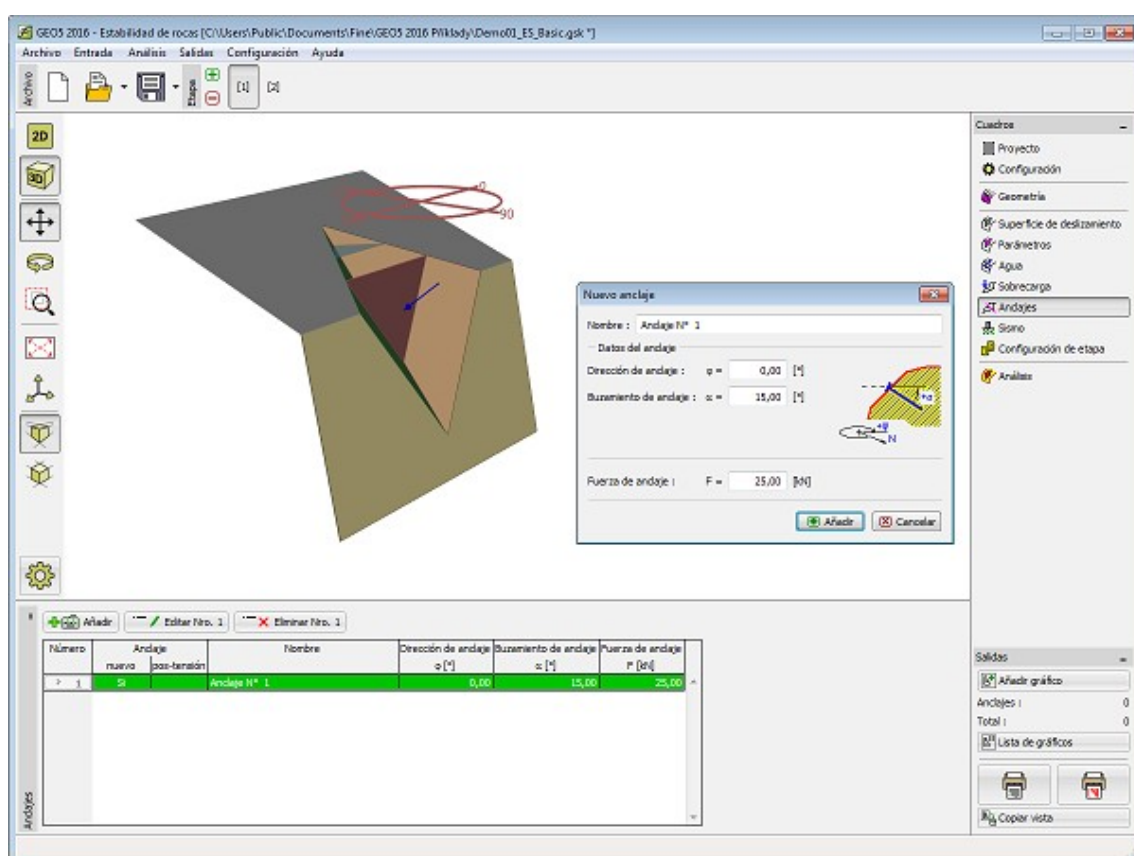
Cuadro "Sobrecarga" - cuña en roca - proyección estereográfica

Cuña en roca - Anclaje

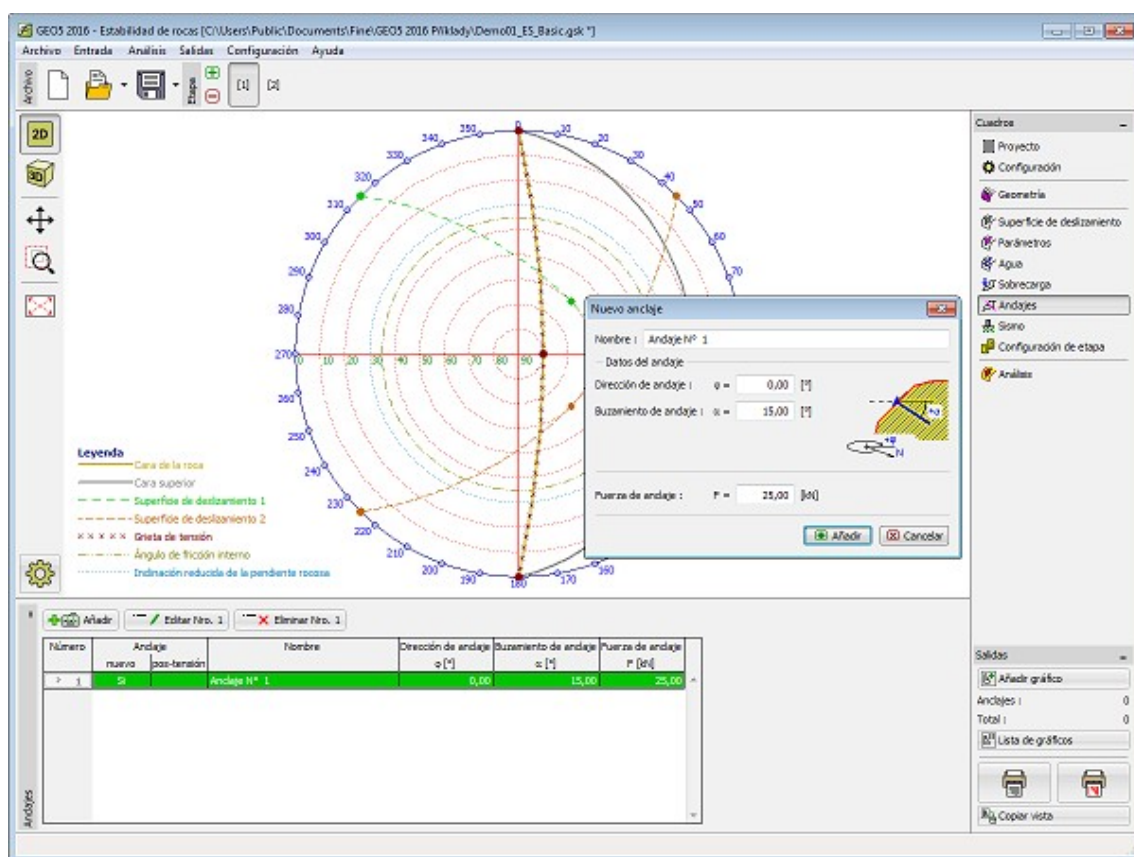
El cuadro **"Anclajes"** contiene una tabla con una lista de anclajes ingresados. Para **añadir** anclajes se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo anclaje"**.

Las fuerzas de anclaje son introducidas dentro el **análisis de estabilidad** de una cuña en roca utilizando la **resolución activa de fuerza**.

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.



Cuadro "Anclaje" - cuña en roca - visualización en 3D



Cuadro "Anclaje" - cuña en roca - proyección estereográfica

Cuña en roca - Verificación

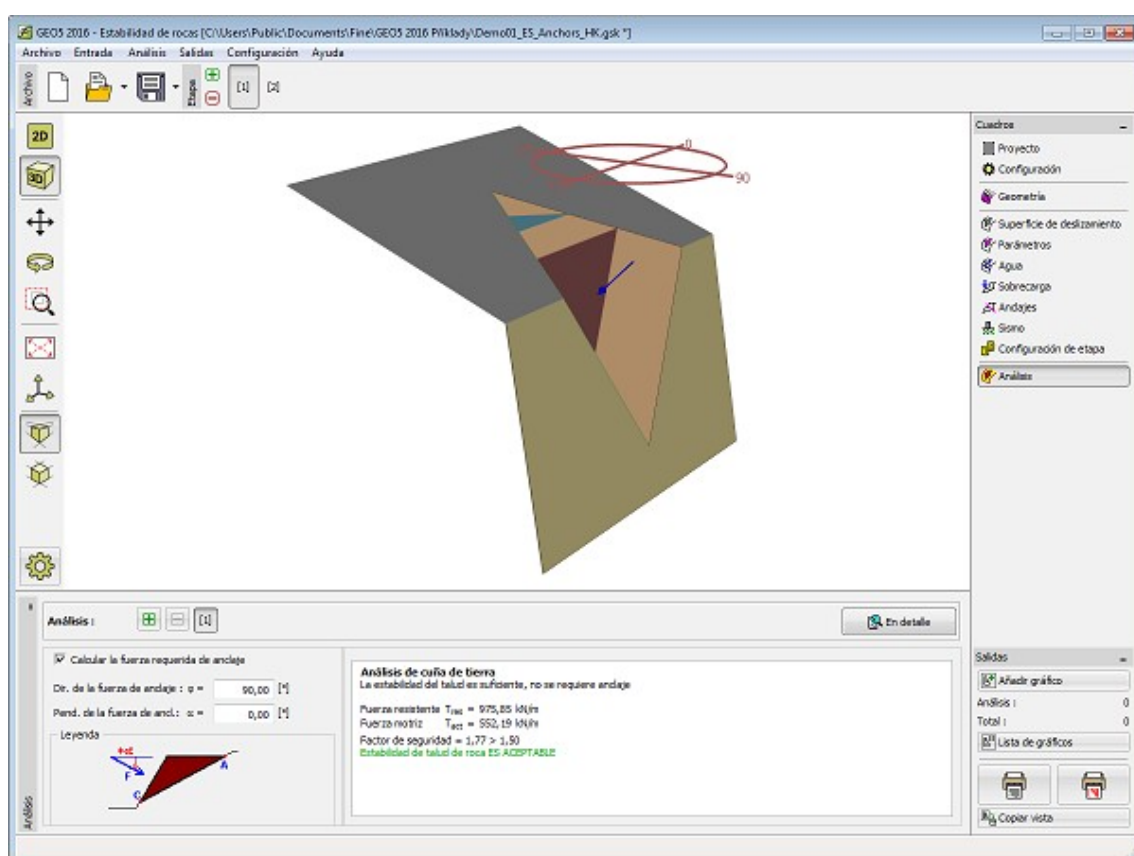
El cuadro **"Verificación"** muestra el resultado del análisis. Distintos análisis pueden realizarse para una misma tarea.

La verificación de la pendiente rocosa que es considerado como **cuña de roca**, puede ser llevada a cabo según la **metodología de verificación** basado en la entrada del cuadro **"Configuración"**. El resultado del análisis se muestra en el cuadro en la parte inferior del escritorio.

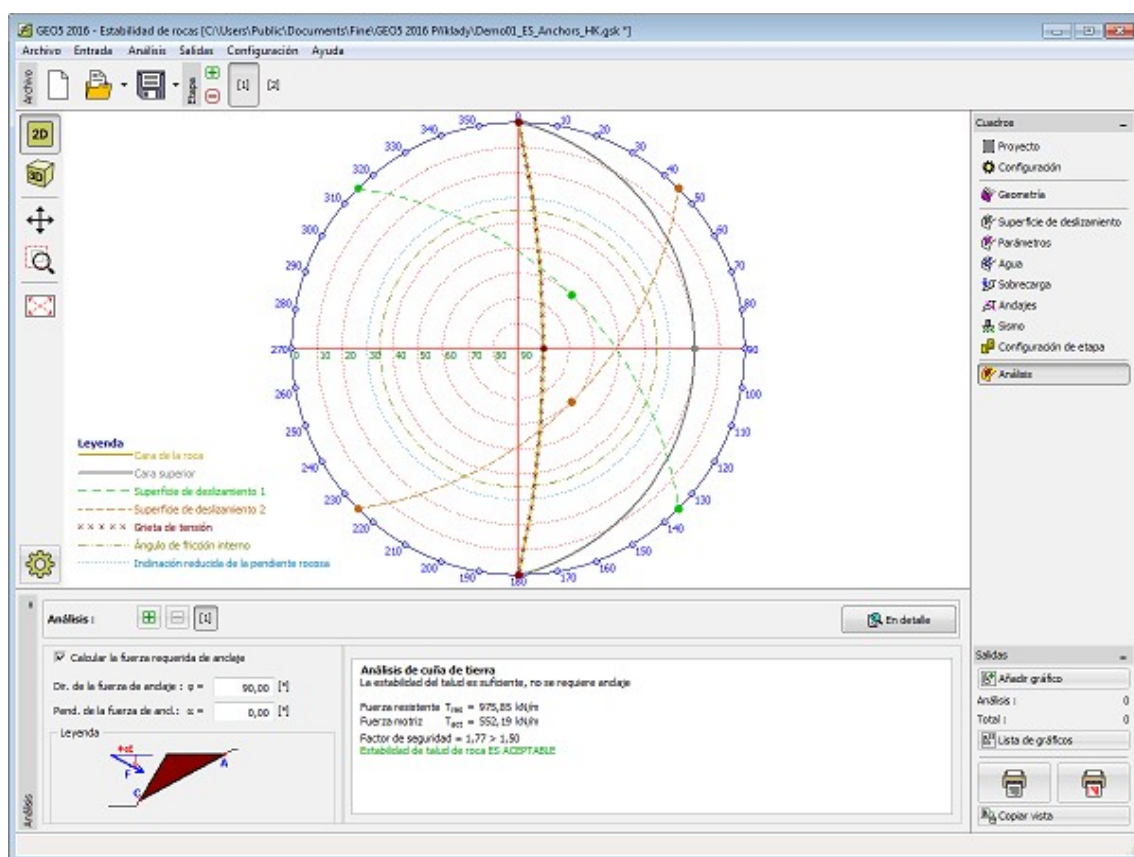
En este cuadro el programa hace posible determinar las **fuerzas de anclaje necesarias** para obtener resultados del factor de seguridad. En este caso el campo de entrada **"Calcular fuerzas de anclaje requeridas"** debe ser seleccionado y la pendiente de la fuerza de anclaje horizontal debe ser introducida.

La geometría de la cuña de tierra se muestra en el escritorio utilizandola **vista 3D** o la **proyección estereográfica**.

La visualización de resultados puede editarse en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación" - cuña en roca - visualización en 3D



Cuadro "Verificación" - cuña en roca - proyección estereográfica

Programa Muro de Suelo Reforzado

El programa se utiliza para verificar mecánicamente muros de tierras estabilizadas y muros de contención segmentados reforzados por geomalla. (georefuerzos)

La ayuda en el programa "Muro de Suelo Reforzado" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Material	Tipos de refuerzos	Refuerzos (bloques)	Refuerzos
Perfil	Suelos	Asignar	Terreno	Agua (bloques)	Agua	Sobrecarga
Resistencia en la cara frontal	Fuerzas aplicadas	Sismos	Configuración de etapas	Verificación de equilibrio del muro	Verificación del muro	Capacidad portante
Deslizamiento o en georeforzo	Estabilidad Interna	Estabilidad Global	Estabilidad			

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa **"Muro de Suelo Reforzado"**:

Tensión en el cuerpo del suelo Presiones de tierra Verificación de muros Estabilidad de taludes Muros de suelo reforzados

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos y para especificar configuraciones generales para la ejecución del análisis. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

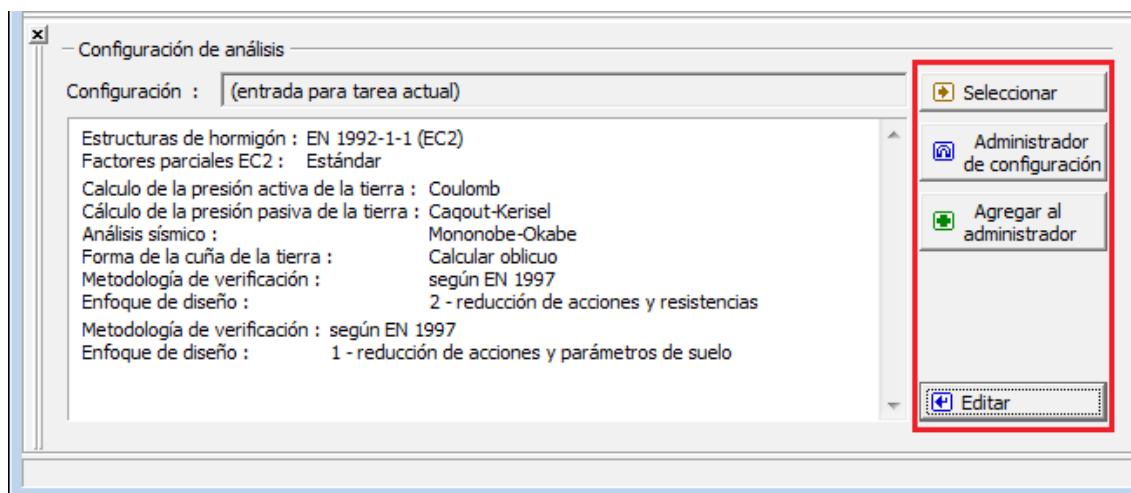
El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se llevan a cabo en la solapas "**Materiales y estándares**", "**Análisis de muro**" y "**Análisis de estabilidad**".



Cuadro "Configuración"

Geometría

El cuadro "**Geometría**" permite, presionando un botón, seleccionar la forma del muro.

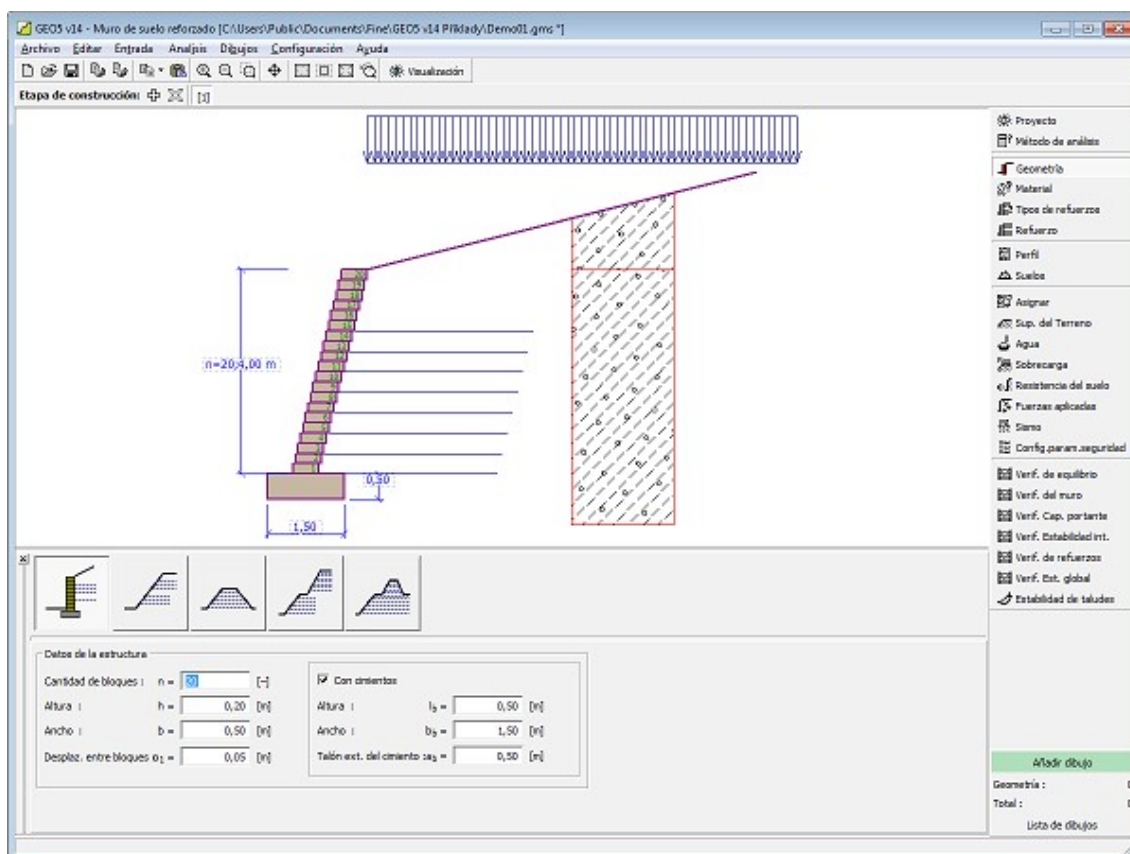
La forma del muro puede ser editada en el cuadro insertando los valores en los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El primer tipo de geometría (Muro) permite la definición de la **cimentación**, para otros tipos (Terraplenes) el programa permite la entrada de la **cobertura**. El tipo seleccionado influye en otros cuadros y sus modos de entrada (agua, sobrecargas, reforzamientos). Las siguientes opciones de **verificación** están disponibles para tipos individuales de geometrías:

Tipo de Geometría	Comprobación
1 Muro con la opción de definir cimentación	Verificación, dimensionamiento, capacidad portante, estabilidad interna, estabilidad global, estabilidad de taludes.
2 Un lado de la pendiente	Verificación, capacidad portante, estabilidad interna,

- | | |
|---|--|
| | estabilidad global, estabilidad de taludes. |
| 3 Dos lados de la pendiente | Estabilidad global, estabilidad de taludes. |
| 4 Un lado dividido en zonas por bancos (escalones) | Verificación, capacidad portante, estabilidad interna, estabilidad global, estabilidad de taludes. |
| 5 Dos lados divididos en zonas por bancos (escalones) | Estabilidad global, estabilidad de taludes. |

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



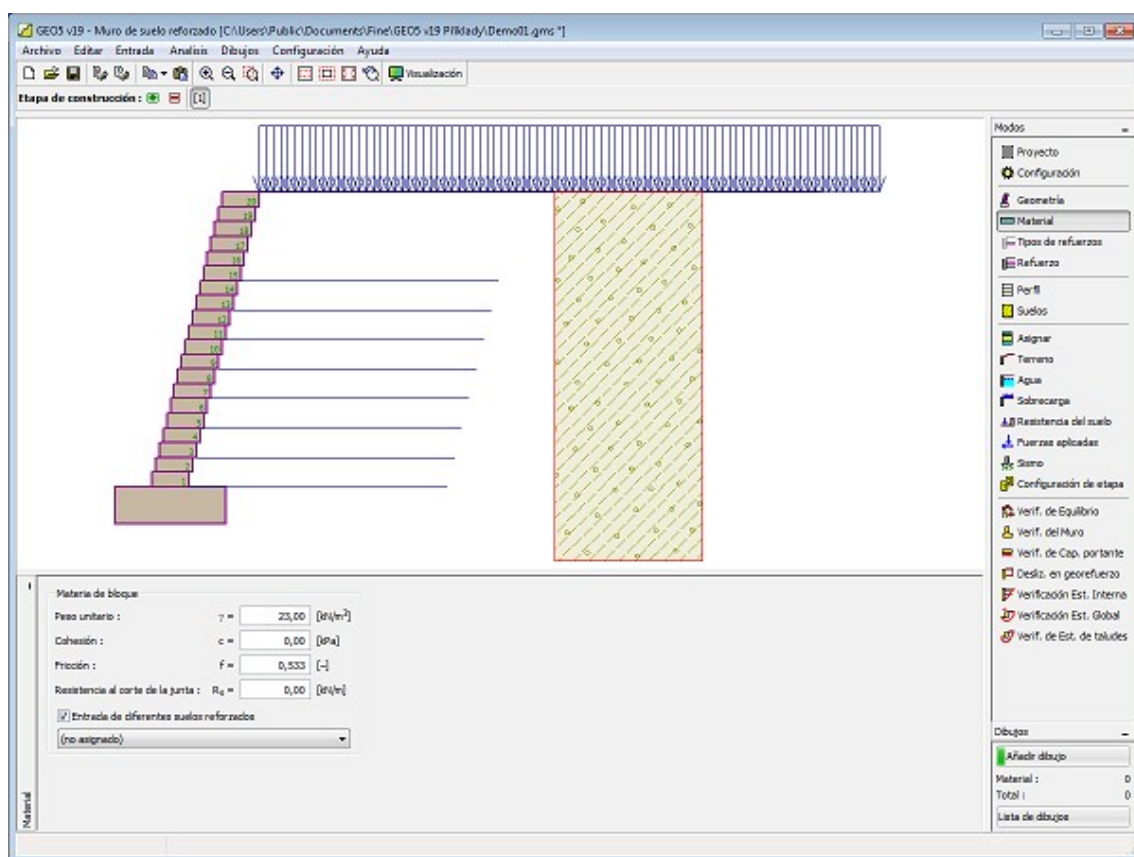
Cuadro "Geometría"

Material

El **cuadro "Material"** permite seleccionar los parámetros de los materiales adoptados por los bloques y cobertores. La definición de materiales depende del tipo de **"Geometría"** seleccionada. El primer tipo de geometría (estructura con bloques) requiere la entrada de peso propio del bloque γ , cohesión c y fricción f y la capacidad portante de corte de la junta R_s [kN/m].

Los demás tipos de geometría (estructura sin bloque) permiten considerar una cobertura, la cual requiere entrada del peso propio γ y la fuerza de corte R_s [kPa].

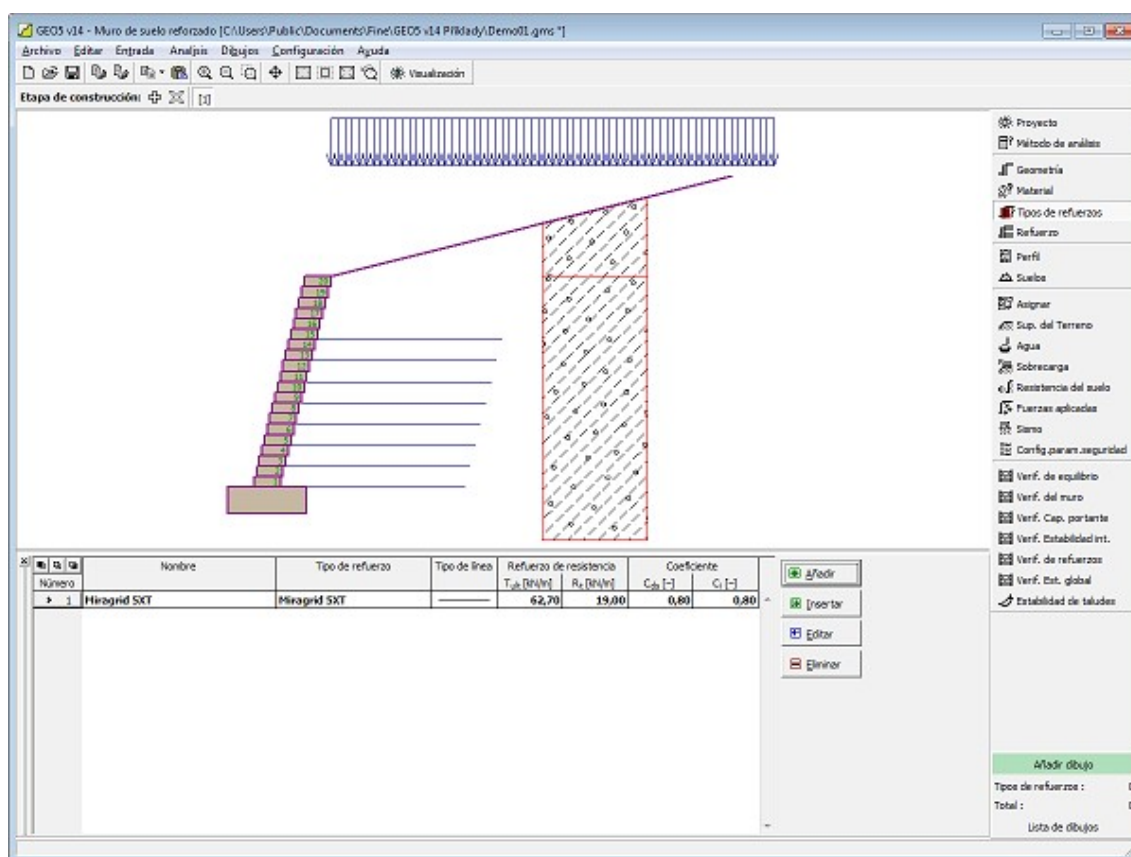
Si el suelo entre los refuerzos es diferente de suelo asignado al perfil geológico, entonces el programa le permite especificar este suelo marcando la opción **"Ingresar un suelo reforzado diferente"**. Luego, en la lista desplegable el usuario selecciona el tipo de suelo (la lista desplegable contiene suelos introducidos en el cuadro **"Suelos"**).



Cuadro "Material"

Tipos de refuerzos

El cuadro **"Tipos de refuerzos"** contiene una tabla con un listado de los geo-refuerzos ingresados y sus parámetros (**capacidad portante a largo plazo del refuerzo** y coeficientes de interacción). Para **añadir** un tipo de refuerzo se utiliza el cuadro de diálogo **"Añadir tipo de refuerzo"**.



Cuadro "Tipo de refuerzo"

Añadir o editar tipo de refuerzo

El cuadro **"Nuevo tipo de refuerzo"** (Editar tipo de refuerzo, insertar tipo de refuerzo) contiene los siguientes ítems:

Grupo de refuerzo y Tipo de refuerzo

- La lista desplegable contiene grupos de refuerzos y tipos de refuerzos individuales de la base de datos, y permite además el ingreso de tipos de refuerzo **"definidos por el usuario"**.

Características de resistencia a corto plazo

- El valor de la fuerza puede cambiar solo para los refuerzos guardados con la ayuda de **"Catálogo de usuario"**.

Análisis de resistencia a largo plazo

- La lista desplegable permite elegir el tipo de análisis a largo plazo: **"ingreso de factores de reducción"** (entrada directa de factores), **"cálculo de factores de reducción"** (los factores son determinados en base al período de vida seleccionado de un refuerzo, Ph del suelo, y tamaño del grano) o **"ingreso de resistencia"** (se ingresa la resistencia a largo plazo ya reducida).

Factores de reducción

- Los valores de factores de reducción de resistencia a la tracción a corto plazo - pueden ser ingresados directamente o calculados basándose en las opciones seleccionadas en la lista desplegable (tiempo de vida, química, tamaño del grano).

Coeficiente global del modelo incierto

- Se ingresa el valor del factor para reducir la resistencia a corto plazo.

Diseño de resistencia a largo plazo

- Valor calculado de la **resistencia a la tracción a largo plazo**.

Resistencia la desplazamiento

- El "**Coefficiente de desplazamiento directo a lo largo del refuerzo**" puede ser ingresado directamente o calculado en base al tipo de suelo.

Resistencia a la extracción

- El "**Coefficiente de interacción del suelo y geo-refuerzo**" puede ser ingresado directamente o calculado en base al tipo de suelo.

El botón "**Catálogo de usuario**" en la parte inferior del cuadro abre el cuadro de diálogo "**Catálogo de usuario**".

Nuevo tipo de refuerzo

Nombre:

Tipo de refuerzo:

Resistencia a la tracción

Caract. de resistencia a corto plazo: $T_{ult} =$ [kN/m]

Análisis de resistencia a largo plazo R_t :

Factores de reducción

Tiempo de vida: $RF_{CR} =$ [-]

Química: $RF_D =$ [-]

Tamaño parcial: $RF_{ID} =$ [-]

Coef. global de modelo incierto: $FS_{UNC} =$ [-]

Diseño de resistencia a largo plazo $R_t = 19,00$ kN/m

Resistencia al desplazamiento

Coefficiente de desplazamiento directo a lo largo del refuerzo:

Suelo: $C_{ds} =$ [-]

Resistencia al arrancamiento

Coefficiente de interacción de suelo y geo-refuerzo:

Suelo: $C_i =$ [-]

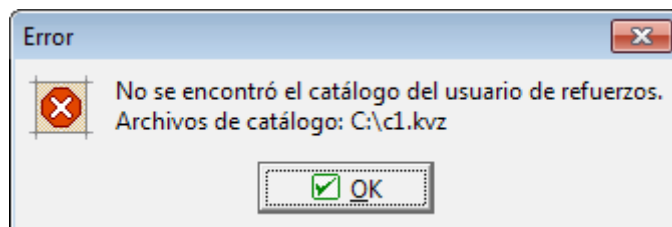
Cuadro "Nuevo tipo de refuerzo"

Catálogo de usuario

El catálogo de usuario permite al usuario definir y guardar tipos de refuerzos propios y las características de materiales. Al utilizarlo por primera vez (no ha sido creado aún) el programa despliega un cuadro de Advertencia que ningún catálogo fue encontrado. Luego, presionando el botón "**Ok**" se abre el cuadro de diálogo "**Guardar como**" el cual permite ingresar el nombre del catálogo y guardarlo en una ubicación especial presionando el botón "**Guardar**".

(Por defecto se asume la carpeta donde se almacenan los datos del proyecto).

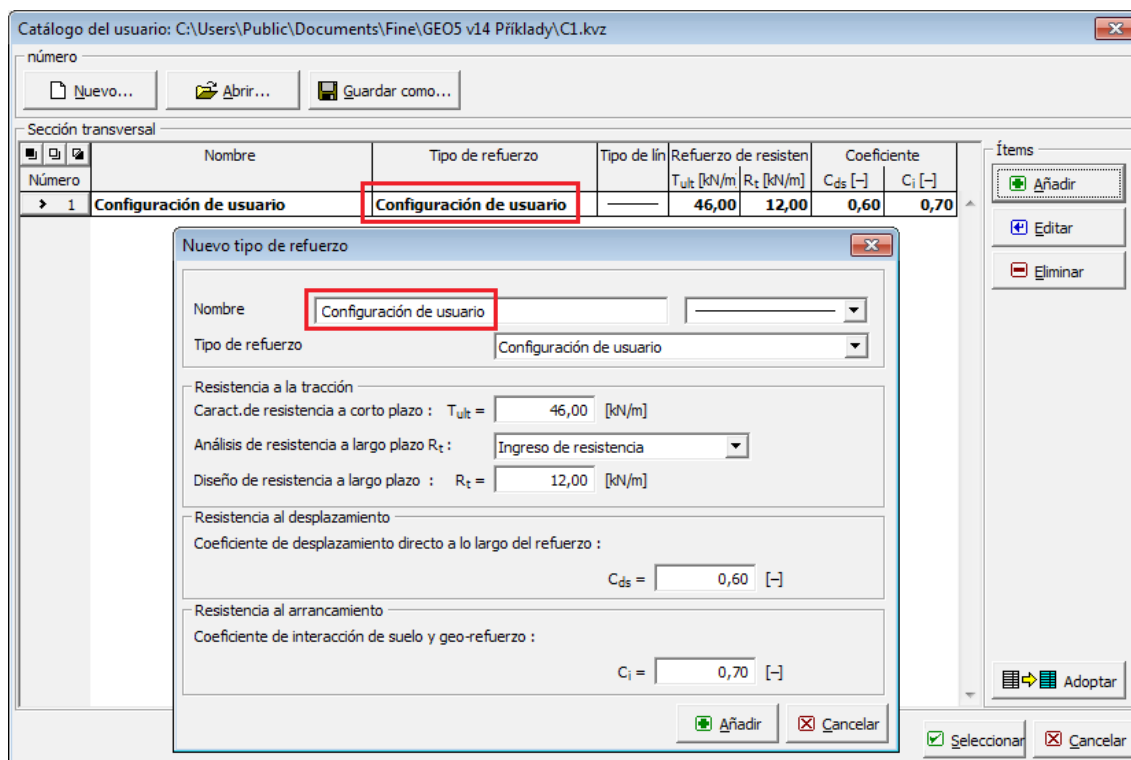
El programa le permite al usuario crear más de un catálogo. El próximo catálogo es creado presionando el botón "**Nuevo**" - El programa pregunta, si el catálogo actual debe ser reemplazado (**el catálogo cargado en ese momento no se ELIMINA!**) y guarda el nuevo catálogo bajo el nuevo nombre. El botón "**Abrir**" permite la carga arbitraria del catálogo de usuario y presionando el botón "**Guardar como**" el programa lo guarda bajo un nombre diferente.



Cuadro del primer uso - Catálogo de usuario de tipos de refuerzos

El cuadro "**Catálogo de usuario**" contiene una **tabla** que lista los refuerzos definidos por el usuario. El botón "**Añadir**" abre un cuadro "**Nuevo tipo de refuerzo**" el cual permite especificar y luego guardar las características de un nuevo tipo de refuerzo dentro del catálogo. El botón "**Editar**" y "**Eliminar**" sirven para editar ítems individuales de la tabla.

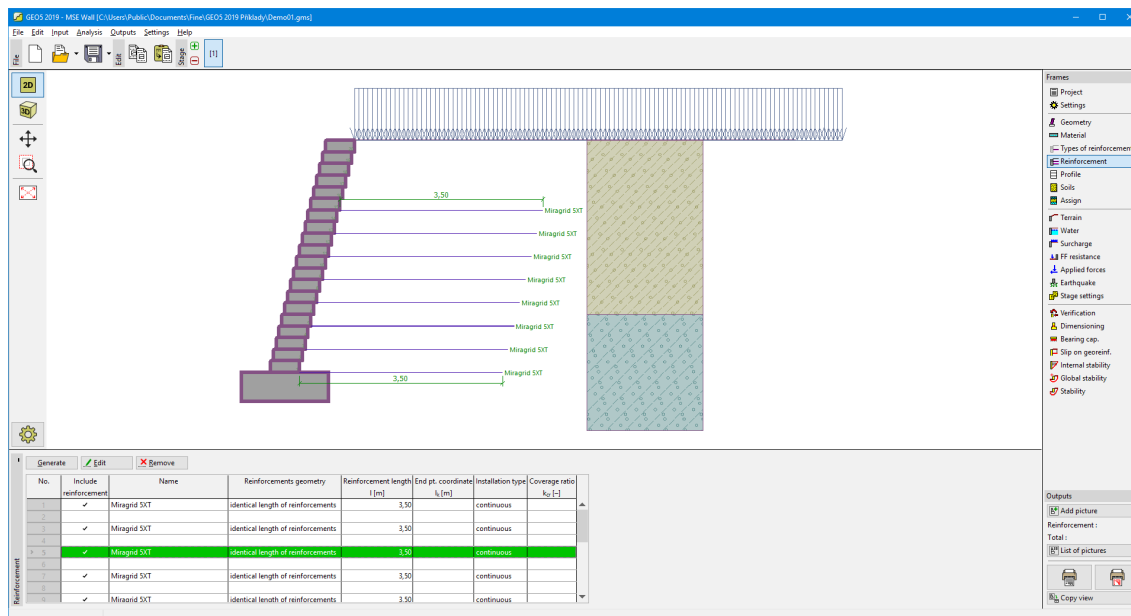
El botón "**Adoptar**" acepta las características del refuerzo actual especificado en el cuadro "**Nuevo tipo de refuerzo**" y abre el cuadro "**Nuevo tipo de refuerzo**" que permite modificar y guardar.



Cuadro "Catálogo de usuario"

Refuerzo

El cuadro "Refuerzo" contiene una tabla con la lista de geo-refuerzos ingresados y sus geometrías.



Cuadro "Refuerzo"

El botón "**Generar**" abre el cuadro de diálogo "**Generar**" el cual permite la configuración automática de parámetros de generación grupos de refuerzos. Los Geo-refuerzos pueden ser posicionados solo en juntas entre bloques (seleccionando la opción "**Aplicar refuerzo**"). El próximo paso es definir el tipo de refuerzo, el bloque inicial y el final, el número de bloques a reingresar el refuerzo, geometría del refuerzo (el mismo largo de refuerzos o el mismo tipo de refuerzo final). Los refuerzos ingresados pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones** y **objetos activos**, respectivamente.

El botón "**Editar**" abre el cuadro de diálogo "**Editar bloque**" el cual permite el cambio de tipo de refuerzo, su geometría o especificar si el refuerzo entre los bloques es considerado. El botón "**Eliminar**" elimina **todos** los geo-refuerzos.

Generate

☒ **Apply reinforcement**

Initial (bottom) block :

Final (top) block :

Repeat after :

Type of reinforcement :

Installation type :

Reinforcements geometry :

Reinforcement length : $l =$ [m]

Cuadro "Generar"

Refuerzos

El cuadro **"Refuerzo"** contiene una **tabla** con la lista de todos los grupos de refuerzo ingresados y sus geometrías.

No.	Number	Name	Reinforc. spacing s_x [m]	First reinforc. height y [m]	Reinforc. geometry	Reinforc. length l [m]	End pt. coordinate x_2 [m]	Installation type	Coverage ratio k_{co} [%]
1	1	F400 50-30	0,50	0,30	identical length of reinforcements	10,00		continuous	

Cuadro "Refuerzo"

Para **añadir** grupo de geo-refuerzos se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo refuerzo"**. Los refuerzos ingresados pueden ser editados en el escritorio con la **ayuda de las dimensiones** y de **los objetos activos**, respectivamente. Cada grupo de refuerzos ingresado requiere la entrada en el cuadro de diálogo del número y tipo de refuerzo, altura del primer refuerzo, espaciamiento y geometría.

El programa permite el ingreso (insertar) otro grupo de refuerzos entre los ya existentes. Para insertar un nuevo grupo se utiliza el cuadro de diálogo **"Insertar refuerzo"** que es idéntico al cuadro **"Nuevo refuerzo"**. El último bloque ingresado se coloca debajo del grupo de bloques de una estructura seleccionados actualmente. El botón **"Eliminar"** elimina un grupo de refuerzos.

Cuadro "Editar refuerzo"

Perfil

El **cuadro "Perfil"** contiene una **tabla** con la lista de interfaces ingresadas. Luego de especificar interfaces es posible editar el espesor de las capas individuales con la ayuda de las **dimensiones activas**.

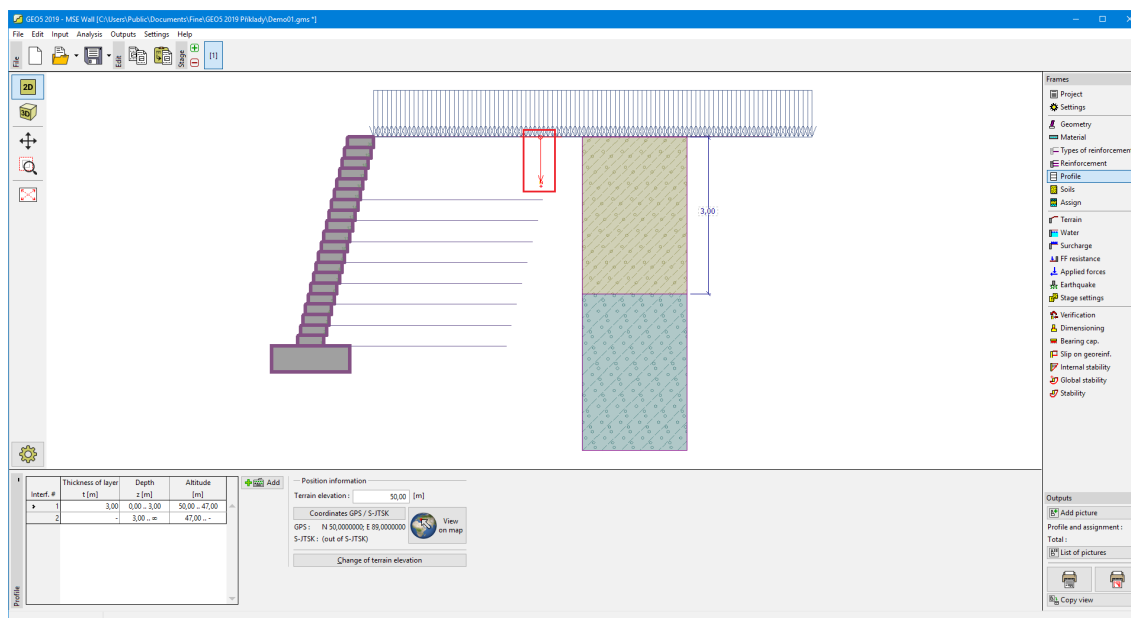
Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaces"**. Se especifica la coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura.

In this frame it is also possible to enter optional information about the structure location:

- **terrain elevation** - an altitude column for the layers is displayed in the table after input of terrain elevation

- **GPS coordinates** - it is possible to **show a structure on the Google Maps** using **"View on map"** button after input of coordinates.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de una estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar elevación del terreno"** de manera que toda la interfaz pueda ser trasladada mientras el espesor de las capas individuales se mantiene. Esta función es importante cuando se copia el perfil desde el programa **"Terreno"**.



Cuadro "Perfil"

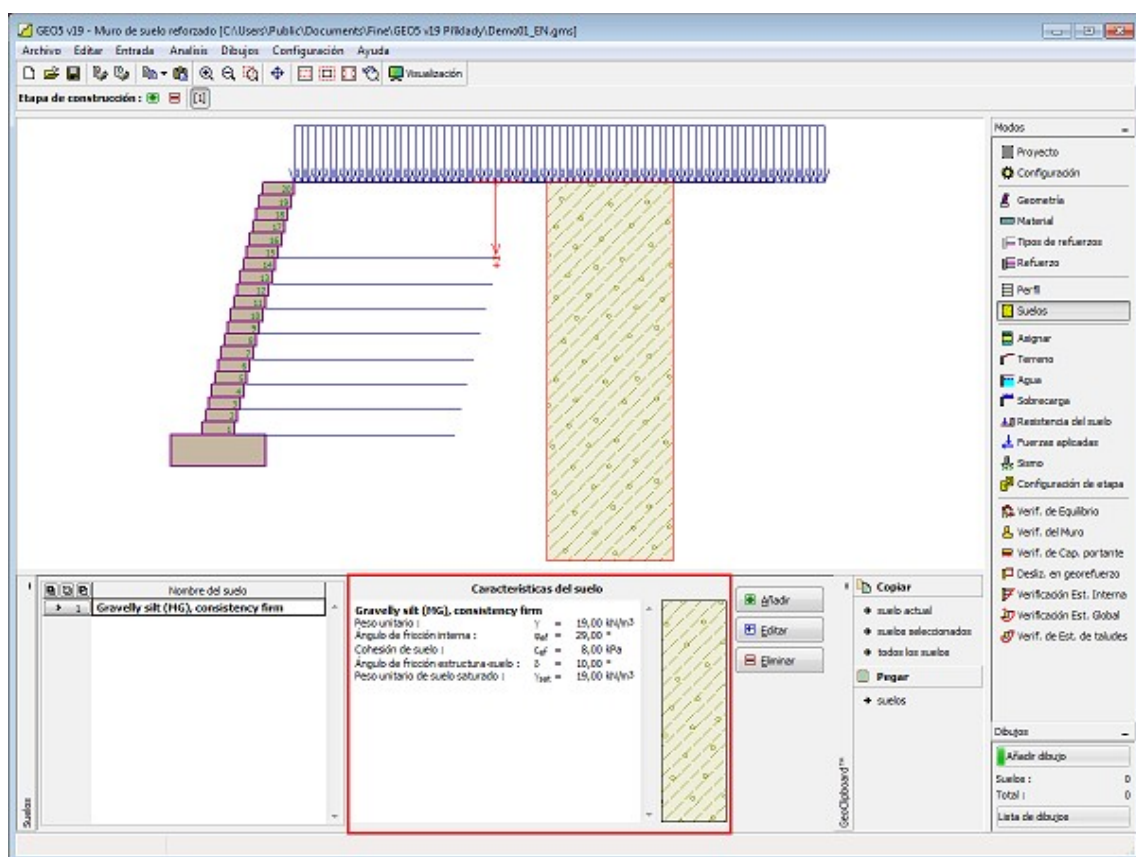
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"** y **"Aumento de Presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo. - **peso unitario del suelo**, **ángulo de fricción interna** y **cohesión del suelo**, etc. El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Se necesita, además especificar el [ángulo de fricción interna entre el suelo y la estructura](#), El cual depende del material de la estructura y del tipo de suelo. Posibles valores para este parámetro se mencionan en la [tabla de valores recomendados](#).

La teoría asociada se describe en detalle en el capítulo "[Presiones de tierra](#)".

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Cohesión de suelo : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta =$ [°]

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama
Limo gravoso

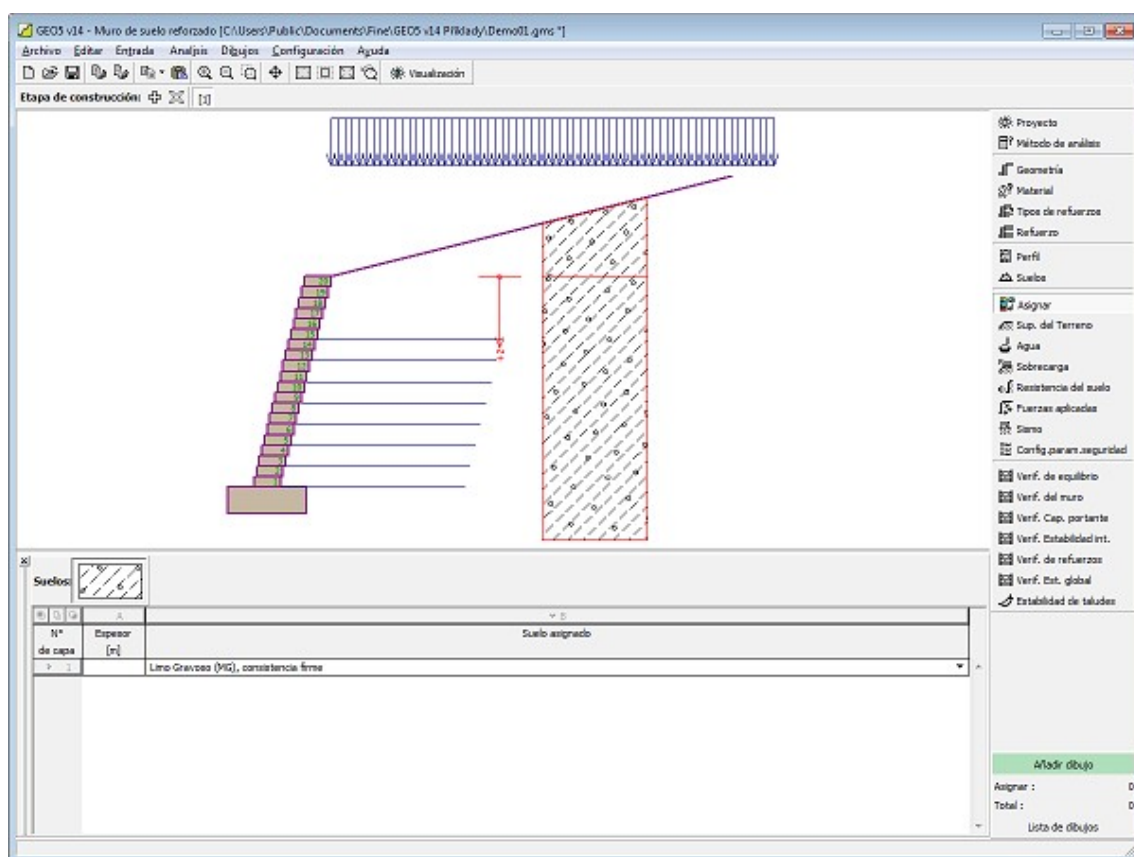
Clasificación

Cuadro "Suelos- Datos Básicos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asociados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



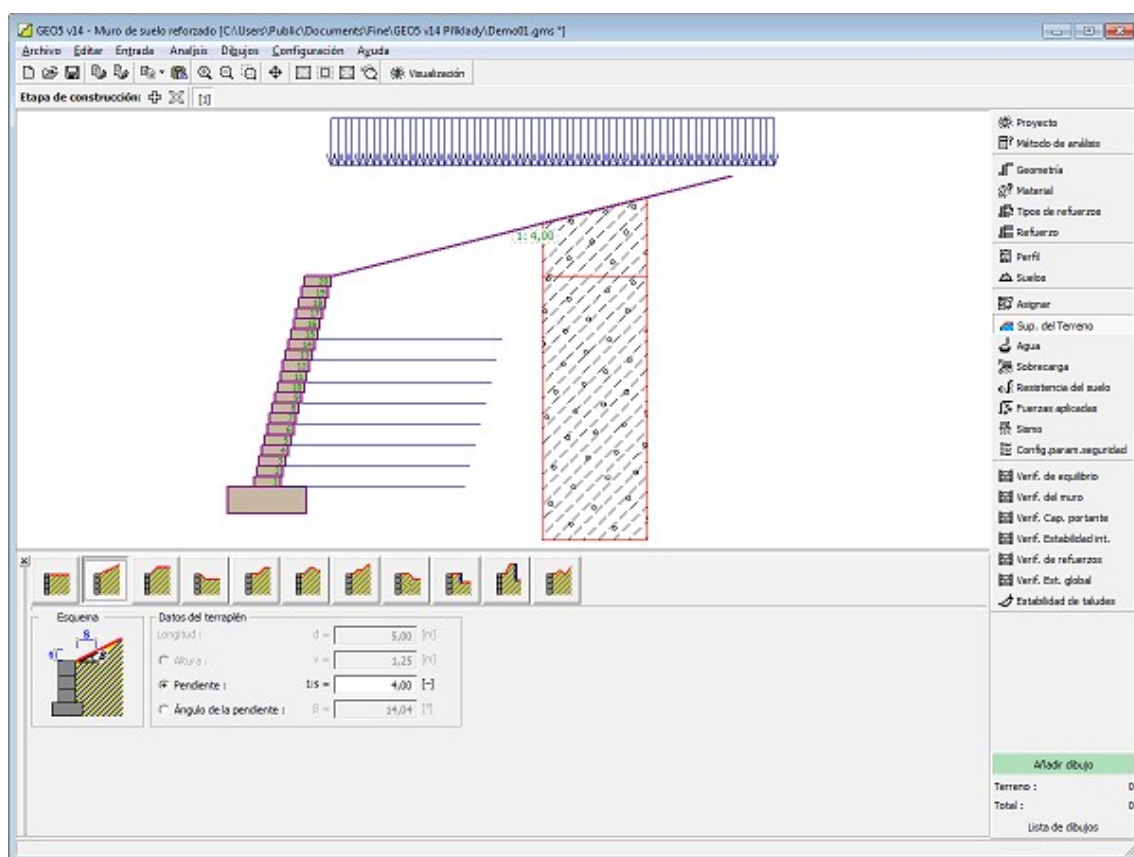
Cuadro "Asignar"

Superficie del Terreno

El cuadro **"Superficie del Terreno"** permite, presionando un botón, especificar la forma del terreno. La forma seleccionada y la representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede editarse en el cuadro introduciendo valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La última opción a elegir es una forma general del terreno. En este caso el cuadro contiene una tabla con una lista de los puntos de terreno. El primer punto con coordenada $[0,0]$ coincide con el punto más alto de la estructura.

El análisis de la presión de tierra en caso de terreno inclinado se describe en la parte teórica de la ayuda "**Distribución de presión de tierras en terreno quebrado**".



Cuadro "Superficie del Terreno"

Agua

El cuadro "Agua" permite, presionando un botón, especificar tipo de agua. El tipo seleccionado y la representación gráfica ("Diagrama de Parámetros") de los valores imputados aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los parámetros del agua (h_1 , h_2 ...) pueden editarse en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las dimensiones activas.

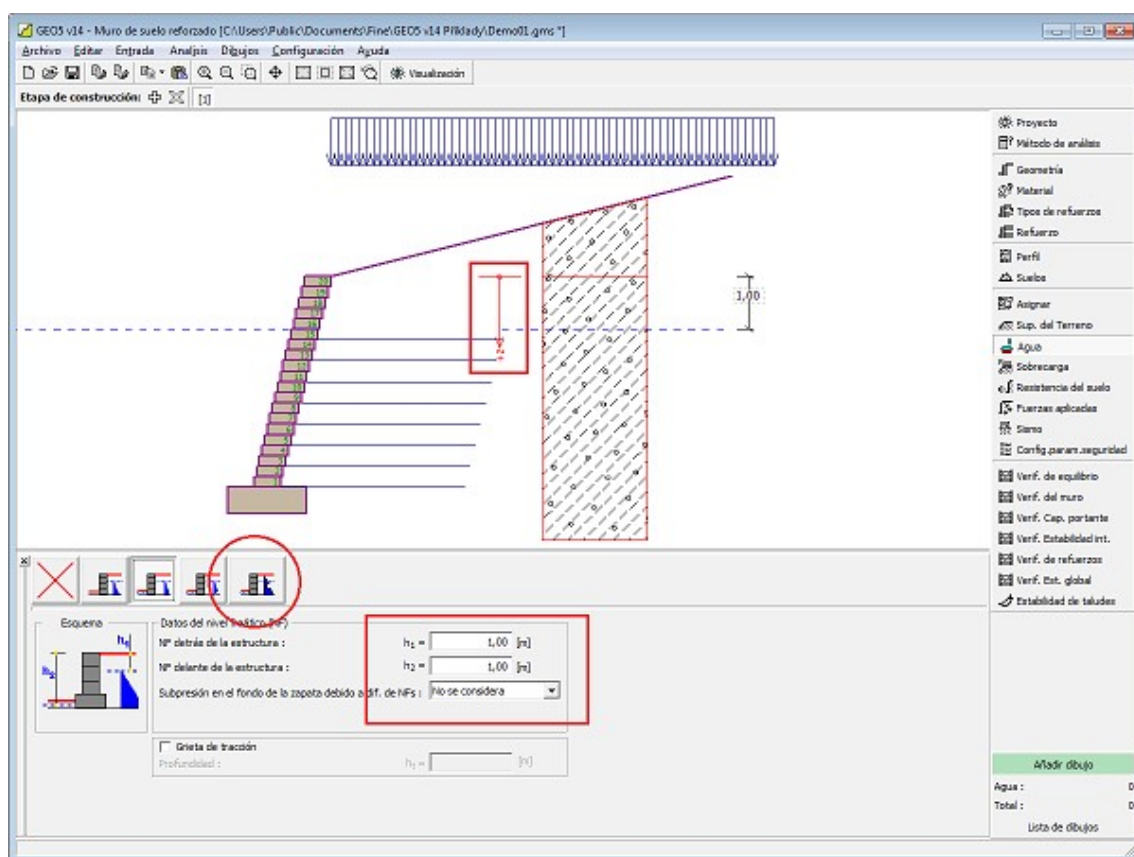
El listado sirve para especificar si es considerada la influencia del aumento de presión de agua debido a las diferentes napas de agua subterráneas en la base de la zapata. El aumento de presión puede asumirse como **lineal**, **parabólico** o puede no considerarse. Cuando se verifica el muro, el aumento de presión en la base de la zapata debido a las diferentes napas de aguas subterráneas se presenta en términos de fuerzas especiales.

La última opción es la entrada manual de presión de poros. Dos pestañas "**Delante de la estructura**" y "**Detrás de la estructura**" aparecen en la **tabla**. Ésta se completa con los valores de la presión del poro delante y detrás de la estructura a una profundidad " z " (eje- z).

La napa freática también puede ser especificada por **encima de la estructura** o perfil terrestre respectivamente - en tal caso la profundidad del agua es ingresada con valores negativos.

El análisis de presión de tierra con influencia del agua se describe en la parte teórica del capítulo "**Influencia del agua**".

El programa además permite especificar la profundidad de **grietas de tracción** rellenas de agua.

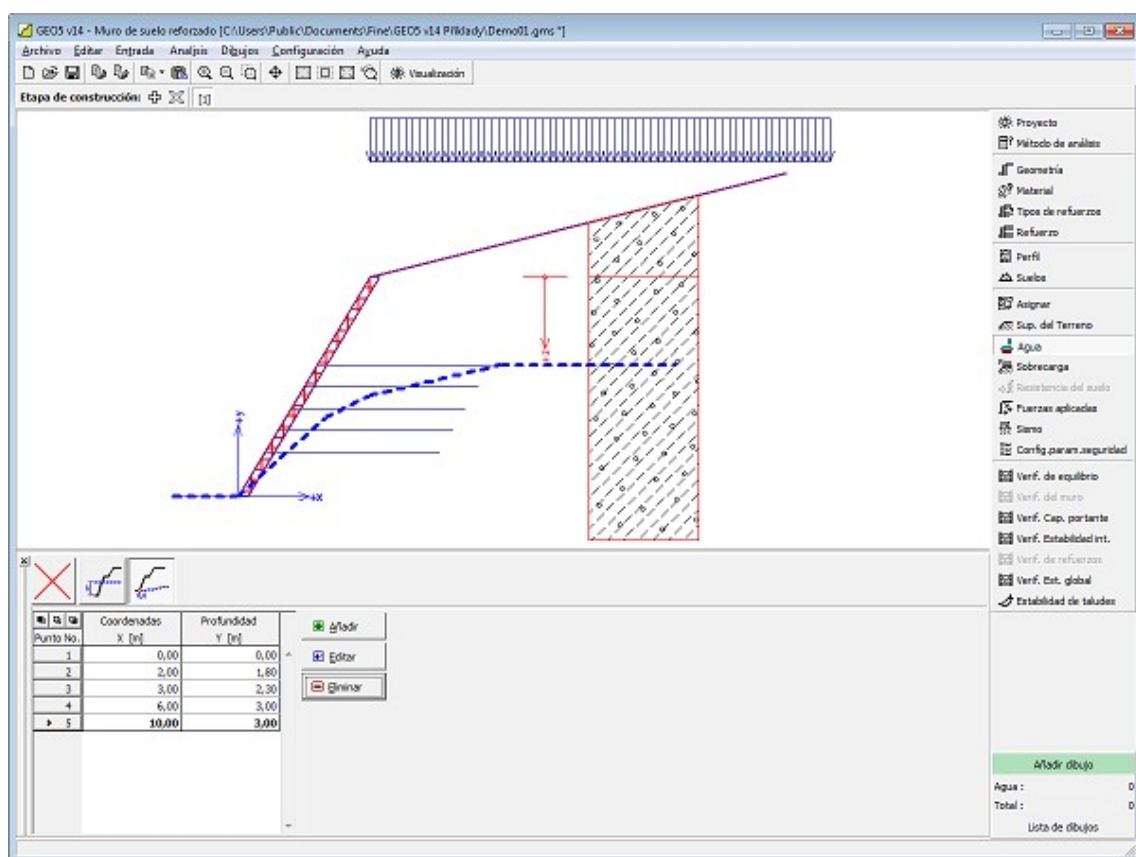


Cuadro "Agua"

Agua

El cuadro **"Agua"** permite especificar el tipo de agua. El nivel freático del suelo puede ser especificado de dos formas. La primera opción permite especificar la altura de un nivel freático plano. La segunda opción permite **definir** una forma arbitraria del nivel freático del suelo con la ayuda de las coordenadas.

Los parámetros de agua (altura de la tabla de agua, coordenadas de los puntos) pueden ser editados en el cuadro insertando valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o bloques activos.



Cuadro "Aguá"

Sobrecarga

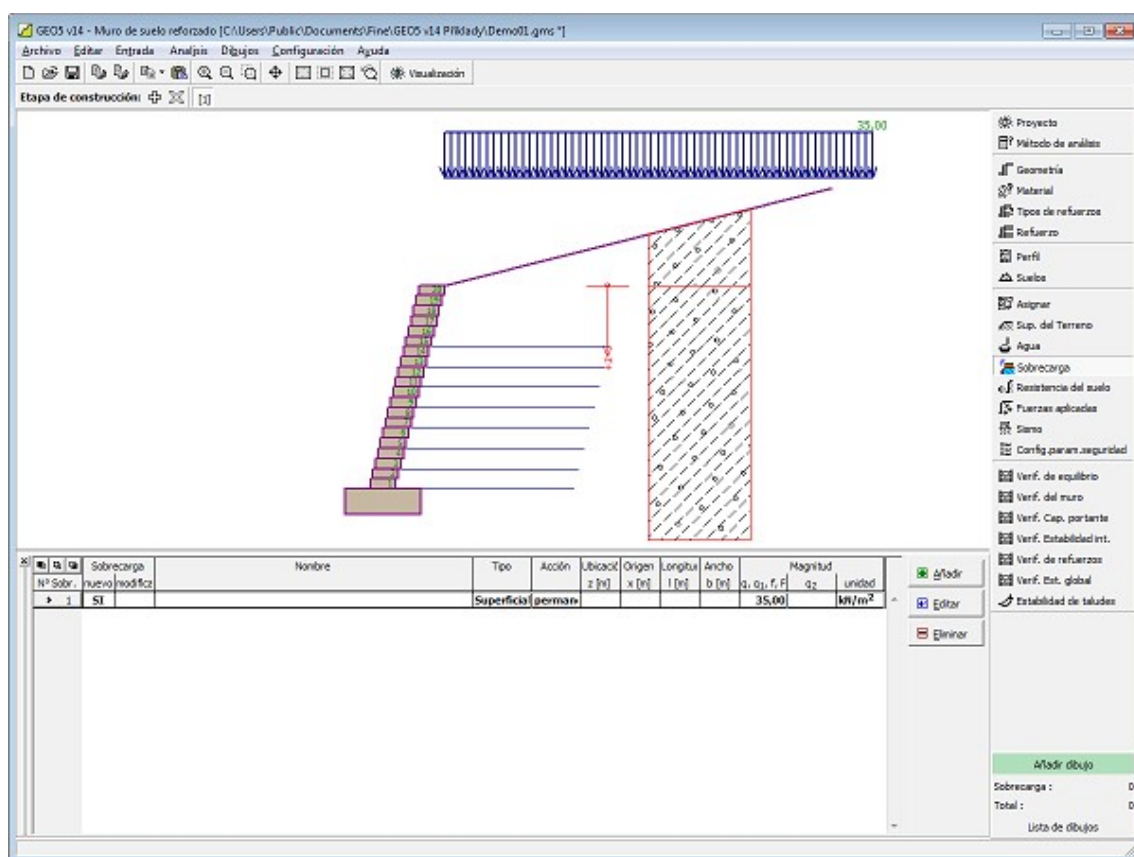
El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo **"Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas** o con los **objetos activos** respectivamente.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad. En caso de que la sobrecarga se encuentre fuera del terreno el programa envía un mensaje de error antes de cálculo.

Se puede introducir ya sea una **sobrecarga con un tipo de acción permanente, variable o accidental**. Seleccionando un tipo de sobrecarga particular, el coeficiente de diseño correspondiente, multiplica la acción de la carga resultante.

Sobrecargas accidentales con efecto favorables no se consideran en el programa.

El análisis de presión de tierras debido a sobrecargas se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sobrecarga"**.



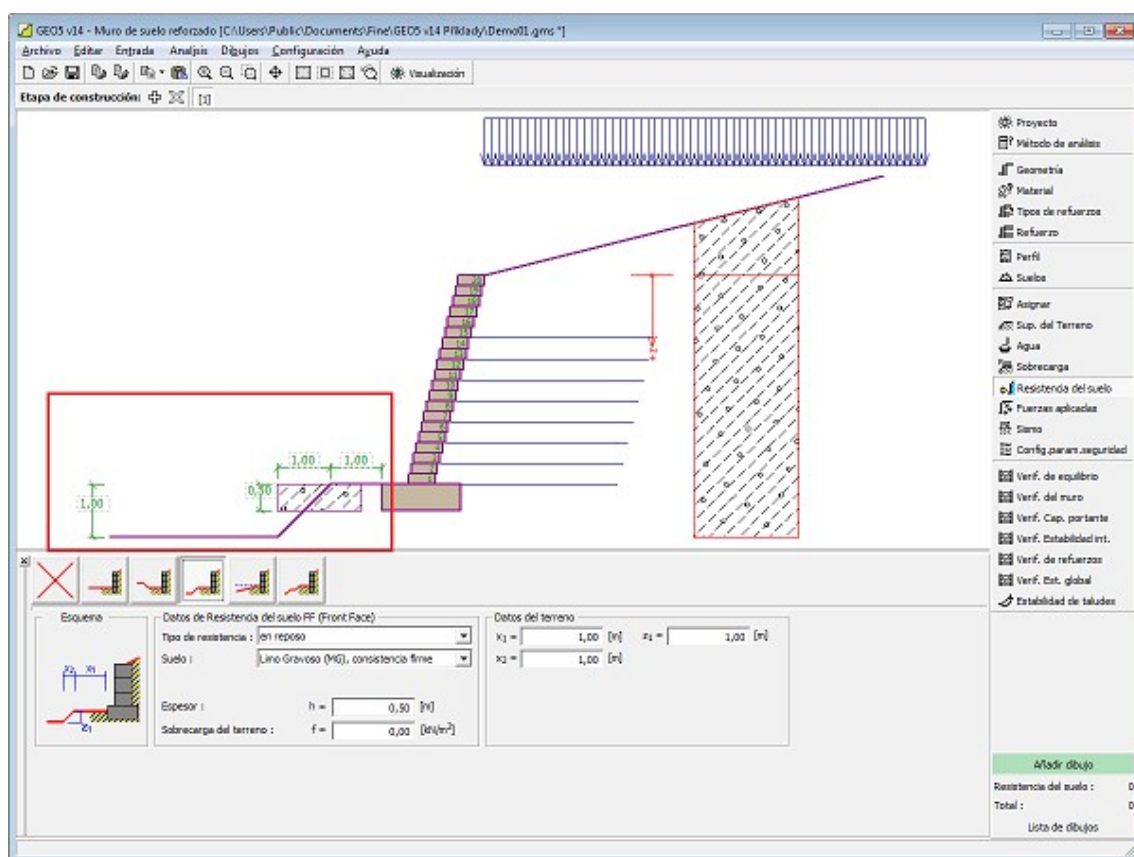
Cuadro "Sobrecarga"

Resistencia del suelo

El cuadro **"Resistencia del suelo"** FF (Front Face) permite presionando el botón, especificar la forma del terreno y los parámetros de la resistencia frontal. La forma seleccionada con la representación grafica ("**Diagrama de Parámetros**") de los valores ingresados se muestran en la parte izquierda del cuadro. La forma del terreno puede ser editada en el cuadro insertando los valores en los campos de entrada o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El listado desplegable permite al usuario seleccionar el tipo de resistencia y un suelo (el listado contiene los suelos ingresados en el cuadro "**Suelos**"). La magnitud de la sobrecarga del terreno en la parte frontal del muro o el espesor del suelo arriba del punto más bajo del muro puede ser especificada en este cuadro.

La resistencia en la parte frontal de una estructura puede ser especificada como **presión en reposo**, **presión pasiva**, o **presión pasiva reducida**. El resultado de la fuerza debido a la presión pasiva reducida se encuentra como la fuerza resultante causada por la presión pasiva multiplicada por el coeficiente correspondiente, el cual viene dado por el tipo de presión pasiva reducida ingresada.



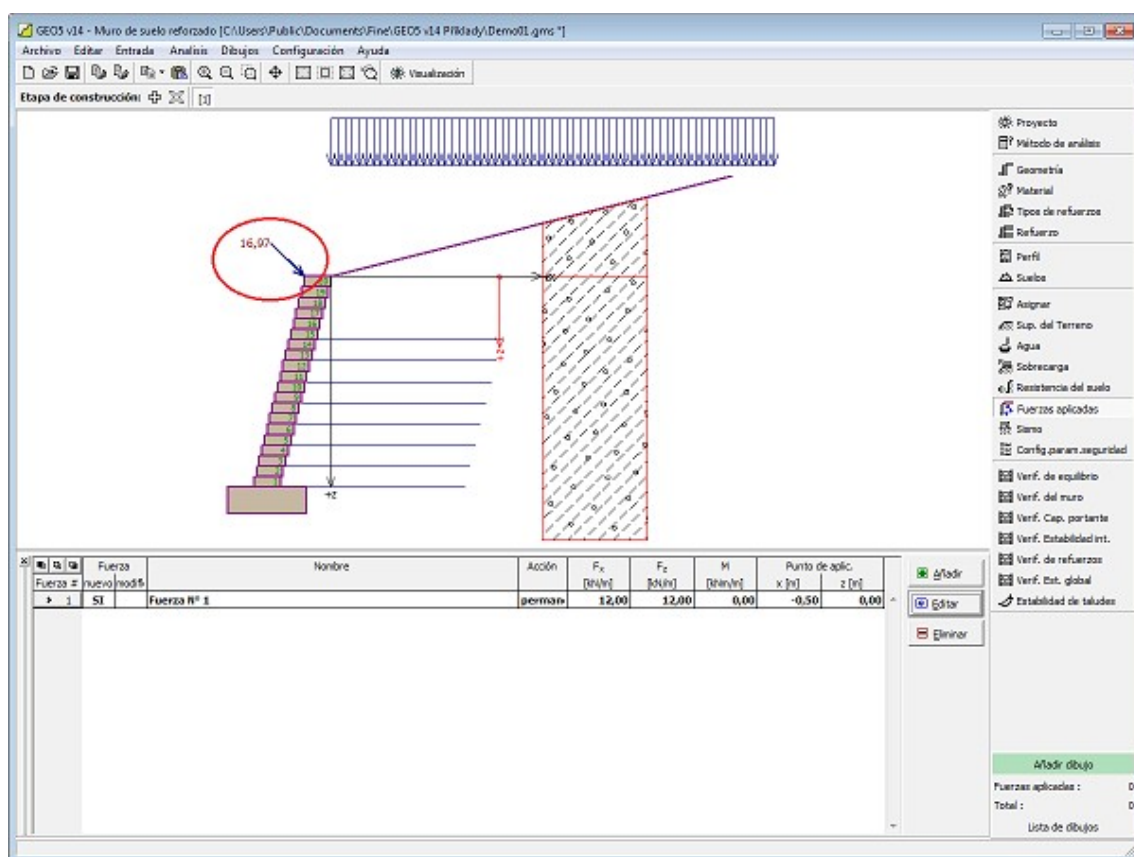
Cuadro "Resistencia del suelo"

Fuerzas aplicadas

El cuadro "**Fuerzas aplicadas**" contiene una **tabla** con un listado de las fuerzas que actúan sobre la estructura. Para **añadir** fuerzas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva fuerza"**. Las fuerzas imputadas pueden incluso ser editadas en el escritorio con ayuda de los **objetos activos**.

Las **fuerzas aplicadas** representan cargas adicionales a la estructura del muro, placas o Muros MSE. Podemos modelar tanto anclajes, barreras de seguridad, cargas de carteleras, vallas etc. El programa no ajusta las fuerzas aplicadas al cálculo de cualquier manera excepto si al multiplicarlos con los coeficientes correspondientes de acuerdo con el tipo de carga seleccionado (**EN1997**, **LRFD**).

Cargas externas actuando en la superficie del terreno se deben definir como **sobrecarga**.



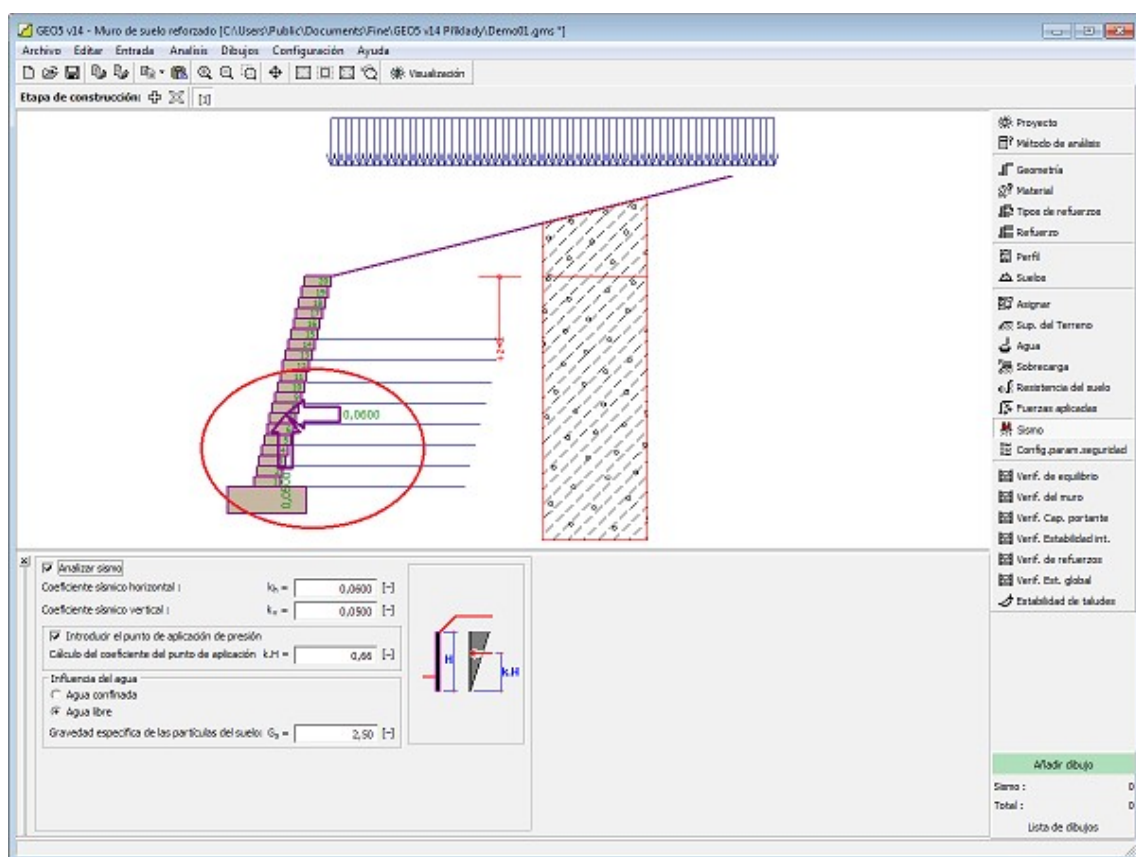
Cuadro "Fuerzas aplicadas"

Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes K_h y K_y no son proporcionado a través de mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en EN 1998-5.

El análisis de presión de tierras mientras se calcula el sismo, se describe en la parte teórica del capítulo **"Influencia de sismo"**.



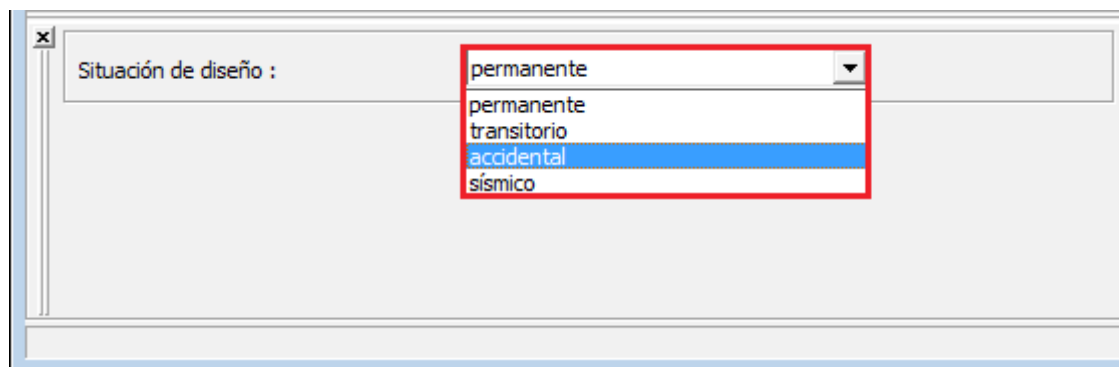
Cuadro "Sismo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la **metodología de verificación** seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de Equilibrio

El cuadro "Verificación de Equilibrio" muestra el resultado del análisis.

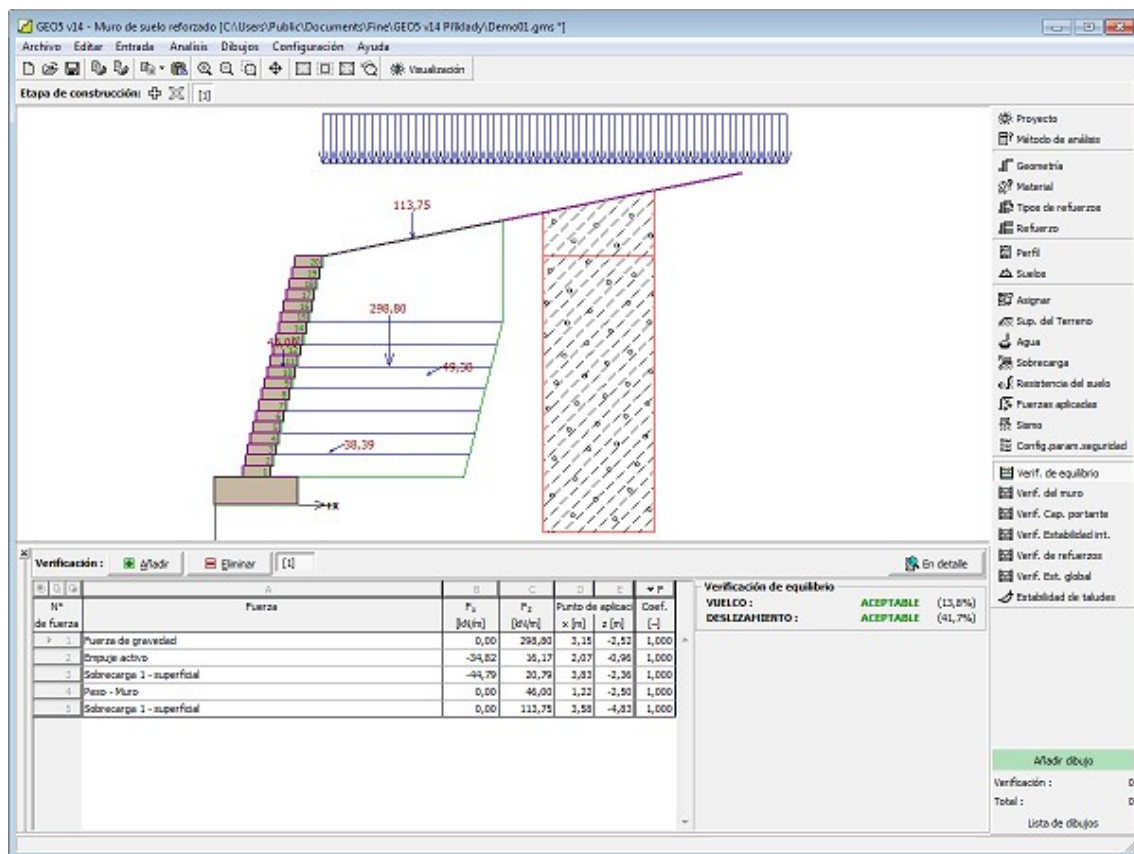
Para realizar la verificación de estabilidad interna el programa crea una **estructura ficticia** (muro) el cual se controla luego el **vuelco y deslizamiento**. El muro ficticio consiste en una estructura de frente y una curva límite de puntos finales del geo-refuerzo. La estructura ficticia en luego cargada por una **presión activa de la tierra**. El **proceso del control actual** se describe en la parte teórica.

La apariencia del cuadro se ajusta según lo seleccionado en "Metodología de verificación".

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección "Combinación de cargas".
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

Diferentes cálculos son llevados a cabo por una simple tarea. Las fuerzas calculadas se muestran en el escritorio y es automáticamente actualizado ante cualquier cambio de datos o configuración. La parte derecha del cuadro muestra el resultado de la comprobación del muro contra **vuelcos o deslizamientos**. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación de Equilibrio"

Verificación del Muro

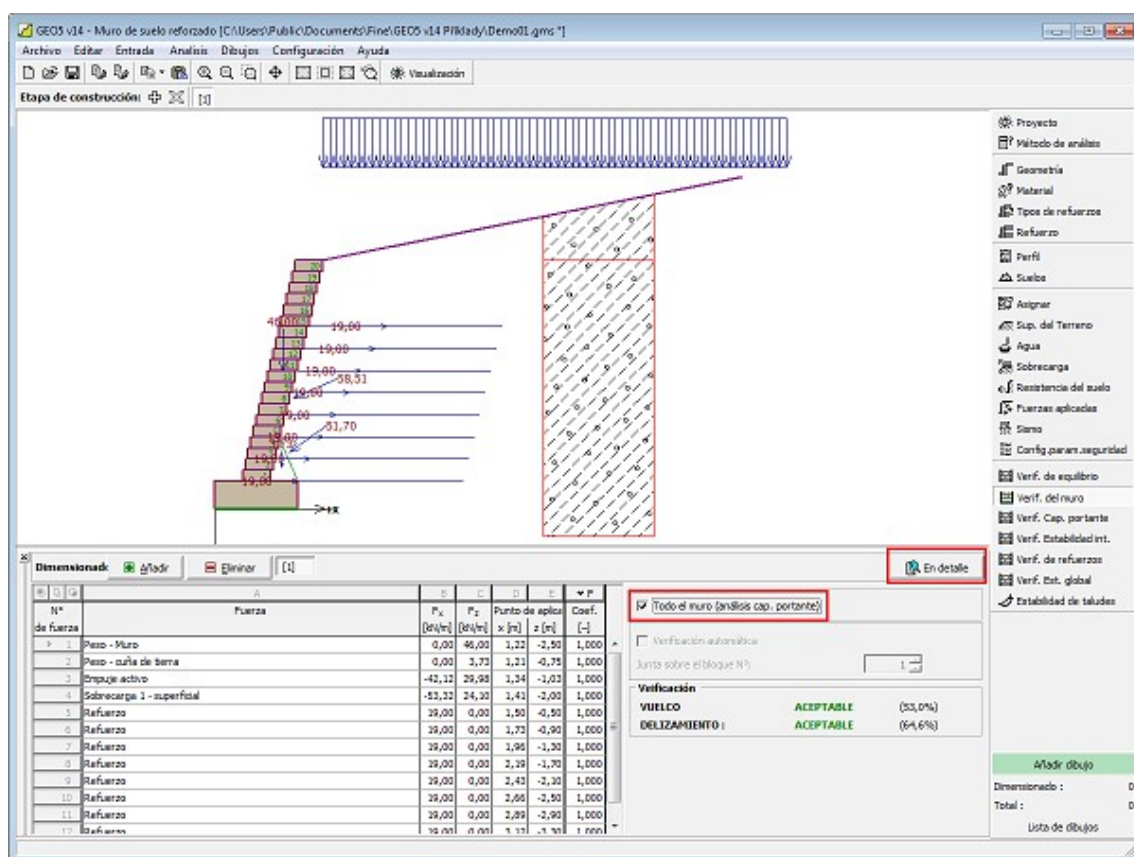
El cuadro **"Verificación del Muro"** permite **verificar** las juntas individuales entre bloques para **vuelco y deslizamiento**. La opción **"Muro completo"** permite verificar la estructura en general arriba de la junta de cimentación así como la capacidad portante del suelo de cimentación en el cuadro **"Capacidad portante"**. La opción **"Verificación automática"** permite verificar la junta más crítica sobre el bloque. O es posible ingresar la **"Junta sobre el bloque número"** para forzar al programa a realizar el análisis para una junta dada. El procedimiento de **verificación del muro** se describe en la parte teórica.

La apariencia del cuadro se ajusta según lo seleccionado en **"Metodología de verificación"**.

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección **"Combinación de cargas"**.
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cuadro permite llevar a cabo más análisis para juntas individuales de bloques de muro. También varios **coeficientes de diseño** de fuerzas individuales pueden ser especificados. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas con un cambio arbitrario en datos o de la configuración especificada en el cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación del Muro"

Verificación de Capacidad portante

El cuadro **"Verificación de Capacidad portante"** muestra el resultado del análisis de la capacidad portante de terrenos de cimentación. La tensión en el fondo de la zapata (asumida como constante) se deriva de todas las comprobaciones realizadas en el cuadro **"Verificación"**. En el caso de ingresar la cimentación, la capacidad portante se determina desde todas las fuerzas calculadas en el cuadro **"Verificación del muro"** (La opción **"Muro completo"** debe ser seleccionada). El programa **"Zapata"** y **"Zapata por CPT"** considera todas las verificaciones individuales como casos de carga.

Tres tipos de análisis están disponibles en este cuadro:

- **Introducir la capacidad portante del terreno de cimentación**

El campo de entrada sirve para especificar la capacidad portante del terreno de cimentación. El resultado del análisis de comprobación de un suelo por **excentricidad** y **capacidad portante** se muestran en la parte derecha del cuadro. El botón **"En detalle"** abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de comprobación de la capacidad portante del terreno de cimentación.

- **Calcular la capacidad portante del terreno de cimentación usando el programa "Zapata"**

Presionando el botón **"Ejecutar el programa Zapata"** se abre el programa **"Zapata"** habilitado para el cálculo de capacidad portante del terreno, asentamientos o rotación de la zapata. Presionando el botón **"OK"** se libera la sección de análisis y el resultado junto con los datos son copiados en el

programa **"Muro de suelo reforzado"**. El programa **"Zapata"** debe estar instalado para que el botón este activado. Se ingresa la longitud general del muro de cimentación.

- **Analizar la capacidad portante mediante el programa "Zapata por CPT"**

El procedimiento es idéntico, como si se estuviera calculando la capacidad portante del suelo con el programa **"Zapata"**.

- **Sin calcular (cimentación sobre pilotes)**

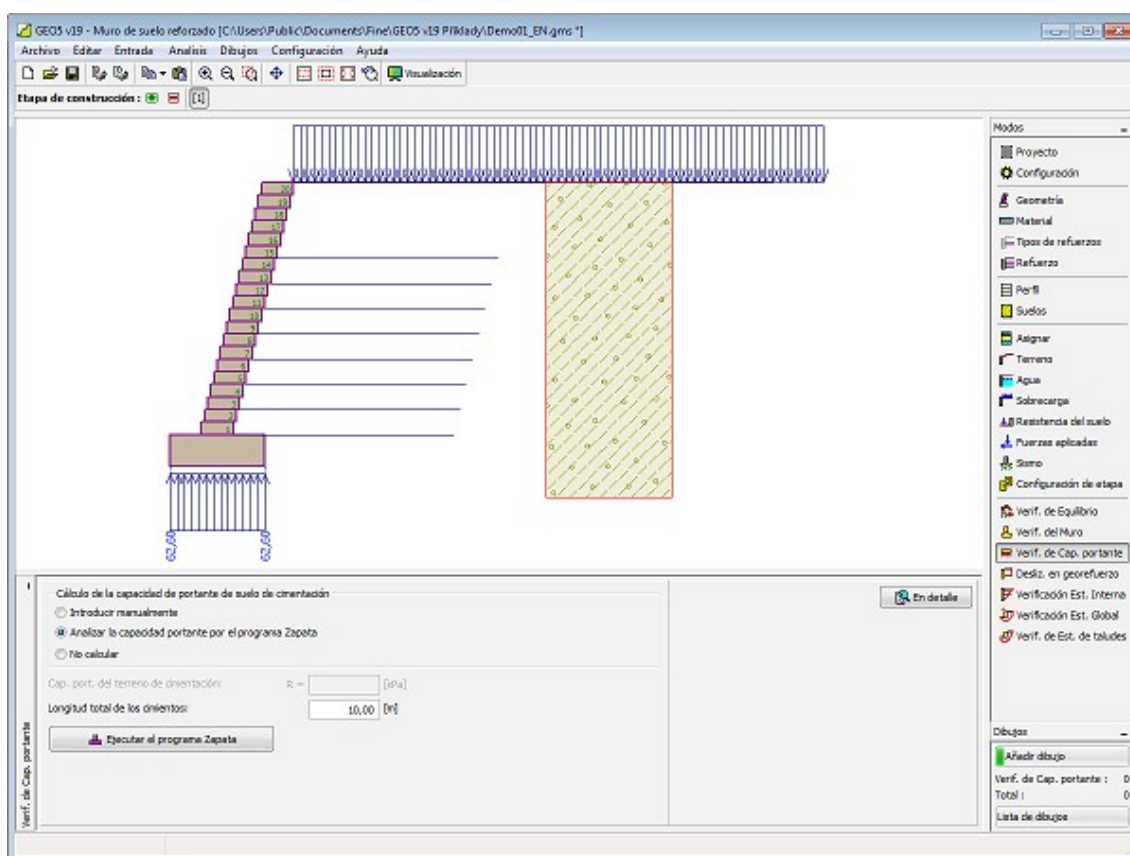
La capacidad portante de terrenos de cimentación no se calcula.

El programa permite especificar una **forma de tensión en el fondo de la zapata**.

La verificación puede realizarse en:

- Parte inferior de la base de nivelación
- Fondo de los bloques

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación de Capacidad portante"

Deslizamiento en georefuerzo

Este cuadro "Deslizamiento en georefuerzo" permite verificar el deslizamiento del bloque de suelo reforzado a lo largo del geo-refuerzo controlando el campo **"Refuerzo número"**.

Seleccionando la opción "**Verificación automática**" se proporciona la verificación del refuerzo más crítico. El **bloque de suelo reforzado** es limitado por la cara frontal del muro, el geo-refuerzo controlado, una línea vertical pasando a través del punto final del geo-refuerzo y el terreno. El bloque de suelo reforzado es cargado por la **presión activa de la tierra** y las fuerzas estabilizadoras debido a los geo-refuerzos que exceden los límites del bloque reforzado.

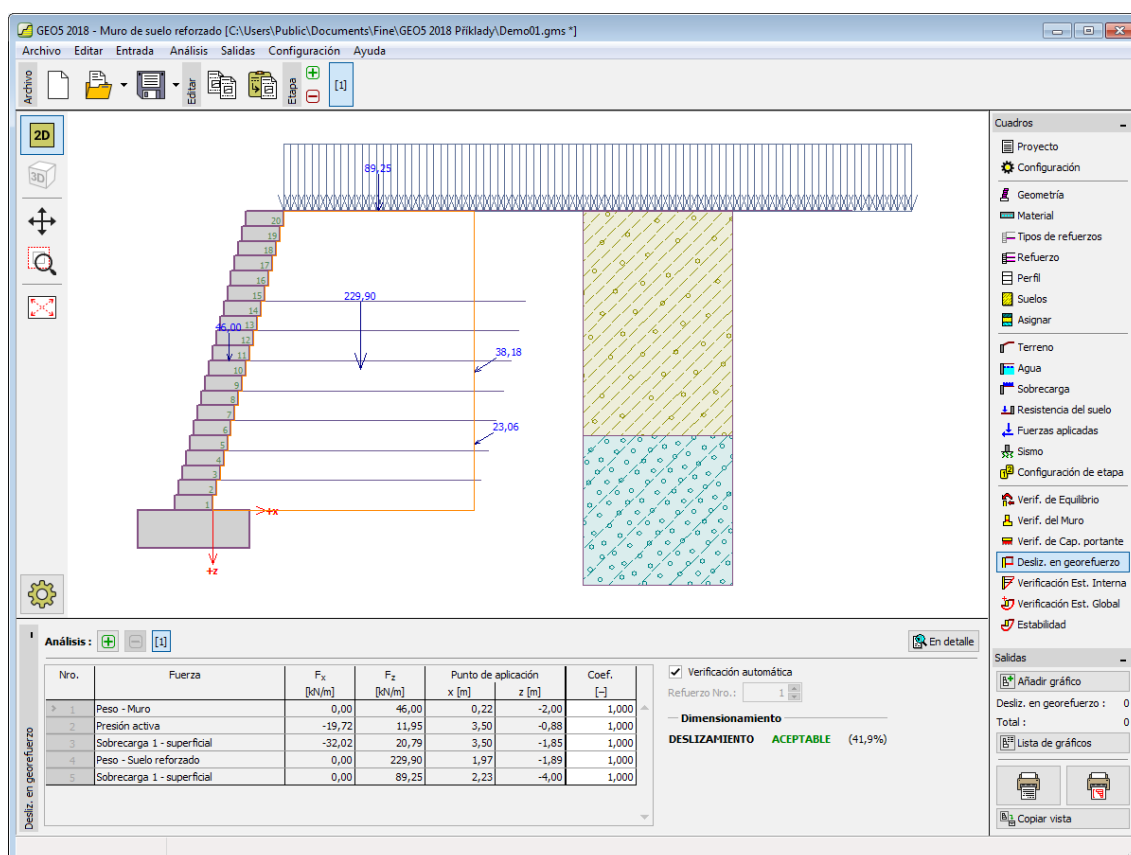
El proceso de solución de la **estabilidad interna** se describe en la parte teórica.

La apariencia del cuadro se ajusta según lo seleccionado en "**Metodología de verificación**".

- Verificación según el **factor de seguridad**, o la teoría de los **estados límite** - La última columna de la tabla, permite introducir **coeficientes de diseño**, los cuales multiplican las fuerzas calculadas. Estas fuerzas se muestran en el escritorio y son actualizadas inmediatamente ante cada cambio de datos y/o configuración.
- **Análisis según EN 1997** - La última columna de la tabla, permite especificar cuando la carga activa en una estructura es considerada como secundaria. Esto se explica con más detalles en la sección "**Combinación de cargas**".
- **Análisis según LRFD** - en este caso la última columna desaparece.

El cuadro permite llevar a cabo **más análisis** para juntas individuales de bloques de muro. También varios **coeficientes de diseño** de fuerzas individuales pueden ser especificados. Las fuerzas resultantes se muestran en el escritorio y son actualizadas con un cambio arbitrario en datos o de la configuración especificada en el cuadro. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados de la **estabilidad interna**.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Deslizamiento en geofuerzo"

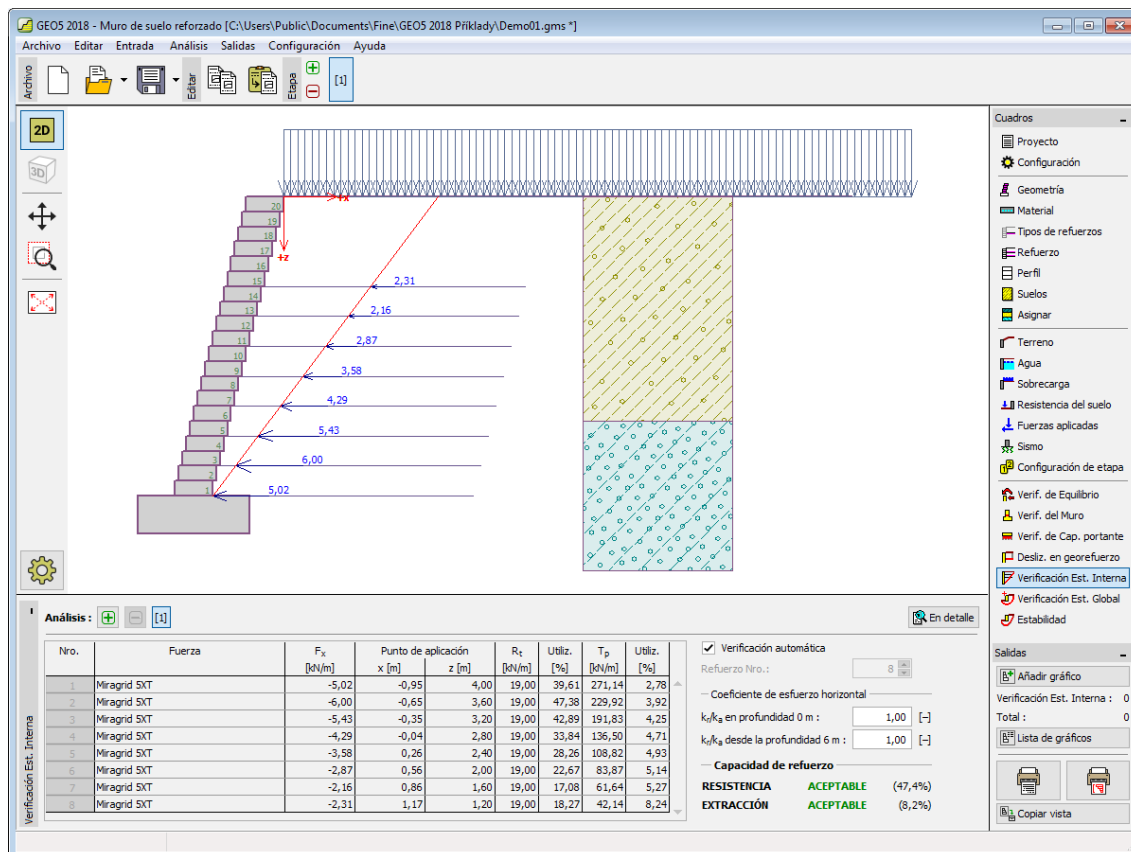
Verificación de Estabilidad Interna

EL cuadro "Verificación de Estabilidad Interna" permite controlar una fuerza del geo-refuerzo, la capacidad portante para extracción del cuerpo del suelo y las fuerzas de conexión. La comprobación del campo "Número de refuerzo" verifica solo los refuerzos individuales. Seleccionando la opción "Verificación automática" se verifican todos los refuerzos. El resultado del refuerzo más crítico se muestra en la parte derecha del escritorio. El proceso de solución de la estabilidad interna se describe en la parte teórica.

En la tabla, se muestran las fuerzas causadas por la presión activa de la tierra actuando en la parte frontal del muro en un geo-refuerzo individual y los puntos de aplicación de estas fuerzas. La capacidad portante del geo-refuerzo contra **resistencia a la tracción** R_t , y contra **resistencia a la extracción** T_p la utilización resultante se muestra para cada geo-refuerzo

El cuadro permite realizar **más análisis** de geo-refuerzos individuales. Las fuerzas calculadas mostradas en el escritorio son actualizadas automáticamente con todos los cambios de datos de entrada. El botón "En detalle" abre el cuadro de diálogo, el cual contiene un detalle listado de los resultados de la capacidad portante del refuerzo.

La visualización de los resultados puede ajustarse en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación de Estabilidad Interna"

Verificación de Estabilidad global

El cuadro "Verificación de Estabilidad global" permite realizar el análisis de verificación de **estabilidad de taludes**, a lo largo de la superficie de deslizamiento circular. Se requiere ingresar los parámetros de una superficie de deslizamiento (centro y radio o entrada de 3 puntos) y el

método de análisis ([Spencer](#), [Bishop](#)).

Al presionar el botón "**Substituir**", es posible ingresar los puntos de la superficie de deslizamiento a través del ratón en el escritorio.

La opción de control "**Optimizado**" permite el análisis de estabilidad para superficies de deslizamiento más críticas. El programa permite "**mantener**" los puntos extremos de la superficie de deslizamiento (marcando la opción "**Mantener el punto extremo izquierdo de la superficie de deslizamiento**" o "**Mantenga el punto extremo derecho de la superficie de deslizamiento**").

La opción "**Superficie de deslizamiento inicial**" permite el ingreso automático de la superficie de deslizamiento circular. El análisis se lleva a cabo luego de presionar el botón "**Analizar**".

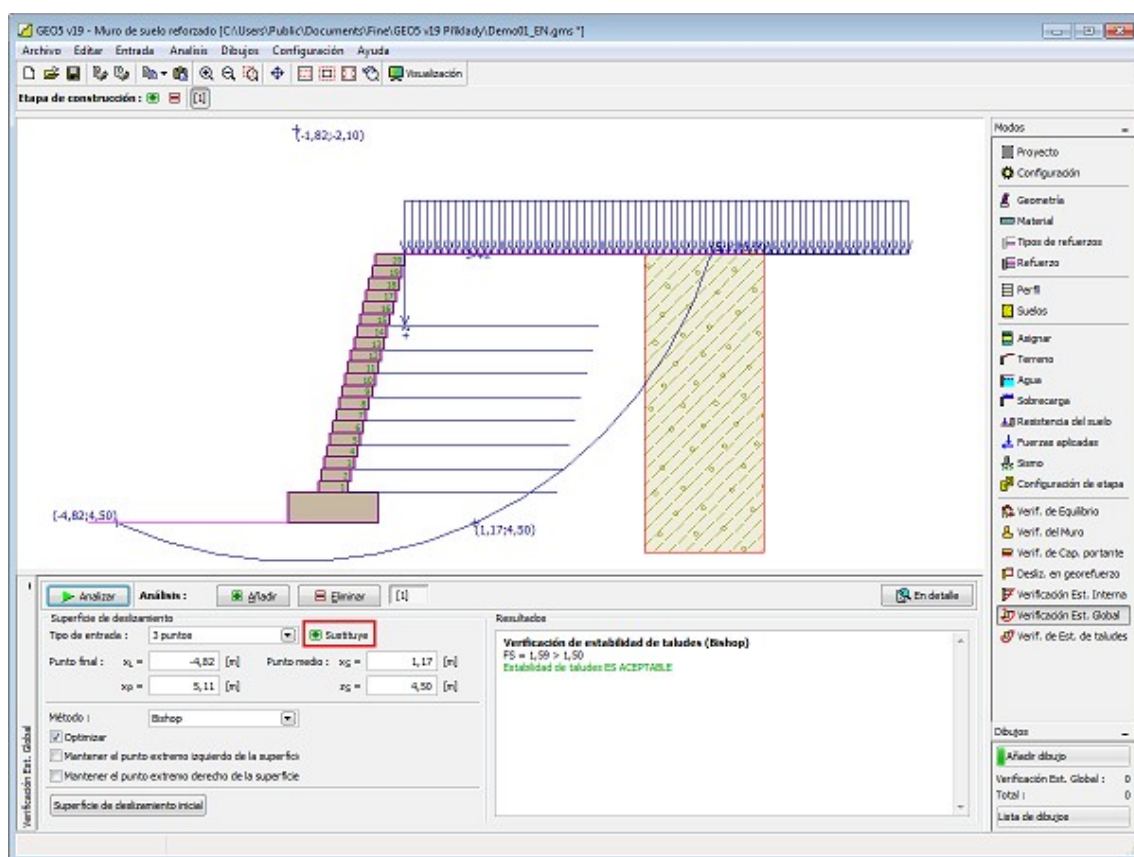
El análisis de verificación de la [superficie de deslizamiento](#) se lleva a cabo dependiendo de las configuraciones en el cuadro "[Análisis de estabilidad](#)".

- [Análisis según EN 1997](#) - donde las [cargas son reducidas](#) por el análisis de factores parciales y la verificación se lleva a cabo basada en la teoría de los estados límite.
- [Análisis según LRFD](#) - el análisis se lleva a cabo de forma similar a la teoría de estados límite.
- Según el **factor de seguridad/estados límite** dependiendo de lo que se seleccionó en el cuadro "[Análisis de muro](#)".

[Más análisis](#) pueden llevarse a cabo para una simple tarea. El botón "**En detalle**" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del análisis de estabilidad, ej: parámetros de la superficie de deslizamiento resultante y el factor de seguridad, utilización alternativa (estados límite).

Los resultados se muestran en la parte derecha del cuadro, y la superficie de deslizamiento optimizada en el escritorio.

La visualización de los resultados puede ser modificada en el cuadro "[Configuración de gráficos](#)".

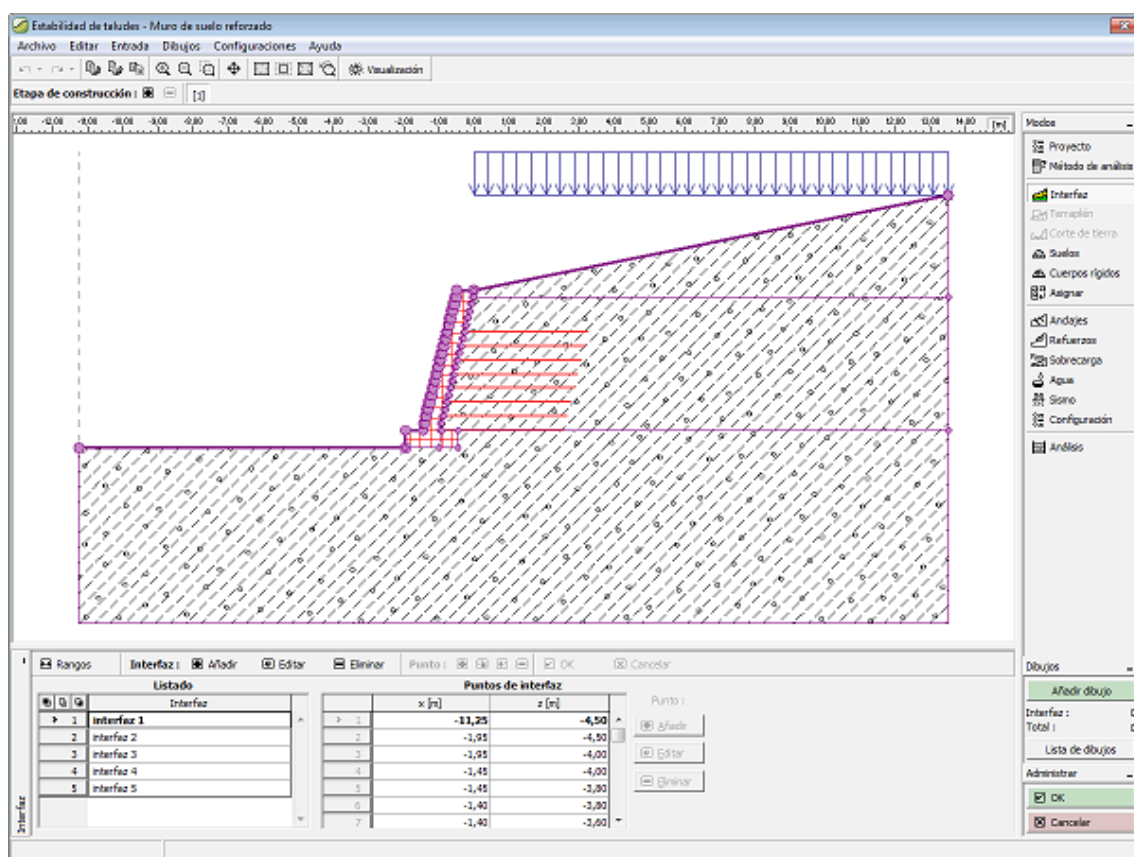


Cuadro "Verificación de Estabilidad Global"

Verificación Estabilidad de taludes

Presionando el botón **"Verificación Estabilidad de Taludes"** se ejecuta el programa **"Estabilidad de taludes"**. El programa permite controlar la estabilidad global de la estructura analizada. El botón está habilitado solo si el programa **"Estabilidad de taludes"** está instalado.

Luego de completar el análisis presionar el botón **"OK"** para abandonar el programa - Todos los datos se transfieren al programa **"Muros de suelo reforzado"**.



Cuadro "Verificación Estabilidad de taludes"

Programa Zapata

Este programa es para el diseño de zapatas sometidas a carga general. Calcula, capacidad portante, asentamiento y rotación de un asentamiento y rotación de una zapata, y determinar el refuerzo longitudinal y cortante requerido.

La ayuda en el programa "Zapata" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Perfil	Prueba Dialométrica (DMT)	Suelos	Asingar	Cimentación
Carga	Geometría	Fondo de la zapata	Yacimiento Arena-Grava	Material	Sobrecarga	Agua, Suelo incompresible
Sismo	Configuración de etapas	Capacidad portante	Asentamiento y Rotación	Dimensionado		

- Estándares y métodos de análisis

- Teoría para el análisis en el programa **"Zapata"**:

Tensión en el cuerpo del suelo	Parametros de roca	Análisis de Capacidad Portante de Cimentación	Análisis de asientos	Dimensionamient o de Estructuras de Hormigón
-----------------------------------	-----------------------	--	-------------------------	--

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro **"Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite

ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

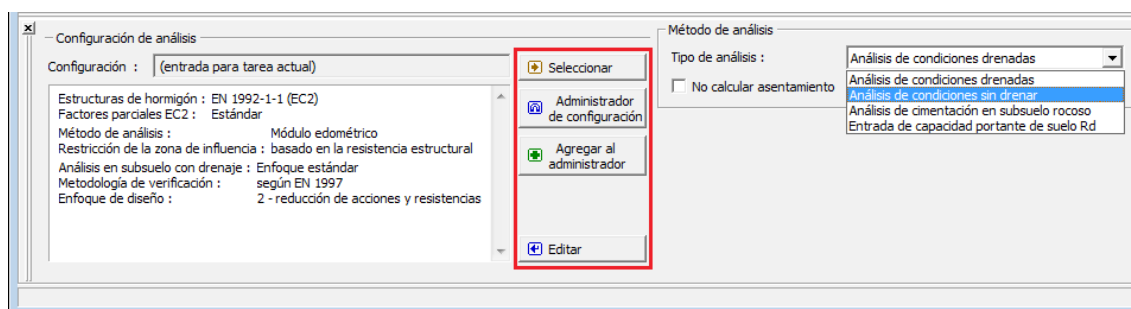
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Materiales y estándares**", "**Asientos**" y "**Zapata**".

Cuatro opciones están disponibles para calcular la capacidad portante vertical de la cimentación:

- **Análisis en subsuelos con drenaje**
- **Análisis en subsuelos sin drenar**
- **Análisis en subsuelos rocosos**
- **Entrada de capacidad portante vertical en suelos R_d**



Cuadro "Configuración"

Perfil

El cuadro "**Perfil**" contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

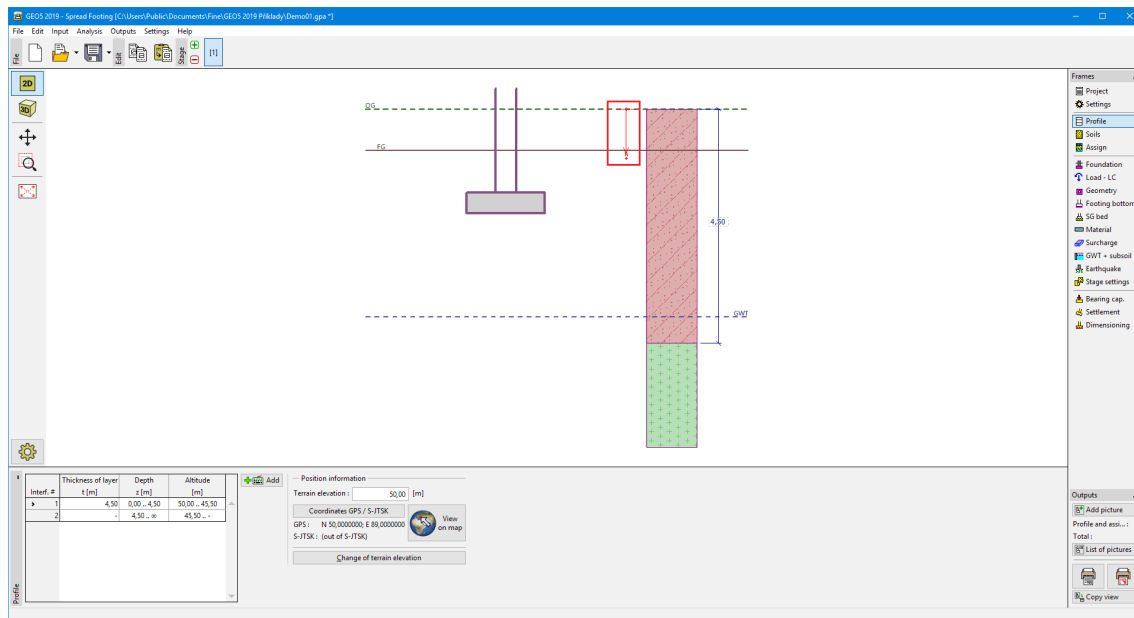
Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón

"**Ver en el mapa**" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "**Cambiar la elevación del terreno**" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "**Terreno**" y "**Estratigrafía**".

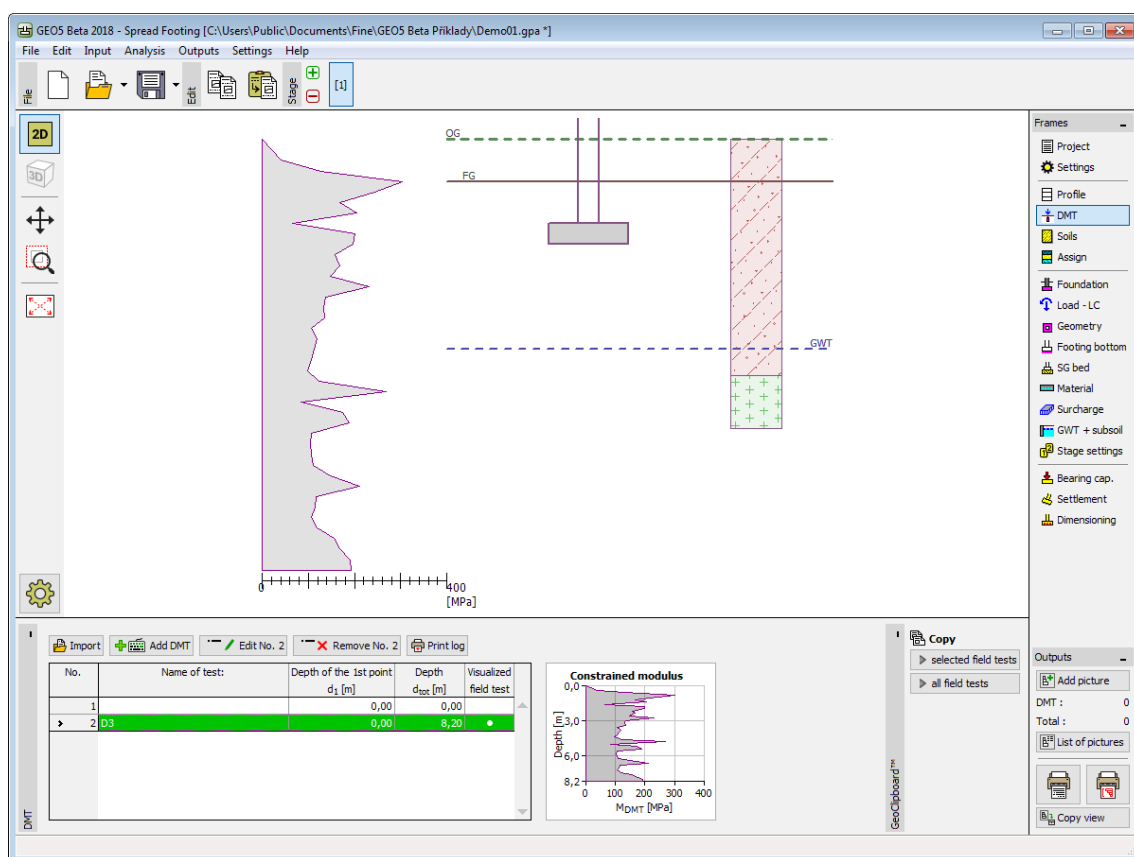


Cuadro "Perfil"

Prueba Dialométrica (DMT)

El cuadro "**DMT**" sirve para introducir el modo de introducción del **módulo del suelo limitado** en el programa - ya sea como un parámetro de **suelo** (marcando la opción "**Entrada M_{DMT} como un parámetro del suelo**"), o mediante la importación de una **prueba dilatométrica (DMT)**.

El cuadro contiene una **tabla** con una lista de valores ingresados por la **prueba dialométrica (DMT)**



Cuadro "Prueba dialométrica (DMT)"

Si durante la evaluación de la **prueba dilatométrica** se mide el valor cero del **módulo del suelo limitado** M_{DMT} , luego, el programa permite la corrección automática de errores de medición - en lugar del valor cero se considera la media aritmética del próximo valor distinto de cero superior e inferior de M_{DMT} del cálculo.

Los resultados de la prueba dilatométrica (DMT) se importan en el programa insertando el archivo en formato **UNI** (*.uni).

Los datos de los DMT se pueden copiar dentro de los programas **"Zapata"**, **"Verificación de Muros pantalla"**, **"Pilote Anti-Deslizante"** y **"Estratigrafía"** utilizando **"GeoClipboard"**.

Nota: El cuadro es accesible sólo cuando en el cuadro **"Configuración"** se selecciona la opción **"Dialométrico DMT"** (en la solapa **"Asientos"**)

Suelos

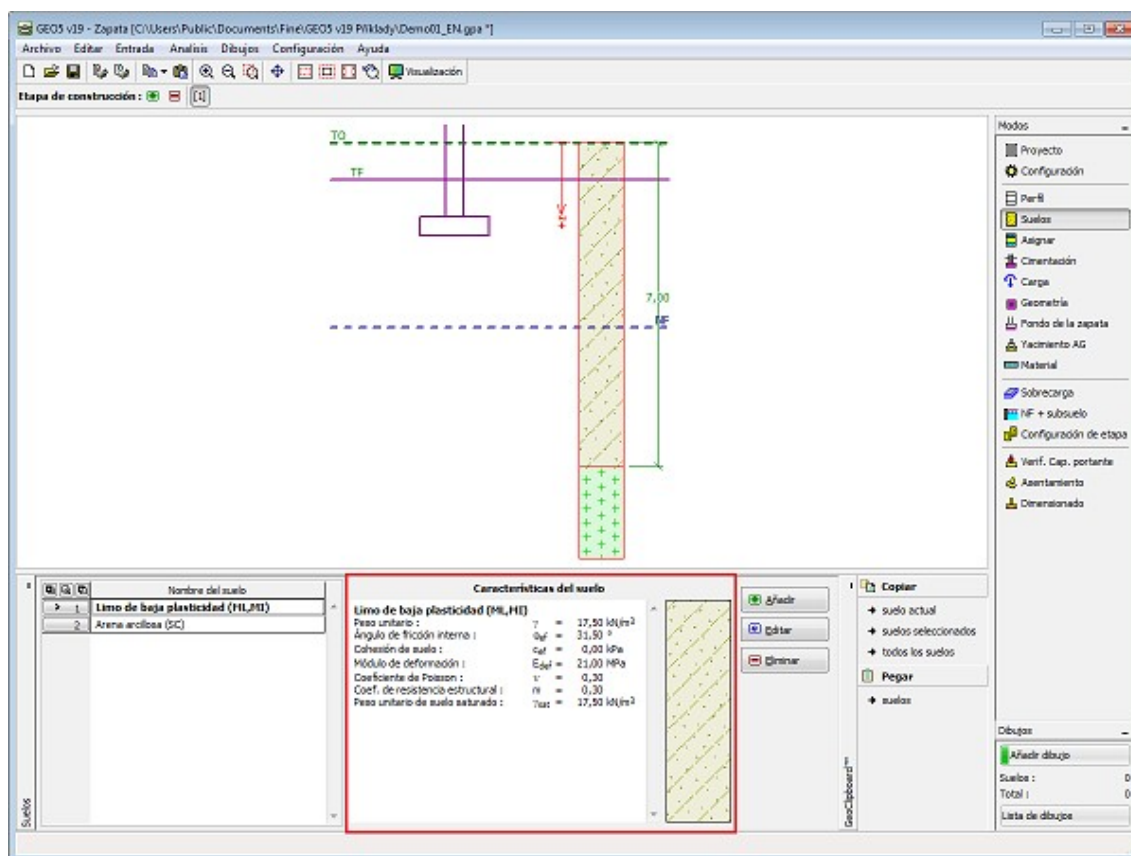
El **cuadro "Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Aumento de Presión"**, **"Capacidad portante de cimentación"** y **"Asientos"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la **Ayuda** en el presente documento.

Los parámetros difieren según el tipo de análisis y el método de análisis (Cuadro "Configuración", solapa "Zapata" y "Asientos")

El tipo de análisis es diferente para:

- **Análisis para Condiciones drenadas:** parámetros **efectivos** de resistencia al corte del suelo c_{ef} , ϕ_{ef} se utilizan comúnmente.
- **Análisis para Condiciones sin drenar:** la capacidad portante vertical decimentación depende de la resistencia al corte **sin drenaje** de suelo c_u . El ángulo **efectivo** de ϕ_{ef} fricción interna se define sólo por el cálculo de **presión de tierra** para resolver la **capacidad portante horizontal de cimentación**.

- **Análisis de cimentación sobre roca subrasante:** para este método de análisis se define el ángulo de fricción interna de roca φ , la resistencia a la compresión σ_c , el coeficiente del daño de roca D , el coeficiente de resistencia estructural m_i y el índice de fuerza geológica.

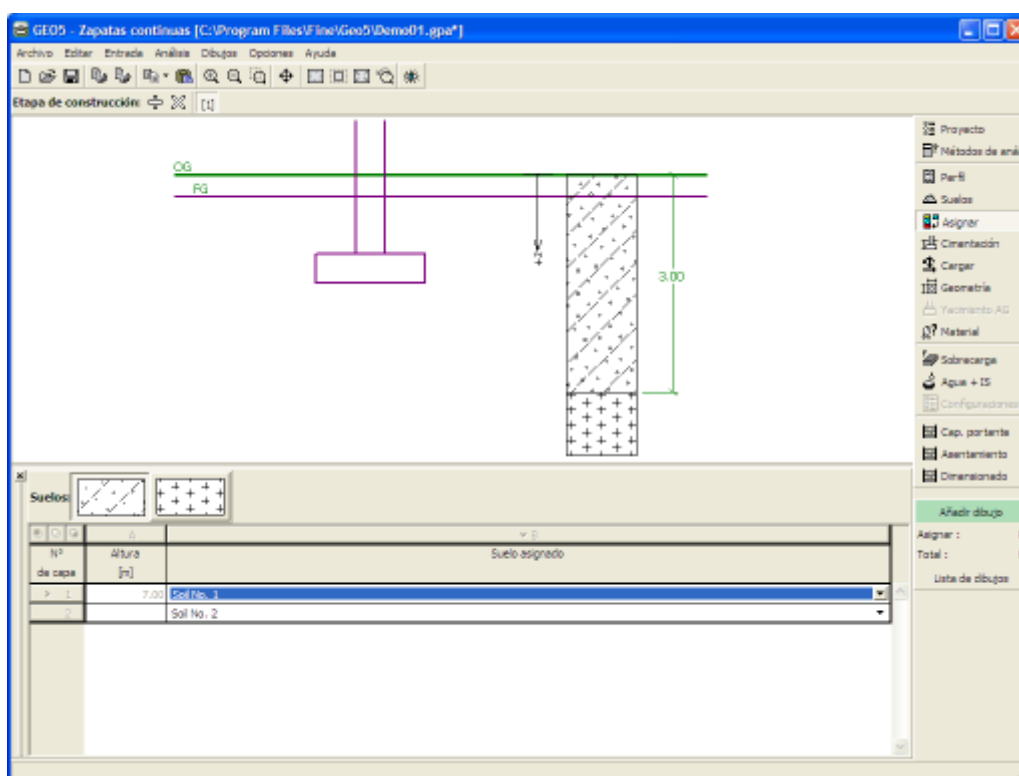
La teoría asociada se describe en detalle en el capítulo "Análisis de capacidad portante de la cimentación".

Cuadro "Añadir nuevos suelos"- "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro "Asignar" contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Cimentación

El cuadro **"Cimentación"** permite seleccionar el tipo de cimentación. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los valores pueden ser editados en el cuadro, insertando los nuevos datos en los campos de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**. El cuadro incluso sirve para especificar el peso a granel de la sobrecarga.

Los siguientes tipos de cimientos pueden ser seleccionados:

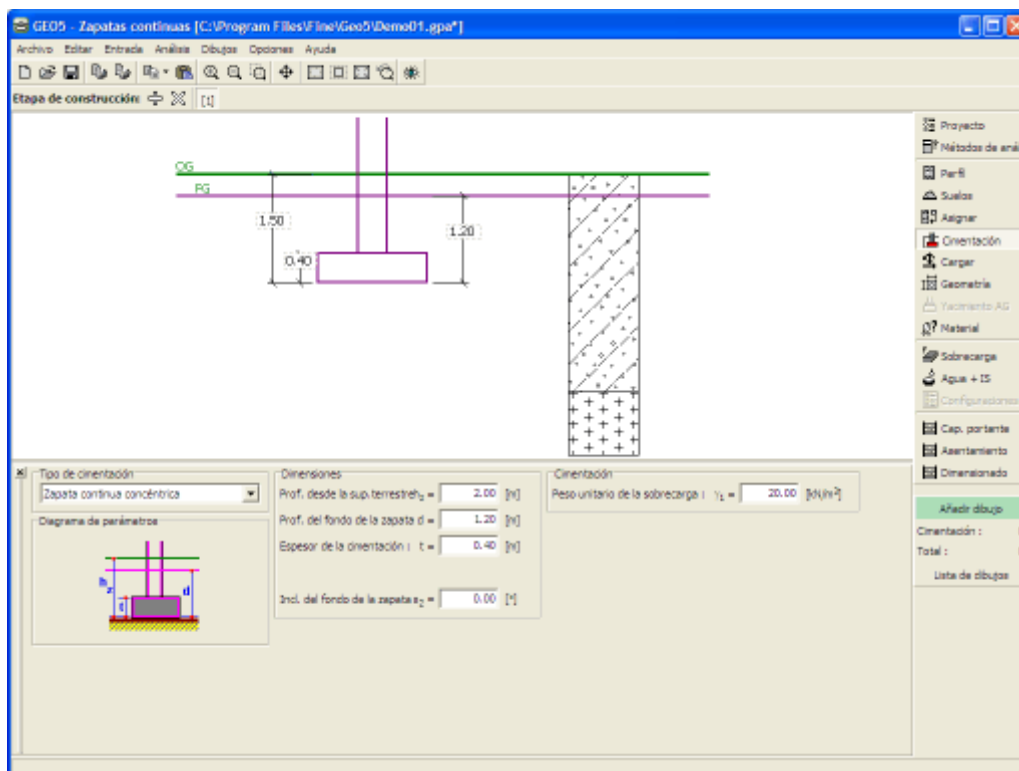
- **Zapata centrada**
- **Zapata excéntrica**
- **Zapata continua -Franja de cimentación**
- **Zapata centrada escalonada**
- **Zapata excéntrica escalonada**
- **Zapata circular**
- **Zapata circular escalonada**
- **Zapata centrada con piernas**
- **Zapata excéntrica con piernas**

El perfil del suelo es especificado desde el **terreno original (TO)**. La capacidad portante de cimentación depende principalmente de la profundidad de la **cimentación medida desde la superficie de la tierra (TO)**. Siempre que el terreno final (TF) se encuentre por encima el terreno original (TO), se requiere asignar la misma profundidad para la superficie de la tierra y para el fondo de la zapata, e introducir dentro del subsuelo una capa con un nuevo terreno. Este cuadro también permite introducir el **espesor de la cimentación (t)**.

Cuando se haya completado la cimentación, es común completar con un suelo - se debe especificar el peso a granel (**peso a granel de la sobrecarga γ_I**). Proporcionando el análisis

de la **teoría de los estados límites**, su peso es multiplicado por el coeficiente γ_{my} introducido en la solapa "Zapata"

Para cimentaciones con **subsuelos drenadas** (tipo de análisis es seleccionado en el cuadro "Configuración" es posible introducir la **inclinación del terreno final (FG) y del fondo de la zapata**. En todos los otros casos, tanto el terreno final como el fondo de la zapata son horizontales.



Cuadro "Cimentación"

Carga

El cuadro "Carga" contiene una **tabla** con un listado de las cargas introducidas. Para **añadir** cargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Añadir carga"**. En el cuadro se muestran las fuerzas individuales introducidas, seguidas de sus signos convencionales.

Los siguientes tipos de carga pueden ser especificados:

- Diseño de estado último: sirve para verificar la **capacidad portante de la cimentación**
- Diseño de estado de servicio: sirve para calcular el **asentamiento y rotación de la cimentación**

EL **dimensionamiento de los refuerzos** asumidos por la cimentación se lleva a cabo por ambos tipos de carga.

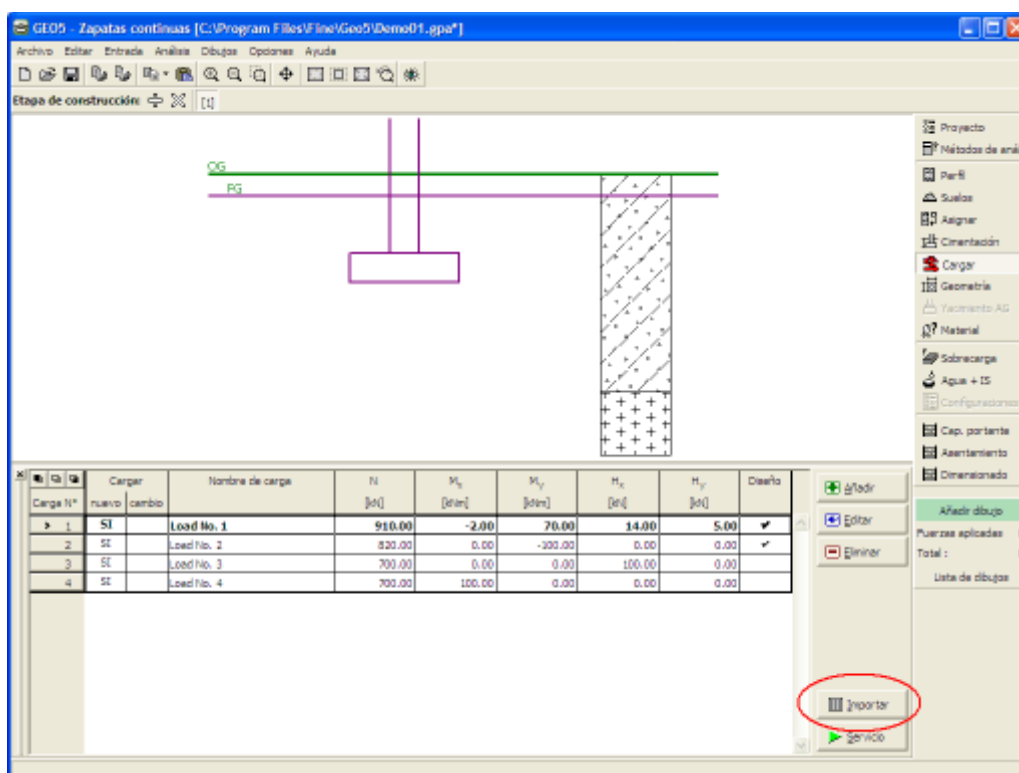
Cuando realizamos el análisis según **EN 1997 o LRFD** (seleccionado en el cuadro "Zapata") se asume que el diseño de carga es determinado de acuerdo con el estándar correspondiente y los componentes individuales de carga son **pre-multiplicado** por el **factor parcial** correspondiente. El programa no modifica la carga introducida.

La cimentación es cargada siempre en el punto de contacto entre la columna y la cimentación. El programa automáticamente calcula el **peso propio de la cimentación y peso de la**

sobrecarga.

El botón "**Servicio**" permite crear cargas de estado de servicios a partir de las cargas de estado último ya imputadas (análisis según **factor de seguridad** y la teoría de **estados límite**)

El programa también permite **importar** las cargas utilizando el botón "**Importar**".



Cuadro "Carga"

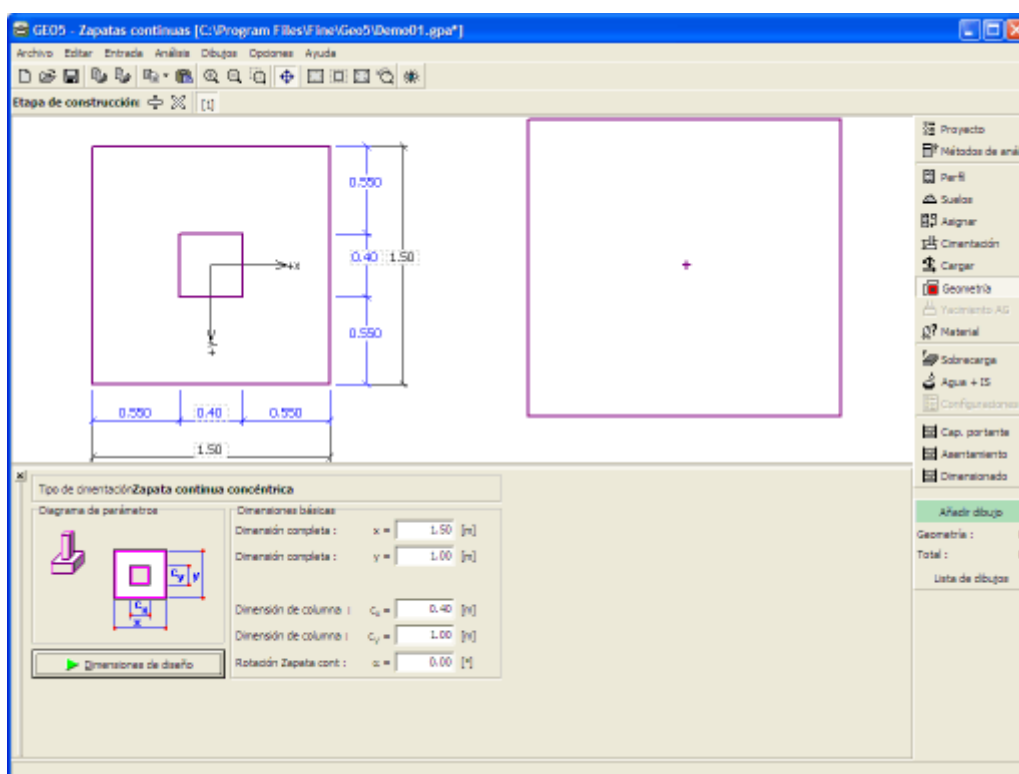
Geometría

El **cuadro "Geometría"** permite, especificar la forma de la cimentación. La forma seleccionada y su representación gráfica ("**Diagrama de Parámetros**") aparecen en la parte izquierda del cuadro. Los valores pueden ser editados en el cuadro, insertando los nuevos datos en los campos de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El **tipo de cimentación** y el **espesor** se especifican en el cuadro "**Cimentación**".

El programa calcula automáticamente el **peso propio de la cimentación y de la sobrecarga sobre la cimentación**. La peso unitario de la cimentación se especifica en el cuadro "**Materiales**". Siempre que el análisis se lleva a cabo empleando la teoría de los estados límites, el peso propio de la cimentación se multiplica por el coeficiente especificado en el cuadro "**Zapata**".

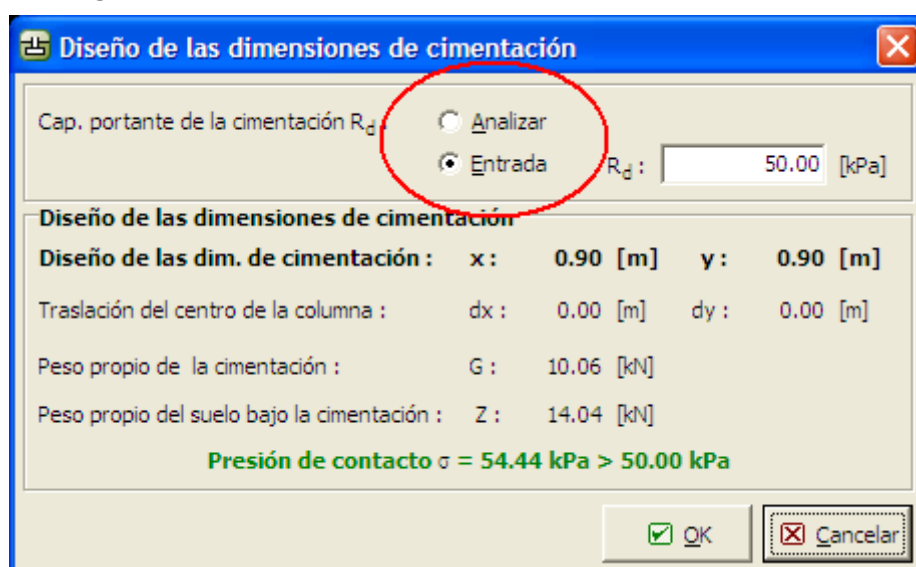
El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF



Cuadro "Geometría"

El botón "**Diseño de dimensiones**" abre una cuadro "**Diseño de dimensiones de cimentación**", que sirve, con la ayuda del programa, para calcular las dimensiones de la cimentación. El cuadro de diálogo permite introducir la capacidad portante de la cimentación del suelo R_d o seleccionar la opción "**Automático**". En este caso el programa determina las dimensiones de la cimentación basándose en los **parámetros introducidos** (suelos, perfiles, impacto del agua, configuraciones, etc.).

Cuando se abandona el cuadro de diálogo presionando el botón "**OK**" las dimensiones especificadas se cargan en el cuadro "**Geometría**".



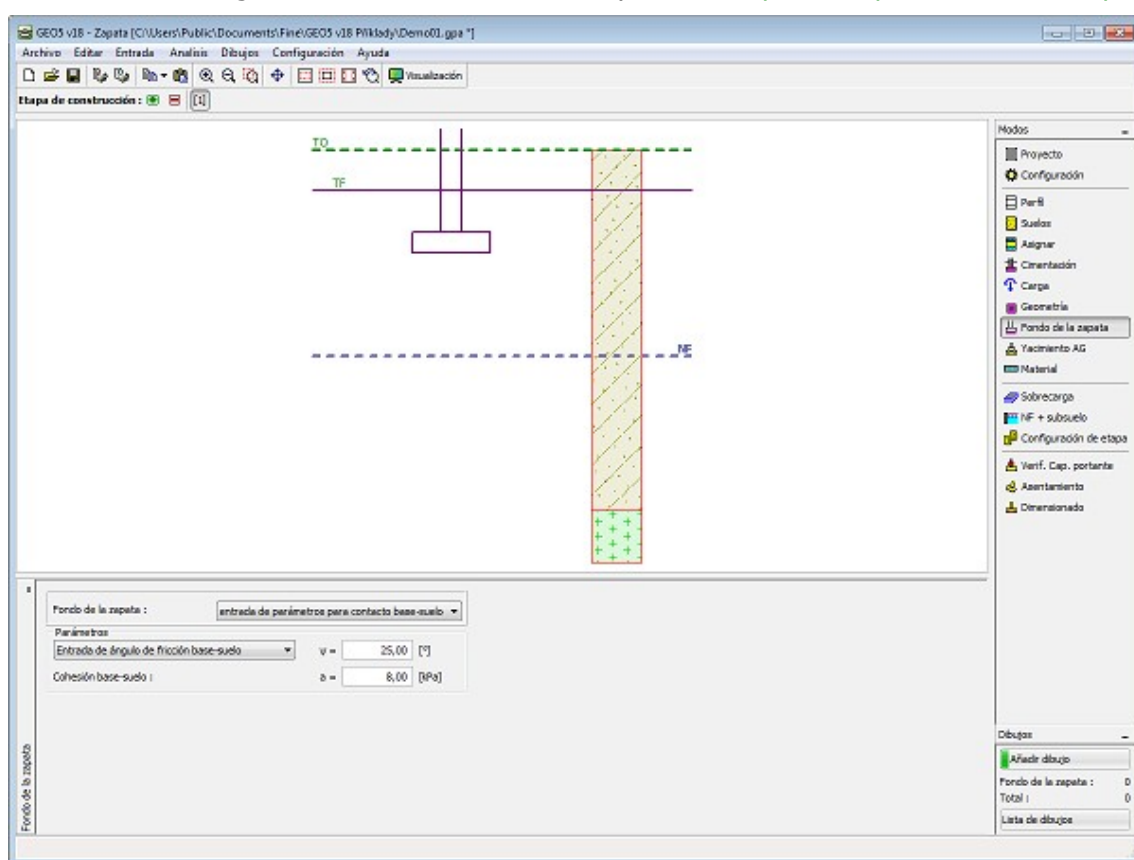
Cuadro "Diseño de dimensiones de cimentación"

Fondo de la zapata

El **cuadro "Fondo de la zapata"** sirve para asignar las características de la acción en el fondo de la zapata:

- **Suelo de perfil geológico** - el muro está cimentado en suelo **asignado** a partir del perfil geológico especificado en el cuadro **"Perfil"**.
- **Entrada de parámetros de contacto entre la base-suelo** - Se especifican los parámetros de contacto entre la base de la zapata y el suelo especificado. La opción **"Entrada del ángulo de fricción base-suelo"** requiere introducir el ángulo de fricción ψ [°] entre la cimentación y el suelo. La opción **"Entrada de coeficiente de fricción"** requiere especificar el coeficiente de fricción μ [-]. Ambas opciones requieren el ingreso de cohesión a [kPa] entre la cimentación (base) y el suelo.

La entrada de datos ingresada en este cuadro influye en la **capacidad portante de la zapata**.



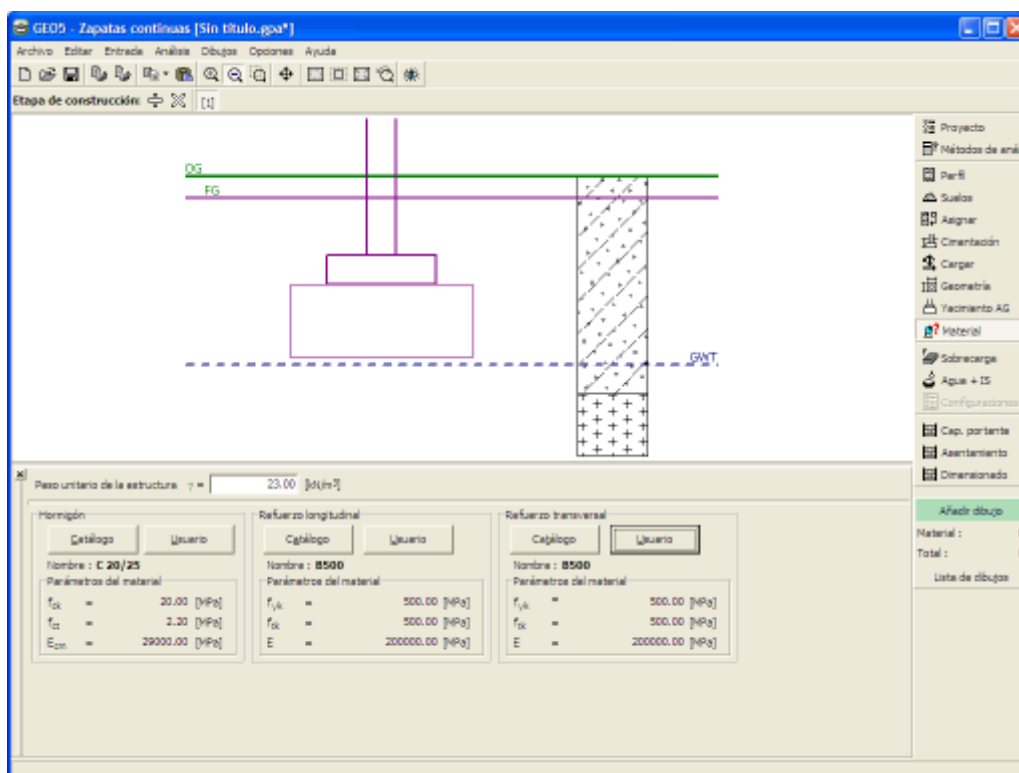
Cuadro "Fondo de la zapata"

Yacimiento Arena-Grava

El **cuadro "Yacimiento Arena-Grava"** permite, introducir parámetros de yacimientos de arena-grava debajo de la cimentación. Se requiere introducir el espesor del yacimiento y proyección del borde de la zapata. Los valores pueden ser editados en el cuadro, insertando los valores en los campos de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

El material de relleno del yacimiento puede ser seleccionado desde el listado que contiene los suelos especificados en el módulo **"Suelos"**.

El yacimiento imputado arena-grava influye en el análisis tanto de la **capacidad portante de la cimentación** como del análisis de **asentamiento**.



Cuadro "Yacimiento AG"

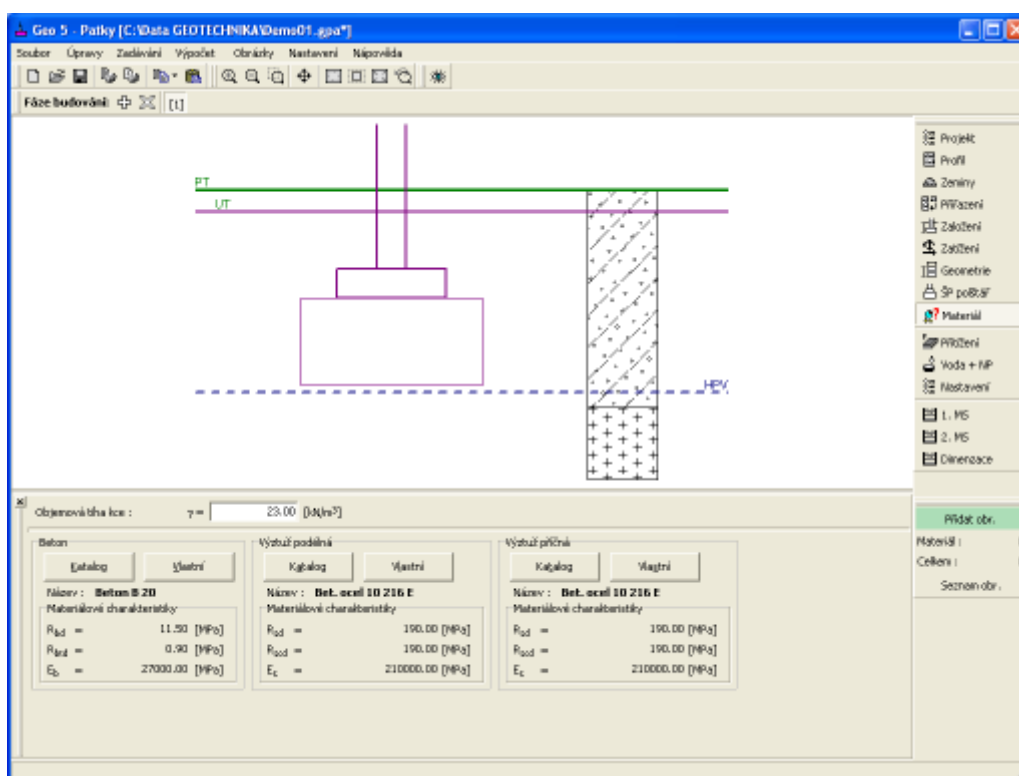
Material

El **cuadro "Material"** permite seleccionar las propiedades de los materiales para hormigón y para los refuerzos de acero longitudinales y transversales. El campo de entrada en la parte superior del cuadro sirve para especificar el peso unitario de la estructura.

Dos opciones están disponibles cuando seleccionamos el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** donde el material requerido puede ser seleccionado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material"** el cual permite especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar relevante seleccionado para el dimensionamiento de **hormigón** y **acero** de las estructuras en la solapa **"Materiales y estándares"**.



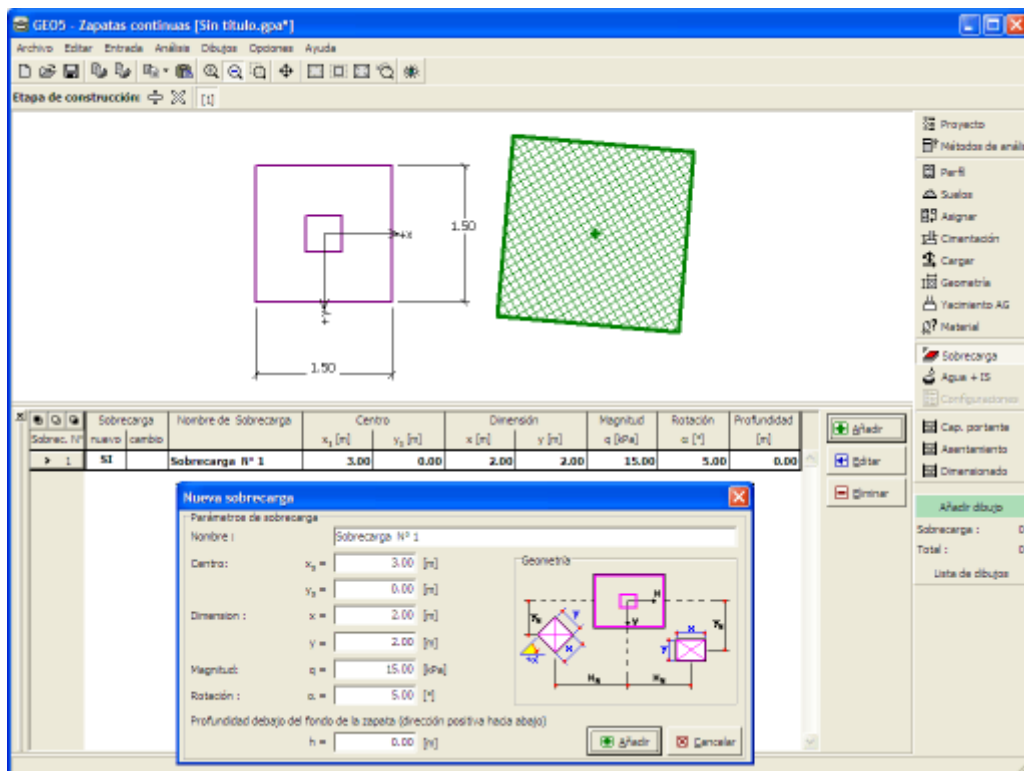
Cuadro "Material"

Sobrecarga

El cuadro "Sobrecarga" contiene una tabla con un listado de las sobrecargas introducidas. Para añadir sobrecargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga". La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de los objetos activos.

La coordenada z medida desde el punto más alto de la estructura se especifica (dirección positiva hacia abajo) cuando imputamos la sobrecarga a una determinada profundidad.

La sobrecarga se considera solo cuando **calculando asentamiento** y rotación de cimentación, se **aumenta la tensión** en el suelo debajo la cimentación. Cuando se **calcula la capacidad portante de la cimentación**, la sobrecarga no se considera - su presencia aumentaría la capacidad portante.



Cuadro "Sobrecarga"

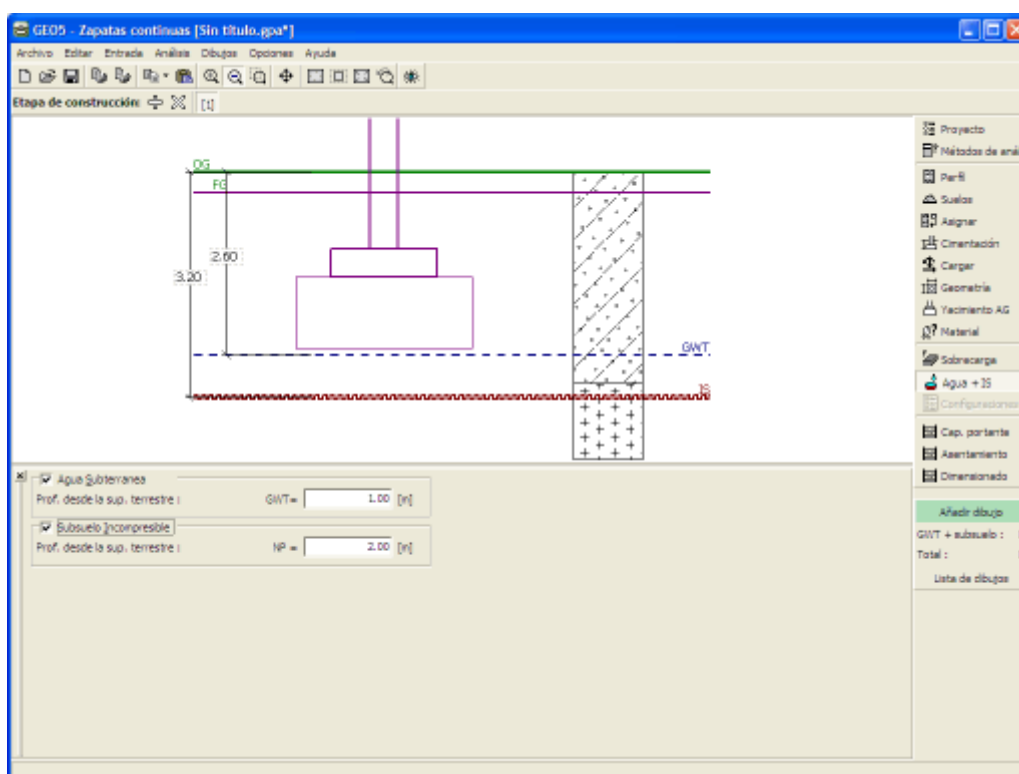
Agua, suelo incompresible

El cuadro "Agua + SI" sirve para especificar la **profundidad del nivel freático** y del nivel del **suelo incompresible**.

El valor puede ser editado en el cuadro, insertando los valores en los campos de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La **influencia del agua** se pone en manifiesto cambiando la **presión del agua subterránea** debajo de la cimentación.

El **suelo incompresible** corta la **zona de influencia** debajo de la cimentación e influye en la reducción del asentamiento.



Cuadro "Agua, suelo incompresible"

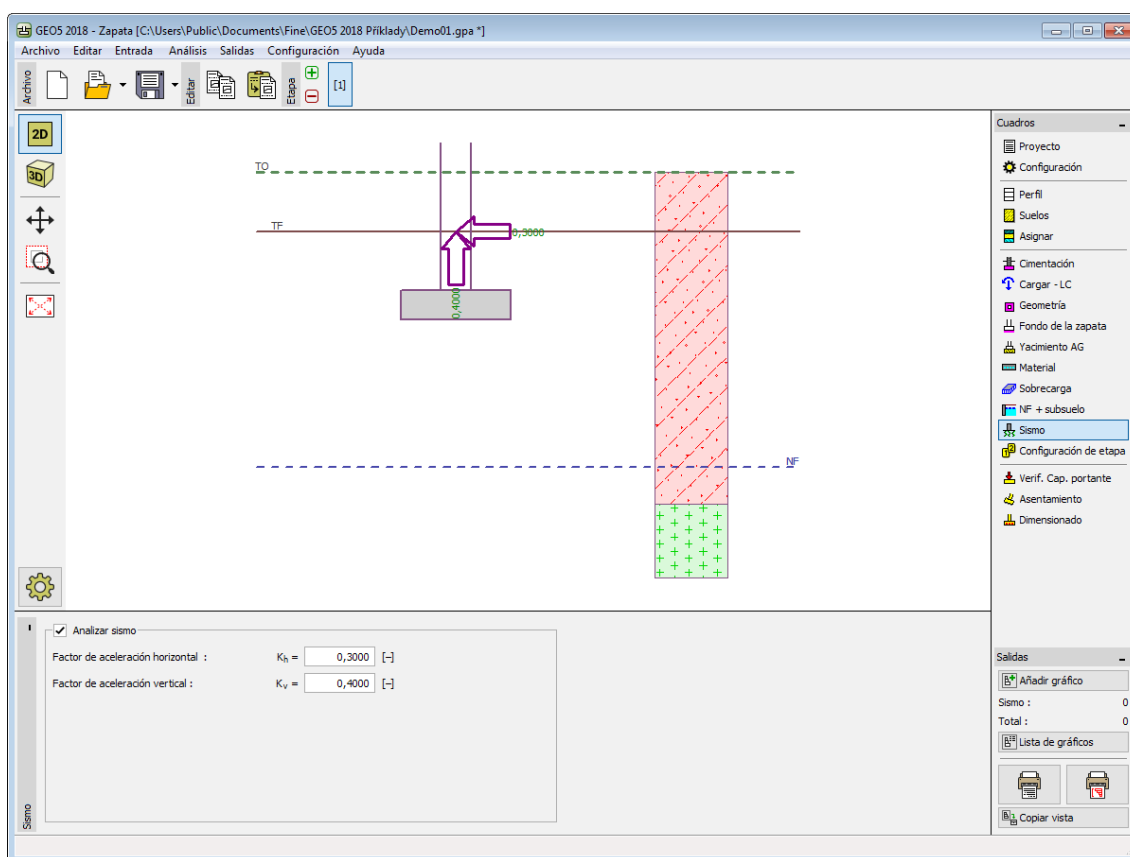
Sismo

El cuadro **"Sismo"** sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en **EN 1998-5**.

El análisis de la capacidad portante de cimentación y la explicación del sismo se describe en la parte teórica de la ayuda, capítulo **"Análisis de la capacidad portante sísmica"**.

Durante el **análisis sísmico**, el programa realiza el cálculo de la capacidad portante para ambos casos, con y sin efecto sísmico. La capacidad portante resultante es menor a partir de estos dos valores.



Cuadro "Sismo"

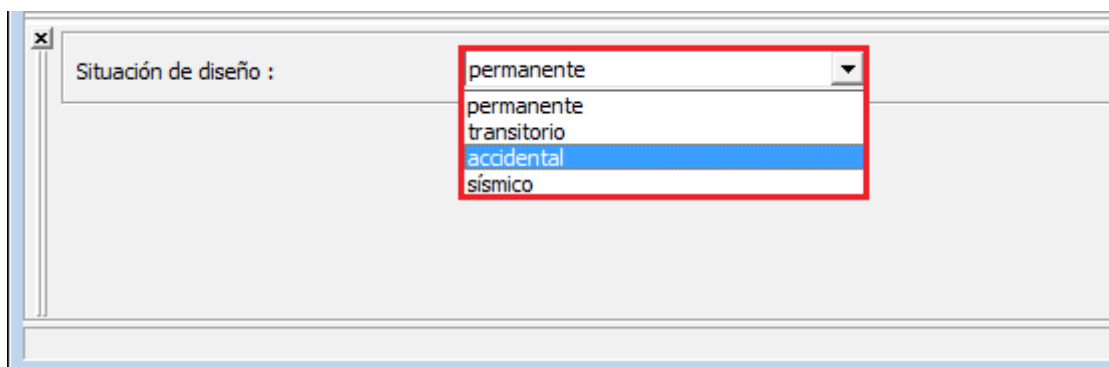
Nota: El cuadro es accesible solo en el caso, cuando se selecciona el análisis de las condiciones drenantes en el cuadro "Configuración".

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la situación de diseño determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.

La vista del cuadro depende de la metodología de verificación seleccionada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Capacidad portante

El cuadro "Capacidad portante" sirve para **verificar la capacidad portante vertical y horizontal de la zapata**. Otros cálculos también se pueden realizar en este cuadro. La verificación puede ser llevada a cabo a través de cargas individuales o el programa encuentra **la más crítica** (puede ser seleccionada del listado).

El análisis sigue el enfoque de la teoría seleccionada en la solapa "Zapata". Esta solapa sirve para seleccionar el método de verificación **Metodología de verificación** (según EN 1997, LRFD y **factor de seguridad, estados límite**).

El análisis de la **capacidad portante vertical** requiere la selección del **tipo de presión de contacto** (forma general, rectángulo). La forma de la presión de contacto se traza en la parte izquierda del escritorio.

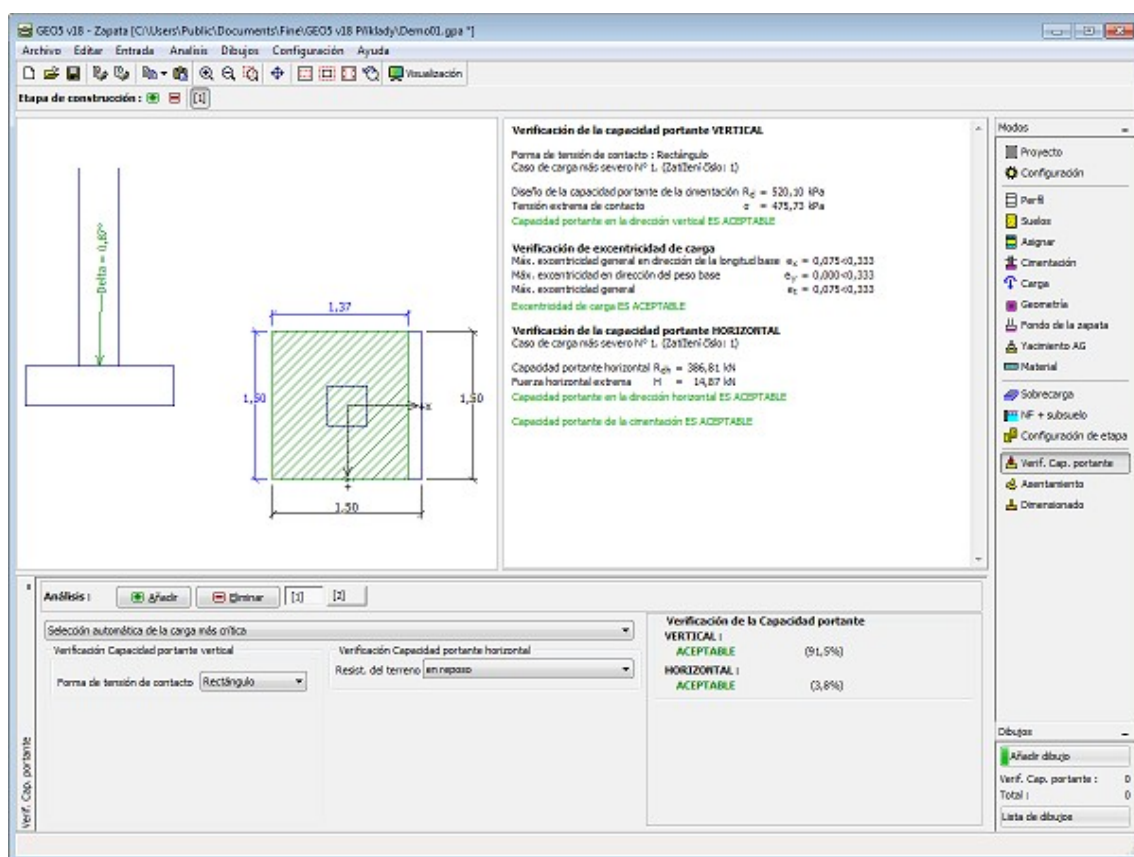
Para estados límite (fuerza, usabilidad) el programa evalúa la **excentricidad de la cimentación**. El valor del máximo permitido de la excentricidad de cimentación e_{alw} se asume en el cuadro "**Configuración**" en la solapa "Zapata".

El análisis de la **capacidad portante horizontal** requiere la selección del tipo de resistencia del suelo que puede ser asumida como, **presión en reposo, presión pasiva o reducción de la presión pasiva**.

Los **parámetros de suelo** (ángulo de fricción estructura-suelo, cohesión estructura-suelo) pueden ser **reducidos** cuando se calcula la capacidad portante horizontal.

Una lista detallada de los resultados se muestra en la parte derecha del escritorio. La visualización de los resultados pueden ser ajustados en el cuadro de diálogo "**Configuración de estilos de visualización**".

Al **evaluar la resistencia al levantamiento** la vista del cuadro "Verificación del levantamiento" se ajusta según el método de análisis seleccionado en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Capacidad portante"

Asentamiento y rotación

El cuadro "2.LS" sirve para calcular el asentamiento y la rotación de la zapata. Otros análisis también se pueden realizar en este cuadro. La verificación puede ser llevada a cabo a través de cargas individuales o el programa encuentra **la más crítica** (puede ser seleccionada del listado).

El análisis de asentamiento o rotación de zapata se lleva a cabo de acuerdo con la teoría especificada en la solapa "Zapata".

Para estados límite (fuerza, usabilidad) el programa evalúa la **excentricidad de la cimentación**. El valor del máximo permitido de la excentricidad de cimentación e_{alw} se asume en el cuadro "Configuración" en la solapa "Zapata".

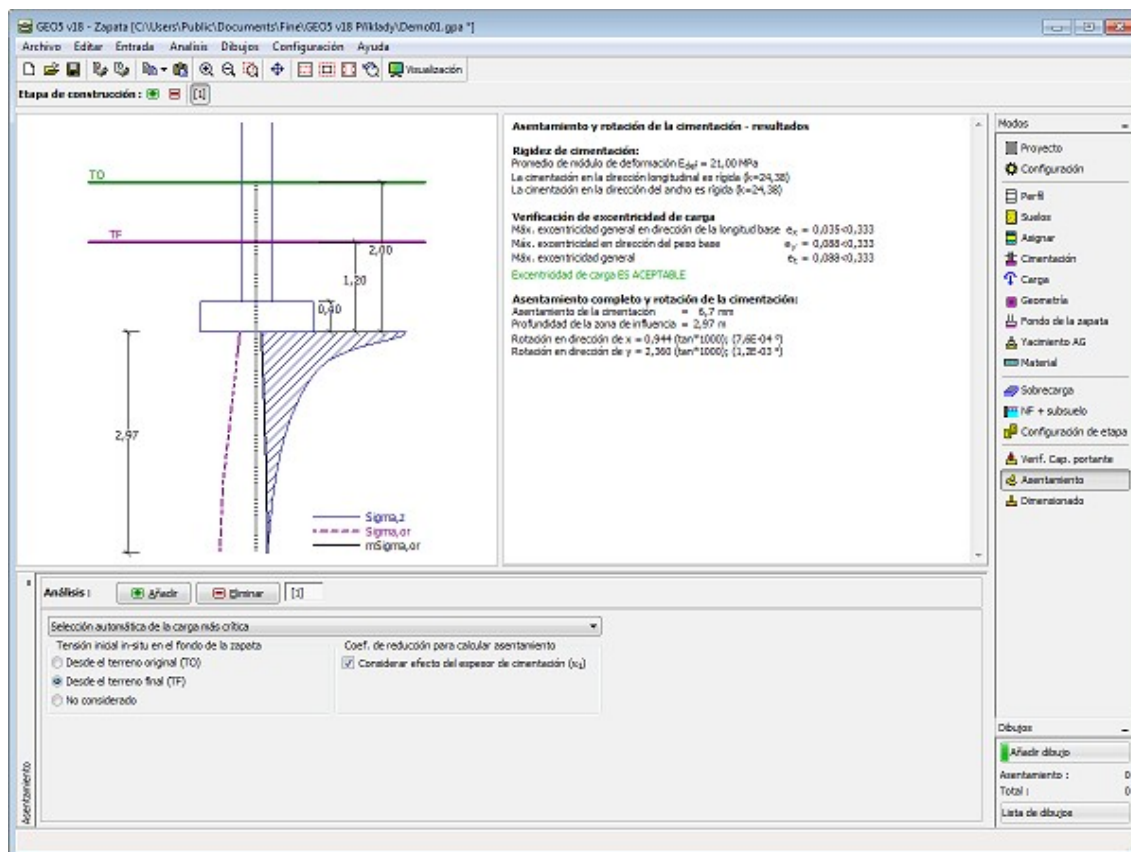
La **tensión en el fondo de la cimentación** puede ser restada desde la tensión geoestática dada por:

- Terreno original (TO)
- Terreno final (TF)
- No considerado

La distribución de la **presión geoestática** y la **tensión incremental** debajo de la cimentación se muestran en la parte derecha del escritorio. El nivel debajo de la cimentación representa la **profundidad de la zona deformada**. La tensión se dibuja debajo de la cimentación en el punto con la **característica de deformación**.

El cuadro también permite especificar el **coeficiente de reducción para el cálculo de asentamiento**.

Una lista detallada de los resultados del análisis de verificación se muestra en la parte derecha del escritorio. La visualización de los resultados pueden ser ajustados en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Asentamiento"

Dimensionado

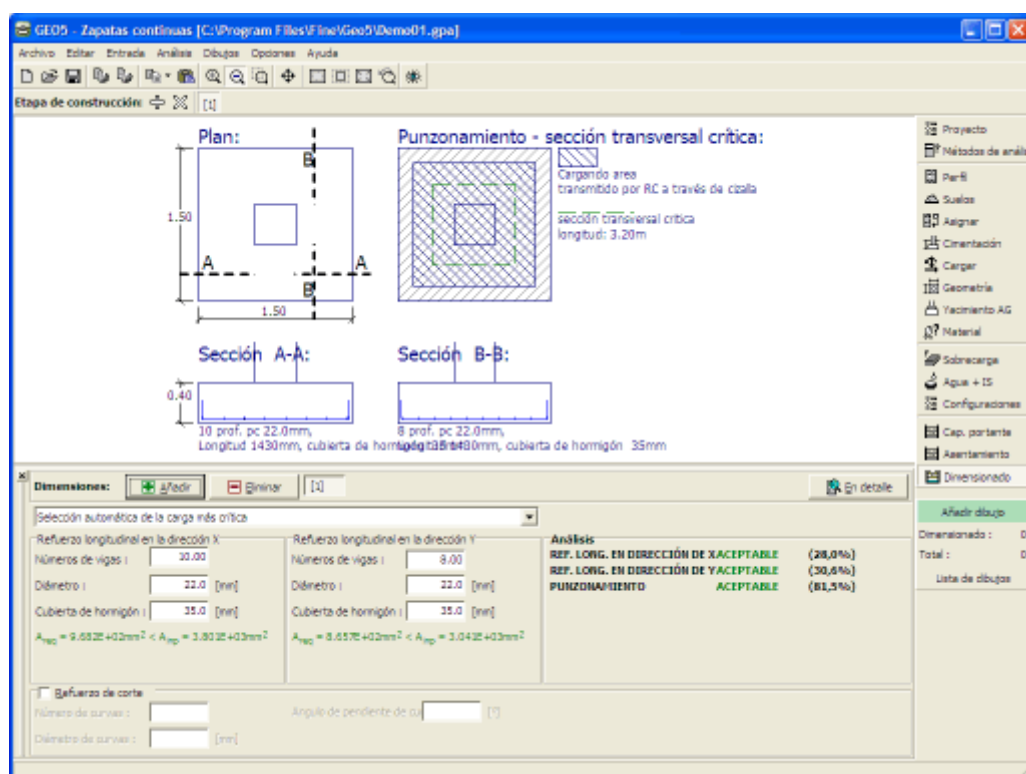
El cuadro "Dimensionado" sirve para diseñar y verificar el refuerzo longitudinal de la cimentación e incluso para verificar la cimentación contra empuje - La verificación puede ser llevada a cabo a través de cargas individuales o el programa encuentra **la más crítica** (puede ser seleccionada del listado).

El programa se deriva de la tensión en las juntas de construcción y **determina las fuerzas internas** en estructuras transversales individuales.

El **dimensionado de la estructura de hormigón reforzada con acero** se realiza de acuerdo a los estándares seleccionados en la solapa "Materiales y estándares".

Los datos resultantes se muestran en el escritorio y son actualizados ante cualquier cambio arbitrario en los datos o en la configuración especificada en el cuadro. El botón "En detalle" abre una ventana que contiene un listado detallado de los resultados del dimensionamiento.

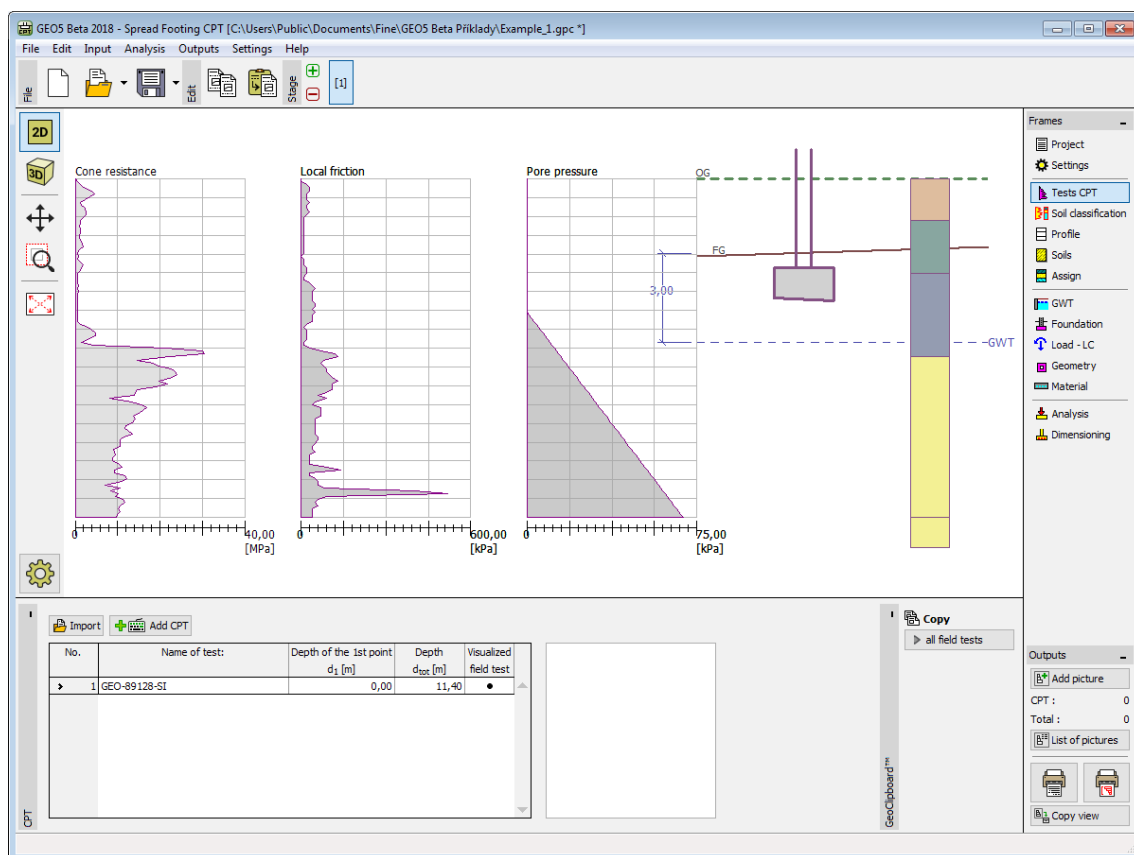
La visualización de los resultados pueden ser ajustados en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro " Dimensionado "

CPT

El cuadro "CPT" contiene una tabla con la lista de las puebas de penetración de cono (CPT).



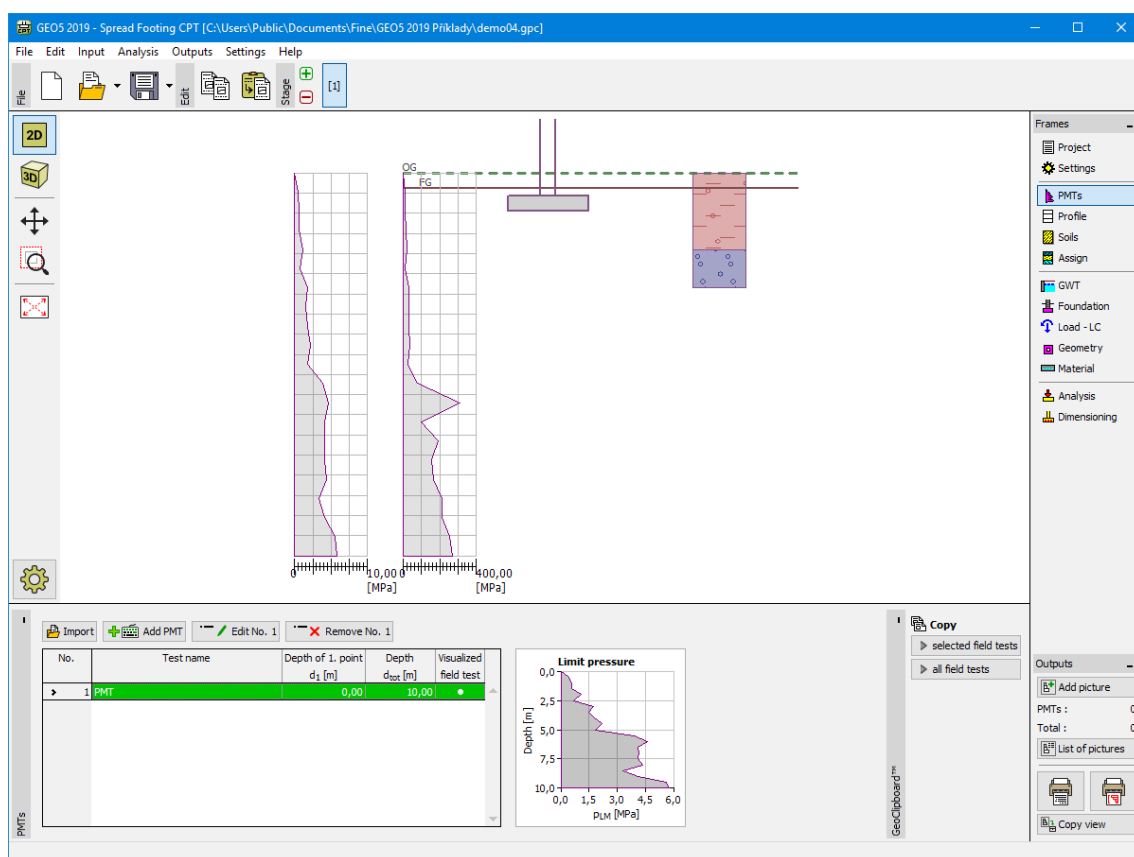
Frame "CPT"

Los resultados de las pruebas de penetración de cono (CPT) se pueden **importar** al programa insertando el archivo en diferentes formatos (por ejemplo, * **.TXT**, * **.CPT**, * **.GI3**, * **.GEF**, * **.AGS**).

Los datos de CPT se pueden copiar dentro de los programas "**Pilote por CPT**", "**Zapata por CPT**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

PMTs

El **cuadro "PMT"** contiene una **tabla** con la lista de **pruebas de presostómetro (PMT)**.



Frame "SPT"

Los resultados de las pruebas de presuómetro (PMT) se pueden **importar** al programa insertando el archivo en diferentes formatos (por ejemplo, ***.TXT**, ***.CSV**, ***.XLSX**, ***.ODS**).

Los datos de los PMT se pueden copiar dentro de los programas **"Micropile"**, **"Verificación de Muros Pantalla"**, **"Pilote Anti-Deslizante"**, **"Zapata por CPT"** y **"Estratigrafía"** usando **"GeoClipboard"**.

Clasificación de suelo

La **clasificación de los suelos** según Robertson (1986 o 2010) permite especificar el tipo de comportamiento del suelo (SBT) y otros parámetros, directamente a partir de los resultados de **CPT**; luego, los parámetros de entrada de los **suelos** no son necesarios para la entrada. Recomendamos verificar los parámetros de suelo generados antes del **cálculo**.

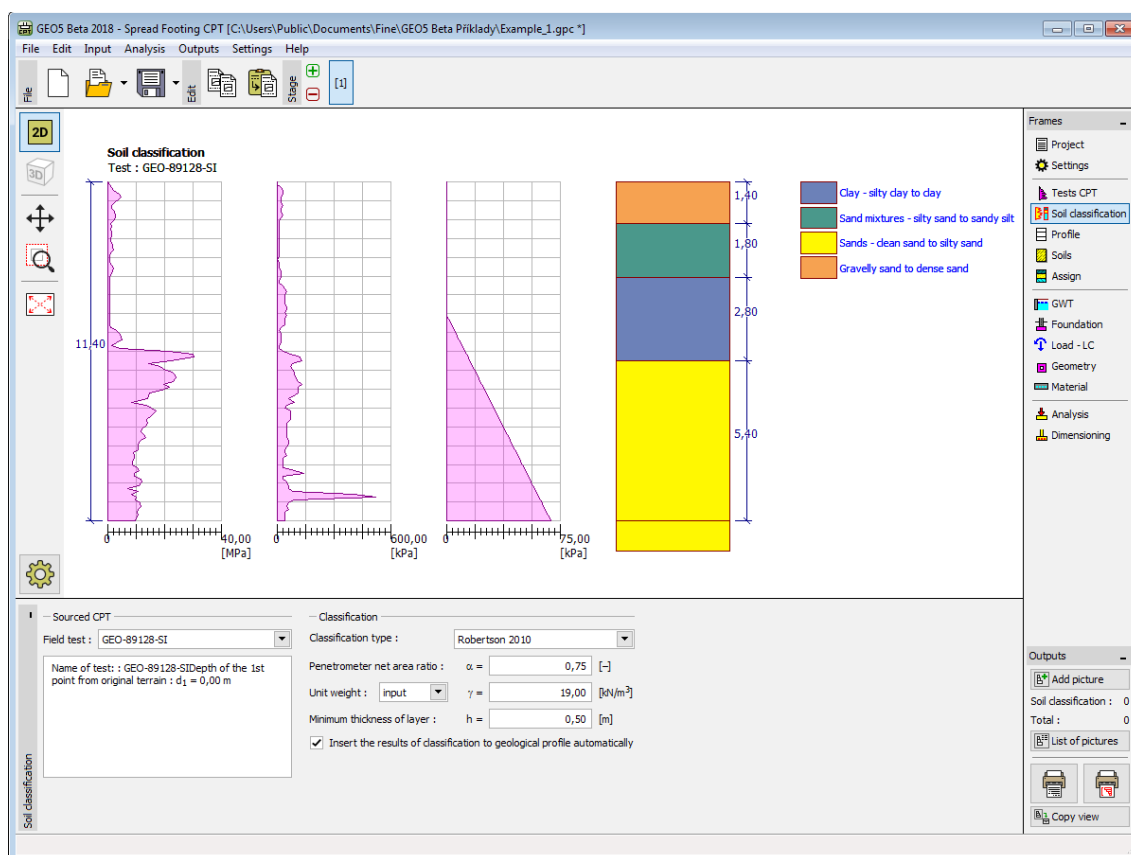
En el **cuadro "Clasificación del suelo"** se selecciona la **prueba de clasificación** (definida en el cuadro **"CPT"**). La clasificación de los suelos se realiza según **Robertson** (1986 o 2010).

Este cuadro sirve para ingresar la relación de **área neta del penetrómetro** α [-].

El peso unitario del suelo γ se puede ingresar con el mismo valor para todas las capas de suelo o se **calcula** automáticamente a partir de los resultados del **CPT** (cada capa por separado). El cuadro sirve para ingresar un espesor mínimo de la capa de suelo h . Afecta la distribución y el número de capas individuales de suelo en el **perfil geológico** de la tarea resuelta.

Al marcar la opción **"Insertar automáticamente los resultados de la clasificación en un perfil geológico"**, se asigna automáticamente el perfil geológico generado a la tarea actual (cuando el usuario cambia cualquier dato en el cuadro).

Durante la desactivación de la opción anterior, la asignación manual del suelo se realiza presionando el botón **"Insertar perfil y suelo"**.



Cuadro "Clasificación de suelo"

Programa Pilote

Este programa se utiliza para el análisis de la capacidad portante vertical de un solo pilote cargado tanto en tensión como en compresión, la solución del pilote, así como la capacidad portante horizontal de un solo pilote.

La ayuda en el programa "Pilote" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Módulo de reacción del subsuelo	Suelos	Asingar	Carga
Geometría	Material	Agua, Suelo incompresible	Rozamiento Negativo	Configuración de etapas	Verificación de Capacidad portante Vertical (Método Clásico)
				Verificación de Capacidad portante Vertical (Método Spring)	Verificación de Capacidad portante Vertical (Método Spring)

Verificación de Asiento (Poulos)	Verificación de Asiento (Masopust)	Verificación de Capacidad portante Horizontal	Verificación de Capacidad portante Horizontal (Método Brom)
--	--	---	---

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Pilote**":

Tensión en el cuerpo del suelo	Análisis de Pilotes	Dimensionamiento de Estructuras de Hormigón
-----------------------------------	------------------------	---
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

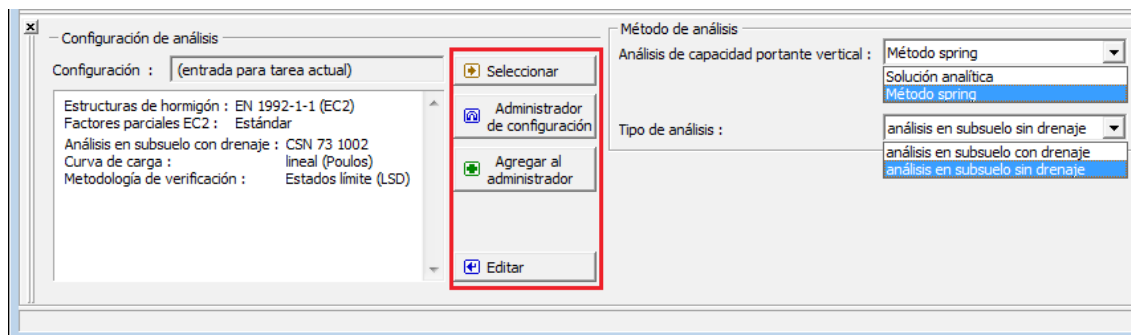
Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas **"Materiales y estándares"** y **"Pilote"**.

La capacidad portante vertical del pilote, puede encontrarse utilizando la **solución analítica** o el **método Spring**. Dos tipos de análisis están permitidos:

- **Análisis para condiciones drenadas** (CSN 73 1002, Effective stress method, NAVFAC DM 7.2)
- **Análisis para condiciones sin drenar** (Tomlinson, NAVFAC DM 7.2)



Cuadro "Configuración"

Perfil

El **cuadro "Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de

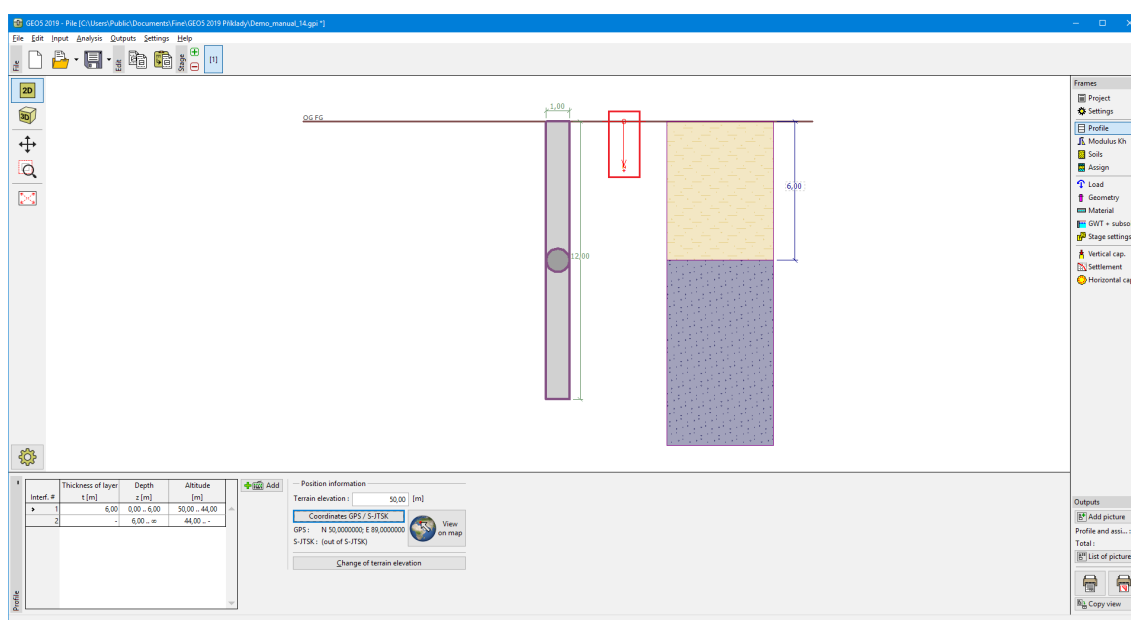
especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**.

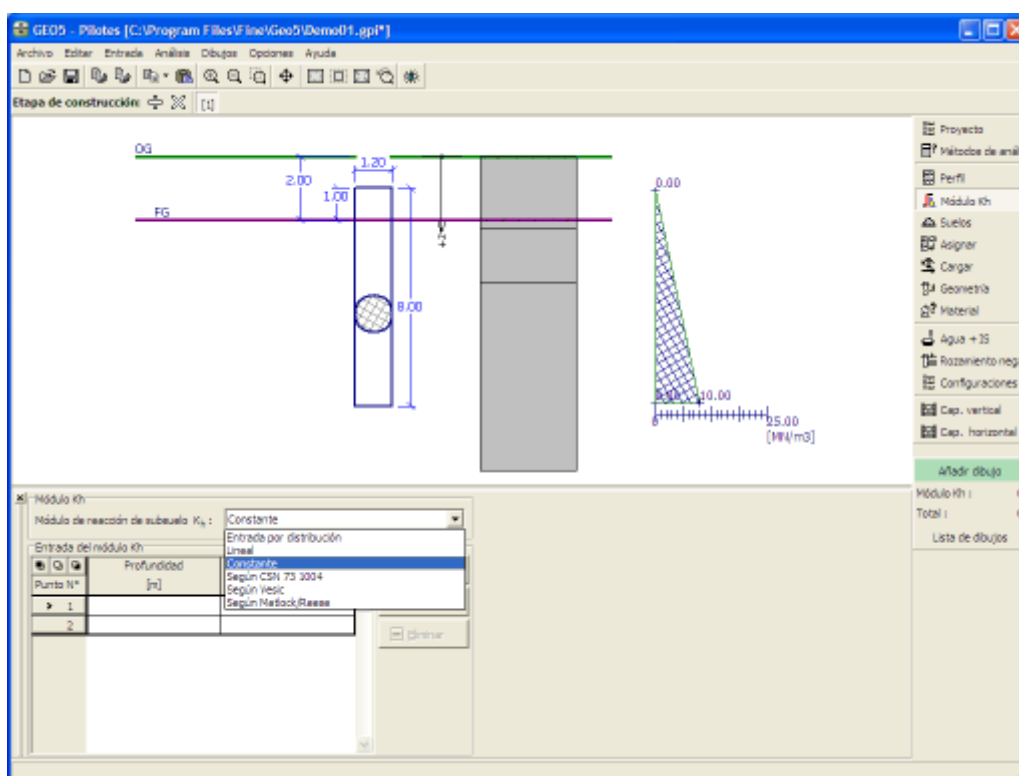


Cuadro "Perfil"

Módulo Kh de reacción del suelo

El listado desplegable sirve para seleccionar el **método de evaluación del módulo de reacción del suelo** - El parámetro de material de suelo requerido se introduce en el cuadro **"Suelos"** basado en el método seleccionado.

Seleccionando la opción **"Usuario (Manual)"** se abre una **tabla** que permite **especificar** los valores del módulo de reacción del suelo a lo largo del pilote.



Cuadro "Módulo de reacción del suelo Kh"

Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una tabla con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

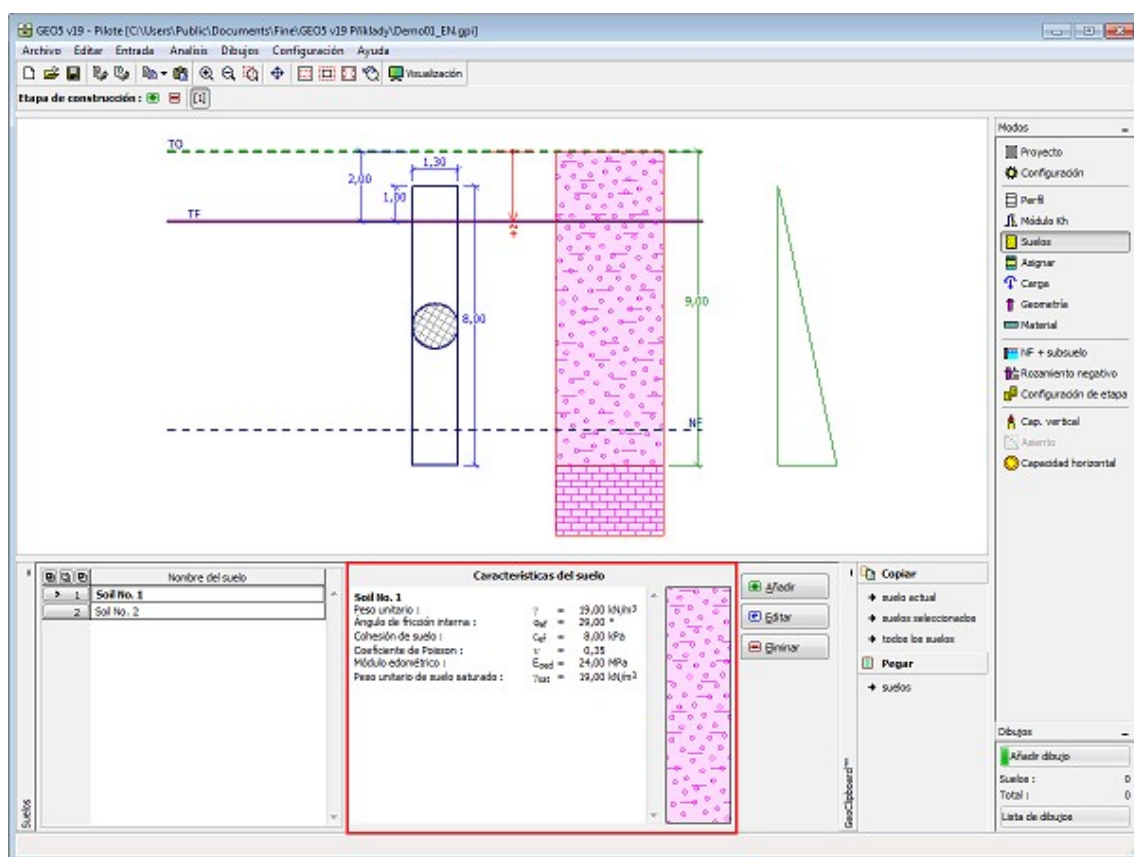
Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el cuadro de diálogo **"Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Aumento de Presión"**, **"Módulo Edométrico"**, **"Módulo de reacción del suelo"**, **"Coeficiente de adherencia empírico"** y **"Coeficiente de consistencia"**.

Los parámetros del suelo especificados dependen de la puesta en marcha del **módulo de reacción del subsuelo** y la teoría seleccionada de análisis especificado en el **"Pilotes"** hoja de la ficha.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión**, etc. El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Los parámetros difieren según el tipo de análisis y el método de análisis (Cuadro "[Configuración](#)", solapa "[Pilote](#)")

El método de análisis de estabilidad de taludes es diferente para:

- **Análisis para condiciones drenadas:** parámetros **efectivos** de resistencia al corte del suelo c_{ef} , ϕ_{ef} se utilizan comúnmente. ("[CSN 73 1002](#)", "[Tensión efectiva](#)").
- **Análisis para condiciones sin drenar:** se define la tensión total de corte del suelo c_u . ("[Tomlinson](#)").
- **Método NAVFAC DM 7.2:** Este método combina dos tipos de cálculos. Para cada capa de tierra se define, si el suelo se calcula como drenado (no cohesivo) o sin drenaje (cohesivo).

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Análisis de pilotes](#)".

Añadir suelos

Identificación
Nombre :
Limo de baja plasticidad (ML,MI), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 20,0

Coefficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,4

Método NAVFAC

Tipo de suelo :

Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} =$ [°] 19,23

Rozamiento del pilote :

Rozamiento del pilote : $\delta =$ [°]

Coefficiente de tensión lateral :

Coefficiente de tensión lateral : $K =$ [-]

Características de deformación

Análisis de asentamiento :

Módulo edométrico : $E_{oed} =$ [MPa] 6 - 11

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Determinando reacción para módulos de subsuelo

Ángulo de dispersión : $\beta =$ [°]

Dibujar

Color

Categoría de trama
GEO

Trama

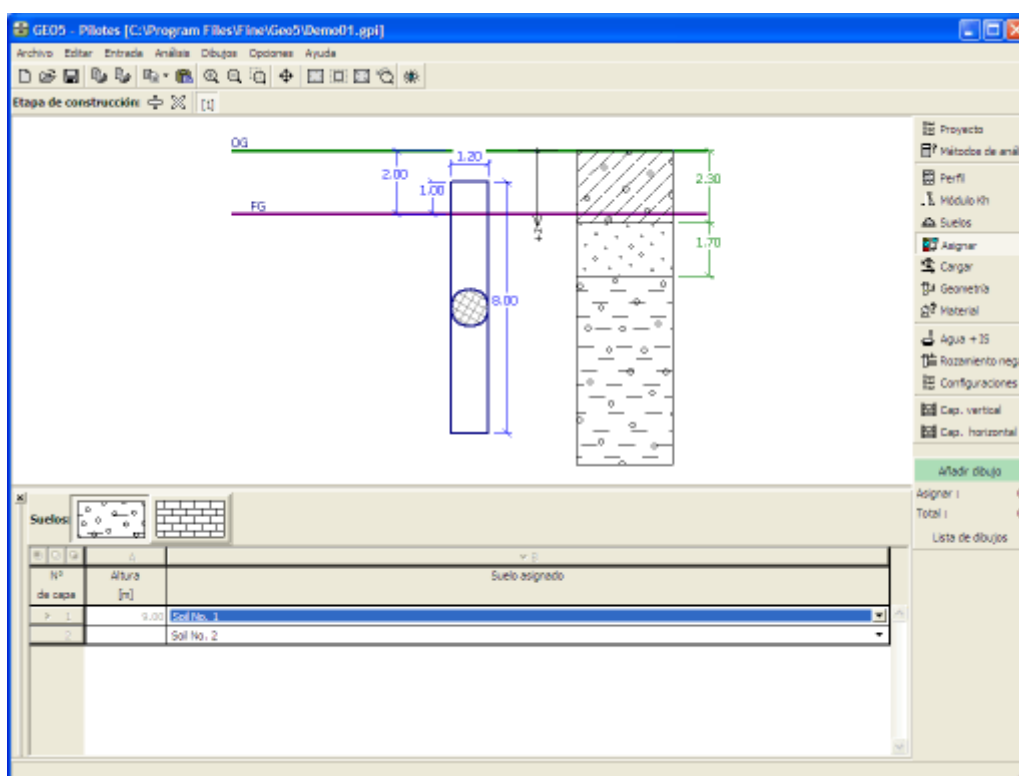
Clasificación

Cuadro "Añadir suelos"- "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Carga

El cuadro **"Carga"** contiene una **tabla** con un listado de las cargas introducidas. Para **añadir** cargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva carga"**. Las fuerzas son introducidas siguiendo el signo de convención mostrado en la parte superior del cuadro de diálogo.

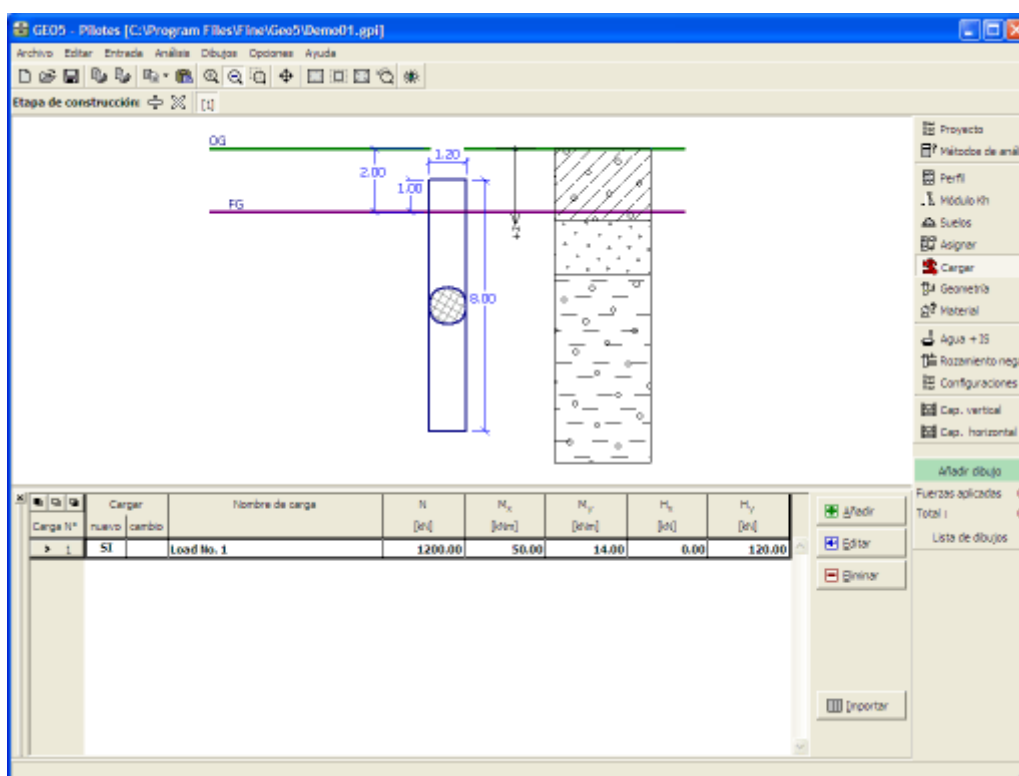
Los siguientes tipos de cargas pueden ser especificados

- Carga de diseño sirve para especificar la capacidad portante **vertical** y **horizontal**
- Carga de servicio sirve para calcular el asiento de pilote (**Poulos, Masopust**)

Cuando realizamos el análisis según las normas **EN 1997 o LRFD** (seleccionada en la solapa **"Pilote"**) se asume que la carga de diseño es determinada según los estándares correspondiente y diferentes componentes de carga son **pre-multiplicados** por los **factores parciales** correspondientes - El programa no modifica la entrada de carga en **ningún momento**.

El botón **"Servicio"** permite crear una carga servicio de las cargas de diseño ya ingresadas (análisis según el **factor de seguridad** y de la teoría de los **estados límite**)

El programa también permite **importación de carga** utilizando el botón **"Importar"**.



Cuadro "Carga"

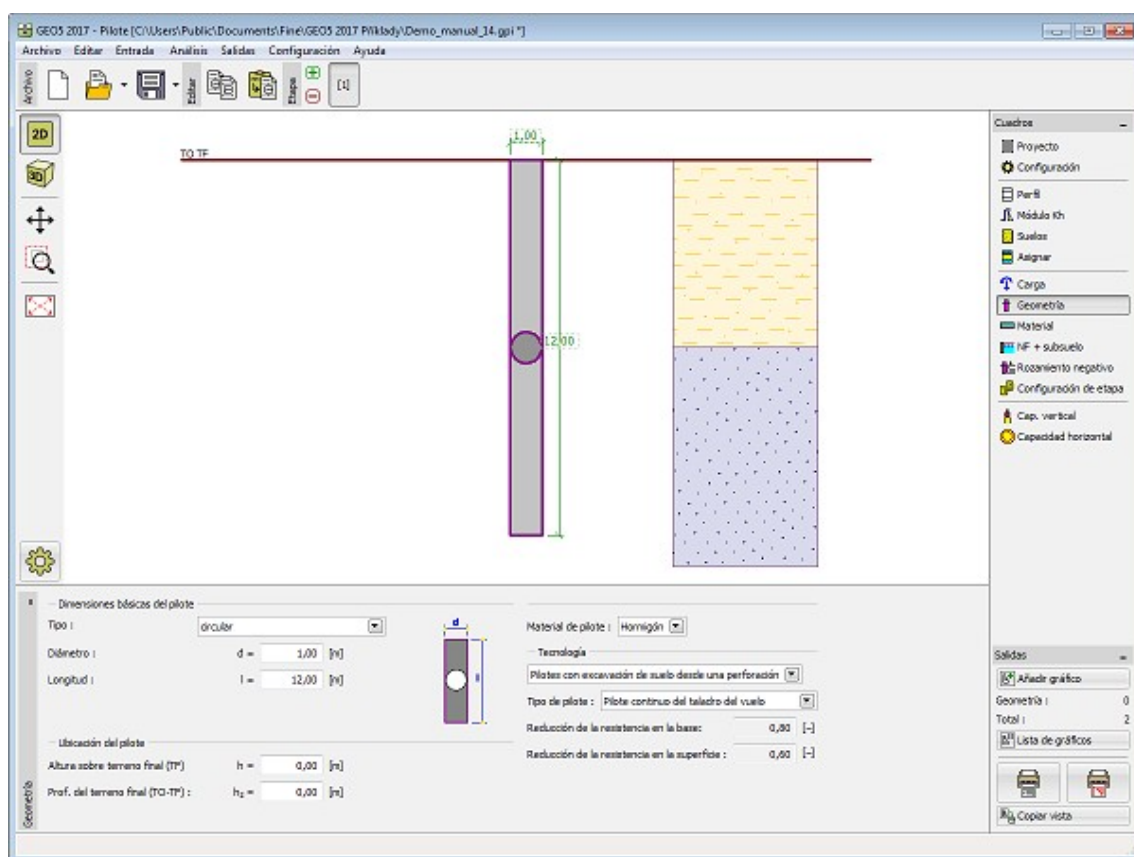
Geometría

El cuadro "Geometría" permite especificar la **sección transversal del pilote** (circular, variable circular, pilote de tubo, cuadrado, rectangular, tipo de sección transversal I, definido por el usuario...).

Luego para el tipo de sección seleccionado es necesario seleccionar material (hormigón, acero, madera) y tecnología (perforado, hincados, CFA).

El cuadro también sirve para especificar la ubicación del pilote (levantamiento del pilote hacia fuera y la profundidad del terreno final). El levantamiento del pilote también puede ser negativo - en tal caso el pilote se coloca por debajo el terreno.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF



Cuadro "Geometría"

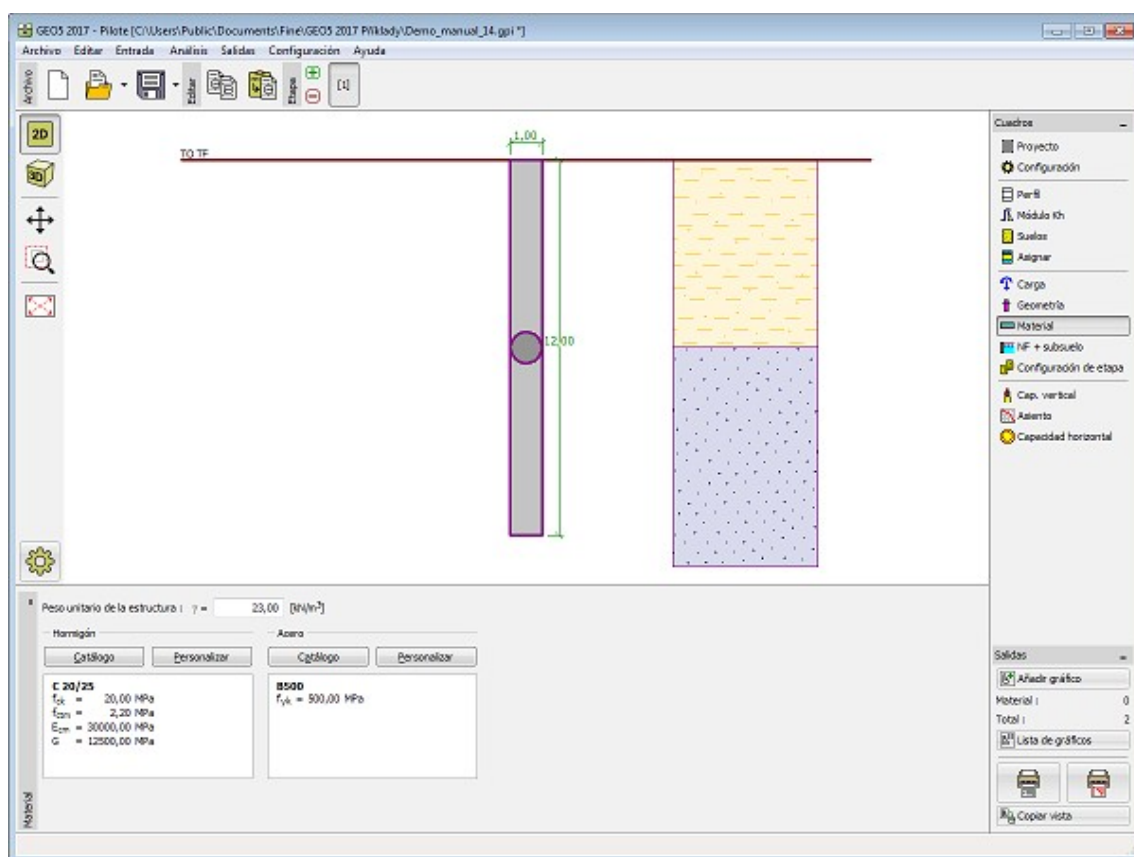
Material

El cuadro **"Material"** permite seleccionar los parámetros de los materiales. La **unidad de peso de una estructura** y el material de un pilote (**hormigón, acero, madera**) se introducen en el campo de entrada en la parte superior del cuadro. La apariencia del cuadro varía según el material seleccionado (**hormigón, acero, madera**) en el cuadro **"Geometría"**.

Se pueden utilizar dos opciones para configurar los parámetros del material:

- El botón **"Catálogo"** abre un cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** para seleccionar el material deseado.
- El botón **"Personalizar"** abre el cuadro de diálogo **"Edición de material"** para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar pertinente para el dimensionamiento de estructuras de **hormigón, acero, o madera** establecidas en la pestaña **"Materiales y Estándares"**.



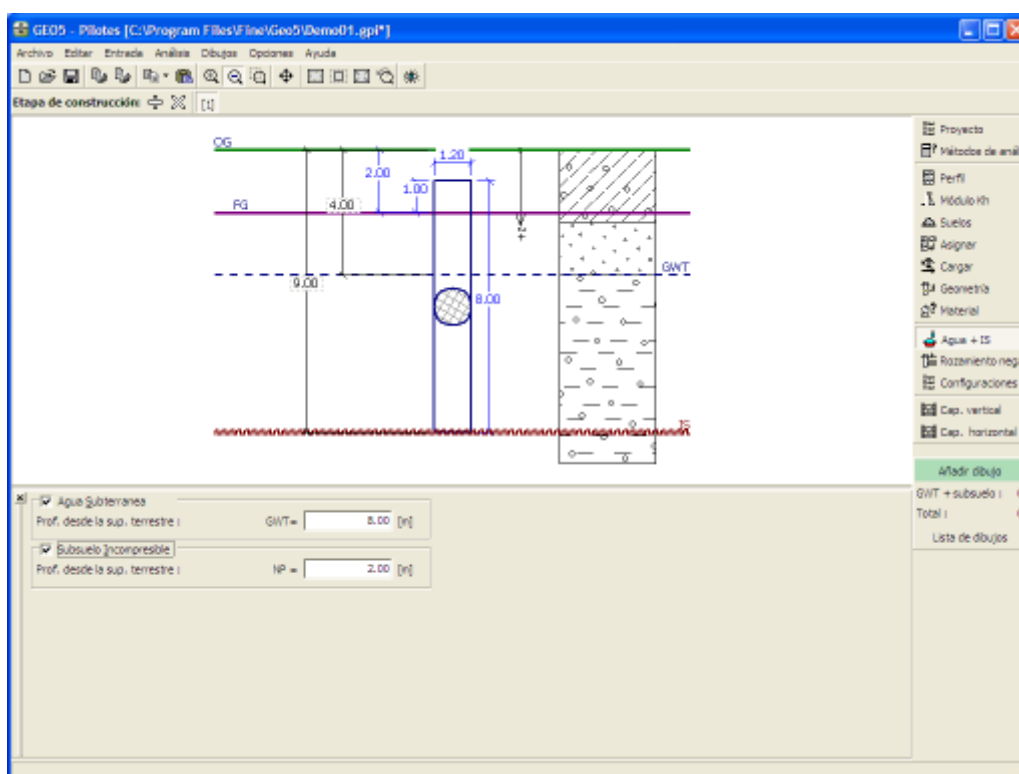
Cuadro "Material"

Agua + suelo incompresible

El cuadro "Agua + SI" sirve para especificar la **profundidad del nivel freático** y del nivel del **suelo incompresible**. El valor puede ser editado en el cuadro, insertando los valores en los campos de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

La **influencia del agua** se pone en manifiesto cambiando la **presión del agua subterránea** debajo de la cimentación.

El **suelo incompresible** corta la **zona de influencia** debajo de la cimentación e influye en la reducción del asentamiento.

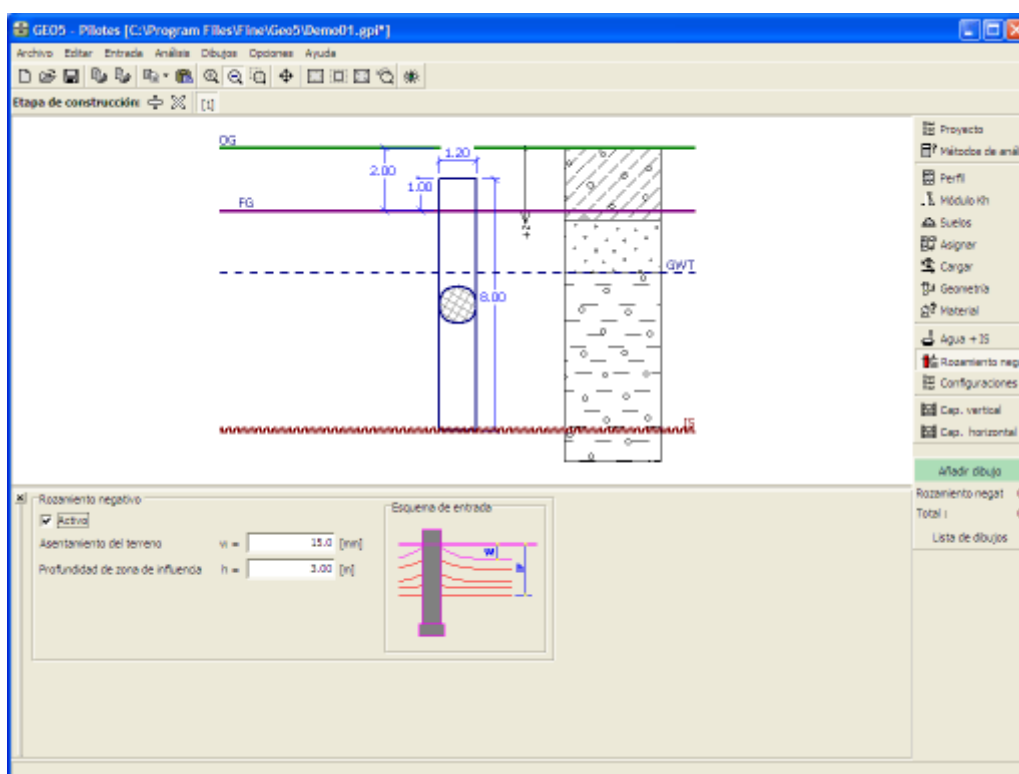


Cuadro "Agua, suelo incompresible"

Rozamiento Negativo

El cuadro **"Rozamiento negativo"** sirve para especificar el asiento de terrenos circundantes y la **profundidad de la zona de influencia**. Para más información de la **influencia del rozamiento negativo** deberá dirigirse a la sección Teórica.

La opción seleccionada en el cuadro es activada sólo cuando el método de elemento finito es seleccionado para el análisis en el cuadro **"Configuración"**.

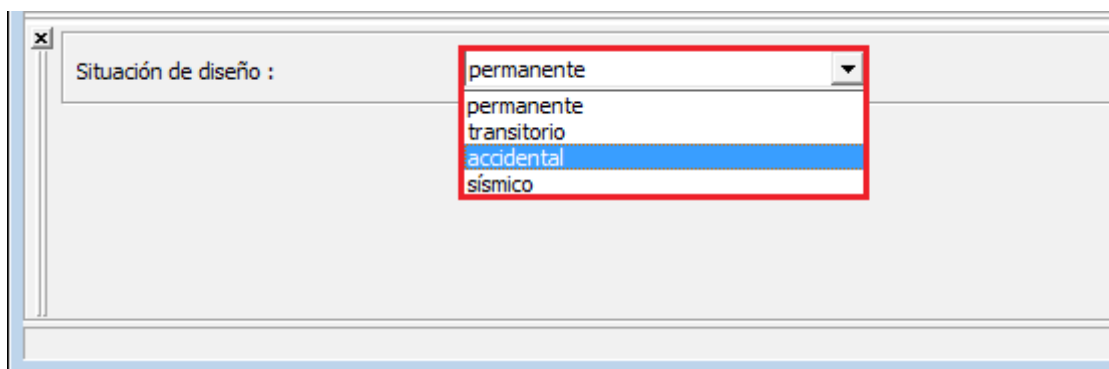


Cuadro "Rozamiento negativo"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad a ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación Capacidad portante vertical - Análisis basado en el método clásico

El cuadro "Verificación Capacidad portante vertical" sirve para verificar la capacidad portante vertical del pilote. Distintos análisis se llevan a cabo en este cuadro. La verificación

puede realizarse por cargas individuales, o el programa encuentra el **más crítico** (puede ser seleccionado de la lista desplegable). La apariencia del cuadro cambia dependiendo del análisis seleccionado en la cuadro "Configuración"

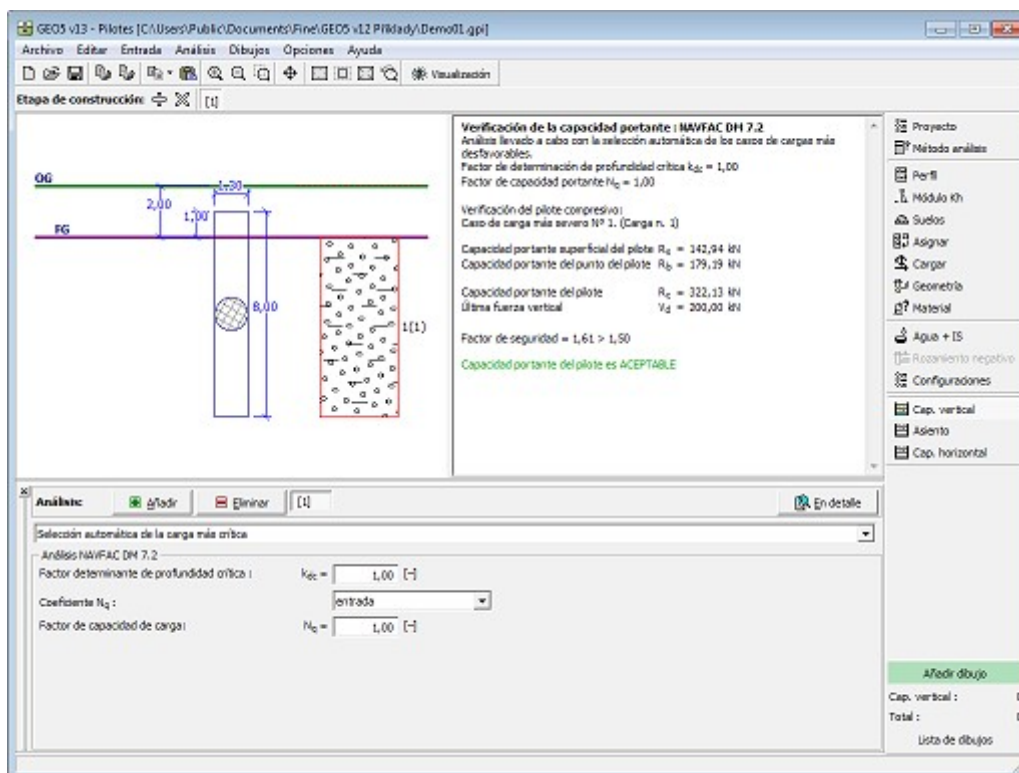
El análisis se realiza según la teoría definida en la solapa "Pilote". Esta solapa sirve para elegir la **metodología de verificación** (EN 1997-1, factor de seguridad, estados límite).

El cálculo de la capacidad portante vertical del pilote utilizando **soluciones analíticas se realiza por::**

- **condiciones drenadas** (CSN 73 1002, Método de tensión efectiva, NAVFAC DM 7.2)
- **condiciones sin drenar** (Tomlinson, NAVFAC DM 7.2)

El botón "**En detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene el listado detallado de los resultados de verificación.

Los resultados del análisis se muestran en la parte derecha del escritorio. La visualización de los resultados pueden ser ajustados en el cuadro "Configuración de gráficos".



Cuadro "Verificación Capacidad portante vertical" - Análisis basado en la teoría clásica

Verificación Capacidad portante vertical - Método spring

El cuadro "**Verificación Capacidad portante vertical**" sirve para calcular la **Capacidad portante vertical** del pilote. El análisis se realiza en forma automática al seleccionar esta opción. **Más cálculos** pueden ser llevados a cabo en este cuadro. La verificación puede realizarse por distintas cargas, o el programa localiza la **carga más crítica** (puede ser seleccionada desde el listado desplegable).

El análisis se realiza con la ayuda del **método spring**. El resultado es automáticamente

actualizado cuando sea que se cambie uno de los parámetros del análisis "**Deformación máxima**", "**Coeficiente de aumento del rozamiento debido a la tecnología**" o "**Procedimiento que determina la zona de influencia debajo de la base**".

Dos opciones se presentan para determinar la zona de influencia debajo de la base:

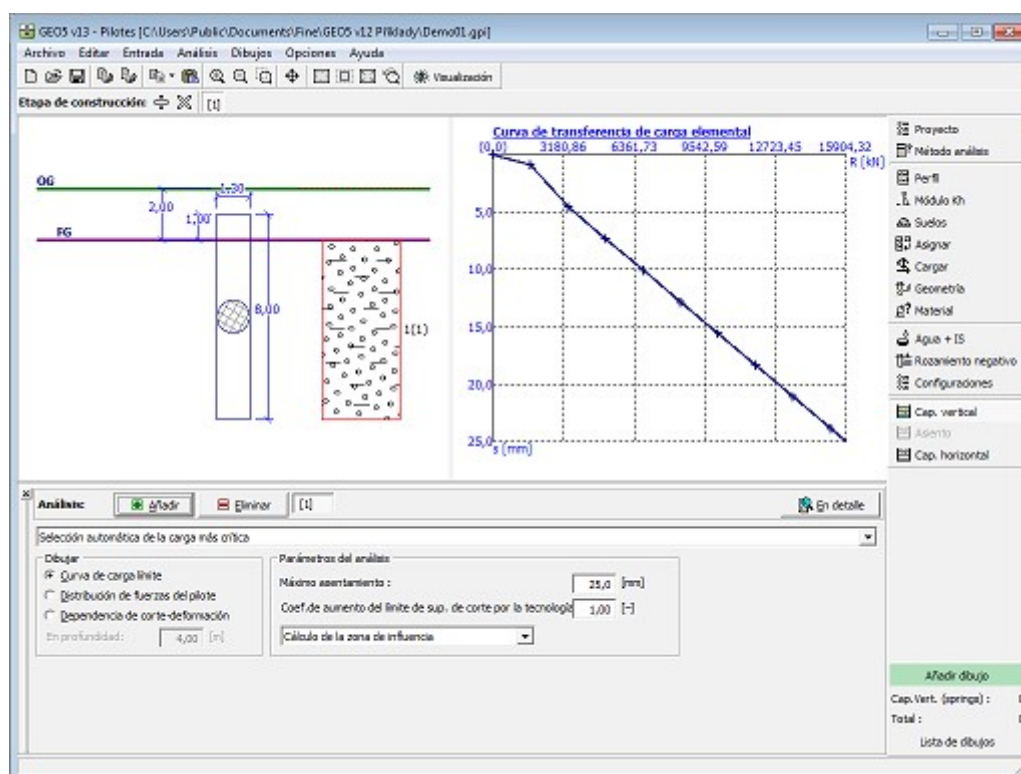
- Por defecto el análisis sigue un procedimiento descrito en la parte teórica en la sección "**Profundidad de la zona de influencia**". La profundidad de la zona de influencia de la piel del pilote se determina como un k -multiplo del diámetro del pilote. El valor de k aumenta desde 1 para cero cargas, hasta 2,5 cuando se excede la resistencia friccional límite.
- La segunda opción supone la profundidad de zona de influencia por debajo del pie y sobre la piel para ajustar de forma conservadora un K^{th} múltiplo del diámetro del pilote; donde el valor de k puede ser seleccionado. Durante un aumento gradual de la sobrecarga del pilote el valor de k para la profundidad de la zona de influencia sobre la piel del pilote cambia continuamente desde 1 en el inicio de la carga hasta el valor especificado si se supera el límite de rozamiento. El valor de k para la zona de influencia debajo de la base del pilote se mantiene constante durante el análisis.

El segundo método, originalmente utilizado en la versión GEO4, con el valor $k = 2,5$ ofrece resultados menos exactos y usualmente sobrestima la capacidad portante del pilote. Sin embargo, una nueva opción que permite especificar la profundidad de la zona de influencia a través del análisis se ofrece y se recomienda por configuración predeterminada.

Los cambios de resultados están visibles en la parte izquierda del cuadro (**curva de carga-asentamiento, distribución de fuerzas internas, dependencia de corte en deformación**). La relación corte-deformación se deriva para una profundidad dada medida desde la cabeza del pilote. El resultado se actualiza siempre que cámbiela profundidad.

El botón "**En detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene un listado detallado de los resultados de verificación.

El resultado del análisis se muestra en la parte derecha del escritorio. La visualización de los resultados puede ser modificada desde el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación Capacidad portante vertical- según Análisis MEF"

Verificación Asiento - Curva de carga lineal (Poulos)

El cuadro "Verificación Asiento" sirve para mostrar la **curva de carga-asentamiento**. Más cálculos pueden ser llevados a cabo en este cuadro.

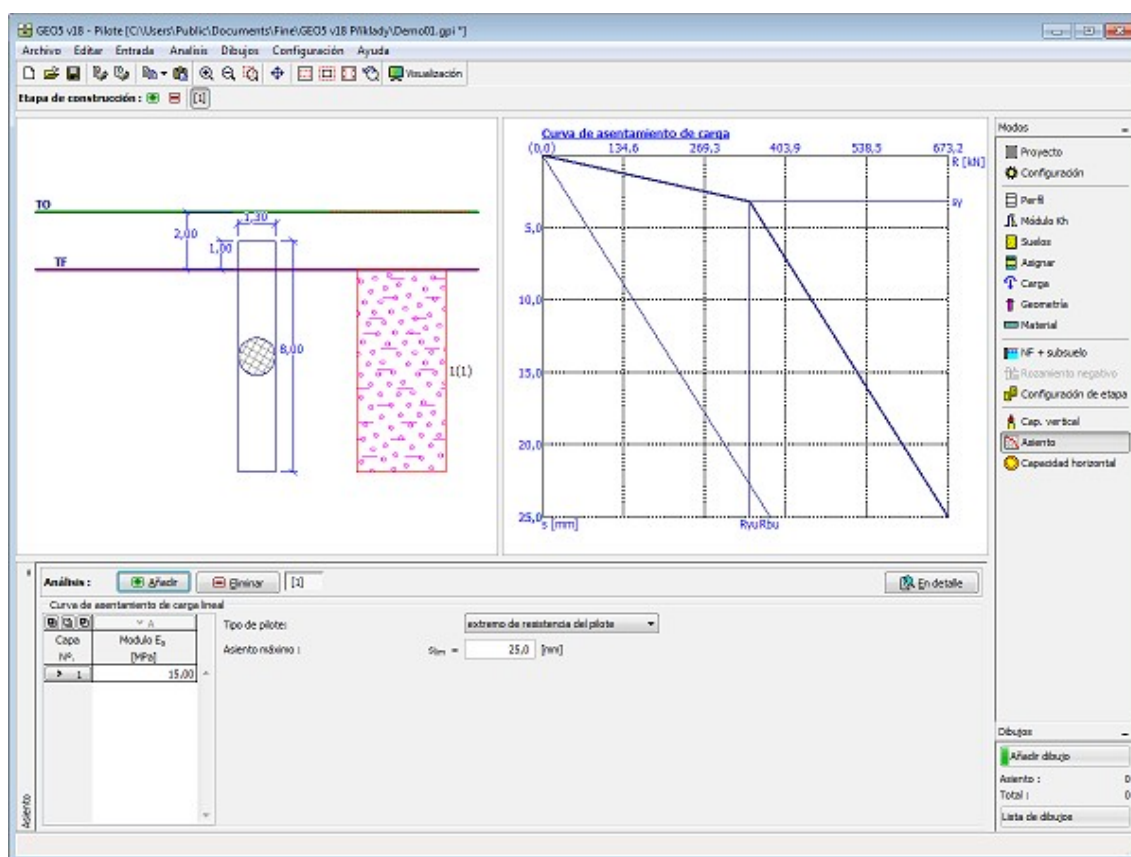
Luego, es necesario ingresar el valor del asentamiento límite. El programa **construye la curva de carga-asentamiento** del pilote siempre de tal manera que el **asentamiento límite sea alcanzado**.

El análisis se lleva a cabo según la teoría seleccionada de análisis de asentamiento (**lineal**). La teoría del análisis se selecciona en la solapa "Pilote". La tabla, en la parte inferior izquierda del cuadro permite directamente especificar los valores **módulo secante del suelo** para las capas de suelo relevantes.

El **resultado del análisis se** muestra en la parte derecha del escritorio.

El botón "**En detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene una lista detallada de los resultados de verificación.

El resultado del análisis (curva de carga-asentamiento del pilote) se muestra en la parte derecha del escritorio. La visualización de los resultados puede ajustarse en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación Asiento" - Curva de carga-asentamiento de pilote (Poulos)

Verificación Asiento - Curva de carga no-lineal (Masopust)

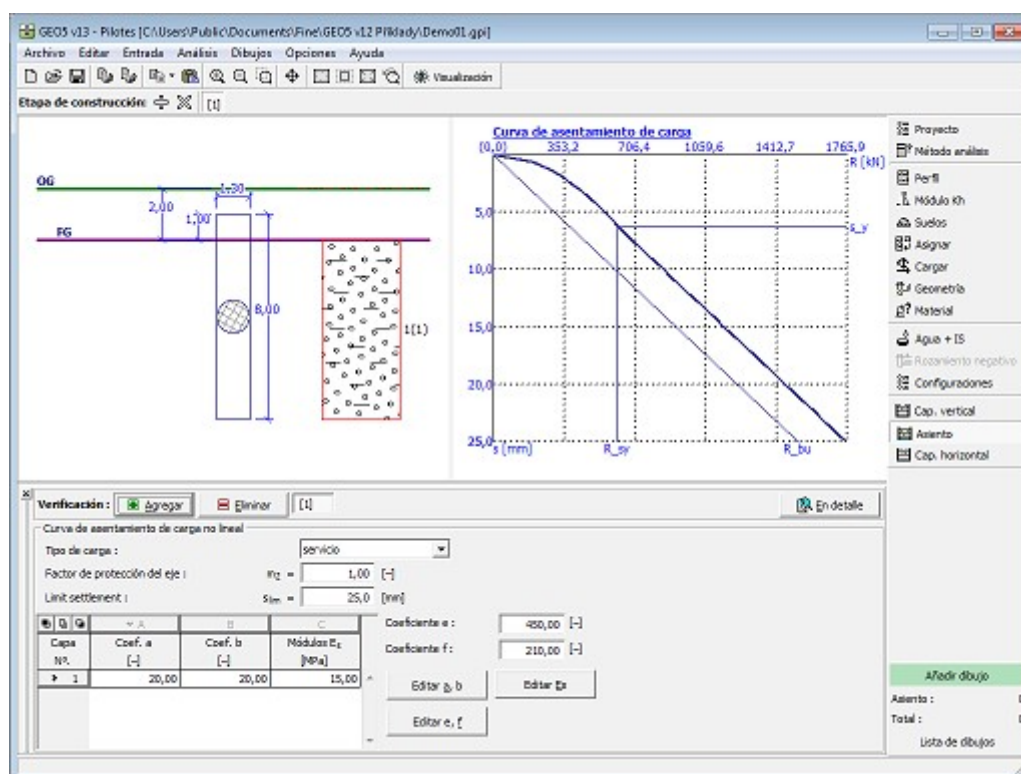
El cuadro "Verificación Asiento" sirve para mostrar la **curva de carga-asentamiento en el pilote**. Mas análisis pueden llevarse a cabo en este cuadro.

La lista desplegable permite elegir el tipo de carga (diseño, servicio). Luego es posible ingresar el **coeficiente de influencia del eje del pilote**. El análisis de curva de carga-asentamiento siempre se lleva a cabo sobre el **asentamiento límite de 25 mm**.

El análisis se realiza según la teoría seleccionada en el análisis de asentamiento (**no lineal**). La teoría de análisis se selecciona en el la solapa "Pilote". La tabla en la parte inferior del cuadro permite directamente con la ayuda del mouse editar los parámetros definidos. Los botones "**Modificar a, b**", "**Modificar e, f**" y "**Modificar E_s** " abren el cuadro de diálogo con la sección ayuda para **coeficientes de regresión** y **módulos secante del suelo**. Presionando el botón "**OK**" en una ventana particular se **guardan los parámetros ingresados** para una capa dada dentro de la tabla.

El **resultado del análisis** (curva de carga-asentamiento del pilote) se muestra en la parte derecha del escritorio. El botón "**En detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene el listado detallado de los resultados de verificación.

La visualización de los resultados puede ajustarse en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación Asiento - Curva de carga-asentamiento del pilote (Masopust)

Capacidad portante horizontal - Subsuelo Elástico (Método p-y)

El programa calcula las **fuerzas internas sobre el pilote** y verifica la capacidad portante de la sección transversal (hormigón, acero, madera).

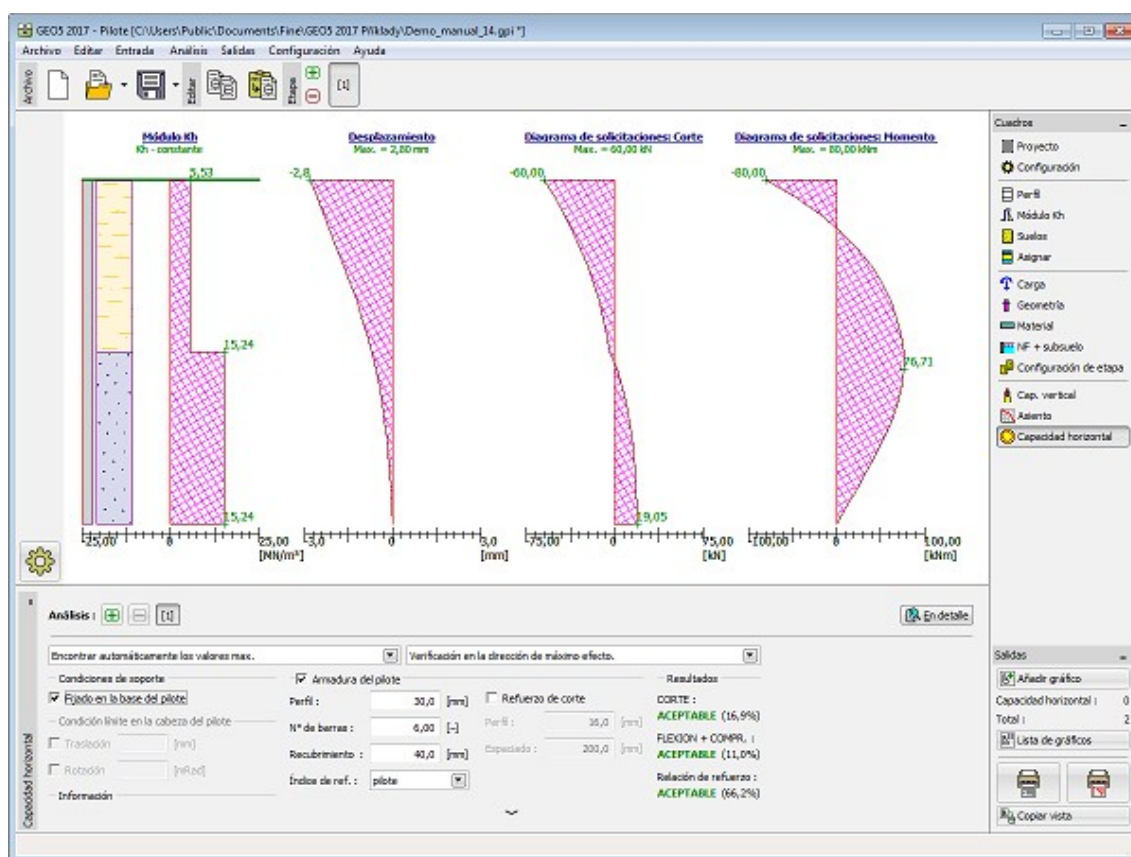
Las fuerzas internas se pueden realizar para:

- cargas individuales
- desplazamiento prescrito
- la carga más crítica

Suponiendo un tipo de carga de desplazamiento prescrito requiere la introducción de **condiciones de contorno en la cabeza de pilotes** (traslación y rotación).

El tipo condición de contorno prescrito **fijo en extremo** en el talón del pilote se puede asumir para todos los tipos de carga.

La lista combinada sirve para especificar la dirección de verificación del pilote (x, y , Resultados en la dirección más tensionada).



Cuadro "Verificación Capacidad portante horizontal"- Subsuelo Elástico (Método p-y)

Dependiendo de la sección seleccionada y el material, el programa verifica una capacidad portante de sección transversal. (La sección y el material se seleccionan en el cuadro "Geometría"). En algunos casos especiales (definidos por el usuario, tubería de hormigón) se muestran sólo las fuerzas internas y las deformaciones - la verificación de la sección transversal no se puede realizar.

Hormigón reforzado

El programa **verifica el refuerzo** según el estándar seleccionado en la solapa "Materiales y estándares". El pilote se verifica para el corte, flexión + compresión y relación de refuerzo. El refuerzo se introduce con la casilla de verificación "**Refuerzo del pilote**".

En el caso del **perfil de refuerzo de pilote circular**, se introducen el **número de perfiles** y la **cubierta de hormigón**. El refuerzo del pilote cuadrado está de acuerdo con la imagen.

Verificación del pilote RC - introducir parámetros de refuerzo

Acero, Madera

El pilote se verifica para corte y flexión + compresión.

Corte y flexión + compresión verificación del pilote

La verificación del pilote no se lleva a cabo

El botón "**En detalle**" abre la ventana de diálogo que contiene una lista detallada de los resultados de la verificación. Los resultados del análisis se muestran en el escritorio. La visualización de los resultados se puede ajustar en el marco "**Configuración de gráficos**".

Verificación Capacidad portante horizontal - Método Brom

La **capacidad portante horizontal de un pilote** se verifica en el **cuadro "Capacidad portante horizontal"**. **Varios análisis** pueden llevarse a cabo. El análisis de verificación puede llevarse a cabo para cargas individuales, desplazamientos prescritos, o el programa encuentra la **carga**

más crítica (se puede seleccionar de una lista desplegable). Se asume que el tipo de desplazamiento prescrito de carga requiere ingresar las **condiciones de contorno en la cabeza del pilote** (traslación y rotación).

El pilote de **hormigón reforzado** con acero requiere ingresar el **perfil de refuerzo, el número de perfiles y el recubrimiento de refuerzo**, que influyen en la resistencia a la flexión del pilote.

Los parámetros de entrada para el análisis de la **capacidad portante horizontal del pilote** son las **características de los materiales del pilote** (módulo de elasticidad y la resistencia del material dado), la **geometría del pilote** (longitud l y diámetro d) y también la **carga del pilote** debido a la fuerza de corte y momento de flexión.

Al adoptar el análisis según el **método Broms** el programa ignora las capas del suelo ingresadas y se verifica la **capacidad portante horizontal del pilote** sólo para el suelo definido en el cuadro "**Capacidad horizontal**". Los parámetros de suelos se especifican en función del **tipo de suelo**:

- **cohesivo** - requiere la introducción de la **cohesión no drenada de suelo** c_u , **módulo de reacción subsuelo** k_h , coeficiente de capacidad portante de sección transversal γ_k y el coeficiente de reducción de capacidad portante γ_{Qu} .
- **granular** - requiere ingresar el **ángulo efectivo de fricción interna** φ , **unidad de peso del suelo** γ , además, el **coeficiente de reacción subsuelo** n_h , coeficiente de capacidad portante de sección transversal γ_k y el coeficiente de reducción de la capacidad portante del pilote γ_{Qu} .

El cuadro permite además introducir el **criterio de tipo de pilote**:

- **Estándar** - en este caso el **coeficiente de rigidez del pilote** β^*l , respectivamente η^*l se calcula automáticamente por el programa
- **Definido por el usuario** - esta opción le permite al usuario configurar el **coeficiente de rigidez del pilote** β^*l , respectivamente η^*l para verificación de pilotes cortos y medianos.

Tipo de pilote puede ser considerado de dos formas:

- **cabeza libre** - rotación en la cabeza del pilote no contenida
- **contenido** - el pilote está restringido contra la rotación en su cabeza. En tales casos se suele tratar con pilotes que forman parte de una red plana de pilotes o un **grupo de pilotes**.

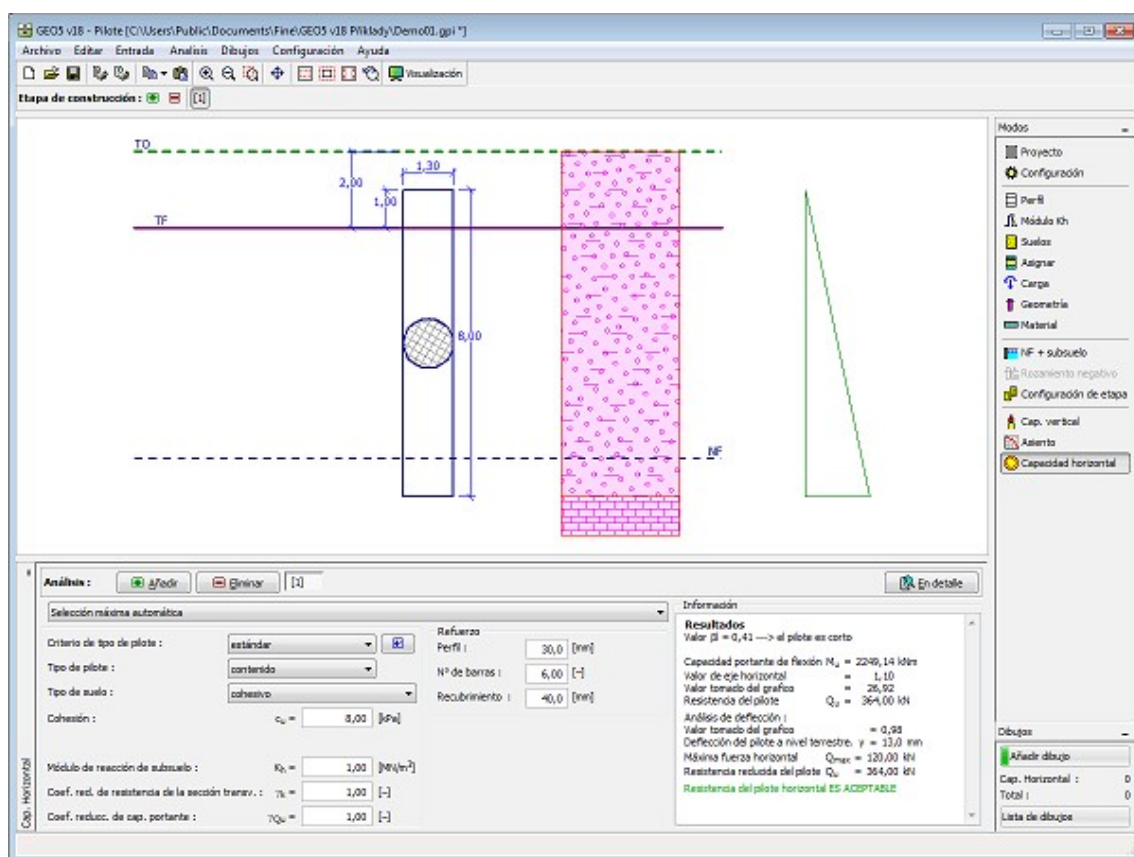
El **coeficiente de reducción de la fuerza de la sección trasnversal** γ_k sirve para reducir la **capacidad portante flexible** M_u .

El **coeficiente de reducción de la capacidad portante** γ_{Qu} sirve para reducir el valor global de la **capacidad portante horizontal de un pilote simple** Q_u .

El resultado de un análisis es la **capacidad portante horizontal de un pilote simple** Q_u y el desplazamiento de un pilote en la superficie del terreno u .

El botón "**En detalle**" abre el cuadro de diálogo que contiene la lista detallada de los resultados de la verificación.

Los resultados del análisis se muestran en el escritorio. La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Capacidad portante horizontal" - Método Broms

Programa Pilote por CPT

El programa comprueba las capacidad portante y asentamientos de un pilote aislado o un grupo de pilotes basado en los resultados obtenidos en los ensayos de penetración estática (CPT).

La ayuda en el programa "Pilote por CPT" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	NF + RN	Clasificación Perfil de Suelos	Suelos
Asignar	Estructura	Geometría	Capacidad Portante	Asentamiento

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Pilote por CPT**":
 - Tensión en el cuerpo del suelo
 - Pilotes por CPT
- Salidas

- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en la solapa "**Pilotes CPT**".

Este cuadro siempre permite ingresar el **rozamiento negativo** y el factor parcial del modelo incierto γ_{cal} dentro del análisis. Los parámetros de rozamiento negativo son definidos en el cuadro "**GWT+NSF**".

Este cuadro también permite introducir el tipo comportamiento de los suelos (SBT) - **clasificación de los suelos**, que se realiza en el cuadro de "**Clasificación de Suelos**".

Si el análisis se realiza **según EN 1997**, se definen otros factores parciales:

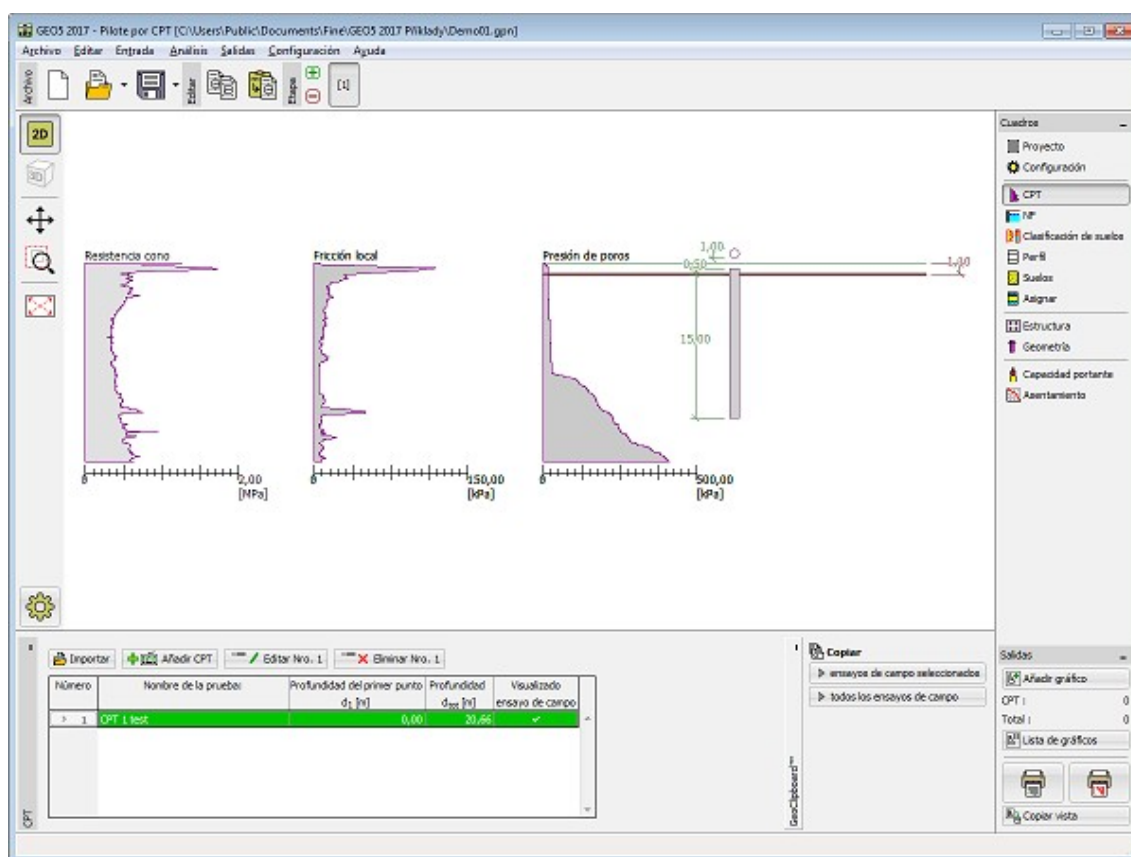
El factor parcial del modelo incierto γ_{cal} reduce la **capacidad portante vertical** del pilote.

Los factores parciales ξ_3 y ξ_4 pueden ser ingresados por el usuario, o pueden ser calculados por el programa dependiendo de los **valores estándar** en el número de pruebas.

Cuadro "Configuración"

Prueba de penetración de cono - CPT

El cuadro "**CPT**" contiene una **tabla** con un listado de las **pruebas de penetración de cono CPT**).



Cuadro "CPT"

Los resultados de las pruebas de penetración de cono (CPT) también se pueden **importar** en diferentes formatos (como: *.TXT, *.CPT, *.GEF, *.AGS).

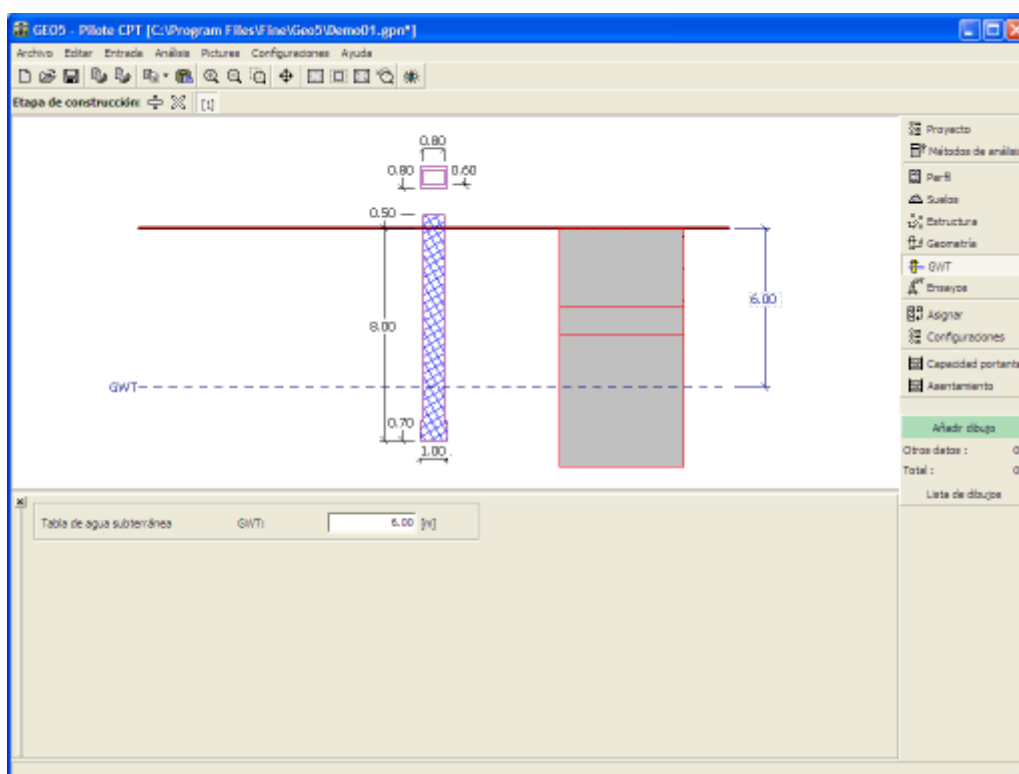
Los datos de los CPTs se pueden copiar en el programa "**Pilote por CPT**", "**Zapata por CPT**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

NF+RN (Napa freática + Rozamiento Negativo)

El **cuadro "NF" + RN** (Napa Freática + Rozamiento Negativo) sirve para especificar la **profundidad de las napas freáticas** y el nivel de **suelo incompresible**.

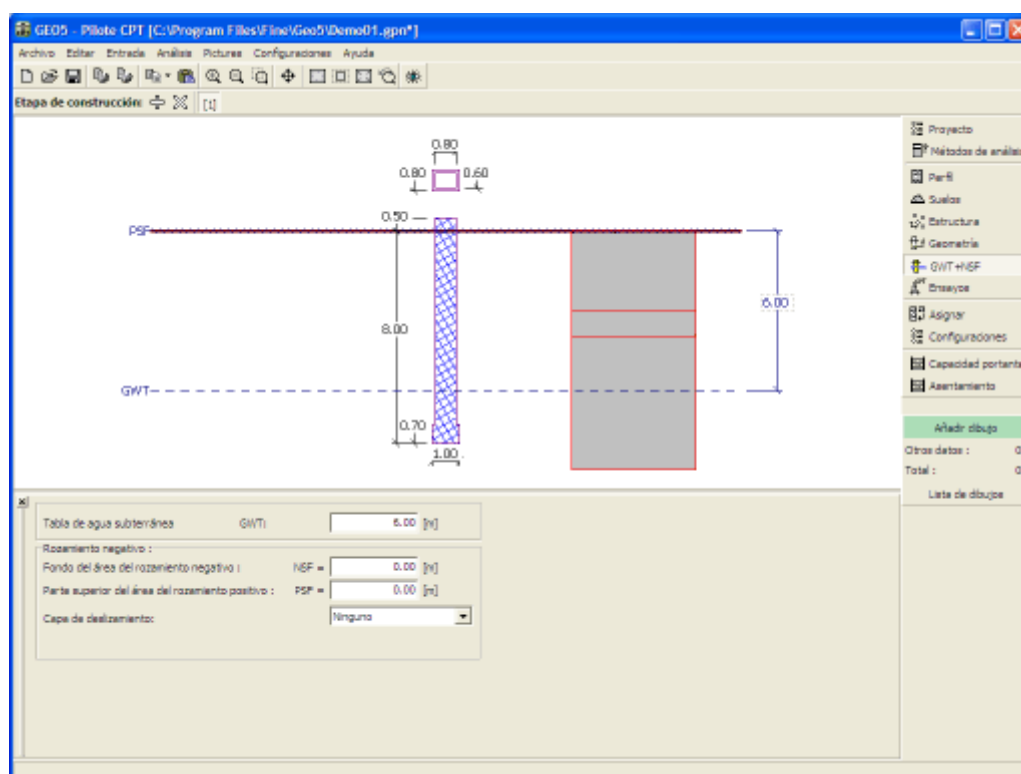
El valor puede ser editado incluso en el cuadro mientras se insertan valores dentro de los campos de entrada, o en el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**. La **influencia del agua** se manifiesta por el cambio de la **presión geostática**.

El **suelo incompresible** corta la **zona de influencia** debajo de la base. Esto influye o reduce el asentamiento.



Cuadro "NF+RN" (Napa Freática + Rozamiento Negativo)" - con influencia de NF

Si la opción **influencia del rozamiento negativo** es seleccionada en el cuadro "**Configuración**", entonces es posible introducir los parámetros del rozamiento negativo utilizando el cuadro "**NF + RN**" (Napa Freática + Rozamiento Negativo) - Tales como: límites de la región: donde la influencia del **rozamiento negativo** es considerada, o la región de deslizamiento, su material y cohesión.



Cuadro "NF+RN" (Napa Freática + Rozamiento Negativo) - con influencia de RN

Clasificación de suelos

La **Clasificación de suelos** según to Robertson (1986 or 2010) permite especificar el tipo de comportamiento de los suelos (SBT) y otros parámetros directamente obtenidos de los resultados de **CPT** - entonces no necesarias para la entrada de los parámetros de **suelos**. Se recomienda controlar los parámetros del suelo generados antes del **cálculo**.

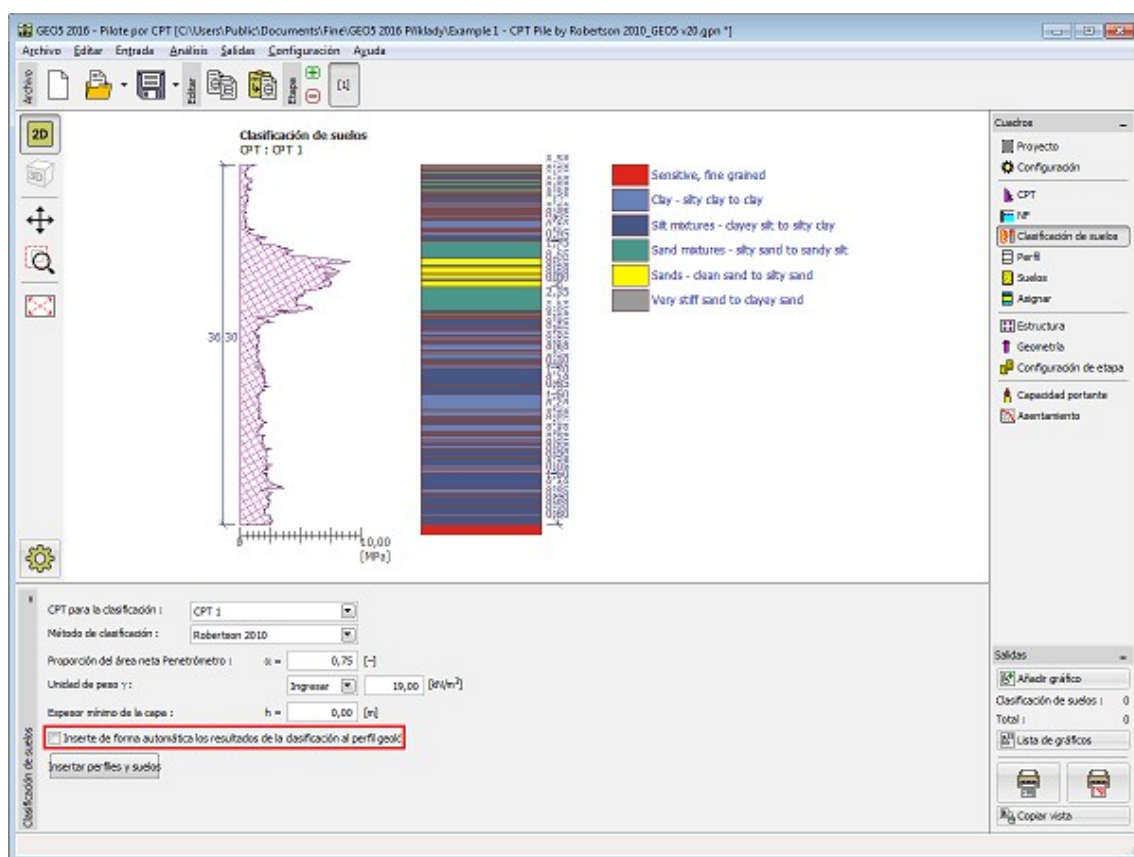
En el **cuadro** de la "**Clasificación del suelo**" se selecciona la **prueba para la clasificación** (definido en el cuadro de "**CPT**"). La clasificación de suelos se realiza según **Robertson** (1986 o 2010).

Este cuadro sirve para la entrada de la **relación del area penetrométrica** α [-].

La unidad de peso de suelo γ se puede introducir con el mismo valor para todas las capas de suelos o se **calcula** automáticamente a partir de los resultados de **CPT** (para cada capa por separado). El cuadro sirve para ingresar un espesor mínimo de la capa de suelo h . Que afecta la distribución y el número de capas individuales de suelo en el **perfil** geológico de la tarea resuelta.

Al marcar la opción "**Insertar automáticamente los resultados de la clasificación en un perfil geológico**" se asigna el perfil geológico generado a la tarea actual de forma automática (cuando el usuario cambia los datos en el cuadro).

Durante la desactivación de la opción anterior, la asignación manual de los suelos se realiza pulsando el botón "**Insertar el perfil y los suelos**".



Cuadro "Clasificación de suelos"

Perfil

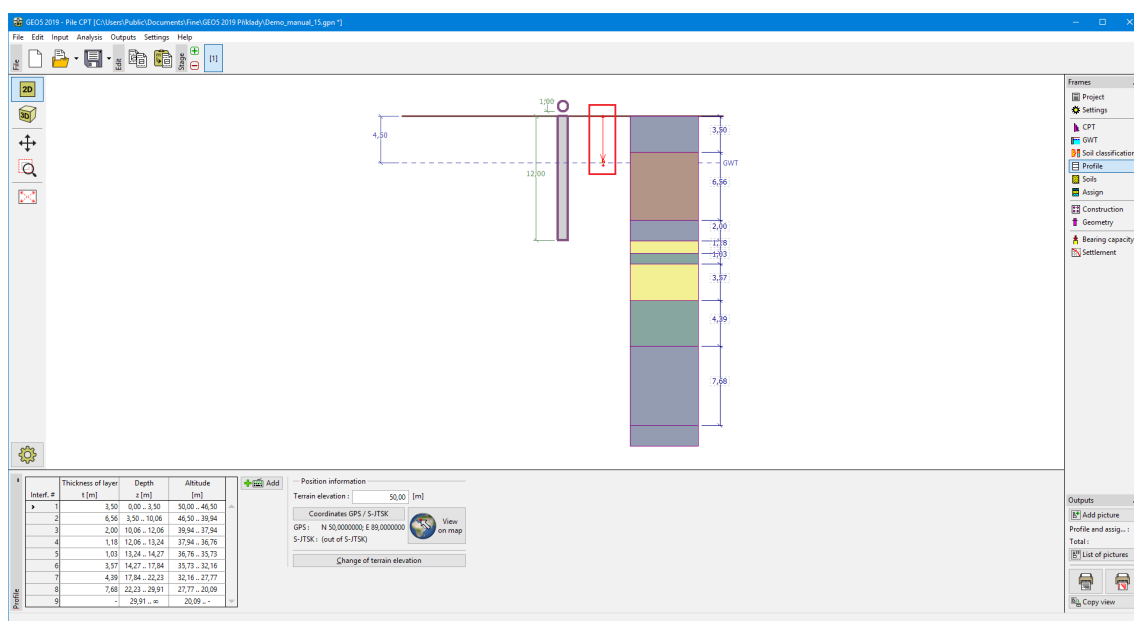
El cuadro "Perfil" contiene una tabla con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el cuadro de diálogo "**Nueva interfaz**". Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "**Ver en el mapa**" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "**Cambiar la elevación del terreno**" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "**Terreno**" y "**Estratigrafía**".



Cuadro "Perfil"

Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

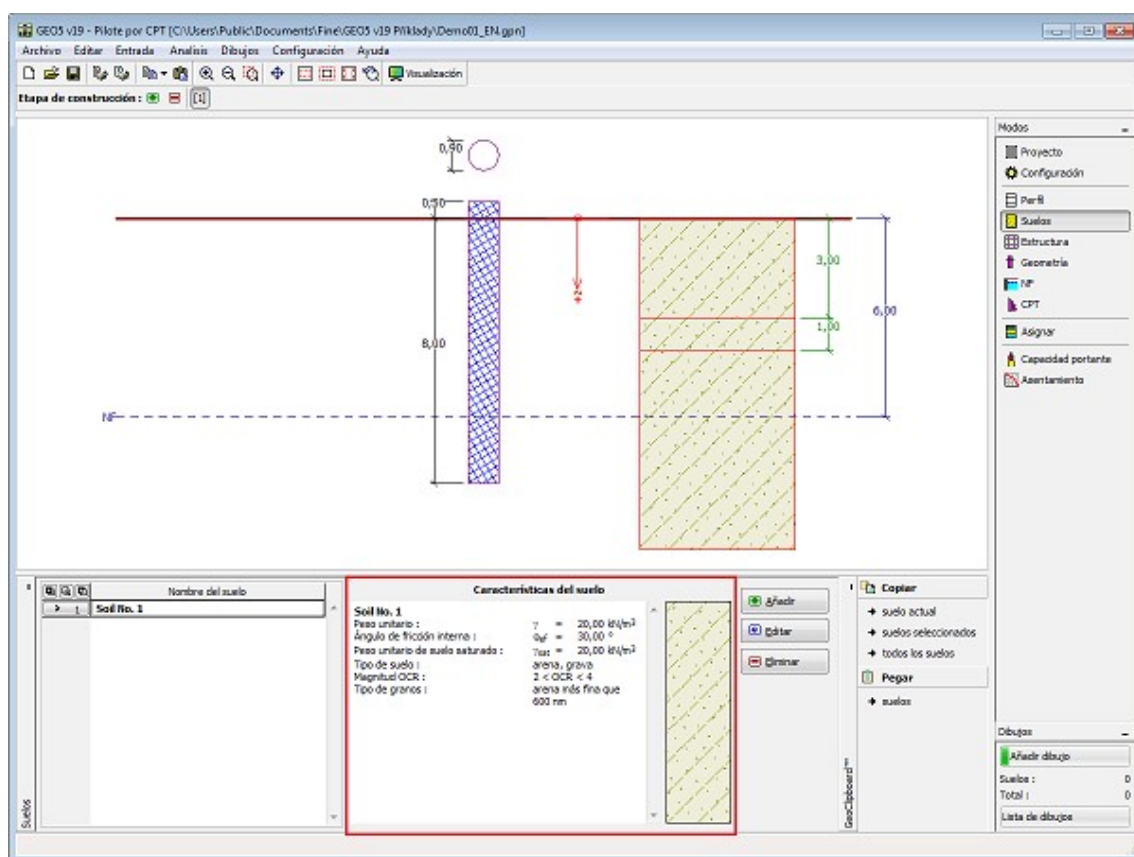
Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"** y **"Aumento de Presión"**.

Estos parámetros dependen de la teoría del análisis especificado en la solapa **"Pilotes CPT"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos del suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión**. El valor particular se obtiene a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo.

Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Análisis en el programa Pilote CPT](#)".

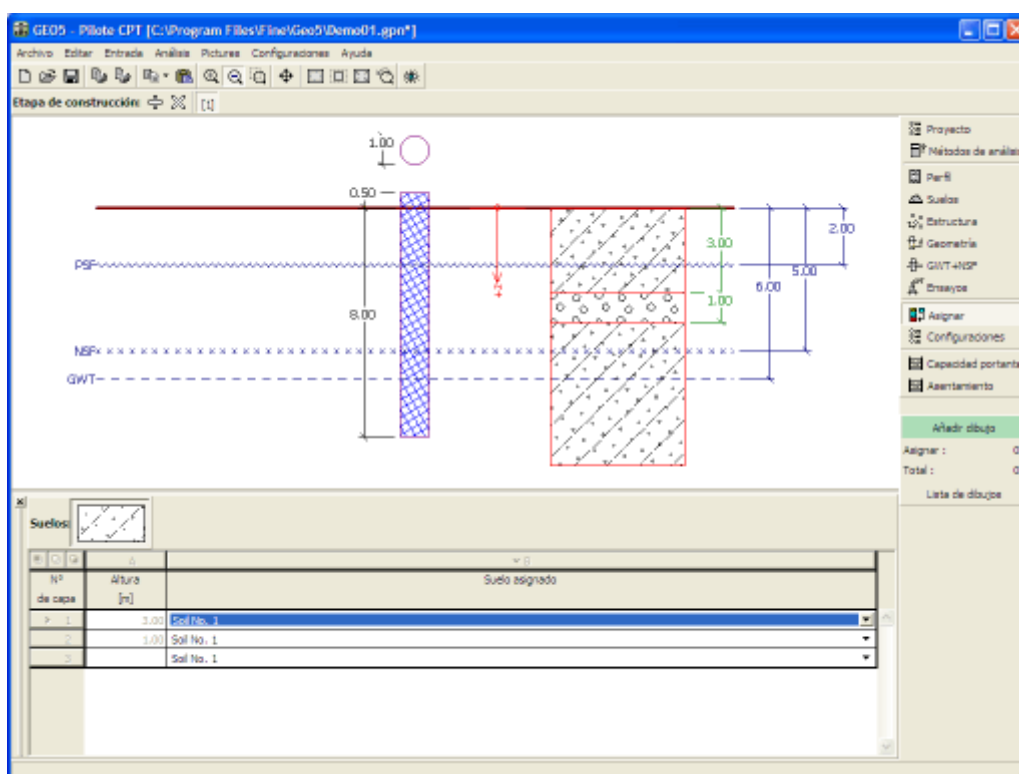
Para el cálculo de la [resistencia del eje](#) según EN 1997-2, NEN 6743 y LCPC (Bustamante) se necesita especificar el [coeficiente reductor de la fricción del eje](#) a_s . Para los suelos de grano grueso - **arenas** y **gravas** necesita especificar la magnitud de [sobreconsolidación](#) (OCR) y el tipo de granos.

Cuadro "Añadir suelo"- "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



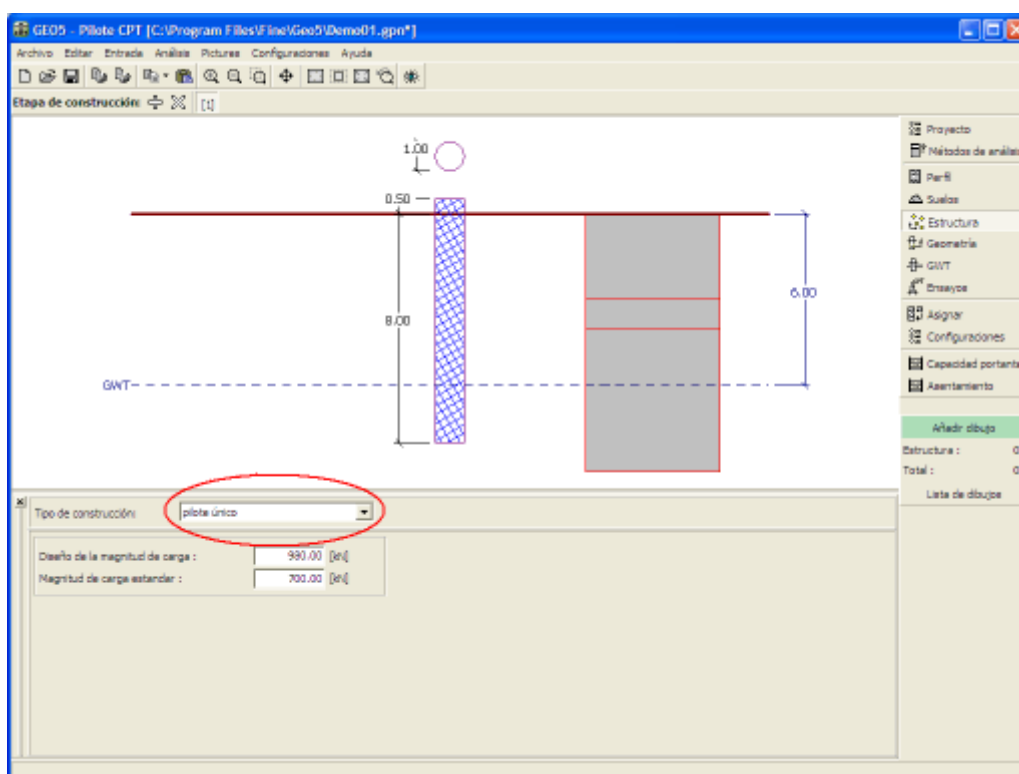
Cuadro "Asignar"

Estructura

El cuadro "Estructura" sirve para seleccionar el tipo de estructura - pilote único o grupo de pilotes.

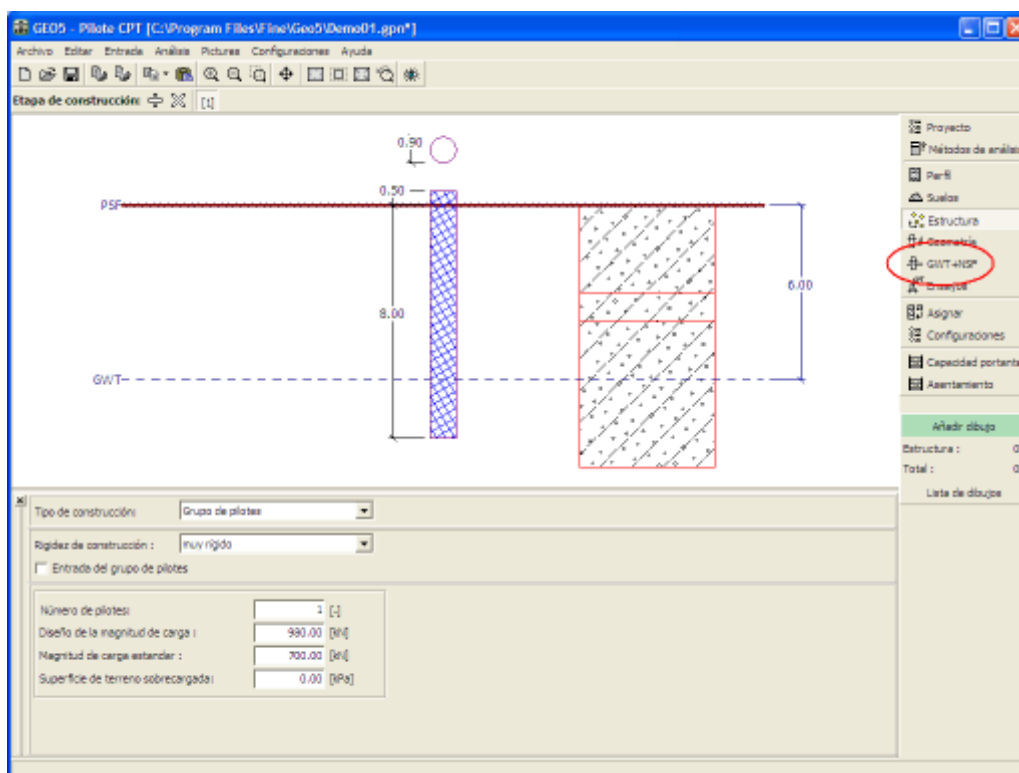
El cuadro también sirve para introducir valores de sobrecarga - valores de diseño y valores estándar. El valor de diseño se utiliza para calcular la capacidad portante del pilote, mientras que el valor estándar se utiliza para calcular el asentamiento del pilote, cuando el estándar NEN es empleado (estado 1B y 2).

El programa hace posible exportar la geometría de una estructura en formato *.DXF



Cuadro "Estructura - pilote único"

Si la opción "**Considerar influencia del rozamiento negativo (RN)**" es configurada en el "**Configuración**", entonces es también posible introducir la **sobrecarga de superficie** utilizando el cuadro "**NF + RN**" (Napa freática + Rozamiento Negativo).



Cuadro "Estructura - pilote único, influencia NSF"

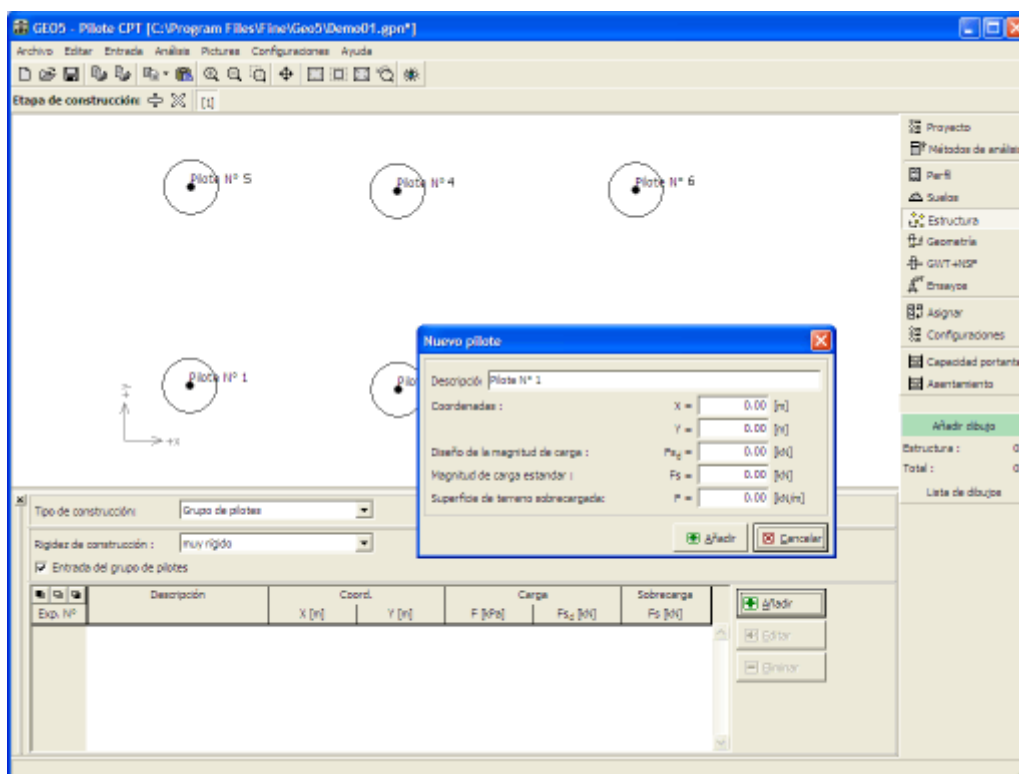
Grupo de pilotes

Cuando definimos un **grupo de pilotes** es necesario introducir la rigidez de la estructura, la cual entonces conduce al análisis y verificación de la estructura. La suposición básica es que para una estructura rígida todos los pilotes experimentan el mismo asentamiento, mientras que para una estructura complaciente, cada pilote se deforma independientemente. Cuando se ejecuta el análisis según NEN 6743, este cuadro también sirve para seleccionar la forma en la que el experimento se lleva a cabo.

Para estructuras rígidas y compatibles el programa permite definir ubicaciones para pilotes individuales utilizando sus coordenadas. En este caso, se requiere la coordenada de cada pilote (en el sistema de coordenadas x e y) y la carga actúa en cada pilote introducido.

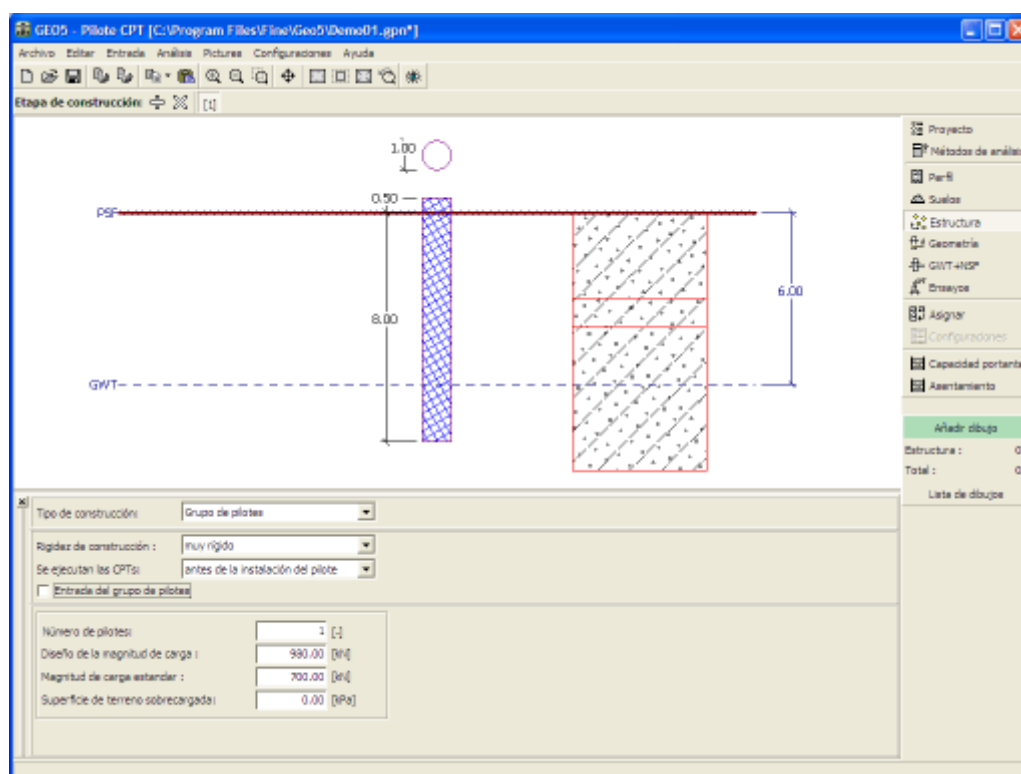
Si la opción **"Considerar influencia del rozamiento negativo (RN)"** es configurada en el cuadro **"Configuración"**, entonces es también posible introducir la **sobrecarga de superficie** utilizando el cuadro **"NF + RN"** (Napa freática + Rozamiento Negativo).

Para **añadir** pilotes se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo pilote"**.



Cuadro "Grupo de pilotes" - ingreso de ubicación para pilotes utilizando sus coordenadas

Si el usuario no introduce las coordenadas de la ubicación del pilote, entonces sus parámetros son definidos directamente en el cuadro de la **"Estructura"**. Seleccionando la estructura rígida se puede especificar el número de pilotes debajo de la estructura (los pilotes son entonces extendidos uniformemente).



Cuadro "Grupo de pilotes"

Geometría

El cuadro "Geometría" permite especificar la **sección transversal del pilote** (circular, circular con base ampliada, rectangular, rectangular con base ampliada) y el tipo de pilote (pilote de tubos de acero, pilote excavado in-situ, pilote de madera, etc.) Los campos de entrada sirven para especificar las dimensiones de las secciones transversales seleccionadas.

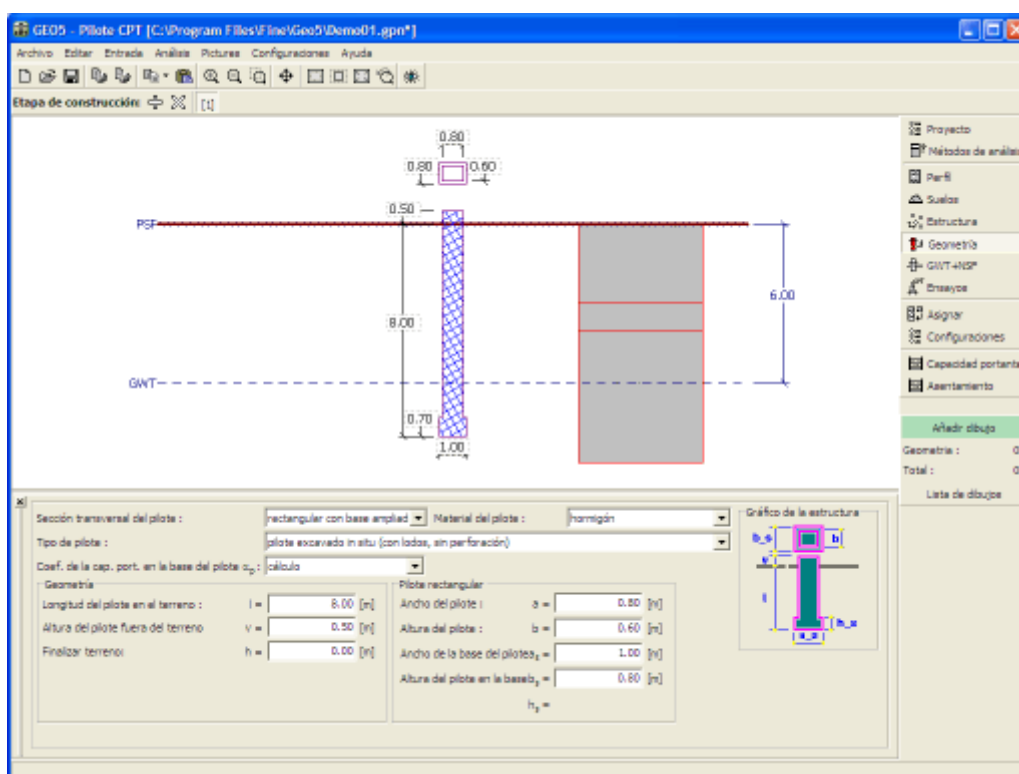
Este cuadro también sirve para introducir el **material del pilote** (madera, acero, hormigón) la **geometría de posicionamiento del pilote** (longitud del pilote en el suelo, longitud del extremo del pilote fuera del terreno y profundidad del nivel del terreno final). La forma seleccionada y su representación gráfica, se muestran en la parte derecha del cuadro.

Si el terreno original, desde el cual se llevaron a cabo las pruebas CPT, se excava antes de realizar los pilotes, los valores medidos de la resistencia del cono q_c se **reducen** debido a una disminución del estrés geostático.

El **coeficiente de capacidad portante de la base** α_p se especifica en la parte central del cuadro. Este coeficiente es por defecto automáticamente calculado basado en el procedimiento seleccionado mientras se tienen en cuenta el tipo de pilote y el suelo circundante.

Cuando se analizan pilotes rectangulares, el **coeficiente de forma de pilote** s es introducido para reducir la capacidad portante base. Cuando analizamos pilotes con base ampliada, el **coeficiente del pilote base** β se introduce para ajustar la capacidad portante de la base ampliada.

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF



Cuadro "Geometría"

Efecto de terreno final

Si el terreno original, desde el cual se llevaron a cabo las pruebas de CPT, se excava antes de realizar los pilotes, los valores medidos de la resistencia del cono q_c se reducen debido a una disminución de la tensión geostática en todos los puntos de prueba de la siguiente manera:

$$q_{c,i,red} = q_{c,i} \cdot \chi_i$$

Donde:

- $q_{c,i,red}$ - reducción de la resistencia del cono en la capa i^{th}
- $q_{c,i}$ - resistencia original del cono en la capa i^{th}
- χ_i - coeficiente de reducción en la capa i^{th}

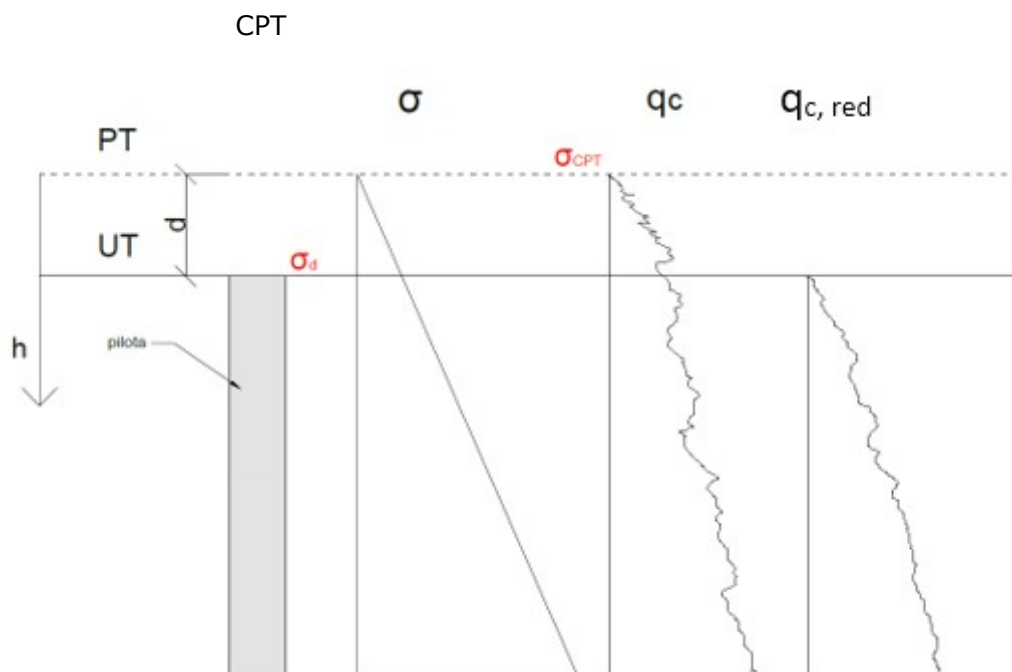
El Coeficiente de reducción χ_i se determina de la siguiente manera:

$$\chi_i = \frac{\sigma_{z,i} - \sigma_d + \sigma_{CPT}}{\sigma_{z,i}}$$

$$x \in (0,1)$$

Donde:

- $\sigma_{z,i}$ - tensión geostática original en la capa i^{th}
- σ_d - tensión geostática original en el lugar del terreno final (en la profundidad d)
- σ_{CPT} - tensión geostática original en el lugar del primer punto de la prueba



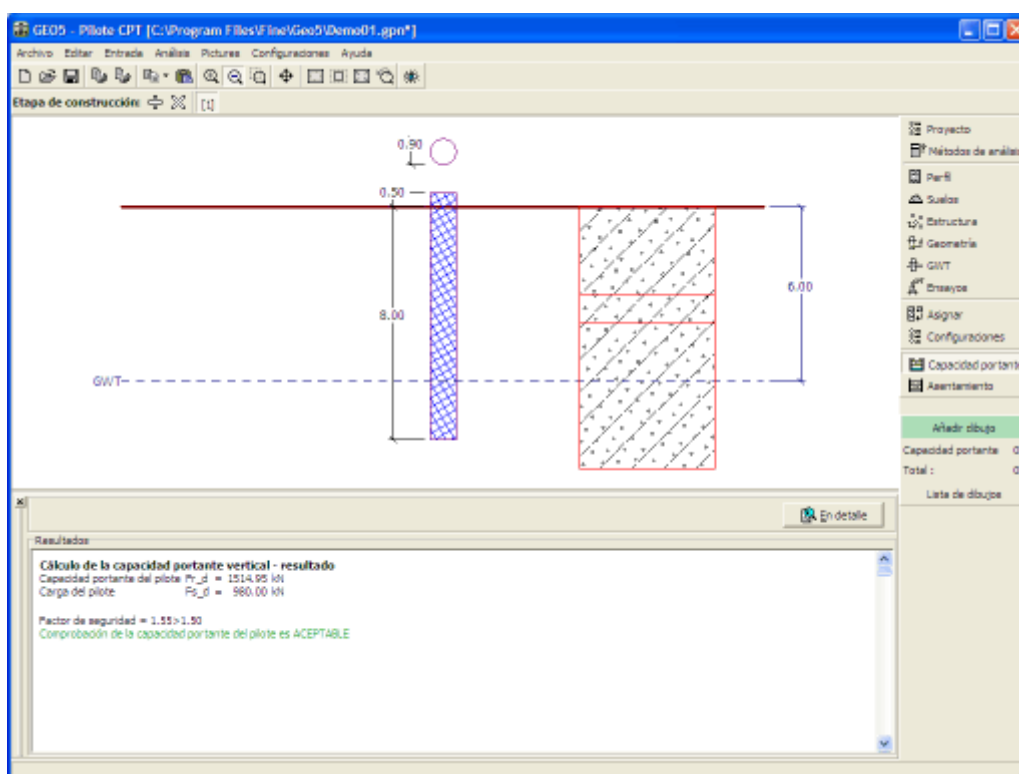
Reducción de la resistencia del cono debido al efecto del terreno final

En el caso, que la prueba de CPT se haya llevado a cabo en el terreno final, los valores de resistencia del cono no se reducen.

Capacidad portante

El **cuadro "Capacidad Portante"** sirve para verificar la **capacidad portante vertical**. El **resultado del análisis** se muestra en la parte derecha del fondo del cuadro. El botón **"En detalle"** abre un cuadro de diálogo con el cual se obtiene un detalle de los resultados del análisis de verificación.

El esquema trazado puede ser modificado en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



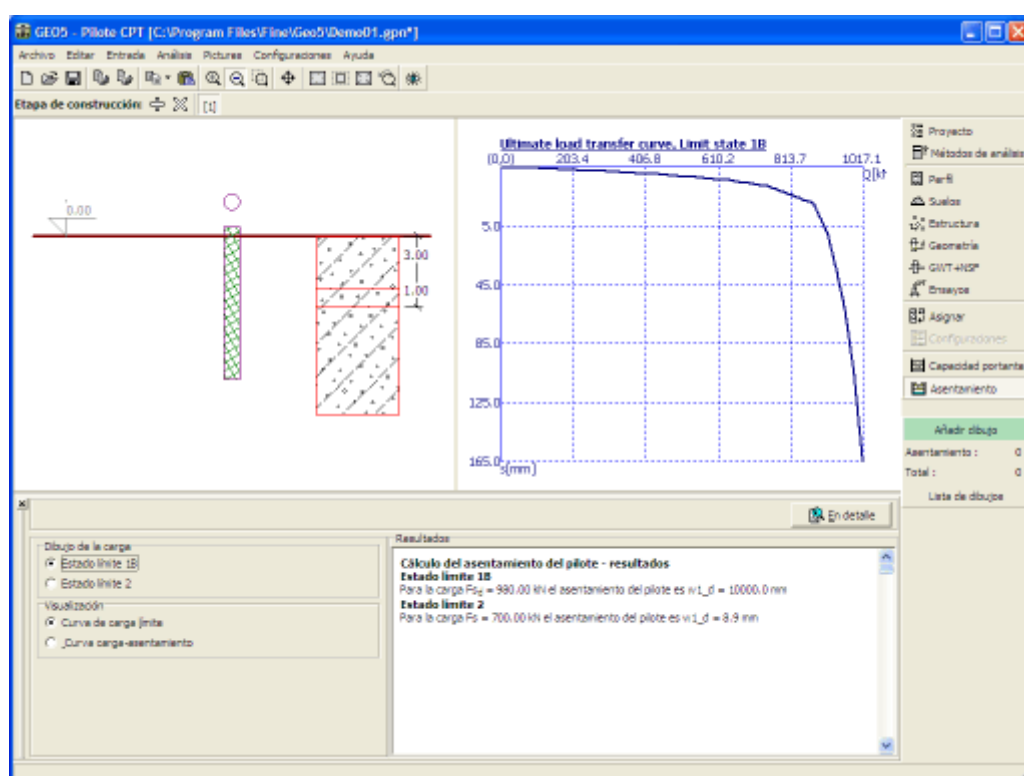
Cuadro "Capacidad portante"

Asentamiento

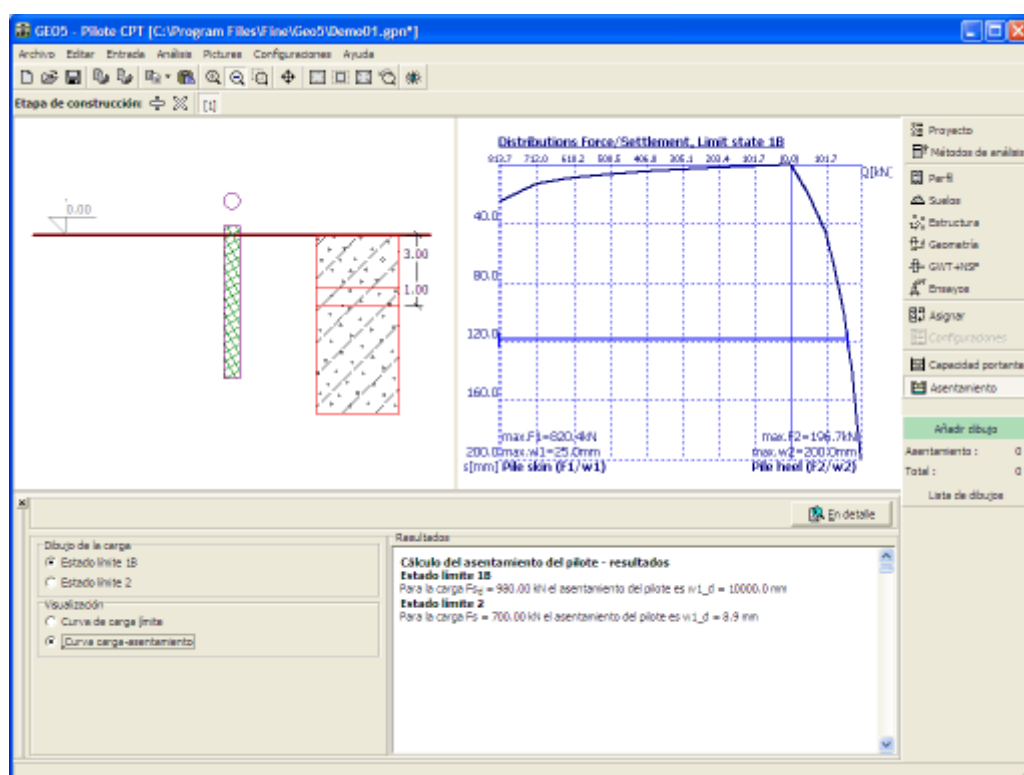
El cuadro **"Asentamiento"** sirve para verificar el asentamiento del pilote. El **resultado del análisis** se muestra en la parte derecha inferior del cuadro. El botón **"En detalle"** abre el cuadro de diálogo **"Verificación de asentamiento"**, con el cual se obtiene un detalle de los resultados del análisis de verificación.

Cuando calculamos asientos según el estándar NEN6743, el programa muestra la **curva de carga límite**, y el diagrama de carga (**curva fuerza/desplazamiento**).

El resultado se muestra en la parte superior del cuadro. El esquema trazado puede ser modificado en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Asentamiento" - Curva de carga límite



Cuadro "Asentamiento" - Curva fuerza/desplazamiento

Programa Grupo de Pilotes

Este programa se utiliza para analizar un (cimentación balsa con un encepado rígido) grupo de pilotes utilizando tanto el método Spring (FEM), o soluciones analíticas. Pueden ser consideradas ambos tipos de pilotes flotantes y pilotes fijos en el subsuelo.

La ayuda en el programa "Grupo de Pilotes" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Estructura	Geometría	Material	Carga	Perfil
Suelos	Asignar	Agua	Rozamiento Negativo	Resortes Verticales	Módulo Horizontal	Configuración de etapas
Capacidad Portante Vertical	Asentamiento - Suelos Cohesivos	Asentamiento - Suelos no Cohesivos	Análisis (Método Spring)	Verificación del muro	Capacidad Portante	

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "Grupo de Pilotes":

Tensión en el cuerpo del suelo	Grupo de Pilotes	Dimensionado de una estructura de hormigón
--------------------------------	------------------	--

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el Entorno de Usuario de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "Proyecto" se utiliza para introducir datos básicos y para especificar la configuración general del análisis en ejecución. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (métrico / imperial). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **"configuración"** básica del programa, como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite **configuraciones definidas por el usuario**, las cuales pueden ser luego utilizadas en todos programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se llevan a cabo en la solapa **"Materiales y estándares"** y la tabla **"Grupo de pilotes"**.

La parte derecha del cuadro sirve para seleccionar el tipo de análisis; **solución analítica** o **método spring**.

La solución analítica requiere definir el tipo del subsuelo:

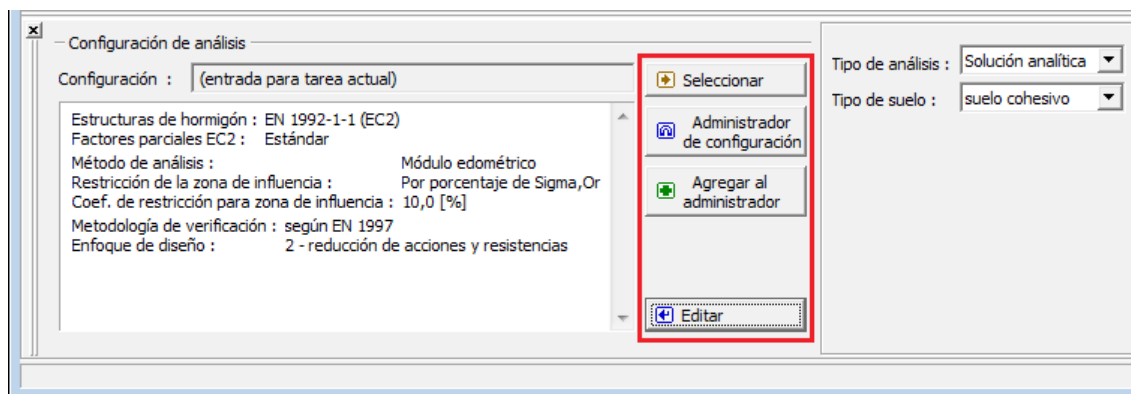
- **Suelos no cohesivos** (análisis para condiciones drenadas)
- **Suelos cohesivos** (análisis para condiciones no drenadas)

El método Spring requiere la entrada de:

- Tipo de pilote (pilote actuando verticalmente)
- Pilotes de conexión / encepado de pilotes
- Módulo de reacción del subsuelo (pilotes actuando horizontalmente)

El método spring method - micropilotes requiere la entrada de:

- pilotes de conexión / encepado de pilotes
- Módulo de reacción del subsuelo (pilotes actuando horizontalmente)



Cuadro "Configuración"

Estructura

El cuadro "Estructura" permite ingresar las **dimensiones del encepado de pilote** según la forma definida, **número de pilotes (micropilotes)**, su **diámetro** y **espaciado**.



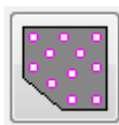
Forma del grupo de pilotes definida

Pilotes

Los diferentes pilotes en un grupo comparten el mismo diámetro. Un diseño correcto de un grupo de pilotes requiere juntar las normas de construcción en relación a:

- el número de pilotes en un grupo (3 - 20)
- el diámetro de pilotes (*desde 0,3m a 4,0 m*)
- El espacio entre pilotes ($s = 1,5d$ a $6d$) - d es el diámetro de los diferentes pilotes en el grupo
- El voladizo del encepado de pilotes desde el anverso de otros pilotes ($o = 0$ a $2d$)

Si las formas definidas del encepado de pilotes son satisfactorias para la entrada de la geometría grupo de pilotes, el programa permite ingresar una **forma general de grupo de pilotes**. La forma general del encepado se introduce mediante las coordenadas de puntos, pero también es posible (pulsando el botón "**Generar forma general**") generar coordenadas de estructura desde el encepado predefinido ya ingresado.



Entrada de la forma general del encepado de pilotes

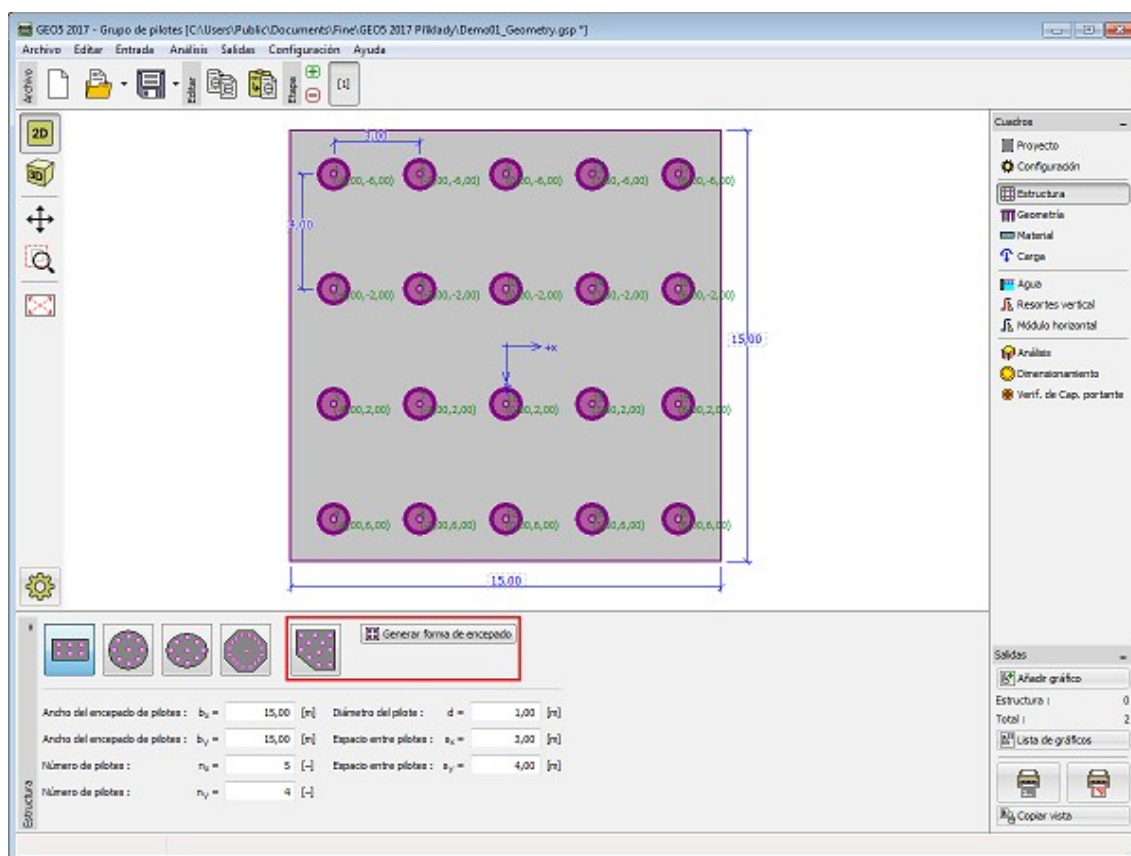
Si se selecciona la **forma general** del encepado de pilotes, es posible ingresar la inclinación de pilotes. Esta opción ($\alpha \neq 0^\circ$) está disponible sólo para el **método de spring**, no para **soluciones analíticas**. Para la solución analítica todos los pilotes son considerados como verticales ($\alpha = 0^\circ$). Por lo tanto, para el cálculo de la **capacidad portante vertical**, o **asentamiento de grupo de pilotes** no se considera una inclinación de pilotes.

El programa permite **exportar** la geometría de la estructura en formato *.DXF.

Micropilotes

Los micropilotes individuales en el grupo tienen el mismo diámetro. El grupo de micropile requiere cumplir con las normas de construcción relativas a:

- El número de micropilotes en un grupo (3 - 20)



Cuadro "Estructura"

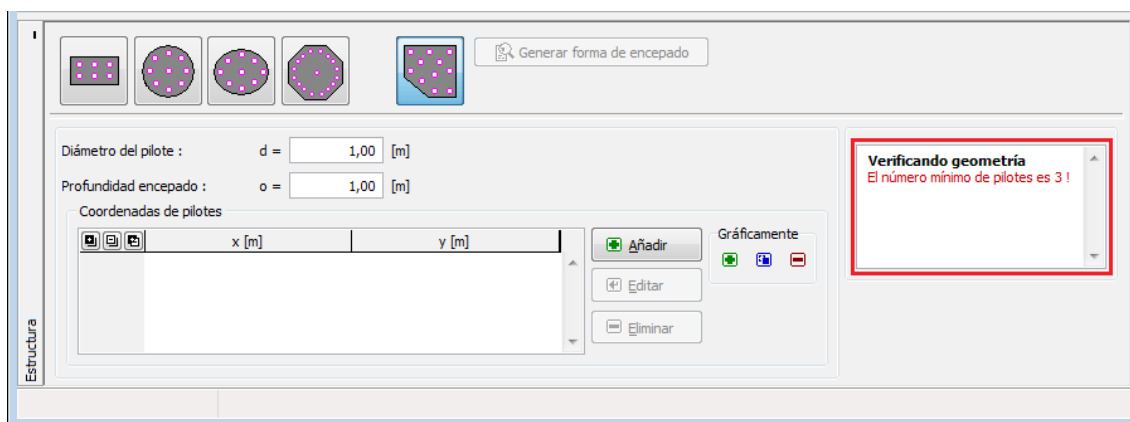
Forma general de un grupo de pilotes

Entrada de la forma general de un grupo de pilotes en una nueva tarea

El programa permite la entrada de la forma general de un grupo de pilotes de dos formas:

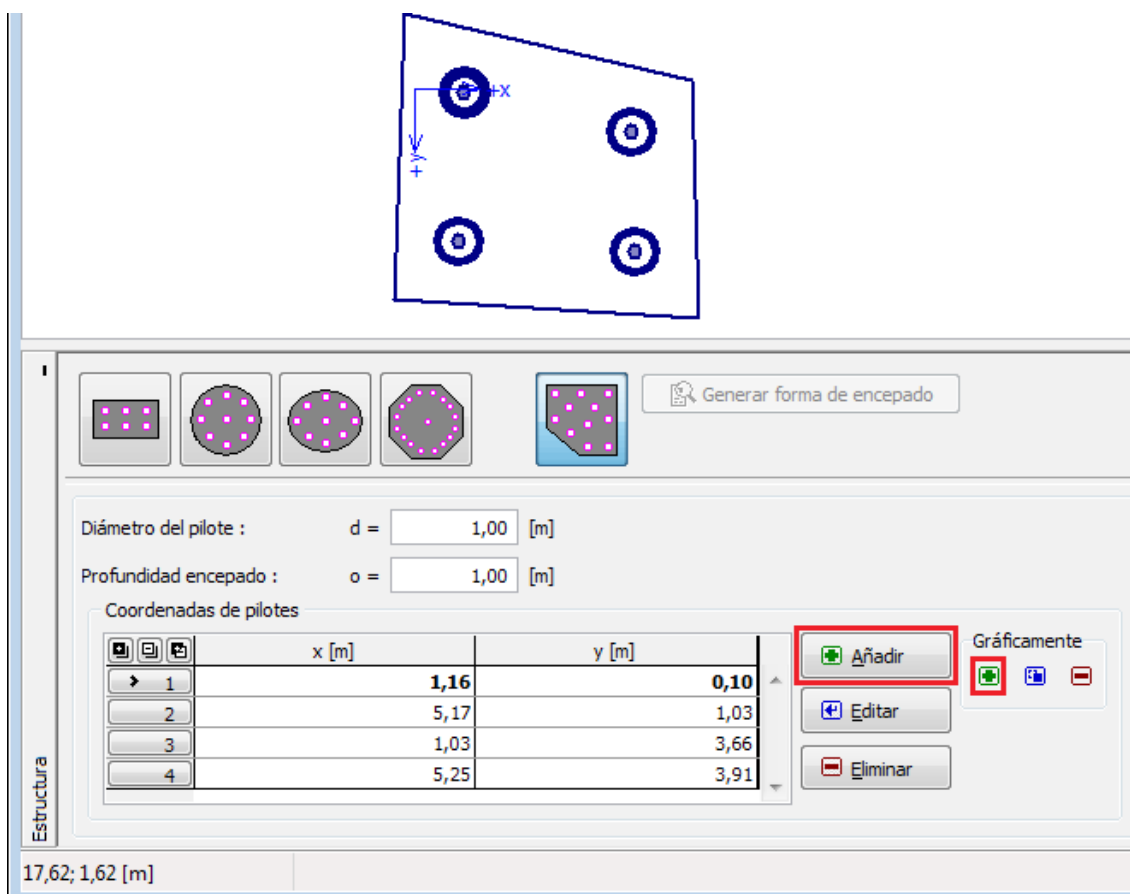
1. Entrada de la forma general de un grupo de pilotes utilizando puntos

Al pulsar el icono para crear una forma general de grupo de pilotes en la barra de herramientas, el programa eliminará el escritorio. La cantidad mínima de pilotes introducidos es 3 (si se introducen menos pilotes, el programa mostrará un mensaje de error).



Cuadro "Estructura" - nueva tarea

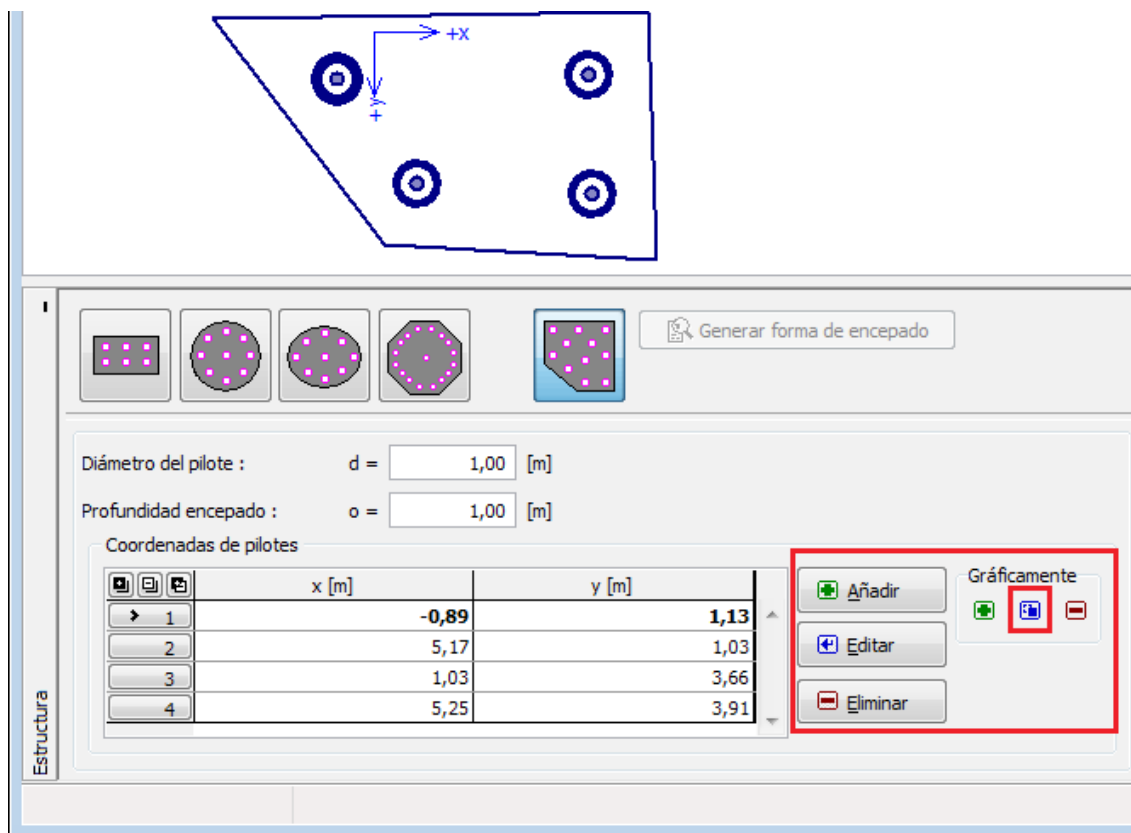
Utilizando el botón **"Añadir"**, se abre un cuadro de diálogo **"Nuevo punto"**, y se introducen los puntos centrales del pilote (es posible ingresar puntos haciendo clic en el escritorio).



Cuadro "Estructura" - input of general pile group shape using points

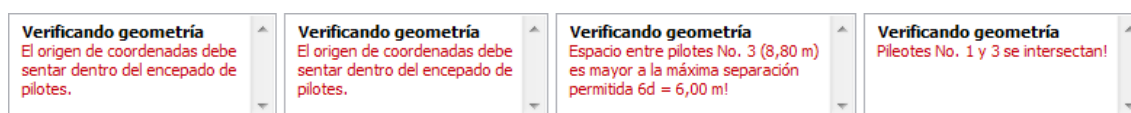
Los puntos introducidos se van agregando a la tabla, y entonces es posible editarlos, introducir más puntos en el medio y eliminarlos utilizando los botones **"Editar"**, **"Insertar"** y **"Eliminar"** o haciendo clic en los puntos en el escritorio en el modo correspondiente. Los puntos se

pueden mover a la derecha del escritorio con el ratón después de hacer clic en el icono especial



Cuadro "Estructura" - editar puntos

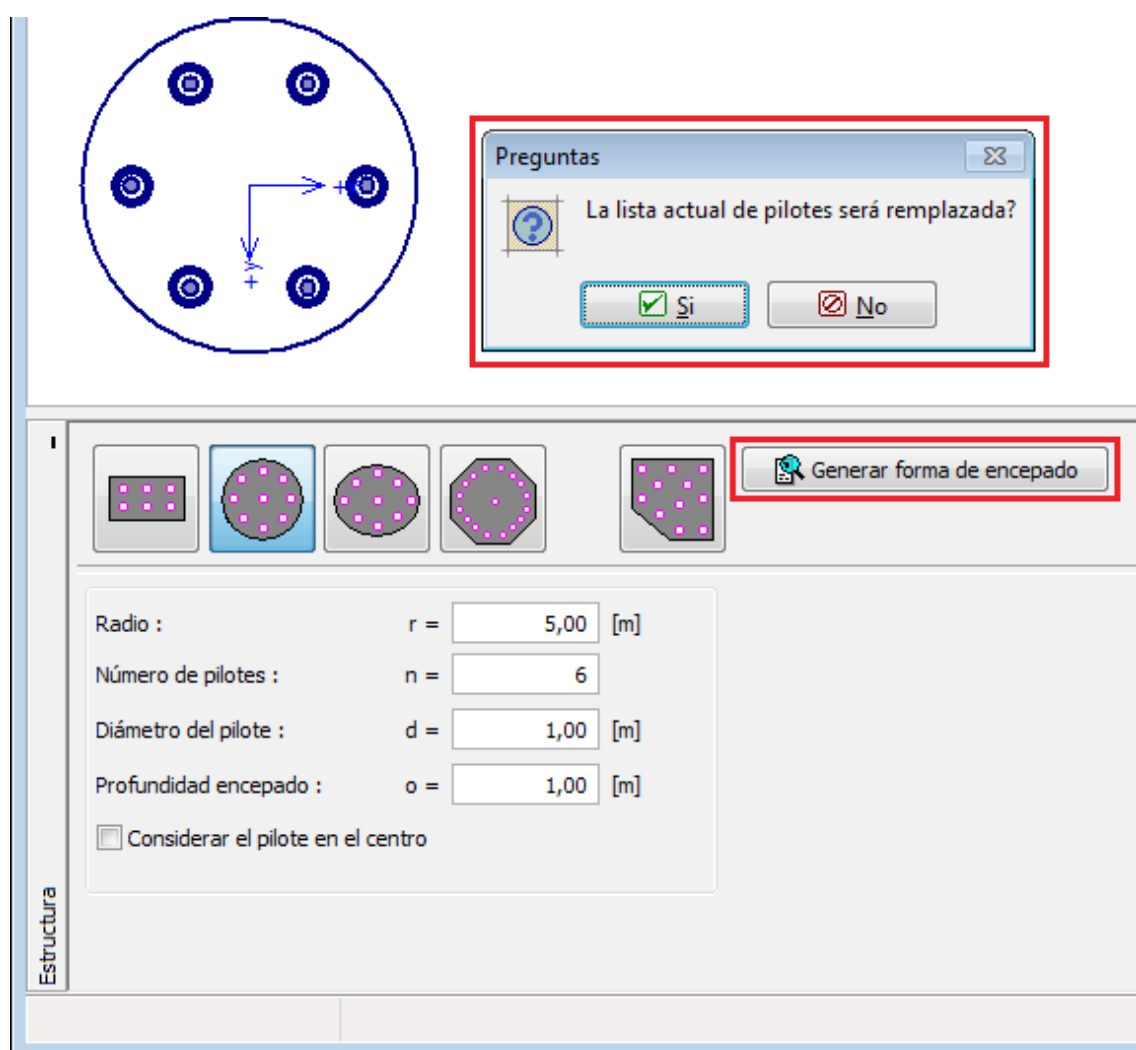
El número mínimo de pilotes en un grupo es de 3. En el caso de entrada incorrecta (contravención de espaciado máximo de pilotes, pilotes de intersección) el programa comprueba la geometría y advierte al usuario de un error. En ese caso, es necesario cambiar la ubicación de los pilotes.



Cuadro "Estructura" - mensaje de error de la forma general de un grupo de pilotes

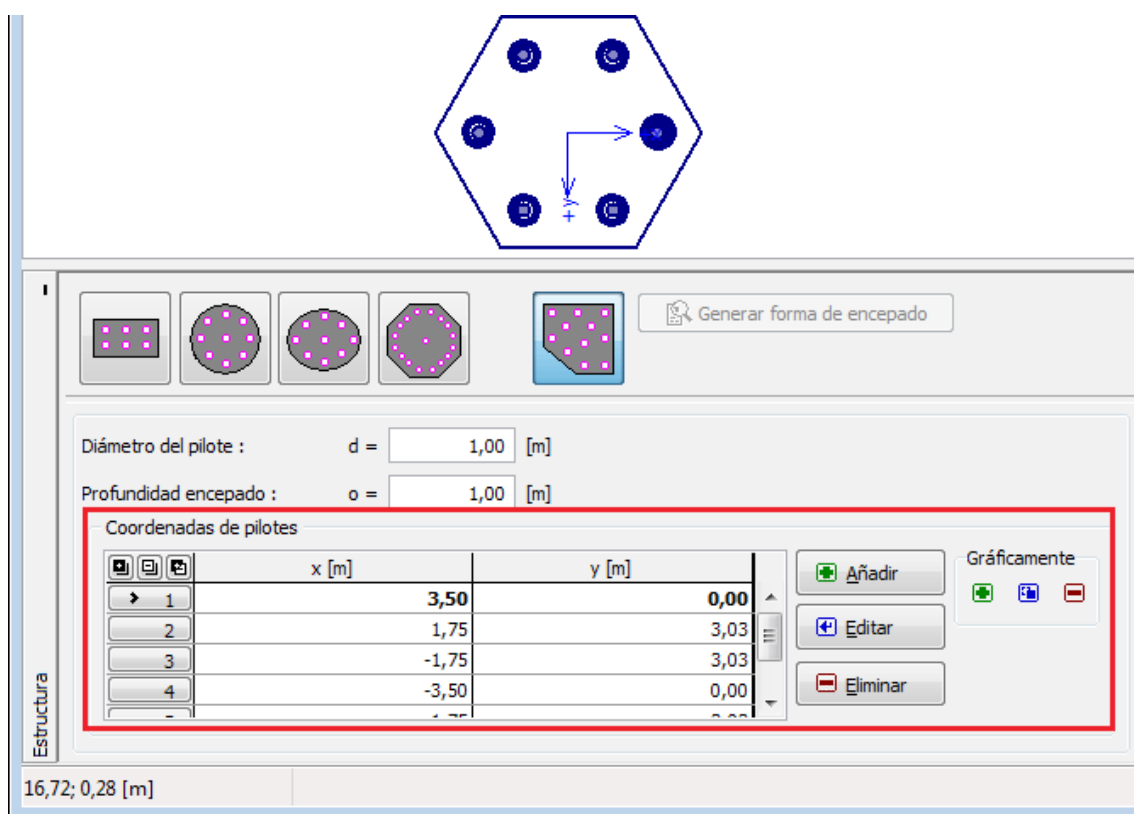
2. Entrada de la forma general del grupo de pilotes mediante generador

La estructura definida por el esquema de la construcción y sus dimensiones se puede obtener de la entrada de la forma general del grupo de pilotes presionando el botón "**Generar forma general**". Es posible trabajar con los puntos recién generados y editar la forma del encepado de pilotes generada.



Cuadro "Estructura" - ingreso de la forma de un grupo de pilotes utilizando el generador

La apariencia del cuadro cambia entonces como en el primer caso de la entrada de la forma general del grupo de pilotes. Es posible trabajar con la imagen de la estructura como ya se ha descrito.



Cuadro "Estructura" - Apariencia luego de ingresar los puntos

Geometría

El cuadro **"Geometría"** permite introducir los parámetros de pilotes (micropilotes). La apariencia del cuadro varía según el tipo de análisis seleccionado en el cuadro **"Configuración"** (método spring, solución analítica, método de spring - micropilotes).

La **solución analítica y el método spring** requieren la entrada de

- profundidad desde la superficie terrestre
- Desplazamiento de cabeza del pilote
- Espesor de encepado del pilote
- Longitud de los pilotes

El **método spring - micropilotes** requiere la entrada de:

- Espesor de encepado del pilote
- Longitud de los micropilotes
- Diametro de la raíz
- Longitud de la raíz
- Resistencia del suelo de cimentación - esta entrada es muy importante y tiene una gran influencia en los resultados del análisis - la magnitud de la resistencia del subsuelo depende del tipo de subsuelo, el proceso de construcción de la estructura y la historia de la carga. La fuerza N se resta de la carga ingresada en todos los casos de carga.

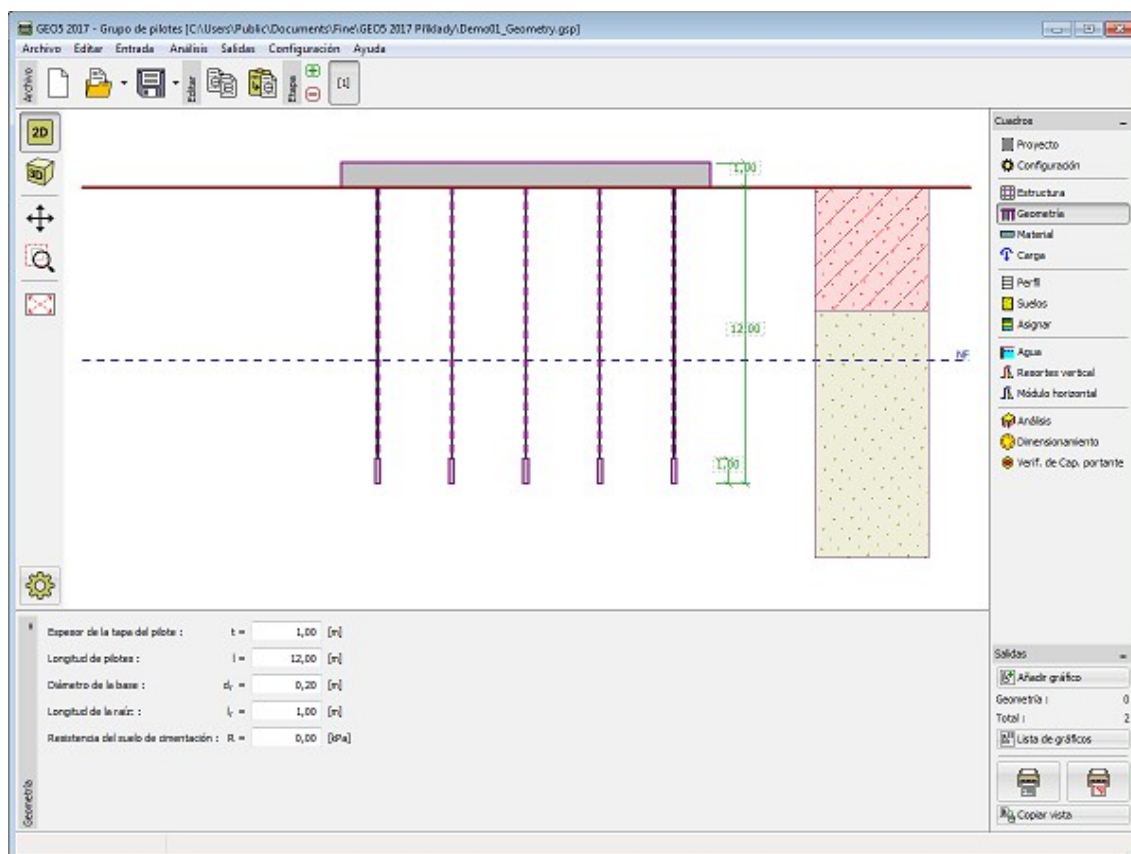
$$N = AR$$

donde: A -área de cimentación
 R -resistencia ingresada del suelo de cimentación

Valores límite de resistencia al suelo

- La resistencia introducida es igual a cero => toda la carga se transfiere a los micropilotes, no se considera el suelo bajo la cimentación.
- La resistencia introducida es superior a la carga total y al propio peso del encepado> no se transfiere carga a los micropilotes y el asentamiento de la cimentación es cero.

Los pilotes individuales en un grupo son siempre de la **misma longitud**.



Cuadro "Geometría"

Material

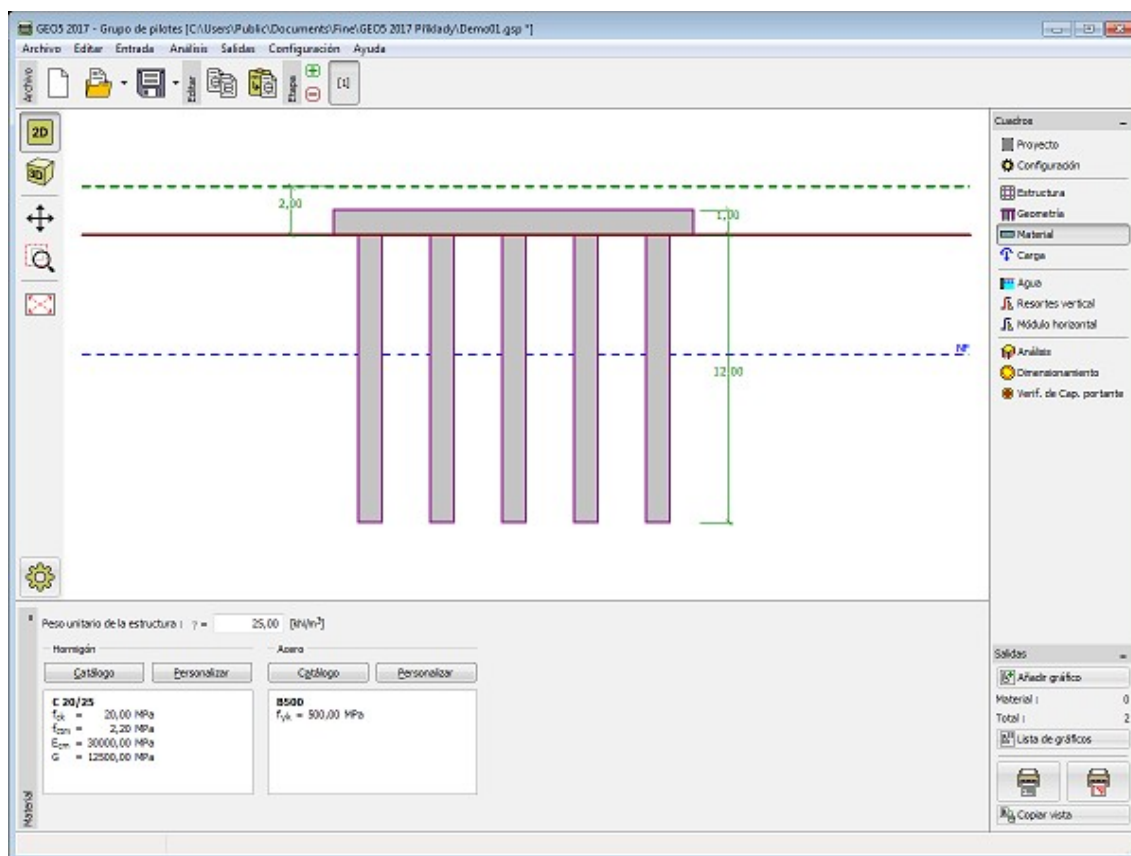
El cuadro **"Material"** permite introducir los parámetros de material.

Hay dos opciones disponibles al seleccionar el tipo de material:

- El botón **"Catálogo"** abre el cuadro de diálogo **"Catálogo de materiales"** que permite seleccionar el material requerido.
- El botón **"definido por el usuario"** abre el cuadro de diálogo **"Editor de material"** que permite a la entrada manualmente específica de los parámetros de material.

El contenido de los catálogos dependen de la selección de estándares relevantes para el dimensionado de **hormigón** o estructuras **acero** configuradas en la solapa **"Materiales y estándares"**. El campo de entrada en la parte superior del cuadro sirve para especificar la

unidad de peso de la estructura.



Cuadro "Material"

Carga

El cuadro "Carga" contiene una tabla con un listado de las cargas introducidas. Para añadir (editar) cargas se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva (Editar) carga". Las fuerzas y momentos son introducidos siguiendo el signo de convención mostrado en la parte derecha del cuadro de diálogo.

El programa también permite importación de carga utilizando el botón "Importar".

La carga aplicada a un grupo de pilotes actúa al nivel de un encepado de pilote arriba de la base en el punto at point [0,0]. Este punto no puede estar situado fuera del encepado del pilote. Estos valores pueden ser fácilmente obtenidos desde el análisis por un programa arbitrario que realiza análisis estático.

El programa automáticamente recalcula el peso propio del encepado de pilote para agregarlo a la carga ya existente. Este programa luego se habilita para considerar el peso propio del pilote (utilizando el botón en la parte derecha del escritorio)

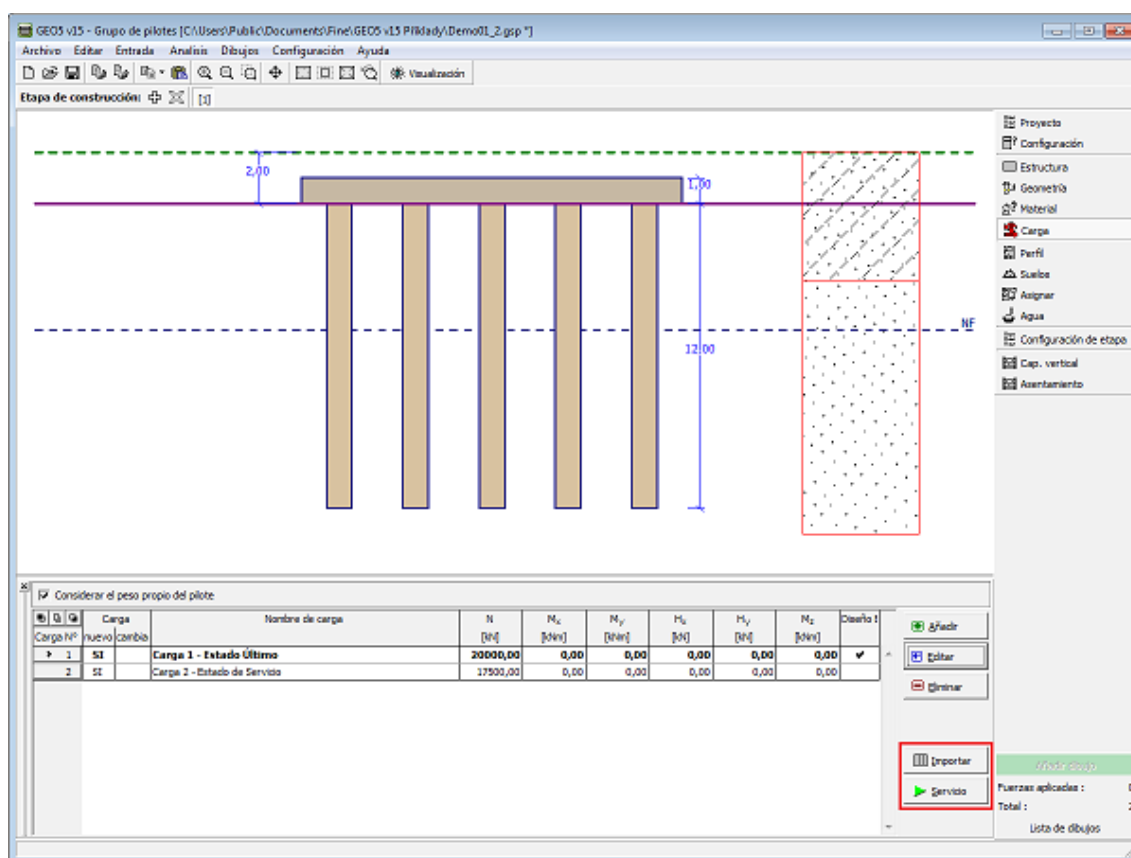
El peso propio de la tapa del pilote G_{cap} viene dado por:

$$G_{cap} = A_{cap} t \gamma$$

Donde: A_{cap} - Área base del encepado de pilotes [m^2]

t - Espesor de la tapa del pilote [m]

γ Peso unitario de la estructura [kN/m^3]



Cuadro "Carga"

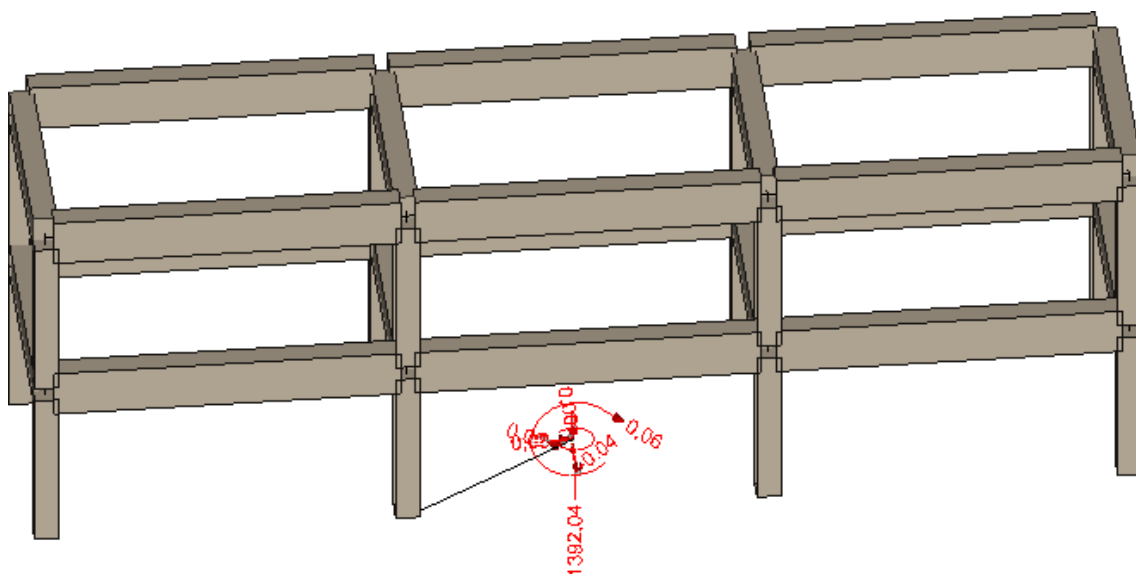
Carga actuando en un grupo de pilotes

Un grupo de pilotes puede ser utilizado para encontrar estribos puente y estructuras de ingeniería civil arbitrarias. Determinar una carga actuando en un grupo de pilotes puede ser complicado. La carga puede ser aplicada a diferentes ubicaciones como cargas concentradas (columnas), distribuidas a lo largo de una línea (muro) o en todo el área.

El procedimiento muestra una simple forma de determinar la carga en un punto dado adoptando un programa estático arbitrario.

1. Se comienza desde el modelo de una estructura en un programa estático
2. Sin proporcionar juntas se define en el **centro de la tapa del pilote**, se introduce manualmente.
3. Un **soporte fijo en las 6 direcciones** se asigna a la junta (fijo, fijo, fijo, fijo, fijo, fijo)
4. Si la junta no se encuentra en la tapa del pilote (modelo viga) la conectamos con la estructura actual (la rigidez debe corresponder a otros elementos)
5. Además de la nueva junta eliminamos las condiciones límites del modelo de análisis
6. Realizamos el análisis - la **reacción de las juntas corresponde a la carga**, la cual es ingresada en el programa "**Grupo de pilotes**" - la función de importación de carga puede ser utilizada.

Nota: bisagras internas encontradas en la estructura deben ser cambiadas por soportes fijo-fin en el programa estático para encontrar una solución-



Estructura con soporte fijo

Load - NotePad

File	Modify	Format	Display	Hint
G1+G2	0,00	0,00	1879,25	-0,05 0,08 0,00
W4:G1+G2	0,00	-162,00	1879,25	728,95 0,08 0,00
Q3:G1+G2	0,00	0,00	3499,25	1079,95 0,08 0,00
Q3:G1+G2+W4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35 0,08 0,00
W4:G1+G2+Q3	0,00	-162,00	3013,25	1484,95 0,08 0,00
G1+G2	0,00	0,00	1392,04	-0,04 0,06 0,00
W4:G1+G2	0,00	-108,00	1392,04	485,96 0,06 0,00
Q3:G1+G2	0,00	0,00	2472,04	719,96 0,06 0,00
Q3:G1+G2+W4	0,00	-64,80	2472,04	1011,56 0,06 0,00
W4:G1+G2+Q3	0,00	-108,00	2148,04	989,96 0,06 0,00

Reacción de soportes listos para ser importados dentro del programa "Grupo de pilotes"

Considerar el peso propio del pilote

Carga N°	nuevo	cambia	Nombre de carga	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _z [kNm]	Diseño
1	YES		2_W4:G1+G2 (2)	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	0,00	✓
2	YES		3_Q3:G1+G2 (3)	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	0,00	✓
3	YES		4_Q3:G1+G2+W4 (4)	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	0,00	✓
4	YES		5_W4:G1+G2+Q3 (5)	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	0,00	✓
5	YES		1_G1+G2 (6)	0,00	0,00	1392,04	-0,04	0,06	0,00	✓
6	YES		2_W4:G1+G2 (7)	0,00	-108,00	1392,04	485,96	0,06	0,00	✓
7	YES		3_Q3:G1+G2 (8)	0,00	0,00	2472,04	719,96	0,06	0,00	✓
8	YES		4_Q3:G1+G2+W4 (9)	0,00	-64,80	2472,04	1011,56	0,06	0,00	✓
9	YES		5_W4:G1+G2+Q3 (10)	0,00	-108,00	2148,04	989,96	0,06	0,00	✓

Carga importada en "Grupo de pilotes" dentro del cuadro "Carga"

Perfil

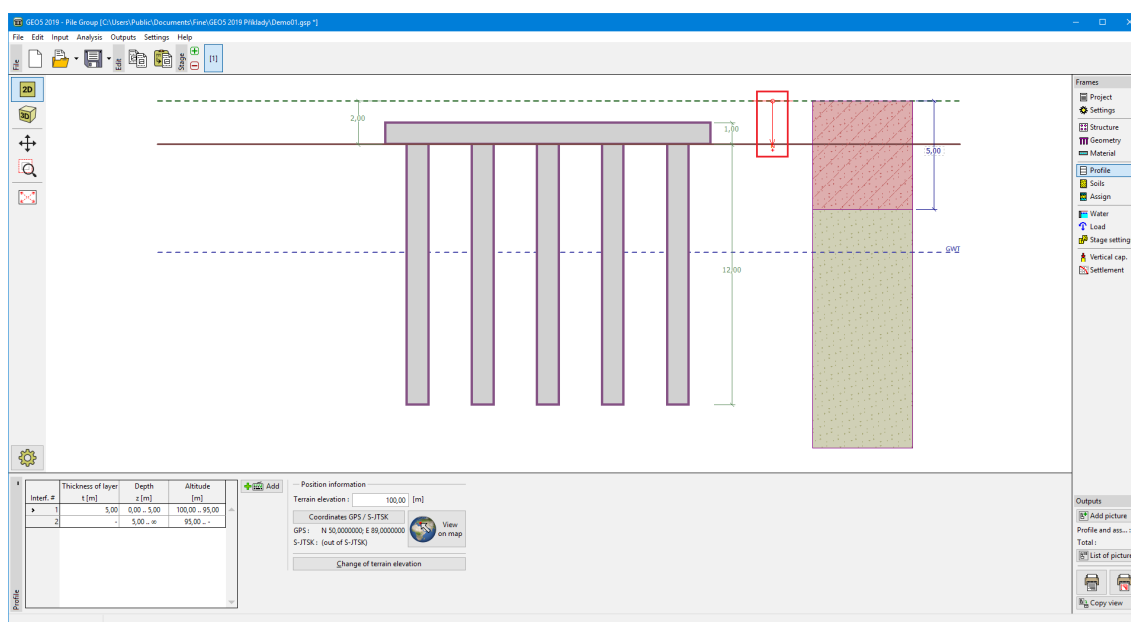
El cuadro **"Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**.



Cuadro "Perfil"

Suelos

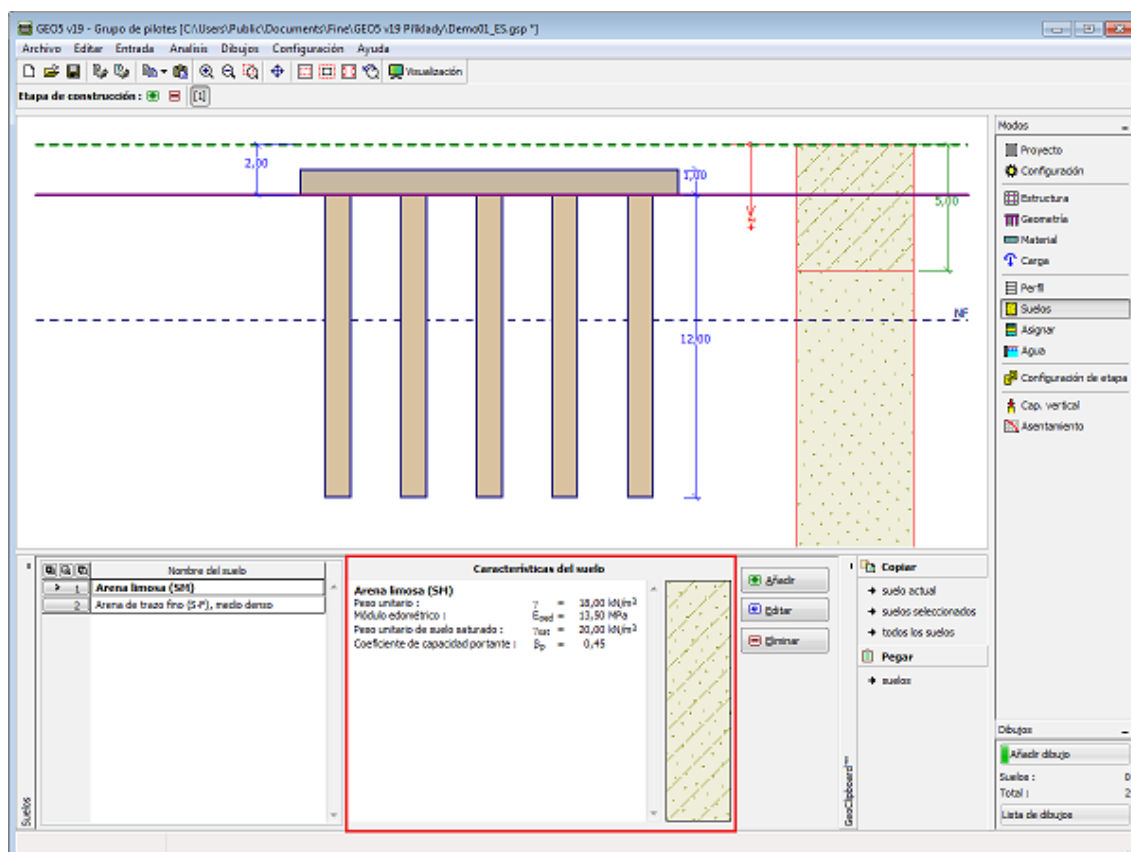
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: "**Datos básicos**", "**Aumento de Presión**", "**Asientos**", "**Módulo de reacción del subsuelo**"

Estos parámetros dependen del tipo de suelo se especifica en la "**Configuración**" del marco y la teoría de análisis se especifica en la solapa "**Grupo de pilotes**".

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "**GeoClipboard**".



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión**. El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo seleccionado. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la **Ayuda** en el presente documento.

El cálculo de "**Grupo de pilotes**" difiere según el tipo de suelo:

- **Suelos no cohesivos:** parámetros **efectivos** de resistencia al corte del suelo c_{ef} , ϕ_{ef} se utilizan comúnmente.
- **Suelos cohesivos:** se define solo en valor del la resistencia al corte del suelo c_u , la cual determina la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes (bloque de tierra)

Los parámetros adicionales se ingresan dependiendo de la configuración del cuadro "Configuración", solapa "Grupo de pilotes")

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "Grupo de pilotes".

Añadir suelos

Identificación
Nombre : Arena limosa (SM)

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 18,00$ [kN/m³] 18,0

Método de tensión efectiva

Coefficiente de capacidad portan $\beta_p = 0,45$ [-]

Asentamiento - Módulos edométricos

Coefficiente de Poisson : $\nu = 0,30$ [-] 0,30

Análisis de asentamiento : Insertar Eoed

Módulo edométrico : $E_{oed} = 13,50$ [MPa] 7 - 20

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión : Estándar

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 20,00$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama GEO

Trama

Arena limosa

Clasificación

Clasificar

Eliminar

Añadir

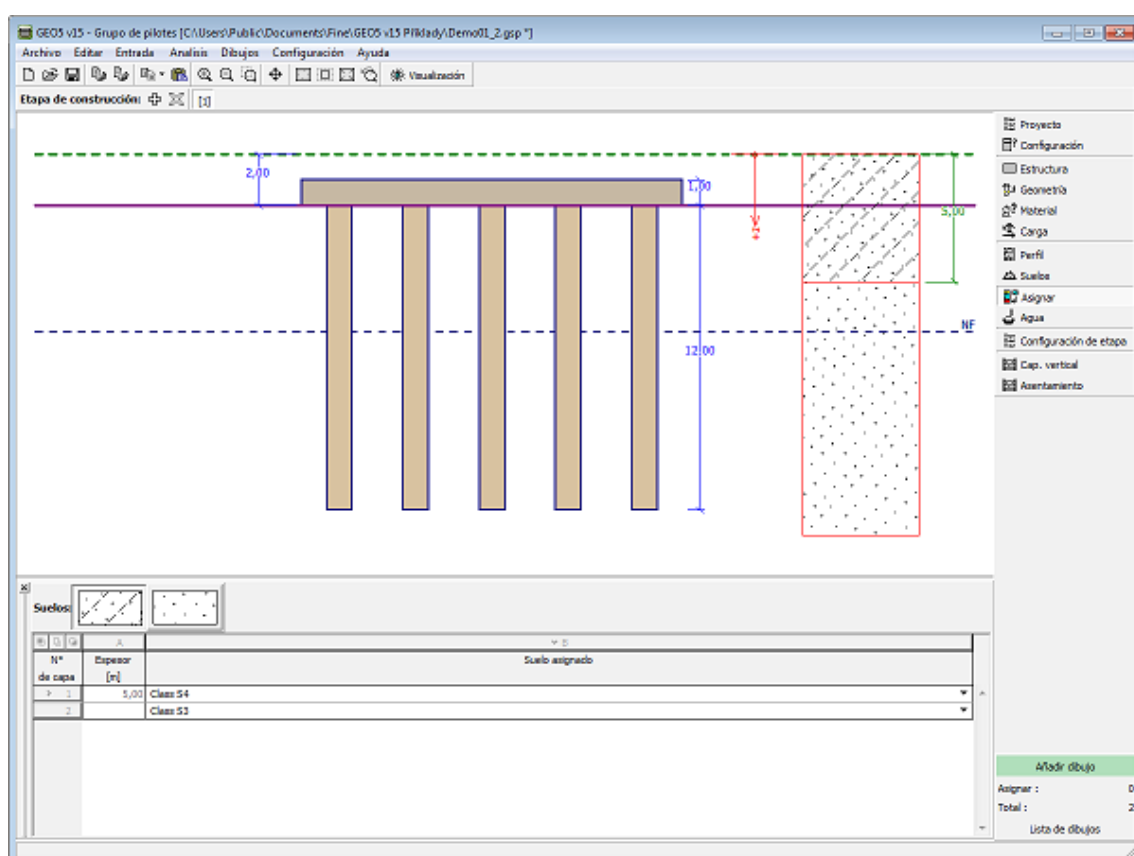
Cancelar

Cuadro " Nuevo suelo" - "Datos básicos"

Asignar

El cuadro "Asignar" contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



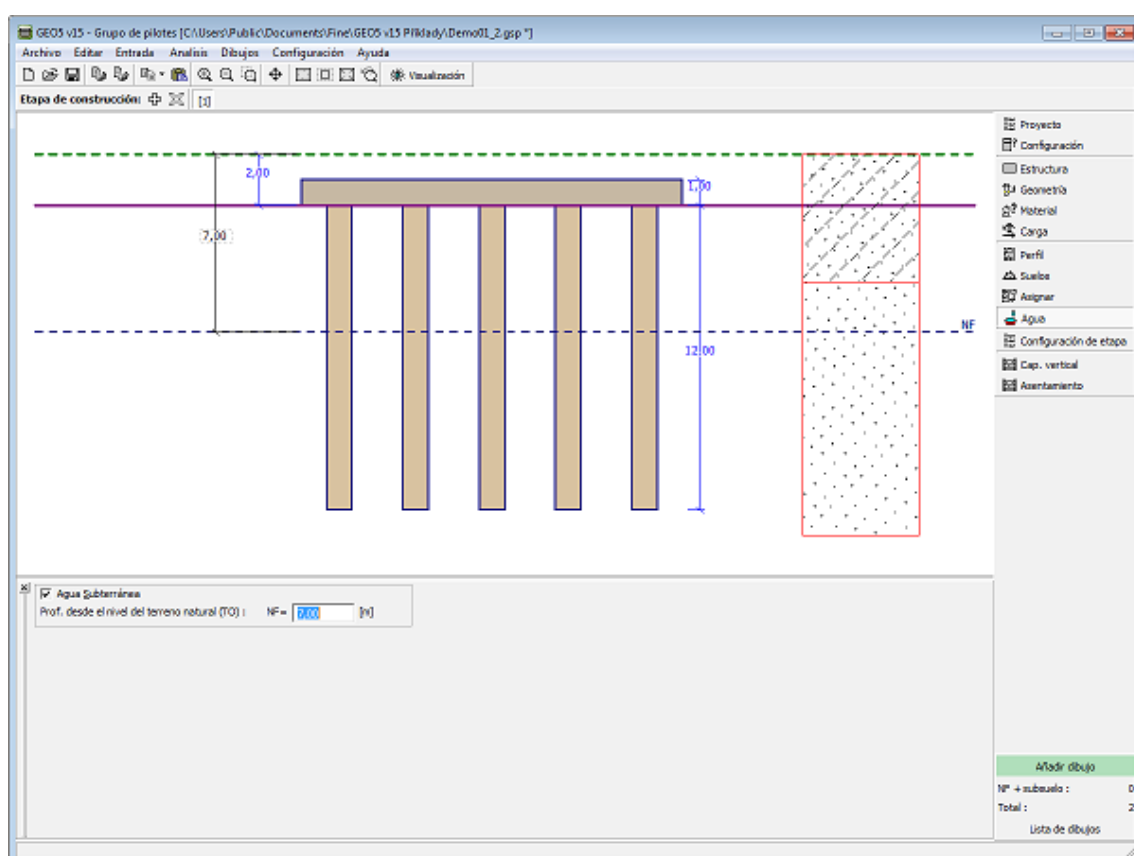
Cuadro "Asignar"

Agua

El **cuadro "Agua"** sirve para especificar la **profundidad de la napa freática**.

El valor puede ser editado tanto en el cuadro ingresando el valor en el campo de entrada, o desde el escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.

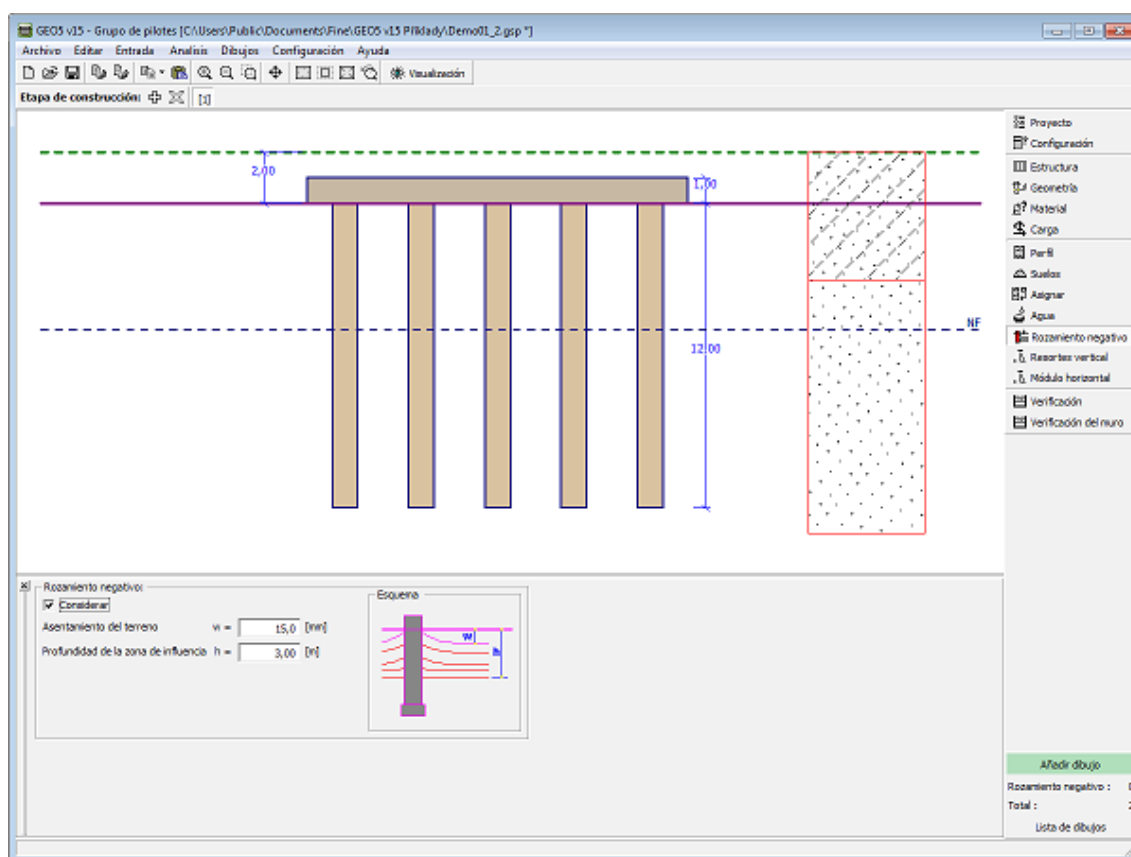
La **influencia del agua** se manifiesta por el cambio de **presión de las napas freáticas**.



Cuadro "Agua"

Rozamiento negativo

El cuadro **"Rozamiento negativo"** sirve para especificar el asentamiento de terrenos circundantes y la **profundidad de la zona de influencia**. Para más información de la **influencia del rozamiento negativo** deberá dirigirse a la sección Teórica.



Cuadro "Rozamiento negativo"

Resortes verticales

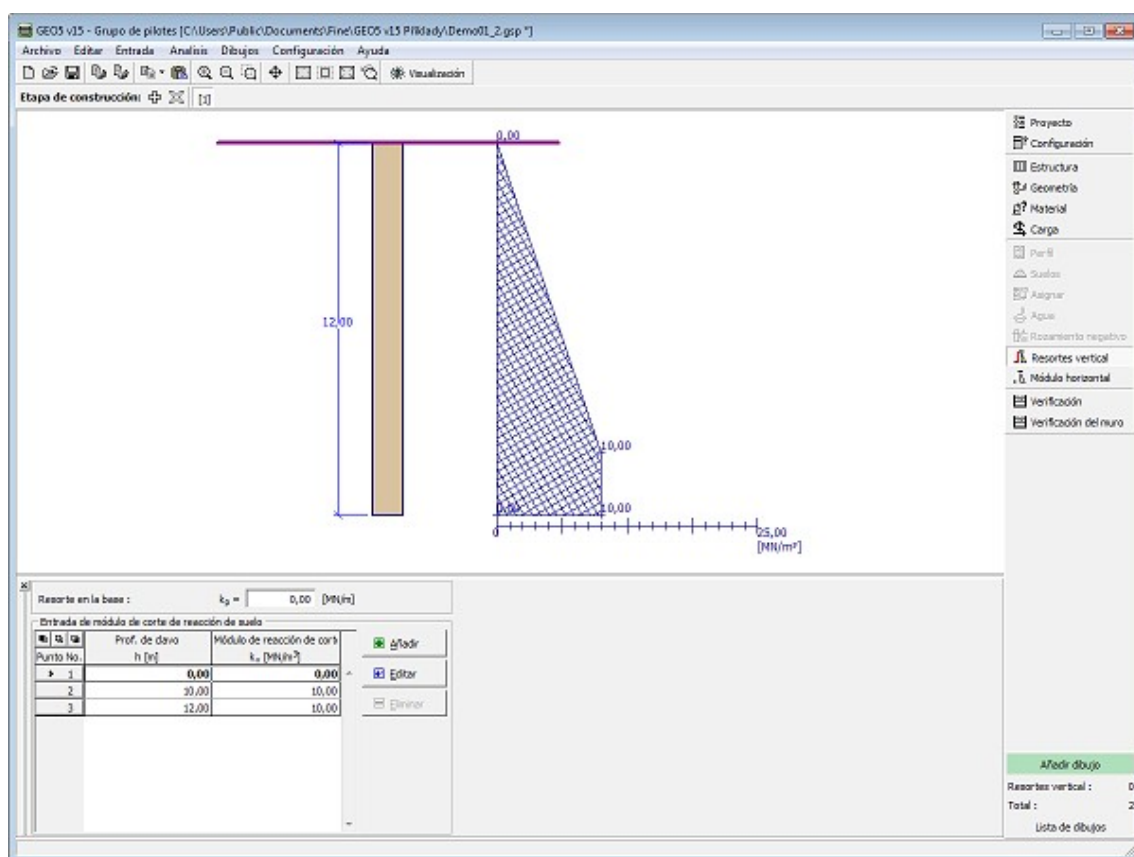
El cuadro **"Resortes verticales"** se activa solo cuando analizamos un pilote flotante. La estrada de resortes se muestra en la [tabla](#).

La opción **"entrada de rigidez del resorte"** requiere ingresar:

- resorte en la base del pilote [MN/m]
- módulo de corte de reacción del subsuelo a lo largo del pilote [MN/m^3].

La entrada de valores son las mismas para todos los pilotes. En el análisis la rigidez vertical de los pilotes interiores y exteriores en el grupo es **reducida** por los coeficientes particulares.

La opción **"calcular la rigidez del resorte para parámetros de suelo"** requiere la entrada de **carga típica** para obtener la rigidez del resorte desde el cálculo.

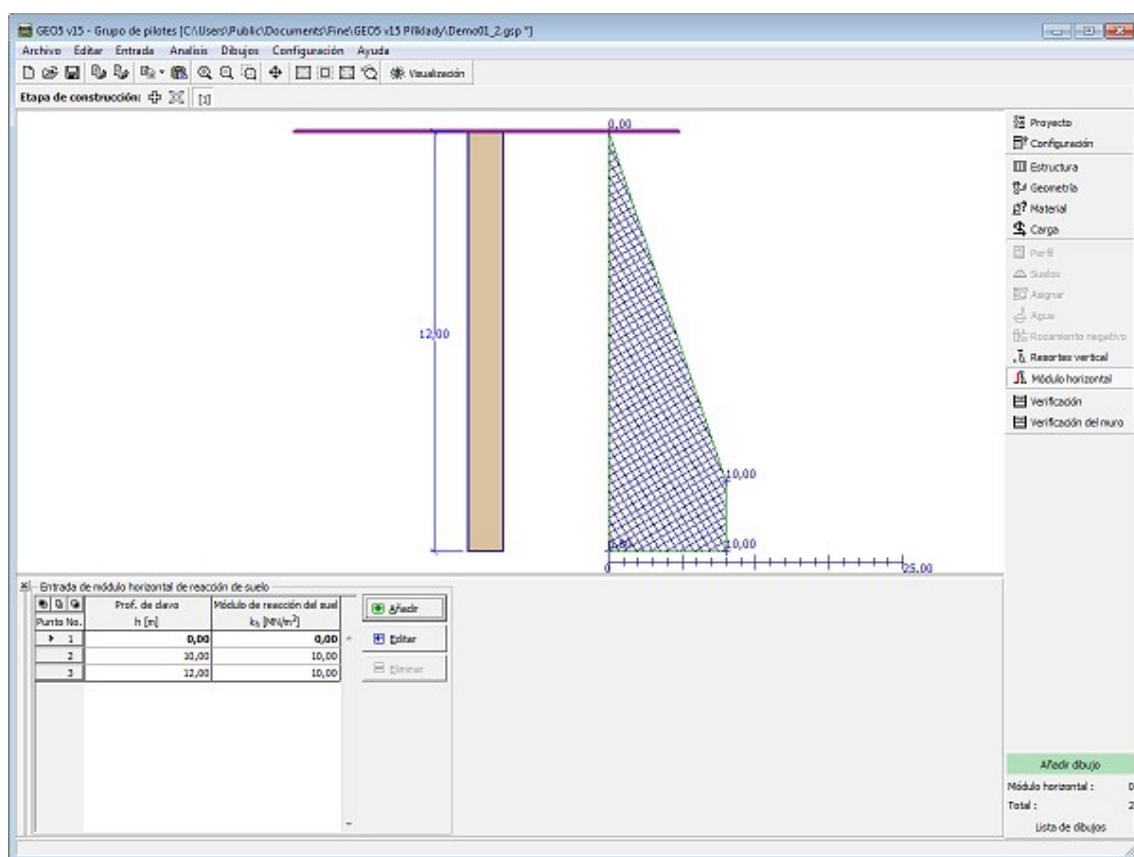


Cuadro "Resortes Verticales"

Módulo horizontal

El **cuadro "Módulo horizontal"** sirve para ingresar los módulos horizontales de reacción del subsuelo caracterizado por la respuesta del pilote en dirección horizontal.

La **entrada** de valores del módulo de reacción del subsuelo está dada a una profundidad del perfil y se muestra en la **tabla**.

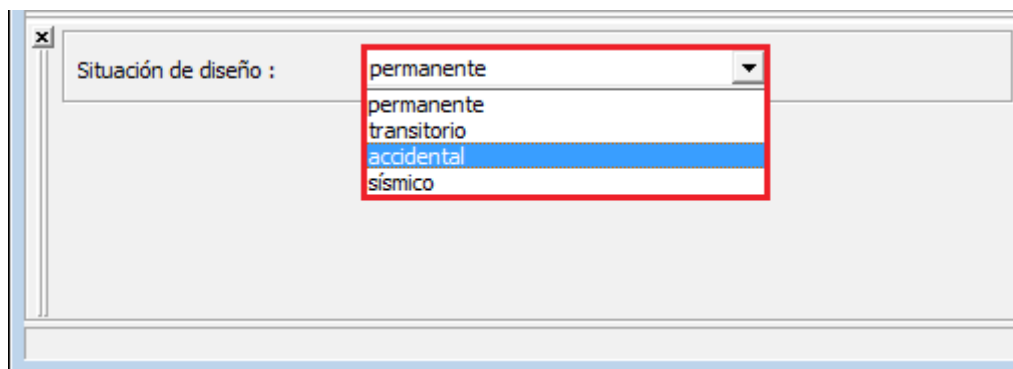


Cuadro "Módulo horizontal"

Configuración de etapa

El cuadro "Configuración de etapa" sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción

La selección de la **situación de diseño** determina los coeficientes de seguridad ha ser utilizados en el análisis para una etapa de construcción dada.



Cuadro "Configuración de etapa"

Verificación de capacidad portante vertical - solución analítica

El cuadro **"Verificación de Capacidad portante vertical"** sirve para verificar la capacidad portante vertical del grupo de pilote. **Distintos análisis** se llevan a cabo en este cuadro.

La verificación puede realizarse por cargas individuales, o el programa encuentra el **más crítico** (puede ser seleccionado de la lista desplegable).

El análisis se realiza según la teoría definida en el cuadro **"Configuración"** (solución analítica).

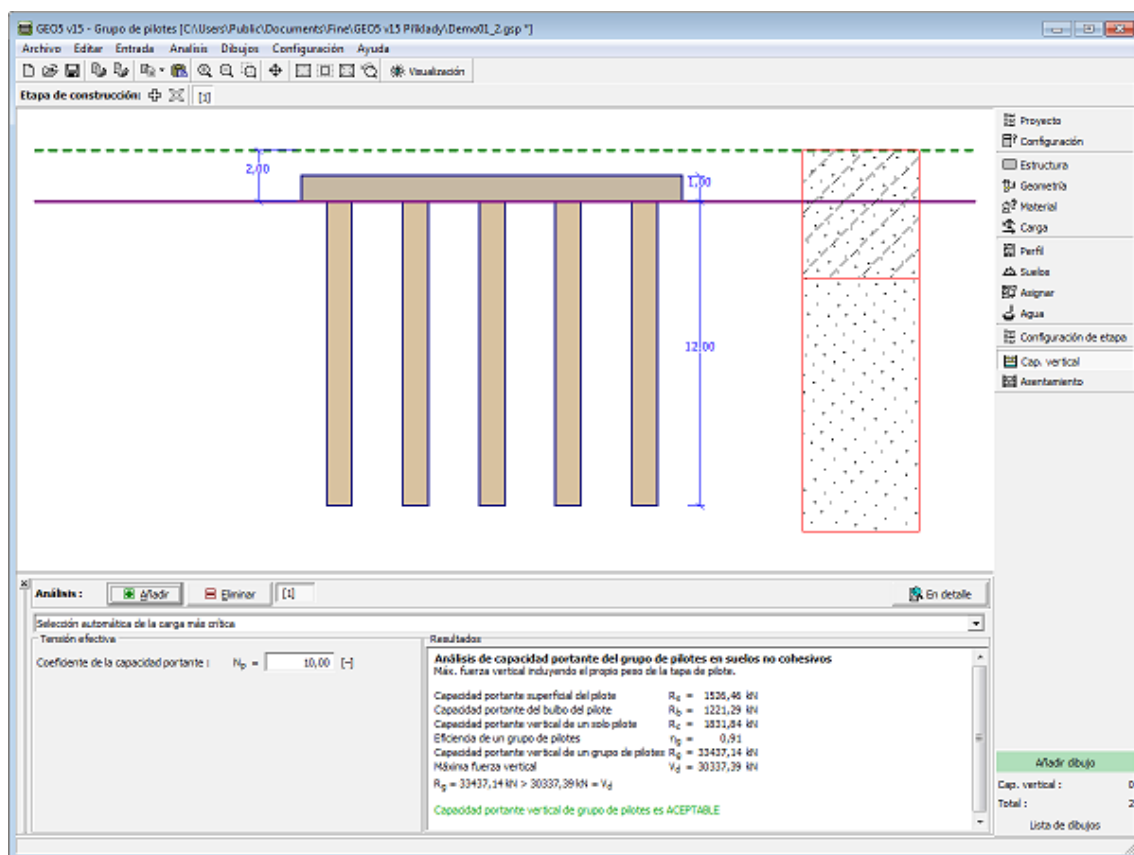
- Para **suelos cohesivos** (condiciones sin drenar) el análisis de la capacidad portante de un bloque de tierra según FHWA.
- Para **suelos no cohesivos** (condiciones drenadas), **NAVFAC DM 7.2, Tensión efectiva, CSN 73 1002**

Los parámetros necesarios para el análisis de un grupo de pilote son introducidos por diferentes métodos en la parte izquierda del cuadro.

El análisis de verificación se lleva a cabo según **la metodología seleccionada** en la solapa **"Grupo de pilotes"** (**factor de seguridad, estados límite, EN 1997-1**).

El botón **"En detalle"** abre el cuadro de diálogo que contiene el listado detallado de los resultados de verificación.

Los resultados del análisis se muestran en la parte derecha del escritorio.



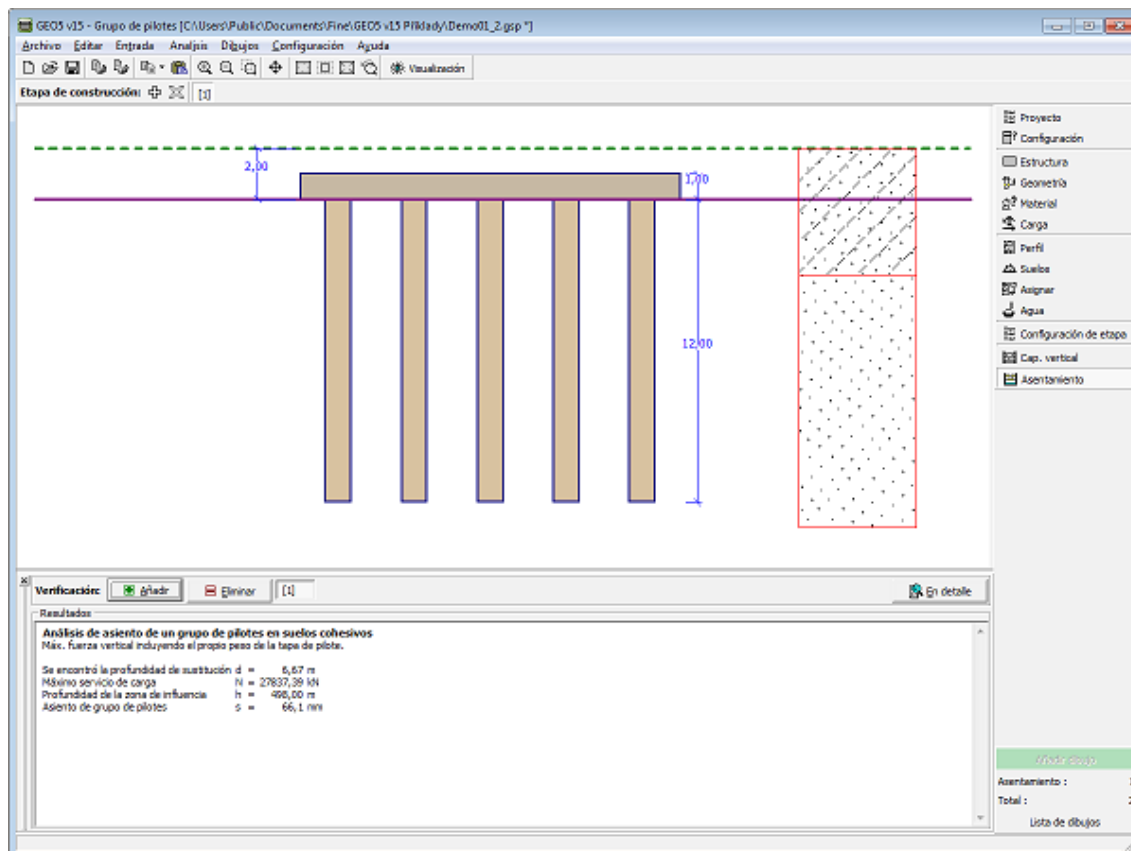
Cuadro "Capacidad portante vertical" - solución analítica

Asentamiento - Suelos cohesivos

El cuadro "Asentamiento" sirve para calcular el **asentamiento** de un grupo de pilote. El análisis del asentamiento se realiza según la teoría seleccionada en la solapa "Grupo de pilotes"

El resultado del análisis se muestra en la parte derecha del escritorio.

El botón "En detalle" abre el cuadro de diálogo que contiene la descripción de los resultados del análisis de verificación.



Cuadro "Asentamiento" - Suelos cohesivos

Asentamiento - Suelos no cohesivos (curva de carga)

El cuadro "Asentamiento" muestra la **curva de carga-asentamiento** lineal del **asentamiento de un grupo de pilote en suelos cohesivos**. Diferentes análisis se llevan a cabo en el cuadro.

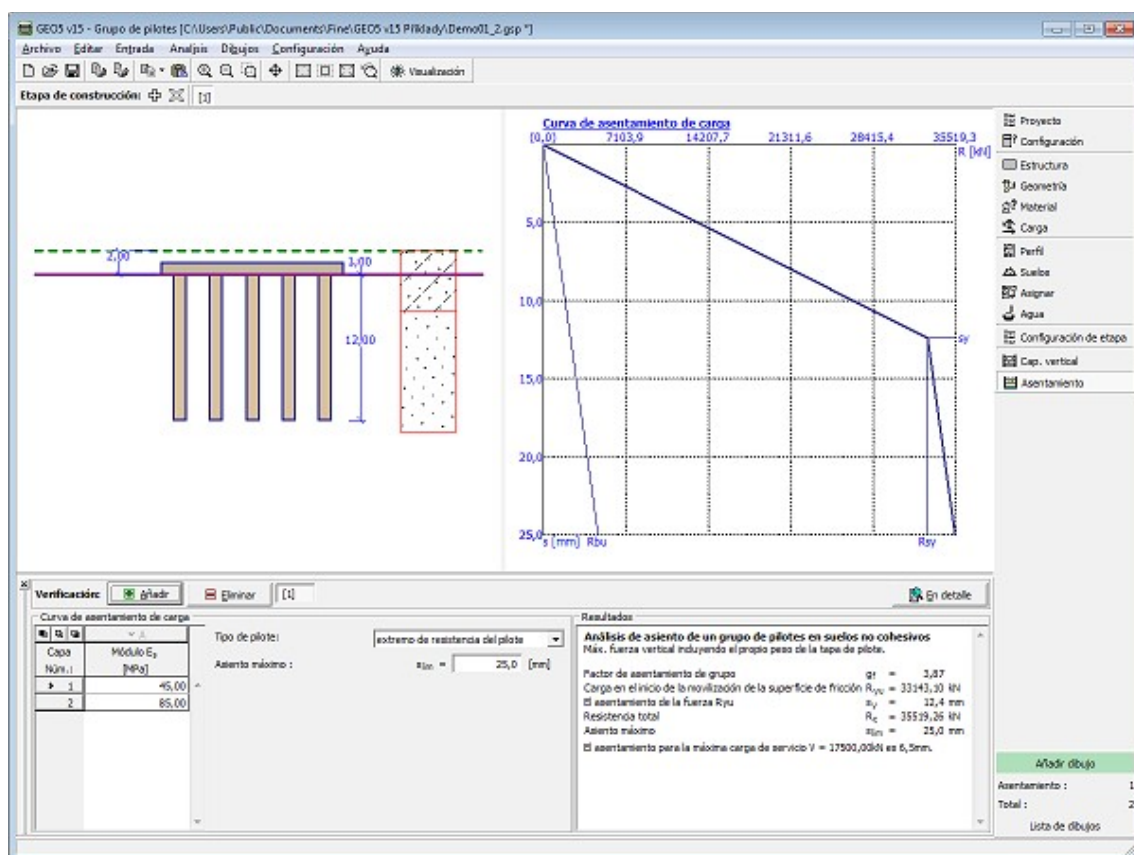
la curva carga-asentamiento de un grupo de pilotes se calcula siempre desde el **asentamiento limite ingresado**.

La tabla en la parte inferior derecha del cuadro permite especificar directamente los valores del **módulo secante del suelo** para capas de suelo relevantes.

El **resultado del análisis** se muestra en la parte derecha del cuadro.

El botón "En detalle" abre el cuadro de diálogo que contiene la descripción de los resultados del análisis de verificación.

El análisis resultante (curva de carga-asentamiento de un grupo de pilotes) se muestra en la parte derecha del escritorio.



Cuadro "Asentamiento" - suelo no cohesivo (curva de carga-asentamiento de un grupo de pilotes)

Análisis - Método spring

El **cuadro** sirve para analizar un grupo de pilotes utilizando el **método spring**. El análisis se ejecuta presionando el botón **"Analizar"**.

Al realizar el análisis, los resultados aparecen en la parte derecha del cuadro (**"Resultados"**) que proporciona información acerca de las fuerzas máximas internas, desplazamientos y rotaciones de una estructura.

Los desplazamientos de la estructura que se muestran en la ventana se determinan para las cargas de servicio. El botón **"En detalle"** abre el cuadro de diálogo que contiene una descripción detallada de los resultados del análisis de verificación.

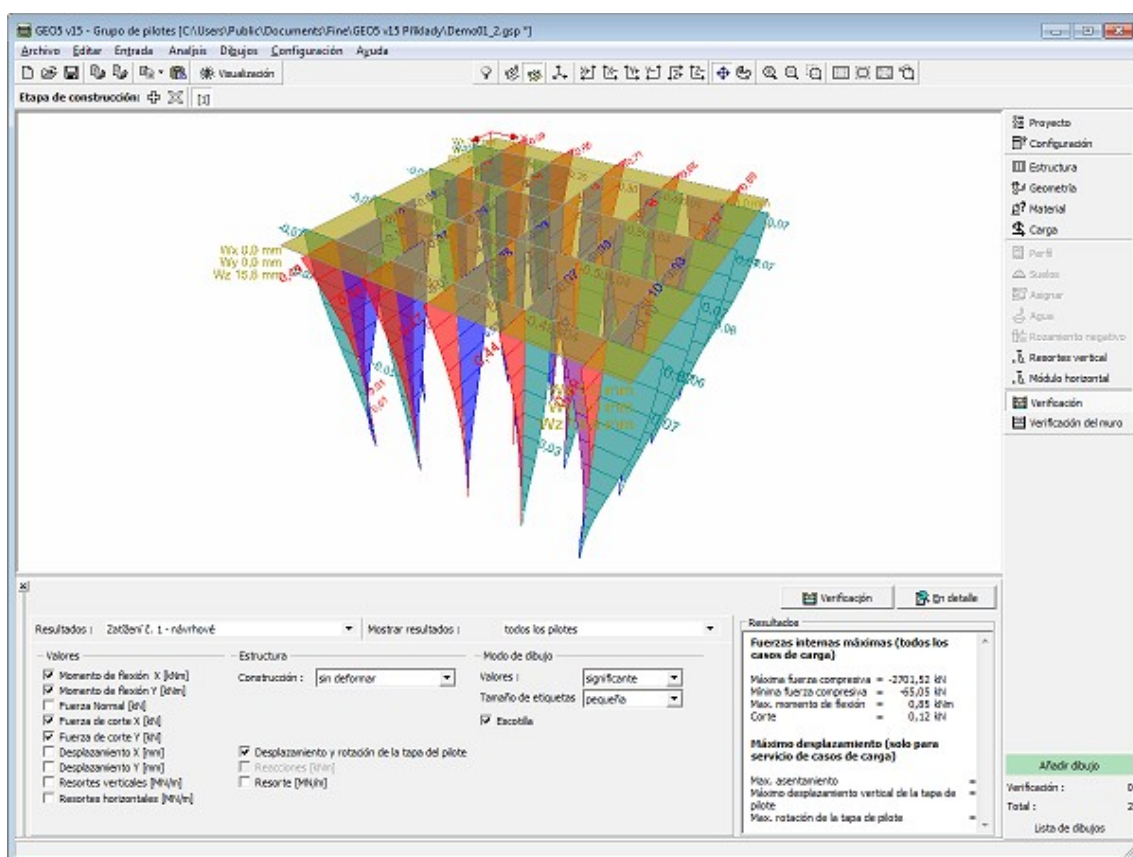
La parte izquierda del marco permite definir la forma de representación gráfica de los resultados en la pantalla:

- **Resultados** - los resultados se puede mostrar para los casos de cargas individuales o para su envolvente
- **Mostrar resultados** - los resultados se pueden mostrar para todos los pilotes o sólo para pilotes individuales
- **Valores** - visualización de los valores de variables individuales (momentos, fuerzas normales y cortantes, desplazamientos, resortes ...)

- **Estructura** - permite trazar una estructura deformada (sólo una estructura no deformada se puede mostrar para envolventes de casos de carga), luego es posible mostrar las magnitudes de las desviaciones de la tapa de pilotes, reacciones y las magnitudes de resortes en la base del pilote.
- **Modo dibujo** - define el estilo para describir los resultados

Los resultados mostrados se pueden añadir a la "Lista de dibujos" en cualquier momento y utilizarse en el **protocolo de análisis**.

La rotación, zoom y la iluminación de una estructura se puede ajustar con la ayuda de la barra horizontal herramienta de "Visualización". La visualización de los resultados se puede ajustar en la "Configuración de gráficos" de la ventana de cuadro.



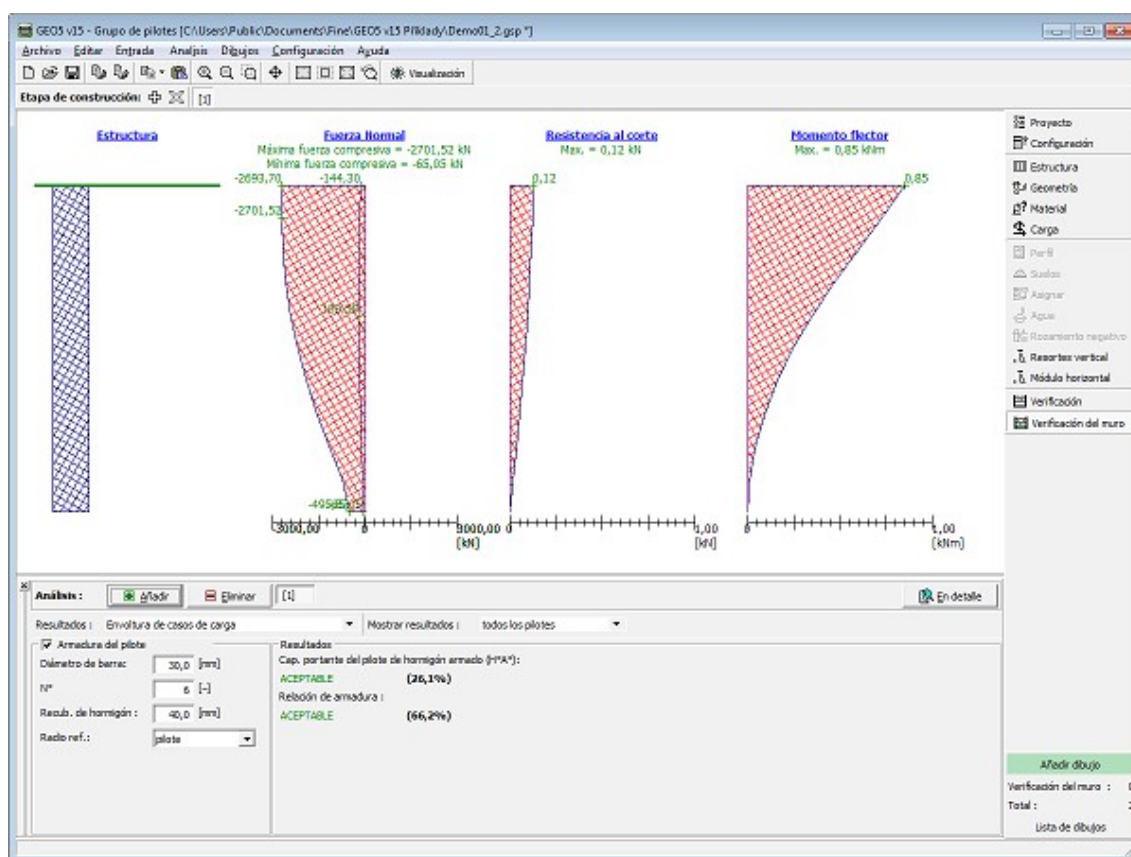
Cuadro "Verificación" - método Spring

Verificación del muro

El **cuadro** "Verificación del muro" permite al programa adoptar el resultado obtenido de los cálculos realizados y llevar a cabo el "Análisis". Tanto la envolvente de las cargas como los casos de cargas individuales pueden ser seleccionadas. el refuerzo puede ser diseñado para el pilote seleccionado o para todos los pilotes en el grupo.

El análisis de verificación para un pilote de hormigón con refuerzo de acero se lleva a cabo según el estándar seleccionado en la solapa "Materiales y estándares".

La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "Configuración de gráficos".



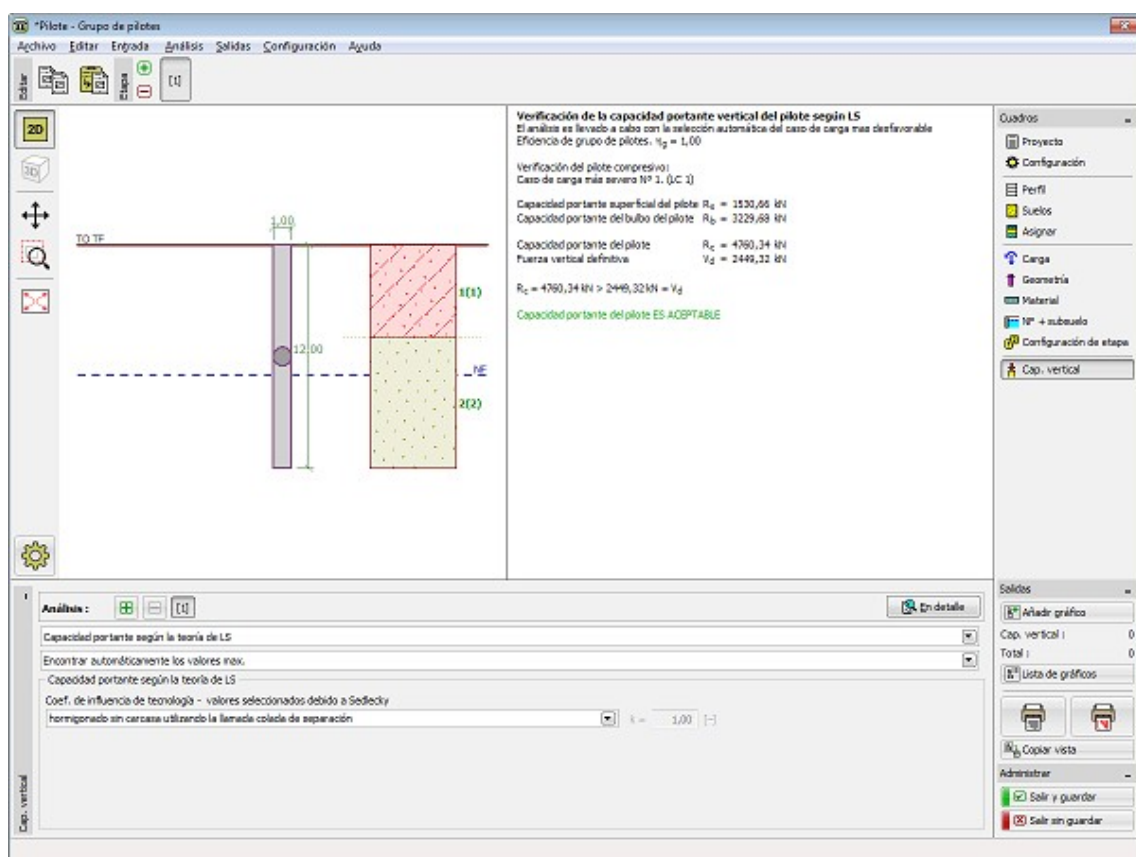
Cuadro "Verificación del muro"

Capacidad portante

El programa **"Pilote"** o **"Micropilote"** puede ser ejecutado desde el cuadro **"Cap. portante vertical"**. Según el tipo de análisis seleccionado en el cuadro **"Configuración"**. (Método spring, método spring - micropilotes).

Pilote

Al pulsar el botón **"Cap.vertical"** se ejecuta el programa **"Pilote"** y se transfieren todos los datos necesarios. En este programa es posible verificar la **capacidad portante vertical** del pilote. Si el programa **"Pilote"** no está instalado, el botón no estará disponible. Después de realizar los cálculos salimos utilizando el botón **"Salir y guardar"** y los resultados se transfieren al programa **"Grupo de pilotes"**.

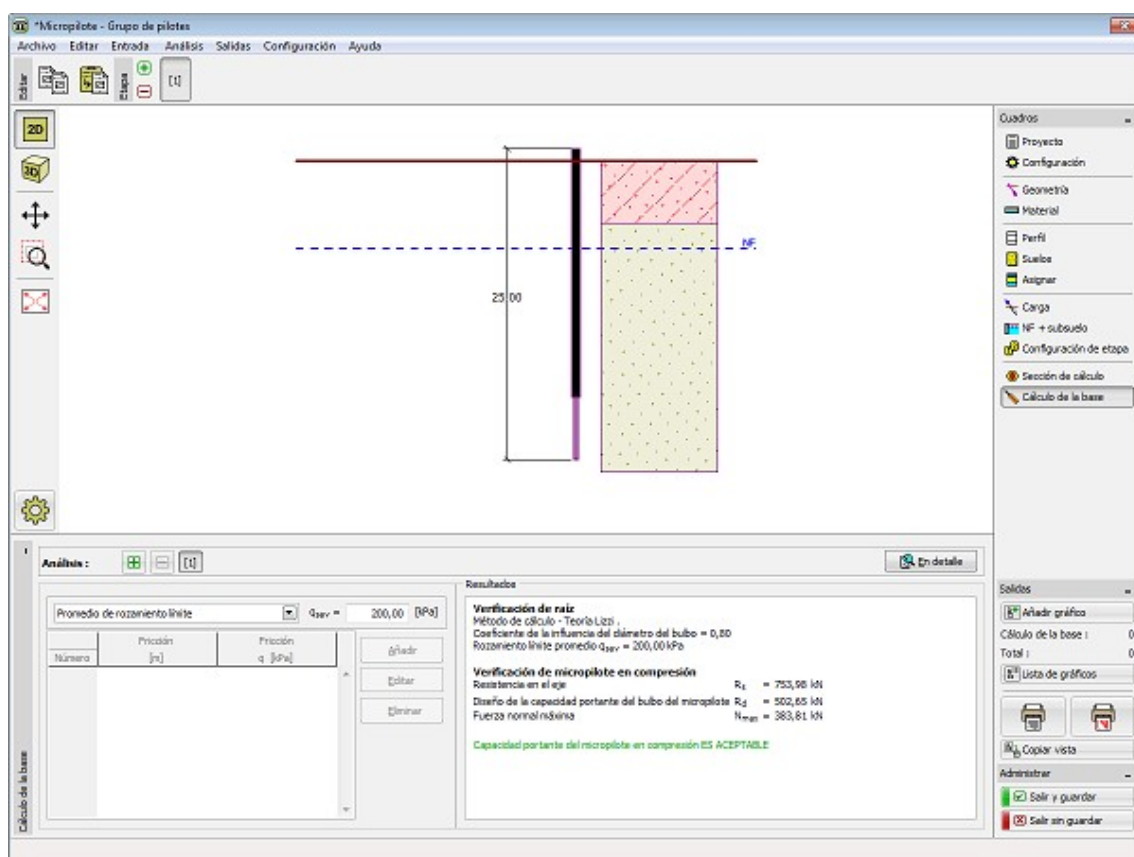


Programa "Pilote"

Micropilote

Al pulsar el botón "**Cap.vertical**" se **ejecuta** el programa "**Microilote**" y se transfieren todos los datos necesarios. En este programa es posible verificar la **sección transversal y la raíz de un micropilote**. Si el programa "**Micropilote**" no está instalado, el botón no estará disponible.

Después de realizar los cálculos salimos utilizando el botón "**Salir y guardar**" y los resultados se transfieren al programa "**Grupo de pilotes**".



Programa "Micropilote"

Programa Micropilote

Este programa se utiliza para la verificación de micropilotes de tubos de acero. En el cálculo de la capacidad portante del micropilote, el programa verifica tanto la raíz como el tallo.

La ayuda en el programa "Mircopilote" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Perfil	Suelos	Geometría	Material	Asignar
Carga	Agua	Pruebas de penetración estándar (SPT)	Prueba de presiómetro	Verificación de la sección transversal	Verificación de la raíz	

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Mircopilote**":
 - Micropilote
 - Prueba de campo

- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

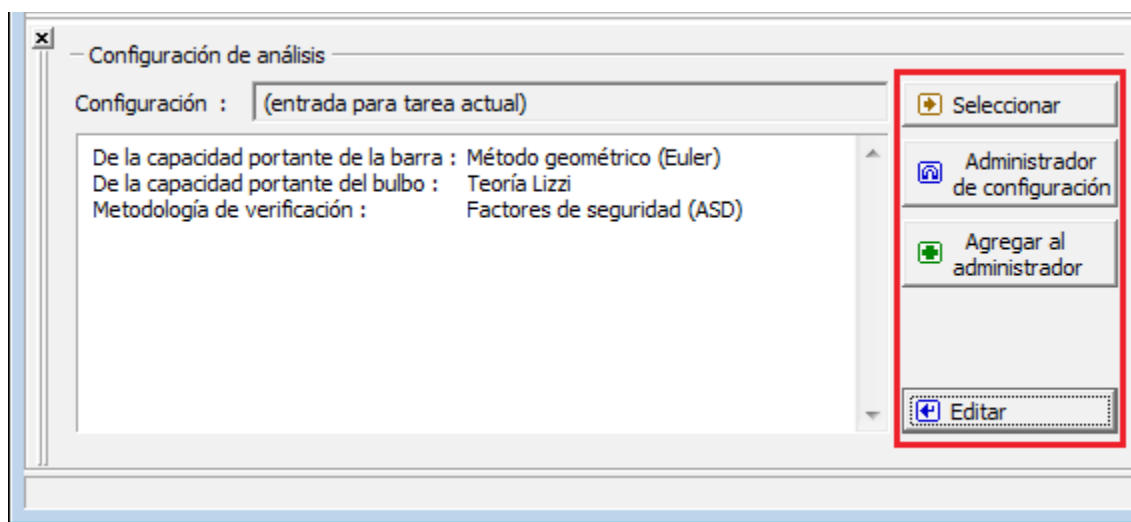
El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se lleva a cabo en la solapa "**Micropilotes**"



Cuadro "Configuración"

Perfil

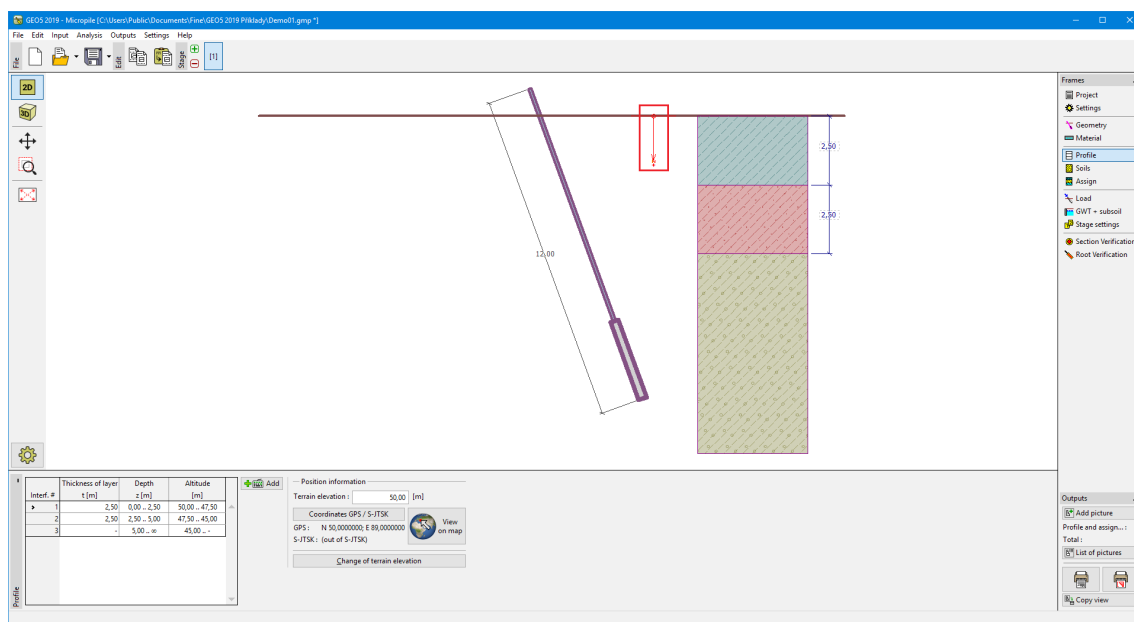
El cuadro "**Perfil**" contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón "**Ver en el mapa**" después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo "**Cambiar la elevación del terreno**" así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa "**Terreno**" y "**Estratigrafía**".



Cuadro "Perfil"

Suelos

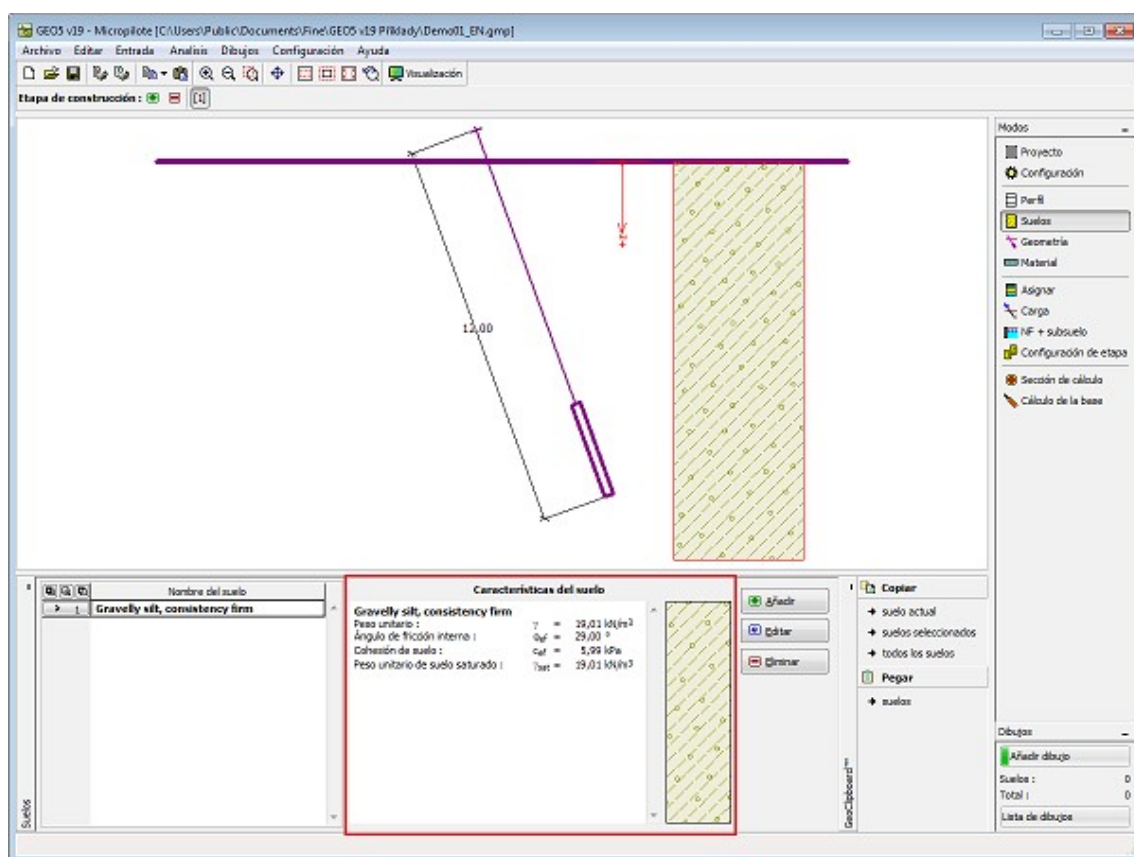
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"** y **"Aumento de Presión"**.

Estos parámetros dependen de la teoría del análisis especificado en la solapa **"Micropilotes"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para introducir parámetros básicos de suelo - **peso unitario del suelo, ángulo de fricción interna y cohesión del suelo, etc.** El valor particular es obtenido a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la [base de datos de suelos](#), que contiene valores de características de suelo. Las características de las rocas no se encuentran en la base de datos integrada, estos parámetros deben definirse manualmente. Los parámetros orientativos de rocas se presentan en la parte teórica de la [Ayuda](#) en el presente documento.

Cuando se calcula la capacidad portante del tubo según [Salase](#), por otro lado, se debe ingresar también el módulo elástico E .

La teoría asociada se describe con detalle en el capítulo "[Micropilotes](#)".

Cuadro "Añadir suelo" - "Datos Básicos"

Geometría

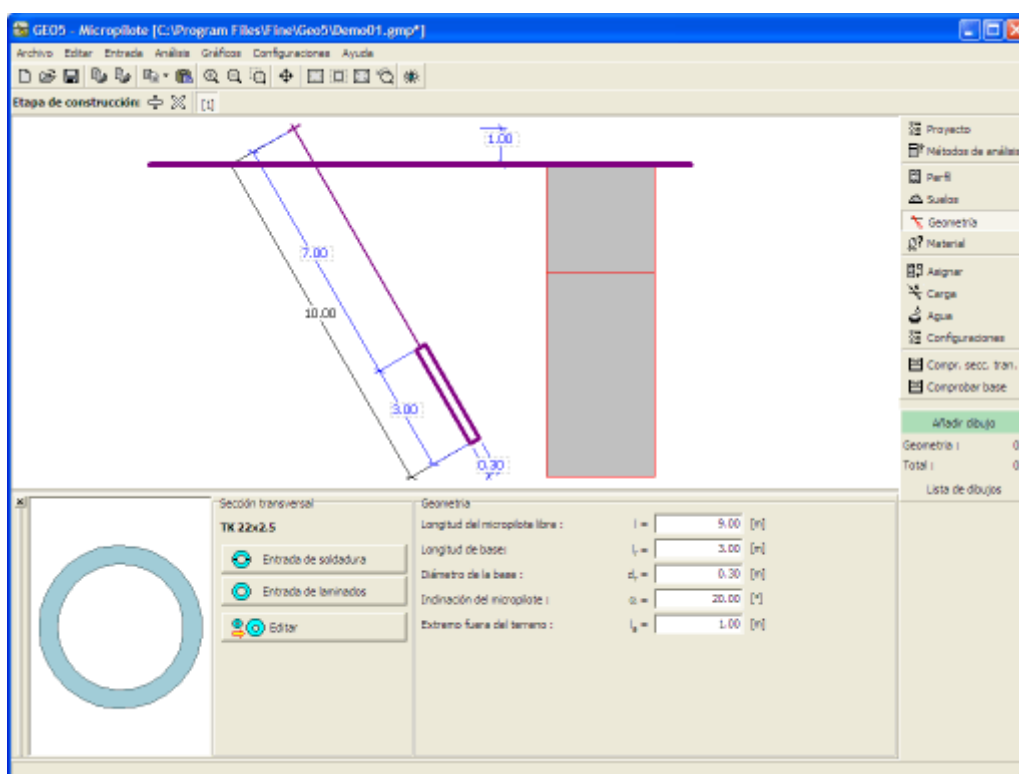
El cuadro "Geometría" permite introducir una **sección transversal de micropilote** (soldadas, laminadas).

La forma seleccionada y su representación gráfica aparecen en la parte izquierda del cuadro. La sección transversal de acero del micropilote se selecciona en el cuadro de diálogo presionando el botón "Tubo de soldadura, "Perfil circular laminado". La ventana de información, muestra una descripción detallada de los datos de la sección transversal de acero seleccionada. Los datos seleccionados pueden ser editados después de elegir el tipo de sección transversal de acero del micropilote.

Los datos de geometría básica se especifican en la parte derecha superior del cuadro:

- Longitud libre del micropilote (distancia entre la cabeza del micropilote y el origen del micropilote)
- Longitud del bulbo
- Diámetro del bulbo
- Inclinación del micropilote [según eje z] (rango desde -60° a 60° , medidos desde la vertical, un valor positivo de un ángulo de inclinación medido en sentido anti horario)
- Altura del micropilote fuera del terreno [según eje z] (fin del micropilote por encima del terreno (rango desde 0 a 10 m)

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.



Cuadro "Geometría"

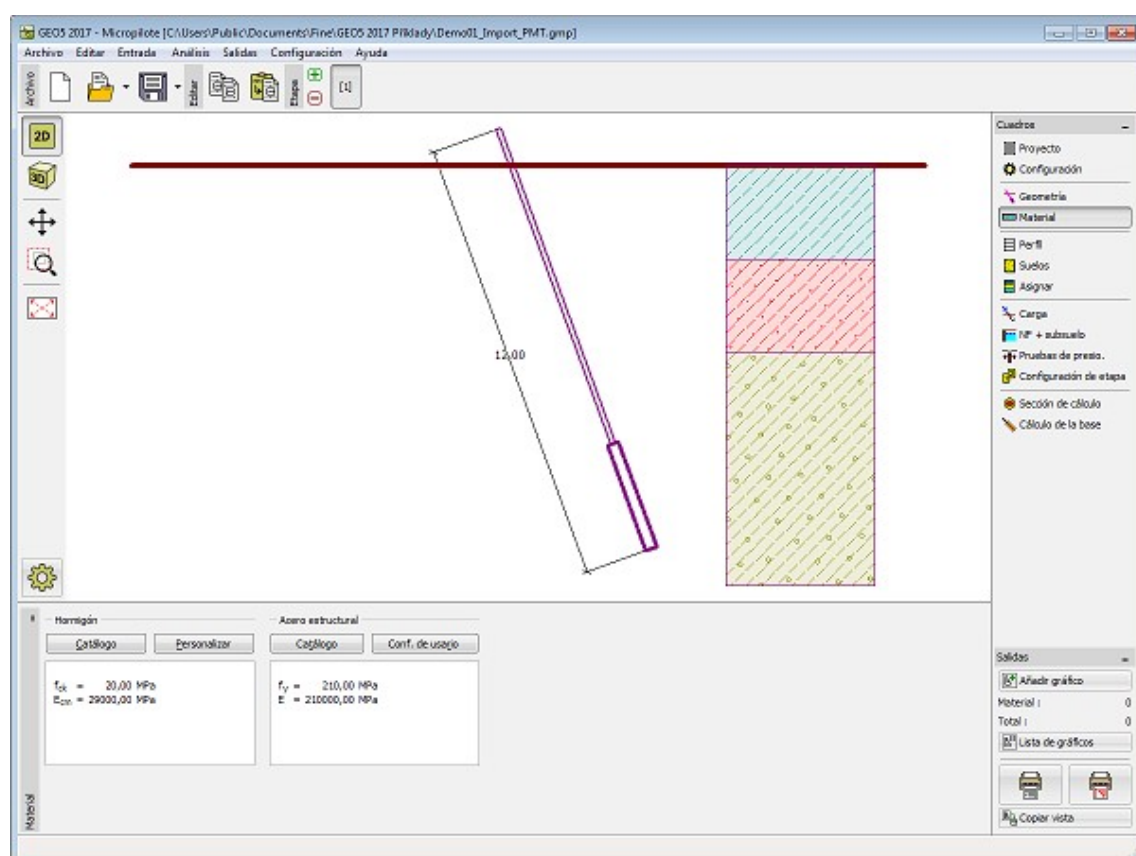
Material

El cuadro "Material" sirve para especificar parámetros de material de mezcla de cemento y acero.

Hay dos opciones disponibles al seleccionar el tipo de material:

- El botón "**Catálogo**" abre un cuadro de diálogo "**Catálogo de materiales**" para seleccionar el material deseado.
- El botón "**Personalizar**" abre el cuadro de diálogo "**Edición de material**" para especificar manualmente los parámetros de materiales.

El contenido de los catálogos depende del estándar pertinente seleccionado para hormigón o acero en la solapa "**Materiales y estándares**".

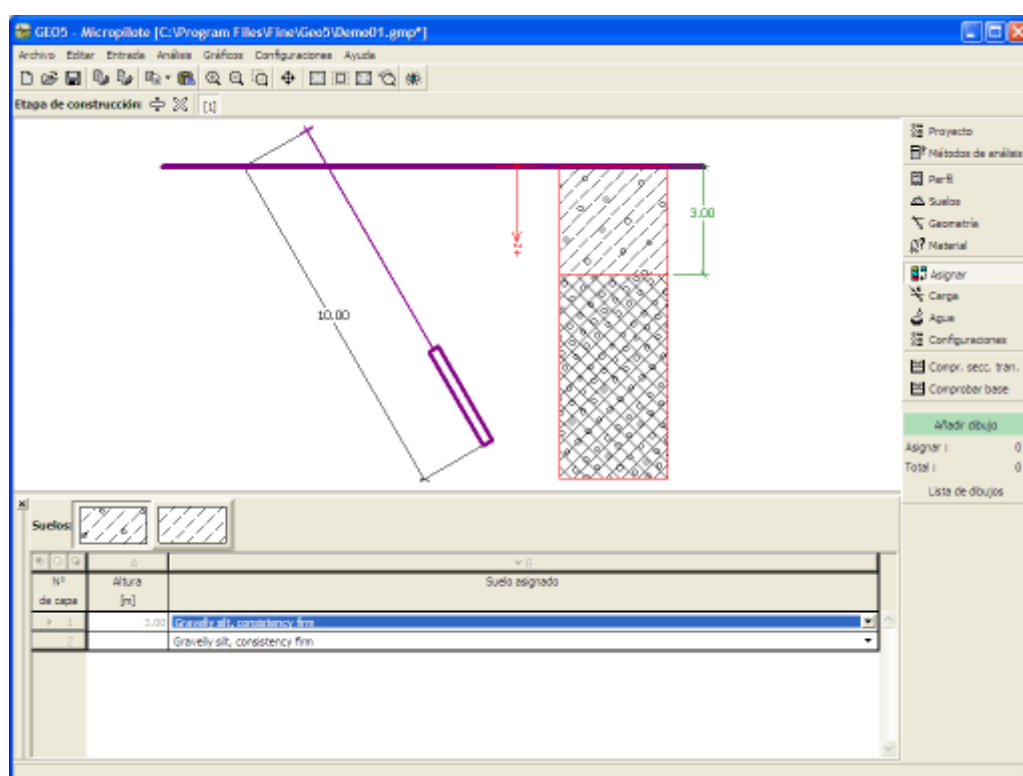


Cuadro "Material"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

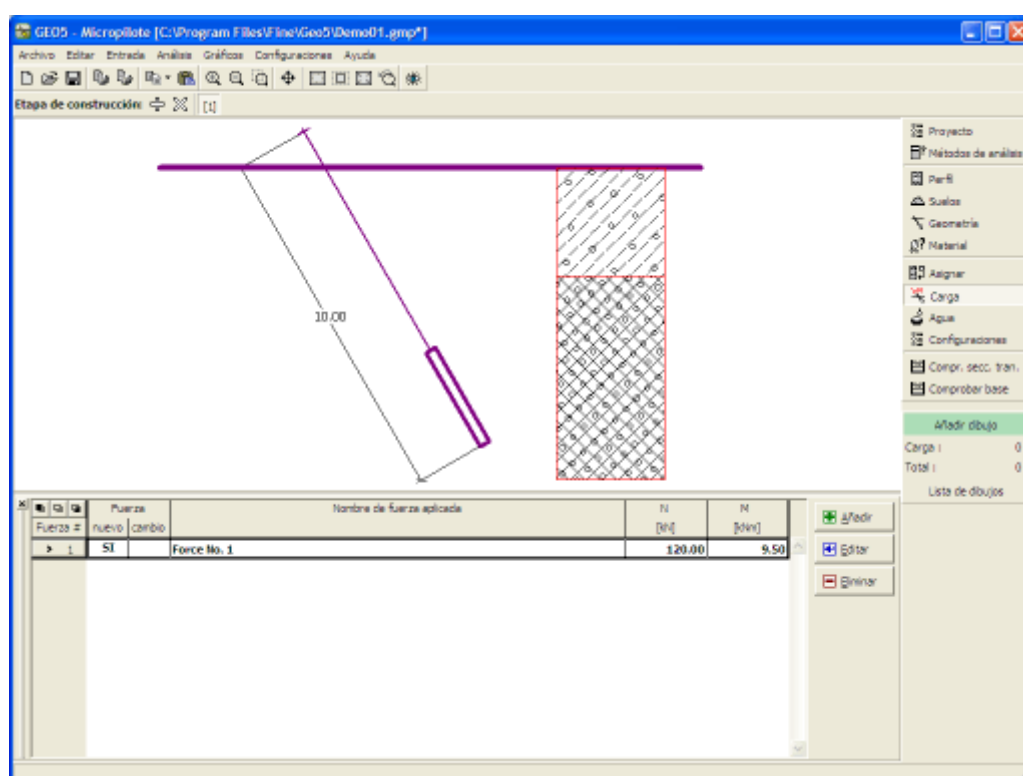
El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).



Cuadro "Asignar"

Carga

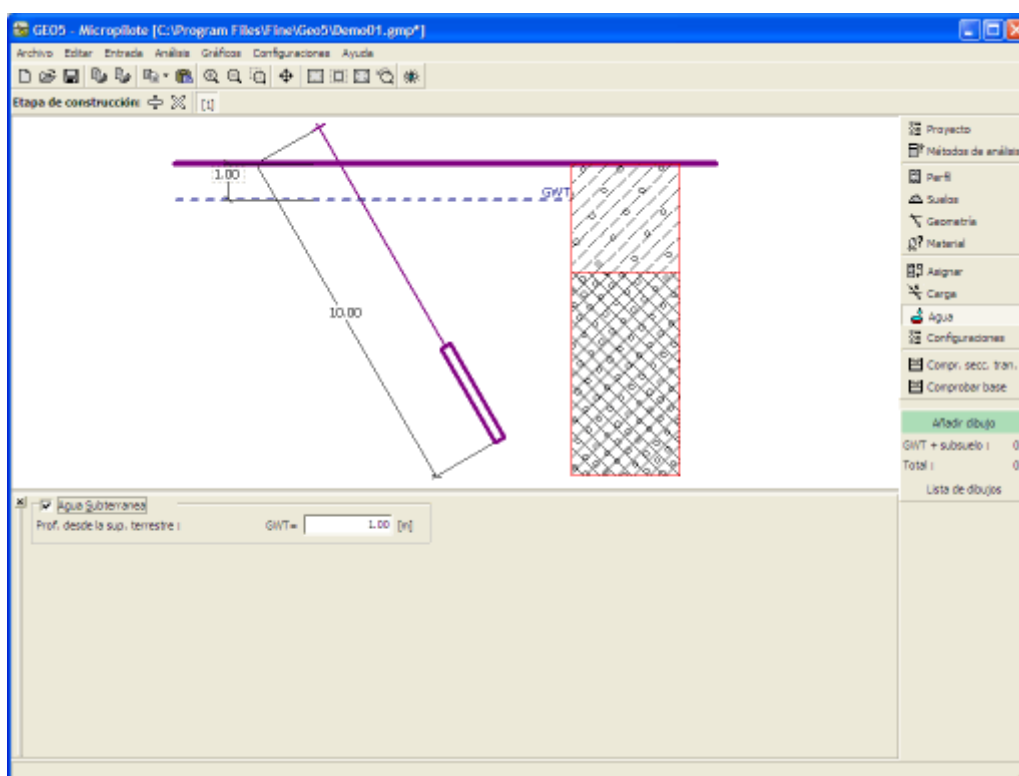
El cuadro **"Carga"** contiene una tabla con un listado de las cargas introducidas. Para añadir cargas se utiliza el cuadro de diálogo **"Nueva carga"**. Las fuerzas y momentos son introducidos siguiendo el signo de convención mostrado en la parte derecha del cuadro de diálogo.



Cuadro "Carga"

Agua

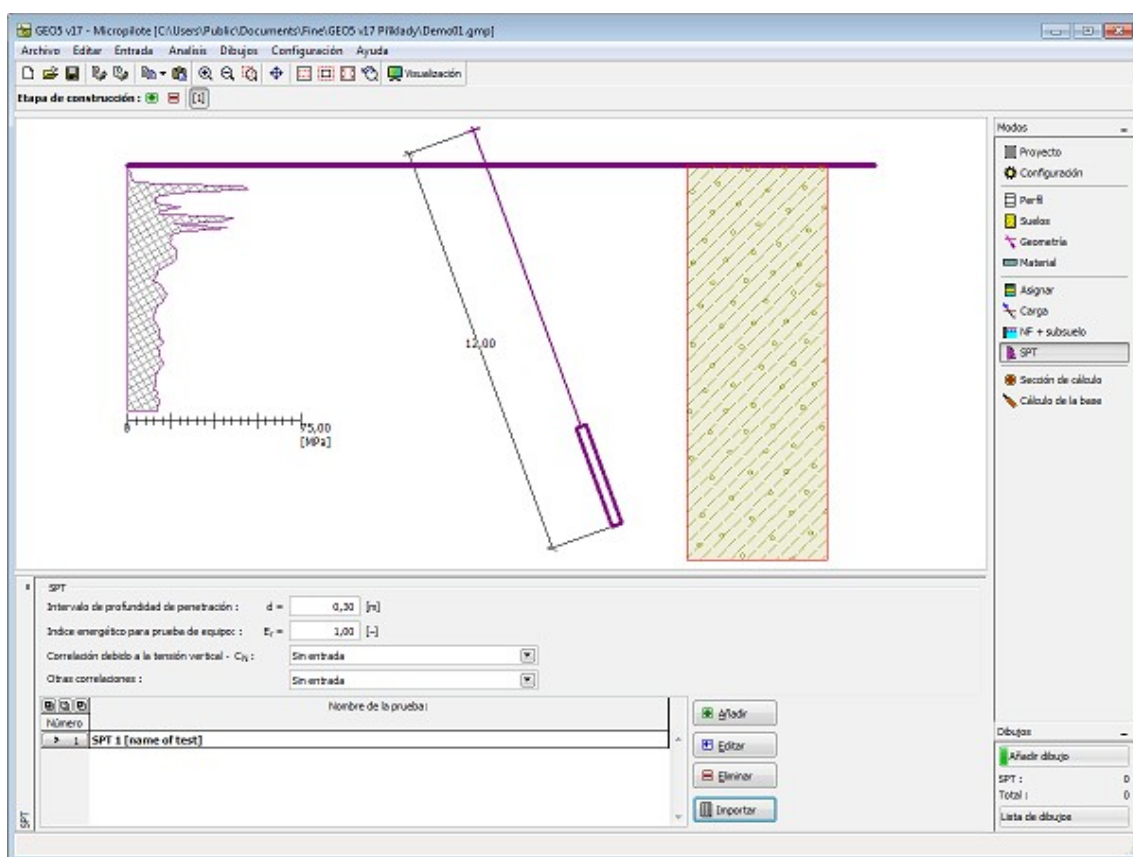
El cuadro "Agua" sirve para introducir la **profundidad de la napa freática**. El valor puede ser editado en el cuadro entrando los valores en los campos específicos, o en escritorio con la ayuda de las **dimensiones activas**.



Cuadro "Agua"

Pruebas de Penetración Estándar (SPT)

El cuadro "SPT" contiene una tabla con la lista de pruebas de penetración estándar (SPT). Los SPTs se usan en el análisis según el método de Bustamante.



Cuadro "SPT"

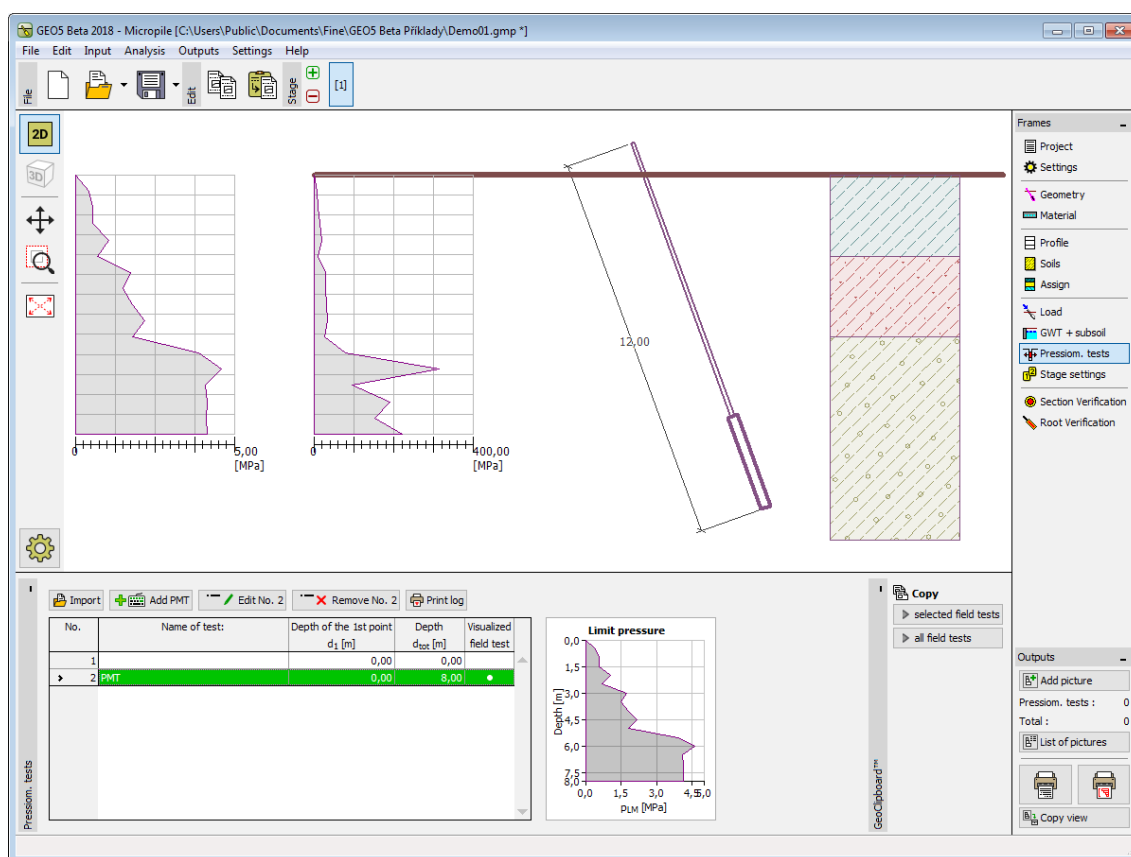
Los resultados de las Pruebas de penetración estándar (SPT) también se pueden **importar** en diferentes formatos (como: ***.TXT**, ***.CSV**, ***.XLSX**, ***.ODS**).

Los datos de los SPTs se pueden copiar en el programa "**Micropilote**", "**Zapata por CPT**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

Prueba de Presiómetro

El **cuadro** de "PMT's" contiene una **tabla** con la lista de **pruebas de presiómetro (PMT)**.

Los CPTs se usan en el análisis según el método de **Bustamante**.



Cuadro "Prueba de presiómetro"

Los resultados de las Pruebas de penetración estándar (SPT) también se pueden **importar** en diferentes formatos (como: *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Los datos de los SPTs se pueden copiar en el programa "**Micropilote**", "**Zapata por CPT**" y "**Estratigrafía**" utilizando "**GeoClipboard**".

Verificación de la barra

El resultado del análisis de la capacidad portante del tubo micropilote cargado ya sea en tensión o compresión se muestra en el **cuadro "Verificación de la barra"**. Más **cálculos** pueden llevarse a cabo en esta simple tarea. La parte izquierda del cuadro permite ingresar los módulos de reacción del suelo y considerar la **influencia de corrosión** en el análisis.

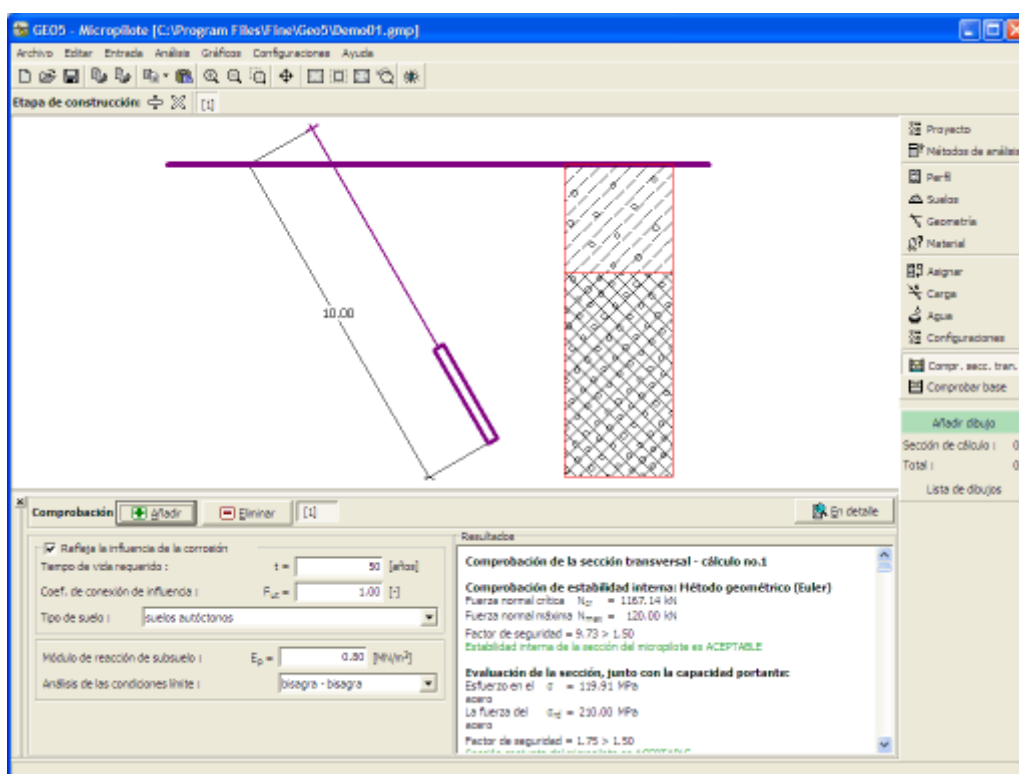
Cuando calculamos la **capacidad portante de la barra** (sección transversal micropilote) el programa hace diferencia entre el micropilote cargado en tensión o en compresión.

En el caso de tensión el programa determina **capacidad portante de la sección acoplada** (la tensión de la mezcla de hormigón no se considera).

En el caso de compresión el programa examina ambas, **capacidad portante de la sección acoplada** y **estabilidad interna de la sección**, dependiendo del método configurado en la solapa "**Micropilote**".

El resultado del análisis se muestra en la parte derecha de la ventana. El botón "**En detalle**" abre un cuadro de diálogo listando los resultados del análisis en forma detallada.

La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro "**Configuración de gráficos**".



Cuadro "Verificación de la sección transversal"

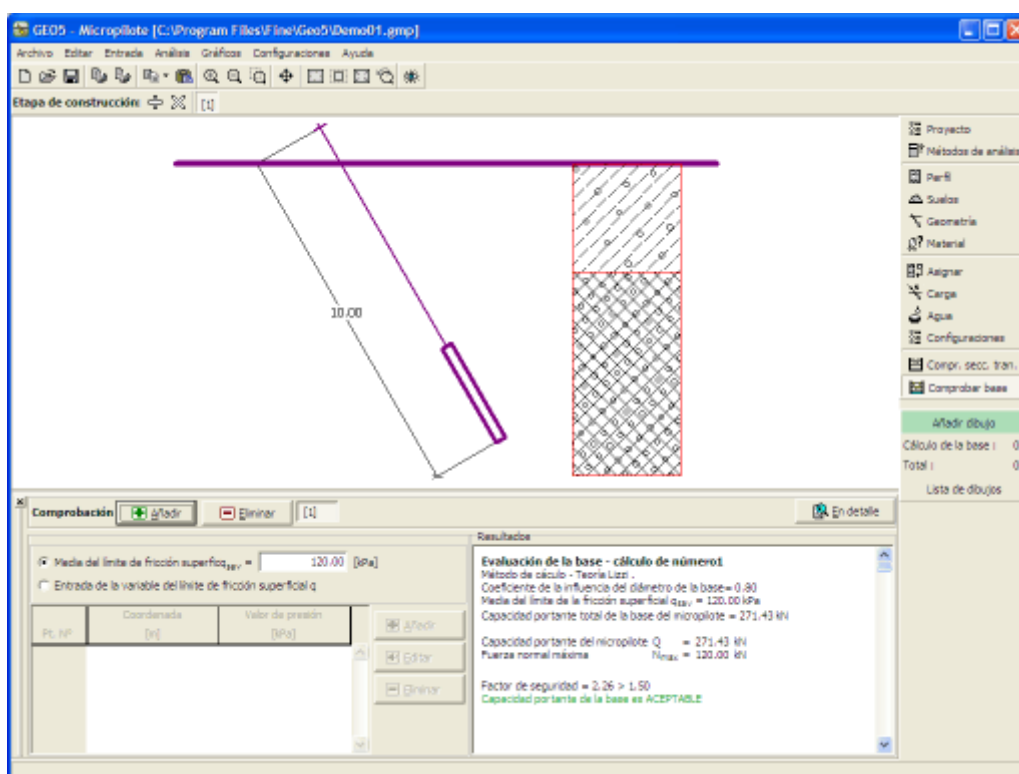
Verificación del bulbo

El análisis de resultado se muestra en el cuadro **"Verificación del bulbo"**. Varios cálculos pueden llevarse a cabo para una simple tarea. El límite de fricción superficial puede ser especificado en la parte izquierda del cuadro.

El proceso de examinar la raíz del micropilote se describe en detalle en [herencia](#).

El resultado del análisis se muestra en la parte derecha del cuadro. El botón **"En detalle"** abre un cuadro de diálogo listando los resultados del análisis en forma detallada.

La visualización de los resultados se puede ajustar en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación del bulbo"

Programa Losa

El programa Losa se utiliza para el análisis de las esteras de cimentación y losas de cualquier forma en el subsuelo elástico, usando el método de elementos finitos.

La ayuda en el programa "Losa" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Juntas	Líneas	Macroelementos	Aberturas	Refinado de Juntas
Refinado de Líneas	Refinamientos de	Generar Malla	Soporte de Juntas	Soporte de Líneas	Vigas	Bisagras internas
Subsuelos de Macroelementos	Casos de carga	Cargas de juntas	Cargas de líneas	Cargas de macroelementos	Cargas de punto libres	Cargas de línea libre
Cargas de área libre	Combinación ULS	Combinación SLS	Parámetros de dimensionamiento	Dimensionamiento de macroelemento	Verificación	Valores
Distribuciones						

- **Estándares y métodos de análisis**
- **Teoría** para dimensionado de estructuras de hormigón
- **Salidas**
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para ingresar los datos básicos del proyecto y especificar la configuración general de la ejecución del análisis. El cuadro contiene un formulario de entrada para introducir los datos básicos sobre las tareas de análisis. Ejemplo: Información del proyecto, descripción, fecha, etc. Esta información luego será utilizada en los **textos y gráficos de salida**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón "**Seleccionar**" permite elegir configuraciones ya creadas de la "**lista de configuración**".

El botón "**Administrador de configuración**" abre el cuadro "**Administrador**", el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón "**Añadir al administrador**" permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

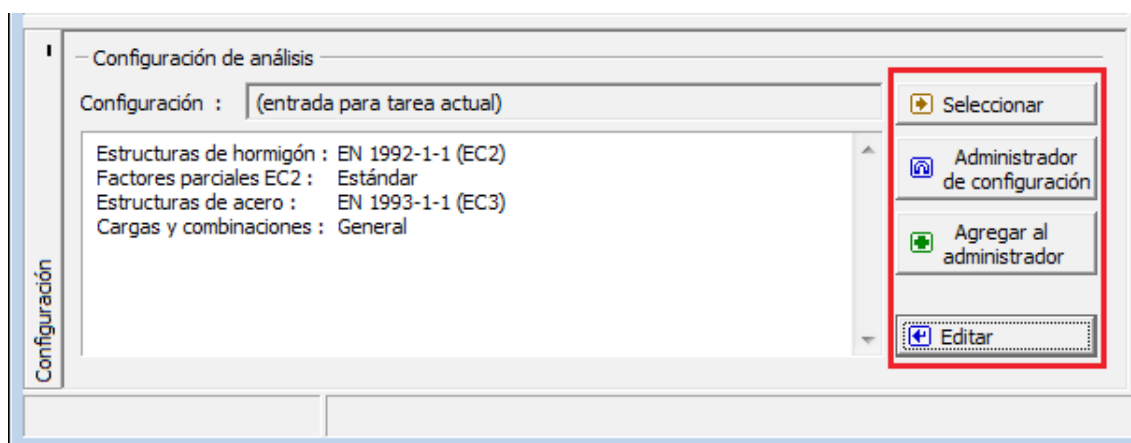
El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título "**Entrada para tarea actual**".

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de los parámetros de análisis se llevan a cabo en la solapa "**Materiales y estándares**".

El programa permite al usuario especificar las dimensiones de soporte y **reducir los momentos de dimensionamiento**.

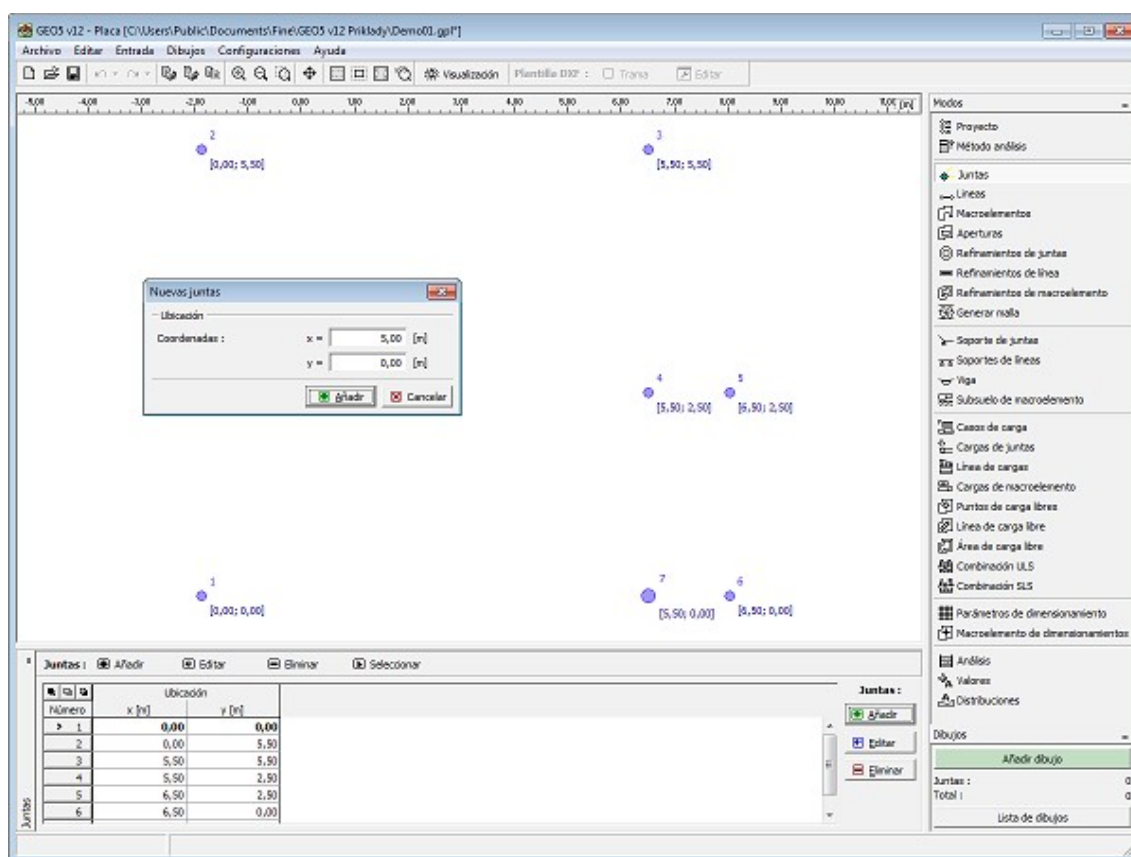


Cuadro "Configuración"

Juntas

El cuadro "**Juntas**" contiene una **tabla** con la lista de juntas ingresadas. **Añadir** (editar) juntas se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas Juntas"**.

Las juntas pueden incluso ser editadas desde el escritorio, con la ayuda de los **objetos activos**.



Cuadro "Juntas"

Líneas

El cuadro "Líneas" contiene una tabla con la lista de líneas ingresadas. **Añadir** (Editar) líneas se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevas Líneas".

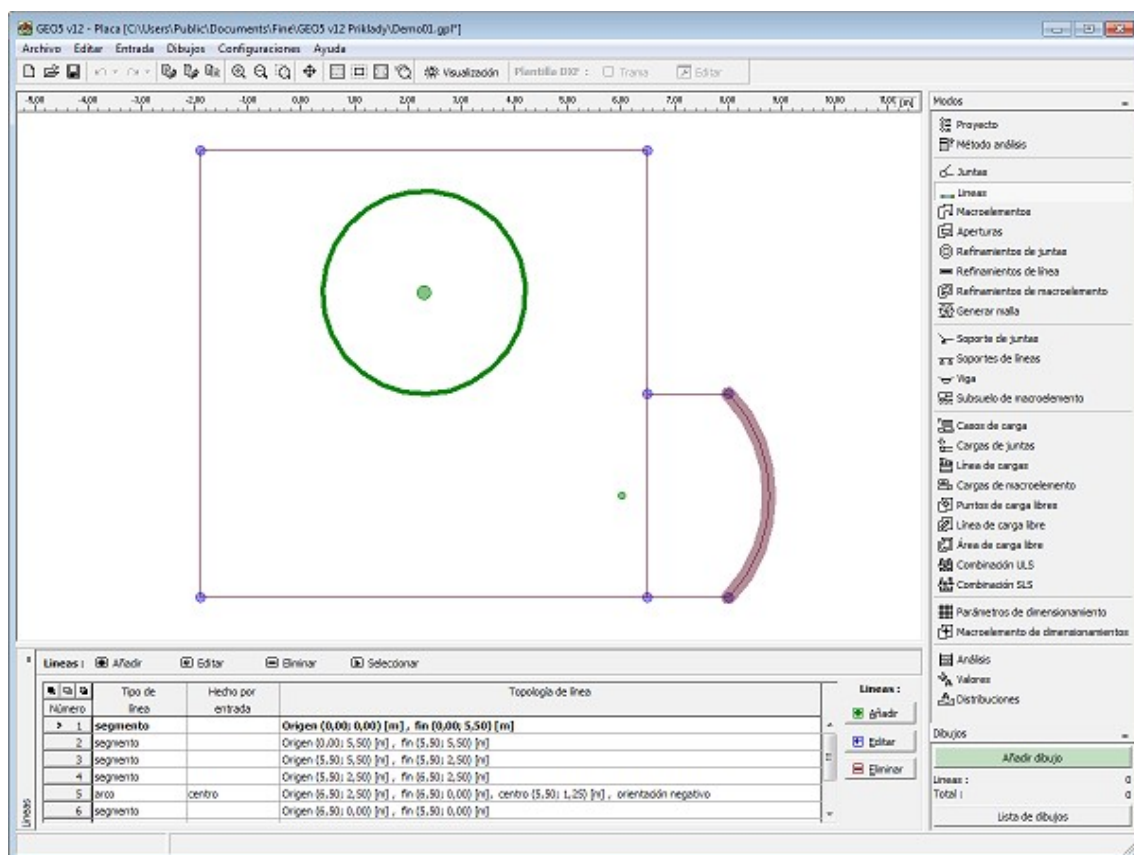
Las líneas se definen **entre puntos individuales** (segmento, arco, círculo) o alrededor de puntos individuales (círculos). Las líneas pueden arbitrariamente cruzarse o tocarse entre ellas. La intersección de entrada de líneas es identificada automáticamente por el programa cuando se corrigen las entradas geométricas.

Los siguientes modos están disponibles:

- **Tipo de línea** La lista desplegable se utiliza para seleccionar el tipo de línea deseado. (segmento, arco, círculo).
 - **segmento** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en una junta ingresa una ubicación de línea.
 - **arco** Utilice el listado desplegable para elegir el modo particular de arco segmento (tercer punto, centro, radio, altura). Hacer clic con el botón izquierdo del mouse en el escritorio y luego seleccionar puntos para definir el arco. Cuando seleccione una de las siguientes opciones - centro, radio o ángulo incluido, se le solicitará que seleccione la orientación (positiva, negativa) desde el listado desplegable.
 - **círculos** Utilice el listado desplegable para elegir el modo particular de círculo

(tres puntos, centro, radio). Hacer clic con el botón izquierdo del mouse en el escritorio y luego seleccionar puntos para definir el círculo. El listado desplegable se utiliza además para seleccionar la orientación (positiva, negativa).

Las líneas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

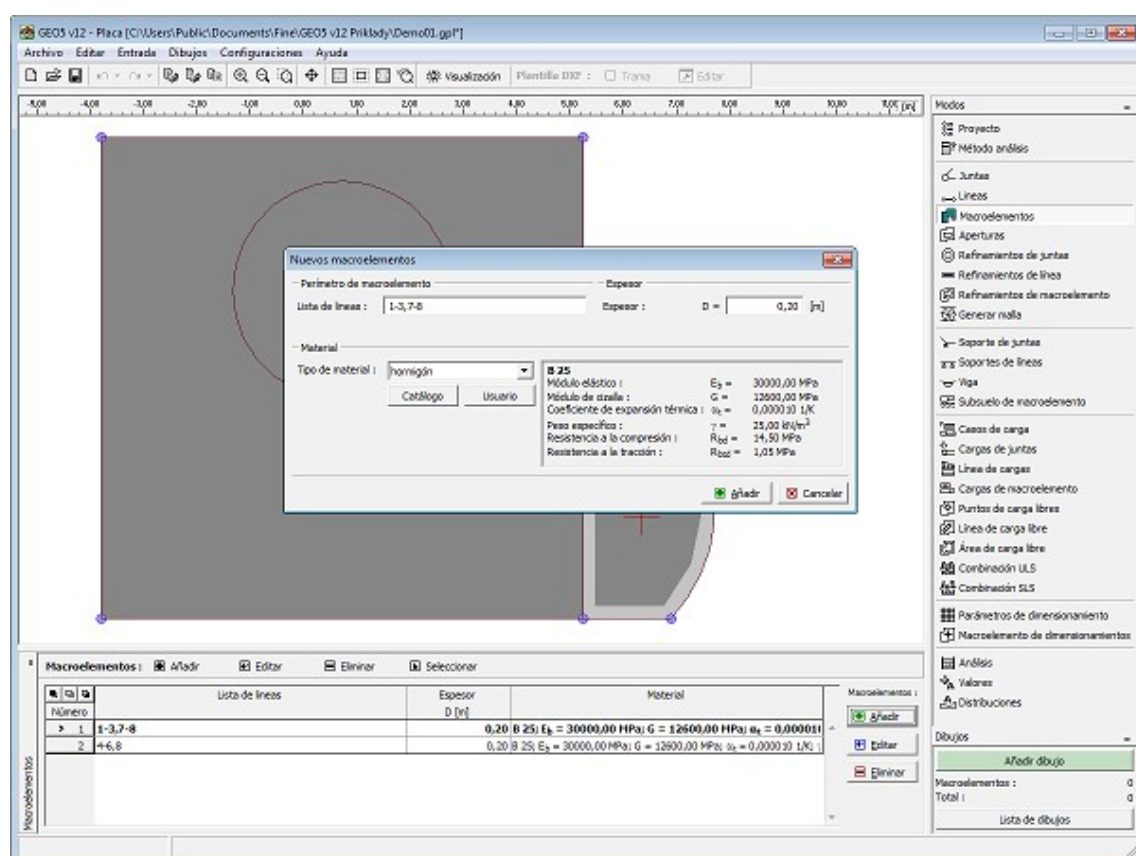


Cuadro "Líneas"

Macroelementos

El cuadro **"Macroelementos"** contiene una **tabla** con una lista de macroelementos de entrada. **Añadir** (editar) macroelementos se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevos Macroelementos"**. El cuadro de diálogo sirve para ingresar una lista de líneas definidas de un esquema de macroelemento, su espesor y material. El material del macroelemento puede ser seleccionado desde el cuadro de diálogo de materiales o incluso manualmente utilizando el cuadro de diálogo **"Editar Material"**.

Los macroelementos también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



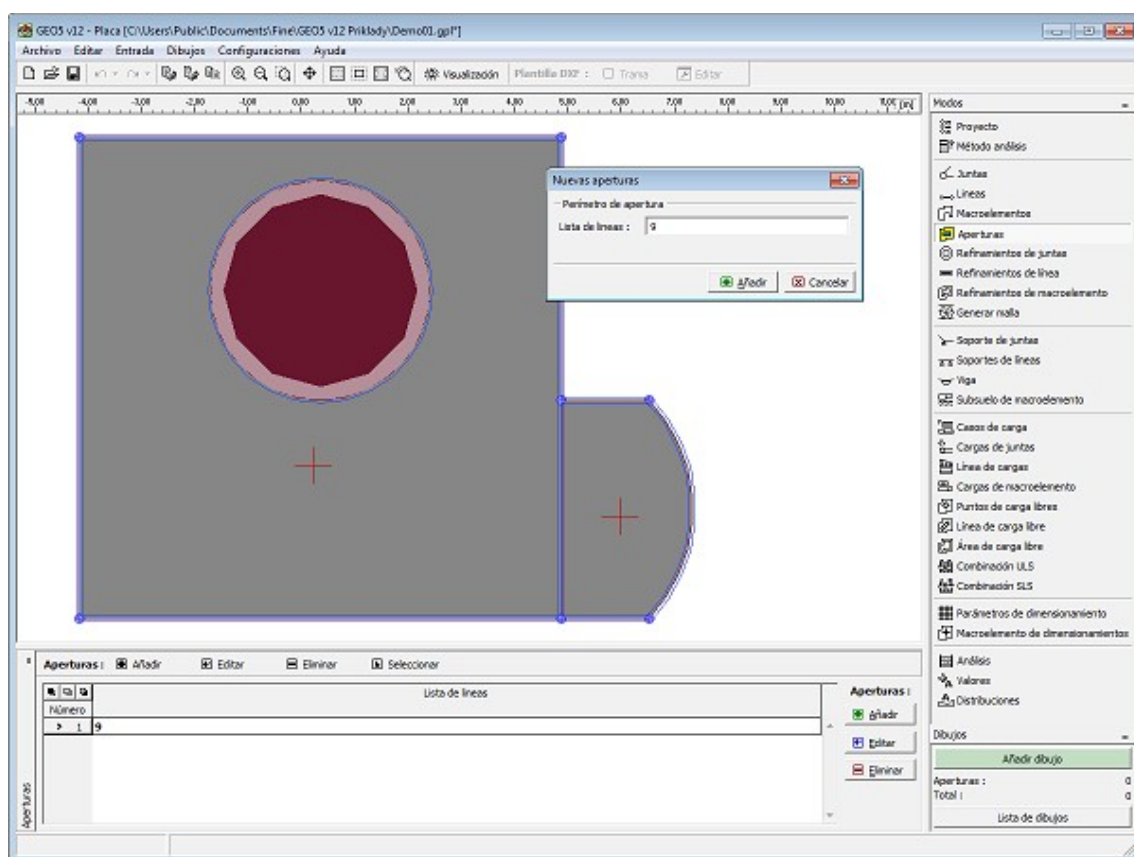
Cuadro "Macroelementos"

Aberturas

El cuadro **"Aberturas"** contiene una tabla con una lista de aberturas de entrada.

Añadir (editar) aberturas se lleva a cabo en el cuadro de diálogo **"Nuevas aberturas"**.

Las aberturas ingresadas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



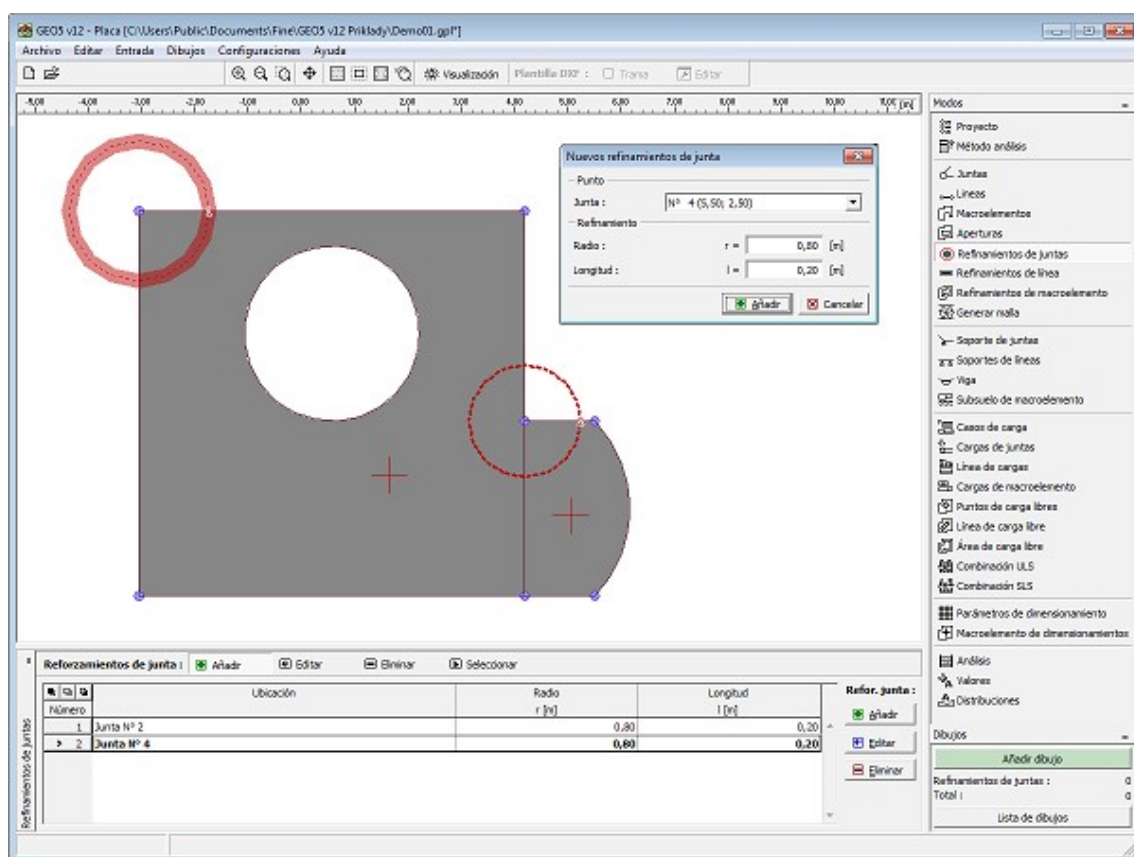
Cuadro "Aberturas"

Refinado de Juntas

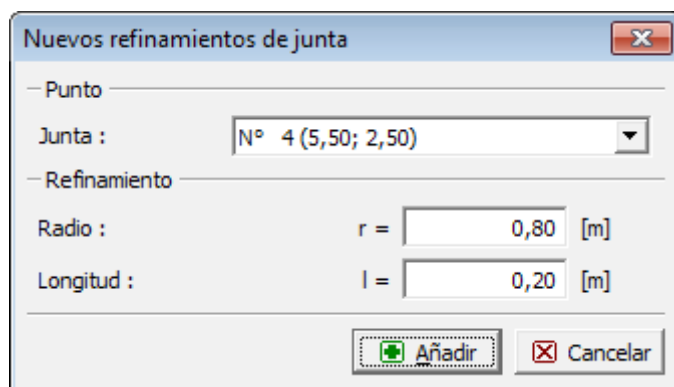
El cuadro **"Refinado de Juntas"** contiene una tabla con una lista de refinamiento de juntas ingresadas. Para **Añadir** refinamiento de juntas vaya al cuadro de diálogo **"Nuevos refinados de juntas"**.

El **refinamiento de elementos finitos de una malla** alrededor de una junta es una característica importante, que permite crear una **malla de elementos finitos** apropiada.

Los refinamientos de juntas también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Refinamientos de juntas"



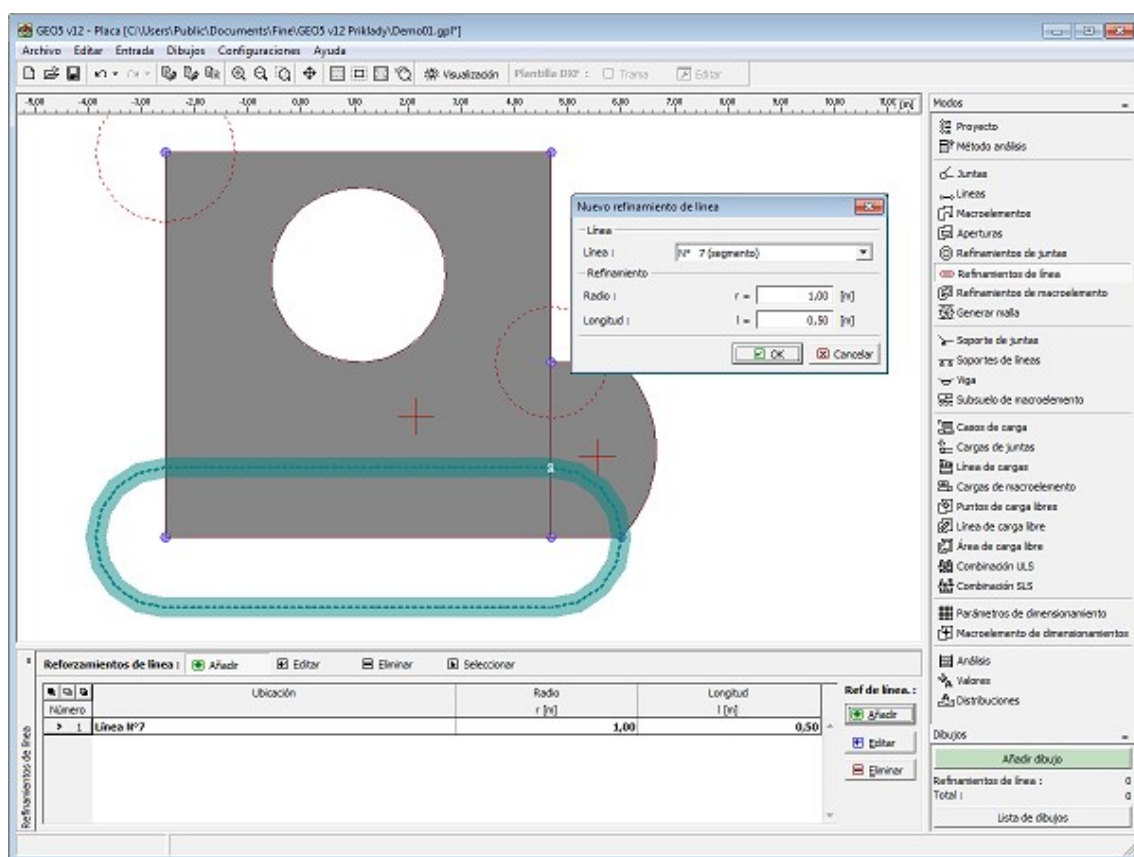
Cuadro de diálogo "Nuevo refinamiento de junta"

Refinado de Líneas

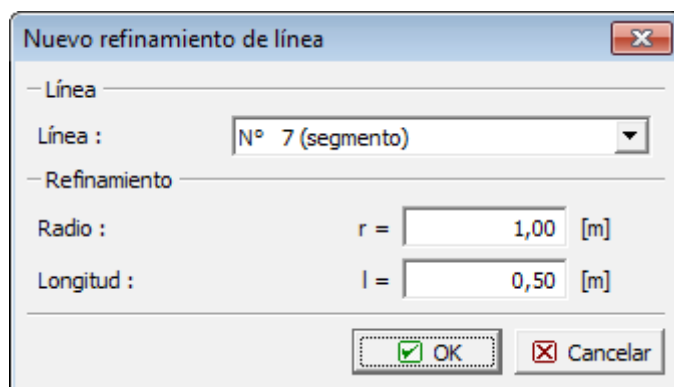
El cuadro "Refinamientos de Líneas" contiene una tabla con una lista de refinamiento de líneas ingresadas. Añadir refinamiento de líneas se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevos refinamientos de líneas".

El refinamiento de elementos finitos de una malla alrededor de una línea es una característica importante, que permite crear una malla de elementos finitos apropiada.

Los refinamientos de líneas también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de objetos activos.



Cuadro "Refinamientos de línea"



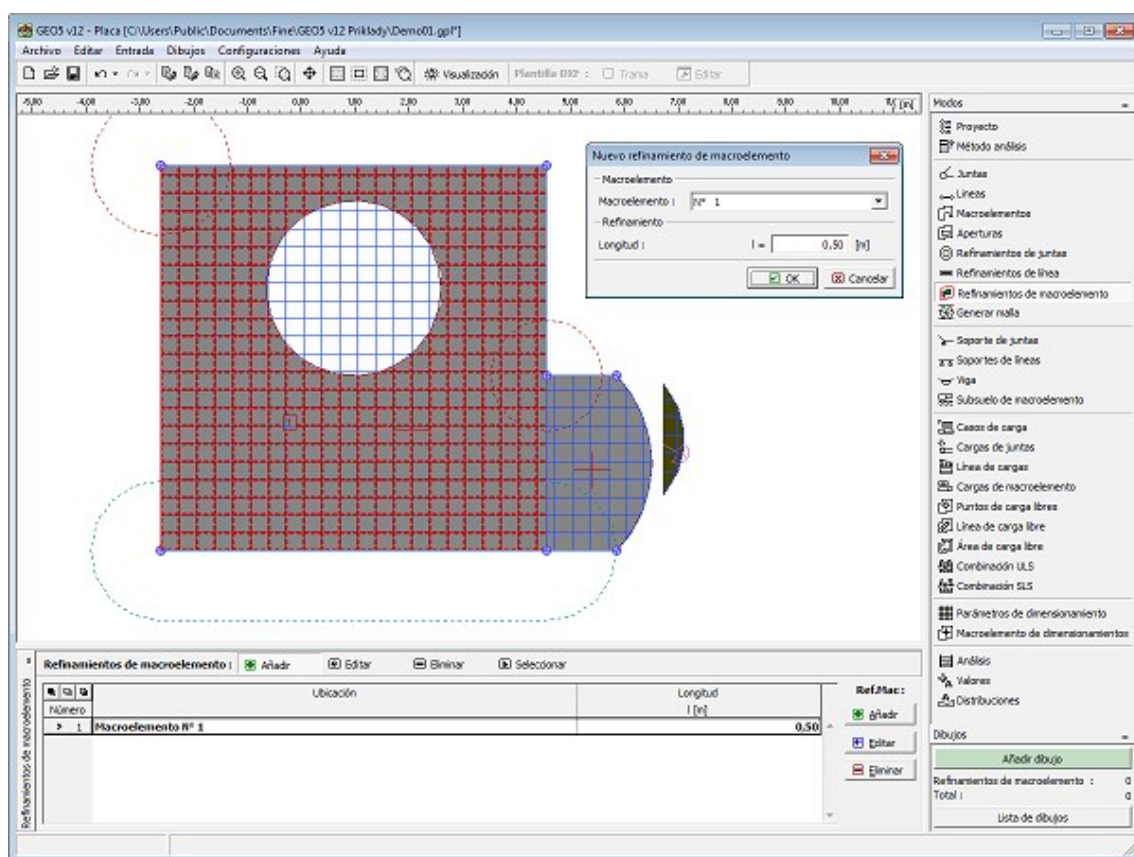
Cuadro de diálogo "Nuevo refinamiento de líneas"

Refinamientos de macroelemento

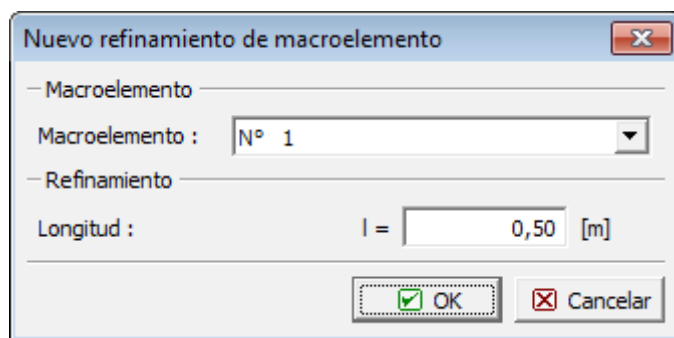
El cuadro **"Refinamientos de Macroelementos"** contiene una tabla con una lista de refinamientos de macroelementos ingresados. **Añadir** un refinamientos de macroelementos se lleva a cabo en el cuadro de diálogo **"Nuevos refinamientos de Macroelementos"**.

El perfeccionamiento de la malla de elementos finitos de macroelementos es una importante característica, que permite crear una **malla de elementos finitos** apropiada.

Los refinamientos de macroelementos también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Refinamientos de macroelementos"



Cuadro "Nuevo refinamiento de macroelemento"

Generar de Malla

El cuadro **"Generar de malla"** sirve para definir las características básicas para generar una malla (longitud de un elemento limite, tipo de malla, suavizado de malla) y para visualizar la información sobre la malla generada (parte derecha). El botón **"Análisis de errores"** permite visualizar el error listado en la parte derecha del cuadro (listado de los problemas de la estructura).

En la parte derecha de la pantalla se muestra la información sobre la malla **resultante** **incluyendo alertas** sobre posibles puntos débiles en la malla.

Una parte arbitraria de la placa especificada por **líneas** (segmentos, arcos, círculos) puede ser de malla. La placa puede ser formada por uno o mas **macroelementos** todos con un espesor

constante y de propiedades de materiales idénticos, y puede contener un número arbitrario de **aberturas**. Adicionalmente, es posible introducir puntos internos y líneas que pueden ser luego consideradas como nodos de malla y bordes. Las **juntas** a lo largo de las **líneas** y dentro de los **macroelementos** permiten el refinamiento de mallas, las cuales son caracterizadas por la longitud requerida de los elementos límites en el centro del refinamiento y por el radio del refinamiento. El usuario puede elegir una malla puramente triangular o una malla híbrida compuesta de elementos triangulares y cuadriláteros. El algoritmo de mallado está basado en la triangulación de Delaunay reforzado por varios métodos para modificar y optimizar la malla de elementos finitos. Los nodos de malla son automáticamente reenumerados para minimizar el esfuerzo de cálculo.

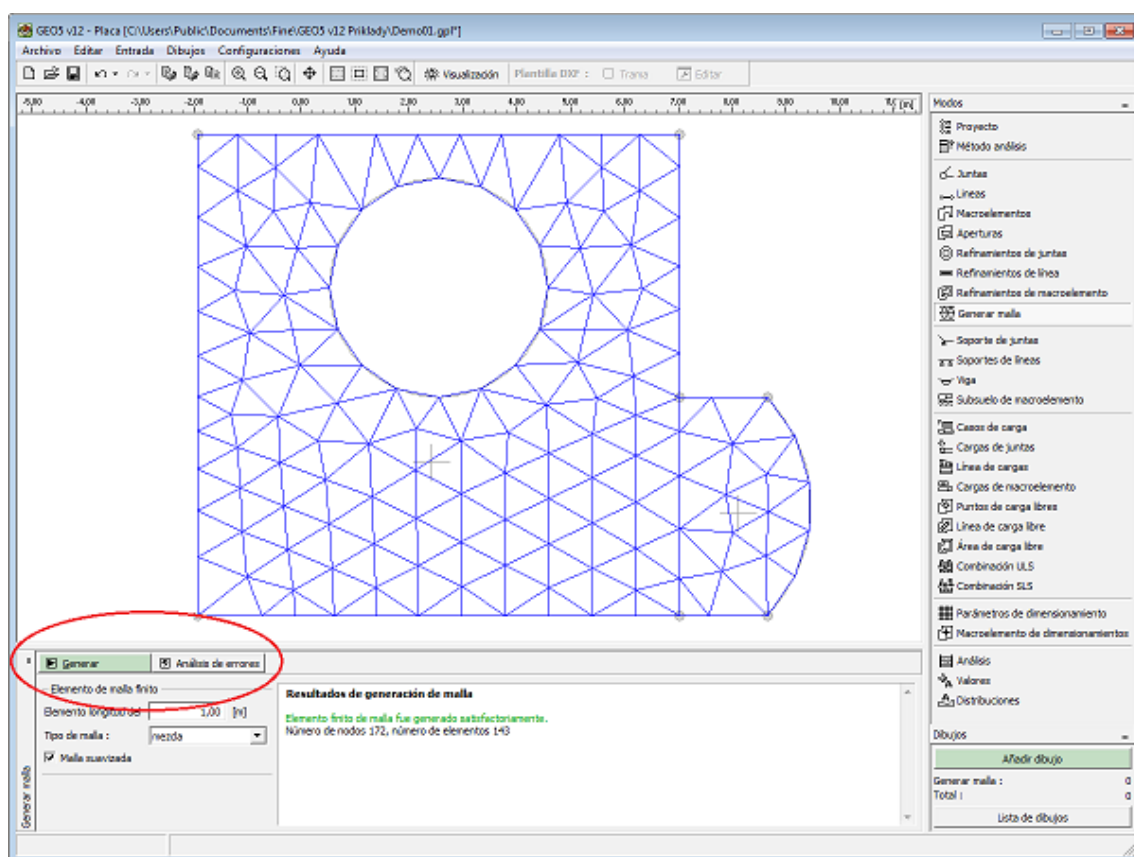
La malla de elementos finitos generados correctamente es indispensable para lograr resultados favorables. Óptimos son los elementos triángulos equiláteros y cuadriláteros. El programa contiene un generador automático integrado de malla que simplifica considerablemente esta tarea. La densidad básica de malla se especifica en la ventana "**Generar malla**". El perfeccionamiento de la malla incrementa la exactitud de los resultados. Sin embargo, una alta densidad de malla retrasa considerablemente la solución y la visualización subsiguiente de los resultados. El objetivo es pues, crear una malla refinada óptimamente - Esto depende fuertemente de la experiencia del usuario.

Gracias a la eficiencia del generador de mallas, no hay problemas en ajustar los parámetros hasta que se obtiene la malla óptima. La calidad de la malla se mantiene luego con la ayuda del algoritmo de suavizado incorporado, el cual puede deshabilitarse. El paso de análisis actual es extremadamente rápido, incluso para mallas relativamente densas.

Se recomienda el siguiente proceso para generar malla de elementos finitos:

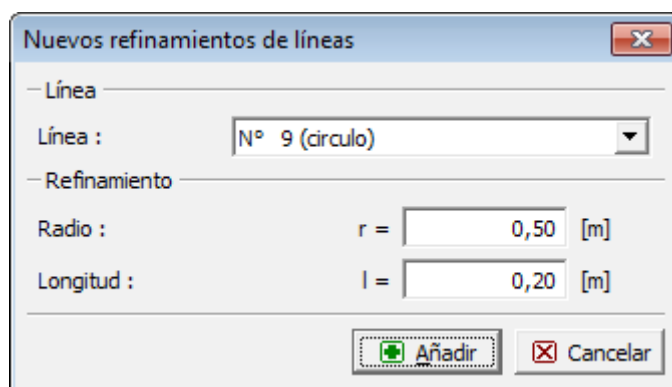
La generación correcta de malla de elementos finitos es el paso mas importante para la obtención de resultados precisos y fiables. El programa MEF tiene un generador de malla automático, el cual puede simplificar sustancialmente esta tarea. Sin embargo, **ciertas normas deben seguirse** cuando creamos una malla de elementos finitos:

- Primero, una malla uniforme enlazada a un espesor de placa (1-5 múltiples del espesor) es generada a lo largo de la placa.

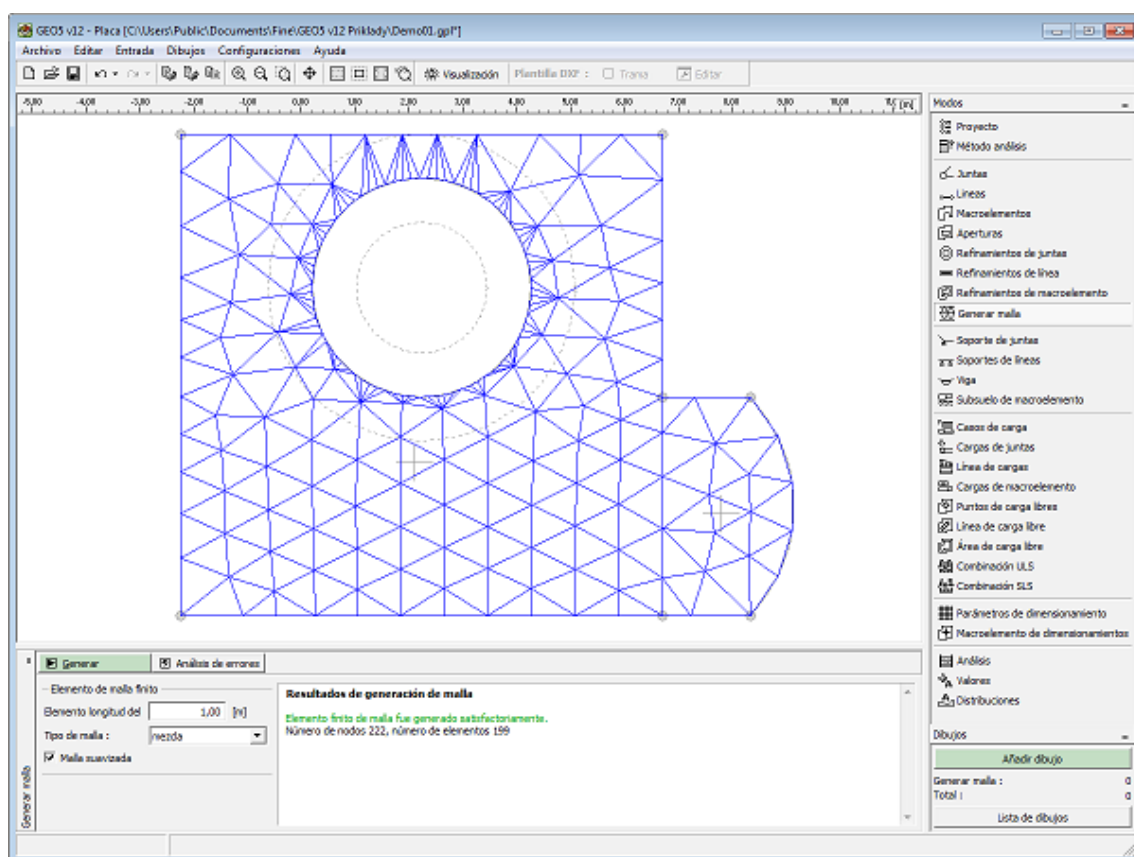


Cuadro "Generar malla" - malla sin refinamiento local

- La malla de elementos finitos debe ser suficientemente buena en las ubicaciones donde se esperan gradientes de alto estrés (soportes puntos, esquinas, aberturas, etc). El refinamiento de malla puede ser especificado alrededor de **juntas** individuales, **líneas** y sobre **macroelementos**. El radio debe ser al menos 2-3 veces la densidad de asumida en el centro del refinamiento y ambos valores (densidad, radio) deben ser razonables con respecto al refinamiento prescrito por las regiones vecinas. Esto asegura una transición suave entre regiones y diferentes densidades de mallas. Las líneas singulares deben ser abordadas de la misma manera.



Definición de refinamiento de mallas alrededor de una línea circular



Nueva malla luego del refinamiento de la malla original alrededor de una línea circular

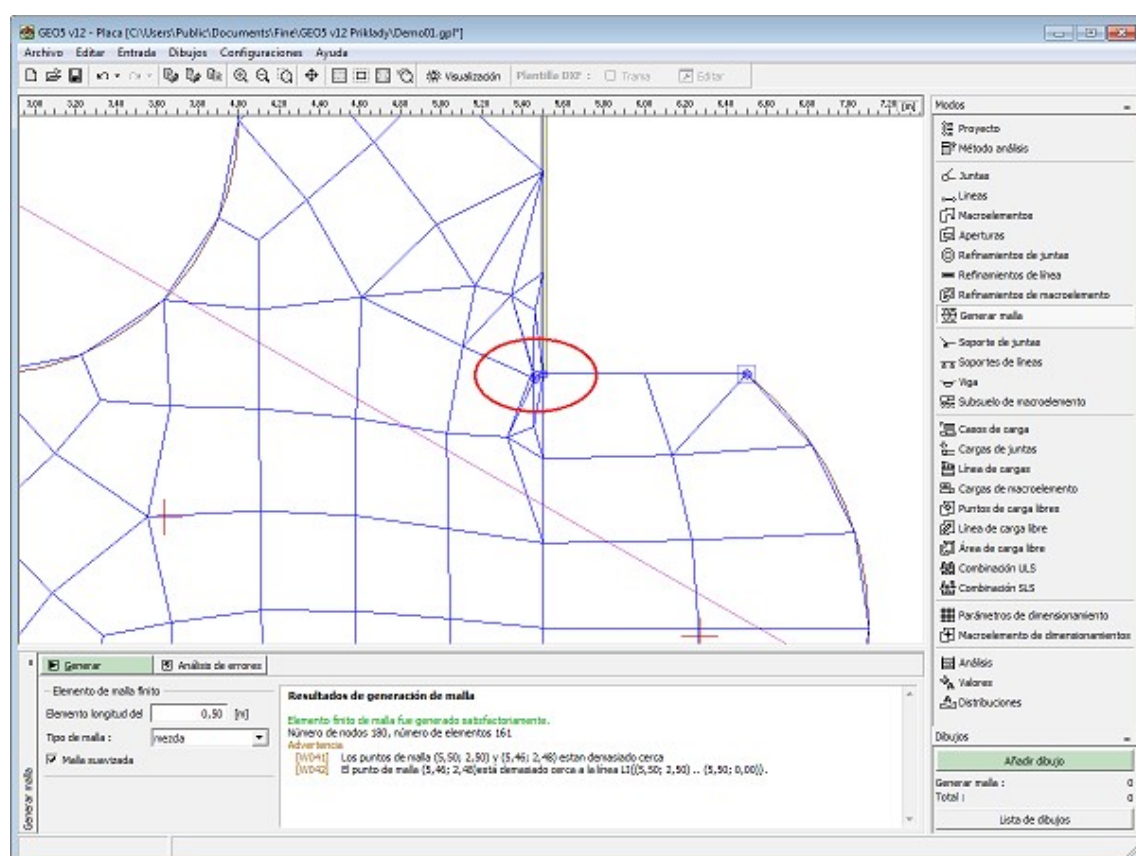
Advertencias del generador de mallas

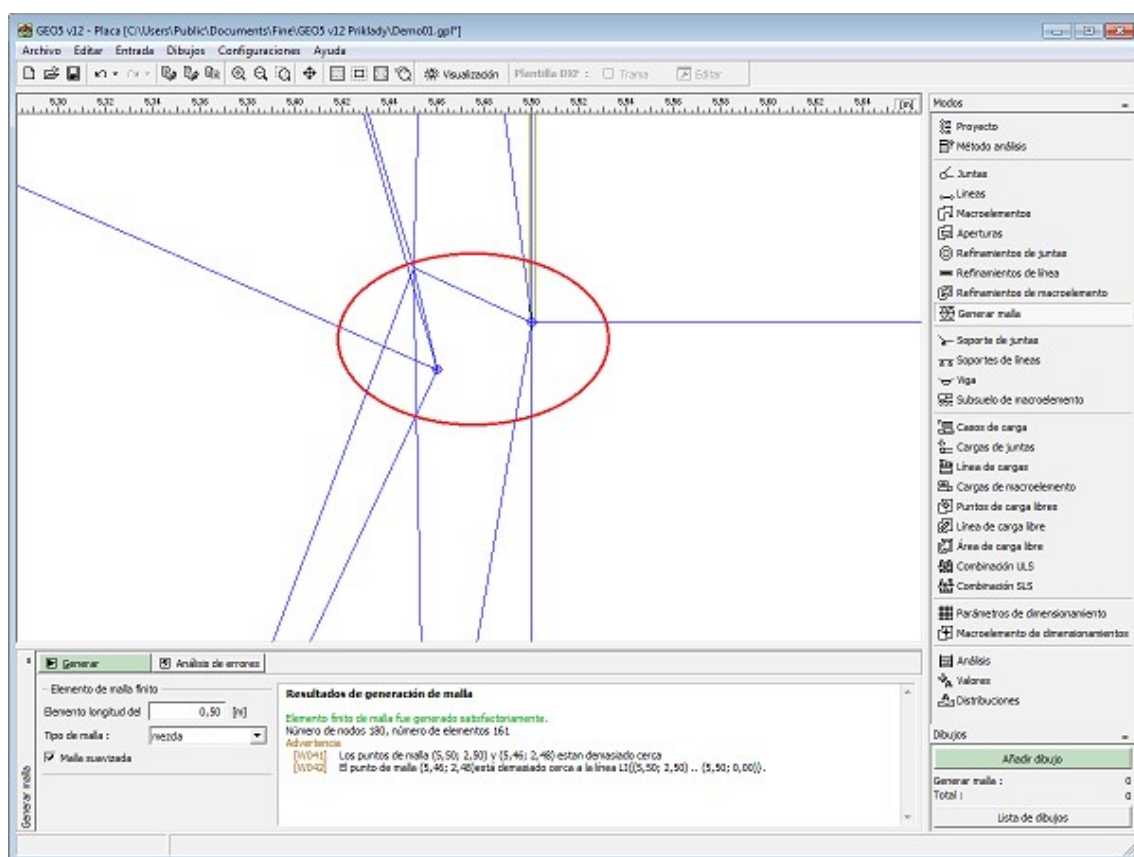
En el cuadro de diálogo de "**Resultado de generación de malla**" se solicita al usuario las posibles ubicaciones en la estructura, que pueda causar inconvenientes durante la generación automática de la malla. Cuando posicionamos en cursos del mouse en advertencias individuales la región crítica correspondiente en una estructura se resalta en color rojo. Se controlan los siguientes ítems:

- Cuando la distancia entre dos puntos es mayor a un décimo de la longitud del borde del elemento requerido.
- Cuando la distancia entre un punto y una línea es mayor a un décimo de la longitud del borde del elemento.
- Si el área de una región es mayor a dos veces la longitud del borde del elemento.
- Si puntos y/o líneas son encontrados dentro de la estructura (en el suelo).

Estas advertencias sugieren ubicaciones en donde el generador de malla experimenta problemas. Pueden ocurrir alguna de las siguientes posibilidades:

- La malla no es generada => esto llama a un nuevo punto de dato geométrico.
- La malla es generada => en este caso depende del usuario decidir si la malla es razonable
 - En cualquier caso, la advertencia puede ser ignorada y se puede llevar a cabo el análisis.





Sección crítica luego del zoom - dos puntos demasiado cercanos

Soporte de juntas

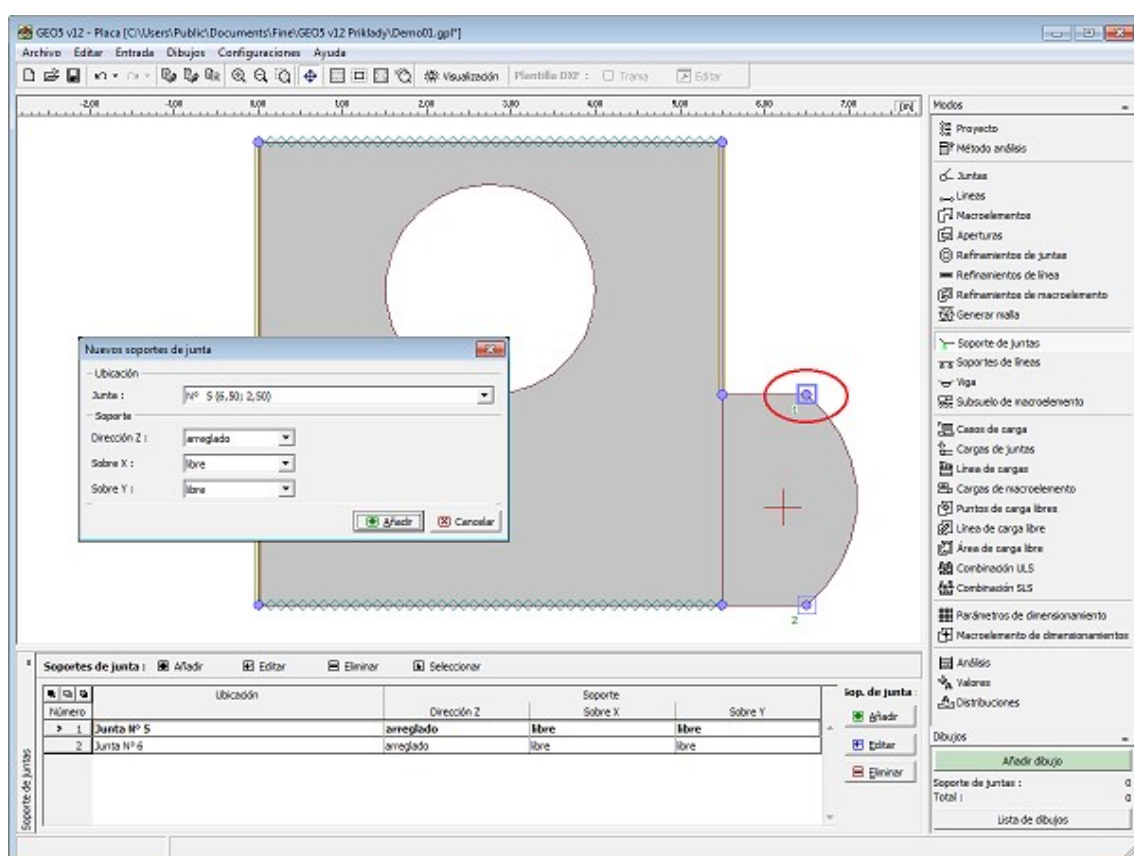
El cuadro **"Soporte de juntas"** contiene una **tabla** con una lista de Soporte de juntas ingresadas. **Añadir** soporte de juntas se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevos soporte de juntas"**.

Los soportes de juntas también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

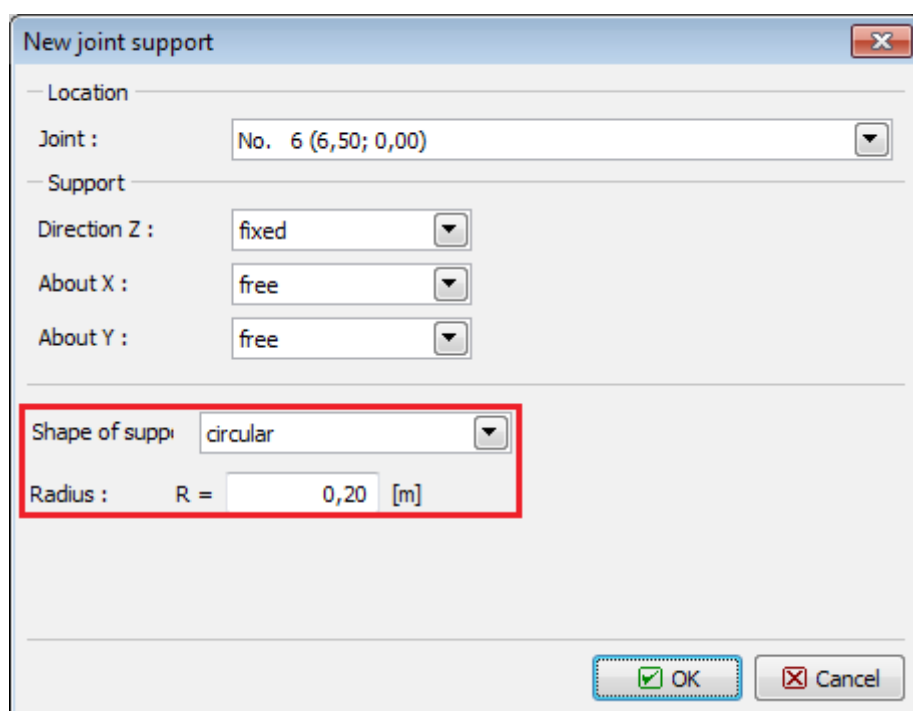
Los **siguientes tipos de soportes de juntas** son considerados:

- libre
- fijo
- resorte

En el caso de **reducción de momentos de dimensionamiento**, la geometría soporte puede ser ingresada (cuadro **"Configuración"**). La geometría soporte puede ser circular (parámetro radio R) o rectangular (parametros de dimensiones d_x y d_y y de rotación α).



Cuadro "Soporte de juntas"



Cuadro de diálogo "Nuevo soporte de junta"

Soporte de líneas

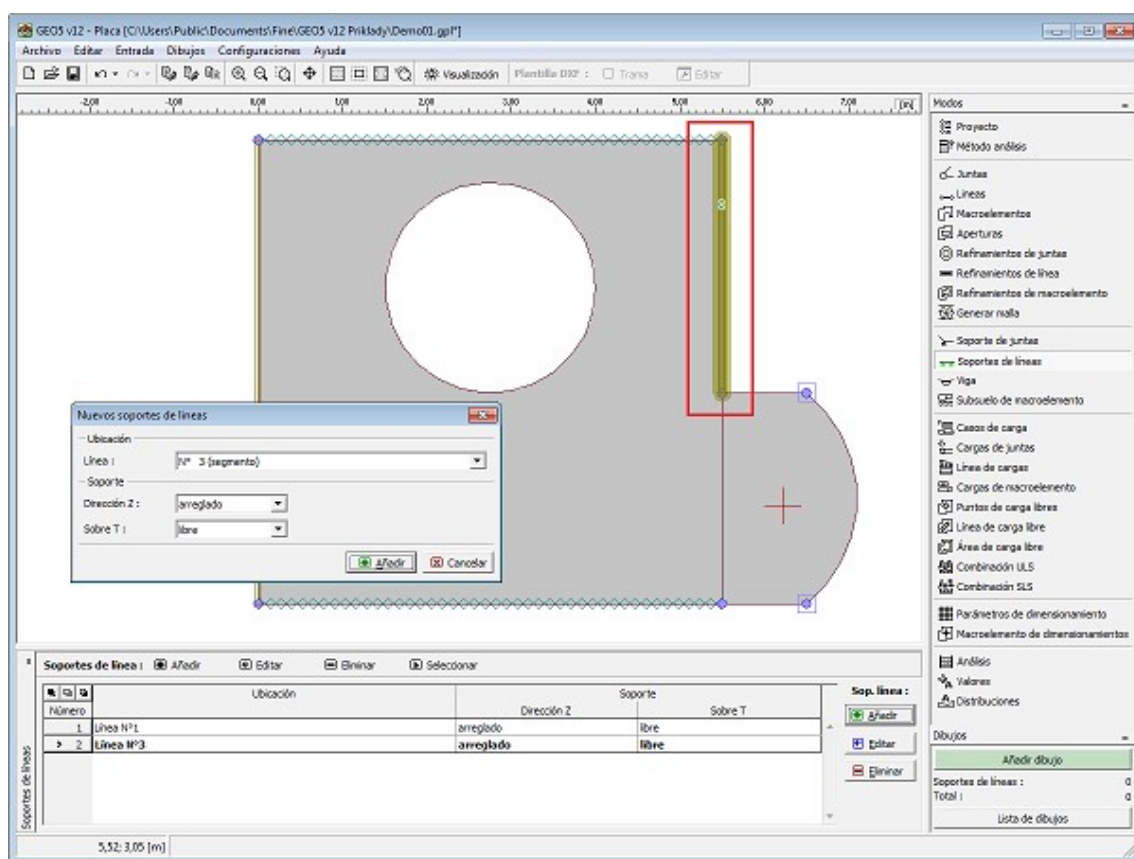
El cuadro "Soporte de líneas" contiene una tabla con una lista de Soporte de líneas ingresadas. Añadir soporte de líneas se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevos soporte de líneas".

Los soportes de líneas también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de objetos activos.

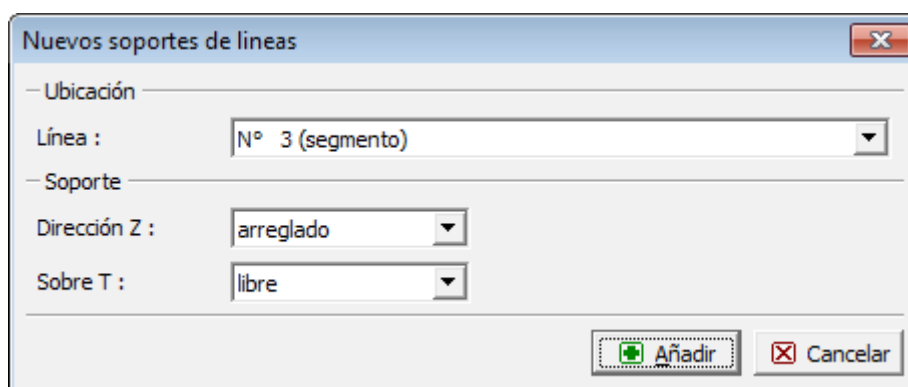
Los siguientes tipos de soportes de líneas son considerados:

- Libre
- Fijo
- Resorte

En el caso de reducción de momentos de dimensionamiento, la geometría soporte puede ser ingresada (cuadro "Configuración"). El ingreso del espesor del muro w , el área circular es considerada al final del muro



Cuadro "Soporte de líneas"



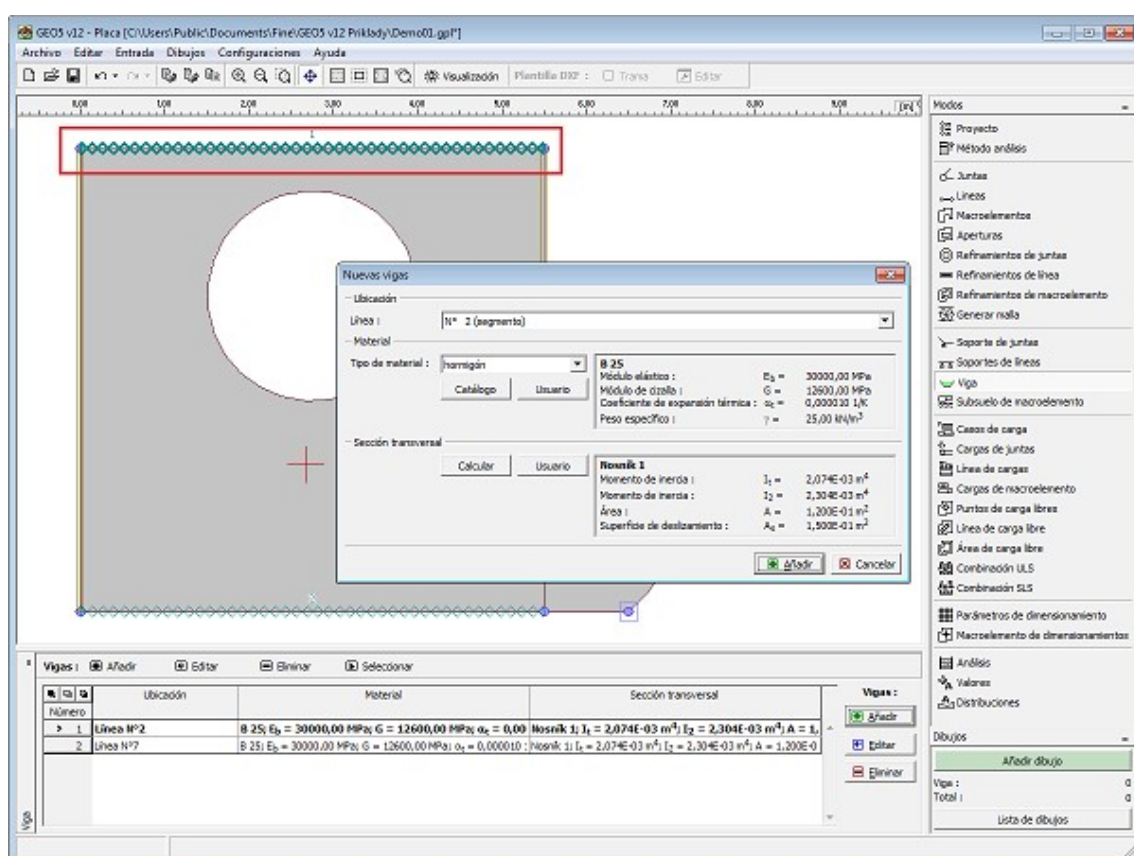
Cuadro de diálogo "Nuevo soporte de línea"

Vigas

El cuadro **"Vigas"** contiene una **tabla** con una lista vigas. **Añadir** vigas se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas vigas"**.

El cuadro de diálogo sirve para definir el número de línea de una ubicación de viga y el material y la sección transversal de una viga. Eligiendo el tipo de material (hormigón, acero, otros) permite la asignación de parámetros de material, ya sea por el **catálogo de materiales** o manualmente utilizando el **editor de materiales**. Los parámetros de la sección transversal (basados en el **tipo de sección transversal**) puede calcularse desde la ventana **"Cálculo de parámetros de sección transversal"** o manualmente desde la ventana **"Entrada de parámetros de sección transversal"**.

Las vigas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Vigas"

Nuevas vigas

Ubicación: Línea: N° 2 (segmento)

Material: Tipo de material: hormigón

B 25
 Módulo elástico: $E_b = 30000,00 \text{ MPa}$
 Módulo de cizalla: $G = 12600,00 \text{ MPa}$
 Coeficiente de expansión térmica: $\alpha_t = 0,000010 \text{ 1/K}$
 Peso específico: $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Nosnik 1
 Momento de inercia: $I_t = 2,074\text{E-}03 \text{ m}^4$
 Momento de inercia: $I_z = 2,304\text{E-}03 \text{ m}^4$
 Área: $A = 1,200\text{E-}01 \text{ m}^2$
 Superficie de deslizamiento: $A_s = 1,500\text{E-}01 \text{ m}^2$

Calcular Usuario

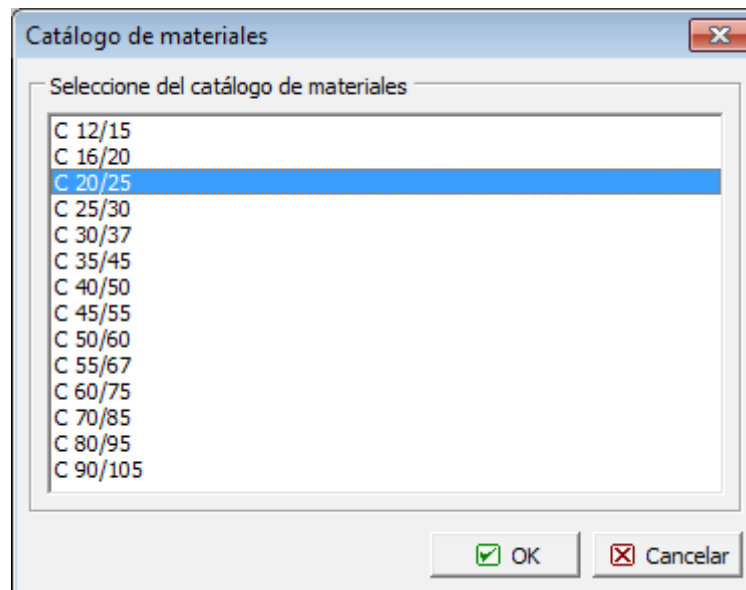
Añadir **Cancelar**

Cuadro de diálogo "Nueva viga"

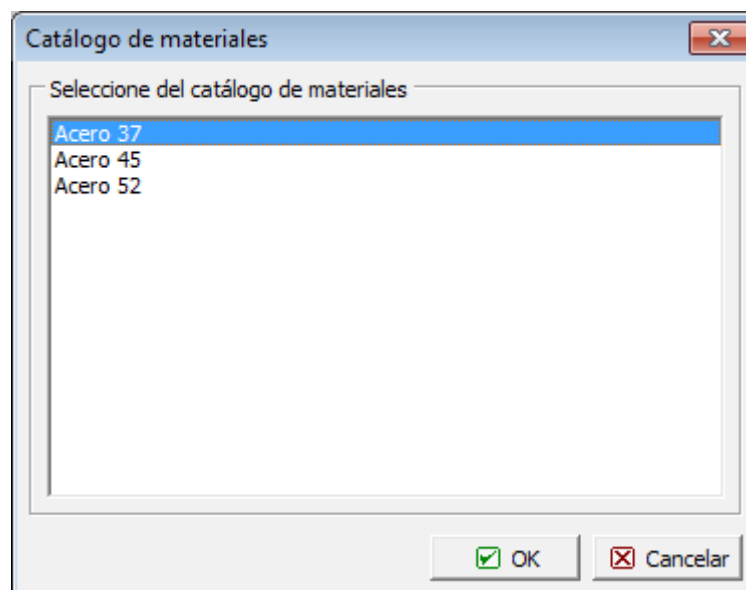
Catálogo de materiales

El programa contiene un catálogo de materiales de hormigón, acero y otros materiales. Solo el

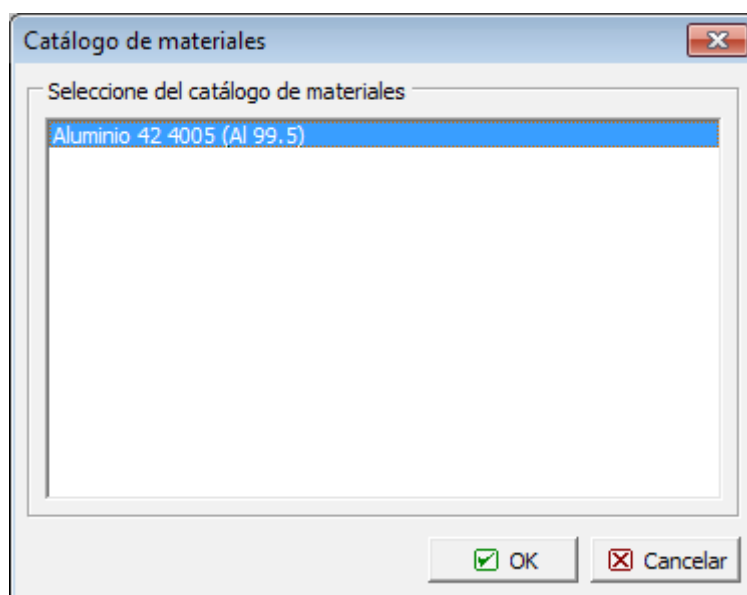
tipo de material tiene que ser especificado en el cuadro de diálogo. El **tipo de sección transversal** es seleccionado desde el cuadro de diálogo "**Cálculos de la sección transversal**" o el cuadro de diálogo "**Entrada de parámetros de sección transversal**".



Cuadro de diálogo "Catálogo de materiales" - hormigón



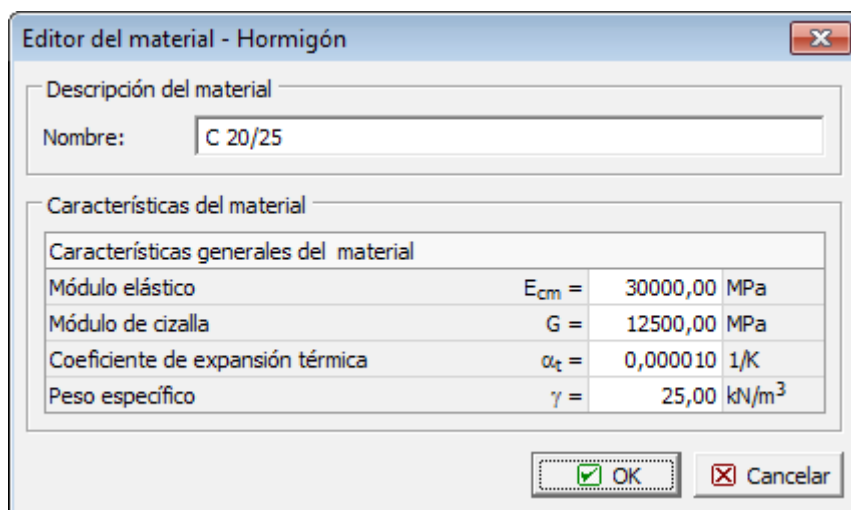
Cuadro de diálogo "Catálogo de materiales" - acero



Cuadro de diálogo "Catálogo de materiales" - Otros

Editor de materiales

Además de utilizar el "Catálogo de materiales" el programa permite al usuario la entrada de parámetros de material para acero, hormigón y otros materiales digitalmente. (cuadro de diálogo "**Editor del material - General**"). Solo el tipo de material (parámetros de material) tiene que ser especificado en el cuadro de diálogo, El **tipo de sección transversal** se selecciona desde el cuadro de diálogo "**Cálculo de los parámetros de la sección transversal**" o desde el diálogo "**Entrada de parámetros de sección transversal**".



Cuadro de diálogo "Editor del material" - Hormigón

Editor del material - Estructura de acero

Descripción del material

Nombre:

Características del material

Características generales del material		
Módulo elástico	E =	210000,00 MPa
Módulo de cizalla	G =	81000,00 MPa
Coefficiente de expansión térmica	α_t =	0,000012 1/K
Peso específico	γ =	78,50 kN/m ³

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro de diálogo "Editor del material" - Estructura de acero

Editor del material - General

Descripción del material

Nombre:

Características del material

Características generales del material		
Módulo elástico	E =	<input type="text"/> MPa
Módulo de cizalla	G =	<input type="text"/> MPa
Coefficiente de expansión térmica	α_t =	<input type="text"/> 1/K
Peso específico	γ =	<input type="text"/> kN/m ³

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro de diálogo "Editor del material" - General

Tipo de sección transversal

El programa permite al usuario la entrada de parámetros de sección transversal en el cuadro de diálogo "**Cálculo de parámetros de sección transversal**" o desde "**Entrada de parámetros de sección transversal**". Las características de la sección transversal son seleccionadas desde el [catálogo de perfiles](#), cuadro de diálogo "[Editor de sección transversal](#)".

Cuadro de diálogo "Cálculo de parámetros de sección transversal"

Catálogo de perfiles

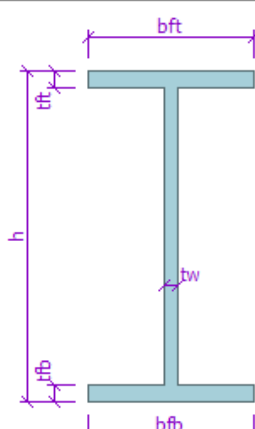
En el caso de secciones transversales de acero el programa permite al usuario elegir una sección transversal particular desde el catálogo de perfiles. Los tipos de sección transversal deben ser especificados en el cuadro de diálogo. El tipo de material de la sección transversal se selecciona del "Catálogo de materiales", o se define en el cuadro "Editor de materiales".

Cuadro de diálogo "Catálogo de perfiles"

Editor de sección transversal

En el caso de secciones transversales de acero y hormigón el programa permite al usuario ingresar secciones transversales definidas. Solo la forma de la sección transversal debe ser especificada en el cuadro de diálogo. Las características de las secciones transversales son seleccionadas desde el [catálogo de materiales](#), cuadro de diálogo "Editor de materiales".

Editor de la sección transversal - Estructura de acero, soldaduras sólidas



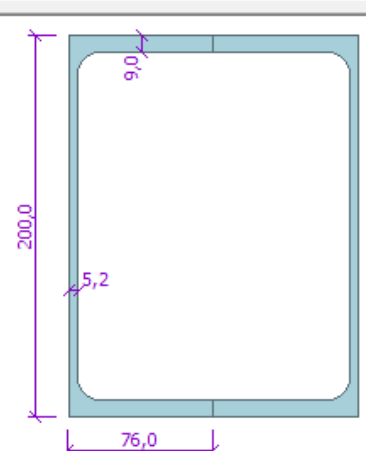
Descripción de la sección transversal		
nombre	Sección transversal I	
comentario		

Dimensión de sección transversal		
sección transversal de altura	$h =$	300,0 mm
ancho del borde superior	$b_{ft} =$	150,0 mm
ancho del borde inferior	$b_{fb} =$	150,0 mm
espesor del tronco	$t_w =$	12,0 mm
espesor del borde superior	$t_{ft} =$	15,0 mm
espesor del borde inferior	$t_{fb} =$	15,0 mm

OK Cancelar

Cuadro de diálogo "Editor de la sección transversal - Estructura de acero, sólido soldado"

Editor de la sección transversal - Estructura de acero, compuestos laminados

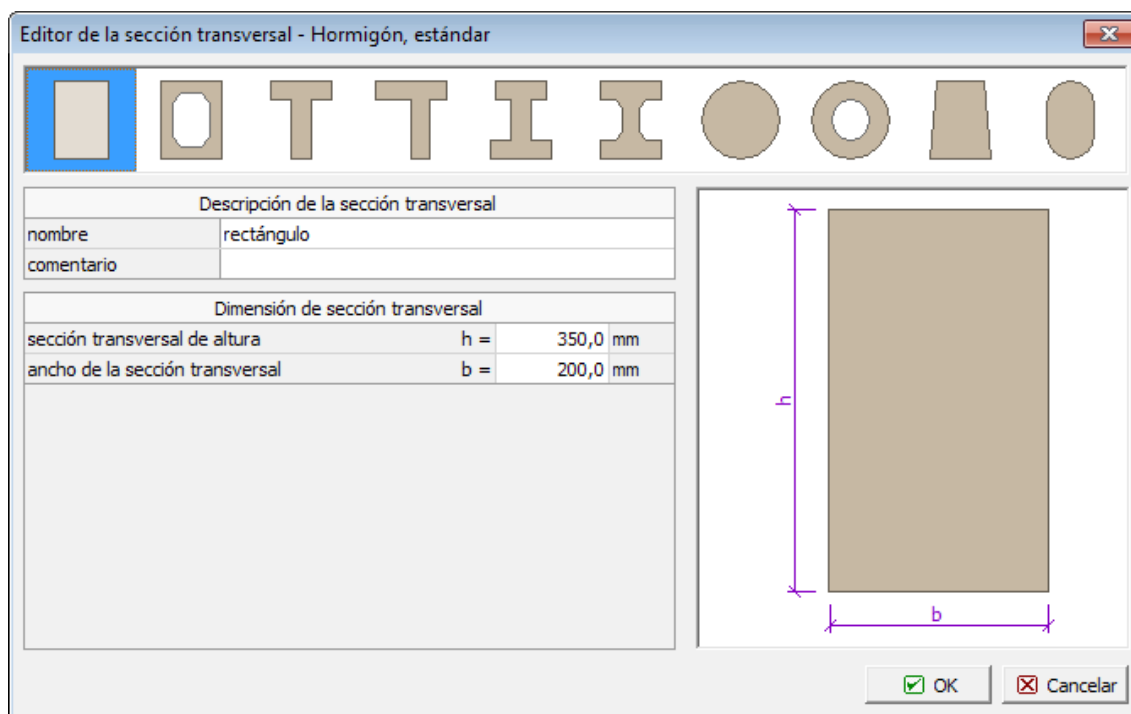


Clase de perfil	Perfil
Barras de la sección transversal U	UPE 200
Barras de la sección transversal UE	UPE 220
Barras de la sección transversal UPE	UPE 240
ARBED UAP	UPE 270
ARBED UPN	UPE 300

Estándar CSN 42 5572

OK Cancelar

Cuadro de diálogo "Editor de la sección transversal - Estructura de acero, compuestos"

laminados"

Cuadro de diálogo "Editor de la sección transversal - Hormigón, estándar"

Bisagras internas

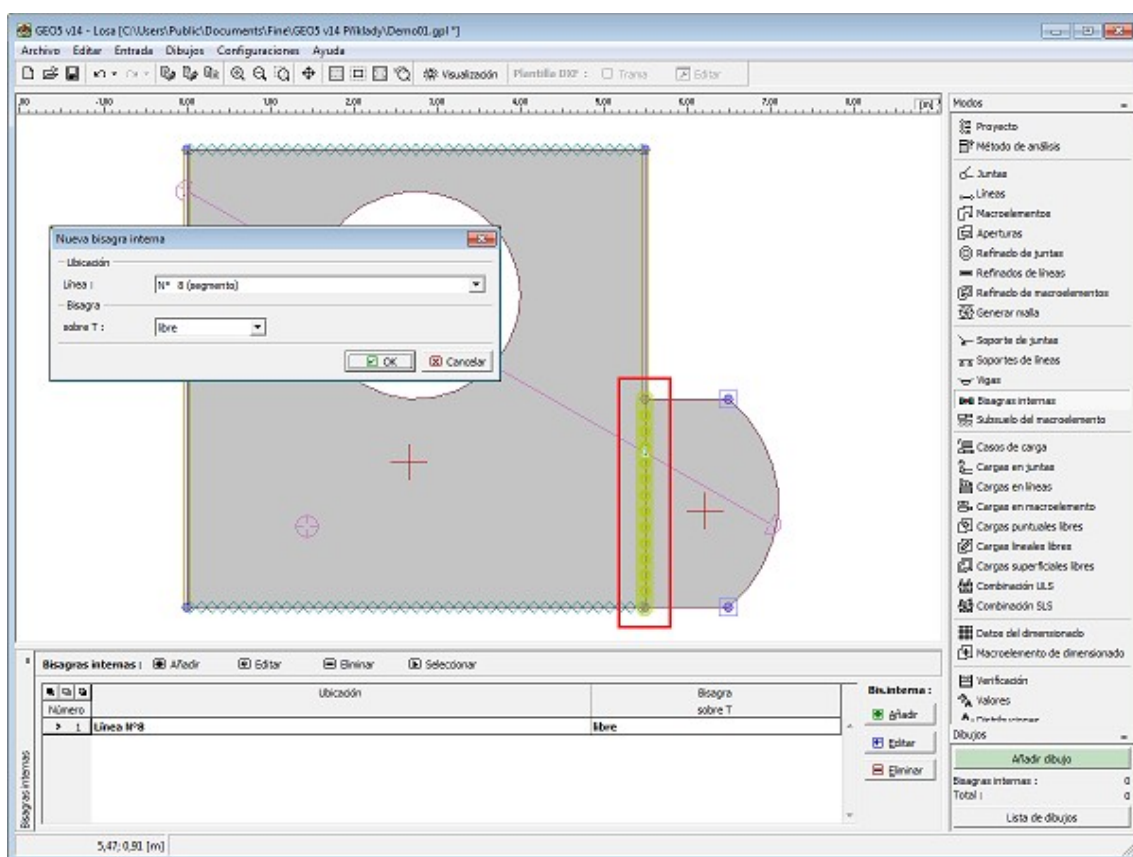
El cuadro "Bisagras internas" contiene una tabla con unas bisagras internas. Añadir bisagras internas se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nueva bisagra interna".

El cuadro de diálogo sirve para definir el número de línea de ubicación de las bisagras internas y el tipo de bisagras internas (libre, spring)

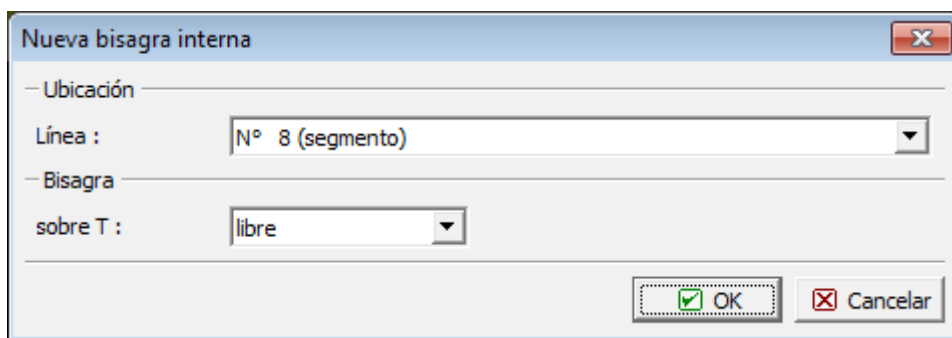
La bisagra interna es una condición límite que permite la introducción de rotación independiente sobre el eje x y el eje y , entre dos partes de una losa a lo largo de una línea específica mientras se mantiene el deslizamiento vertical a lo largo de la misma línea.

La bisagra interna puede prescribirse a lo largo de una línea arbitraria creando un límite entre dos macroelementos. La rotación puede ser libre o controlada por la rigidez de torsión del resorte $K_{\phi, T}$.

Las bisagras internas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de objetos activos.



Cuadro "Bisagra Interna"



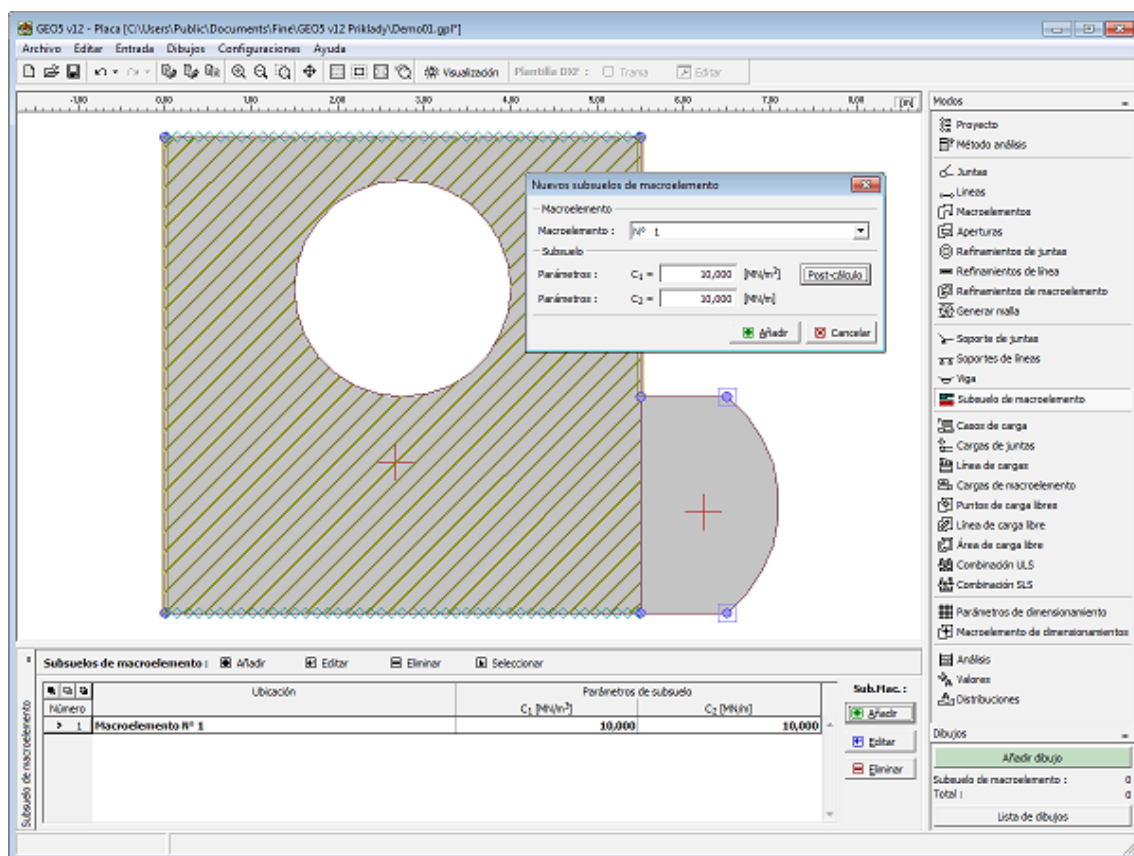
Cuadro de diálogo "Nueva bisagra interna"

Subsuelos de macroelemento

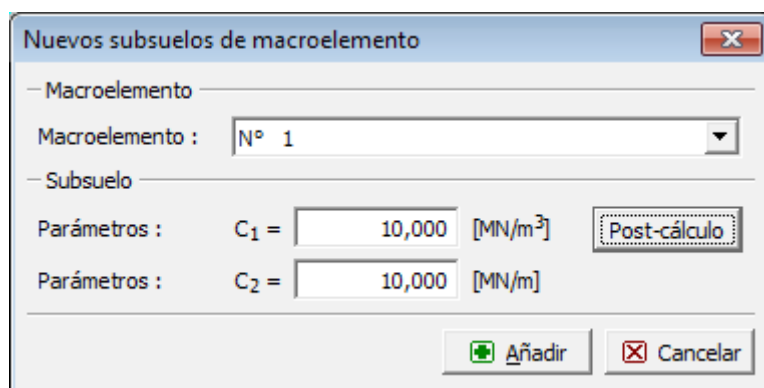
El cuadro "Subsuelos de macroelemento" contiene una tabla con una lista subsuelos de macroelemento ingresados. Añadir (editar) subsuelos de macroelemento se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevos subsuelos de macroelemento". Para añadir líneas de soporte diríjase al cuadro de diálogo "Nuevo subsuelo de macroelemento".

El cuadro de diálogo sirve para definir el número de macroelemento y los parámetros C_1 y C_2 . Las constantes de Winkler-Pasternak C_1 y C_2 pueden ser especificados directamente o calculados por el programa. La segunda opción luego requiere entrada de parámetros de deformación de suelos (módulos deformados, número de Poisson y profundidad de zona de influencia) en el cuadro de diálogo "Cálculo de C_1 y C_2 ". Estos parámetros pueden

determinarse en el programa "**Zapata**" (2. estado límite) y luego introducidos en el programa. Los subsuelos de macroelementos también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Subsuelo de macroelemento"



Cuadro de diálogo "Nuevos subsuelos de macroelemento"

Parámetros Winkler - Pasternak C1 a C2

El modelo Winkler - Pasternak para la solución de la capa elástica introduce la ecuación de equilibrio en la dirección vertical como sigue:

$$c_1 \cdot w - c_2 \cdot \Delta w = f_z$$

donde:	c_1, c_2	Constante características del modelo Winkler - Pasternak
	w	Desplazamiento en la dirección vertical
	f_z	Carga vertical actuando en una capa

El subsuelo elástico se introduce en el programa utilizando las matrices de rigidez local las cuales son añadidas a la matriz de rigidez de elementos individuales reposando en subsuelos. La tensión de contacto σ se provee como salida.

Cálculo de las constantes de Winkler - Pasternak desde los parámetros de deformación de suelos

Las constantes C_1 y C_2 de Winkler - Pasternak son calculadas en el programa por las condiciones de las matrices de cumplimiento de igualdad de zapata continua infinitamente rígida reposando en el subsuelo elástico y de Winkler - Pasternak. Ésta condición se representa por las siguientes ecuaciones.

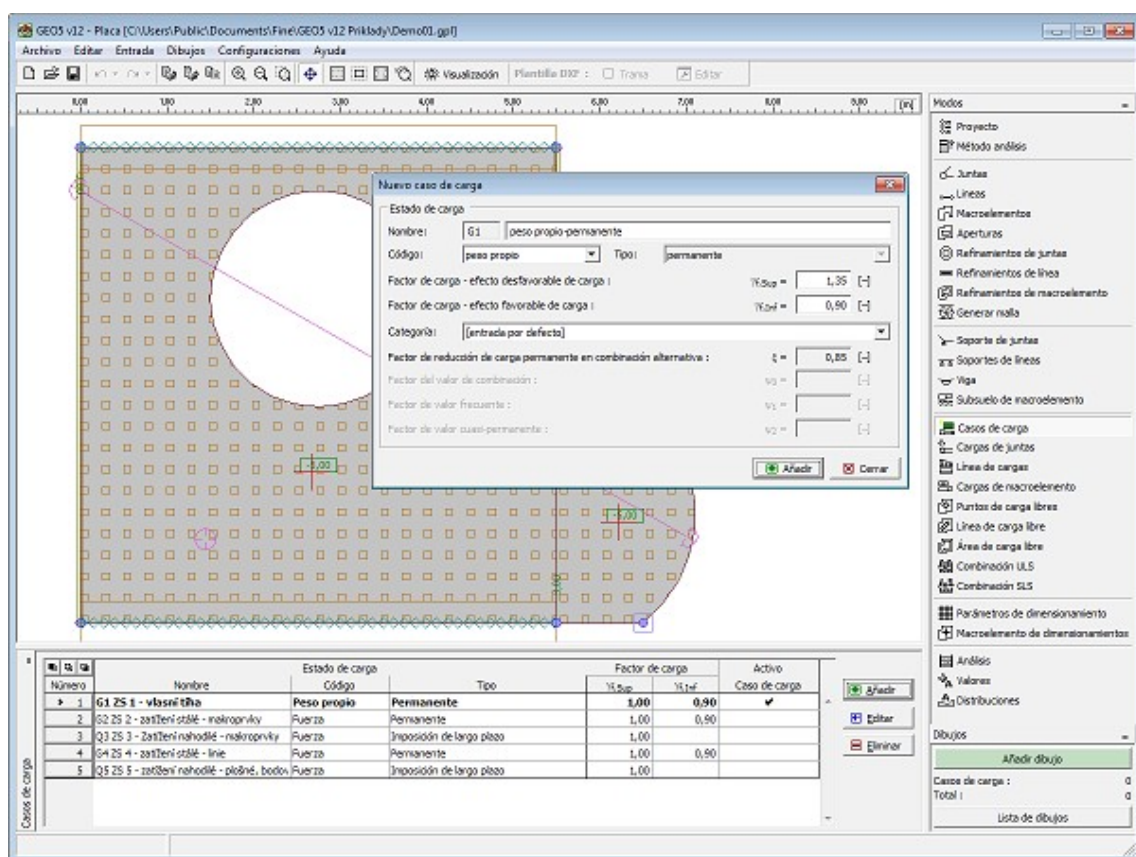
$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{1}{2 \left[\sqrt{C_{1WP} C_{2WP}} + b C_{1WP} \right]} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2 \left[b^2 \sqrt{C_{1WP} C_{2WP}} + b C_{2WP} + \frac{b^3}{3} C_{1WP} \right]} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + (2n+1)^2 b C_{1w} \right]} & 0 \\ 0 & \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) b^2 \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{2w} + (2n+1)^2 \frac{b^3}{3} C_{1w} \right]} \end{bmatrix}$$

donde:	$[C]$	Matriz de constantes C_1 y C_2
	b	Mitad del ancho de la base
	C_{1w}, C_{2w}	Constantes Winkler
	H	Profundidad de la zona deformada

Casos de carga

El cuadro "Casos de carga" contiene una tabla con los casos de carga ingresados. **Añadir** (editar) casos de carga y sus **parámetros** se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "**Nuevos casos de carga**". La edición se puede realizar con la ayuda del botón "**Modificar**" o seleccionando la fila de la lista con el caso de carga requerido utilizando el botón del mouse.



Cuadro "Casos de carga"

Parámetros de casos de carga

Los siguientes parámetros están definidos en el cuadro de diálogo "Nuevo caso de carga".

Identificador de caso de carga

El identificador de caso de carga, el cual está compuesto por número de caso de carga y prefijo unilateral, se muestra frente al campo de entrada de nombre del caso de carga. El prefijo es determinado por el tipo de caso de carga:

- G** - Carga permanente
- Q** - Carga variable
- A** - Carga accidental

El identificador del caso de carga es principalmente utilizado en las impresiones de salida de las combinaciones.

Código de caso de carga

El código de caso de carga determina, que carga puede ser especificada para esta carga. Las siguientes opciones están disponibles:

Peso unitario En éste caso de carga la carga representa el propio peso de la estructura y es generada automáticamente por el programa. Solo un caso de carga con este código puede ser considerado para cada tarea.

Fuerza Un tipo arbitrario de fuerza de carga (fuerza, momento) puede ser ingresado

dentro del caso de carga con este código. El número de casos de carga es ilimitado.

Tipo de carga

Se determina el carácter del caso de carga basándose en su variación en el tiempo. La selección un tipo particular de la carga corresponde a la clasificación según el estándar EN 1990, art. 4.1.1.

Coeficientes de carga

Permite especificar factores parciales de carga γ_f . Este coeficiente representa una desviación desfavorable de los valores de las cargas respecto de aquellas representativas.

Para cargas permanentes es necesario introducir diferentes valores para acciones de carga favorables (γ_f, inf) y desfavorables (γ_f, sup) en una combinación. Si la entrada de carga sigue el estándar EN 1990 los valores por defecto de los coeficientes son tomados de la tabla A1.2(B).

Categoría

La clasificación de casos de carga en categorías corresponde a la clasificación de carga según la Tabla A1.

1 en el estándar EN 1990. Basado en éste caso de carga variable se asignan los coeficientes de combinación ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 . Se permite la categoría "**Personalizado**" para valores de coeficientes definidos por el usuario.

Elegir una categoría es posible, sólo, para los casos de carga ingresados según el estándar EN 1990 (en la solapa "**Materiales y estándares**" sirve para seleccionar un estándar particular).

Coeficientes combinados

Los valores básicos de los coeficientes para crear combinaciones surgen del estándar EN 1990 y dependen de las categorías de casos de carga.

Cuando la entrada del usuario es asumida, es posible definir valores de usuario para esos coeficientes. Los siguientes coeficientes se utilizan para crear una combinación:

- ξ - **Factor de reducción de carga permanentes en combinación alternativa** - Este coeficiente es asignado a todas las cargas permanentes y utilizado cuando se compilan combinaciones alternativas para el estado límite de capacidad portante (combinación de relación 6.10b, EN 1990).
- ψ_0 - **Factor de valor de combinación** - Coeficientes para cargas variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones para la capacidad portante y estados límites de servicio.
- ψ_1 - **Factor de valores frecuentes** - Coeficiente para carga variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones accidentales y combinaciones para estado límite de servicio
- ψ_2 - **Factor de valores cuasi-permanentes** - Coeficiente para cargas variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones accidentales y combinaciones de estado límite de servicio

Los coeficientes de combinación están disponibles solo para casos de carga ingresados según EN 1990 (en la solapa "**Materiales y estándares**" sirve para seleccionar un estándar particular).

Nuevo caso de carga

Estado de carga

Nombre:

Código: Tipo:

Factor de carga - efecto desfavorable de carga : $\gamma_{f,Sup} =$ [-]

Factor de carga - efecto favorable de carga : $\gamma_{f,Inf} =$ [-]

Categoría:

Factor de reducción de carga permanente en combinación alternativa : $\xi =$ [-]

Factor del valor de combinación : $\psi_0 =$ [-]

Factor de valor frecuente : $\psi_1 =$ [-]

Factor de valor cuasi-permanente : $\psi_2 =$ [-]

Cuadro de diálogo "Nuevo caso de carga"

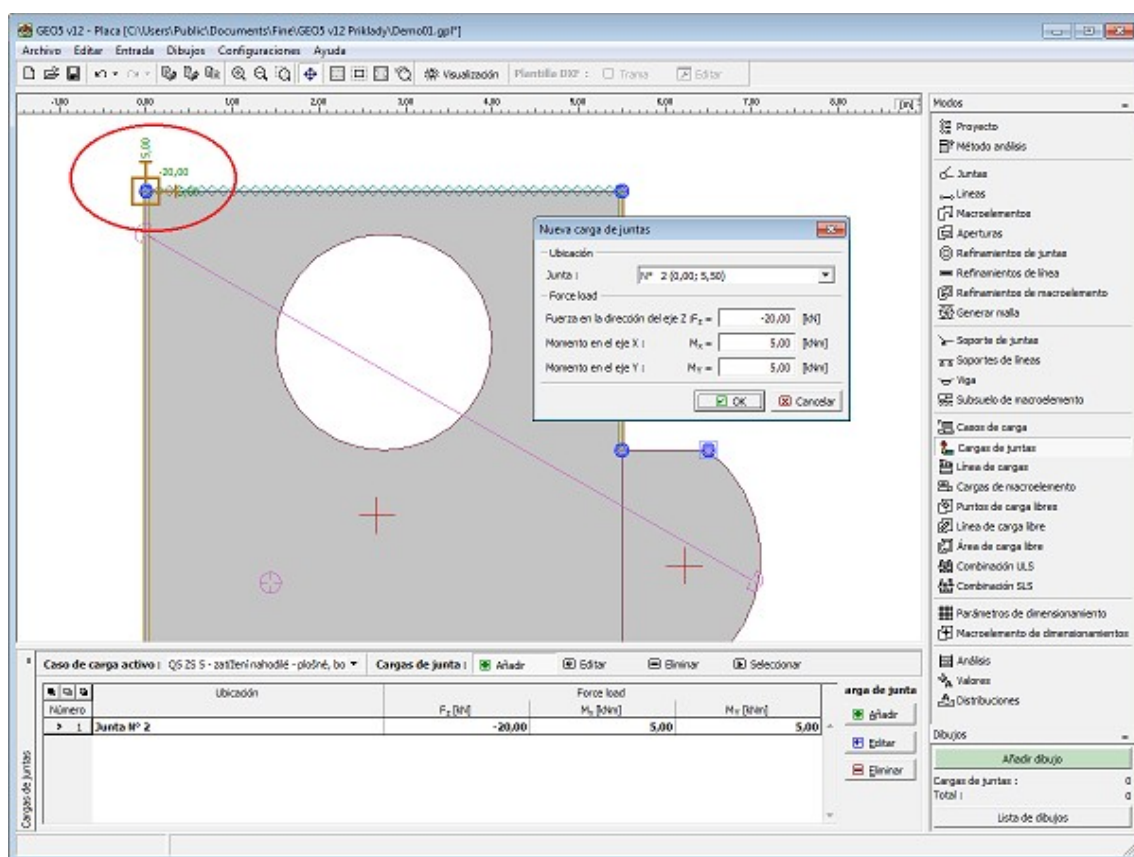
Cargas de junta

En **cuadro "Cargas de junta"** contiene una **tabla** con una lista de cargas de junta ingresadas. Cada carga de junta es asignada a un caso de carga y a una **junta** imputada. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable "**Casos de carga activos**". **Añadir** casos de juntas se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nueva carga de junta"**.

El programa permite especificar mecanismos especiales (ejemplo: fuerzas) o acciones deformacionales (ejemplo: desplazamiento prescrito de soportes)

Las cargas de juntas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención)



Cuadro "Cargas de junta"

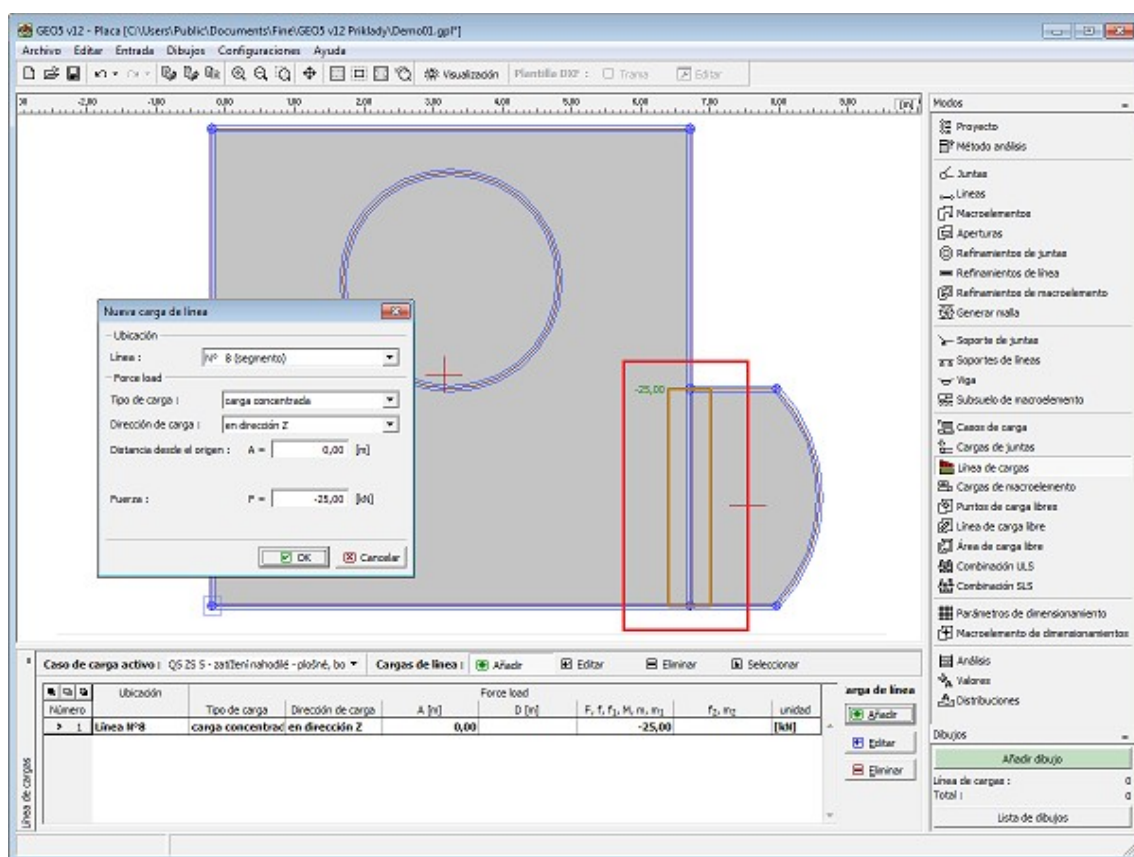
Cargas de línea

En **cuadro "Cargas de línea"** contiene una **tabla** con una lista de cargas de línea ingresadas. Cada carga de línea es asignada a un caso de carga y a una **línea** imputada. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable **"Casos de carga activos"**. **Añadir** casos de línea se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas cargas de líneas"**.

El programa permite especificar mecanismos especiales (ejemplo: fuerzas), acciones de deformacionales (ejemplo: desplazamiento prescrito de soportes) o acciones de la **temperatura**.

Las cargas de líneas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención)



Cuadro "Cargas de línea"

Nueva carga de línea

Ubicación
Línea : N° 8 (segmento)

Force load
Tipo de carga : carga concentrada
Dirección de carga : en dirección Z
Distancia desde el origen : A = 0,00 [m]
Fuerza : F = -25,00 [kN]

OK Cancelar

Cuadro "Nueva cargas de línea"

Temperatura de carga

La temperatura de carga asume una distribución lineal de la temperatura en todo el espesor de la placa. Tal gradiente termal causa momentos en la placa dados por:

$$m_t = \frac{E \cdot h^2 \cdot \alpha \cdot \Delta t}{12 \cdot (1 - \nu)}$$

donde:

- E - Módulo elástico
- ν - Coeficiente de Poisson
- h - Espesor de la placa
- α - Coeficiente de expansión térmica
- Δt - Diferencia de temperatura

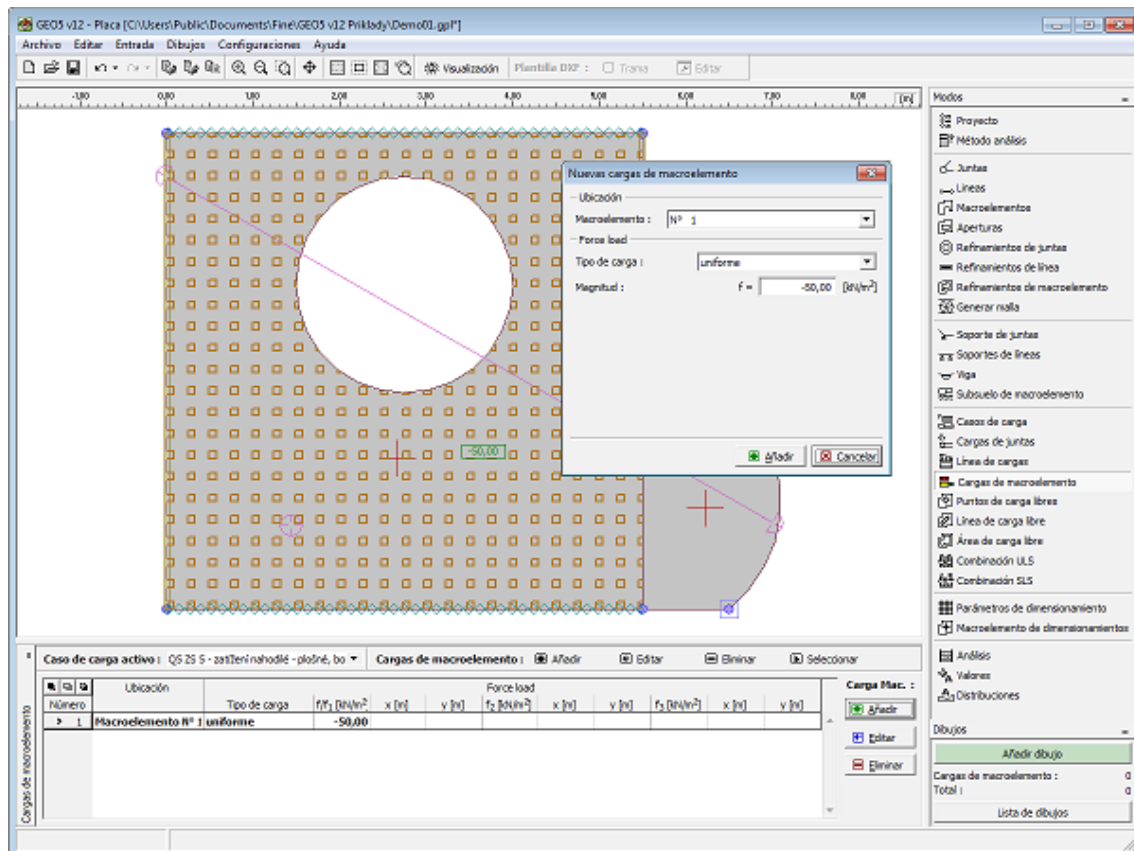
Cargas de macroelemento

En **cuadro "Cargas de macroelemento"** contiene una **tabla** con una lista de cargas de macroelemento ingresadas. Cada carga de macroelemento es asignada a un caso de carga y a un **macroelemento** imputado. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable **"Casos de carga activos"**. **Añadir** casos de macroelemento se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas cargas de macroelementos"**.

El programa permite especificar mecanismos especiales (ejemplo: fuerzas) o acciones de la **temperatura**.

Las cargas de macroelemento también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención)



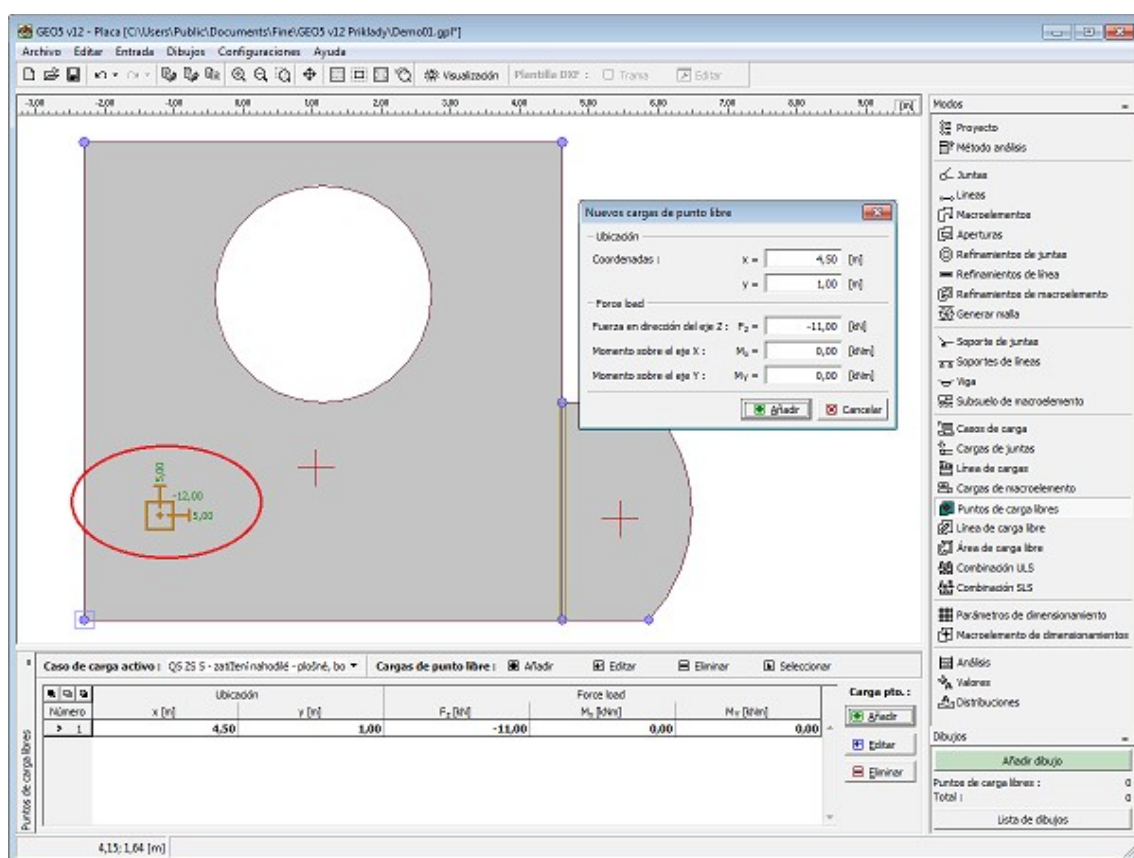
Cuadro "Cargas de macroelemento"

Cargas de punto libre

En cuadro "Cargas de punto libre" contiene una tabla con una lista de cargas de punto libre ingresadas. Cada carga de punto libre es asignada a un caso de carga y a un punto libre imputado. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable "Casos de carga activos". Añadir casos de puntos libres se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevas cargas de puntos libres".

Las cargas de puntos libres también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de objetos activos.

El programa emplea el siguiente sistema de coordenadas (signo de convención)



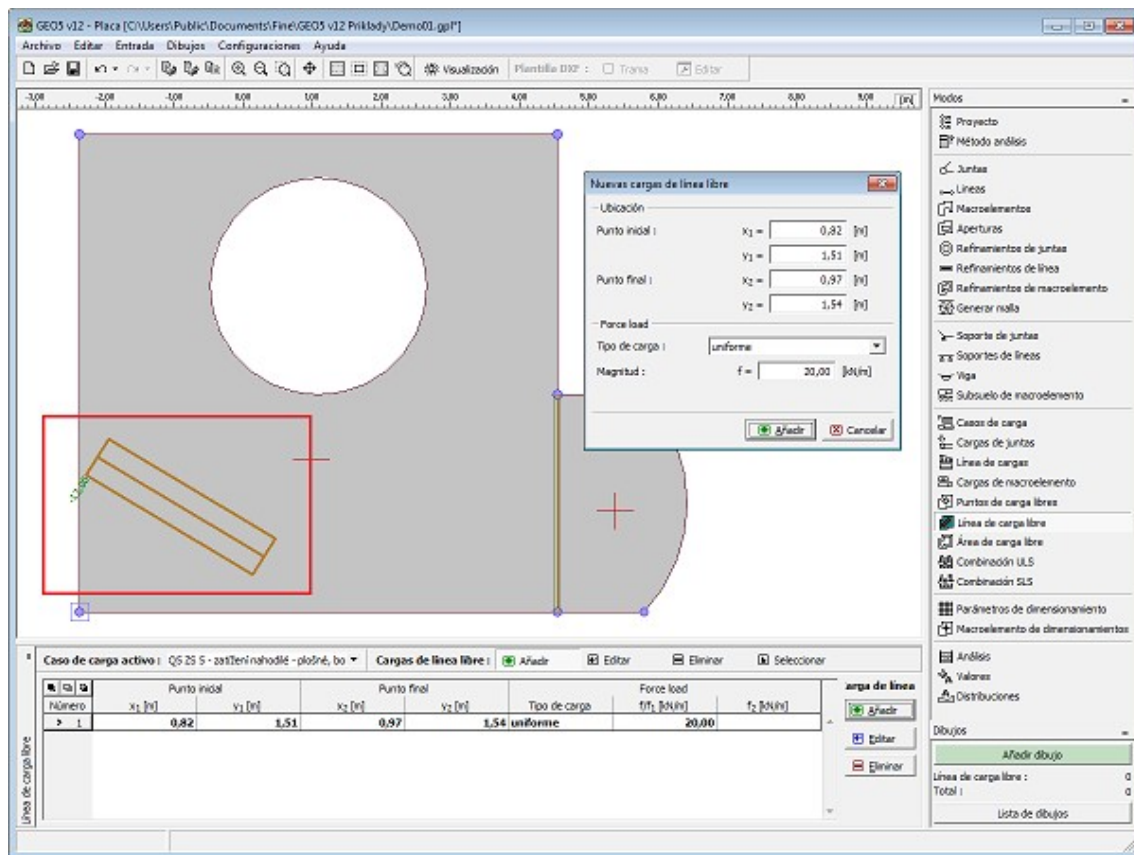
Cuadro "Cargas de puntos libres"

Cargas de línea libre

En cuadro "Cargas de línea libre" contiene una tabla con una lista de cargas de línea libre ingresadas. Cada carga de línea libre es asignada a un caso de carga y a una línea libre imputada. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable "Casos de carga activos". Añadir casos de línea libre se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevas cargas de líneas libres".

Las cargas de línea libre también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de objetos activos.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención).



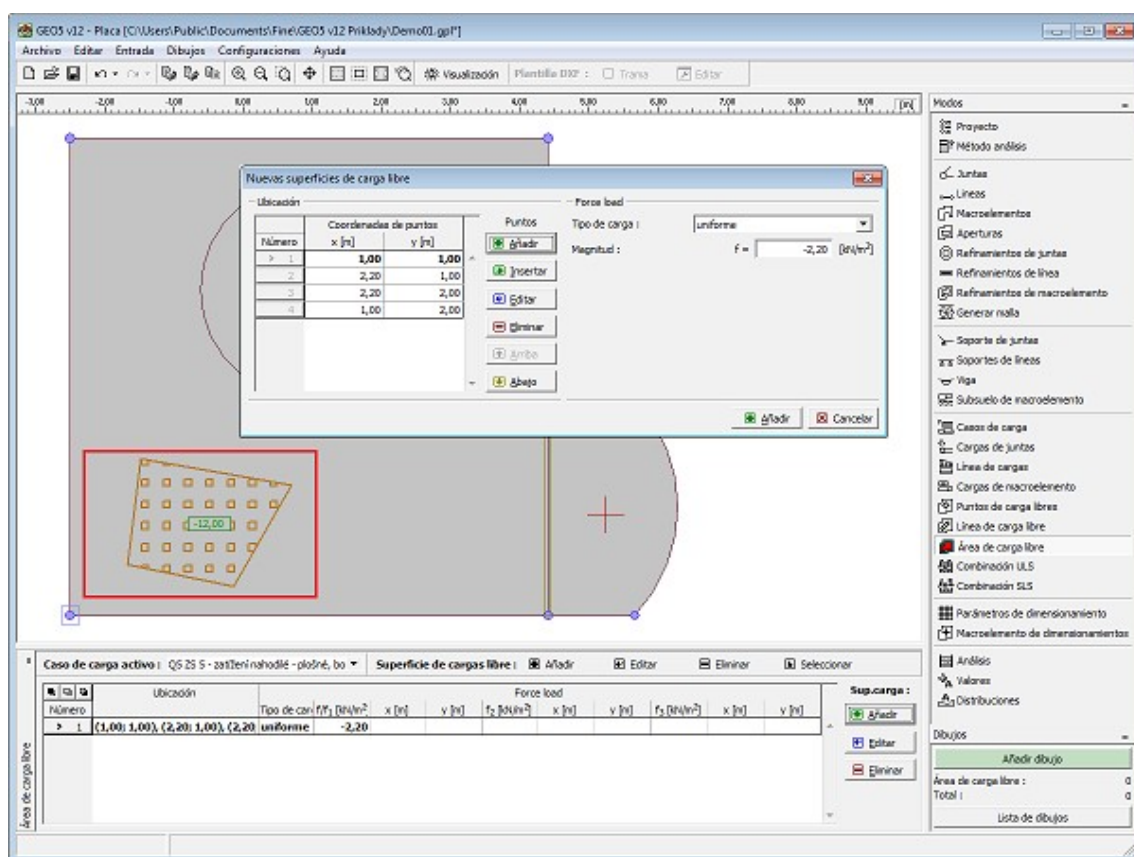
Cuadro "Cargas de línea libre"

Cargas de área libre

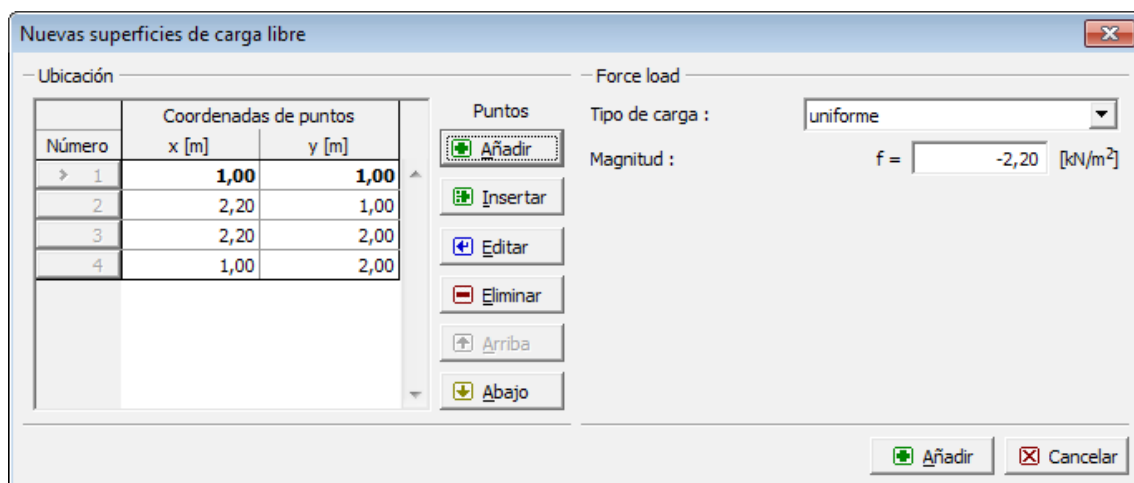
En **cuadro "Cargas de área libre"** contiene una **tabla** con una lista de cargas de área libre ingresadas. Cada carga de área libre es asignada a un caso de carga y a un área libre imputada. La selección de la carga se realiza en la lista desplegable "**Casos de carga activos**". **Añadir** casos de área libre se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas cargas de áreas libres"**.

Las cargas de área libre también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención).



Cuadro "Cargas de área libre"



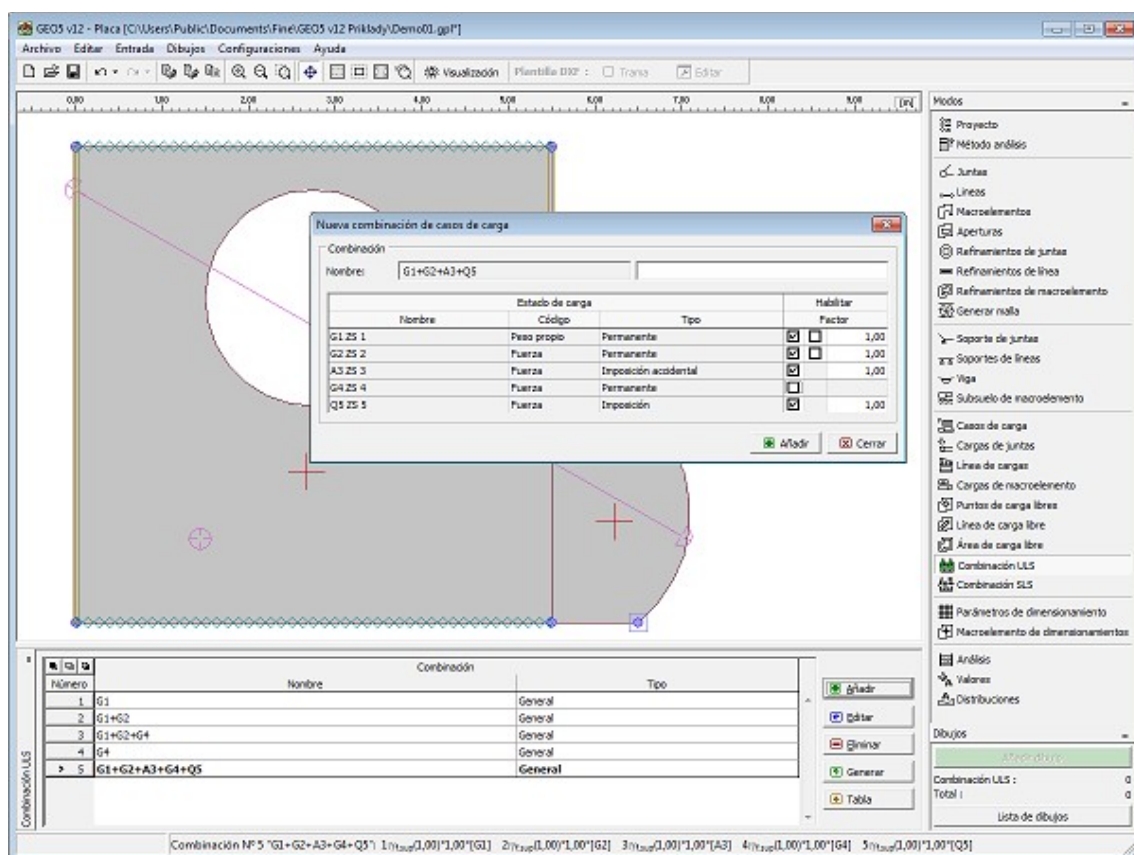
Cuadro de diálogo "Nuevas cargas de área libre"

Combinación ULS

El cuadro "Combinación ULS" contiene una tabla con una lista de combinaciones de estados límites de capacidad portante. Añadir (Editar) combinaciones y sus parámetros se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nueva combinación de casos de carga".

La edición se puede llevar a cabo con la ayuda del botón "Editar" o haciendo clic con el botón izquierdo del mouse, sobre la combinación requerida en la fila de la lista.

El **generador integrado de combinaciones** de casos de carga puede ser usado para crear combinaciones individuales.



Cuadro "Combinación ULS"

Parámetros de combinaciones de ULS

Los siguientes parámetros se especifican en el **cuadro de diálogo "Nueva combinación de casos de carga"**.

Nueva combinación

Una pequeña descripción de la combinación se despliega frente a los campos donde se define la combinación. Todos los casos de carga considerados son etiquetados utilizando sus **identificadores**. Las grandes cargas variables se mueven al comienzo de la lista y se separan de resto de los casos de cargas por colon.

Tipo de combinación (por combinación basada sólo en EN 1990)

Las siguientes combinaciones pueden ser creadas por estados límites de capacidad portante

Básica Combinación básica basada en la expresión 6.10 del estándar EN 1990

Alternativa Combinación basada en la expresión 6.10a y 1.10b del estándar EN 1990. En este caso, dos variantes de combinación son usadas para el análisis, una con reducción permanente de casos de carga y la otra con reducción de la variable mayor de casos de carga.

Accidental Combinación accidental basada en 6.11 del estándar EN 1990.

Selección de casos de carga

La tabla listando casos de carga individuales permite para sus selecciones crear una combinación. El caso de carga puede ser introducido dentro de una combinación tildando el campo en la columna "**Considerar**" para un caso de carga particular. Futuras configuraciones en la tabla dependen de la sección del camino de cargas ingresadas en la solapa "**Materiales y estándares**".

Cargas según EN 1990

Un segundo campo está disponible para cada caso de carga en la columna "**Considerar**". El campo permite asignar un efecto favorable de acción a un caso de carga permanente (adoptando coeficientes γ_f , γ_{inf}) o especificar una carga variable como la más importante, respectivamente. El número de cargas variables más importantes en la combinación no tiene límites. Una carga accidental puede ser ingresada dentro de combinaciones etiquetadas como "**Accidental**" (solo los casos de cargas etiquetados como "**Accidental**" están disponibles para la selección). Para combinaciones accidentales es también necesario elegir, si una carga variable importante debe ser reducida por el coeficiente ψ_1 o ψ_2 .

Carga general

Un coeficiente de usabilidad puede ser especificado por cada caso de carga para ajustar el grado de usabilidad del caso de carga en la combinación.

Caso de carga			Habilitado	
Nombre	Código	Tipo	Considerar	alternativa (a) alternativa (b)
G1 ZS 1	Peso propio	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00 $\zeta(0,85)$
G2 ZS 2	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00 $\zeta(0,85)$
G4 ZS 4	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00 $\zeta(0,85)$
Q5 ZS 5	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	

Cuadro de diálogo "Nueva combinación de caso de carga"

Generador de combinaciones de ULS

El **cuadro de diálogo "Generador de combinaciones - 1er. Orden"** permite para una compilación colectiva de combinaciones de casos de carga basado en reglas de introducción de combinaciones. Refiriéndose al estándar EN 1990 el número de combinaciones generadas puede ser relativamente largo y en casos extremos podría retrasar considerablemente el cálculo. Sabiendo esto, información relacionada con el número de combinaciones que se espera sea generado se muestra en la esquina inferior derecha. Por lo tanto, antes de lanzar el generador, el usuario debe controlar cuantas combinaciones se generarán y los posiblemente ajustar las condiciones del generador. La parte superior del cuadro sirve para definir condiciones de combinaciones generadas, la parte inferior contiene varias configuraciones de generador.

Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones - 1er orden"

Cargas de estados y grupos interactuando mutuamente

Esta parte hace posible unir la carga de estados que deben aparecer en combinaciones siempre juntas.

Cargas permanentes y variables no pueden ser unidas en un grupo. Si el campo **todas las cargas permanentes siempre en combinación**, está tildado en el generador de parámetros, la creación de grupos de carga permanente no tiene ningún efecto sobre sus apariencias en las combinaciones, ya que cada combinación siempre contendrá los casos de carga permanentes. En éste caso, unir cargas permanentes solo influirá en la consideración de los efectos favorables/desfavorables de los casos de carga dados si el campo **Cargas permanentes actuando solo desfavorablemente** no está seleccionado.

Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Casos de carga mutuamente interactivos

Interacción de casos de carga excluida

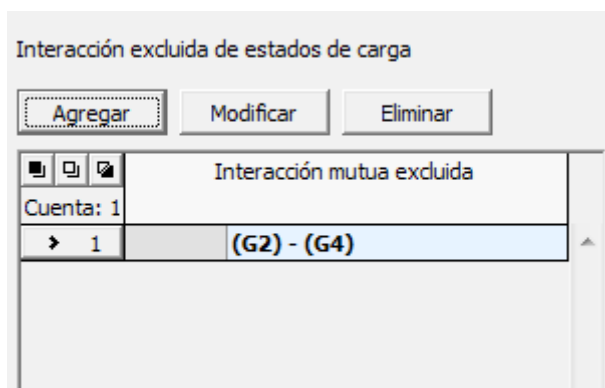
Esta parte hace posible definir, cual caso de carga no debe aparecer en combinaciones juntas.

Casos de cargas arbitrarios o grupos unidos pueden ser mutuamente excluidos dependiendo del tipo de caso de carga. Dos opciones están disponible para definir grupos a excluir.

Exclusión Un número arbitrario de casos de carga pueden ser ingresados dentro de un

mutua grupo. En este caso, el programa no generará ninguna combinación que contenga al menos dos casos de carga de este grupo.

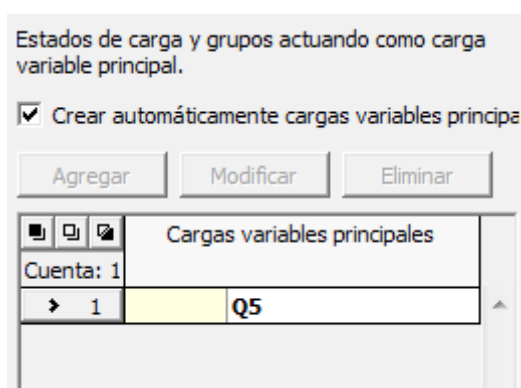
Exclusión por pares Siempre y cuando sea necesario crear un largo número de grupos de exclusión de dos clases, donde un caso de carga es el mismo (ejemplo: exclusión de variante assembly de cargas permanentes con casos de carga de servicios), es posible adoptar esta opción. Un caso de carga a ser excluido primero se selecciona de la primer columna. La segunda columna se utiliza para seleccionar un número arbitrario de casos de carga, los cuales son necesarios para crear grupos excluidos.



Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Interacción excluida de estados de carga

Casos de carga y grupos actuando como carga variable principal

Esta parte está disponible solo cuando se ingresan cargas según el estándar EN 1990 (el estándar es seleccionado en la solapa "**Materiales y estándares**"). Cuando un régimen automático es asumido entonces cada carga variable se toma como la principal en la combinación creada. Si la selección del régimen no esta disponible, es posible ajustar manualmente la lista de cargas variables principales. Por ejemplo, es posible eliminar un caso de carga arbitrario desde la lista de tal forma que no será considerado como variable principal en la combinación. Si un nuevo ítem con más casos de carga es añadido a la lista entonces todos los casos de carga, cuando aparezcan juntos, serán considerados como variable principal en esas combinaciones.



Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Casos de carga y grupos actuando en la carga variable principal

Generador de parámetros (parámetros que pueden ser configurados en la parte inferior del cuadro de diálogo)

Listado de combinaciones originales

- Retener combinaciones originales** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite añadir una nueva combinación, creando normas específicas acordes a las originales.
- Eliminar todas las combinaciones** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar todas las combinaciones que serán reemplazadas por unas nuevas.
- Eliminar combinaciones generadas** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar viejas combinaciones y luego añadir nuevas según las normas especificadas.
- Eliminar todas las combinaciones del tipo actual** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar todas las combinaciones dadas para un tipo específico que serán reemplazadas por unas nuevas.
- Eliminar combinaciones generadas del tipo actual** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar viejas combinaciones generadas para un tipo dado y luego añadir nuevas según las normas especificadas.

Listado "Generados de combinaciones"

Los siguientes tipos de combinaciones generadas pueden ser elegidas de las cargas basadas en EN 1990.

- Básico** - Genera combinaciones básicas para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.10 del estándar EN 1990.
- Alternativo** - Genera combinaciones básicas para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.10 y 1.10b del estándar EN 1990. Esta variable genera dos veces más combinaciones pero provee mejores resultados.
- Accidental** - Genera combinaciones accidentales para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.11 del estándar EN 1990. Se puede especificar un caso de carga accidental que aparezca en combinaciones accidentales. Es necesario elegir, si la variable principal de carga será reducida por el coeficiente ψ_1 o ψ_2 .

Cargas permanentes actuando solo desfavorablemente

Si esta configuración no es controlada, el programa crea todas las combinaciones posibles, donde el ingreso de todas las variables de las acciones favorables o desfavorables de las cargas permanentes son consideradas.

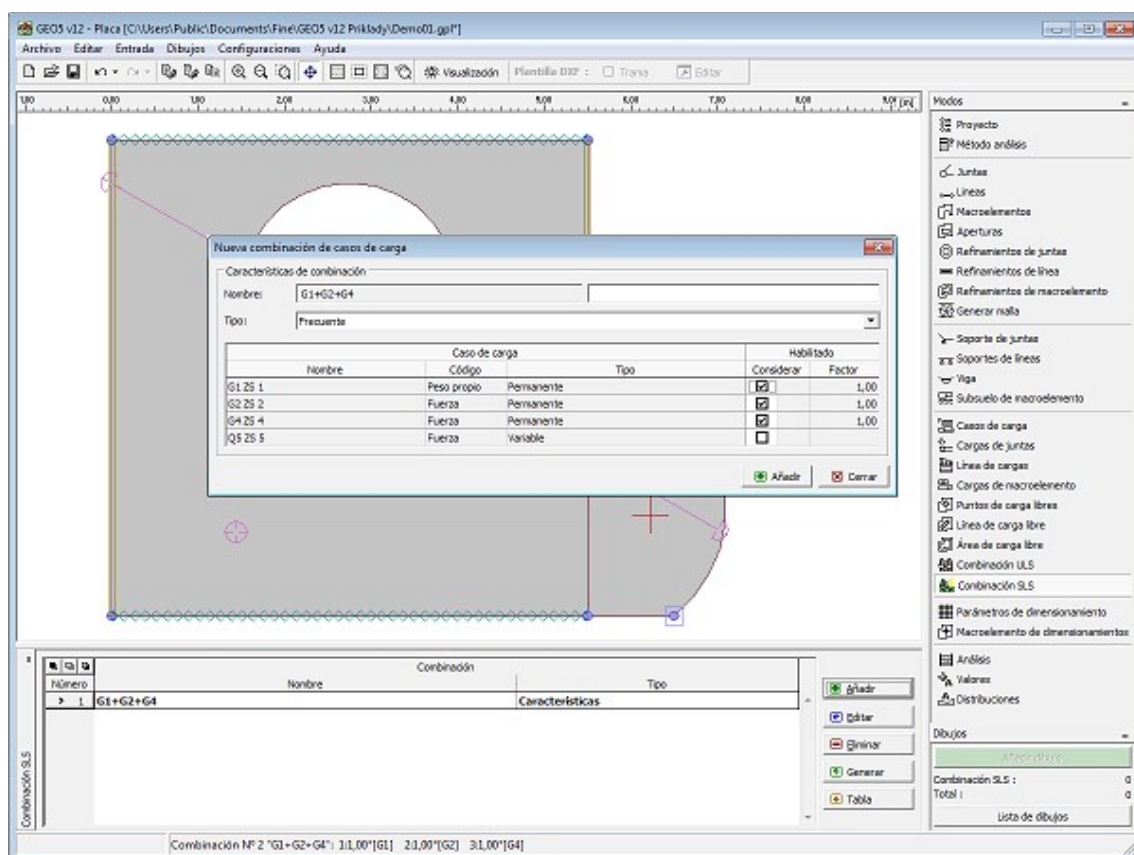
Todas las cargas permanentes están siempre en combinación

Si esta configuración no es controlada, el programa crea combinaciones de tal forma que serán considerados los ingresos sucesivos de todos los casos de carga dentro de una combinación.

Combinación SLS

El cuadro "**Combinación SLS**" contiene una **tabla** con la lista de combinaciones ingresadas de estados límites de servicios. Añadir (Editar) combinaciones y sus **parámetros** se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "**Nueva combinación de casos de carga**". La edición puede ser llevada a cabo con la ayuda del botón "**Editar**" o seleccionando la fila con la combinación requerida en la lista utilizando el botón izquierdo del mouse.

El **generador interno de combinaciones** de casos de carga puede ser utilizado para compilar combinaciones individuales.



Cuadro "Combinaciones SLS"

Parámetros de combinaciones SLS

Combinaciones SLS sirve para evaluar estados que refieren a la apariencia de la estructura, confort de la gente o funcionamiento de la estructura mientras que el uso es ordinario. Normalmente, solo se controlan deformaciones, vibraciones, etc. El **cuadro de diálogo "Nueva combinación de caso de carga"** (similar a las **combinaciones de ULS**) sirve para definir los siguientes parámetros:

Tipos de combinaciones según el estándar EN 1990

Las siguientes combinaciones pueden ser creadas para los estados límites de servicio:

- Características** - Combinación basada en la expresión 6.14 del estándar EN 1990
- Frecuencia** - Combinación basada en la expresión 6.15 del estándar EN 1990
- Casi-permanente** - Combinación basada en la expresión 6.16 del estándar EN 1990

Selección de casos de carga

La lista de casos de cargas individuales sirve para seleccionar las combinaciones creadas. El caso de carga puede ser ingresado dentro de la combinación seleccionando el campo en la columna "**Considerar**" para un caso de carga particular. El coeficiente de usabilidad puede ser especificado por combinaciones introducidas de forma general (Selección en la solapa "**Materiales y estándares**") para ajustar el grado de usabilidad del caso de carga en

combinación

Caso de carga			Habilitado	
Nombre	Código	Tipo	Considerar	Factor
G1 ZS 1	Peso propio	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
G2 ZS 2	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
G4 ZS 4	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q5 ZS 5	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	

Cuadro de diálogo "Combinación de casos de carga"

Generador de combinaciones de SLS

El **cuadro de diálogo "Generador de combinaciones - 1er. Orden"** se permite para una compilación colectiva de combinaciones de casos de carga de estados límite de servicio. Las funciones de generador de combinaciones se explican en la sección dedicada al **generador de combinaciones de capacidad portante de estados límite**.

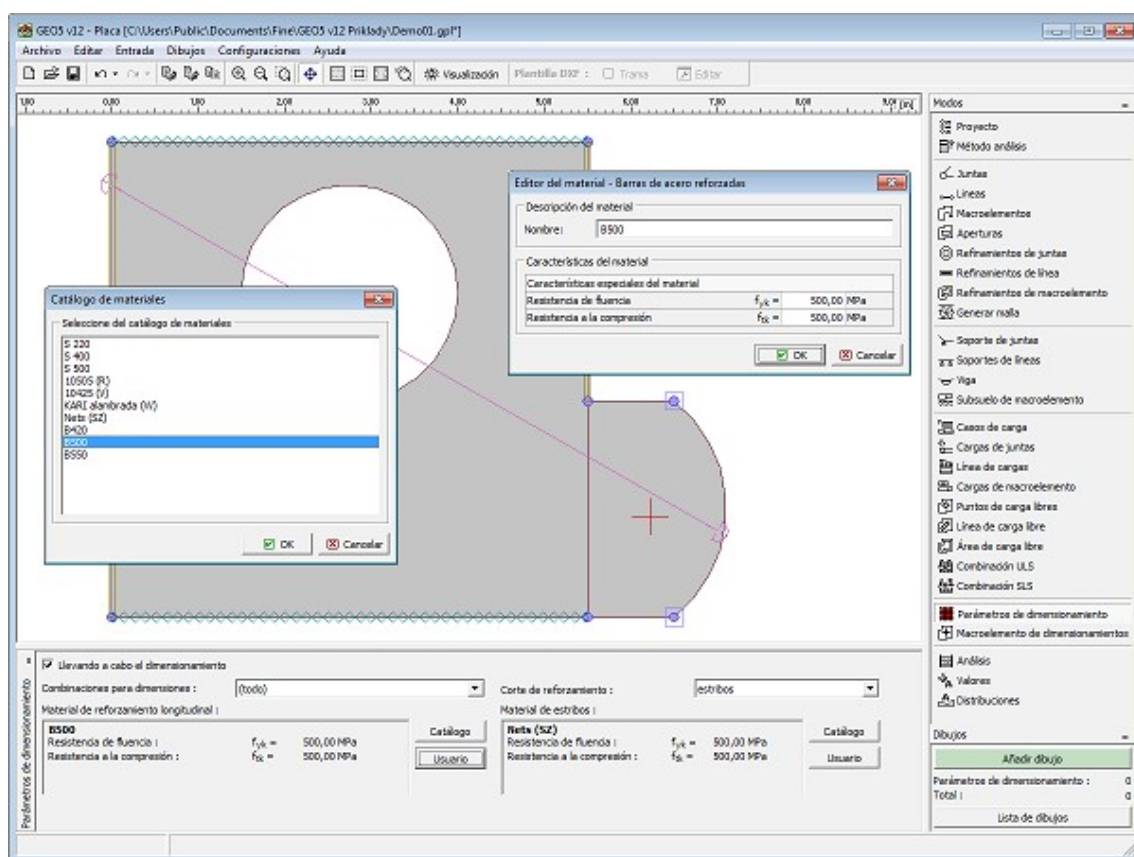
Si el ingreso de cargas según el estándar EN 1990 se configura en la solapa "**Materiales y estándares**", es posible generar las siguientes combinaciones de estados límite de servicio:

- Características** - Combinación basada en la expresión 6.14 del estándar EN 1990
- Frecuencia** - Combinación basada en la expresión 6.15 del estándar EN 1990
- Casi-permanente** - Combinación basada en la expresión 6.16 del estándar EN 1990

Parámetros de dimensionamiento

El **cuadro "Parámetros de dimensionamiento"** sirve para definir datos de **dimensionamiento longitudinal y refuerzos cortantes**. Se debe especificar el **número de combinación** (o todas las combinaciones) de una combinación a ser analizada. El material de refuerzos longitudinales se selecciona desde el "**Catálogo de materiales**" o puede ser ingresado manualmente en el "**Editor de materiales**". Los refuerzos cortantes se especifican en términos de **curva** o **estribos** (para curva se requiere definir el ángulo).

Cuando se ejecuta el análisis de **dimensionamiento** el programa genera **valores** de las siguientes cantidades. El análisis se lleva a cabo según el estándar configurado en la solapa "**Materiales y estándares**".



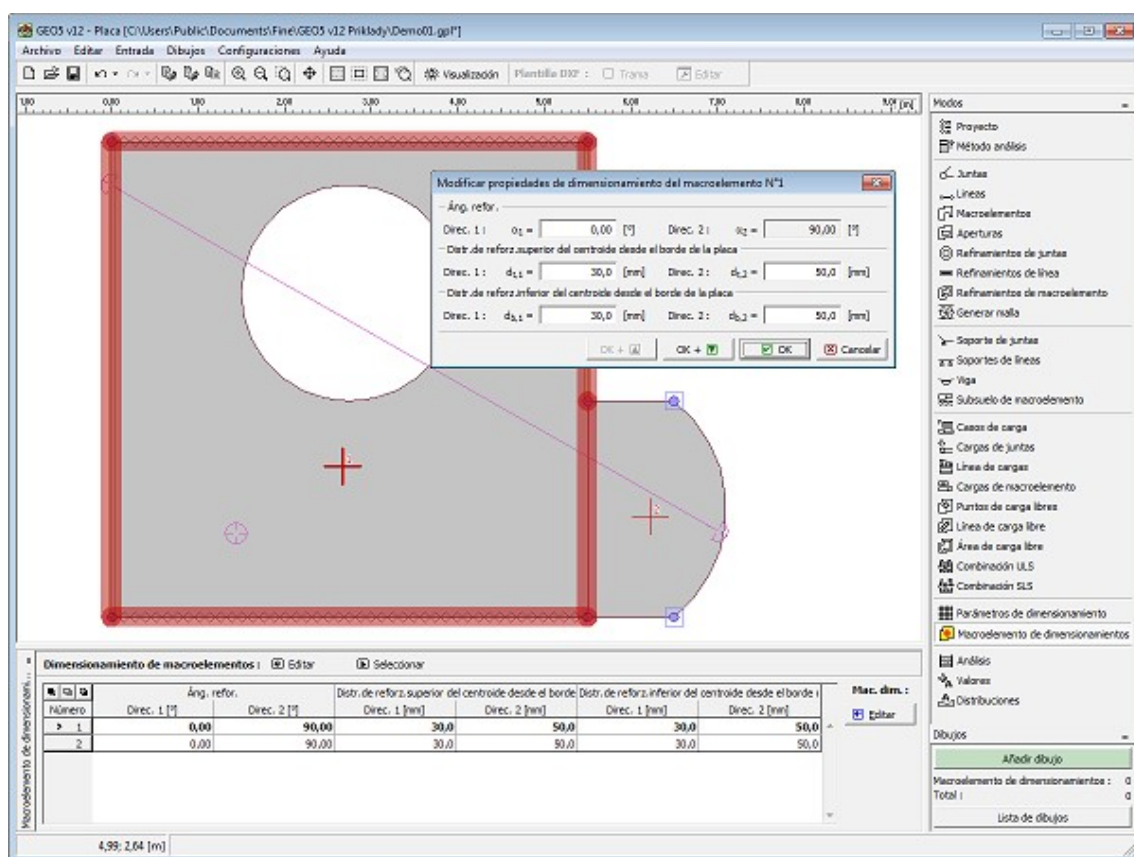
Cuadro "Parámetros de dimensionamiento"

Dimensionamiento de macroelemento

El **cuadro "Dimensionamiento de macroelemento"** contiene una **tabla** con una lista de macroelementos ingresados. **Editar** propiedades de refuerzo (la dirección de refuerzo y distancia del centroide del refuerzo superior e inferior del borde de la placa puede ser modificado) se llevan a cabo en el **cuadro de diálogo "Modificar propiedades de dimensionamiento de macroelemento"**.

Cuando se ejecuta el análisis de **dimensionamiento** el programa genera **valores** con las siguientes cantidades. El análisis se lleva a cabo según el estándar configurado en la solapa "**Materiales y estándares**".

Los macroelementos dimensionado también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Macroelemento dimensionado"

Verificación

El **resultado** del análisis se muestra en el **cuadro "Verificación"**. La verificación se **lleva a cabo** utilizando el método de elementos finitos. El análisis de **dimensionamiento** se lleva a cabo según el estándar seleccionado en la solapa **"Materiales y estándares"**.

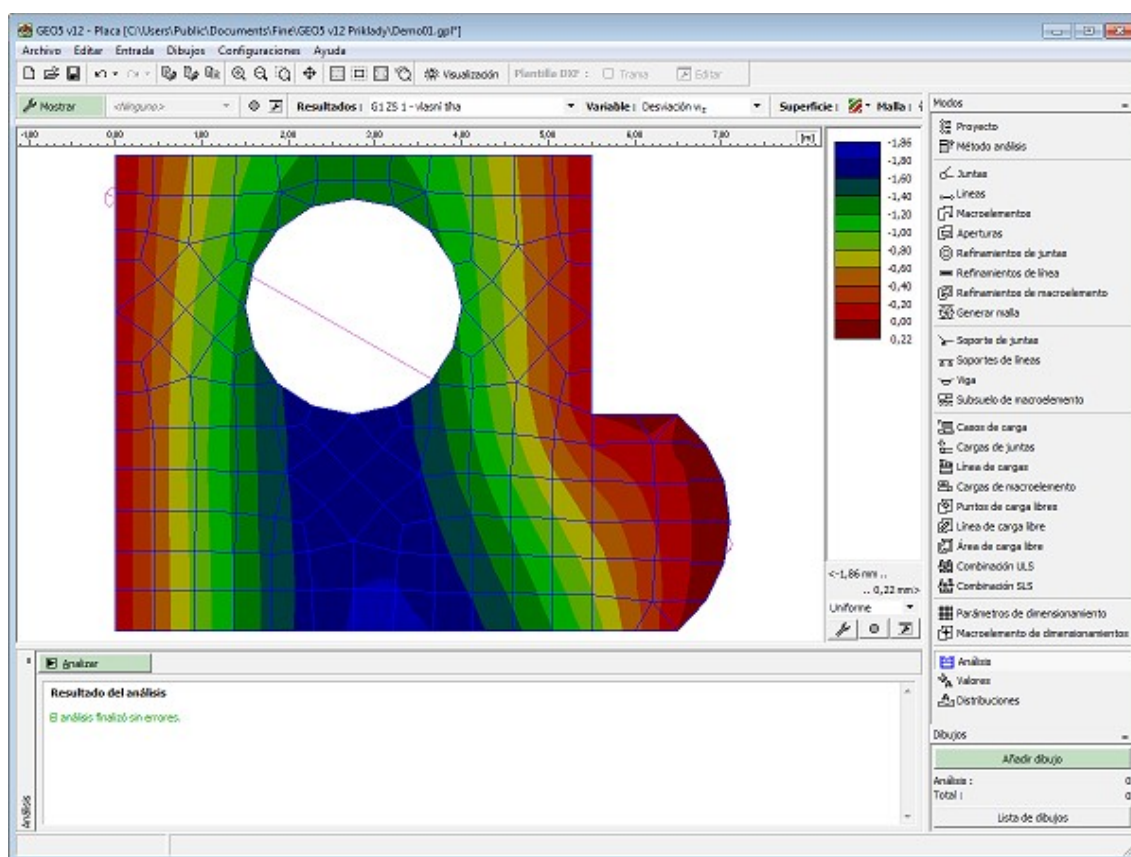
El análisis puede ser detenido en cualquier momento presionando el botón **"Interrumpir"**.

Al completar el análisis, el programa inmediatamente muestra el **resultado** y la información sobre el proceso de solución. Esta información (con posibles errores listados) se muestran en la ventana en la parte inferior del cuadro. La principal herramienta de salida es la visualización de los resultados en pantalla. La **barra herramienta** en la parte superior de la pantalla sirve para gestionar la representación gráfica de las cantidades de salida.

El **rango de color** y el fondo de éste entorno se encuentra en la parte superior del escritorio.

El programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas** (signo de convención)

La forma en la que aparecen los resultados en pantalla puede ser configurada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Verificación" - pantalla luego de completar el análisis

Procedimiento de análisis

El proceso de solución se divide en varios pasos incluyendo la ubicación de la matriz de rigidez global mientras se tiene en cuenta las condiciones de soporte (soportes fijos o de resortes, en junta o a lo largo de líneas, subsuelos elásticos), configuración del vector carga y análisis del sistema de ecuaciones del método Gaussiano con la descomposición de Cholesky de la matriz de rigidez global, la cual es éste caso es simétrica. El valor de las variables primarias w_z , ϕ_x , ϕ_y calculadas en los nodos de mallas son luego utilizados para determinar las fuerzas internas m_x , m_y , m_{xy} , v_x y v_y junto con las cantidades derivadas m_1 , m_2 y el valor de reacciones desarrolladas en soportes.

Elementos 2D

La calidad de los resultados del problema de placa derivada utilizando el método de elementos finitos está influenciada fuertemente por el tipo de elemento de placa. La presente fórmula experimenta una deformación variante del método de elemento finito para obtener un elemento triangular y cuadrilateral denotado como DKMT y DKMQ (Discrete Kirchhoff-Mindlin Triangle a Quadrilateral).

La formulación del elemento de placa implementado en el programa se basa en la teoría "discrete Kirchhoff" de flexión de placas delgadas, las cuales pueden ser consideradas como un caso especial de la teoría de placa Mindlin desarrolladas sobre las siguientes suposiciones:

- La compresión de placa en la dirección z es insignificante en comparación con el desplazamiento vertical w_z .
- Normalidades al medio plano de la placa permanece recta luego de la deformación, pero

no necesariamente normal a la deformación del medio plano de la placa.

- Tensión normal σ_z es insignificante en comparación a la tensión σ_x , σ_y .

Elementos DKMT y DKMQ tiene 9 y 12 grados de libertad, respectivamente - 3 desplazamientos independientes en cada nodo:

W_z - Desviación en la dirección de eje z

z

φ_x - Rotación sobre el eje x

x

φ_y - Rotación sobre el eje y

y

Los elementos satisfacen los siguientes criterios:

- La matriz de rigidez tiene un rango correcto (no se generan estados de energía iguales a cero)
- Cumplir el test del cuadro
- Ser adecuado para el análisis de placas finas y gruesas
- Mostrar buenas propiedades convergentes
- No ser costoso en el cálculo

En el caso de mallas bien generadas de elementos cuadrilaterales, se espera que muestren un mejor comportamiento comparado con elementos triangulares.

Elementos 1D

La placa puede ser perfeccionada por las vigas formuladas en la base de un elemento de viga dimensional con torsión incorporada y es compatible con elementos de placa (detalles pueden ser encontrados en la bibliografía). Las variables principales son W_z , φ_x y φ_y y las fuerzas internas correspondientes son M_1 , M_2 y V_3 (torsión y flexión de elementos y fuerza de corte). La viga es caracterizada por el momento de inercia I_t y I_2 (torsión y flexión) área A y área de corte A_s . Estos parámetros pueden ser calculados por el programa, basándose en el tipo de sección transversal. El análisis construye matrices de rigidez local 6×6 posteriormente localizadas en la matriz de rigidez global de la estructura.

Bibliografía:

I. Katili, A new discrete Kirchhoff-Mindlin element based on Mindlin-Reissner plate theory and assumed shear strain fields - part I: An extended DKT element for thick-plate bending analysis, *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, Vol. 36, 1859-1883 (1993)

I. Katili, A new discrete Kirchhoff-Mindlin element based on Mindlin-Reissner plate theory and assumed shear strain fields - part II: An extended DKQ element for thick-plate bending analysis, *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, Vol. 36, 1885-1908 (1993)

Z. Bittnar, J. Šejnoha, *Numerické metody mechaniky, ĚVUT, Praha, 1992*

Resultados

La visualización e interpretación de los resultados es una de las partes más importantes del programa.

Basado en la configuración de la **barra de herramienta**, el programa muestra **variables** (desviación, momentos, rotación) para un caso de carga arbitrario o

combinaciones de casos de carga, o para una **variable de dimensionamiento** necesaria (valores de áreas de refuerzo necesarias, calculadas según el estándar seleccionado en la solapa "**Materiales y estándares**")

Los cálculos de valores de puntos definidos por el usuario, o en líneas, pueden ser configurados en los cuadros "**Valores**" o "**Distribuciones**" respectivamente.

El programa provee distintos tipos básicos de salidas gráficas definidas en el cuadro de diálogo "**Placa - Configuración de visualización de resultados**".

- Trazado de estructura
- Parcela de superficies de cantidades
- Trazado de malla de elementos finitos
- Trazado de grilla
- Trazado de distribuciones (diagramas)
- Trazado de valores de superficies
- Trazado de direcciones de momentos y reacciones

La barra de herramientas "**Resultados**" de la parte superior de la pantalla sirve para seleccionar variables a ser mostradas y la forma en la que deben aparecer en la pantalla.

El rango de color se muestra en la parte derecha de la pantalla. Esta configuración particular puede ser ajustada en la barra de herramientas "**Rango de color**".

Debido a que la configuración de salida adecuada, puede consumir mucho tiempo, el programa dispone de un sistema muy amigable de **selección y almacenamiento de configuración de vistas**.

Todas las salidas y resultados seleccionados pueden ser impresos desde el **protocolo de análisis**.

Barra de herramienta - Resultados

La barra de herramientas contiene los siguientes elementos operacionales.



Barra de herramienta "Configuración de visualización de salidas de gráficos"

Los elementos individuales operan de la siguiente manera:

	Trazado de configuración de estilo	<ul style="list-style-type: none"> • Abre el cuadro de diálogo "Placa - resultado de configuración de visualización" el cual permite al usuario ser más específico en la definición del estilo de trazado.
	Lista de trazados	<ul style="list-style-type: none"> • Un listado contiene nombres de trazados guardados por el usuario.
	Guardar trazado	<ul style="list-style-type: none"> • Guarda el trazado actual que se muestra en el escritorio, el cuadro de diálogo sirve para entrar el nombre del trazo.
	Gestionar trazados	<ul style="list-style-type: none"> • Abre el cuadro de diálogo "Gestión de trazos" el cuadro sirve para gestionar (eliminar, cambiar orden, renombrar)

Resultados : Dimensionamiento	Resultados (cargas, casos de carga, combinación, dimensionado)	trazados ya guardados.
Variable : Momento $M_{dim1,min}$	Tipo de variables	<ul style="list-style-type: none"> muestra los casos de carga seleccionado, combinaciones (ULS, SLS, envolturas (ULS, SLS), o dimensionados
Superficie :	Trazado de superficie	<ul style="list-style-type: none"> muestra la variable seleccionada o la variable de dimensionamiento Habilita o deshabilita el trazado de isolíneas, e isosuperficies.
Malla :	Malla	<ul style="list-style-type: none"> Habilita o deshabilita el estilo de trazado de una malla EF (solo bordes, o dependiendo de la configuración en "Placa - resultado de configuración de visualización").
Topología :	Trazado de topología	<ul style="list-style-type: none"> Trazado de topología o construcción

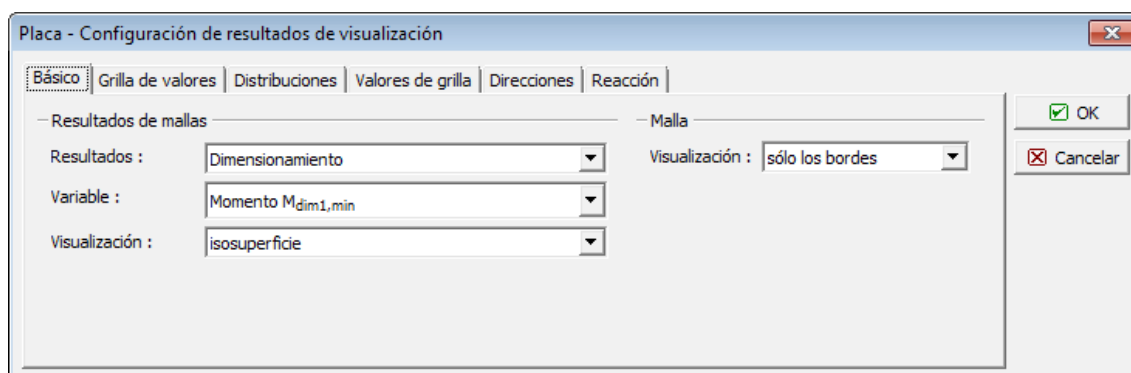
La barra de herramientas contiene los **elementos operacionales de uso más común**, necesarios para la visualización de resultados en el escritorio. Los detalles de configuración del estilo de trazado de resultados están disponibles en el cuadro de diálogo "**Placa - resultado de configuración de visualización**".

De forma similar a los demás programa el resultado puede ser guardado o impreso. El estilo de trazado puede ser ajustado en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

Configuración de visualización de resultados

El cuadro "**Losa - Configuración de visualización de resultados**" sirve para especificar los valores a ser trazados y la forma en que van a ser visualizados. Las configuraciones individuales pueden ser **guardadas** utilizando la barra de herramientas "**Resultados**".

El ítem "**Básico**" sirve para configurar los parámetros básicos para el trazado de resultados, cantidades e información de malla - ítems adicionales pueden ser luego utilizadas para definir la visualización de otras salidas.



Cuadro de diálogo "Placa - Configuración de visualización de resultados"

Lista de variables

Lista de cantidades mostradas por el programa para casos de cargas individuales, combinaciones de cargas (ULS, SLS) y envolturas (ULS, SLS)

Variable	Unidad	Descripción
Desviación W_z	[mm]	Desplazamiento en la dirección Z
Rotación φ_x	[mrad]	Rotación sobre el eje X
Rotación φ_y	[mrad]	Rotación sobre el eje Y
Momento m_x	[kNm/m]	Valor del momento sobre el eje X
Momento m_y	[kNm/m]	Valor del momento sobre el eje Y
Momento m_{xy}	[kNm/m]	Valor del momento
Fuerza de corte V_x	[kN/m]	Valor de la fuerza de corte en la dirección X
Fuerza de corte V_y	[kN/m]	Valor de la fuerza de corte en la dirección Y
Momento m_1	[kNm/m]	Valor del momento principal (extremo)
Momento m_2	[kNm/m]	Valor del momento principal (extremo)
Fuerza de corte V_{max}	[kN/m]	Valor de la fuerza de corte (extremo)
Tensión de contacto σ	[kN/m ²]	Valor de la tensión de contacto

Lista de variables de dimensionamiento

Para realizar el análisis de **dimensionamiento** primero es necesario elegir la opción "**Llevar a cabo dimensionamiento**" en el cuadro "**Parámetros de dimensionamiento**". La visualización de los valores de dimensionamiento puede configurarse en la barra de herramientas "**Resultados**".

La notación de variables (en particular los índices de las variables) cambian según los estándares utilizados para dimensionamiento de hormigón o de acero configurados en la solapa "**Materiales y estándares**".

Lista de cantidades mostradas por el programa para dimensionamiento

Variable	Unidad	Descripción
Momento $M_{dim1, min}$	[kNm/m]	Momento de dimensionamiento mínimo en dirección al refuerzo 1
Momento $M_{dim1, max}$	[kNm/m]	Momento de dimensionamiento máximo en dirección al refuerzo 1
Momento $M_{dim2, min}$	[kNm/m]	Momento de dimensionamiento mínimo en dirección al

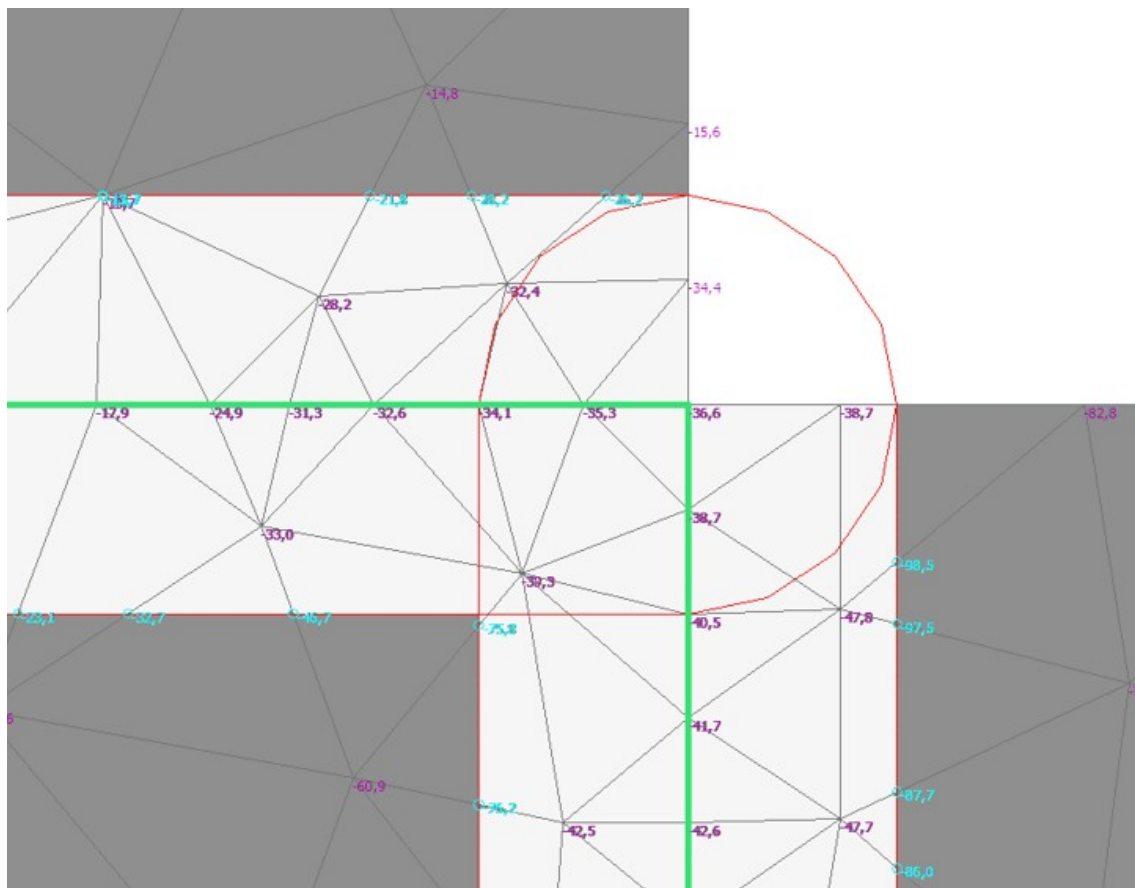
		refuerzo 2
Momento $M_{dim2, max}$	[kNm/m]	Momento de dimensionamiento máximo en dirección al refuerzo 2
Área reforzada A_{u1}	[mm ² /m]	Área del refuerzo superior en dirección 1
Área reforzada A_{b1}	[mm ² /m]	Área del refuerzo inferior en dirección 1
Área reforzada A_{u2}	[mm ² /m]	Área del refuerzo superior en dirección 2
Área reforzada A_{b2}	[mm ² /m]	Área del refuerzo inferior en dirección 2
Radio de refuerzo μ_{h1}	[%]	Radio del refuerzo superior en dirección 1
Radio de refuerzo μ_{d1}	[%]	Radio del refuerzo inferior en dirección 1
Radio de refuerzo μ_{h2}	[%]	Radio del refuerzo superior en dirección 2
Radio de refuerzo μ_{d2}	[%]	Radio del refuerzo inferior en dirección 2
Fuerza de corte V_{Ed}	[kN/m]	Fuerza de corte dimensionada
Área reforzada $A_{b, nut}$	[mm ² /m ²]	Área solicitada de reforzamiento de corte
Fuerza de corte $V_{Rd, c}$	[kN/m]	Resistencia de corte de la sección transversal sin reforzamiento de corte
Fuerza de corte $V_{Rd, max}$	[kN/m]	Fuerza de corte máxima permitida

Reducción de los momentos de flexión

Los momentos de dimensionamiento ppor encima de los soportes se reducirán si se selecciona **"Entrada de dimensiones de los soportes y reducción de los momentos de flexión resultantes"** en el cuadro **"Configuración"**. A continuación, se mostrará la sección **"Geometría de Soporte"** en las propiedades de los soportes individuales (**"Soportes de juntas"**, **"Soportes de línea"**) y se reducirán los momentos de dimensionamiento en el análisis.

Interpretación del análisis

El programa reduce los momentos de dimensionamiento en las áreas de geometría definida del soporte.



- Se juntan las áreas de geometría definida de los soportes individuales que se superponen o se tocan
- Se calculan los valores que se encuentran en el límite de las áreas fusionadas
- Los valores de los nodos de malla dentro de las áreas fusionadas están limitados por un valor que se calcula a partir de los valores límite para que los valores límite más próximos tengan la influencia más alta
- Se limitan los valores de los momentos de dimensionamiento y de la fuerza de corte del dimensionamiento.

Valores límites

Los valores límites se calculan según la siguiente fórmula:

$$v_{\text{lim}}(xy) = \frac{\sum_{i=1}^N k_i(xy) v_i}{\sum_{j=1}^N k_j(xy)}$$

Donde:

$$k_i(xy) = \frac{1}{(d(xy, xy_i))^{16}}$$

Donde: $v_{\text{lim}}(xy)$ - Valor límite en el punto calculado xy

N - Número de puntos límites

- v_i - Valor en el punto límite
- $d(xy, xy_i)$ - Distancia del punto calculado desde el punto límite

Valores

El cuadro "**Valores**" permite definir puntos (o juntas) ubicadas arbitrariamente en la superficie de la placa. Para estos puntos (juntas) es posible mostrar **variables** (defecciones, momentos, rotaciones) para un caso de carga arbitrario o para combinaciones de casos de carga, o para **variables de dimensionamiento** necesarias (variables de áreas de refuerzos necesarias para cálculos según el estándar seleccionado en la solapa "**Materiales y estándares**").

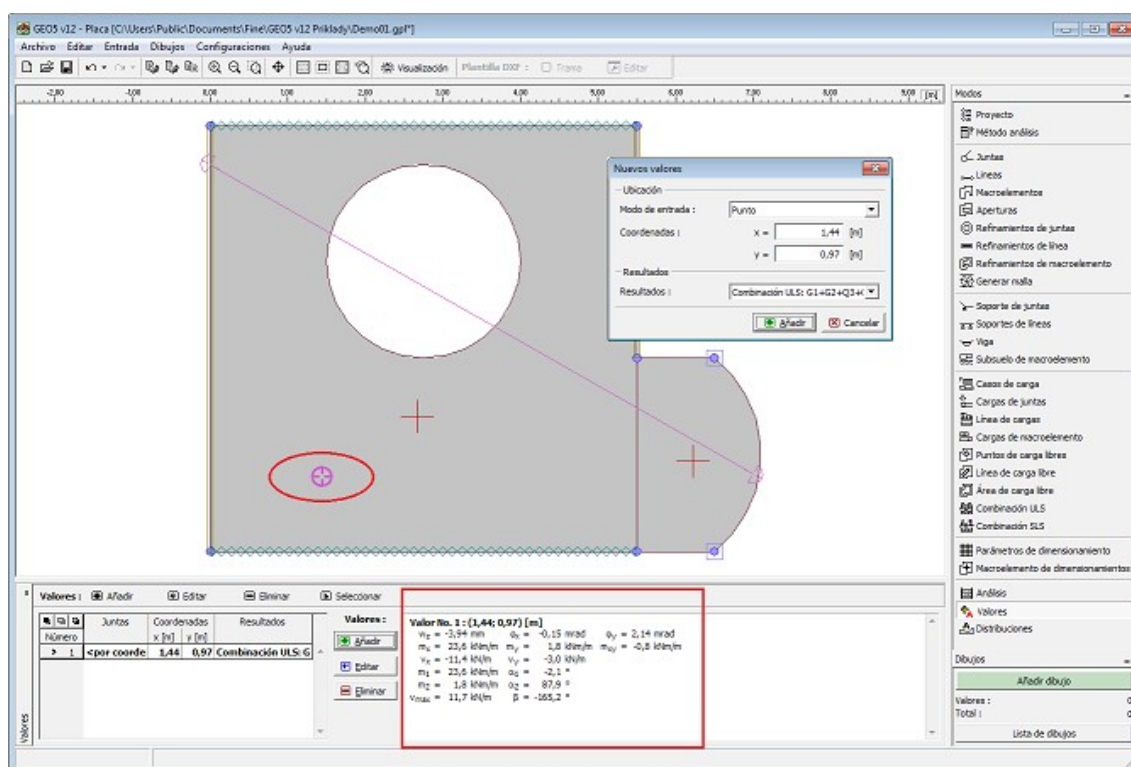
El cuadro contiene una **tabla** con la lista de puntos (juntas) ingresados. Añadir (Editar) se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevos valores"**. La ventana sirve para especificar el tipo de entrada (punto, juntas), coordenadas y para que caso de carga; combinación o dimensionado de cantidades resultante deben ser visualizadas. El valor en las juntas de soporte corresponde a la fuerza de reacción en este soporte.

En el análisis de **dimensionamiento** algunas cantidades pueden ser marcadas por el símbolo **[*]**. En éste caso el área de refuerzo necesaria y el grado de refuerzo mínimo son requeridos. SI el punto es encontrado en el límite de dos macroelementos, el programa muestra dos configuraciones de valores de dimensionamiento.

Valores (puntos) pueden ser ingresados utilizando el mouse. Este modo de entrada se activa haciendo clic en el botón apropiado de la tabla de herramientas horizontal "Valores". Los siguientes modos están disponibles:

- **Añadir** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en el escritorio se introduce la ubicación del punto (valor)
- **Editar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en un punto (valor) ya existente abre el cuadro de diálogo "**Modificar propiedades de valor**", el cual permite modificar los parámetros.
- **Eliminar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en un punto (valor) abre el cuadro de diálogo "**Eliminar punto**" - Aceptando esta acción se elimina el punto (valor)
- **Seleccionar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en un punto, resalta el punto (valor) seleccionado. El punto (valor) es simultáneamente marcado en la lista de la **tabla**. Esta opción permite editar varios puntos (valores) al mismo tiempo (o eliminarlos).

Los puntos ingresados (valores) pueden ser incluso editados en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Valores"

Distribuciones

El cuadro "Distribuciones" sirve para definir líneas generales o líneas ubicadas en la superficie de la losa. Para estos segmentos (líneas) es posible mostrar **variables** (desviaciones, momentos, rotaciones, etc) para un caso de carga arbitrario o combinaciones de casos de carga, o si **variables de dimensionamiento** necesarias (valores de áreas de refuerzo necesarios calculados según los estándares seleccionados en la solapa "Materiales y estándares").

El cuadro contiene una **tabla** con la lista de segmentos (líneas) ingresados. Añadir (Editar) se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nuevas distribuciones"**. La ventana sirve para especificar el tipo de entrada (segmento, línea), coordenadas de primer y último punto, caso de carga, combinación, **dimensionamiento** y cantidad.

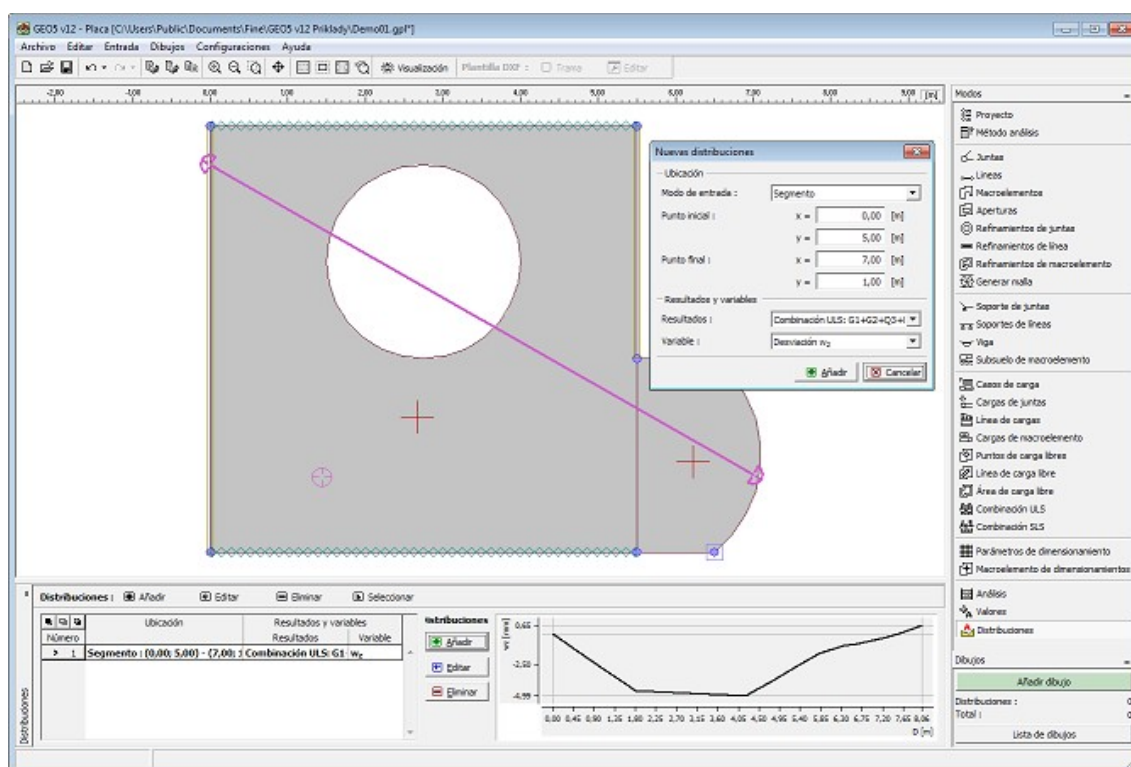
El cuadro muestra:

- **Distribuciones generales** Distribuciones generales (diagramas) en un segmento arbitrario (línea).
- **Distribuciones en vigas** Si una **viga** es asignada a una línea es posible mostrar distribuciones (diagramas) de otras cantidades (fuerza de corte V_3 , momento de flexión M_2 , momento de torsión M_1)
- **Distribuciones en líneas soporte** Si la línea es soportada es posible mostrar distribuciones (diagramas) de otras cantidades (reacción vertical r_z , momento de reacción r_m , t).

Las distribuciones pueden ser ingresadas utilizando el mouse. Este modo de entrada se activa haciendo clic en el botón apropiado de la tabla de herramientas horizontal "**Distribuciones**". Los siguientes modos están disponibles:

- **Añadir** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en la junta se introduce la ubicación de la distribución.
- **Modificar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en una distribución ya existente abre el cuadro de diálogo "**Modificar propiedades de distribución**", el cual permite modificar los parámetros.
- **Eliminar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en una distribución abre el cuadro de diálogo "**Eliminar distribución**" - Aceptando esta acción se elimina la distribución.
- **Seleccionar** Haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en una distribución, resalta la distribución seleccionada. La distribución es simultáneamente marcada en la lista de la **tabla**. Esta opción permite editar varias distribuciones al mismo tiempo (o eliminarlas).

Las distribuciones ingresadas pueden ser incluso editadas en el escritorio con la ayuda de **objetos activos**.



Cuadro "Distribuciones"

Sistemas de coordenadas (signo de convención)

Fuerzas internas:

Las fuerzas internas están definidas como:

$$m_x = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_x z dz$$

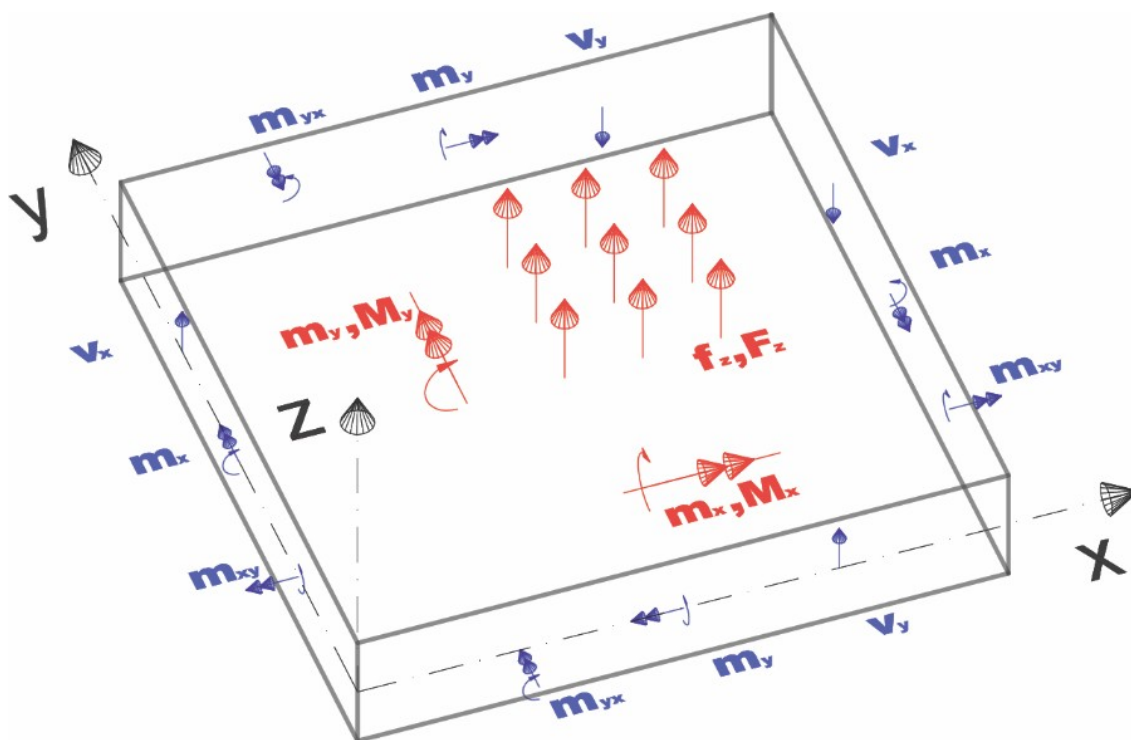
$$m_y = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_y z dz$$

$$m_{xy} = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{xy} z dz$$

$$v_x = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{xz} dz$$

$$v_y = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{yz} dz$$

La dirección positiva de las fuerzas internas es evidente desde la siguiente figura:



Los momentos principales y las direcciones de los ejes principales están dados por:

$$m_{1,2} = \frac{1}{2} \left(m_x + m_y \pm \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4m_{xy}^2} \right)$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha_{1,2} = \frac{2m_{xy}}{m_x - m_y}$$

The meaning of individual variables is the following: internal forces can be transformed from

the (x, y) coordinate system to the (x', y') coordinate system by rotating the (x, y) plane through a certain angle about the z -axis. The angle α , in particular, corresponds to a rotation angle for which the transformed $m_{x'y'}$ moment attains a zero value whereas the $m_{x'}$ and $m_{y'}$ moments attain their maximum and minimum values m_1 and m_2 , respectively.

El significado de las variables individuales es el siguiente: las fuerzas internas pueden ser transformados desde el sistema de coordenadas (x, y) para el sistema de coordenadas de (x', y') mediante la rotación del plano (x, y) a través de un cierto ángulo sobre el z -eje. El ángulo α , en particular, corresponde a un ángulo de rotación para que el transformado momento $m_{x'y'}$ alcanza un valor cero, mientras que los momentos $m_{x'}$ y $m_{y'}$ alcanzan su valor máximo y mínimo m_1 y m_2 , respectivamente.

El máximo valor de la fuerza de corte se obtiene de forma similar:

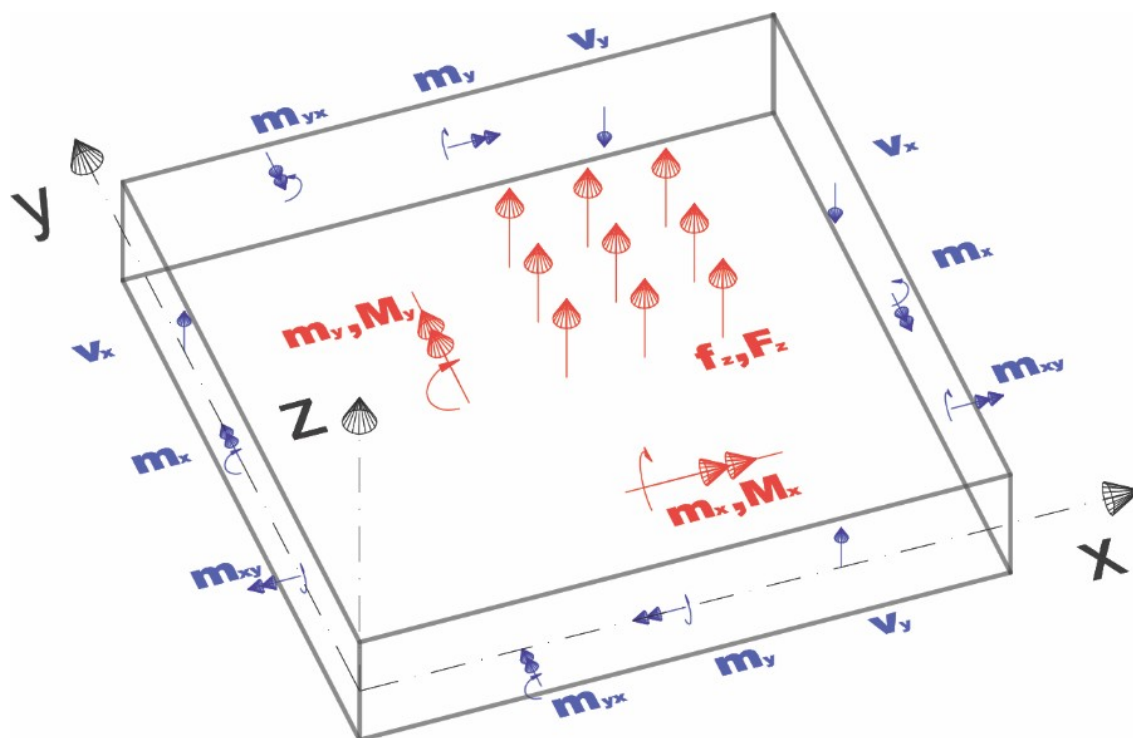
$$v_{max} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

el ángulo entre el eje v_{max} y x

$$\beta = \arctg \frac{v_y}{v_x}$$

Carga

La convención de signos de la fuerza aplicada y del momento de carga es evidente en la figura siguiente:



Vale la pena señalar una convención de signo diferente aplicada a la carga de momento M (en un punto o a lo largo de una línea) y al momento interno m . Mientras que el momento M_x gira alrededor del eje x (como de costumbre para las vigas), el momento interno que gira alrededor

del eje x se denota como m_y .

Programa Viga

El programa proporciona el análisis de las vigas de los cimientos apoyadas sobre subsuelo elástico.

La ayuda en el programa "Viga" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Geometría	Subsuelo	Interfaz	Ubicación	Suelos
Asignar	Agua	Soportes	Casos de carga	Carga	Combinación ULS	Combinación SLS
Verificación						

- Estándares y métodos de análisis

- Theory for analysis in the program "**Beam**":

Tensiones geo-estáticas en un cuerpo terrestre, cálculo de aumento de presión	Análisis utilizando el módulo edométrico	Determinación de la profundidad de la zona de influencia
---	--	--

- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro **"Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el **"Administrador de configuración"** presionando el botón **"Añadir al administrador"**.

La configuración **"Entrada para la tarea actual"** usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en la solapa **"Materiales y estándares"**.

El cuadro sirve para especificar la **subdivisión de la viga en elementos infinitos** (la configuración por defecto es 20 elementos). Luego es posible definir si el suelo actúa en tensión - se recomienda el **cálculo asumiendo tensión de corte en el suelo**.

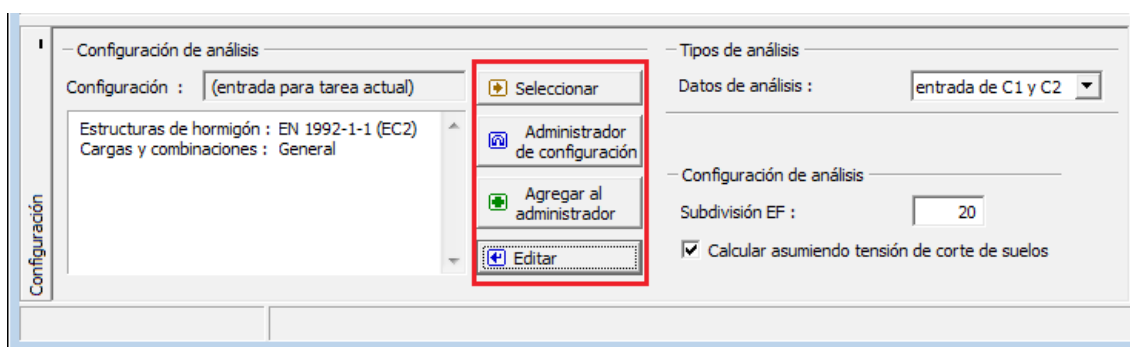
La lista desplegable permite elegir uno de las tres formas de definición de **subsuelo Winkler-Pasternak**:

- **Cálculo de C_1 y C_2** - los parámetros Winkler-Pasternak de subsuelo son **calculados** por el programa por la entrada de parámetros en el perfil geológico. La tensión geoestática se calcula desde el terreno final o desde el fondo de la cimentación. Es posible ingresar el

número de iteraciones C_1 y C_2 .

- **Entrada de C_1 y C_2** - los parámetros Winkler-Pasternak de subsuelo son **directamente especificados**.
- **Entrada de E_{def} , ν_y , h_z** - los parámetros Winkler-Pasternak de subsuelo son **calculados** por el módulo de deformación E_{def} , el número de Poisson y la profundidad de la zona de influencia h_z

El en primer caso, cuando los parámetros C_1 y C_2 son calculados, el cuadro "Subsuelo" no están disponibles. Para los otros dos enfoques el cuadro "Interfaz", "Ubicación", "Suelo", "Asignación" y "Agua" no están disponibles.



Cuadro "Configuración"

Winkler-Pasternak parámetros C_1 y C_2

El **modelo Winkler - Pasternak para la solución de una capa elástica** introduce una ecuación balanceada en la dirección vertical como:

$$c_1 \cdot w - c_2 \cdot \Delta w = f_z$$

donde:

c_1, c_2	Parámetros del modelo de Winkler - Pasternak
w	Deflexión en la dirección vertical
f_z	Carga vertical actuando en una capa

El programa hace posible el cálculo de los parámetros C_1 , C_2 de los **parámetros de deformación** de suelo o del **perfil geológico**.

Cálculo de parámetros Winkler-Pasternak C_1 y C_2 del perfil geológico

Una combinación característica de la carga debe ser elegida cuando calculamos los **parámetros Winkler - Pasternak** (C_1 , C_2) del perfil geológico. Esta combinación debe ser considerada como un servicio y debe corresponder a la carga de mayor frecuencia. Utilizando esta combinación la sobrecarga en el fondo de la zapata se calcula luego por el cálculo de la zona de influencia.

Parámetros de deformación (número de Poisson, módulo de deformación) son determinados por el cálculo de la zona de influencia como un promedio ponderado de los parámetros de deformación de subsuelo. Dado estos parámetros las constantes Winkler - Pasternak (C_1 , C_2) son calculadas por la **siguiente fórmula**.

Cálculo de las constantes de Winkler-Pasternak de la deformación de parámetros de suelo

Las constantes de Winkler - Pasternak C_1 y C_2 son calculadas en el programa desde la condición de las matrices de cumplimiento de igualdad en las constantes Winkler - Pasternak y subsuelo elástico. Esta condición es representada por las siguientes ecuaciones:

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{1}{2 \left[\sqrt{C_{1WP} C_{2WP}} + b C_{1WP} \right]} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2 \left[b^2 \sqrt{C_{1WP} C_{2WP}} + b C_{2WP} + \frac{b^3}{3} C_{1WP} \right]} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + (2n+1)^2 b C_{1w} \right]} & 0 \\ 0 & \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) b^2 \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{2w} + (2n+1)^2 \frac{b^3}{3} C_{1w} \right]} \end{bmatrix}$$

donde:

$[C]$	Matriz de constantes C_1 y C_2
b	Mitad del ancho de la cimentación
C_{1w}, C_{2w}	Constantes de Winkler
H	Profundidad de la zona deformada

Geometría

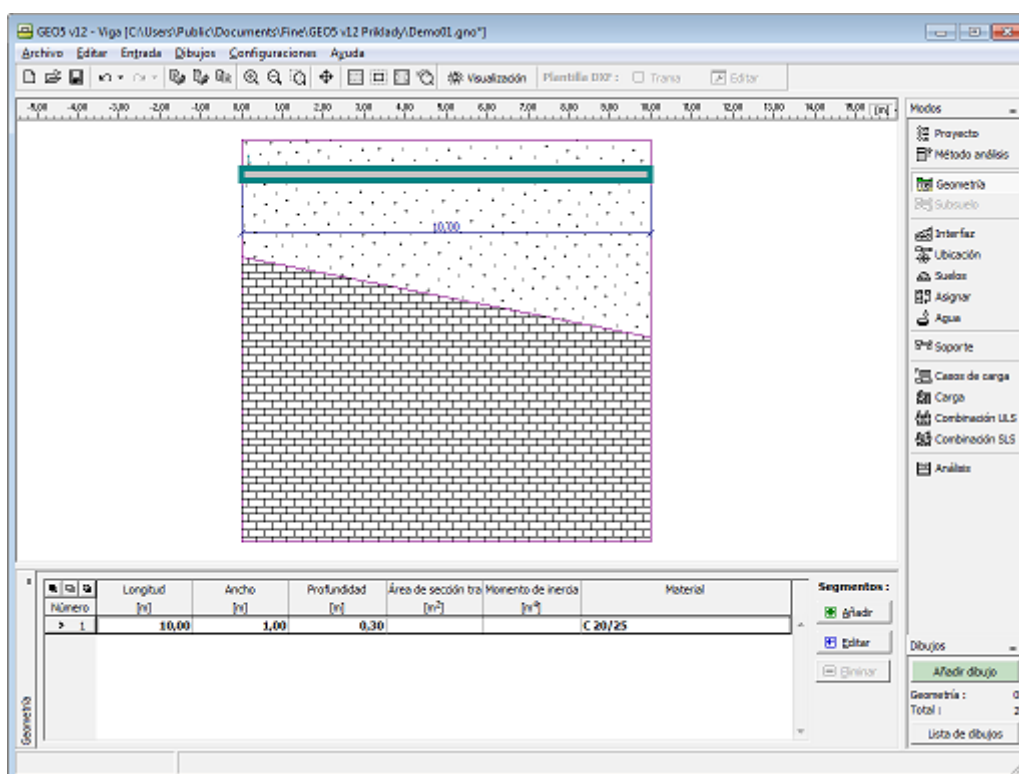
El cuadro "Geometría" contiene una tabla con una lista de secciones de vigas ingresadas.

Añadir puntos se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevos segmentos".

La ventana requiere definir longitud, ancho y profundidad de la sección (para **secciones transversales rectangulares**).

El programa permite definir una sección transversal general para una viga (se especifica el área de sección transversal y el momento de inercia).

El **material de sección transversal** se especifica luego, utilizando el catálogo de programa o ingresando los parámetros de material. (módulo de elasticidad, módulos de corte, peso propio).



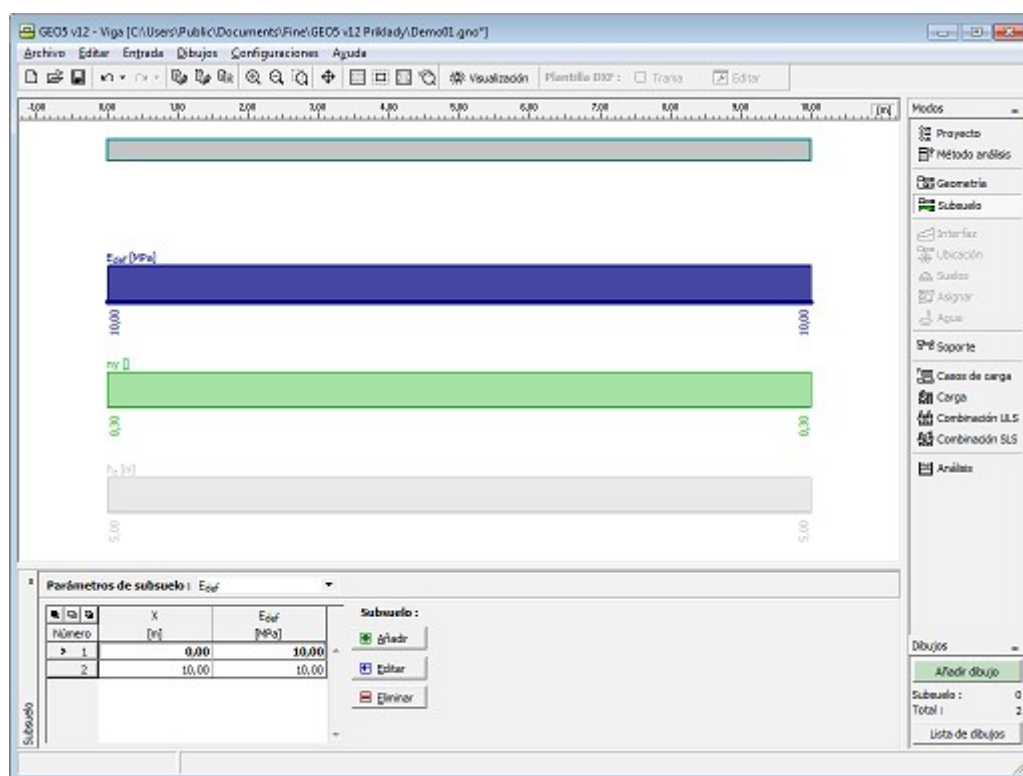
Cuadro "Geometría"

Subsuelo

El cuadro "Subsuelo" contiene una tabla con una lista de valores de parámetros de subsuelo Winkler-Pasternak C_1 y C_2 o parámetros de deformación de suelo (E_{def} , n_y , h_z), respectivamente, dependiendo de la configuración del cuadro "Configuración".

Para añadir (editar) parámetros utilizamos el cuadro de diálogo "Nuevo parámetro de suelo".

La tabla muestra valores de parámetros que son seleccionados desde la lista desplegable arriba de la tabla. Para añadir (editar) puntos utilizamos el cuadro de diálogo "Nuevos parámetros de subsuelo". La ventana sirve para especificar la coordenada X y el valor de los parámetros.



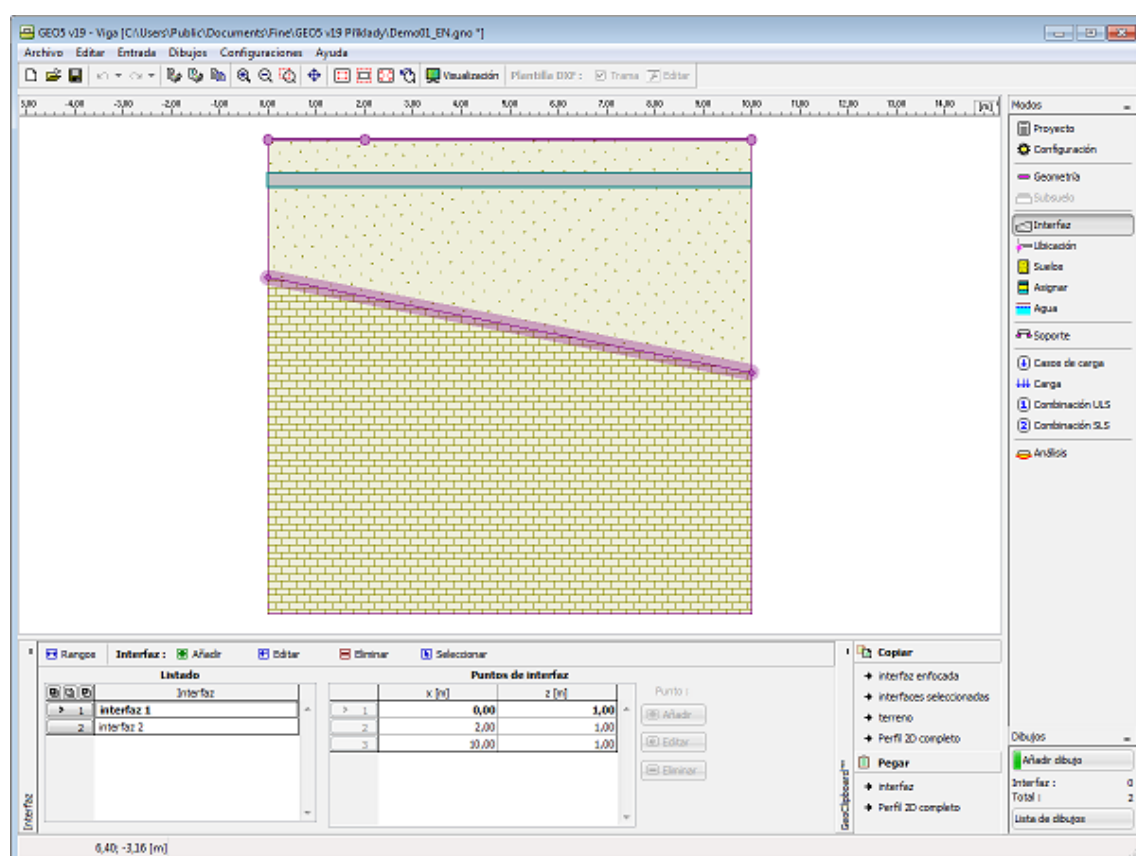
Cuadro "Subsuelo"

Interfaz

El cuadro **"Interfaz"** sirve para ingresar interfaces de suelos individuales dentro de un cuerpo sólido. La descripción detallada de cómo manejar interfaces se describe en [este enlace del documento](#).

El programa hace posible **importar o exportar** interfaces en formato *.DXF.

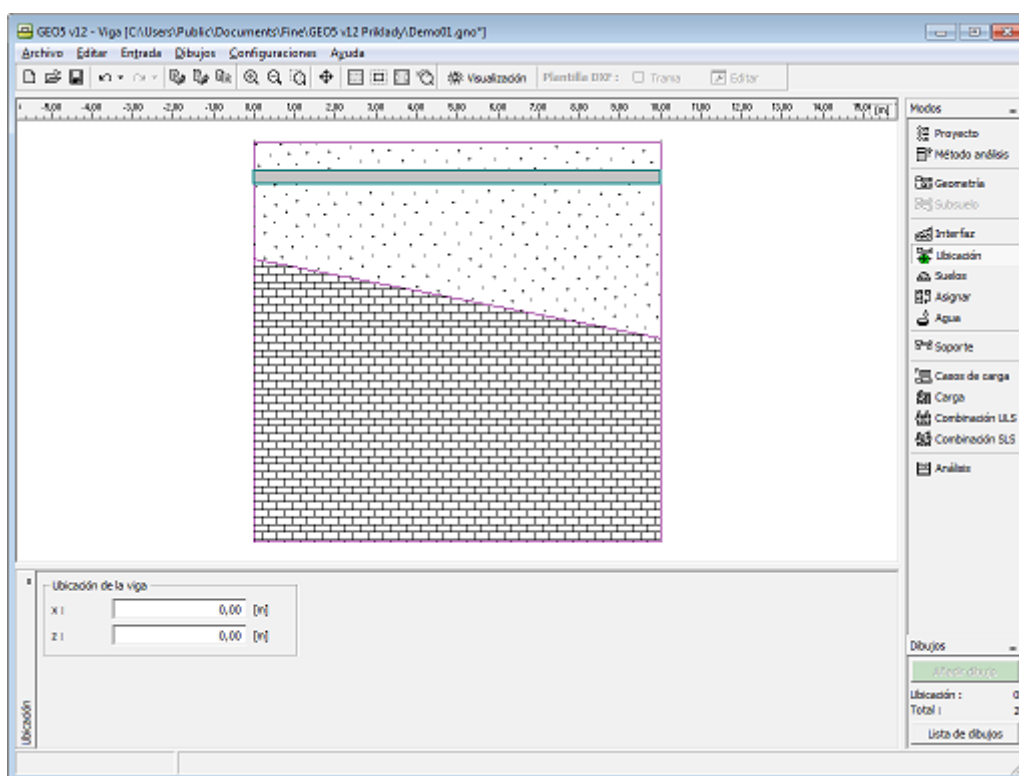
Las interfaces introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Interfaz"

Ubicación

El cuadro **"Ubicación"** sirve para especificar la ubicación de la viga. Es necesario especificar el origen de la viga - punto donde se encuentran las coordenadas x e y .



Cuadro "Ubicación"

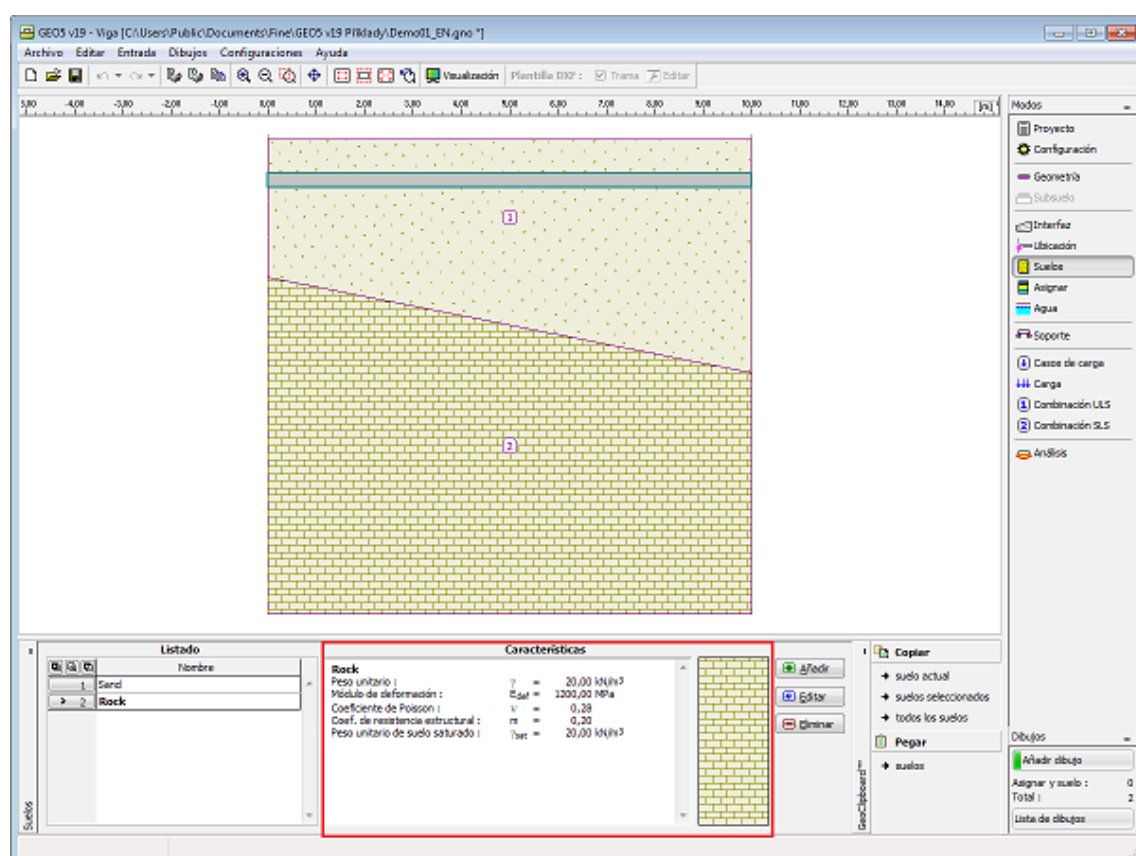
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Datos básicos"**, **"Asentamiento - Módulo edométrico"**, **"Asentamiento - determinación de la zona de influencia"** y **"Elevación de presión"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelo"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para especificar la **unidad de peso del suelo**.

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Well graded sand (SW), dense

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 20

Asentamiento - Módulos edométricos

Coeficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,28

Análisis de asentamiento :

Módulo de deformación : $E_{def} =$ [MPa] 50-100

Asentamiento - Cálculo de zona de influencia

Coef. de resistencia estructural : $m =$ [-] 0,2 - 0,3

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama

Caliza

Clasificación

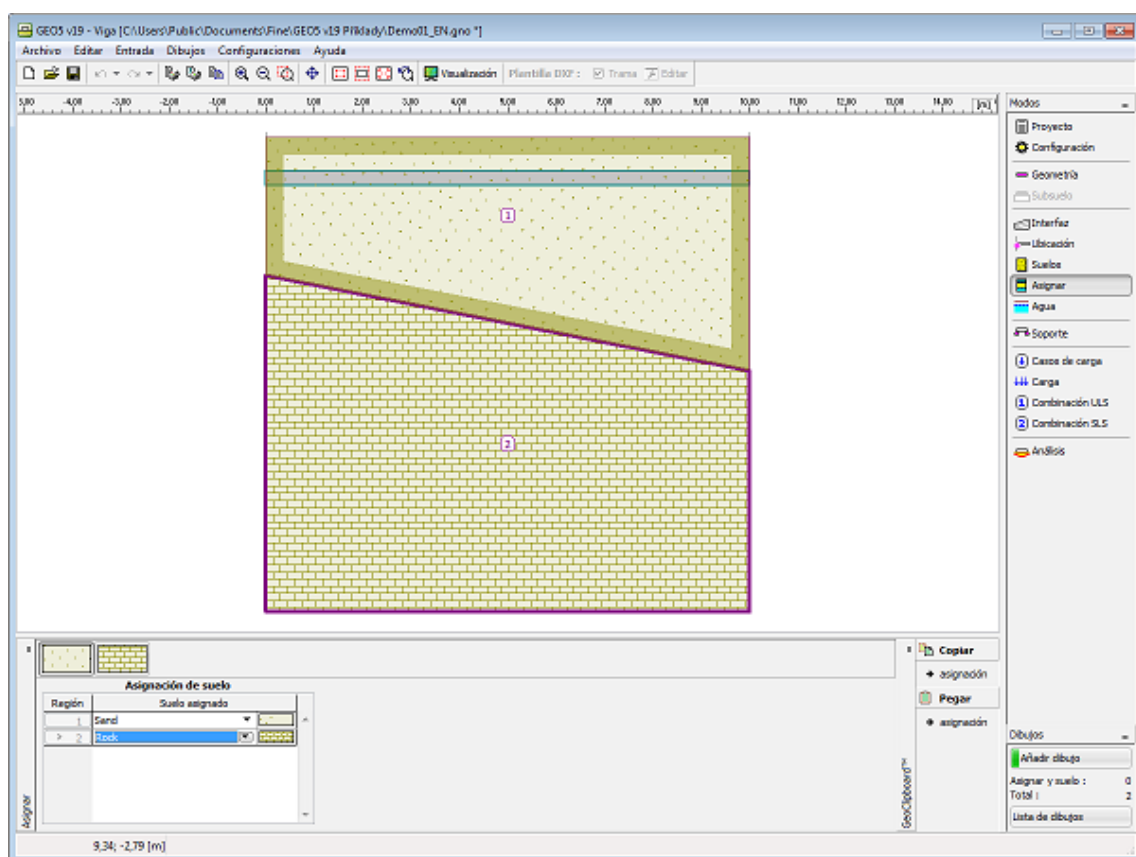
Cuadro "Añadir suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene una lista de capas de perfiles y suelos asociados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

La asignación de suelos puede ser copiada en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

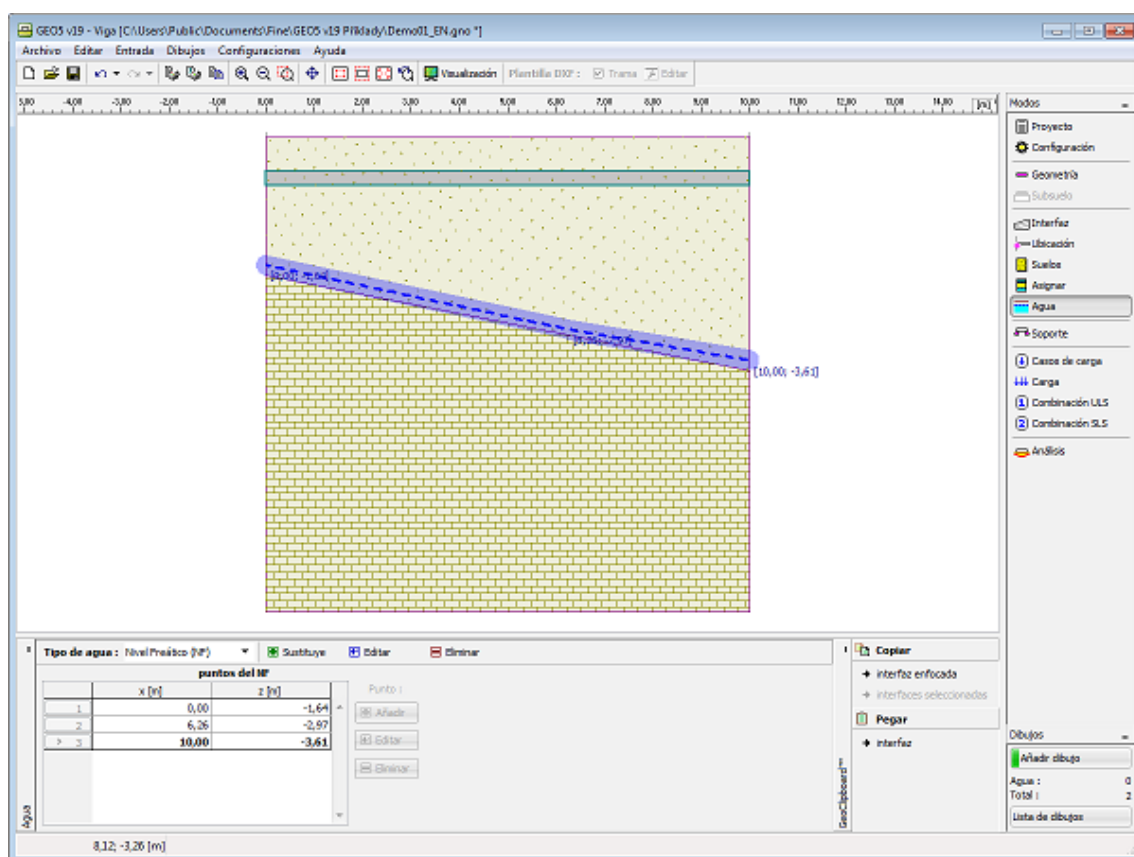


Cuadro "Asignar"

Agua

El cuadro **"Agua"** sirve para ingresar la napa freática del suelo. La distribución de la misma se introduce de la misma manera que las **interfaces** de suelos.

Las interfaces de agua introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Agua"

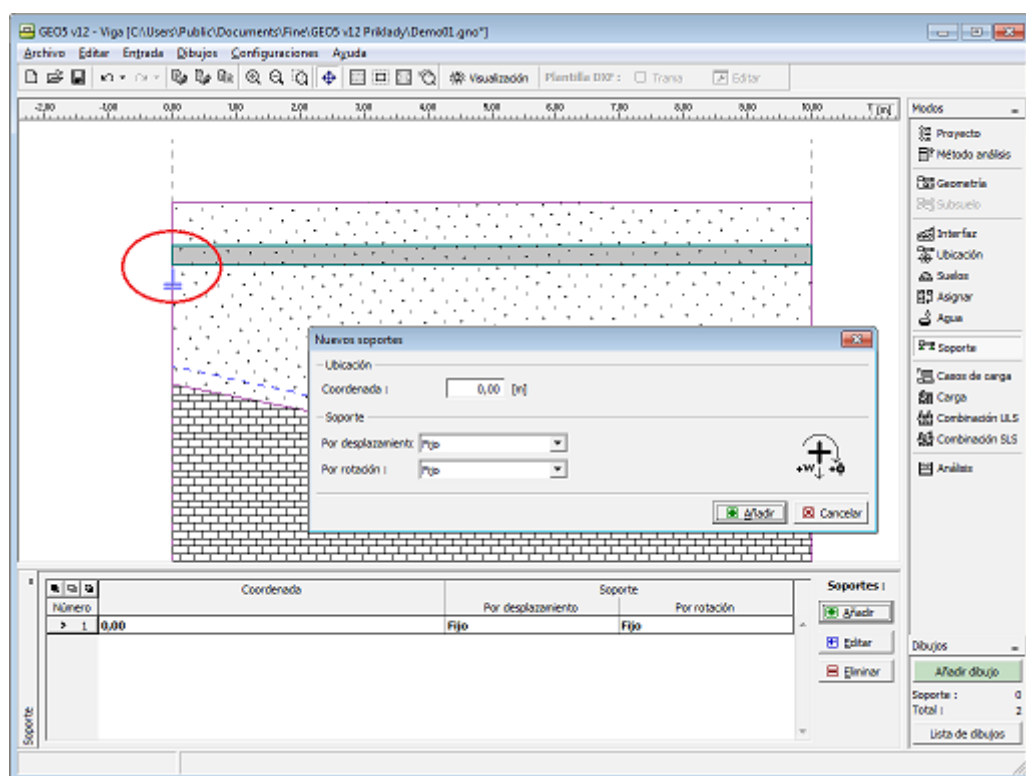
Soportes

El cuadro **"Soporte"** contiene una tabla con una lista de soportes ingresados. **Añadir** soportes se lleva a cabo en el cuadro de diálogo **"Nuevo soporte"**. La edición se puede llevar a cabo con la ayuda del botón **"Modificar"** o haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en la fila, con el soporte requerido seleccionado en la lista.

El tipo de soporte se determina según las condiciones límites particulares especificadas en un punto dado (Traslación, rotación).

Las siguientes **condiciones límites pueden ser especificadas en un punto**:

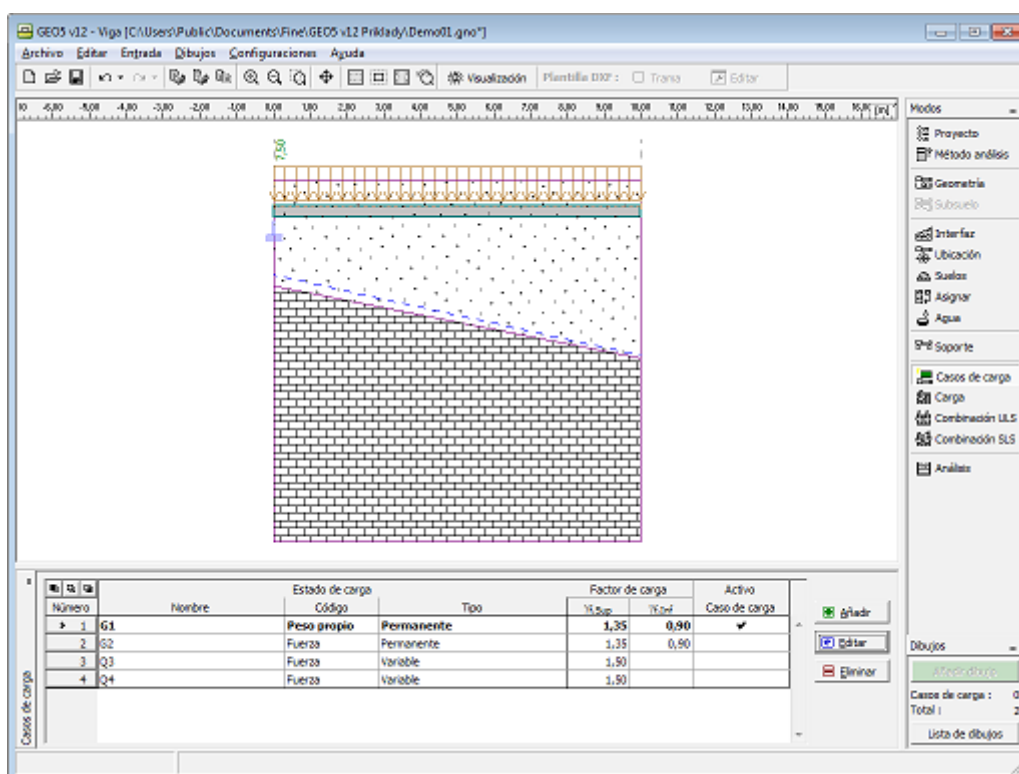
- Libre
- Fijo
- Deformación
- Resorte



Cuadro "Soportes"

Casos de carga

El cuadro "Casos de carga" contiene una tabla con una lista de casos de carga ingresados. Añadir (Editar) casos de carga parámetros se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "Nuevo caso de carga". La edición se puede llevar a cabo con la ayuda del botón "Editar" o haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en la fila, con el caso de carga requerido seleccionado en la lista.



Cuadro "Casos de carga"

Parámetros de casos de carga

Los siguientes parámetros están definidos en el **cuadro de diálogo "Nuevo caso de carga"**.

Identificador de caso de carga

El identificador de caso de carga, el cual está compuesto por número de caso de carga y prefijo unilateral, se muestra frente al campo de entrada de nombre del caso de carga. El prefijo es determinado por el tipo de caso de carga:

- G** - Carga permanente
- Q** - Carga variable
- A** - Carga accidental

El identificador del caso de carga es principalmente utilizado en las impresiones de salida de las combinaciones.

Código de caso de carga

El código de caso de carga determina, que carga puede ser especificada para esta carga. Las siguientes opciones están disponibles:

Peso unitario En éste caso de carga la carga representa el propio peso de la estructura y es generada automáticamente por el programa. Solo un caso de carga con este código puede ser considerado para cada tarea.

Fuerza Un tipo arbitrario de fuerza de carga (fuerza, momento) puede ser ingresado dentro del caso de carga con este código. El número de casos de carga es ilimitado.

Tipo de carga

Se determina el carácter del caso de carga basándose en su variación en el tiempo. La selección un tipo particular de la carga corresponde a la clasificación según el estándar EN 1990, art. 4.1.1.

Coeficientes de carga

Permite especificar factores parciales de carga γ_f . Este coeficiente representa una desviación desfavorable de los valores de las cargas respecto de aquellas representativas.

Para cargas permanentes es necesario introducir diferentes valores para acciones de carga favorables (γ_f, inf) y desfavorables (γ_f, sup) en una combinación. Si la entrada de carga sigue el estándar EN 1990 los valores por defecto de los coeficientes son tomados de la tabla A1.2(B).

Categoría

La clasificación de casos de carga en categorías corresponde a la clasificación de carga según la Tabla A1.1 en el estándar EN 1990. Basado en éste caso de carga variable se asignan los coeficientes de combinación ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 . Se permite la categoría "**Personalizado**" para valores de coeficientes definidos por el usuario. Elegir una categoría es posible, sólo, para casos los carga ingresados según el estándar EN 1990 (el cuadro "**Materiales y estándares**" sirve para seleccionar un estándar particular).

Coeficientes combinados

Los valores básicos de los coeficientes para crear combinaciones surgen del estándar EN 1990 y dependen de las categorías de casos de carga.

Cuando la entrada del usuario es asumida, es posible definir valores de usuario para esos coeficientes. Los siguientes coeficientes se utilizan para crear una combinación:

- ξ - **Factor de reducción de carga permanentes en combinación alternativa** - Este coeficiente es asignado a todas las cargas permanentes y utilizado cuando se compilan combinaciones alternativas para el estado límite de capacidad portante (combinación de relación 6.10b, EN 1990).
- ψ_0 - **Factor de valor de combinación** - Coeficientes para cargas variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones para la capacidad portante y estados límites de servicio.
- ψ_1 - **Factor de valores frecuentes** - Coeficiente para carga variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones accidentales y combinaciones para estado límite de servicio
- ψ_2 - **Factor de valores cuasi-permanentes** - Coeficiente para cargas variables, se utiliza cuando se compilan combinaciones accidentales y combinaciones de estado límite de servicio

Los coeficientes de combinación están disponibles solo para casos de carga ingresados según EN 1990 (el cuadro "**Método de análisis**" sirve para seleccionar un estándar particular).ú

Caso de carga N° 1

Estado de carga

Nombre:

Código: Tipo:

Factor de carga - efecto desfavorable de carga : $\gamma_{f,Sup} =$ [-]

Factor de carga - efecto favorable de carga : $\gamma_{f,Inf} =$ [-]

Categoría:

Factor de reducción de carga permanente en combinación alternativa : $\xi =$ [-]

Factor del valor de combinación : $\psi_0 =$ [-]

Factor de valor frecuente : $\psi_1 =$ [-]

Factor de valor cuasi-permanente : $\psi_2 =$ [-]

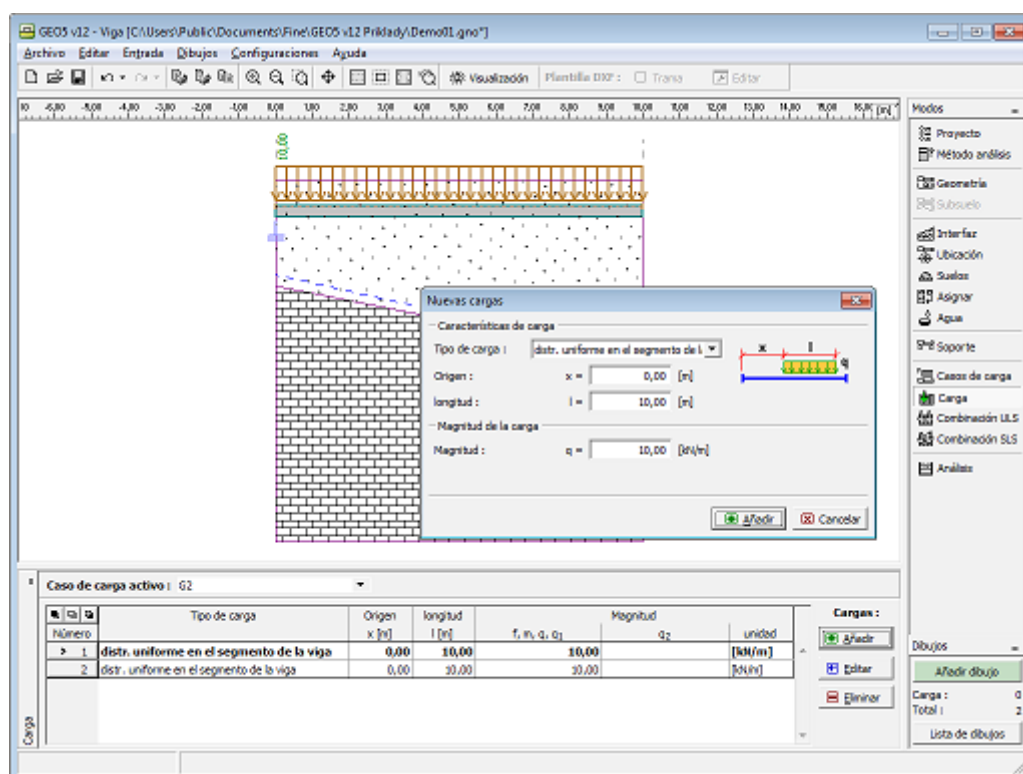
☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro de diálogo "Nuevo caso de carga"

Carga

El cuadro **"Carga"** contiene una **tabla** con una lista de cargas ingresadas. Añadir (Editar) una carga se lleva a cabo en el **cuadro de diálogo "Nueva (Editar) carga"**. La edición se puede llevar a cabo con la ayuda del botón **"Editar"** o haciendo clic con el botón izquierdo del mouse en la fila, con la carga requerido seleccionado en la lista.

Cada carga es asignada a un caso de carga. El caso de carga puede ser seleccionado desde la lista desplegable **"Caso de carga activo"** sobre la tabla.



Cuadro "Carga"

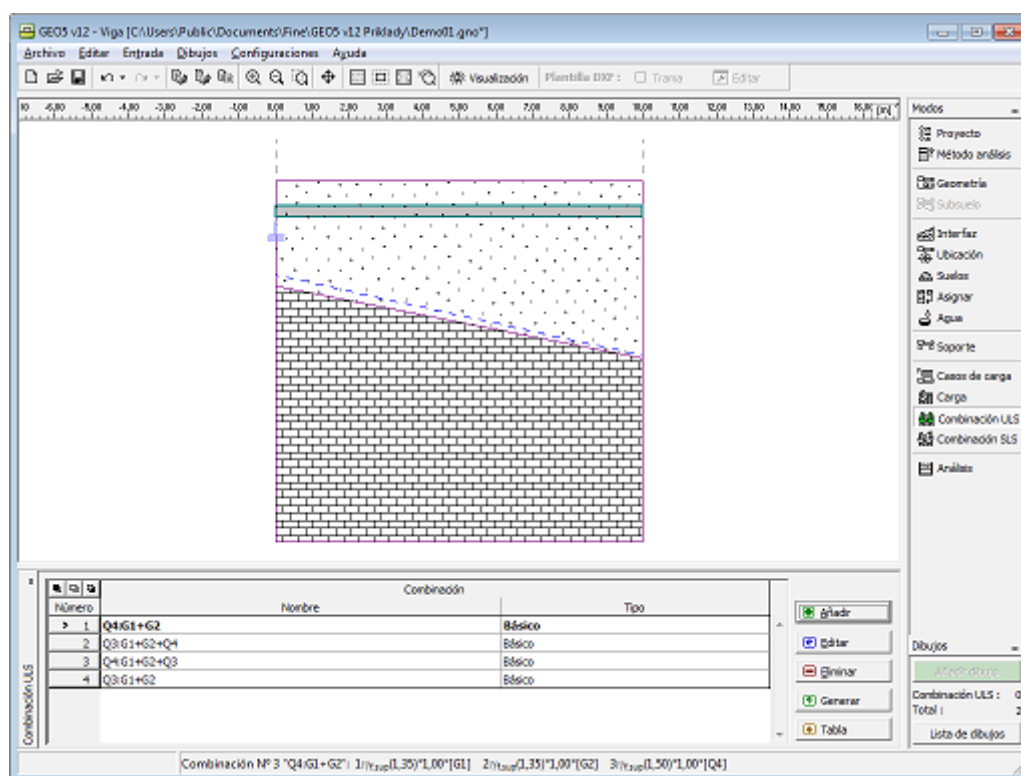
Combinación ULS

El cuadro **"Combinación ULS"** contiene una tabla con una lista de combinaciones de estado límite de capacidad portante ingresadas.

Añadir (Editar) combinaciones y sus parámetros se lleva a cabo en el cuadro de diálogo **"Nueva combinación de casos de carga"**.

La edición se puede llevar a cabo con la ayuda del botón **"Editar"** o haciendo clic con el botón izquierdo del mouse, sobre la combinación requerida en la fila de la lista.

El **generador interno de combinación** de casos de carga puede ser usado para crear combinaciones individuales.



Cuadro "Combinación ULS"

Parámetros de combinación ULS

Los siguientes parámetros se especifican en el **cuadro de diálogo "Nueva combinación de casos de carga"**.

Nueva combinación

Una pequeña descripción de la combinación se despliega frente a los campos donde se define la combinación. Todos los casos de carga considerados son etiquetados utilizando sus **identificadores**. Las grandes cargas variables se mueven al comienzo de la lista y se separan de resto de los casos de cargas por colon.

Tipo de combinación (por combinación basada sólo en EN 1990)

Las siguientes combinaciones pueden ser creadas por estados límites de capacidad portante

Básica Combinación básica basada en la expresión 6.10 del estándar EN 1990

Alternativa Combinación basada en la expresión 6.10a y 1.10b del estándar EN 1990. En este caso, dos variantes de combinación son usadas para el análisis, una con reducción permanente de casos de carga y la otra con reducción de la variable mayor de casos de carga.

Accidental Combinación accidental basada en 6.11 del estándar EN 1990.

Selección de casos de carga

La tabla listando casos de carga individuales permite para sus selecciones crear una combinación. El caso de carga puede ser introducido dentro de una combinación tildando el campo en la columna "**Considerar**" para un caso de carga particular.

Futuras configuraciones en la tabla dependen de la sección del camino de cargas ingresadas en

el cuadro "Materiales y estándares".

Cargas según EN 1990:

Un segundo campo está disponible para cada caso de carga en la columna "**Considerar**". El campo permite asignar un efecto favorable de acción a un caso de carga permanente (adoptando coeficientes γ_f , γ_{inf}) o especificar una carga variable como la más importante, respectivamente. El número de cargas variables más importantes en la combinación no tiene límites. Una carga accidental puede ser ingresada dentro de combinaciones etiquetadas como "**Accidental**" (solo los casos de cargas etiquetados como "**Accidental**" están disponibles para la selección). Para combinaciones accidentales es también necesario elegir, si una carga variable importante debe ser reducida por el coeficiente ψ_1 o ψ_2 .

Carga general

Un coeficiente de usabilidad puede ser especificado por cada caso de carga para ajustar el grado de usabilidad del caso de carga en la combinación.

Caso de carga			Habilitado	
Nombre	Código	Tipo	Considerar	Factor
G1	Peso propio	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
G2	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q3	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	
Q4	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	

Cuadro de diálogo "Nueva combinación de caso de carga"

Generador de combinaciones de ULS

El cuadro de diálogo "**Generador de combinaciones - 1er. Orden**" permite para una compilación colectiva de combinaciones de casos de carga basado en reglas de introducción de combinaciones. Refiriéndose al estándar EN 1990 el número de combinaciones generadas puede ser relativamente largo y en casos extremos podría retrasar considerablemente el cálculo. Sabiendo esto, información relacionada con el número de combinaciones que se espera sea generado se muestra en la esquina inferior derecha. Por lo tanto, antes de lanzar el generador, el usuario debe controlar cuantas combinaciones se generarán y los posiblemente ajustar las condiciones del generador. La parte superior del cuadro sirve para definir condiciones de combinaciones generadas, la parte inferior contiene varias configuraciones de generador.

Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones - 1er orden"

Cargas de estados y grupos interactuando mutuamente

Esta parte hace posible unir la carga de estados que deben aparecer en combinaciones siempre juntas.

Cargas permanentes y variables no pueden ser unidas en un grupo. Si el campo **todas las cargas permanentes siempre en combinación**, está tildado en el generador de parámetros, la creación de grupos de carga permanente no tiene ningún efecto sobre sus apariencias en las combinaciones, ya que cada combinación siempre contendrá los casos de carga permanentes. En éste caso, unir cargas permanentes solo influirá en la consideración de los efectos favorables/desfavorables de los casos de carga dados si el campo **Cargas permanentes actuando solo desfavorablemente** no está seleccionado.

Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Casos de carga mutuamente interactivos

Interacción de casos de carga excluida

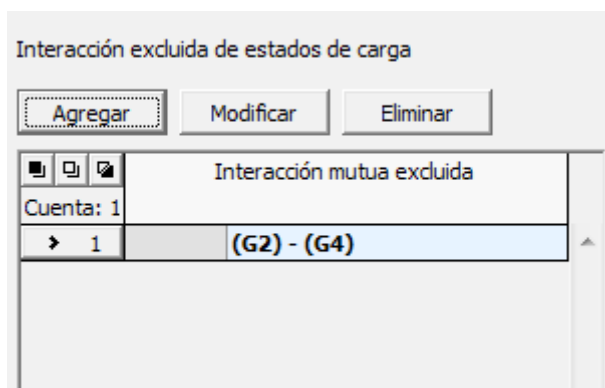
Esta parte hace posible definir, cual caso de carga no debe aparecer en combinaciones juntas.

Casos de cargas arbitrarios o grupos unidos pueden ser mutuamente excluidos dependiendo del tipo de caso de carga. Dos opciones están disponible para definir grupos a excluir.

Exclusión Un número arbitrario de casos de carga pueden ser ingresados dentro de un

mutua grupo. En este caso, el programa no generará ninguna combinación que contenga al menos dos casos de carga de este grupo.

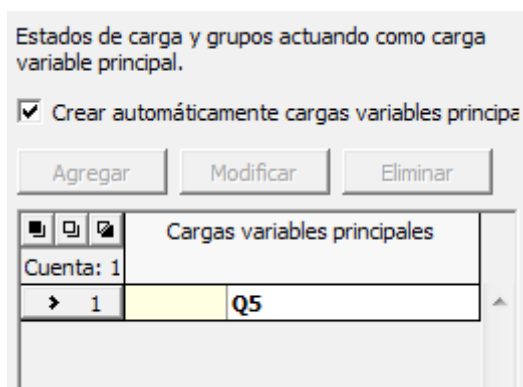
Exclusión por pares Siempre y cuando sea necesario crear un largo número de grupos de exclusión de dos clases, donde un caso de carga es el mismo (ejemplo: exclusión de variante assembly de cargas permanentes con casos de carga de servicios), es posible adoptar esta opción. Un caso de carga a ser excluido primero se selecciona de la primer columna. La segunda columna se utiliza para seleccionar un número arbitrario de casos de carga, los cuales son necesarios para crear grupos excluidos.



Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Interacción excluida de estados de carga

Casos de carga y grupos actuando como carga variable principal

Esta parte está disponible solo cuando se ingresan cargas según el estándar EN 1990 (el estándar es seleccionado en la solapa "**Materiales y estándares**"). Cuando un régimen automático es asumido entonces cada carga variable se toma como la principal en la combinación creada. Si la selección del régimen no esta disponible, es posible ajustar manualmente la lista de cargas variables principales. Por ejemplo, es posible eliminar un caso de carga arbitrario desde la lista de tal forma que no será considerado como variable principal en la combinación. Si un nuevo ítem con más casos de carga es añadido a la lista entonces todos los casos de carga, cuando aparezcan juntos, serán considerados como variable principal en esas combinaciones.



Cuadro de diálogo "Generador de combinaciones" - Casos de carga y grupos actuando en la carga variable principal

Generador de parámetros (parámetros que pueden ser configurados en la parte inferior del cuadro de diálogo).

Listado de combinaciones originales

- Retener combinaciones originales** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite añadir una nueva combinación, creando normas específicas acordes a las originales.
- Eliminar todas las combinaciones** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar todas las combinaciones que serán reemplazadas por unas nuevas.
- Eliminar combinaciones generadas** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar viejas combinaciones y luego añadir nuevas según las normas especificadas.
- Eliminar todas las combinaciones del tipo actual** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar todas las combinaciones dadas para un tipo específico que serán reemplazadas por unas nuevas.
- Eliminar combinaciones generadas del tipo actual** - Presionando el botón "**Generar**" el programa permite eliminar viejas combinaciones generadas para un tipo dado y luego añadir nuevas según las normas especificadas.

Listado "Generados de combinaciones"

Los siguientes tipos de combinaciones generadas pueden ser elegidas de las cargas basadas en EN 1990.

- Básico** - Genera combinaciones básicas para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.10 del estándar EN 1990.
- Alternativo** - Genera combinaciones básicas para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.10 y 1.10b del estándar EN 1990. Esta variable genera dos veces mas combinaciones pero provee mejores resultados.
- Accidental** - Genera combinaciones accidentales para un estado límite de capacidad portante basado en la expresión 6.11 del estándar EN 1990. Se puede especificar un caso de carga accidental que aparezca en combinaciones accidentales. Es necesario elegir, si la variable principal de carga será reducida por el coeficiente ψ_1 o ψ_2 .

Cargas permanentes actuando solo desfavorablemente

Si esta configuración no es controlada, el programa crea todas las combinaciones posibles, donde el ingreso de todas las variables de las acciones favorables o desfavorables de las cargas permanentes son consideradas.

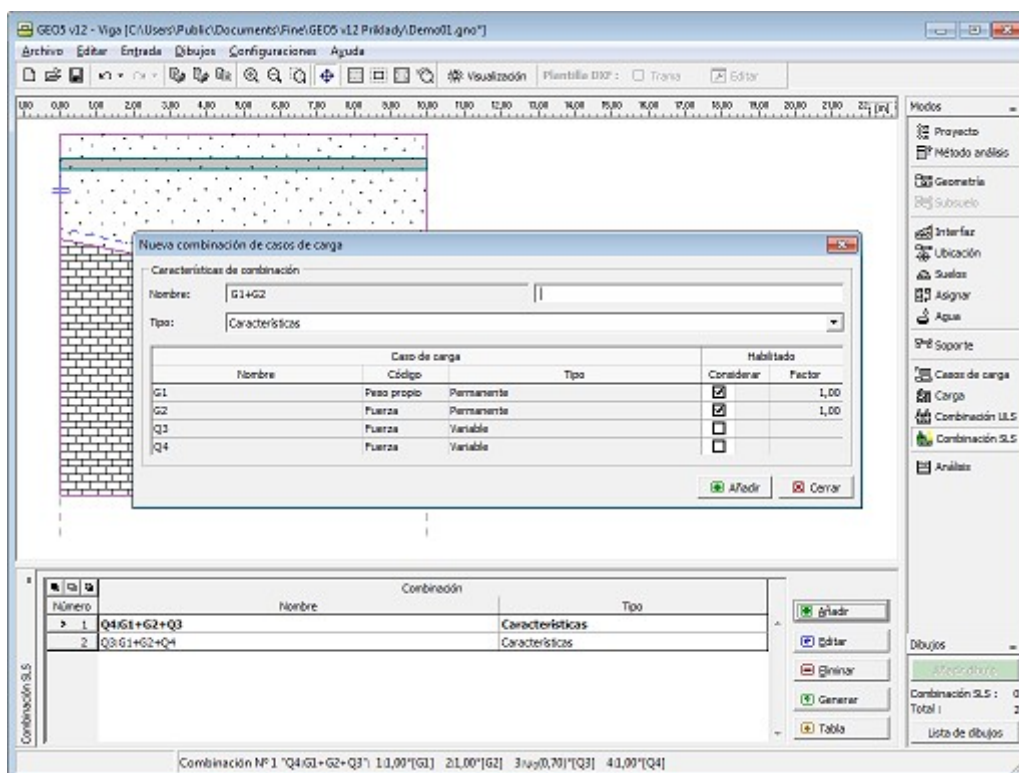
Todas las cargas permanentes están siempre en combinación

Si esta configuración no es controlada, el programa crea combinaciones de tal forma que serán considerados los ingresos sucesivos de todos los casos de carga dentro de una combinación.

Combinación SLS

El cuadro "**Combinación SLS**" contiene una tabla con la lista de combinaciones ingresadas de estados límites de servicios. Añadir (Editar) combinaciones y sus **parámetros** se lleva a cabo en el cuadro de diálogo "**Nueva combinación de casos de carga**". La edición puede ser llevada a cabo con la ayuda del botón "**Editar**" o seleccionando la fila con la combinación requerida en la lista utilizando el botón izquierdo del mouse.

El **generador interno de combinaciones** de casos de carga puede ser utilizado para compilar combinaciones individuales.



Cuadro "Combinación SLS"

Parámetros de combinación de SLS

Las combinaciones SLS sirven para evaluar estados que refieren a la apariencia de la estructura, confort de la gente o funcionamiento de la estructura mientras que el uso es ordinario. Normalmente, solo se controlan deformaciones, vibraciones, etc. El **cuadro de diálogo "Nueva combinación de caso de carga"** (similar a las **combinaciones de ULS**) sirve para definir los siguientes parámetros:

Tipos de combinaciones según el estándar EN 1990

Las siguientes combinaciones pueden ser creadas para los estados límites de servicio:

- Características** - Combinación basada en la expresión 6.14 del estándar EN 1990
- Frecuencia** - Combinación basada en la expresión 6.15 del estándar EN 1990
- Casi-permanente** - Combinación basada en la expresión 6.16 del estándar EN 1990

Selección de casos de carga

La tabla lista casos de cargas individuales que sirve para crear las combinaciones. El caso de carga puede ser ingresado dentro de la combinación seleccionando el campo en la columna **"Considerar"** para un caso de carga particular. El coeficiente de usabilidad puede ser especificado para combinaciones introducidas (selección en la solapa **"Materiales y estándares"**) para ajustar el grado de usabilidad del caso de carga en combinación.

Nombre	Caso de carga		Habilitado	
	Código	Tipo	Considerar	Factor
G1	Peso propio	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
G2	Fuerza	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q3	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	
Q4	Fuerza	Variable	<input type="checkbox"/>	

Cuadro de diálogo "Nueva combinación de caso de carga"

Generador de combinaciones de SLS

El **cuadro de diálogo "Generador de combinaciones - 1er. Orden"** se permite para una compilación colectiva de combinaciones de casos de carga de estados límite de servicio. Las funciones de generador de combinaciones se explican en la sección dedicada al **generador de combinaciones de capacidad portante de estados límite**.

Si el ingreso de cargas según el estándar EN 1990 se configura en la solapa "**Materiales y estándares**", es posible generar las siguientes combinaciones de estados límite de servicio:

- Características** - Combinación basada en la expresión 6.14 del estándar EN 1990
- Frecuencia** - Combinación basada en la expresión 6.15 del estándar EN 1990
- Casi-permanente** - Combinación basada en la expresión 6.16 del estándar EN 1990

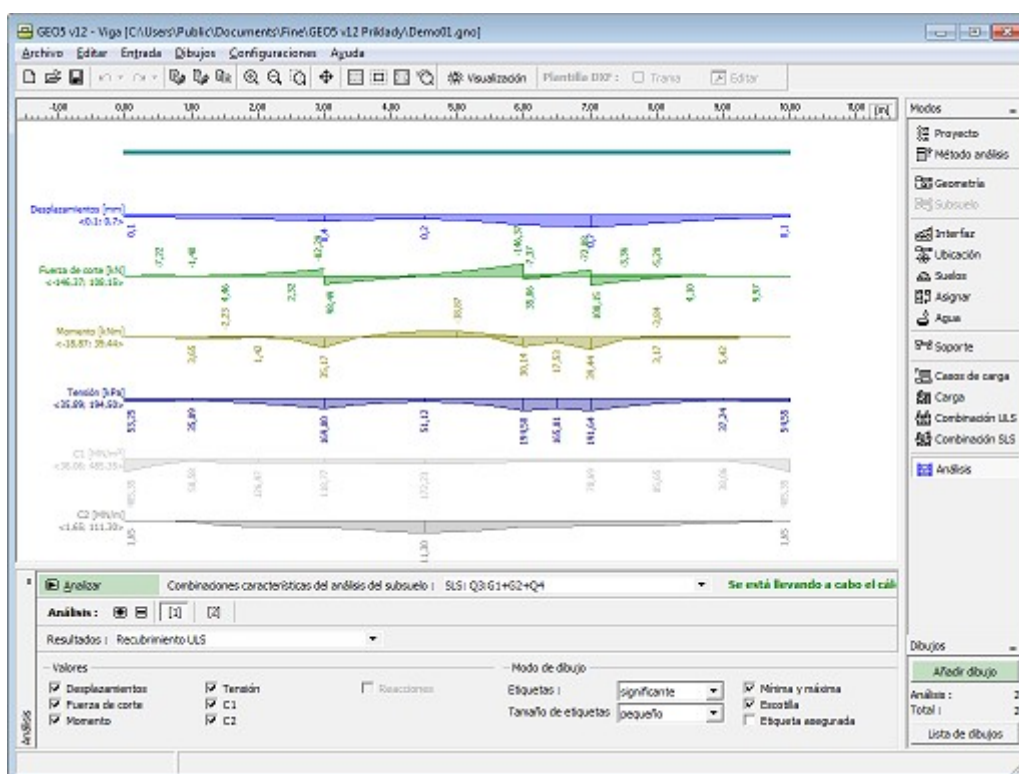
Verificación

El resultado del análisis se muestra en el **cuadro "Verificación"**. El Análisis se lleva a cabo utilizando el **método de elemento finito** incorporado en el subsuelo **Winkler-Pasternak**. **Varios análisis**, incluyendo los resultados, pueden ser llevados a cabo en una sola tarea. Más información acerca del resultado del análisis se muestra en la esquina superior derecha del cuadro. Si se cambian los parámetros de análisis es necesario volver a correr el análisis presionando el botón "**Analizar**".

Los parámetros de subsuelo son **calculados desde el perfil geológico**, es necesario elegir de la lista desplegable la opción "**Combinación característica del para análisis de subsuelo**".

La lista desplegable "**Resultado**" sirve para configurar las combinaciones de carga para **ULS** y **SLS** (envolturas posibles de combinaciones de casos de carga) para los cuales los resultados deberán mostrarse en el escritorio.

La parte inferior de la ventana sirve para definir, cuales variables son visualizadas (Desplazamiento, fuerza de corte, momento...) y la forma en que aparecen en la pantalla.



Cuadro "Verificación"

Programa Asientos

Este programa se utiliza para determinar el asentamiento vertical y la consolidación dependiente del tiempo de los suelos de bajo terraplén, las cimentaciones, las presas de tierra y las cargas de superficie (sobrecargas).

La ayuda en el programa "Asientos" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Configuración	Interfaz	Terraplén	Corte de tierra	Subsuelo Incompresible	Suelos
Asignar	Sobrecarga	Agua	Configuración de etapas	Análisis		

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa **"Asientos"**:

Tensión en el cuerpo del suelo Análisis de Asientos

- Salidas

- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El **cuadro "Configuración"** sirve para introducir la **configuración** básica del programa como estándares y teorías de análisis, la forma de proporcionar seguridad para una estructura y coeficientes individuales del análisis.

El programa contiene no solo las **configuraciones básicas** pre-definidas para diferentes países, sino que también permite al usuario crear sus **propias configuraciones**, las cuales pueden ser luego utilizadas en otros programas de GEO5.

El botón **"Seleccionar"** permite elegir configuraciones ya creadas de la **"lista de configuración"**.

El botón **"Administrador de configuración"** abre el cuadro **"Administrador"**, el cual permite ver y modificar diferentes configuraciones. Además se puede identificar las configuraciones visibles en la lista de configuración. Los datos en el administrador de configuración pueden ser también **exportados e importados**.

El botón **"Añadir al administrador"** permite **crear configuraciones definidas por el usuario**, las cuales luego se agregan al administrador de configuración.

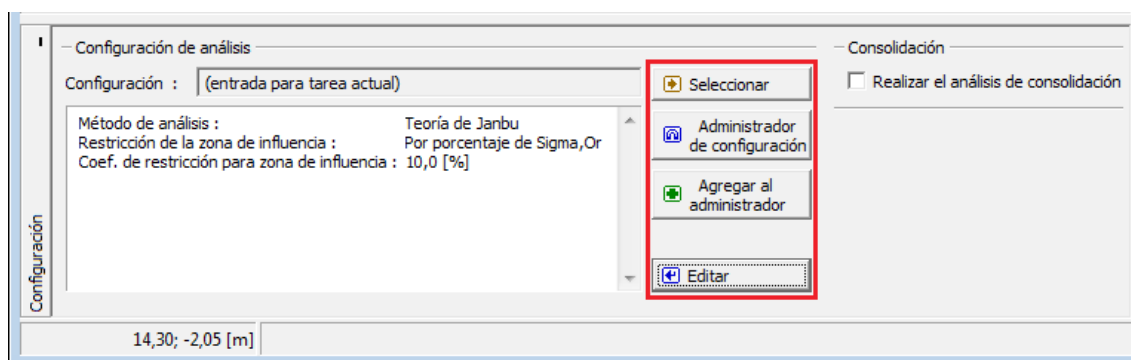
El botón **"Modificar"** permite una rápida visualización y edición de la configuración seleccionada en el programa. Modificando cualquier de los parámetros cambia el título **"Entrada para tarea actual"**.

Análisis individuales se realizan con esta **configuración local**. Debemos considerar la configuración para otras tareas, incluyendo esta configuración en el "**Administrador de configuración**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

La configuración "**Entrada para la tarea actual**" usualmente se crea cuando importamos datos antiguos.

La configuración de parámetros de análisis se realiza en las solapas "**Asiento**".

El cuadro sirve para especificar si se tiene en cuenta el **análisis de consolidación**.



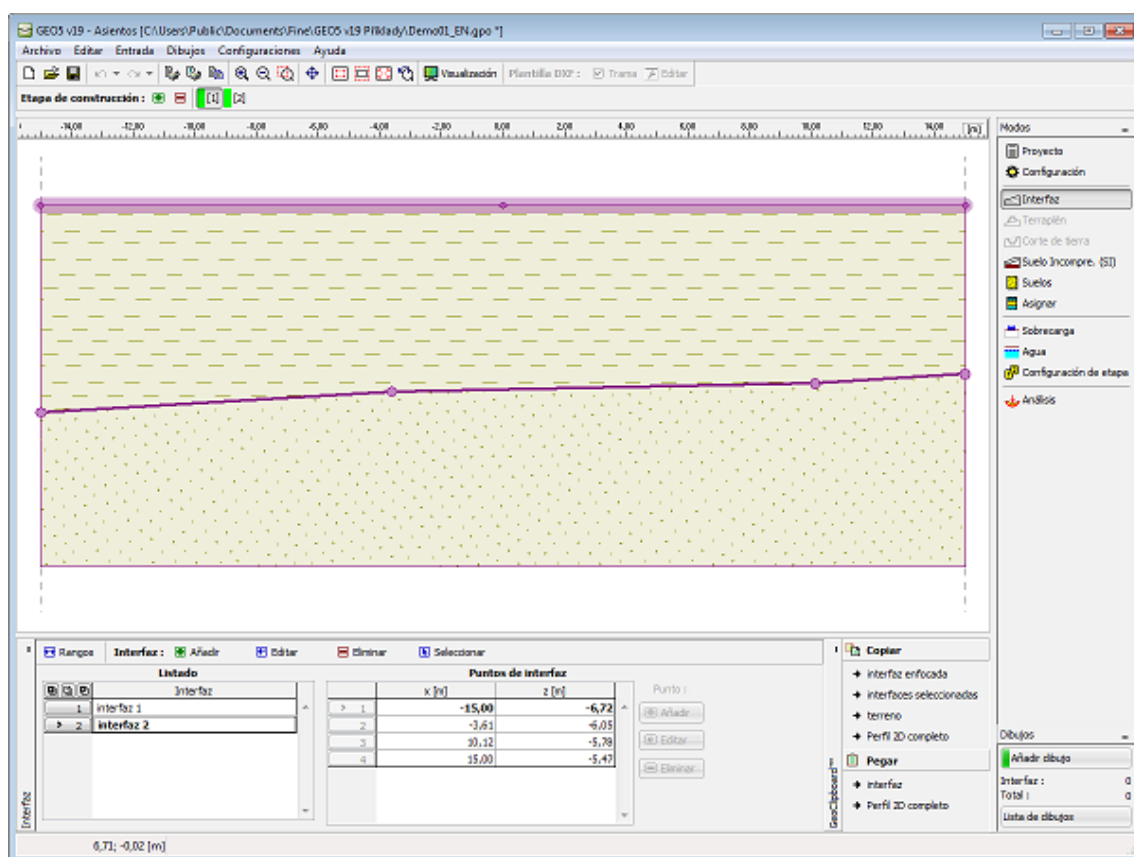
Cuadro "Configuración"

Interfaz

El cuadro "**Interfaz**" sirve para introducir distintas interfaces de suelo dentro del cuerpo del suelo. La descripción detallada de como trabajar con interfaces se describe en **herencia**.

El programa permite **importar / exportar** interfaces en el formato *.DXF.

Las interfaces introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "**GeoClipboard**".



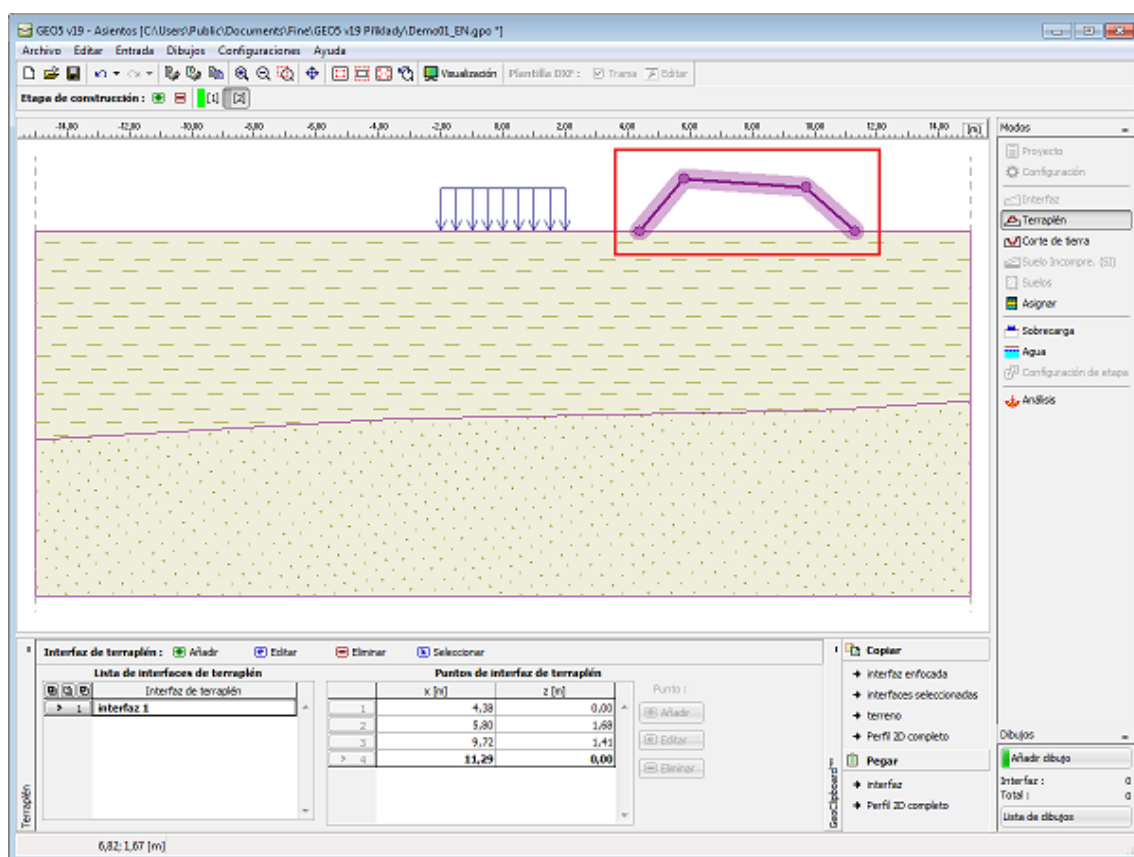
Cuadro "Interfaz"

Terraplén

El cuadro "Terraplén" permite introducir interfaces para crear un terraplén por encima del terreno. El cuadro contiene una tabla con la lista de interfaces que forman el terraplén. En la sección media del cuadro se muestra la tabla con un listado de los puntos de las interfaces seleccionadas del terraplén. Para introducir una interfaz de terraplén se deben seguir los mismos pasos que para introducir una interfaz estándar.

Un terraplén no puede ser especificado en la primera etapa de construcción. Un terraplén no puede ser creado si hay un corte de tierra en la etapa - en este caso una nueva etapa de construcción debe ser creada para introducir el terraplén y/o el corte existente debe ser eliminado.

Las interfaces introducidas en un terraplén se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Terraplén"

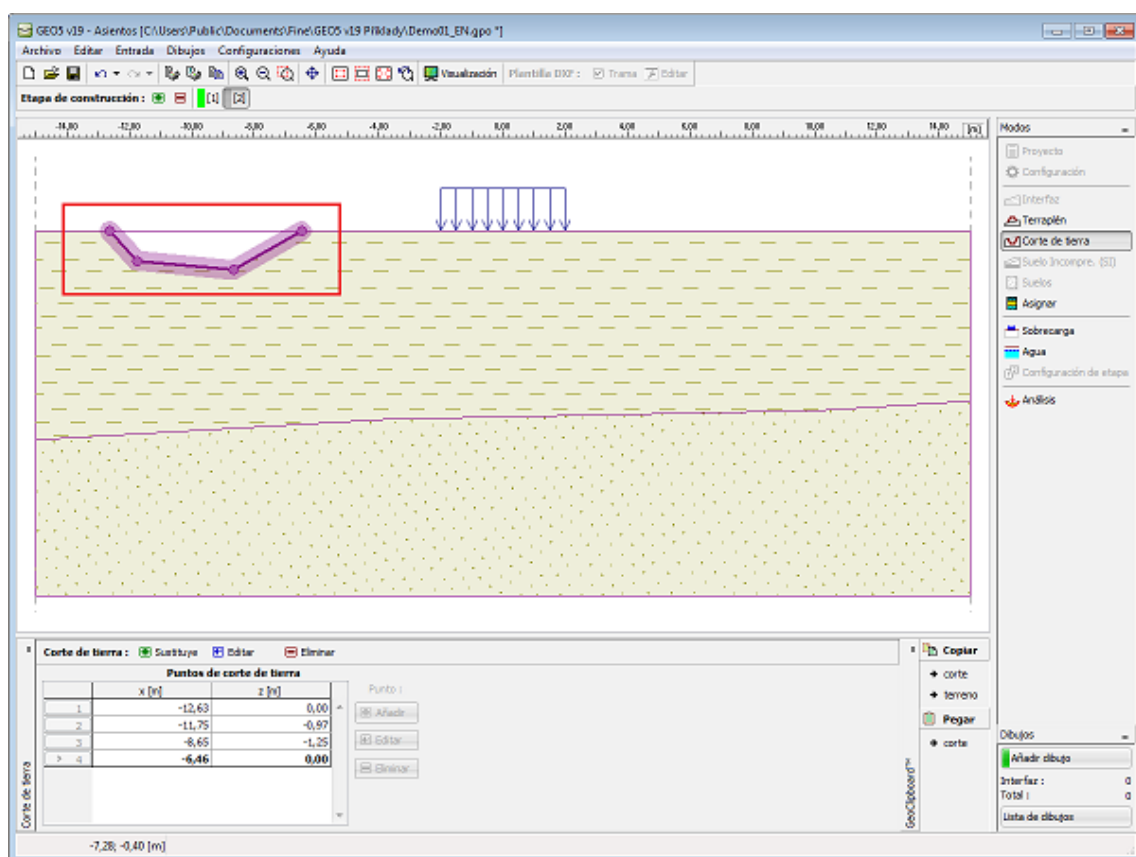
Corte de Tierra

El cuadro **"Corte de Tierra"** sirve para especificar la forma de un corte abierto. Esta función permite modificar el perfil del terreno dentro de una **etapa de construcción** dada. Distintos cortes de tierra pueden ser introducidos al mismo tiempo. En este caso algunas líneas de corte aparecen parcialmente por encima del terreno.

En la parte izquierda del cuadro se muestra la **tabla** con la lista de los puntos de las interfaces. Para introducir un nuevo corte de tierra se deben seguir los mismos pasos que para introducir una **interfaz estándar**.

Un corte de tierra no puede ser especificado en la primera **etapa de construcción**. Un corte de tierra no puede ser creado si hay un **terrapién** en la etapa - en este caso una nueva etapa de construcción debe ser creada para introducir el corte de tierra y/o el terrapién existente debe ser eliminado.

Las interfaces introducidas en un corte de tierra se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Corte de Tierra"

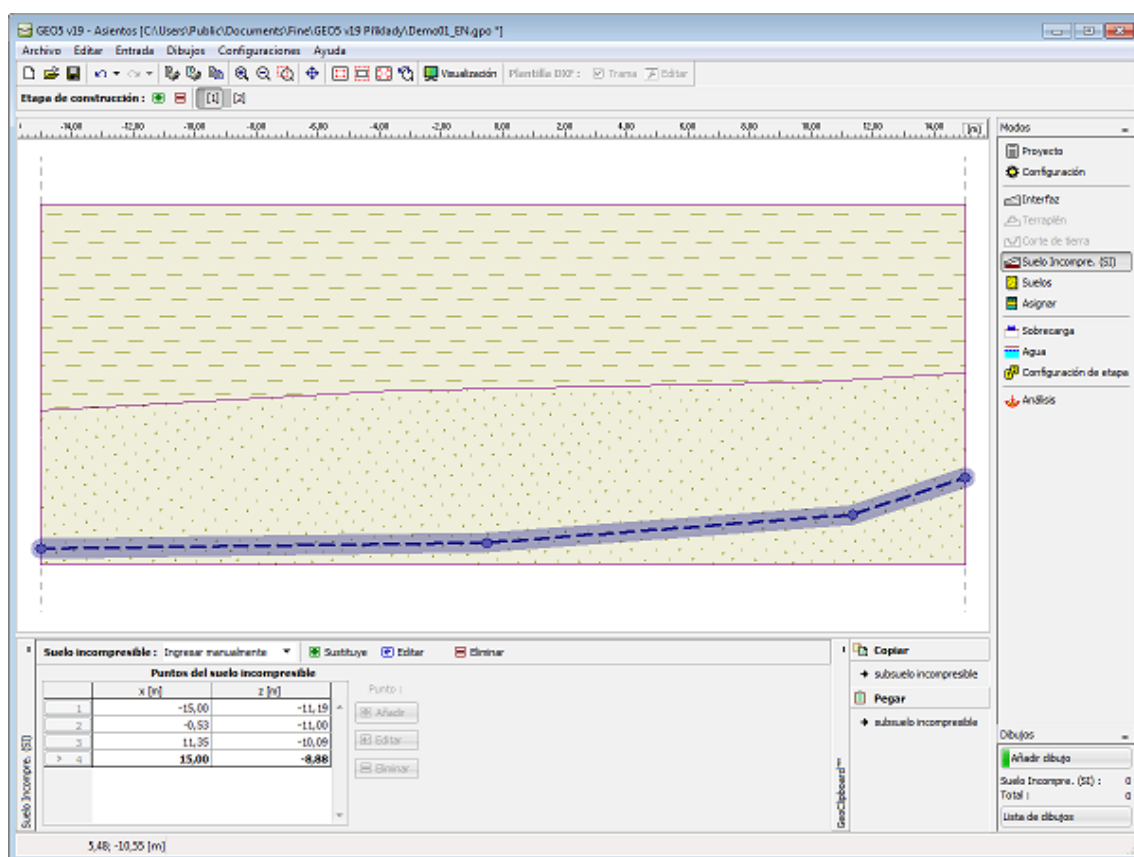
Suelo incompresible

El cuadro "Suelo incompresible" sirve para especificar la **profundidad del suelo incompresible**.

Para introducir profundidad del suelo incompresible se deben seguir los mismos pasos que para introducir una **interfaz estándar**.

Introducir un suelo incompresible es una de las opciones para restringir la zona de influencia - Si se introdujo, luego tanto las líneas como las secciones inclinadas se elaboran a una profundidad de suelo incompresible. Ninguna deformación del suelo aparece bajo el suelo incompresible.

Las interfaces introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Suelo incompresible"

Suelos

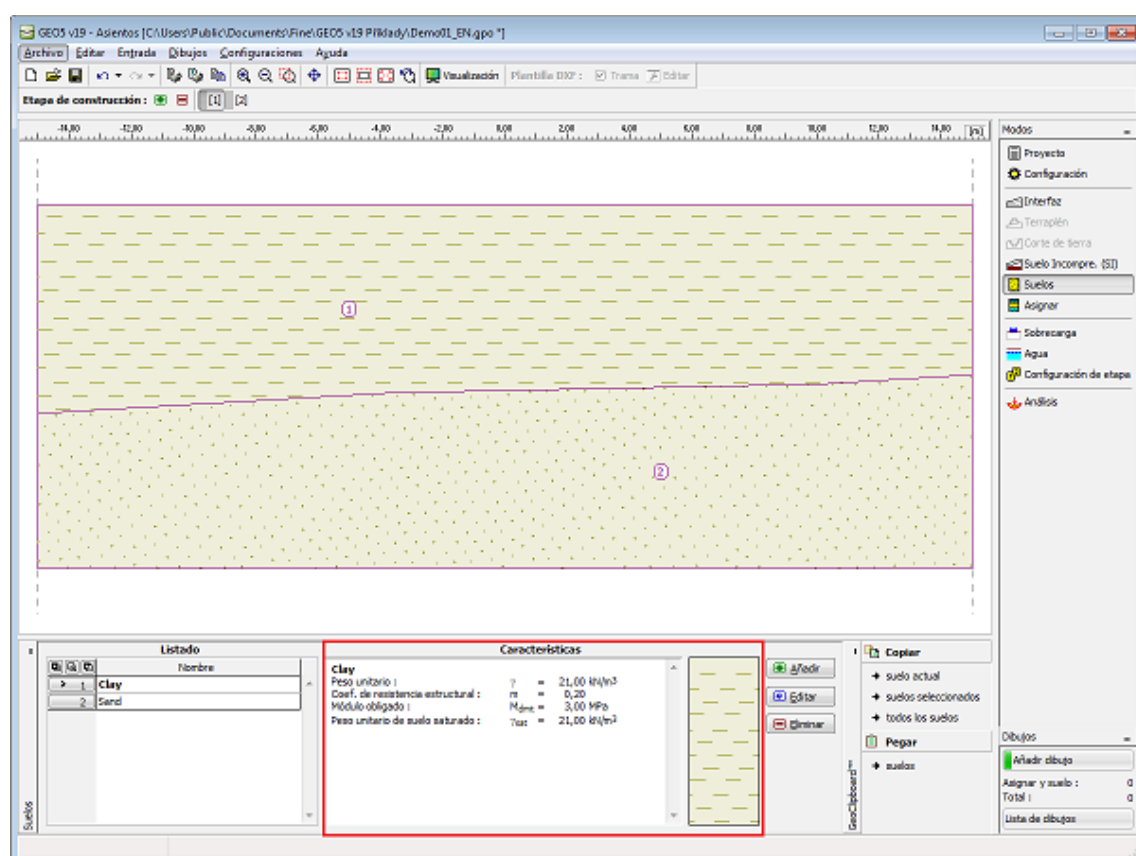
El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Las características de suelo se especifican en el programa. Estas características serán detalladas en los capítulos: **"Aumento de presión"** y **"Análisis de asientos"**. En el **análisis de consolidación**, el **coeficiente de permeabilidad** o coeficiente de consolidación deben ser ingresados. Los parámetros de entrada de suelo son determinados basados en la teoría de análisis seleccionada en la solapa **"Asiento"**.

El valor particular se obtiene a partir de estudios geotécnicos o de experimentos en laboratorios. Si este dato no es admitido, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Suelos"

Datos básicos

Esta parte de la ventana sirve para especificar la **unidad de peso del suelo**.

Añadir suelos

Identificación

Nombre :

Limo Gravoso (MG), consistencia firme

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Asentamiento - Módulos edométricos

Coeficiente de Poisson : $\nu =$ [-] 0,35

Análisis de asentamiento :

Módulo edométrico : $E_{oed} =$ [MPa] 16 - 32

Asentamiento - Cálculo de zona de influencia

Coef. de resistencia estructural : $m =$ [-] 0,1 - 0,2

Subpresión

Modo de cálculo de subpresión :

Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Consolidación

Suelo :

Coeficiente de permeabilidad $k =$ [m/día]

Dibujar

Color

Categoría de trama

Trama

Clasificación

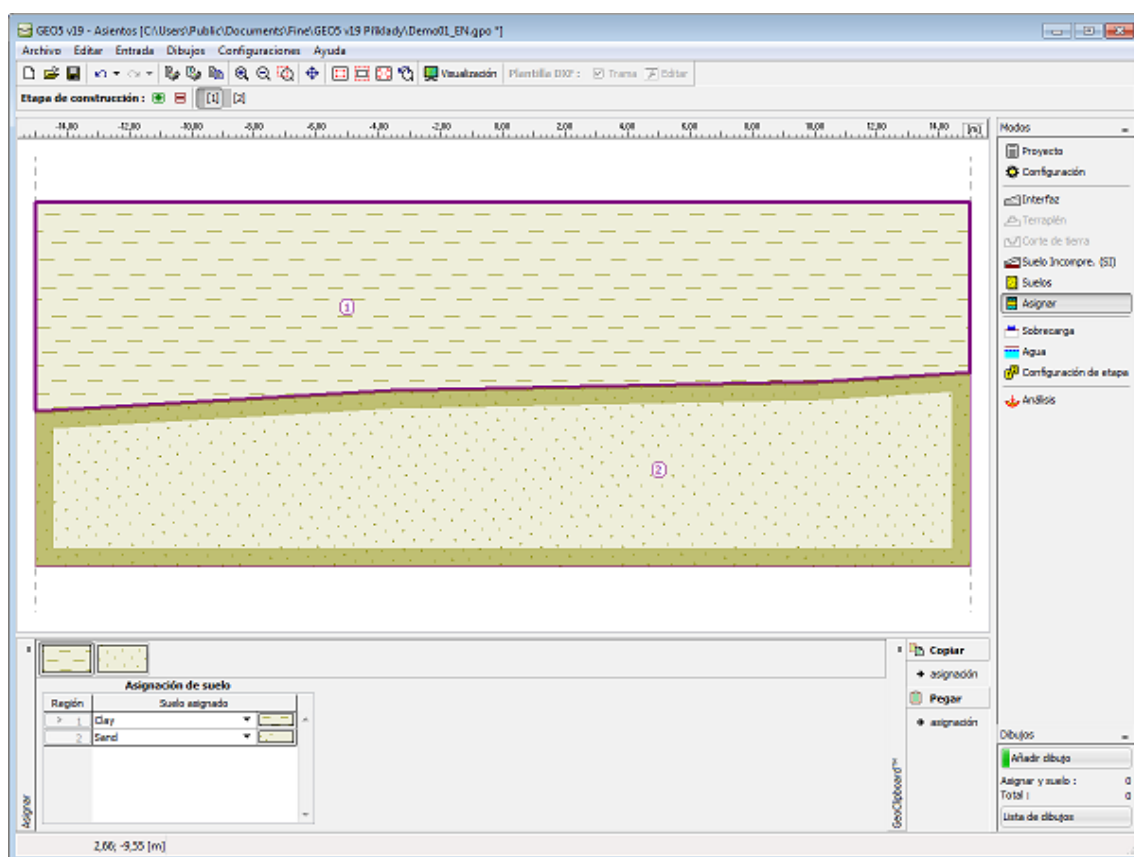
Cuadro "Añadir suelos" - "Datos Básicos"

Asignar

El cuadro **"Asignar"** contiene un listado con capas de perfiles y suelos asignados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

La asignación de suelos puede ser copiada en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



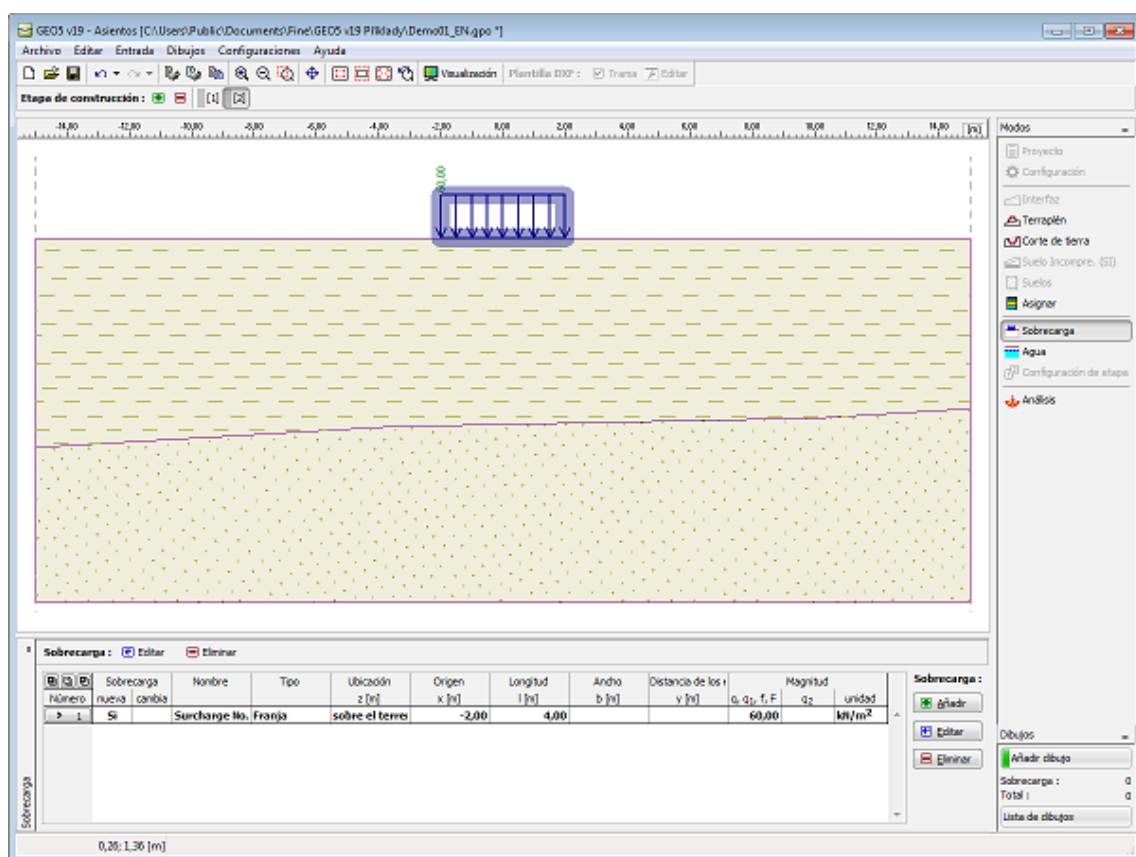
Cuadro "Asignar"

Sobrecarga

El cuadro **"Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas introducidas. Para **añadir** sobrecargas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. La sobrecarga introducida puede ser editada desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos** respectivamente.

Todas las propiedades de la sobrecarga pueden ser modificadas solo en la **etapa de construcción** donde ésta fue creada. Solo la magnitud de la sobrecarga puede ser modificada en etapas posteriores. (Opción: **"Modificar magnitud de la sobrecarga"**).

La **influencia de sobrecarga** en el análisis de estabilidad de taludes se describe en la parte teórica de la ayuda.



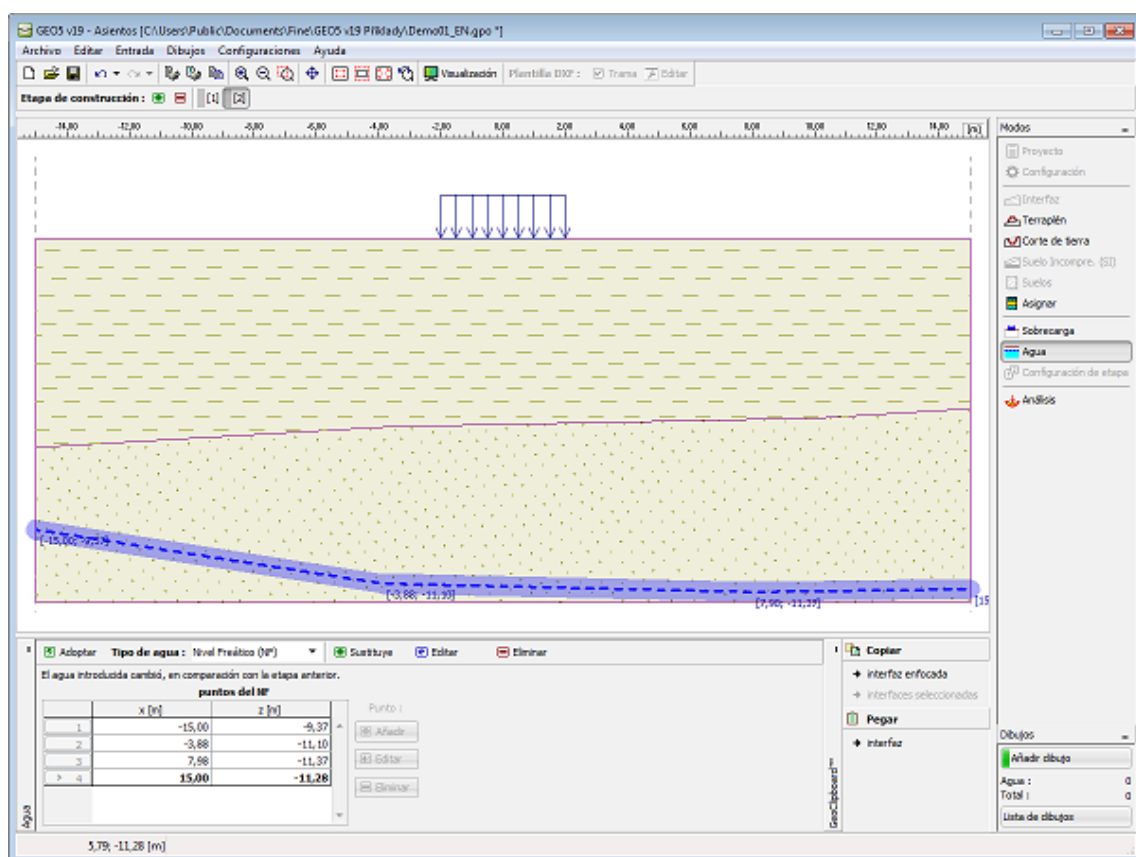
Cuadro "Sobrecarga"

Agua

El cuadro **"Agua"** sirve para configurar el tipo de napa freática. El proceso de introducción de napas freáticas o isolíneas, respectivamente, es idéntico al de **introducir interfaces**.

Si la introducción de datos en distintas capas es diferente, el programa permite aceptar los datos de la etapa de construcción anterior presionando el botón **"Aceptar"**.

Las interfaces de agua introducidas se pueden copiar en todos los programas 2D GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Agua"

Configuración de etapa

El **cuadro "Configuración de etapa"** permite la entrada de configuraciones válidas para una etapa de construcción.

El programa permite especificar la posición de perforaciones de control, espesores y ubicaciones de capas donde el valor de tensión es calculado.

El programa determina la **tensión en perforaciones individuales**. El terreno es siempre subdividido en veinte perforaciones con un espaciado uniforme. Perforaciones adicionales se generan automáticamente en puntos específicos del terreno, terraplén, napa freática, capas de suelos de interfaz y puntos finales de sobrecarga. Las perforaciones de control (cálculo) pueden ser trazadas en el cuadro **"Verificación"**.

Perforaciones individuales se **dividen en capas** de acuerdo a los valores introducidos. La primera capa siempre coincide con el suelo original. Además se incluyen **todos los puntos** que especifican interfaces, napa freática y subsuelos incompresibles. El valor por defecto para el espesor de la capas **asegura la velocidad razonable y exactitud del análisis**.

Las capas se introducen arriba de una profundidad de 250 m. En el análisis actual, sin embargo, la profundidad de la zona de influencia está restringida por:

- el **subsuelo incompresible introducido**, ó
- por la **reducción de las magnitudes de los cambios de tensión**, ó
- por la **resistencia estructural**, respectivamente.

(Dependiendo de la configuración realizada en el cuadro Configuración - " solapa "Asientos")

El número y la ubicación de las perforaciones calculadas pueden ajustarse cuando se selecciona la opción "**Configuración de usuario**". En este caso es posible seleccionar tanto la posición de las perforaciones, como el espesor y la ubicación de la capas. Las perforaciones luego se crean según los datos introducidos - además, el programa incluye automáticamente todos los puntos importantes. Cuando se selecciona la **opción distribución exacta** las perforaciones se incluyen en todos los puntos del terreno, interfaces de capas de suelos, terraplenes. GWT y dentro de los puntos finales de la sobrecarga. Cuando se selecciona la **opción distribución mínima**, las perforaciones no se incluyen dentro de los puntos de terreno o terraplenes.

Para un análisis estándar se **recomienda mantener** la configuración por defecto del análisis.

Disposiciones y refinado de perforaciones: Usuario [Manual]	
Disposición horizontal	
Patrones de disposición:	exacto
Añadir perforaciones:	por número de secciones
Número de secciones:	20

Refinado vertical		
	Desde profundidad [m]	Refinado [m]
1	0,00	0,10
2	2,00	0,30
3	5,00	0,50
4	10,00	2,00
5	30,00	10,00

Cuadro "Configuración de etapa"

Análisis

El cuadro "**Análisis**" muestra el resultado del análisis.

Siempre se requiere para modelar la estructura el uso de **etapas de construcción**. La **primera etapa de construcción** representa el **estado original**, por lo que el asentamiento es nulo. Nuevas sobrecargas o terraplenes se añaden en otras etapas de construcción, donde se calcula el **asentamiento del terreno**. Información relacionada con el curso del análisis, máximo asentamiento y la profundidad de la zona de influencia se imprimen en la parte inferior del cuadro.

En la sección de este cuadro "**Análisis de consolidación**" (configurada en el cuadro "Configuración") sirve para ingresar los **parámetros de consolidación**.

El asentamiento se calcula utilizando la **teoría del análisis**, que se introduce en la pestaña "Asentamiento". La **profundidad de la zona de deformación** se define ya sea por la entrada de **subsuelo incompresible**, el **método de restricción de la magnitud de la tensión primaria**, o por la **teoría de la resistencia estructural**.

El resultado, como salida principal, se muestra en la pantalla. Para ver los resultados, utilice la **barra horizontal** en la sección superior de la pantalla, y el cuadro "**Configuración de imágenes : Análisis**"

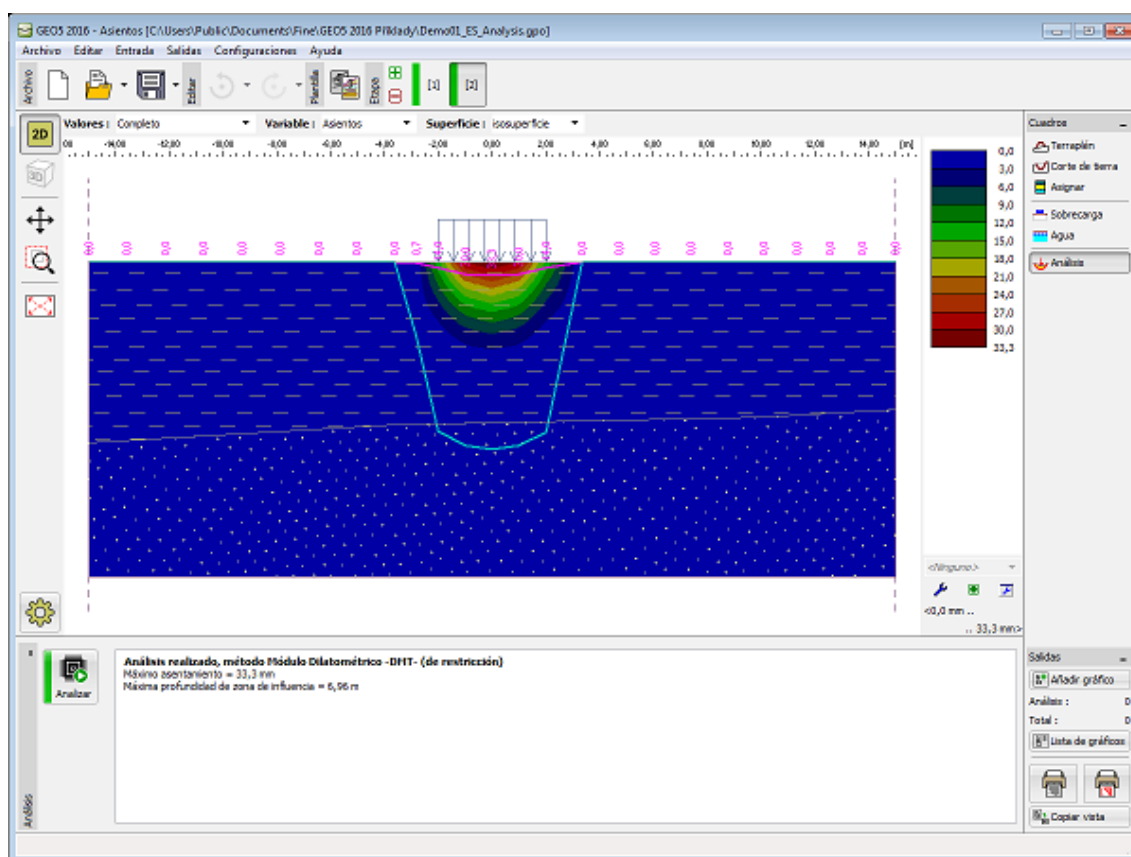
El cuadro "Configuración de imágenes : Análisis" permite especificar:

- **Parámetros de imágenes:** Parámetros para visualizar línea de depresión y zona de influencia, para dibujar secciones inclinadas, isosuperficies e isolíneas, etc.
- **opción para almacenar vistas individuales**

Esta barra horizontal contiene los siguientes ítems:

- **Seleccionar valores de visualización:** Ya sea los valores **totales**, o sus cambios durante la **última etapa de cálculo** o sus cambios en **comparación con otras etapas previas**. Esta configuración está disponible solo en los casos donde tiene sentido. Por lo que es posible mostrar el cambio de tensión, asentamiento o deformación en comparación con etapas previas, sin embargo, siempre se traza la profundidad actual de la zona de influencia.
- **Variables seleccionadas:**
 - Sig - tensión total vertical completa [*kPa, ksf*]
ma
Z,to
t
 - Sig - tensión efectiva vertical completa [*kPa, ksf*]
ma
Z,ef
f
 - Pres- tensión debido al agua [*kPa, ksf*]
ión
de
por
os
 - Asie- asiento de un punto [*mm, feet*]
ntos
 - Def - asiento relativo de una capa [-]*1000
orm
ació
n
- **Opción ploteo** (no plotear, isosuperficies, isolíneas)

El **rango de color** es visible en la parte derecha del escritorio. El botón para **seleccionar la gama de colores** se encuentra debajo



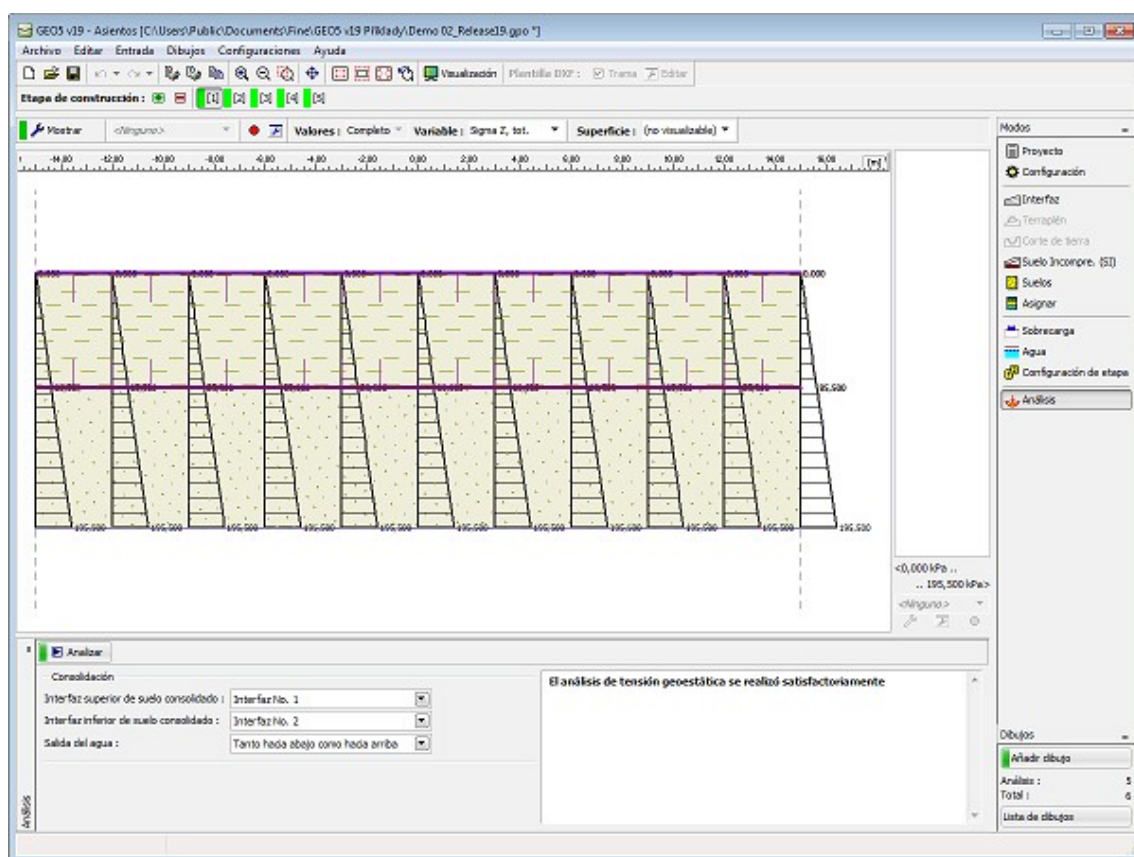
Cuadro "Análisis"

Parámetros de consolidación

En el **análisis de consolidación** (determinado en el cuadro "Configuración") la parte inferior de la ventana en el cuadro "Análisis" sirve para ingresar los parámetros de consolidación.

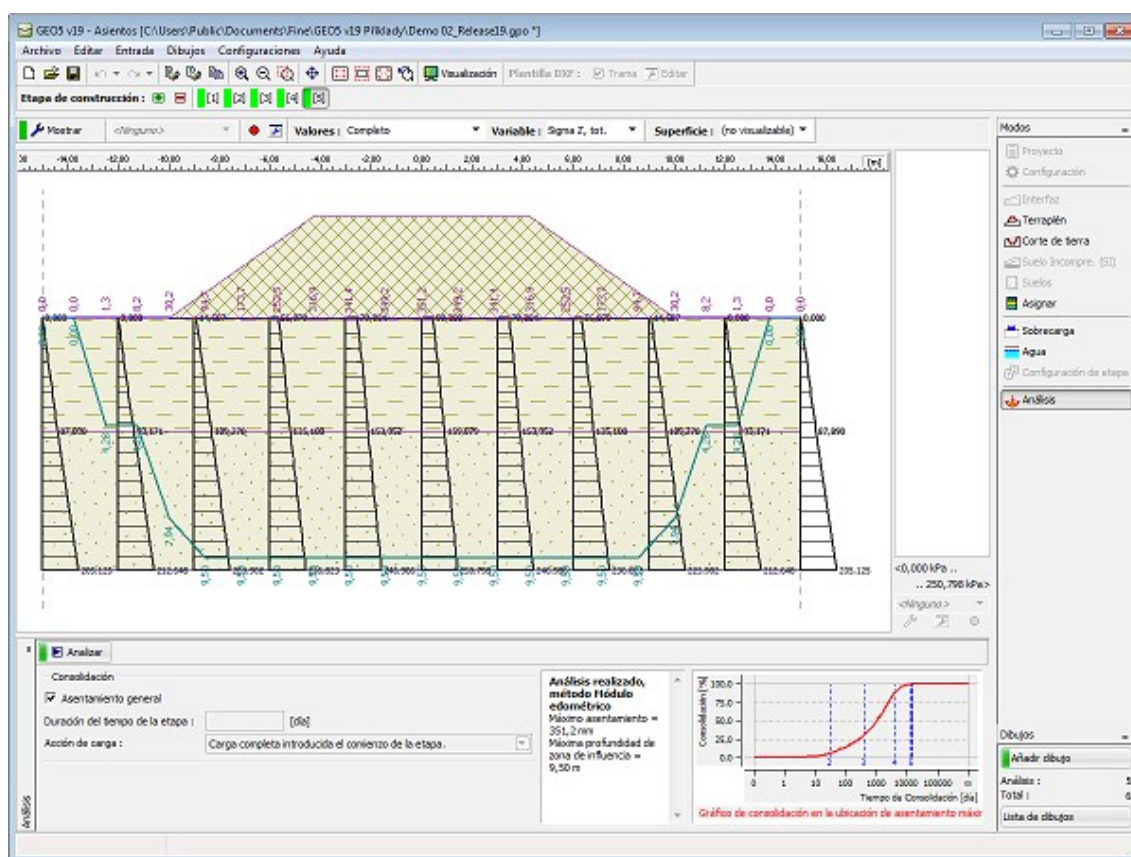
En la primera etapa de cálculo de construcción las siguientes características son requeridas: Parte superior e inferior de la capa de suelo consolidada y la dirección del flujo de agua desde esta capa. (hacia arriba, hacia abajo y en ambas direcciones).

El programa permite dibujar una evolución temporal del asentamiento (gráfico a la derecha del escritorio) según la correspondiente **teoría de asentamiento**. El eje vertical muestra el **grado de consolidación** U [%], y el eje horizontal muestra el tiempo de asentamiento t [días].



Cuadro "Análisis" - consolidación (primera etapa de construcción)

En otras etapas de construcción se ingresa el **tiempo de la duración de la etapa** y la acción de carga. El programa permite elegir entre dos opciones de acción de carga: la carga completa ingresada al comienzo de la etapa o la carga que aumenta linealmente durante el tiempo de duración de la etapa. El cálculo luego se ejecuta desde la primer etapa de construcción a la etapa de construcción donde se verifica el "**Asentamiento general**" (puede ser verificado en cualquier etapa con excepción de la primera).



Cuadro "Análisis" - consolidación (otras etapas de construcción)

Ejemplo: Determinar asientos desde sobrecarga luego de 5 días, 1 mes, 1 año and 5 años? Entrar las etapas de construcción según el siguiente esquema:

1. etapa solo tensión geostática
2. etapa Sobrecarga, tiempo: 5 días
3. etapa Sin cambios, tiempo: 25 días
4. etapa Sin cambios, tiempo: 335 días
5. etapa Sin cambios, tiempo: 1460 días
6. etapa Seleccionar la opción "**Asentamiento general**" y ejecutar el cálculo

Programa Asientos con Excavaciones

Evaluación del riesgo de posibles daños en edificios debidos a la ejecución de túneles. El programa está diseñado para analizar y determinar la forma de la cubeta de subsidencia sobre excavaciones y para evaluar el daño de los edificios situados en el área afectada.

La ayuda en el programa "Asientos con Excavaciones" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto

Configuración

ConstrucciónPerfiles

Suelos

Asignar

Geometría de excavación

Medición Configuración de etapas Análisis Daños

- Estándares y métodos de análisis
- Teoría para el análisis en el programa "**Asientos con Excavaciones**":
 - Tensión en el cuerpo del suelo Asentamiento en Superficie
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro "**Configuración**" sirve para especificar estándares y métodos que son utilizados para realizar el análisis.

El cuadro "**Configuración**" permite seleccionar el método para determinar el hundimiento (pérdida de volumen, teorías clásicas) y su forma (Gauss, Aversin). Además sirve para ingresar el coeficiente de cálculo del punto de inflexión (solo para teorías clásicas), el cual influye en la forma del hundimiento.

Método de análisis

Método de análisis: Método clásico
Pérdida de volumen
Método clásico

Teoría estándar: Fazekáš
Limanov
Fazekáš
Peck

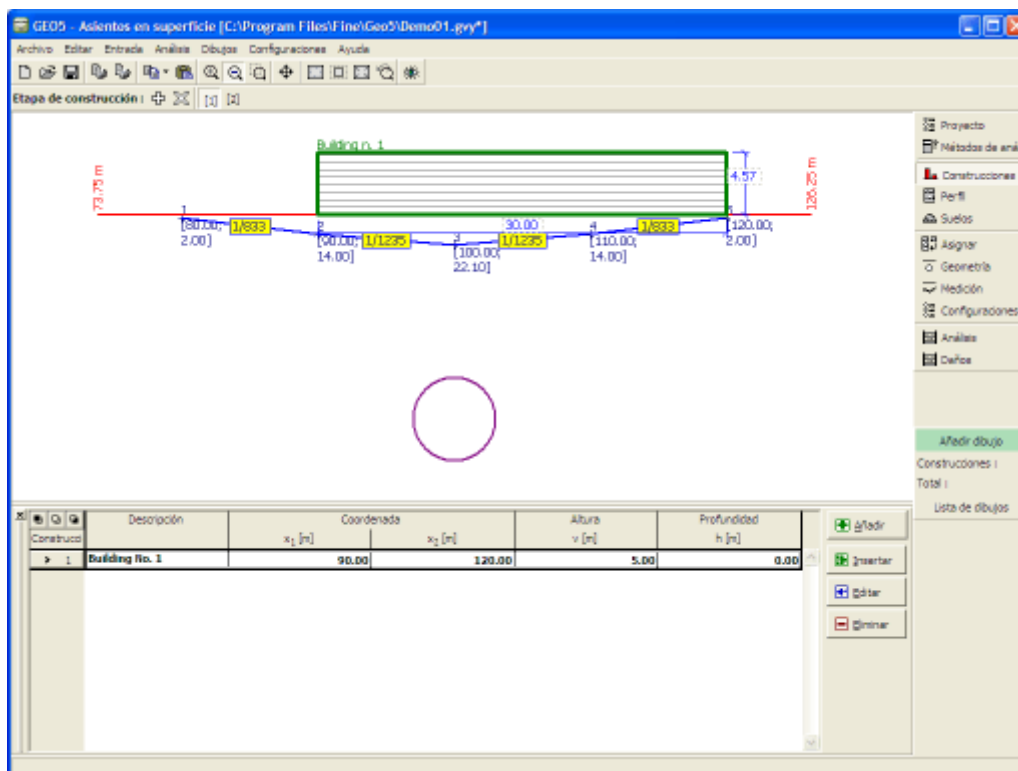
Forma de la curva de depresión: Averšín
Gauss
Averšín

Coef. de cálculo de punto de inflexión: $k_{inf} =$ 3,50 [-]

Cuadro "Configuración"

Construcciones

El cuadro **"Construcciones"** sirve para introducir objetos de entrada sobre la excavación. Un número arbitrario de construcciones puede ser especificado en la superficie terrestre o a una determinada profundidad.



Cuadro "Construcciones"

Perfil

El cuadro **"Perfil"** contiene una **tabla** con un listado de interfaces introducidas. Luego de especificar las interfaces, es posible editar el espesor de las distintas capas con la ayuda de las **dimensiones activas**.

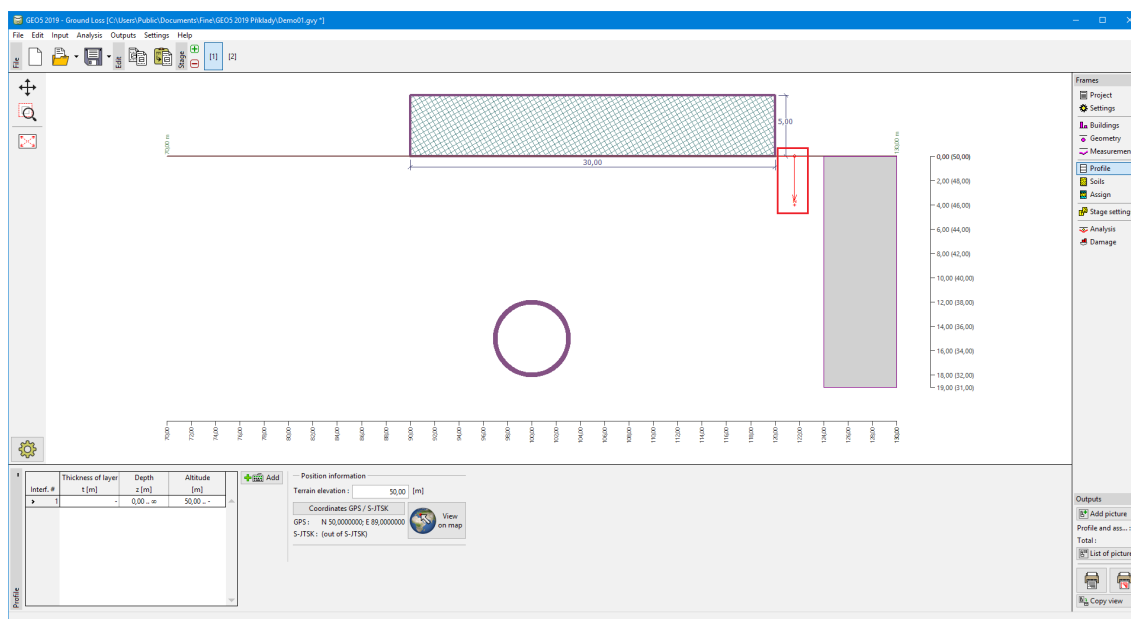
Para **añadir** capas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva interfaz"**. Se especifica la coordenada z de la interfaz medida desde la parte superior de una estructura (z) o el espesor de la capa (t).

En este cuadro también es posible ingresar información opcional sobre la ubicación de la estructura:

- **elevación del terreno** - una columna con la altitud para las capas se muestra en la tabla después de ingresar la elevación del terreno
- **Coordenadas GPS** - es posible **mostrar una estructura en Google Maps** usando el botón **"Ver en el mapa"** después de ingresar las coordenadas.

El programa permite bajar o subir el punto más alto de la estructura en el cuadro de diálogo **"Cambiar la elevación del terreno"** así se puede modificar toda la interfaz mientras se mantiene el espesor de las distintas capas. Esta función es importante cuando copiamos perfiles desde el programa **"Terreno"** y **"Estratigrafía"**.

La entrada de datos en este cuadro está permitida si se selecciona el **método clásico** en el cuadro **"Configuración"**.



Cuadro "Perfil"

Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado.

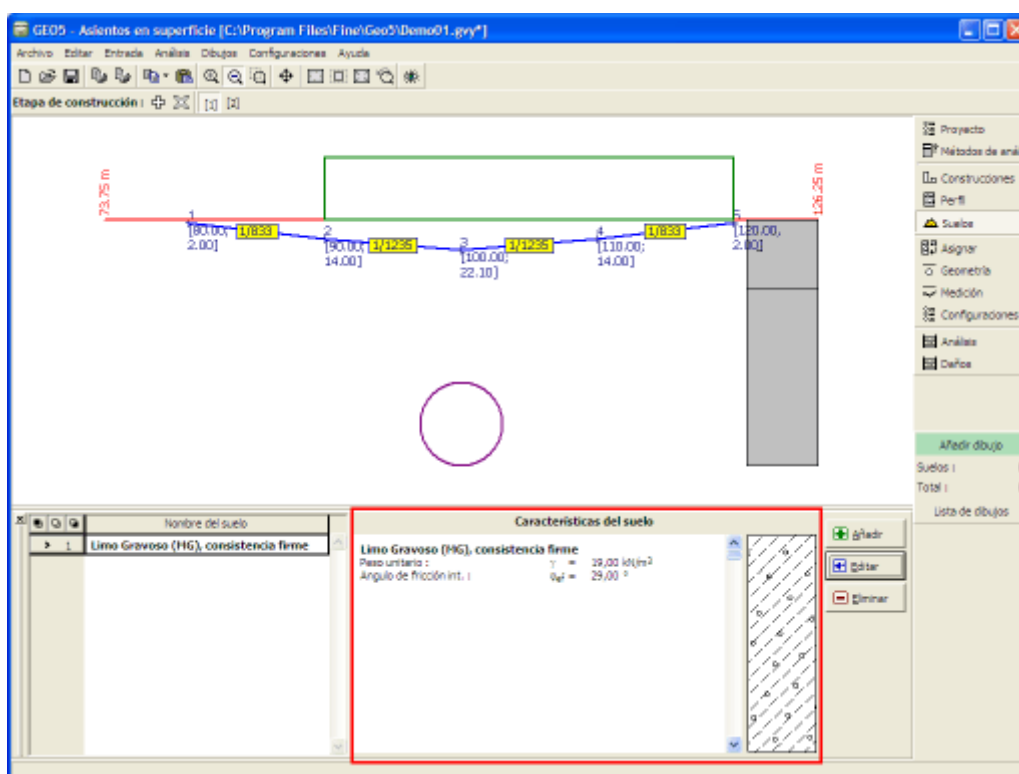
Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** (editar) suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

La entrada de datos en este cuadro está permitida si se selecciona el **método clásico de análisis** en el cuadro **"Configuración"**. Valores particulares se obtienen de encuestas geotécnicas o de experimentos en laboratorios. Si esta información no está disponible, es posible agregarlo desde la **base de datos de suelos**, que contiene valores de características de suelo.

Posibles valores del ángulo de fricción interna y cohesión están disponibles en el capítulo **"Parámetro de rocas"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



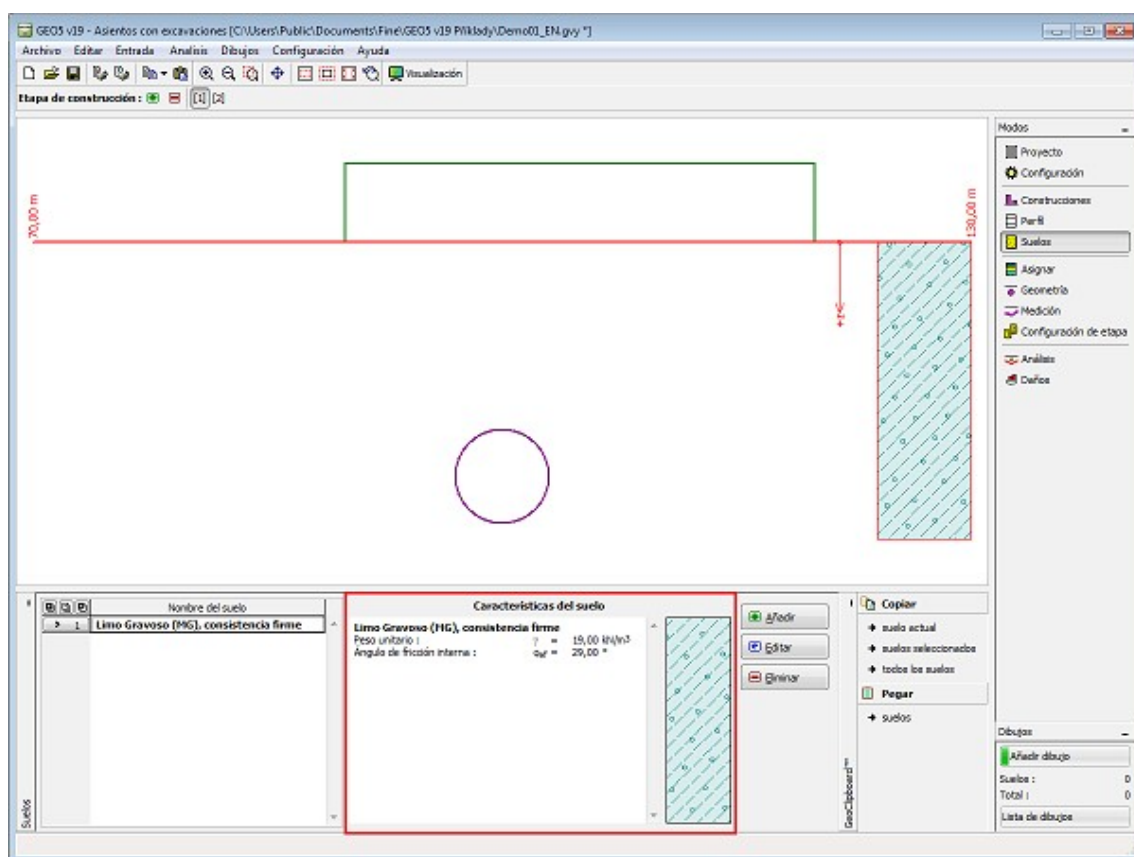
Cuadro "Suelos"

Asignar

El **cuadro "Asignar"** contiene una lista con capas de perfiles y terrenos asignados. La lista de terrenos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas ubicada por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

Después de asignar el suelo en la capa se describe la **herencia** en forma detallada.

La entrada de datos en este cuadro está permitida si se selecciona el **método clásico** en el cuadro **"Configuración"**.



Cuadro "Asignar"

Geometría de excavación

El cuadro **"Geometría de la excavación"** contiene una tabla con una lista de las excavaciones. Para **añadir** excavaciones se utiliza el cuadro de diálogo **"Nueva excavación"**. Las excavaciones introducidas pueden ser modificadas en el escritorio o con la ayuda de los **objetos activos**.

Los parámetros de excavación difieren dependiendo del tipo de método de análisis seleccionado en el cuadro **"Configuración"**. Cada excavación puede ser especificada por el radio o por el área de excavación. Si una excavación secuencial está siendo introducida, es útil especificar el área de excavación y ubicar un centro ficticio de excavación para un centro de gravedad de esta área.

Parámetros de entrada adicional se explican con más detalles cuando se describe el método de análisis (**Pérdida de volumen, método clásico**).

El programa permite **exportar** la geometría de una estructura en el formato *.DXF.

Nueva excavación

Geometría

Descripción :

Coordenada del centro de excavación : X = [m]

Profundidad al centro de excavación : Z = [m]

☒ Radio : r = [m]

☐ Área :

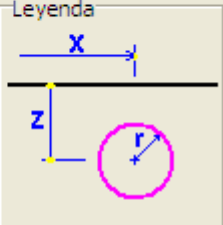
Módulo de elasticidad: E = [MPa]

Coefficiente de Poisson : ν = [-]

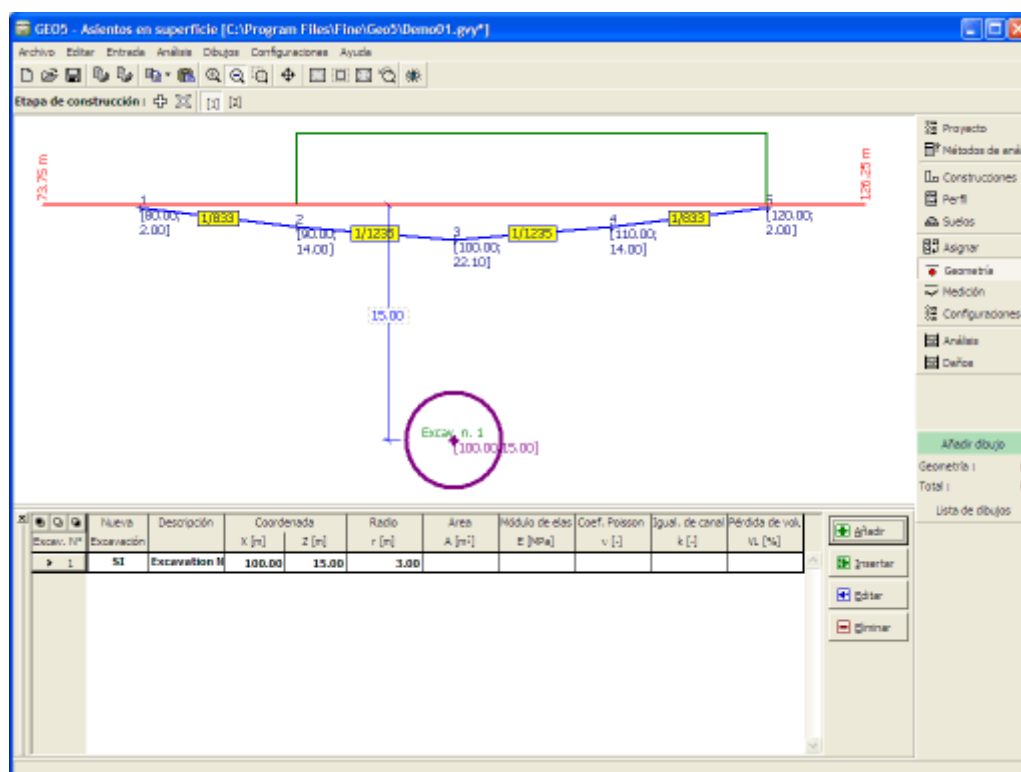
Superficie de terreno sobrecargado: f = [kPa]

☐ Desplazamiento del techo del túnel v = [mm]

Legenda



Cuadro "Nueva excavación"

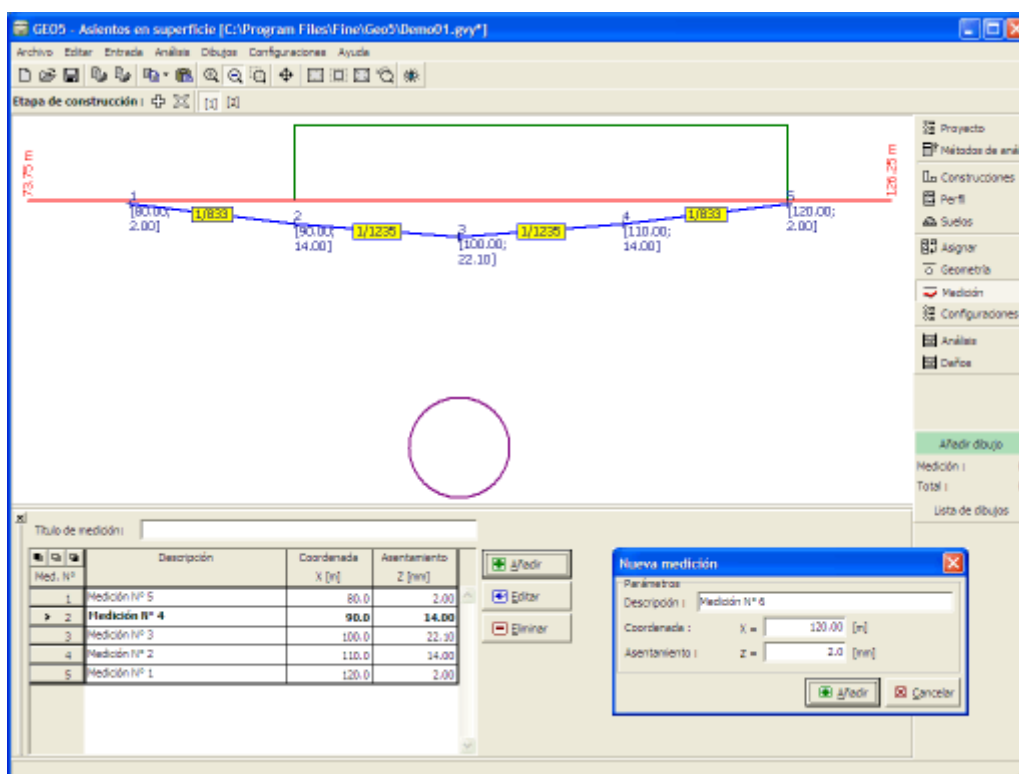


Cuadro "Geometría de la excavación"

Medición

El cuadro **"Medición"** contiene una **tabla** con una lista de las mediciones introducidas. Para **añadir** mediciones se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva medición"**. Las mediciones introducidas pueden ser modificadas en el escritorio o con la ayuda de los **objetos activos**.

Las mediciones introducidas **no influyen en el análisis actual** - Su introducción dentro del programa resulta ser puramente por necesidades de diseño. Luego de excavar la primer parte de un túnel secuencial, es útil introducir valores dentro del programa, medidos en el lugar de la construcción, y luego agregar los parámetros de excavaciones de tal forma que los **valores de cálculo y los valores medidos sean los mismos**. Una parte de la experiencia muestra que los valores de parámetros de entrada requeridos para el procedimiento son **válidos también en las siguientes etapas**.



Cuadro "Mediciones"

Configuración de etapa

El **cuadro "Configuración de etapa"** sirve para ingresar configuraciones válidas para una etapa de construcción.

El cuadro permite introducir los límites en tensión y daño gradiente. Estos valores sirven para verificar el daño en la construcción en el cuadro "Daños". El programa ofrece la pre-configuración por defecto (configuraciones predeterminadas de **construcciones de mampostería**) y la configuración de usuario - aquí es posible definir un criterio arbitrario recomendado por los estándares o adquirirlo a partir de la experiencia práctica de los tipos de construcción arbitrarios.

Los valores límites deben ser definidos en un orden descendiente o ascendente, respectivamente. Con esto se espera definir regiones que, especificadas en el programa, sea posible caracterizar los límites determinados por el mismo valor.

Daño de construcciones : Configuración de usuario		Usar estándares
Borde de daño por buzamiento		
Límite 1 :	1 / 1200 [-]	
Límite 2 :	1 / 800 [-]	
Límite 3 :	1 / 500 [-]	
Límite 4 :	1 / 300 [-]	
Límite 5 :	1 / 150 [-]	
Borde de daño por tracción		
Límite 1 :	0,00 [‰]	
Límite 2 :	0,50 [‰]	
Límite 3 :	0,75 [‰]	
Límite 4 :	1,00 [‰]	
Límite 5 :	1,80 [‰]	

Cuadro "Configuración de etapa"

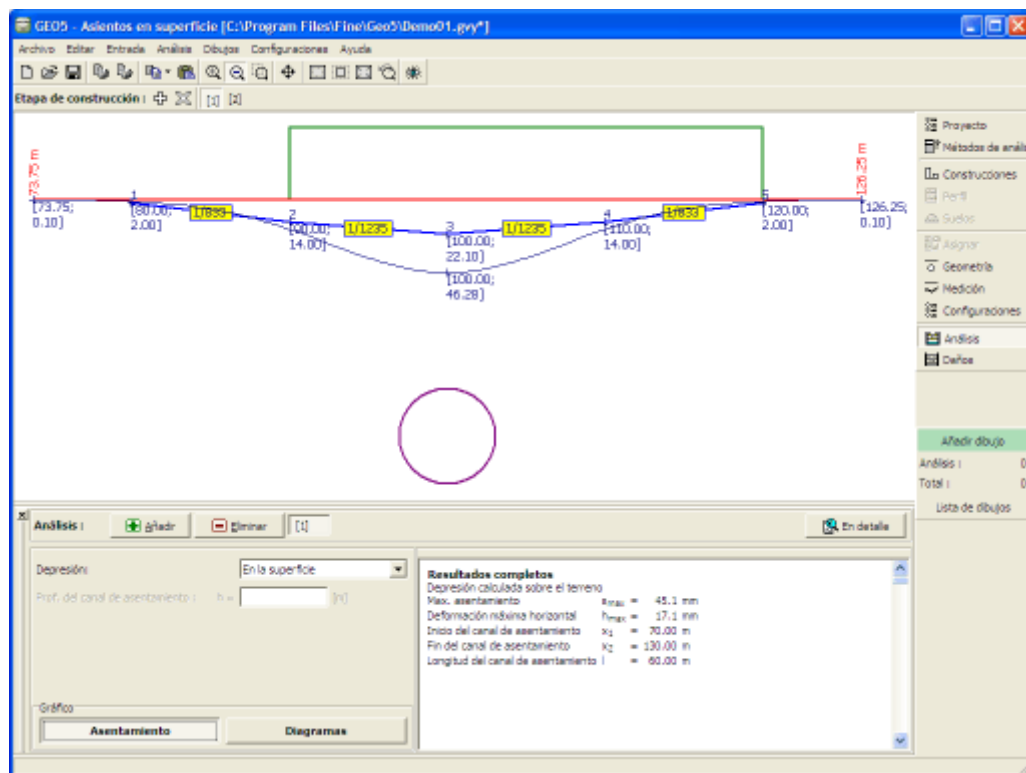
Análisis

El cuadro "**Análisis**" muestra el resultado del **análisis de depresión**. Más de un análisis con diferentes profundidades debajo del terreno pueden ser llevados a cabo para una misma tarea.

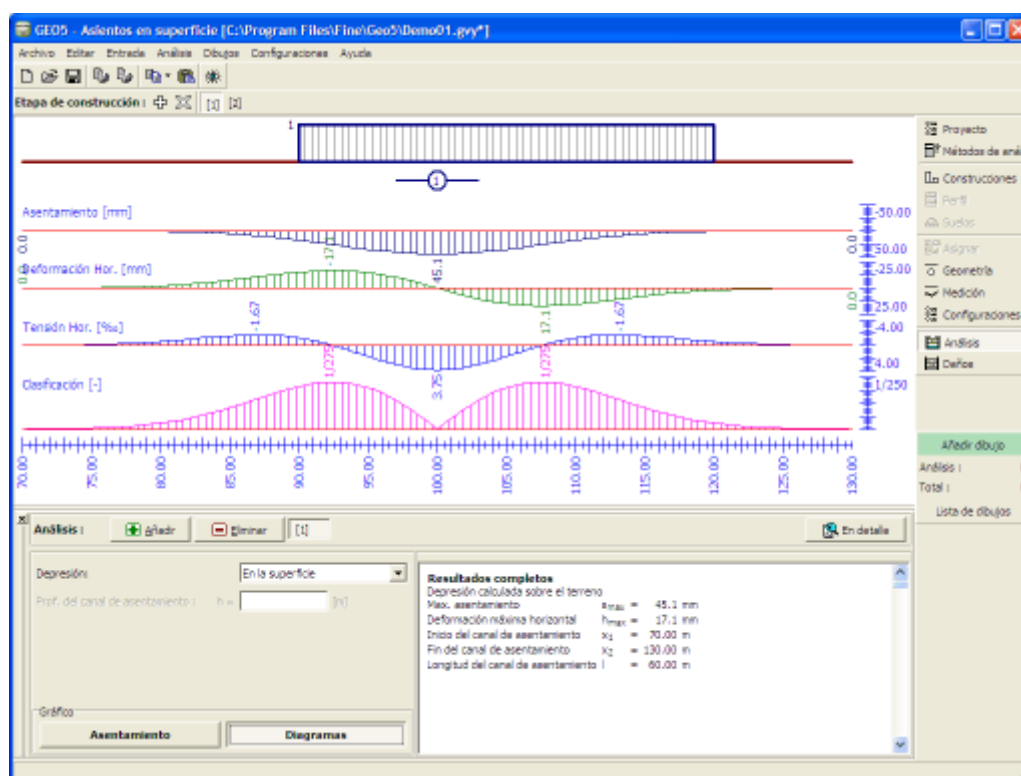
El análisis de resultados aparece en el escritorio y es continuamente actualizado cuando sea que se realice un cambio en los datos de entrada o configuración.

La visualización de resultados puede ser ajustada en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

Para un rápido cambio entre diferentes estilos de representación grafica de los resultados (**Asentamiento, Diagramas**) el usuario puede usar los botones de Gráfico.



Cuadro "Análisis" "Asentamiento"



Cuadro "Análisis" "Diagramas"

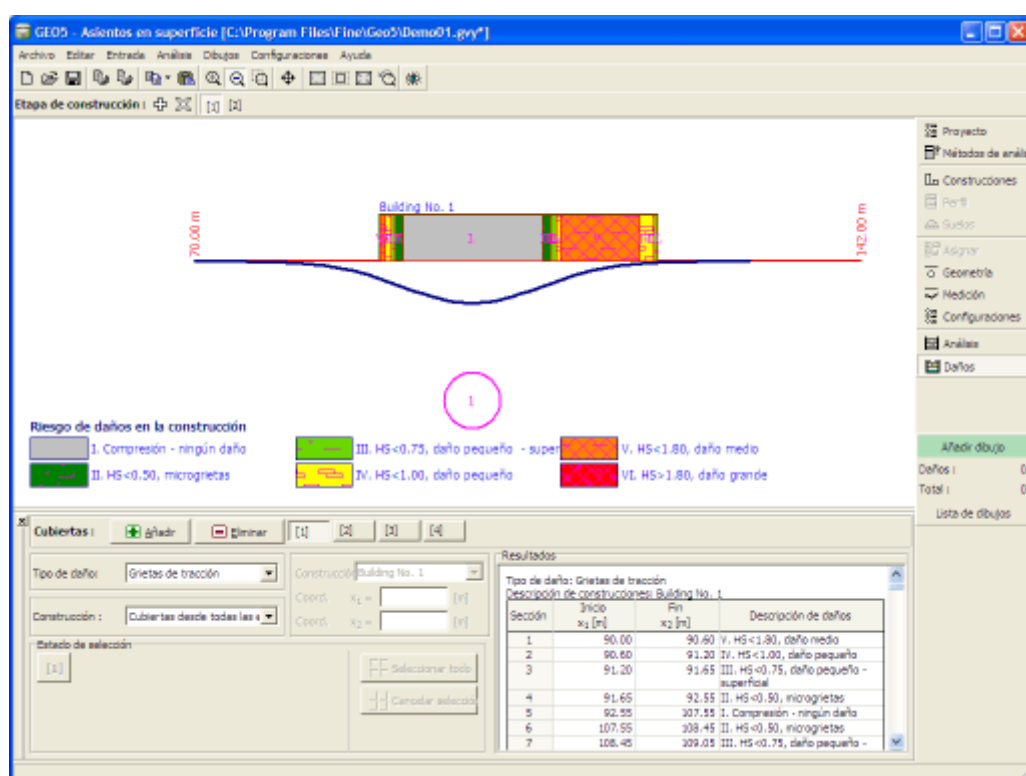
Daños

El cuadro **"Daños"** proporciona el resultado de fallo del análisis de construcción. El programa ofrece distintos tipos de verificaciones.

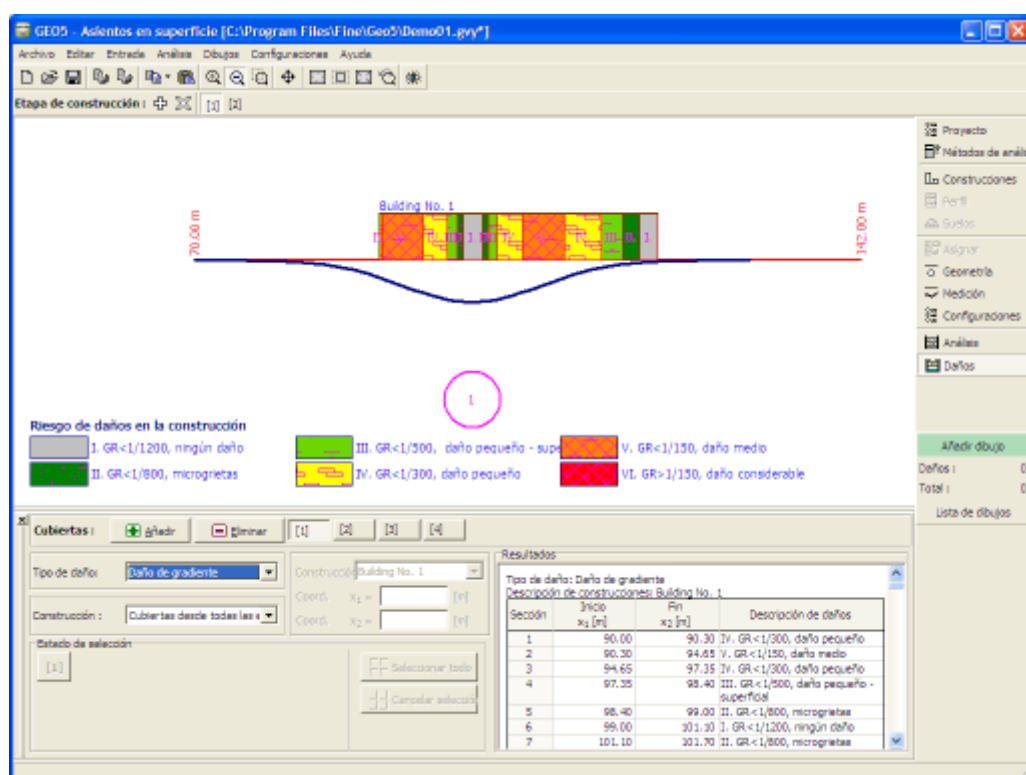
- Verificación de **grietas de tracción**
- Verificación de **daños por buzamiento**
- Verificación de **desviación relativa de construcciones** (elevación, depresión)
- Verificación de **secciones de la construcción**

El programa permite al usuario realizar un análisis de la etapa actual y de todas las etapas previas (cubre todas las etapas) o es posible introducir una etapa individual y evaluar su influencia. Este proceso hace posible encontrar por ejemplo un proceso óptimo de excavación de túneles secuenciales.

Distintos análisis pueden ser llevados a cabo para una misma tarea. La visualización de los resultados puede ser ajustada en el cuadro **"Configuración de gráficos"**.



Cuadro "Daños" - Visualización de grietas de tracción



Cuadro "Daños" - Visualización de daños por buzamiento

Programa Terreno

El programa se utiliza para crear modelos de terrenos digitales (DEM, DTM) a partir de los puntos del terreno y de las perforaciones ingresadas. Calcula volúmenes de excavación y sirve como administrador de tareas para otros programas GEO5.

La ayuda en el programa "Terreno" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Proyecto	Datos Básicos	Suelos	Asignar	Puntos del terreno	Bordes	Agua
Perforaciones	Modelo del terreno	Sitio de construcción	Generar	Punto de construcción	Línea de construcción	Ejecutar

- Estándares y métodos de análisis
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- Entradas comunes para todos los programas

Proyecto

El **cuadro "Proyecto"** se utiliza para introducir datos básicos. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**).

En éste régimen de entrada la configuración asumida puede ser modificada en la **primera etapa de construcción**.

Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.

Cuadro "Proyecto"

Datos básicos

El cuadro **"Datos básicos"** sirve para introducir parámetro de una tarea.

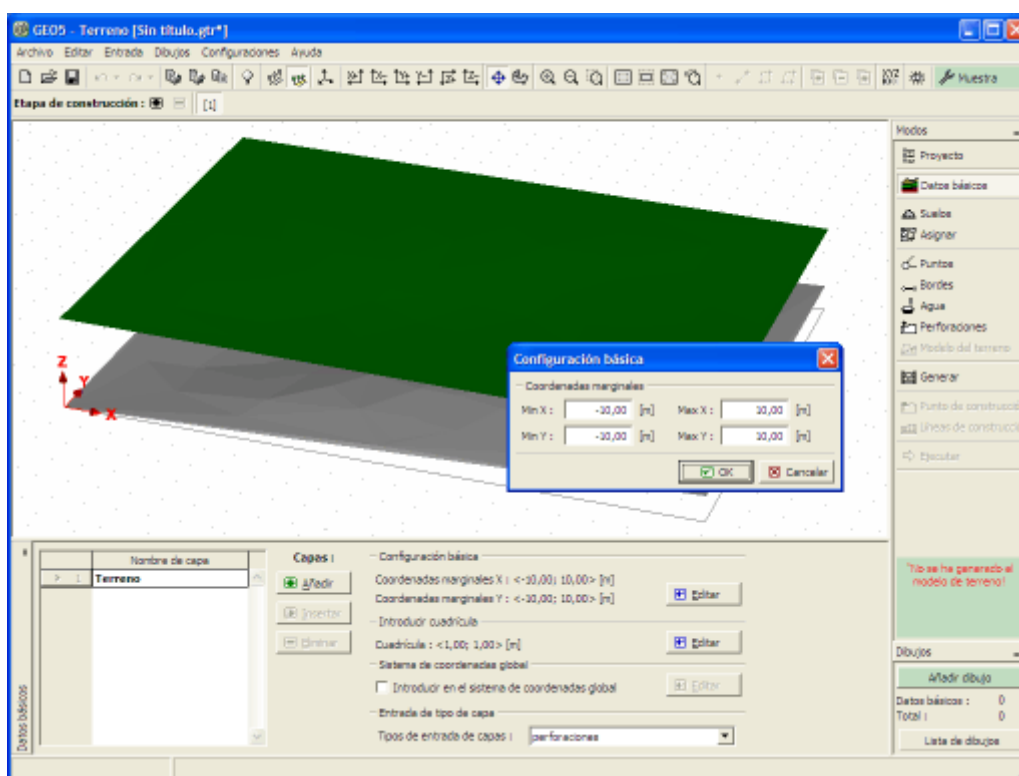
El cuadro contiene una **tabla** con el listado de las capas introducidas. Las capas pueden añadirse, editarse o eliminarse utilizando los botones de la parte derecha de la tabla. La primera capa no puede ser ni eliminada, ni se puede insertar otra capa delante de esta.

El ítem **"Introducir en el sistema de coordenadas global"** abre camino a la introducción de datos en el **sistema de coordenadas global** (JTSK, Gauss-Krüger).

El listado desplegable de **"Tipo de ingreso de capas"** es posible determinar la forma de ingreso de capas. Las capas pueden ser introducidas con la ayuda del **espesor** de las mismas o con sus **puntos**.

En este régimen de entrada la configuración asumida puede ser modificada únicamente en la **primera etapa de construcción**.

La visualización del dibujo en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro **"Configuración de gráficos"** y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas **"Visualización"**.



Cuadro "Datos Básicos"

Sistema de coordenadas global

El cuadro de diálogo "**Sistema de coordenadas**" permite definir el tipo de sistema de coordenadas global.

La ventaja principal es la posibilidad de especificar coordenadas de puntos y hoyos en el sistema de coordenadas local y global y cambiar entre los dos sistemas.

La orientación del sistema de coordenadas global con respecto al local se define utilizando dos puntos, donde un punto es siempre introducido en el sistema de coordenada local y su imagen en el sistema de coordenadas global.

La dirección y sentido de convención se muestra para cada tipo de sistema de coordenadas global en la leyenda del gráfico.

Cuadro de diálogo "Sistema de coordenadas"

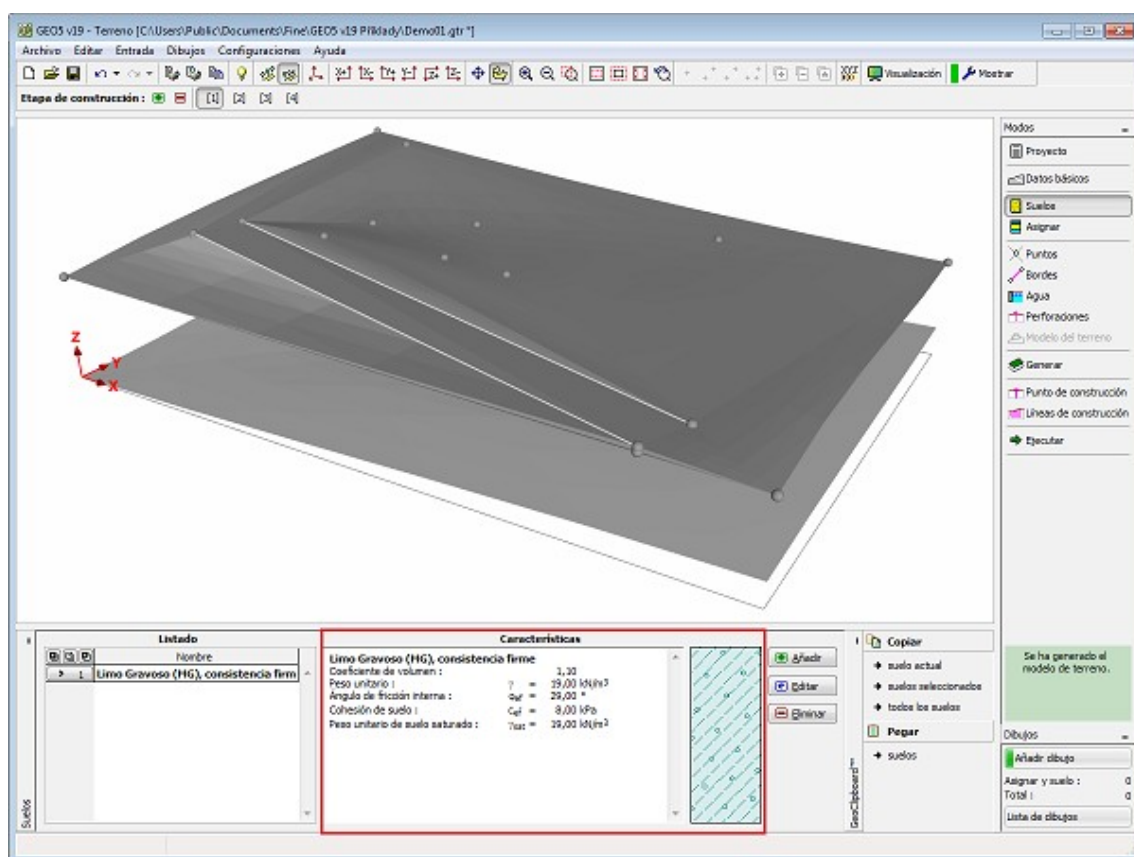
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

El programa **"Terreno"** llama solo a la especificación de coeficiente de volumen para cálculos de excavación de pozos o terraplenes. Esta información solo se utiliza para posibles exportaciones dentro de los programas GEO y no tiene ningún efecto en el cálculo actual en el programa **"Terreno"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**.



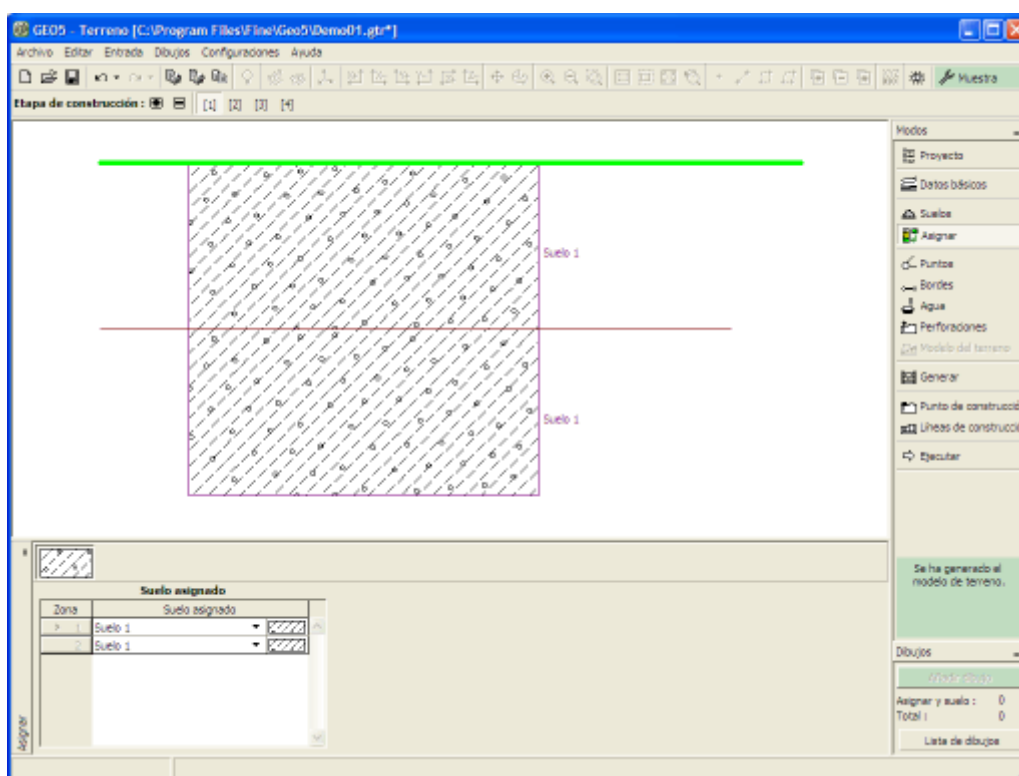
Cuadro "Suelos"

Asignar

El cuadro "Asignar" contiene un listado con capas de perfiles y suelos asociados. La lista de suelos es gráficamente representada por los botones de la barra de herramientas situados por encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil.

El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

En la siguiente etapa de construcción el programa añade automáticamente una nueva capa, con la cual es suelo adyacente al terreno es asignado automáticamente. En muchos casos (excavaciones de pozos) esta capa puede no tener volumen - para su introducción se necesita proporcionar el nuevo terreno encontrado sobre el terreno de la etapa anterior. Como no es posible una estimación previa, el suelo siempre se asigna, si alguna parte del terreno en la nueva etapa se ubica por encima de la etapa original.



Cuadro "Asignar"

Puntos del terreno

El **cuadro "Puntos del terreno"** sirve para definir las coordenadas de los puntos del terreno. Existen dos opciones disponibles para definir los puntos:

Con la ayuda de la tabla: Los puntos se definen en la **tabla**. Presionando el botón: **Añadir**: Se abre el cuadro de diálogo **"Nuevo punto"**, las coordenadas de los puntos son entonces especificadas. Presionando el botón: **"Añadir"** se agrega el punto a la tabla, **"Cancelar"** se utiliza para cerrar la ventana, **"Editar"** permite modificar los puntos, **"Eliminar"** permite eliminar los puntos (mas de un punto puede ser seleccionado en la tabla para eliminarlos todos al mismo tiempo) - antes de eliminar, el punto seleccionado se muestra en el escritorio en color **rojo**. Cada cambio es inmediatamente reflejado en el escritorio.

Con la ayuda del mouse: Este modo de introducción se activa haciendo click en el botón apropiado de la barra de herramientas horizontal **"Puntos del terreno"**. Están disponibles los siguientes modos:

Añadir

- Se introduce el punto haciendo click con el botón izquierdo de mouse (el cursor cambia - ver figura) en la ubicación deseada en escritorio. El programa abre el cuadro de diálogo **"Nuevo punto"** para modificar las coordenadas o para agregar la coordenada Z - Luego de presionar el botón **"OK"** el programa agrega este punto dentro de la tabla. Si se proporciona un punto que no puede ser agregado (ej.: coordenadas duplicadas) el programa muestra un mensaje de advertencia.
- Las funciones de **cuadrícula** pueden ser utilizadas cuando se especifica un punto

Editar

- Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un punto ya existente

(ver **objetos activos**), se abre un cuadro de dialogo **"Editar punto"** el cual permite modificar las coordenadas del punto - en el **cuadro de diálogo** los siguientes botones pueden ser utilizados ("**OK+↑**" y "**OK+↓**").

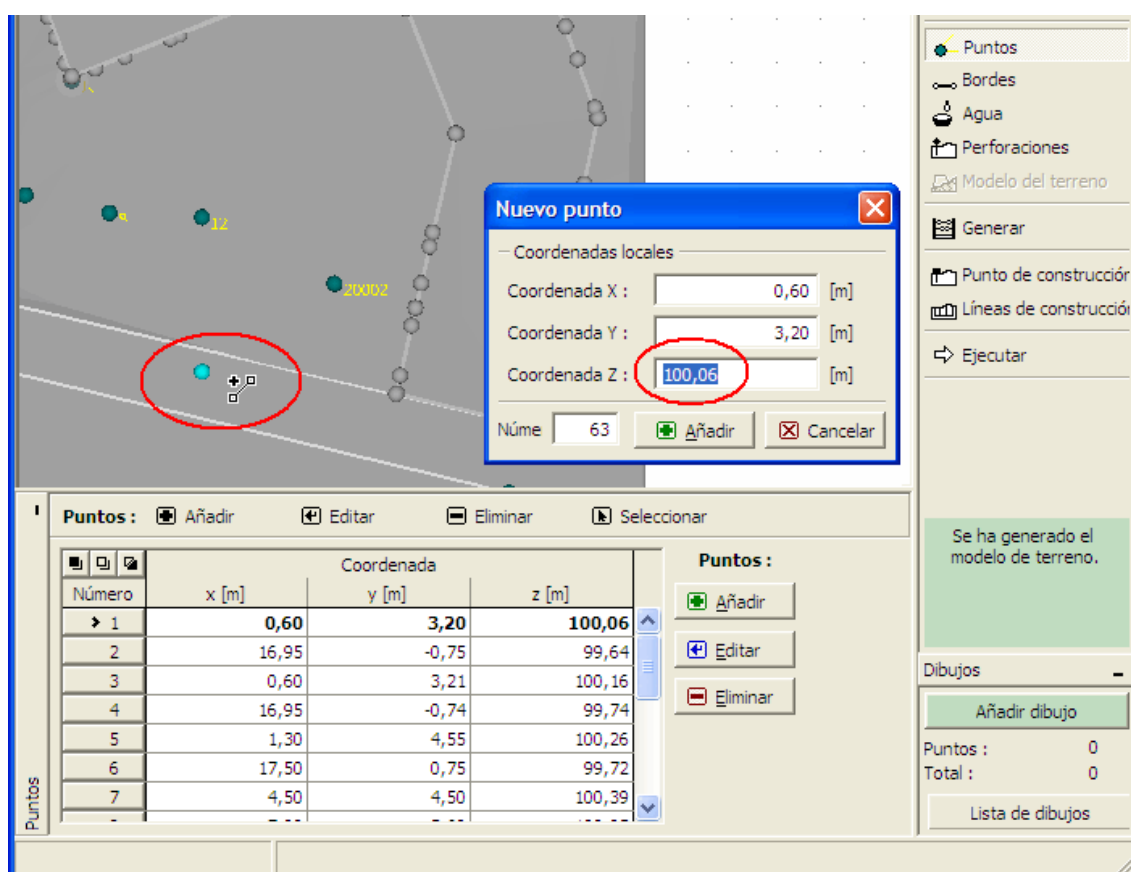
- Eliminar**
- Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un punto ya existente, se abre un cuadro de diálogo que requiere la confirmación de la eliminación del punto seleccionado.
- Seleccionar**
- Activa el régimen de la selección gráfica de puntos (el tipo de selección es configurado en la barra de herramientas "**Selección**")

Los puntos seleccionados también pueden ser **importados** desde archivos de formatos **TXT**, **Atlas DNT**, **DFX**, **LandXML**, respectivamente. El programa permite importar puntos y bordes dentro de la tarea procesada (por ejemplo, en etapas posteriores).

Cuando definimos puntos, el programa en algunos casos **calcula automáticamente** sus coordenadas Z. Solo un punto puede ser asignado a una simple coordenada X e Y.

Con la opción de ingreso de capas con la ayuda de "**Puntos de capas**" en el cuadro "**Datos básicos**", se selecciona la opción "**Puntos**" que contiene el listado de "**Capas**". Esta lista sirve para elegir una capa en donde el punto será ingresado.

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "**Configuración de gráficos**" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "**Visualización**".

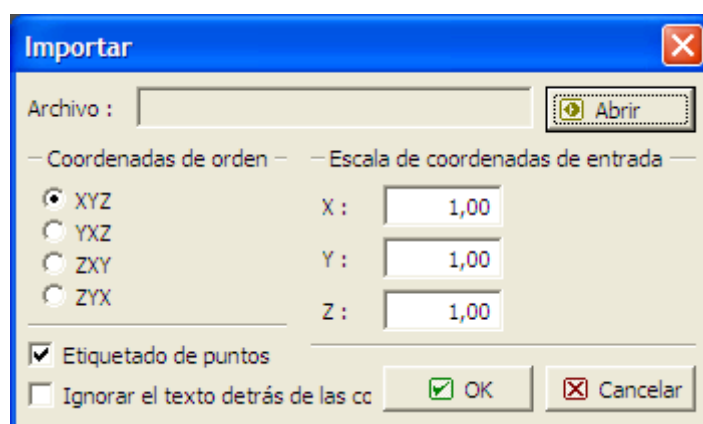


Cuadro "Puntos de terreno"

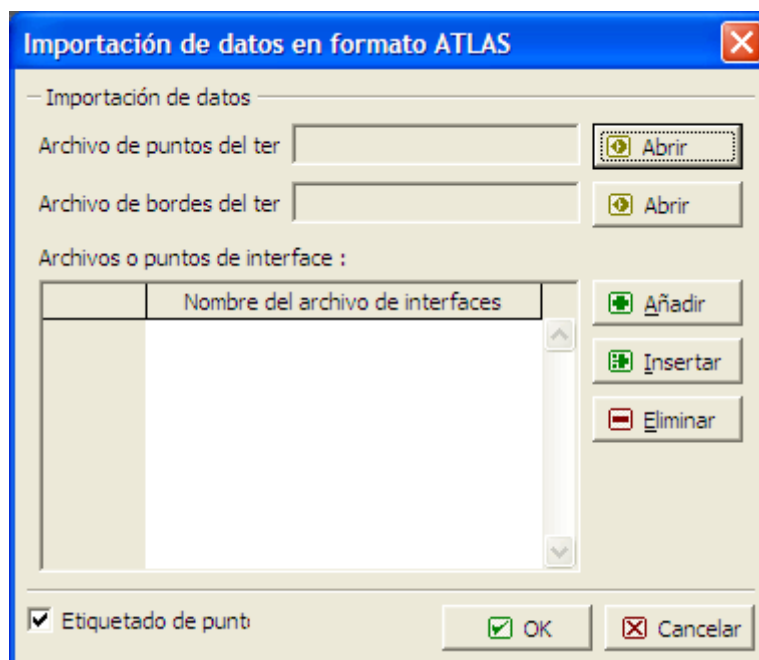
Importar puntos

El programa permite importar datos de formatos **DXF**, **LandXML**, **ATLAS DMT** y **ASCII**. Cuando importamos **la información vieja se elimina y se reemplaza por la nueva**. El mundo dimensional es automáticamente determinado según los valores mínimos y máximos de coordenadas x e y - se desea por lo tanto un ajuste del mundo dimensional en el cuadro "**Datos básicos**".

El programa permite importar **datos ASCII desde sus archivos correspondientes**. Cada punto se escribe con una línea separadora en el archivo, las coordenadas se separan por un espacio o por un caracter de tabulación. Si el archivo contiene un nombre para cada punto, es necesario controlar el ítem "Etiquetado de puntos". En el cuadro de diálogo es necesario especificar el orden de las coordenadas. Si los datos contiene un signo de conversión, es posible multiplicar la correspondiente línea por el valor 1 - Los datos son importados luego de presionar el botón "**OK**".



Cuadro "Importar" - formato TXT



Cuadro "Importar" - formato "Atlas"

Cálculo de altura automático

Cuando definimos puntos, hoyos y puntos del nivel freático, el programa en algunos casos calcula automáticamente la altura del punto (coordenada Z) y eventualmente el espesor de la capa. Esta función es un valor particular cuando se editan terrenos o capas.

La posibilidad del cálculo de altura depende del **estado del terreno generado**:

- Si ningún terreno es generado, la altura no se calcula y el campo respectivo queda vacío (en blanco)
- Si el terreno es generado por los datos actuales. (se muestra en el escritorio un modo no-transparente y en el régimen **Generar, Punto de construcción, línea de construcción y Ejecutar**, en el modo color) Los valores requeridos son entonces calculados automáticamente desde el modelo del terreno - Para un punto es la coordenada Z, para un hoyo, el programa determina el espesor de la capa y posiblemente la profundidad del nivel freático - cuando un punto o un hoyo se especifican, el estatus del terreno generado cambia y el dibujo cambia a modo transparente (el terreno es generado por la entrada original, no por la entrada actual)
- Cuando se genera el terreno, pero no es el actual, la coordenada Z o el espesor de la capa son calculados automáticamente por el último terreno generado.

Información relacionada con el estado del terreno (no generado, generado, generados por los datos originales) se muestran en la barra de herramientas vertical. El cuadro "Generar" permite generar terrenos o eliminar el modelo generado.

Cuadro - Añadir nuevo punto y calcular la coordenada Z

Cuadro - Añadir un nuevo hoyo y calcular la coordenada Z, el espesor del GWT y el espesor de la capa

Bordes

El cuadro "Bordes" sirve para definir los bordes conectados a los puntos del terreno. Existen dos opciones disponibles para definir los puntos:

Con la ayuda de la tabla: Los bordes se definen en la tabla. Presionando el botón: **Añadir:** Se abre el cuadro de diálogo "Nuevo borde". Presionando el botón: "Añadir" se agregan a la tabla, una secuencia de número de puntos de inicio y fin. Un número arbitrario de bordes puede ser definido de esta forma. "Cancelar" se utiliza para cerrar la ventana. "Editar" permite modificar los bordes. "Eliminar" permite eliminar los bordes (mas de un borde puede ser seleccionado en la tabla para eliminarlos todos al mismo tiempo) - antes de eliminar, el borde seleccionado se muestra en el escritorio en color rojo. Cada cambio es inmediatamente reflejado en el escritorio.

Con la ayuda del mouse: Este modo de introducción se activa haciendo click en el botón apropiado de la barra de herramientas horizontal. Están disponibles los siguientes modos:

Añadir

- Se introduce el borde haciendo click con el botón izquierdo de mouse se determina el puntos de inicio y fin (el cursor cambia - ver figura). El programa añade el borde correspondiente en la tabla y al mismo tiempo muestra el borde de en escritorio. Si se proporciona un punto que no puede ser agregado (ej.: duplicación de datos, etc.) el programa muestra un mensaje de advertencia.

Editar

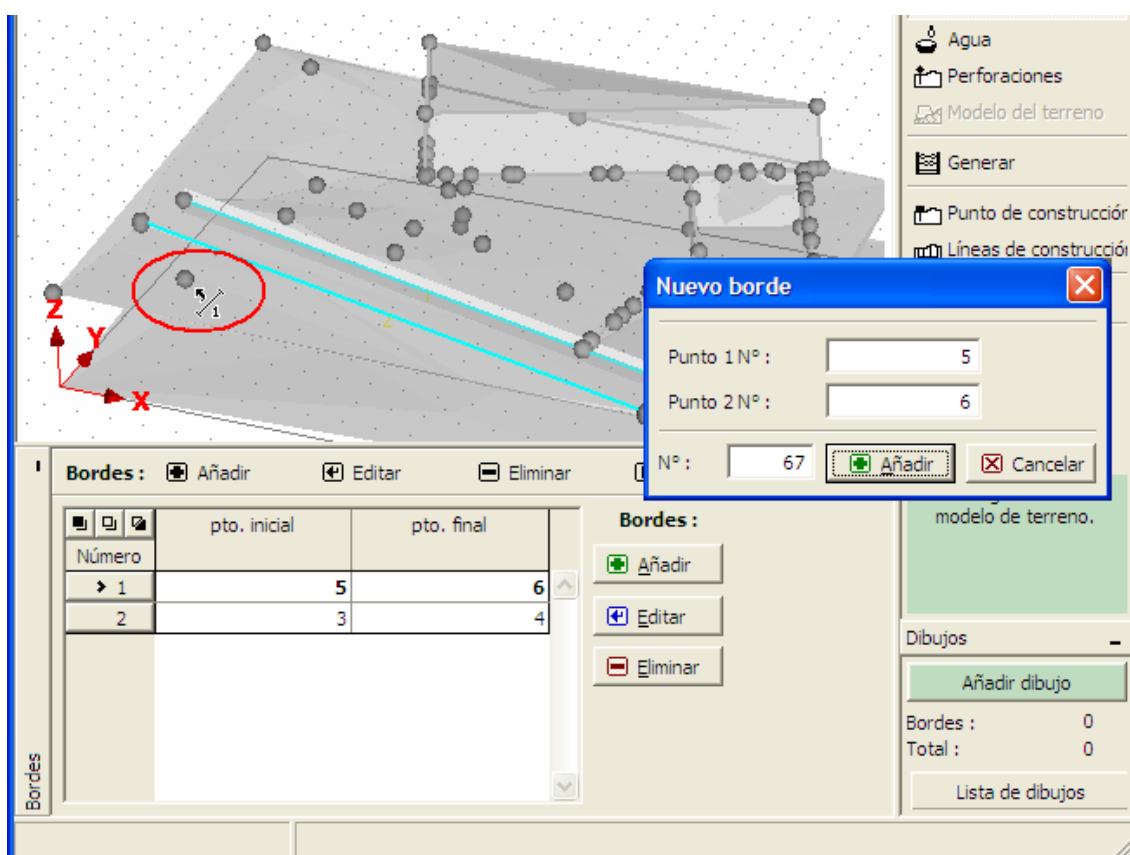
- Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un borde ya existente (ver **objetos activos**), se abre un cuadro de dialogo "Editar borde" el cual permite modificar la secuencia de números de puntos de inicio y fin del

borde - en el **cuadro de diálogo** los siguientes botones pueden ser utilizados ("OK+↑" a "OK+↓").

- Eliminar**
- Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un borde ya existente, se abre un cuadro de dialogo que requiere la confirmación de la eliminación del borde seleccionado.
- Seleccionar**
- Activa el régimen de la selección gráfica de bordes (el tipo de selección es configurado en la barra de herramientas "Selección")

Los bordes no pueden intersectar otros bordes o tierras clasificadas. Solo un borde puede ser definido entre dos puntos

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "Configuración de gráficos" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "Visualización".



Cuadro "Borde"

Agua

El **cuadro agua** sirve para especificar el nivel freático (GWT). Un listado desplegable muestra los "Tipos de agua" que contienen los siguientes ítems:

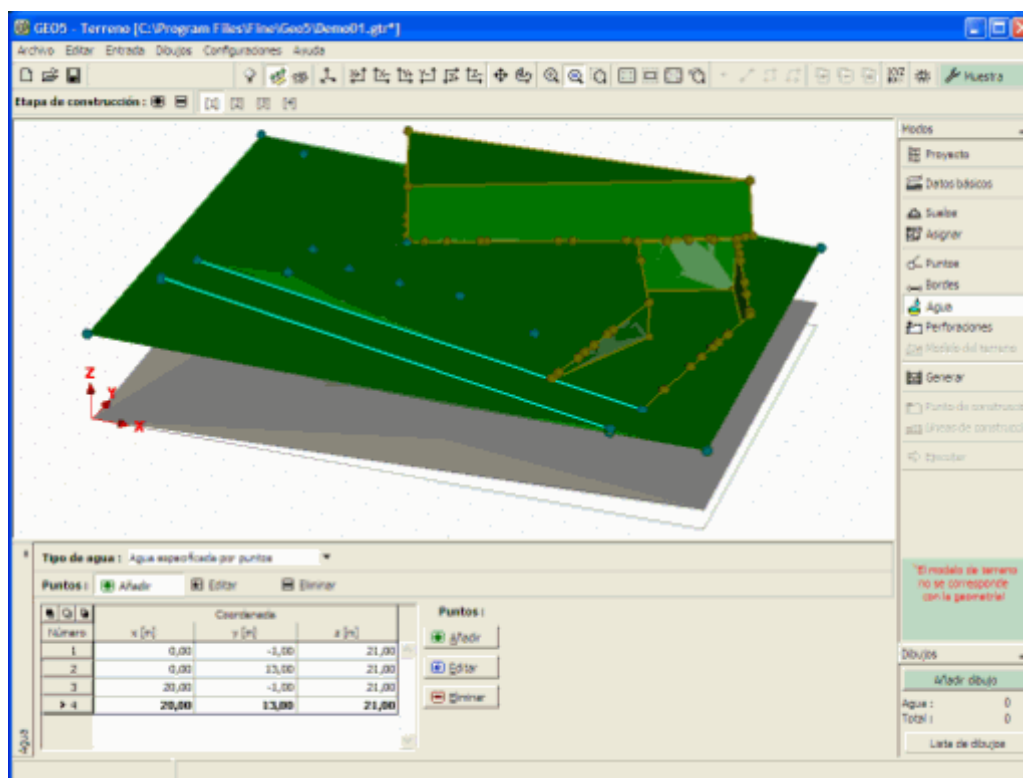
Agua no especificada - no se especifica el agua

Agua especificada por puntos - Los puntos de GWT se definen en la tabla de la misma forma que cuando definimos **puntos de terrenos**. Este enfoque es utilizado particularmente si se tiene una tabla de agua horizontal. Entonces es suficiente con definir solo un punto de coordenada z determinada y el programa genera automáticamente una línea horizontal

representando el nivel freático.

Agua especificada por perforaciones - El agua subterránea se define dentro de las perforaciones. Se especifica una profundidad particular de GWT medida desde la superficie del terreno. Este enfoque es utilizado cuando están disponibles las perforaciones con profundidades medidas del nivel freático.

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "Configuración de gráficos" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "Visualización".



Cuadro "Agua"

Perforaciones

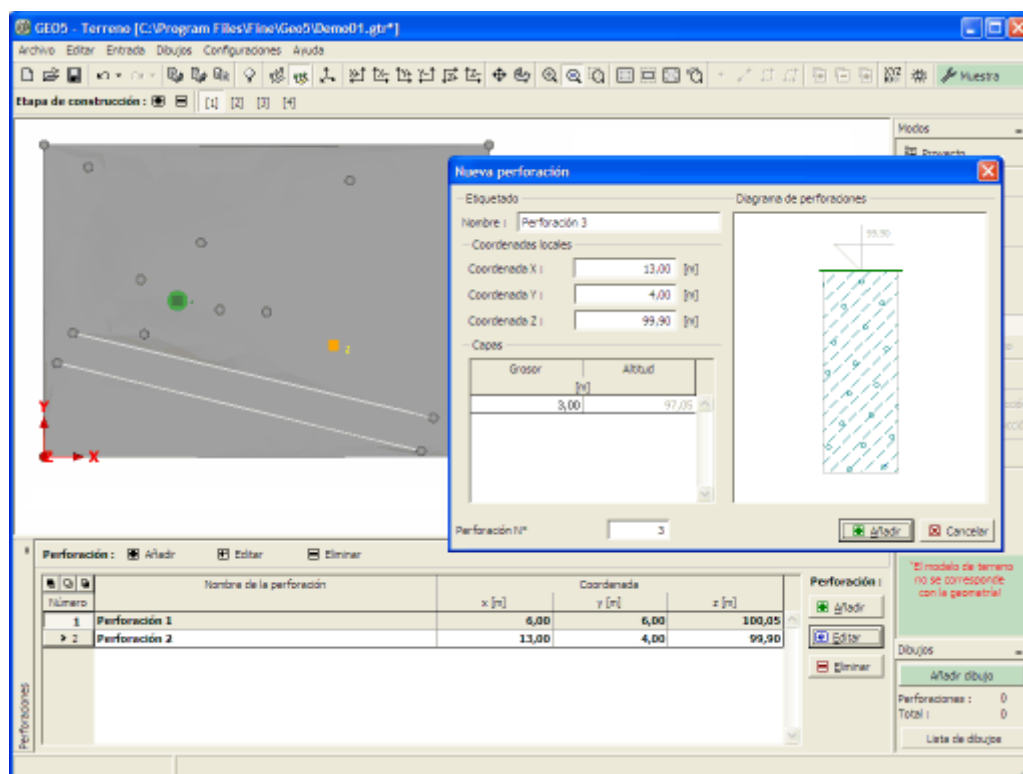
El cuadro "Perforaciones" sirve para definir perforaciones (reales y ficticias), lo que permite modelar distintas **capas geológicas** (dependiendo de la configuración en el cuadro "Datos básicos") o el **nivel freático** (dependiendo de la configuración en el cuadro "Agua").

Para introducir puntos que determinan la ubicación de las perforaciones individuales se procede de forma similar a cuando definimos **puntos de terreno**. Además de las coordenadas es necesario introducir el nombre de las perforaciones y el espesor de la capa. El perfil geológico generado puede ser fácilmente modificado a través de la opción **cálculo automático de la altura** de los espesores de distintas capas.

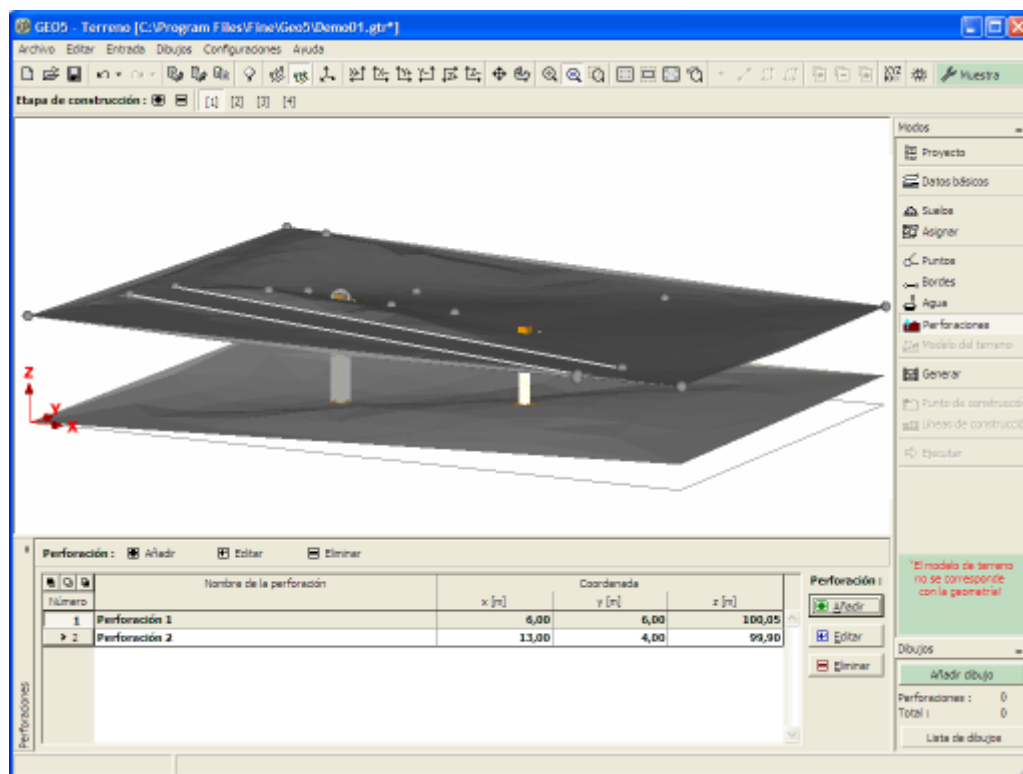
Las perforaciones pueden ser definidas **solo en la primera etapa de construcción**. El programa automáticamente asegura que la capa más baja siempre descansa debajo de una capa superior. - El "Cruce de capas" no es admisible - la **capa dominante** es siempre la **capa mas alta**.

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "Configuración de gráficos" y con

la ayuda de los botones de la barra de herramientas "Visualización".



Cuadro "Perforaciones" - Entrada, edición



Cuadro "Perforaciones" - Definir perforaciones

Modelo del terreno

El **cuadro "Modelo del terreno"** sirve para clasificar el terreno. Esta clasificación no puede ser definida en la primera etapa de construcción.

El modelo del terreno debería considerarse simplemente como una entrada de terraplenes o pozos de excavación. La parte esencial es la **forma de la base**, por la cual las pendientes de excavaciones o terraplenes son dirigidas directamente hacia terreno original. El terreno original, los puntos y los bordes, encontrados en la región de la configuración del terreno, son eliminados durante la generación de forma automática.

Más de un modelo de terreno puede ser definida dentro de una etapa de construcción. **Pero una no debe cruzarse con otra.** Si esto pasa, se debe combinar en una sola clasificación. Ninguna parte del modelo del terreno puede exceder el mundo dimensional, en este caso uno debe darse cuenta que fases del modelo del terreno puede exceder el mundo dimensional incluso si la base esta bien definida.

El modelo del terreno puede ser editado en la etapa donde fue definida. En la próxima **etapa de construcción**, el modelo de terreno es transferido en términos de nuevos puntos y bordes de terreno.

Con la ayuda de la tabla: el modelo del terreno es definido en la **tabla**. El botón **"Añadir"** abre el cuadro de diálogo **"Nuevo modelo de terreno"**, el cual permite especificar el nombre (seleccionando distintos cuadros es posible definir la profundidad uniforme en la base y una inclinación uniforme de la pendiente). Este cuadro de diálogo contiene una tabla para introducir puntos, que definen un modelo plano (polígono general) del modelo del terreno. Para introducir estos puntos, proceder de la misma forma que cuando se definen **puntos de terreno**. Presionando el botón **"Añadir"** se cierra el cuadro de diálogo y un nuevo modelo de terreno se inserta en la tabla.

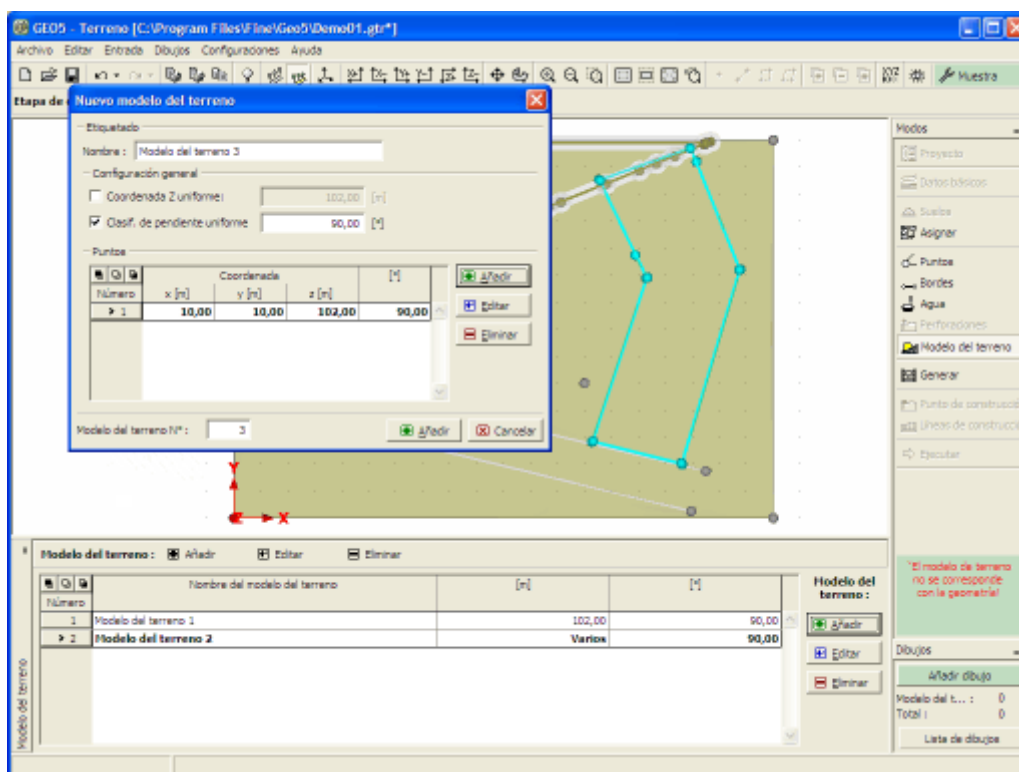
El modelo de terreno puede ser luego modificado (en el cuadro de diálogo) utilizando el botón **"Editar"** o puede ser eliminado utilizando el botón **"Eliminar"** (más de un modelo puede ser seleccionado en la tabla para ser eliminados al mismo tiempo - antes de eliminarlos, el modelo del terreno seleccionado se muestra en el escritorio en **rojo**). Cada cambio es inmediatamente reflejado en el escritorio.

Con la ayuda del mouse: Este modo de introducción se activa haciendo click en el botón apropiado de la barra de herramientas horizontal. Están disponibles los siguientes modos:

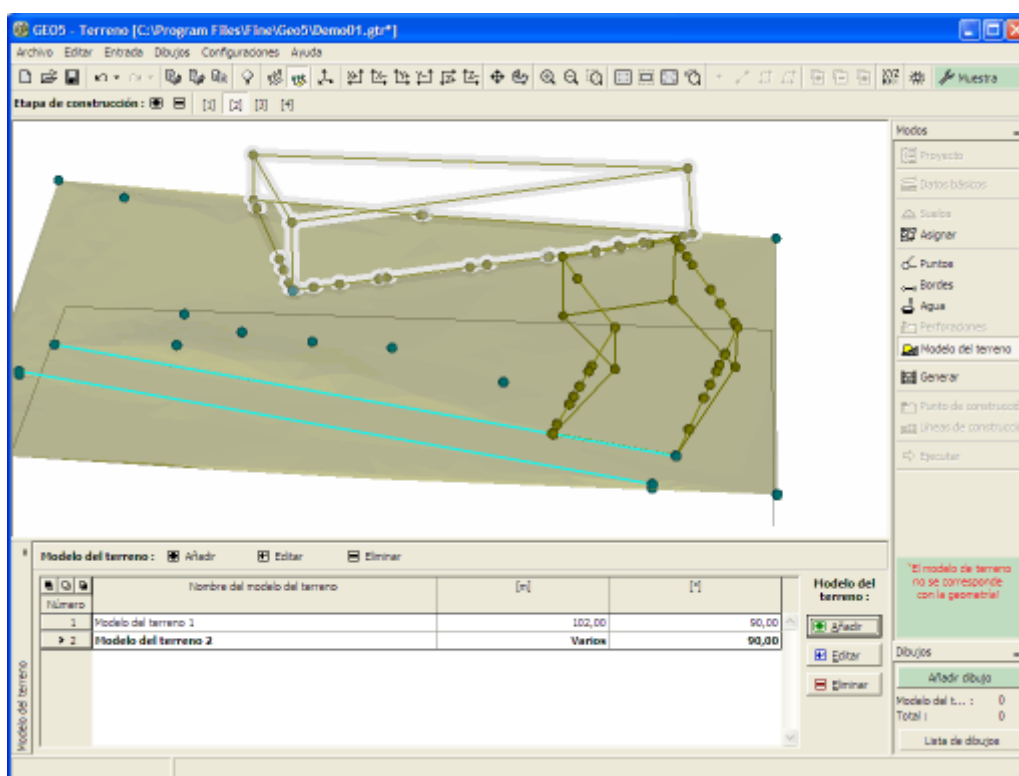
- A** • Se introduce el modelo del terreno haciendo click con el botón izquierdo de mouse en el **ñ** escritorio para definir distintos puntos del polígono, que determinan un terreno plano, el **a** polígono debe cerrarse (el último punto introducido sirve como punto de inicio del **d** polígono). Luego de cerrar el polígono el programa abre el cuadro de diálogo **"Nueva i modelo de terreno"**; para continuar seguir los mismo pasos que cuando utilizamos la **r** tabla. Si se proporciona un modelo de terreno que no puede ser agregado, o si se superpone una ya existente, el programa muestra un mensaje de advertencia.
- E** • Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un modelo ya existente (ver **objetos d activos**), se abre un cuadro de dialogo **"Editar modelo de terreno"** el cual permite **i** modificar el modelo - en el **cuadro de diálogo** los siguientes botones pueden ser utilizados **t** ("**OK+↑**" a "**OK+↓**"). **a** **r**
- E** • Haciendo click con el botón izquierdo de mouse en un modelo de terreno ya existente, se **i** abre un cuadro de dialogo que requiere la confirmación de la eliminación del modelo seleccionada.

m i n a r

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "Configuración de gráficos" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "Visualización".



Cuadro "Modelo del terreno" - Entrada, edición



Cuadro "Modelo del terreno" - Definir Modelo del terreno

Sitio de construcción

En el cuadro "Sitio de construcción" es posible definir un límite de elementos insertados en el proyecto (límite del emplazamiento). En todos los casos los puntos de frontera tienen el mismo eje de coordenadas Z como elemento insertado más cercano.

El programa permite ingresar **tres tipos de sitios de construcción límite**:

- **Rectángulo**

El rectángulo está definido por las coordenadas del límite (eje X, Y). La opción predeterminada en el programa es "**Generar rectángulo automáticamente**" - las coordenadas límite se calculan automáticamente a partir de las coordenadas mínima y máxima de los elementos insertados.

Otra opción es insertar las coordenadas del límite manualmente (**<min, max>** en la dirección del eje-X, **<min, max>** en la dirección del eje-Y)

- **Casco convexo**

El programa calcula automáticamente el polígono convexo más pequeño para los elementos insertados.

- **Polígono definido**

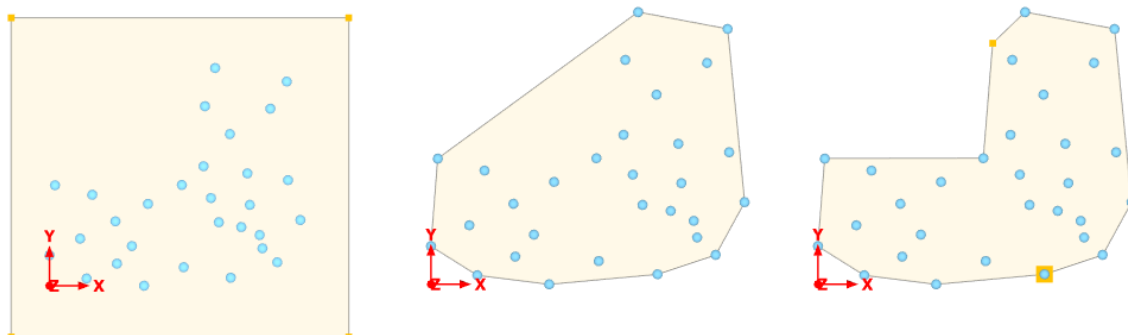
Se requiere la **entrada** de un polígono cerrado (botón "**Reemplazar gráficamente**"). Este polígono define el límite del lado de la construcción. Los picos de polígonos pueden ser hechos por nuevos puntos insertados, puntos originalmente especificados en la tarea o por cualquier combinación.

El programa permite utilizar puntos del rectángulo existente o del casco convexo para crear un

nuevo polígono (botones: "**Copiar desde el rectángulo**", "**Copiar desde el casco convexo**"). Después de copiar estos puntos, es posible editarlos (cambiar coordenadas, añadir nuevos puntos).

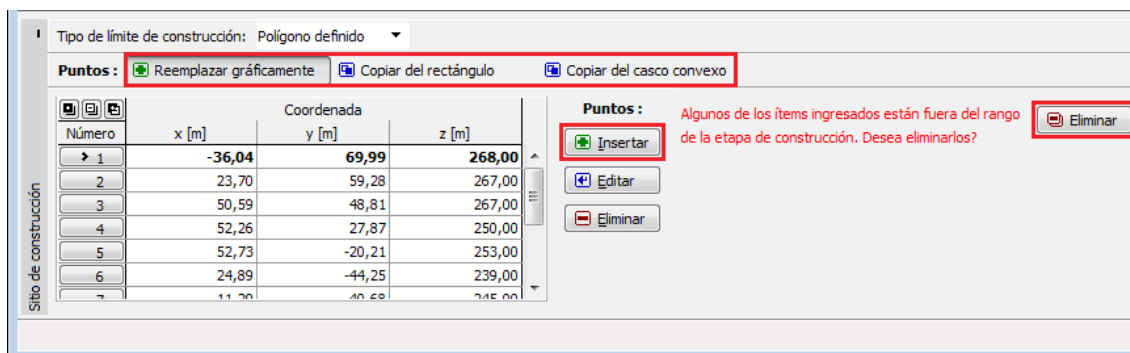
Se puede añadir un **nuevo punto** en el cuadro de diálogo "**Nuevo punto**" mediante el botón "**Insertar**".

También es posible editar los puntos insertados por medio de las **dimensiones activas**.



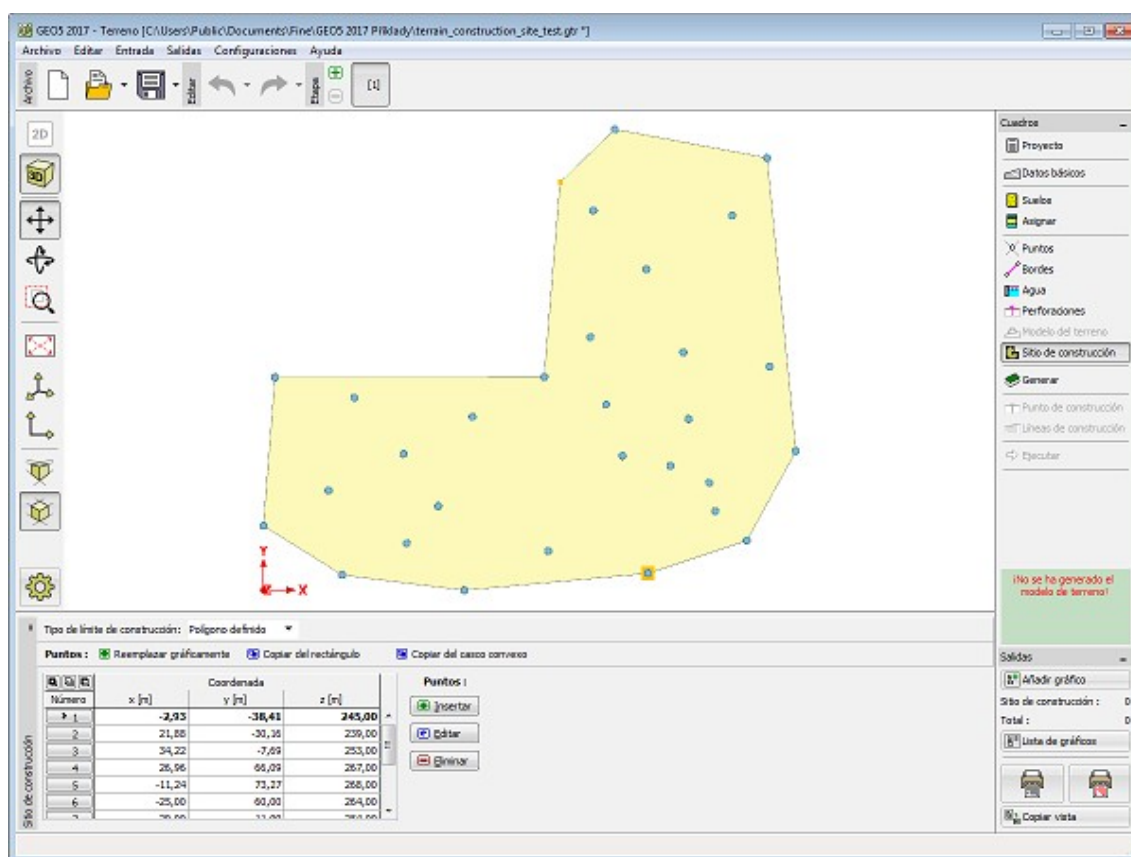
Tipo límite de Sitio de construcción - rectángulo, casco convexo y polígono ingresado

Si algunos **elementos permanecen fuera del límite del polígono (rectángulo)**, el programa muestra una ventana de advertencia y el usuario puede eliminar estos puntos con el botón "**Eliminar**". Los elementos fuera del polígono están marcados por defecto en color rojo.



Eliminación de elementos fuera del sitio de construcción

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "**Configuración de gráficos**" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "**Visualización**".



Cuadro "Sitio de construcción"

Generar

El cuadro **"Generar"** sirve para generar el modelo del terreno. **Parámetros para general el modelo**, los cuales son válido en las etapas siguientes, se especifican en la primera etapa de construcción.

Estos son:

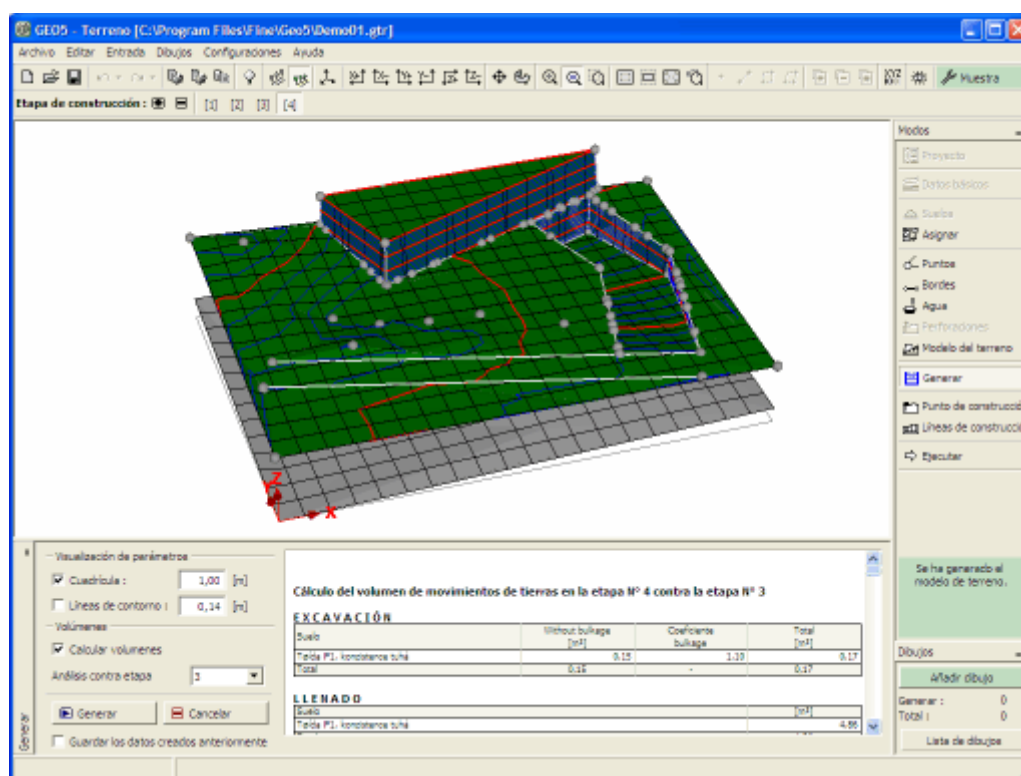
- **Modelo de suavizado** (ninguno, medio, máximo)
- **Borde activo** - Permitido para **modelar terrenos a lo largo de los borde**

Luego, el cuadro sirve para definir los **parámetros de dibujo** (cuadrícula, línea de contorno).

El modelo actual es generado presionando el botón **"Generar"**. El modelo generado puede cancelarse presionando el botón **"Cancelar"** - Esto puede ser útil para mejorar la claridad de la entrada.

Seleccionando la opción **"Cálculo progresivo"** permite realizar el cálculo de manera progresiva (en el listado desplegable el posible seleccionar el número de la etapa de construcción para la cual el cálculo debe ser llevado a cabo). Esta elección no está disponible en la primer etapa de construcción

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro **"Configuración de gráficos"** y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas **"Visualización"**.



Cuadro "Generar"

Modelado de terreno en el borde

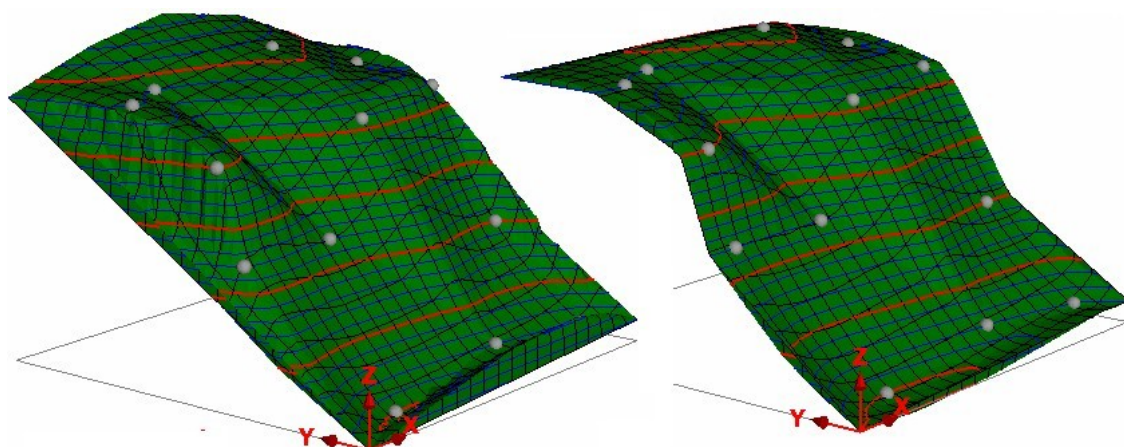
Se debe poner especial atención a las **condiciones límites** para crear un modelo digital de terreno correcto - alturas de los puntos en las esquinas y límites (bordes) del mundo dimensional.

Los puntos esquinas pueden ser introducidos o pueden ser generados en forma automática en la primer etapa de construcción. Cuando se generan automáticamente, el punto esquina recibe la misma altura que la del punto de cierre o del agujero ya definido.

Cuando se genera terrenos, **los puntos esquina son conectados por un borde**. En algunos casos (pendientes) deseamos que el borde modele la **forma general y la inclinación del terreno**. En estos casos la opción de borde activo puede ser utilizada. Un borde activo se introduce como una **fracción porcentual del mundo dimensional**. Todos los puntos **encontrados en el borde activo** son, durante la generación, automáticamente proyectados en la dirección normal a un borde - nuevos puntos son luego creados en la misma ubicación (en el borde) con la misma coordenada z. Los nuevos puntos son guardados en datos asociados con la siguiente etapa de construcción.

Las capas siguientes del modelo de terreno se comportan de la misma forma. El espesor de estas capas en los bordes se calcula según el espesor de las capas de las perforaciones más cercanas.

El rol de un borde activo es evidente en la siguiente figura:



Terreno generado sin y con Bordes activos

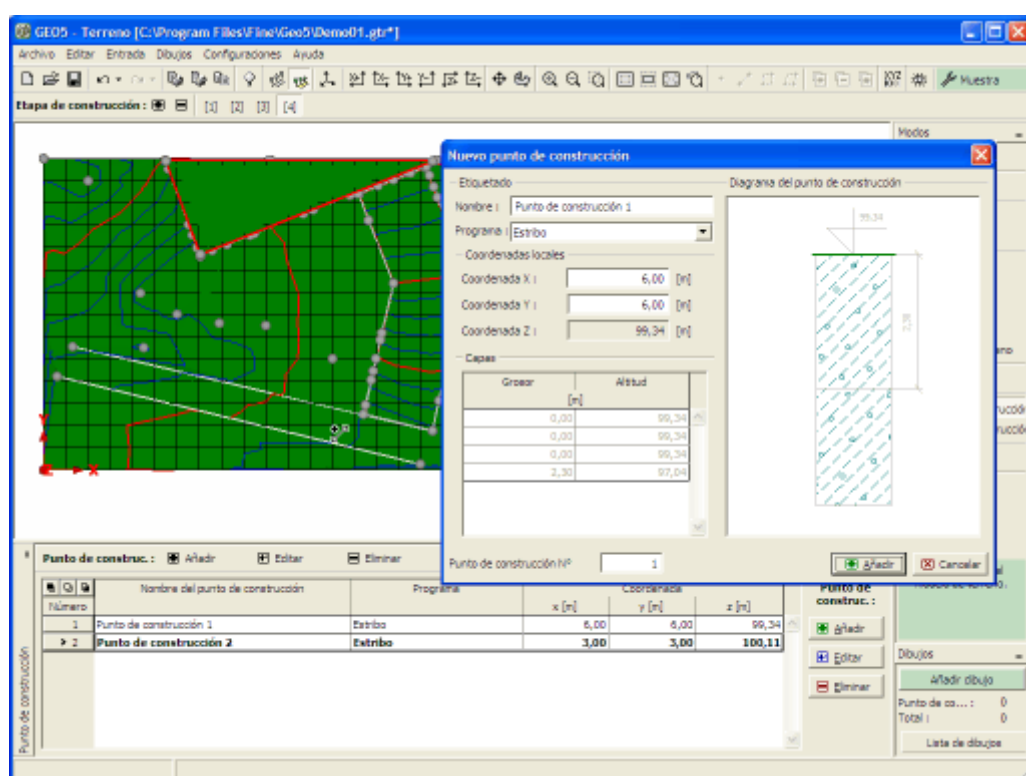
Punto de construcción

El cuadro **"Punto de construcción"** sirve para introducir puntos de construcción dentro del terreno.

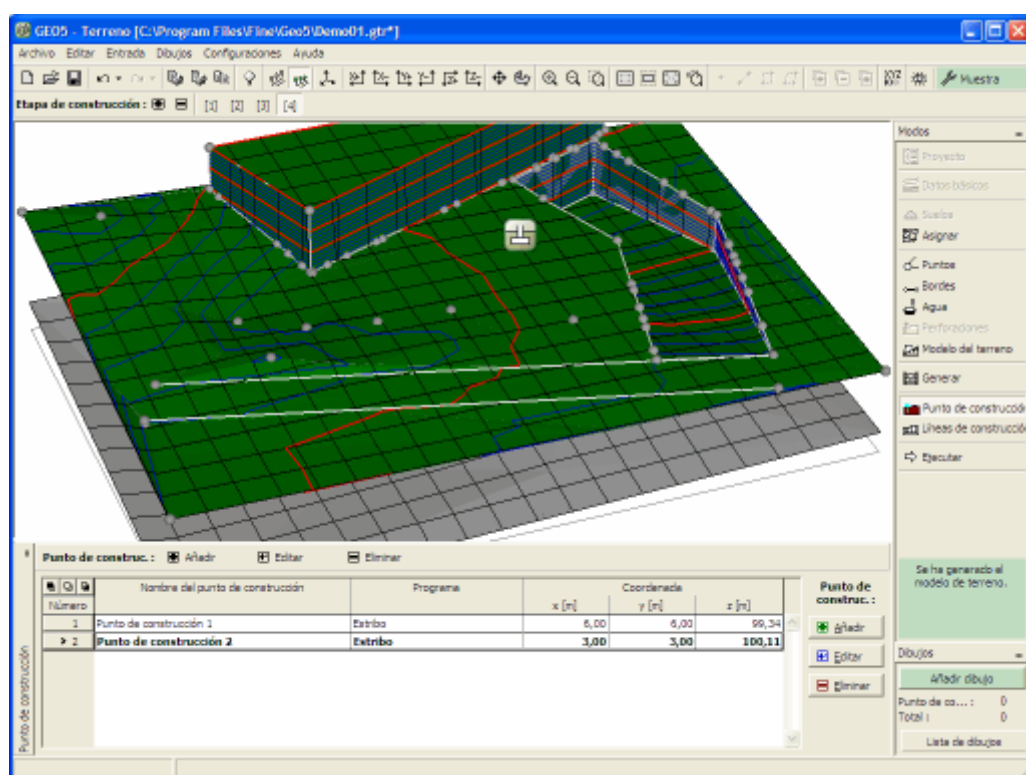
Para introducir puntos que determinen la ubicación de puntos de construcción proceder de una forma similar a la utilizada para definir **puntos del terreno** (utilizando tabla o mouse). El cuadro de diálogo **"Nuevo (Editar) punto de construcción"** permite también especificar el nombre del programa para analizar la construcción correspondiente. El cuadro **"Ejecutar"** se utiliza para correr el programa de cálculo y para transferir el espesor de las capas y asignaciones de suelo dentro del programa.

El punto de construcción puede ser definido sólo si un modelo correcto de terreno es **generado**.

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro **"Configuración de gráficos"** y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas **"Visualización"**.



Cuadro "Punto de construcción" - Entrada, Edición



Cuadro "Punto de construcción" - Definición del punto de construcción

Línea de construcción

El cuadro "Línea de construcción" sirve para introducir líneas de construcción dentro del terreno.

Para introducir líneas que determinen la ubicación de líneas de construcción proceder de una forma similar a la utilizada para definir **bordes del terreno** (utilizando tabla o mouse). El cuadro de diálogo "**Nueva (Editar) línea de construcción**" permite también especificar el nombre y el tipo de línea de construcción:

"**Línea de construcción longitudinal**" se define por las coordenada de los puntos de inicio y fin (la tabla es parte del cuadro de diálogo). El listado desplegable sirve para seleccionar el programa de cálculo (asientos, Estabilidad de taludes, MEF...) Para ejecutar el programa, utilizar el cuadro "**Ejecutar**". La forma del terreno e interfaces son transferidas de la misma forma que cuando asignamos suelos a las capas.

"**Línea con puntos**" se define por las coordenadas de una línea quebrada y puede ser usada para especificar un nuevo punto de construcción. Los puntos de construcción se definen en la tabla "**Puntos de construcción en línea**", que es parte del cuadro de diálogo "**Nueva línea de construcción**". El cuadro "**Ejecutar**" se utiliza para ejecutar el programa de cálculo y para transferir el espesor de las capas y asignaciones de los suelos dentro del programa.

La línea de construcción puede ser definida sólo si un modelo correcto de terreno es **generado**.

La visualización del gráfico en el escritorio puede ser modificada en cualquier régimen de entrada basado en la configuración determinada en el cuadro "**Configuración de gráficos**" y con la ayuda de los botones de la barra de herramientas "**Visualización**".

Nueva línea de construcción

Etiquetado

Nombre : Línea de construcción 2

Tipo : Línea con puntos

Puntos en una línea

Número	x [m]	y [m]	z [m]
1	1,23	1,60	100,02
2	12,05	9,66	98,10

Diagrama de línea de construcción

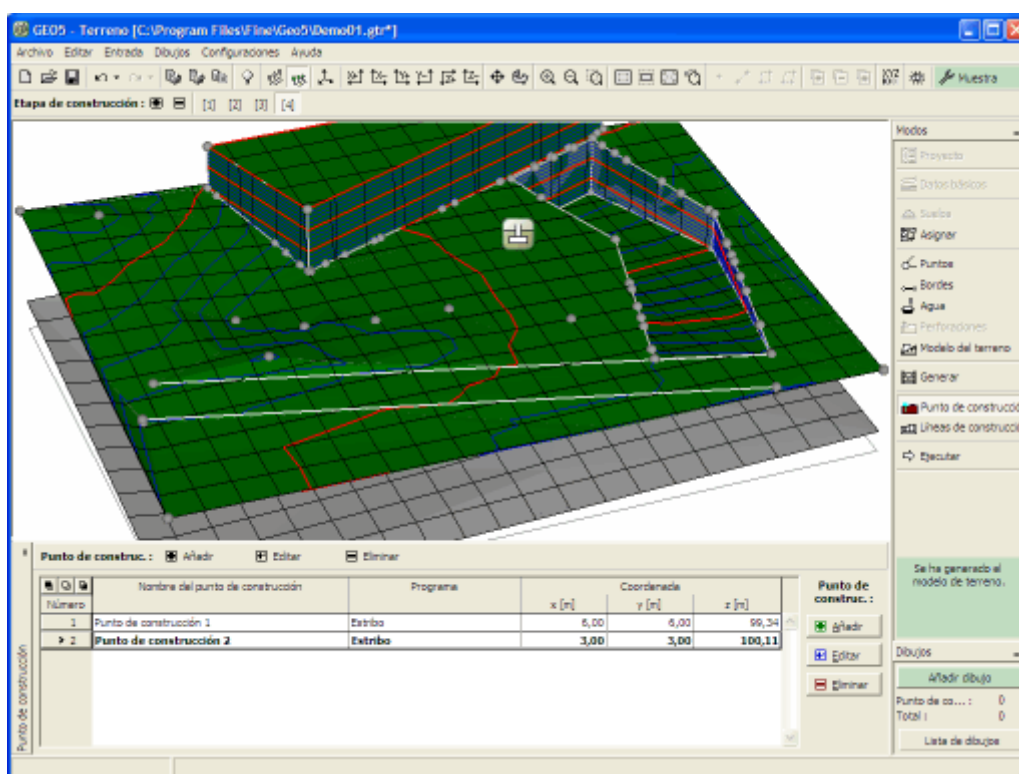
Ajustar el diagrama de dimensiones para que encaje en el tamaño de la

Puntos de construcción en una línea

Número	Nombre del punto de construcción en una línea	Tipo	Espaciado [m]
--------	---	------	---------------

Línea de construcción N° 2

Cuadro " Línea de construcción" - Entrada, Edición

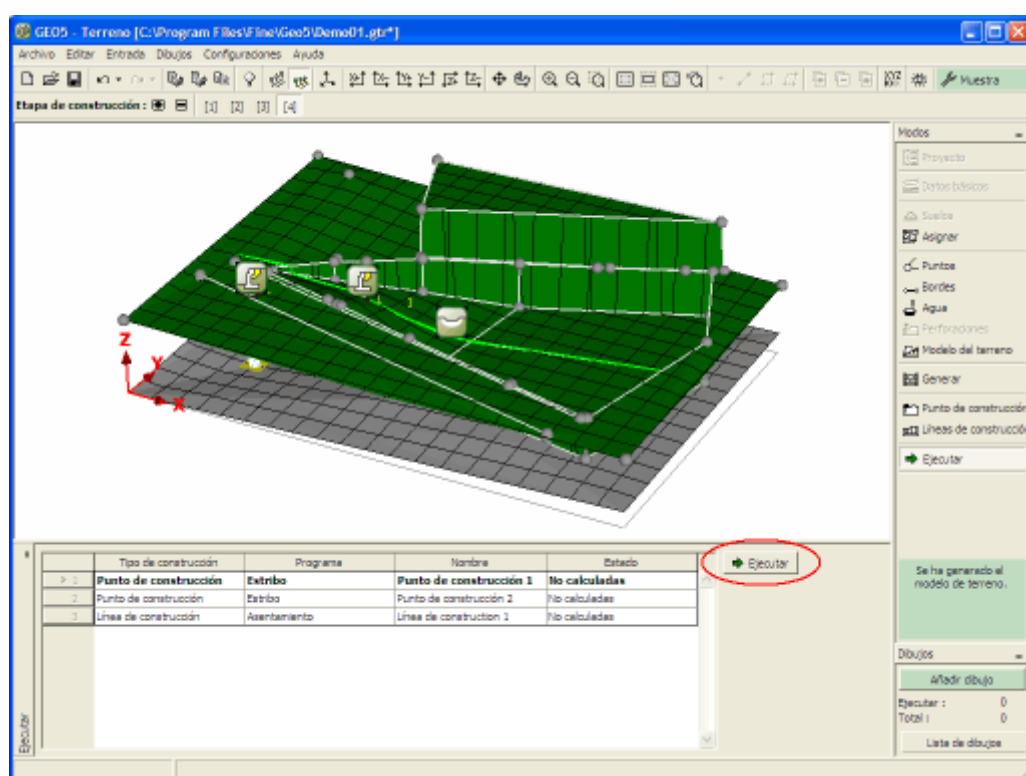


Cuadro "Línea de construcción" - Definir construcciones

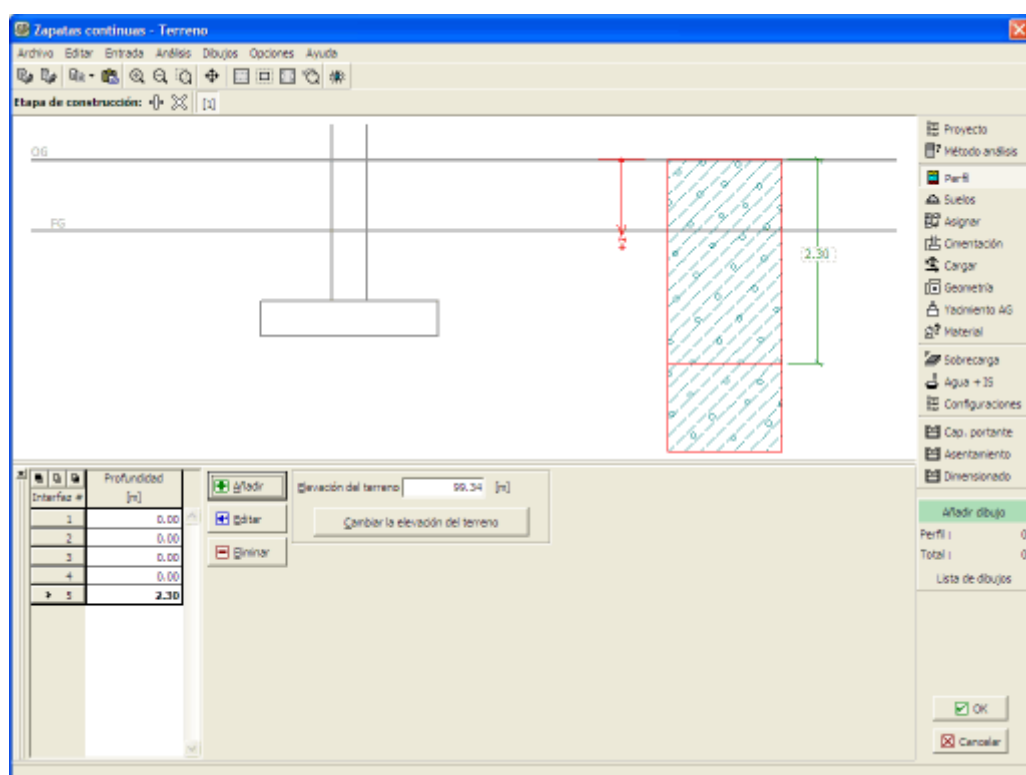
Ejecutar

El cuadro **"Ejecutar"** contiene una **tabla** con un listado de puntos y líneas de construcción definidos. Basados en la selección en la tabla y luego de presionar el botón **"Ejecutar"** el programa asociado se **ejecuta** para la tarea específica. (Se debe adquirir el módulo de cálculo correspondiente). Los datos requeridos son transferidos al programa. El programa entonces permite realizar el cálculo específico y las verificaciones correspondientes. Si el programa no fue comprado, el botón **"Ejecutar"** no está disponible.

Cuando todos los cálculo están completos el programa se libera presionando el botón **"OK"** - El resultado y los dibujos definidos se transfieren nuevamente al programa **"Terreno"** dentro de un protocolo de cálculo correspondiente.



Cuadro "Ejecutar"



Ejecutando el programa "Estabilidad de taludes" desde el programa "Terreno"

Programa Estratigrafía

El propósito del programa es:

- Creación de un modelo de terreno digital del sitio de construcción
- Importación de todas las perforaciones y ensayos de campo de la encuesta geológica
- Creation of geological documentation
- Creación de un modelo de suelo
- Exportación de datos a otros programas GEO5 (secciones transversales 2D - "Estabilidad de taludes", "Asientos", Perfiles 1D - "Zapata", "Pilotes" ...)

La ayuda en el programa "Estratigrafía" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos en cuadros individuales:

Proyecto	Configuraciones	Sitio de Construcción	Puntos del Terreno	Bordes del terreno	Ensayos de Campo
Suelos	Perfiles de Suelo	Secciones Geológicas	Modelo Geológico	Perfiles de Salida	Secciones de Salida

Algunos cuadros son accesibles solo para usuarios con un módulo específico adquirido:

Plantillas - para usuarios con módulo "**Registros**"

Secciones Transversales - para usuarios con módulo "**Perfiles Geológicos**"

- **Salidas**
- Teoría para la entrada de ensayo de campo en el programa "**Estratigrafía**":
Ensayos de campo
- Información general sobre el trabajo en el **entorno de usuario** de los programas GEO5
- **Entrada común** a todos los programas

Proyecto

El cuadro "**Proyecto**" se utiliza para introducir datos básicos y para especificar la configuración general de ejecución del análisis. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las **salidas de impresión de textos y gráficos** y durante la creación de **documentación geológica**.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (**métrico / imperial**). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando

"GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuraciones

Los parámetros básicos se ingresan en el cuadro "**Configuración**".

- Tipos de modelo:

- **Modelo clásico 3D**

- **Modelos simplificado 2D** - diseñado especialmente para construcciones de línea

- El tipo **modelo de terreno y suavizado del modelo**. Se recomienda el suavizado intermedio para un modelo realista y una rápida generación del modelo.

- **Sistema de coordenadas** para tareas - Determina la orientación de los ejes x,y . Las coordenadas ingresadas x,y **no son recalculadas** luego de cambiar el sistema de coordenadas.

- Sistema de altitud de tarea - Se usa solo en la descripción de la documentación geológica. No tiene influencia en la generación del modelo. Las coordenadas de altitud z no se recalculan después del cambio de sistema de altitud.

Además, la forma del modelado debe ser determinada. La **Generación del modelo geológico** se realiza **automáticamente** cuando el terreno o las perforaciones cambian, o **manualmente** utilizando el botón "**Generar**" en el cuadro "**Modelo geológico**".

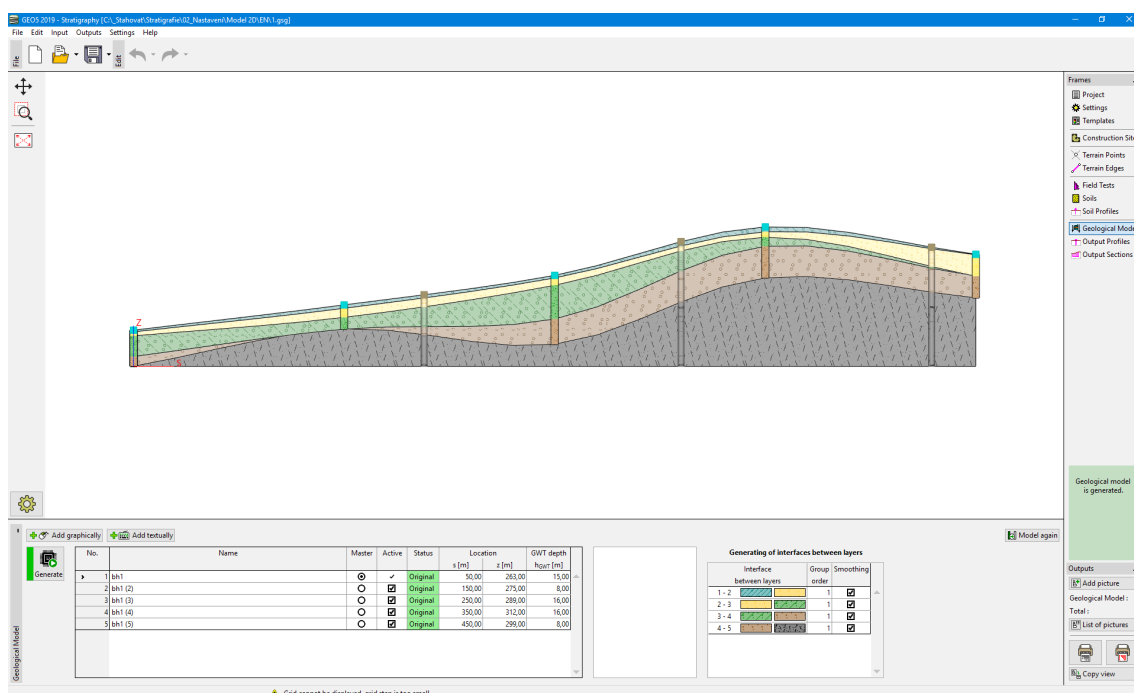
El ortofotomapa se puede proyectar en el modelo de terreno generado (DMT). Este mapa está definido por tres puntos (1, 2, 3) que se colocan en las coordenadas del modelo. Los puntos 1 y 2 definen las esquinas inferiores del mapa, el punto 3 define su distancia perpendicular al borde inferior del mapa (conexión entre los puntos 1 y 2). Es necesario ingresar los puntos 1 y 2, el punto 3 puede estar indefinido (luego se aplica la proporción original del mapa). La entrada del punto 3 se puede usar también para la duplicación del mapa; en este caso, los puntos 1 y 2 definen el borde superior del mapa.

Cuadro "Configuraciones"

Modelado 2D

El modo 2D permite modelar una sección transversal 2D desde "**Perforaciones**" y "**Puntos de terreno**". Este modo es apropiado para **construcciones de líneas** o para modelar **secciones transversales y pendientes complejas**: una vez completado, es posible **extraer** este modelo a **modelo 3D** y editarlo.

En el modo 2D, el programa tiene una sola vista: no es posible cambiar a la vista 3D. El trabajo es exactamente el mismo que en el modo 3D, solo que más simple con una dimensión menos.

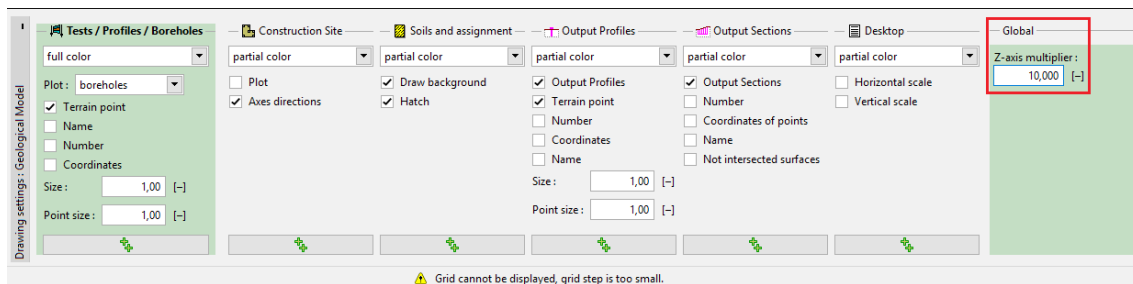


Modelo 2D

Después de cambiar al modo 2D, estos cambios se realizan:

- El límite del sitio de construcción siempre se define como un "**Rectángulo**". Sólo las coordenadas S_{min} , S_{max} se ingresan o calcula.
- **Puntos de Terreno, Ensayos, Perfiles de Suelo, Perforaciones, Perfiles 1D, Secciones transversales** - no hay entrada de coordenadas x , y (sólo S).
- **Modelo geológico**: en el dibujo, la "**Forma del terreno**" y las "**Capas**" no son visibles (definidas). La sección transversal se muestra en el rango S_{min} , S_{max} .
- **Secciones transversales**: hay una sección transversal creada automáticamente en toda la longitud de la tarea. Esta sección transversal no puede ser eliminada.

El "**multiplicador del eje Z**" es una herramienta importante en el modelado 2D de pendientes grandes con cantos pequeños.



Configuración de gráfico

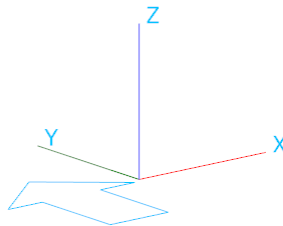
El **modelo 2D** se puede **cambiar** a **modelo 3D** en el cuadro "**Configuración**". En este caso, las dimensiones del "**Sitio de construcción**" en la dirección Y se establecen como $Y_{min} = -S/2$, $Y_{max} = S/2$ y el tipo se cambia a rectángulo. Las coordenadas S son transferidas a X .

Sistema de coordenadas

El programa **Estratigrafía** permite ingresar coordenadas en estos **sistemas de coordenadas globales**:

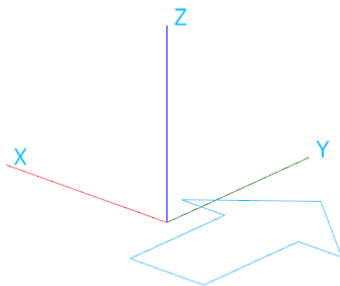
Sistemas de coordenadas diestros

- Rotación arbitraria del norte



Sistemas de coordenadas para zurdos

- Rotación arbitraria del norte

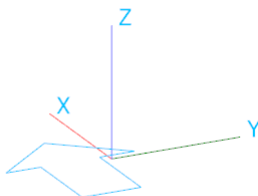


JTSK

- Sistema de coordenadas para diestros, de coordenadas predeterminado para República Checa y Eslovaquia. Permite transmisión automáticas de **coordenadas GPS**.

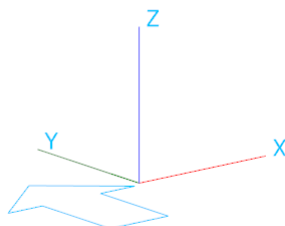
Gauss-Krüger

- Sistema de coordenadas para zurdos con rotación fija al norte en la dirección del eje X (-90 grados)



Cartesiano

- Sistema de coordenadas para diestros con rotación fija al norte en la dirección del eje Y (0 grados)
- Sistema de coordenadas predeterminado para todos los estados, excepto República Checa y Eslovaquia



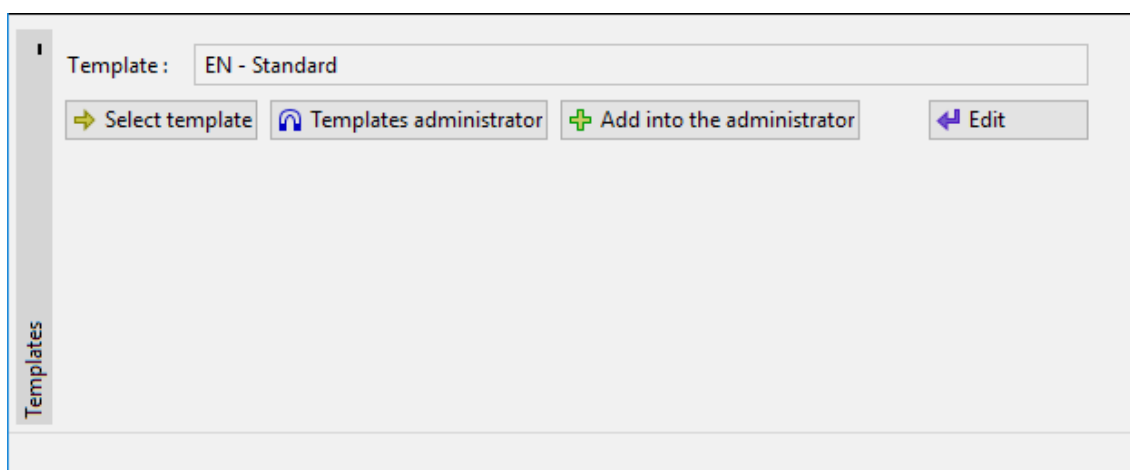
Plantillas

El **cuadro** "Plantillas" sirve para trabajar con **documentación geológica**. Está disponible solo para usuarios que adquirieron el módulo "**Registros**".

Las plantillas definen la documentación geológica proporcionada por el programa. La plantilla contiene:

- **definición de los datos de entrada**
- **definición de protocolos de salida**

La forma de **trabajar con plantillas es casi igual a trabajar con configuración** en el cuadro "Configuración" de otros programas GEO5.

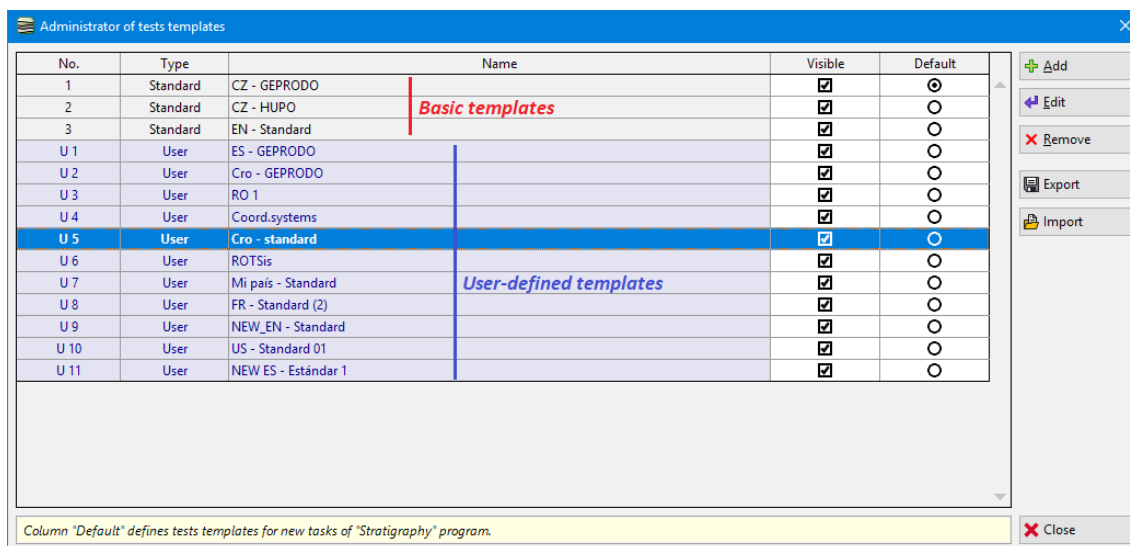


Cuadro "Plantillas"

El botón "**Seleccionar**" permite elegir una plantilla ya creada de la "**Lista de plantillas de pruebas**".

El botón "**Administrador de plantillas**" abre el cuadro de diálogo "**Administrador de plantillas de ensayos**", que permite ver y modificar plantillas individuales. También es posible identificar la plantilla visible en la "Lista de plantillas de pruebas". Los datos en el "Administrador de plantillas de prueba" también se pueden **exportar e importar**.

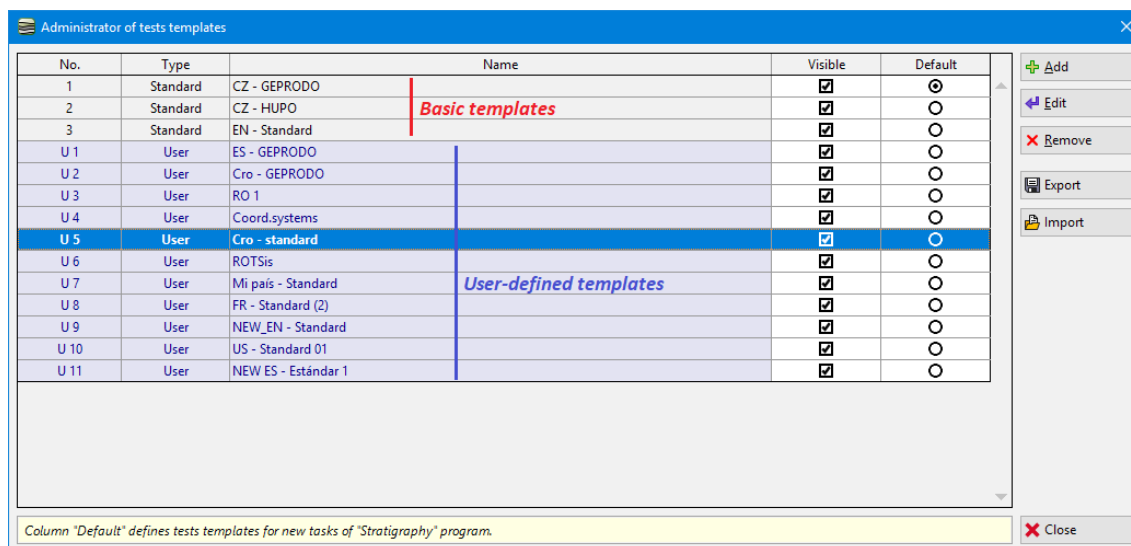
Los programas no solo contienen las **Plantillas básicas** predefinidas, sino que también permite crear una **Plantilla definida por el usuario**. El botón "**Añadir al administrador**" abre un cuadro de diálogo con copia de la plantilla actual, que puede ser modificada. La plantilla creada se guarda en el administrador de plantillas.



El botón "**Modificar**" permite una rápida visualización y edición de la plantilla actual. La modificación de cualquiera de los parámetros cambia el título a "**Entrada para la tarea actual**". Así el programa está trabajando con esta **plantilla local**. Si consideramos que esta plantilla es adecuada para otras tareas, agregamos la misma al "**Administrador de plantillas**" presionando el botón "**Añadir al administrador**".

Creación de Pantilla definida por el usuario

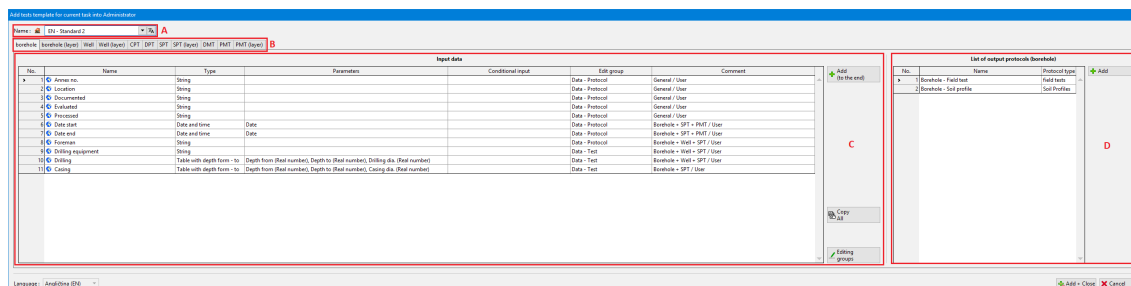
El programa contiene las **plantillas básicas** predefinidas para la creación de documentación geológica para todas los ensayos de campo (perforación, CPT, SPT ...). Debido a la gran cantidad de requisitos para los protocolos geológicos (registros), también es posible crear **plantillas definidas por el usuario**.



La mejor manera de crear una plantilla propia es comenzar con una plantilla predefinida y modificarla según los requisitos específicos. Usando el botón "**Añadir al administrador**" definimos nuestra propia plantilla en el cuadro "Plantillas".

El cuadro de diálogo para la **creación de la nueva plantilla** contiene 4 partes:

1. **Parte A** - el nombre de la nueva plantilla se define aquí (por ejemplo, según el país, el nombre de la empresa, el estándar ...).
2. **Parte B** - cada solapa contiene un ensayo de campo. Se utiliza una solapa para cada descripción de las capas de perforación. Cada plantilla define todos los ensayos de campo
3. **Parte C** - los **datos de entrada** para la solapa seleccionada (ensayo de campo) se definen aquí
4. **Parte D** - el formulario de los **protocolos de salida** se define aquí para cada tipo de ensayo de campo. La edición se realiza en una hoja de cálculo y es similar a trabajar, por ejemplo con MS Excel.



Cuadro "Nueva plantilla de ensayos"

Las plantillas son compatibles entre sí y conservan los datos especificados tanto como sea

posible. El contenido de los campos que se toman de las plantillas básicas permanecerá sin cambios cuando se cambien las plantillas individuales.

La creación de la plantilla definida por el usuario se describe en detalle en el Manual de Ingeniería No. 40 - Creación de plantillas definidas por el usuario.

Datos de entrada

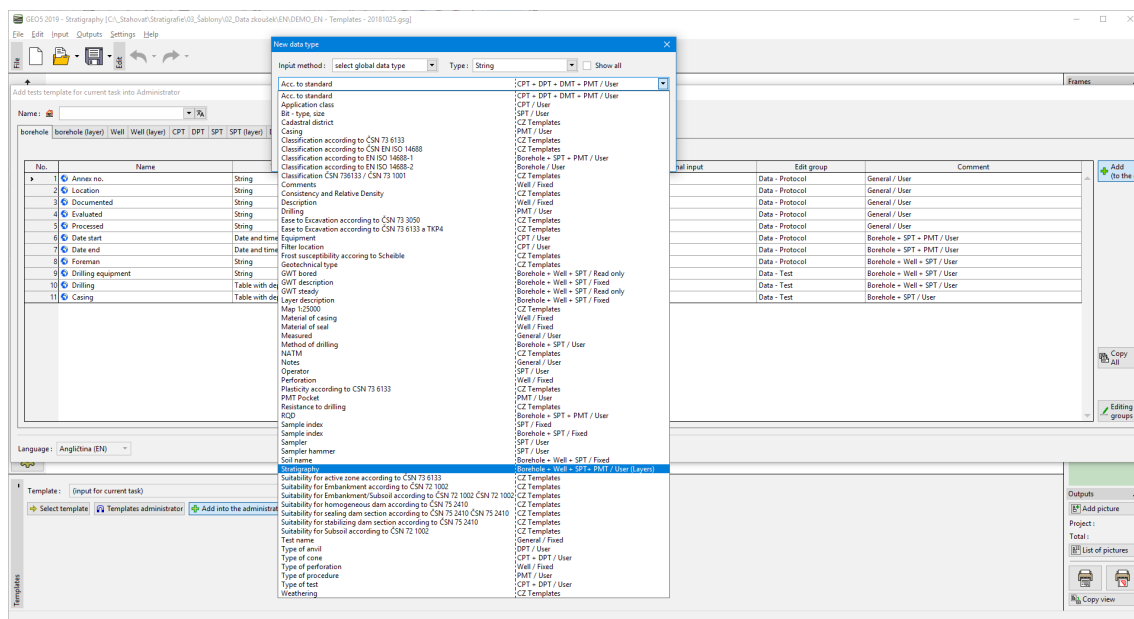
Los datos que queremos ingresar para cada ensayo de campo e imprimir en el protocolo de salida se definen en la ventana de diálogo "**Modificar plantilla de ensayos**".

Podemos agregar un "**Tipo de dato nuevo**" para la plantilla actual (usando el botón "**Añadir**"). En primer lugar, es necesario seleccionar una fuente de datos:

- **Tipo de datos global** - tipos de datos utilizados en plantillas predefinidas como parte del programa "**Estratigrafía**"
- **Tipo de datos de usuario existente** - tipos de datos utilizados en plantillas definidas por el usuario
- **Nuevo tipo de datos de usuario** - es posible definir un tipo de datos propio

It is always useful to use already defined data types. For example, if you define a new template and want to add a "**Drill machine**" data, it's always better to find a data in the global library - in this case, the "**Drilling equipment**". We can edit the description when **creating a template** - but the relevant data (here the name of drill machine) contained in other templates or imported from different already defined formats will be **automatically loaded** into this data type.

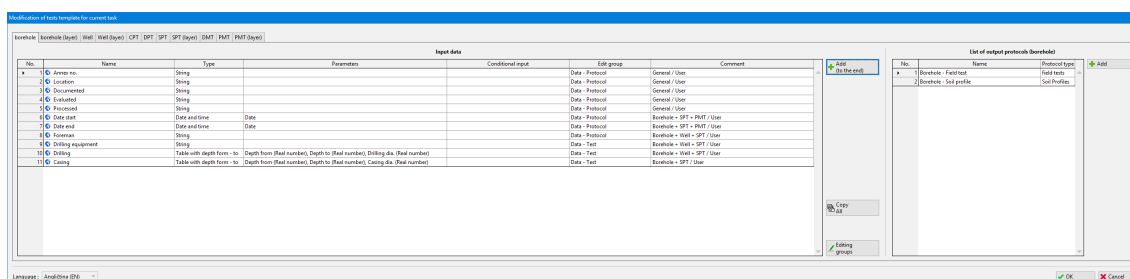
Siempre es útil usar tipos de datos ya definidos. Por ejemplo, si define una nueva plantilla y desea agregar los datos de una "**Máquina de perforación**", siempre es mejor encontrar datos en la biblioteca global, en este caso, el "**Equipo de perforación**". Podemos editar la descripción al crear una plantilla, pero los datos relevantes (aquí el nombre de la máquina de perforación) contenidos en otras plantillas o importados de diferentes formatos ya definidos se cargarán automáticamente en este tipo de datos.



Selección del tipo de dato

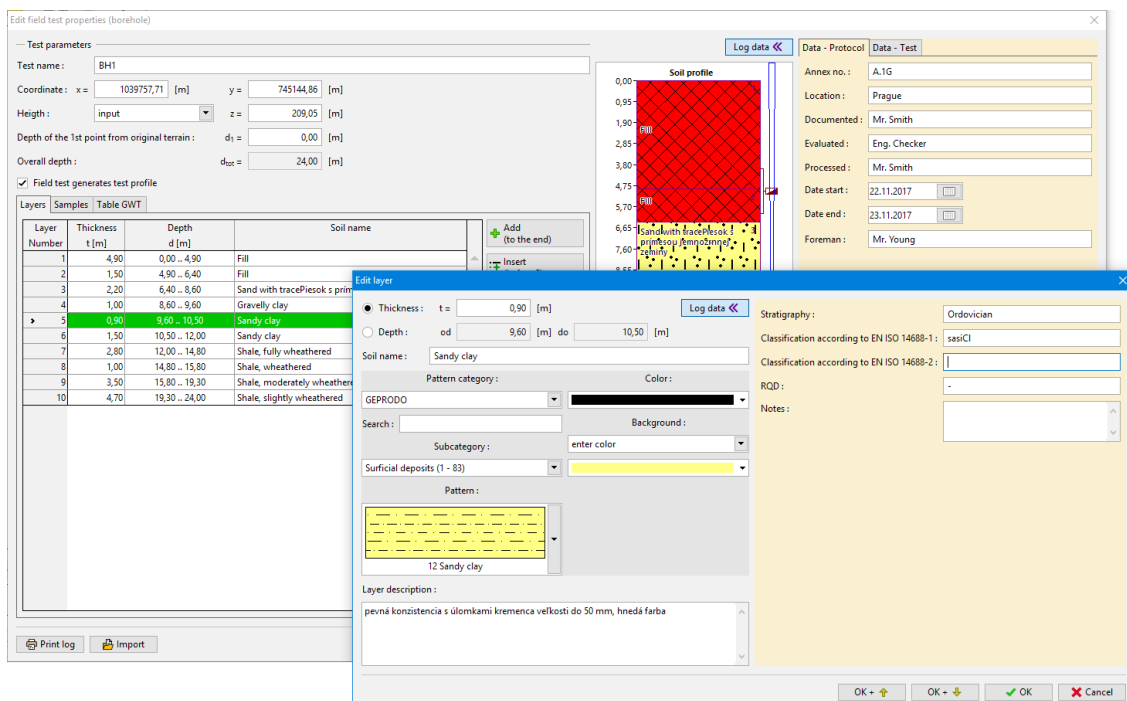
It is possible to define data of **different types**:

- **cadena**
- **cadena multilinea**
- **fecha, hora**
- **enumeración**
- **números** - Es posible definir unidades que se convierten automáticamente al cambiar el sistema de unidades.
- **tablas** - general o específico con entrada obligatorio de profundidad, espesor de capa o interfaz de profundidad (desde-hasta)



Estos **datos de entrada opcionales se completan al ingresar ensayos de campo** en el cuadro **"Ensayos de campo"**. Los **tipos de datos globales (predeterminados)** no se pueden editar, es posible eliminarlos. Si falta algún tipo, es posible agregarlo desde la base de datos predefinida o de usuario. Si el tipo requerido no está en la base de datos, es posible crearlo. El tipo recién creado se guarda automáticamente en la base de datos del usuario.

Para mayor claridad, es posible clasificar los tipos de datos en **grupos de edición**, lo que determina las solapas en los ensayos de campo que se ingresan. Los grupos de edición pueden modificarse arbitrariamente utilizando el botón **"Editar grupos"**.



Editar grupos en el cuadro "Ensayos de Campo"

También es posible definir una **entrada condicional** en función de la enumeración anterior.

Ejemplo sencillo: Utilizamos un tipo de datos global "**tipo NF**", que contiene dos elementos (NF en perforación y NF estable). A continuación, queremos introducir la descripción para NF estable esta razón, definimos el nuevo tipo de datos "**Descripción de NF**" donde usamos una entrada condicional solo para "**tipo de NF = NF estable**".

The screenshot shows the 'Edit data type' dialog box for 'GWT type'. The 'Parameters of data type' section includes:

- Name: GWT type
- Comment: Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed
- Type: Enumeration

 The 'Enumeration items' table has two rows:

No.	Enumeration items
1	GWT bored
2	GWT steady

 The 'Conditional input' section shows 'Master enumeration: (unspecified)' with a message 'No enumerations defined for using as master.'

Definición de enumeración principal (Tipo de NF)

The screenshot shows the 'Edit data type' dialog box for 'GWT description'. The 'Parameters of data type' section includes:

- Name: GWT description
- Comment: Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed
- Type: String

 The 'Conditional input' section shows 'Master enumeration: GWT type' with two checked items:

- ☒ GWT bored
- ☒ GWT steady

Conjunto de entrada condicional (Según el tipo de NF)

Modification of templates for current task

borehole | borehole (layer) | Wall | Wall (layer) | CPT | SPT | SPT (layer) | DMT | PMT | PMT (layer)

No.	Name	Type	Parameters	Conditional input	Edit group	Comment
1	Annoy no.	String			Data - Protocol	General / User
2	Location	String			Data - Protocol	General / User
3	Documented	String			Data - Protocol	General / User
4	Evaluated	String			Data - Protocol	General / User
5	Processed	String			Data - Protocol	General / User
6	Date start	Date and time	Date		Data - Protocol	General / User
7	Date end	Date and time	Date		Data - Protocol	General / User
8	Foreman	String			Data - Protocol	Borehole + Well + SPT / User
9	Drilling equipment	String			Data - Test	Borehole + Well + SPT / User
10	Drilling	Table with depth from - to	Depth from (Real number), Depth to (Real number), Drill		Data - Test	Borehole + Well + SPT / User
11	Casing	Table with depth from - to	Depth from (Real number), Depth to (Real number), Cas		Data - Test	Borehole + SPT / User
12	GWT type	Enumeration	GWT bores, GWT steady	GWT type = (GWT steady)	Data - Test	Borehole + Well + SPT + PMT / Fixed
13	GWT description	String			Data - Test	Borehole + Well + SPT + PMT / Fixed

Language: Anglès (EN)

OK Cancel

Entrada condicional (Según el tipo de NF)

Imprimir Protocolos de Salida

El diseño de los protocolos de salida se define en el lado derecho de la ventana de diálogo de la plantilla. Es posible definir una cantidad arbitraria de protocolos de salida para cada plantilla, también para un tipo de ensayo de campo.

Modification of templates for current task

borehole | borehole (layer) | Wall | Wall (layer) | CPT | SPT | SPT (layer) | DMT | PMT | PMT (layer)

No.	Name	Type	Parameters	Conditional input	Edit group	Comment
1	Annoy no.	String			Data - Protocol	General / User
2	Location	String			Data - Protocol	General / User
3	Documented	String			Data - Protocol	General / User
4	Evaluated	String			Data - Protocol	General / User
5	Processed	String			Data - Protocol	General / User
6	Date start	Date and time	Date		Data - Protocol	Borehole + Well + SPT / User
7	Date end	Date and time	Date		Data - Protocol	Borehole + SPT + PMT / User
8	Foreman	String			Data - Protocol	Borehole + Well + SPT / User
9	Drilling equipment	String			Data - Test	Borehole + Well + SPT / User
10	Drilling	Table with depth from - to	Depth from (Real number), Depth to (Real number), Drilling dia. (Real number)		Data - Test	Borehole + Well + SPT / User
11	Casing	Table with depth from - to	Depth from (Real number), Depth to (Real number), Casing dia. (Real number)		Data - Test	Borehole + SPT / User

Language: Anglès (EN)

OK Cancel

En la parte superior de la ventana definimos el aspecto general de la salida; allí podemos seleccionar si el protocolo se usa para **ensayos** o **perfiles de suelo** y también definimos la **escala del protocolo** (una o dos páginas, 1:50, 1: 100).

Seleccionamos una parte editada del protocolo usando solapas.

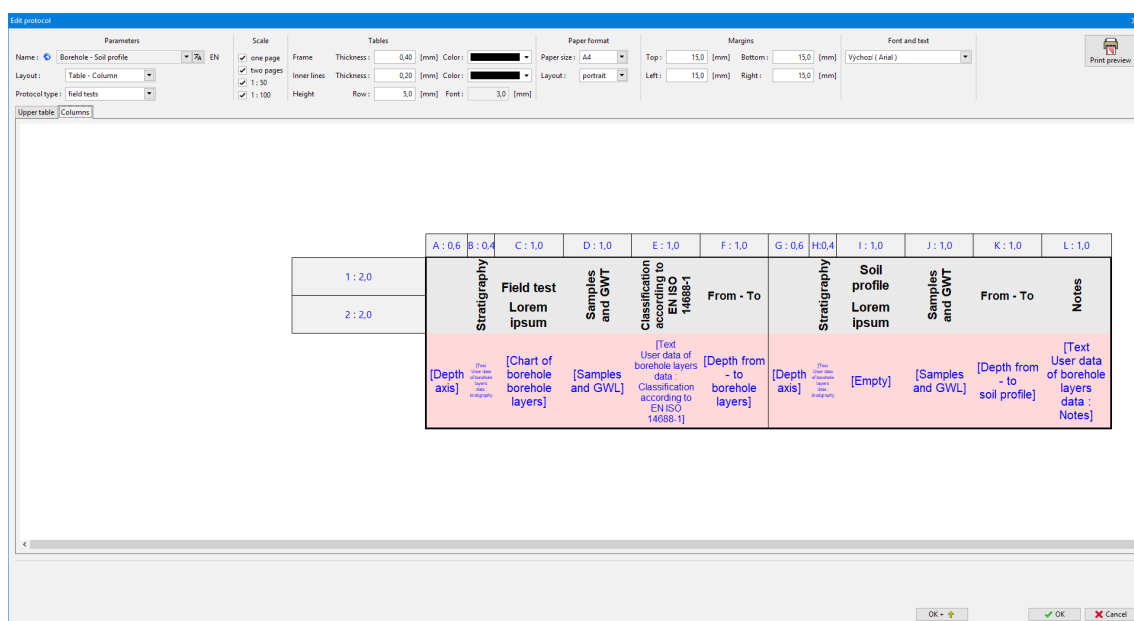
La edición de la celda/campo es similar a la de trabajar con por ejemplo MS Excel: haga doble clic en el campo. El campo puede contener datos de varias fuentes, como se puede ver en la imagen.

Es posible ingresar estos **datos** en cada campo:

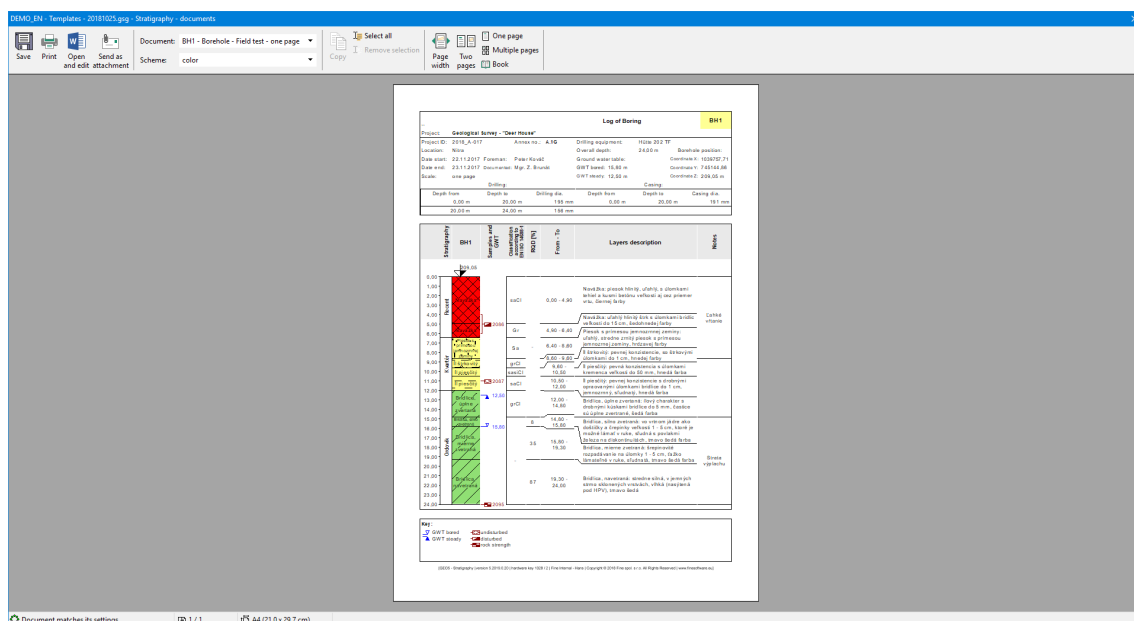
- **datos básicos de ensayos de campo**
- **datos definidos por el usuario del ensayo de campo** de la plantilla actual
- datos del proyecto - del cuadro "**Proyecto**"
- datos de la compañía - del cuadro "**Acerca de la compañía**"
- es posible seleccionar entre cadenas predefinidas - elemento "**Texto global multilinguaje**"
- es posible seleccionar entre imágenes predefinidas - elemento "**Imagen - nombre**"
- o escribe su **propio texto arbitrario en el campo**.

Es importante distinguir entre los elementos "**Nombre**" y "**Datos**". El "**Nombre**" inserta el Título para el tipo de datos (por ejemplo, Jefe de perforación), "**Datos**" inserta la **información para el tipo de dato** (por ejemplo, Sr. Smith).

La salida de **datos de las capas del suelo** tiene una forma diferente: se edita en columnas.



Después de editar el protocolo, podemos verificar la plantilla final creada en los cuadros "Ensayos de campo" o "Perfiles de suelo". Después de seleccionar el ensayo de campo y presionar el botón "Imprimir registro", se muestra la vista de impresión.



Vista del informe de Registros

Sitio de Construcción

En el cuadro "Sitio de Construcción" es posible definir un límite del modelo generado. El programa permite ingresar **tres tipos de sitios de construcción límite (Rectángulo, polígono)** o calcularlo automáticamente (**rectángulo, casco convexo**) desde los puntos de terreno ingresados y todos las pruebas.

Los puntos ingresados del límite del sitio de construcción no tienen una coordenada z definida,

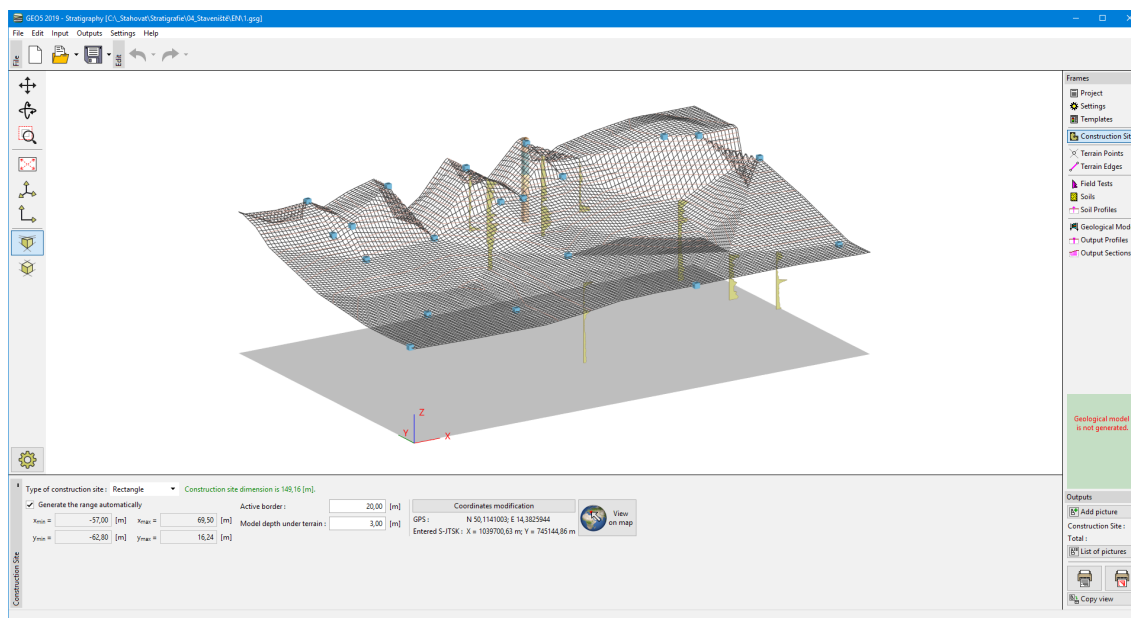
que se calcula automáticamente como una coordenada del punto de modelo válido más cercano (punto, prueba de campo con coordenada z).

Los puntos y las capas en el **borde activo** también se muestran en el límite del sitio de construcción.

Los **puntos del terreno** y los **ensayos de campo** también pueden ingresarse (importarse) fuera del límite del sitio de construcción. Si las dimensiones del sitio de construcción se ingresan manualmente, estos puntos y pruebas tienen una descripción "Fuera del sitio de construcción" y no se muestran en el escritorio. En el caso de las dimensiones calculadas automáticamente, se regenera el **sitio de construcción**.

También es posible ingresar **coordenadas geográficas** para mostrar el sitio de construcción en Google Maps.

Si las dimensiones del sitio de construcción son **irrealmente grandes** (la distancia entre los puntos es mayor a 5000 m), el programa no dibuja un sitio de construcción, y es necesario revisar el modelo.



Cuadro "Sitio de Construcción"

Bordes Activos

Las **condiciones de contorno** (alturas de puntos en esquinas y bordes del sitio de construcción) son muy importantes para una generación correcta del modelo geológico y del terreno.

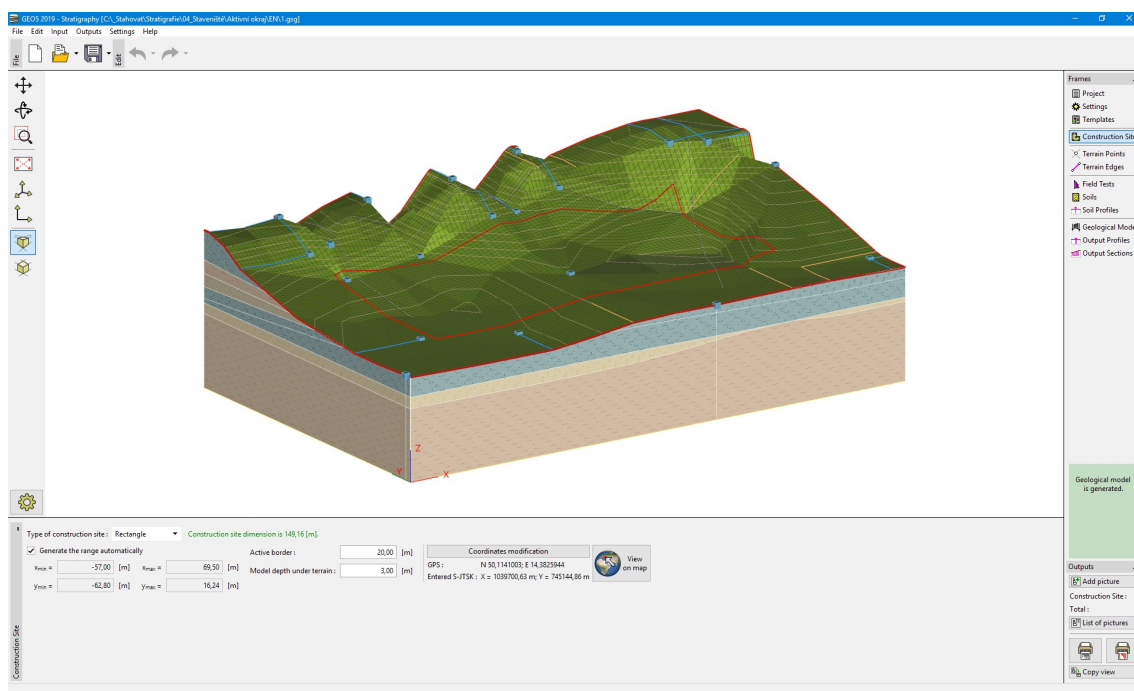
Los **puntos y perforaciones en los bordes del sitio de construcción** se **crean automáticamente** cuando se genera el modelo geológico. Primero, la coordenada z del punto mas cercano (o ensayo) se asigna a los puntos del sitio de construcción. Luego, la perforación mas cercana se asigna a estos puntos.

Este modelado es adecuado para terrenos planos. En el caso del modelado de pendientes, el **modelo no se crea correctamente en los bordes**, donde las condiciones de contorno no están definidas. El **borde activo** ayuda a definir una **condición de contorno en los bordes del sitio de construcción**.

Un **borde activo** se muestra en **color rojo**.

Cuando se **genera un modelo de terreno digital**, todos los puntos y ensayos con la coordenada z introducida en el borde activo crean un punto asistente en el borde del modelo. **Las conexiones entre los puntos (ensayos)** y los puntos asistentes se muestran en color **azul**.

Cuando se **genera un modelo de terreno digital**, todas las perforaciones en el borde activo crean una perforación auxiliar en el borde del modelo. Las **conexiones entre las perforaciones y las perforaciones asistente** en los bordes se muestran en color **naranja**.



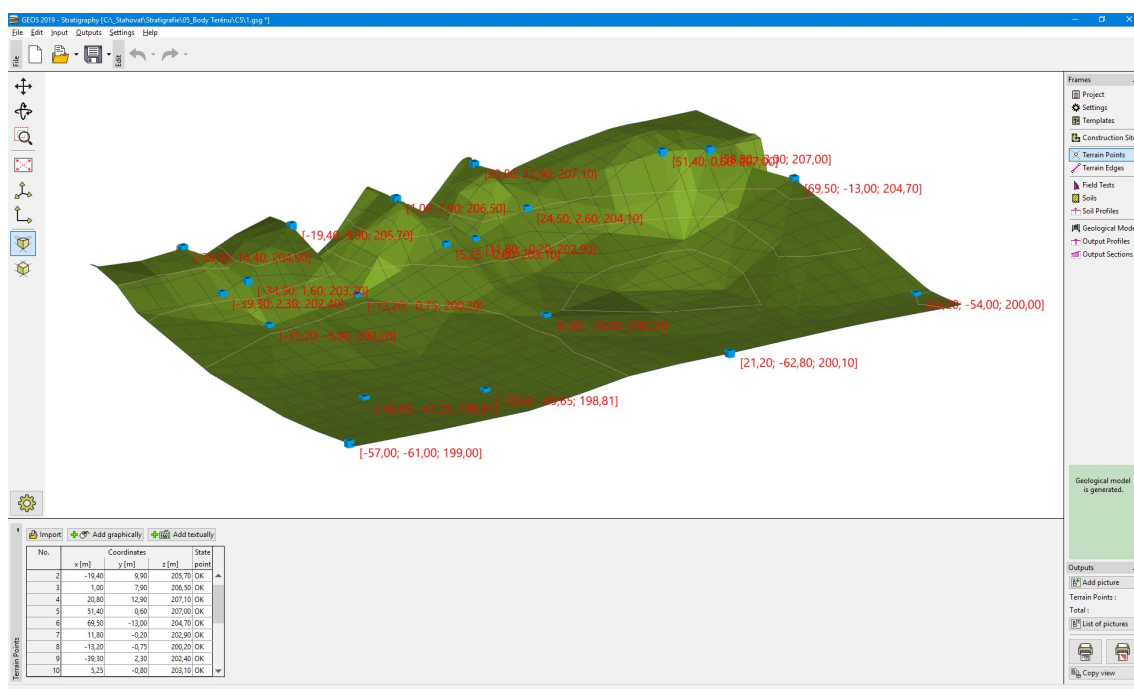
Cuadro "Sitio de construcción" - configuración de bordes activos

El uso de bordes activos también se explica en el ejemplo de los **Bordes del Sitio de Construcción**.

Puntos del Terreno

Las coordenadas de los puntos del terreno se ingresan en el **cuadro "Puntos del terreno"**. La **ventana de diálogo "Nuevos puntos de terreno"** sirve para **añadir** nuevos puntos.

Cuando se ingresan nuevos puntos a un modelo ya generado, las alturas de los puntos Z se calculan automáticamente. Solo se puede agregar un punto a una coordenada X, Y .



Cuadro "Los puntos de Terreno"

El **modelo de terreno se genera siempre** después de cada adición o cambio de un punto arbitrario.

Los puntos también se pueden importar utilizando el botón **"Importar"** como datos de la tabla.

- **Tablas de texto**
- **Tablas XLSX y ODS**
- **LandXML (*.xml)**
- **DXF (*.dxf)** - Importar puntos es similar a usar datos LandXML.

La visualización gráfica en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro **"Configuración de gráfico"** y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas **"Visualización"**.

Bordes del terreno

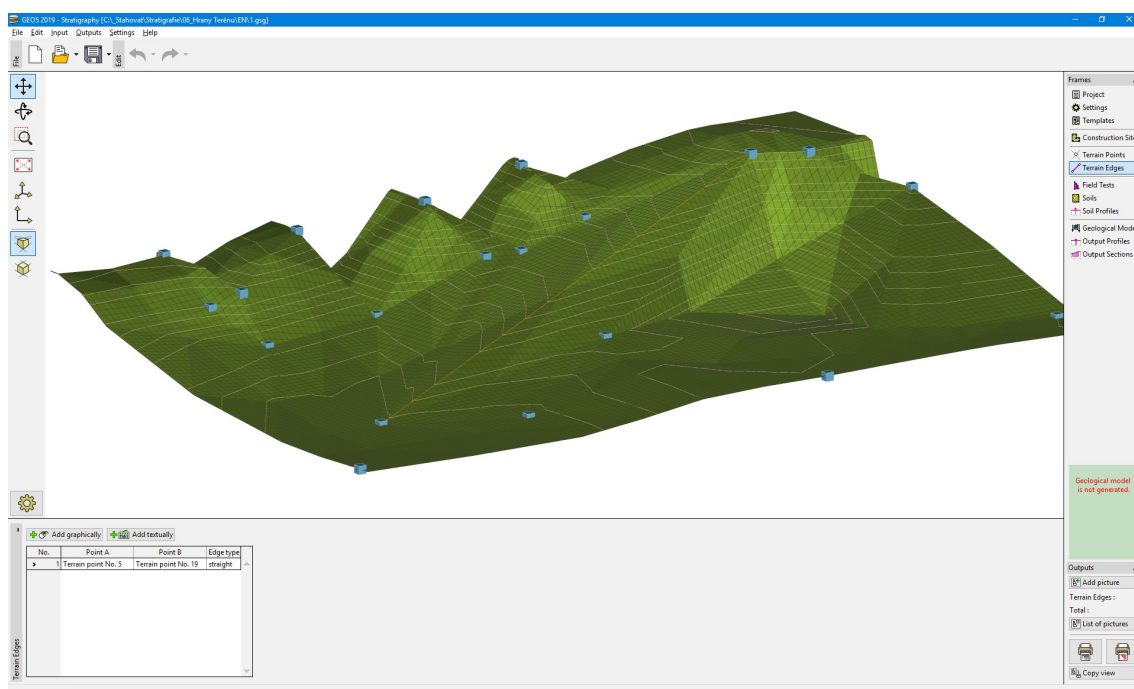
Los bordes que conectan los puntos del terreno se ingresan en el **cuadro "Bordes del terreno"**. La **ventana de diálogo "Nuevo borde del terreno"** sirve para **añadir** nuevos puntos.

El borde está definido entre **puntos del terreno** o **ensayos de campo**.

Además, se selecciona el tipo de borde:

- **recto** - los puntos están conectados por línea recta
- **curvo** - los puntos se conectan mediante una curva (el borde se alisa según el terreno)

Solo se puede definir un borde entre dos puntos. Los bordes no se pueden intersectar.



Cuadro "Bordes del Terreno"

El **modelo de terreno se genera siempre** después de añadir o cambiar un borde arbitrario.

La visualización gráfica en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro "**Configuración de gráfico**" y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas "**Visualización**".

Ensayos de Campo

El cuadro "**Ensayos de Campo**" contiene una **tabla** con todas los ensayos ingresadas. El **nombre**, el **tipo**, las **coordenadas** y el **estado del ensayo** son visibles en la tabla. Junto a la tabla, se muestra la prueba seleccionada.

Este cuadro sirve para la entrada de **datos no corregidos de todas los ensayos de campo**, que se llevaron a cabo en el sitio de construcción. Es posible ingresar no solo los datos requeridos para crear un **modelo geológico**, sino también **datos opcionales** para la creación de **documentación geológica**.

Los ensayos se deben ingresar en este cuadro siempre sin corregir en el estado real (como se llevan a cabo en el sitio de construcción). La modificación o interpretación de los ensayos se realiza en el cuadro "**Perfiles de suelo**". Cada prueba crea automáticamente un perfil de suelo (si no está desactivado con el botón "**Ensayo de campo genera un perfil de suelo**").

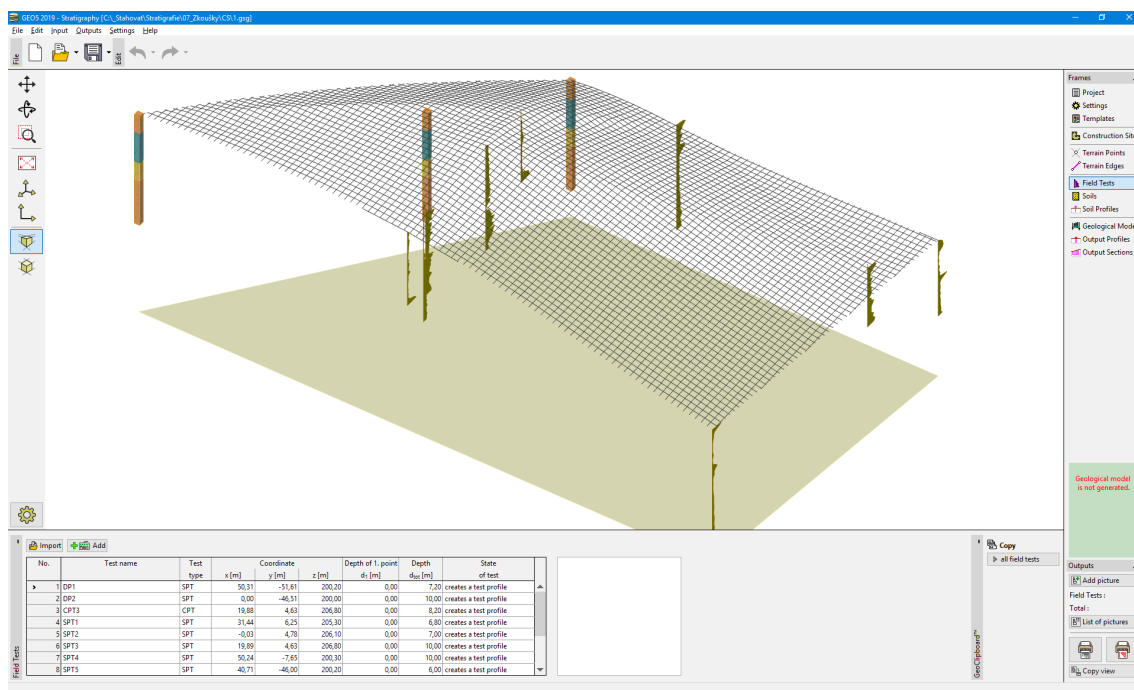
Cuando se importa una gran cantidad de ensayos de campo, algunos ensayos pueden ubicarse **fuera del sitio de construcción**. En este estado, el **ensayo no crea un perfil de suelo** y no se muestra.

Los ensayos pueden agregarse utilizando el botón "**Añadir**" o **importarse** con el botón "**Importar**".

El programa "**Estratigrafía**" soporta estos tipos de ensayos de campo

- **Perforación**
- **CPT - Prueba de penetración por cono**

- DPT - Prueba de penetración dinámica
- SPT - Prueba de penetración estándar
- PMT - Prueba presiométrico
- DMT - Prueba dilatométrica



Cuadro "Ensayos de Campo"

La visualización del gráfico en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro "Configuración de gráfico" y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas "Visualización".

El botón "Deshacer" es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Datos adicionales para Ensayos de Campo

En las ventanas de diálogo para la entrada de ensayos de campo, se ingresan los **datos básicos** necesarios para crear el **modelo geológico** y los datos básicos necesarios para cálculos adicionales en los programas GEO5.

Para usuarios que poseen el módulo "**Registros**", también es posible ingresar una cantidad arbitraria de datos geológicos, definidos en el marco "Plantillas", para cada prueba y también para cada capa. Estos datos son importantes para la **impresión de documentación geológica**.

Input of user data

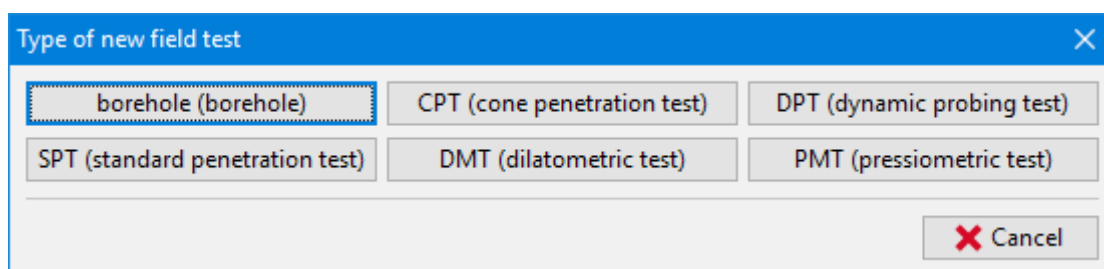
El estilo de registro se define en el cuadro "Plantillas". Los datos se almacenan en la base de datos global; esto significa que los datos se conservan cuando se cambia la plantilla, solo se muestran algunos de ellos; no se pierden los datos importados o ingresados después del cambio de plantilla.

Usando una mayor cantidad de datos, es posible clasificarlos en grupos. Los grupos se definen al **definir datos de ensayos de campo**.

Editar grupos

Importar desde Ensayos

El botón "Importar" abre el cuadro de diálogo "Nuevo tipo de ensayo de campo". En este cuadro, se debe especificar el tipo de ensayo de campo a importar.



Cuadro "Nuevo tipo de ensayo de campo"

El programa "**Estratigrafía**" admite la importación de estos tipos de ensayos de campo:

Perforación

- *.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla
- *.ods
- *.son, *.so2 - formato de datos utilizado en la República Checa y Esloquia, originalmente del software GeProDo

CPT (Prueba de penetración de cono)

- *.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla
- *.ods
- *.spe - formato de datos utilizado en la República Checa y Esloquia, originalmente del software GeProDo
- *.cpt - estándar de archivo de texto particularmente para Holanda (utilizado, por ejemplo, en los programas Geodelft M-Serie), que sirve para ingresar elevaciones de puntos individuales y valores de resistencia a la penetración (puede contener más CPTs)
- *.cpt - archivo de texto Geotech AB CPT
- *.cpt - archivo de texto Gouda Geo CPT
- *.cpt - archivo de texto Hogentogler CPT
- *.gef - GEF (Geotechnical Exchange Format) es una estructura de lenguaje general para almacenar y transferir información geotécnica.
Información detallada disponible en línea:
<https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/GEF-CPT>
- *.ags - Un formato utilizado para transferencia de información geotécnica en Gran Bretaña.
Información detallada disponible en línea:
<http://www.agsdataformat.com/datatransferv4/intro.php>

DPT (Prueba de penetración dinámica)

- *.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla
- *.ods
- *.pen - formato de datos utilizado en la República Checa y Esloquia, originalmente del software GeProDo

SPT (Prueba de penetración estándar)

- *.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla

*.ods

DMT (Prueba dialométrica)

*.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla

*.ods

*.uni - Un formato estandarizado y universal para la importación de los datos medidos obtenidos de las pruebas dilatométricas.

PMT (Prueba presiométrica)

*.txt, *.xlss, *.csv, - texto general o formato de tabla

*.ods

Importación de formato de texto o tabla general permite seleccionar un **sistema de unidades** particular para almacenar datos de la prueba. Al importar, el programa convierte automáticamente el sistema de unidades adoptado al que se usa en el programa.

Si usted utiliza un estándar de archivo de texto CPT que no es compatible con el programa, no dude en contactarnos en **hotline@fine.cz** - se incluirá en la próxima versión.

Perforaciones

El nombre del ensayo y la profundidad del primer punto de la perforación se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". Además se requiere la entrada de las coordinaciones.

La altura del primer punto (coordenada z) se puede calcular automáticamente, si el ensayo se llevó a cabo en el nivel del terreno (o puede ingresarse manualmente).

Además, es posible ingresar a una tabla de agua subterránea (conducida, estacionada) y las descripciones de los ensayos.

Edit field test properties (borehole)

Test parameters

Test name: BH1

Coordinate: x = 1039757,71 [m] y = 745144,86 [m]

Height: input z = 209,05 [m]

Depth of the 1st point from original terrain: d₁ = 0,00 [m]

Overall depth: d_{tot} = 24,00 [m]

☒ Field test generates soil profile

Layers Samples Table GWT

Layer Number	Thickness t [m]	Depth d [m]	Soil name
1	4,90	0,00 .. 4,90	Fill
2	1,50	4,90 .. 6,40	Fill
3	2,20	6,40 .. 8,60	Sand with trace of fines
4	1,00	8,60 .. 9,60	Gravelly clay
5	0,90	9,60 .. 10,50	Sandy clay
6	1,50	10,50 .. 12,00	Sandy clay
7	2,80	12,00 .. 14,80	Shale, fully weathered
8	1,00	14,80 .. 15,80	Shale, weathered
9	3,50	15,80 .. 19,30	Shale, moderately weathered
10	4,70	19,30 .. 24,00	Shale, slightly weathered

Soil profile

Depth [m]

0,0
1,5
3,0
4,5
6,0
7,5
9,0
10,5
12,0
13,5
15,0
16,5
18,0
19,5
21,0
22,5
24,0

Fill
Fill
Sand with trace of fines
Gravelly clay
Sandy clay
Sandy clay
Shale, fully weathered
Shale, weathered
Shale, moderately weathered
Shale, slightly weathered

Print Log Import OK Cancel

Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

El botón **"Añadir"** abre una nueva ventana de diálogo **"Nuevas capas"**. En esta ventana, se ingresa el espesor (o la profundidad) de la capa y el suelo (color, patrón) debe asignarse a esta capa. También es posible asignar otro suelo desde aquí o desde un ensayo ya ingresado.

New layer

Thickness: t = 3,00 [m] Log data >>

Depth: from 24,00 [m] to 27,00 [m]

Soil name: ▼

Pattern category: GEO Color:

Search: Subcategory: automatic Background:

Soils (1 - 16) Saturation < 10 - 90> : 50 [%]

Pattern: 1 Silt

Layer description:

Existing properties of layers selection

Soil name	Color	Pattern
Clayey Silt	Green	Diagonal lines
Clayey Silt	Green	Diagonal lines
Fill	Red	Diagonal lines
Fill	Red	Diagonal lines
Gravelly clay	Yellow	Diagonal lines
Made Ground	Red	Diagonal lines
Made Ground	Red	Diagonal lines
Sand	Yellow	Diagonal lines
Sand with trace of fines	Yellow	Diagonal lines
Sandy clay	Yellow	Diagonal lines
Sandy clay	Yellow	Diagonal lines
Shale, fully weathered	Green	Diagonal lines
Shale, moderately weathered	Green	Diagonal lines
Shale, slightly weathered	Green	Diagonal lines
Shale, weathered	Green	Diagonal lines
Silty clay	Yellow	Diagonal lines
Silty clay	Yellow	Diagonal lines
Silty sand	Yellow	Diagonal lines

Layer description:

Log data:

Stratigraphy: Quaternary
Classification according to EN ISO 14688
-1: cSI

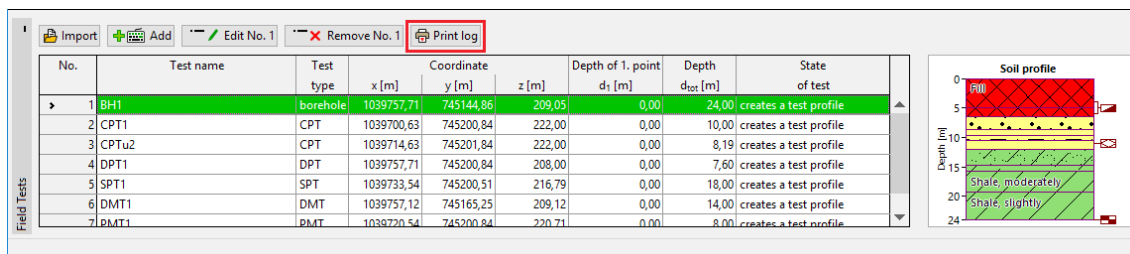
Add Cancel OK Cancel

Cuadro "Nuevo suelo"

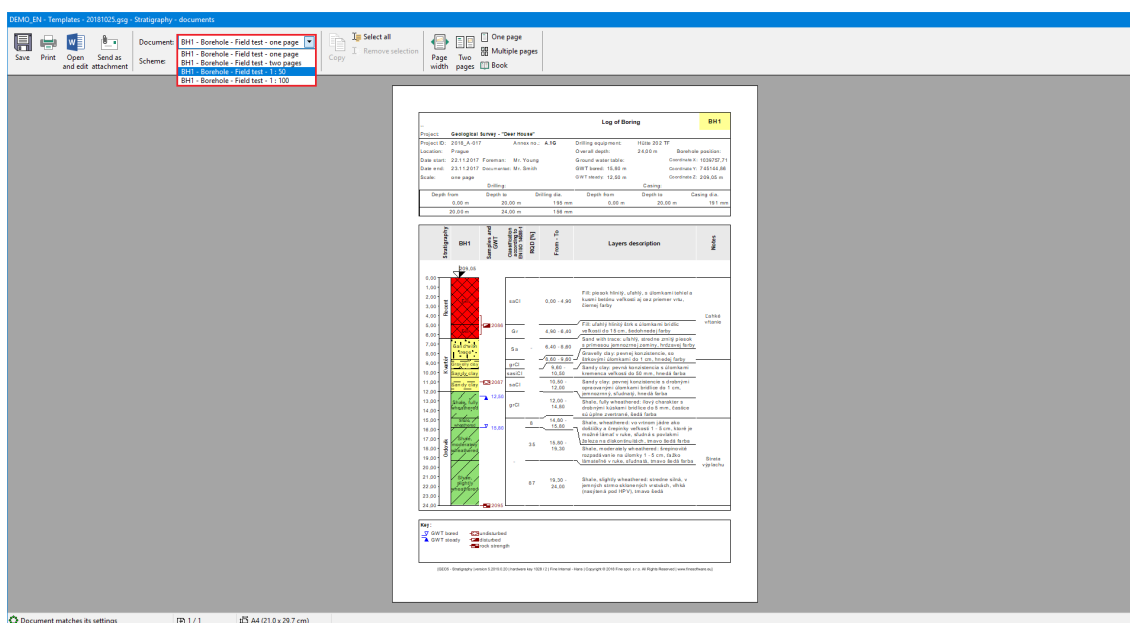
Documentación geológica

El programa permite imprimir una documentación geológica para los **ensayos de campo**, los **perfiles de suelo**

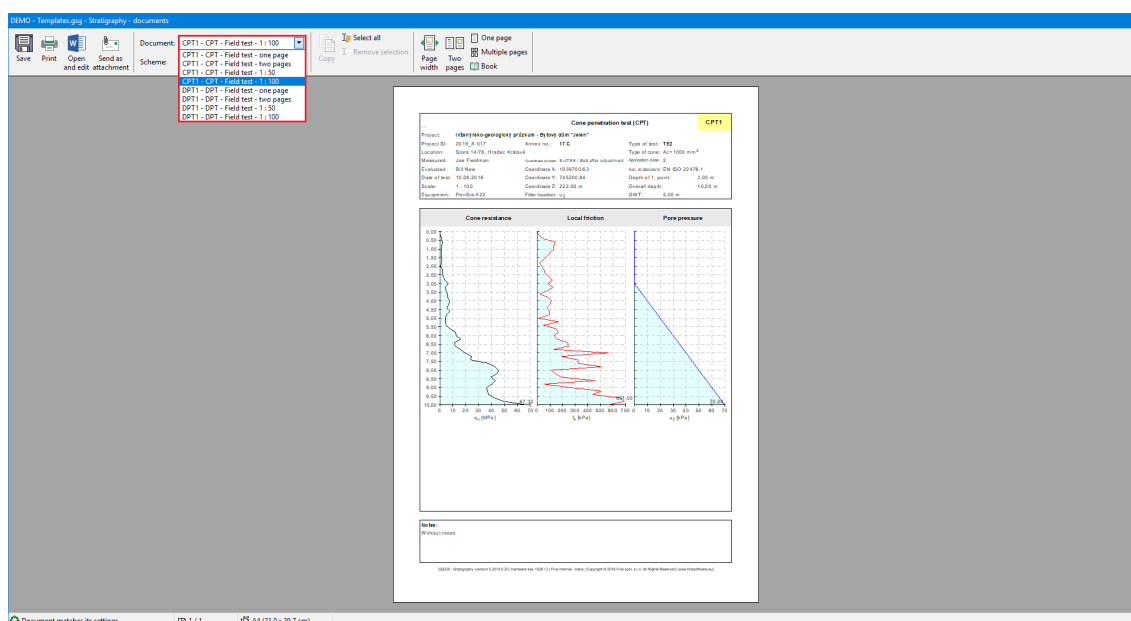
Luego de seleccionar uno o mas ensayos, el botón "**Imprimir Registro**" se muestra en la barra de herramientas.



Con este botón, se abre el cuadro de diálogo para imprimir, donde es posible seleccionar una **plantilla para el protocolo de salida** (está disponible solo para usuarios con el módulo comprado "**Registros**"; si este módulo no está instalado, solo hay una plantilla predeterminada disponible para cada tipo de ensayo de campo).



Al seleccionar más de un ensayo, es posible imprimir más ensayos del mismo tipo, podemos ver tres CPT diferentes en la imagen en escala 1: 100.



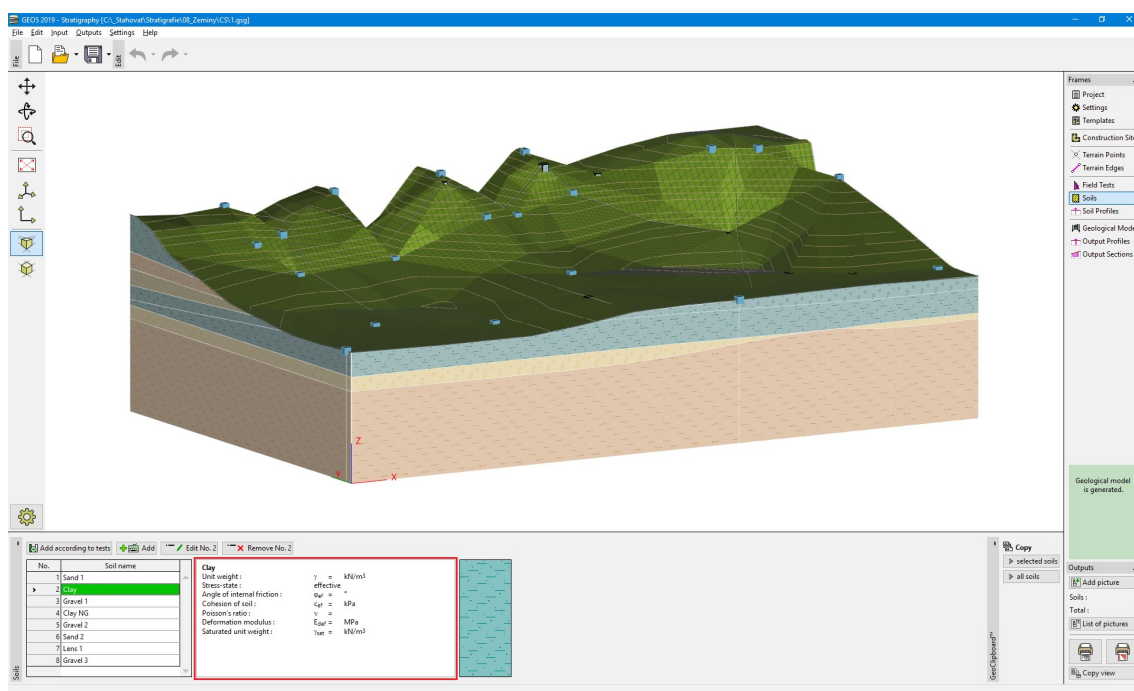
Suelos

El cuadro **"Suelos"** contiene una **tabla** con una lista de suelos ingresados. La tabla también proporciona información sobre el suelo actualmente seleccionado que se muestra en la parte derecha del cuadro. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Para **añadir** un suelo utilice el **cuadro de diálogo "Añadir nuevos suelos"**. Es posible ingresar todos los suelos añadidos en el cuadro **"Ensayos de campo"** utilizando el botón **"Añadir según ensayos"**.

El programa **"Estratigrafía"** **no necesita ningún parámetro de suelo** para la creación del modelo geológico, pero estos parámetros se pueden ingresar para **exportarlos a otros programas GEO5**.

Los datos de los suelos ingresados se pueden copiar dentro de todos los programas GEO5 utilizando **"GeoClipboard"**, o es posible usar una exportación en los cuadros **"Perfiles de salida"** o **"Secciones de salida"**.



Cuadro "Suelos"

Perfiles de Suelo

El cuadro "Perfiles de Suelo" contiene una tabla con todos los perfiles de suelos ingresados. El nombre, las coordenadas y el tipo del perfil de suelos son visibles en la tabla. Junto a la tabla, se muestra el perfil de suelo seleccionado.

Los perfiles de suelo se crean automáticamente a partir de las ensayos de campo. Cada perfil corresponde a una ensayo. El nombre del ensayo y sus coordenadas no se pueden ingresar ni editar, siempre se corresponden.

El perfil de suelo es una interpretación de la prueba en un perfil geológico.

Los perfiles de suelo se utilizan además para la creación de perforaciones. El modelo geológico se crea a partir de las perforaciones. Cada perfil de suelo ingresado correctamente crea una perforación (si no está desactivada con el botón "El perfil está activo para la generación del modelo geológico").

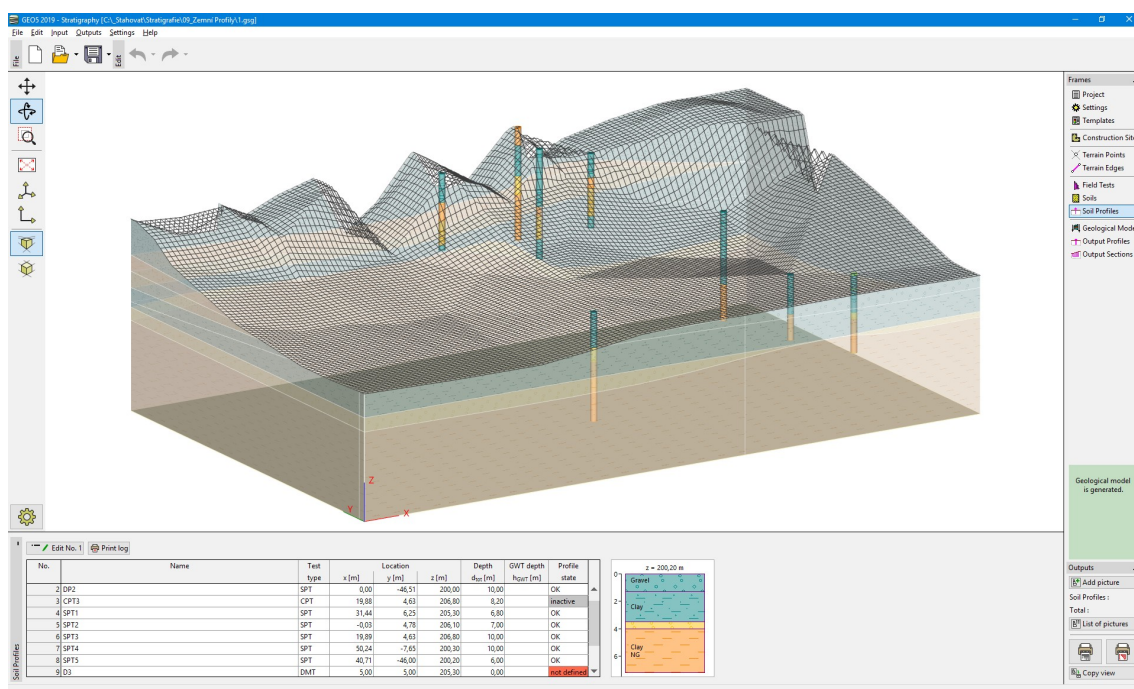
Si uno o mas perfiles de suelo es seleccionado, el botón "Imprimir Registro" se muestra en la barra de herramientas. Utilizando este botón podemos imprimir el perfil de suelo junto con los ensayos de campo como parte de la documentación geológica.

Si el perfil de suelo no se ingresa correctamente, se muestra en rojo en la tabla con la descripción "no definido". En este caso, la perforación no se crea a partir de la prueba.

Si el perfil de suelo se encuentra fuera del sitio de construcción, el perfil de suelo no es visible y no crea la perforación.

La creación del perfil de prueba depende del tipo de ensayo de campo:

- Creación del perfil de prueba de perforación
- Creación de perfil de prueba de CPT
- Creación de perfil de prueba de DPT, SPT, PMT, DMT



Cuadro "Perfiles de suelo"

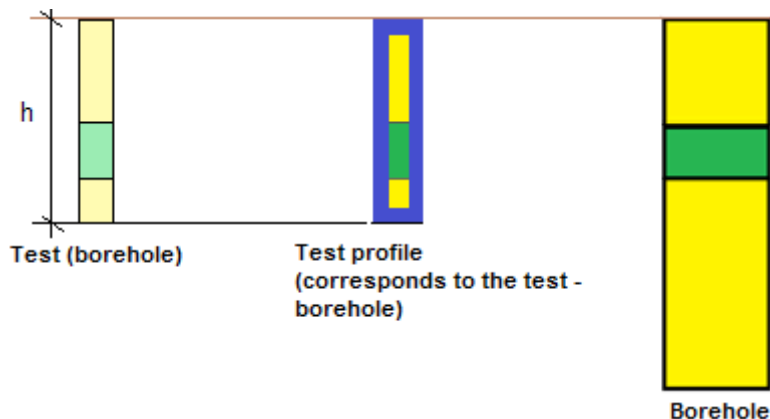
La visualización del gráfico en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro "Configuración de gráfico" y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas "Visualización".

El botón "Deshacer" es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Relación entre Ensayos de campo, Perfiles de suelo y Perforaciones

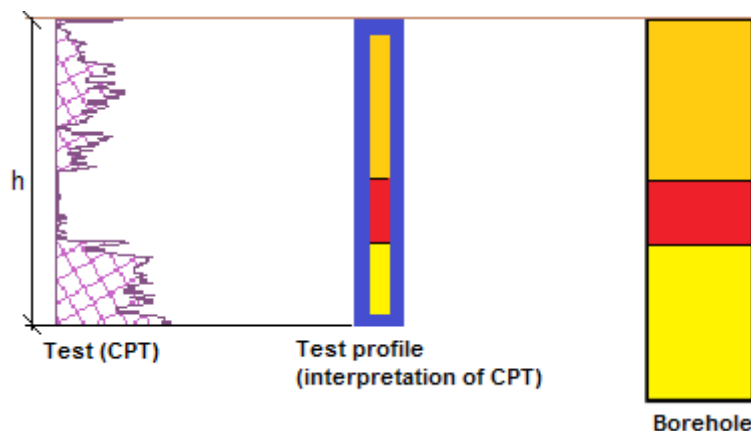
El **perfil de suelo se crea a partir del ensayo de campo** (punto de exploración) y la **perforación se crea a partir del perfil de suelo**. No es posible editar las coordenadas del perfil de suelo y la perforación - siempre se corresponden a las coordenadas del ensayo.

Si el tipo de **ensayo de campo es una perforación o un pozo**, el perfil de suelo se crea automáticamente y no es necesario hacer ninguna modificación.



Relación entre ensayos de campo y perfiles de prueba (perforación)

Si el tipo de **ensayo de campo no es una perforación**, es necesario transferir este ensayo al perfil de suelo (espesor de capas y suelos asignados).

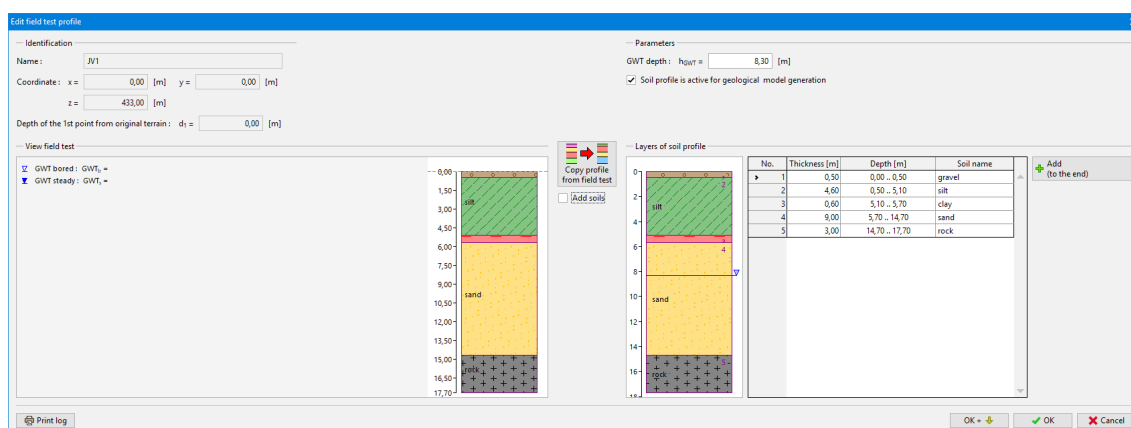


Relación entre ensayos de campo y perfiles de suelo (perforación)

Si se cambian los datos de los ensayos de campo, el perfil de suelo también se cambia automáticamente. Si se cambia el perfil de suelo, también se cambia la perforación y esto lleva al cambio de todo el modelo geológico.

Creación de Perfil de Suelo a partir de Perforaciones

Si el perfil de suelo se crea a partir de una **perforación**, el botón "**Copiar perfil del ensayo de campo**" copia todas las capas de suelo tal como se ingresaron en el cuadro "**Ensayos de campo**". Seleccionando "**Añadir suelos**", todos los tipos de suelos también se compian desde el ensayo de campo.



Cuadro "Editar perfil de suelo" - Perforación

Un ensayo de campo ingresado originalmente (**perforación**) se muestra en la parte izquierda de la ventana de diálogo. En la parte derecha, se muestra el perfil de suelo. El espesor de las capas y los tipos de suelos asignados se pueden modificar.

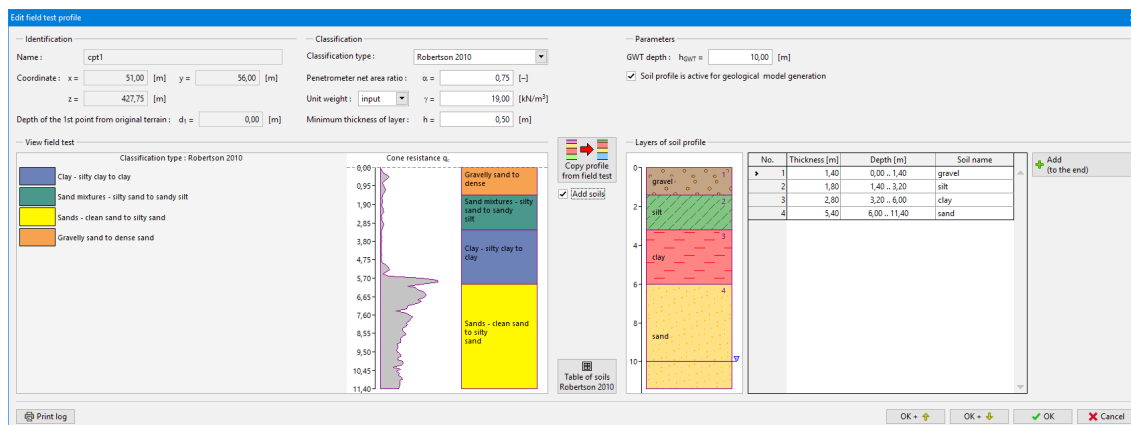
Creación del Perfil de Suelo a partir de CPT

En el caso de la creación del perfil de Suelo desde el **CPT**, el programa permite **dos formas básicas según el tipo de clasificación**:

- "**Robertson 2010**", "**Robertson 1986**" - creación del perfil de suelo usando la

clasificación del suelo

- **Sin clasificar** - en este caso, el perfil de suelo se crea de la misma manera que para DPT, SPT, PMT

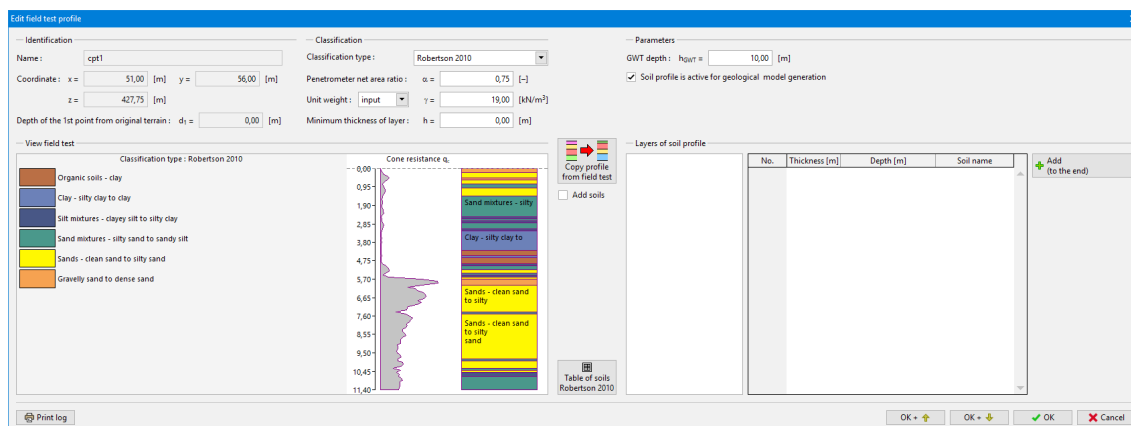


Cuadro "Editar perfil de suelo" - CPT

Creation of Soil Profile using Classification of Soils

En la parte de "**Clasificación**", se debe establecer el tipo de **clasificación** (Robertson 2010, Robertson 1986) y otros parámetros (**Coeficiente de Penetrómetro** α , determinación del peso unitario γ).

Por lo general, un gran número de capas delgadas es el resultado de la clasificación.



Cuadro "Editar perfil de prueba" - CPT (sin usar espesor mínimo de capa)

Por esta razón, es apropiado ingresar un espesor mínimo de la capa h . Este filtro reduce la cantidad de capas y el perfil geológico es más claro.

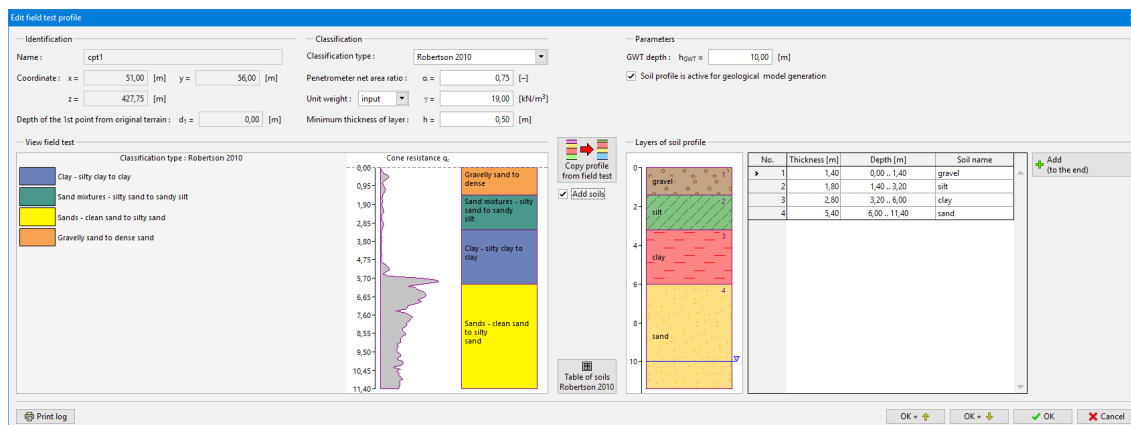
Cuadro "Editar perfil de prueba" - CPT (sin usar espesor mínimo de capa)

El botón **"Tabla de suelos"** abre una nueva ventana de diálogo **"Tabla de suelos Robertson (1986 o 2010)"**. Es posible asignar los suelos ingresados dentro de las descripciones de los suelos según la clasificación de Robertson. Si el suelo no estaba ingresado en el cuadro **"Suelos"**, es posible agregarlo aquí usando el botón **"Añadir suelo"**. No es necesario asignar un suelo a las descripciones que no fueron clasificadas.

Soil description	Assigned soil
Sensitive fine grained	(not assigned) Add soil
Organic soils - clay	(not assigned) Add soil
Clay - silty clay to clay	clay Add soil
Silt mixtures - clayey silt to silty clay	(not assigned) Add soil
Sand mixtures - silty sand to sandy silt	silt Add soil
Sands - clean sand to silty sand	sand Add soil
Gravelly sand to dense sand	gravel Add soil
Very stiff sand to clayey sand	(not assigned) Add soil
Very stiff fine grained	(not assigned) Add soil

Cuadro "Tabla de suelos"

El botón **"Copiar perfil del ensayo de campo"** crea un perfil de prueba con los suelos ingresados correspondientes a las capas de la clasificación **CPT**.



Dialog window "Edit soil profile" - CPT

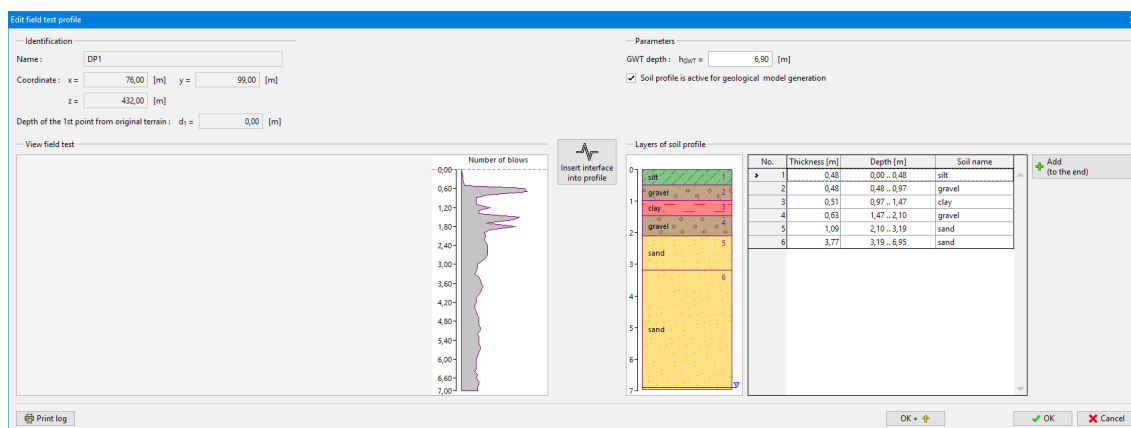
The created profile can be edited using a buttons in the right part of the dialog window.

Creación del Perfil de Suelo a partir de SPT,DPT,PMT

En caso de creación de perfil de suelo según **DPT**, **SPT** y **PMT**, es necesario crear un perfil de suelo manualmente.

El ensayo de campo medida (aquí **DPT**) se muestra en la parte izquierda de la ventana de diálogo. Usando el botón izquierdo del mouse, es posible crear una interfaz de capas en el perfil geológico. Estas capas se muestran en la parte derecha de la ventana de diálogo.

Es posible ingresar manualmente la profundidad de las interfaces d usando el botón **"Insertar interfaz en el perfil"**. Después de la entrada de la interfaz, es necesario asignar un suelo a todas las capas de la **tabla** en la parte derecha de la ventana de diálogo. Si el suelo no estaba ingresado en el cuadro **"Suelos"**, es posible agregarlo utilizando el botón **"Añadir suelo"**.

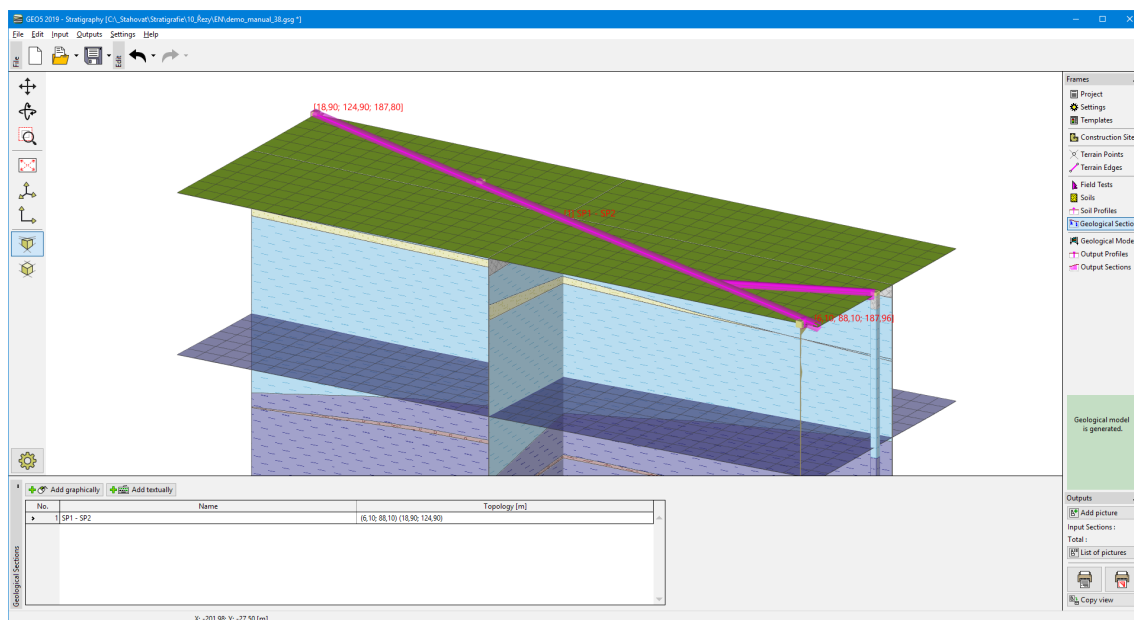


Cuadro "Editar perfil de Suelo" - DPT

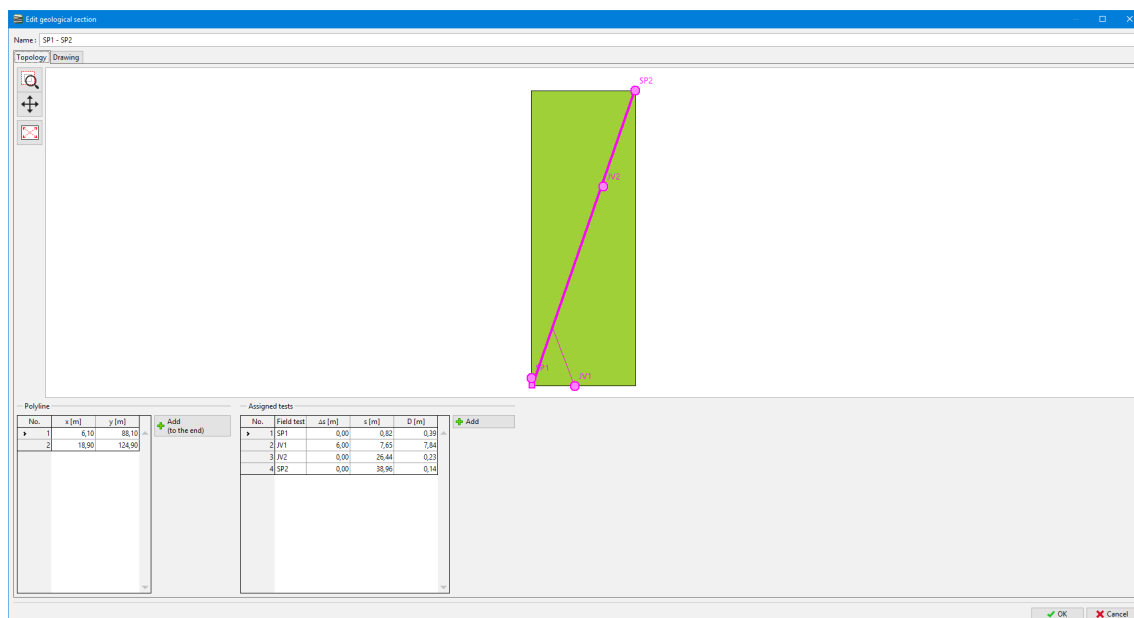
Secciones Geológicas

El cuadro **"Secciones geológicas"** sirve para crear secciones transversales geológicas

(vallas), donde se muestran los **ensayos de campo** y **perfiles de suelos** y otras **descripciones de usuario**. Está disponible solo para usuarios con el módulo comprado "**Perfiles geológicos**". Las secciones geológicas creadas se pueden exportar en varios formatos (*.DXF, *.DWG o *.PDF) en el **modo gráfico**.



En primer lugar, en este cuadro es necesario definir la sección transversal diseñada: **recta** o **polígono**. (La entrada gráfica se termina haciendo doble clic en el mismo punto). Después de la entrada, la ventana de diálogo se abre en el modo "**Topología**".



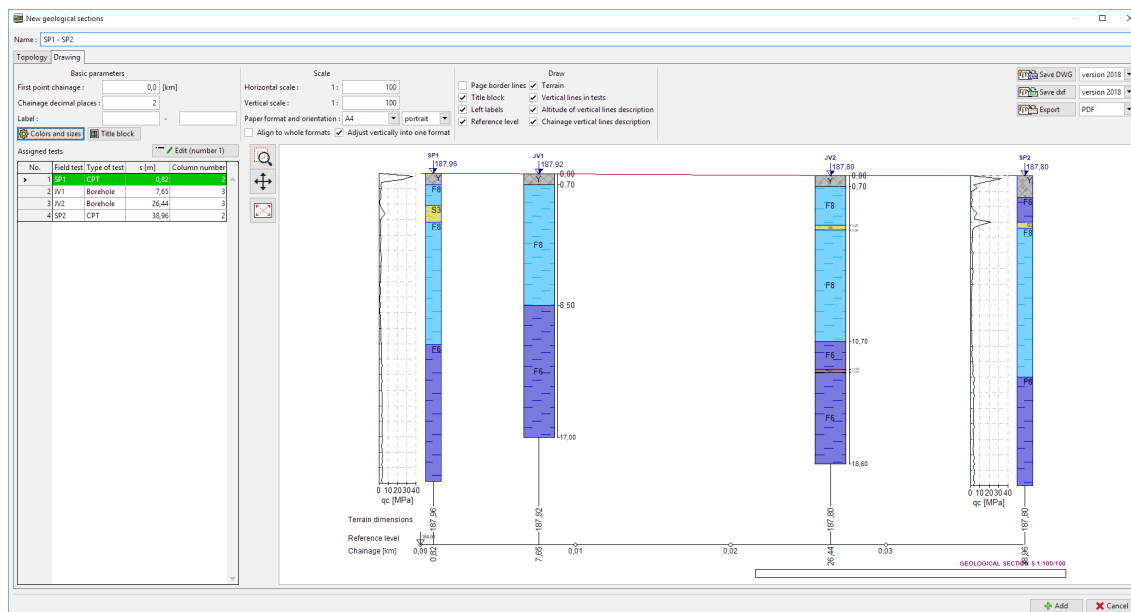
Modo topológico

A continuación, asignamos todas los ensayos de campo que se mostrarán en el dibujo. Los ensayos de campo normalmente se proyectan perpendicularmente a la sección geológica, pero también es posible cambiarlas. El **encadenamiento de los ensayos de campo y su distancia desde la sección geológica D** se muestran en la tabla "Ensayos asignadas".

El dibujo final se define en el modo "**gráfico**".

Grafico de una Sección Geológica

En el modo "**Grafico**" definimos, lo que queremos trazar



Modo gráfico

Definimos **columnas de gráfico** y **ubicación del eje** para cada ensayo de campo. La configuración creada se puede usar para todos los ensayos de un tipo usando el botón "**OK para todos los ensayos**".

No.	Field test	Type of test	s [m]	Column number
1	SP1	CPT	0.82	2
2	JV1	Borehole	7.65	3
3	JV2	Borehole	26.44	3
4	SP2	CPT	38.96	2

Test drawing settings SP1

Test axis: center regarding: column B

Column	Content	Width [mm]
A	Graph; Chart of test CPT; 1st column: Cone resistance q_c	30.0
B	Chart of borehole; soil profile	10.0

Buttons: Load default, OK + (down arrow), OK, Cancel, OK for all tests (typ CPT)

Definición de la descripción del ensayo de campo - columnas graficos

La configuración de gráfico global se edita en la parte central de la ventana de diálogo.

Basic parameters

First point chainage: 0.0 [km]

Chainage decimal places: 2

Label: -

Colors and sizes **Title block**

Scale

Horizontal scale: 1: 100

Vertical scale: 1: 100

Paper format and orientation: A4 portrait

☐ Align to whole formats ☒ Adjust vertically into one format

Draw

☐ Page border lines ☒ Terrain

☒ Title block ☒ Vertical lines in tests

☒ Left labels ☒ Altitude of vertical lines description

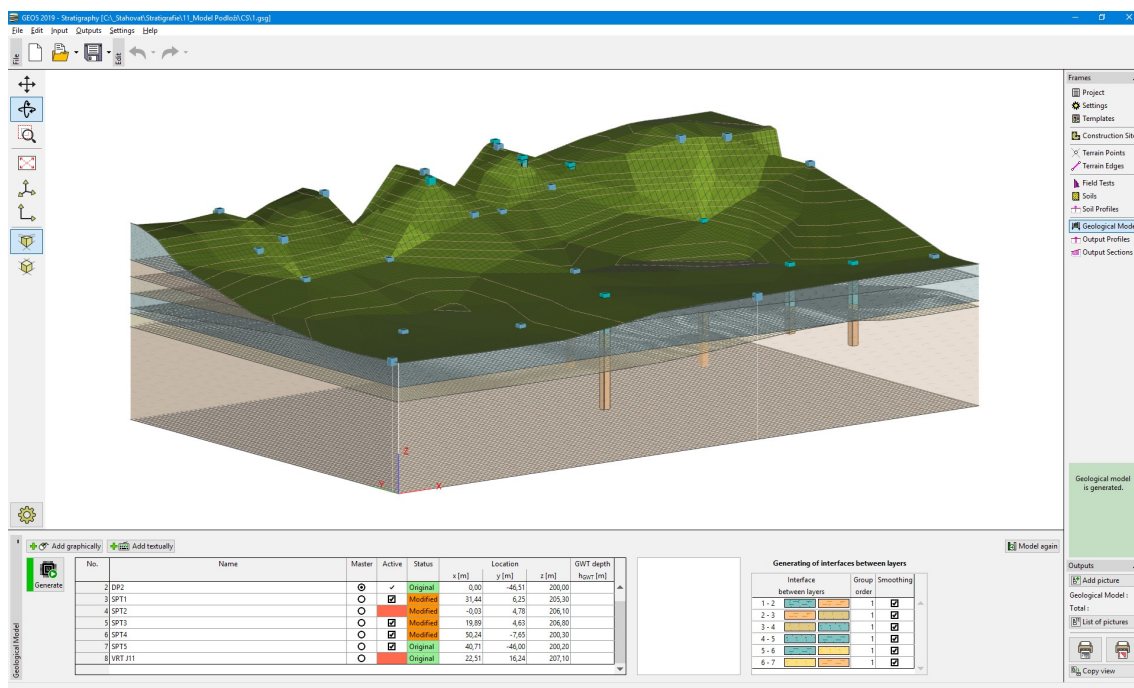
☒ Reference level ☒ Chainage vertical lines description

Buttons for drawing definition

El dibujo creado se puede exportar a formatos **DXF**, **DWG** o **PDF** usando los botones en la parte derecha de la ventana de diálogo. Es importante seleccionar la versión correcta del formato según el programa CAD de destino.

Modelo Geológico

El modelo geológico se **genera a partir de perforaciones**. Las perforaciones se muestran en la tabla y son la única entrada para la **generación del modelo geológico**.



Cuadro "Modelo Geológico"

Las perforaciones se pueden crear de dos maneras (el modo de creación depende del estado de la perforación):

- La **perforación original** o la **perforación modificada** se crean automáticamente a partir de los **perfiles de suelo**.
- Se crea una **nueva perforación** usando los botones "**Añadir gráficamente**" o "**Añadir textualmente**".

Una perforación siempre se determina como el "**Perforación Principal**". El perfil geológico se genera a partir de esta perforación principal y de las perforaciones **compatibles** con la perforación principal. El objetivo del modelado es usar todas las perforaciones y crear el modelo geológico, que corresponde a todos los datos de entrada.

Cuando se modela un modelo geológico, las perforaciones se **editan** posteriormente. Es necesario cambiar una perforación incompatible a una perforación compatible realizando los **cambios en las capas de suelo** - de esta forma, las perforaciones se agregan al modelo geológico.

El modelo generado se puede cancelar en cualquier momento utilizando el botón "**Modelar nuevamente**". En este caso, **se eliminarán todos las perforaciones recientemente creadas** y las perforaciones creadas a partir de **perfiles de suelo** se restaurarán al estado original.

El mismo procedimiento se usa cuando se eliminan las perforaciones: las nuevas perforaciones se pueden eliminar, las perforaciones creadas a partir de los perfiles de suelo siempre se restauran desde el perfil de suelo correspondiente.

Si no queremos considerar una perforación creada para la generación del modelo geológico, es posible desactivar el botón "**Activo**" en la tabla.

Para los usuarios nuevos, le recomendamos que consulte primero [ejemplos de modelado](#) individuales.

La visualización del gráfico en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro "[Configuración de gráficos](#)" y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas "[Visualización](#)".

El botón "[Deshacer](#)" es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Creación del Modelo Geológico

El programa "**Estratigrafía**" permite crear un modelo geológico tridimensional de una manera muy simple. Los ejemplos más difíciles lógicamente e imposible modelarlos paso a paso.

El programa no toma ninguna decisión automáticamente, todas las decisiones deben ser confirmadas por el usuario. Después de comprender los principios básicos, es un trabajo fácil y agradable.

Los siguientes ejemplos muestran los **procedimientos básicos** para la **creación y modificación del modelo geológico**.

- [Proceso de creación de un modelo estratigráfico](#)
- [Creación de un modelo de terreno](#)
- [Modelo geológico con capas horizontales](#)
- [Modelo geológico con capas siguiendo el terreno](#)
- [Bordes del sitio de construcción - Bordes Activos](#)
- [Edición de capas de suelo](#)
- [Creación de lentes de suelo](#)
- [Creación de una nueva capa en el modelo](#)
- [Modelado de fallas](#)

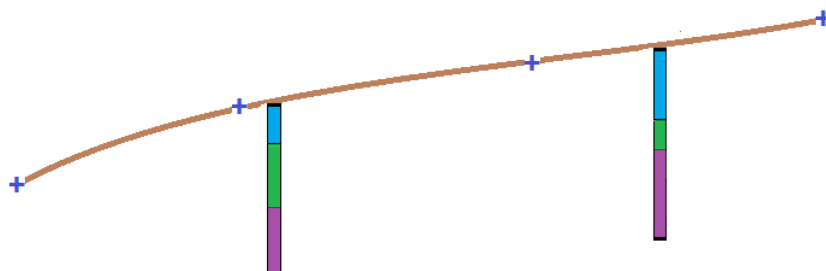
El botón "[Deshacer](#)" es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Proceso de creación del Modelo Geológico

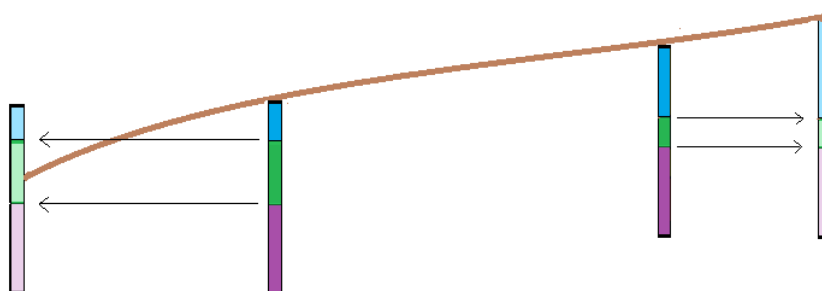
[Ejemplo siguiente](#)

Es necesario conocer el procedimiento de generación de un modelo geológico para un correcto entendimiento de la creación del modelo geológico.

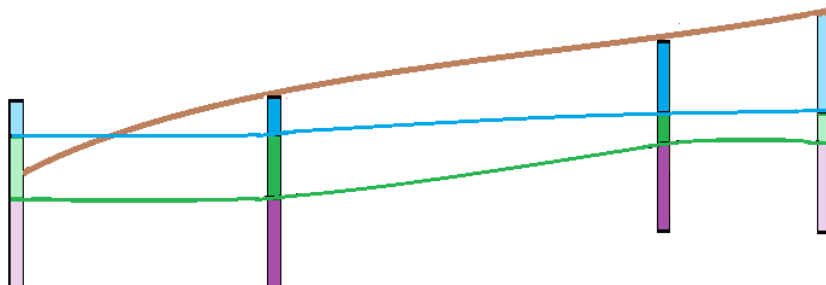
1. Primero, el modelo digital del terreno se crea a partir de los [puntos del terreno](#) y se [prueba](#) con una **coordenada z definida**. Luego, las perforaciones se colocan en el modelo.



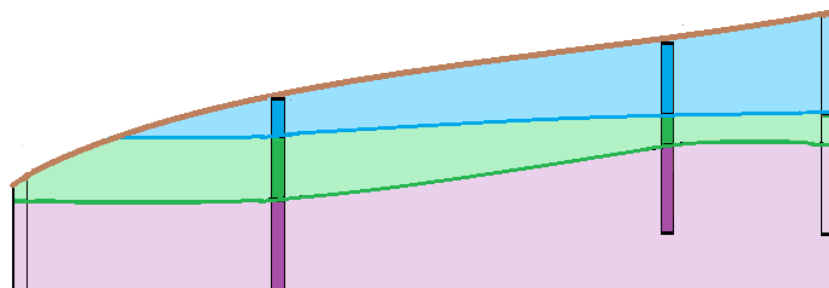
2. Las **perforaciones auxiliares** correspondientes a la **perforación activa** más cercana se generan automáticamente para todos los puntos de esquina del "sitio de construcción". En los límites del sitio de construcción, también se proyectan **todas las perforaciones** del **borde activo**.



3. Las **capas de suelo** y las **napas freáticas** se generan a partir de las perforaciones y las perforaciones auxiliares (en los puntos de los límites del sitio de construcción).



4. Se **verifican si las capas no se cruzan con el terreno** (u otras capas). La capa sobre el terreno se **corta** para seguir el terreno.



[Siguiendo Ejemplo](#)

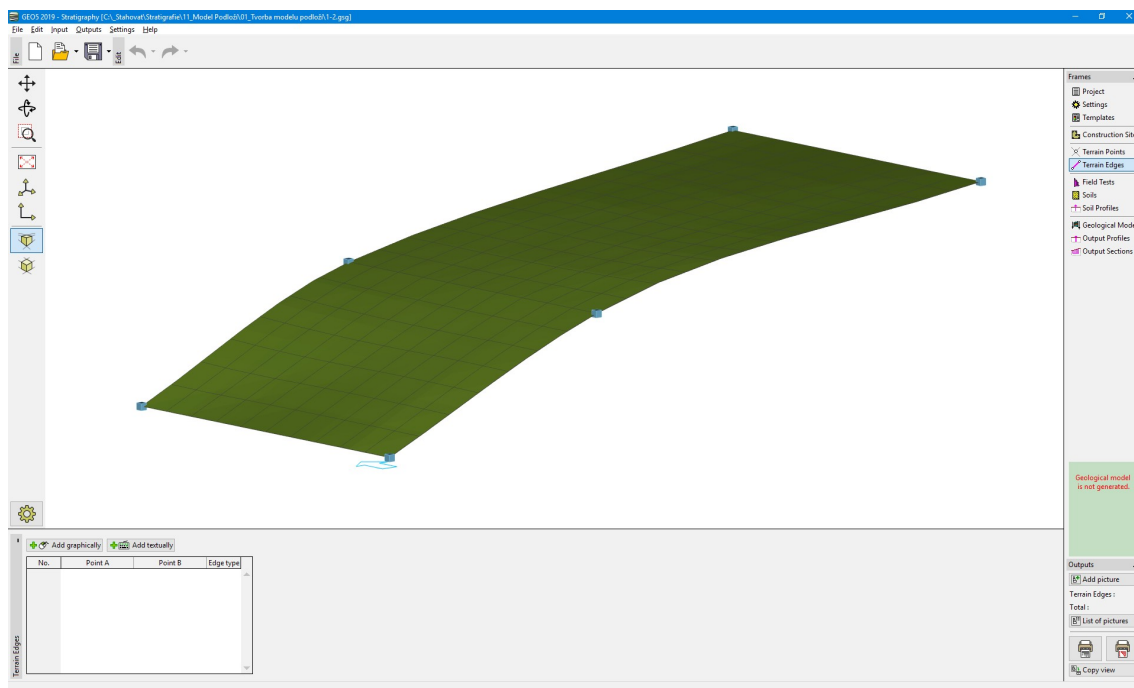
Creación del Modelo de Terreno

[Ejemplo previo](#) - [Siguiendo Ejemplo](#)

La creación de un **modelo de terreno digital** es el primer paso para la mayoría de las tareas. El modelo digital del terreno se crea en las dimensiones del sitio de construcción desde los **puntos del terreno ingresados**.

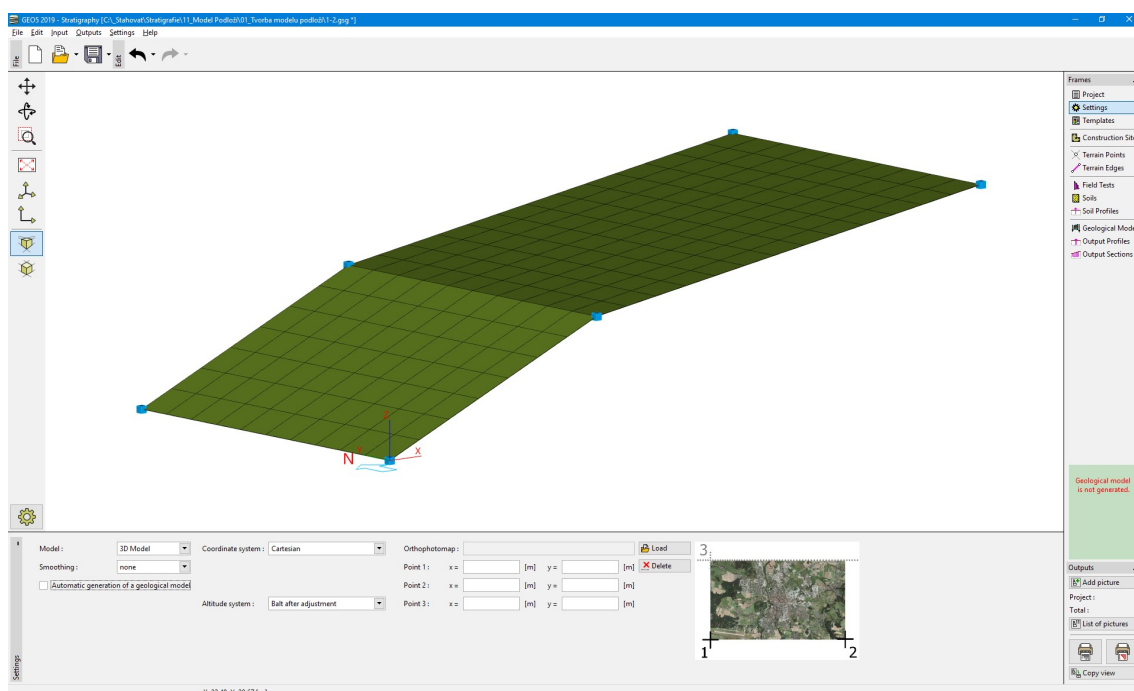
Los puntos del terreno se pueden ingresar o importar. El terreno se genera automáticamente después de cada cambio de los puntos ingresados. La forma del terreno también está influenciada por los **ensayos de campo** con **coordenada z definida**. Al modelar pendientes y terrenos rotos, la entrada del **borde activo** es importante.

En este ejemplo, se muestra una pendiente modelada a partir de seis puntos $[x; y; z]$ $[0; 0; 0]$, $[0; 10; 0]$, $[7; 0; 3]$, $[7; 10; 3]$, $[20; 0; 5]$, $[20; 10; 5]$.



Terreno con suavizado medio

La forma del modelo puede verse muy influenciada al suavizar las superficies entre los triángulos. El suavizado se ingresa en el cuadro "**Configuraciones**". El modelo anterior fue diseñado para el suavizado "**Medio**". Si el suavizado está configurado en "**ninguno**", el modelo se ve de la siguiente manera.



Terreno sin suavizado

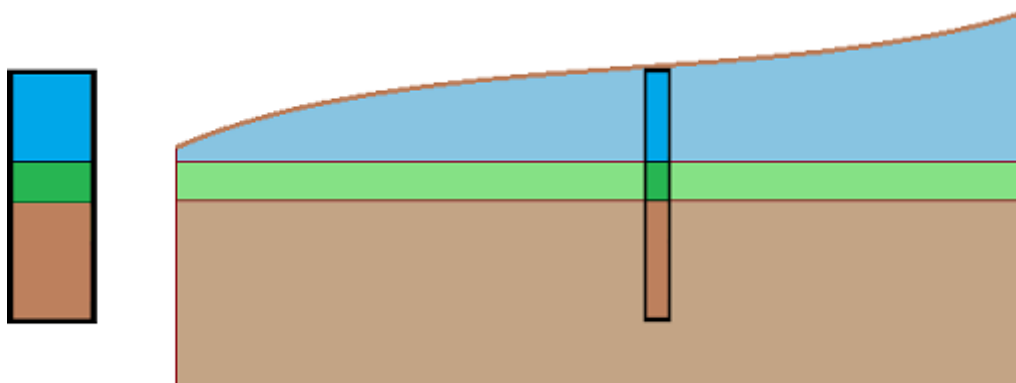
Un alisamiento más grande permite crear modelos más realistas, pero la generación puede ser más lenta en caso de una mayor cantidad de capas. A veces, para un modelo más grande, se recomienda crear un modelo completo sin suavizado y activarlo cuando se crean documentos de salida o secciones transversales.

[Ejemplo previo](#) - [Siguiente Ejemplo](#)

Modelo Geológico con Capas Horizontales

[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

Crearemos un modelo geológico con capas horizontales según la siguiente imagen.



Primero, ingresamos a un ensayo de campo (tipo perforación) en el cuadro "[Ensayos de campo](#)": el nombre **BH 1**, las coordenadas $[x; y; z]$ - $[5; 5; \text{en el terreno}]$, el espesor de las capas $[2; 1; 3]$

Selección de tipo de ensayo de campo

Test parameters

Test name: BH 1

Coordinate: x = 5,00 [m] y = 5,00 [m]

Height: automatically on terrain z = 2,24 [m]

Depth of the 1st point from original terrain: d₁ = 0,00 [m]

Overall depth: d_{tot} = 6,00 [m]

☒ Field test generates test profile

Layers Samples Table GWT

Layer Number	Thickness t [m]	Depth d [m]	Soil name
1	2,00	0,00 .. 2,00	blue
2	1,00	2,00 .. 3,00	green
3	3,00	3,00 .. 6,00	brown

Soil profile

Depth [m]

0,0 0,3 0,6 0,9 1,2 1,5 1,8 2,1 2,4 2,7 3,0 3,3 3,6 3,9 4,2 4,5 4,8 5,1 5,4 5,7 6,0

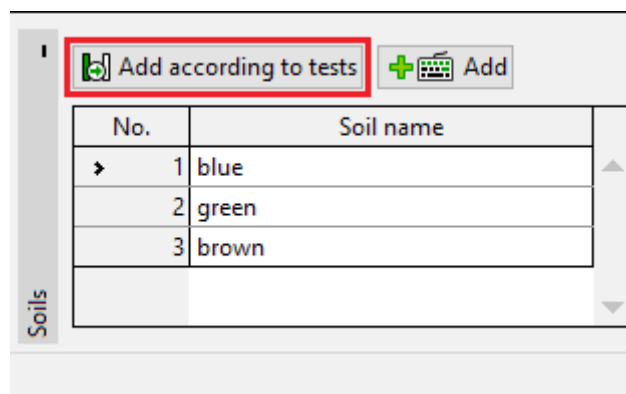
blue green brown

1 2 3

Print log Import Add + Close Add Cancel

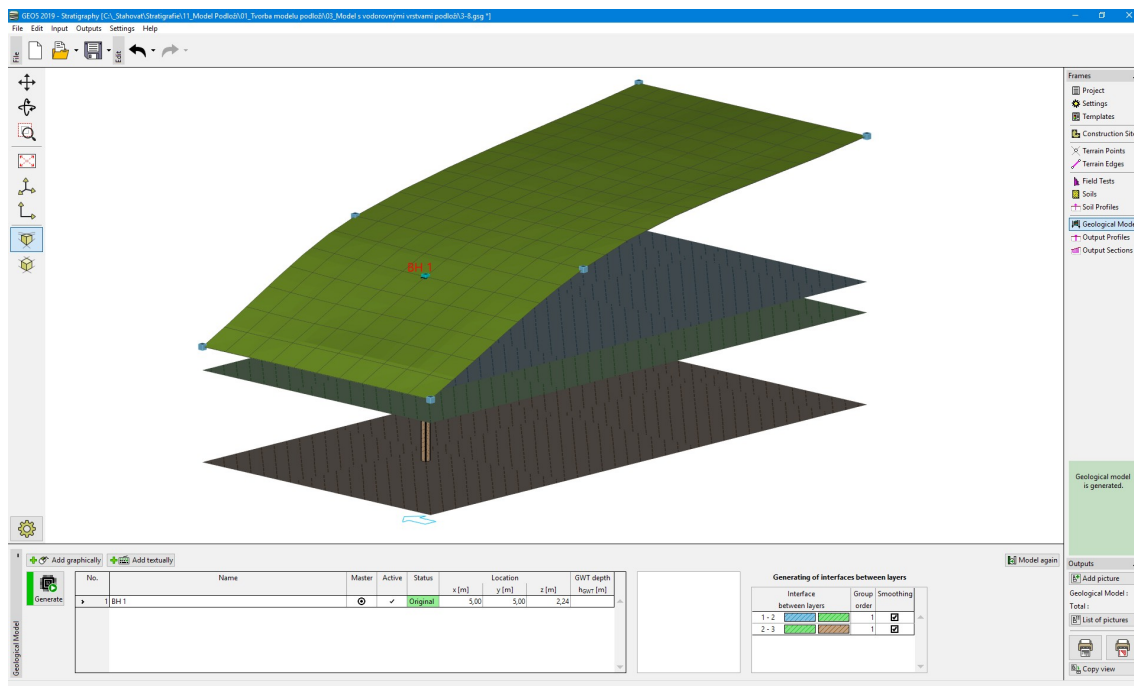
Entrada de Perforación

Los suelos [azul, verde, marrón] se pueden añadir directamente en la ventana "**capas de perforación**" o en el cuadro "Suelos". La forma más fácil es copiar todos los suelos de las pruebas usando el botón "**Añadir desde ensayos de campo**". Se crea la lista de suelos utilizados en pruebas.



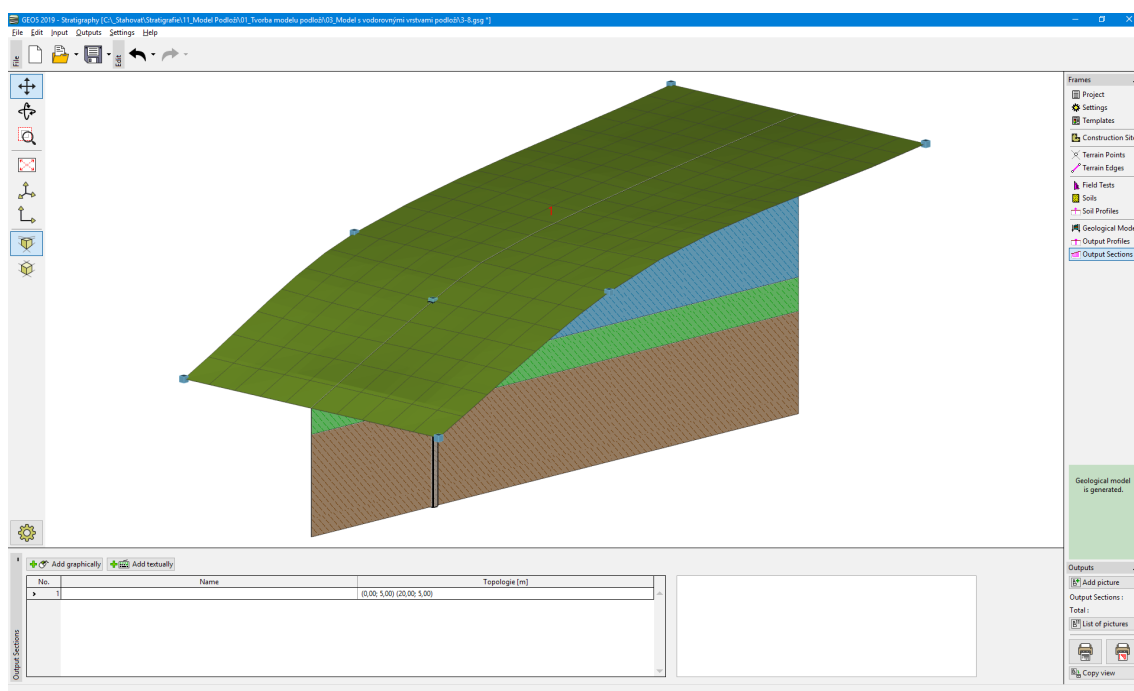
Añadir suelos desde ensayos de campo

El **perfil de prueba** y la **perforación** se crean automáticamente a **partir del ensayo (tipo perforación)**. Después de cambiar al cuadro "**Modelo geológico**", se genera el modelo requerido (si se selecciona generación manual en el cuadro "**Configuraciones**", es necesario utilizar el botón "**Generar**").



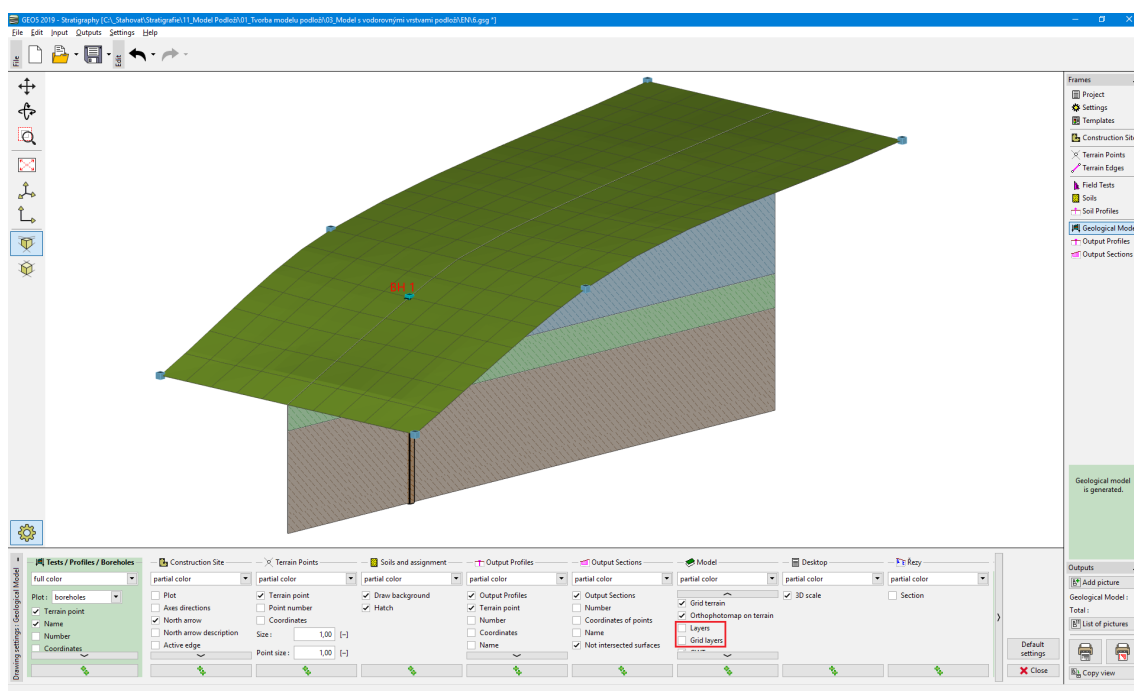
Modelo generado

Para una visión más clara, es apropiado ingresar una sección transversal en el cuadro "**Secciones de salida**" - puntos $[x; y]$ - $[0; 5]$, $[20; 5]$.



Visualización de modelo utilizando Secciones transversales

Es necesario cambiar la configuración del dibujo para una correcta visualización de la sección transversal en el cuadro **"Modelo geológico"**.



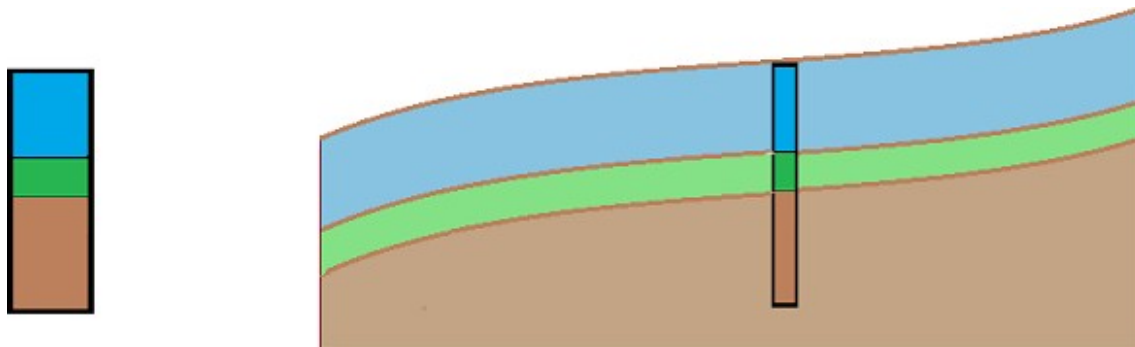
Cuadro "Modelo Geológico" - configuración de gráficos

Ejemplo previo - Ejemplo siguiente

Modelo geológico con Capas siguiente el Terreno

Ejemplo previo - Ejemplo siguiente

Ahora creamos un modelo geológico con las capas que siguen el terreno.

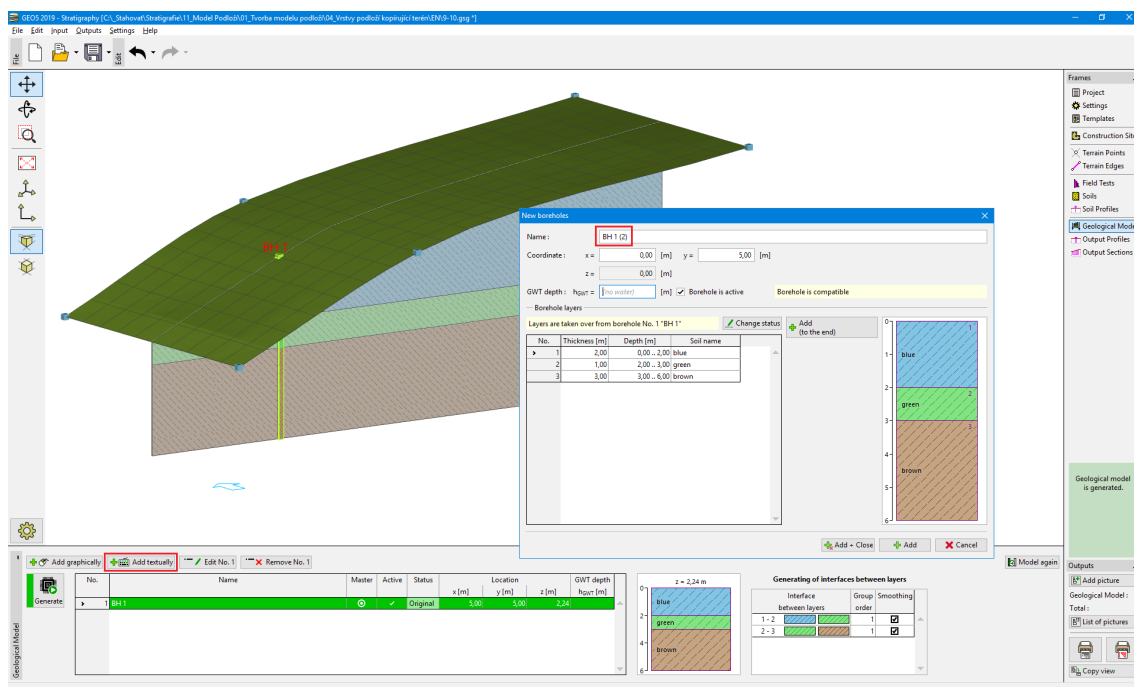


Continuaremos con el ejemplo anterior. El procedimiento de modificación es evidente a partir de la siguiente imagen: es necesario ingresar **nuevas perforaciones** en los límites del sitio de construcción.



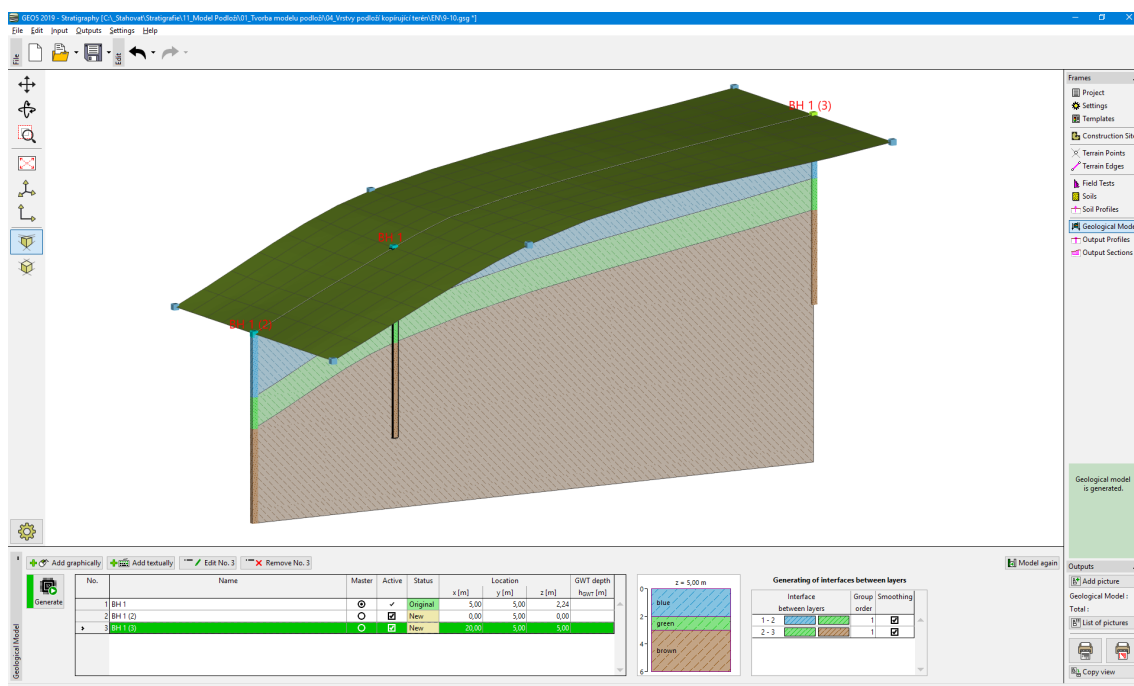
En el cuadro "**Modelo geológico**", seleccione una perforación "**BH 1**" y defina nuevas perforaciones en los puntos [0; 5], [20; 5] (usando los botones "**Añadir gráficamente**" o "**Añadir textualmente**"). Si no se seleccionó la perforación antes de presionar el botón "**Añadir gráficamente**" o "**Añadir textualmente**", las nuevas perforaciones no copiarán la perforación "**BH 1**", sino que se corresponderán con el modelo geológico ya creado.

En la ventana de diálogo "**Nuevas perforaciones**", podemos ver que los datos de la nueva perforación se copian de la perforación "**BH 1**".



Cuadro "Nueva Perforación"

Se crea el modelo.



Modelo Final

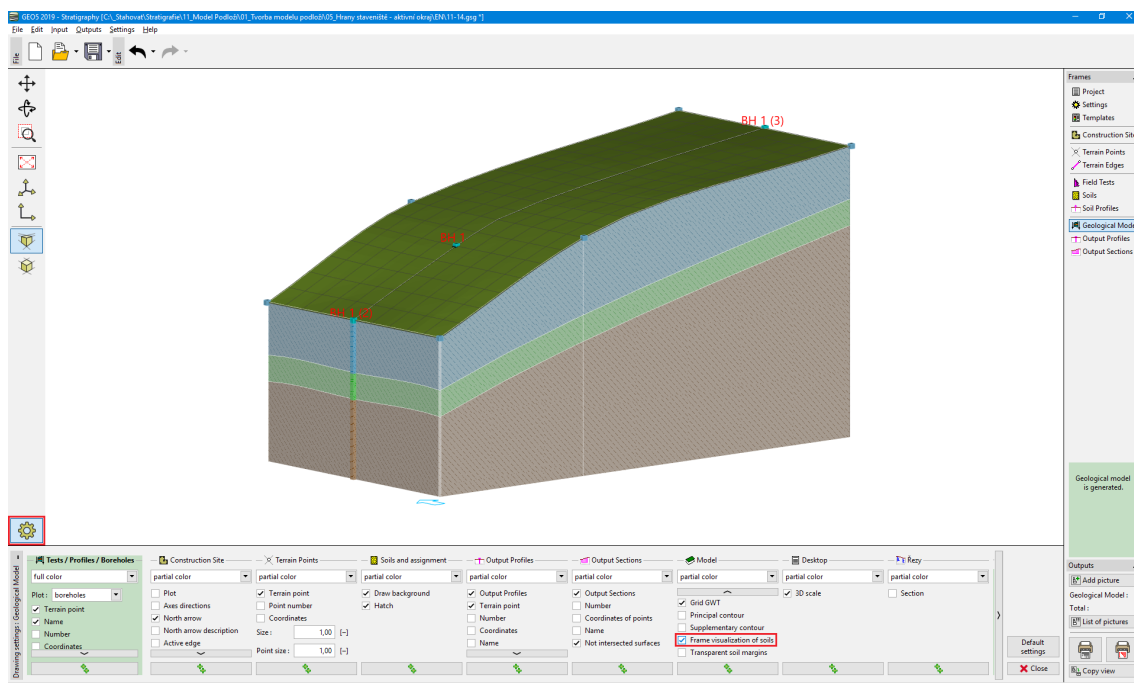
[Ejemplo previo - Ejemplo siguiente](#)

Bordes del Sitio de Construcción - Bordes Activos

[Ejemplo previo - Ejemplo siguiente](#)

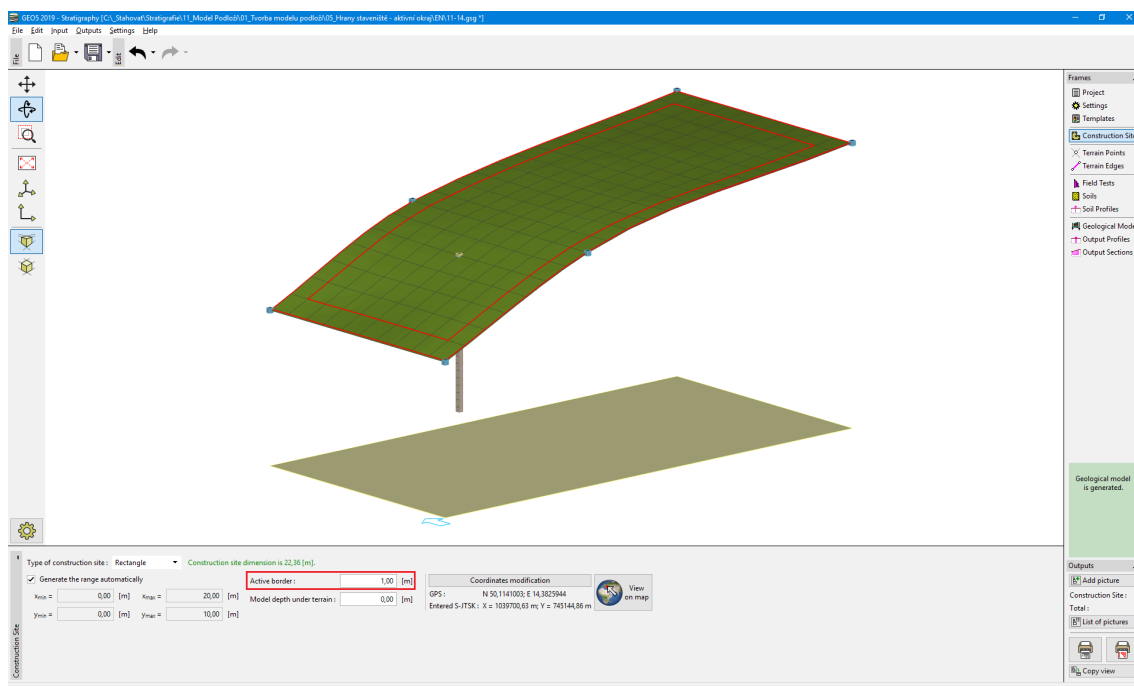
Active la "**Visualización de cuadro de suelos**" en el cuadro configuración de gráfico de la tarea anterior.

Los bordes del modelo se crean solo a partir de perforaciones asistentes en las esquinas del modelo: las capas son casi rectas en los bordes del modelo.



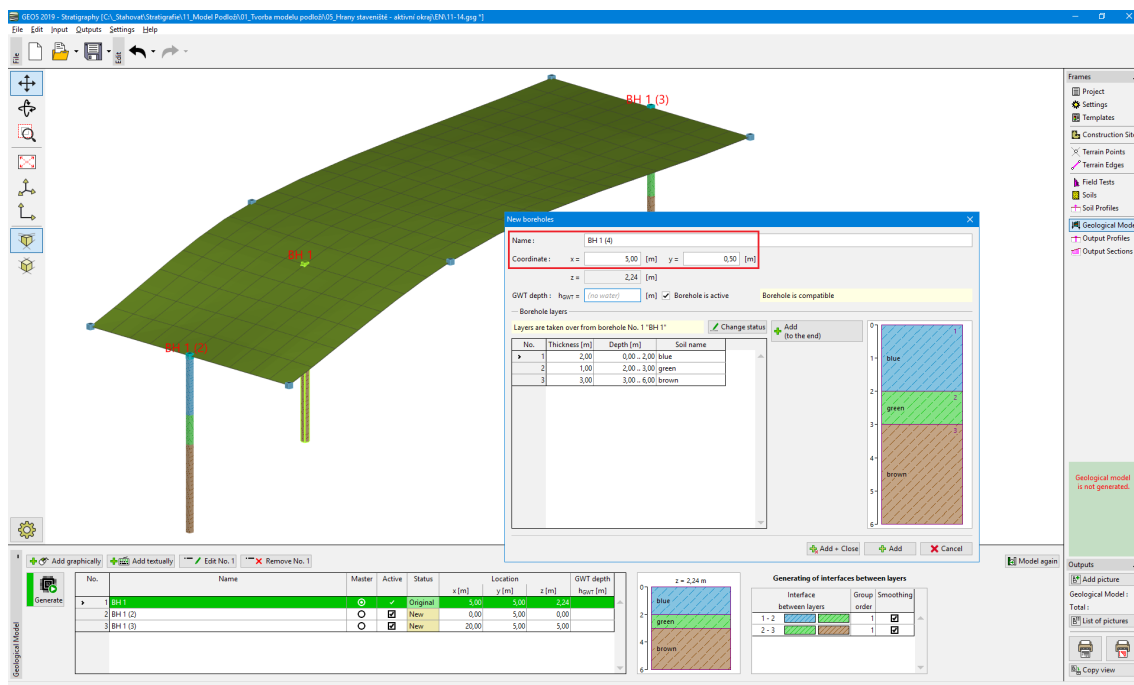
Modelo geológico con capas rectas en los bordes

Cambie al cuadro "**Sitio de construcción**" e ingrese un "**Borde activo**" de 1 m. El borde activo se marca en rojo.



Active edge visualization - "Construction Site" frame

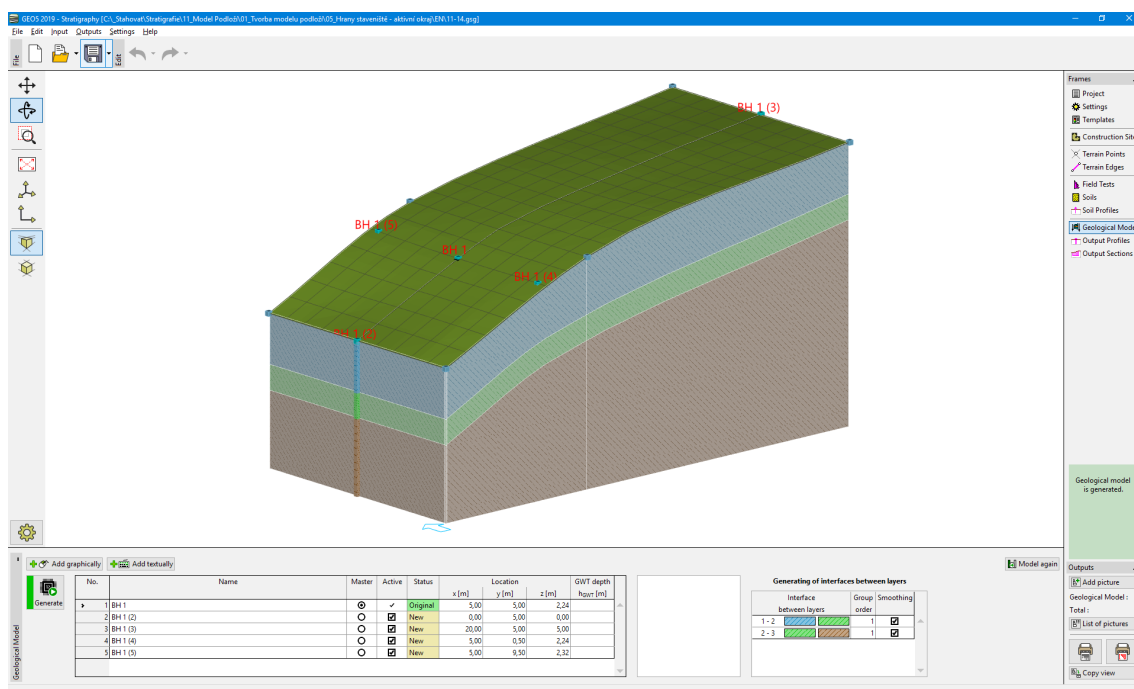
La perforación **"BH 1"** no está en el borde activo, por lo que el modelo generado sigue siendo el mismo. Cambie al cuadro **"Modelo geológico"**, seleccione la perforación **BH 1** y agregue dos nuevas perforaciones **"BH 1 (4)"** [5; 0,5] y **"BH 1 (5)"** [5; 9,5] con el botón **"Añadir textualmente"**.



Input of new boreholes into the active zone

Both boreholes lie in the active zone - during generation of model, temporary assistant boreholes with the same layers are created on the borders of the model.

The edges of model have significantly changed. Now the shape of the layers is the same as in the cross section in the middle.



Modelo Final

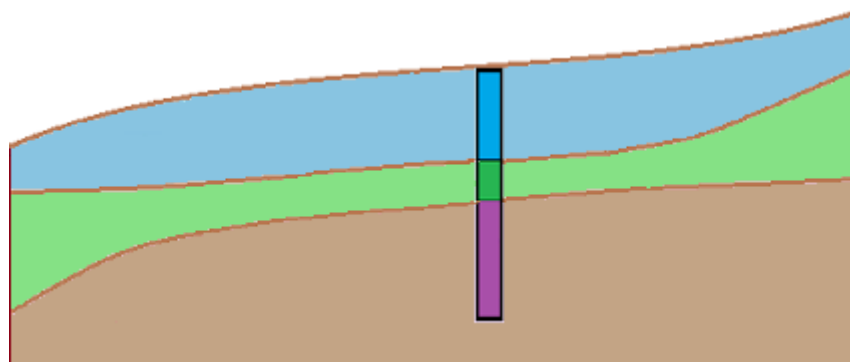
Al modelar construcciones reales, es razonable ingresar un borde activo para llegar a los **puntos y perforaciones más cercanos** desde el borde del sitio de construcción.

[Previous example](#) [Next example](#)

Editar Capas de Suelo

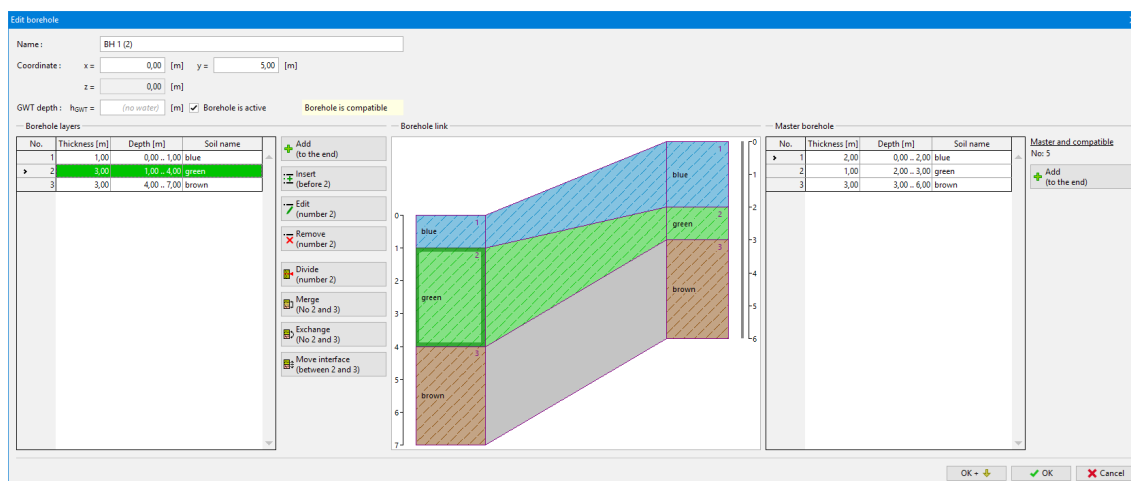
[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

Ahora modificamos la capa verde para expandirnos a los bordes del modelo.



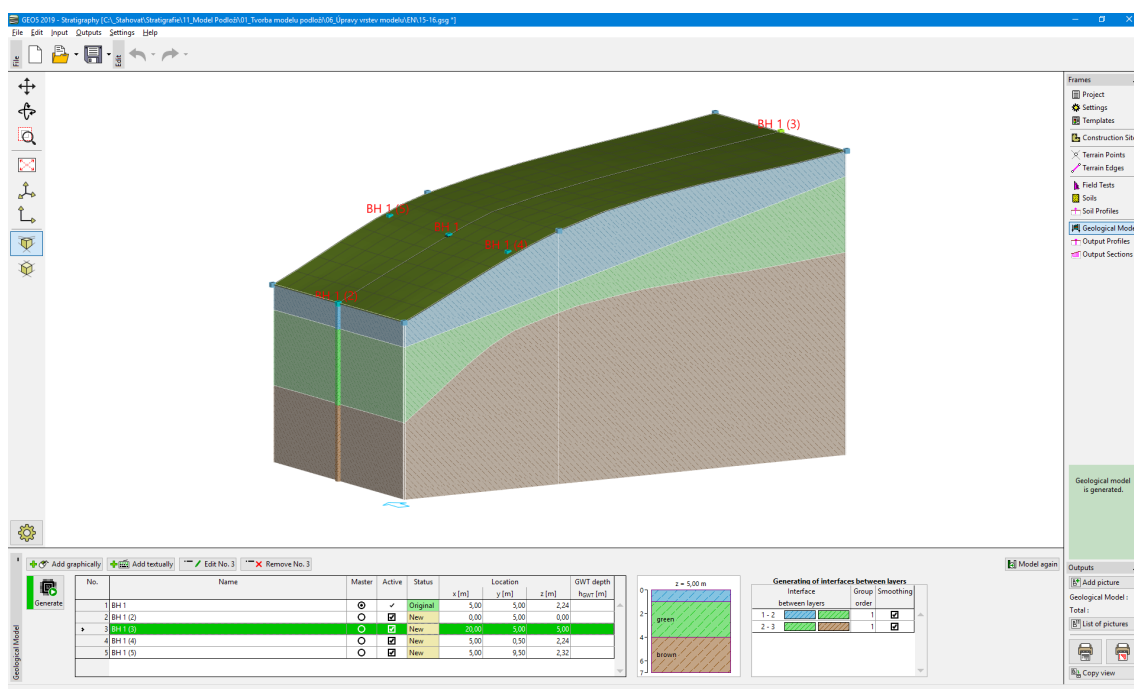
Asignación: extensión de la capa verde

Usamos el cuadro de diálogo "**Editar perforación**". Realizamos las mismas **modificaciones para las nuevas perforaciones BH 1(2) y BH 1(3): aumente el espesor de la capa verde de [1 m] a [3 m] y reduzca el espesor de la capa azul de [2 m] a [1 m]**.



Cuadro "Editar perforaciones"

De esta manera, el modelo se modifica.



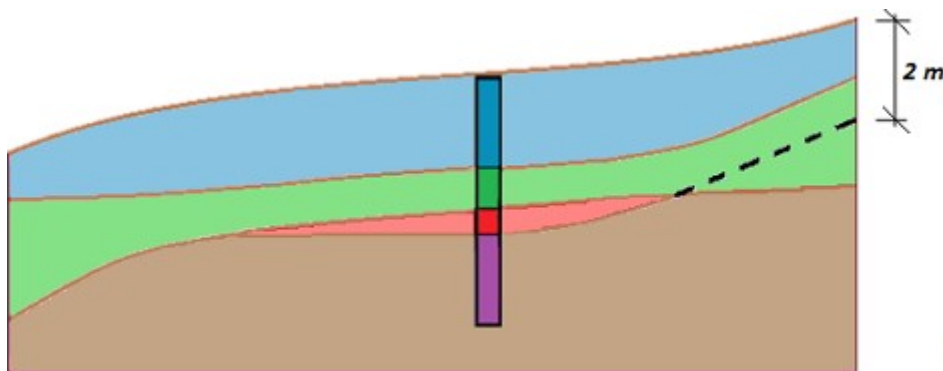
Modelo Modificado

[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

Creación de lentes de Suelo

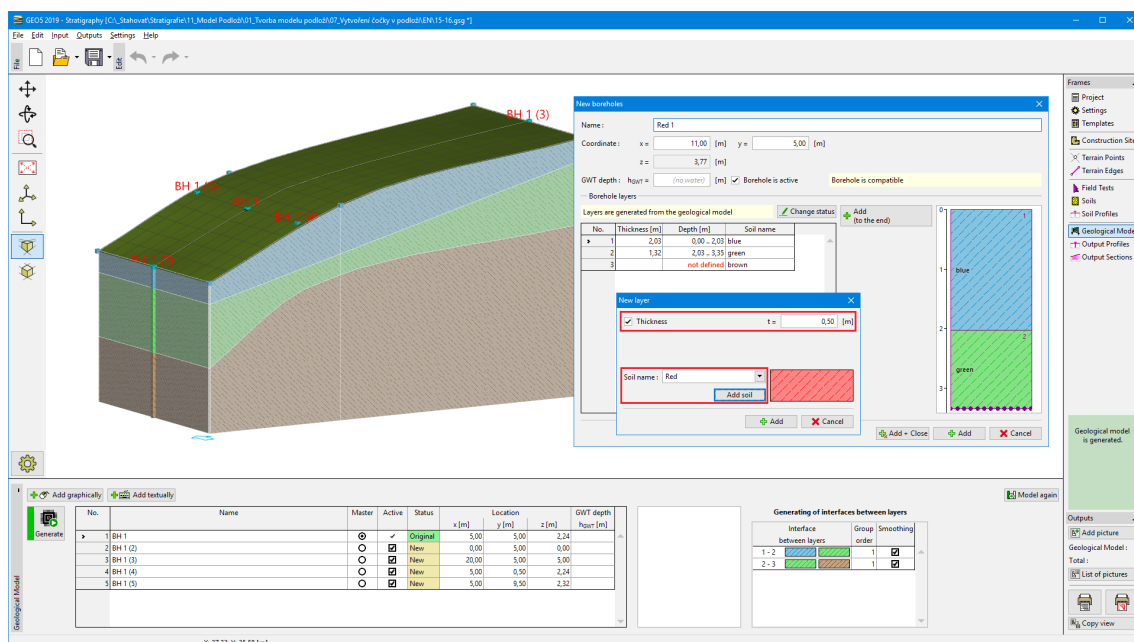
[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

Ahora modelamos una "**lente de suelo**" según la siguiente imagen.



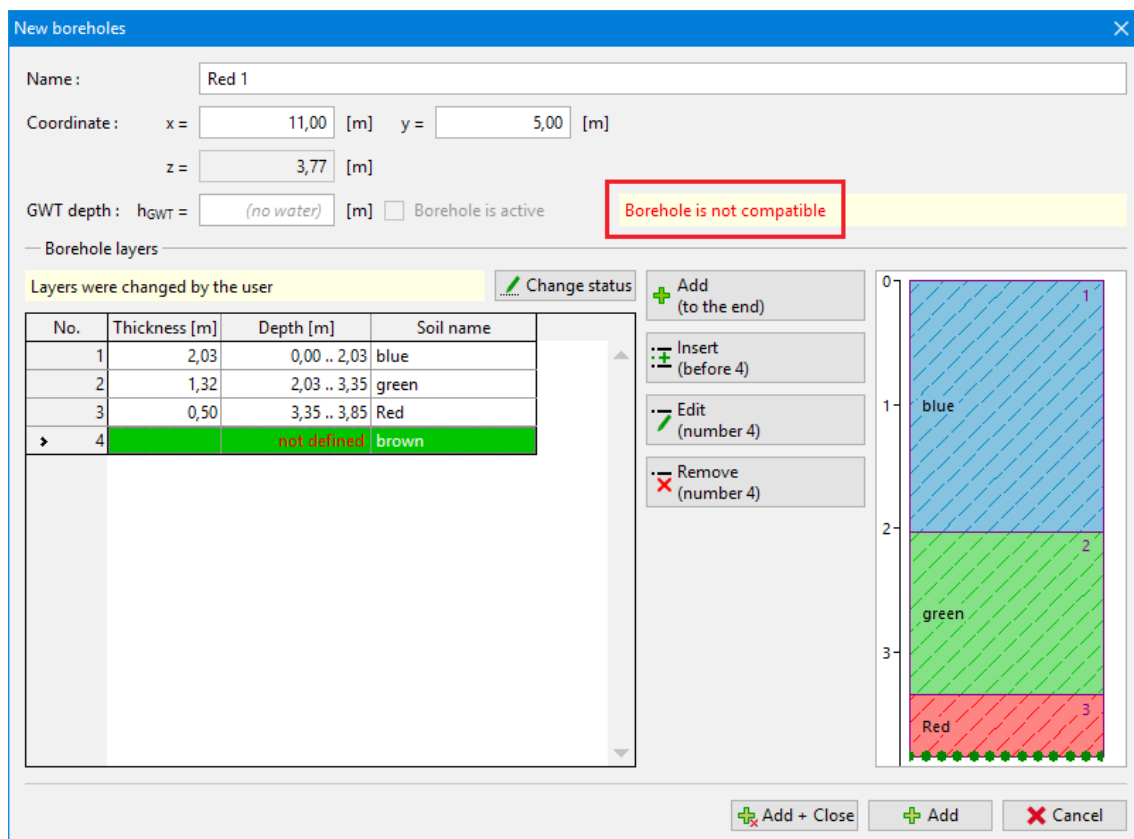
Luego, definimos una nueva perforación en el medio de la lente [11; 5] e ingresamos una nueva capa de tierra (**Red 1**), con un espesor de [0,5 m], usando el botón "**Insertar (antes ded 3)**".

Note: En la ventana de diálogo "**Nueva Perforación**", se muestra la información sobre la creación de la perforación. En nuestro caso, se muestra la descripción "**Las capas se generan a partir del modelo geológico**". Si la información es diferente (copiamos otra perforación), es posible cambiarla presionando el botón "**Cambiar estado**".



Input of new borehole in the middle of soil lens

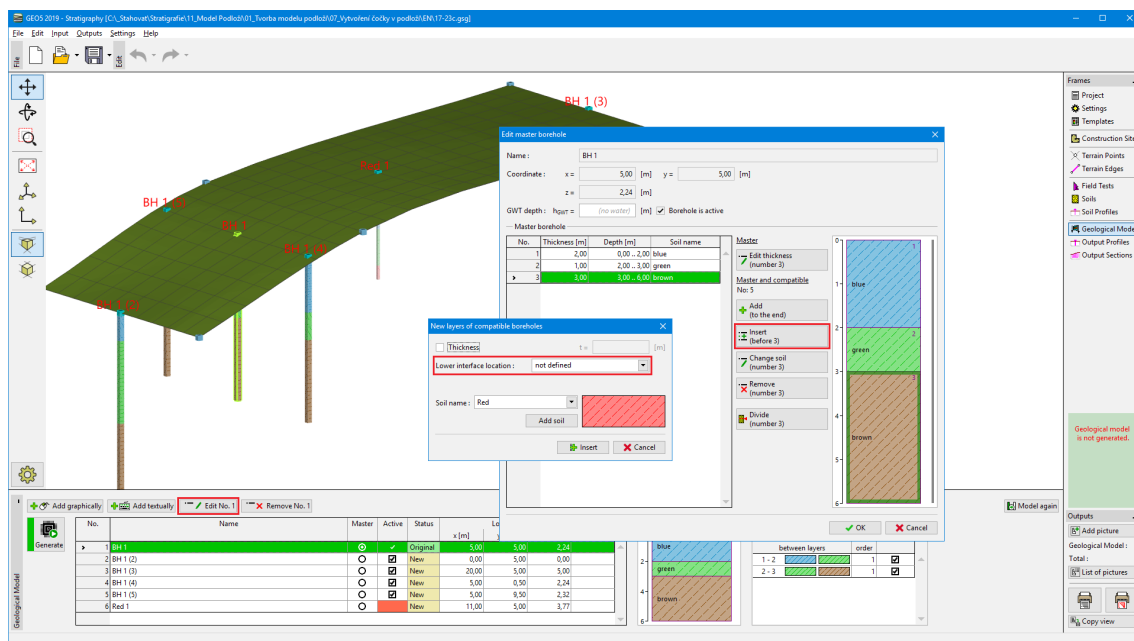
Después de agregar, esta perforación se muestra en rojo y no está activo, porque no es compatible con las demás perforaciones.



Borehole in the middle of soil lens

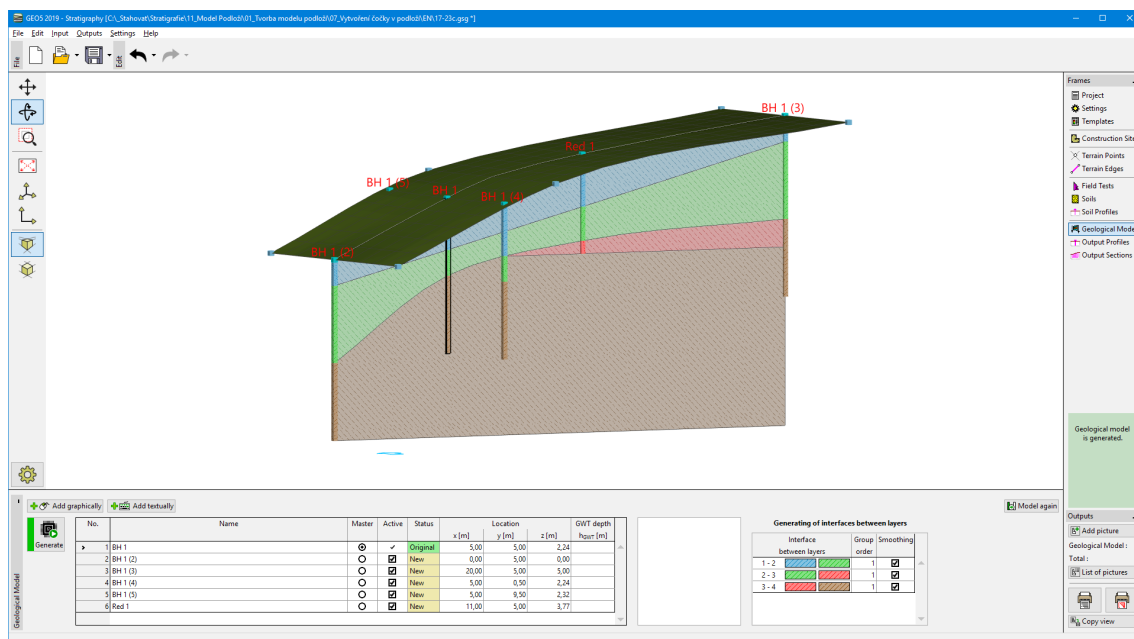
Next we modify master borehole (always on the right side). We add a **red layer** between

green and brown layers. We will not enter a thickness of this layer, we set a location of lower interface of layer as a **"not defined"**.



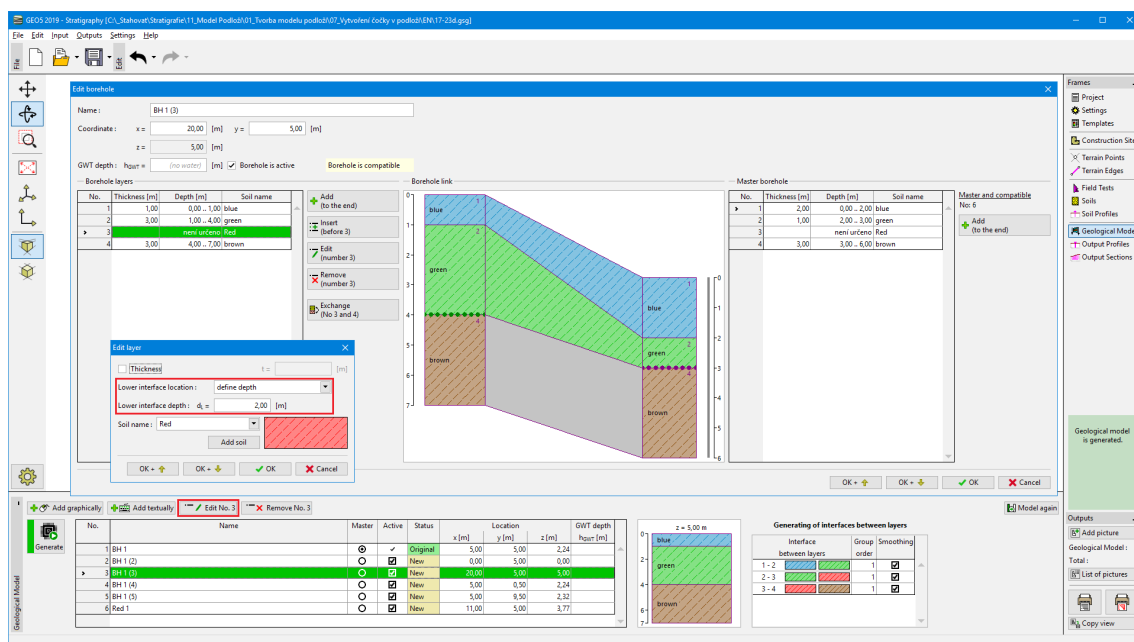
Modification of master borehole

This red layer is subsequently transferred to all other boreholes, but it has no exact location. The layer thickness used in the model generation is defined only in the borehole **"Red 1"**.



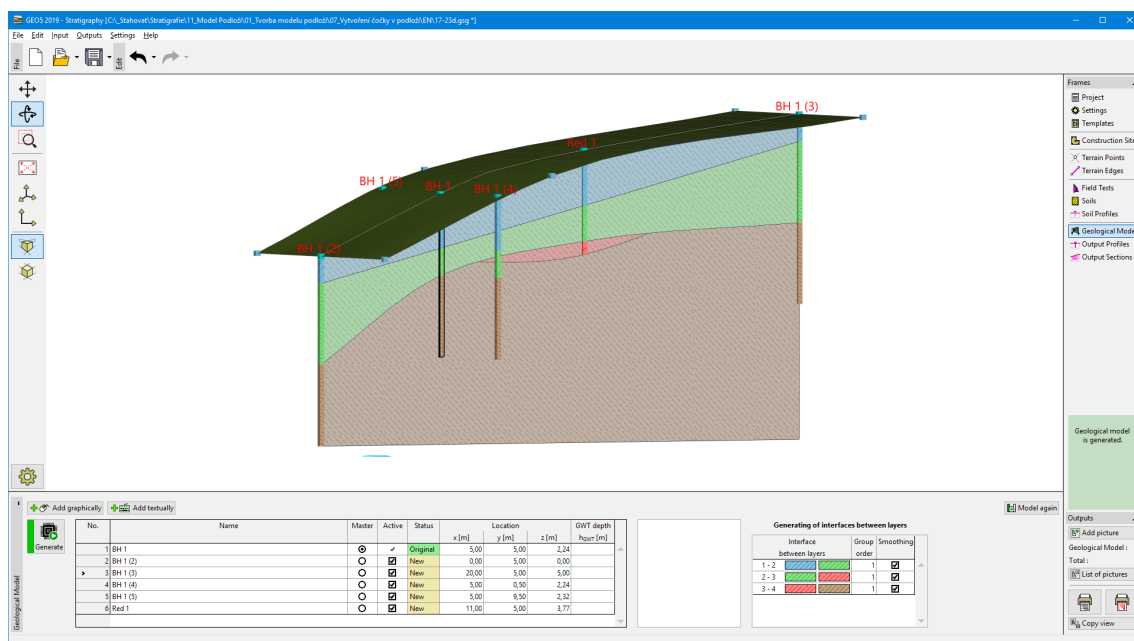
Model after adding the red layer to Master borehole

Now we modify red soil layer in the borehole **BH 1 (3)**. We change location of lower interface from **"not defined"** to **"define depth"** and enter **the depth of lower interface** of red layer [2 m]. (The depth is measured from the top of the borehole, positive values downward, negative upward).



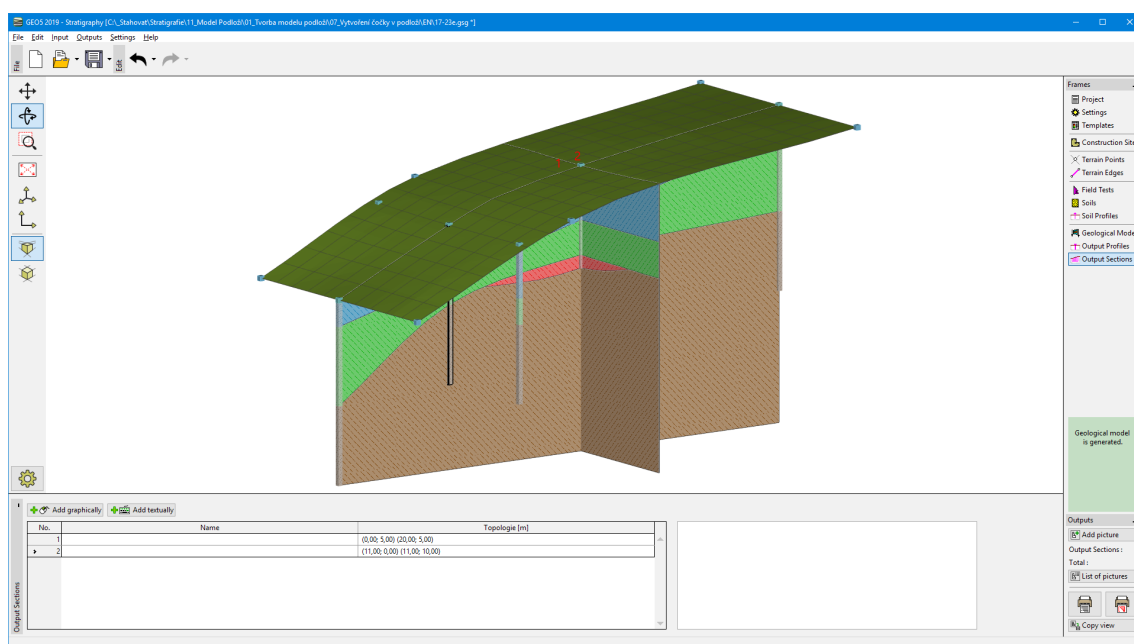
Modification of borehole BH 1 (3)

The model with red soil len is ready.



Final model with soil lens

Para una mejor visualización agregamos una nueva sección con coordenadas [11; 0], [11; 10].



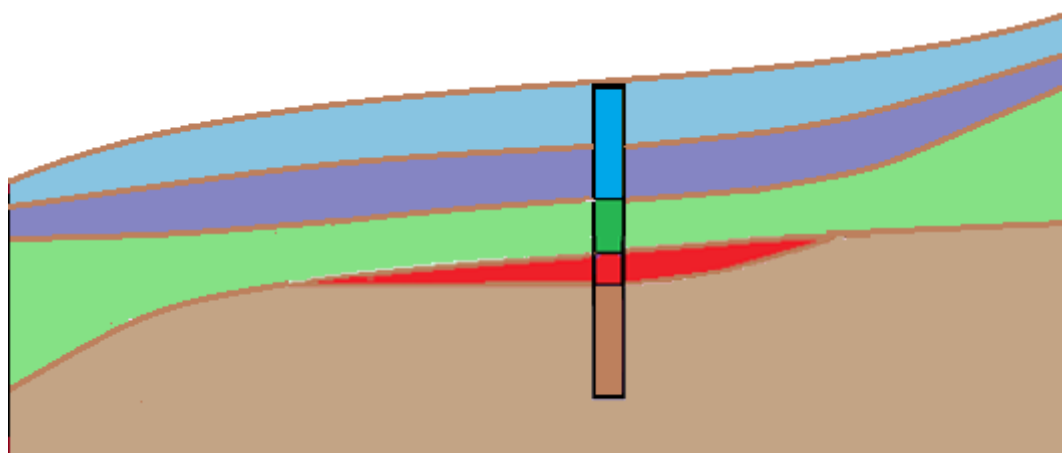
Modelo final con lente de suelo

[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

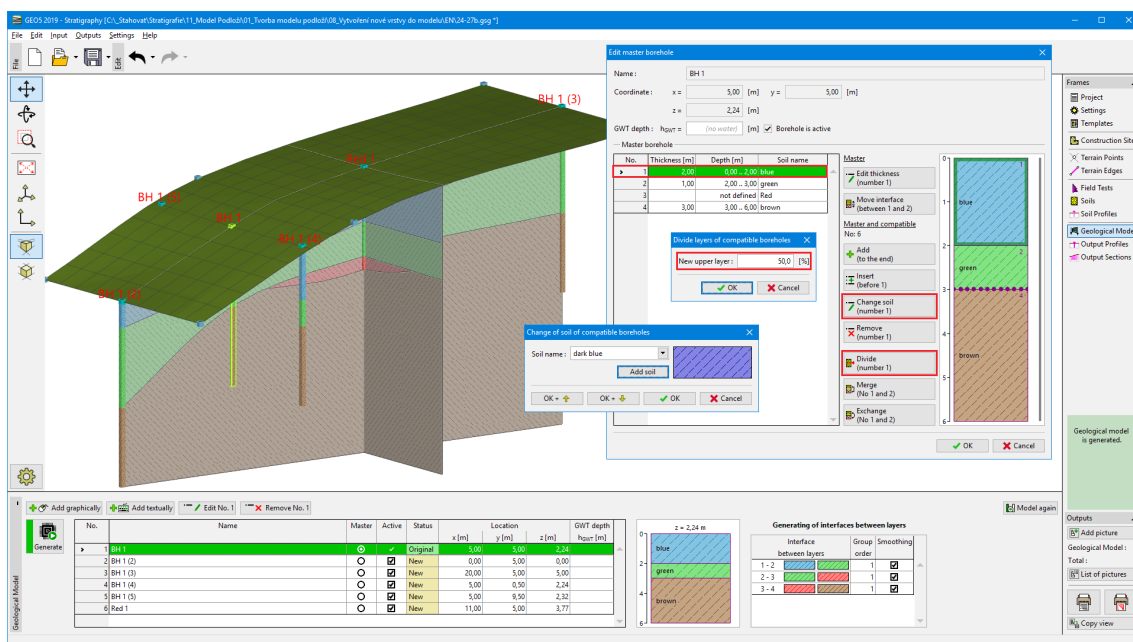
Creación de una Nueva Capa dentro del modelo

[Ejemplo previo](#) - [Ejemplo siguiente](#)

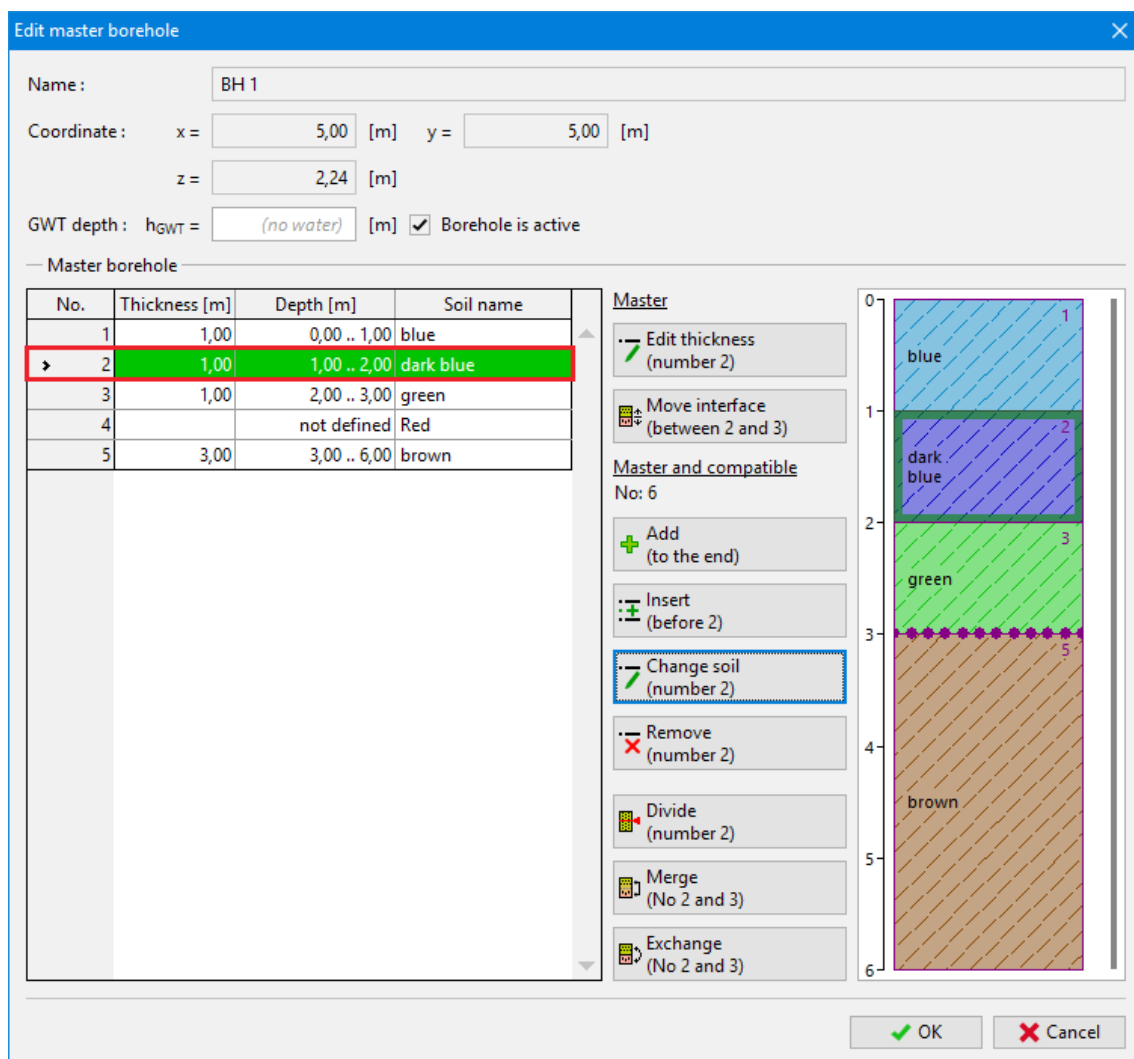
Queremos dividir una capa azul del ejemplo anterior en dos capas: azul y azul oscuro. La división y fusión de capas es común principalmente debido a cambios en los parámetros del suelo en profundidad.



En el cuadro del "**Modelo geológico**", editamos la **perforación principal**: primero, dividimos la capa azul con el botón "**Dividir capa (No.1)**", y luego, cambiamos la nueva capa inferior a azul oscuro usando "**Cambiar suelo (No.2)**".

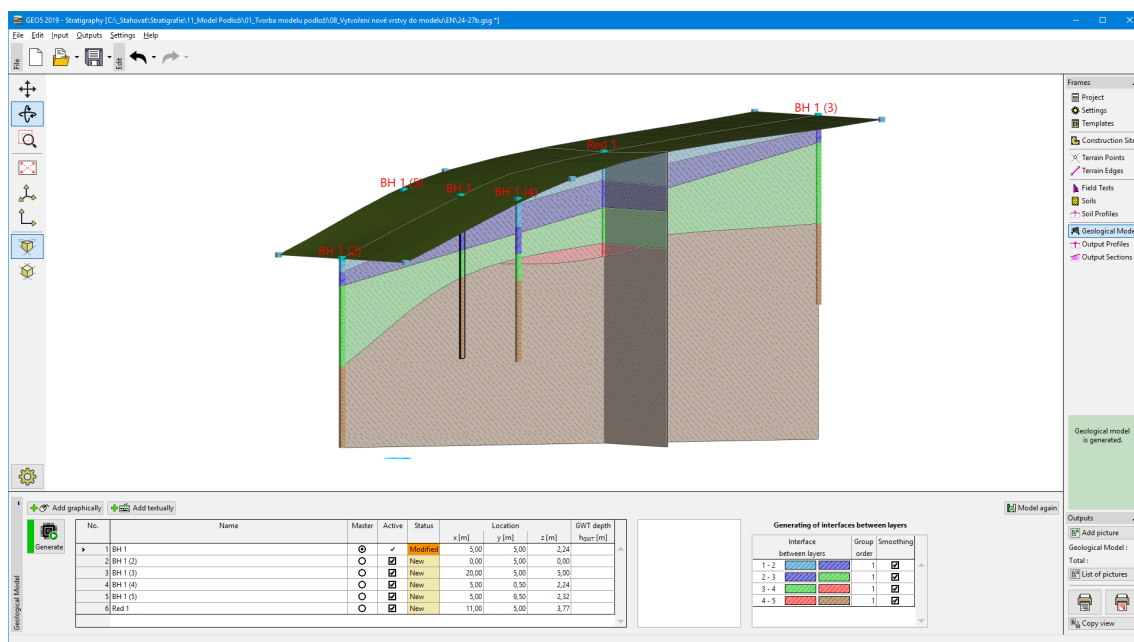


Ventana de diálogo "Editar perforación principal" - antes de la modificación



Dialog window "Edit master borehole" - after modification

Después de la generación del modelo, la capa se cambia.



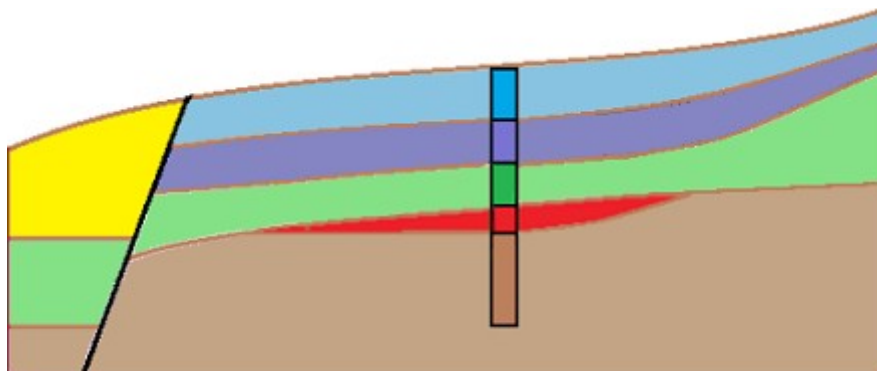
Modelo Final

Ejemplo previo - Ejemplo siguiente

Modelling of Fault

Ejemplo previo

El objetivo de este ejemplo es modelar una **falla geológica** que atraviesa el sitio de construcción. En el lado izquierdo del sitio de construcción, el subsuelo está creado por el suelo amarillo con un espesor de 3 m, otras capas están debajo de esta capa.



Firstly we enter a fault interface to the master borehole using "**Insert (before 1)**" button. We enter a **depth of lower interface location** as [-10 m] - it is located high above the terrain. The fault is made up of new soil "**Black**".

Edit master borehole

Name: **BH 1**

Coordinate: x = 5,00 [m] y = 5,00 [m]
z = 2,24 [m]

GWT depth: h_{GWT} = (no water) [m] ☒ Borehole is active

— Master borehole

No.	Thickness [m]	Depth [m]	Soil name
1		$d_L = -10,00$ m	Black
2	1,00	0,00 .. 1,00	blue
3	1,00	1,00 .. 2,00	dark blue
4	1,00	2,00 .. 3,00	green
5		not defined	Red
6	3,00	3,00 .. 6,00	brown

Master

Edit thickness (number 1)

Master and compatible

No: 6

Add (to the end)

Insert (before 1)

Change soil (number 1)

Move (number 1)

Change (1 and 2)

New layers of compatible boreholes

☐ Thickness t = [m]

Lower interface location: define depth

Lower interface depth: $d_L = -10,00$ [m]

Soil name: Black

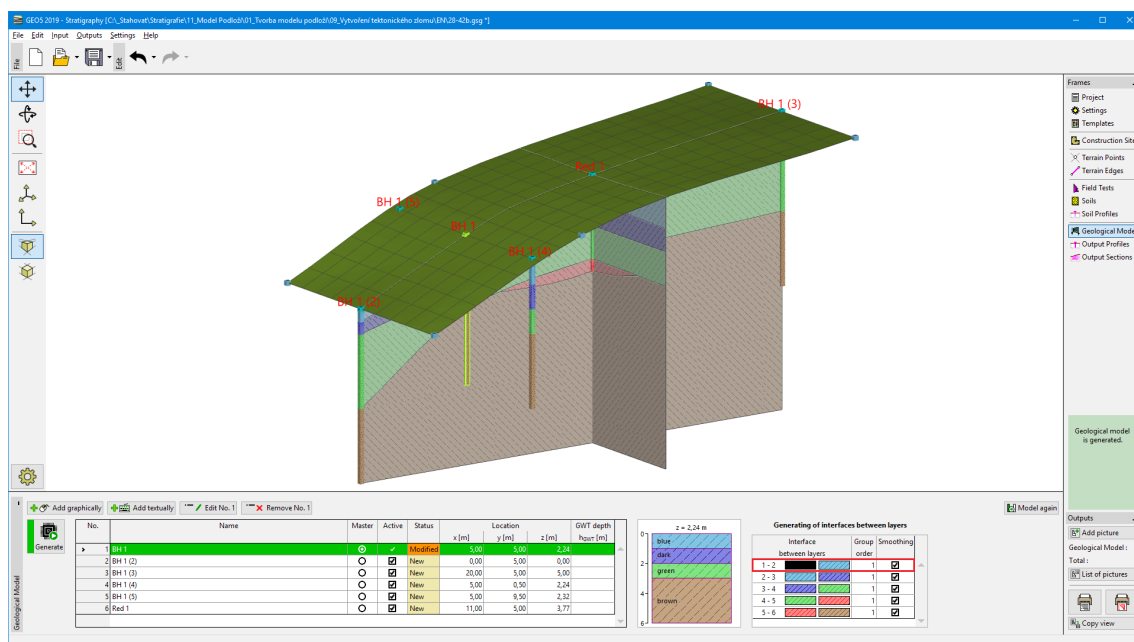
Add soil

Insert Cancel

OK Cancel

Input of new soil / fault in master borehole

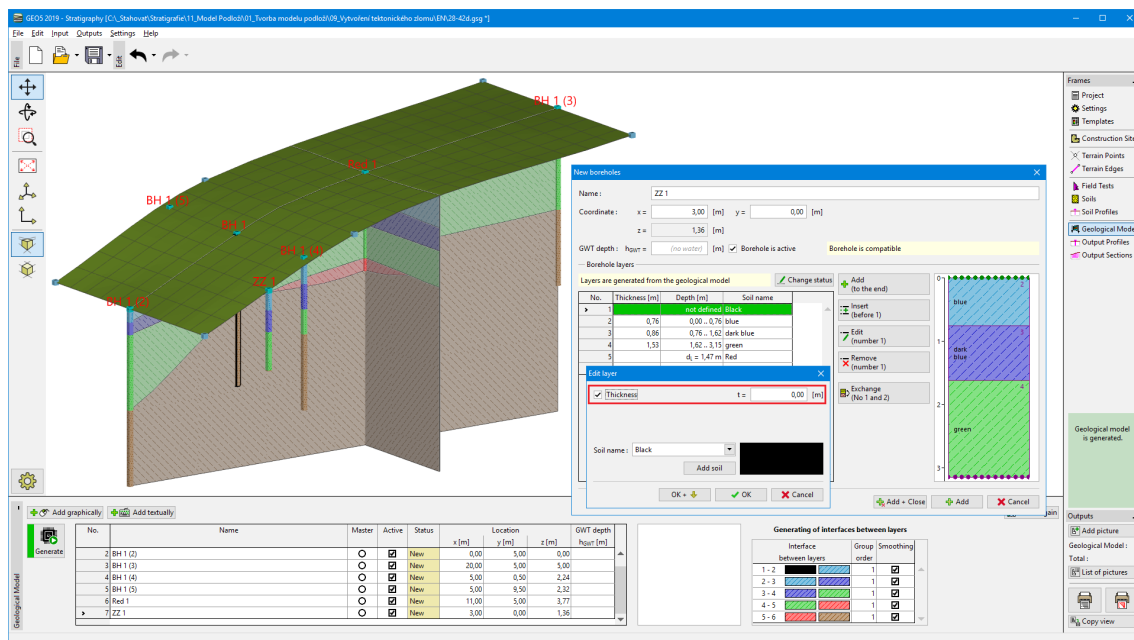
After generating, the model remains same, but we can see a new layer (fault) in the bottom right corner. For better clarity we used a black color.



Model with new black layer what represents a fault

In following steps we define a location of fault on the terrain. We define boreholes **ZZ 1** [3; 0], **ZZ 2** [3,7; 5] and **ZZ 3** [4; 10] step by step.

During text input of borehole, firstly empty dialog window is shown. After coordinates input [3; 0], the geological profile is loaded from the model. **Now we change properties of upper black layer (fault) and enter its thickness as a [0 m].**



Input of borehole ZZ 1 determining the location of fault on the terrain

New boreholes

Name:

Coordinate: x = [m] y = [m]

z = [m]

GWT depth: h_{GWT} = [m] ☒ Borehole is active Borehole is compatible

— Borehole layers

Layers are generated from the geological model Change status

No.	Thickness [m]	Depth [m]	Soil name
1		not defined	Black
2	0,76	0,00 .. 0,76	blue
3	0,86	0,76 .. 1,62	dark blue
4	1,53	1,62 .. 3,15	green
5		d _t = 1,47 m	Red

Edit layer

☒ Thickness t = [m]

Soil name: [Redacted]

Input of borehole ZZ 1 determining the location of fault on the terrain

We leave using "**Add + close**" and regenerate the model.

We repeat a process also for boreholes **ZZ 2** and **ZZ 3** (set a black layer as a [0 m] thickness).

The model must be regenerated after each borehole input. It is necessary for correspondation of borehole to original geological model.

New boreholes

Name:

Coordinate: x = [m] y = [m]

z = [m]

GWT depth: h_{GWT} = [m] ☒ Borehole is active Borehole is compatible

— Borehole layers

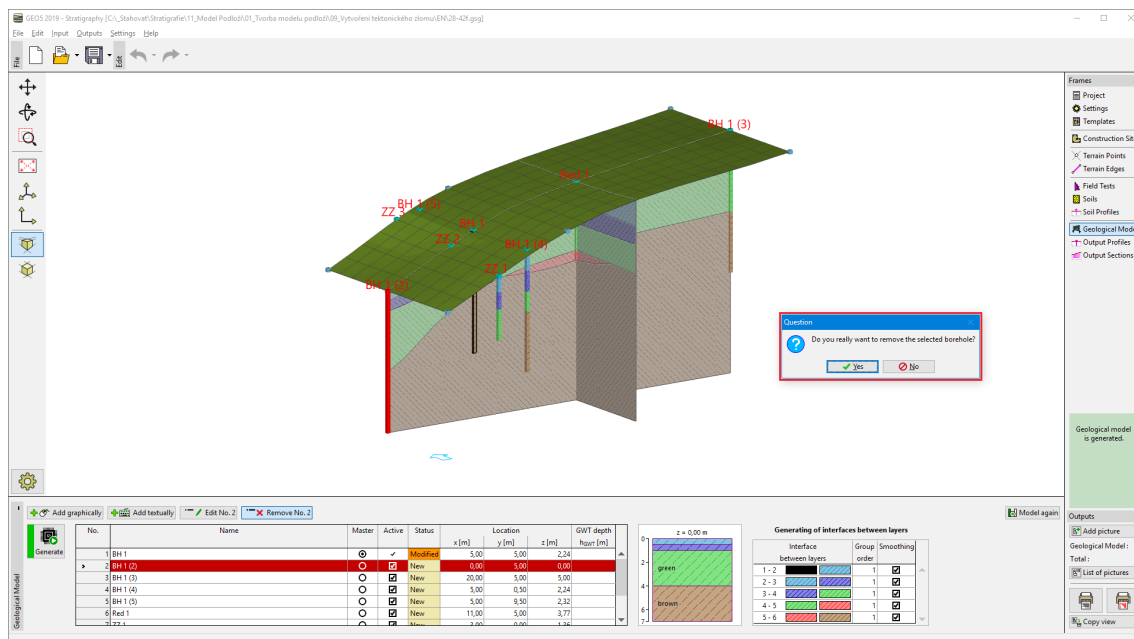
Layers were changed by the user

No.	Thickness [m]	Depth [m]	Soil name
1	0,00	0,00 .. 0,00	Black
2	0,87	0,00 .. 0,87	blue
3	0,90	0,87 .. 1,77	dark blue
4	1,39	1,77 .. 3,16	green
5		d _L = 1,84 m	Red
6		not defined	brown

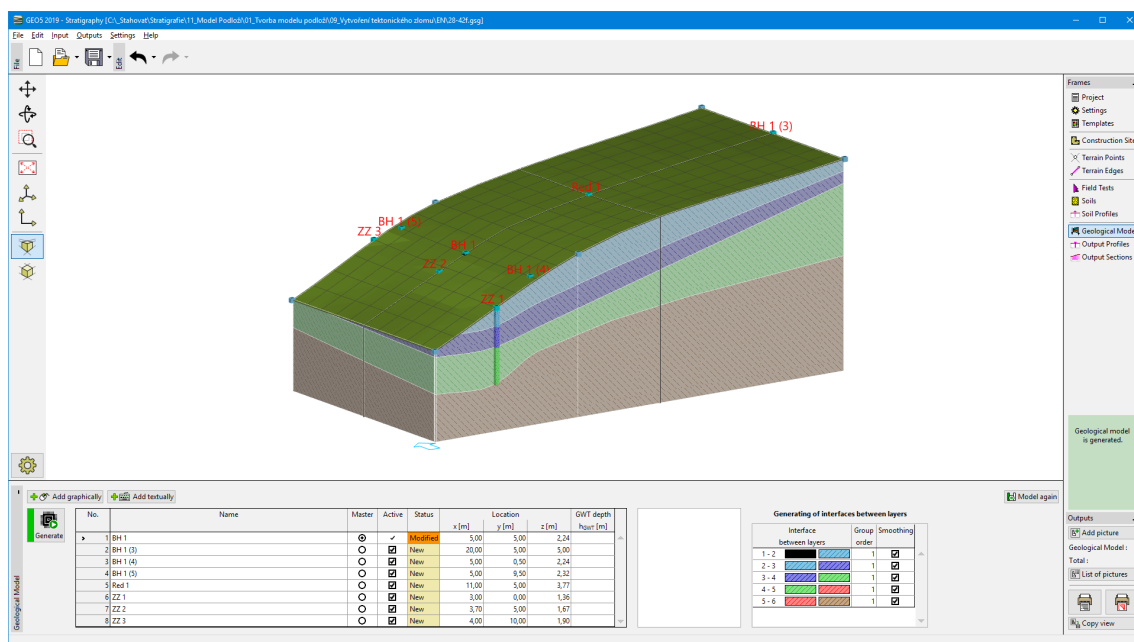
Change status

Input of borehole ZZ 2 determining the location of fault on the terrain

After input of the fault on the terrain, we remove boreholes in front of the fault - in this case borehole **BH 1(2)**.



Removing of assistant boreholes in area in front of fault



Geological model after input of fault on the terrain

Now the model is ready for creation of area in front of the fault. We regenerate the model and enter two new boreholes: **Area 2** (coordinates **[0; 0]**) and **Area 2(2)** (coordinates **[0; 10]**).

We modify both boreholes using "Edit" button. We define interface of fault (layer 1) in depth of **[20 m]**, other layers have location of interface "not defined". Modified borehole **Area 2** looks as follows:

New boreholes

Name:

Coordinate: x = [m] y = [m]

z = [m]

GWT depth: h_{GWT} = [m] ☒ Borehole is active Borehole is compatible

— Borehole layers

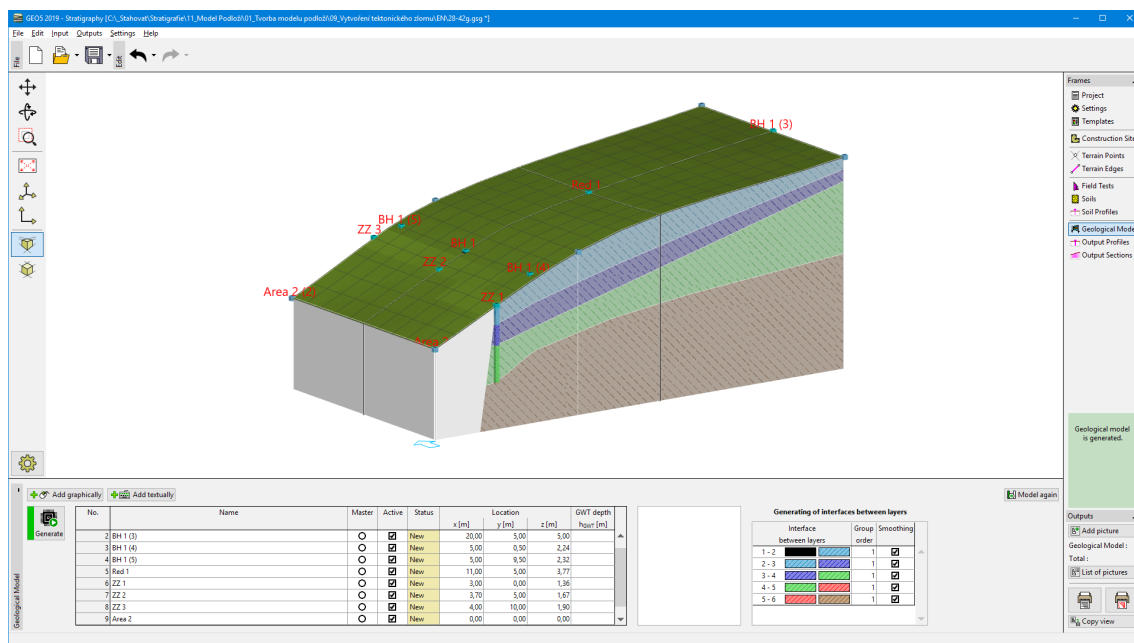
Layers were changed by the user Change status

No.	Thickness [m]	Depth [m]	Soil name
1		d ₁ = 20,00 m	Black
2		not defined	blue
3		not defined	dark blue
4		not defined	green
5		not defined	Red
6		not defined	brown

Input of fault in depth

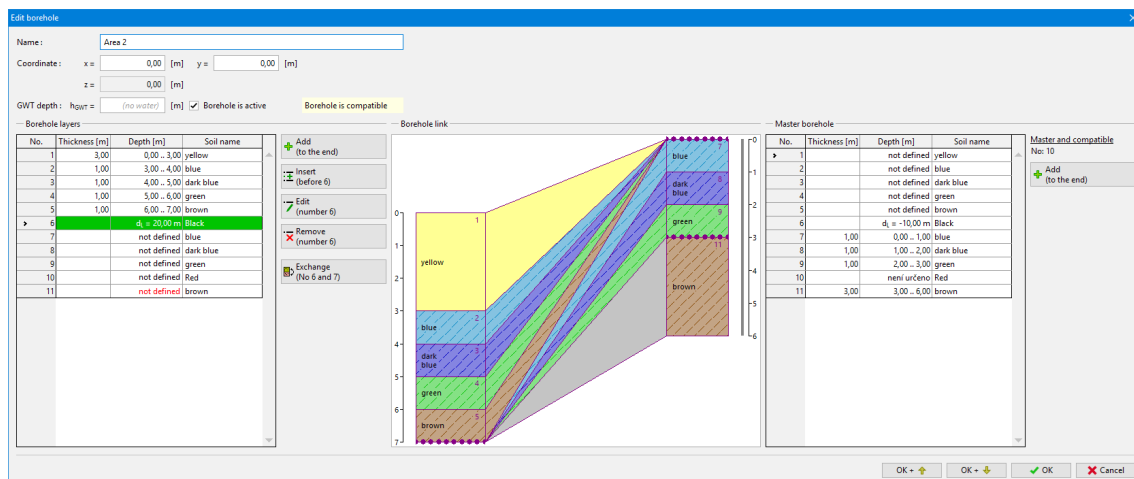
We confirm an input by **"Add"** button and enter second borehole (**Area 2(2)**) in coordinates [0; 10].

Then we generate a model - the fault is visible. The area in front of the fault is shown in grey.



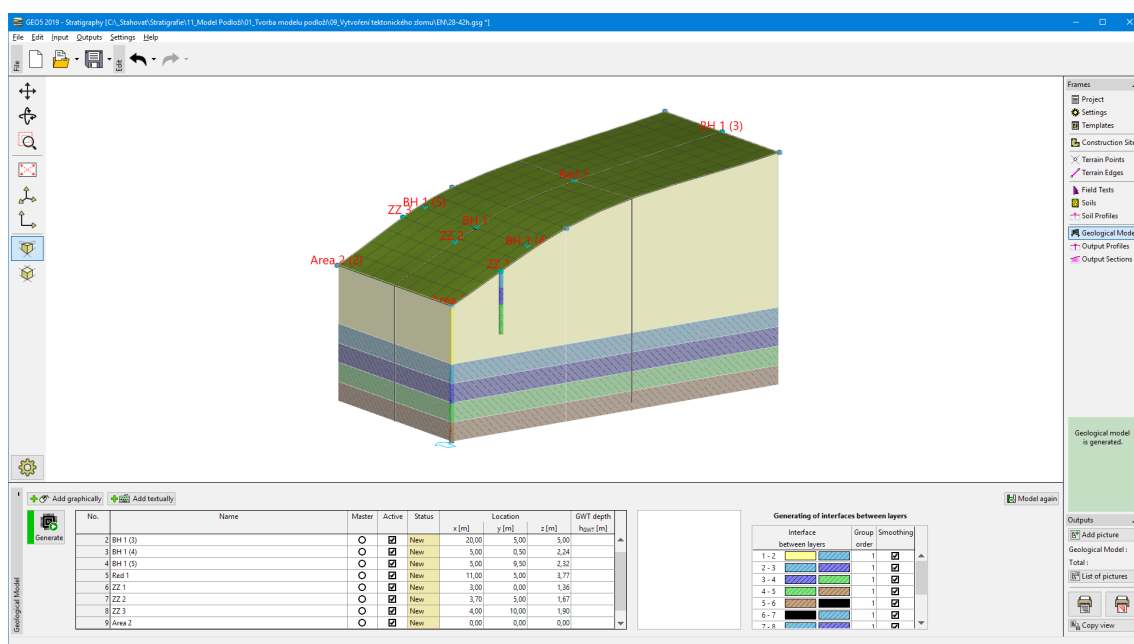
Created geological fault

Now it is necessary to define layers in the area in front of the fault. We select one of boreholes in front - **Area 2** or **Area 2(2)** and add layers above the fault (using **"Insert"** button). We define thickness of layers in this borehole - 3 m - yellow, 1 m - blue, 1 m - dark blue, 1 m - green, 1 m - brown. In next step it is necessary to add new defined layers to the master borehole using **"Add upper layers (into master borehole)"** button. Modified borehole **Area 2** looks as follows:



Input of layers into the area in front of fault

After generating model, it looks different than we supposed - new entered layers overlay whole model (also behind the fault).



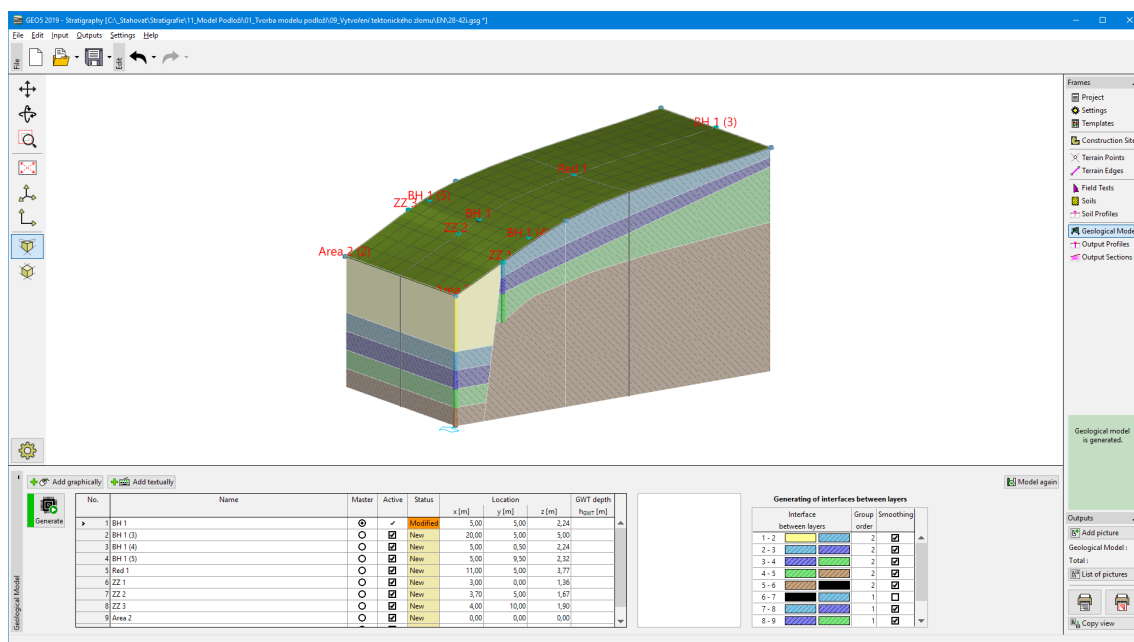
Generated model with wrong order of layers generating

It is possible to solve this problem using **changes in order of layers generation**. Firstly, we generate fault (row 6-7 with black rectangle on the right side) and layers behind the fault (7-8...etc). We leave a "Group order" as "1". Layers in area in front of the fault are in group "2". The fault (row 6-7 with black rectangle on the right side) is usually straight - we do not use smoothing here.

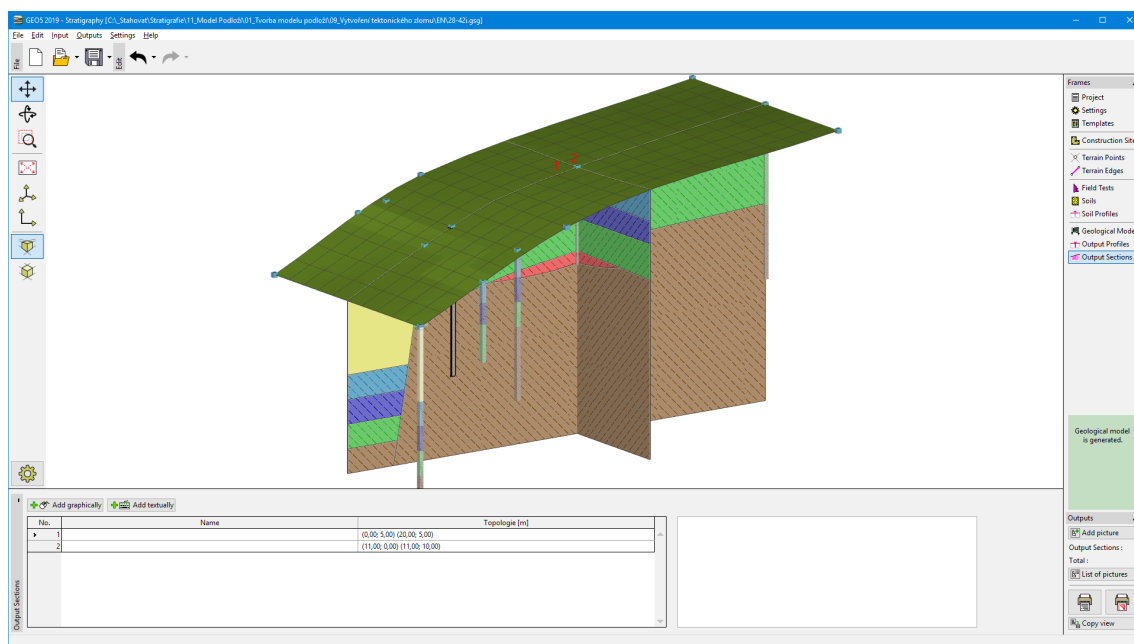
Generating of interfaces between layers				
Interface between layers	Group order	Smoothing		
1 - 2	2	<input checked="" type="checkbox"/>		
2 - 3	2	<input checked="" type="checkbox"/>		
3 - 4	2	<input checked="" type="checkbox"/>		
4 - 5	2	<input checked="" type="checkbox"/>		
5 - 6	2	<input checked="" type="checkbox"/>		
6 - 7	1	<input type="checkbox"/>		
7 - 8	1	<input checked="" type="checkbox"/>		
8 - 9	1	<input checked="" type="checkbox"/>		
9 - 10	1	<input checked="" type="checkbox"/>		
10 - 11	1	<input checked="" type="checkbox"/>		

Group order of interfaces between layers

The model is created.



Modelo Final

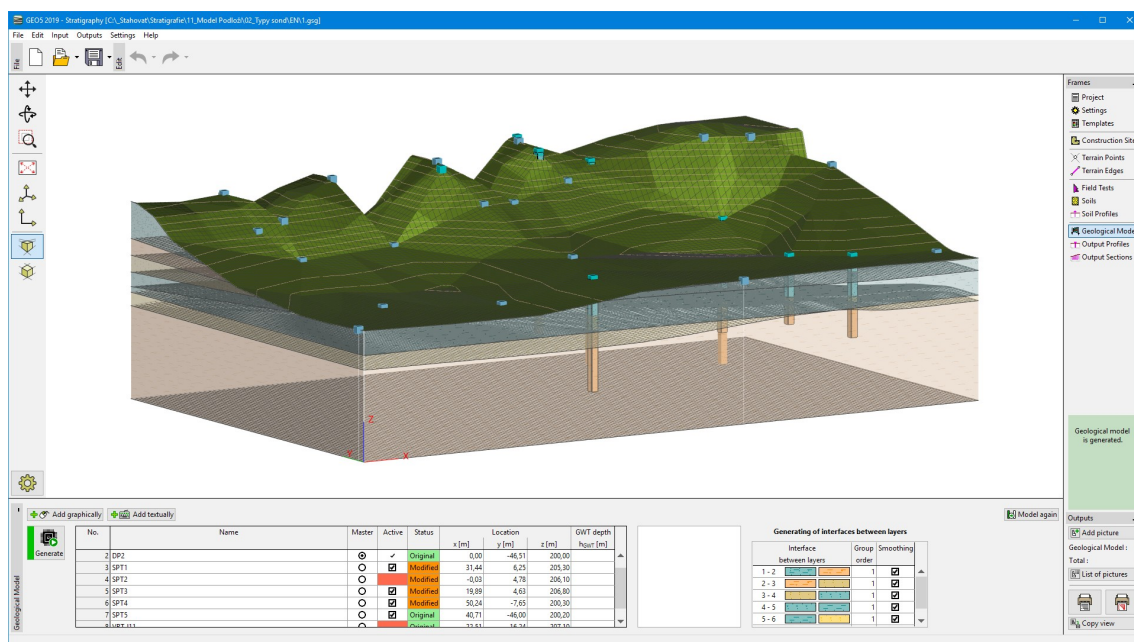


Modelo Final

Ejemplo previo

Estado de Perforaciones

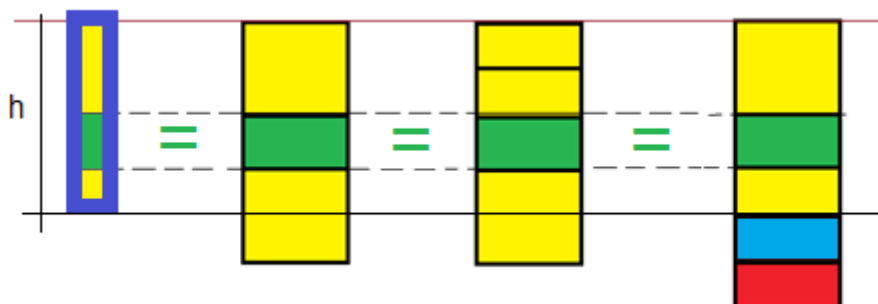
El **estado de una perforación** determina una relación entre el "Soil profile" original y la "Perforación". No es necesario conocer el estado de la perforación para la generación del modelo geológico, pero es bueno saberlo para una mejor comprensión de las modificaciones realizadas del modelo.



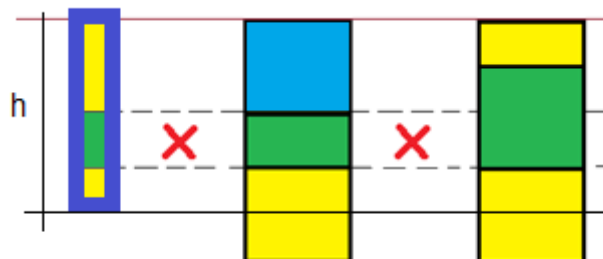
Frame "Geological model" - Borehole Status

Las perforaciones pueden ser de tres tipos:

Original - la perforación se genera a partir del "perfil de prueba" y corresponde a su perfil geológico (que significa el mismo suelo a la misma profundidad). Las capas por debajo de la longitud total del perfil de prueba no influyen en el tipo de perforación. La perforación puede tener una cantidad arbitraria de capas de suelo con grosor cero; el tipo sigue siendo original.



Modificado - la perforación se crea a partir del perfil de prueba, pero su perfil geológico se modificó, cambiando el suelo o el espesor de la capa.



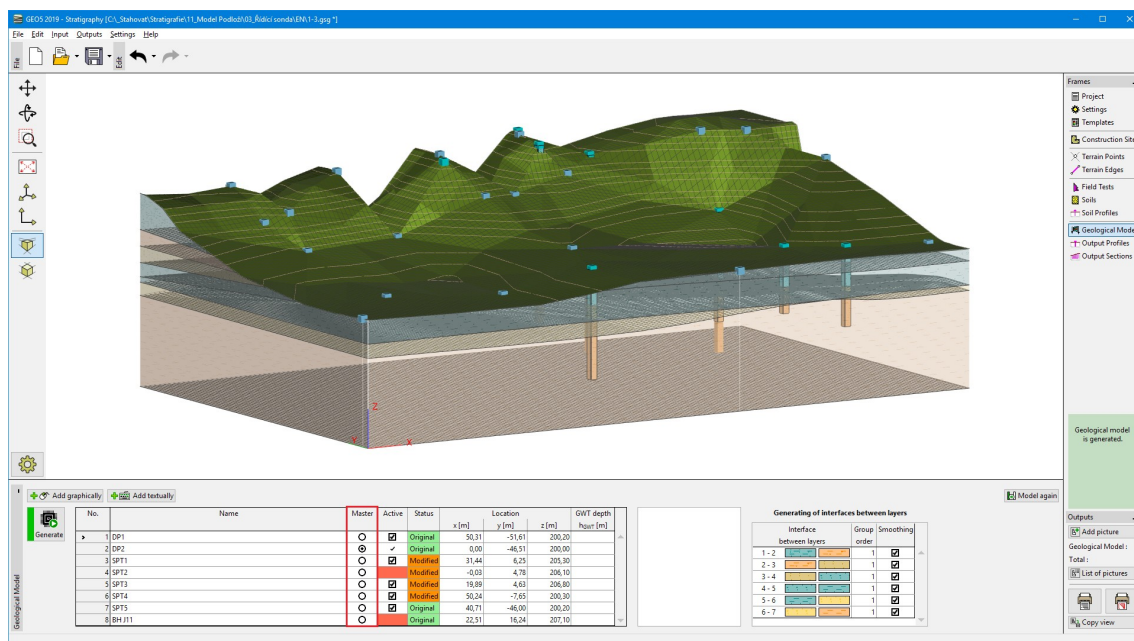
New – this borehole was created separately, it has no relationship to the tests or profiles. This

borehole can be deleted from the model.

Perforación Maestra

La perforación maestra tiene la mayor influencia en el modelo geológico. El modelo geológico se **genera a partir de la perforación maestra** y de las **perforaciones**, que son **compatibles** con la perforación maestra.

La perforación maestra se selecciona en el cuadro "**Modelo geológico**".



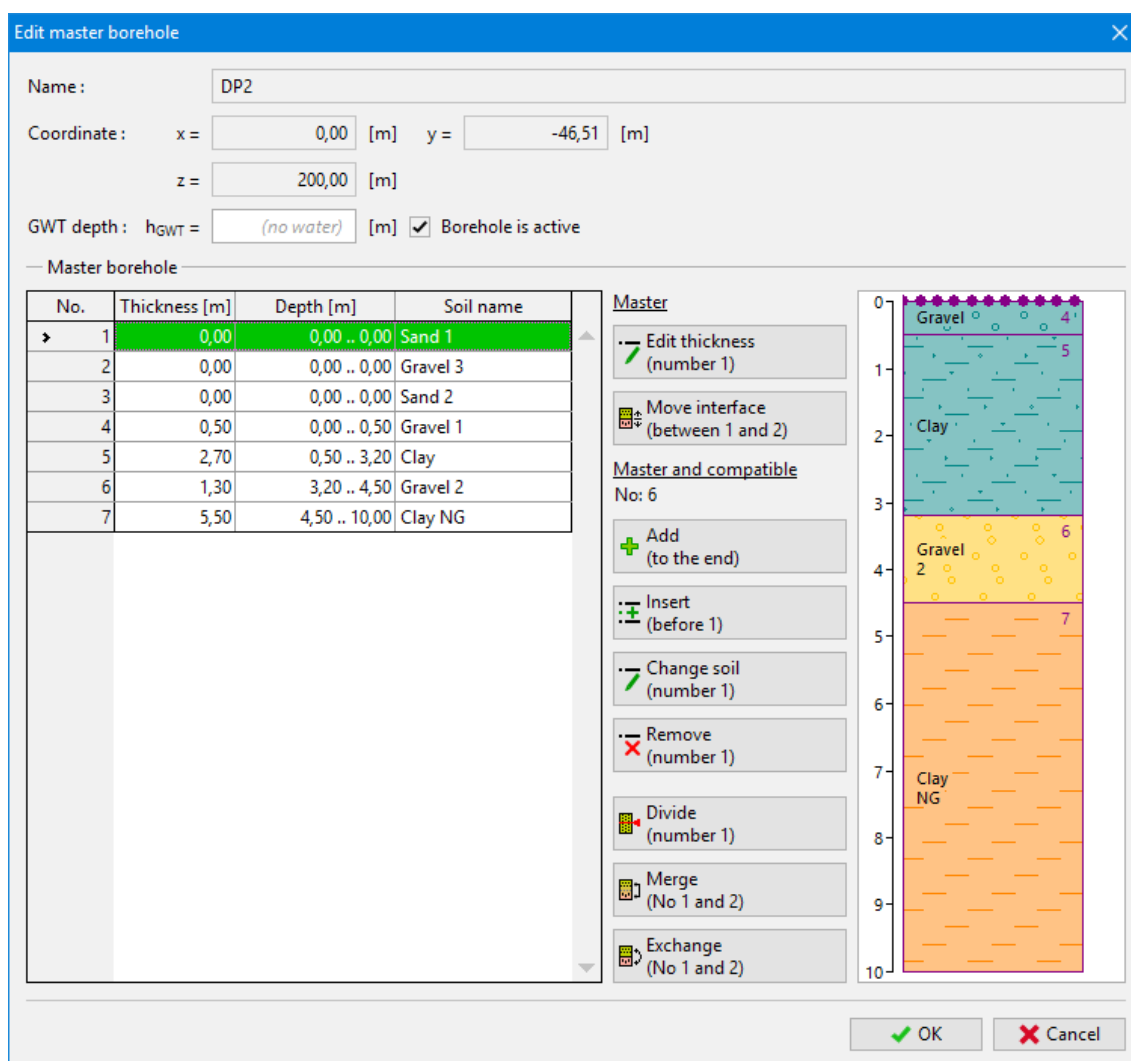
Cuadro "Modelo Geológico" - Selección de perforación maestra

La perforación maestra debe

- caracterizar al máximo el perfil geológico
- ser la más profunda
- ser creíble

Por lo general, es más apropiado seleccionar una perforación **creada a partir de la perforación central** que a partir de la interpretación del CPT.

Durante la creación del modelo, es necesario modificar las perforaciones incompatibles con la perforación maestra para que sean **compatibles**, de esta forma se agregan al modelo geológico. Si todas las perforaciones son compatibles, el modelo geológico se crea a partir de todas las perforaciones (en este caso, la eprforación maestra no es importante). Las **perforaciones incompatibles** tienen una columna "**Activa**" en **rojo**; estas perforaciones no se pueden usar para la generación del modelo.

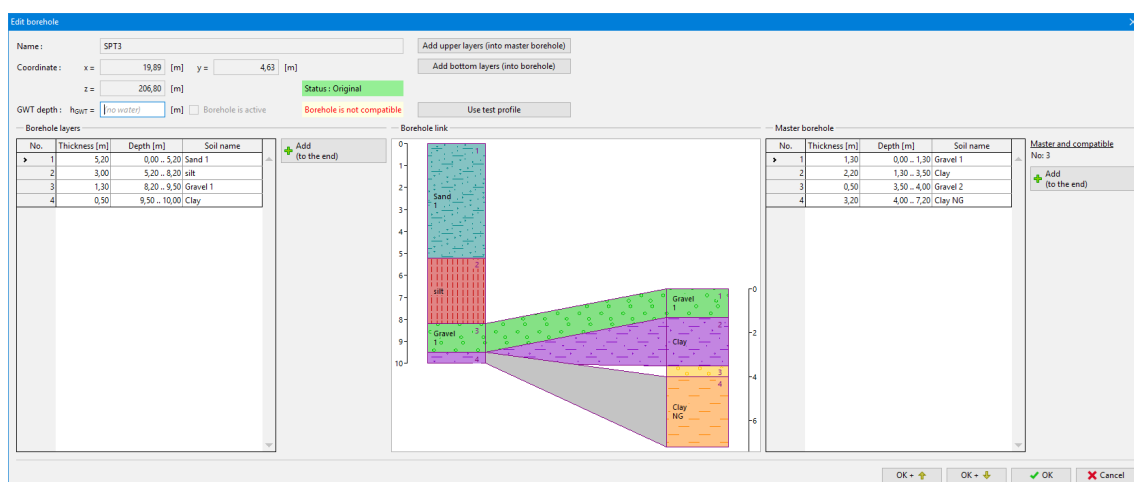


Cuadro "Editar perforación maestra"

Editar Perforación

Las perforaciones se editan en el cuadro "**Editar Perforación**". Esta ventana de diálogo permite **cambiar una perforación editada** (en la parte izquierda de la ventana de diálogo) y también la **perforación maestra** (en la parte derecha de la ventana de diálogo).

Las herramientas de la ventana de diálogo se describen en el ejemplo de la perforación en la siguiente imagen.



Cuadro "Editar perforación" - not compatible boreholes

En la parte izquierda de la ventana de diálogo, se muestran los datos de la perforación modificada. El estado de la perforación (**compatible / incompatible**) se muestra encima del esquema de la perforación. El objetivo de la modificación es **cambiar una perforación a compatible** y agregarlo al modelo.

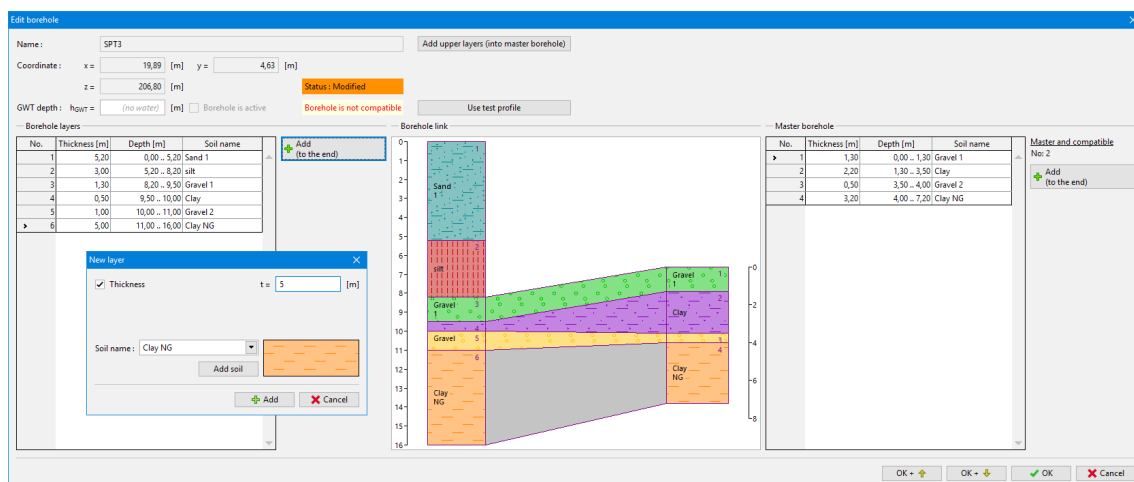
In the right part of the dialog window, the data of **master borehole** are displayed.

En la parte central de la ventana de diálogo, se muestra la **conexión de las perforaciones**. Las alturas de las perforaciones se muestran correctamente, por lo que es obvio qué capas son horizontales. Si la perforación (principal o modificada) se crea a partir de las pruebas, la **longitud de la prueba** se muestra en gris. En la imagen, podemos ver que la perforación modificada se creó a partir de la prueba, que no fue tan profunda para lograr capas amarillas. Por otro lado, la perforación maestra se crea a partir de la prueba, que se llevó a cabo debajo de una pendiente o corte: faltan las capas superiores en su perfil geológico.

Es posible utilizar estos botones para la edición de perforaciones: ("**Insertar**", "**Añadir**", "**Editar**", "**Dividir**", "**Fusionar**", "**Eliminar**") para ambas tablas. (Si no se selecciona ninguna fila en la tabla, solo está disponible el botón "**Agregar**". Después de seleccionar una fila, se muestran otros botones).

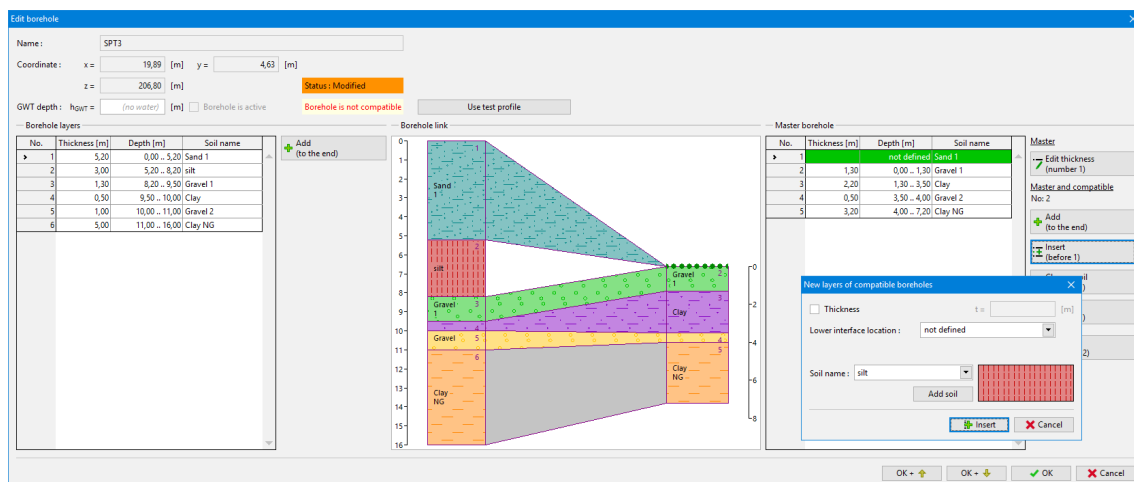
La perforación puede **cambiarse de incompatible a compatible utilizando este proceso**.

- **Edit selected borehole on the left part of the dialog window** - Using an "Add" button for the , the layers "**Gravel 2**" (**yellow**) and "**Clay NG**" (**orange**) are added. We can enter their assumed **thickness, depth of interface or do not specify exact location**.



Cuadro "Editar perforación" - modification of edited borehole

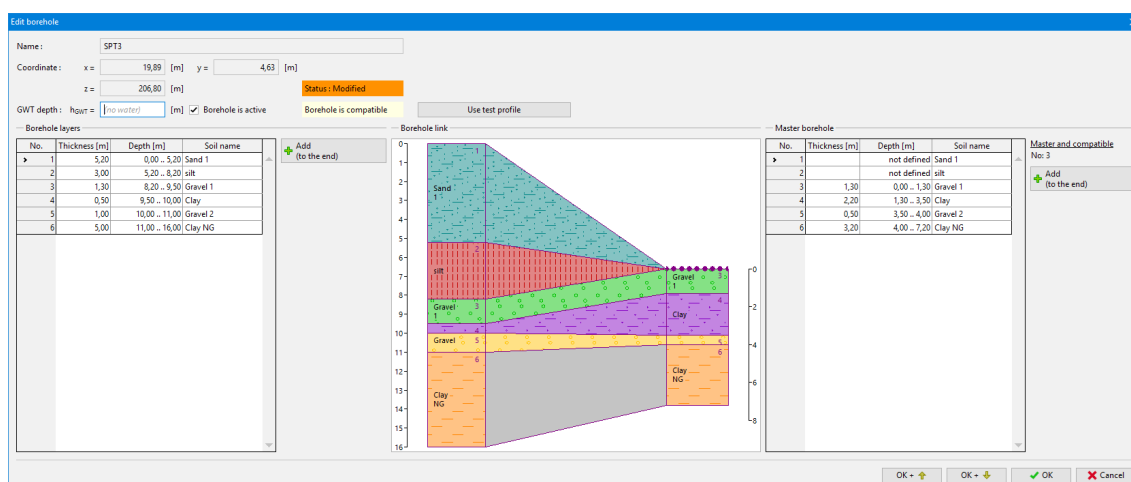
- **Edit master borehole on the right** part of the dialog window- Using an "Insert (before 1)" button (the first row in the master borehole table must be selected) for the master borehole in the right part of the dialog window, the Layers **"Silt"** (red) and **"Sand 1"** (blue). In this case the best way is **not to specify exact location of the interface**.



Cuadro "Editar perforación" - modification of master borehole

Como esta forma de modificación es común y un poco larga (para una mayor cantidad de capas), el programa permite realizar estas operaciones de una manera más simple usando los botones **"Añadir capas superiores"** y **"Añadir capas inferiores"** en la parte superior del cuadro de diálogo.

This way, the connection between boreholes is compatible.

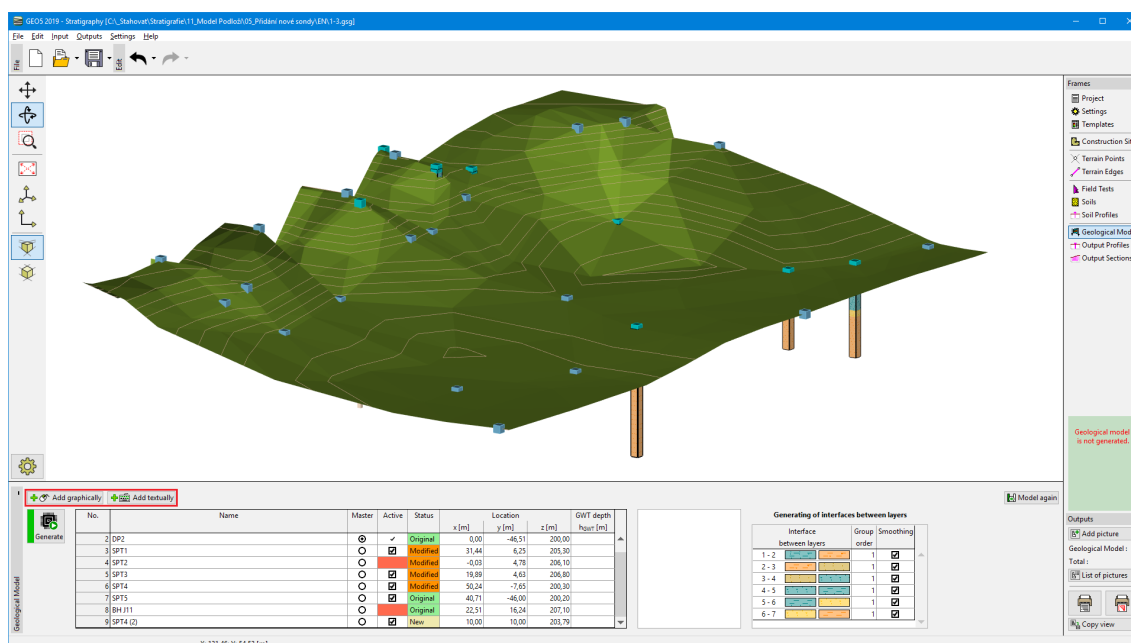


Cuadro "Editar perforación" - compatible boreholes

El **tipo de perforación** también se muestra en el cuadro de diálogo, si la perforación es original (corresponde al perfil de prueba) o **editado**. Es posible volver al tipo de perforación original utilizando el botón "**Copiar desde el perfil de prueba**".

Añadir Perforación

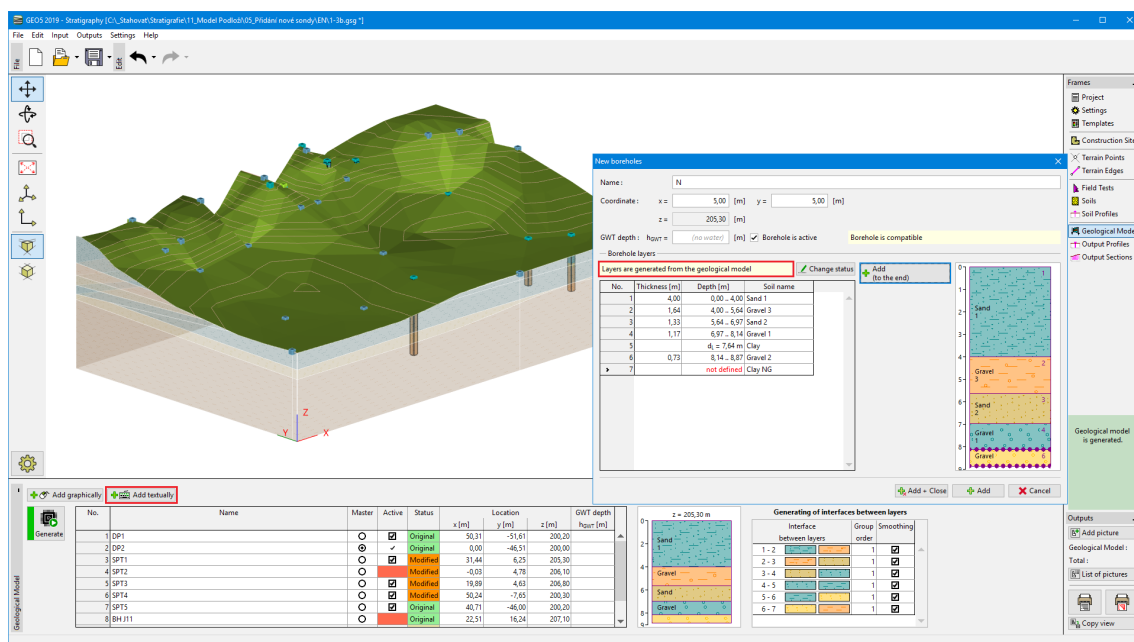
Se pueden agregar nuevas perforaciones al modelo utilizando los botones "**Añadir gráficamente**" o "**Añadir textualmente**".



Frame "Geological Model" - adding of new borehole

Si **no se selecciona una perforación** cuando se usa el botón "**Añadir**", la nueva perforación se **genera a partir del modelo geológico**.

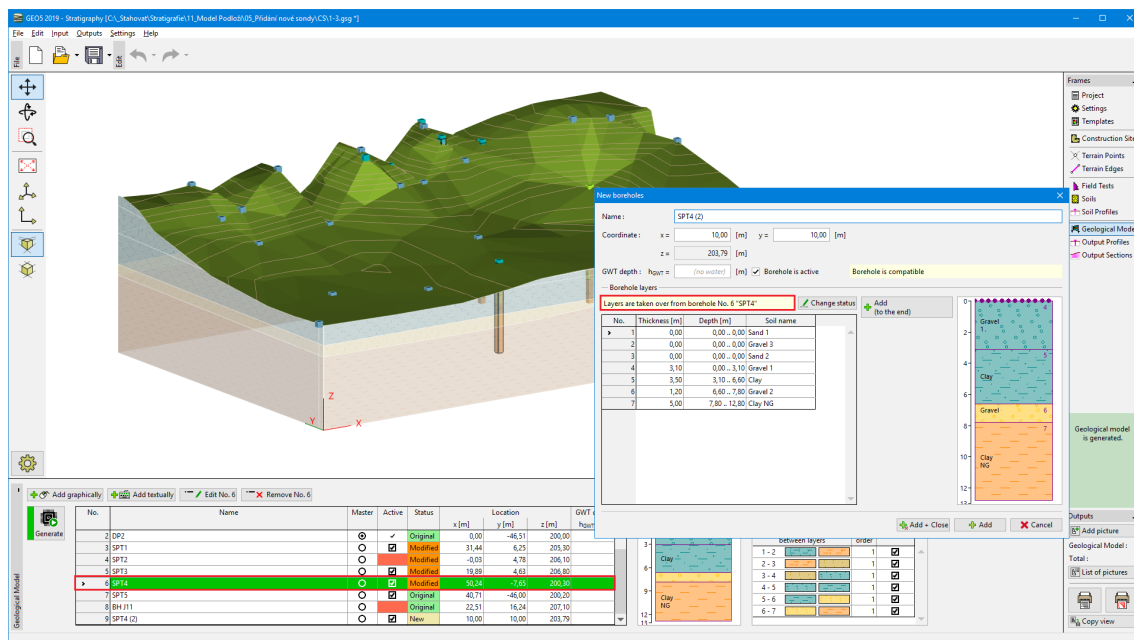
Añadir una nueva perforación con **generación automática de capas según el modelo geológico** es importante para la **edición del modelo geológico** (el modelo se edita utilizando perforaciones; si no hay una perforación en lugar del modelo donde queremos editarlo, es necesario agregar una perforación en esta ubicación) o la creación de **lente del suelo**.



The layers of new borehole were generated from the geological model

Si se **selecciona una perforación** cuando se usa el botón "**Añadir**", la nueva perforación es una copia de la ya existente.

En los ejemplos se usa Añadir una nueva perforación como **copia de una ya existente**:
Modelo de estratigrafía con capas siguiendo el terreno, creación de lentes de suelo, modelado de fallas.



New borehole is a copy of selected borehole

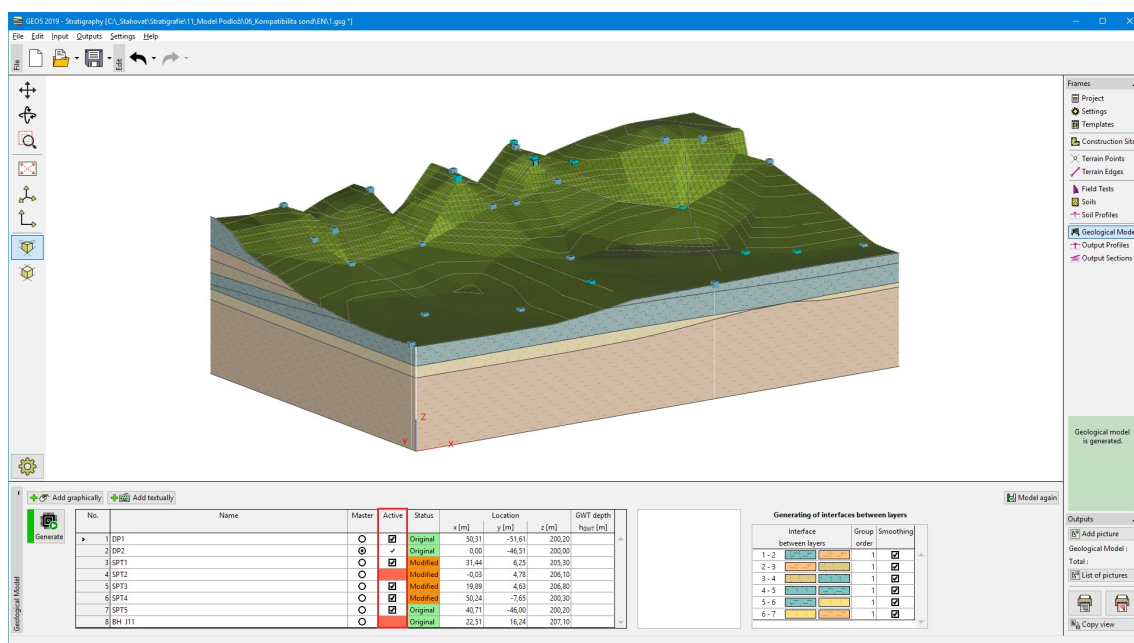
El botón "**Deshacer**" es una herramienta de programa importante. Permite **volver al estado original antes de cualquier modificación**.

Compatibilidad de Perforaciones

El objetivo de la generación del modelo geológico es crear un modelo realista al máximo, donde se utilizan todas las perforaciones. Por esta razón, todas las perforaciones deben ser compatibles.

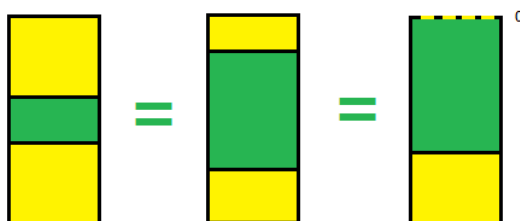
Las perforaciones compatibles tienen un recuento y un orden de capas idéntico a la **perforación maestra**. Se muestra en blanco en la columna "**Activo**". Si esta perforación también está activo, se usa para la generación de modelos geológicos.

La **incompatibilidad de perforaciones** con la perforación maestra se muestra en rojo en la columna "**Activa**" y no se puede usar para la generación del modelo.



Frame "Geological model" - compatibility of boreholes

Ejemplo de **perforaciones compatibles**:



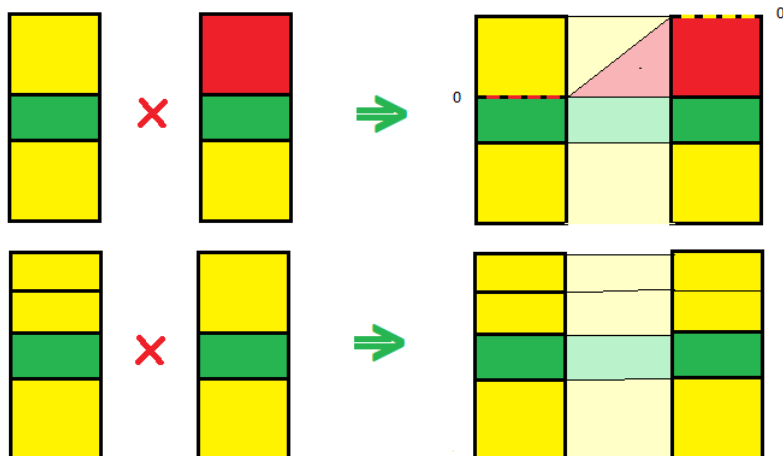
Ejemplo de **perforaciones incompatibles**:



Las perforaciones incompatibles pueden cambiar a compatibles en el cuadro "**Editar**".

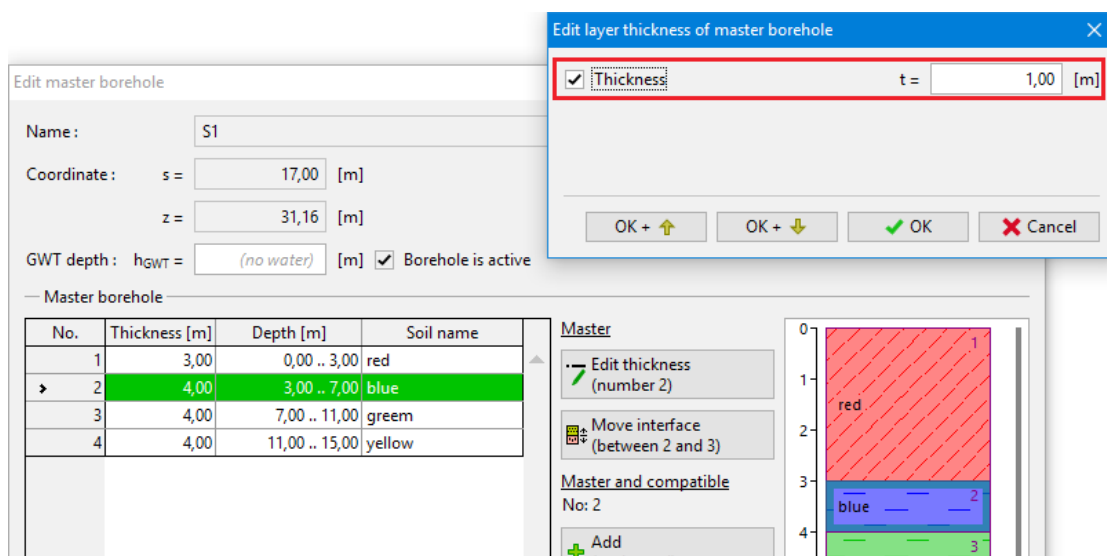
perforación" - using e.g. **inserting of layers with zero thickness** or **adding (removing) soil layer**.

Ejemplo de cambio de **perforaciones incompatibles a perforaciones compatibles** :



Definition of Interface in Borehole

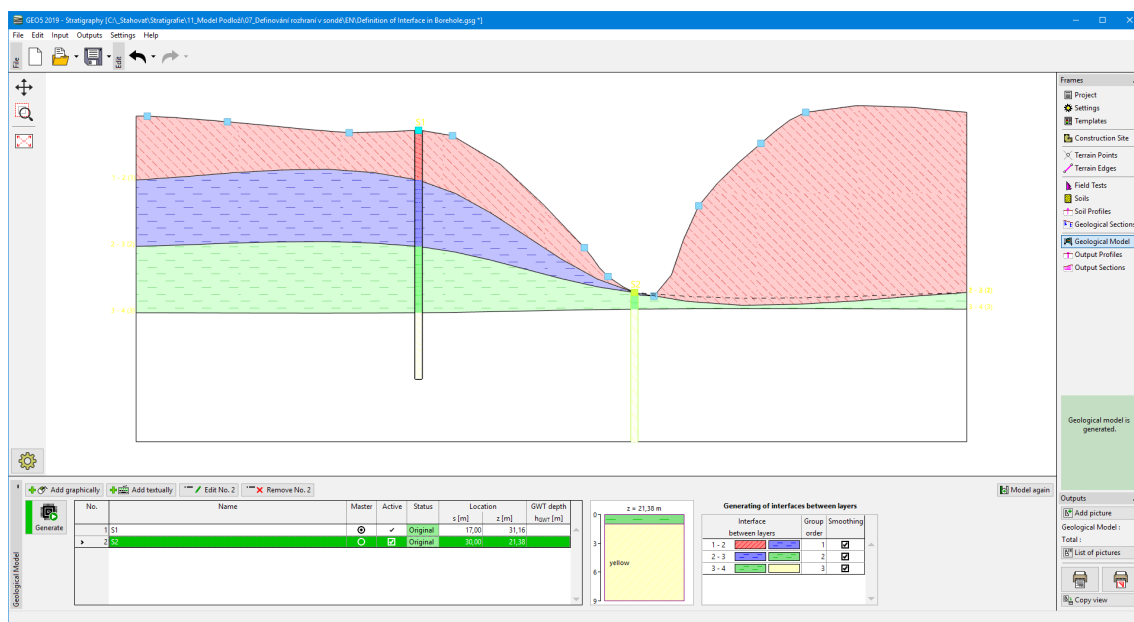
Thickness of layers are defined in the boreholes, it determines the position of layers.



In some cases, the layer is not within the borehole - then we have **three options how to define such layer**:

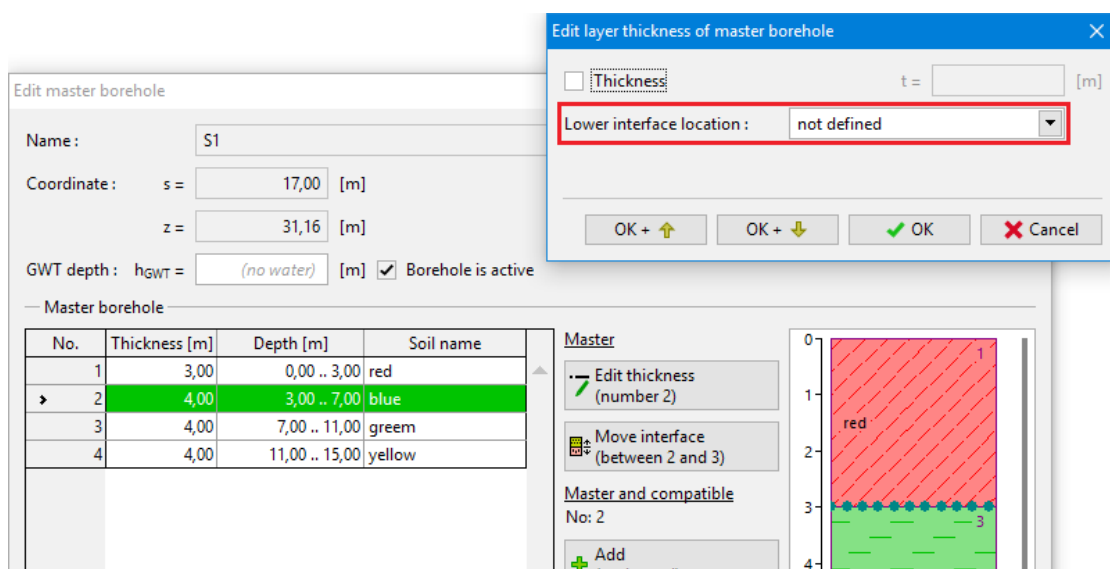
- **- enter thickness "0" m** - generation of model is performed normally, just in the point (borehole coordinates) the thickness layer is equal to zero. The final model usually does not correspond to real state.

On the picture is the model of erosion with layers of zero thickness in the borehole S2 - the result is not realistic.

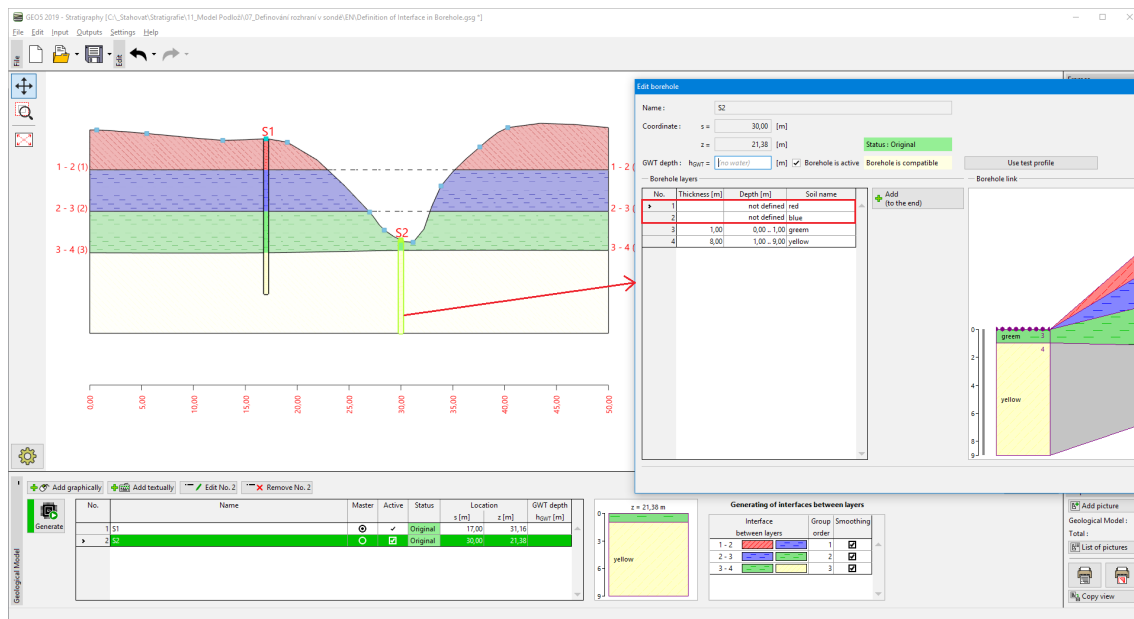


Layers with "zero thickness" above borehole S2

- **do not define** an interface in the borehole - when generating model, no points of layer interface are added in the position of borehole. It can be used when modeling **soil lenses** or **faults** and also when borehole is not deep enough and we do not know the lower layers. Location of not defined layers are than determined by surrounding boreholes.



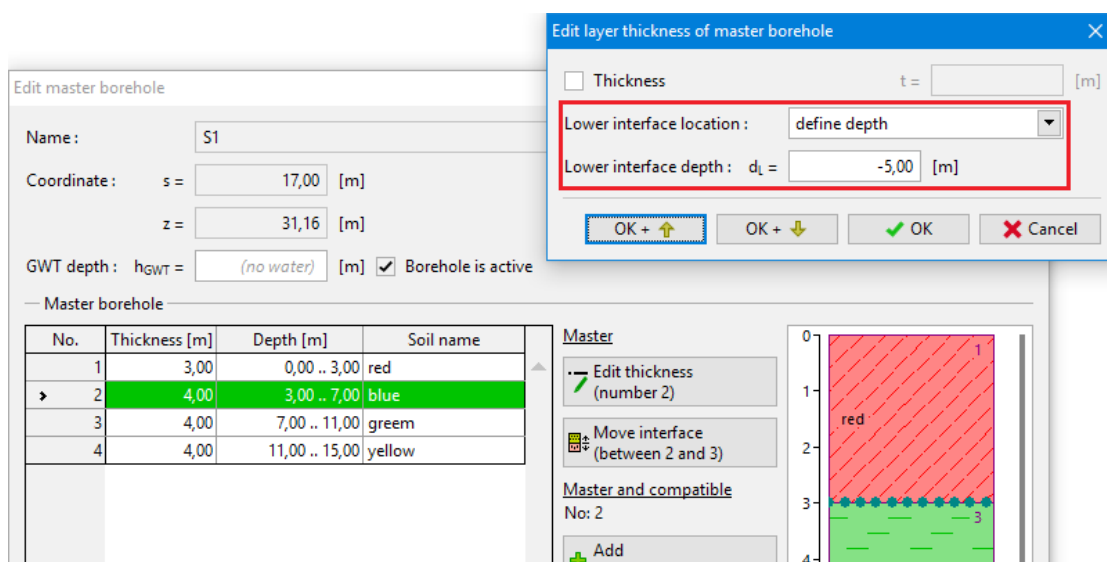
The same model, but the upper layers are "not defined".



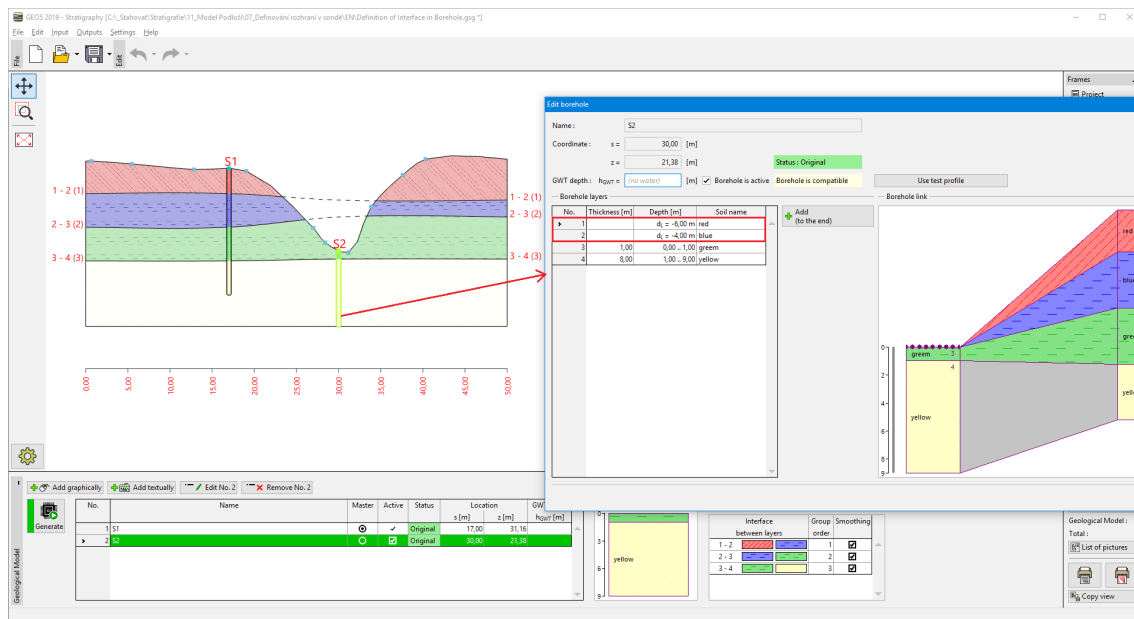
Model of erosion - "not defined" interfaces above borehole S2

- **define** depth of **lower interface** - the interface is generated with input depth of layer in the position of borehole. The depth is measured from the top of the borehole, positive values downward, negative upward.

This option can be used for **soil lenses** modeling or editing of **layers shape**. In some cases, the **order of interface generation** is very important.



The previous model with input interfaces location in the borehole S2.



Model of erosion - specified locations of interfaces above borehole S2

Order of layer generation

While model creation, **firstly** the model of **terrain** is generated, then other interfaces between layers. If the interface lays over the terrain, it is "**cutted**".

After the terrain, interfaces are generated **from the top to the bottom** and the individual interfaces are always cut by the previous interface.

This process is clear, but it is not always appropriate for more complex tasks. Typical example is the rock covered by layers of sediments.

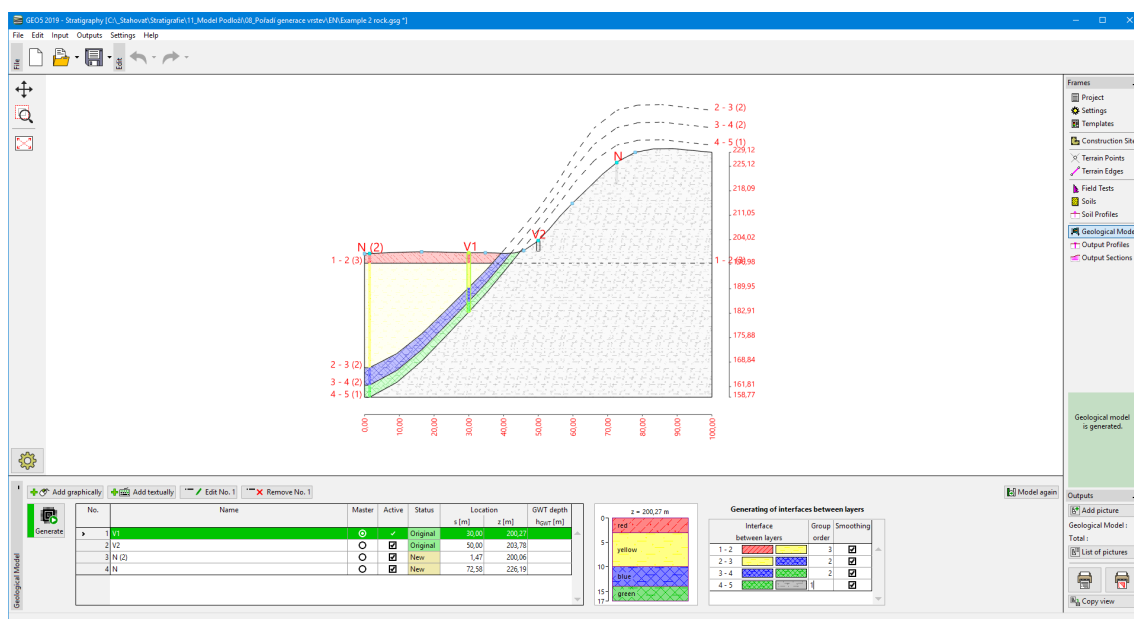


Model of outcrop - order of generation is 4-5, 1-2, 2-3, 3-4

Interface between green soil and grey rock subsoil is generated as first after the terrain. We reach this state using change of order in layer generation.



The same model with original order of layer generation - 1-2, 2-3, 3-4, 4-5

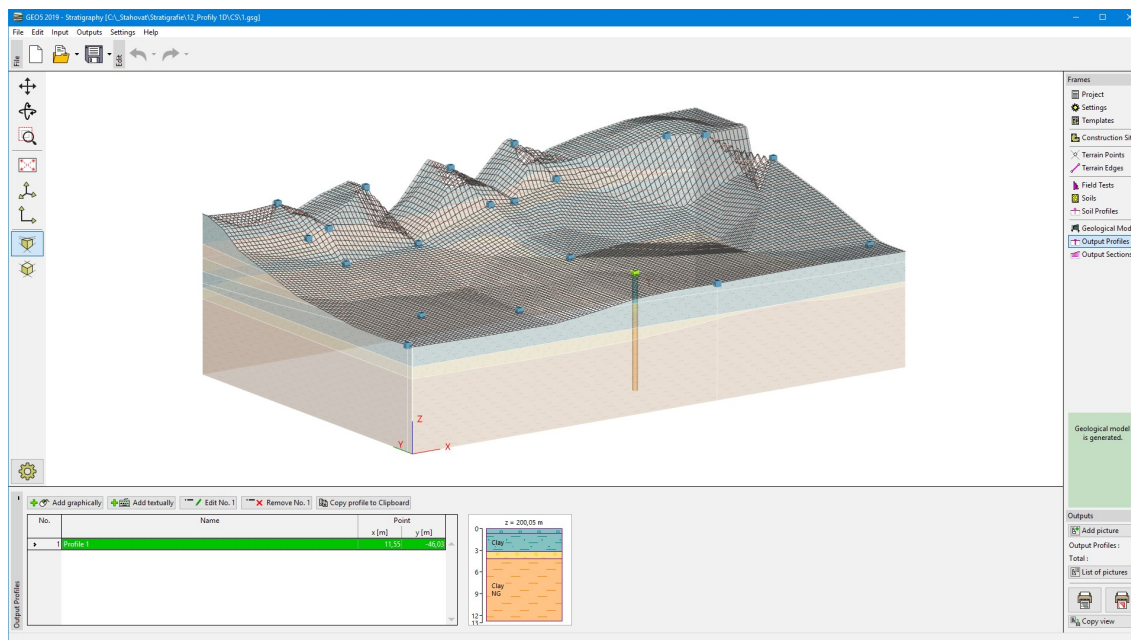


The same model with changed order of layer generation 4-5, 2-3, 3-4, 1-2

The possibility of changing layer generation order is important when modeling **geological faults**. This way it is possible to model more individual models in one task - individual models are separated by faults generated as first - then the other layers are generated. It is also possible to specify smoothing of the layers - again it is convenient for fault generating.

Perfiles de Salida

El **cuadro "Perfiles de Salida"** contiene una **tabla** con todos los perfiles de salida de entrada. El **nombre del perfil** y las **coordenadas** del punto, que definen un perfil, son visibles en la tabla. Junto a la tabla, se muestra el perfil seleccionado.



Cuadro "Perfiles de Salida"

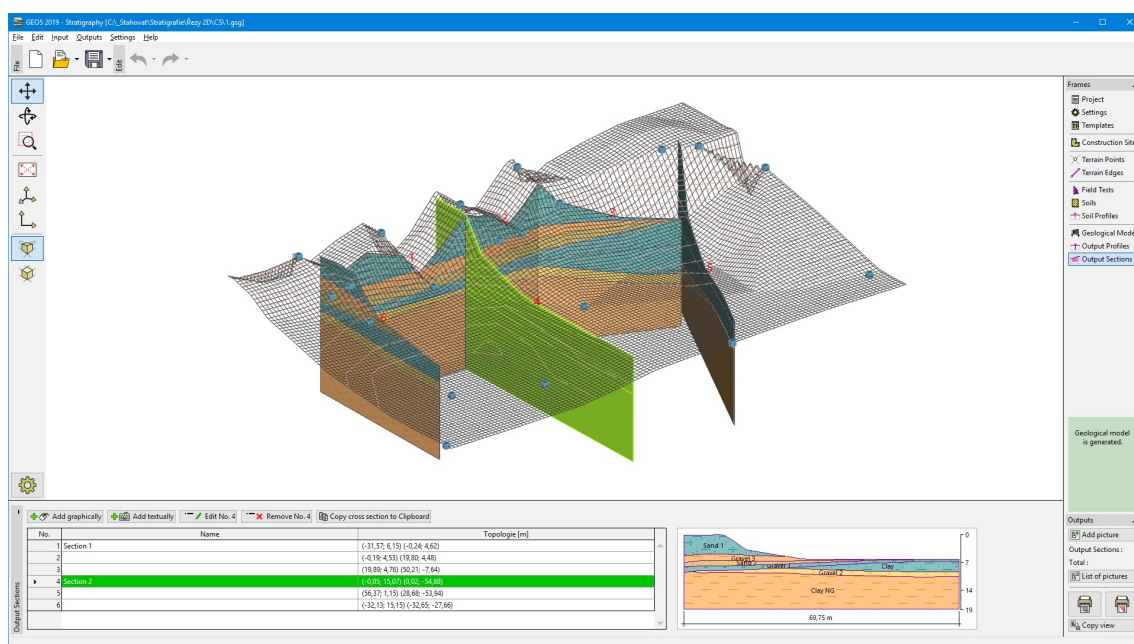
La visualización del gráfico en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro **"Configuración de gráfico"** y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas **"Visualización"**.

El botón **"Deshacer"** es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Los datos de los perfiles 1D se pueden **copiar** dentro de otros programas GEO5.

Secciones de Salida

El **cuadro "Secciones de Salida"** contiene una **tabla** con todas las secciones de salida ingresadas. El **nombre de la sección transversal** y las **coordenadas** de los puntos, que definen a una sección transversal, son visibles en la tabla. Junto a la tabla, se muestra la sección de salida seleccionada.



Cuadro "Secciones de Salida"

La visualización del gráfico en el escritorio se puede modificar en cualquier modo de entrada según la configuración ajustada en el cuadro "Configuración de gráfico" y con la ayuda de los botones en la barra de herramientas "Visualización".

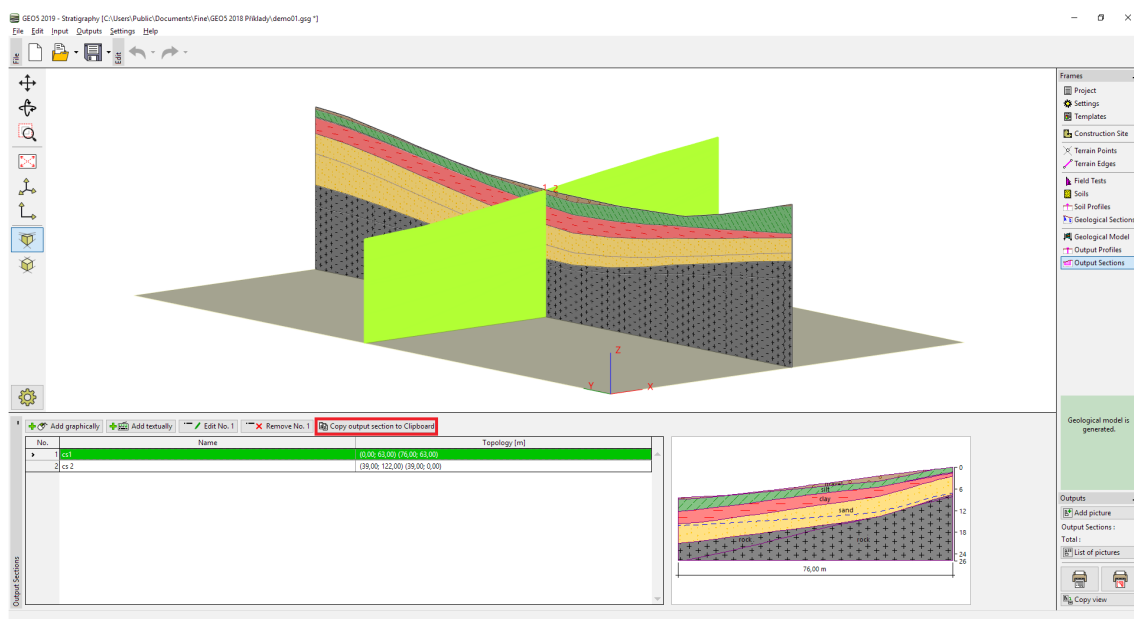
El botón "Deshacer" es una herramienta de programa importante. Permite volver al **estado original antes de cualquier modificación**.

Los datos de las secciones transversales pueden ser **copiadas** a otros programas GEO5

Copiar datos del programa Estratigrafía a otros programas GEO5

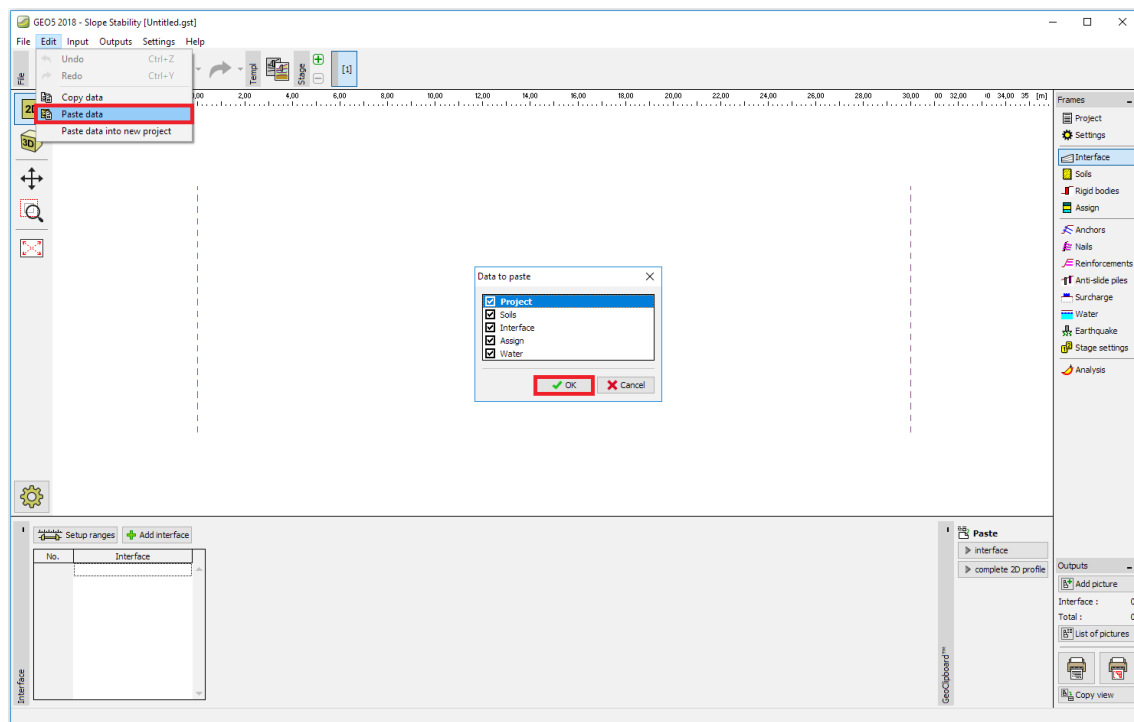
El programa **Estratigrafía** permite al usuario copiar y pegar **Secciones Transversales** y **Perfiles de salida** a otros programas GEO5. El siguiente procedimiento muestra cómo se puede **copiar una sección transversal en el programa Estabilidad de Taludes**. El procedimiento para copiar las secciones transversales (perfiles) en otros programas GEO5 es idéntico.

1. En el programa de **Estratigrafía**, seleccione la sección transversal que desea copiar y utilice el botón "**Copiar la sección transversal al portapapeles**".



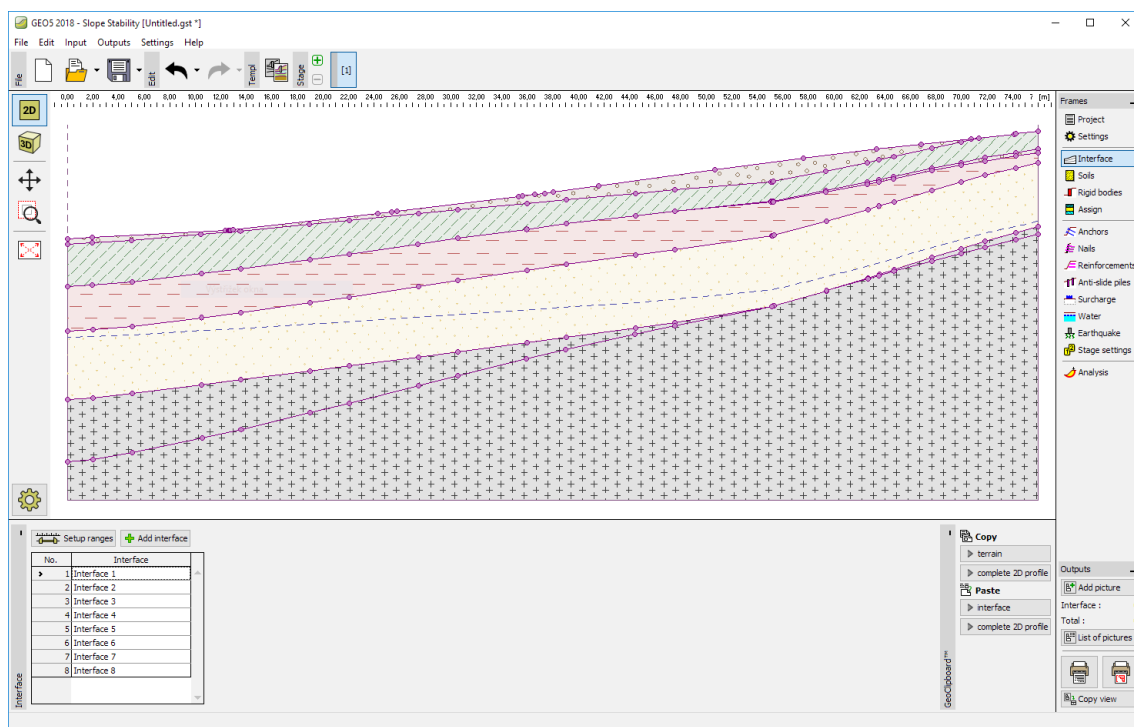
Copiar una sección transversal desde el programa Estratigrafía

2. Abra el programa **Estabilidad de Taludes**, en la barra de herramientas superior, haga clic en "**Editar**" y luego seleccione "**Pegar datos**". Para confirmar que todos los datos se pegarán, presione "**OK**".



Pegar una sección transversal en el programa Estabilidad de Taludes

El resultado de este procedimiento es una sección transversal copiada que incluye todas las interfaces y asignaciones de suelo.



La copia resultante de una sección transversal en el programa Estabilidad de Taludes

Programa MEF

Con el programa MEF (y los módulos de **Consolidación**, **Flujo de agua**, **Túnel**) se pueden modelar y analizar una amplia gama de problemas geotécnicos incluyendo:

- asentamiento del terreno, la consolidación
- estructuras pantalla
- estructuras de soporte anclados
- estabilidad de taludes
- excavación, análisis de túnel
- cálculos de túneles, las pérdidas de tierra
- cálculo de flujo de agua etc.

La ayuda en el programa "MEF" incluye los siguientes temas:

- Entrada de datos dentro de cuadros individuales

Topología	Proyecto	Configuración	Interfaz	Suelos	Cuerpos Rígidos	Asignar
Tipos de contacto	Revestimientos	Puntos Libres	Líneas Libres	Puntos de refinamiento	Líneas de refinamiento	Refuerzos libres
Generar Malla						
Etapas de	Excavación	Actividad	Asignar	Revestimientos	Vigas	Contacto

Construcción				o		
Contacto y vigas (flujo de agua)	Puntos de apoyo	Puntos de fluidez	Líneas de apoyo	Líneas de fluidez	Anclajes	Apoyos
Refuerzos	Sobrecarga	Regiones elásticas	Cargas sobre viga	Agua	Análisis	Monitores
Gráficos	Estabilidad					

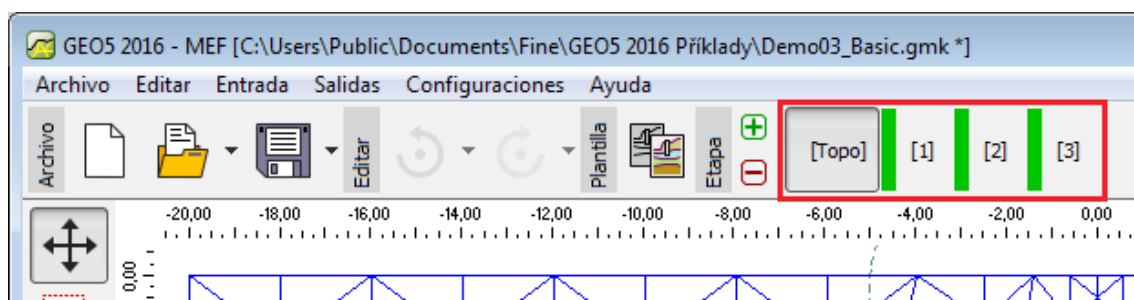
- Salidas
- Información general sobre el trabajo en el **Entorno de Usuario** de los programas GEO5
- **Entradas comunes** para todos los programas

Topología

Los datos de entrada en el programa MEF difieren un poco de los demás programas de GEO5, en que requiere de la definición de la topología de la estructura antes de cualquier cálculo.

Este paso incluye introducción de las interfaces entre las distintas capas del suelo, líneas de construcción, parámetros de suelos e interfaces, y por último la generación de las mallas de elementos finitos. Para evitar errores inesperados cuando creamos un modelo de cálculo, el usuario primero deberá familiarizarse con los **sistemas de coordenadas** disponibles.

El régimen de entrada de la topología, se selecciona haciendo click en el botón "**Topo**" (topología) de la barra horizontal (**etapa de construcción**).



Barra "Etapa de construcción" - cambios entre régimen de "Topologías" a etapas de cálculo

El análisis actual se realiza en distintas **etapas de construcción** (etapas de cálculo), lo que le permite al usuario definir las actividades de la estructura, introducir vigas, anclajes y sobrecargas, modelar el efecto del agua, etc.

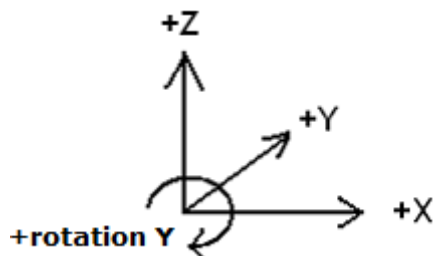
Dependiendo del régimen seleccionado (etapa o topología), se ajusta la **barra de herramientas vertical**.

Sistema de coordenadas

Sistema de coordenadas general

- Mano derecha

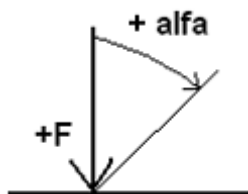
- El eje X positivo se dirige de izquierda a derecha
- El eje Z positivo se dirige de abajo hacia arriba
- Dirección positiva del eje Y , pasando a través del plano XZ
- La rotación sobre el eje Y es positiva cuando se mide el sentido horario



- El GCS se utiliza por las coordenadas
- En general, la sobrecarga positiva se supone que actúa contra el eje positivo y la rotación positiva sigue el sentido positivo de la rotación global
- Las definiciones particulares de la dirección positiva debe ser examinada con cuidado en todos los casos

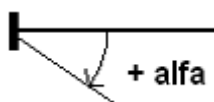
Sobrecarga

- Siempre se supone que actúa a lo largo de la línea horizontal (o en un punto)
- El origen (punto) y la longitud son datos de entrada requeridos
- La sobrecarga positiva en el ángulo cero se supone que actúa contra la dirección positiva del eje Z
- El ángulo cero corresponde a la sobrecarga vertical
- El ángulo aumenta en el sentido de las agujas del reloj
- El rango del ángulo es de $\langle -180^\circ$ a $180^\circ \rangle$



Anclajes

- Un anclaje puede ser especificado por el origen o por un ángulo
- El ángulo cero corresponde a la dirección del eje X
- El ángulo aumenta en el sentido de las agujas del reloj



- El rango del ángulo es de $\langle -180^\circ$ a $180^\circ \rangle$

Desplazamientos prescritos y rotación de soportes

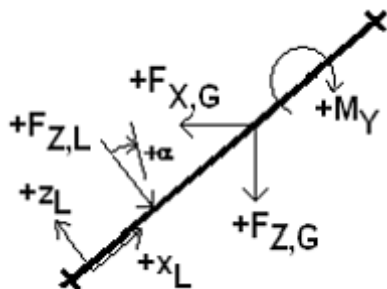
- Los desplazamientos prescritos son positivos en la dirección del eje X , Z y sobre el eje Y
- Los desplazamientos son positivos cuando se desarrollan contra las direcciones positivas de los ejes de coordenadas



- La rotación positiva se mide en el sentido de las agujas del reloj

Carga de vigas

- El sistema de coordenadas local sigue el sentido de las agujas del reloj
- El eje positivo X_L de la viga, se asume en dirección desde el inicio hasta el punto final
- El eje positivo Z_L , es perpendicular y gira en sentido contrario a las agujas del reloj por 90° del eje de la viga
- La carga puede ser aplicada en 3 direcciones:
 - global Z
 - global X
 - local normal (Z)
- La carga positiva en la dirección global actúa contra la dirección positiva del eje correspondiente
- La carga positiva en la dirección normal actúa contra la dirección positiva del eje local Z_L
- El ángulo de carga positiva α se mide en el sentido de las agujas del reloj
- El momento es positivo cuando actúa en el sentido de las agujas del reloj



- Definición de la carga a lo largo del eje X_L
 - Coordenadas, coordenada del origen
 - Período de carga
- Tipos de carga (siempre en las direcciones mencionadas anteriormente)
 - Fuerza concentrada
 - Momento concentrado
 - Distribución uniforme sobre la viga completa
 - Distribución trapezoidal sobre la viga completa
 - Distribución uniforme sobre un segmento de la viga

- Distribución trapezoidal sobre un segmento de la viga

Tensiones y deformaciones

- Esfuerzo normal positivo *Sigma* correspondiente a la compresión, negativa a la tensión
- Deformación normal positiva *Epsilon* correspondiente a la compresión, negativa a la tensión

Fuerzas internas a lo largo de la viga

- Fuerza normal positiva correspondiente a la tensión, negativa a la compresión
- Tensión normal positiva *Epsilon* corresponde a la compresión, negativa a la tensión.

Proyecto

El cuadro "Proyecto" se utiliza para introducir datos básicos del trabajo y para especificar la configuración general de la ejecución del análisis. Este cuadro contiene campos de entrada para introducir la información básica sobre la tarea a analizar. Ej.: Información del proyecto, descripción del proyecto, fecha, etc. Esta información será utilizada en el futuro para las salidas de impresión de textos y gráficos.

El cuadro también puede ser utilizado para cambiar el sistema de unidades (métrico / imperial). Los datos del proyecto se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".

Cuadro "Proyecto"

Configuración

El cuadro de "Configuración" sirve para especificar normas o métodos que se utilizan para realizar el análisis.

La solapa "análisis" permite al usuario definir las características básicas de los análisis que se lleva a cabo incluyendo el tipo de problema y el análisis, el método de cálculo de la tensión inicial (tensión geostática, procedimiento K_0) y normas disponibles para estructuras de hormigón y acero.

El problema disponible (análisis de deformación plana, simetría axial) **y el tipo de análisis** (tensión, estabilidad, flujo de agua, túneles, consolidación) **dependen de la configuración adquirida del programa.**

Al disponer de todos los modos se recomienda proceder con extrema precaución al

seleccionar el tipo de análisis - los tipos más complejos requieren número claramente mayor de datos de entrada y pueden complicar innecesariamente el uso del programa.

La solapa también sirve para seleccionar el método de cálculo de la tensión inicial en la primera etapa de construcción - ya sea cálculo estándar de la **tensión geostática** o el **procedimiento K_0** .

También es posible seleccionar **opciones avanzadas del programa**, que normalmente no son necesarias para el análisis común.

Opciones avanzadas permitidas:

- **Parámetros avanzados para generación de mallas**
- **Parámetros avanzados de suelos**
- **Modelos avanzados de suelos**
- **Parámetros avanzados de flujo de agua**
- **Carga de temperatura**
- **Resultados detallados**

Cuadro "Configuración"

Análisis de estabilidad

Hay dos opciones disponibles en el programa MEF para resolver el problema de estabilidad de taludes:

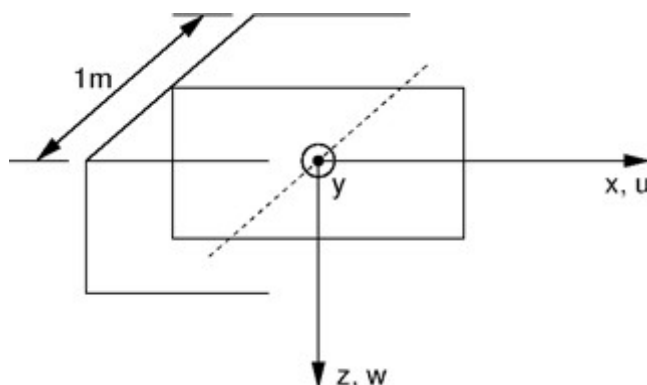
1. Configurar como **tipo de análisis "Estabilidad de taludes"** en el cuadro **"Configuración"**.
2. Ejecutar el módulo **"Estabilidad de taludes"** en una **etapa de construcción** arbitraria, del análisis estándar, presionando el botón **"Estabilidad"** - en este caso, se genera una tarea secundaria (la cual puede ser resuelta en forma independiente). La solución entonces continúa como en el paso.

La creación de un modelo y sus datos de entrada en el módulo **"Estabilidad de taludes"** sigue la misma forma que en el módulo **"Esfuerzo"** - Solo que el botón **"Análisis"** **ejecuta al análisis de estabilidad de taludes** para una estructura dada. Los distintos análisis de estabilidad de taludes en las etapas de construcción son completamente diferentes y no tienen relación con **las etapas o los cálculos previos**.

Análisis del plano de tensión

Éste módulo de cálculo se utiliza para el análisis de estructuras longitudinales (**túnel, terraplén, represa**, etc) caracterizado por una dimensión longitudinal, siendo de los órdenes

de mayor magnitud que las dimensiones transversales del dominio analizado.



Análisis del plano

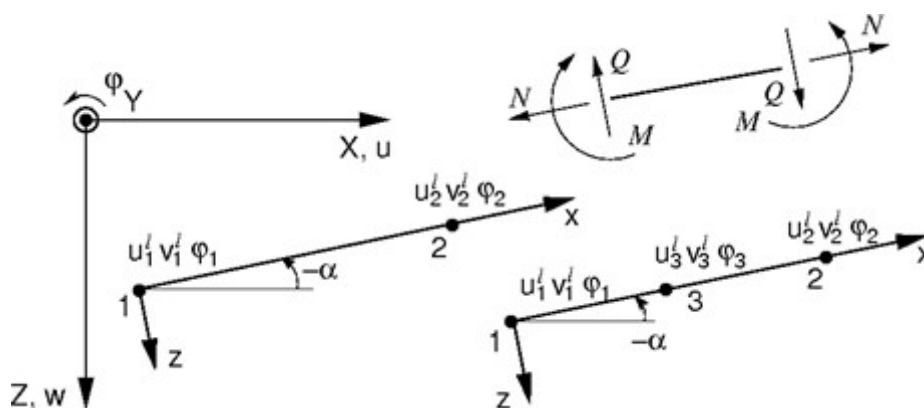
En este caso el análisis se lleva a cabo por **1 m** ejecutado de la estructura, ver figura.

Esto cumple con el supuesto del plano de tensión. Las componentes del vector de tensión desarrollado en el plano normal del eje longitudinal puede entonces, no tenerse en cuenta. Por lo que, asumimos que el cuerpo del suelo es cargado por las componentes de fuerza y tensión del vector pertinente al plano transversal normal al eje longitudinal y por la tensión normal longitudinal que surge debido al efecto de Poisson. Las correspondientes componentes no nulas de la tensión y del vector de tensión son:

$$\sigma^T = \{\sigma_{xx} \sigma_{zz} \tau_{xz} \sigma_{yy}\}$$

$$\varepsilon^T = \{\varepsilon_{xx} \varepsilon_{zz} \gamma_{xz} \varepsilon_{yy} = 0\}$$

Considerando elementos vigas el análisis corresponde a la solución de un plano con una sección transversal igual a **1 m**. Las componentes no nulas de desplazamientos generalizados de nodal son evidentes en la siguiente figura para un elemento viga dos-nodos compatible con un elemento de plano triangular de 3-nodos y un elemento viga de 3-nodos compatible con una elemento de plano triangular de 3-nodos.



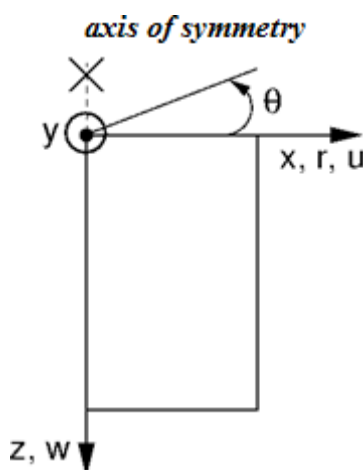
Elemento viga de dos-nodos y tres nodos

Las componentes correspondientes de las fuerzas internas, ver figura, asumidas con respecto a **1m** de ancho de la sección transversal se dan por:

$$\sigma^T = \{N \equiv n_{xl}, M \equiv m_y, Q \equiv q_{zl}\}$$

Simetría axial

Este modelo de cálculo se adapta al análisis de revolución de estructuras. Este supuesto debe satisfacer tanto la construcción y el punto de carga de vista. Un ejemplo típico es la solución de pilotes aislados cargados verticalmente, excavaciones de zanjas circulares, bombeo de agua de una agujero circular.



Análisis axisimétrico

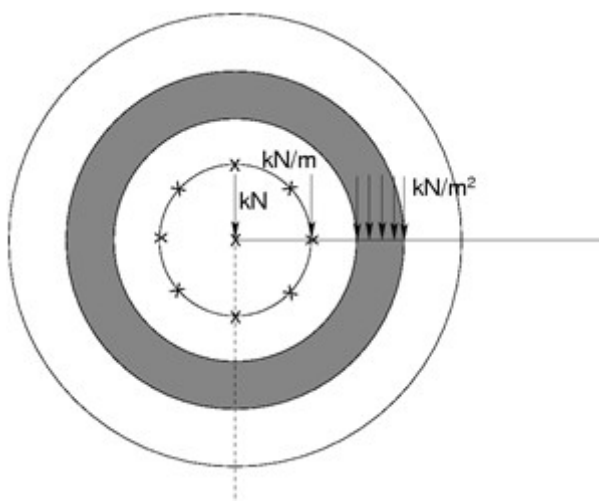
De forma similar al análisis del plano de tensión los problemas de cálculos tridimensionales, pueden, sin embargo, ser transformados en problemas de dos dimensiones, ver Figura. El análisis luego se lleva a cabo con respecto a $1m$ de longitud del arco teniendo un diámetro igual a $x(r)$. El eje de simetría siempre se corresponde con el del origen de coordenadas $x(r)$. Los componentes de la fuerza de corte en dirección a la rotación pueden ser descartados. Nos encontramos entonces a la izquierda de los componentes de la tensión y de la fuerza actuando en el plano de corte de simetría y en dirección a la fuerza normal y al componente de tensión en el agujero (dirección circunferencial). Los componentes no nulos de la tensión y del vector de la fuerza son:

$$\sigma^T = \{\sigma_{xx} \sigma_{zz} \tau_{xz} \sigma_{\theta\theta}\}$$

$$\varepsilon^T = \left\{ \varepsilon_{xx} \varepsilon_{zz} \gamma_{xz} \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u}{r} \right\}$$

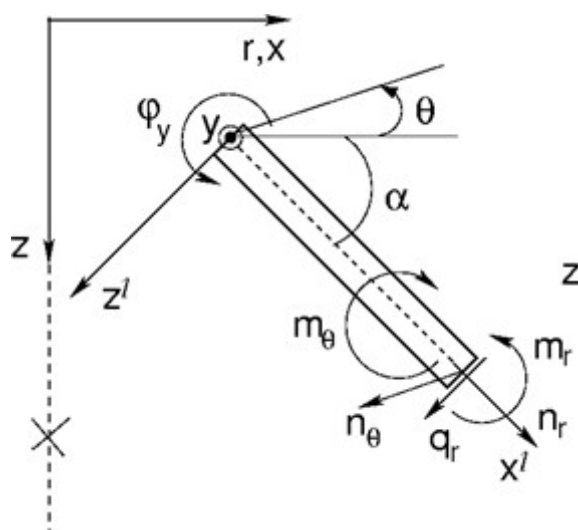
Está en claro que el aro de tensión, y por lo tanto la tensión normal afectada, alcanzan un valor infinito en el eje de simetría. Así, con respecto a la aproximación de elementos finitos, al realizar las estimaciones suficientemente fiables y precisas de estos valores se requiere una malla relativamente fina a lo largo del eje de simetría.

Vale la pena mencionar la aplicación de la línea y la carga de superficie. Diferentes ejemplos de aplicación de la carga en la superficie de terreno se muestran en la siguiente figura. Claramente, el efecto aumenta con la distancia desde el eje de simetría. Ingresando este tipo de cargas directamente en el eje de simetría no tiene efecto alguno. En este caso es necesario elegir un tipo de carga para el eje de simetría. El programa permite para la aplicación solo fuerzas concentradas.



Ejemplos de cargas aplicadas en superficies terrestres

Considerando elementos vigas en análisis corresponde a la solución de una membrana plana de revolución incluyendo efectos de flexión. Los grados de libertad no nulos son adoptados de forma idéntica por los elementos viga en el análisis de plano de tensión. Aparte a los efectos axiales (meridianos) es necesario considerar también membrana y efectos de flexión en dirección al agujero, ver figura.

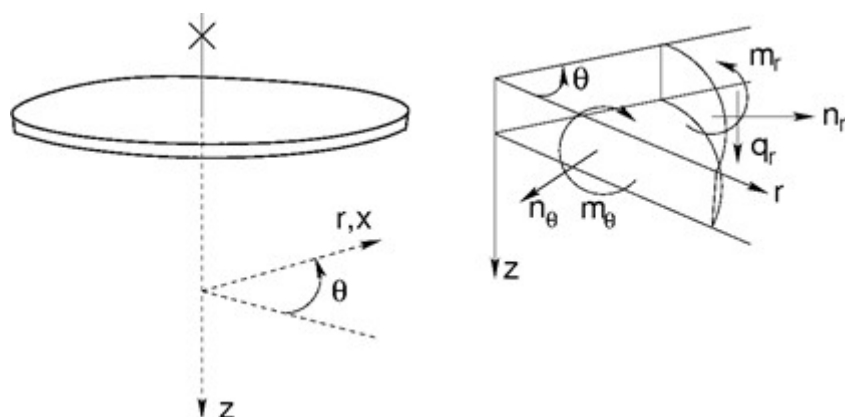


Elementos viga en simetría axial

Los componentes correspondientes a las fuerzas internas, ver figura, son asumidos con respecto a Im del ancho de la sección transversal están dados por:

$$\sigma^T = \{n_r, m_r, q_r, n_\theta, m_\theta\}$$

En un caso especial de plano circular (ángulo $\alpha = 0$) nos referimos a las componentes radiales y del aro de las fuerzas internas, ver figura:



Fuerzas internas actuando en un plano circular

Las fuerzas internas están relacionadas a la correspondiente tensión y curvaturas como se muestra a continuación:

$$\begin{Bmatrix} n_r \\ m_r \\ q_r \\ n_\theta \\ m_\theta \end{Bmatrix} = \frac{1}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} EA & 0 & 0 & \nu EA & 0 \\ 0 & EI_y & 0 & 0 & \nu EI_y \\ 0 & 0 & \frac{(1-\nu)kEA}{2} & 0 & 0 \\ \nu EI_y & 0 & 0 & EA & 0 \\ 0 & \nu EI_y & 0 & 0 & EI_y \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{du^I}{dx} \\ \frac{d\varphi_y}{dx} \\ \varphi_y + \frac{dw^I}{dx} \\ \frac{u^I \sin \alpha - w^I \cos \alpha}{r} \\ \frac{\varphi_y \cos \alpha}{r} \end{Bmatrix}$$

Luego de configurar r igual a infinito, nos acercamos a las condiciones del plano de tensión. Vale la pena señalar que en el caso de fuerzas de corte las magnitudes son, a diferencia del análisis de plano de tensión, significativamente dependientes del refinamiento de la malla de elementos finitos. Esto es válido también para las reacciones verticales.

Nota para el flujo de agua

Recordemos que de manera similar a las fuerzas de reacción en el análisis de tensión de los puntos fluyen en los nodos con prescritos presiones de poro se evalúan con respecto a 1 m de longitud de arco que tiene un diámetro igual a $x(r)$. En el caso de análisis del plano de tensión el valor correspondiente es tomado por 1 m ejecutado. Los flujos globales correspondientes (flujo de entrada / flujo de salida) pueden ser determinados por los puntos de flujos como se $[m^3/\text{day}/m]$ menciona:

Análisis de plano de tensión

$$\sum Q = \sum_{i=1}^N Q_i \quad [m^3 / \text{day} / m]$$

Análisis axisimétrico

$$\sum Q = \sum_{i=1}^N 2\pi x_i Q_i \quad [m^3 / \text{day}]$$

Cuando N es el número de nodos a lo largo de la línea de malla dada, en donde los puntos de flujo $Q_i [m^3/\text{day}/m]$ son calculados. En el caso del análisis axisimétrico x_i representa la coordenada x para un punto dado. Por lo que el análisis axisimétrico proporciona el total de

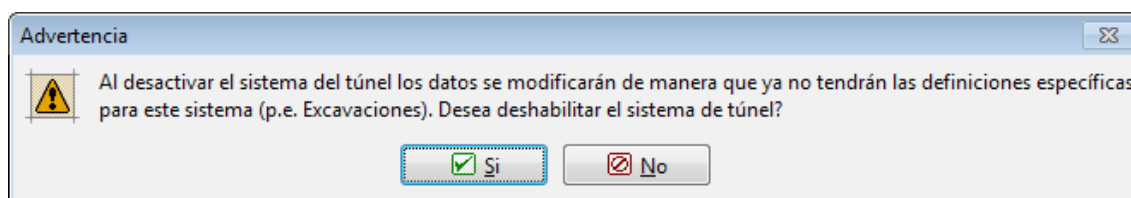
flujo de entrada / flujo de salida [m^3/day] a través de por ejemplo un superficie cilíndrica (línea vertical) o superficie circular (línea horizontal).

Túneles

El cuadro "Configuración" permite seleccionar la opción "**Túneles**". (Este módulo debe ser adquirido por el usuario, de otra forma esta opción no está disponible). Cuando se selecciona el módulo "**Túneles**" es posible definir y calcular:

- **Excavaciones:** (Modelando un efecto 3D en la cara del túnel se asume el nuevo método Austriaco)
- **Degradación gradual de las vigas**
- **Vigas sometidas a carga térmicas**
- **Carga térmica aplicada a la región seleccionada** (se requiere "Opciones avanzadas del programa")
- **Prescripción tensión de hinchazón en la región seleccionada**
- **Monitoreo de resultados**

El modo "**Túneles**" puede habilitarse o deshabilitarse en cualquier momento. El resultado previo, sin embargo, será eliminado. Si bien el cambio entre el régimen estándar y el régimen "**Túneles**" es seguro, el procedimiento en la dirección opuesta borra todos los datos introducidos - Sin embargo, un mensaje de alerta, aparece antes de que se complete la actividad.



Mensaje de alerta sobre la modificación de datos antes de cancelar el módulo "Túneles"

Consolidación

El análisis de consolidación es un módulo opcional de programa MEF. Podemos activar el análisis de la consolidación en el cuadro de "Configuración" cambiando el "**Tipo de análisis**" a la "**Consolidación**". La entrada tiene las siguientes limitaciones:

- el régimen de "**Túneles**" no se puede utilizar
- sólo algunos modelos de materiales pueden ser utilizados: elástico, Mohr-Coulomb, Modificado Mohr-Coulomb y Drucker-Prager
- las regiones activas pueden ser especificadas completamente sólo en la primer etapa de construcción, en las siguientes etapas de sólo está permitido activar las regiones situadas por encima del terreno de la etapa de construcción anterior. No son posibles las aberturas o cortes
- la malla se genera obligatoriamente utilizando elementos multi-nodos
- el agua puede ingresarse sólo en la primer etapa de construcción y sólo se puede configurar las opciones "No hay presencia de agua" o "NF"

- las **vigas** están siempre en dirección transversal impermeable, sólo se puede especificar el drenaje a lo largo de la viga a cada lado
- no está disponible el punto de fluidez, la **línea de fluidez** en las fronteras pueden tener sólo condiciones de contorno "**permeables**" o "**impermeable**"

La entrada de datos y el cálculo es el siguiente:

- La **topología** se define de la misma manera que el análisis de tensión, se **genera** la malla de elementos finitos
- en la primera **etapa de construcción** en el cuadro de "**Agua**" se especifica la presión de poro mediante la introducción de **napa freática**
- en las siguientes etapas de construcción se ingresan: los datos para el análisis de tensión, las **condiciones de contorno de flujo**, vigas y **parámetros de flujos de contacto**, los **parámetros** de análisis, es decir, el tiempo de fase y acción de carga

Los **resultados** del análisis se presentan en la misma forma que en el **análisis** de tensión, además están disponibles las velocidades de flujo .

El principio de la solución numérica está **aquí**.

Principio de la solución numérica por consolidación

Consolidación

En el análisis de tensión estándar del programa GEO5 MEF se permiten dos enfoques específicos para el modelado de la acción de presión de poro en un cuerpo del suelo. En caso de condiciones no drenadas, se asume que todas las fronteras que rodean el suelo no drenado son impermeables, el suelo es considerado como volumétricamente incompresible, y los resultados de la carga aplicada en la generación de un exceso de presión de poros dentro de esta capa. La introducción de las condiciones de contorno adecuadas que permitan una disipación gradual del exceso de presión de poro proporciona el paso a las condiciones drenadas. En caso de condiciones drenadas suponemos que la presión de poro resultante ya no está influenciada por la deformación del cuerpo del suelo. La transición de drenado a condiciones no drenadas se describe en la teoría de la consolidación.

El término consolidación que representa la deformación del suelo en el tiempo causada por la carga externa, puede ser constante o dependiente del tiempo. Este es un proceso reológico. Para el presente caso limitamos nuestra atención a la llamada consolidación primaria caracterizada por la reducción del volumen de poros y por lo tanto el cambio de la estructura interna del suelo debido a la carga acompañado por el escape de agua por los poros. El análisis supone un suelo totalmente saturado. Análisis de consolidación en un suelo parcialmente saturado no se aborda en el programa. La ecuación que gobierna describe el flujo de agua (ecuación de continuidad, \dot{a} representa una derivada en el tiempo de una cantidad dada) en un totalmente saturado ($S = 1$, $\dot{S} = 0$) cuerpo del suelo deformado se proporciona por (recordar la ecuación de Richards para la descripción de **flujo de agua transitorio (inestable)**) .

$$\frac{1}{M} \dot{p} + \alpha \dot{\epsilon}_v + \nabla^T \left(- \frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} (\nabla p - \gamma_w \mathbf{i}_g) \right) = 0 \quad (1)$$

donde: M - el Módulo Biot, asumido en el rango de $M = (100-1000) Ksk$ (Ksk es el módulo mayor de esqueleto). En general, se trata de un gran número para hacer cumplir una incompresibilidad volumétrica de un suelo totalmente saturado dada en tiempos muy cortos en el inicio de la consolidación. Una

- configuración predeterminada es $M = 106 \text{ kPa}$.
- α - parametro Biot asumido típicamente como $\alpha = 1$
 - p - Presión de poros
 - ∇p - gradiente de presión de poros
 - \mathbf{K}_{sat} - matriz de permeabilidad que almacena los coeficientes de permeabilidad para un suelo completamente saturado, los valores típicos para suelos seleccionados se almacenan en la [tabla](#)
 - i_g - gradiente hidráulica

La tasa de cambio de la presión total está dada por:

$$\dot{\sigma} = \mathbf{D}^{ep} \dot{\epsilon} - \alpha 3 \mathbf{m} \dot{p}_{ex} \quad (2)$$

- donde: \mathbf{D}^{ep} - matriz de rigidez actual
- p_{ex} - el exceso de presión de poros

$$\mathbf{m} = \left\{ \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \frac{1}{3} \right\}^T \text{ por deformación plana o simetría axial}$$

Tenga en cuenta que la presión de poro total p es la suma de la presión de poro en estado estacionario p_{ss} y el exceso de presión de poros p_{ex} . Contiene:

$$\dot{p}_{ss} = 0 \quad (3)$$

La ecuación de continuidad (1) puede por lo tanto escribirse como:

$$\frac{1}{M} \dot{p}_{ex} + \alpha \dot{\epsilon}_v + \nabla^T \left(-\frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} \nabla p_{ex} \right) = 0 \quad (4)$$

adoptando la condición límite de exceso de presión de poro como cero al límite con la presión prescrita como:

$$p_{ex}(t) = 0 \quad (5)$$

y el flujo cero ($q(t)=0$) a través del límite con densidad de flujo de agua prescrito:

$$\mathbf{n}^T \left(\frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} \nabla p_{ex}(t) \right) = 0 \quad (6)$$

donde: \mathbf{n} - componentes de la unidad normal hacia afuera

vea: **Configuración de las condiciones de contorno hidráulicos.**

La tensión total global está dada por:

$$\sigma = \mathbf{D}^{el} (\epsilon - \epsilon^{pl}) - \alpha 3 \mathbf{m} (p_{ss} + p_{ex}) \quad (7)$$

- Donde: \mathbf{D}^{el} - matriz de rigidez elástica
- ϵ - vector de tensiones generales
- ϵ^{pl} - vector de tensiones plasticas generales

Los valores actuales de las tensiones y el exceso de presión de poro en la ecuación (7) derivan de la aplicación de las ecuaciones estáticas de equilibrio y ecuación de continuidad (4) dentro de la solución del problema de tensión y el transporte de agua, utilizando el principio de desplazamiento virtual. Como en el caso de análisis de flujo de agua transitorio se adoptó el método de Euler hacia adelante totalmente implícito para realizar discretización del tiempo de la ecuación (4). Más detalles se pueden encontrar en [1,2,3].

Análisis de consolidación

Como en el caso de análisis de flujo de agua transitoria la primera etapa de cálculo sirve para establecer las condiciones iniciales, es decir, la distribución de la tensión geostática y estado estacionario de presión de poros. Los valores de presión de estado estacionario son iguales a los valores de presión general al final de la consolidación. Los valores iniciales de presión de poro se establecen solamente mediante la especificación del nivel freático (NF).

Vale la pena señalar que incluso si la tabla de NF se encuentra dentro del cuerpo analizado suelo por debajo del suelo y por encima del NF es asumido como totalmente saturado. Esto aplica también a los suelos que se introducen en el análisis en las etapas posteriores de cálculo (activando nuevas regiones). La eliminación o excavación de suelos (desactivando regiones existentes) no es posible con la versión actual del programa.

El análisis de consolidación actual se realiza desde la segunda etapa y requiere el establecimiento de las condiciones de contorno hidráulicas, se establece el tiempo de duración de una etapa de cálculo dada, se ajusta el número esperado de pasos de tiempo y se ajusta la forma de ingresar la carga en el análisis.

Configuración de las condiciones de contorno hidráulicas

El programa permite la introducción los dos tipos de condiciones de contorno hidráulicas, recordar las ecuaciones (5) y (6):

- Condición de poro de presión cero ($p = 0$), que permite la salida de agua libre desde el cuerpo del suelo, es decir, condición que representa un límite permeable. Más específicamente, esta condición corresponde al valor cero del exceso de presión de poro p_{ex} . El valor global de la presión de poro a lo largo de esta frontera es, igual a p_{ss} . Esta es una condición de contorno predeterminada y se asume a lo largo de todos el contorno de los dominios externos, por lo tanto, también a lo largo de los límites externos de nuevas regiones
- Condición de densidad de flujo cero (sin flujo de entrada/flujo de salida, $q = 0$), es decir, condición que representa un límite impermeable. Si es necesario, esta condición tiene que ser introducida manualmente.

La elección de una condición de contorno dada influye en la tasa de consolidación. Más detalles se pueden encontrar en [1].

Ajuste del tamaño del paso de tiempo - número esperado de pasos de tiempo en una etapa dada

A diferencia del flujo de agua transitoria se analiza el tamaño del paso de tiempo inicial (valor discreto de incremento de tiempo al resolver la ecuación (4)) es en el caso de consolidación no asignado directamente. En cambio, este paso se configura según la duración especificada de la etapa de cálculo y el número introducido de pasos de tiempo esperados para una etapa determinada. En el caso de la consolidación lineal (todos los suelos se asumen linealmente elásticos) se lleva a cabo el número introducido de pasos de tiempo. Una reducción paso de

tiempo puede tener lugar en caso de consolidación no lineal si se encuentra la falta de convergencia para el paso de tiempo actual. Esto aumenta el número de pasos para completar la etapa de análisis. Al especificar el número de pasos en relación con la duración de la etapa, se debe tener en cuenta que en el inicio de la consolidación del paso de tiempo debe ser relativamente pequeño (sobre todo cuando se refiere a una etapa de carga junto con la consolidación no lineal), mientras que con el progreso gradual de consolidación el tamaño del paso del tiempo puede llegar a varias decenas de días. Más detalles se pueden encontrar en [1].

La introducción de la carga en el análisis

Como en el caso del **análisis de flujo transitorio** el programa ofrece sólo dos opciones:

- La carga se aplica en un paso al comienzo de la fase de cálculo. Más específicamente, se supone un aumento lineal de la carga sobre el primer paso de tiempo. Así, si estamos interesados en el comportamiento en $t \rightarrow 0$, es necesario seleccionar adecuadamente la combinación de número de pasos de tiempo y la duración de la primera etapa (por ejemplo, 1 y 0.001). En el caso de un paso de tiempo muy corto y los límites impermeables ($q = 0$) se simula la respuesta del suelo volumétricamente incompresible ($K \rightarrow \infty$) con un valor finito de el módulo de corte. Los resultados para $t \rightarrow 0$ entonces están de acuerdo con los resultados derivados del análisis de tensión estándar con suelos no drenados. Más detalles se pueden encontrar en [1]
- La carga aumenta linealmente durante la etapa de cálculo. El incremento de carga depende entonces del tamaño de paso de tiempo. Especialmente en el caso de la consolidación no lineal se debe especificar correctamente el lapso de tiempo durante el cual se introduce la carga para evitar dificultades de convergencia.

Siempre que no haya cambio de carga en una etapa dada las opciones de configuración anteriores son irrelevantes.

Aplicación de elementos de viga en la consolidación

La permeabilidad de la viga depende de su ubicación y la elección de las condiciones de contorno hidráulicas. Una viga encontrada dentro del cuerpo del suelo es en su dirección normal impermeable. En los límites de dominio de la permeabilidad de la viga en la dirección normal, como en el caso de análisis de flujo de agua, es impulsado por la condición de contorno seleccionada. En caso de límite permeable ($p = 0$) la viga en este límite es totalmente permeable, mientras que en caso de límite impermeable ($q = 0$) la viga en este límite también es impermeable.

Aplicación de elementos de contacto en la consolidación

La razón para ingresar elementos de contacto en el análisis es doble.

En primer lugar, deseamos permitir un cambio mutuo relativo entre dos suelos, el suelo y la roca o el suelo y el elemento viga, por ejemplo, en el análisis de interacción del suelo y estructura laminada. En segundo lugar, el objetivo es modelizar el drenaje potencial a lo largo de la viga o en general a lo largo de una línea a la que se asigna el elemento de contacto. En todos los casos se debe realizar una simulación acoplado de ambos fenómenos, es decir, el análisis de tensión y el flujo de agua que se lleva a cabo de forma simultánea. Si no se especifica lo contrario, el programa asume el flujo dentro de un elemento de contacto dependiendo de permeabilidades de suelos circundantes, tanto en la dirección longitudinal como transversal. En caso de contacto fijo al elemento viga la permeabilidad normal k_n es irrelevante, ya que la viga se asume en esta dirección, ya sea totalmente impermeable ($k_n = 0$) o totalmente permeable ($k_n \rightarrow \infty$) véase "**La aplicación de elementos viga en la consolidación**".

Comentarios generales

La evolución temporal de las variables individuales, por ejemplo, asentamiento o el exceso de presión de poros, estarán en caso de consolidación lineal siempre limitada por la solución de análisis de tensión cuando se considera los suelos no drenados (todos los suelos activos en el dominio analizado se especifica como no drenado) o suelos drenados (establecimiento de estándares, todos los suelos activos en el dominio analizado se especifican como drenado). El último caso coincide con el análisis en estado estacionario con la disipación total de exceso de presión de poro. Los resultados del análisis de tensión lineal con suelos drenados y consolidación lineal derivados en $t \rightarrow \infty$ deben ser idénticos. Sin embargo, esto no se cumple para análisis no lineal ya que en esos casos no podemos invocar el principio de superposición. Más detalles se pueden encontrar en [1].

A diferencia de los análisis de flujo de agua, la solución de consolidación requiere de la aplicación de elementos de orden superior (por ejemplo, elementos triangulares de 6-nodo o cuadriláteros de 8 nodos). Mientras que los desplazamientos se calculan a todos los nodos de un elemento dado (aproximación cuadrática de campo de desplazamiento), la presión de poro se calcula a los nodos de esquina solamente (aproximación lineal de la presión de poro).

A diferencia de consolidación de una sola dimensión implementada en el programa "Asientos" los rendimientos de consolidación de dos dimensiones en $t \rightarrow 0$ cero deformación volumétrica y por lo tanto también cero significa sólo tensión efectiva. Los componentes individuales de los campos de desplazamiento son generalmente distinto de cero.

Bibliografía:

- [1] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, *Metoda konečných prvků v geomechanice: Teoretické základy a inženýrské aplikace, předpokládaný rok vydání (2015)*.
- [2] Z. Bittnar and J. Šejnoha, *Numerické Metody Mechaniky II. České vysoké učení technické v Praze, 1992*.
- [3] Z. Bittnar and J. Šejnoha, *Numerical methods in structural engineering, ASCE Press, 1996*.

Procedimiento Ko

El procedimiento Ko es el método que permite calcular la **tensión geoestática** (en la primera **etapa**) cuando es necesaria una reacción particular entre las componentes de la **tensión vertical y horizontal**. Por ejemplo: Cuando trabajamos con **suelos sobreconsolidados**, la tensión horizontal actual puede alcanzar valores mucho más altos que los encontrados en suelos normalmente consolidados.

Cuando se adopta un **análisis estándar**, la tensión inicial se determina aplicando el método de elementos finitos. Modelos de materiales no lineales pueden ser utilizados para calcular la evolución de posibles superficies erróneas desde la primera etapa de construcción. En caso de una respuesta elástica el rango de los componentes de la tensión vertical σ_z y horizontal σ_x viene dados por:

$$\sigma_x = \frac{\nu}{(1-\nu)} \sigma_z$$

Donde:

- σ_z - Tensión normal vertical
- σ_x - Tensión normal horizontal
- ν - Índice de Poisson

Este análisis puede conducir a la evolución de deformaciones plásticas.

El **procedimiento** K_o genera sólo una respuesta elástica. La tensión horizontal en la primera etapa de construcción sigue la siguiente forma:

$$\sigma_x = K_o \sigma_z$$

Donde:

- K_o - Coeficiente de la tensión horizontal definido por el usuario
- σ_z - Tensión normal vertical
- σ_x - Tensión normal horizontal

El coeficiente K_o se asume como un parámetro de suelo. Si el parámetro K_o no se asigna, se deriva de la siguiente relación:

$$K_o = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

El resultado de la tensión puede, sin embargo, violar las condiciones de plasticidad de la segunda etapa de construcción cuando se utiliza el modelo de material no lineal. La iteración de equilibrio luego es llevada a cabo, incluso aunque no ocurra ningún cambio en la segunda etapa de construcción.

Flujo de agua

El programa permite realizar el análisis de **flujo en estado estacionario o transitorio en un cuerpo sólido**.

El análisis de flujo transitorio permite el seguimiento de la evolución de la presión de poro (presión de cabecera) y el grado de saturación en el tiempo. Tiempo después de que la distribución de presión de poros ya no cambia, determina el tiempo necesario para alcanzar las condiciones de estado estacionario. Este valor depende tanto de las características del flujo del suelo (coeficiente de permeabilidad, parámetros de los modelos que describen la curva de retención - la dependencia del grado de saturación o contenido de agua en la cabeza de presión negativa o succión) como del tipo del problema analizado (por ejemplo: flujo confinado / no confinado).

En el caso de análisis de flujo de estado estacionario las etapas individuales de cálculo son independientes entre sí. En el caso del análisis del flujo transitorio la solución se busca de forma similar al análisis de tensión estándar. La primera etapa de construcción se mantiene independiente y sirve para configurar las condiciones iniciales, es decir asignar la presión de poros inicial, presión de cabeceras y grado de saturación al inicio del análisis de tiempo dependiente en suelos totalmente saturados (presión de poros positiva) y suelos parcialmente saturados (presión de poros negativa). Las etapas subsiguientes definidas requieren la entrada de duración, en tiempo, para una etapa dada junto con la historia de carga (historia del tiempo de condiciones límites hidráulicas). La versión actual del programa permite ingresar ya sea la carga entera de una sola vez al comienzo de la etapa de cálculo o asume que aumenta linealmente con la duración en tiempo durante la etapa de cálculo.

En ambos casos (estado estacionario / flujo transitorio) el programa describe en general el flujo en un medio no saturado o parcialmente saturado. El flujo en un medio totalmente saturado sólo aparece por debajo de la napa freática. Por encima de la napa freática (flujo en un medio parcialmente saturado) el flujo es dirigido por un modelo de material adecuado. Para analizar los problemas de flujo no confinado el programa introduce tres **modelos de materiales** de área de transición para el análisis de problemas de flujo no confinado, ya sea el **modelo Log-lineal**, el **modelo Gardner** o el **modelo Van Genuchten**. Al realizar el análisis de flujo transitorio se recomienda la adopción del **modelo de Van Genuchten**, ya que este modelo es capaz de representar de manera creíble los datos de retención de un suelo. Dado

que la elección del modelo de material influye en la configuración de las condiciones iniciales (valor inicial del grado de saturación) el programa no permite el cambio de modelos de materiales en posteriores etapas de cálculo. Con la misma idea, el cambio de geometría en comparación con la de la etapa inicial tampoco es posible.

Al realizar el análisis de suelo transitorios primero es necesario configurar en la primera etapa los valores iniciales de la presión de poro / presión de la cabeza en el tiempo $t = 0$, en particular por encima del nivel freático de agua en el suelo no saturado o parcialmente saturado (región de succión).

El programa ofrece tres opciones para ingresar la succión, realizando el análisis de estado, o asumiendo una distribución de equilibrio dada por $p = -\gamma_w z$, donde z se mide desde la ubicación actual hasta el nivel freático, o los valores iniciales de succión pueden ser especificados directamente por el usuario.

Cuando resolvemos una región práctica se recomienda no especificar valores presión negativa de la cabeza h_p menos a $-10m$ ($p > -100kPa \approx \gamma_w z$), especialmente en el caso de suelos con textura gruesos. Por ejemplo: para arenas la curva de retención es casi plana para los valores de $h_p < -1m$ y para grandes cambios en la cabeza de presión casi no hay cambio en el grado de saturación.

Esto es válido también para el coeficiente de permeabilidad relativa K_r , que sirve para reducir la permeabilidad totalmente saturado en las zonas insaturados o parcialmente saturados.

Esto es válido también para el coeficiente de permeabilidad relativa K_r , que sirve para reducir la permeabilidad totalmente saturada en zonas insaturadas o parcialmente saturadas. Una recomendación general para el establecimiento de valores mínimos de cabeceras de presión negativa es, bastante complicada, ya que para los suelos de textura fina, estos valores pueden llegar a varios cientos y en arcillas incluso mil metros.

El siguiente paso llama por definición las condiciones límites, ya sea en un **punto** o a lo largo de una **línea** al comienzo de una nueva etapa de cálculo.

La **viga** y los elementos de **contacto** pueden ser ingresados dentro del cuerpo del suelo. Los **resultados del análisis** se muestran en el formulario de presión de poros y en la distribución total de la cabeza, velocidades, direcciones de flujo e información sobre el total de flujo de entrada/salida dentro y fuera del cuerpo del suelo.

Análisis de flujo

Flujo Transitorio

Análisis de flujo transitorio en un medio parcialmente saturado es dirigido por la solución de la ecuación general de Richard (ecuación de continuidad):

$$n \dot{S} + \text{div}(-K_r K_{sat} \nabla h) = 0$$

Donde:	n	-	material de porosidad
	\dot{S}	-	tasa de cambio de grado de saturación
	K_r	-	coeficiente de permeabilidad relativa
	K_{sat}	-	permeabilidad de la matriz de medio totalmente saturado
	∇h	-	gradiente de la carga total
	Q	-	término fuente (pump / well) [m^3/s]

El tiempo de discretización según la ecuación de Richard se basa en el esquema de iteración completamente explícito de Picard[1]. Esto corresponde a una fórmula híbrida asegurando la conservación de la masa. Debido a la solución de un problema generalmente no lineal, el análisis se realiza de forma incremental. El esquema estándar de iteración de Newton-Raphson se utiliza para satisfacer condiciones equilibrio. El análisis también requiere establecer las condiciones iniciales y condiciones límite del flujo.

Tenga en cuenta que la velocidad y la estabilidad del proceso de iteración está influenciada en gran medida por la elección del modelo de material,

(la forma de calcular el coeficiente de permeabilidad relativo K_r , grado de saturación S y aproximación de la capacidad de expresión $C = dS / dh_p$) en relación a características no-lineales de un suelo dado. Un comportamiento significativo no-lineal es por ejemplo arenas donde las condiciones iniciales incorrectamente indicadas puede causar problemas numéricos.

Los detalles se pueden encontrar en [2,3].

Flujo en estado estacionario

El análisis del estado estacionario no asume ningún cambio del grado de saturación en el tiempo. La ecuación que gobierna entonces se reduce a:

$$\text{div}(-K_r K_{sat} \nabla h) = Q$$

A diferencia del flujo transitorio, el análisis es por lo tanto independiente del tiempo y requiere la introducción de las condiciones límites solamente. Sin embargo, todavía es un problema generalmente no lineal (por ejemplo, análisis de flujo no confinado) llamando a la aplicación del método de iteración de Newton-Raphson. Los detalles se pueden encontrar por ejemplo en [2,3]

Bibliografía:

[1] M. A. Celia and E. T. Bouloutas, A general mass-conservative numerical solution for the unsaturated flow equation, *Water Resources Research* 26 (1990), no. 7, 1483-1496.

[2] M. Šejnoha, *Finite element analysis in geotechnical design, to appear* (2015)

[3] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, *Metoda konečných prvků v geomechanice: Teoretické základy a inženýrské aplikace, předpokládaný rok vydání* (2015)

Interfaz

El **cuadro "Interfaz"** sirve para introducir interfaces entre distintos suelo. La descripción detallada de cómo manejar interfaces se describe en **herencia**.

El ancho del modelo geométrico puede ser usualmente estimado sin demasiados inconvenientes. (Se debe tener cuidado en el análisis de estabilidad, para proporcionar el suficiente espacio alrededor de la región crítica). Sin embargo también es importante la profundidad de la malla.

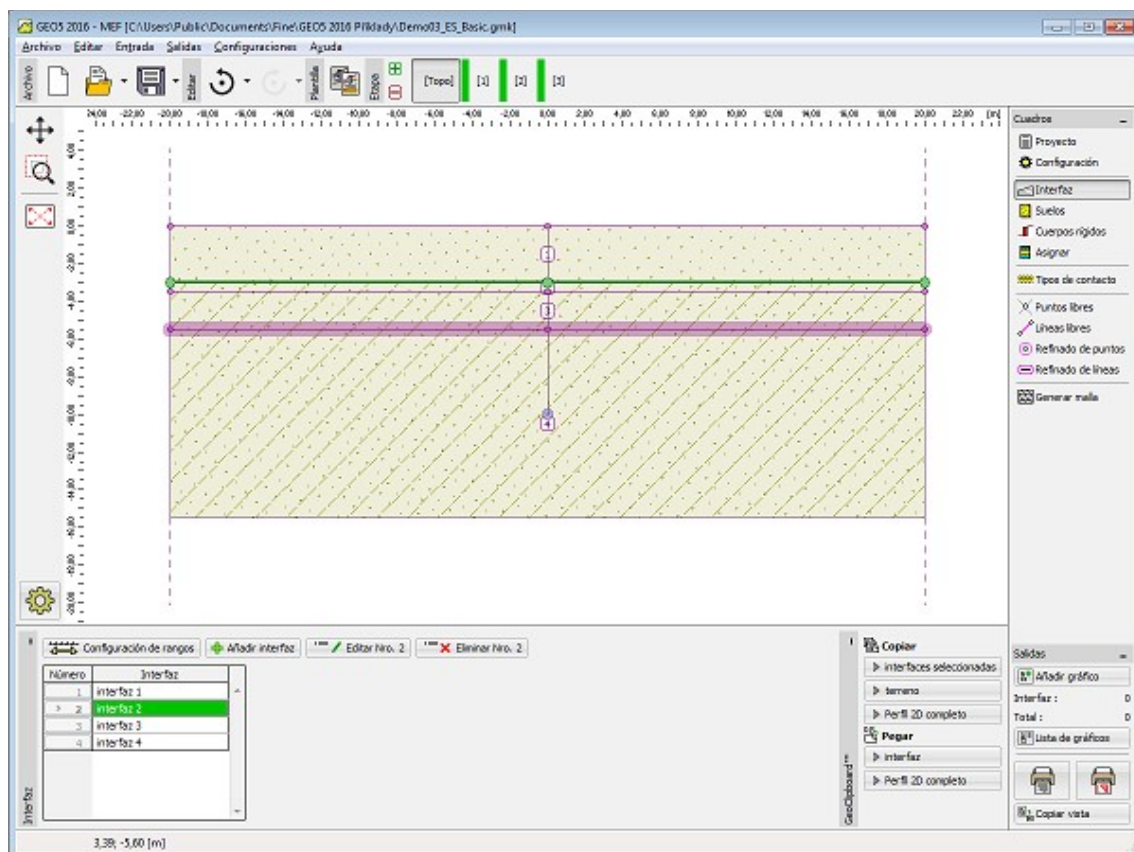
El punto más bajo de la malla se puede pensar como subsuelo incompresible. Si no existe ésta capa de suelo o material rocoso en el perfil geológico, es posible asumir que a una determinada profundidad del suelo, las fuerzas internas desaparecerán de tal forma que no haya ninguna deformación. Este será el punto más bajo en el modelo geométrico.

Si no hay certeza sobre los **márgenes del modelo geométrico**, es útil proceder de la siguiente manera:

- Primero: Introducir márgenes mayores, utilizar una malla gruesa y calcular los cambios en la distribución de la tensión dentro del cuerpo del suelo.
- Segundo: modificar los márgenes iniciales (región sin deformación aparente o cambios en la tensión pueden ser cortados), generar una nueva y fina malla y llevar a cabo un nuevo análisis más preciso.

Las interfaces pueden ser importadas desde otros módulos del paquete de software GEO5 utilizando el portapapeles.

El programa permite **importar / exportar** interfaces en el formato *.DXF. Las interfaces introducidas se pueden copiar en todos los programas GEO5 2D utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Interfaz"

Suelos

El cuadro "Suelos" contiene una **tabla** con un listado de los suelos introducidos. En la parte derecha del cuadro se muestra una tabla que provee información sobre las características del suelo seleccionado. Si hay más elementos (suelos) seleccionados en la tabla, la información sobre los suelos individuales se ordena de forma consecutiva.

Los parámetros de entrada de suelo dependen del **modelo de material** o **modelo de material en análisis de flujo**.

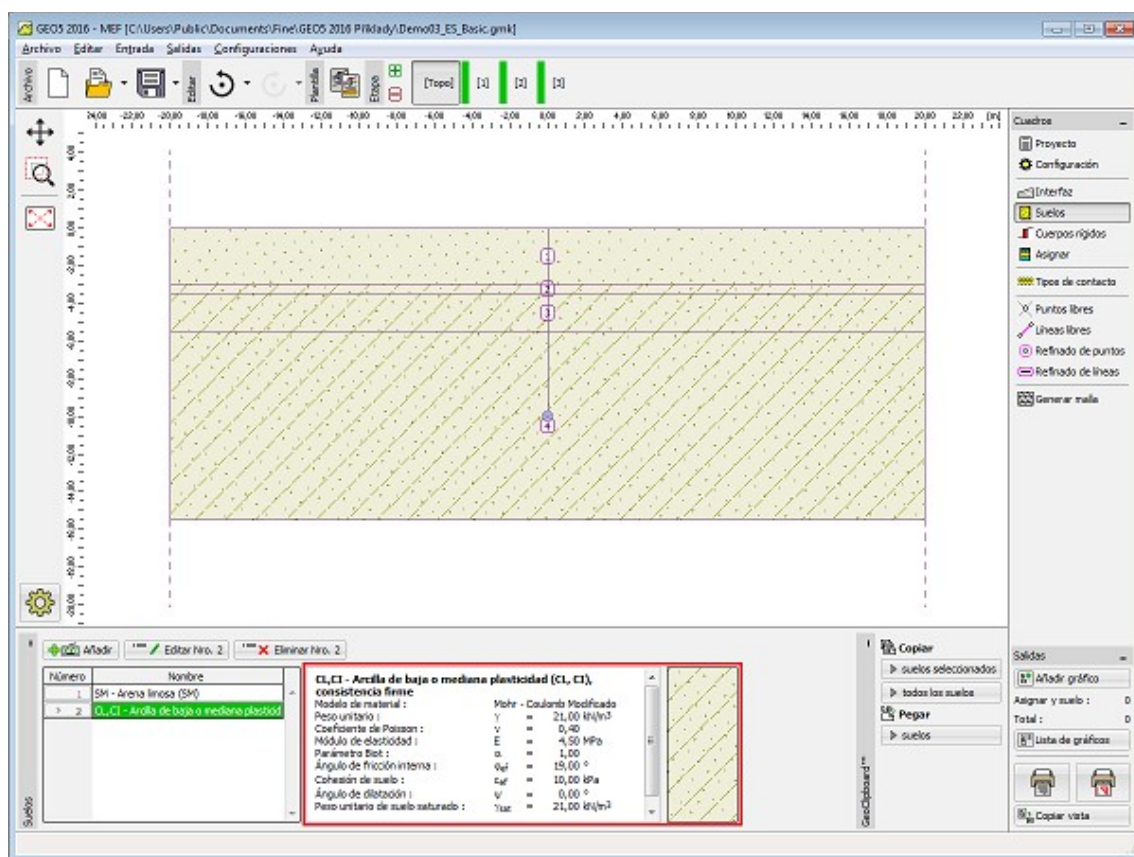
El parámetro básico de material es el **módulo de Young de elasticidad E** y el **coeficiente de Poisson** (son necesarios en todos los modelos). Para la mayoría de los **modelos no lineales** es necesario definir el **ángulo de fricción interna** y la **cohesión** del suelo. En ambos casos el análisis adopta **parámetros efectivos** del ángulo de fricción interna ϕ_{eff} y de cohesión c_{eff} .

La lista requerida para introducir parámetros de materiales, depende además del modo de entrada seleccionado. Suponiendo el modo Opciones avanzadas del programa (se puede seleccionar en el cuadro "Configuración") permite la definición adicional (avanzada) de parámetros de materiales (ej.: parámetro Biot, Módulo de volumen efectivo de agua, etc.) en las aplicaciones más prácticas estos materiales de parámetros no son de particular importancia y sirven generalmente para propósitos de estudios.

Modelos de materiales individuales, pueden combinarse en el análisis – cada suelo puede ser asignado a su propio **modelo de material**.

Para **añadir** suelo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo suelo"**.

Los datos de los suelos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 utilizando "GeoClipboard".



Cuadro "Suelos"

Modelos de materiales

La selección del modelo de material, junto con la introducción de los parámetros del material requeridos, es una de las tareas más importantes, pero al mismo tiempo una de las tareas más difíciles cuando se **modela estructuras** utilizando el método de elementos finitos.

El modelo de material intenta describir el comportamiento del suelo (o roca) de la forma más real posible. Estos pueden ser divididos en dos grupos:

- **modelos lineales**
- **modelos no lineales**

La selección del material apropiado es **esencial** para la predicción de una **respuesta real del**

suelo.

La mayoría de las tareas requieren de **modelos no lineales** (ej.: modelar estructuras de revestimientos con modelos lineales producirá resultados completamente erróneos). En algunos casos, sin embargo, utilizar **modelos lineales** puede ser útil, adecuado y puede simplificar considerablemente el análisis.

Cuadro "Añadir nuevo suelo" – selección del modelo de material

Modelos lineales

El modelo lineal da resultados relativamente rápidos, pero no provee estimaciones muy precisas en respuesta al verdadero material. Estos modelos pueden ser muy útiles en casos donde solo el estado de la tensión o de la deformación de la masa del suelo es importante. No

proporciona ningún tipo de información sobre las ubicaciones o los posibles mecanismos de fallo.

Pueden ser utilizados para modelar el comportamiento del suelo en regiones, donde solo hay fallas locales sin efectos sobre la ocurrencia de insuficiencia global, pero puede causar pérdidas de convergencia prematura. Para proporcionar el principal interés en la descripción fiable del comportamiento del suelo, es necesario emplear **modelos no lineales**.

El modelo lineal incluye:

- **Modelo elástico**
- **Modelo elástico modificado**

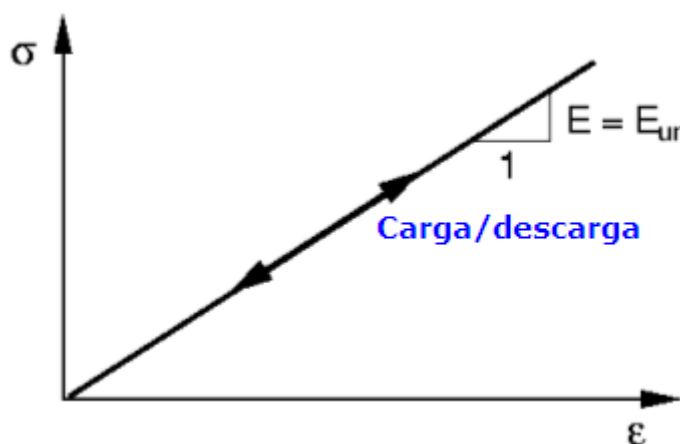
Modelo elástico

El modelo lineal es el modelo de material básico que supone una relación lineal entre la tensión-deformación dada por la ley de Hooke. Se requiere de los siguientes datos:

- γ - Peso unitario del suelo
- ν - Índice de Poisson
- E - Módulo de elasticidad

En un problema unidimensional la ley describe una dependencia lineal de tensión σ en la deformación ε , a través del módulo E (módulo de elasticidad), ver la figura.

En esta estructura el modelo lineal proporciona una variación lineal de desplazamientos como una función de las cargas aplicadas.



Relación tensión-deformación de LM

Modelo elástico modificado

Está claro que para suelos de comportamiento lineal es aceptable solo magnitudes de cargas aplicadas relativamente bajas. Esto es evidente sobre la descarga que usualmente muestra una cantidad bastante pequeña de deformación elástica en comparación con la deformación global.

El modelo lineal modificado busca al menos de cierta forma, considerar diferentes módulos para la carga y descarga como se representa en la figura.

La disminución de la rigidez del material a lo largo de una carga debido a la flexibilización de un plástico, se refleja a través del módulo de deformación E_{def} , el cual puede ser concebido como un módulo secante asociado con un cierto nivel de tensión.

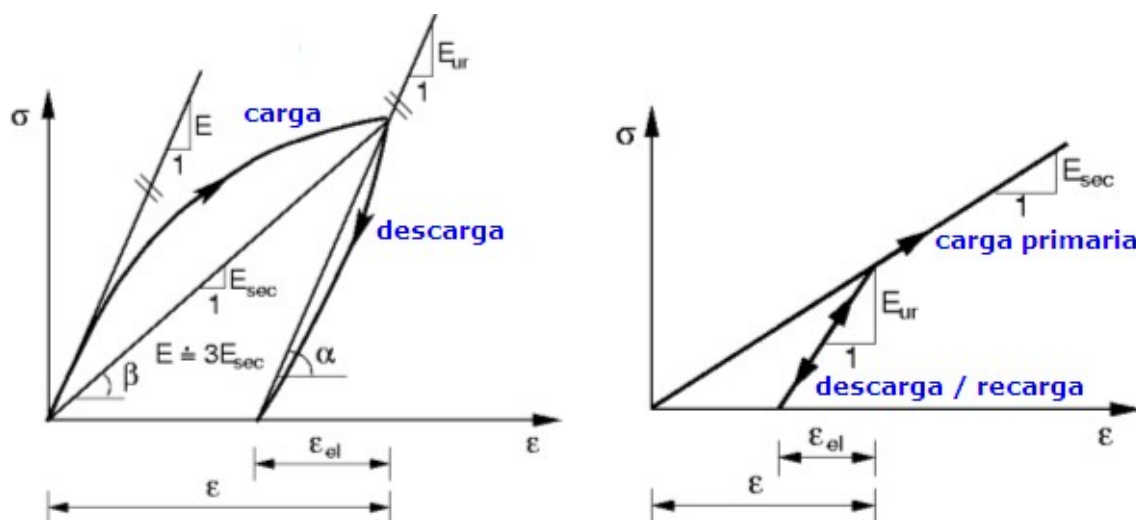
Una respuesta elástica se asume sobre la descarga. Para aumentar la claridad de la formulación del modelo, el modelo elástico para una descarga se reemplaza por el módulo E_{ur} de descarga/recarga que regula la respuesta del suelo sobre descargas y posterior recarga hasta el nivel de tensión encontrado en el punto del material antes de la descarga.

Con referencia a la figura estos módulos vienen dados por:

$$E_{def} = \tan \beta = \Delta \sigma / \Delta \epsilon$$

$$E_{ur} = \tan \alpha = \Delta \sigma / \Delta \epsilon^{el}$$

Donde: E_{def} -Módulo de deformación [MPa]
 E_{ur} -Módulo de descarga/recarga [Mpa]



(a) Diagrama de suelo de tensión-deformación real (b) diagrama simplificado de tensión-deformación por MLM(a)

Durante la carga principal, la respuesta del suelo es dirigida por el módulo secante, mientras que la descarga sigue el camino trazado por el módulo descarga/recarga (**módulo de elasticidad**). Un valor aproximado de este módulo es **3*módulo secante**. De cualquier forma, ambos parámetros deben ser obtenidos de mediciones experimentales fiables.

Modelos no lineales

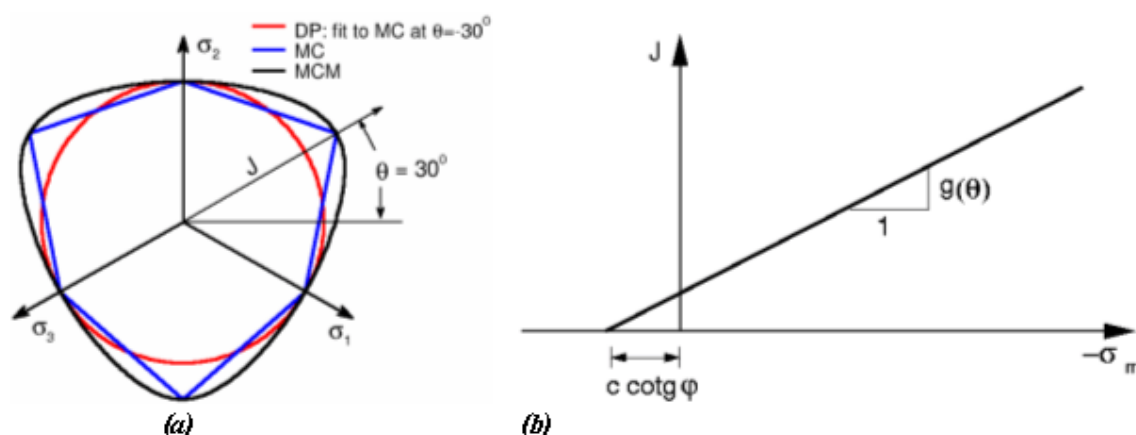
El modelo no lineal puede ser dividido en dos grupos:

El primer grupo de modelos originados por el clásico criterio de avería Mohr-Coulomb. En particular, los modelos de **Drucker-Prager**, **Mohr-Coulomb** y **Mohr-Coulomb modificado**. Estos modelos pueden ser modelados por **endurecimiento o ablandamiento**.

Una característica común en estos modelos, es la evolución de la deformación elástica ilimitada cuando se carga a lo largo del eje geostático. Esto es evidente en la siguiente figura que muestra proyecciones de la superficie de fluencia dentro del plano del meridiano y plano desviador respectivamente.

Un ejemplo del efecto del modelo seleccionado se encuentra [aquí](#).

El segundo grupo de modelos de material básico representado por el modelo **Cam-clay modificado**, **Cam-clay generalizado** y **Arcilla hipoplástica** empleando el concepto de estado crítico de suelo



Proyecciones de las superficies dentro del plano desviador (a) y del plano del meridiano (b)

El empleo de modelos no lineales permite capturar la respuesta típica no lineal de suelos.

Estos modelos describen la evolución de deformación permanente de materiales de suelos (plásticos). El inicio de la deformación plástica se controla por la llamada superficie de fluencia. La superficie de fluencia puede ser constante (material plástico elástico-rígido) o puede depender del estado de la tensión (material con endurecimiento/ablandamiento).

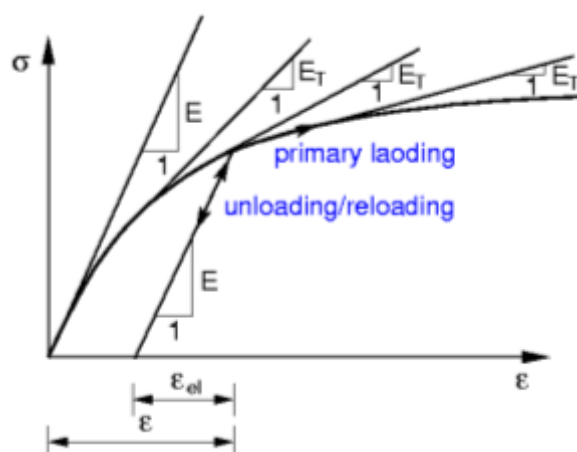


Diagrama de suelo de tensión-deformación para modelos no lineales

A diferencia del modelo lineal modificado, el modelo no lineal requiere especificar sólo el módulo elástico. La disminución de la rigidez del material, es el resultado de la evolución de la deformación plástica y a la redistribución de la tensión correspondiente. En consecuencia se obtiene una tangente instantánea de material rígido como función del estado de tensión actual representado en la siguiente figura por el módulo de tangente instantáneo E_T .

Además de los parámetros de material básico descrito en la sección "**Modelo elástico**", el modelo no lineal convoca a la introducir de ciertas características de fuerzas del suelo necesarias en la definición de superficie de fluencia. Con una referencia al primer grupo de materiales, los siguientes parámetros deben ser especificados:

- φ - Ángulo de fricción interna [°]
- c - Cohesión del suelo [kPa]
- ψ - Ángulo de dilatación [°]

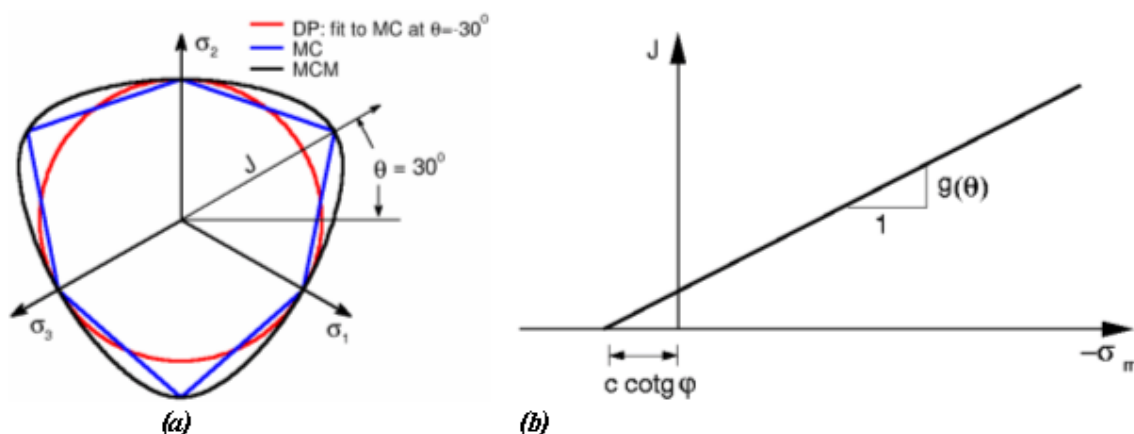
El ángulo de fricción interna y cohesión determinan deformación plástica. El **ángulo de**

dilatación controla la evolución de la fuerza volumétrica plástica (dilatación).

Modelo Mohr-Coulomb (MC)

El modelo requiere introducir los siguientes parámetros de entrada: **Módulo de elasticidad** E , **coeficiente de Poisson**, **ángulo de fricción interna**, **cohesión**. Los dos últimos parámetros sirven para definir la condición de fluencia. La formulación de las ecuaciones constitutivas asume **parámetros efectivos** de ángulo de fricción interna φ_{eff} y **cohesión** c_{eff} . También debe ser especificado el **ángulo de dilatación**.

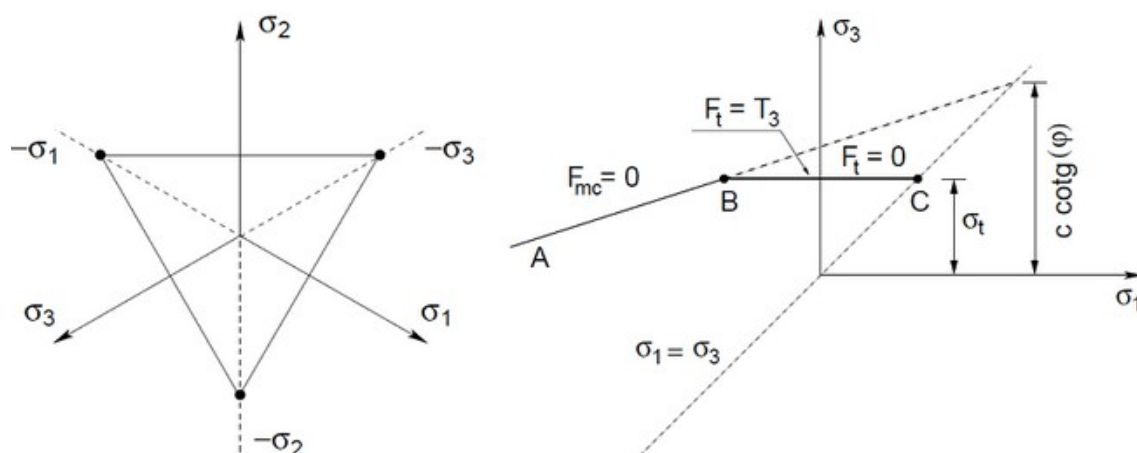
La superficie de fluencia Mohr-Coulomb puede ser definida en términos de tres funciones límites que se representa como un cono hexagonal no uniforme en el espacio de la tensión principal. Proyecciones en la superficie de fluencia dentro del plano desviador y del plano meridiano aparecen en la figura. Como es evidente en la figura (parte **a**) la función de fluencia MC tiene esquinas, las cuales pueden causar ciertas complicaciones en la implementación de este modelo dentro del método de elementos finitos. La ventaja por otro lado, es el hecho de que la mecánica de suelo tradicional y parte de la mecánica de rocas se basan en este modelo.



Proyección de superficies de fluencia dentro de: (a) plano desviador, (b) plano meridiano

Modelo de Mohr-Coulomb con tensión de corte

La fórmula original del **modelo de material Mohr-Coulomb** se extiende introduciendo el tipo Rankine de condición de plasticidad, ver la figura (a), permitiendo reducir la fuerza de tracción del suelo, la cual en el caso del modelo estándar de Mohr-Coulomb está dado por $c \cotg \varphi$, donde c es cohesión y φ el ángulo de fricción interna. Este valor puede ser reducido especificando el valor de fuerza de tracción σ_t como es evidente en la figura (b). Si $\sigma_t > c \cotg \varphi$, el programa automáticamente configura $\sigma_t = c \cotg \varphi$. Este modelo puede ser utilizado si esta activada "**Opciones avanzadas del programa**".

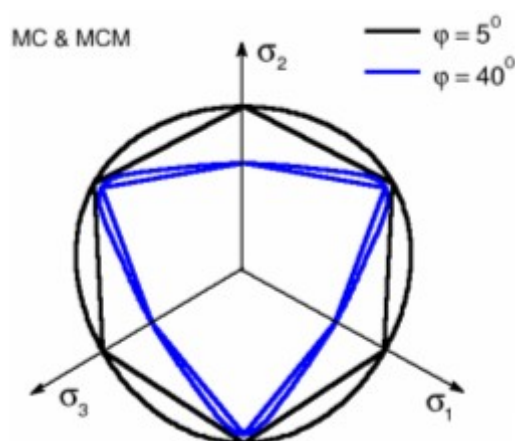


a) Proyección de la condición de fluencia Rankine en un plano desviador, b) Proyección de la condición de fluencia Mohr-Coulomb dentro el plano σ_1, σ_3

Modelo Mohr-Coulomb Modificado (MCM)

El modelo requiere introducir los siguientes parámetros de entrada: **Módulo de elasticidad E** , **coeficiente de Poisson**, **ángulo de fricción interna y cohesión**. Los dos últimos parámetros sirven para definir la condición de fluencia. La formulación de las ecuaciones constitutivas asume **parámetros efectivos** de ángulo de fricción interna ϕ_{eff} y **cohesión c_{eff}** . También debe ser especificado el **ángulo de dilatación**.

Similar al modelo DP, el modelo Mohr-Coulomb modificado, alisa las esquinas de la superficie de fluencia MC. Como se sugiere en la figura la proyección de la superficie de fluencia MCM en el plano desviador pasa a través de todas las esquinas de hexágono Mohr-Coulomb y al igual que la función de fluencia de MC, la función de fluencia de MSM depende de la tensión media efectiva σ_m y del ángulo de Lode θ . Con relación a esta definición, una respuesta del material ligeramente más rígida de la materia puede ser esperada con el modelo de plasticidad MCM cuando se compara con los modelos MC y DP



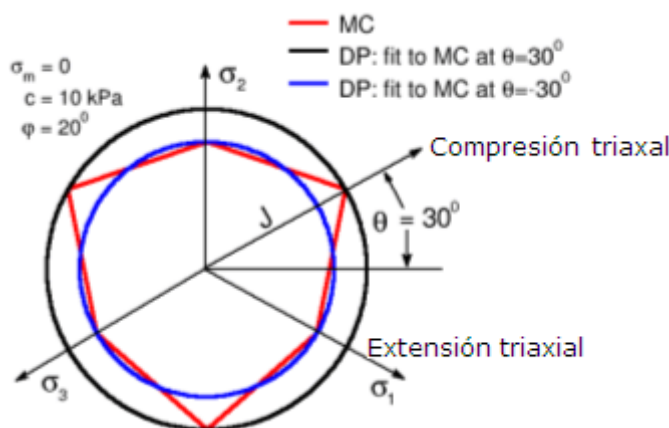
Superficies de fluencia MCM y MC en el plano desviador

Modelo Drucker-Prager

El modelo requiere introducir los siguientes parámetros de entrada: **Módulo de elasticidad E** , **coeficiente de Poisson**, **ángulo de fricción interna, cohesión**. Los dos

últimos parámetros sirven para definir la condición de fluencia. La formulación de las ecuaciones constitutivas asume **parámetros efectivos** de ángulo de fricción interna φ_{eff} y cohesión c_{eff} . También debe ser especificado el **ángulo de dilatación**.

El modelo Drucker-Prager (a veces incluso conocido como la extensión del modelo Von Mises) modifica la función de fluencia Mohr-Coulomb para evitar singularidades asociadas a las esquinas. A diferencia del modelo de Mohr-Coulomb, el modelo de superficie de fluencia Drucker-Prager alisa y se representa como un cono cilíndrico en el espacio de tensión principal. Similar al modelo MC, el modelo DP de superficie de fluencia depende de la tensión media efectiva σ_m . La versión actual del modelo DP implementada en GEO5 MEF se basa en el supuesto de extensión triaxial. En otras palabras, la proyección de la superficie de fluencia dentro del plano desviador toca las esquinas interiores del hexágono de Mohr-Coulomb ($\theta = -30^\circ$), donde θ es el ángulo de Lode.



Superficies de fluencia DP y MC en el plano desviador

Ablandamiento y endurecimiento

La fórmula estándar de los modelos de **Drucker-Prager** y **Modified Mohr-Coulomb modificado** asumen un comportamiento de suelo elástico rígido-plástico, cuando el parámetro de la fuerza del suelo c y φ se mantienen constantes durante el análisis. La versión avanzada de ambos modelos ("**Opciones avanzadas del programa**" activada) permite la evolución de estos parámetros como una función de la fuerza plástica desviadora equivalente:

$$c = c(E_d^{pl})$$

$$\varphi = \varphi(E_d^{pl})$$

Donde: E_d^{pl} - Las fuerzas plásticas desviadoras equivalentes están dadas por las siguientes expresiones

$$E_d^{pl} = \sqrt{2e_{ij}^{pl}e_{ij}^{pl}}$$

$$e_{ij}^{pl} = \varepsilon_{ij}^{pl} - \frac{1}{3}\varepsilon_v^{pl}\delta_{ij}$$

$$e_v^{pl} = \varepsilon_x^{pl} + \varepsilon_y^{pl} + \varepsilon_z^{pl}$$

Donde: E_d^{pl} - fuerzas plásticas desviadoras equivalentes

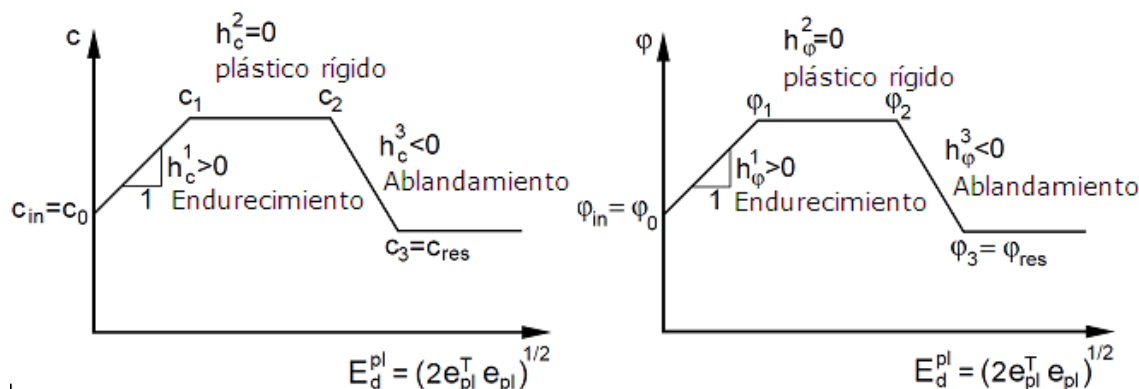
e_{ij}^{pl} - tensor de fuerzas plásticas desviadoras

ε_{ij}^{pl} - tensor de fuerzas plásticas

ε_v^{pl} - fuerza plástica volumétrica

δ_{ij} - delta de Kronecker

Los parámetros de variación de fuerza asumidos, trozos lineales, son evidentes en la figura:



Evolución asumida de los parámetros como una función de la fuerza plástica desviadora E_d^{pl}

El ángulo de dilatación ψ puede ser asumido como constante o puede evolucionar como función del ángulo de fricción interna φ siguiendo la teoría de dilatación de Rowes:

$$\sin \psi = \frac{\sin \varphi - \sin \varphi_{cv}}{1 - \sin \varphi \sin \varphi_{cv}}$$

Donde φ_{cv} es el ángulo de fricción interna a volumen constante, coherente con el estado crítico del suelo (estado en la cual es suelo deforma a cero la fuerza plástica volumétrica). Para prevenir un aumento infinito del ángulo de dilatación (aumento de la tensión de la fuerza plástica volumétrica) debe ser delimitada, ejemplo: en dependencia del índice de volumen máximo e_{max} , el cual es todavía aceptable para un material determinado. La teoría de dilatación de Rowes, requiere que se introduzcan los siguientes parámetros:

φ_{cv} - ángulo de fricción interna a volumen constante [-]

e_0 - índice de vacío original

e_{max} - índice de vacío máximo [-]

El índice de vacío e actual puede ser expresado en términos de fuerzas volumétricas actuales ε_v y el valor del índice de vacío original e_0 como:

:

$$\lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_v = \frac{e - e_0}{1 + e_0}$$

$$\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

Donde: e - índice de vacío actual

e_0 - índice de vacío original

ε_v - Fuerza volumétrica total

Cuando el índice de vacío actual e excede el índice de vacío máximo e_{max} , el ángulo de dilatación ψ es definido como 0.

Ángulo de dilatación

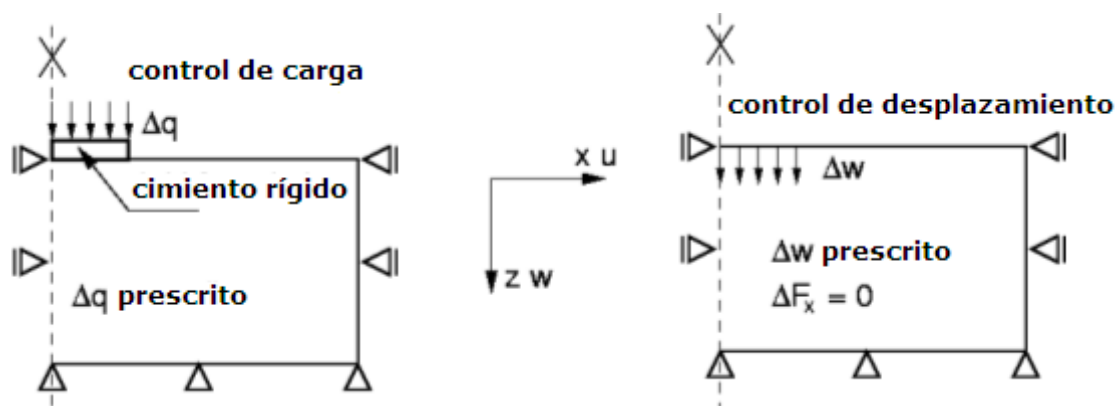
El **ángulo de dilatación** controla una cantidad de deformación volumétrica plástica desarrollada durante el corte plástico y se asume constante durante la flexibilización del plástico. El valor $\psi = 0$ corresponde al volumen que preserva la deformación durante el corte.

La arcilla (independientemente de las capas sobreconsolidadas) se caracterizan por una cantidad muy baja de dilatación ($\psi \approx 0$). En cuanto a la arena, el ángulo de dilatación depende del ángulo de fricción interna. Para suelos no cohesivos (arena, grava) con un ángulo de fricción interna de $\phi > 30^\circ$, el valor del ángulo de dilatación se estima como $\psi = \phi - 30^\circ$. Un valor negativo del ángulo de dilatación es aceptable solo para arenas sueltas. En la mayoría de los casos, sin embargo, el valor $\psi = 0$ puede ser aceptado.

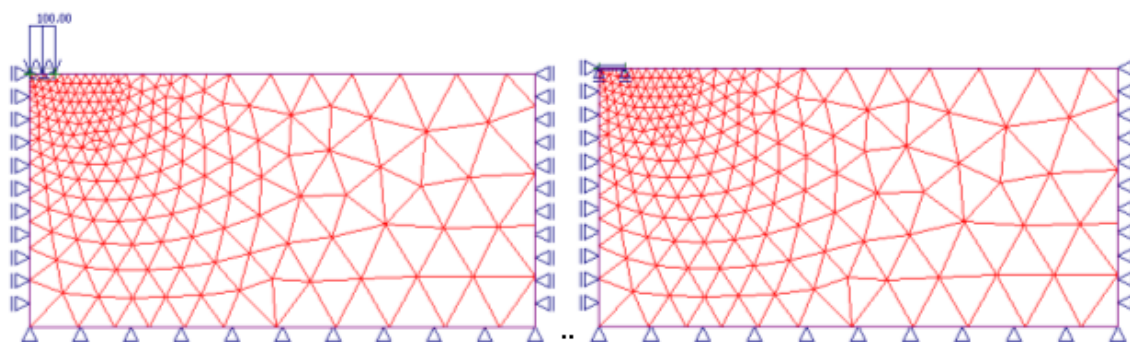
Influencia del modelo de material

Para ilustrar el efecto de un determinado modelo utilizado para predecir una respuesta estructural, se presenta un ejemplo de cimientos poco profundos cargados por la carga distribuida q . Una simplificación concreta de esta tarea es suponer una base infinitamente rígida cargada por el desplazamiento prescrito.

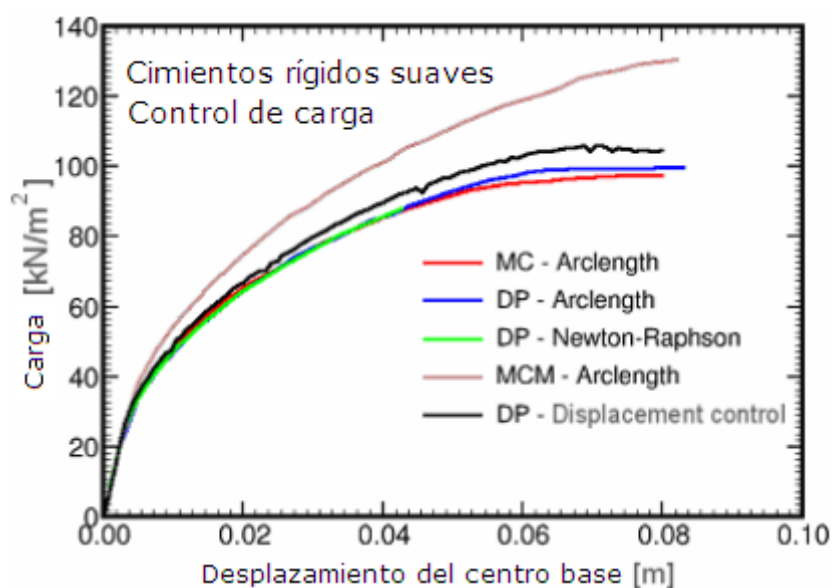
El modelo geométrico y la malla de elemento finito para tareas individuales se muestran en la figura. La influencia del suelo y el propio peso del cimiento no se consideran en la respuesta resultante. Debido a la simetría del modelo, solo una mitad de la estructura es analizada.



Tarea de asignación: tira de cimentación



Modelo geométrico y malla de elemento finito



Resultado del análisis

Los resultados sugiere una considerable respuesta del suelo a la carga externa cuando utilizamos el modelo MCM es comparación con el modelo DP o el modelo MC, el cual en el presente ejemplo muestra un comportamiento similar.

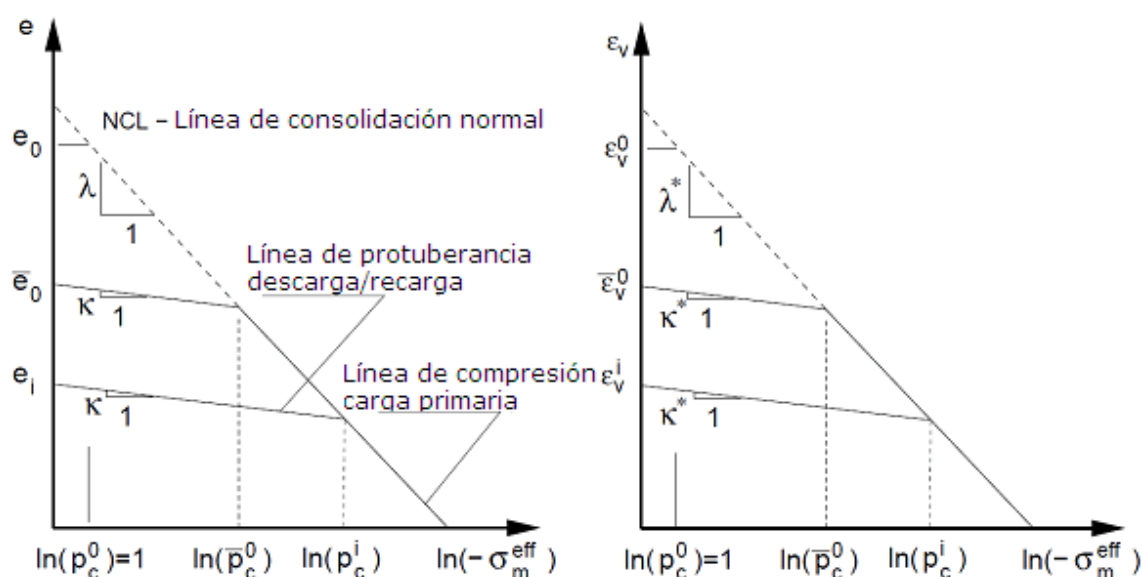
Modelo Cam Clay modificado (MCC)

El modelo MCC fue originalmente desarrollado por las condiciones de carga triaxial. Las medidas experimentales en arcillas suaves proporcionan el fondo para el desarrollo del modelo constitutivo expresando la variación del índice de vacío e (tensión volumétrica ε_v) como una función del logaritmo de la tensión media efectiva σ_m^{eff} , como se muestra en la siguiente Figura. Ambos gráficos están relacionados como se muestra a continuación:

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{1+e}, \quad \kappa^* = \frac{\kappa}{1+e}$$

Donde:

- κ - Pendiente de línea de inflamación [-]
- λ - Pendiente de la LCN (línea de consolidación normal) [-]
- e_0 - Actual índice de vacío [-]



Respuesta del material durante la consolidación isotrópica (modelo constitutivo)

El gráfico consiste en una línea de consolidación normal (LCN) y la configuración de la línea de hinchazón. En la primera carga el suelo virgen mueve hacia abajo la LCN. Luego, se supone que el suelo fue consolidado a un cierto nivel de estrés, el cual se denomina presión de pre consolidación p_c , y luego descarga la línea de hinchazón actual. A continuación, al recargar el suelo inicialmente se mueve hacia abajo de la línea de hinchazón hasta llegar al estado de tensión dado por el parámetro p_c , el cual existía antes de la descarga. En este punto el suelo comienza a moverse de nuevo por la línea de consolidación normal (carga primaria – línea de compresión).

Los parámetros κ y λ pueden ser estimados por las siguientes expresiones:

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3}$$

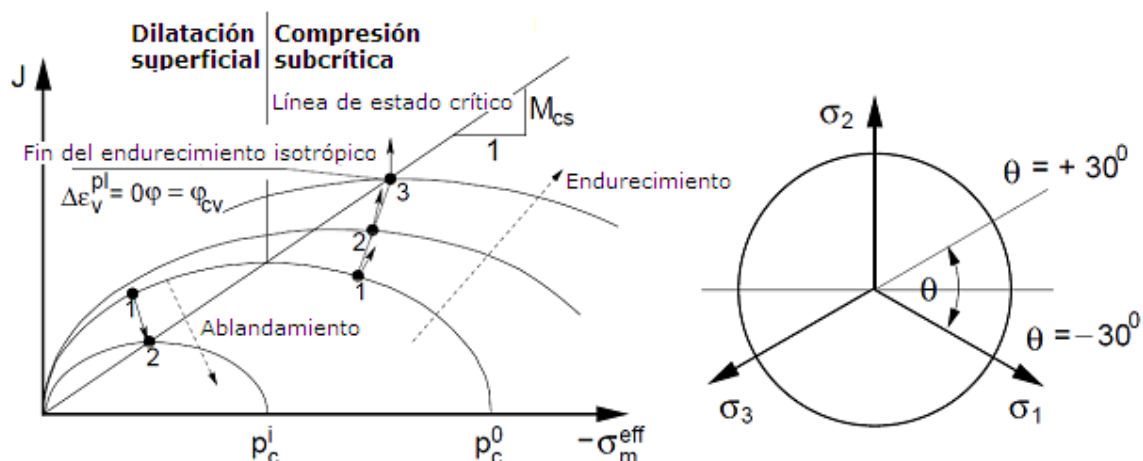
$$\kappa = 1,3 \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu} \cdot C_s$$

Donde: C_c Índice de compresión de una dimensión

C_s Índice de hinchazón de una dimensión

Estos parámetros vienen dados por una prueba edométrica simple.

La superficie de fluencia es suave sin posibilidad de evolución de fuerzas de tracción. El modelo MCC permite, de distintas formas, a los modelos del primer grupo, un modelado directo de endurecimiento o ablandamiento de fuerzas por suelos consolidados normalmente o suelos sobre consolidados, una dependencia no lineal de las fuerzas volumétricas en una fuerza media efectiva y condiciones límites de plasticidad ideal. Cuando usamos el modelo MCC el suelo cargado en corte puede ser deformado plásticamente sin colapsar (puntos 1,2 endurecimiento, punto 2 por ablandamiento) hasta alcanzar el estado crítico (puntos 3 y 2 para endurecimiento y ablandamiento, respectivamente). El suelo luego se deforma en corte bajo la suposición de plasticidad ideal sin cambiar el e y σ_m^{eff} . Tras la descarga se asume una respuesta lineal del suelo.



Proyección de la función de fluencia dentro de los planos meridiano y desviador

La evolución de la superficie de fluencia (endurecimiento/ablandamiento) está dirigida por la presión pre consolidada actual p_c .

$$p_c^{i+1} = p_c^i \exp \left[\frac{-\Delta \varepsilon_v^{pl}}{\lambda^* - \kappa^*} \right]$$

Donde: p_c^{i+1} - Presión de pre consolidación actual

$\Delta \varepsilon_v^{pl}$ - Incremento de la deformación plástica volumétrica

En el modelo MCC además de los parámetros κ y λ , la peso unitario y el coeficiente de Poisson, se deben especificar los siguientes parámetros:

M_{cs} - Pendiente de línea de estado crítico [-]

OCR - Índice de sobre consolidación [-]

e_0 - Índice de vacío original [-]

La inicialización confiable del modelo se describe en la sección "[Implementación numérica de los modelos MCC y GCC](#)".

La inclinación de la línea de estado crítico M_{cs} puede ser determinada por la siguiente expresión

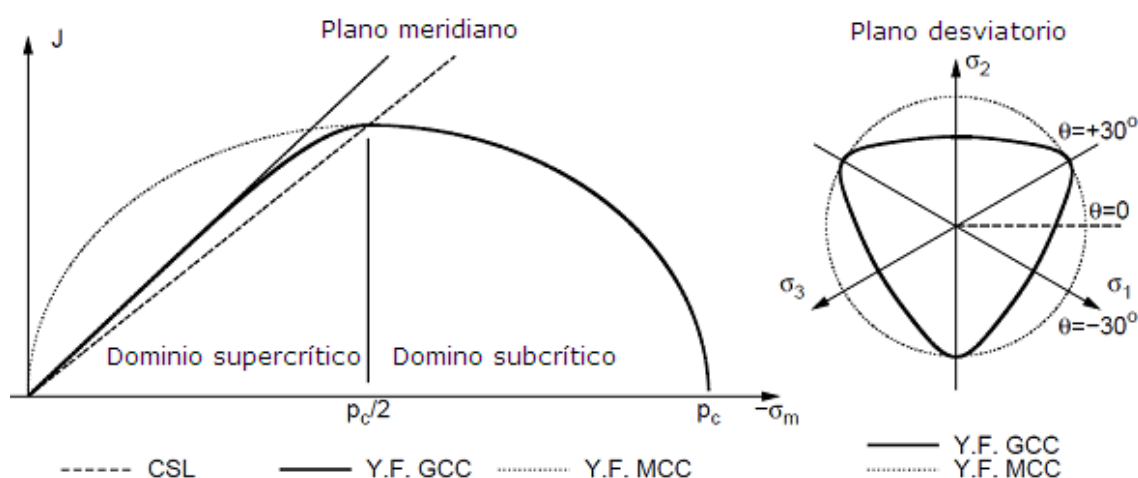
$$M_{cs}^{+30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \cdot \sin \varphi_{cv}}{3 - \sin \varphi_{cv}} \quad \text{Para compresión triaxial}$$

$$M_{cs}^{-30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \cdot \sin \varphi_{cv}}{3 + \sin \varphi_{cv}} \quad \text{Para extensión triaxial}$$

Donde φ_{cv} es el ángulo de fricción interna para un volumen constante correspondiente al estado crítico.

Modelo Generalizado de Cam Clay (GCC)

El modelo representa un avance confiable del modelo **modificado de Cam Clay** (MCC), particularmente cuando modelamos suelos de dominio super crítico, ver figura, donde el fallo de la superficie sigue los modelos clásico de **Mohr-Coulomb**, **Drucker-Prager** y el modelo de **Mohr-Coulomb modificado**. A diferencia del modelo modificado de Cam Clay modificado (línea discontinua), el modelo GCC se traza, al igual que el modelo MMC, como un triángulo redondeado dentro de un plano desviador. El modelo MCC se traza, de forma similar al modelo Drucker-Prager, como un círculo. En el dominio sub crítico ambos modelos se comportan idénticamente. El modelo GCC está disponible solo cuando está disponible las "**Opciones avanzadas del programa**". Inicialización confiable del modelo se describe en la sección "**Implementación numérica de los modelos MCC y GCC**".



Proyección de la superficie de fluencia de los modelos MCC y GCC dentro del plano meridiano y del plano desviador

Los parámetros de materiales requeridos por el modelo generalizado Cam Clay son datos de material indicados en los modelos MCC y MMC:

- Donde:
- κ - Pendiente de la línea de hinchazón
 - λ - Pendiente de la línea de consolidación lineal (NCL)
 - e_0 - Índice de vacío original
 - OCR - Índice de sobre consolidación
 - c - Cohesión
 - φ - Ángulo de fricción interna
 - φ_{cv} - Ángulo de fricción interna a volumen constante [-]
 - ν - Coeficiente de Poisson

Parámetros κ y λ pueden ser estimados desde a siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3}$$

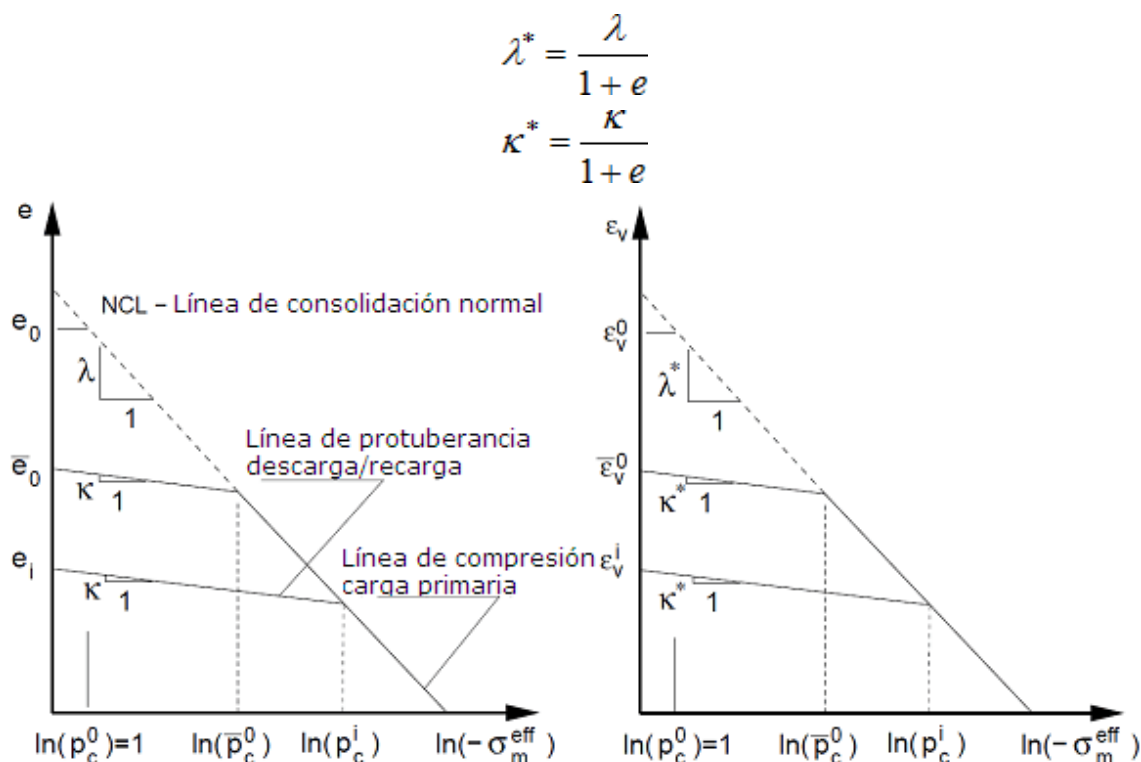
$$\kappa = 1,3 \cdot \frac{1-\nu}{1+\nu} \cdot C_s$$

Donde: C_c Índice de compresión de una dimensión

C_s Índice de hinchazón de una dimensión

Estos parámetros vienen dados por el test edométrico simple.

De forma similar al modelo MCC, la formulación del modelo GCC se basa en la relación entre el índice de vacío (tensión volumétrica) y la tensión media efectiva como se muestra en la siguiente figura. Ambos gráficos se enlazan como se muestra a continuación:



Respuesta del material durante la compresión isotrópica (ley constitutiva)

La evolución de la superficie de fluencia (endurecimiento/ablandamiento) está dirigida por la presión pre consolidada actual p_c .

$$p_c^{i+1} = p_c^i \exp \left[\frac{-\Delta \varepsilon_v^{pl}}{\lambda^* - \kappa^*} \right]$$

Donde: p_c^{i+1} - Presión de pre consolidación actual

$\Delta \varepsilon_v^{pl}$ - Incremento del la deformación plástica volumétrica

Implementación numérica de los modelos MCC y GCC

Un paso importante, garantizar una aplicación confiable de los modelos MCC y GCC, es la determinación de la presión de pre consolidación inicial p_c^{in} y el correspondiente módulo de carga K^{in} . Estos dos parámetros, sin embargo, no son especificados directamente por el usuario. En vez de ello, son obtenidos por el programa, basados en una distribución asumida de la tensión inicial geostática. Llamando a las tres opciones básicas para obtener la tensión geostática inicial:

1. Utilizando el procedimiento K_o

El uso del procedimiento K_o produce el siguiente valor de la tensión media inicial:

$$\sigma_m = \frac{1}{3} \cdot \gamma \cdot h (1 + 2 \cdot K_o)$$

Donde:

- K_o - Coeficiente de presión de tierra en reposo
- γ - Peso unitario del suelo
- h - Profundidad actual debajo del terreno

Asumiendo una consolidación normal del valor p_c^{in} de se determina de manera que la tensión obtenida, utilizando el procedimiento K_o , cubra las condiciones de fluencia:

$$p_c^{in} = -\frac{J^2}{M_{cs}^2 \cdot \sigma_m} - \sigma_m$$

Donde:

- M_{cs} - Pendiente de la línea de estado crítico
- J - Esfuerzo desviador equivalente
- σ_m - Esfuerzo medio

Los valores J y σ_m son definidos por la siguiente expresión:

$$J = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot s_{ij} \cdot s_{ij}} \quad \sigma_m = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \quad s_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_m$$

$$s_{ij} = 2 \cdot G \cdot e_{ij} \quad \sigma_m = K \cdot \varepsilon_v \quad J = G \cdot E_d$$

$$\sigma_m = K \cdot \varepsilon_v \quad \sigma_{ij} = D_{ijkl} \cdot \varepsilon_{ij}$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} = \frac{G \cdot E}{3(3G-E)} = \frac{2(1+\nu)}{3(1-2\nu)} \cdot G$$

Donde:

- E_d - Esfuerzo desviador equivalente

e_{ij}	-	Tensor de tensiones desviadoras
ε_{ij}	-	Tensor de esfuerzo general
ε_v	-	Tensión volumétrica
σ_{ij}	-	Tensor de tensión
s_{ij}	-	Tensor de esfuerzo desviador
δ_{ij}	-	Kronecker's delta
D_{ijkl}	-	Tensor de rigidez elástica
G	-	Módulo de corte elástico
K	-	Módulo de carga elástico
E	-	Módulo de Young
ν	-	Coeficiente de Poisson

En el caso de la compresión o extensión triaxial es posible determinar la pendiente de la línea en estado crítico M_{cs} a partir de la siguiente expresión:

$$M_{cs}^{+30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi_{cv}}{3 - \sin \varphi_{cv}}$$

$$M_{cs}^{-30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi_{cv}}{3 + \sin \varphi_{cv}}$$

En el caso de suelos sobre consolidados el valor inicial de p_c^{in} es modificado como:

$$p_c^{in} = p_c^{in} \cdot OCR$$

El valor inicial del módulo de carga sigue la siguiente expresión:

$$K^{in} = -\frac{1+e}{\kappa} \cdot \sigma_m$$

Donde el valor del índice de vacío actual está dado por:

$$e = e_0 - \lambda \cdot \ln(p_c^{in}) + \kappa \cdot \ln\left(-\frac{p_c^{in}}{\sigma_m}\right)$$

Para pequeños esfuerzos $\left|\sigma_m^{in}\right| < 1$ se tiene:

$$p_c^{in} = 1, \quad K_{in} = -\frac{1+e^0}{\kappa}$$

2. Análisis estándar (elástico)

Se llama a lo que el programa permite para remplazar el modelo de material entre los estados de construcción. El procedimiento K_o no puede ser utilizado para llevar a cabo el análisis asumiendo una respuesta elástica del suelo arcilloso. El esfuerzo resultante se utiliza para obtener el valor inicial de p_c^{in} y K^{in} empleando las expresiones definidas previamente. En la siguiente etapa de construcción el modelo de material elástico original es remplazado por el modelo requerido de MCC o GCC.

3. Análisis estándar (plástico)

Esta opción permite que el suelo sea consolidado bajo la suposición de un comportamiento no lineal cuando se genera la tensión geoestática. Éste resulta en la evolución de la tensión plástica ya desde la primera etapa de construcción. Como en el procedimiento K_o , consideramos un suelo normalmente consolidado el cual, durante el curso de la deformación, se mueve por la línea de consolidación normal con los valores iniciales de p_c^{in} y K^{in} dados por:

$$p_c^{in} = 1, \quad K_{in} = -\frac{1+e^0}{\kappa}$$

Antes del próximo paso del análisis la tensión plástica resultante se configura igual a cero. En algunos casos este tipo de análisis puede no converger.

Arcilla hipoplástica

La arcilla hipoplástica es aplicable para modelar suelos blandos de grano fino. Al igual que en el resto de modelos que pertenece a la familia de los modelos estándar de fenomenológicas. En cuanto a la descripción de la respuesta del suelo cae dentro del grupo de modelos de estado crítico ([Cam clay](#), [Cam clay generalizado](#)).

Este modelo, sin embargo, representa la respuesta no lineal de los suelos, cargados y no cargados. En comparación con otros modelos basados en la teoría de la plasticidad, que permite sólo el cálculo de total de tensión.

Por lo tanto, no hay diferencia entre las tensiones elástica y plástica. La indicación del tipo y localización de un fallo potencial, en otros modelos proporcionados por la trama de tensión equivalente plástica desviadora, puede ser en el caso de la arcilla hipoplástica representada por la distribución del ángulo de fricción interna movilizado.

Cuando se describe la respuesta del suelo, el modelo permite reflejar una rigidez diferente en carga y no carga, ablandamiento o endurecimiento en dependencia de la compactación del suelo y el cambio de volumen en corte (dilatación, compresión). La rigidez actual depende no sólo de la dirección de la carga, sino también sobre el estado actual de suelo determinado por su porosidad. A diferencia de modelos de [Cam clay](#), estrictamente se excluyen tensiones de tracción en el suelo, véase la Figura 1a.

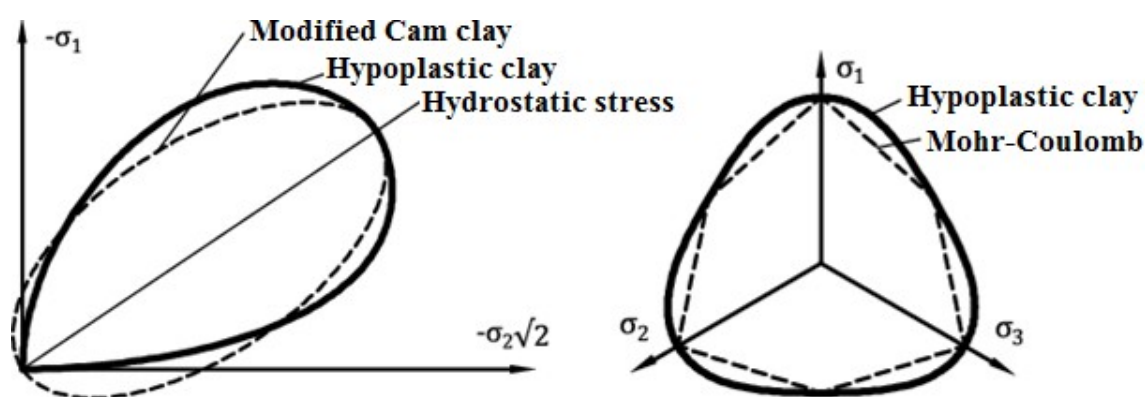


Figura 1: Estado límite de modelo hipoplástico - (a) comparación con la superficie de fluencia de modelo Cam clay en el plano meridiano, (b) comparación con la superficie de fluencia de modelo de Mohr-Coulomb en el plano desviador

En el caso del modelo hipoplástico la superficie de fluencia estándar se sustituye por la superficie de estado límite. Su proyección en el plano desviador es similar a la del modelo, véase la figura 1b. La regla de flujo no se asocia a la resultante en una matriz de rigidez no simétrica (comparar por ejemplo con el modelo de **Mohr-Coulomb** al tener diferentes valores para el ángulo de fricción interna φ y el ángulo dilatación ψ). Los detalles relacionados a la formulación del modelo se pueden encontrar en [1].

Parámetros del modelo

La variante básica del modelo requiere entrada de cinco parámetros de material

- Ángulo de fricción interna para volumen constante (ángulo crítico de fricción interna) φ_{cv}
- Pendiente de la línea de hinchazón κ^*
- Pendiente de la línea de consolidación normal (NCL - línea de consolidación normal) λ^*
- Origen de la línea de consolidación normal N
- Relación de módulos de unidad y corte r

Los parámetros κ^* , λ^* y N determinan un diagrama bilineal de consolidación isótropa en la figura 2a escala logarítmica log-log. Los parámetros del modelo bilineal **Cam clay** (en escala semi-logarítmica, figura 2b) están disponibles, es posible introducir estos valores y los parámetros del modelo hipoplástico se recalculan. Los parámetros del modelo bilineal **Cam clay** son:

- Pendiente de la línea de hinchazón κ (in semi-logarithmic scale)
- Pendiente de la línea de consolidación normal λ (en escala semi-logarítmica)
- relación de vacío e_{max} para consolidación normal isotrópica por presión de $1kPa$

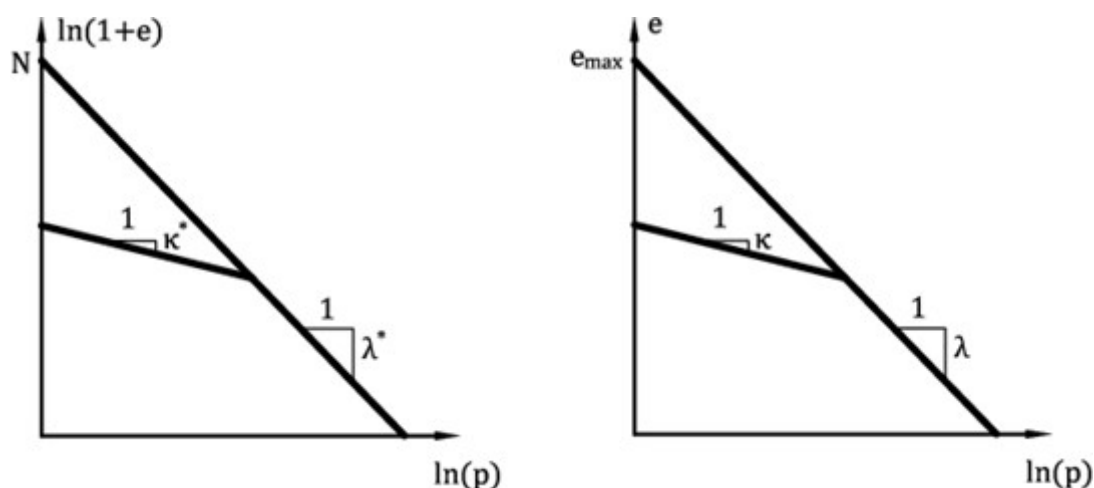


Figura 2: Diagrama bilineal de consolidación isotrópica - (a) hipoplástico arcilla, (b) modelo Cam clay

Ángulo crítico de fricción interna φ_{cv}

- Idéntico para la muestra original (sin molestias) y la muestra consolidada reconstruida posteriormente
- Puede determinarse a partir de prueba estándar triaxial aplicando presiones diferentes de celdas en una muestra reconstituida
- Se puede realizar tanto pruebas drenadas y no drenadas (más rápido)
- Los valores más comunes están en el rango de $18^\circ - 35^\circ$

Pendiente de la línea de consolidación normal de λ^*

- Se determina gráficamente a partir de la carga de la carga, de la prueba de consolidación edométrico o isotrópica, véase la figura 3
- Para arcillas rígidas, es preferible ejecutar la prueba en una muestra reconstituida
- Los valores más comunes están en el rango de $0,04$ a $0,15$

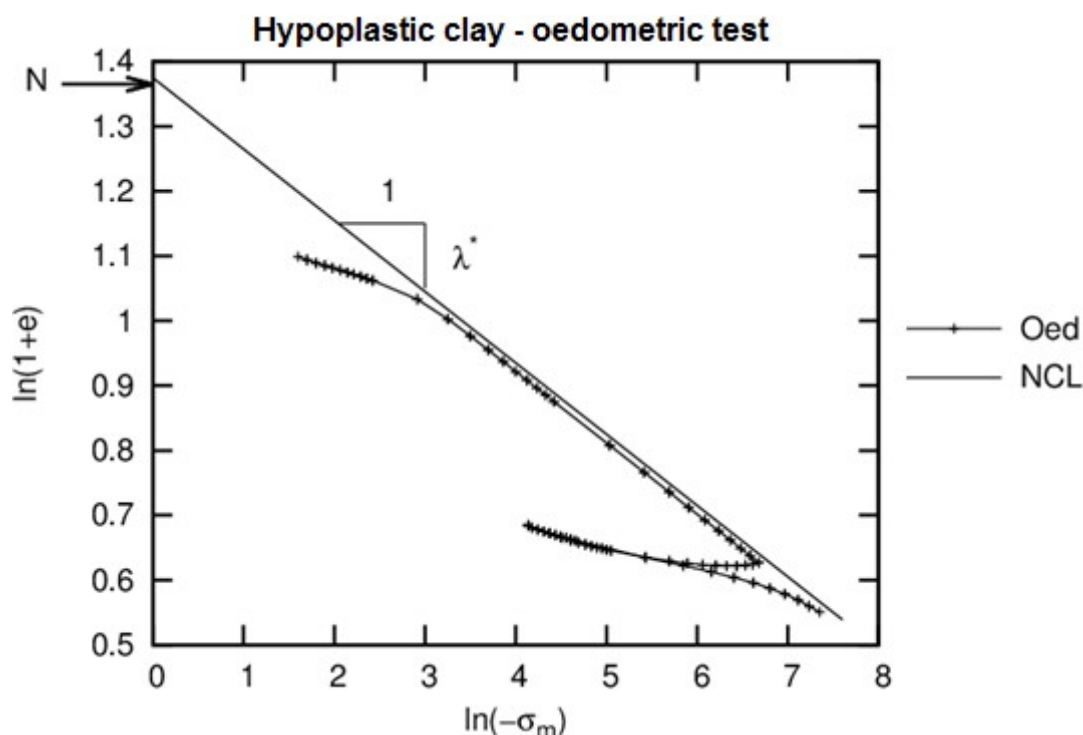


Figura. 3: Simulación de pruebas con el modelo edométrico hipoplástico

Pendiente de la línea de hinchazón κ^*

- Se puede determinar de manera similar al parámetro λ^* gráficamente o mediante la realización de un estudio paramétrico - comparación de las mediciones y la simulación a lo largo de la descarga de prueba de consolidación edométrica o isotrópica, véase la figura 3
- Los valores más comunes de κ están en el rango de 0,01 a 0,02
- Porcentaje de λ/κ debe ser grande que 4,0

Origen de la línea de consolidación normal, N

- Se determina gráficamente a partir de la rama cargada con la prueba edométrica o de consolidación isotrópica
- La prueba se debe realizar en una muestra sin perturbaciones - Al buscar la línea de intersección lambda con el eje vertical es posible determinar la pendiente de lambda obtenida a partir de una muestra reconstituida, ver la Figura 3
- La mayoría de los valores comunes están en el rango 0.8 – 1.6

Relación de módulo de compresión y corte r

- El significado físico de este parámetro está dado por la expresión $r = K_i/G_i$
- K_i se corresponde con el módulo de tangente de compresión de compresión isotrópica de acuerdo con la línea de consolidación normal
- G_i se corresponde con el módulo tangente de corte para la prueba de corte sin drenaje asumiendo el mismo estado de tensión
- Parámetro r puede determinarse por un estudio paramétrico de ensayo triaxial de corte
- Los valores más comunes son en el rango de 0,05 a 0,7

Configuración del estado inicial del suelo

En arcilla hipoplástica el estado actual de suelo está asociado con la compactación corriente representada por la relación de vacío. El modelo de implementación permite, ya sea para la imputación de la relación de vacíos directa o para el cálculo a partir de la relación introducida preconsolidación OCR . En el primer caso, el valor de entrada de e_0 corresponde a la relación de vacío medido en una muestra sin carga extraída de una profundidad dada, véase la Figura 4a. En el segundo caso, el valor de OCR se especifica. Este parámetro representa la relación entre la tensión media en la NCL y la tensión media inicial, véase la Figura 4b.

Cuando se inicializa la tarea con el **procedimiento** K_0 , el estado de tensión inicial al comienzo de la segunda etapa se asigna al estado de tensión actual. Si se adopta el análisis clásico en la primera etapa ((el modelo de arcilla hipoplástico se introduce ya en la primera etapa de cálculo) donde el suelo se carga por su propio peso, el valor de la tensión inicial es $P_{in} = 1 \text{ kPa}$ se asume y se mantiene $e_{curr} = e_0$. Proporcionando un material diferente (por ejemplo considerado en la primera etapa de cálculo) se sustituye por el modelo de arcilla hipoplástica, se adoptó el estado inicial de tensión derivado en la etapa anterior. Recordemos que cuando se utiliza material elástico en la primera etapa de cálculo el estado de tensión resultante corresponde a los resultados proporcionados por el **procedimiento de** K_0 para K_0 (ν es la relación de Poisson).

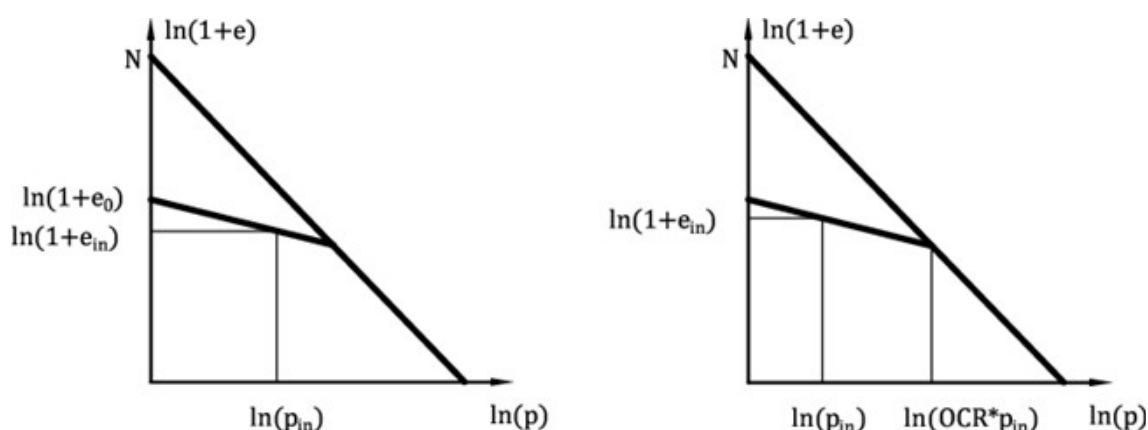


Figura 4: relación al vacío inicial – (a) entrada directa de la relación al vacío. (b) inicialización po OCR

Se desprende de la figura 5 que para suelos normalmente consolidados el estado para el cual $OCR = 1,0$ corresponde a una consolidación isotrópica sólo, para $K_0 = 1,0$. Si el suelo experimenta un estado de tensión desviadora distinto de cero el OCR correspondiente para un suelo normalmente consolidado es mayor que $1,0$. Un valor exacto depende de parámetros del suelo y de la trayectoria de la tensión (el valor de K_0). La Figura 5 muestra la dependencia de la mínima para diversos valores de K_0 y diferentes tipos de suelos arcillosos. Los valores particulares también se almacenan en la Tabla 1. Los parámetros de los materiales básicos de este conjunto de suelos se enumeran en la Tabla 2.

La elección de $OCR = 1,0$ para suelos normalmente consolidados con K_0 distinto de $1,0$ crea un estado de tensión no aceptable que puede resultar en la pérdida de la convergencia.

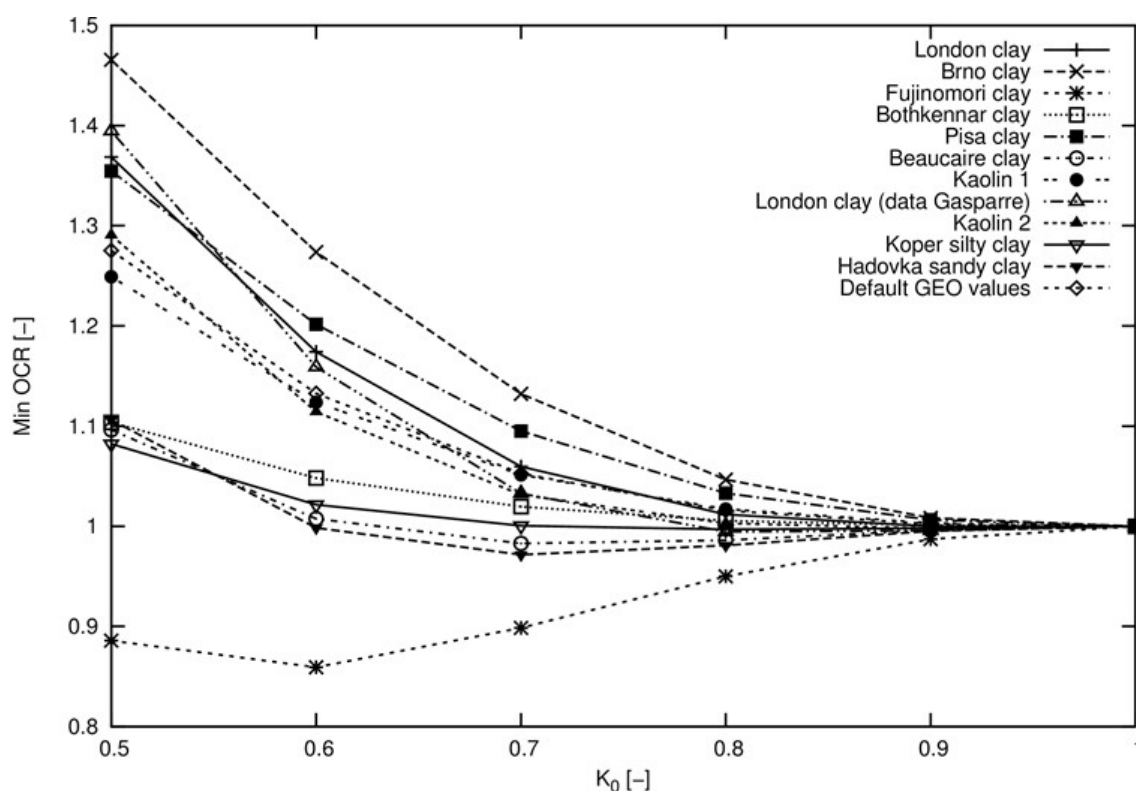


Figura 5: Dependencia de OCR en el coeficiente de presión de tierra en reposo K_0

Soil/ K_0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	OCR					
London clay	1.369	1.174	1.059	1.011	1.000	1.0
London clay (data Gasparre)	1.394	1.159	1.033	0.994	0.995	1.0
Fujinomori clay	0.886	0.859	0.898	0.950	0.987	1.0
Bothkennar clay	1.104	1.048	1.019	1.001	1.001	1.0
Pisa clay	1.354	1.202	1.095	1.033	1.006	1.0
Beaucaire clay	1.096	1.008	0.983	0.986	0.996	1.0
Kaolin 1	1.249	1.123	1.051	1.017	1.003	1.0
Kaolin 2	1.291	1.114	1.031	1.001	0.998	1.0
Koper silty clay	1.081	1.021	1.001	0.997	0.998	1.0
Brno clay	1.466	1.274	1.132	1.047	1.008	1.0
Evropská (Hadovka) sandy clay	1.106	0.998	0.972	0.981	0.995	1.0
GEO FEM default values	1.275	1.132	1.052	1.016	1.002	1.0

Table 1: Índice de consolidación OCR del suelo seleccionado como función del valor K_0

Soil	φ_{cv}	λ	κ	N	r
London clay	22.6	0.11	0.016	1.375	0.4
London clay (data Gasparre)	21.9	0.1	0.02	1.26	0.5
Fujinomori clay	34.0	0.045	0.011	0.887	1.3
Bothkennar clay	35.0	0.12	0.01	1.34	0.07
Pisa clay	21.9	0.14	0.01	1.56	0.3
Beaucaire clay	33.0	0.06	0.01	0.85	0.4
Kaolin 1	27.5	0.11	0.01	1.32	0.45
Kaolin 2	27.5	0.07	0.01	0.92	0.67
Koper silty clay	33.0	0.103	0.015	1.31	0.3
Trmice clay	18.7	0.09	0.01	1.09	0.18
Brno clay	19.9	0.13	0.01	1.51	0.45
Evropská (Hadovka) sandy clay	32.4	0.0411	0.0078	0.593	0.2
GEO FEM default values	27.0	0.1	0.01	1.2	0.4

Tabla 2: Parámetros de materiales de los suelos seleccionados

Tensión intergranular La versión básica del modelo es adecuado en los análisis con una dirección predominante de la trayectoria de carga de estrés. En los casos con carga cíclica (carga-descarga-recarga) es más adecuado utilizar una fórmula avanzada con el concepto de la tensión intergranular. Esto permite restringir un aumento inaceptable de la deformación que surge durante pequeños cambios permanentes en la carga de repetición (de trinquete). Ingresando de la tensión intergranular permite el modelado de grande rigidez, que las arcillas experimentan durante pequeñas deformaciones. Esta opción no es parte en ninguno de los otros modelos implementados en GEO FEM. El concepto de tensión intergranular asume que la deformación total del suelo se compone de una pequeña deformación de una capa intergranular (tensión intergranular) y la deformación causada por el deslizamiento mutuo de los granos. Cambiando la ruta de carga primero se cambia la tensión intergranular. Al alcanzar el valor límite de la tensión intergranular, la deformación asociada con el movimiento de los granos se fija. Adoptar el concepto de tensión intergranular requiere cinco parámetros adicionales:

- Rango de tensión elástica intergranular R
- Parámetros m_R y m_T control de la rigidez de pequeñas deformaciones
- Parámetros beta β_r y χ controlan el grado de degradación de rigidez con tensión cortante creciente

Estos parámetros son calibrados después de conocer los datos del material del modelo básico hipoplástico.

Margen de deformación elástica intergranular R

- Se determina el rango de tensión intergranular máximo
- Se puede determinarse por un estudio paramétrico de la curva de degradación $G = G(\varepsilon_s)$, Figura 5
- Alternativamente, puede ser considerado como material independiente constante $R = 10^{-4}$
- Los valores más comunes están en el rango de $2 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-4}$

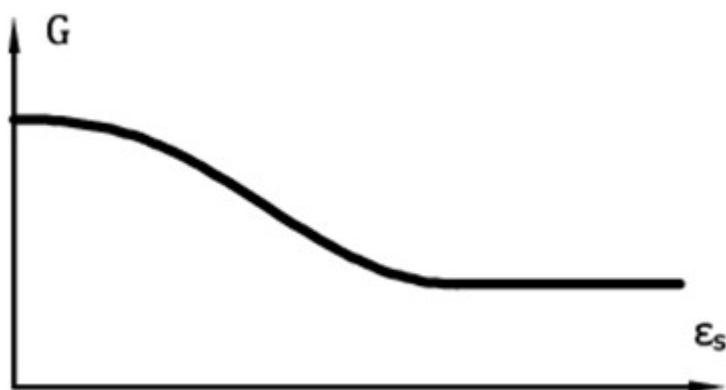


Figura 5: Curva describiendo la pérdida de rigidez del módulo de corte

Parámetro m_R

- Se determina la magnitud del módulo de corte cuando se cambia la ruta de carga en el plano meridial ($\sigma_m - J$) o 180°
- La relación lineal entre el parámetro m_R y el módulo de corte inicial G_0 es proporcionada por $G_0 = p^*(m_r/(r * \lambda^*))$
- El módulo de corte inicial se puede determinar a partir de la medición de la propagación de la onda de cizalla [2]
- Los valores más comunes son en el rango de 4,0 a 20,0

Parámetro m_T

- Se determina la magnitud del módulo de corte cuando se cambia la ruta de carga en el plano meridial ($\sigma_m - J$) o 90°
- Se mantiene $m_R/m_T = G_0/G_{90}$
- El radio de los módulos iniciales pueden estimarse a partir de la relación de estos módulos para el valor más grande de tensión. El valor del radio m_R/m_T está comúnmente en el rango de 1.0 – 2.0
- Los valores más comunes de m_T están en el rango de 2.0 – 20.0

Parámetros β_r y χ

- Determinar la tasa de degradación de la rigidez con tensión cortante en crecimiento
- Se puede determinarse por un estudio paramétrico de la curva de degradación $G = G(\varepsilon_s)$
- Los valores más comunes del parámetro β_r están en el rango de 0.05 – 0.5
- Los valores más comunes de parámetro χ están en el rango 0.5 – 6

Bibliografía:

[1] D. Mašín, *A hypoplastic constitutive model for clays*, *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.*, 29:311-336, 2005.

Variable de Rigidez

La rigidez del suelo se puede especificar según la profundidad. Esta propiedad se define en la sección "**Editar parámetros del suelo**" seleccionando la opción "**La rigidez aumenta con la profundidad**". Ingresar de parámetro k_d asegura que los elementos finitos se le asignará un

valor individual de módulo de Young en función de su profundidad (distancia vertical desde el terreno en la primera etapa de construcción) de acuerdo con la ecuación

Se puede especificar que la rigidez del suelo varía con la profundidad. Esta propiedad se define en el cuadro de diálogo **"Editar parámetros del suelo"** seleccionando **"La rigidez aumenta con la profundidad"**. El ingreso del parámetro k_d asegura que a los elementos finitos se le asignará un valor individual del módulo de Young en función de su profundidad (distancia vertical desde el terreno en la primera etapa de construcción) según la ecuación

$$E(h) = E_0 + k_d h$$

Donde: E_0 - Módulo Young en terreno [MPa]

h - profundidad [m]

Modelo de materiales en el análisis de flujo

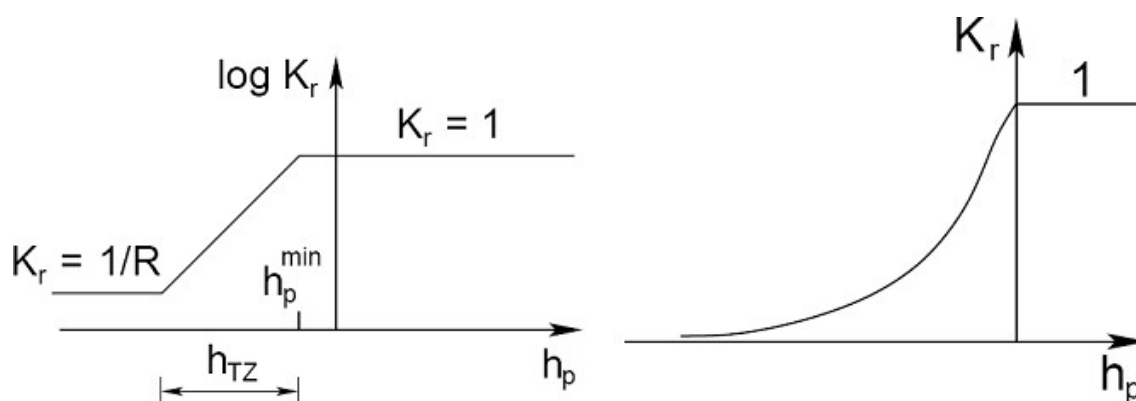
El análisis de flujo de estado estacionario se lleva a cabo por la ley de Darcy especificando las relaciones entre la velocidad del flujo y el gradiente de la cabeza hidráulica. La versión actual del programa asume valores constantes de **coeficientes de permeabilidad** independientes de la presión de poros.

El programa además requiere que se especifique el **índice vacío** inicial e_0 para la determinación de la porosidad actual n y subsecuentemente la velocidad actual del agua fluyendo entre los poros solo $v_s = v/n$, donde v es el promedio de la velocidad de agua en toda la zona.

Generalmente, el índice vacío $e_0 = 1$ corresponde a suelos con porosidad de $n = 50\%$

Por el ingreso del coeficiente de permeabilidad K_r el programa permite el seguimiento de la zona de transición entre regiones completamente saturadas ($S=1, K_r=1$) y regiones no saturadas ($K_r = > 0$) del cuerpo del suelo. Como un ejemplo se puede considerar el problema de flujo no confinado.

El proceso de seguimiento de zona de transición se lleva a cabo por uno de los tres modelos de zona de transición determinando la evolución de coeficientes relativos de permeabilidad K_r como la función de cabecera de presión de poros, ver figuras.



(a) Modelo log-linear [1], (b) Modelo Van Genuchten [2]

Modelo log linear

La zona de transición del modelo log linear descrita por ejemplo en [1] se define por los

siguientes parámetros:

- $h_{p_{min}}$ - mínimo valor de cabeza de presión en una región completamente saturada [kPa]
 h_{TZ} - Ancho de la zona de transición [m]
 R - Parámetro de reducción, un número suficientemente largo $R = 100-1000$ [-], por defecto asume $R = 1000$ [-]

El coeficiente relativo de permeabilidad K_r está dado por:

$$K_r(h_p) = 10^{\frac{(h_p - h_{p_{min}}) \log R}{h_{TZ}}}$$

Modelo Gardner

Este es un modelo equivalente dependiendo de un solo parámetro α [1/m]. El coeficiente relativo de permeabilidad K_r está en este caso dado por:

$$K_r(h_p) = e^{\alpha \cdot h_p}$$

Modelo Van Genuchten

En este caso el valor de coeficiente relativo de permeabilidad K_r está dado por:

$$K_r(h_p) = \frac{\left\{ 1 - (\delta |h_p|)^{n-1} \left[1 + (\delta |h_p|)^n \right]^{-m} \right\}^2}{\left[1 + (\delta |h_p|)^n \right]^{m/2}}$$

donde α [1/m], n , $m = 1 - 1/n$ son parámetros modelo. Sus valores pueden obtenerse de mediciones de laboratorio de curvas de retención aproximadas por:

$$S = S_{irr} + (S_{sat} - S_{irr}) \cdot \Theta$$

$$\Theta = \left[\frac{1}{1 + (-\delta |h_p|)^n} \right]^m$$

Donde: S_{sat} - grado de saturación de un suelo totalmente saturado, configuración por defecto $S_{sat} = 1$

S_r - grado de saturación residual

Θ - contenido de agua normalizado

Parámetro Θ está en general dado por:

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

Donde: θ_r - contenido de agua residual [m^3/m^3]

θ_s - contenido de agua de un suelo totalmente saturado [m^3/m^3]

El grado de saturación actual S puede ser expresado como la proporción del contenido de agua θ y porosidad n como sigue: (es necesario distinguir entre n que representa la porosidad y n , que aparece en el modelo Van Genuchten que se trata de otra variable diferente).

$$S_w = \frac{\theta}{n}$$

Los modelos Log-linear y Gardner adoptan una versión simplificada del modelo Van Genuchten según [5]:

$$\Theta = K_r^b$$

donde $b > 0$ [-] es un parámetro de ajuste que permite una mejor aproximación de los datos de retención de un suelo dado.

Le recomendamos la siguiente tabla de parámetros que se utilizan actualmente en el programa. Estos parámetros derivan de los indicados en las tablas originales.

Los valores óptimos de los parámetros del modelo de Van Genuchten para diversas clasificaciones basadas en USDA y FAO y se presentan en las siguientes tablas.

Tabla con coeficientes de regresión para tamaño de grano USDA según Van Genuchten (1991)

Suelo (tamaño de grano)	K_{sat} [m/den]	RETC				Rosetta			
		e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]	e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]
Arena	7,13	0,75	0,11	14,5	2,68	0,60	0,14	3,5	3,18
Arena arcillosa	3,50	0,70	0,14	12,4	2,28	0,64	0,13	3,5	1,747
Marga arcillosa	1,06	0,70	0,16	7,5	1,89	0,63	0,10	2,7	1,448
Marga	0,25	0,75	0,18	3,6	1,56	0,66	0,15	1,1	1,474
Limo	0,06	0,85	0,07	1,6	1,37	0,96	0,10	0,7	1,677
Marga limosa	0,11	0,82	0,15	2,0	1,41	0,78	0,15	0,5	1,663
Marga arcillosa de arena	0,314	0,64	0,26	5,9	1,48	0,62	0,16	2,1	1,33
Marga arcillosa	0,062	0,70	0,23	1,9	1,31	0,79	0,18	1,6	1,415
Marga arcillosa limosa	0,017	0,75	0,21	1,0	1,23	0,93	0,19	0,8	1,52
Arcilla arenosa	0,029	0,61	0,26	2,7	1,23	0,63	0,30	3,3	1,207
Arcilla limosa	0,0048	0,56	0,19	0,5	1,09	0,93	0,23	1,6	1,321
Arcilla	0,048	0,61	0,18	0,8	1,09				

Tabla con coeficientes de regresión para tamaño de grano FAO según Van Genuchten (1998)

Suelo (tamaño de grano)	K_{sat} [m/den]	e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]
Superficie del suelo (profundida de 1 m)					
Grueso (C)	0,600	0,68	0,062	3,83	1,3774
Mediano (M)	0,121	0,78	0,023	3,14	1,1804
Fino mediano (MF)	0,023	0,75	0,023	0,83	1,2539
Fino (F)	0,248	1,08	0,019	3,67	1,0120
Muy fino (VF)	0,150	0,78	0,016	2,65	1,1033
Superficie del suelo (profundida > 1 m)					
Grueso (C)	0,700	0,58	0,068	4,30	1,5206
Mediano (M)	0,108	0,65	0,026	2,49	1,1689
Fino mediano (MF)	0,040	0,70	0,024	0,82	1,2179
Fino (F)	0,085	0,93	0,021	1,98	1,0861
Muy fino (VF)	0,082	1,17	0,019	1,68	1,0730

Tabla: Sistema de clasificación de la textura del suelo de FAO

Suelo	Definición
Grueso (C)	clay < 18% and sand > 65%
Mediano (M)	18% < clay < 35% a 15% < sand nebo: clay < 18% a 15% < sand < 65%
Fino mediano (MF)	clay < 35% a sand < 15%
Fino (F)	35% < clay < 60%
Muy fino (VF)	60% < clay

Bibliografía:

Más detalles se encuentran en [2].

[1] D.M. Potts, L. Zdravkovič, *Finite element analysis in geotechnical engineering – theory*, Thomas Telford, London, 1999.

[2] M. Th. Van Genuchten, *A closed formulation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*, *Journal Soil Science Society of America* **44**, 239-259, 1988..

[3] M. Šejnoha, *Finite element analysis in geotechnical design*, to appear (2013)

[4] W. R. Gardner, *Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation to evaporation from a water table*, *Soil Science* **85(4)**, 228-232, 1958.

[5] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, Modelování geotechnických úloh metodou konečných prvků: Teoretická základy a aplikace, předpokládaný rok vydání (2014)

[6] USDA 1951. *Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook No. 18. US Government Printing Office. Washington DC.*

[7] Wösten, J.H.M., et. al. 1998. *Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. Final Report on the European Union Funded project. DLO Winand Staring Centre. Report 156, Wageningen, NL. p. 106. ISSN 0927-04537.*

Coeficiente de permeabilidad

La capacidad de un cuerpo poroso (suelo, roca) de transportar agua de ciertas propiedades dadas (por ejemplo, aguas subterráneas) se denota como indica esta página. La cantidad de agua que fluye a través de cierta área puede ser representada por el **coeficiente de permeabilidad**. El coeficiente de permeabilidad representa la pendiente de una dependencia lineal de la velocidad del flujo de agua en la gradiente de la altura total (gradiente de carga hidráulica) en la ley de Darcy se indica como:

$$\mathbf{v} = n \cdot \mathbf{v}_s = -K_r \mathbf{K}_{sat} \nabla h$$

Donde: v_s - Velocidad del flujo del agua a través de poros

n - Porosidad

K_r - Coeficiente relativo de permeabilidad

K_{sat} - Matriz de permeabilidad contenedora de coeficientes de permeabilidad de suelo completamente saturados K_x, K_y los cuales pueden ser diferentes a lo largo de los distintos ejes de coordenadas.

∇h - Gradiente de altura total

La cabeza total en un punto dado en una región de flujo, se define como la suma de las cargas de presiones y coordenadas verticales, que determina la altura del agua en el piezómetro en un momento dado:

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + y$$

Donde: γ_w - Peso del agua

Ejemplos de valores de coeficientes de permeabilidad de varios suelos (Myslivec)

Tipo de suelo	Coeficiente de permeabilidad k [m/day]	Movimiento de las partículas de agua por 1 cm de gradiente hidráulico $i = 1$ por hora
Arena suave	$10^2 - 10$	6 s – 10 min
Arena arcillosa	$10^{-1} - 10^{-2}$	100 min – 18 hrs
Limo Loess	$10^{-2} - 10^{-4}$	18 hrs – 70 days
Limo	$10^{-4} - 10^{-5}$	70 days – 2 years
Suelo arcilloso	$10^{-5} - 10^{-6}$	2 years – 20 years
Arcilla	$10^{-6} - 10^{-7}$	20 -200 years

Hay distintas formas de determinar el coeficiente de permeabilidad k . Se agrupan de la siguiente manera:

a) Medidas de laboratorio

Están disponibles distintos tipos para el rango $k \ 10^4 - 10^{-6} \text{ m/días}$.

b) Medidas de trabajo de campo

Existen o desaparecen pruebas, medidas de filtración de velocidad del flujo, para el rango of $k \ 10^6 - 1 \text{ m/días}$.

c) Utilización de expresiones empíricas

$$k = 100 \cdot d_{10}^2 \cdot e^2$$

Adaptable para suelos no cohesivos, $k \ 10^6 - 10 \text{ m/días}$, el procedimiento indica valores, ejemplo: según Terzaghi:

Donde: k - Coeficiente de permeabilidad [cm/s]
 d_{10} - Diámetro de partículas de suelo efectivas [cm]
 e - Índice de vacío [-]

d) Mediante el cálculo del proceso de consolidación en función del tiempo

Se debe conocer el coeficiente de consolidación c_v y la consolidación de la curva (dependencia semi logarítmica de la deformación en el tiempo). Ésta es solo una determinación indirecta de la siguiente expresión:

$$k = \frac{c_v \cdot \rho_w \cdot g \cdot a_v}{1 + e_0}$$

Donde: e_0 - Índice vacío inicial

c_v	-	Coeficiente de consolidación
ρ_w	-	Unidad de densidad del agua
g	-	Aceleración gravitacional
a_v	-	Coeficiente de compresibilidad

Datos Básicos

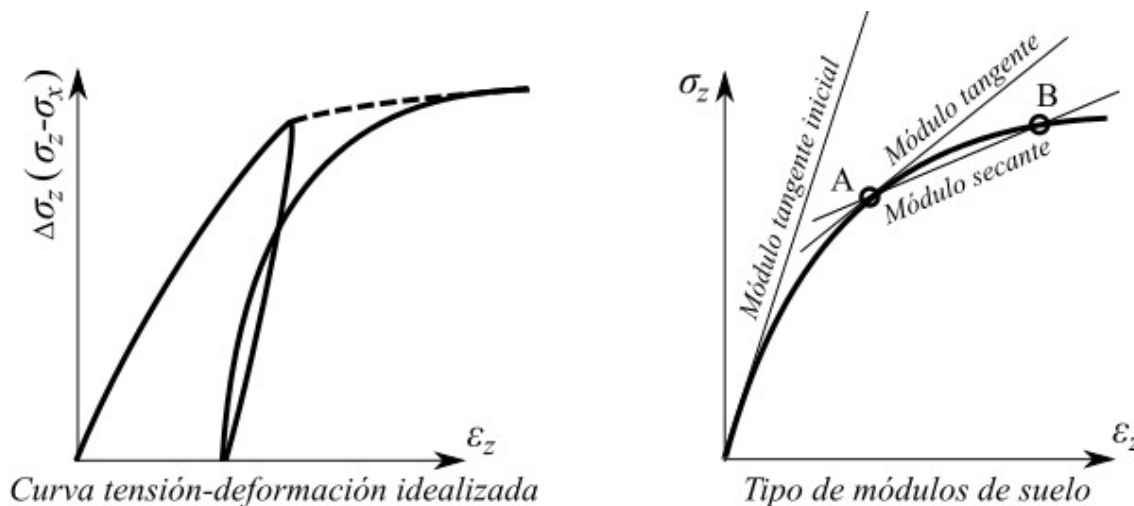
Los siguientes parámetros de material son necesarios en todos **modelos de material**.

Peso unitario del suelo γ – se asume unidad de peso del suelo seco (suelo por encima del nivel freático, GWT). La unidad de peso del suelo debajo del GWT, se calcula con otros parámetros introducidos en la sección "**Aumento de presión**".

Módulo de elasticidad E

El módulo de elasticidad describe la rigidez del material que se asume constante sobre el intervalo de carga completo. En el caso de suelos, esta suposición es válida sólo para intervalos muy estrechos de deformaciones recuperadas. El módulo de elasticidad E no tiene un efecto significativo en el comportamiento del suelo para **modelos no lineales** luego de satisfacer las condiciones de plasticidad.

No se dispone de una respuesta sencilla sobre que definición y que valor de parámetros de material (inicial, tangencial, secante...) deben usarse en un modelo de material determinado. Para seleccionar un módulo determinado se debe conocer el **comportamiento del suelo** a través de una tarea de análisis geotécnico y para asignar una magnitud específica, es necesario conocer el resultado del **test triaxial** para la fase de tensión correspondiente. Sin embargo, se proporcionan ciertas recomendaciones.



Distribución de la curva tensión-deformación idealizada y determinación del tipo de módulo de suelo individual

A continuación se dispone de una interpretación del módulo E Young de elasticidad:

-Módulo instantáneo E_0 en caso de pequeñas cargas (se supone una dependencia lineal de tensión y deformación) o se calcula el módulo cuando el asentamiento es instantáneo

-Módulo secante E_{50} se determina por una tensión de referencia igual al 50% de la tensión al comienzo de la falla. (se utiliza por ejemplo cuando se analizan zapatas y asentamientos de

pilotes de cimentación)

-Módulo de deformación E_{def} se determina por la curva tensión-deformación derivada en forma experimental. Este módulo se requiere cuando utilizamos el modelo de elasticidad modificado, el cual asume diferentes comportamientos para carga y descarga), Utilizar este módulo cuando resolvemos el problema de suelos descargados (ej.: estructuras subterráneas, que presentan en el fondo zanjas de cimentación) conduce a deformaciones más grandes que cuando utilizamos el módulo de elasticidad E_{ur} determinado por la ramificación de la descarga r o por la curva tensión-deformación. La determinación del módulo de deformación del suelo es aplicable por la posible aproximación:

$$E_{ur} = 3 \cdot E_{def}$$

-Módulo edométrico E_{oed} del cual, dependiendo del nivel de tensión en el suelo, se debe utilizar en función del rango esperado de tensión en el suelo que puede experimentar – la relación entre E_{def} y E_{oed} viene dada por:

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

$$\beta = 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$$

Donde: ν - Coeficiente de Poisson
 E_{def} - Módulo de deformación (secante)
 f

-Módulo de elasticidad E_{ur} se determina a partir de la ramificación de descarga de la curva tensión-deformación, se utiliza cuando resolvemos problemas de descarga de suelos (excavaciones) - debe ser definido cuando se utiliza el **modelo de elasticidad modificado**

El valor de los módulos de elasticidad deben ser determinados, si es posible, por experimentos de cortes triaxiales. Si se utilizan otros métodos (pruebas de penetración, pruebas de piezómetro, etc.) entonces es necesario introducir algunos coeficientes de correlación que se describen en la bibliografía.

Para modelar se recomienda primeramente realizar un análisis según el **modelo de material elástico** y controlar los resultados en el campo de la deformación – éstas deformaciones de acuerdo a la ley de Hookes son linealmente dependientes a la carga aplicada y al módulo de elasticidad utilizado.

Si los resultados de las deformaciones (desplazamientos) son **demasiado largos**, el usuario debe **reevaluar las magnitudes aplicadas originalmente en el módulo elástico**.

Coeficiente de Poisson ν - el coeficiente de contracción transversal es, en el caso de módulo de elasticidad homogénea, cargado por una tensión normal en una dirección, determinada por:

$$\mu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}$$

Donde: ε_y - Deformación vertical
 ε_x - Deformación horizontal

El coeficiente de Poisson es relativamente fácil de determinar. Para seleccionar este valor, se debe tomar ventaja de la base de datos incorporada para suelos. Si se asume una pequeña carga y se utiliza el módulo instantáneo E_0 , entonces se debe utilizar el valor del coeficiente de Poisson ν_0 determinado por la carga inicial.

Tensión geoestática, aumento de presión

El análisis de tensión se basa en la existencia de las capas de suelo especificadas por el usuario. El programa luego introduce capas ficticias en lugares donde la tensión y la presión lateral cambian (GWT, puntos de construcción, etc.). La tensión normal en la capa i^{th} es calculada según:

$$\sigma_i = \sum h_i \gamma_i$$

Donde: h_i - Espesor de la capa i^{th}
 γ_i - Peso unitario del suelo

Si la capa se encuentra debajo del **nivel freático**, el peso unitario del suelo debajo del GWT se especifica con la ayuda de los parámetros de suelo introducidos como se muestra a continuación:

- Para la opción "**Estándar**"

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Donde: γ_{sat} - Peso unitario de suelo saturado
 γ_w - Peso unitario del agua

- Para la opción "**Cálculo por porosidad**":

$$\gamma_{su} = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

Donde: n - Porosidad
 γ_s - Masa específica del suelo
 γ_w - Peso unitario del agua

$$\gamma_s = \frac{G_d}{V - V_p}$$

Donde: V - Volumen de suelo
 V_p - volumen de huecos
 G_d - peso del suelo seco

El peso unitario de agua se asume en el programa igual a 10 kN/m^3 o $0,00625 \text{ ksi}$.

Suponiendo un terreno inclinado detrás de la estructura ($\beta \neq 0$) y subsuelos en capas, cuando se calcula el coeficiente de la presión de tierra K , el ángulo β , se reduce en la capa i^{th} utilizando

la siguiente expresión:

$$\operatorname{tg} \beta_i = \frac{\gamma}{\gamma_i} \operatorname{tg} \beta$$

Donde:

- γ - Peso unitario de suelo en la primer capa debajo del terreno
- γ_i - Peso unitario de suelo en la capa i^{th} debajo del terreno
- β - Inclinación del talud detrás de la estructura

Cuerpos rígidos

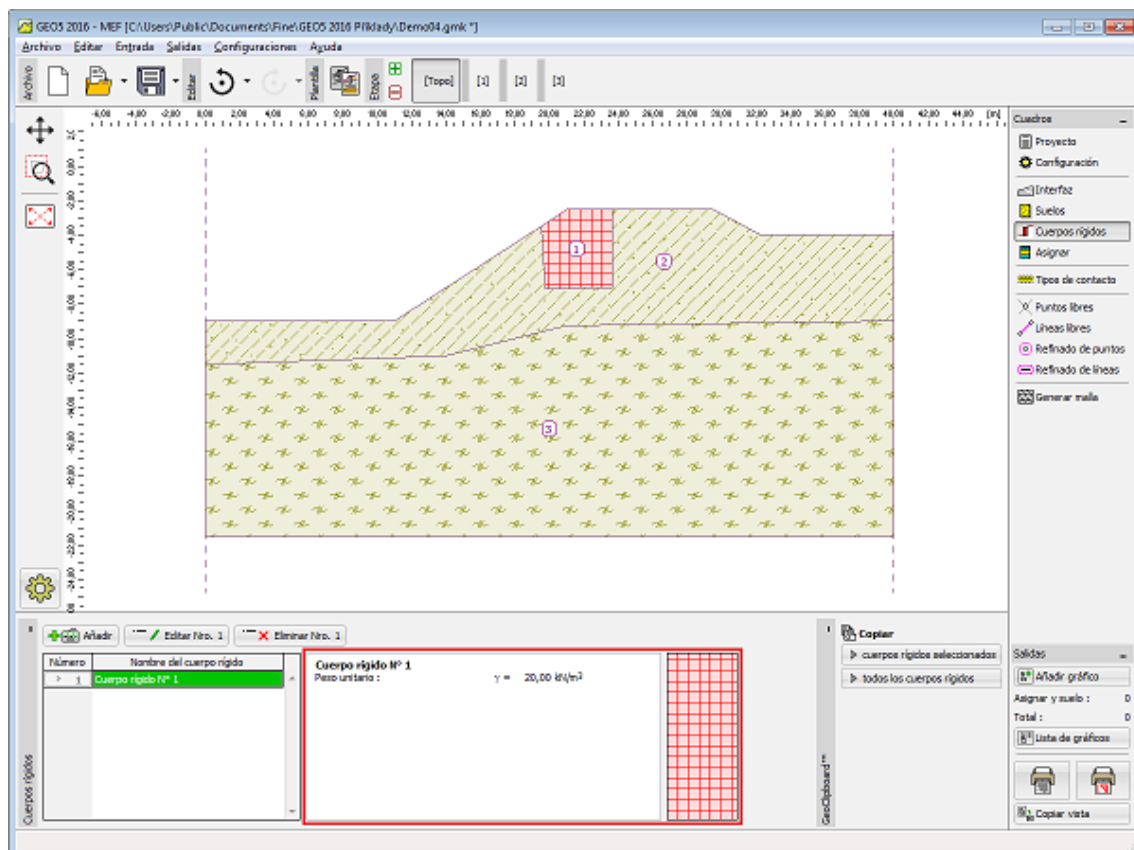
El **cuadro "Cuerpos rígidos"** contiene una **tabla** con un listado de los cuerpos rígidos introducidos.

El programa permite introducir nuevos cuerpos rígidos. Solo se requiere introducir los parámetros de peso unitario del cuerpo rígido. El material del cuerpo rígido se asume como **infinitamente rígido**.

Estos cuerpos sirven principalmente para modelar estructuras de hormigón macizas y muros en análisis estándar y análisis de estabilidad.

Para **añadir** cuerpos rígidos se utiliza el **cuadro de diálogo "Añadir nuevos cuerpos rígidos"**.

Los cuerpos rígidos introducidos se pueden copiar en todos los programas GEO5 2D utilizando **"GeoClipboard"**.



Cuadro "Cuerpos Rígidos"



Cuadro de diálogo "Añadir nuevos cuerpos rígidos"

Asignar

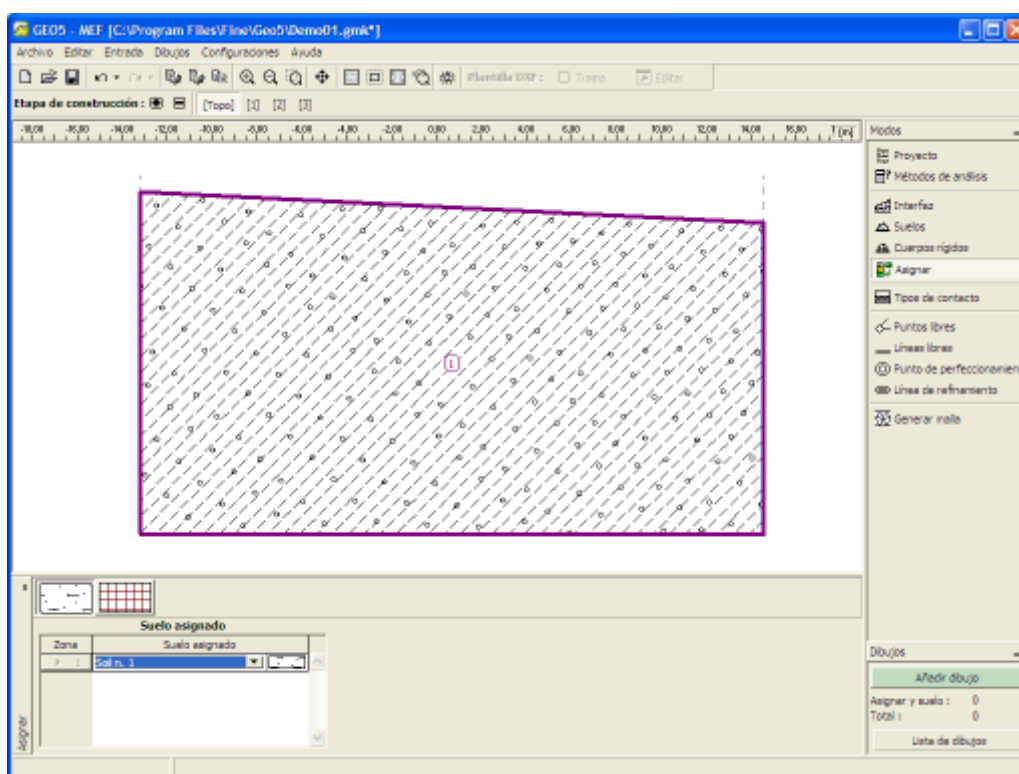
El cuadro **"Asignar"** contiene una tabla con un listado con las capas de perfiles y suelos asociados.

La lista de suelos se representa gráficamente utilizando los botones de la barra de herramientas situados encima de la tabla, o se puede acceder también desde el listado de cada capa del perfil. El procedimiento acerca de como asignar el suelo a una capa se describe en forma detallada en [herencia](#).

A diferencia de otros programas, el suelo, que se vuelve activo en las etapas de cálculo, se asigna a las regiones y no a las interfaces. Las regiones se crean automáticamente cuando se [crea el modelo de cálculo](#).

Cuando un nuevo suelo es asignado en un modulo topológico, es automáticamente asignado a todas las regiones determinadas por la capa geológica

Las asignaciones introducidas se pueden copiar en todos los programas GEO5 2D utilizando ["GeoClipboard"](#).

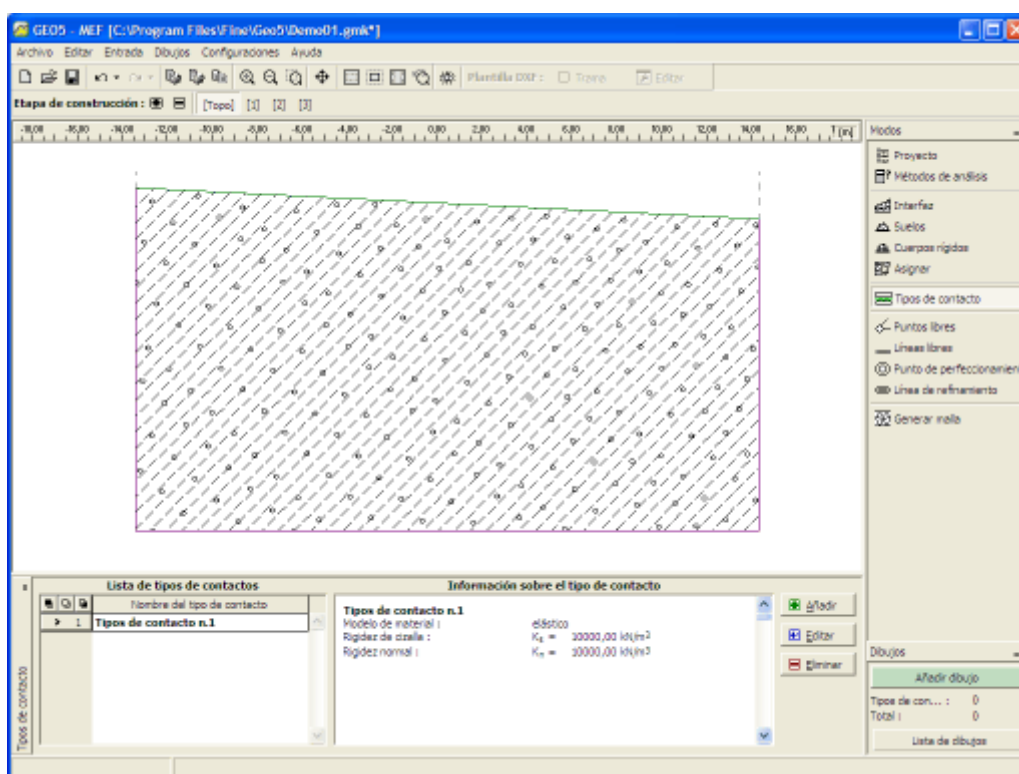


Cuadro "Asignar"

Tipos de contacto

El cuadro "Tipos de contacto" contiene una tabla con un listado con los tipos de contactos introducidos. Para añadir contactos se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo tipos de contacto".

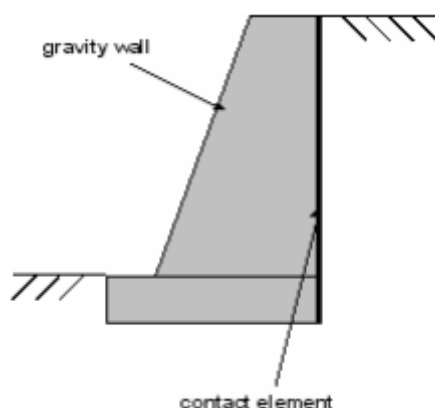
Este cuadro de diálogo sirve para definir elementos del nuevo contacto, los cuales luego pueden introducirse dentro del programa utilizando el cuadro "Vigas" y "Contactos". El modelo de material de un elemento de contacto puede ser lineal o no lineal.



Cuadro "Tipos de contacto"

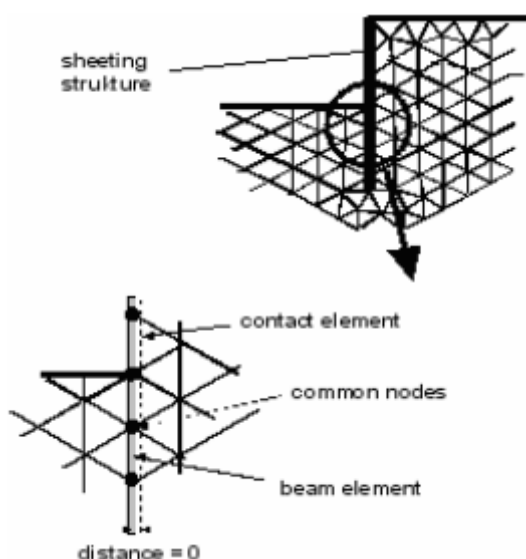
Los **elementos de contacto** se utilizan en aplicaciones que requieren estudiar la interacción de la estructura y el suelo. Pueden ser utilizados más adelante para modelar juntas o interfaces de distintos materiales (suelo – interfaz rocosa). Un ejemplo típico de utilización de elementos de contacto es el **modelado de estructuras de revestimiento, muros de contención, o revestimiento de túneles**. En estas aplicaciones los elementos de contacto suelen modelar una capa relativamente delgada de suelo o roca cargada principalmente en corte.

Los contactos pueden ser definidos además en forma independiente a lo largo de **interfaces de suelos individuales**.



Ubicación de elementos de contacto cuando modelamos un muro de gravedad

El elemento de contacto es un elemento de espesor cero, que permite el cálculo de tensión interfacial en función de un desplazamiento relativo desarrollado a lo largo de la interfaz.



Construcción de un muro revestido representado por vigas y elementos de contacto

Elementos de contacto

Están disponibles dos opciones de elemento de contacto del modelo de material

Una puede seleccionar el **modelo elástico** con la posibilidad de trazar la tensión de contacto asumiendo un comportamiento elástico a lo largo de la interfaz o del **modelo plástico**. El modelo plástico se basa en el clásico modelo de Mohr-Coulomb ampliado para incluir la tensión de corte.

Este modelo, sin embargo, es adecuado cuando modelamos la separación de tracción. En ciertas aplicaciones como en diseño de estructuras este modelo es vital para la recepción de predicciones significativas sobre el suelo y la respuesta de la estructura.

Los parámetros del modelo básico son: cohesión c , coeficiente de fricción μ y ángulo de dilatación ψ . El parámetro c y μ pueden ser también especificados indirectamente reduciendo los parámetros de resistencia del suelo c y $\tan(\phi)$ al lado del contacto. Si el contacto se asume entre dos suelos (rocas) entonces aquel de menor valor c y ϕ se utiliza en el paso de reducción

El parámetro de contacto es entonces definido como:

$$c = \sigma_z \cdot c_{zem}$$

$$\mu = \sigma_\mu \cdot \tan(\phi_{zem})$$

Si no hay disponible mejor información con respecto a la reducción de parámetros se puede utilizar los siguientes valores. Para estructuras de acero en suelos arenosos la reducción de parámetros es igual a $2/3$

Para arcillas la reducción de parámetros es igual a $1/3$. Estos parámetros normalmente suelen alcanzar valores más altos cuando se utilizan estructuras de hormigón. En general los parámetros de reducción deberían ser menores a 1 . El ángulo de dilatación juega el mismo rol que en el caso de **modelos de suelos** estándar. Solo basta con recordar que configurando $\psi = 0$ se le da prioridad al comportamiento elástico en tensión/compresión. La deformación plástica se reduce a cortante.

Parámetros adicionales de contacto de modelos de material son rígidamente elásticos en la

dirección normal y en la dirección tangencial k_n y k_s , respectivamente. Estos pueden ser imaginados como un resorte elástico a lo largo de una interfaz determinada. Una selección fiable para el valor de estos parámetros no es una tarea sencilla, y normalmente depende del problema. Para aclarar este tema se puede relacionar esta rigidez con el parámetro de material sobre el suelo adyacente al contacto. Entonces se aplica la siguiente relación:

$$K_n = \frac{E}{t}$$

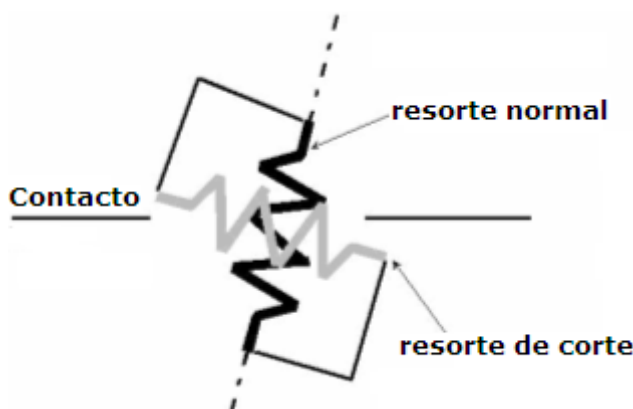
$$K_s = \frac{G}{t}$$

Donde:

- t -Se supone (ficticio) espesor de la capa de contacto (interfaz)
- G -Módulo de elasticidad de corte
- E -Módulo de elasticidad Young

En caso de distintos materiales (E_1, E_2, G_1, G_2), se toma el menor valor k_s y k_n .

Incluso en el caso de comportamiento totalmente plástico la selección de parámetros k_s y k_n no es esencial, el valor asignado a estos parámetros son decisivos para el éxito de la solución de un problema no lineal determinado. Proporcionando estos valores hay dos largos (sobre 100000 kN/m^3) el proceso de iteración puede oscilar. Por otro lado, la configuración del valor de k_s y k_n demasiado baja (por debajo de 10000) la configuración por defecto en el programa es de 100000 kN/m^3 .



Visualización de rigidez del resorte

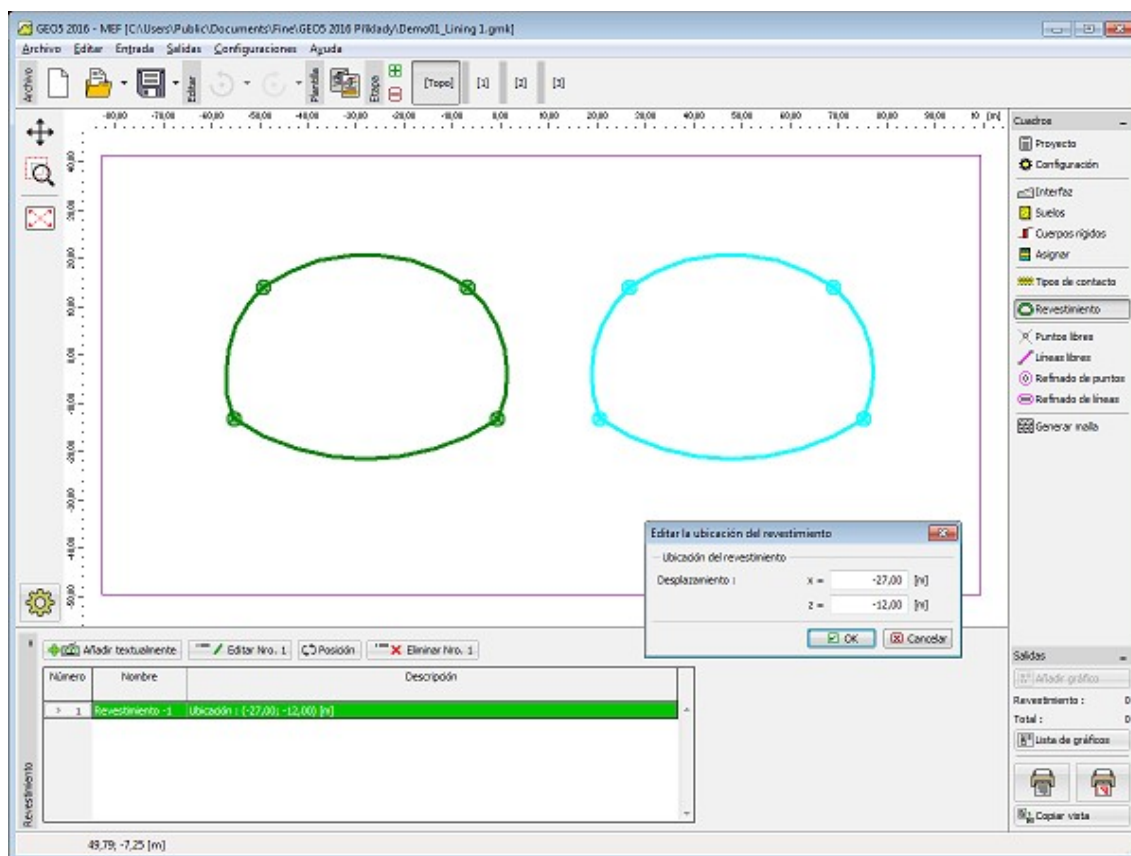
Revestimiento

El cuadro **"Revestimiento"** contiene una **tabla** con un listado con los revestimientos introducidos. Este cuadro está disponible cuando se activa el módulo **"Túnel"** en el cuadro de diálogo **"Configuración"**. El módulo **"Revestimiento- MEF"** simplifica, modela y posiciona revestimientos de distintos túneles.

El módulo **"Revestimiento - MEF"** es un programa independiente utilizado para diseñar revestimientos. Los puntos libres, líneas libres, refinamientos, anclajes, vigas, y cargas de vigas creadas en este módulo se pasan en al programa MEF. La opción editar es solo posible en

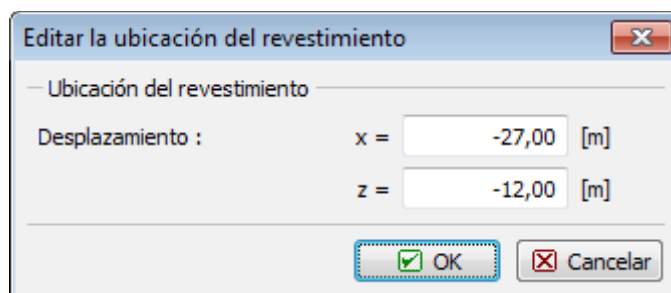
el módulo "Revestimiento - MEF" programa MEF.

Añadir o editar solo es posible en el módulo "Revestimiento - MEF". Los siguientes modos están disponibles. Mas detalles están disponibles en los capítulos "Objetos activos".



Cuadro "Revestimiento"

Al pulsar el botón de "**Ubicación**" abre el cuadro de diálogo "**Editar la ubicación del revestimiento**", que permite la modificación de las coordenadas de la ubicación del revestimiento. Es posible ajustar el revestimiento en el programa MEF, incluso sin necesidad de iniciar el módulo "Revestimiento - MEF".



Cuadro "Editar la ubicación del revestimiento"

Módulo revestimiento – MEF

El módulo "**Revestimiento - MEF**" simplifica el modelado y el posicionamiento de revestimientos de túneles.

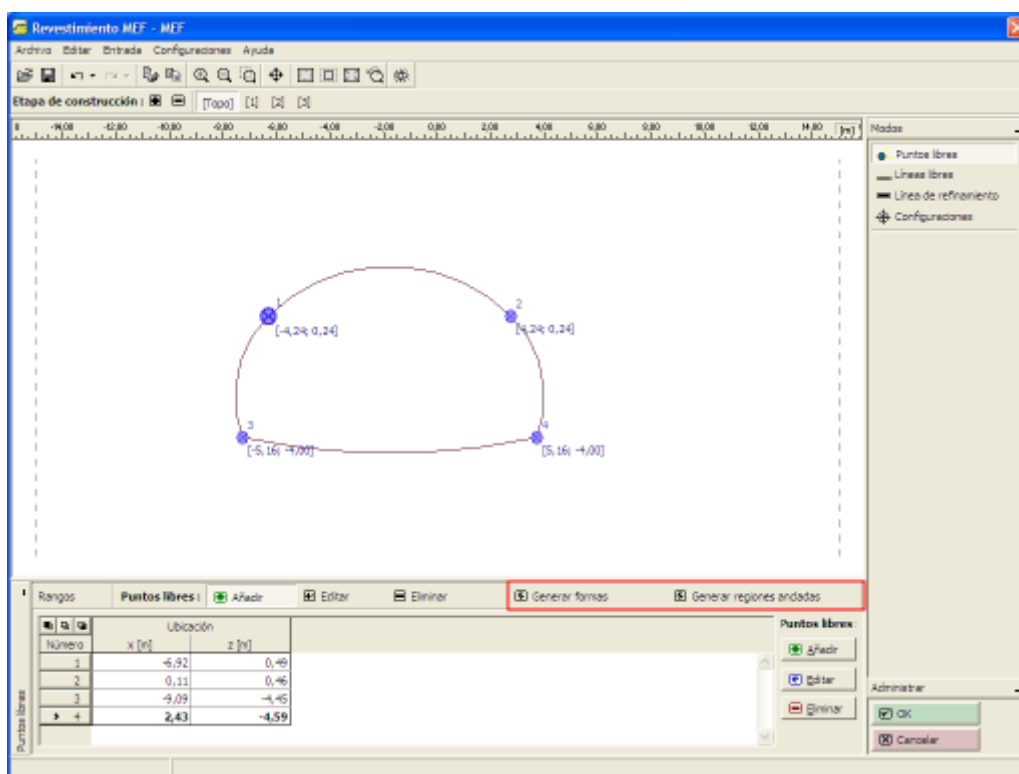
El módulo dispone de las características del programa principal MEF, incluyendo el módulo de "**Topología**" y **etapas de construcción**. El módulo "**Topología**" contiene cuadros de "**Puntos libres**", "**Líneas libres**", "**Refinamientos libres**" y "**Configuraciones**". Los cuadros accesibles desde las etapas de construcción se describen en las etapas de construcción del programa MEF.

El botón "**OK**" puede ser utilizado para finalizar el trabajo en el módulo y para transferir los datos al programa MEF. El botón "**Cancelar**" simplemente finaliza el trabajo sin transferir ningún dato.

El programa permite **importar** los datos en formato *.DXF.

Los datos del módulo revestimiento pueden ser guardados de forma independiente o cargado en el cuadro de diálogo utilizando las funciones estándar "**Abrir**" y "**Guardar**". De esta forma se permite transferir revestimientos entre distintas tareas de análisis o en una sola tarea.

Si se carga un revestimiento con menos etapas que el estado actual, el programa añadirá la etapa restante. En el caso de que se tengan más etapas, la etapa correspondiente se añade primero al cuadro de dialogo y luego a la ventana principal. Los datos del módulo revestimientos no pueden ser cargados directamente en la ventana principal.



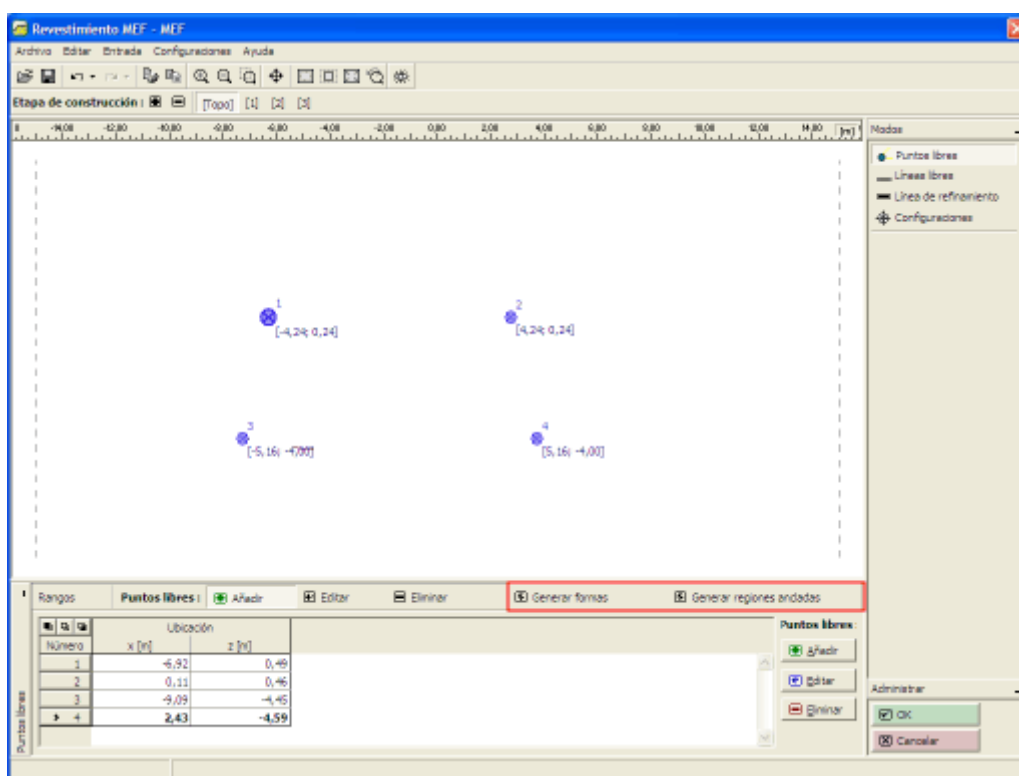
Módulo "Revestimiento - MEF"

Puntos libres

El cuadro "**Puntos libres**" contiene una **tabla** con un listado con los puntos libres introducidos. El trabajo con puntos libres sigue las mismas normas que para el programa MEF - cuadro "**Puntos libres**".

El cuadro difiere por las funciones en la barra horizontal, que contiene los botones "**Generador de formas de revestimientos**" y "**Generados de regiones ancladas**".

La función del botón "**Rango**" es igual a del cuadro "**Interfase**" del programa MEF.

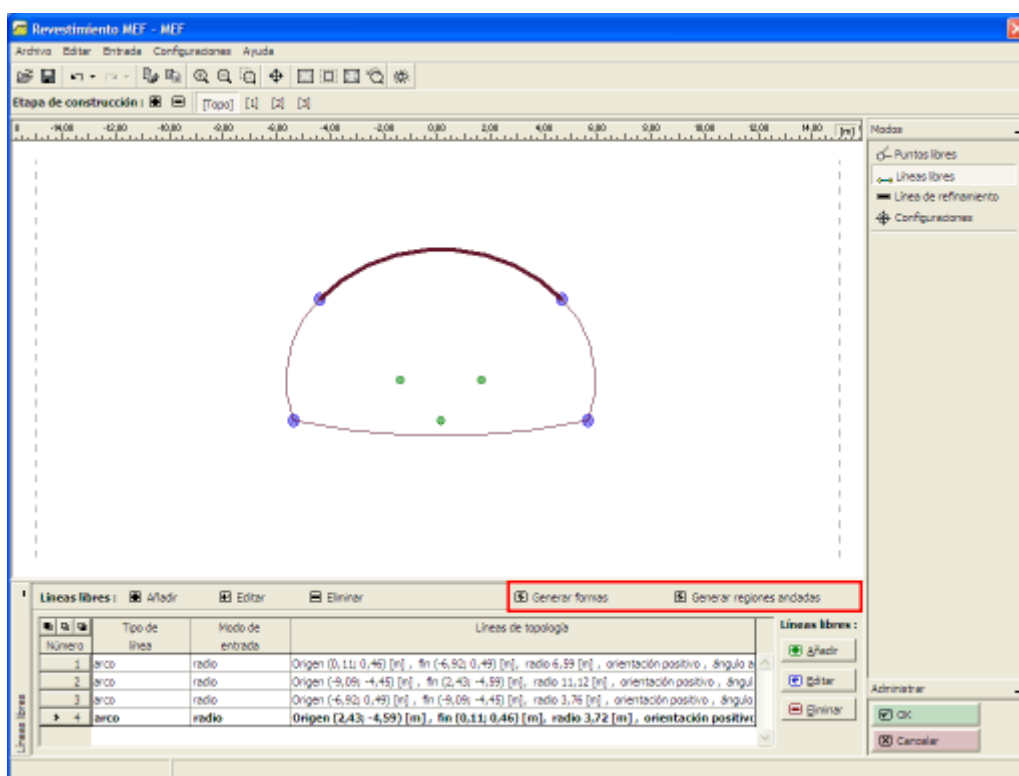


Cuadro "Puntos libres"

Líneas libres

El cuadro "Líneas libres" contiene una tabla con un listado con las líneas libres introducidas. El trabajo con líneas libres sigue las mismas normas que para el programa MEF – cuadro "Líneas libres".

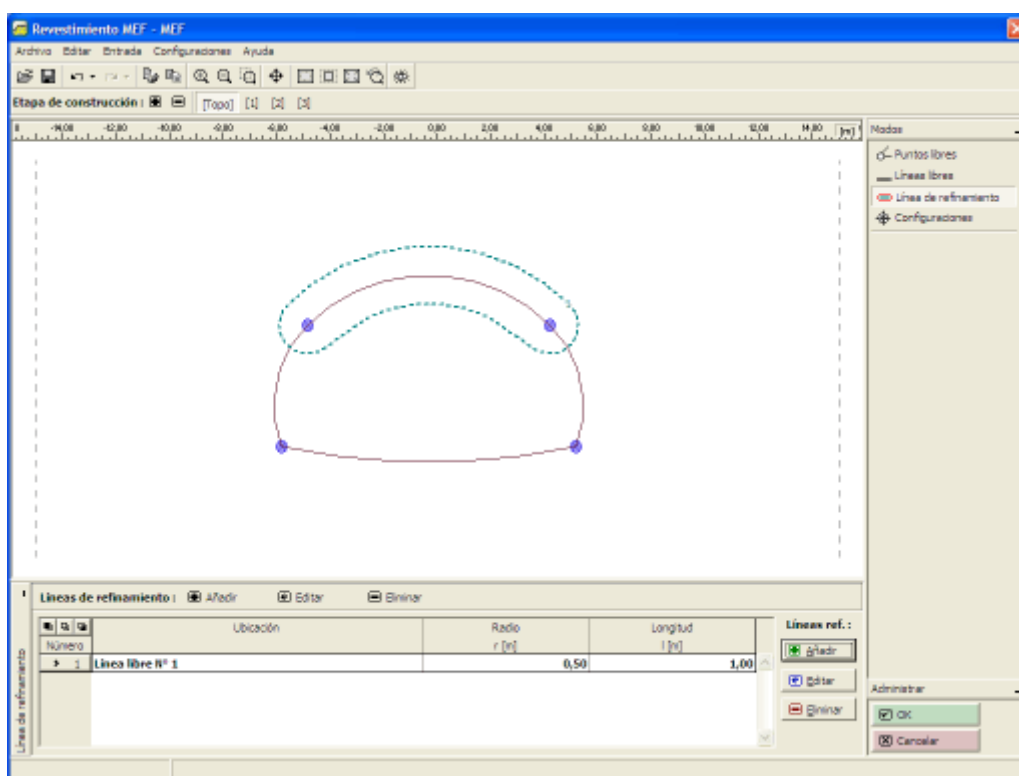
El cuadro difiere por las funciones en la barra horizontal, que contiene los botones "Generador de formas de revestimientos" y "Generados de regiones ancladas".



Cuadro "Líneas libres"

Líneas de refinamiento

El cuadro "Líneas de refinamiento" contiene una tabla con un listado con los puntos de refinamiento introducidas. El trabajo con puntos de refinamiento sigue las mismas normas que para el programa MEF – cuadro "Líneas de refinamiento".

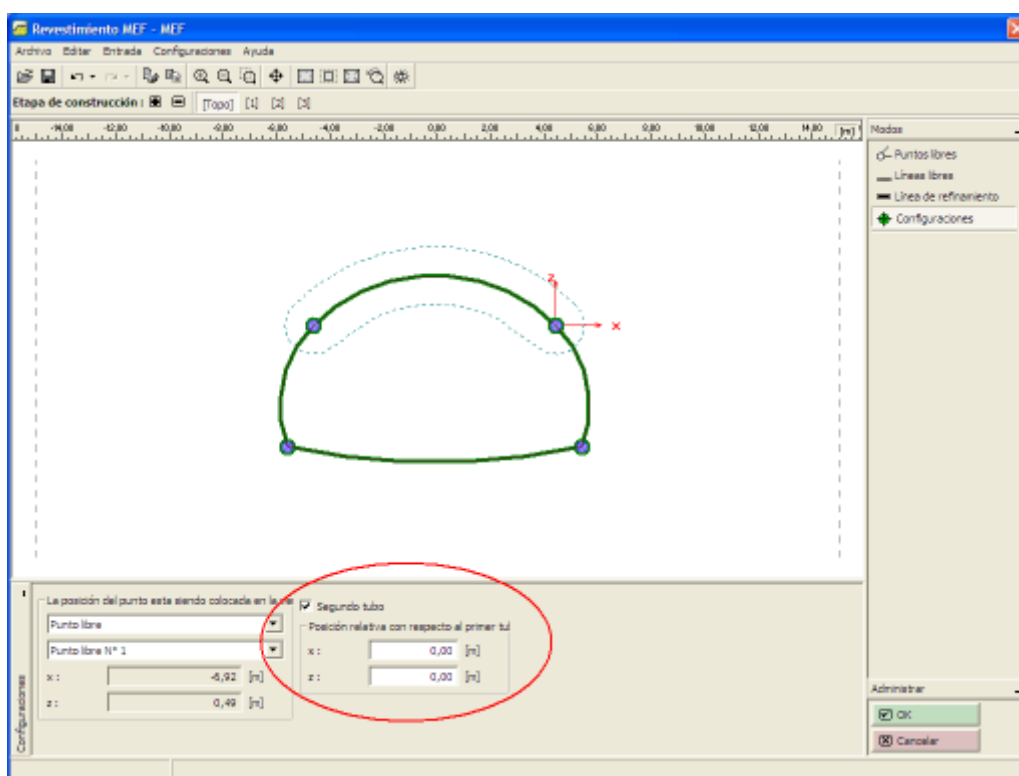


Cuadro "Líneas de refinamiento"

Configuraciones

El cuadro **"Configuraciones"** permite redefinir las ubicaciones de los puntos, para que sean luego posicionados en la ventana principal del programa MEF. La ubicación del punto puede ser asociada con el punto libre seleccionado o determinado con las coordenadas del sistema origen o por coordenadas arbitraria. Esto permite asignar una posición exacta para un punto determinado de una estructura revestida en la ventana principal del programa MEF.

El uso del segundo tubo puede ser activado en la parte derecha del cuadro. El segundo tubo aparecerá en el cuadro **"Configuraciones"** como una vista previa, y luego de su transmisión al programa MEF. El segundo tubo es una copia exacta del primero. La única diferencia es la posición con respecto a la estructura original.

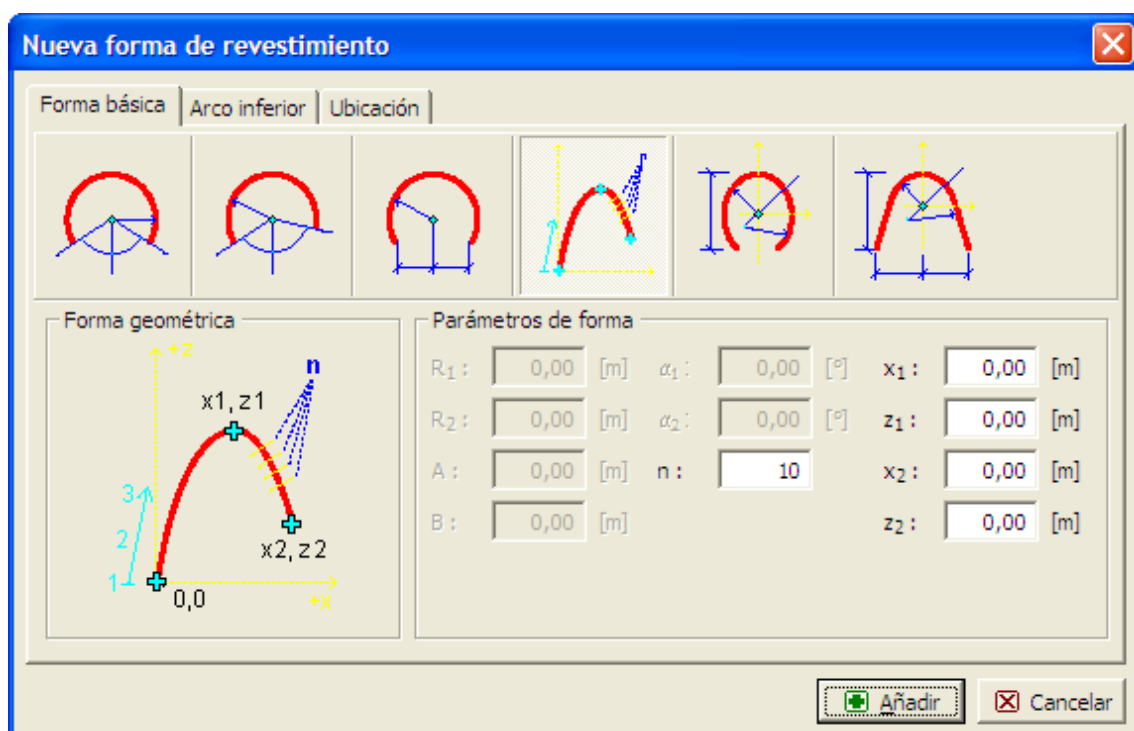


Cuadro "Configuraciones"

Generador de formas de revestimientos

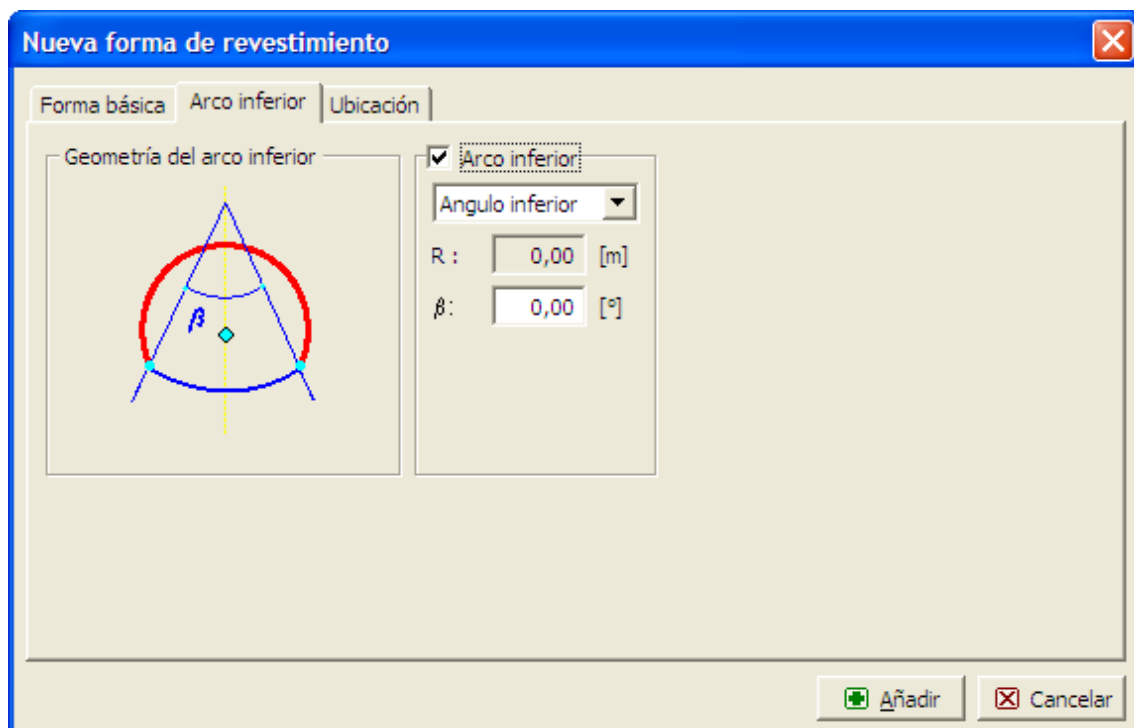
Dependiendo de los parámetros particulares, el generador crea los elementos correspondientes que luego serán operados en forma independiente sin posibilidad de ser paramétricamente modificados. Si los parámetros generados fueron aceptados, el programa muestra durante su modificación la representación gráfica actual de los elementos generados.

Seis formas básicas de revestimientos están disponibles para generar puntos libres y líneas libres en el cuadro de diálogo "**Nueva forma de revestimiento**". Cada forma es definida por varios parámetros (radio, ángulos, altura, espaciado, número de subdivisión, puntos de control).



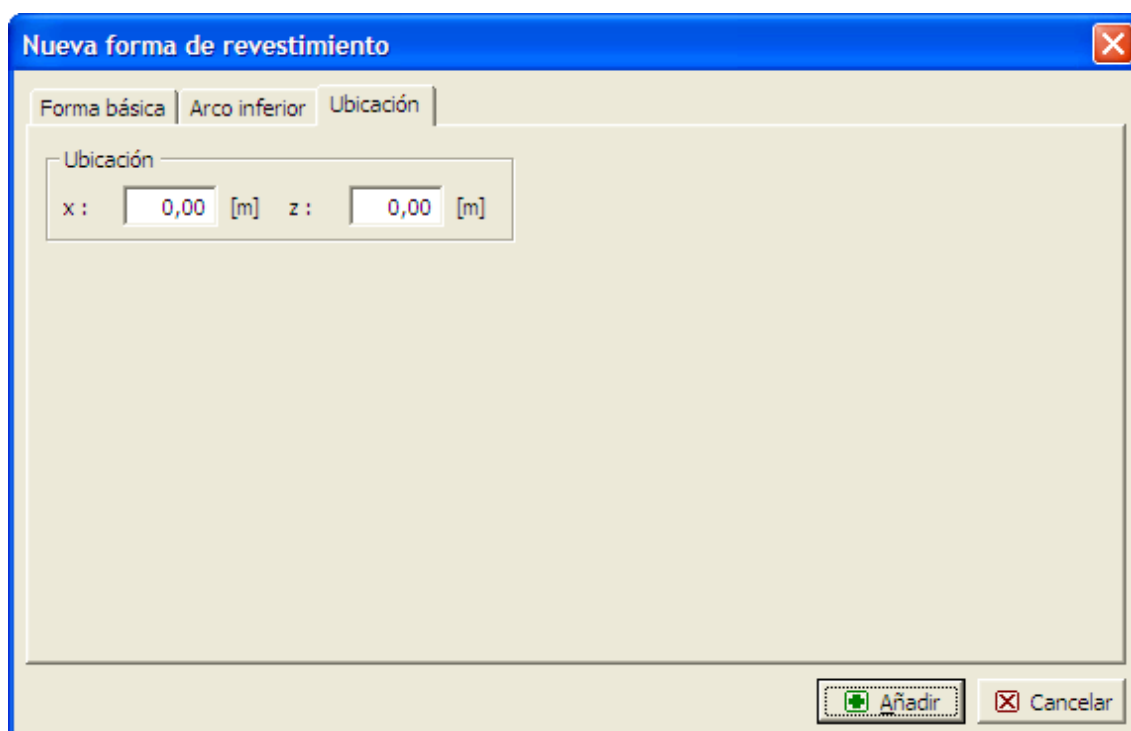
Cuadro "Nueva forma de revestimiento" – solapa "Forma básica"

La solapa "**Arco inferior**" permite elegir, si el revestimiento será plano o arqueado, y determinar los parámetros como el ángulo y el radio.



Cuadro "Nueva forma de revestimiento" – solapa "Arco inferior"

La solapa "**Ubicación**" permite, utilizando coordenadas, cambiar la ubicación del revestimiento.



Cuadro "Nueva forma de revestimiento" – solapa "Ubicación"

Generador de regiones ancladas

Dependiendo de los parámetros particulares, el generador crea los elementos que luego serán operados en forma independiente sin posibilidad de ser paramétricamente modificados. Si los parámetros generados fueron aceptados, el programa muestra durante su modificación la representación gráfica actual de los elementos generados.

El cuadro de diálogo "**Nueva región anclada**" sirve para generar puntos libres y líneas libres, basadas en las líneas ya introducidas. Esto genera regiones cerradas, las cuales luego son asignadas en el programa MEF como suelos especiales que caracterizan a una región densamente anclada. El cuadro de diálogo requiere especificar un número de líneas y parámetros basados en el tipo de sistema de anclaje (línea completa, sector del ángulo, origen y altura).

Nueva región anclada

— Parameters de la región anclada —

Línea libre : Nº 1 (arco)

Tipo : Sobre toda la línea

Longitud del anclaje : 0,00 [m]

Ángulo inicial : 0,00 [°]

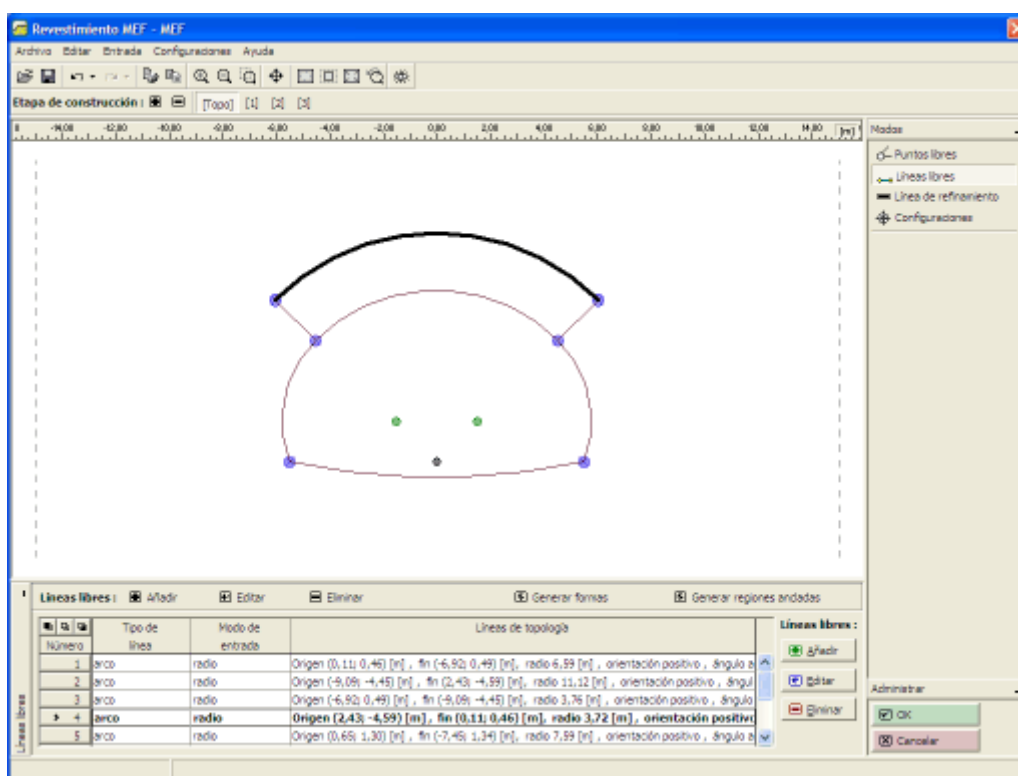
Ángulo de la sección : 0,00 [°]

Distancia del origen : 0,00 [m]

Longitud sección : 0,00 [m]

☐ Orientación revertida

Cuadro "Nueva región anclada"



Cuadro "Definir región anclada"

Etapas de construcción

Las etapas de construcción en el módulo "**Revestimiento - MEF**" y en el programa MEF se corresponden uno a otro. Sin embargo, pueden variar en algunas características.

Diferentes comportamientos de las etapas en el módulo "**Revestimiento - MEF**":

- Posibilidad de cambiar de etapa de construcción desde el régimen "**Topología**" sin

generar la malla de elementos finitos

- Las etapas de construcción añadidas al módulo "**Revestimiento – MEF**" son, luego de la confirmación, transferidas al programa MEF.
- Las etapas de construcción preceden la etapa por la cual el módulo "**Revestimiento – MEF**" fue lanzado.
- Las etapas de construcción definidas antes de ejecutar el módulo "**Revestimiento – MEF**" no pueden ser eliminadas.

Puntos libres

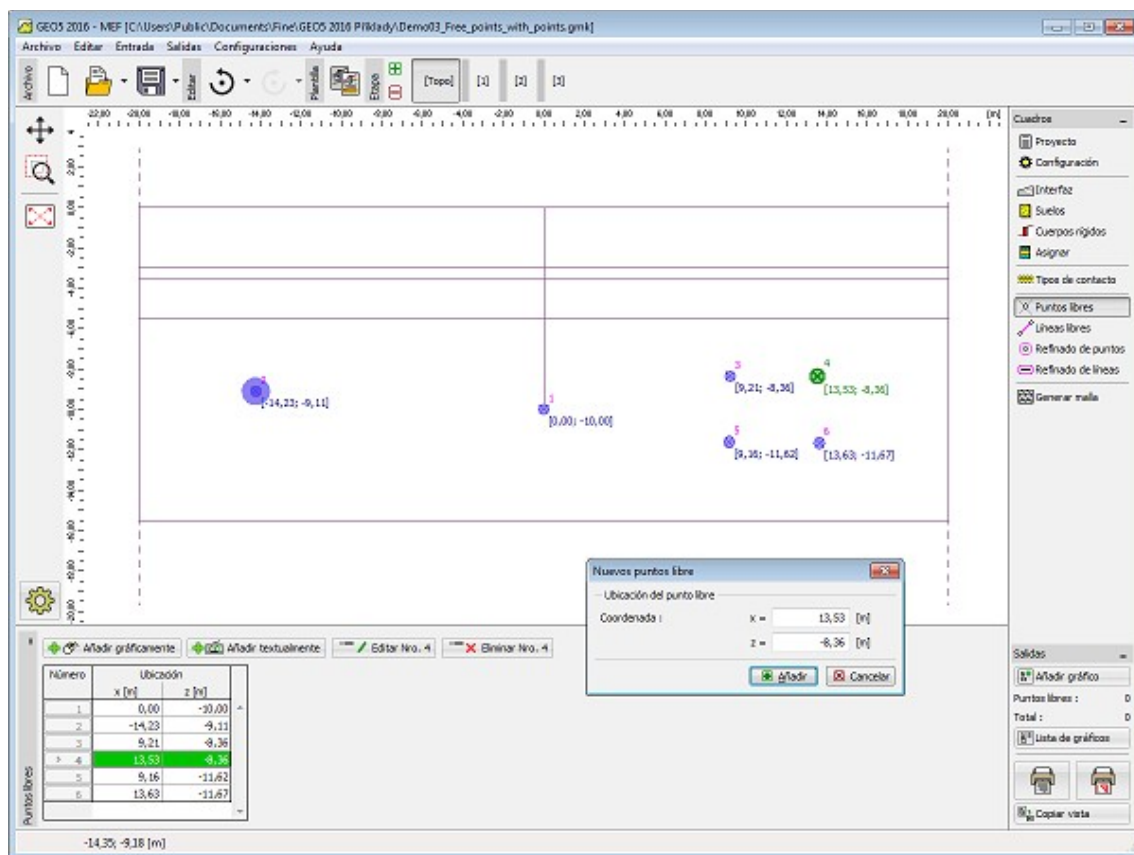
El cuadro "**Puntos libres**" contiene una tabla con un listado con los puntos libres introducidos. Para **añadir** puntos libres se utiliza el cuadro de diálogo "**Nuevo punto libre**".

Los puntos libres también pueden ser editados desde el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

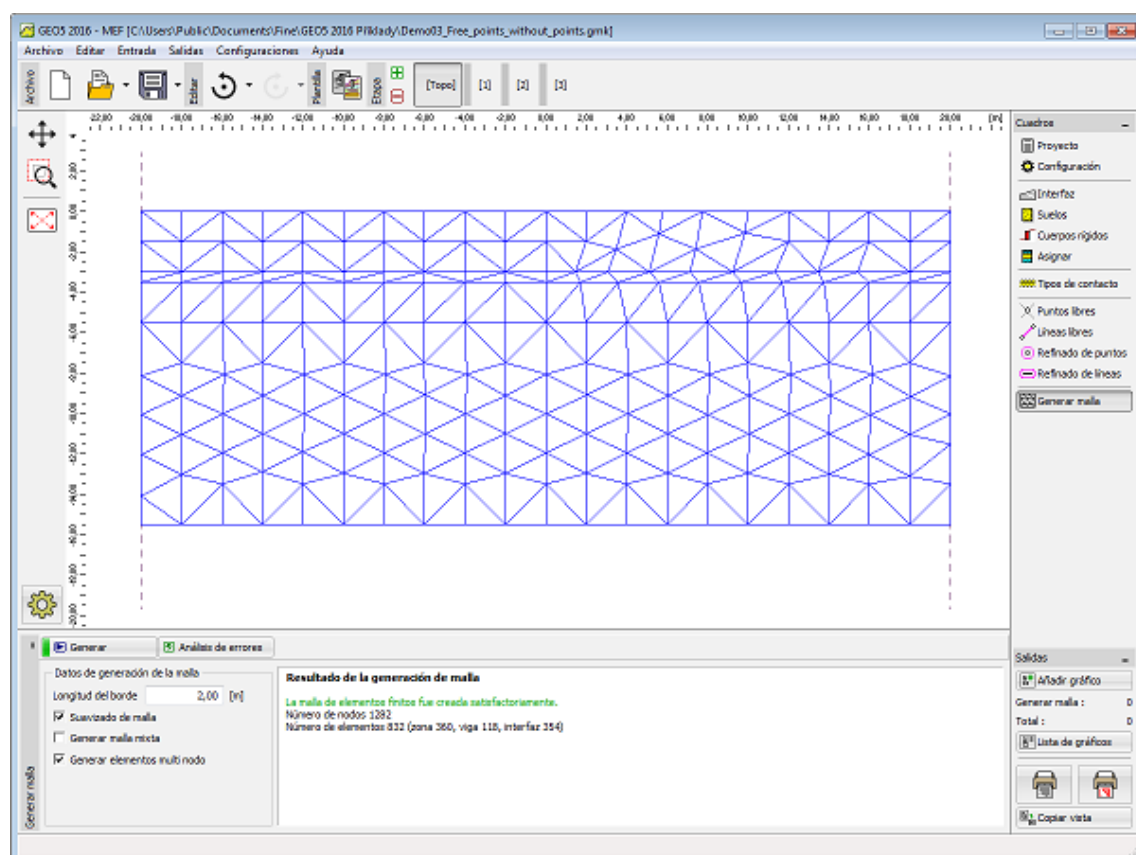
El programa permite para las entradas, un número arbitrario de nodos libres en cualquier ubicación, dentro o fuera de la estructura. Los nodos libres tienen varias funciones:

- **nodos que definen la estructura:** (apertura de túnel, revestimientos, laminados, vigas)
- **puntos auxiliares:** para **refinamiento de mallas**
- puntos para **definir las condiciones límites:** fuerzas de entrada, etc.

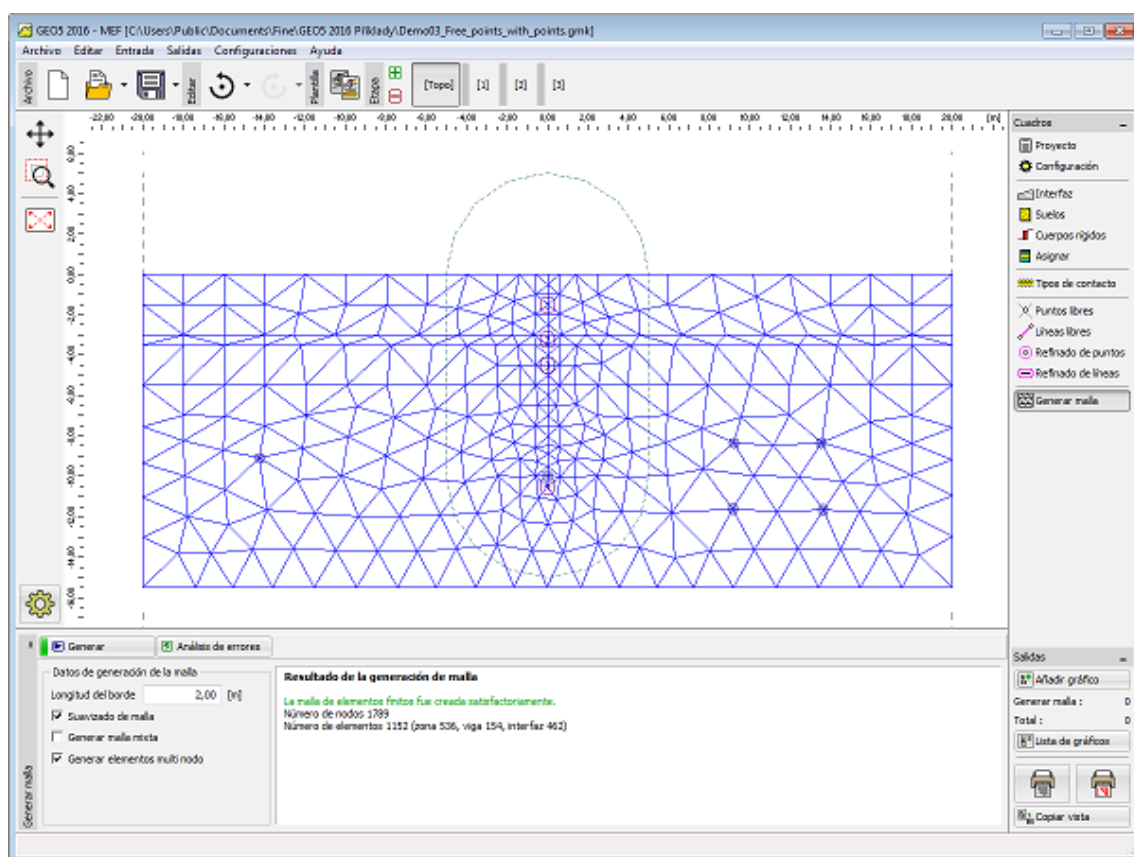
Si el nodo se encuentra dentro o en el límite de la estructura, se convierte automáticamente en la parte de la malla de elemento finito. Esta opción permite un ajuste de los elementos finitos o hace posible crear su propia malla.



Cuadro "Puntos libres"



Malla generada sin puntos libres



Malla generada con puntos libres

Líneas libres

El cuadro "Líneas libres" contiene una tabla con un listado con las líneas libres introducidas. Para añadir líneas libres se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva línea libre".

Las líneas se definen **entre distintos puntos** (segmentos, arcos, círculos) o alrededor de puntos individuales (círculos). Las líneas pueden ser introducidas entre puntos libres, o entre puntos situados en las interfaces incluidas en la superficie del terreno.

Las líneas pueden **cruzarse entre sí y pueden tener un número arbitrario de puntos de contacto** – intersecciones de distintas líneas son determinadas por el programa cuando se ajusta el **modelo geométrico**. Las líneas libres pueden utilizarse para **introducir elementos de vigas** en el modelo.

El tipo de línea se selecciona de la lista desplegable. Los siguientes tipos están disponibles:

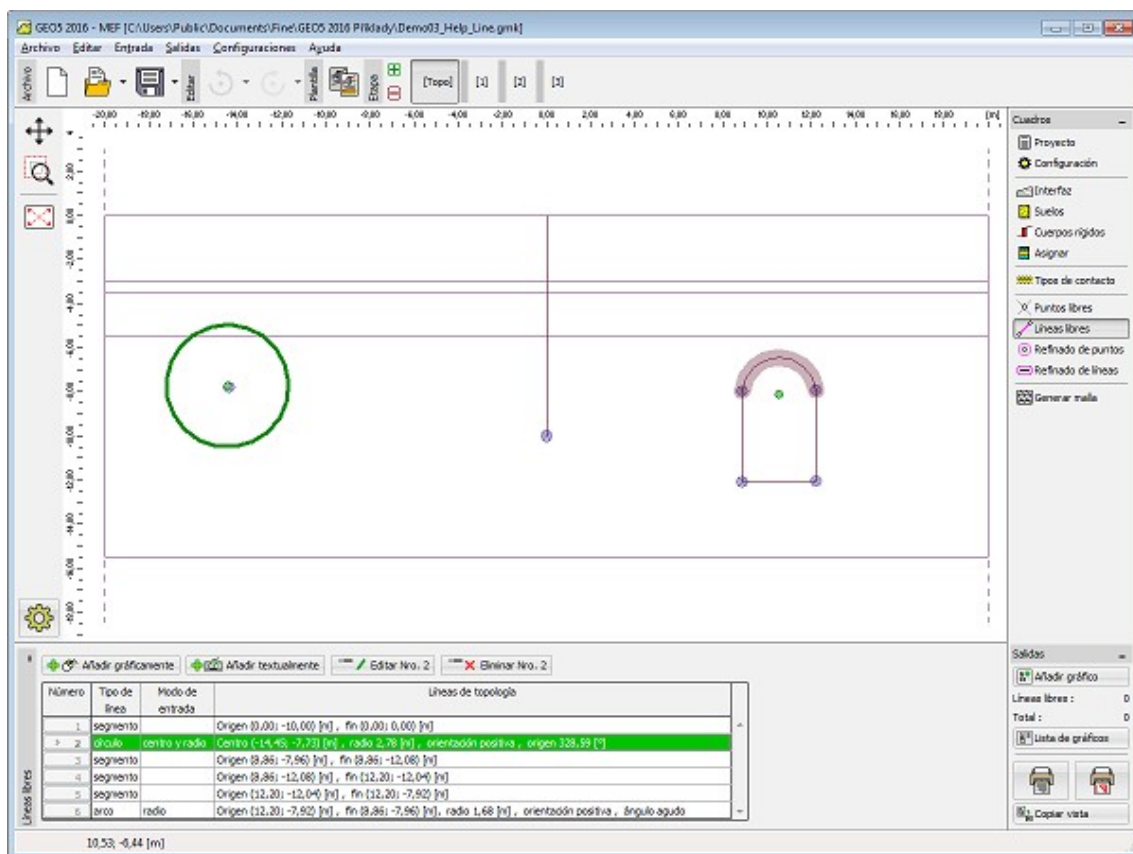
- **Tipo de línea** Se utiliza el listado para seleccionar el tipo de línea deseado (segmento, arco, círculo).
 - **Segmento** Al hacer click en un punto individual en el escritorio, con la ayuda del botón izquierdo del mouse se crea una línea punto a punto.
 - **Arco** Utilizar el listado para seleccionar un modo particular de definir el segmento del arco (tercer punto, centro, radio, altura). Haciendo click con el botón izquierdo del mouse en el escritorio luego selecciona los puntos para definir como arco. Cuando seleccionamos uno de las siguientes opciones – centro, radio, ángulo; se debe seleccionar también del listado desplegable la

orientación (positiva, negativa).

- **Círculo**

Utilizar el listado desplegable para elegir el modo particular de definir el círculo (centro, radio, tres puntos). Hacer click con el botón izquierdo del mouse en el escritorio, y seleccionar el punto para definir el círculo. El listado desplegable se utiliza también para seleccionar la orientación (positiva, negativa).

Las líneas libres pueden incluso editarse en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.



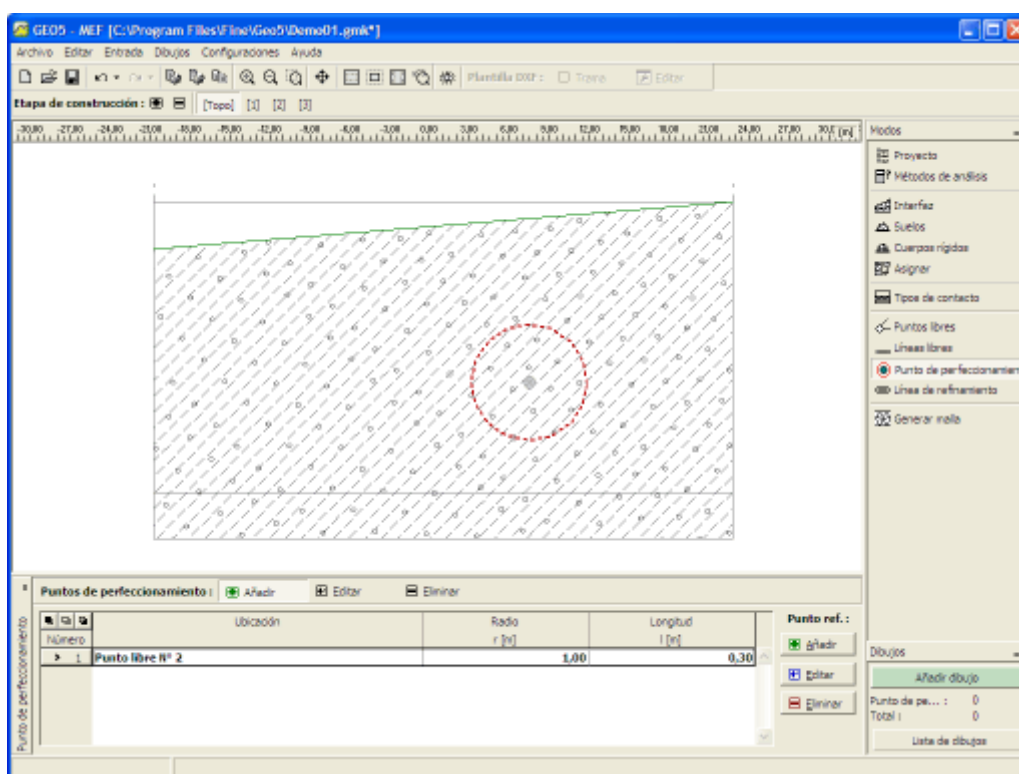
Cuadro "Líneas libres" – diferentes tipos de líneas libres

Punto de refinamiento

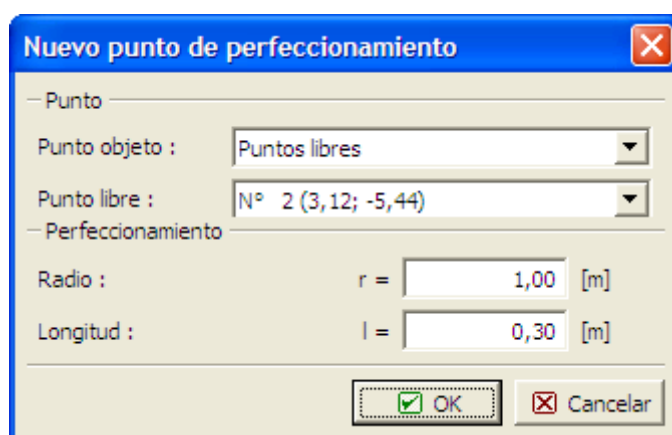
El cuadro **"Punto de refinamiento"** contiene una **tabla** con un listado con los puntos de refinamiento introducidos. Para **añadir** puntos de refinamiento se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo punto de refinamiento"**.

Redefinir la malla de elementos finitos alrededor de los puntos es una característica importante, que permite crear una **malla de elementos finitos apropiada**. Tanto los puntos libres como los puntos pertinentes de interfaces individuales incluidas en el terreno, pueden ser utilizados para redefinir la malla de elementos finitos original.

El punto de refinamiento puede también ser editado en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.



Cuadro "Punto de refinamiento"



Cuadro "Nuevo punto de refinamiento"

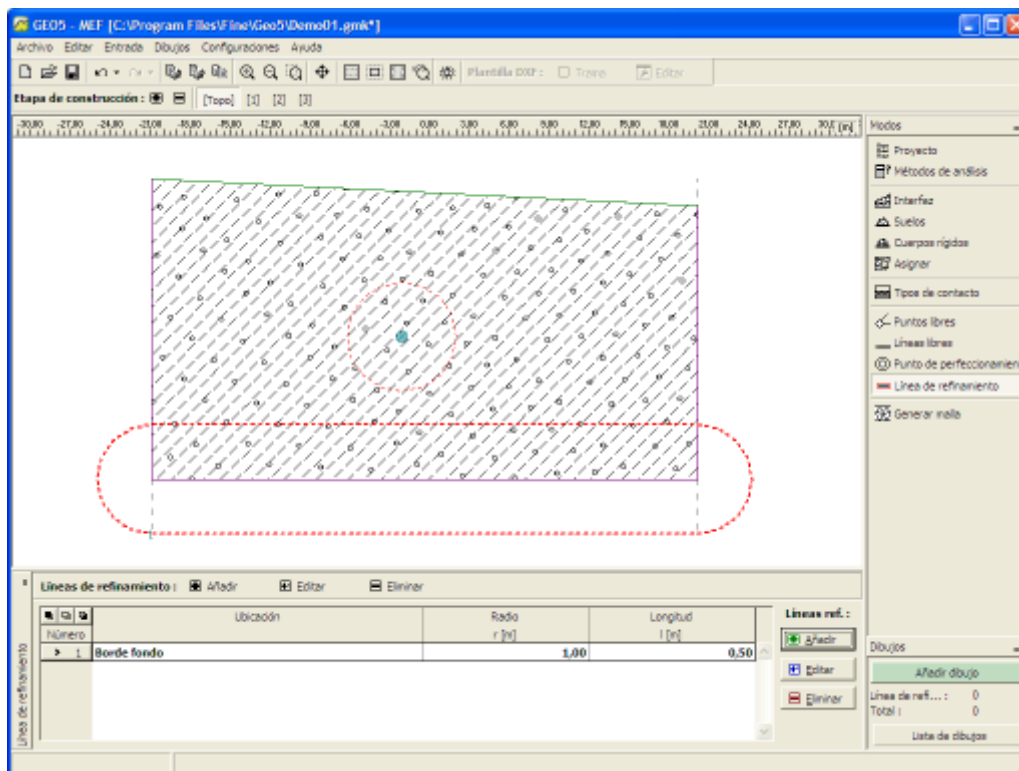
Línea de refinamiento

El cuadro "Línea de refinamiento" contiene una tabla con un listado con las líneas de refinamiento introducidas. Para añadir líneas de refinamiento se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva línea de refinamiento".

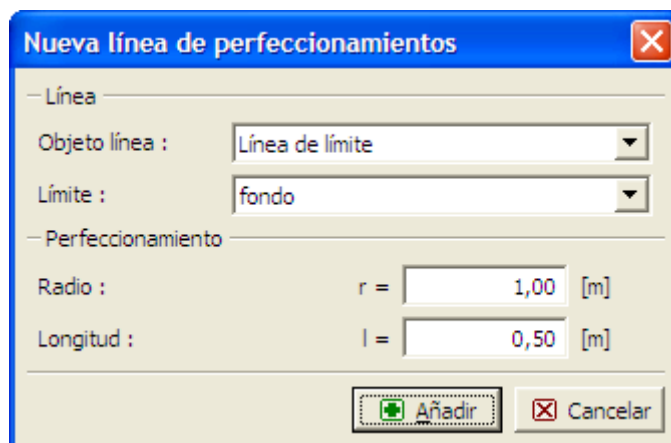
Redefinir la malla de elementos finitos alrededor de las líneas es una característica importante, que permite crear una malla de elementos finitos apropiada. Tanto las líneas libres como las líneas pertinentes de interfaces individuales incluidas en el terreno, pueden ser utilizadas para redefinir la malla de elementos finitos original.

Las líneas de refinamiento pueden también ser editadas en el escritorio con la ayuda de

los objetos activos.



Cuadro "Líneas de refinamiento"



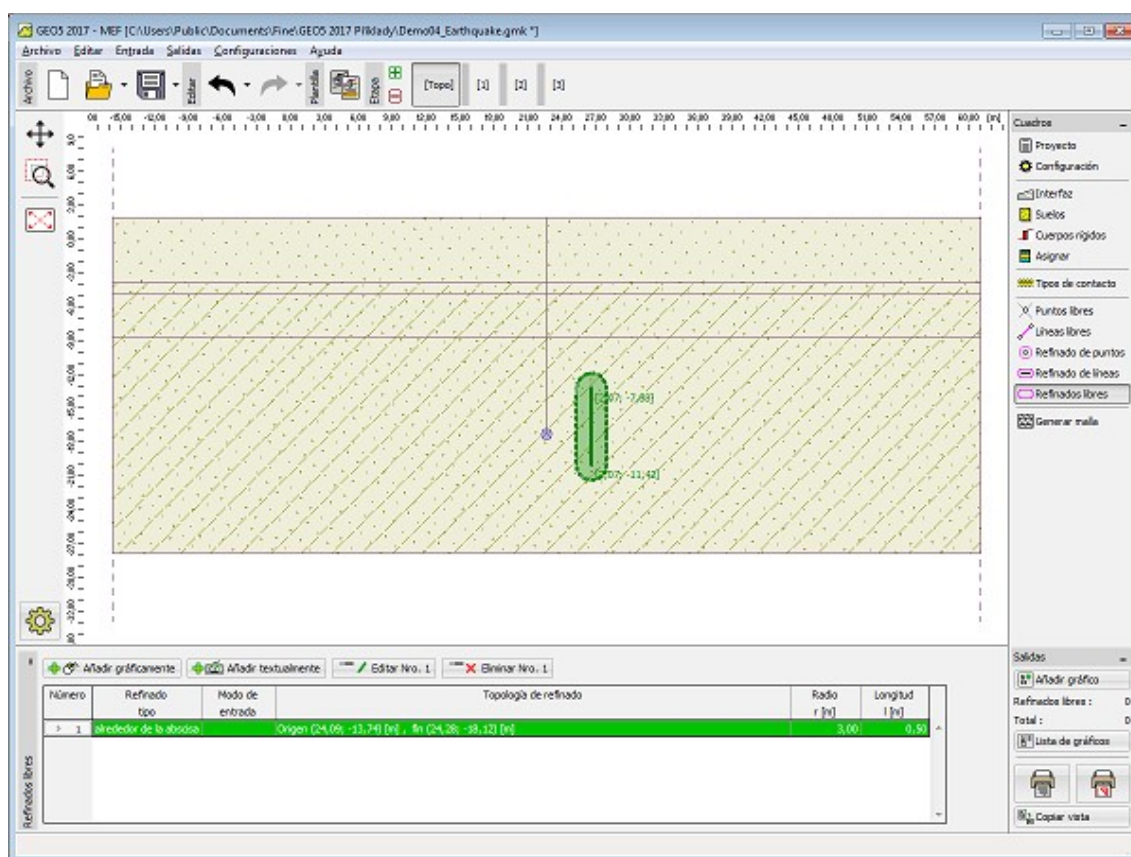
Cuadro "Nueva línea de refinamiento"

Refinados libres

El cuadro "Refinados libres" contiene una tabla con la lista de refinados libres ingresados. En el cuadro "Nuevos refinamientos de malla libre" se añaden refinados libres.

Refinar la malla de elementos finitos alrededor de las líneas es una característica importante, que nos permite crear una malla de elementos finitos apropiada.

Los refinados libres también se pueden editar en el escritorio con la ayuda de objetos activos.



Cuadro "Refinados libres"

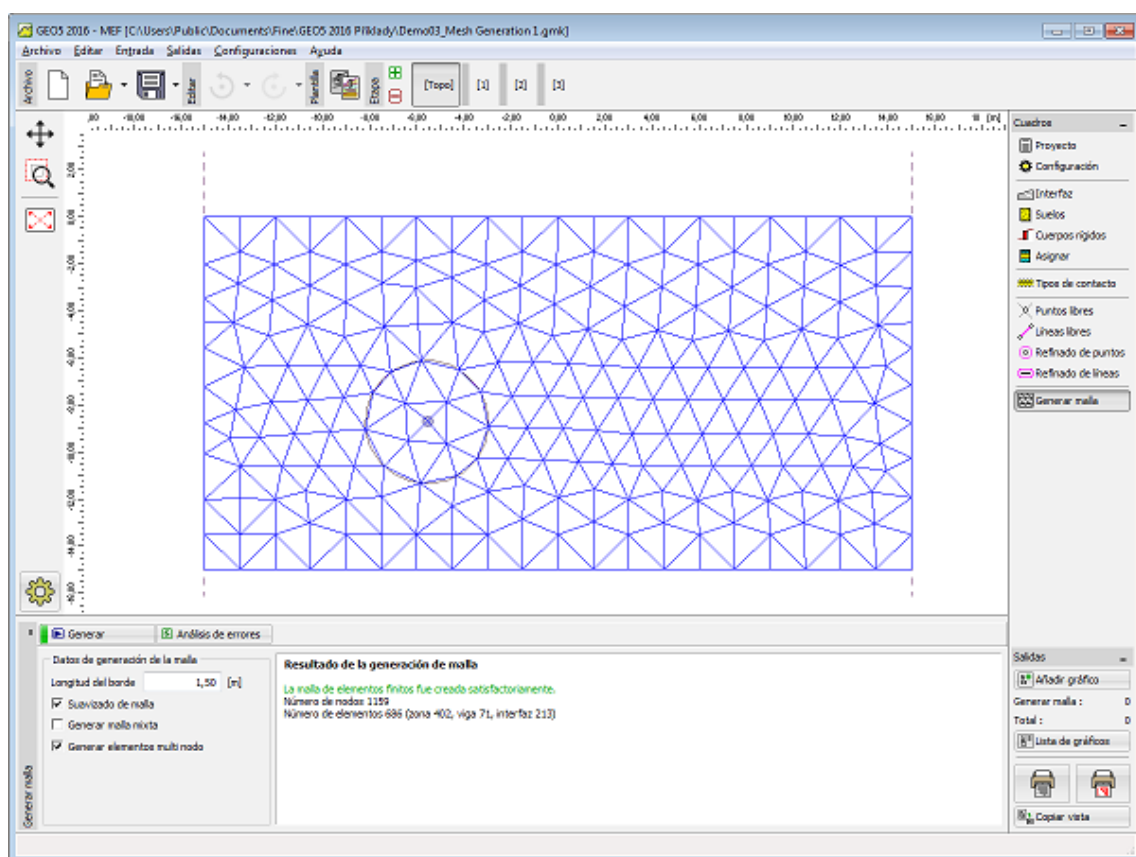
Generar malla

El cuadro **"Generar malla"** sirve para definir la configuración básica para generar la malla (parte izquierda) y para visualizar información sobre la malla generada (parte derecha).

Una **malla generada satisfactoriamente** completa la **etapa en entrada de topología** - el análisis luego procede con las **etapas de cálculo**. Cuando se genera una malla el programa **automáticamente** introduce **condiciones límites estándar**. La información sobre el resultado e incluso **advertencias** sobre posibles puntos débiles en la malla se muestra en la parte derecha inferior de la ventana.

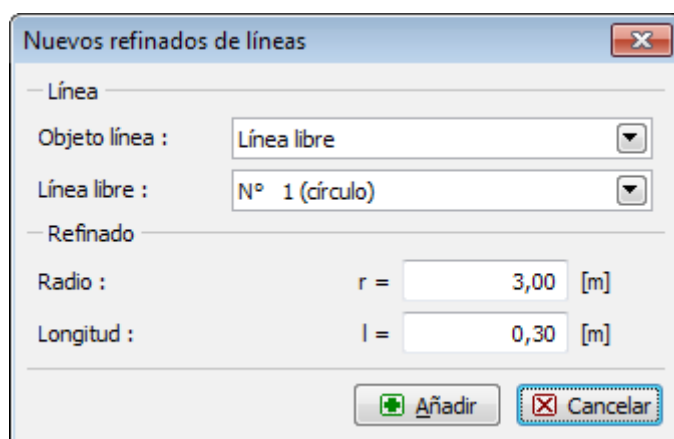
Generar una correcta malla de elementos finitos es el paso más importante para lograr preciosos y fiables resultados. El programa GEO5 MEF cuenta con un generador automático de mallas, el cual puede sustancialmente simplificar esta tarea. Sin embargo, **ciertas reglas deben seguirse** cuando creamos mallas de elementos finitos:

- La densidad de la malla básica puede ser definida en el cuadro de diálogo **"Generar malla"**. Es generalmente aceptado que: a malla más fina mejor es el resultado – cálculos y post-procedimientos, sin embargo, pueden disminuir sustancialmente. El objetivo se entonces encontrar una densidad óptima de malla – Lo cual depende mayormente de la experiencia del usuario. Mallas generadas en los problemas de ejemplos pueden servir como sugerencia inicial.

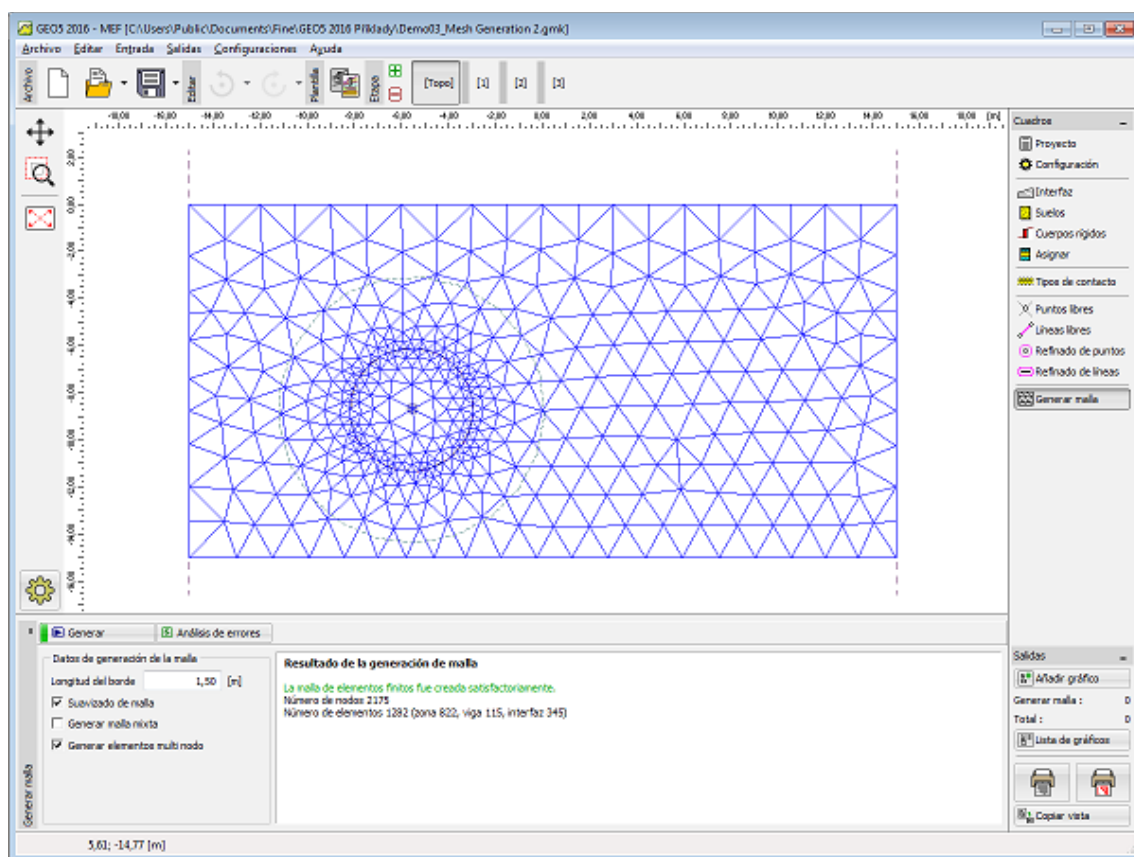


Cuadro "Generar malla" – Malla sin refinamiento local

- La malla de elementos finitos debe ser suficientemente fina en los lugares donde se espera gradientes de tensión más grandes (puntos de soportes, esquinas, aberturas, etc.). Para ello, es posible especificar el refinamiento de malla en las cercanías de esta ubicación. El refinamiento de malla puede ser especificado alrededor de distintos **puntos** o **líneas**. La difusión del refinamiento debe ser por lo menos de 3-5 veces el refinamiento deseado en el centro del refinamiento. Además, ambos valores (densidad y difusión de refinamiento) deben ser razonables desde el punto de vista de la densidad de la malla establecida que se aplica a la región circundante. Esto garantiza una suave transición entre regiones con diferentes densidades de mallas. Líneas singulares deben abordarse de la misma forma. Para problemas más complicados es útil en primer lugar, llevar a cabo el análisis con mallas más gruesas y luego de examinar el resultado, refinar la malla en consecuencia.



Definir refinamiento de mala alrededor de una línea circular



Nueva malla luego del refinar la malla original alrededor de la línea circular

El programa por defecto asume **6-nodos de elementos triangulares** con mallas suavizadas. La exactitud de los resultados corresponde más o menos al doble de la malla fina compuesta por 3-nodos de elementos triangulares. Los elementos de 3-nodos están disponibles solo en el modo "**Opciones avanzadas del programa**" (cuadro de verificación "**elemento multi-nodo**") y sirven solo para fines de investigación y prueba. El análisis de estabilidad, sin embargo, se puede realizar solo con elementos triangulares de 6-nodos. En el caso de análisis no lineal, estos elementos deben ser utilizados en forma exclusiva.

El modo "**Opciones avanzadas del programa**" permite la generación de malla mixta (elementos triangulares y cuadriláteros).

Advertencias sobre el generador de mallas

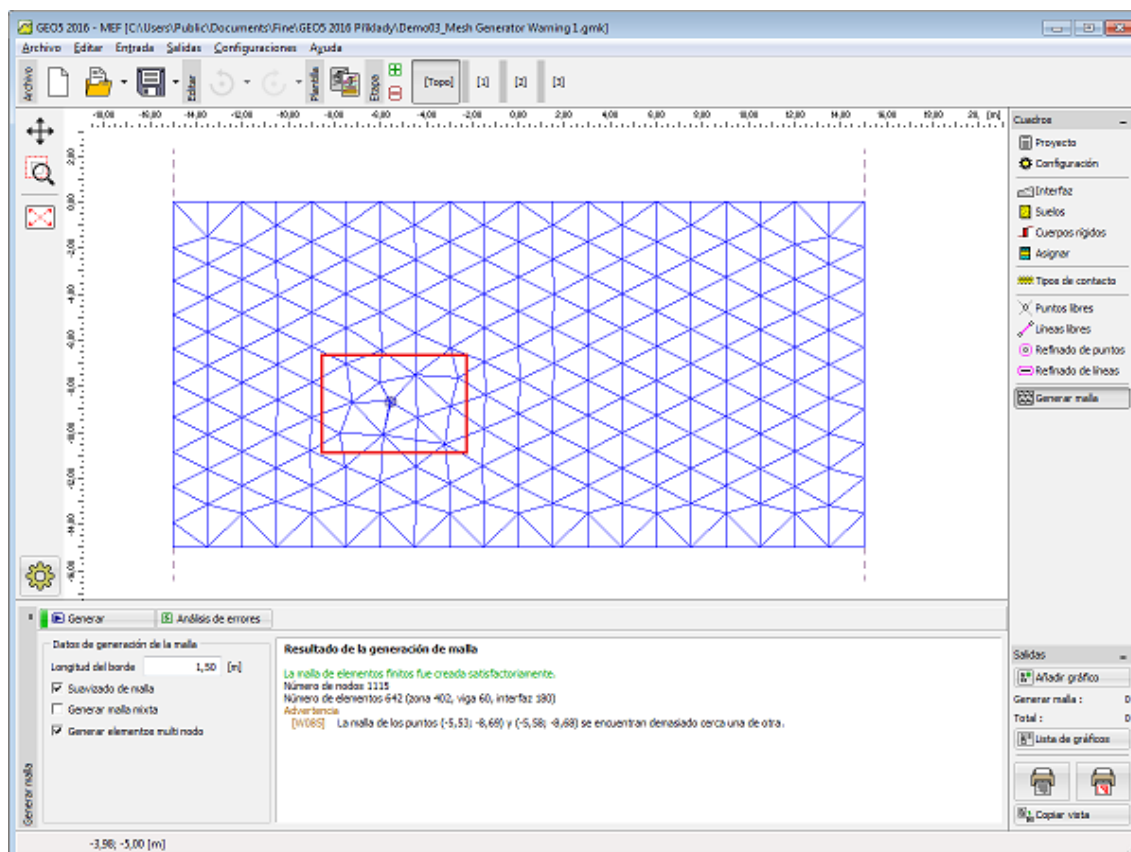
En el cuadro de diálogo "**Advertencia – Ubicación de estructura crítica**", se le consulta al usuario sobre posibles ubicaciones de la estructura que pueden estar causando problemas durante la generación automática de la malla.

Cuando se posiciona el curso en las distintas advertencias, la región crítica correspondiente se resalta y se muestra de color rojo. Se controlan los siguientes ítems:

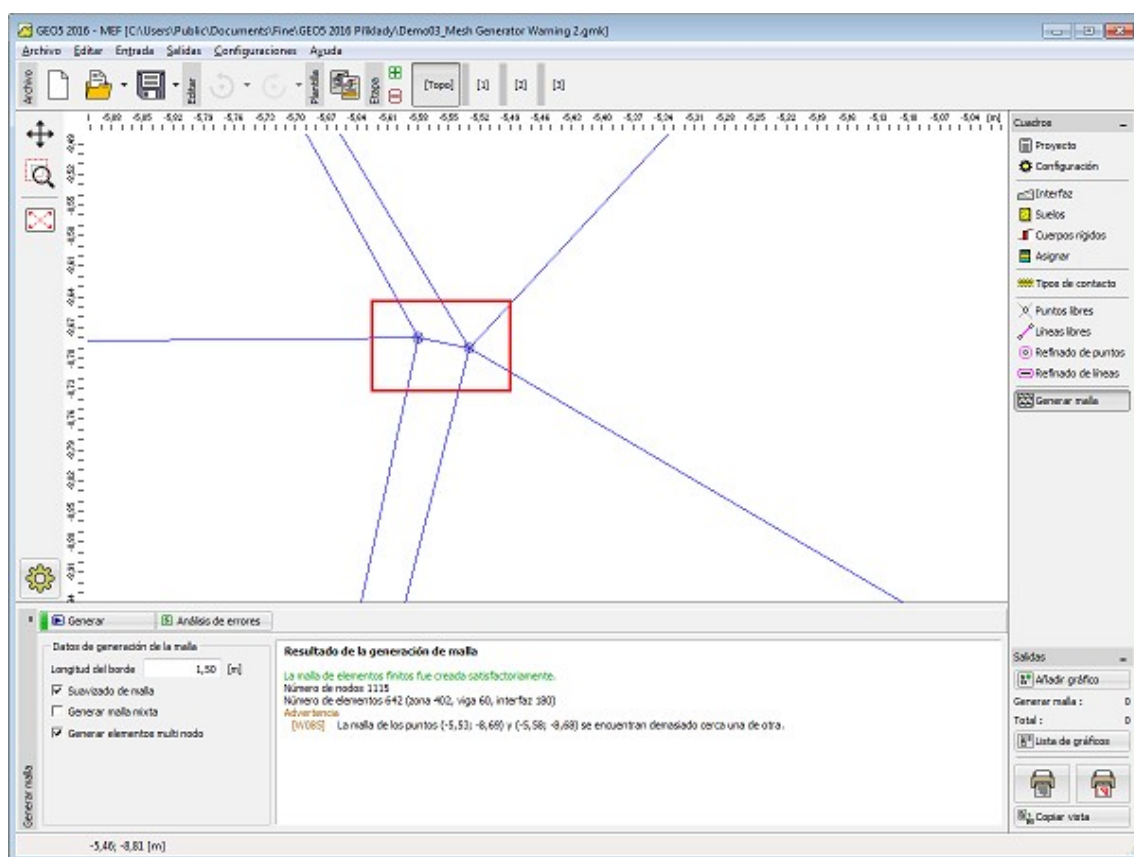
- Si la distancia entre dos puntos es mayor a la décima parte de la longitud requerida del elemento límite
- Si la distancia entre un punto y una línea es mayor a la décima parte de la longitud requerida del elemento límite
- Si el área de la región es mayor a dos veces la longitud del elemento límite
- Si el punto y/o la línea se encuentran dentro de la estructura (en el suelo)

Estas advertencias sugieren ubicaciones, en las cuales la malla generada experimentan problemas. Las siguientes posibilidades pueden ocurrir:

- La malla no se genera: Se llama a una nueva entrada de dato geométrico
- La malla es generada: En este caso depende del usuario decidir si la malla es razonable – en cualquier caso, la advertencia puede ser ignorada y el análisis se lleva a cabo



Advertencia luego de identificar sección crítica en la malla de EF



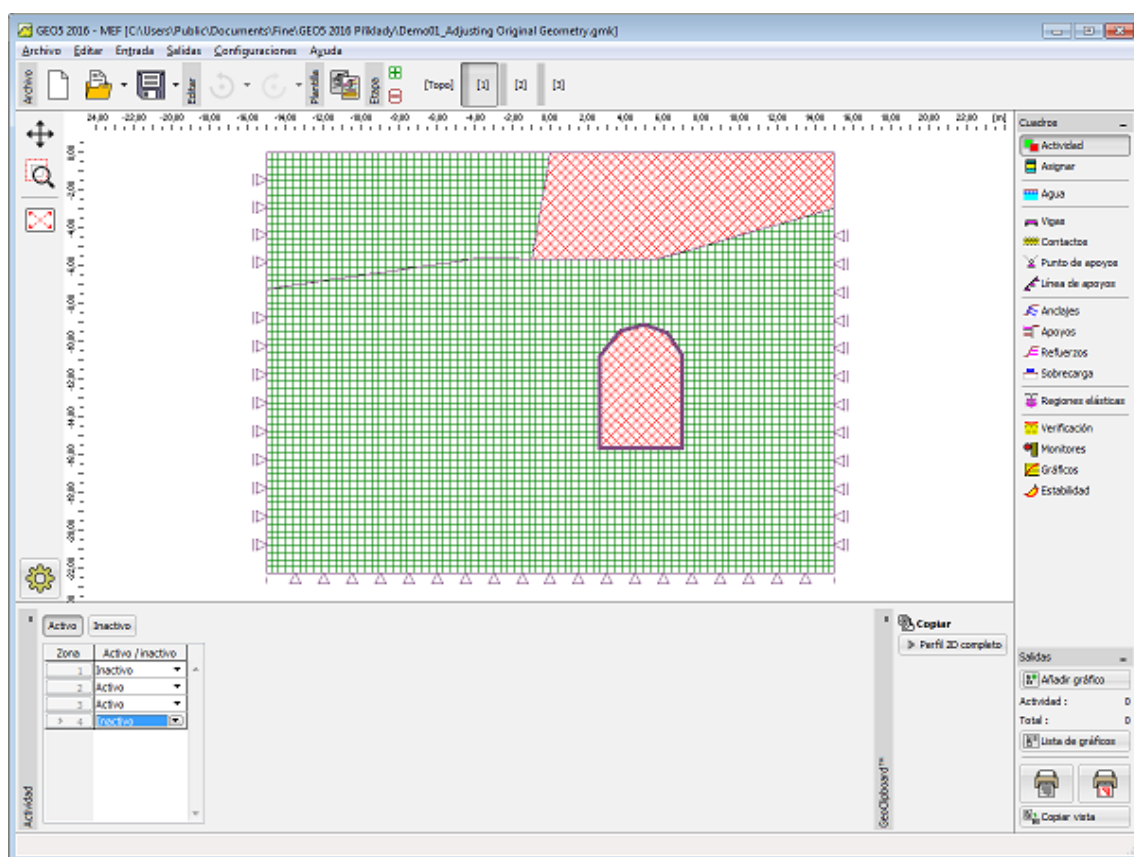
Sección crítica luego de aumentar la vista, Dos puntos son demasiado cercanos

Ajustes de la geometría original

El programa contiene una compilación **corrección automática para una geometría específica**. Esto significa que antes de generar un malla, el programa localiza automáticamente todos los puntos de intersección de las líneas, localiza todas las regiones cercanas y crea el modelo geométrico correspondiente (calcula).

Estas nuevas regiones pueden ser desactivadas o pueden ser asignadas a un nuevo suelo. La mayor ventaja de este sistema es evidente cuando creamos un modelo geométrico para túneles (excavación paso a paso) o para estructuras recubiertas. Incluso con la creación de modelos complicados se vuelve simple y se puede llevar a cabo de una forma muy eficiente.

Corregir el modelo geométrico original puede causar que algunos puntos del modelo estén demasiado cerca o que se creen regiones demasiado pequeñas. En la parte derecha inferior aparecerá **mensaje de advertencia** identificando estos puntos débiles del modelo.



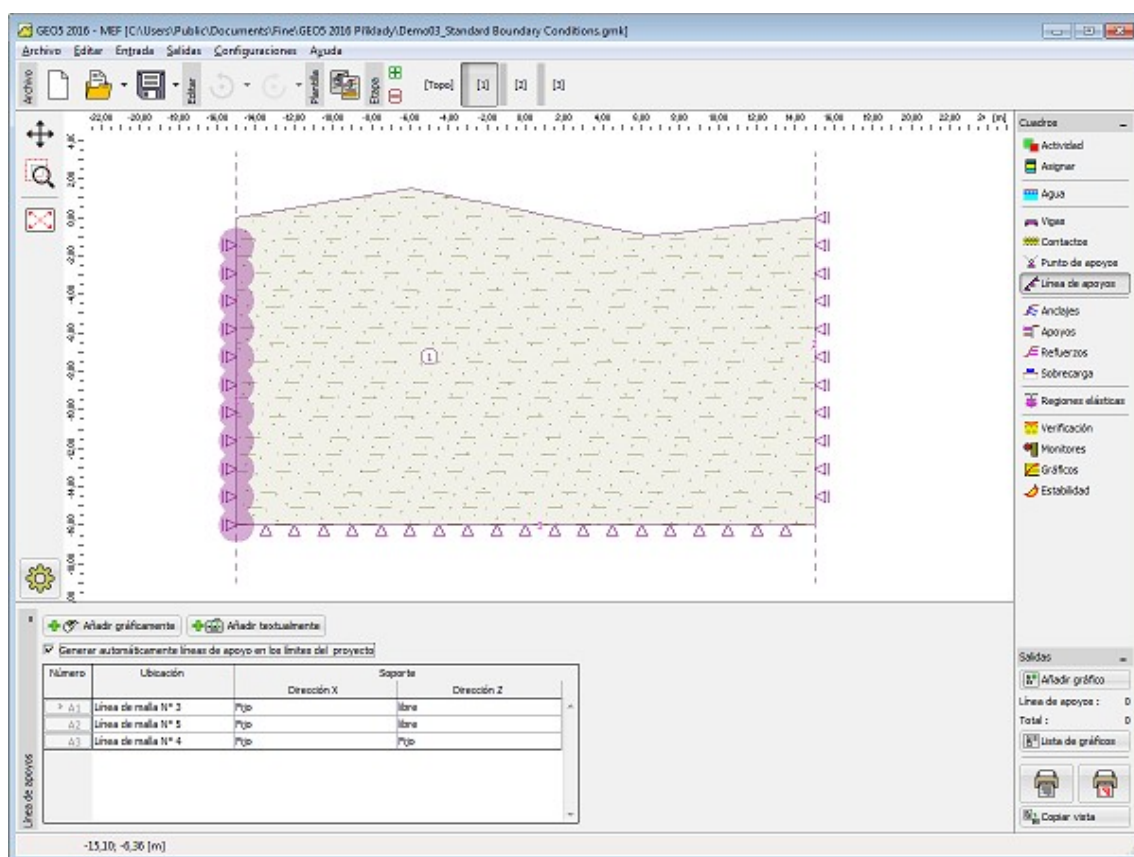
Regiones luego de realizar un ajuste automático del modelo geométrico

Estándar para condiciones límites

El programa genera de manera automática los estándares para condiciones límites. Por lo tanto, **en problemas rutinarios, el usuario no tiene que ingresar los soportes específicos.**

Los estándares para condiciones límites son:

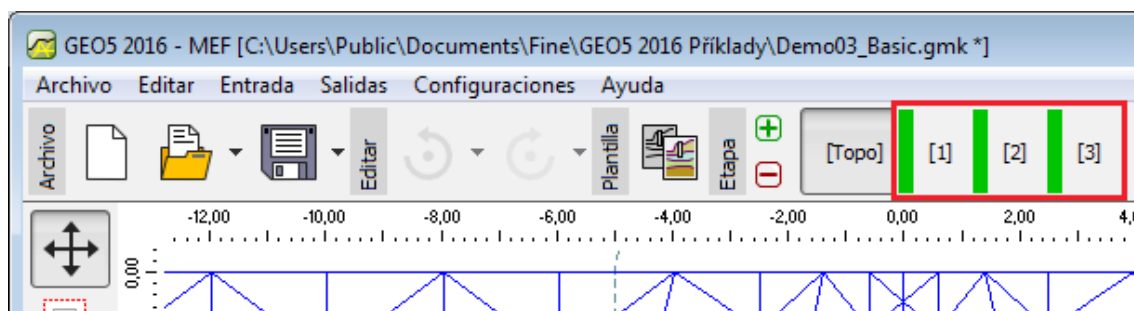
- Pin suave a lo largo del borde inferior del modelo geométrico
- Pin corredizo a lo largo del borde vertical del modelo geométrico



Condiciones límites estándar

Etapas de construcción

El análisis actual se realiza en etapas de construcción individuales (etapas de cálculo) luego del modelo geométrico y el **generador de malla de elemento finito (etapa topológica)**. Uno puede moverse entre las etapas de cálculo y el régimen "**Topología**" utilizando los botones de la barra de herramientas horizontal.

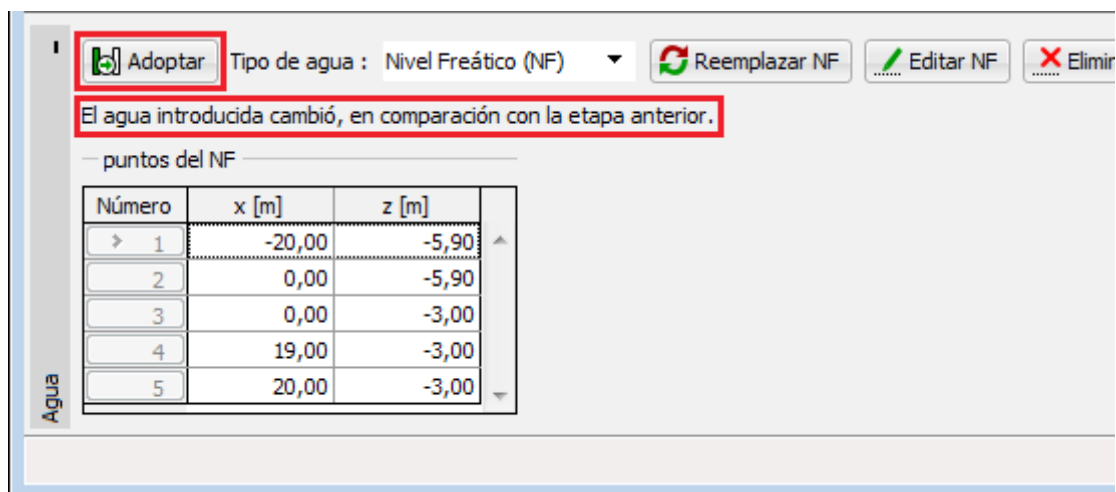


Barra de herramientas "Etapas de construcción" - cambiando entre el régimen "Topología" y otras etapas de construcción

Las etapas de cálculo sirven para modelar graduablemente estructuras en construcción. La correcta definición y la secuencia apropiada son muy importantes. El análisis de cada etapa se construye (excepto el análisis de estabilidad) sobre el **resultado derivado en la etapa previa**. La información sobre los distintos objetos y sus propiedades se pasan de una etapa a otra – cuando se edita una etapa existente o se crea una nueva etapa el programa aplica

el principio de herencia.

Algunos cuadros ("**Agua**", "**Actividad**", "**Asignación**") contienen en la parte derecha de la barra de herramientas el botón "**Adoptar**". Este botón está activo si la información definida en el cuadro, es diferente a la definida en las etapas previas. Luego de presionar el botón, la información correspondiente ("**Agua**", "**Actividad**") se adapta de las etapas anteriores.



Cambiando datos de entrada – aprobación de datos desde etapas de construcción previas

La primera etapa de construcción (**cálculo de la tensión geoestática**) representa la etapa inicial del cuerpo del suelo (roca) antes del inicio de la construcción. Los desplazamientos asociados a esta etapa se configuran como nulos.

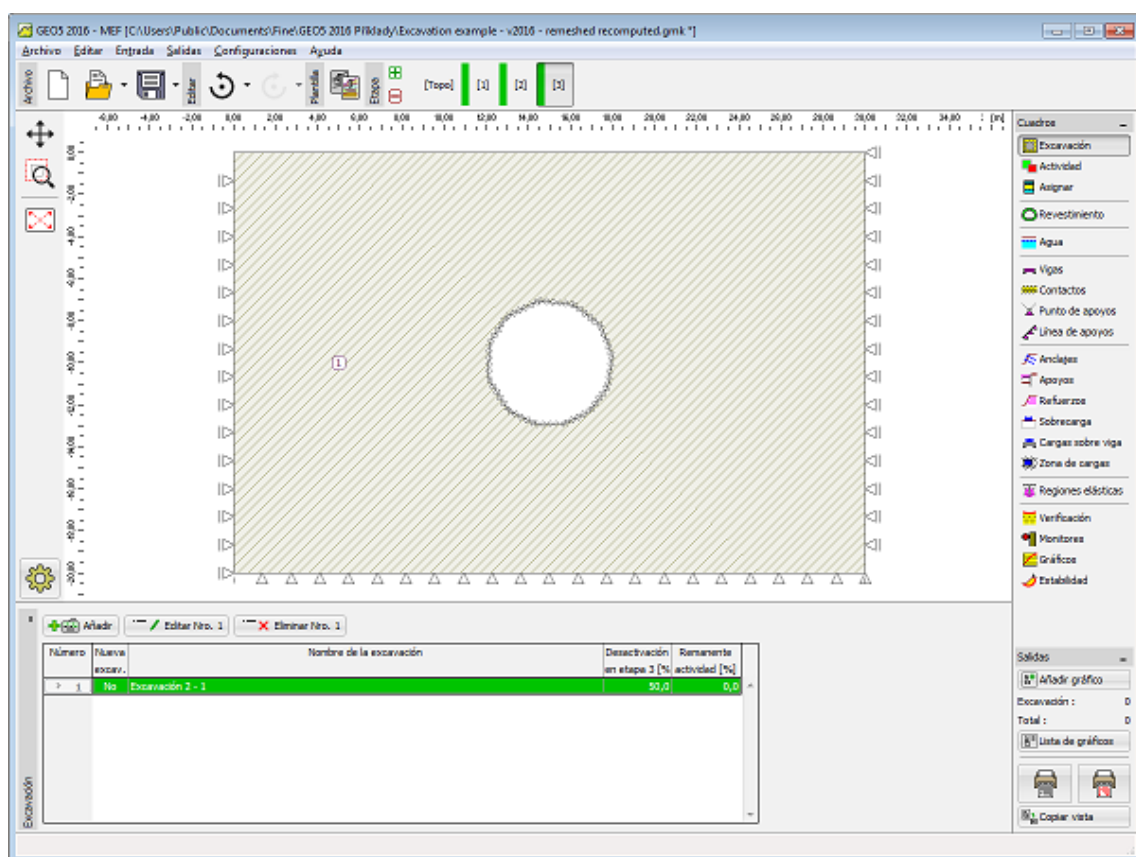
La pérdida de convergencia puede ocurrir por una determinada etapa de construcción. Si este es el caso (el resultado no está disponible para estructuras no- convergentes) las etapas posteriores no podrán ser analizadas. Para evitar errores de modelado, se **recomienda al usuario seguir los enfoques propuestos para modelado** y analizar la estructura.

Excavación

El cuadro "**Excavación**" contiene una **tabla** con la lista de las excavaciones. Para **añadir** excavaciones vaya al **cuadro de diálogo "Nuevas excavaciones"**.

Una excavación sólo se puede definir en la segunda o las siguientes **etapas de construcción**.

El grado de desactivación [%] se especifica en el cuadro de diálogo "**Nueva excavación**".



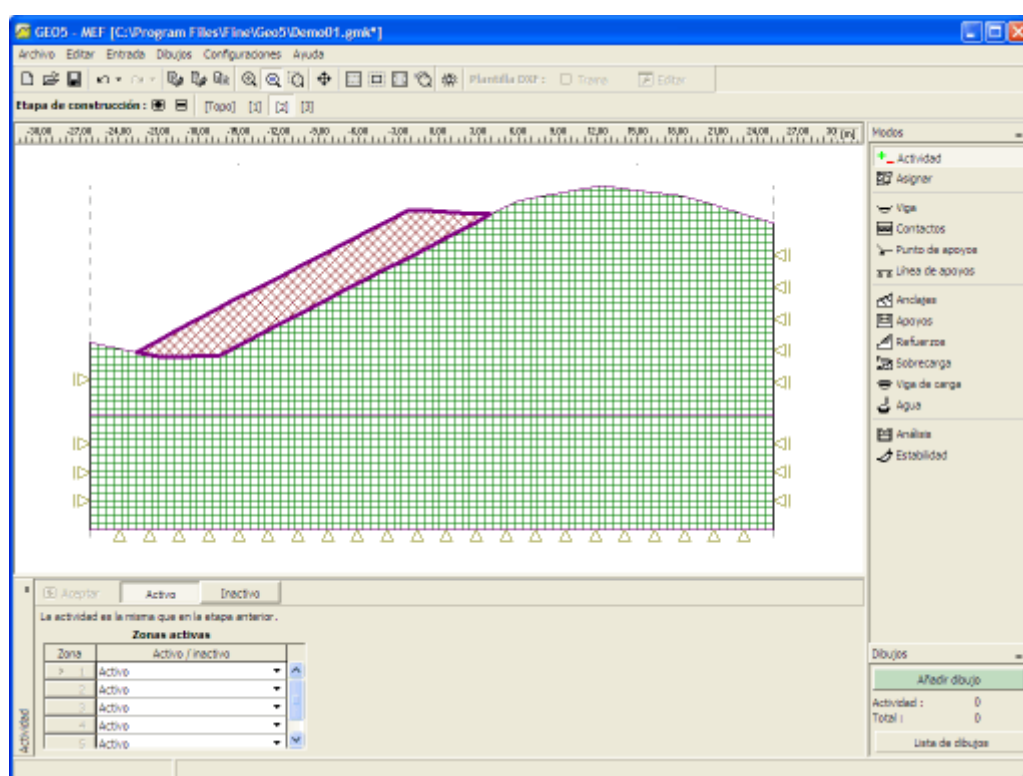
Cuadro "Excavación"

La función de excavación permite desactivar parcialmente las fuerzas por las que el suelo dentro del perfil excavado soporta al suelo circundante. Esta técnica permite el modelado de la excavación sucesiva dentro de un análisis 2D (deformación plana). El caso de uso estándar consiste de la desactivación parcial de la tierra excavada en una etapa de cálculo y la instalación del revestimiento primario (viga) y la desactivación de la tensión de soporte que queda en la etapa siguiente.

En la literatura, este procedimiento es conocido como el método de convergencia confinamiento.

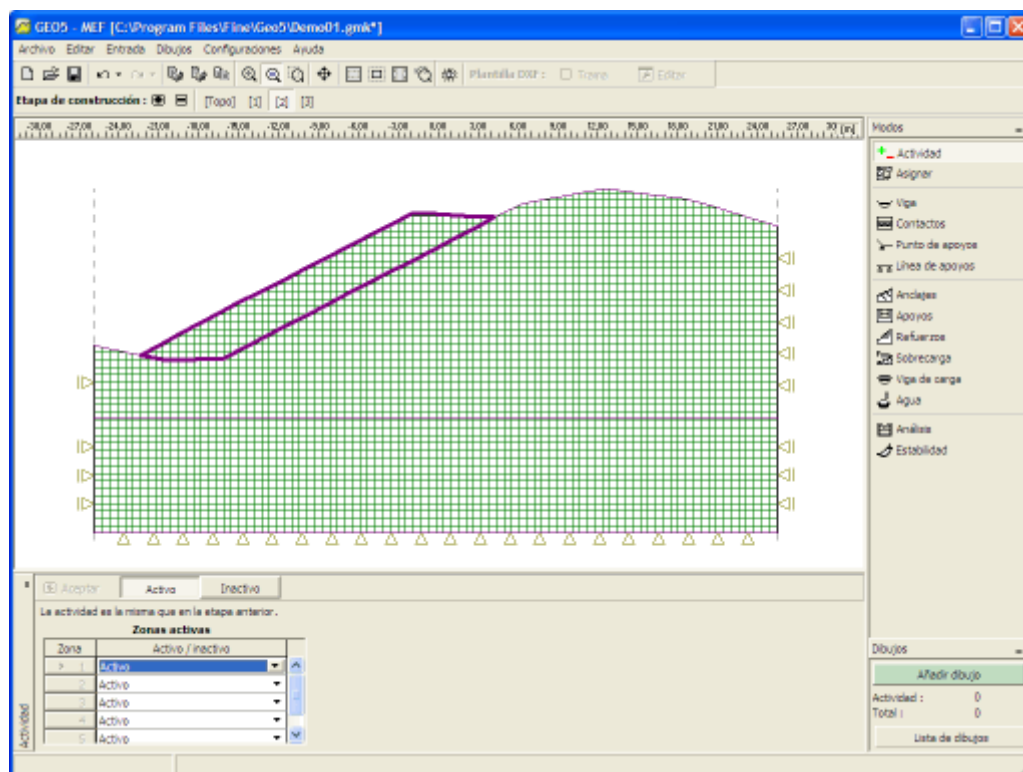
Actividad

El programa permite **eliminar (o desactivar) suelos** de distintas regiones. Como ejemplo consideremos el análisis de terraplén. En este caso, se debe tener en cuenta ya en el régimen "**Topología**" cuando creamos el modelo geométrico global. En la primera etapa de cálculo, sin embargo, se puede desactivar. Un enfoque similar se aplica a subsuelos o excavaciones abiertas (túneles, estructuras revestidas). Cuando desactivamos una región **debajo del agua subterránea** es necesario modelar correctamente el límite de la región.



Modelado de terraplén – Primer etapa de construcción

El terraplén puede ser reactivado luego en la siguiente etapa de construcción.



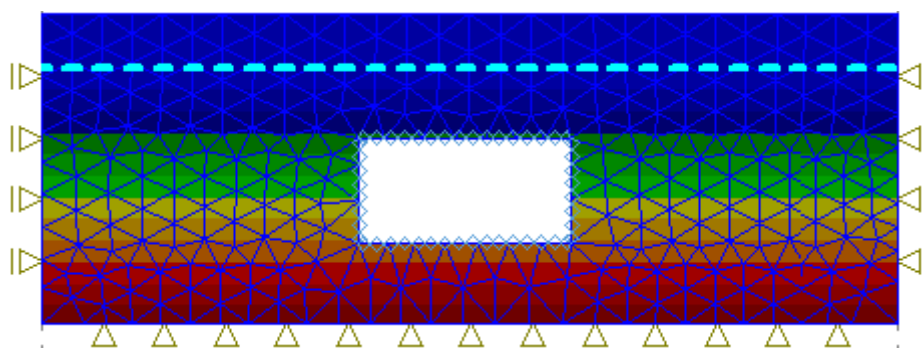
Modelado de terraplén – Activación del cuerpo del terraplén

Usando **GeoClipboard** hay una posibilidad de copiar el perfil actual como interfaces ordenadas y permite copiar el perfil a otro programa. Las interfaces copiadas se corrigen para seguir las especificaciones del perfil 2D introducidos de arriba a abajo.

Actividad de las regiones debajo del nivel freático del suelo

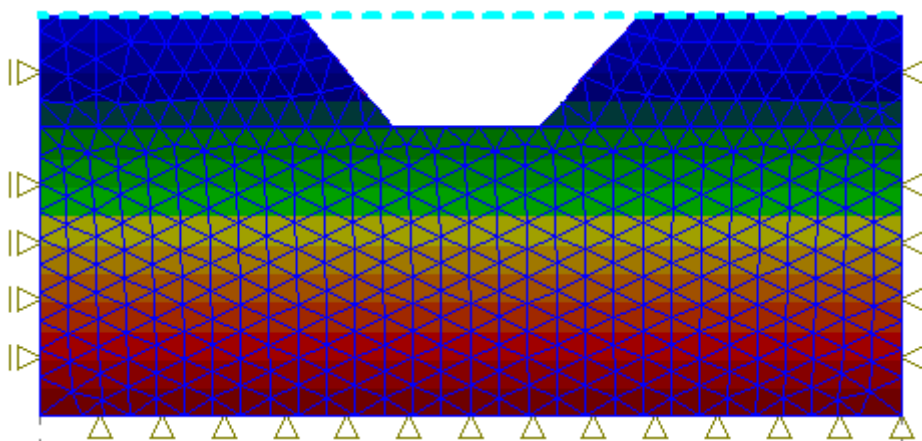
Hay dos casos que deben ser considerados cuando se desactiva una región debajo del nivel freático.

1) El suelo sujeto a excavación **está completamente rodeado por elementos vigas activos**. La viga es luego considerada como impermeable y ambos, el suelo y el agua, se eliminan (se elimina la tensión total – **regiones inactivas libres de agua**). Debido a la impermeabilidad de los elementos de la viga, la distribución de presión de poros permanece sin cambios, ver la figura:



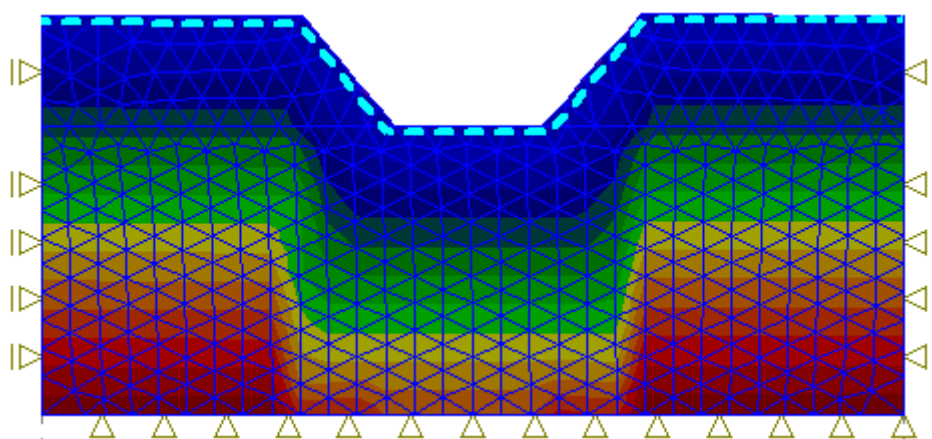
Distribución de presión de poros luego de eliminar suelos de la región delimitada por vigas activas

2) El suelo eliminado **no es delimitado por los elementos de la viga**. En este caso se asume que el agua en la región excavada **sigue activa**. Esta etapa es evidente desde la figura que muestra la distribución de presión de poros.



Distribución de presión de poros luego de eliminar el suelo

Su efecto puede ser eliminado **cambiando el nivel freático**.



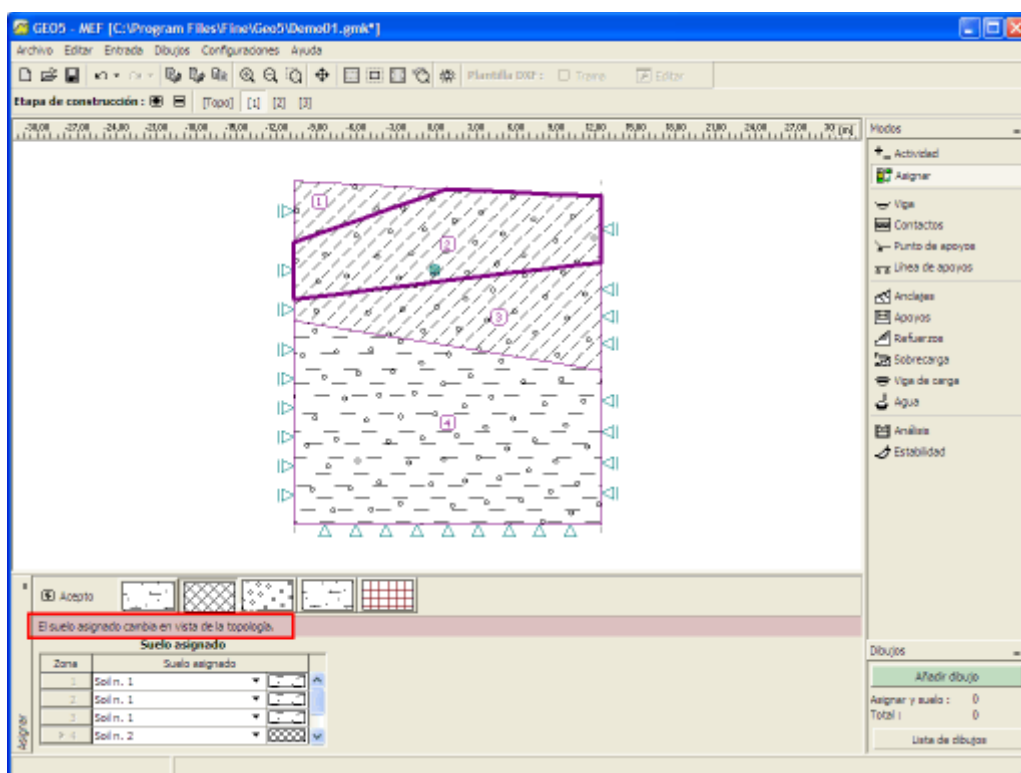
Distribución de presión de poros luego de modificar el nivel freático

Asignar

El cuadro "Asignar" contiene una tabla con un listado con capas de perfiles y suelos asociados. Sus funciones son similares a **asignar suelos** en el régimen "Topología".

En las **etapas de construcción**, el suelo activo se asigna a regiones en vez de a interfaces. Las regiones son **creadas automáticamente** cuando creamos el modelo de cálculo.

La asignación de suelos se puede copiar en todos los programas GEO5 2D utilizando "GeoClipboard".

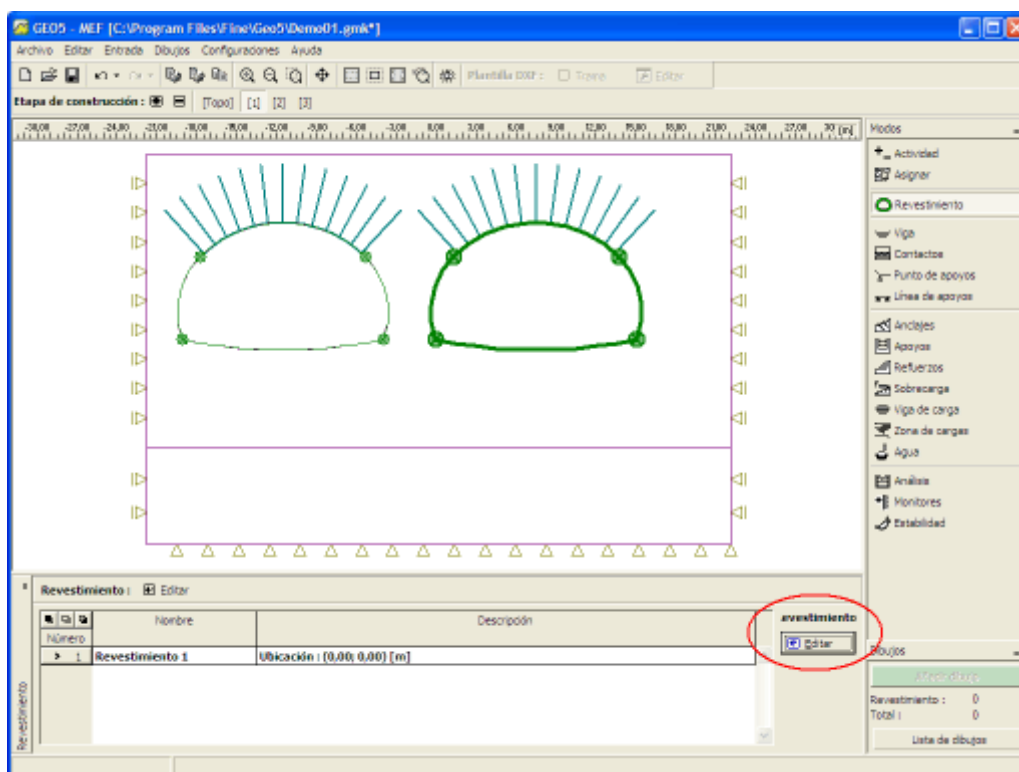


Cuadro "Asignar"

Revestimiento

El cuadro **"Revestimiento"** contiene una **tabla** con un listado de la entrada de los revestimientos. Este cuadro se vuelve accesible en el programa cuando el módulo **"Túnel"** está activado en el cuadro **"Configuración"**. La edición es solo posible en las **etapas de construcción** subsecuentes.

Para ajustar el revestimiento, el programa ejecuta un módulo **"Revestimiento - MEF"**. Su función se describe en detalle en el módulo **"Topología"** (cuadro **"Revestimiento"**). En las etapas de construcción, el módulo **"Revestimiento - MEF"** contiene los cuadros **"Vigas"**, **"Anclajes"** y **"Vigas de carga"**.

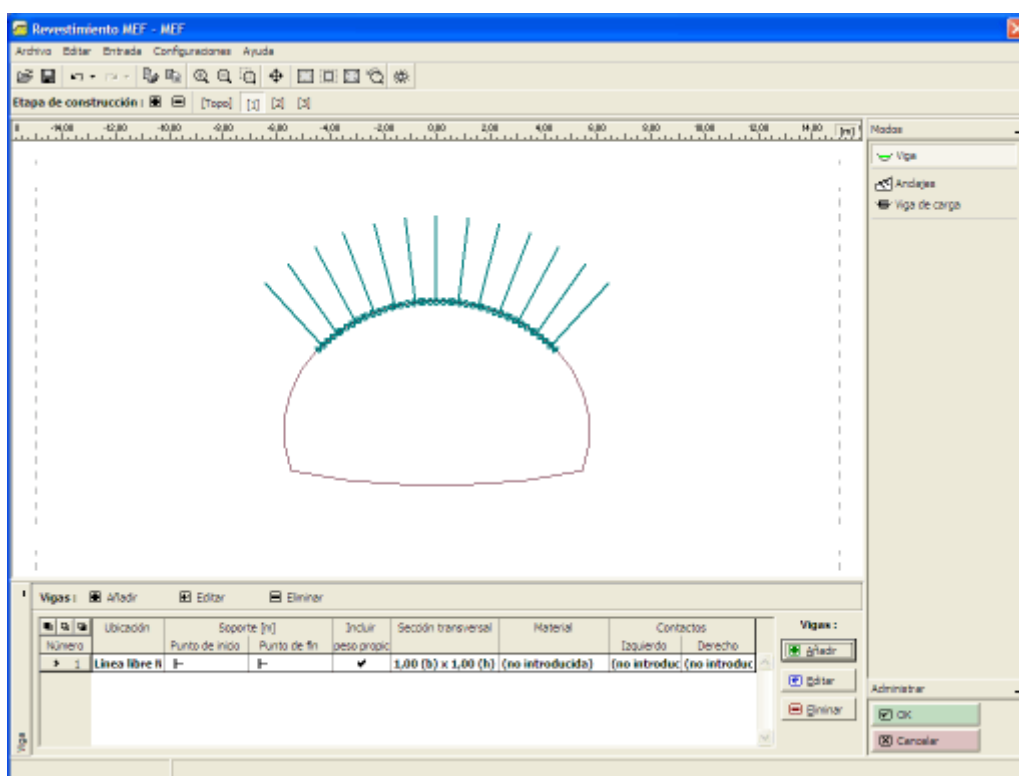


Cuadro "Revestimiento"

Vigas

El cuadro **"Vigas"** contiene una **tabla** con un listado de las vigas introducidas. Las acciones aplicadas a las vigas son las mismas que aquellas utilizadas en las etapas de construcción en el programa MEF, cuadro **"Vigas"**.

Los tipos de contacto para introducir contactos con las vigas se toman desde el programa MEF.

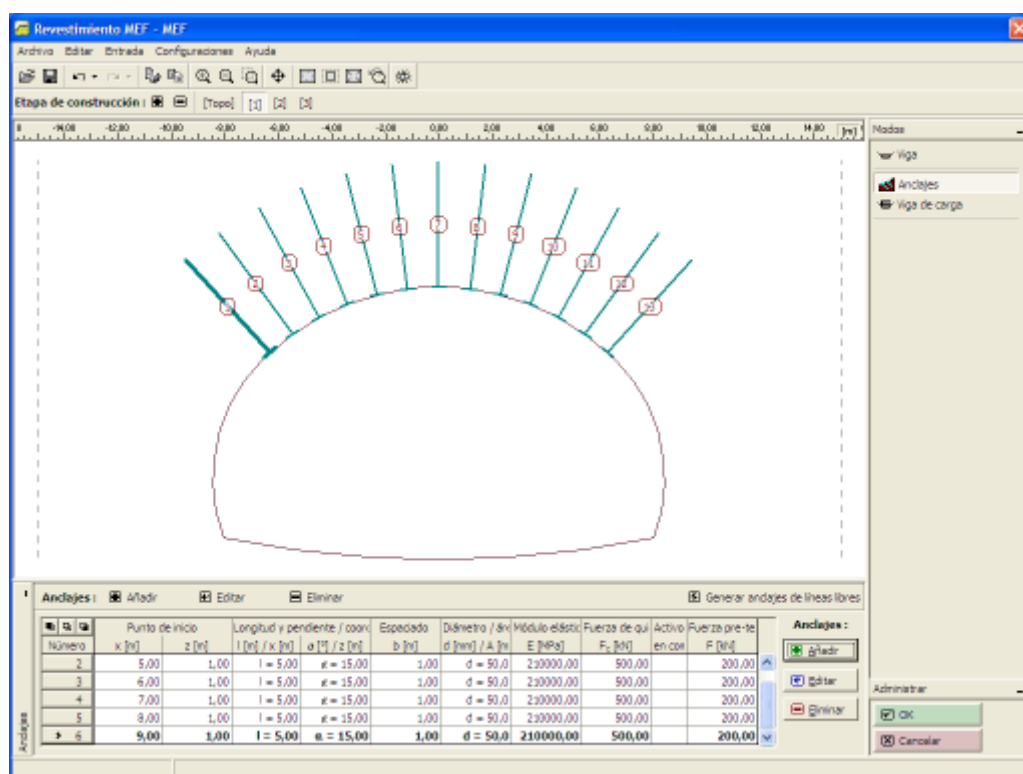


Cuadro "Vigas"

Anclajes

El cuadro "Anclajes" contiene una tabla con un listado de los anclajes introducidos. Las acciones aplicadas a los anclajes son las mismas que aquellas utilizadas en las etapas de construcción en el programa MEF, cuadro "Anclajes".

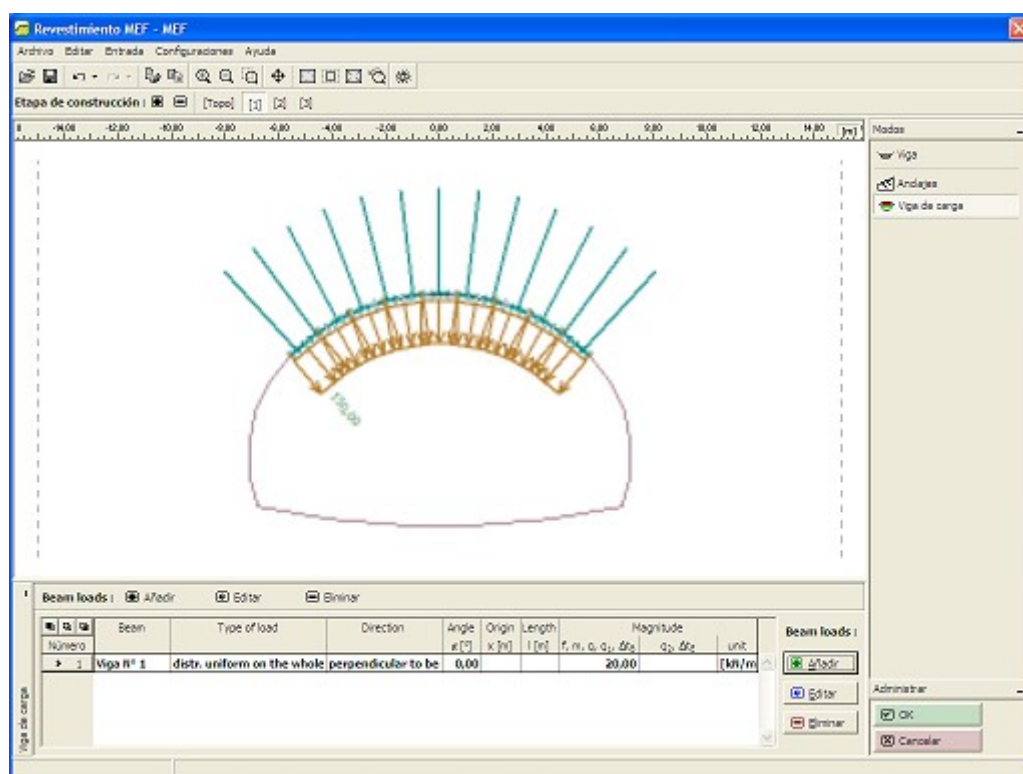
El cuadro difiere por la función en la barra de herramientas horizontal, ya que cuenta con el botón "Generador de anclajes de líneas libres".



Cuadro "Anclajes"

Vigas de carga

El cuadro "Vigas de carga" contiene una **tabla** con un listado de las vigas de cargas introducidas. Las acciones aplicadas a las vigas de carga son las mismas que aquellas utilizadas en las etapas de construcción en el programa MEF, cuadro "Vigas de carga".



Cuadro "Vigas de carga"

Generador de anclajes en línea libre

Dependiendo de parámetros particulares, el generador crea los elementos correspondientes que luego operan en forma independiente sin posibilidad alguna de ser paramétricamente modificados. Si los parámetros generados son aceptados, el programa muestra durante su modificación la representación gráfica actual de los elementos generados.

El cuadro de diálogo "**Nuevo anclaje**" es una extensión del cuadro de diálogo estándar que permite una distribución uniforme de varios anclajes idénticos a lo largo de la línea. La distancia entre anclajes es generada de la misma forma que con el [generador de regiones ancladas](#) (sobre toda la línea, sobre una parte definida por el ángulo o por la longitud). Hay tres opciones para generar el número de anclajes: Por el número en la longitud, por el ángulo o por la distancia entre anclajes individuales.

Los anclajes generados se adjuntan en el programa MEF a las tres líneas libres allí definidas.

Cuadro "Nuevo anclaje"

Vigas

El cuadro **"Vigas"** contiene una **tabla** con un listado de las vigas introducidas. Para **añadir** vigas se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva viga"**.

La ubicación de la viga se selecciona desde la lista desplegable (línea de malla, segmento del terreno).

Las vigas de entrada también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**. El programa emplea los siguientes **sistemas de coordenadas**.

Los **elementos viga** sirven para modelar **vigas, revestimientos, muros laminados**, etc.

Los siguientes elementos pueden obtenerse de las fuerzas internas: momento, fuerza normal y fuerza de corte.

Las vigas se asignan a líneas ya definidas (**líneas libres, segmentos de terrenos**) la correspondiente línea luego resulta el **eje de la viga**. El programa ofrece distintos **tipos de secciones transversales** básicas. Sin embargo, el usuario es libre de introducir la sección

transversal requerida en forma independiente.

Un paso importante cuando modelamos vigas en la definición de **elementos de contacto** que caracteriza el comportamiento de la interfaz entre la viga y el suelo. Elementos de **contacto** (interfaz) puede ser asignada a **ambos lados de la viga**. Una correcta definición de contacto es esencial cuando modelamos muros revestidos.

Tipos de **puntos de conexión finales** pueden ser especificados para cada viga. En las **etapas** siguientes la viga puede ser **reforzada o degradada**.

El programa incluye en forma automática el **propio peso de la viga** en el análisis. Esta característica, sin embargo, puede desactivarse cuando se define la viga. Las vigas se modelan utilizando el **elemento viga** con tres grados de libertad en cada nodo.

El elemento viga se formulan sobre la base de la teoría de Mindllin. La teoría supone que el plano de la sección transversal normal al eje de la viga se mantiene plano después de la deformación pero no necesariamente normal al eje de la viga deformado. En el presente, las fuerzas internas se evalúan en los elementos nodo.

Vigas nuevas

— Topología

Ubicación : Segmento del terreno

Segmento del terreno : Segmento de terreno N° 1

— Parámetros

☒ Incluir el propio peso

— Nombre

Nombre : Viga

— Soporte

Punto de inicio : —

Punto de fin : —

— Sección transversal y material

Tipo de secc. trans. : muro rectangular

Tipo de material : hormigón

Altura de la sección transversal : h = 0,00 [m]

Ancho de la sección transversal : b = 1,00 [m]

Nombre :

Catálogo Numericamente

— Contactos

☒ Introducir contacto a la izquierda

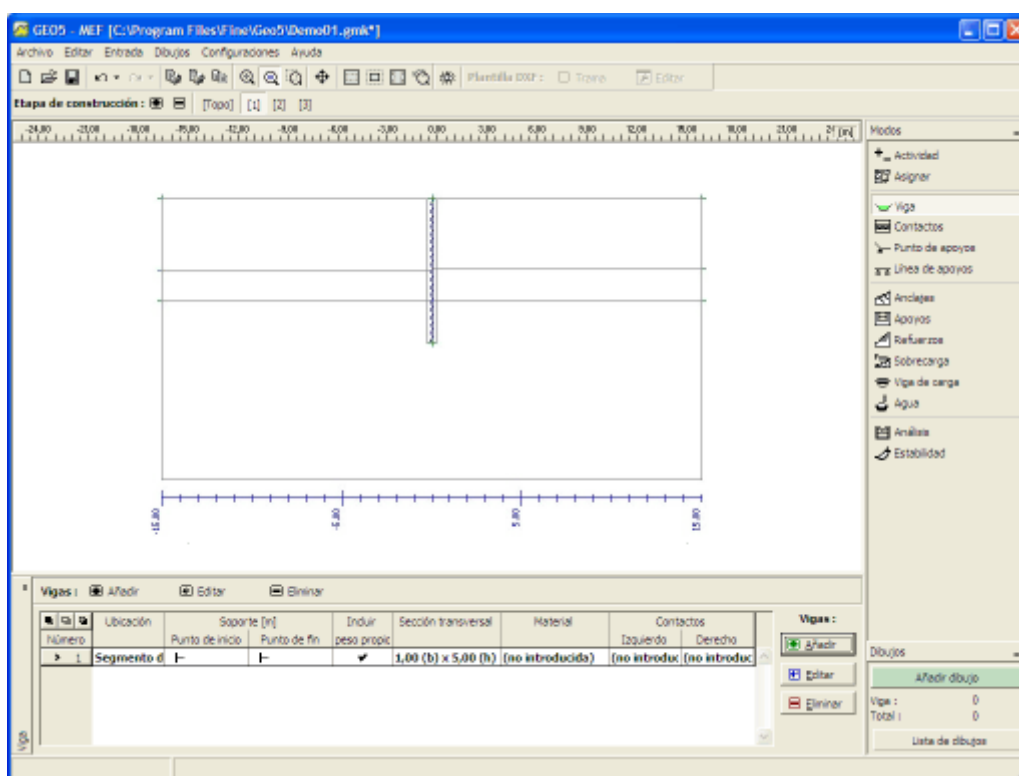
☐ Introducir contacto a la derecha

Tipo de contacto :

Tipo de contacto :

+ Añadir ✗ Cancelar

Cuadro "Nueva viga"



Cuadro "Viga"

Tipos de secciones transversales

El programa permite que el usuario introduzca **digitalmente los parámetros de secciones transversales** o que seleccione uno de los tipos predefinidos. El tipo de material de las secciones transversales se selecciona desde el **catálogo de materiales** o digitalmente utilizando el **editor de materiales**. Los siguientes tipos de secciones transversales de vigas son implementados:

- **muro rectangular** – se debe especificar un espesor del muro
- **Pantalla de Pilotes** - se debe especificar el diámetro y el espaciado del pilote
- **Muro de Tablestaca** - se debe seleccionar el tipo
- **Sección transversal Acero I** – se debe seleccionar el tipo de la base de datos, luego se debe especificar el espaciado (el tipo de sección transversal se selecciona desde el "Catálogo de secciones transversales", o se define en el "Editor de secciones transversales", el tipo de material se selecciona desde el "Catálogo de materiales" o se especifica digitalmente en el "Editor de materiales")

Todas las secciones transversales de entrada son **automáticamente re calculadas por 1m ejecutado. El resultado de las fuerzas internas desarrolladas a lo largo de las vigas es también presentado por 1m corrido de una estructura**. Si es necesario, para pilotes o secciones transversales I, se deben ajustar dependiendo del espacio brindado por el usuario.

Si usted tiene su propia base de datos de **tablestacas**, la cual no está instalada todavía en el programa, estaremos encantados de ponerla en práctica. Usted deberá comunicarse con nosotros vía email a **hotline@fine.cz**.

Cuadro "Nueva vigas" - selección del tipo de sección transversal

Puntos extremos de las vigas

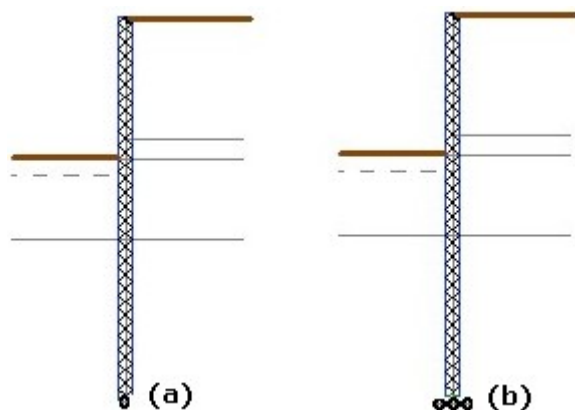
El programa permite tres tipos de extremos para vigas:

- | | | |
|--|----------------|---|
| | fijo | tipo estándar |
| | bisagra | se usa para introducir una bisagra interna entre vigas, ubicación con momento de flexión nulo |
| | base | |

Cuando se asume el tipo de conexión fijo, la viga y el suelo están conectados en un punto (conexión simple) causando a menudo la evolución de deformación plástica en el suelo circundante y la pérdida de convergencia.

El tipo base permite redistribuciones más realistas de tensión de contacto y previene que la viga penetre en el suelo, por lo tanto estabiliza el proceso de convergencia.

Por defecto la longitud de la base, se supone igual al ancho de la viga – puede ser arbitrariamente determinada (por ejemplo para ampliar el talón del pilar).



Conexión sin base (a) con base (b)

Degradación y refuerzo de vigas

En las siguientes etapas las vigas introducidas no pueden ser editadas de la forma estándar. Pero, una de las siguientes opciones debe ser seleccionada para su modificación:

- eliminar la viga seleccionada desde el análisis
- degradación de la viga seleccionada (únicamente desde el régimen "Túnel")
- reforzamiento de la viga de sección transversal seleccionada
- modificación de las propiedades de contacto de la viga.

El tipo de modificación se selecciona desde el cuadro de diálogo "**Editar propiedades de la viga**".

Un grado de **degradación de la viga** se especifica en porcentaje, el 100% corresponde a una viga eliminada.

Reforzar un elemento viga con una sección rectangular se puede lograr mediante la aplicación de su anchura (ej.: aumentando el espesor del hormigón proyectado). Otras secciones transversales son modificadas introduciendo nuevos (mayores) valores de parámetros.

Editar las propiedades de la viga

— Topología

Ubicación :

Segmento del terreno :

— Parámetros

☒ Incluir el propio peso

— Sección transversal y material

Parámetros de viga en la etapa de entrada 1
muro rectangular 1,00 (b) x 5,00 (h) m
hormigón (no introducida)

Parámetros de viga en el estado anterior 1
h = 5,00 m
E = MPa
G = MPa

Nombre :

— Soporte

Punto de inicio :

Punto de fin :

Tipo de modificación :

Altura de la sección transversal : h = [m]

Módulo elástico : E = [MPa]

Módulo de cizalla : G = [MPa]

— Contactos

☐ Modificar parámetros

☐ Introducir contacto a la izquierda ☐ Introducir contacto a la derecha

Tipo de contacto :

Tipo de contacto :

OK + OK + OK Cancel

Cuadro "Editar propiedades de viga" - refuerzo de viga

Catálogo de secciones transversales

En el caso de secciones transversales de acero el programa permite elegir una sección transversal particular desde el catálogo de secciones transversales. Solo el tipo de sección transversal debe ser especificado en el cuadro de diálogo. El tipo de material de la sección transversal (muro rectangular, pantalla de pilotes, muro de tablestaca...) se selecciona de forma similar en el "[Catálogo de materiales](#)", o se define en el "[Editor de materiales](#)". El tipo de sección transversal (viga) se selecciona en el cuadro de diálogo "[Nueva viga](#)".

Catálogo de perfiles

Clase de perfil	Perfil
Barras de la sección transversal I	I 80
Barras de la sección transversal IE	I 100
Barras de la sección transversal IPE	I 120
Barras de la sección transversal HEB	I 140
ARBED IPE	I 160
ARBED HE, HL	I 180
ARBED HD	I 200
ARBED HP	I 220
ARBED IPN	I 240
ARBED W	I 260
ARBED UB	I 280
ARBED UC	I 300
	I 320
	I 340

Estándar CSN 42 5550

OK Cancel

Cuadro "Catálogo de secciones transversales"

Editor de secciones transversales

En el caso de sección transversal de acero el programa permite introducir una sección transversal definida por el usuario. Solo la forma de la misma debe ser especificada en el cuadro de diálogo. El tipo de material de la sección transversal (muro rectangular, pantalla de pilotes, muro de tablestaca...) se selecciona de forma similar en el "[Catálogo de materiales](#)", o se define en el "[Editor de materiales](#)". El tipo de sección transversal (viga) se selecciona en el cuadro de diálogo "[Nueva viga](#)".

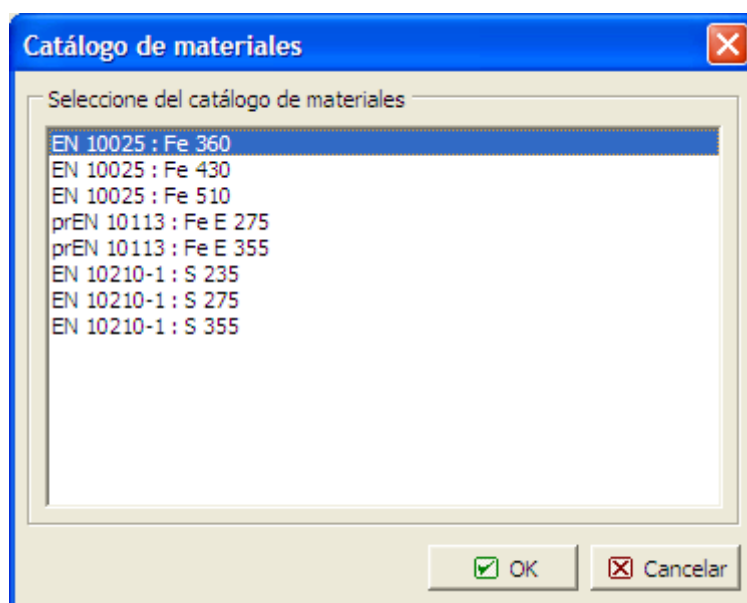
Descripción de la sección transversal			
nombre	Sección transversal I		
comentario			

Dimensión de sección transversal			
sección transversal de altura	$h =$	300,0	mm
ancho del borde superior	$b_{ft} =$	150,0	mm
ancho del borde inferior	$b_{fb} =$	150,0	mm
espesor del tronco	$t_w =$	12,0	mm
espesor del borde superior	$t_{ft} =$	15,0	mm
espesor del borde inferior	$t_{fb} =$	15,0	mm

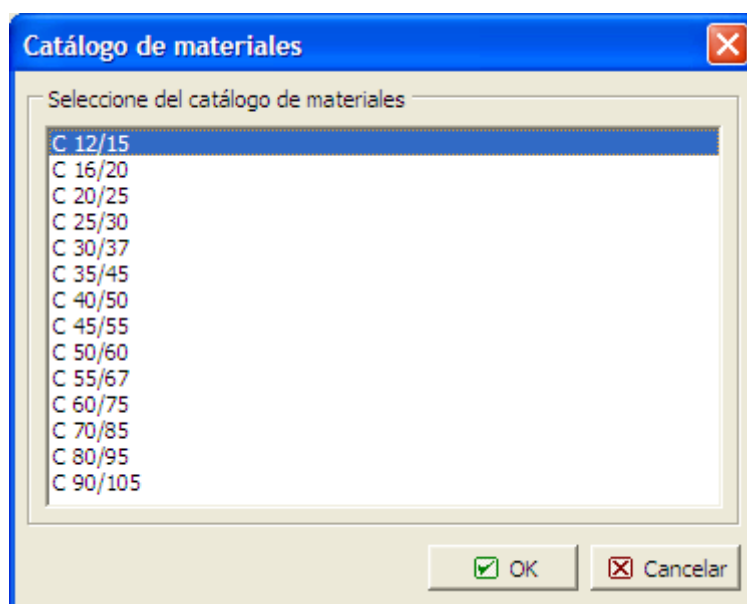
Cuadro "Editor de sección transversal – soldadura sólida"

Catálogo de materiales

El programa contiene un catálogo de materiales de hormigón y acero. Solo el tipo de material debe ser especificado en el cuadro de diálogo. La forma de la sección transversal se selecciona desde el "[Catálogo de secciones transversales](#)", o se define en el "[Editor de secciones transversales](#)". Para otros tipos de secciones transversales (muro rectangular, pantalla de pilotes, muro de tablestaca...) el tipo se selecciona en el cuadro de diálogo "[Nueva viga](#)".



Cuadro "Catálogo de materiales" - Acero



Cuadro "Catálogo de materiales" - Hormigón

Editor de materiales

Además de usar el "Catálogo de materiales", el programa permite que el usuario introduzca los parámetros de material para acero u hormigón de forma manual. Solo el tipo de material (parámetros del material) debe ser especificado en el cuadro de diálogo. La forma de la sección transversal se selecciona desde el "Catálogo de secciones transversales", o se define en el "Editor de secciones transversales". Para otros tipos de secciones transversales (muro rectangular, pantalla de pilotes, muro de tablestaca...) el tipo se selecciona en el cuadro de diálogo "Nueva viga".

Editor del material - Estructura de acero

Descripción del material

Nombre:

Características del material

Características generales del material		
Módulo elástico	E =	MPa
Módulo de cizalla	G =	MPa
Coefficiente de expansión térmica	α_t =	1/K
Peso específico	γ =	kN/m ³

Características especiales del material		
Resistencia de fluencia	f_y =	MPa
Ultima resistencia de tracción	f_u =	MPa

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro "Editor de materiales" - Acero

Editor del material - Hormigón

Descripción del material

Nombre:

Características del material

Características generales del material		
Módulo elástico	E_{cm} =	MPa
Módulo de cizalla	G =	MPa
Coefficiente de expansión térmica	α_t =	1/K
Peso específico	γ =	kN/m ³

Características especiales del material		
Resistencia a la compresión	f_{ck} =	MPa
Resistencia a la tracción	f_{ct} =	MPa

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro "Editor de materiales" - Hormigón

Contactos

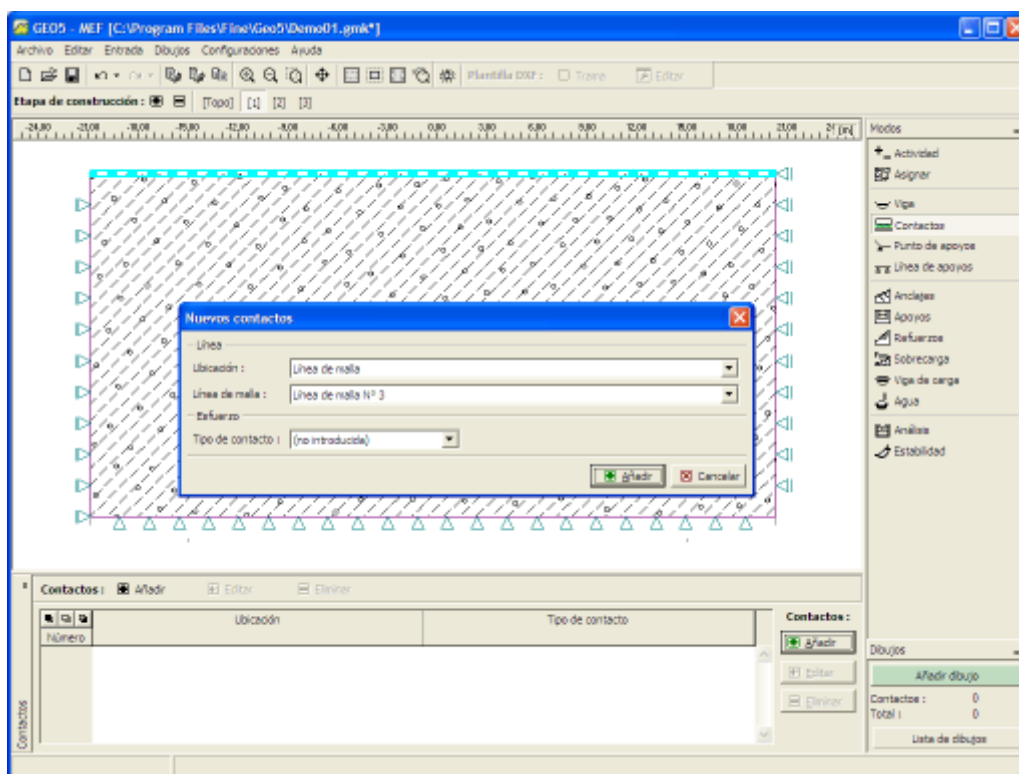
El cuadro **"Contactos"** contiene una **tabla** con un listado de los contactos. Para **añadir** contactos se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo contacto"**.

Los **elementos contacto** se utilizan en aplicaciones que requieren una representación adecuada de la interacción estructura-suelo. Pueden ser luego utilizados para modelos juntas o

interfaces de dos materiales distintos (interfaz tierra – roca). Los contactos son asignados a líneas ya definidas – líneas libres o líneas de mallas (interfaces). El contacto se **define por su tipo**.

La ubicación del contacto se selecciona desde la lista desplegable (línea de malla, segmento del terreno).

Los contactos de entrada también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.



Cuadro "Contactos"

Contactos y vigas (flujo de agua)

El **cuadro "Contactos"** ("**Vigas**") contiene (en el modo "**flujo de agua**") una **tabla** con la lista de contactos (**vigas**). **Añadir** contactos se realiza en el **cuadro de diálogo "Nuevos contactos"**.

La ubicación del contacto se selecciona desde la lista desplegable (línea de malla, segmento del terreno).

Los elementos de contacto son utilizados en aplicaciones que requiere una representación adecuada de interacción estructura-suelo. Luego pueden ser utilizados por el modelo de juntas o por interfaces de dos materiales diferentes. (Interfaz suelo-roca). Los contactos son asignados a las líneas ya definidas – líneas libres o líneas malla (interfaces). El contacto esta definido por su tipo.

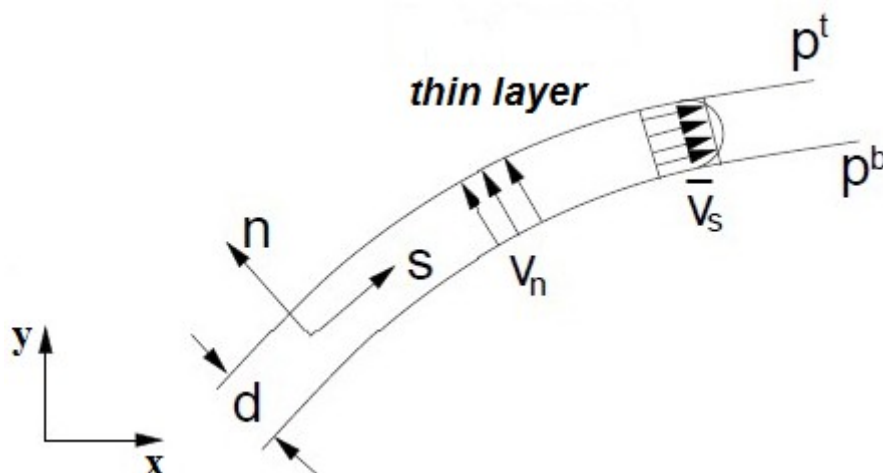
El ingreso de contactos puede ser editado en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

Los elementos vigas y contactos pueden ser definidos como:

- **Permeable**
- **Impermeable**

• Parcialmente permeable

Los elementos de contacto permiten modelar una cierta barrea para el flujo en un cuerpo sólido. Considerado por ejemplo un muro laminado representado en el análisis de tensión por elementos vigas. El muro laminado anclando dentro de una región puede ser considerado como completamente permeable, completamente impermeable o parcialmente impermeable. Incluso en los primeros dos casos puede ser tratado utilizando elementos de contacto ubicados a lo largo de la línea correspondiente; pueden ser manejados por el programa automáticamente sin necesidad de estos elementos. El tercer caso representa un problema de flujo en una zona delgada teniendo una espesor dado d , ver figura:



Contacto parcialmente permeable

Los flujos correspondientes en dirección tangente (dirección-s) q_s y dirección normal (dirección-n) q están dados por:

$$q_s = -k_s \frac{1}{2} \frac{\partial (h^t + h^b)}{\partial_s}$$

$$q_n = -k_n \frac{h^t + h^b}{d}$$

La definición de los elementos de contacto requiere del ingreso de los siguientes parámetros:

- k_s - Permeabilidad en dirección tangente (permeabilidad longitudinal) [m/day]
- k_n - Permeabilidad en dirección normal (permeabilidad transversal) [m/day]

Puntos de apoyo

El cuadro "**Puntos de apoyo**" contiene una [tabla](#) con un listado de los puntos de apoyo. Para [añadir](#) un punto de apoyo se utiliza el [cuadro de diálogo](#) "**Nuevo puntos de apoyo**".

Los puntos de apoyo también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los [objetos activos](#). El programa emplea los siguientes [sistemas de coordenadas](#).

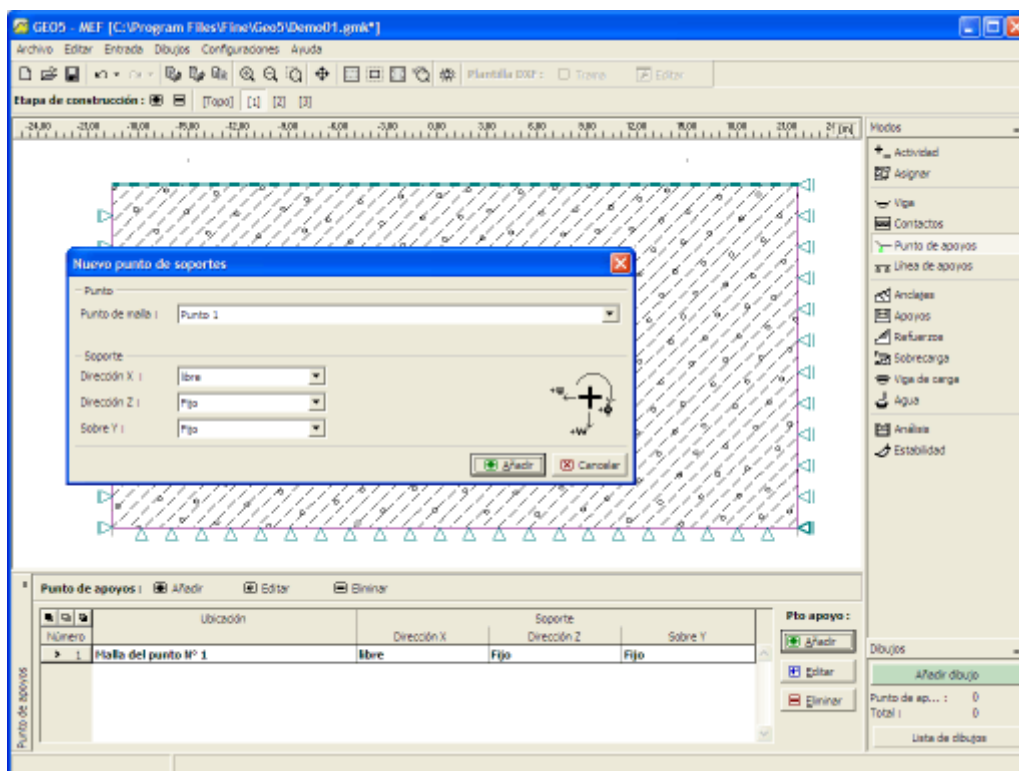
El programa contiene un generador automático de [condiciones límites estándar](#). Por lo tanto, en la mayoría de los problemas las **condiciones límites (soportes) no requieren ser**

especificadas.

El programa emplea los siguientes tipos de puntos de apoyo:

- libre
- fijo
- resorte
- deformación prescrita

Los apoyos se definen en **sistema de coordenadas global**.



Cuadro "Puntos de apoyo"

Puntos de fluidez

El cuadro "Punto de fluidez" contiene una tabla con la lista de puntos de fluidez. Añadir puntos de fluidez se realiza en el cuadro de diálogo "Nuevos puntos de fluidez".

El ingreso de contactos puede ser editado en el escritorio con la ayuda de los objetos activos.

Las siguientes condiciones límites pueden ser especificadas por:

a) Presión de poros en un punto

Numéricamente – el valor de presión de poros en un punto dado es especificado $[kPa, ksf]$.

Especificando la ubicación del nivel freático del suelo (cabeza hidráulica) – Se especifican las coordenadas de nivel freático.

b) Puntos de fluidez de entrada/flujo de salida

Se especifica la proporción de inyección / bombeo $[m^3/day/m, ft^3/day/ft]$.

Líneas de apoyo

El cuadro "Líneas de apoyo" contiene una tabla con un listado de las líneas de apoyo. Para añadir una línea de apoyo se utiliza el cuadro de diálogo "Nueva línea de apoyo".

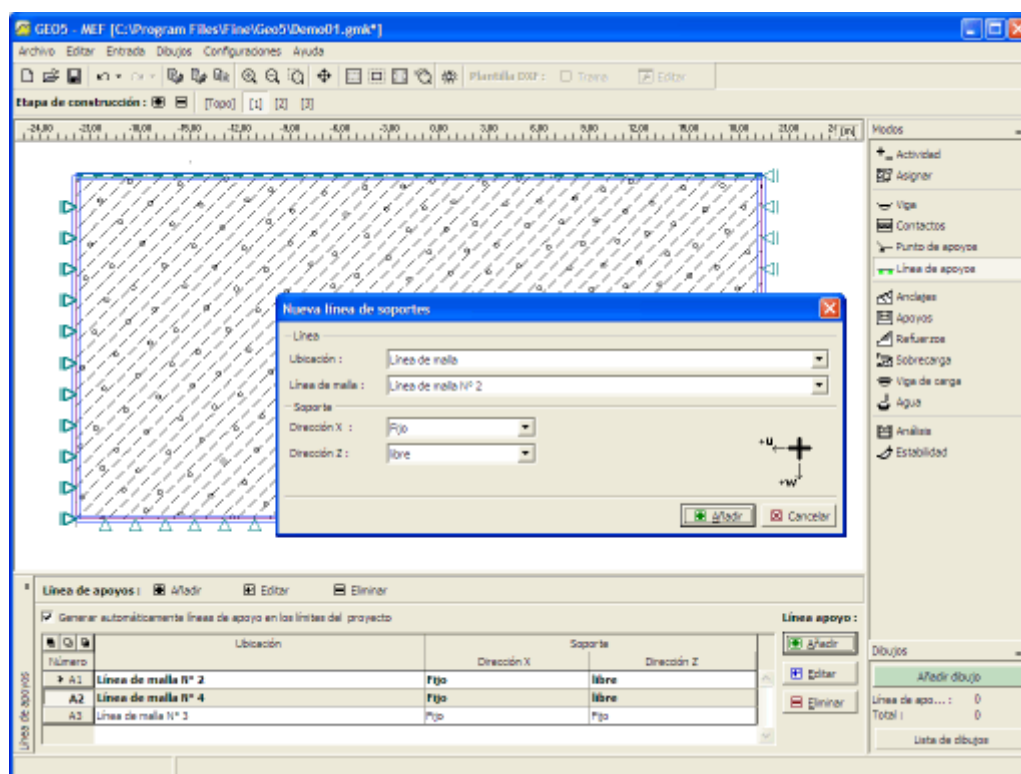
Las líneas de apoyo también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los objetos activos. El programa emplea los siguientes sistemas de coordenadas.

El programa contiene un generador automático de condiciones límites estándar. Por lo tanto, en la mayoría de los problemas las **condiciones límites (soportes) no requieren ser especificadas**.

Cuando se asignan apoyos a las líneas primero es necesario seleccionar el tipo de línea (**línea libre, interfaz, línea de malla**).

El programa emplea los siguientes tipos de líneas de apoyo:

- libre
- fijo
- deformación



Cuadro "Línea de soporte"

Línea de fluidez

El cuadro "Línea de fluidez" contiene una tabla con la lista de líneas de fluidez (vigas). Editar líneas de fluidez se realiza en el cuadro de diálogo "Nuevas líneas de fluidez".

Las líneas de fluidez de entrada pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de los objetos activos.

Las condiciones límites de fluidez deben ser definidas en todas las líneas límites. Las siguientes

condiciones límites pueden ser especificadas:

a) Impermeable

b) Permeable Presión de poros en una línea determinada es igual a cero

c) Presión de poros

- Distribución de presión de poros p puede ser numéricamente especificado.
- Distribución de presión de poros pueden ser especificados ingresando la ubicación del nivel freático del suelo (por prescripción de la cabeza total h)

d) Entrada/salida de flujo en una línea q – Se especifica las unidades de velocidad ejemplo: $[m/day, ft/day]$ – la velocidad de flujo dentro/fuera de la región son especificadas. Las configuraciones por defecto corresponden a un límite impermeable para el cual $q = 0$.

e) Superficie de filtración – esta condición de contorno se introduce proporcionando el límite que no puede ser dividido de forma única dentro de la parte con la presión de poro prescrita y la parte de flujo de entrada / flujo de salida prescrita. (el punto de salida no es conocido). En este caso el análisis se lleva a cabo en dos pasos. En el primer paso el programa localiza el punto de salida. En el segundo paso, se realiza el análisis de flujo actual con condiciones límites conocidas. En algunos casos ambos pasos deben repetirse varias veces. Cuando se consideran ingresos mejorados, el programa requiere ingresar una permeabilidad ficticia k_v en unidades $[m/día]$. Esto es esencialmente un término de penalización, un número suficientemente grande, en general, asegurando que a lo largo de un límite impermeable el valor de h será igual a la coordenada y de un punto dado ($q = 0$). Para un parte de la frontera con condiciones de no fluidez se tiene $k_v = 0$. Las variables q y h son luego relacionadas por:

$$\bar{q}_n = k_v (h - y) \quad \text{Si } h > 0 \text{ (} S=1 \text{) dentro del cuerpo del suelo}$$

$$\bar{q}_n = 0 \quad \text{Si } h < 0 \text{ (} S < 1 \text{) dentro del cuerpo del suelo}$$

Nota: Si en el caso de flujo transitorio definimos directamente en la primera etapa de cálculo la ubicación del nivel freático del suelo (superficie freática) como una condición inicial, debemos definir en la siguiente etapa de cálculo a lo largo de los límites por debajo del nivel del agua en la región totalmente saturada del suelo, un límite con la presión de poro que tiene un valor correspondiente y no la superficie de filtración. En el caso de la superficie de la filtración el programa etiqueta inmediatamente este límite como límite con presión de poro cero y no la supuesta límite original con distribución de presión de poros en función de la altura esperada del NF. En tal caso, el análisis no convergerá, porque el agua, en lugar de fluir fuera del dominio en $p=0$, tendrá tendencia a fluir, lo cual no es realista.

Anclajes

El cuadro "Anclajes" contiene una tabla con un listado de los anclajes. Para añadir un anclaje se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo anclaje".

Los anclajes también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los objetos activos. El programa emplea los siguientes sistemas de coordenadas.

La cabeza del anclaje (punto de inicio) puede ser automáticamente contactada al suelo, una interfaz arbitraria o una apertura (túnel revestido). La cabeza del anclaje es ubicada automáticamente en la intersección de la línea de anclaje determinada por los puntos

introducidos y la línea seleccionada. El anclaje puede también ser introducido directamente especificando coordenadas de dos puntos de fin.

Un anclaje como elemento estabilizador o refuerzo se representa por el **elemento tracción-compresión elástico**, con rigidez constante normal. Este elemento es anclado en el suelo solo en su punto de inicio y fin. No existe una iteración mutua entre el suelo y el anclaje a lo largo de la longitud del anclaje.

Los anclajes se definen por sus puntos de inicio y fin y por su rigidez. El programa enlaza automáticamente el grado de libertad del elemento de anclaje con el grado de libertad actual de la malla de elemento finito predefinida. Por lo tanto, el anclaje puede ser introducido **en cualquier lugar de la estructura**.

La **rigidez del anclaje** se especifica en términos del módulo de elasticidad y de su área. El programa, incluso, hace posible introducir el diámetro del anclaje – Luego el área se determina automáticamente.

El **problema de análisis de estabilidad**, la rigidez del anclaje no se considera. Ésta acción se lleva a cabo solo a través de la fuerza de pre-tensión introducida automáticamente como fuerza de compresión externa actuando al inicio del anclaje.

Otros parámetros importantes son la **fuerza de pre-tensión** y la **resistencia a la tracción** (fuerza de quiebre del anclaje cuando se supera la resistencia a la tensión). Para elementos sin pre-tensión, ésta se configura como nula. Un valor suficientemente grande de resistencia a la tracción puede ser especificado para evitar el fracaso del anclaje.

Por defecto el anclaje **no soporta fuerzas de compresión** – elementos de anclaje cargados en compresión durante una cierta etapa de cálculo son temporariamente deshabilitados.

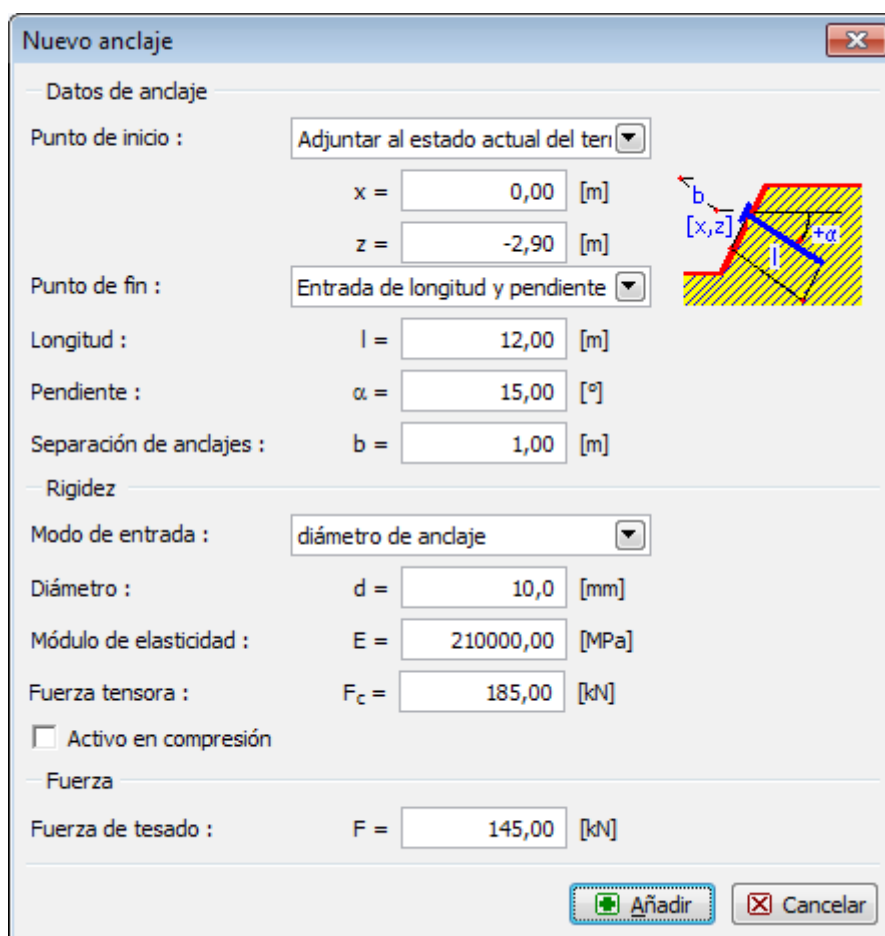
Si la tensión ocurre en la ejecución del siguiente análisis (debido a cambios en la carga, cambios geométricos o en los parámetros de materiales del suelo), el programa automáticamente introduce nuevamente estos elementos en el análisis. Sin embargo, los elementos cargados primeramente en compresión se recomienda definirlos como **apoyos**.

El anclaje se deforma durante el análisis. Esta deformación junto con la deformación del suelo circundante puede causar una **reducción de la fuerza de pre-tensión** especificada en el anclaje.

Si se quiere alcanzar una fuerza de pre-tensión específica en el anclaje, es necesario asignar un valor determinado de post-tensión de anclaje en la próxima etapa de cálculo, o utilizar una magnitud de fuerza pre-tensión lo suficientemente grande justo desde el comienzo para compensar una posible caída (la fuerza de anclaje resultante luego de completar el proceso de cálculo se muestra al inicio del anclaje debajo de la fuerza de re-tensión prescrita).

En las **etapas** siguientes, el programa permite para la post-tensión de anclaje, cambiar el valor inicial de fuerza de pre-tensión, o eliminar el anclaje del análisis.

Introducir en anclaje de pre-tensión dentro de suelo puede llevar a una deformación plástica del suelo alrededor de la cabeza del anclaje o de la raíz del mismo. Algunas **modificaciones de la entrada original** son requeridas para evitar continuas pérdidas de convergencia.



Nuevo anclaje

Datos de anclaje

Punto de inicio : Adjuntar al estado actual del terreno

x = 0,00 [m]

z = -2,90 [m]

Punto de fin : Entrada de longitud y pendiente

Longitud : l = 12,00 [m]

Pendiente : α = 15,00 [°]

Separación de anclajes : b = 1,00 [m]

Rigidez

Modo de entrada : diámetro de anclaje

Diámetro : d = 10,0 [mm]

Módulo de elasticidad : E = 210000,00 [MPa]

Fuerza tensora : F_c = 185,00 [kN]

☐ Activo en compresión

Fuerza

Fuerza de tesado : F = 145,00 [kN]

Añadir Cancelar

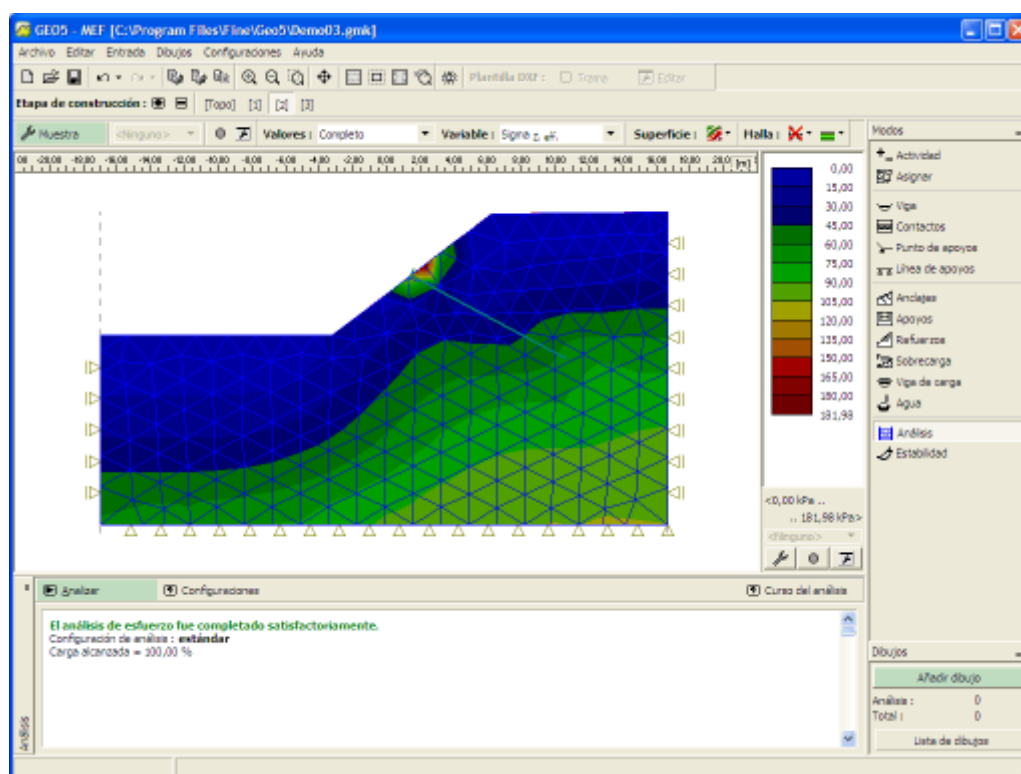
Cuadro "Nuevo anclaje"

Puntos finales de anclaje

Introducir la pre-tensión del anclaje en el suelo puede provocar una **deformación plástica** del suelo alrededor de la cabeza del anclaje o de la raíz del mismo – el análisis luego puede llevar a continuas pérdidas de convergencia.

En este caso se recomienda las siguientes modificaciones de la entrada original:

- Ubicar un **elemento viga** debajo de la cabeza del anclaje (esto da como resultado una mejor transición de carga dentro del suelo).
- Ubicar un raíz de anclaje dentro de un **suelo suficientemente rígido** (utilizar el modelo elástico, o modificar el modelo del material elástico de la capa de suelo alrededor del anclaje).



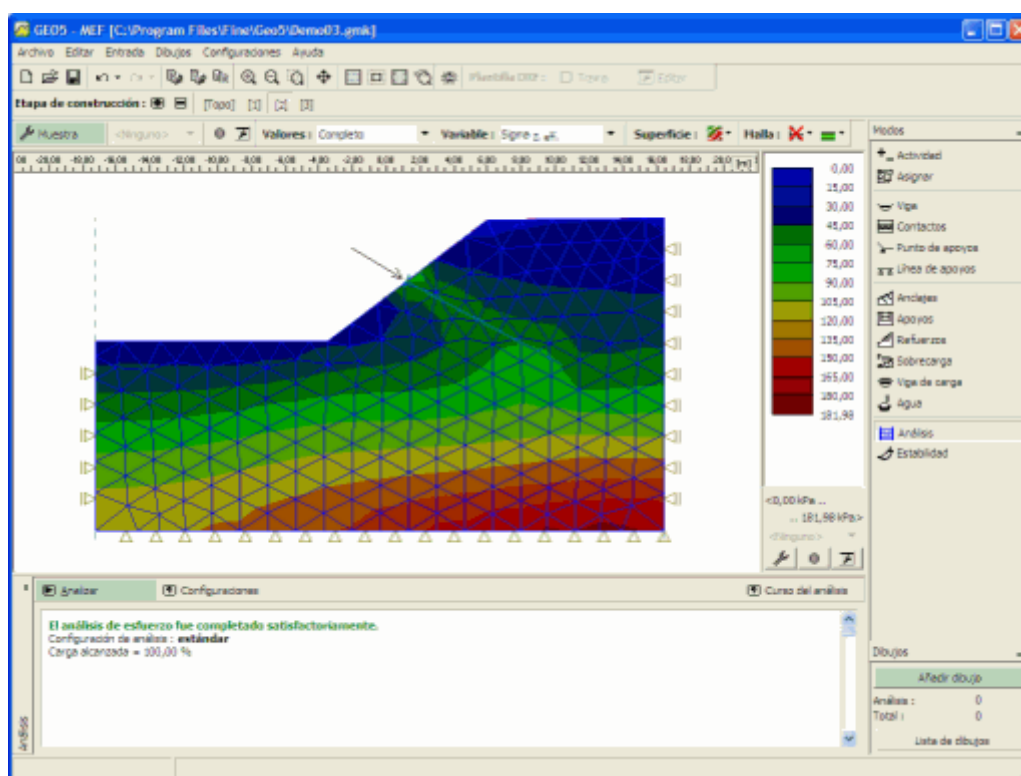
Región plástica alrededor de la cabeza o la raíz del anclaje

Anclaje en el análisis de estabilidad

Cuando llevamos a cabo el **análisis de estabilidad** el anclaje actual del pre-tensión es reemplazado automáticamente por la **fuerza del punto de compresión** correspondiente actuando en la cabeza del anclaje.

El suelo en el punto de aplicación de fuerza, sin embargo, se somete a una deformación plástica. Uno debería evaluar cuidadosamente la distribución resultante de la deformación plástica. Nótese que la localización de deformaciones plásticas equivalente identifica la ubicación de la superficie de deslizamiento potencial.

Sin embargo, si la deformación plástica en la cabeza del anclaje se vuelve decisiva, es necesario introducir alguna **modificación de la entrada original**.



Anclaje modelado en el análisis de estabilidad de taludes

Apoyos

El cuadro "**Apoyos**" contiene una **tabla** con un listado de los apoyos. Para **añadir** un apoyo se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo apoyo"**. La utilización de la función de la **grilla** puede simplificar.

Los apoyos de entrada también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**. El programa emplea los siguientes **sistemas coordenados**.

Los puntos de inicio y fin de apoyo son **automáticamente contactados** al suelo, una interfaz arbitraria o una apertura (túnel revestido). Estos puntos se ubican automáticamente en las intersecciones de la línea de apoyo determinada por los puntos de entrada y la línea seleccionada. El apoyo puede también ser introducido directamente especificando coordenadas de dos puntos de fin.

Un apoyo se representa por el **elemento de compresión elástico** con rigidez constante normal. Este elemento puede mantener solo una carga de compresión. Cuando se encuentra en tensión se elimina del análisis.

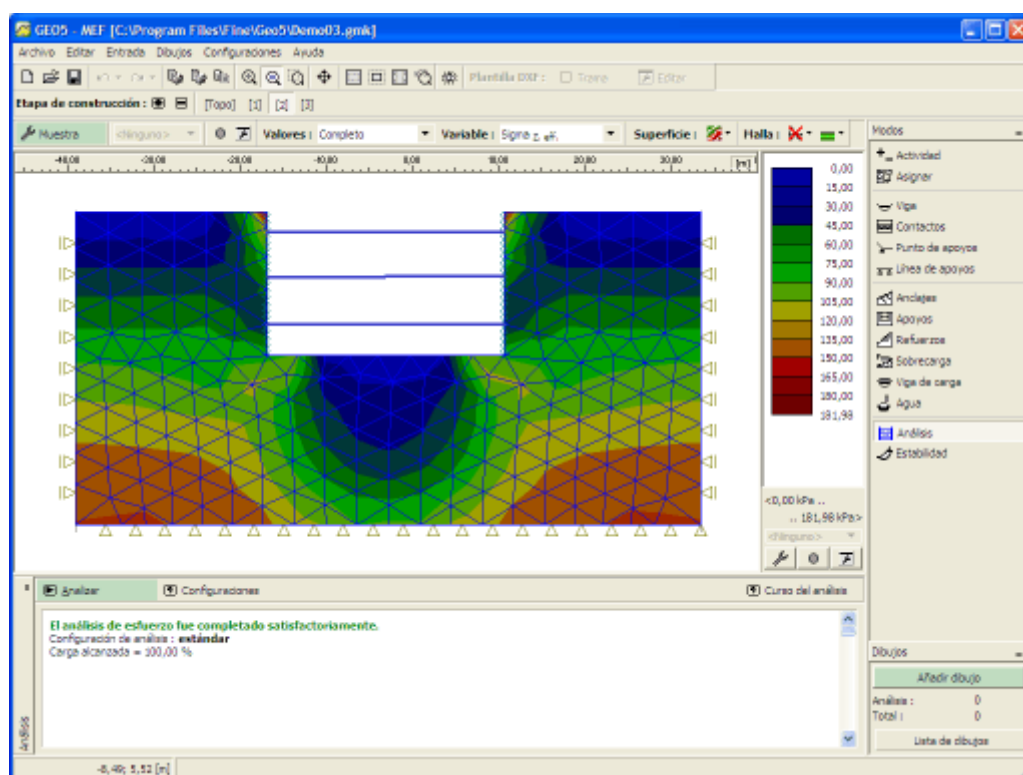
El apoyo es enlazado a un elemento finito en dos puntos finales. No se considera ninguna iteración entre el suelo y el apoyo a lo largo de la longitud cuando se ubica dentro del suelo.

Los apoyos se definen por sus puntos de inicio, puntos de fin y por su rigidez. El programa enlaza **automáticamente** el **grado de libertad del elemento apoyo** con el grado de libertad actúa de la malla de elemento finito predefinida. Por lo tanto, el apoyo puede ser introducido en cualquier lugar de la estructura.

La **rigidez del apoyo** se especifica en términos del módulo de elasticidad y de su área. El programa, incluso, hace posible introducir el diámetro del apoyo – Luego el área se determina automáticamente.

En las siguiente **etapas** el apoyo no puede ser editado – Pero puede ser eliminado o introducido nuevamente.

Apoyos - Entrada



Apoyos - Análisis

Refuerzos

El cuadro "Refuerzos" contiene una tabla con un listado de los refuerzos. Para **añadir** un refuerzo se utiliza el cuadro de diálogo "Nuevo refuerzo". La utilización de la función de la **grilla** puede simplificar.

Los refuerzos de entrada también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**. El programa emplea los siguientes **sistemas coordenados**.

Los puntos de fin de refuerzo son **automáticamente contactados** al suelo, una interfaz arbitraria o una apertura (túnel revestido). Estos puntos se ubican automáticamente en las intersecciones de la línea de apoyo determinada por los puntos de entrada y la línea seleccionada. El refuerzo puede también ser introducido directamente especificando coordenadas de dos puntos de fin.

Los refuerzos son **elementos de tracción reforzados** (geotextil, geomalla) los cuales se definen por su punto de inicio y punto de fin y por su rigidez.

A diferencia de los anclajes o apoyos, los refuerzos **son enlazados** a una malla de elemento finito subyacente **a lo largo de su longitud**. Sin embargo, al igual que los anclajes el programa introduce los puntos de fin del refuerzo en la malla de elementos finitos de forma automática, de tal forma que el refuerzo pueda ser especificado en cualquier punto de la malla. Al igual que los anclajes el refuerzo se modela por la barra de elementos de tracción/compresión con la posibilidad de **transmitir solo la fuerza normal**.

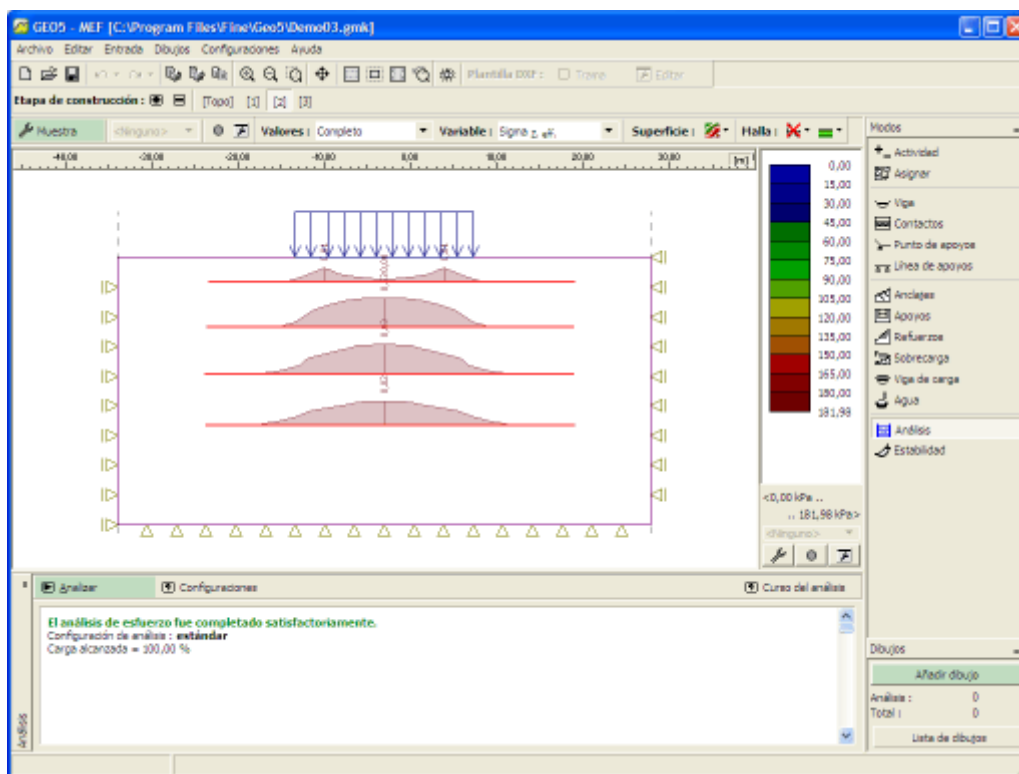
Debido a las características geométricas, el refuerzo llamado para la introducción de la **rigidez de la sección transversal tomada por 1m (pie) ejecutado de su ancho**. El usuario deberá contactar al fabricante para más información.

En las **etapas** siguientes el refuerzo no puede ser editado – solo puede ser eliminado.

Cuadro "Nuevo refuerzo"

El programa permite incluso, considerar el refuerzo en compresión – por defecto, sin

embargo, **la parte del refuerzo encontrada en compresión se deshabilita** para el análisis. Esta etapa es simulada en la figura mostrando la descripción de la fuerza de tracción normal sobre las partes activas de distintos refuerzos. La parte compresible del refuerzo es **temporariamente** excluida del análisis. Sin embargo, de forma similar al anclaje, se puede activar automáticamente una vez cargada de nuevo en tensión.

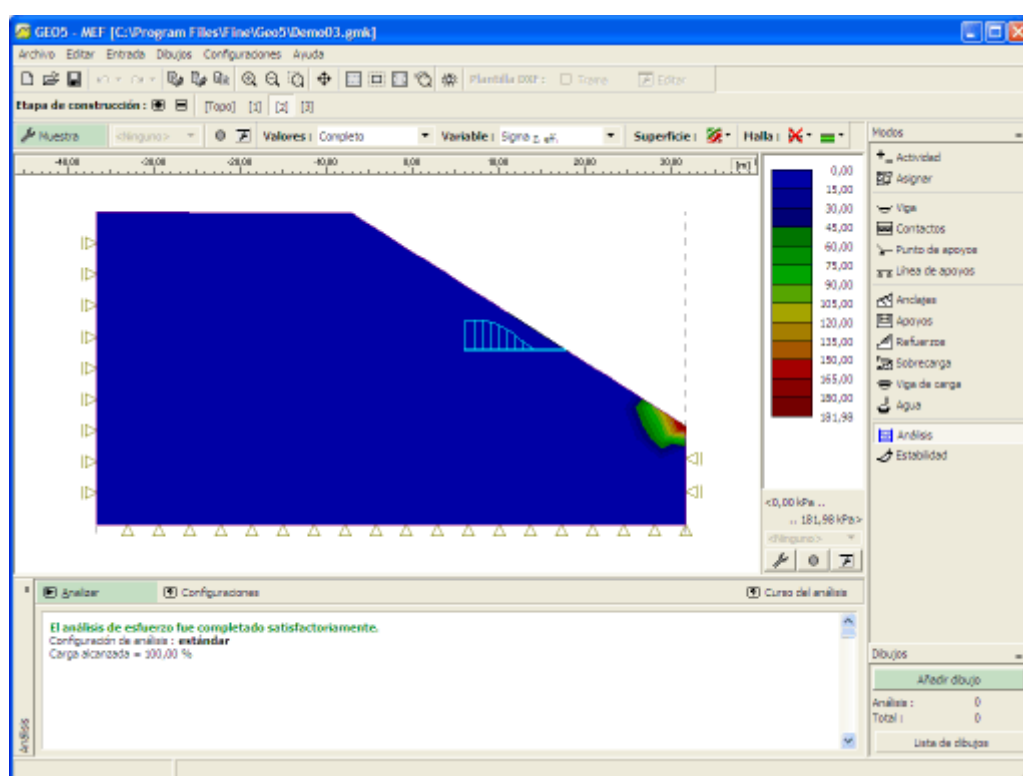


Resistencia a la tensión en refuerzos

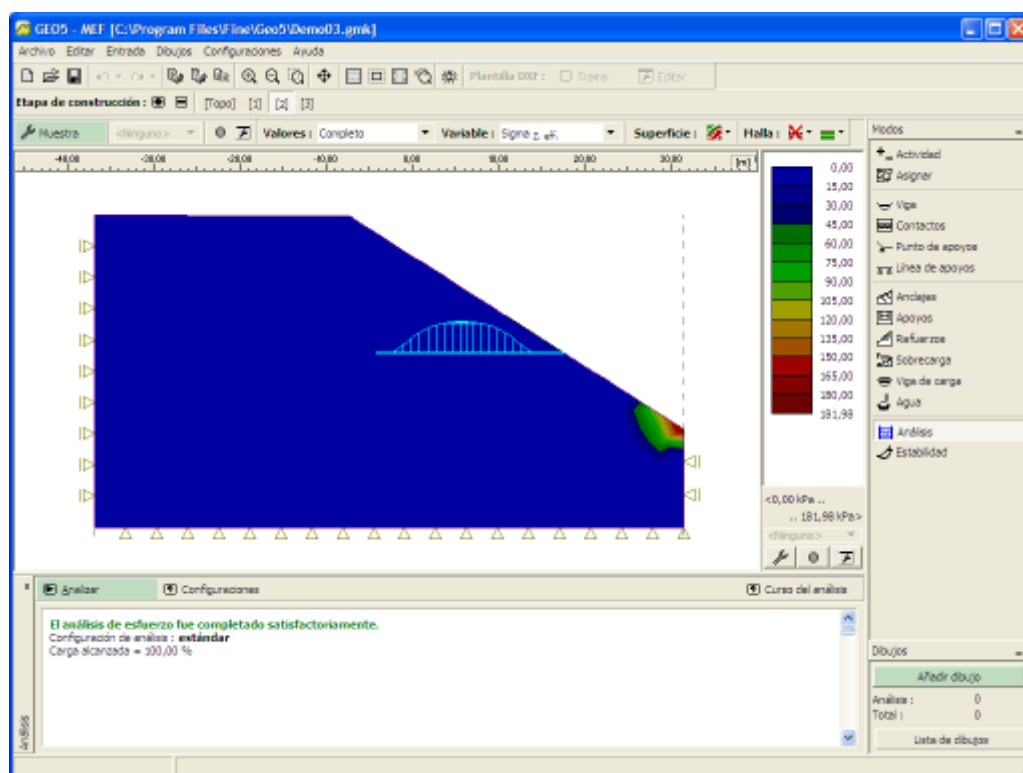
Geo-refuerzos anclados

Cuando introducimos un refuerzo en el cuerpo del suelo es necesario tener en cuenta un **anclaje de refuerzo suficiente** ya que el programa **no controla el refuerzo contra la falla de corte**. Un aumento repentino de la fuerza normal como se muestra en la figura sugiere singularidad en tensión de contacto y probable fallo de corte del refuerzo. Desde ese punto de vista, los resultados mostrados son engañosos e irrealistas.

En este caso, el refuerzo debería eliminarse del análisis o asegurarse su **anclaje suficiente** como se muestra en la figura.



Anclaje reforzado insuficiente



Anclaje reforzado correcto

Rigidez axial de los geosintéticos

Geosintéticos son elementos de tensión reforzados (geotextiles, geogrillas) definidos por sus puntos de comienzo y fin y por la rigidez axial (normal) J_z [kN/m].

En **telares no tejidos** la rigidez axial usualmente no se considera ya que estos elementos sirven típicamente para separar capas. Los **geotextiles tejidos** experimentan pequeñas deformaciones con rigidez muy baja - en regiones con pequeñas deformaciones (mas del 5%) nos encontramos con un aumento considerable de deformaciones sobre cargas constantes.

Cuando diseñamos geotextiles esta propiedad debe ser tomada en cuenta. Por lo que se debe reconocer tanto la **fuerza de tensión a largo plazo** en forma independiente al factor de reducción parcial (que refleja daños de elementos causados por instalación, comportamiento de arrastre sobre geosintéticos, efectos biológicos y químicos) y **la rigidez normal inicial** en la región de pequeña deformación en el intervalo 0.5% to 2%.

Para determinar la **rigidez axial mínima** de georefuerzos es posible utilizar la siguiente expresión donde la tensión correspondiente a la fuerza seleccionada es aceptable con un máximo de desviación del 10% para una parte lineal de la prueba de tensión:

$$T_{z-x} \geq \frac{0,9 \cdot \varepsilon \cdot T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

donde: T_z -resistencia a la tracción a una tensión del $x\%$ [kN/m]
 ε -tensión del $x\%$ (extensión relativa) según EN ISO 10 319 [%]
 T_{max} -resistencia a la tracción máxima según EN ISO 10 319 [kN/m]
 ε_{max} - ε_{max} - tensión máxima (extensión relativa) según EN ISO 10 319 [%]

Proveedores y fabricantes de geotextiles proporcionan el valor de la resistencia a la tracción al 2% tensión. La expresión se convierte en:

$$T_{z-2\%} \geq \frac{1,8 \cdot T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

La **rigidez axial mínima** (inicial) del geotextil para un experimento a corto plazo (tasa de carga según EN ISO 10 319) para una tensión $x\%$ - está dada por:

$$J_{\varepsilon=x} \approx E \cdot A = \frac{T_{\varepsilon=x}}{\varepsilon}$$

donde: ε - $x\%$ - tensión (extensión relativa) según EN ISO 10 319 [-]

La **rigidez axial máxima** (teóricamente alcanzable) del geotextil para una fuerza axial a corto plazo se determina como:

$$J_{\varepsilon_{max}} \approx E \cdot A = \frac{T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

donde: ε_{max} -tensión máxima (extensión relativa) según EN ISO 10 319 [-]

Intervalos recomendados de los valores de rigidez axial de geosintéticos J_z [kN/m] son listados en la siguiente tabla:

Descripción de	Rigidez axial	Teórica (máxima)
----------------	---------------	------------------

variable	inicial del geotextil para $\varepsilon = 2\%$	rigidez axial para geotextiles
Notación (unidad)	$J_{\varepsilon=x} [kN/m]$	$J_{\varepsilon max} [kN/m]$
Categoría de georefuerzo	---	---
Geotextiles no tejidos	-	-
Geotextiles tejidos	250 ÷ 500	1000
Geogrillas uni-axial	500 ÷ 1000	1500
Biaxial geogrids	100 ÷ 500 for $\varepsilon = 0.5\%$	2500
Geogrillas tri-axial	250 ÷ 500 for $\varepsilon = 0.5\%$	5000
Geoesteras	100 ÷ 500	1000
Geocompuestos de drenaje	-	-
Compuestos	100 ÷ 500	1500
Geomallas	-	-
Geoceldas	-	-

Bibliografía:

GEOMAT Ltd. (www.geomat.cz): Types of geotextiles and their function in civil engineering structures. Author: Martin Kašpar (kaspar@geomat.cz). In Czech.

HOLÝ, O., MIČA, L.: Determination of axial stiffness of geosynthetics for numerical modeling – part 1. TU Brno (paper in conference proceedings „Civil engineering structures in view of geomechanics“). In Czech.

EN ISO 10 319 (80 6125): Geotextiles – Tensile test on a wide strip. Czech standard institute, 2009. In Czech.

Sobrecarga

El **cuadro "Sobrecarga"** contiene una **tabla** con un listado de las sobrecargas. Para **añadir** una sobrecarga se utiliza el **cuadro de diálogo "Nueva sobrecarga"**. Las sobrecargas también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**. El programa emplea los siguientes **sistemas coordenadas**.

Todos los parámetros introducidos en la sobrecarga puedan ser editados en la **etapa de construcción**, en la cual la sobrecarga fue introducida. En la siguientes etapas solo es posible

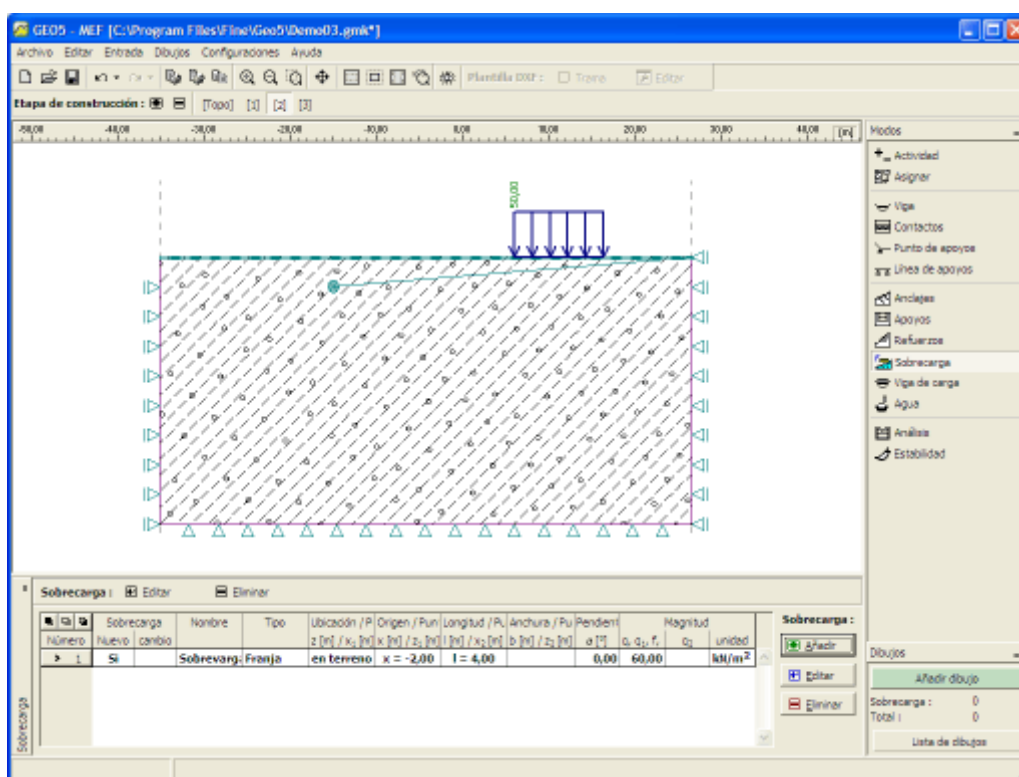
modificar la magnitud. (Opción: "**Ajustar magnitud**").

Este cuadro sirve para introducir las **sobrecargas aplicadas solo en el cuerpo del suelo**. La sobrecarga aplicada a un elemento viga se introduce en el cuadro - "**Viga de carga**".

Un número arbitrario de sobrecarga puede ser especificado en las distintas etapas. Las sobrecargas pueden actuar como **interfaces existentes** (incluyendo las superficies de suelo) p puede aplicarse en **cualquier lugar del cuerpo del suelo**.

En las **etapas** siguientes el usuario es libre de eliminar las sobrecargas introducidas o de **modificar su magnitud**.

Tenga en cuenta que aplicar la sobrecarga directamente a la superficie del suelo puede conducir a un **exceso de deformaciones plásticas** en las sobrecargas vecinas y el análisis puede no converger. En ese caso, el usuario puede ubicar un **elemento viga** debajo de la sobrecarga aplicada, o elegir un modelo **elástico**, o modificar el modelo del material elástico de la capa de suelo alrededor de la sobrecarga.



Cuadro "Sobrecarga"

Nueva sobrecarga

– Nombre de la sobrecarga

Nombre :

– Propiedades de la sobrecarga

Tipo :

Ubicación :

Origen : x = [m]

Longitud : l = [m]

Pendiente : α = [°]

– Magnitud de la sobrecarga

Magnitud : q = [kN/m²]

Cuadro "Nueva sobrecarga"

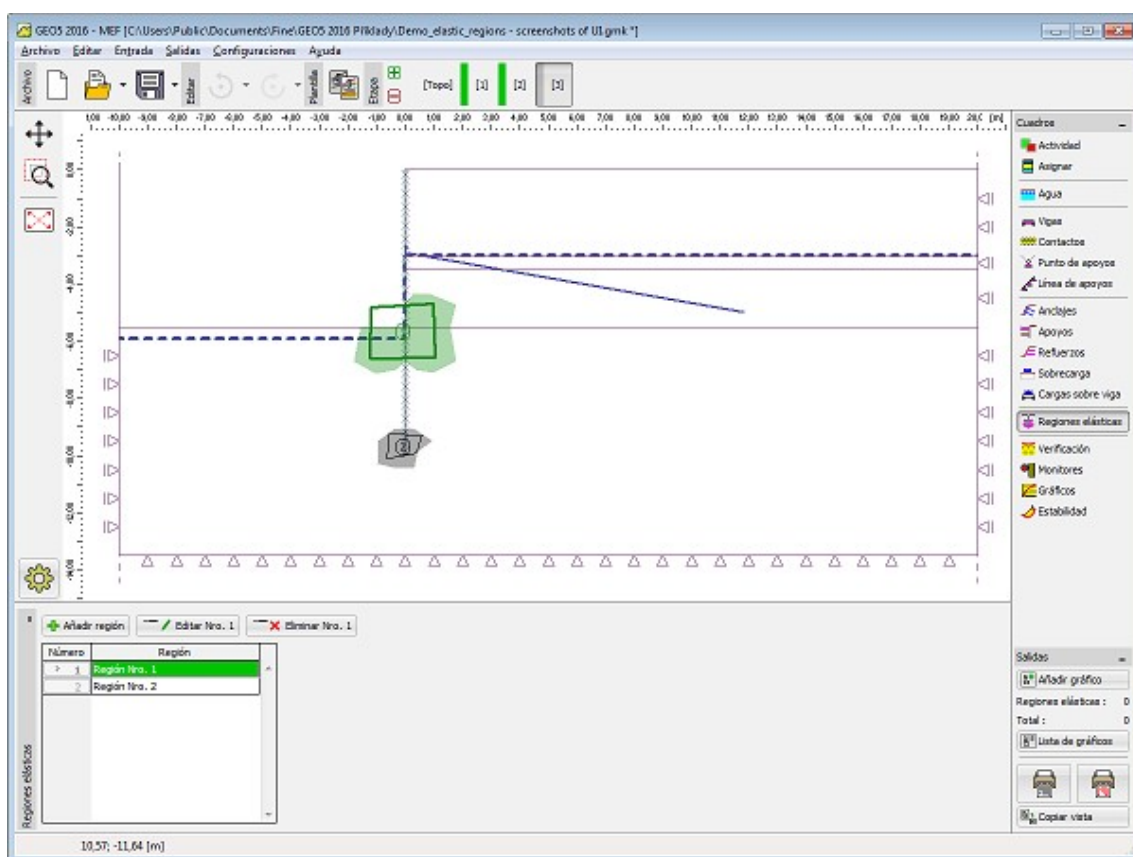
Regiones Elásticas

El cuadro "**Regiones elásticas**", contiene la **tabla** de regiones elásticas definidas.

La entrada de las regiones elásticas es idéntica a la **entrada de interfaces** estándar.

Cuando se carga por estrés alcanzando el límite de elasticidad del suelo se exhibe la deformación que también refiere a después de la descarga. Esta deformación persistente se denomina deformación plástica y puede ser modelada por los modelos estándar, tales como los modelos de **Mohr-Coulomb** o de **Drucker-Prager** o por los modelos avanzados tales como **Cam-clay**.

Cuando queremos suprimir la evolución de la deformación plástica en la zona elegida y en la etapa de construcción, se puede utilizar la función de "**Regiones elásticas**". Las regiones elásticas se especifican en una etapa dada por un polígono. Cada elemento que - al menos parcialmente - cae dentro de esta región permite sólo deformaciones elásticas.



Cuadro "Regiones Elásticas"

Las regiones elásticas afectan solo el comportamiento de:

- Modelo Mohr-Coulomb
- Modelo modificado Mohr-Coulomb
- Modelo Drucker-Prager

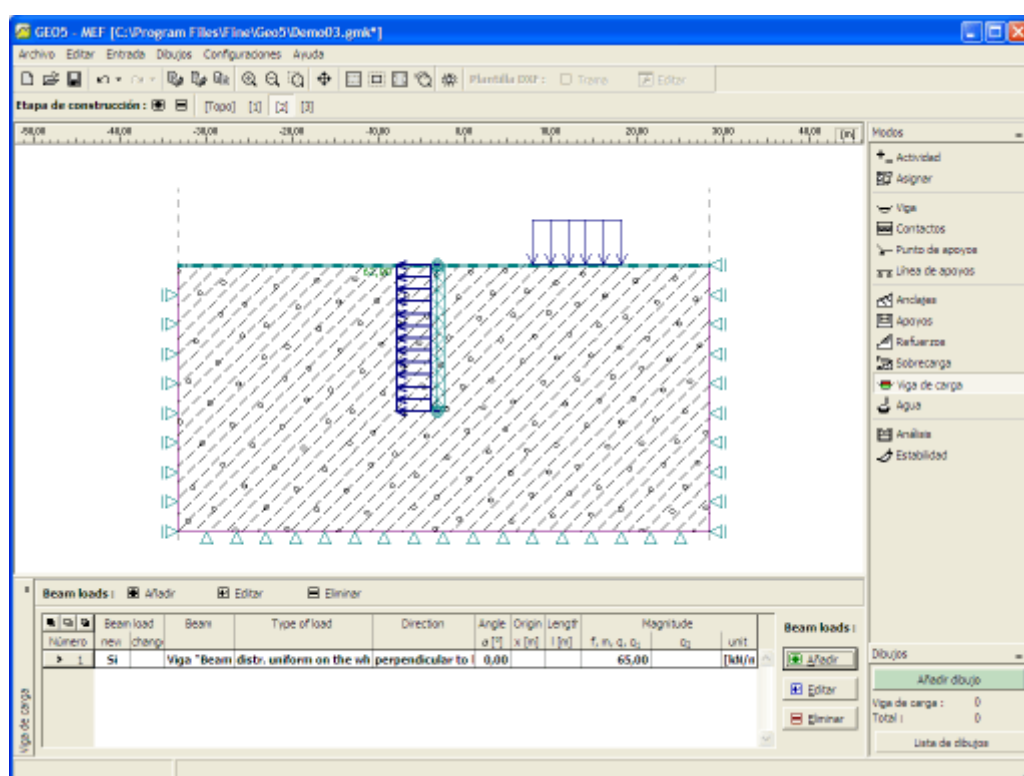
El comportamiento de otros modelos de materiales no son afectados

Cargas sobre viga

El cuadro "**Cargas sobre viga**" contiene una tabla con un listado de las cargas. Para añadir una viga de carga se utiliza el cuadro de diálogo "**Nueva carga sobre viga**".

Las cargas de entrada también pueden ser editadas en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**. El programa emplea los siguientes **sistemas de coordenadas**.

Todos los parámetros de la carga de entrada pueden ser modificados en la **etapa de construcción**, en la cual la carga fue introducida. En las etapas siguientes solo se puede modificar su magnitud (opción: "**Ajustar magnitud**").



Cuadro "Cargas sobre vigas"

Carga de nueva viga

— Viga de carga —
 Ubicación :

— Características de la carga —
 Type of load :
 Direction :
 Angle : $\alpha =$ [°]

— Magnitud de carga —
 Magnitude : $q =$ [kN/m²]

Cuadro "Nueva carga sobre viga"

Agua

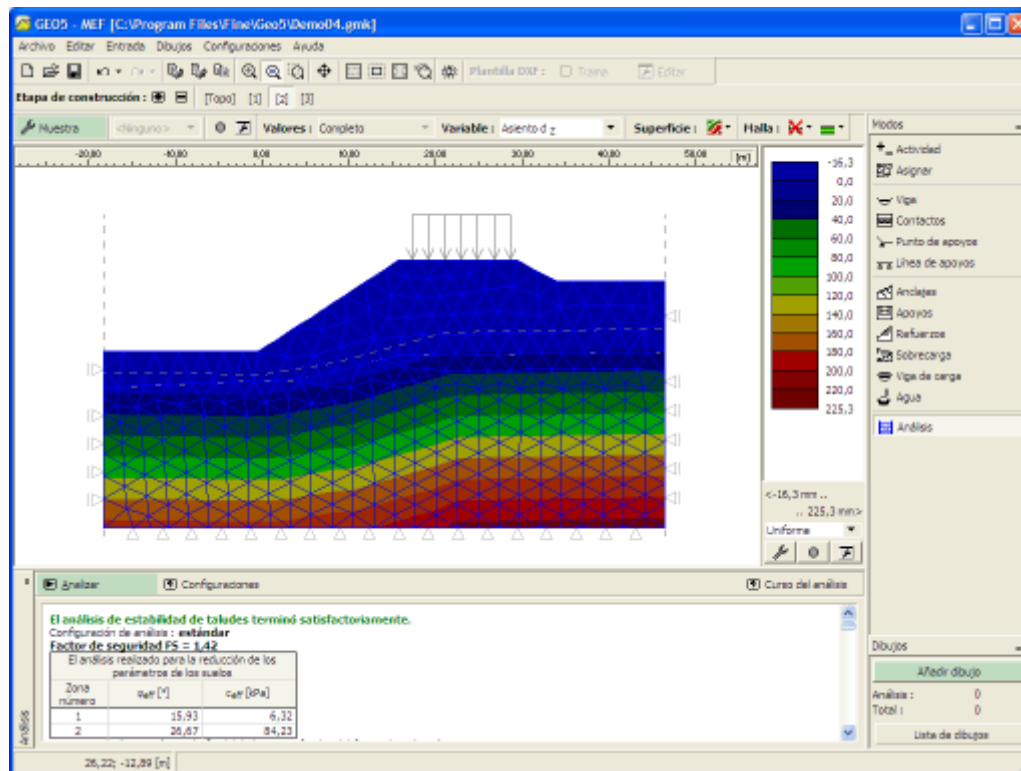
Hay tres opciones en el programa para introducir las aguas subterráneas:

- El **nivel freático** puede ser especificado como una interfaz continua debajo y sobre la superficie terrestre. En este caso, el programa automáticamente ajusta el peso unitario del suelo **debajo del nivel freático**.
- El valor de la **presión de poros** se introduce a través de isolíneas. La entrada es la misma que la **entrada de una interfaz**. Los valores de la presión de poro se insertan en la tabla "Lista de las interfaces" en la parte inferior izquierda de la pantalla. Los valores entre isolíneas se derivan de la interpolación lineal.
- La **presión de poros coeficiente** r_u representa la relación entre la presión de poros y la tensión geoestática del suelo. El valor del coeficiente r_u se especifica par diferentes isolíneas. La primera isolínea siempre coincide con la superficie terrestre. Las siguientes isolíneas se introducen de la misma forma que las interfaces de las distintas capas de suelo. El valor se introduce en la tabla "**Lista de interfaces**" en la parte inferior izquierda de la pantalla. El valor entre las isolíneas sigue la interpolación lineal.

Cuando introducimos los valores de presión de poros o el valor de los coeficientes r_u , **la unidad de peso se asume en todo el cuerpo** para igualar la unidad de peso γ , a pesar de los valores de presión de poros o del coeficiente r_u .

La forma más sencilla de introducir el agua es trazando la distribución de **presión de poros** en la pantalla de salida.

Las interfaces de agua de entrada se pueden copiar en todos los programas GEO5 2D utilizando "GeoClipboard".



Visualización de presión de poros

Análisis

El análisis se realiza para **etapas de cálculo** individuales en el cuadro "**Análisis**" luego de presionar el botón "Analizar".

Durante el análisis el programa tiende a llegar a una solución que satisfaga las cargas dadas y las condiciones límites del **equilibrio global**. En la mayoría de los casos este paso resulta en un proceso iterativo. El **proceso iterativo** y la convergencia de la solución se muestran en la pantalla.

Se puede parar el análisis presionando el botón "**Interrumpir**". El resultado está disponible para el último incremento de carga convergente.

El resultado correcto se obtiene cuando se alcanza el **100% de la carga aplicada**. Debido al **fallo de convergencia** el programa puede parar **antes de llegar al nivel de carga deseado** – solo se llega a una fracción de la carga total aplicada. En este caso es posible ajustar la configuración estándar de los **parámetros de análisis**.

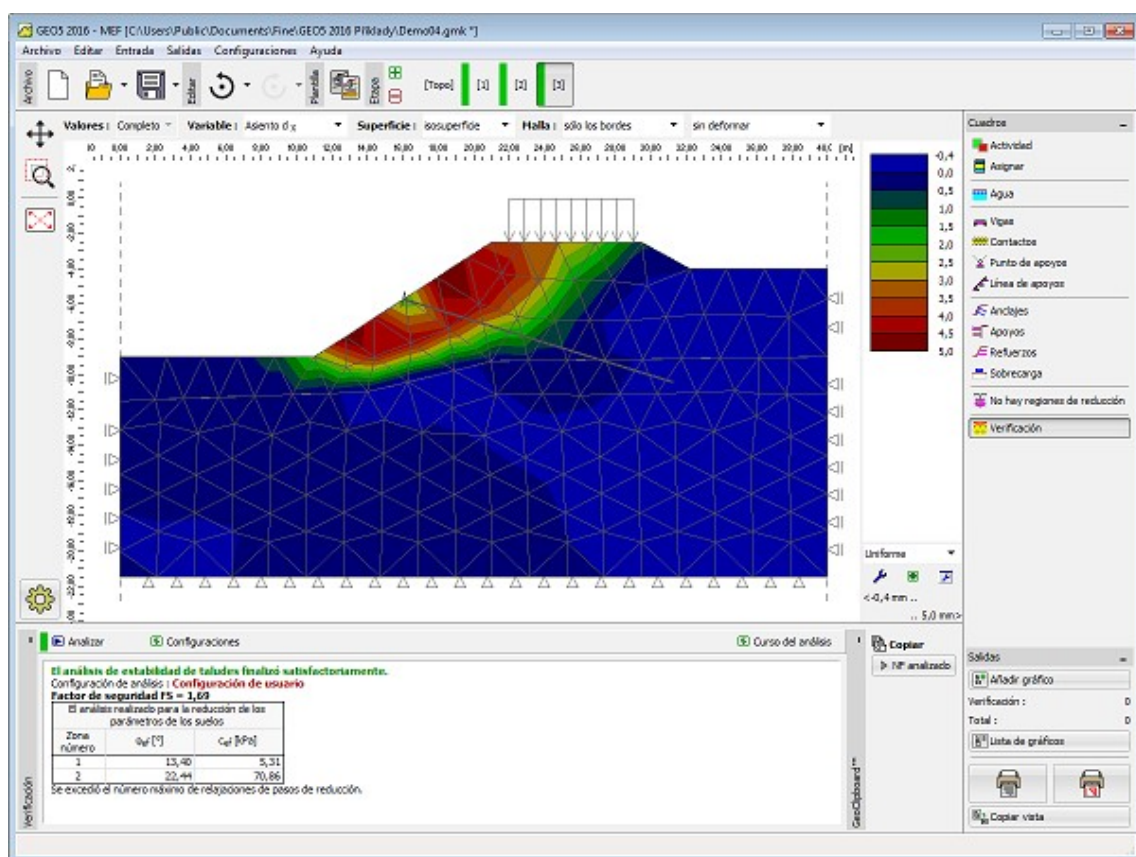
Cuando se modelan tareas de ingeniería más complicadas se sugiere al usuario a seguir el **modelo de procedimiento recomendado**.

El **análisis de flujo transitorio** puede ser seleccionado en el cuadro "**Configuración**".

El **resultado** del análisis junto con la información acerca de curso del análisis se muestra en la pantalla inmediatamente luego de completarse el análisis.

Información detallada sobre el enfoque del modelado actual se presenta en la sección "**Configuración y análisis de descripción**". La forma en la que los resultados aparecen en la pantalla pueden ser modificados en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

En caso de considerar el agua en el análisis, en la mayoría de los casos existe la posibilidad de copiar el Nivel freático analizado a **GeoClipboard** y pegarlo en otro programa.



Pantalla luego de completar el análisis

Análisis de flujo transitorio

El análisis actual procede en dos o más etapas ("Flujo de agua"), en donde la primera etapa sirve para establecer las condiciones iniciales, es decir, la distribución de la presión de poro inicial, presión inicial en la cabeza, grado de saturación y permeabilidad relativa en el inicio del análisis de flujo transitorio. Existen varias opciones disponibles para ajustar la presión de poro inicial:

- Con la ayuda del nivel freático
- Directamente con la ayuda de interfaces de la presión de poro
- Ejecución del análisis de flujo de estado estacionario

La primera opción supone una distribución hidrostática (lineal) de la presión de poro sobre la altura. Debajo del nivel freático el programa genera presiones de poros positivas, mientras que por encima del nivel freático se generan las presiones de poros negativas (succión). La segunda opción permite considerar un suelo seco, prescribiendo por ejemplo, presiones de poro negativas sobre toda la región infiltrada. La tercera opción requiere ejecutar el **análisis de estado estacionario**. Basado en el **modelo de material** asignado, el programa determina el grado inicial de saturación y permeabilidad relativa como una función de la presión de poro inicial. La Figura 1 muestra la distribución de la presión de poro inicial proporcionada por el análisis de estado estacionario para las condiciones hidráulicas asumidas. Evidentemente, sólo se presentan las presiones por debajo del nivel freático. El estado inicial en una región no saturada o parcialmente saturada que puede ser parcialmente juzgado por el trazado, por ejemplo, la distribución de grado inicial de saturación como se ve en la Figura 2. Al seleccionar la opción de **"No hay presencia de agua"** los valores de presión de poro inicial se igualan a

ceros.

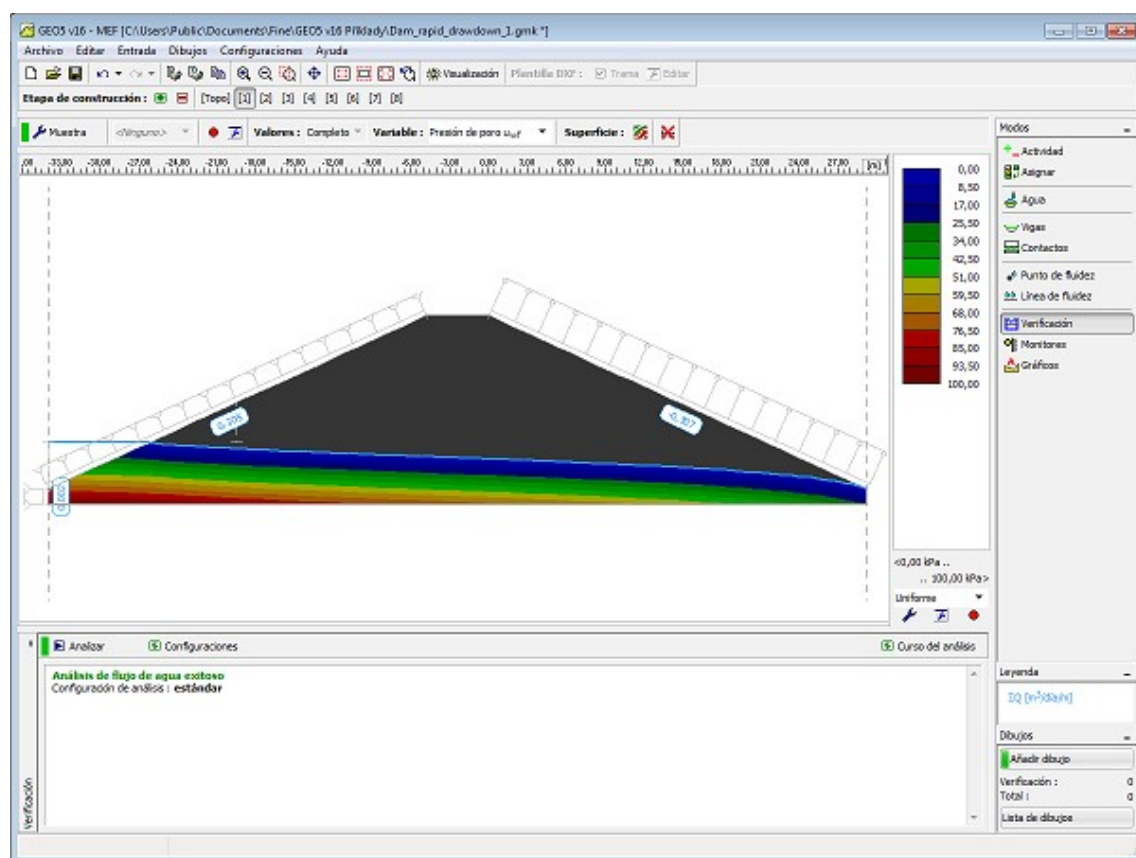


Figura 1 - Primera etapa de cálculo: Distribución de presión de poro inicial

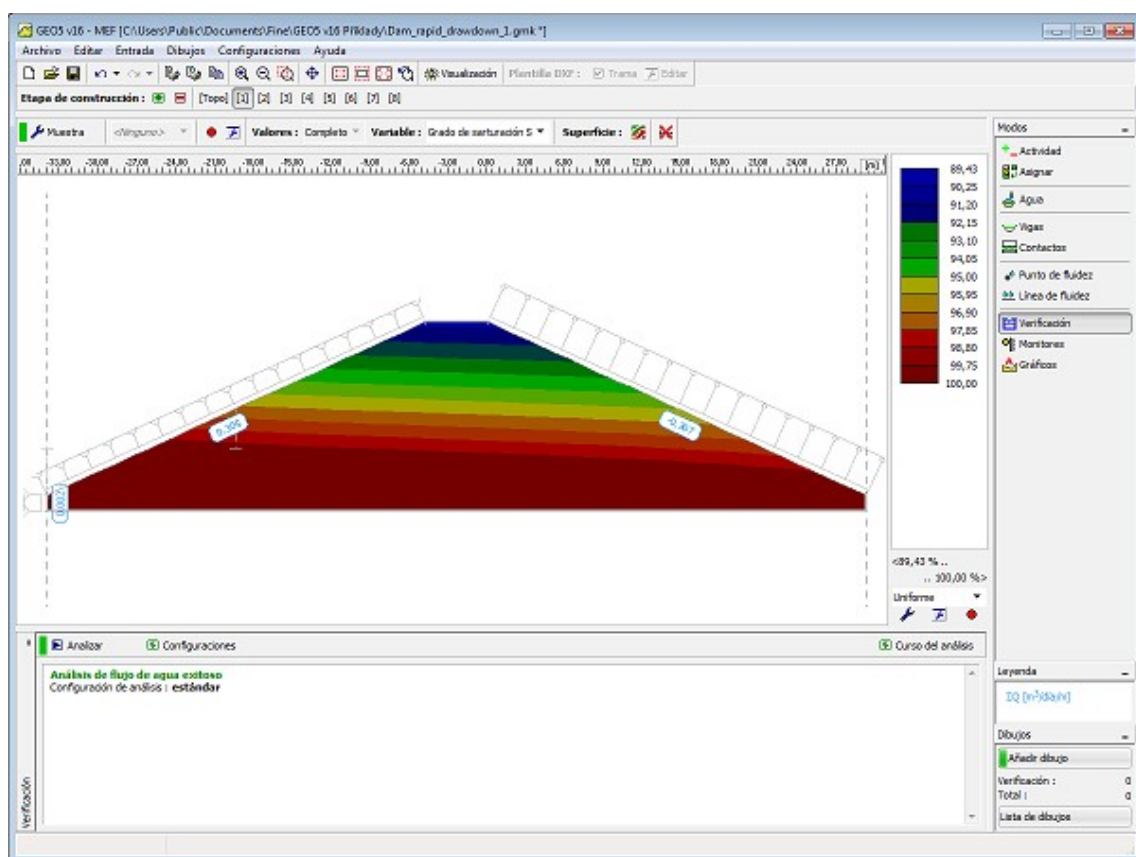


Figura 2 - Primera etapa : Distribución de grado inicial de saturación

El análisis de flujo transitorio se lleva a cabo a partir de la segunda etapa en donde la siguiente etapa sigue a la anterior. Cada etapa requiere establecer el tiempo de análisis, el tiempo depende de la variación de las condiciones límites (hidráulico) y la longitud del paso del tiempo. La versión actual del programa nos permite introducir ya sea toda la carga a la vez al comienzo de la etapa de cálculo o permite asumir que aumenta linealmente con el tiempo durante el curso de la etapa de cálculo ("Flujo de agua"). En el primer caso, el paso de tiempo inicial se establece a 1/10 del intervalo de tiempo asignado. Luego, el cálculo continúa con el tiempo asignado. Es razonable para ajustar el paso de tiempo durante el curso del análisis. Se recomienda un intervalo de tiempo más corto al comienzo del análisis. Cuando la solución se aproxima a las condiciones de estado estacionario, el paso de tiempo se puede aumentar considerablemente (por ejemplo, de 1/10 de día hasta varios días). Las figuras 3 y 4 muestran un estado intermedio y una solución de estado estacionario, respectivamente, correspondientes a un aumento repentino de la napa freática en la segunda etapa de cálculo. Las figuras 5 y 6 muestran estados similares asociados con una reducción rápida subsiguiente simulado por el restablecimiento del nivel original de la napa freática en la séptima etapa de cálculo.

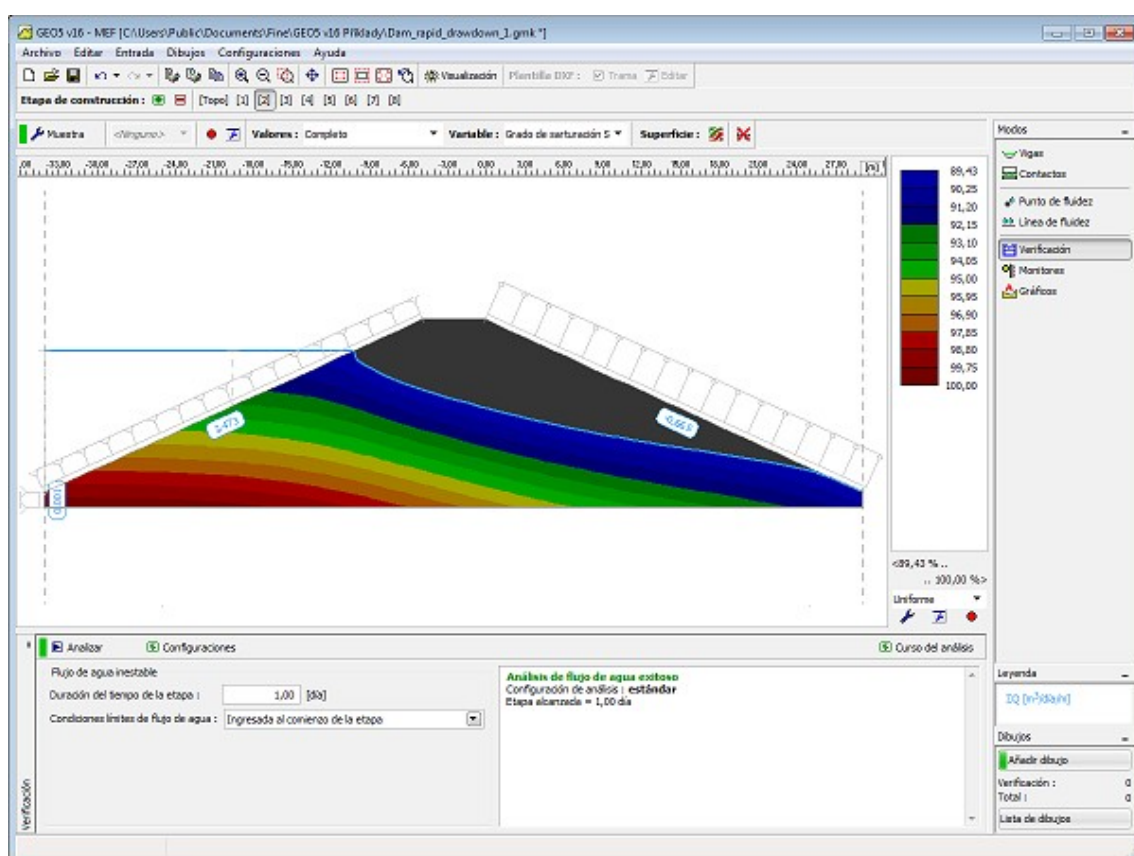


Figura 3 - Segunda etapa de cálculo: Distribución de presión de poro a un tiempo determinado

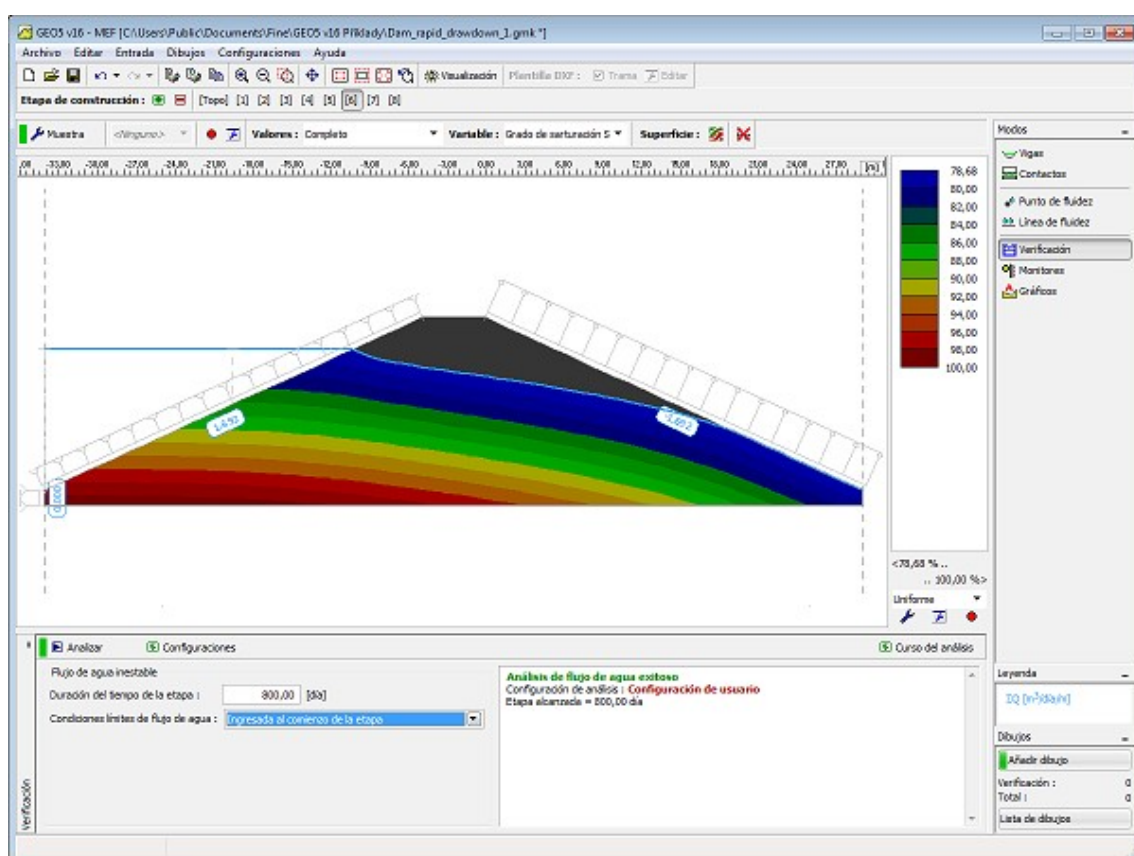


Figura 4 - Sexta etapa de cálculo: Distribución de presión de poro en estado estacionario

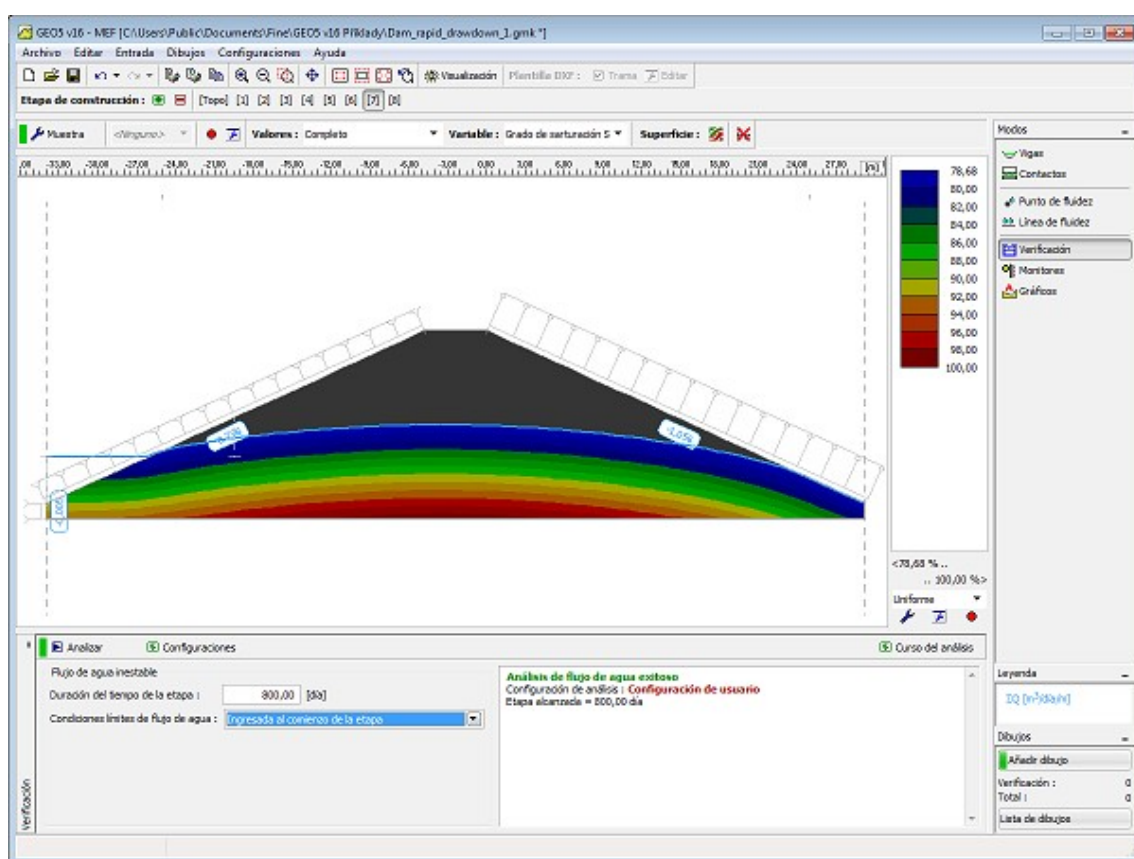


Figura 5 - Séptima etapa de cálculo: Distribución de presión de poro para un tiempo dado de análisis

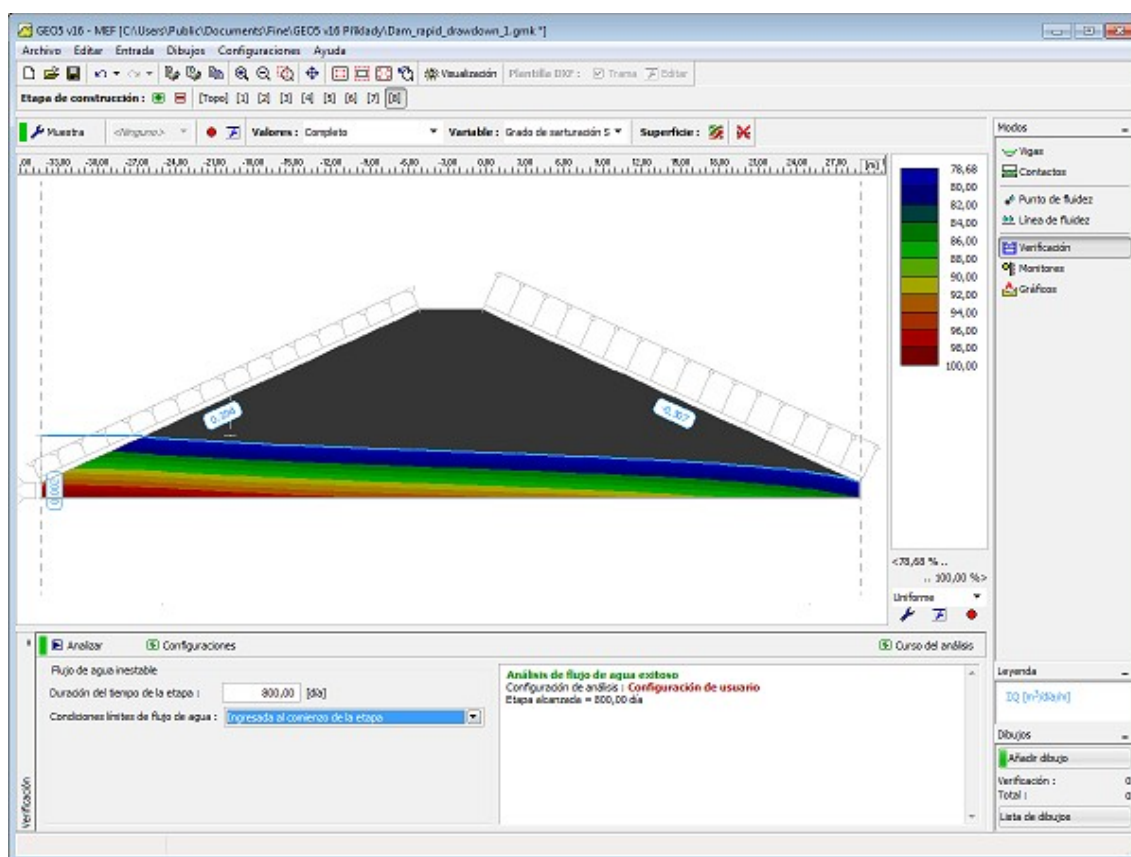


Figura 6 - Octava etapa de cálculo: Distribución de presión de poro en estado estacionario

Modelo de procedimiento recomendado

Resolver problemas geotécnicos con el método de elementos finitos es una tarea relativamente compleja. Pero aún, la mayoría de los usuarios tienden a analizar la estructura entera compleja desde el comienzo – para encontrar la causa de posibles pérdidas de convergencia puede entonces convertirse en algo muy difícil. Nosotros, sin embargo, recomendamos el siguiente enfoque:

- 1) Definir toda la Topología de la estructuras
- 2) Asumir una respuesta elástica de suelo y elementos de contacto (usar **modelos lineales**)
- 3) Generar mallas gruesas
- 4) Definir **etapas de cálculo**
- 5) Realizar el **análisis** de todas las etapas de cálculo (es suficiente con ejecutar el análisis de la última etapa de construcción – el análisis de todas las etapas previas se lleva a cabo automáticamente).
- 6) **Evaluar el curso del análisis.**

Si el análisis falla, el modelo de cálculo no es correctamente definido – ej.: Las vigas tienen muchas bisagras internas resultantes dentro de una estructura no determinando cinemáticamente, los apoyos no están enganchados correctamente a la estructura, etc. El programa contiene un número de procesos integrados de control de procedimientos para prevenir al usuario de posibles inconvenientes en la definición del modelo. Alguno de los errores, sin embargo, no pueden ser revelados antes de ejecutar el programa.

Si todas las etapas fueron analizadas exitosamente, se recomienda al usuario controlar los desplazamientos resultantes y del mismo modo también la objetividad de los parámetros de suelo utilizados y la rigidez de la estructura. Tenga en cuenta que utilizando un modelo no lineal siempre da como resultado grandes desplazamientos en comparación con el resultado de elasticidad pura – Los desplazamientos elásticos debe ser excesivamente grande, primero debemos ajustar el modelo de cálculo antes de adoptar cualquiera de los modelos de plasticidad disponibles.

Si el análisis resulta exitoso y el desplazamiento razonable, se debe continuar de la siguiente forma:

7) Reemplazar el modelo lineal por el **modelo plástico** (Mohr-Coulomb, Drucker-Prager)

8) Realizar el análisis y evaluar los resultados según el paso 6

9) Agregar elementos de contacto no lineales

10) Realizar el análisis y evaluar los resultados según el paso 6

11) Refinar y **ajustar la malla de elementos finitos** y realizar el **análisis final**.

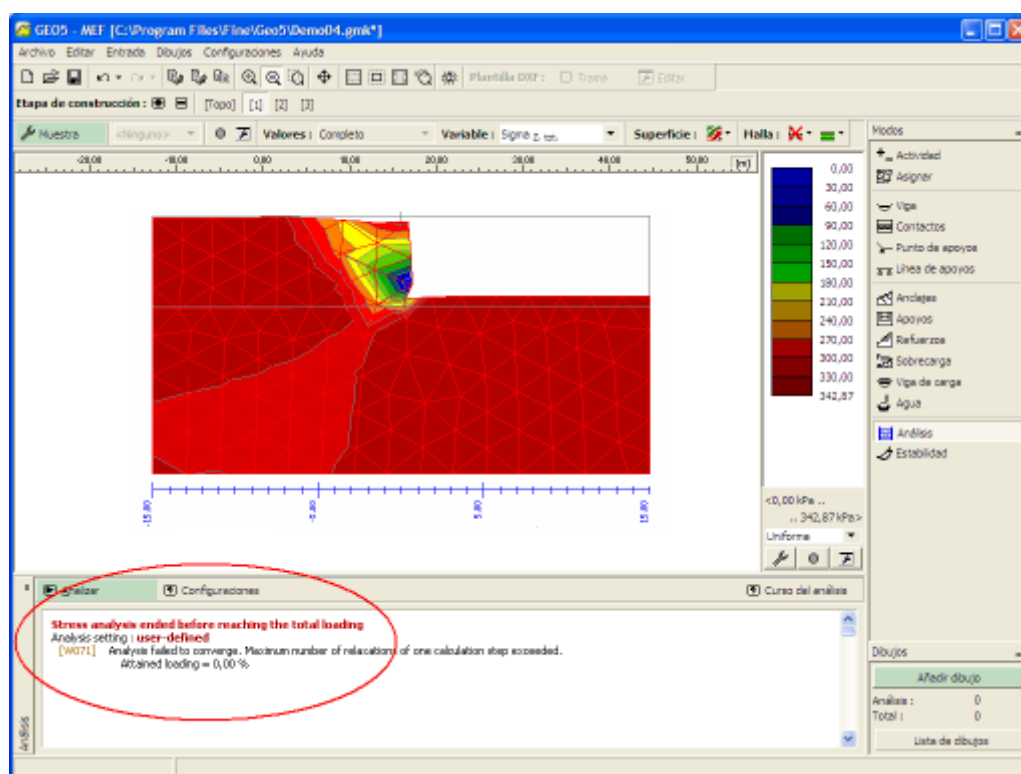
Aunque este enfoque pueda parecer engorroso y complicado, puede reducir considerablemente el tiempo cuando se busca la causa de las fallas (pérdida de convergencia) del análisis de problemas complejos.

Pérdida de convergencia en análisis no lineales

La pérdida de convergencia en una solución de análisis no lineal por ciertas **modificaciones del modelo de cálculo** – los siguientes pasos pueden ser adoptados:

- Aumento de la rigidez de la estructura
- Disminución de las cargas aplicadas
- Dividir las excavaciones de suelos en más pasos
- Mejorar los parámetros de material en suelos existentes
- Cambiar el **modelo de material** del suelo en lugares de plasticidad
- Agregar miembros de refuerzos (vigas, anclajes)
- Agregar soportes
- Cambiar la **configuración de parámetros** que afectan el proceso de iteración (aumentar el número de iteraciones)

La **distribución de la deformación plástica** puede proveer cierta explicación de porque el análisis no converge. Tenga en cuenta que la distribución de la deformación plástica equivalente localiza las regiones de la probable evolución de la insuficiencia de las superficies críticas.



Análisis no convergente - trazado de la deformación plástica equivalente

Configuración y descripción de análisis

La **configuración por defecto de los parámetros que llevan al análisis de solución** se optimiza para asegurar exactitud y eficiencia. No obstante, un usuario experimentado puede requerir cambios en la configuración por defecto, o examinar la influencia de los parámetros en la precisión y curso del análisis. La configuración de los parámetros pueden ser ajustados en el cuadro de diálogo "**Configuración de análisis**".

Sin embargo, el cambio de configuración estándar merece un **mundo de precauciones**. En particular, una configuración incorrecta puede retrasar considerablemente el proceso de cálculo, puede causar divergencia y eventualmente llevar a **resultados erróneos**.

- Método de solución
- Cambio de la matriz de rigidez
- Paso inicial de solución
- Número máximo de iteraciones
- Criterio de convergencia
- Configuración del método Newton-Raphson
- Configuración del método Arc-length
- Método línea de búsqueda
- Plasticidad

La configuración por defecto puede ser siempre recuperada presionando en botón "**Configuración por defecto**".

Método de solución

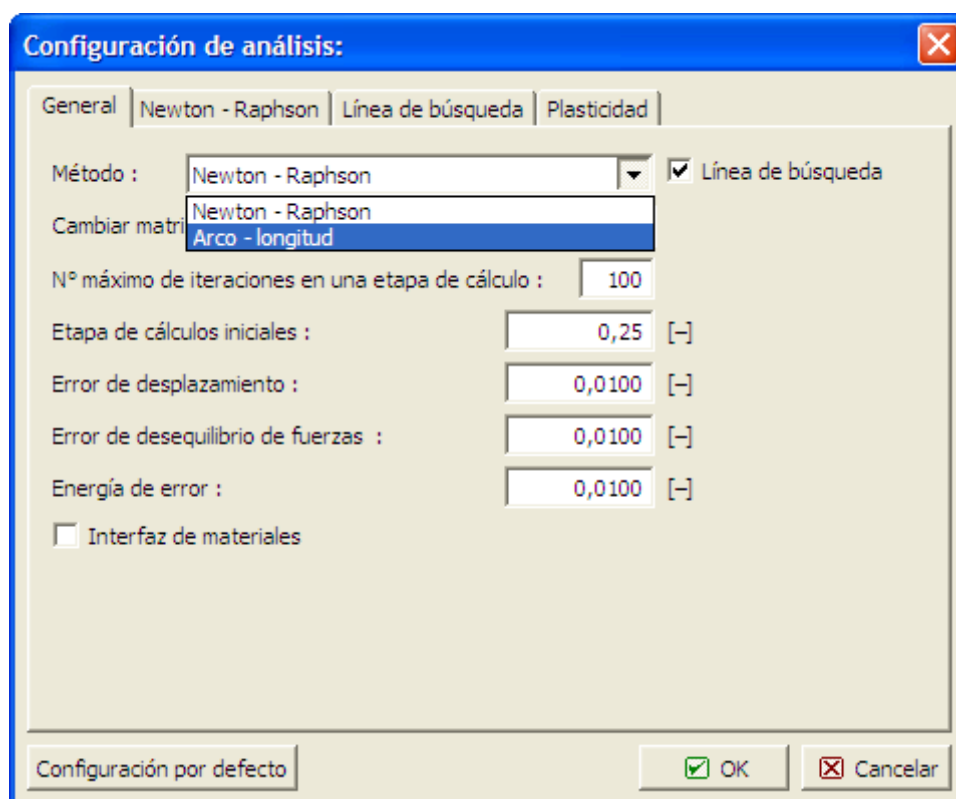
El programa GEO5 MEF sirve para analizar problemas geotécnicos que se caracterizan por respuestas no lineales del cuerpo del suelo o roca. Un análisis satisfactorio de la mayoría de los problemas llama a una solución iterativa de un problema de valores límites dados. Aplicando el método de elementos finitos (MEF) luego se conduce a una forma incremental de condiciones de equilibrio escritas como:

$$K_T \cdot \Delta u = \Delta f$$

Donde: K_T - Matriz de rigidez instantánea
 Δu - Vector de incremento de desplazamiento nodal
 Δf - Vector de incremento de fuerza fuera de balance

Ésta ecuación puede resolverse solo aproximadamente utilizando un método numérico adecuado. El objetivo de éste método es acercarse, durante el proceso de iteración, al estado de tensión y deformación que satisfaga la condición $\Delta f = 0$. Para ello el **programa ofrece 2** métodos básicos:

1. Método Newton - Raphson (MNR)
2. Método Arco - longitud (MAL)



Configuración de análisis "Configuración del método de análisis"

Cambio en la matriz de rigidez

El **método completo Newton-Raphson** asume que la tangente instantánea de la matriz de rigidez se forma en el comienzo de cada nueva iteración.

La formación de una nueva matriz de rigidez tangencial sólo al comienzo de un nuevo incremento de carga, vaya al método Newton-Raphson modificado.

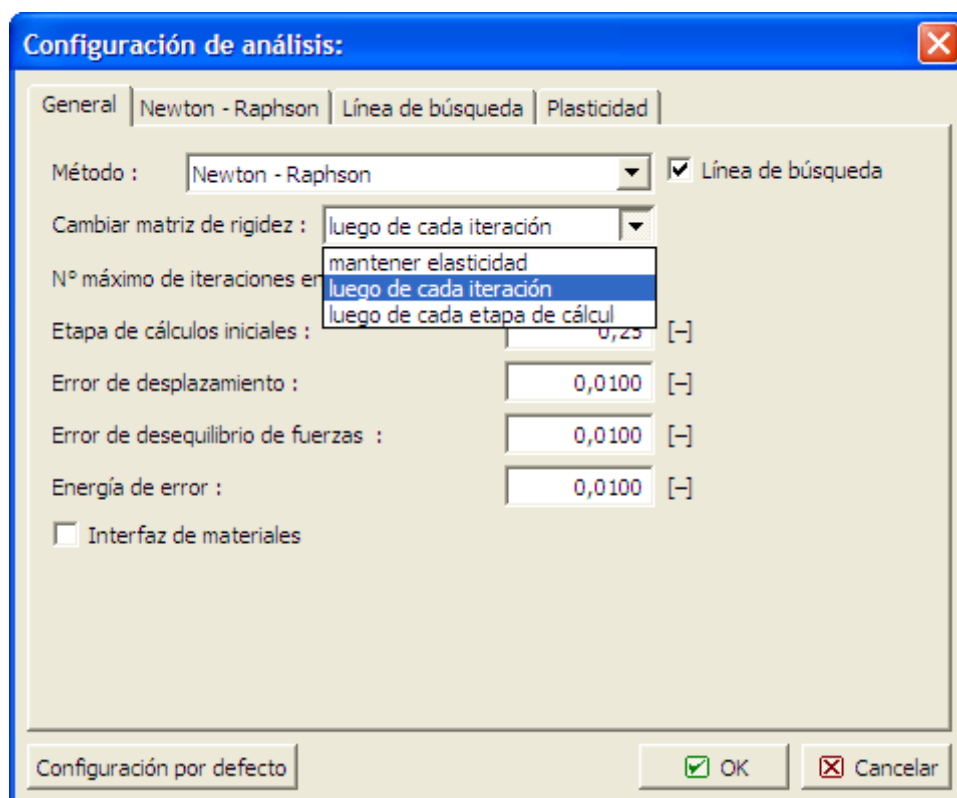
Si la matriz de rigidez está formada solo al comienzo del análisis de solución se obtiene así el llamado método de tensión inicial.

Distintos métodos pueden ser seleccionados desde el cuadro de diálogo "**Configuración de análisis**" sección "**Actualizar rigidez**". Las configuraciones correspondientes son:

1. **Mantener elasticidad** – Método de tensión inicial
2. **Luego de cada iteración** – método de Newton-Raphson completo
3. **Luego de cada etapa de cálculo** – Método de Newton-Raphson modificado

La configuración por defecto asume el algoritmo de Newton-Raphson (*actualizar rigidez luego de cada iteración*). Tenga en cuenta que la formación de la matriz de rigidez es consistente con el algoritmo de actualización de tensión. Esta formulación entonces asegura una convergencia cuadrática del método completo de Newton-Raphson (NRM) a diferencia con el modelo modificado NRM o el método de tensión inicial que, en comparación con el método completo NRM, requiere considerable atención para lograr el equilibrio.

Por otro lado, es justo mencionar que el costo de cálculo por iteración es mayormente determinado por el cálculo y la factorización de la matriz de rigidez tangencia. Asumiendo una respuesta elástica a una estructura, es claramente insensato configurar la matriz de rigidez de la estructura más de una vez (Actualizar rigidez – mantener elasticidad). De lo contrario, aumentando el grado de no linealidad, se sugieren reformulaciones de rigidez mas seguidas (Actualizar rigidez – cada iteración)



Método de Newton-Raphson - Opciones para actualizar la matriz de rigidez

Paso de solución inicial

En el análisis actual se lleva a cabo incrementalmente en varias etapas de carga hasta que se alcanza la carga prescrita en general.

El programa requiere solo que se configure la **etapa de carga inicial**.

Este parámetro representa el **relación entre la carga aplicada en una etapa de carga dado con la carga prescrita en general**.

La configuración por defecto asume un 25% de la carga prescrita total. De forma similar a lo que ya hemos mencionado se mantiene que el aumento en la complejidad de la solución desde el punto de vista no lineal, requiere reducción de este parámetro. Sin embargo, en el caso de que la **respuesta elástica**, éste parámetro puede ser fijado igual a 1, el cual corresponde a la solución de un problema dado en una etapa de carga.

Máximo número de iteraciones

Este parámetro representa el **máximo número de iteraciones permitidas** para una simple etapa de cálculo, para alcanzar el estado de equilibrio.

Superando este valor, se le pide al programa que **reduzca automáticamente el valor actual asumido para la etapa de cálculo** y que reinicie la solución desde el último nivel de cálculo que cumpla con el estado de equilibrio. Una acción similar se presenta cuando la oscilación o divergencia del programa es inminente.

Criterio de convergencia

Para que una estrategia de solución incremental basada en un método iterativo sea efectiva, es necesario seleccionar el criterio adecuado (programando tolerancia para alcanzar el equilibrio) para la **terminación del proceso de iteración**.

Tenga en cuenta que la pérdida de criterio de convergencia puede llevar a un resultado inexacto mientras que una tolerancia de convergencia muy estricta puede llevar a un incremento de costo de cálculo para llegar a un resultado de precisión superflua.

En el programa la convergencia se controla con el cambio de incremento del desplazamiento nodal, el cambio de fuerzas fuera de equilibrio e incluso el cambio de energía interna. El último criterio nos da una cierta idea de cómo ambos desplazamientos y fuerzas se acercan a sus valores de equilibrio. Las configuraciones correspondientes son:

1. **Tolerancia de error de desplazamiento** – Tolerancia a los cambios en el aumento del vector de desplazamiento.
2. **Tolerancia de fuerzas fuera de equilibrio** – Tolerancia al cambio de la fuerza fuera de equilibrio.
3. **Tolerancia al error de energía** – Tolerancia al cambio de energía interna.

La configuración por defecto es 0,01 para **todas las tolerancias convergentes**.

Configuración del método Newton-Raphson

Con el método de Newton-Raphson el curso de iteración puede ser dirigido configurando los siguientes parámetros.

- 1) **Factor de relajación** – representa el valor de la reducción de la etapa de carga actual para reiniciar la presentación de la solución no convergente. Un nuevo valor para la etapa

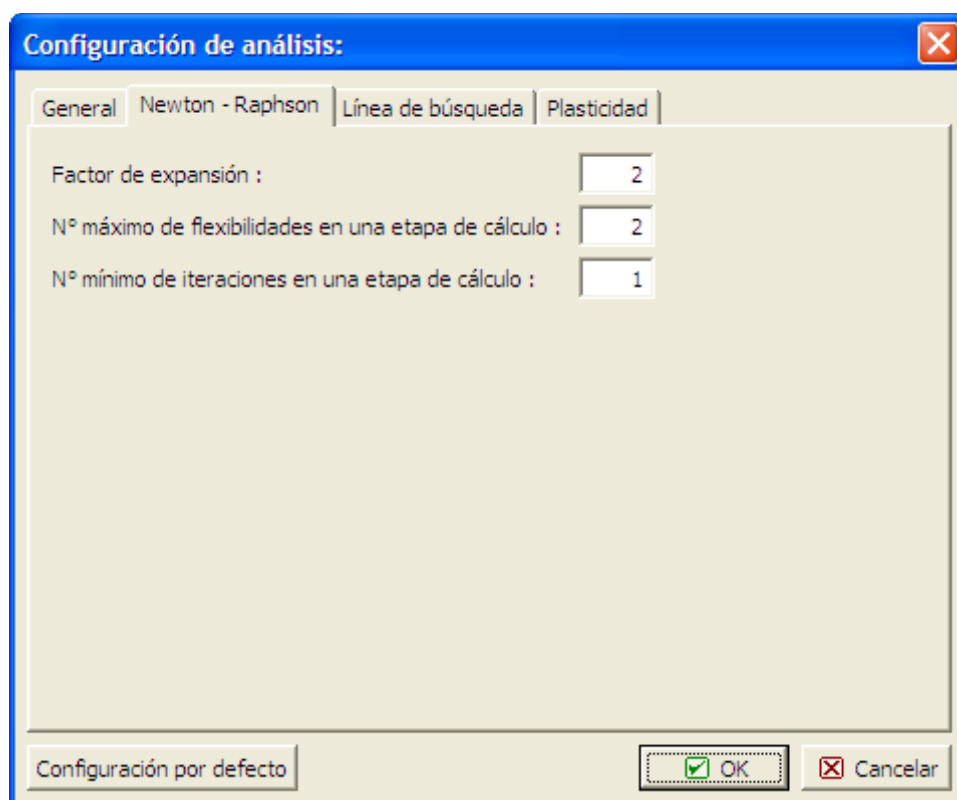
de carga se encuentra en la siguiente expresión:

Nueva etapa de carga = antigua etapa de carga / factor de relajación

- 2) Máximo N° de relajaciones** *para una etapa de carga simple* - Este parámetro determina cuantas veces es posible invocar la acción anterior durante el análisis. Cuando se sobrepasa este valor se pide que el programa finalice el análisis. El resultado luego está disponible para el último nivel de carga exitosamente convergente.
- 3) Mínimo N° de iteraciones** *para una etapa de carga simple* - Este parámetro permite acelerar el análisis. En particular, proporcionando el número de iteraciones para converger en el último paso de carga, es menor que el mínimo estipulado, la etapa de carga de una nueva carga incremental aumenta de la siguiente forma:

Nueva etapa de carga = antigua etapa de carga * factor de relajación

La configuración por defecto de los parámetros anteriores corresponde a los valores mostrados en la siguiente pantalla:



Parámetro que dirigen el proceso de iteración

Configuración del método Arco-longitud

El método de Arco-longitud (MAL) es un método relativamente robusto particularmente conveniente para la solución de problemas que requieren la búsqueda para colapsos de carga en una estructura. El análisis de estabilidad de la estructura de la tierra (taludes, terraplenes) es solo un ejemplo particular de esta tarea. De forma diferente al NRM donde la solución es dirigida puramente por los incrementos de cargas prescritos, MAL introduce un parámetro adicional representando una cierta restricción en el valor de carga incrementado en un paso de carga dado. El valor de la etapa de carga así depende del curso de iteración y es directamente

relacionado con la longitud del arco seleccionado.

La suposición básica del método es que la carga prescrita varía proporcionalmente durante su cálculo. Esto significa que un nivel particular de las cargas aplicadas puede ser especificado de la siguiente manera:

$$\bar{F} = \lambda.F$$

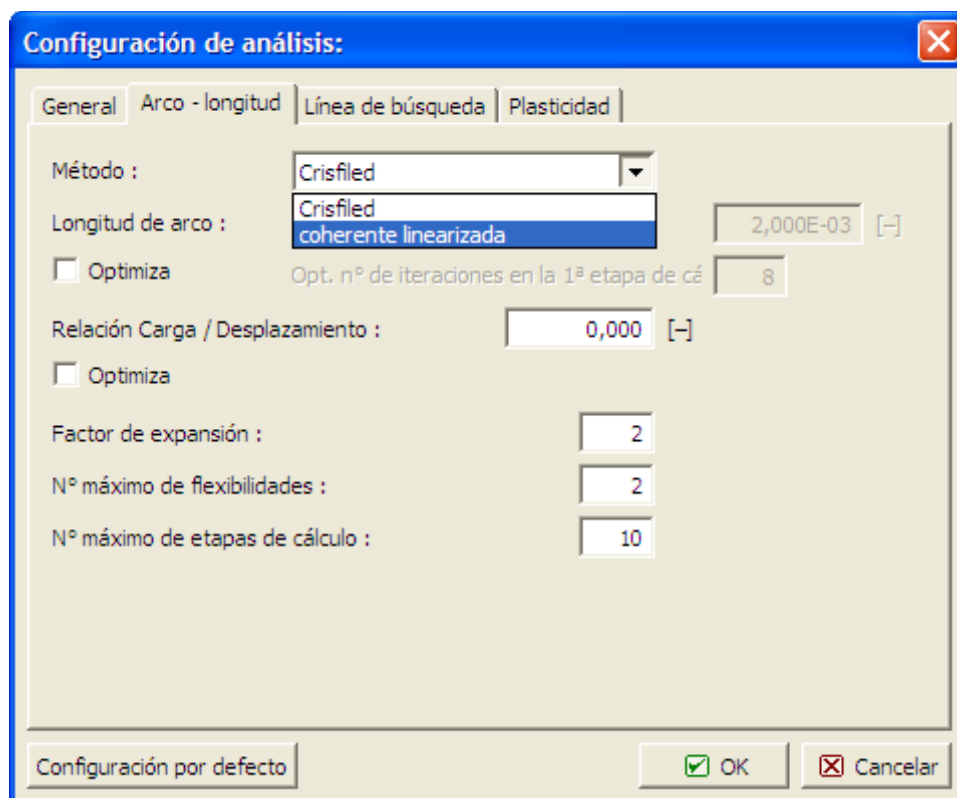
Donde:

- F - Facción actual de la carga total aplicada
- λ - Coeficiente de proporcionalidad
- F - Carga general prescrita

Tenga en cuenta, que con MAL el vector de carga **F** representa solo una cierta referencia de la carga que se mantiene constante durante todo el proceso de cálculo. El valor actual de la carga al final del cálculo es igual a λ multiplicado por **F**; $\lambda < 1$ representa el estado cuando la actual capacidad portante de la estructura es menor a la carga de referencia prescrita. Si λ al final del proceso de cálculo excede el valor 1, el programa automáticamente ajusta la longitud del arco con el fin de que la solución converja en el valor $\lambda = 1$ con una tolerancia seleccionada igual a 0,01 (1% de la carga máxima aplicada). Este valor no puede ser cambiado.

La bibliografía ofrece un número de formulación MAL. El programa soporta el método de sugestión de Crisfield y el método de lineamiento consistente propuesto por Ramm. El último es considerado más simple que el método de Crisfield, al menos desde el punto de vista de la formulación. Por otro lado es considerado menos robusto. El método configurado por defecto es el de Crisfield.

Otro parámetro importante de éste método es "Configuración de Arco-longitud" y "Control automático de Arco-longitud".



Arco-longitud – Configuración del tipo método Arco-longitud

Configuración de Arco-longitud

El arco-longitud es el parámetro básico que afecta a la respuesta del cálculo. Un indicador para la selección del arco-longitud puede ser el curso de iteración en las etapas de soluciones previas. A pesar de esto, el programa habilita las siguientes configuraciones:

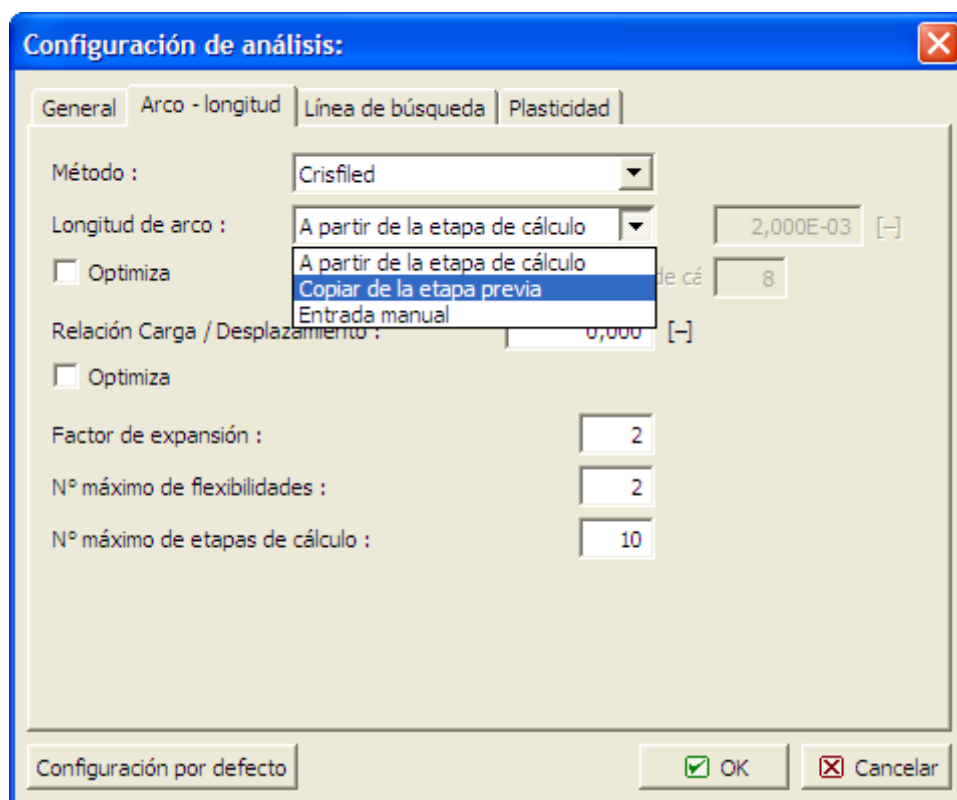
1. **Determinar desde la etapa de cálculo** – el arco-longitud es determinado automáticamente desde la etapa de cálculo inicial.
2. **Copiar de la etapa previa** – el valor del arco-longitud al final de la etapa de cálculo previa se utiliza como valor de inicio de la nueva etapa. Esta opción se activa en la segunda etapa de construcción.
3. **Entrada manual** – El valor del arco-longitud se puede introducir manualmente.

En el caso en que la respuesta de la estructura pueda ser predicha, se recomienda utilizar la primera opción. Dependiendo del curso del cálculo es posible ajustar el valor del arco-longitud y repetir el cálculo. En ningún caso, sin embargo, es posible asegurar convergencia para un valor arbitrario de arco-longitud seleccionado. De forma similar a MNR, si se producen problemas de convergencia, el programa permite la reducción del arco-longitud actual y reinicia el cálculo.

El siguiente parámetro que conduce el proceso de iteración es el *Nº máximo de etapas de cálculo*. El programa permite llevar a cabo un número prescrito de etapas de cálculo proporcionadas:

- El parámetro λ sobrepasa 1
- El número máximo de relajaciones del arco-longitud esta sobrepasado

Si proporcionando el análisis, se termina debido al exceso del número máximo de etapas de cálculo prescritas y el parámetro λ es menor a 1, es necesario aumentar el número de etapas y reinicia el análisis.



*Arco-longitud – Configuración del tipo método Arco-longitud***Control automático del Arco-longitud**

La estrategia de control automático del Arco-longitud, constituye una muy importante parte en la implementación de cualquier método numérico. El programa hace posible ajustes adaptables al arco-longitud actual para nuevas etapas de cálculo dependiendo del curso de iteración en pasos previos por la activación de la opción **Optimizar**.

El programa luego intenta seleccionar un valor de arco-longitud que mantenga el número de iteraciones deseado en cada fase de carga necesaria para la convergencia – Opción: **Opt. N° de iteraciones en la 1ra etapa**.

El siguiente parámetro que dirige el proceso de iteración es la relación **carga/desplazamiento**. Este parámetro representa un factor escalar, el cual ajusta la escala de cargas dadas por el parámetro λ y desplazamiento del vector \mathbf{u} . Proporcionando este parámetro lo suficientemente grande el análisis es dirigido esencialmente por la carga incrementada. Configurando este parámetro como nulo (configuración por defecto) se obtiene lo que se denomina MAL cilíndrico y el análisis será dirigido por el desplazamiento incremental. Este enfoque es mas estable y recomendado por el autor. No obstante, El programa permite optimizar este parámetro activando la opción "**Optimizar**". En este caso el valor actual de este parámetro se establece como el parámetro de rigidez actual de Bergan que proporciona una medida escalar del grado de linealidad. Con el aumento del grado de no linealidad este parámetro disminuye. En las proximidades del colapso de carga el valor de este parámetro se acerca a cero y la solución está dirigida por el incremento del desplazamiento. Esta estrategia también soporta el uso del método cilíndrico teniendo el parámetro **relación carga/desplazamiento** igual a cero. Como configuración por defecto esta opción se deshabilita.

The screenshot shows a software dialog box titled "Configuración de análisis:" with a close button (X) in the top right corner. It has four tabs: "General", "Arco - longitud" (selected), "Línea de búsqueda", and "Plasticidad". The "Arco - longitud" tab contains the following settings:

- Método : Crisfiled (dropdown menu)
- Longitud de arco : A partir de la etapa de cálculo (dropdown menu) and 2,000E-03 [-] (text box)
- ☐ Optimiza (checkbox) and Opt. n° de iteraciones en la 1ª etapa de cá 8 (text box)
- Relación Carga / Desplazamiento : 0,000 [-] (text box)
- ☐ Optimiza (checkbox)
- Factor de expansión : 2 (text box)
- N° máximo de flexibilidades : 2 (text box)
- N° máximo de etapas de cálculo : 10 (text box)

At the bottom, there is a "Configuración por defecto" button, an "OK" button with a green checkmark, and a "Cancelar" button with a red X.

Arco-longitud – Control automático Arco-longitud

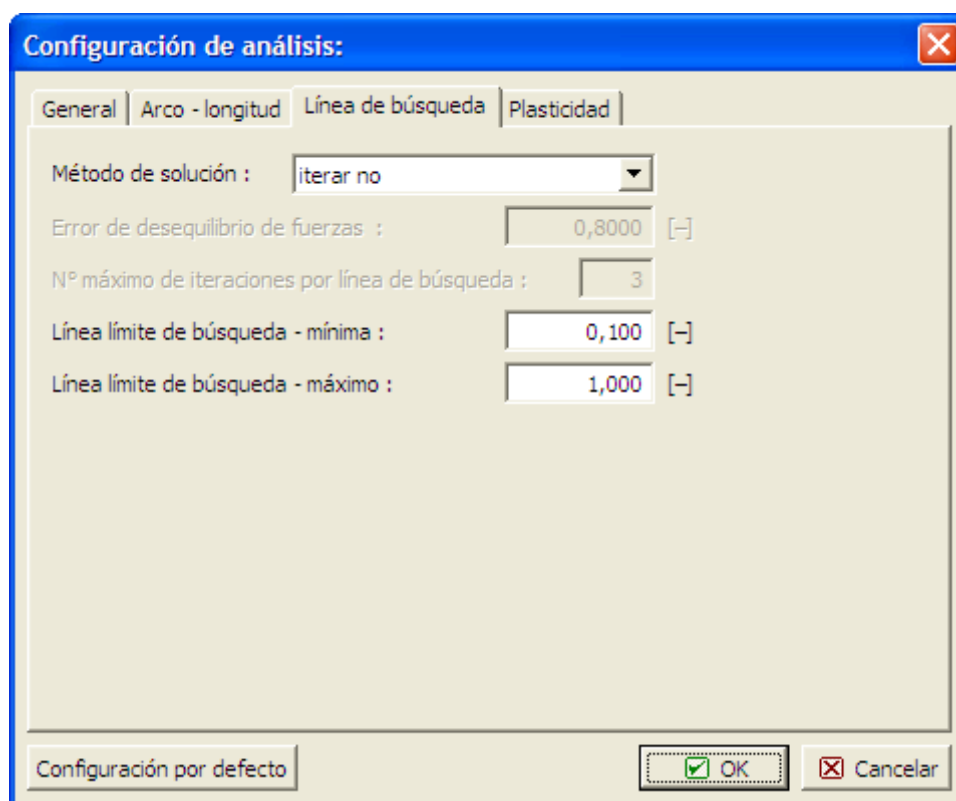
Método Línea de búsqueda

El objetivo básico de este método es determinar una escala múltiple que pueda utilizarse como escala en el incremento de desplazamiento actual de tal forma que se satisface el equilibrio en cualquier dirección. El vector de desplazamiento actual el final de las i-th iteraciones se vuelve:

$$u_i = u_{i-1} + \eta \cdot \Delta u$$

Consecuentemente, el proceso de cálculo es acelerado, $\eta > 1$, o amortiguado $\eta < 1$. Obviamente utilizando el método de línea de búsqueda en cada iteración, la expensa de las iteraciones aumenta. Por otro lado, este inconveniente se compensa por un número menor de interacciones necesarias para la convergencia, evitando la posibilidad de discrepancia o de oscilación en el proceso de iteración. Por defecto el uso de la línea de búsqueda está habilitado.

A un usuario no experimentado se recomienda emplear la configuración por defecto que se muestra en la figura:



Configuración del método línea de búsqueda

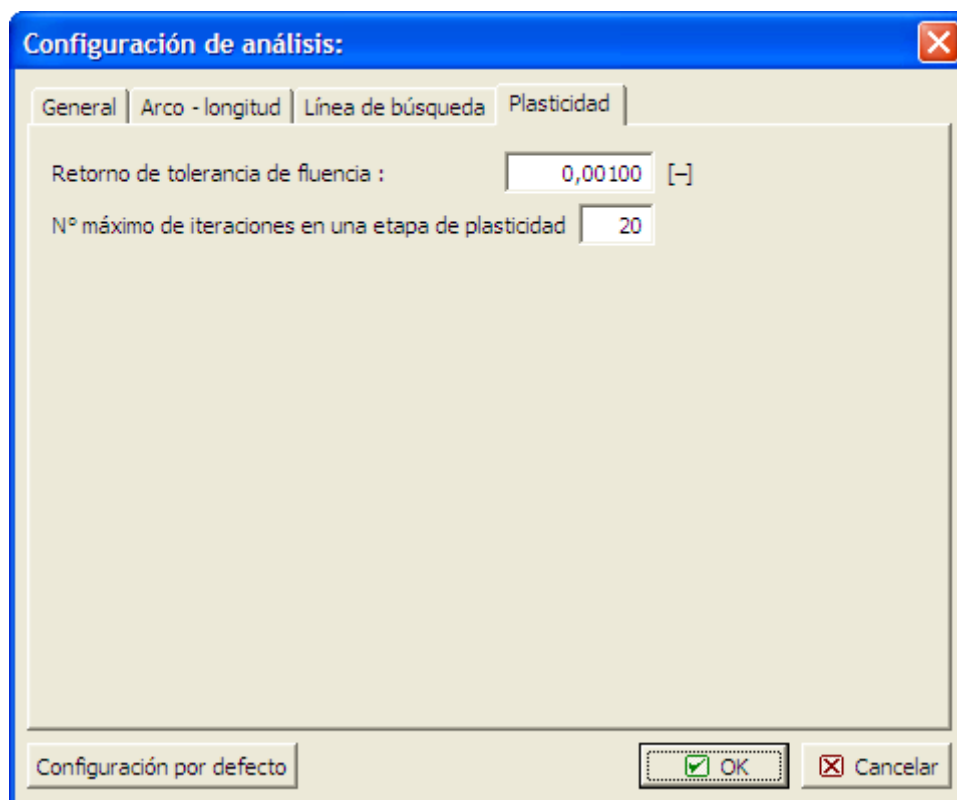
Plasticidad

El cuadro de diálogo **Plasticidad** sirve para configurar los parámetros de manejo del proceso de actualización de tensión.

El parámetro **Devolver tolerancia de fluencia de la superficie**, sugiere la tolerancia para satisfacer la condición de fluencia seleccionada. Asumiendo un ablandamiento/endurecimiento no lineal como en el caso de un modelo Cam Clay modificado, el retorno de la tensión de fluencia requiere un proceso de iteración.

El número máximo de iteraciones permitidas es dado por el **Número máximo de iteraciones para una etapa de plasticidad**. Cuando empleamos la versión rígida-plástica de Mohr- Coulomb, el modelo de Drucker-Prager o el modelo modificado de Mohr-Coulomb, ese parámetro no se aplica.

El valor por defecto recomendado, se muestra en la figura.



Cuadro "Plasticidad"

Curso del análisis

El curso del análisis se puede visualizar desde la parte inferior de la pantalla.

Un análisis **elástico** es completado en **un paso de cálculo**. Un análisis no lineal se realiza en varios pasos - La carga externa aumenta gradualmente en varias **etapas de cálculo**. El análisis se completa en forma satisfactoria cuando el 100% de la carga requerida es alcanzada.

La **configuración de los parámetros por defecto** que dirigen el análisis de solución es optimizada para asegurar suficiente exactitud y eficiencia en el análisis. No obstante, un usuario experimentado puede requerir el cambio en la configuración por defecto, o examinar la influencia de los parámetros en exactitud y curso del análisis. La configuración de parámetros puede ajustarse en el cuadro de diálogo "**Configuración y descripción de análisis**".

El parámetro:

- **Porcentaje de carga alcanzado** determina el porcentaje de la carga general (valor esperado) al final de la etapa de cálculo actual, suponiendo una convergencia exitosa de la etapa de cálculo actual.
- **Longitud de paso** proporciona el factor de escala actual para la determinación del incremento de la carga en etapa de carga actual.

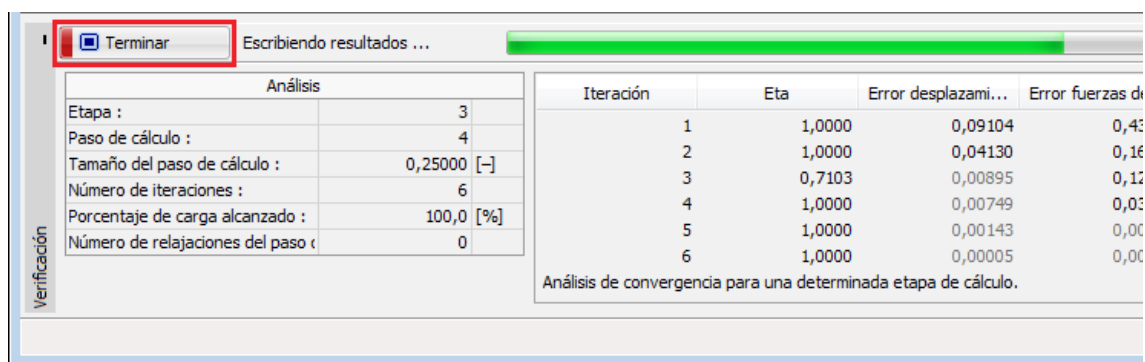
- **Factor de seguridad** se corresponde con el valor esperado del factor de seguridad para asumir una convergencia exitosa para los parámetros dados c , ϕ .

El curso de iteración dentro de una etapa de carga dada se caracteriza por el cambio de los parámetros de convergencia:

- η : parámetro del método línea de búsqueda
- Cambio en el incremento del desplazamiento
- Cambio en la fuerza de equilibrio
- Cambio en la energía interna

Si estos tres errores son más pequeños que el **error de tolerancia** (puede editarse en el cuadro de diálogo "**Configuraciones**"), el análisis se da por terminado.

El botón "**Interrumpir**" sirve para terminar el proceso de cálculo. El resultado entonces está disponible para el último nivel de carga que cumpla con el estado de equilibrio.



Curso del análisis

Resultados

La visualización de resultados es una de las características más importantes del programa. El programa permite seleccionar entre distintos estilos de salidas de gráficos básicos, los cuales se definen en el cuadro de diálogo "**Configuración de gráficos : Análisis**".

- Dibujo de la **mallla deformada**
- Gráfico de superficie de variables desarrolladas **dentro del cuerpo del suelo/roca** (el valor total o sus incrementos con respecto a otras etapas de cálculo pueden desaparecer)
- **Fuerzas internas** distribuidas a lo largo de las vigas, contactos
- **Fuerzas en anclajes y fuerzas de reacción**
- **Curva de depresión**
- **Sección inclinada** de las variables
- **Vector y direcciones** de las variables

Para mostrar los resultados el programa emplea el siguiente **sistema de coordenadas**.

La barra de herramientas "**Resultados**" en la parte superior de la pantalla, sirve para seleccionar las variables que se van a mostrar y de la forma en la que deben mostrarse en la pantalla. El esquema de color se muestra en la parte derecha del escritorio. Configuraciones particulares pueden ser ajustadas utilizando la barra de herramientas del "**Esquema de color**".

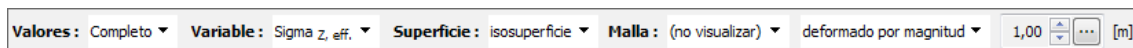
Configuración la salida en forma apropiada puede consumir un tiempo considerable, para ello

el programa ofrece un sistema confortable de **almacenamiento y manejo de varias configuraciones**.

Todas las salidas y resultados seleccionados pueden ser luego impresos desde el **protocolo de análisis**.

Barra de resultados

La Barra de resultados contiene los siguientes elementos de operaciones:



Barra de herramientas "Configuración de visualización de gráficos"

Los distintos elementos operan de la siguiente manera:

Valores: Completo ▼	Valores en estado de análisis	<ul style="list-style-type: none"> Muestra valores calculados (totales o valores incrementales con respecto a la etapa de de construcción seleccionada)
Variable: Sigma z, eff. ▼	Variable tipo	<ul style="list-style-type: none"> Muestra la variable seleccionada
Superficie: isosuperficie ▼	Superficie trazada	<ul style="list-style-type: none"> Habilita o deshabilita las isolíneas e Isosuperficie
Malla: sólo los bordes ▼	Malla	<ul style="list-style-type: none"> Habilita o deshabilita el estilo de trazado de las malla MEF (solo bordes según la configuración en el cuadro de diálogo "Configuración de gráficos : Análisis")
sin deformar ▼	Desplazamiento de trazados	<ul style="list-style-type: none"> Selecciona el estilo de trazado de la malla: sin deformar - deformada por la magnitud - deformada por el coeficiente

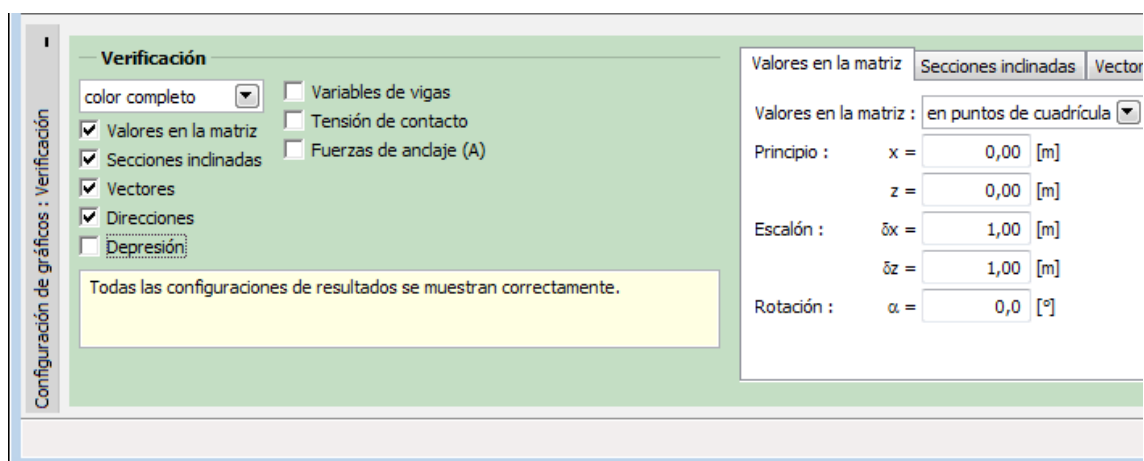
La barra de herramientas contiene los **elementos de operaciones más utilizados** que se necesitan ver en el escritorio. Detalles de configuración de estilos de trazados de resultado están disponibles en el cuadro de diálogo "**Configuración de gráficos : Análisis**".

De forma similar a otros programas, en el sistema GEO5, el resultado puede ser guardado e impreso. El estilo de trazado puede ser ajustado en el cuadro "**Configuración de gráficos**".

Configuración de gráficos : Análisis

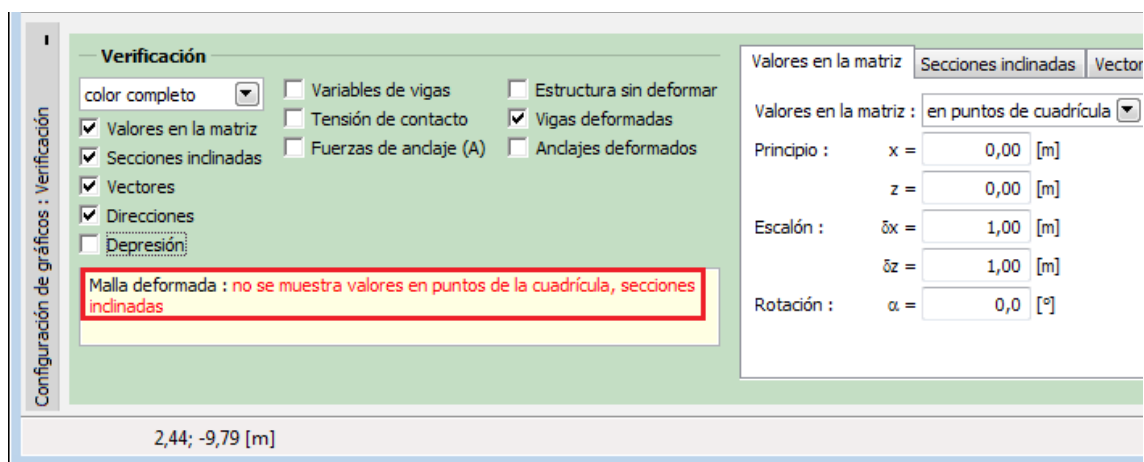
El cuadro de diálogo "**Configuración de gráficos : Análisis**" sirve para seleccionar el tipo de variable que va a ser mostrada y de qué forma. Diferentes configuraciones pueden ser guardadas utilizando la barra de herramientas "**Vistas guardadas**".

La solapa "**Valores en la matriz**" sirve para configurar los parámetros básicos que dirigen la visualización de las variables de superficie y malla EF – Las otras solapas se utilizan para definir tipos de salidas.



Cuadro "Configuración de gráficos" - Solapa "Valores en la matriz"

Debido a la claridad de la representación gráfica no es posible trazar todos los resultados **al mismo tiempo**. No es posible trazar la malla deformada al mismo tiempo que la distribución de las fuerzas internas a lo largo de las vigas – solo una de estas dos puede aparecer. Si una combinación inaceptable es seleccionada, se muestra un mensaje de advertencia en la parte inferior del cuadro de diálogo. El siguiente ejemplo muestra una combinación inaceptable de *malla deformada/ valores en puntos de cuadrícula* establecidos la barra "Barra de resultados".



Advertencia de conflicto en el trazado de los resultados

Lista de variables

Se pueden mostrar las siguientes variables (valores en el cuerpo del suelo/roca).

Lista de variables mostradas en el programa – variables básicas:

Indicación	Descripción	Variabl e	Unidad
Asiento d_Z	Desplazamiento en la dirección Z	d_z	[mm]
Asiento d_X	Desplazamiento en la dirección X	d_x	[mm]

Sigma $Z, tot.$	Tensión normal total en la dirección Z	$\sigma_{z, tot}$	[kPa]
Sigma $Z, eff.$	Tensión normal efectiva en la dirección Z	$\sigma_{z, eff}$	[kPa]
Presión de poro u	Presión de poro	u	[kPa]
Sigma $X, tot.$	Tensión normal total en la dirección X	$\sigma_{x, tot}$	[kPa]
Sigma $X, eff.$	Tensión normal efectiva en la dirección X	$\sigma_{x, eff}$	[kPa]
Tau $X, Y.$	Tensión de corte	τ_{xz}	[kPa]
Epsilon $eq.$	Deformación equivalente	ε_{eq}	[-]
Epsilon $eq., pl.$	Deformación plástica equivalente	$\varepsilon_{eq, pl}$	[-]

Lista de variables mostradas en el programa – Variables disponibles en el régimen "Opciones avanzadas del programa".

Indicación	Descripción	Variabl e	Unidad
Epsilon $_{vol.}$	Deformación volumétrica	$\varepsilon_{vol.}$	[-]
Sigma $_{m, tot.}$	Tensión Normal Total principal	$\sigma_{m, tot}$	[kPa]
Sigma $_{m, eff.}$	Tensión Normal Efectiva principal	$\sigma_{m, eff}$	[kPa]
Sigma $_{eq.}$	Deformación deviatoria equivalente	J	[kPa]
Epsilon $_{vol, pl}$	Deformación plástica volumétrica	$\varepsilon_{vol, pl}$	[-]
Epsilon $_X$	Deformación Normal en dirección X	ε_x	[-]
Epsilon $_Z$	Deformación Normal en dirección Z	ε_z	[-]
Gama $_{XZ}$	Deformación de corte en el plano XZ	γ_{xz}	
Epsilon $_{1, princ.}$	Deformación principal máxima	$\varepsilon_{1, princ}$	[-]
Epsilon $_{2, princ.}$	Deformación principal intermedia	$\varepsilon_{2, princ}$	[-]
Epsilon $_{3, princ.}$	Deformación principal mínima	$\varepsilon_{3, princ}$	[-]
Sigma $_{1, princ.}$	Tensión principal máxima	$\sigma_{1, princ}$	[kPa]

$\text{Sigma}_{2, \text{princ.}}$	Tensión principal intermedia	$\sigma_{2, \text{princ}}$	[kPa]
$\text{Sigma}_{3, \text{princ.}}$	Tensión principal mínima	$\sigma_{3, \text{princ}}$	[kPa]
$\text{Epsilon}_{X, \text{pl}}$	Tensión plástica Normal en la dirección X	$\varepsilon_{X, \text{pl}}$	[-]
$\text{Epsilon}_{Z, \text{pl}}$	Tensión plástica Normal en la dirección Z	$\varepsilon_{Z, \text{pl}}$	[-]
$\text{Gama}_{XZ, \text{pl.}}$	Deformación plástica de corte en el plano XZ	$\gamma_{XZ, \text{pl}}$	

Monitores

El cuadro **"Monitores"** contiene una **tabla** con un listado de entrada de monitores. Para **añadir** un monitor se utiliza el **cuadro de diálogo "Nuevo monitor"**. Puntos o líneas de monitores pueden ser introducidas. El cuadro de diálogo luego sirve para especificar las coordenadas del monitor y actividades del monitor.

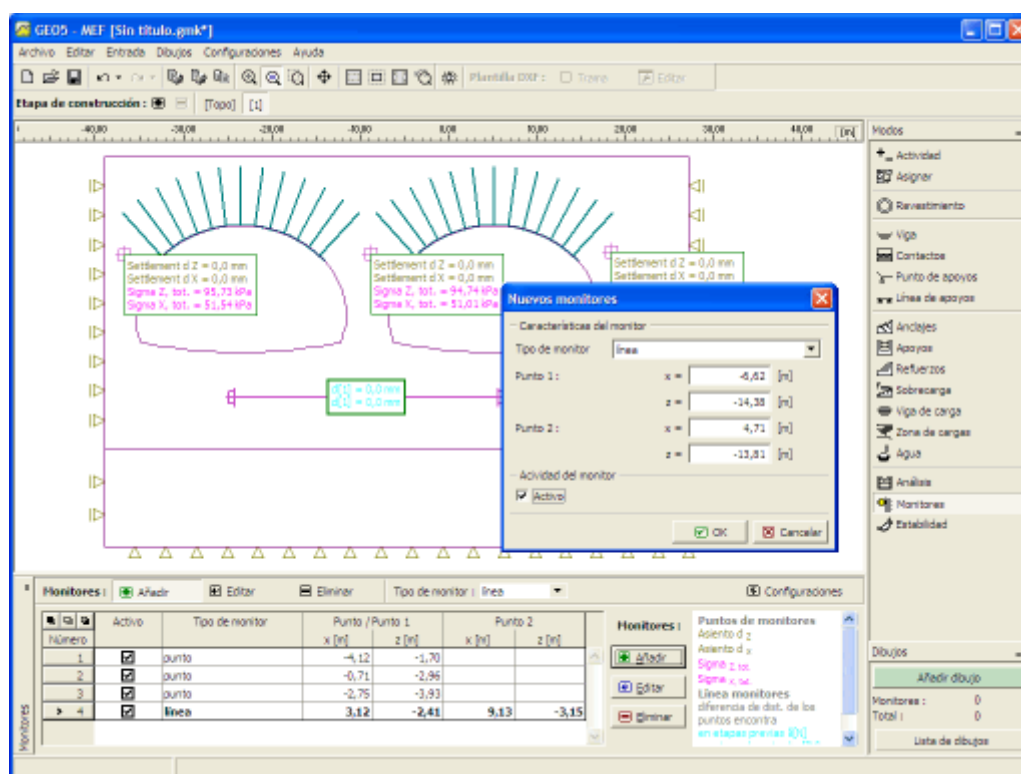
Los monitores introducidos también pueden ser editados en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

El programa permite para introducir un número arbitrario de punto y líneas de monitores en cualquier lugar en la estructura e incluso fuera de ella. Los monitores tienen varias funciones:

- mostrar valores de la **variable** en el punto dado (punto-monitor)
- mostrar valores con las diferencias de distancias entre dos puntos en comparación con la **etapa previa** $d[N]$ o en comparación con la etapa de entrada, donde N es el número de etapa (línea-monitor)

Los monitores de punto almacenan también los valores de las variables registradas durante el análisis en las etapas individuales. Estos pueden ser escritos en un protocolo de salida o utilizados para **crear gráficos**.

La lista de variables mostradas en distintos monitores se establece en el cuadro de diálogo **"Configuración de monitor"**. Para abrir la ventana utilizar el botón **"Configuración"** en la barra de herramientas horizontal **"Monitores"**.



Cuadro "Monitores"

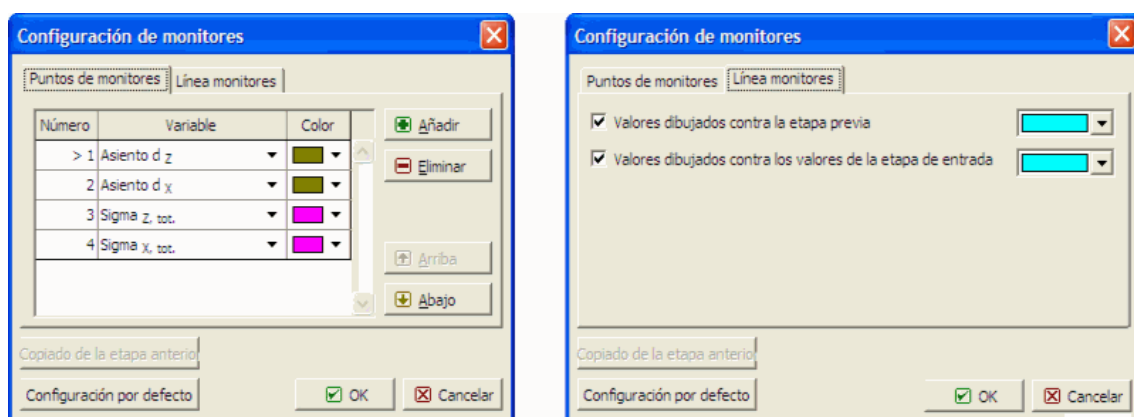
Configuración de monitores

El cuadro de diálogo "**Configuración de monitores**" sirve para establecer las **variables** cuyos valores serán mostrados en el monitor dado (puntos-monitor). Configurando la lista de variables dadas, se puede adoptar de la etapa previa de construcción utilizando el botón "**Adoptar de la etapa previa**".

Cuatro variables se muestran por defecto. Las variables adicionales pueden ser añadidas a la lista utilizando el botón "**Añadir**". La variable puede ser eliminada de la lista utilizando el botón "**Eliminar**".

Para las líneas-monitor el cuadro de diálogo sirve para activar el muestreo de valores en comparación con la etapa previa o la etapa de entrada, respectivamente.

En ambos casos, puntos y líneas-monitor es posible especificar el rango de color para el muestreo de valores.



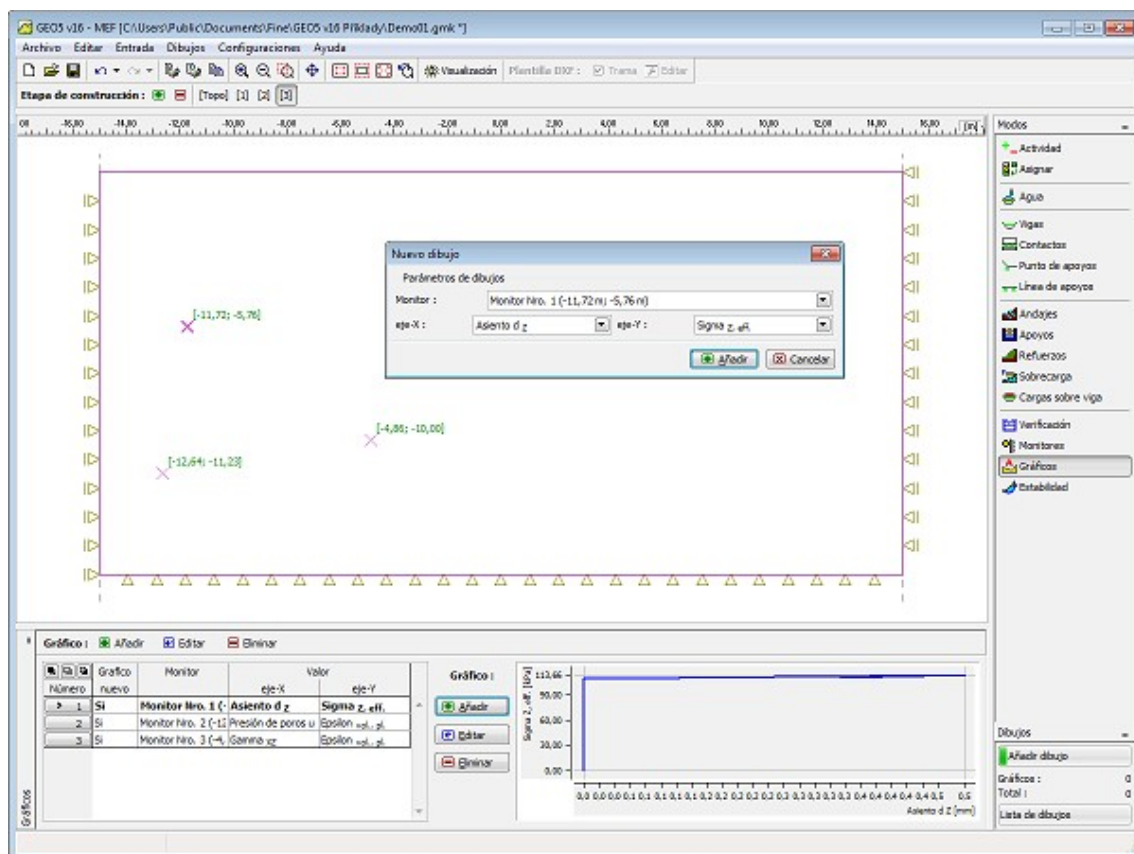
Cuadro "Configuración de monitor"

Gráficos

El **cuadro** de "**Gráficos**" contiene una **tabla** con la lista de gráficos de entrada. Para **añadir** monitores utilice la **ventana de diálogo "Nuevo Gráfico"**. Esta ventana de diálogo sirve para ingresar el número de **monitores** para el que se creará el gráfico y las variables adoptadas para el eje X e Y respectivamente.

Los gráficos también se pueden editar en el escritorio con la ayuda de los **objetos activos**.

El programa permite para la introducción de un número arbitrario de gráficos en los puntos de **monitores** de entrada. Los gráficos le permiten para el trazado de una dependencia mutua de las variables individuales almacenados en los monitores durante el curso del análisis.



Cuadro "Gráficos"

Estabilidad

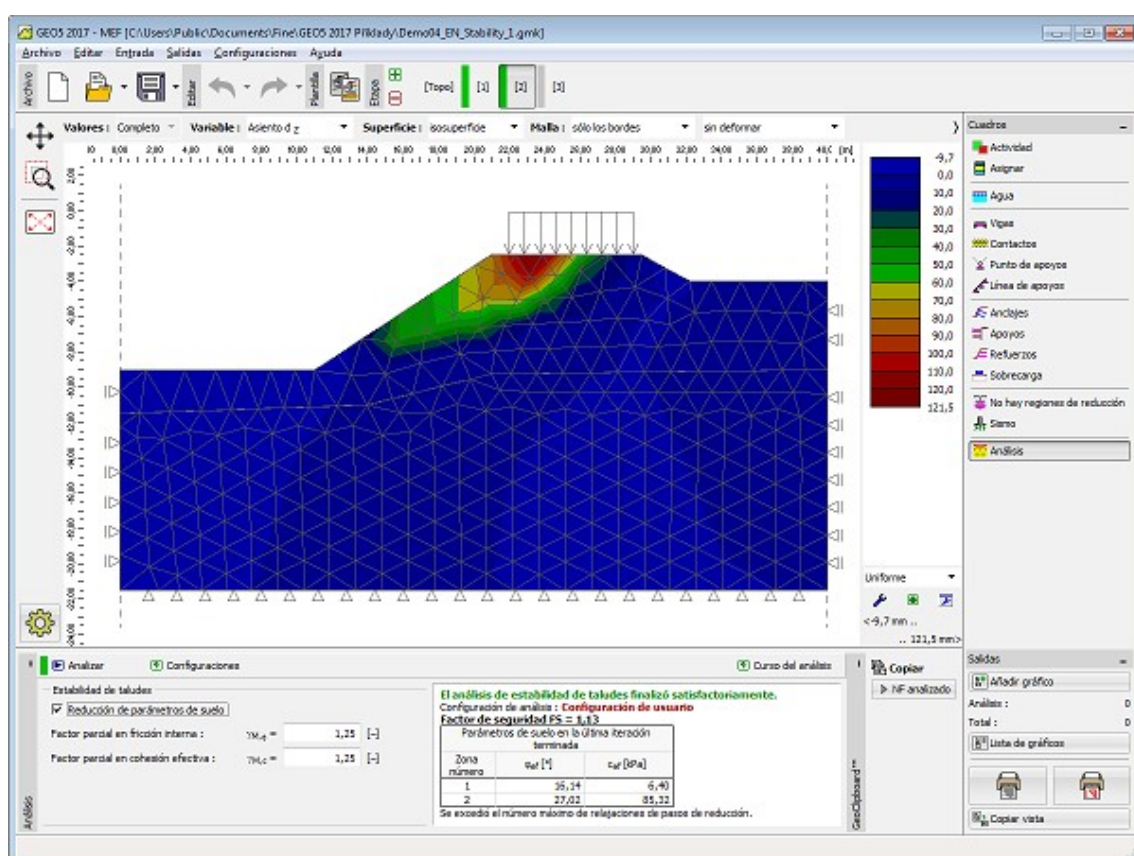
En el análisis de estabilidad (factor de seguridad) el programa **reduce los parámetros de rigidez original** – ángulo de fricción interna y cohesión – hasta que provoque una falla. El análisis entonces resulta dentro del **factor de seguridad** que corresponde a los métodos clásicos de límites de equilibrio.

El **análisis** factor de seguridad requiere utilizar **elementos de nodo-seis**. Desde que el deslizamiento plástico es el mecanismo principal de la falla, también se requiere utilizar para todos los suelos, el modelo de **Mohr-Coulomb**, el modelo modificado de **Mohr-Coulomb**, o el modelo de plasticidad **Drucker-Prager**. La **configuración** por defecto puede ser modificada en el cuadro de diálogo "**Configuración de análisis**".

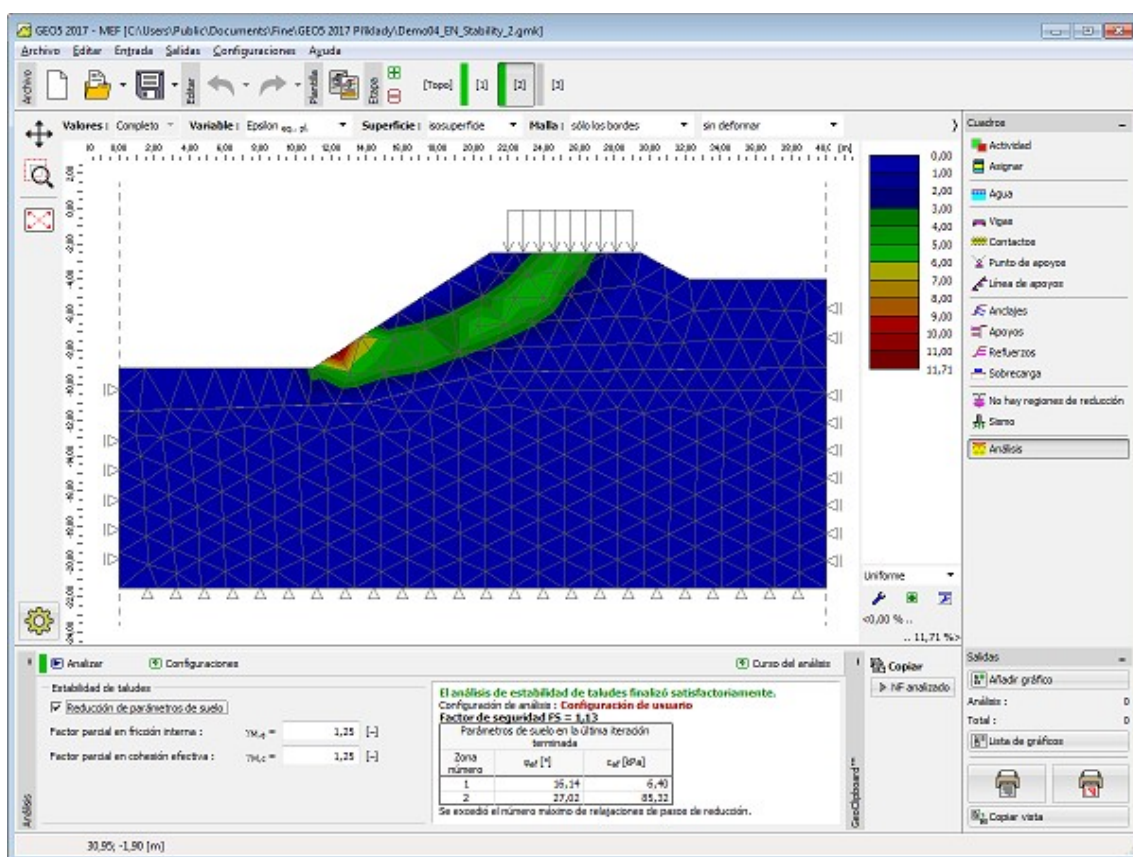
En el modo de análisis de estabilidad las únicas variables disponibles para representación gráfica son los **desplazamientos** (en las direcciones Z y X), el total equivalente y la **deformación** plástica. La deformación del cuerpo del suelo corresponde al estado de falla alcanzado por la reducción de los parámetros del suelo – Sin embargo, no corresponde al estado real de deformación del cuerpo del suelo. En su lugar, provee una buena perspectiva al inicio de la falla, sobre la respuesta de la pendiente completa de una estructura de tierra.

Una posible forma de presentar los resultados del análisis de estabilidad, es con los **vectores de desplazamiento** trazados junto con la **deformación plástica equivalente**. La ubicación de la deformación plástica proporciona evidencia visible sobre la posible ubicación de la **superficie de deslizamiento crítica**.

El programa permite analizar la estabilidad de pendiente según la teoría del estado límite o EN1997-1, enfoque de diseño 3. En el cuadro ingresamos el **factor parcial de fricción interna** $\gamma_{M,\phi}$ y el **factor parcial sobre la cohesión efectiva** $\gamma_{M,c}$, los que reducen los parámetros del suelo. Si utilizamos la reducción según EN 1997 ($\gamma_{M,\phi} = 1,25$, $\gamma_{M,c} = 1,25$), la pendiente es satisfactoria para $FS = 1,00$.



Cuadro "Estabilidad"



Trazado de la deformación plástica equivalente – superficie de deslizamiento

Configuración de parámetros básicos del análisis de estabilidad de taludes

El análisis de factor de seguridad está basado en la suposición de que el total de la carga aplicada en el cuerpo del suelo/roca se introduce en un paso de carga simple. El actual factor de seguridad es evaluado utilizando el **método de reducción de parámetros de fuerza** c , ϕ . Con respecto al factor de seguridad se define como un múltiplo escalar que reduce los parámetros originales c , ϕ para llegar al estado de falla.

Matemáticamente, el **factor de seguridad** se expresa como:

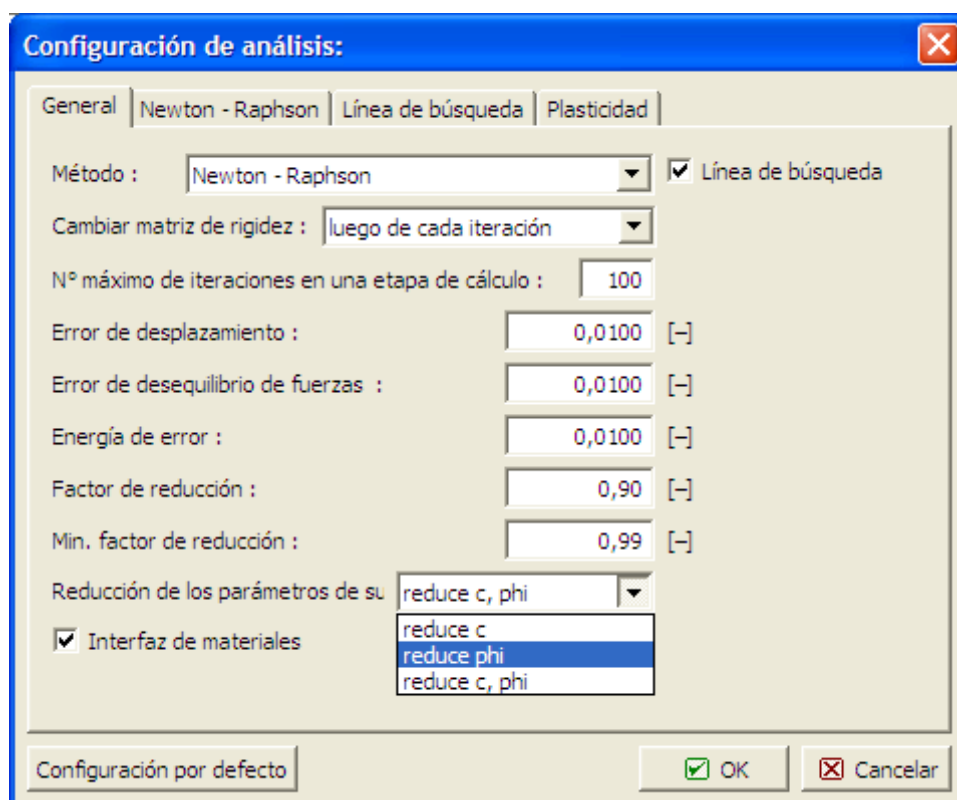
$$F = \frac{\tan \phi^{orig}}{\tan \phi^{failure}}$$

Donde:

- $\phi^{original}$ Valor original del ángulo de fricción interna
- $\phi^{failure}$ Valor del ángulo de fricción interna en la falla

La búsqueda del valor crítico del factor de seguridad quiere una modificación sistemática (reducción) de los parámetros c , ϕ que conducen al fracaso. En el sistema de MNR el estado de falla es determinado como el estado por el cual la solución no es convergente. El proceso de búsqueda para c , ϕ críticos está dirigido por los siguientes parámetros:

1. **Reducción:** factor de reducción (multiplicador escalar) para reducir los parámetros c , ϕ . Durante el transcurso del análisis ese parámetro es **actualizado progresivamente**.
2. **Factor de reducción mínimo:** Valor límite, bajo el cual el valor de reducción del factor de reducción no deberá fallar durante el proceso de búsqueda. Este parámetro asegura que el cálculo no continuará por valores bajos innecesarios del factor de reducción. Este es uno de los parámetros que finalizan el proceso de búsqueda.
3. **Reducción de parámetros de suelo:** Este parámetro permite definir que parámetro c o ϕ debe ser reducido. La configuración por defecto asume que ambos parámetros se reducen al mismo tiempo.



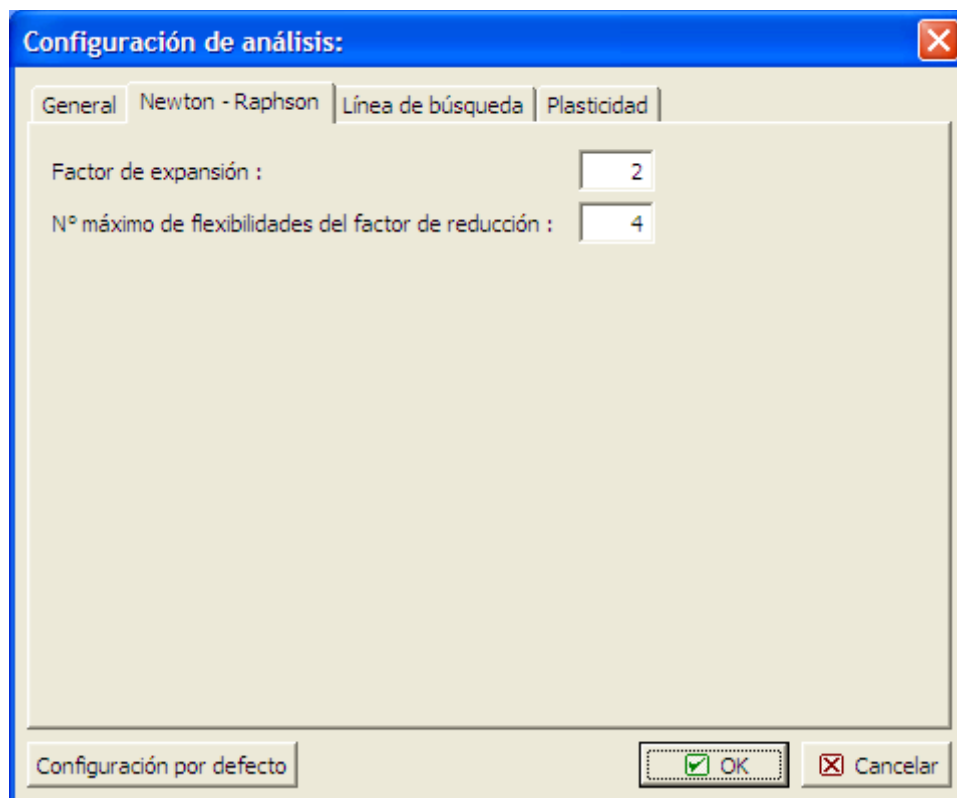
Parámetros básicos del análisis de estabilidad de taludes

Configuración de los parámetros que conducen la relajación de la reducción de parámetros

De manera similar al análisis estándar el programa ajusta el valor del factor de reducción. Ofrece la solución no convergente para un determinado conjunto de parámetros c , ϕ , el factor de reducción se relaja y el análisis se reinicia. Este enfoque es dirigido por los parámetros configurados en "**Configuración de análisis**" - solapa **Newton Raphson**.

El "**Factor relajación**" sirve para reducir el valor actual del factor de reducción con parámetros c , ϕ . El análisis finaliza cuando el valor del factor de reducción cae por debajo del mínimo o el número máximo de reducción permitida es sobrepasado. Cuando seleccionamos el modelo MNR, el programa permite determinar el parámetro c , ϕ , que traen un cuerpo de suelo a un estado estable en los casos donde no se encuentra la solución de parámetros originales c , ϕ . El programa luego procede de la forma contraria, de manera que los parámetros c ,

ϕ son **sistemáticamente incrementados hasta que se encuentra una solución estable.**



Parámetros que dirigen el proceso de reducción de los parámetros de fuerza c , ϕ

Sin Regiones de reducción

El cuadro "Sin Regiones de reducción", contiene la tabla de regiones definidas donde los parámetros de resistencia no se reducen durante el análisis de la estabilidad.

La entrada de las regiones es idéntica a la entrada de interfaces estándar.

En el análisis de estabilidad podemos definir las regiones en donde los parámetros de resistencia ϕ y c no se reducen.

Las regiones sin reducción se ingresan en la etapa de construcción seleccionada por límite poligonal. La reducción de los parámetros de resistencia se previene en cada elemento finito que está - al menos parcialmente - situado dentro de la región

Las regiones sin reducción de los parámetros de resistencia son útiles en situaciones en las que el análisis de estabilidad no produce superficie de corte global y donde la cinemática de falla junto con el valor del factor de seguridad no son fiables.

La característica es aplicable a todos los modelos de materiales admisibles en el análisis de estabilidad, es decir,

- Mohr-Coulomb
- Modificado Mohr-Coulomb
- Drucker-Prager

Otros modelos de materiales no están permitidos en el análisis de estabilidad.

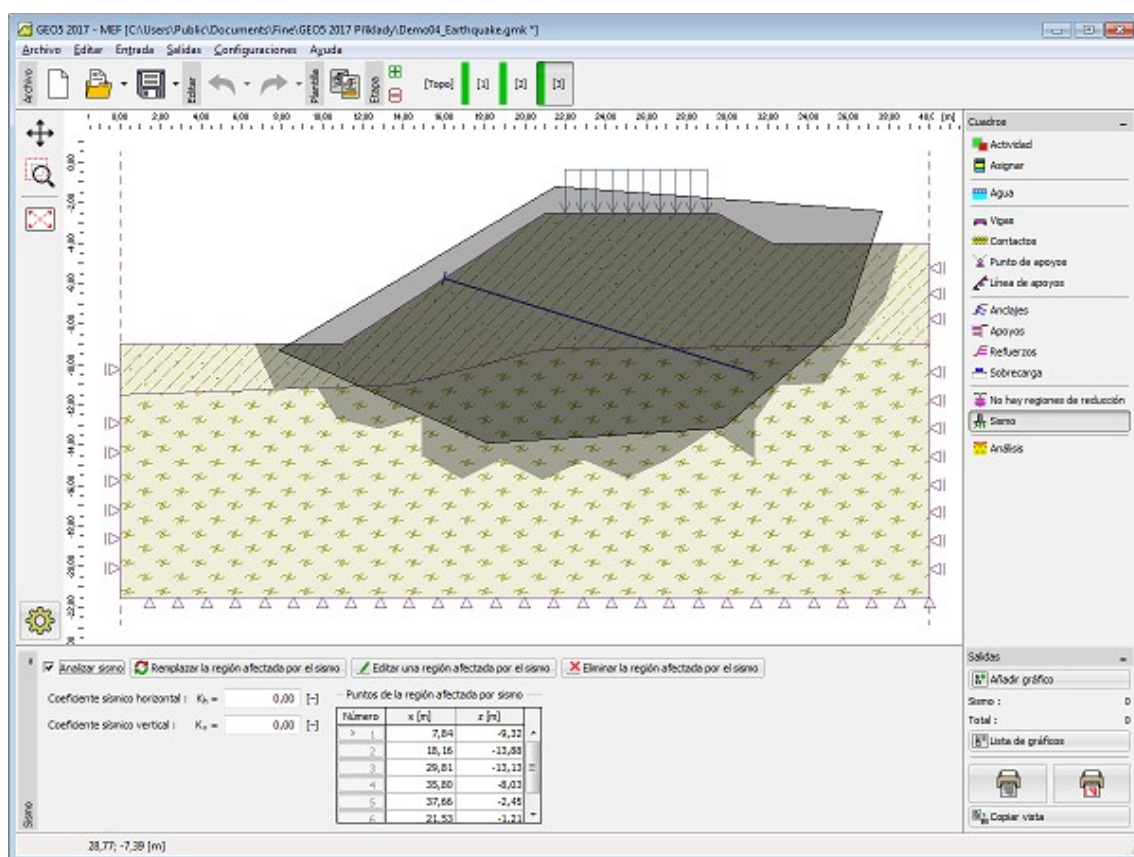
Sismo

El cuadro "Sismo" sirve para ingresar parámetros de sismos. En el escritorio se muestran las direcciones de los efectos de los sismos introducidos.

Para un análisis convergente exitoso es necesario definir un área, donde **se predice la superficie de deslizamiento**. En esta área la aceleración horizontal y vertical actúa sobre todos los elementos finitos (ver imagen). Los elementos finitos fuera de esta zona no se ven afectados por el sismo. Esta área no debe tocar los bordes de la tarea, de lo contrario el análisis no tiene que encontrar una solución.

El cuadro contiene una tabla con una lista de puntos introducidos. La entrada de regiones es idéntica a la [entrada estándar de interfaces](#).

Si los coeficientes k_h y k_v no son proporcionados por mediciones, pueden ser calculados siguiendo el enfoque adoptado en [EN 1998-5](#).



Cuadro "Sismo"

Salidas

En este capítulo se describe como trabajar con los resultados (documento de exportación, impresión de imágenes) en los programas GEO5 usando la barra de herramientas "Salidas".

Los programas GEO5 permiten crear documentos de salida con las imágenes guardadas desde cualquier modo de entrada o análisis. Las imágenes también se pueden imprimir o exportar.

- [Imprimir y exportar documento](#)

- [Imprimir y exportar la vista del escritorio](#)

Cómo trabajar con gráficos se describe en las páginas

- [Añadir gráfico](#)
- [Lista de gráficos](#)

Las propiedades de las páginas se pueden definir en cada documento:

- [Configuración de cabecera y pie de página](#)
- [Configuración de página](#)
- [Numeración de páginas](#)

La información de la empresa puede ingresarse e imprimirse en los documentos de salida:

- [Acerca de la compañía](#)

Añadir gráfico

El programa permite guardar el dibujo actual independientemente del módulo del programa. Para ello, presionar el botón "**Añadir dibujo**" en la [barra de herramientas vertical](#). Éste abrirá el cuadro de diálogo "**Nuevo dibujo**" e insertará la vista actual en el escritorio visualizado en la ventana.

El dibujo es siempre enlazado con un cierto régimen de entrada o análisis. (El régimen actual se muestra en el nombre del dibujo). Cuando [imprimimos el documento](#), el dibujo es automáticamente añadido al régimen específico en el árbol.

El programa permite definir el dibujo, ya sea para una etapa de construcción determinada (o para el análisis actual) o para el ajuste de la configuración de tal forma que el dibujo sea añadido al documento en todas las etapas de construcción (o en todos los análisis). La última opción se asume, cuando seleccionamos "**todas las etapas**" en el listado desplegable "**etapas**" ("**Análisis**").

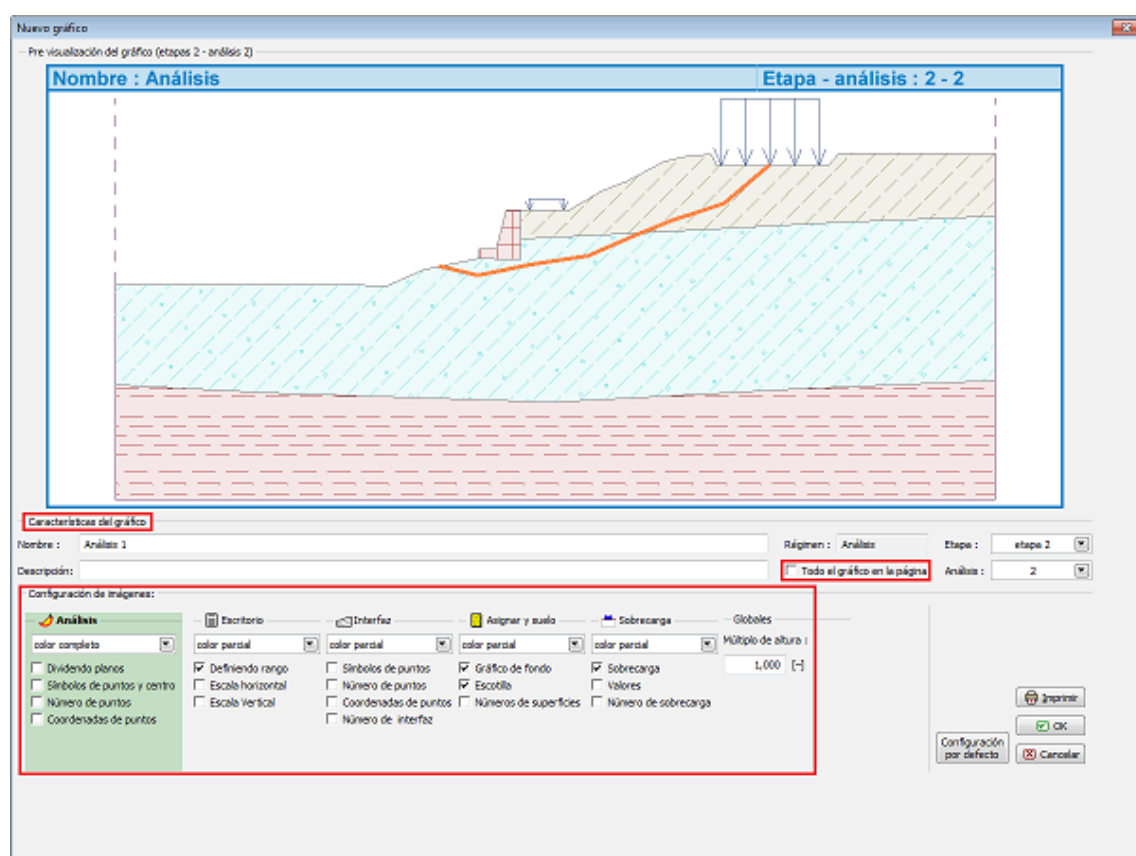
La casilla de **página completa** permite utilizar la imagen en una página entera en el documento.

Advertencia: Todos los dibujos introducidos son regenerados automáticamente siempre que se modifiquen los datos.

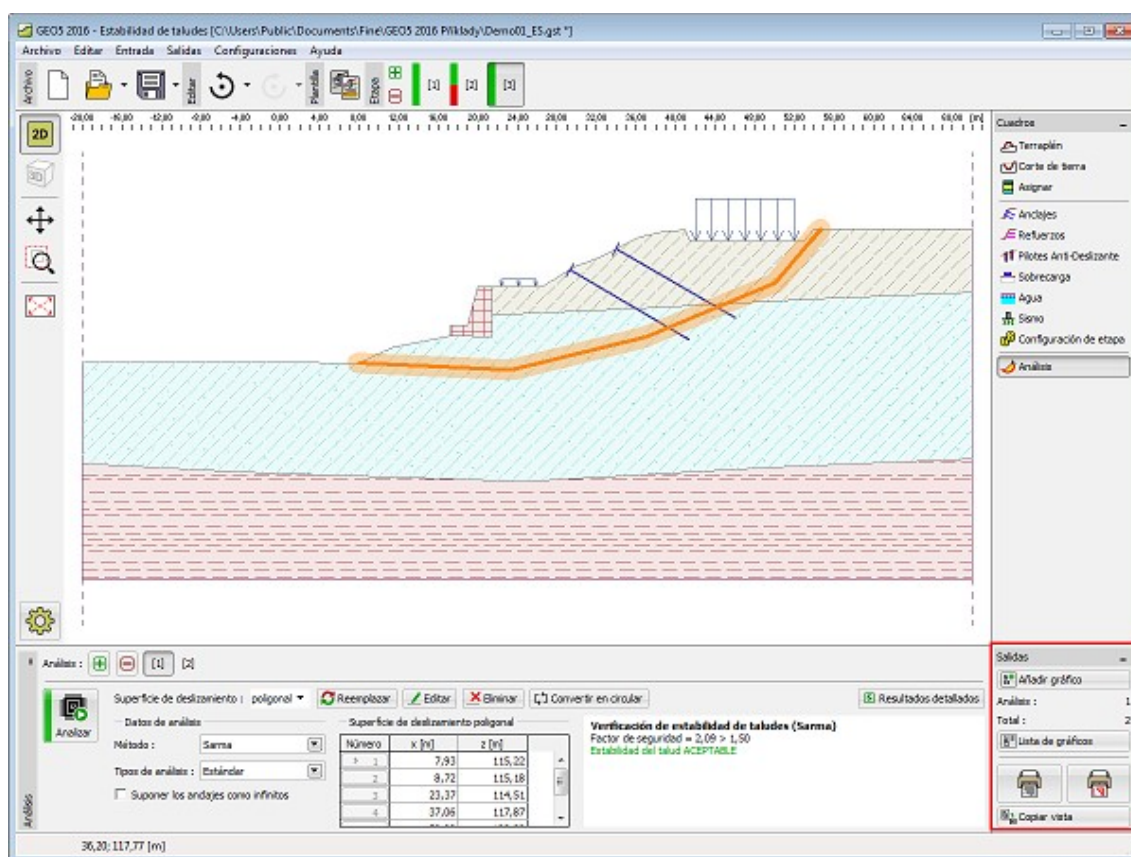
El cuadro "**Configuración de dibujo**" en la parte inferior del cuadro de diálogo permite ajustar colores y estilos de líneas (objetos). Las configuraciones en esta parte del cuadro se toman de "[Configuración de gráficos](#)". La función del cuadro es la misma que la configuración de visualización del escritorio y se describe en "[Configuración de gráficos](#)".

El botón "**OK**" guarda el dibujo en la "[Lista de gráficos](#)". Luego se puede abrir y modificar en cualquier momento.

El dibujo puede ser impreso desde esta ventana. Presionando el botón "**Imprimir**" se abre el cuadro de diálogo para [impresión y exportación de la vista del escritorio](#). Si el dibujo está activo en todas las etapas (o todos los análisis), entonces todas las posibles combinaciones de dibujos son impresos al mismo tiempo.



Cuadro de diálogo "Nuevo dibujo"



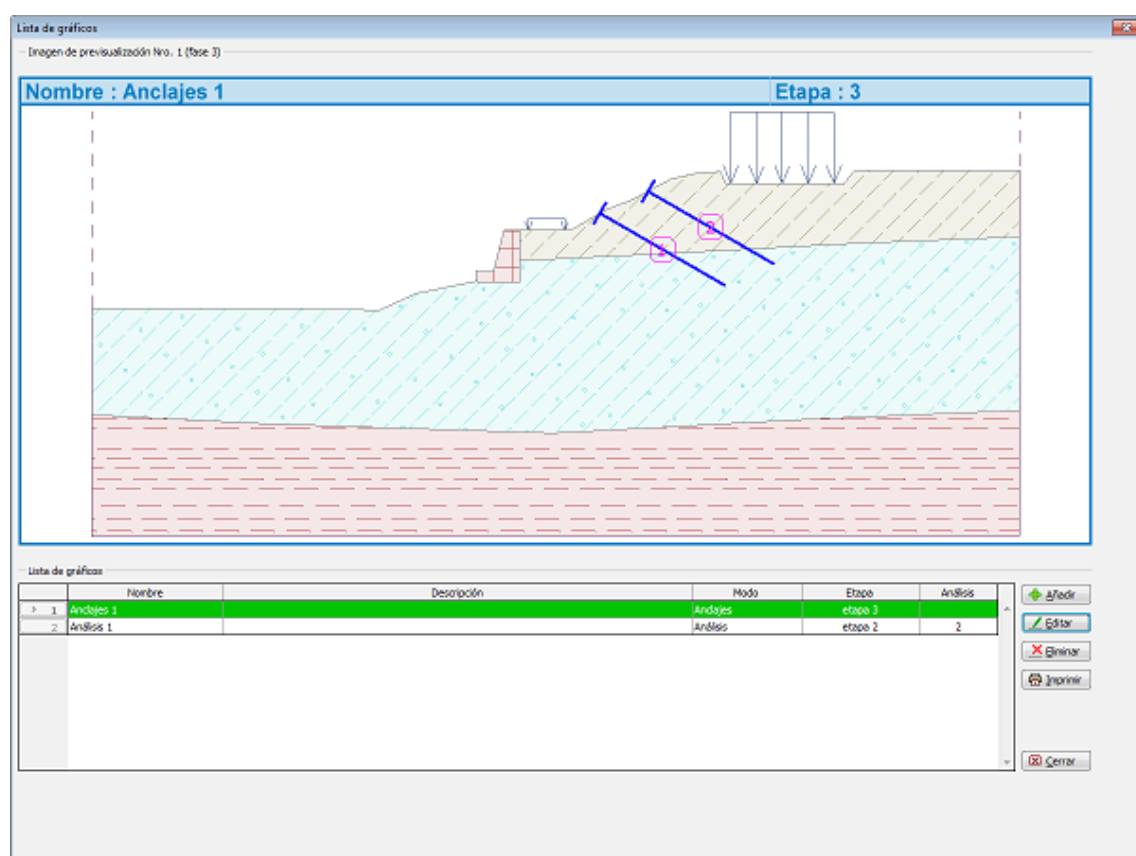
Barra de herramientas "Salidas"

Lista de gráficos

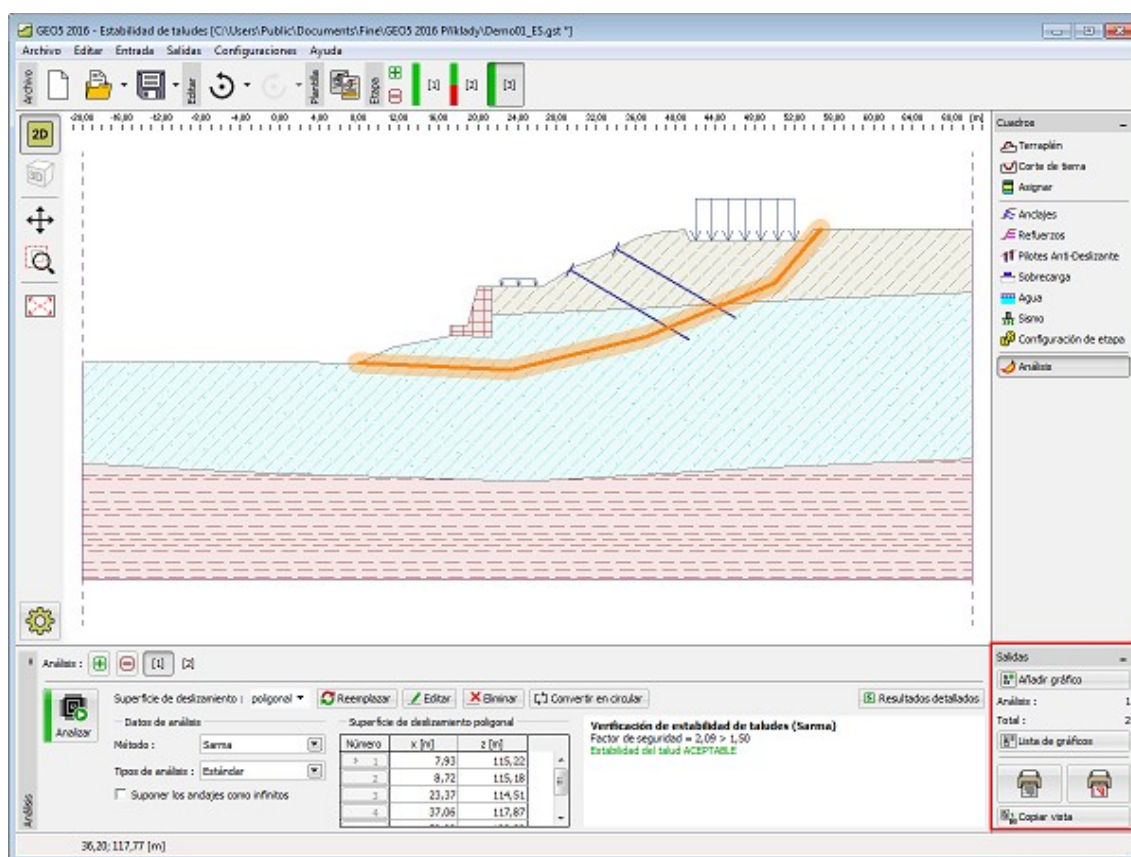
Los gráficos guardados con la ayuda del cuadro de diálogo "Nuevo dibujo" se ordenan en la tabla "Lista de dibujos". El cuadro de diálogo "Lista de dibujos" se abre con el botón en de la barra de herramientas vertical. La tabla de la lista de dibujos contiene el nombre del dibujo y la descripción, el módulo en el cual fue creado y la etapa de construcción o el número de análisis.

Los distintos dibujos pueden ser editados utilizando el botón "Editar", el cual abre el cuadro de diálogo "Edición de dibujo" (Esta ventana se corresponde al cuadro de diálogo "Nuevo dibujo", ya sea en la forma que se visualiza y en las funciones).

Esta imagen puede ser impresa desde esta ventana presionando el botón "Imprimir" que abre el cuadro de diálogo para imprimir y exportar vista del escritorio. La posibilidad de proporcionar el dibujo está activo en todas las etapas de construcción (análisis global, respectivamente) luego el programa imprime todas las posibles combinaciones del dibujo. Se puede seleccionar dibujos y todos aquellos dibujos seleccionados serán impresos.



Cuadro "Lista de dibujos"



Barra de herramientas "Salidas"

Imprimir y exportar documento

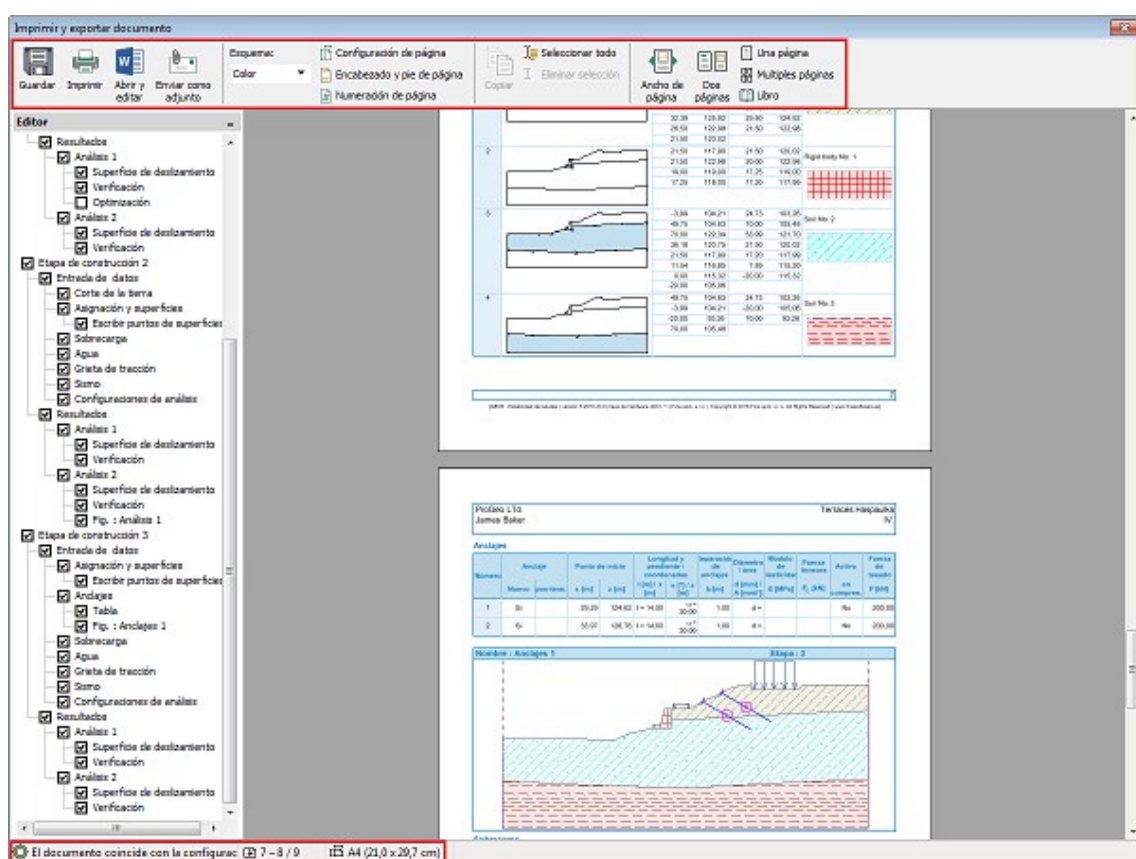
El cuadro de diálogo "**Imprimir y exportar documento**" puede ser abierto incluso desde la **menú de control** (ítem **Archivo – Imprimir documento**) o utilizando el botón "**Salidas**" en la barra de control. El pre visualización de la página de impresión con el texto correspondiente aparece en pantalla.

Esta pantalla genera el documento de salida incluyendo los dibujos almacenados en la "**Lista de gráficos**". El **documento está siempre actualizado** – el programa crea el documento nuevamente basándose en los datos introducidos (incluso con dibujos regenerados) cada vez que se abre la pantalla.

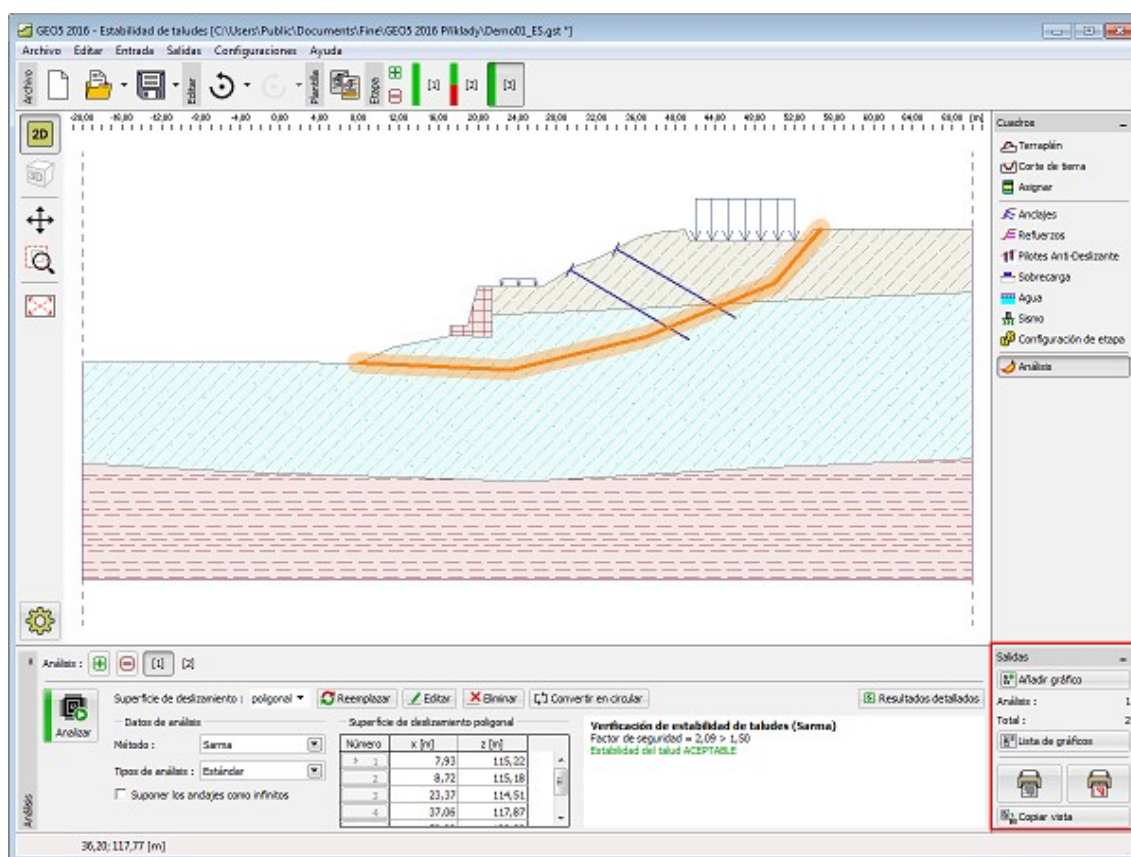
El cuadro de diálogo contiene su propia **Barra de control - Imprimir y exportar** con botones que se utilizan para personalizar la **aparición de las páginas** (definición de **encabezado y el pie de página**, **propiedades de la página**, **numeración de páginas**), **impresión y exportación** del documento.

Sólo algunas partes del documento que incluye imágenes se pueden generar verificando el ítem correspondiente "**árbol**" en la parte izquierda de la ventana. La selección y anulación de un elemento arbitrario solicita el programa la regeneración del documento de forma automática. La rueda del ratón o la barra de desplazamiento a la derecha también se pueden utilizar para ver el documento.

La parte inferior del cuadro de diálogo muestra la información actual. (definición tamaño de página, página actual del documento, número total de páginas).



Cuadro "Imprimir y exportar documento"



Barra de herramientas "Salidas"

Imprimir y exportar la vista del escritorio

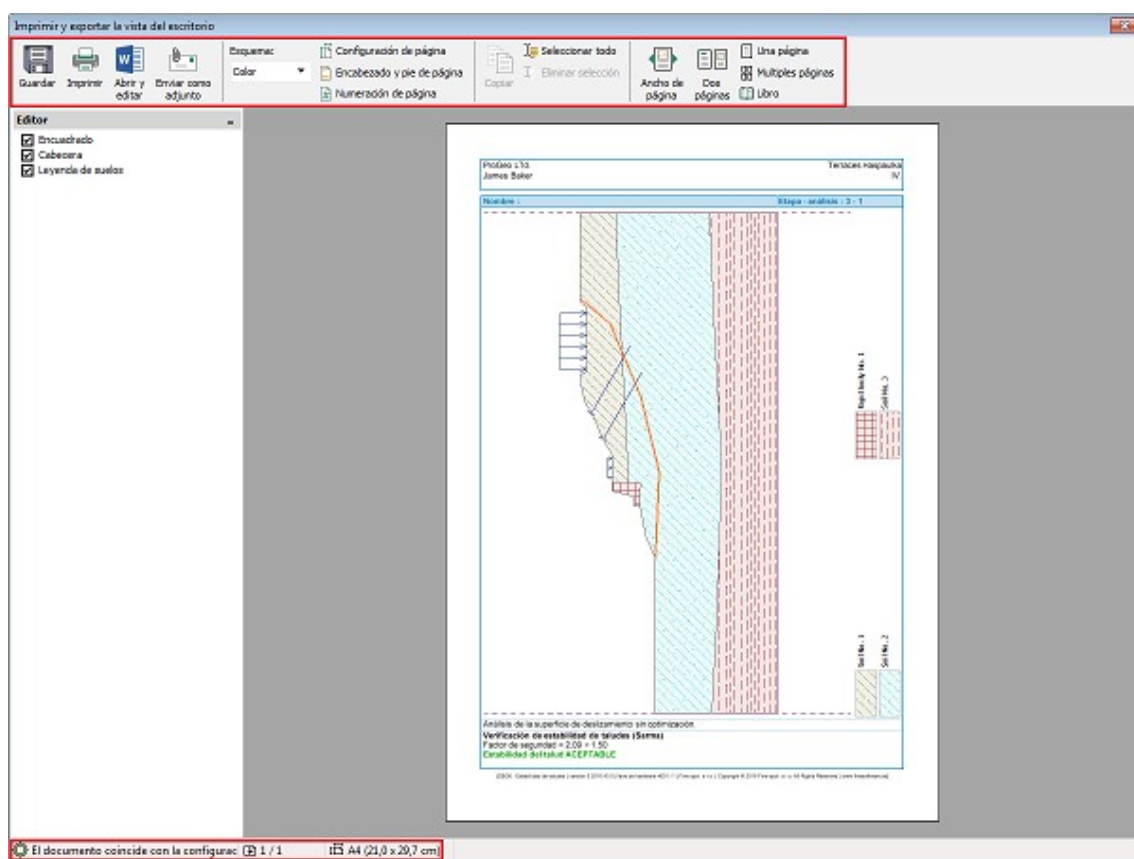
Esta ventana sirve para imprimir o exportar uno o más dibujos. Tres opciones están disponibles para abrir esta ventana:

- utilizando el **menú de control** (ítems "**Archivo**", "**Imprimir gráfico**") o el botón "**Salidas**" de la barra de control
- utilizando el cuadro de diálogo "**Nuevo dibujo**" presionando el botón "**Imprimir**"
- utilizando el cuadro de diálogo "**Lista de dibujo**" presionando el botón "**Imprimir**"

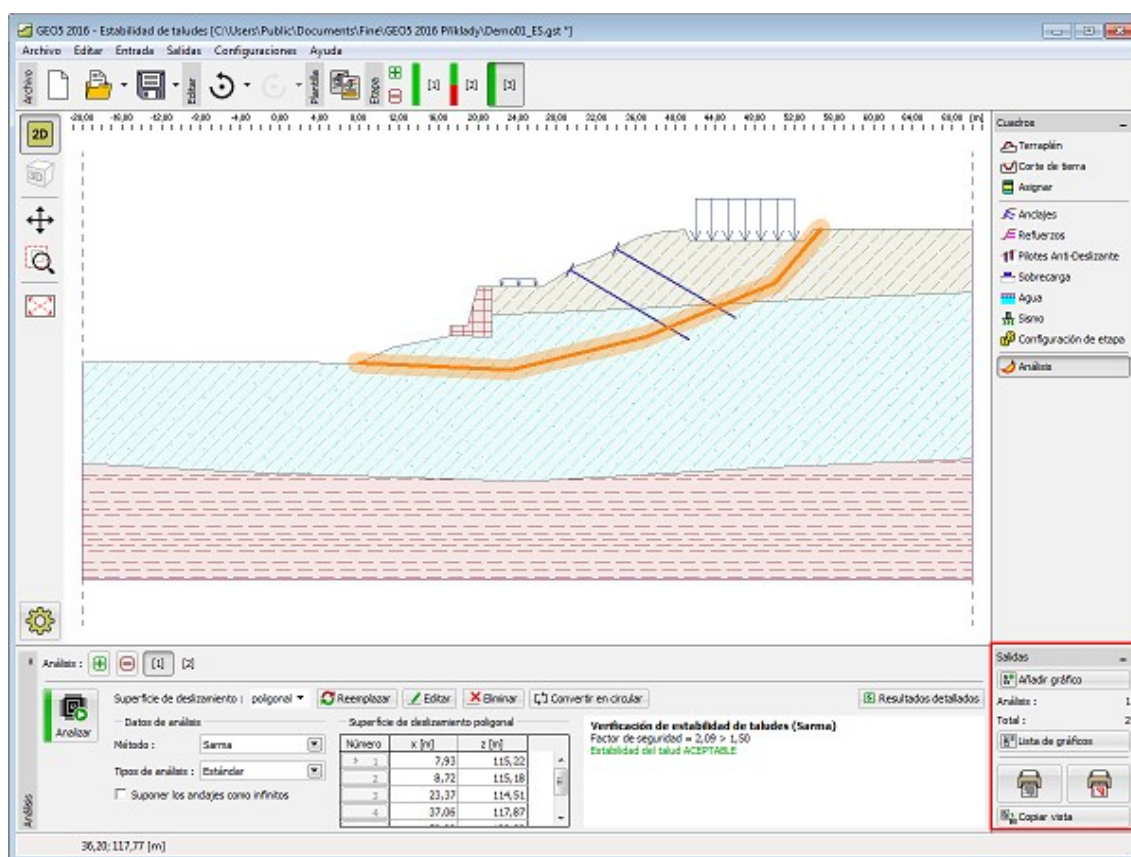
La ventana puede contener más de un dibujo al mismo tiempo (cuando se imprime más de una etapa de construcción o análisis) cuando se imprimen más dibujos desde la lista. Cada dibujo es impreso en una página distinta. La pre visualización del dibujo puede ser ajustada utilizando los botones de la barra de herramientas o con la bolilla del mouse.

El cuadro de diálogo contiene su propia **Barra de control - Imprimir y exportar** con botones que se utilizan para personalizar la **apariciencia de las páginas** (definición de **encabezado y el pie de pagina**, **propiedades de la página**, **numeración de páginas**), **impresión y exportación** del documento.

La parte inferior del cuadro de diálogo muestra la información actual. (Definición tamaño de página, pagina actual del documento, número total de páginas).



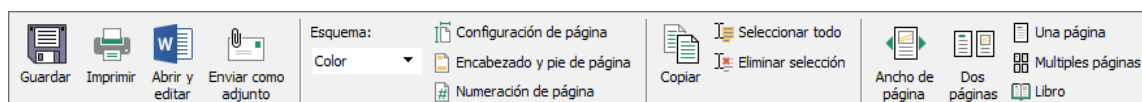
Cuadro "Imprimir y exportar la vista del escritorio"



Barra de herramientas "Salidas"

Barra de control - Imprimir y exportar

La barra de herramientas "Imprimir y exportar documento" e "Imprimir y exportar la vista del escritorio" contiene los siguientes botones.



Barra de control "Imprimir y exportar"

Funciones de los distintos botones:




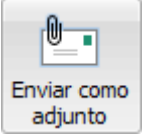




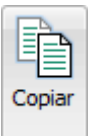


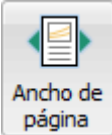
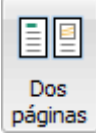


Guardar

Abre el cuadro de dialogo "**Guardar como**" que permite guardar el archivo en formato *.PDF, *.RTF o *.TXT.



Imprimir

Abre la ventana de Windows para "**Imprimir**".

 Abrir y editar	Abrir para editar	Abre el editor de texto (asociado al sistema Windows formato *.RTF) el cual permite editar la página manualmente
 Enviar como adjunto	Enviar	Abre el cuadro de diálogo para enviar mails y adjuntar el dibujo como un archivo de formato *.PDF
Esquema: Color 	Estilo de color	Determina el estilo de visualización del dibujo (color, escala de grises, blanco y negro)
 Configuración de página	Configuración de página	Abre el cuadro de dialogo " Configuración de página " que permite especificar el estilo de la página (tamaño, bordes, diseño).
 Encabezado y pie de página	Encabezado y pie de página	Abre el cuadro de dialogo " Encabezado y pie " que permite introducir en el documento encabezado y pie
 Numeración de página	Numeración de página	Abre el cuadro de diálogo " Numeración de página " que permite introducir la numeración de páginas de documentos. Nota: Puede desplazarse por el documento usando la rueda del ratón o la barra de desplazamiento en la parte derecha de la ventana.
 Copiar	Copiar	Copia el dibujo seleccionado (texto) al portapapeles - los parámetros se configuran en el cuadro de diálogo " Opciones " solapa " Copiar en el portapapeles "
 Seleccionar todo	Seleccionar Todo	Selecciona todos los elementos del documento (texto e imágenes).
 Eliminar selección	Cancelar selección	Cancela toda la selección (imágenes, texto). Nota: Es posible seleccionar cualquier parte del documento. Esto se hace moviendo el ratón sobre el texto deseado manteniendo el botón izquierdo del ratón presionado.
 Ancho de página	Ancho de página	Adapta la página al ancho máxima de la ventana del documento.
 Dos páginas	Dos páginas	Establece el tamaño de las páginas, de modo que dos páginas se muestran en la ventana.
 Una página	Una página	Modifica el tamaño de la página de tal forma que sea visible toda la página en la ventana.
 Múltiples páginas	Más paginas	Establece el tamaño de las páginas, para que más páginas se muestran en la ventana.

**Libro**

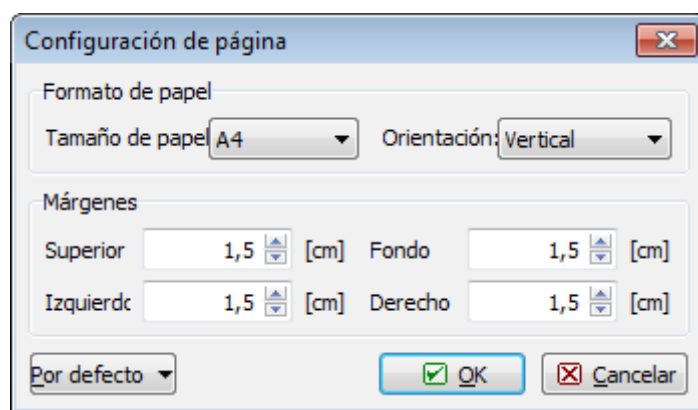
Muestra el documento en un formato de un libro.

Nota: El **zoom** de página en el documento se puede hacer presionando **CTRL** y haciendo girar la rueda del ratón.

Configuración de página

El cuadro de diálogo permite configurar el diseño de la página (formato del papel, orientación de la página, márgenes).

La opción "**Por defecto**", "**Guardar configuración por defecto**" configura los parámetros del encabezado y pie de página por defecto para los datos recién creados. **La configuración por defecto asumida es común en todos los programas GEO5.** Los usuarios de computadoras diferentes pueden utilizar diferentes configuraciones. La selección "**Adoptar configuración predeterminada**" permite adoptar la configuración por defecto de los programas GEO5 a cualquier tarea abierta, que tenga una configuración diferente.



Cuadro "Configuración de página"

Configuración de encabezado y pie de página

El cuadro de diálogo sirve para definir las propiedades del encabezado y pie del documento. La caja de verificación de "**Imprimir encabezado (pie)**" determina si se imprime o no el encabezado y el pie del documento.

Las líneas de encabezado y pie deben contener un texto arbitrario y objetos insertados implícitamente definidos por el programa. Estos objetos reciben información del programa tal como:

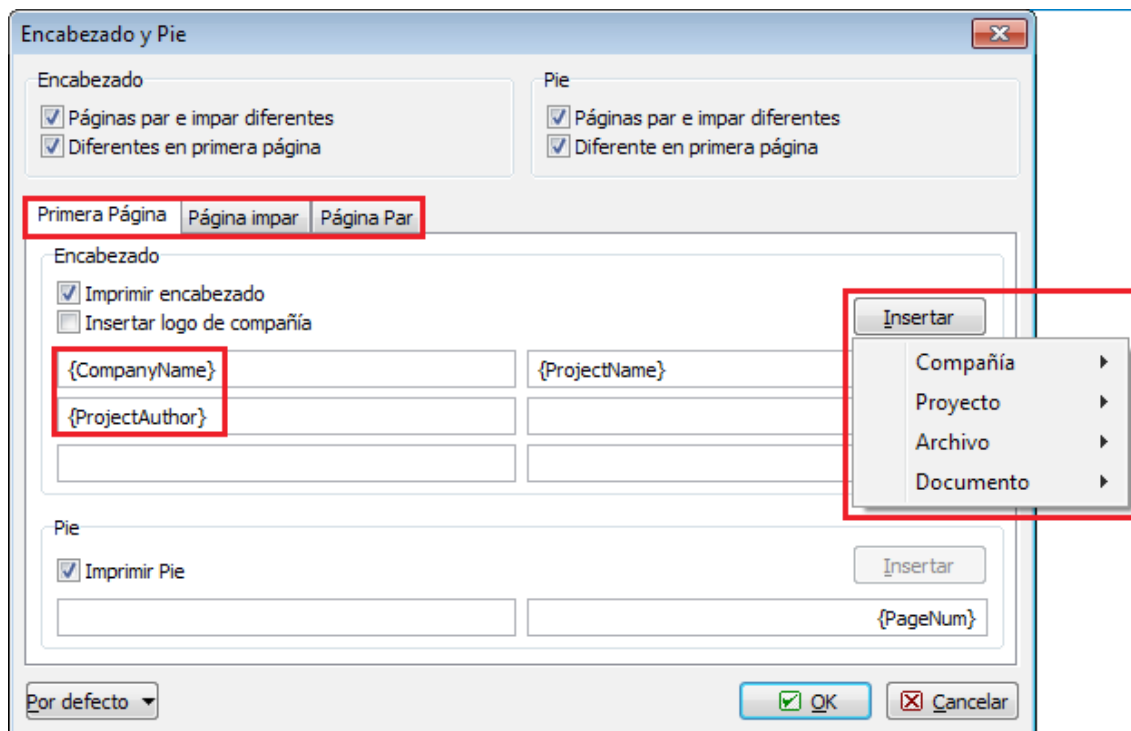
- del cuadro de diálogo "**Acera de la compañía**" (nombre de la compañía, logo, dirección)
- del cuadro "**Proyecto**" (nombre y descripción de tarea, autor)
- del documento datos del sistema (fecha y hora, número de página)

Los objetos pueden introducirse utilizando el botón "**Insertar**" (el botón abre la lista de objetos). Este botón está activo solo si el cursor se encuentra en una de las líneas que permite insertar texto (objetos) los objetos insertados se escriben en un formato interno diferente al del texto y se colocan entre llaves.

El programa permite definir distintos encabezados para la primera página o páginas pares e impares, respectivamente. Distintos encabezados son a veces definidos en solapas separadas.

La opción **"Por defecto"**, **"Guardar configuración por defecto"** configura los parámetros del encabezado y pie de página por defecto para los datos recién creados. **La configuración por defecto asumida es común en todos los programas GEO5.** Los usuarios de computadoras diferentes pueden utilizar diferentes configuraciones. La selección **"Adoptar configuración predeterminada"** permite adoptar la configuración por defecto de los programas GEO5 a cualquier tarea abierta, que tenga una configuración diferente.

El formato escrito y el resultado de la vista son evidentes en la siguiente figura.



Cuadro "Encabezado y pie de página"

ProGeo Ltd. James Baker	Terraces Hanspaulka South-facing slope IV.
----------------------------	---

Earth pressure on structure analysis

Input data

Basic setting

Task : Terraces Hanspaulka
 Part : South-facing slope IV.
 Descript. : Support walls 2-6m, part IV.
 Author : James Baker
 Date : 22.9.2004

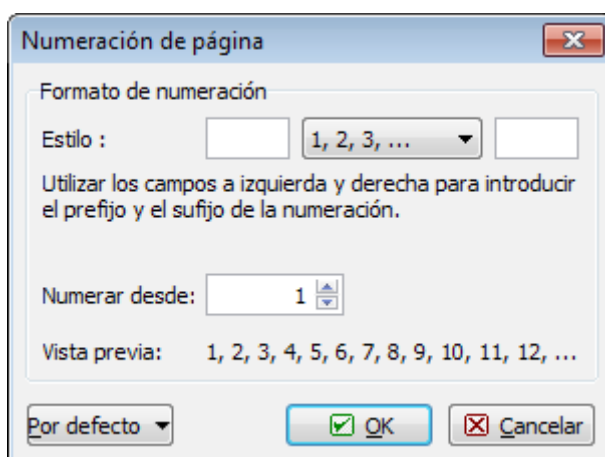


Vista del documento con encabezado y pie de página

Numeración de página

El cuadro de diálogo permite configurar la numeración de página. El listado desplegable sirve para definir el estilo de numeración (dígitos arábigos, dígitos romanos, símbolos) un texto constante puede ser colocado delante o detrás de la numeración. La opción **"Numeración desde"** permite empezar a numerar las páginas desde un valor arbitrario.

La opción **"Por defecto"** **"Guardar configuración por defecto"** configura los parámetros del encabezado y pie de página por defecto para los datos recién creados. **La configuración por defecto asumida es común en todos los programas GEO5.** Los usuarios de computadoras diferentes pueden utilizar diferentes configuraciones. La selección **"Adoptar configuración predeterminada"** permite adoptar la configuración por defecto de los programas GEO5 a cualquier tarea abierta, que tenga una configuración diferente.



Cuadro "Numeración de página"

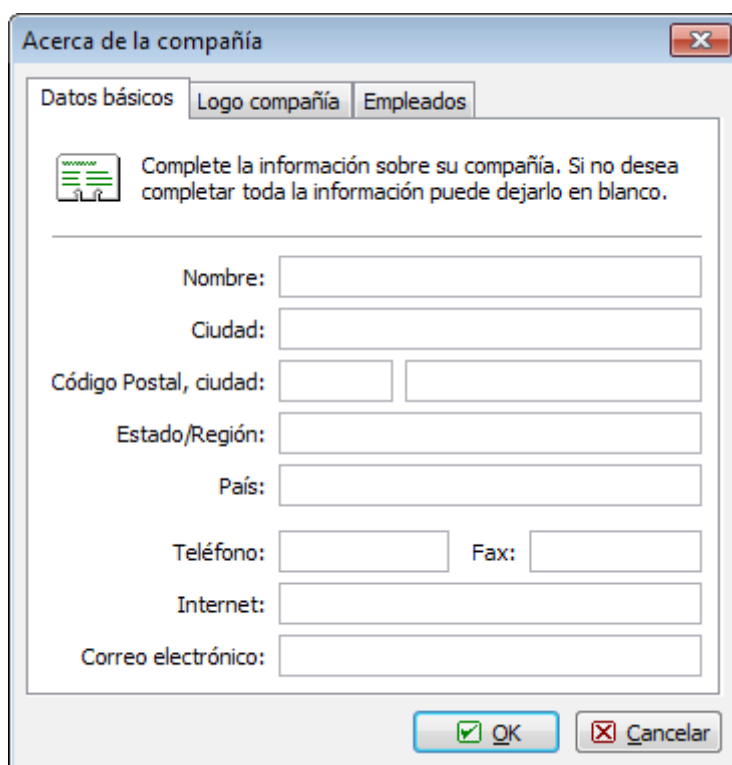
Acerca de la compañía

El cuadro de diálogo se muestra desde el **menú de gestión** (ítem **"Configuraciones"**, **"Compañía"**).

La solapa **"Datos básicos"** sirve para especificar la información básica sobre la compañía. Los datos introducidos son usados por el programa cuando se imprime o importan documentos, en el **encabezado y pie de página**.

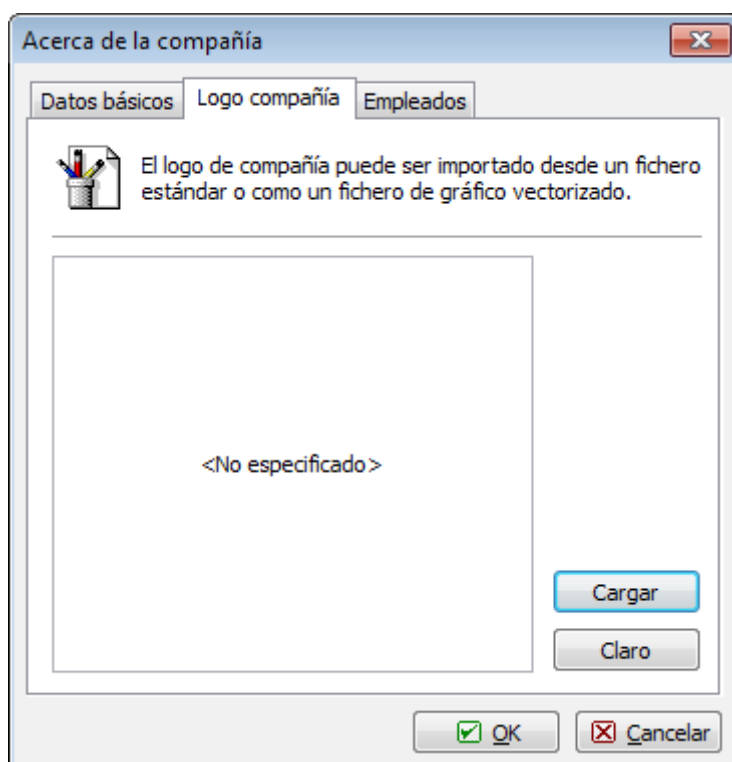
La solapa **"Logo de la compañía"** permite al usuario la carga del logo de la compañía. El botón **"Cargar"** abre el cuadro de diálogo que permite abrir la figura en varios formatos (*.JPG, *.JPEG, *.JPE, *.BMP, *.ICO, *.EMF, *.WMF).

La solapa **"Empleados"** permite introducir información sobre los usuarios del programa (empleados). Cuando se completa la lista de nombres, ya no se necesita completar con el nombre del autor del proyecto en el cuadro **"Proyecto"**.



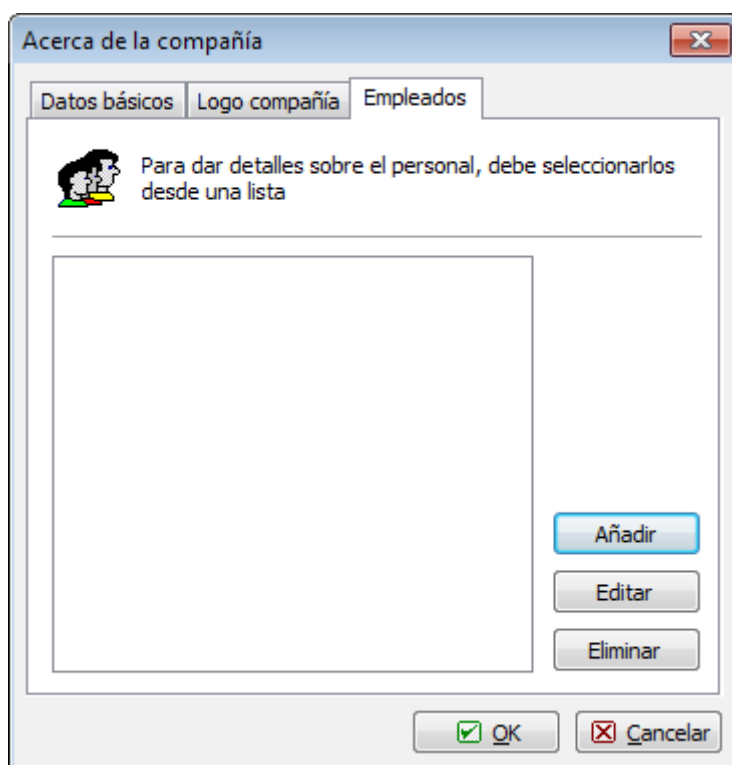
The screenshot shows a dialog box titled "Acerca de la compañía" with a close button (X) in the top right corner. It has three tabs: "Datos básicos" (selected), "Logo compañía", and "Empleados". Below the tabs, there is a text area with a document icon and the text: "Complete la información sobre su compañía. Si no desea completar toda la información puede dejarlo en blanco." Below this, there are several input fields: "Nombre:", "Ciudad:", "Código Postal, ciudad:" (split into two boxes), "Estado/Región:", "País:", "Teléfono:" and "Fax:" (split into two boxes), "Internet:", and "Correo electrónico:". At the bottom right, there are two buttons: "OK" with a green checkmark icon and "Cancelar" with a red X icon.

Cuadro "Acerca de la compañía" – Solapa "Datos básicos"



The screenshot shows the same dialog box "Acerca de la compañía" but with the "Logo compañía" tab selected. It features a text area with a document icon and the text: "El logo de compañía puede ser importado desde un fichero estándar o como un fichero de gráfico vectorizado." Below this is a large empty rectangular box. In the center of this box, the text "<No especificado>" is displayed. To the right of the box, there are two buttons: "Cargar" and "Claro". At the bottom right, there are two buttons: "OK" with a green checkmark icon and "Cancelar" with a red X icon.

Cuadro "Acerca de la compañía" – Solapa "Logo de la compañía"



Cuadro "Acerca de la compañía" – Solapa "Empleados"

Teoría

La parte teórica de esta ayuda, contiene todas las bases teóricas empleadas en los cálculos realizados con los programas GEO5.

Tensión en un cuerpo terrestre

El cálculo de la tensión del suelo en los programas GEO5 se describe en los siguientes capítulos:

- Tensiones geo-estáticas en un cuerpo terrestre, cálculo de aumento de presión
- Tensión efectiva / tensión total
- Tensión incremental debido a sobrecarga
- Tensión incremental debajo de la base

Tensiones geo-estáticas en un cuerpo terrestre, cálculo de aumento de presión

El análisis de tensión se basa en la existencia de capas definidas por el usuario durante la carga. El programa inserta capas ficticias ubicadas donde cambia la tensión y las presiones laterales (Nivel freático del suelo, puntos de construcción, etc.).

La tensión normal en la capa i^{th} se calcula de acuerdo a:

$$\sigma_i = \sum h_i \cdot \gamma_i$$

Donde: h_i - espesor de la capa i^{th}
 γ_i - peso unitario del suelo

Si la capa se encuentra por debajo del **nivel freático**, el peso unitario del suelo debajo del nivel del agua se especifica ingresando de parámetros de suelo como se muestra a continuación:

- Para la opción "**Estándares**" de la expresión:

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Donde: γ_{sat} - peso unitario del suelo saturado
 γ_w - peso unitario del agua

- Para la opción "**Cálculo desde poros**" de la expresión:

$$\gamma_{su} = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

Donde: n - porosidad
 γ_s - peso unitario sólido
 γ_w - peso unitario del agua

$$\gamma_s = \frac{G_d}{V - V_p}$$

Donde: V - volumen del suelo
 V_p - volumen de huecos
 G_d - peso del suelo seco

En el programa, la unidad de peso del agua asume un valor igual a: 10 kN/m^3 ó $0,00625 \text{ ksi}$.

Suponiendo un terreno inclinado detrás de la estructura (ángulo $\beta \neq 0$) y las capas del subsuelo, cuando se calcula el coeficiente K de la presión de tierras, se reduce en la capa i^{th} usando la siguiente expresión:

$$\frac{\gamma}{\gamma_i} \tan \beta_i = \frac{\gamma}{\gamma_i} \tan \beta$$

Donde: γ - peso unitario de la tierra en la primer capa del subsuelo
 γ_i - peso unitario de la tierra en la capa i^{th} del subsuelo
 β - inclinación de la pendiente detrás de la estructura

Tensión Efectiva / Tensión Total

La tensión normal vertical σ_z se define como:

$$\sigma_z = \gamma_{ef} \cdot Z + \gamma_w \cdot Z$$

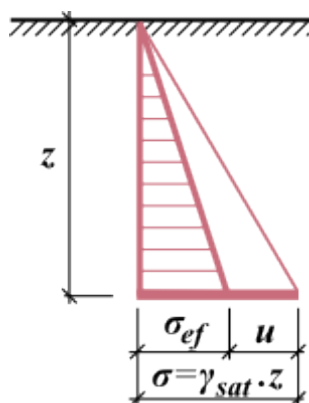
Donde: σ_z - tensión normal total vertical

- γ_{ef} - peso unitario de suelo sumergida
 z - profundidad debajo de la superficie del terreno
 γ_w - peso unitario del agua

Esta expresión de forma generalizada describe los llamados conceptos de la Tensión efectiva:

$$\sigma_z = \sigma_{ef} + u$$

- Donde: σ - tensión total (en conjunto)
 σ_{ef} - tensión efectiva (activo)
 u - tensión neutral (Presión de poro de agua)



Tensión del suelo total, efectiva y neutral

El concepto de Tensión efectiva es válido únicamente para la Tensión normal σ , ya que la tensión de corte τ no es transferida por el agua para que ésta sea efectiva. La Tensión total se determina usando herramientas básicas de teoría mecánica. La Tensión efectiva se determina como la diferencia entre la tensión total y la tensión neutral (poro) (es decir: siempre por cálculo, nunca podrá ser medido). La presión de poro se determina en laboratorios, testeado en sitio o por cálculo. Decidir si utilizar tensión efectiva o total no es sencillo. La siguiente tabla provee algunas recomendaciones generales válidas para la mayoría de los casos.

Debemos darnos cuenta que la tensión total depende de si el suelo es cargado por su propio peso o por efectos externos. En cuanto a la presión de poro suponemos que: Para el agua que fluye por los poros, el poro equivale a la presión hidrodinámica, y de otro modo a la presión hidrostática.

Para suelos parcialmente saturados con altos grados de presión de poro, es necesario tener en cuenta el hecho de que esta presión se desarrolla tanto en el agua como en las burbujas de aire.

Condiciones asumidas	Capa de drenaje	Capa sin drenar
Corto - plazo	Tensión efectiva	Tensión Total
Largo - plazo	Tensión efectiva	Tensión efectiva

En las capas de subsuelo con diferentes unidades de peso en cada capa horizontal, la tensión total vertical se determina como la suma del peso de todas las capas del punto investigado y de la presión del poro:

$$\sigma_z = \int_0^z \gamma dz + \gamma_w(z-d)$$

Donde: σ_z - Tensión normal total vertical

γ - Peso unitario del suelo

- Peso unitario del suelo en estado natural para suelos por encima de la capa seca y *NF*

- Peso unitario del suelo por debajo del agua, en otros casos

d - Profundidad del nivel freático debajo de la superficie

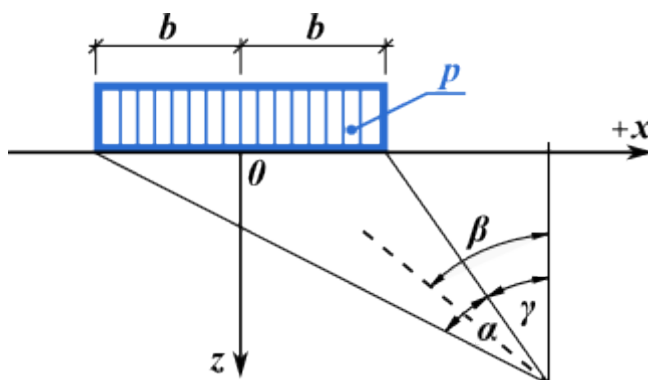
z - Profundidad debajo de la superficie

γ_w - Peso unitario del agua

Tensión incremental debido a sobrecarga

El incremento de la presión en el suelo o sobre rocas por cuestiones de sobrecarga se calcula utilizando la teoría del sub-espacio elástico (Boussinesq).

El incremento de la presión terrestre en un punto en el interior del suelo o de un cuerpo rocoso debido a la **infinita franja de sobrecarga**, se obtiene del siguiente esquema:

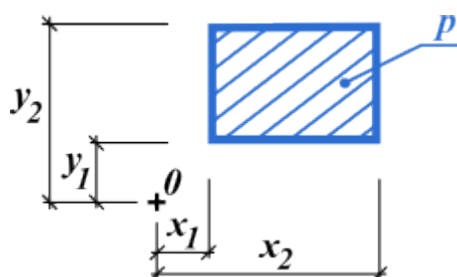


Cálculo de la presión terrestre debido a la infinita franja de sobrecarga

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta)$$

$$\beta = \gamma + \frac{\alpha}{2}$$

En el programa, la **sobrecarga trapezoidal** es automáticamente subdividida en diez segmentos. Cada segmento es tratado como una franja de sobrecarga. El resultado de la presión terrestre es la suma de las sobrecargas parciales de cada segmento. El incremento de tensión debido a la **sobrecarga concentrada** se calcula de la siguiente forma:



Sobrecarga relacionada al punto "O"

$$\Delta\sigma_z = \frac{p}{2\pi} \left(\frac{x_2 \cdot z \cdot S_2}{y_2 \cdot S_{2x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_2 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_2} - \frac{x_2 \cdot z \cdot S_3}{y_1 \cdot S_{2x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_1 \cdot S_{1y}^2 \cdot S_3} - \frac{x_1 \cdot z \cdot S_4}{y_2 \cdot S_{1x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_2 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_4} + \frac{x_1 \cdot z \cdot S_2}{y_1 \cdot S_{1x}^2} - \frac{x_1 \cdot z^3}{y_1 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_1} + \arctg \frac{x_2 \cdot y_2}{z \cdot S_2} - \arctg \frac{x_2 \cdot y_1}{z \cdot S_3} - \arctg \frac{x_1 \cdot y_2}{z \cdot S_4} + \arctg \frac{x_1 \cdot y_1}{z \cdot S_1} \right)$$

Donde:

$$S_{2x} = \sqrt{x_2^2 + z^2}$$

$$S_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z^2}$$

$$S_3 = \sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z^2}$$

$$S_{2y} = \sqrt{y_2^2 + z^2}$$

$$S_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z^2}$$

$$S_4 = \sqrt{x_1^2 + y_2^2 + z^2}$$

Tensión incremental debajo de la base

En el programa "Zapata" la distribución de tensión por debajo de la base se determina por la combinación de diagramas de carga base:

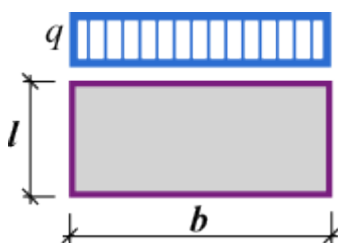


Gráfico de carga base

$$\sigma_z = \frac{f}{2\pi} \left[\arctg \frac{l \cdot b}{z \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} + \frac{l \cdot b \cdot z}{z \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} \left(\frac{1}{l^2 + z^2} + \frac{1}{b^2 + z^2} \right) \right]$$

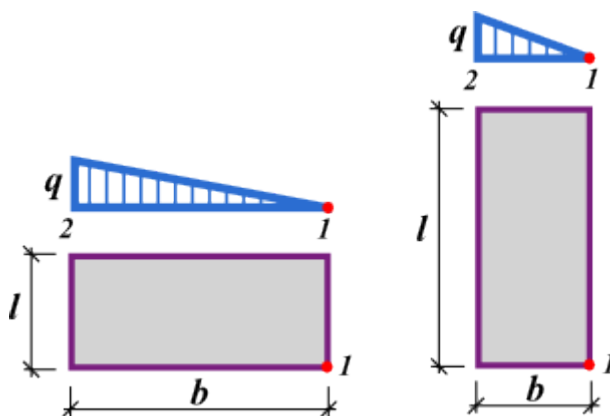


Gráfico de carga base

$$\sigma_{z,1} = \frac{q}{2\pi} \left(\frac{l \cdot b \cdot z}{R(z^2 + b^2)} + \frac{l \cdot z}{b \cdot R} \frac{R - \sqrt{l^2 + z^2}}{\sqrt{l^2 + z^2}} \right)$$

$$R = \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}$$

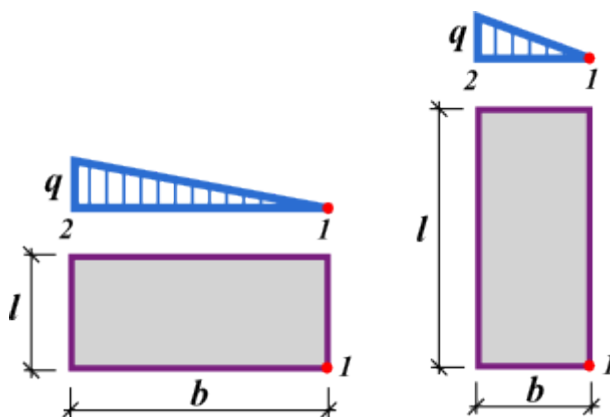


Gráfico de carga base

$$\sigma_{z,2} = \frac{q}{2\pi} \left(\arctg \frac{l \cdot b}{z \cdot R} + \frac{l \cdot z}{l^2 + z^2} \frac{R - \sqrt{l^2 + z^2}}{b} \right)$$

Presiones de tierras

Los programas GEO5 considera la siguiente categoría de presiones terrestres:

- Presión activa de la tierra
- Presión pasiva de la tierra
- Presión en reposo de la tierra

Cuando se calcula la presión de tierras en los programas GEO5, se permite: distinguir entre estado de **tensión efectiva y tensión total**, y establecer varias formas de **calcular el aumento de presión**. Además, teniendo las magnitudes de presión terrestre, es posible dar cuenta de los siguientes efectos:

- Influencia de carga
- Influencia de la presión de agua
- Influencia de terreno quebrado
- Fricción entre el suelo y la parte trasera de la estructura
- Adhesión a la pared
- Influencia de la tierra en cuña en saltos voladizos
- Influencia de terremotos

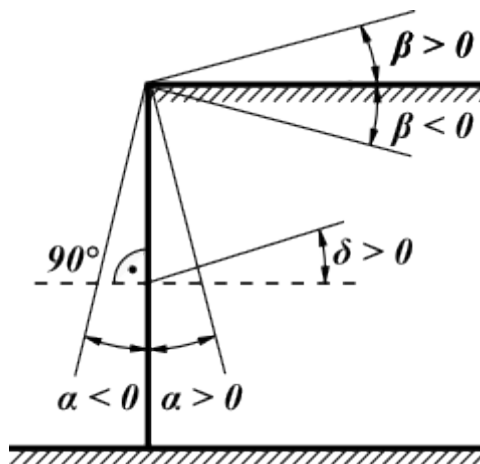
El siguiente **signo convencional** es utilizado en el programa, en textos y expresiones precedentes.

Cuando se especifican rocas es también necesario ingresar: La **cohesión de rocas** c y el **ángulo de fricción interna de la roca** φ . Estos valores pueden obtenerse a partir de una encuesta

geológica o desde la tabla de valores recomendados.

Convención de signos

La convención de signos es utilizado en el programa, en textos y expresiones precedentes.



Convención de signos para calcular la presión de tierras

- La inclinación de la superficie β es positiva cuando: el terreno se eleva hacia arriba de la pared
- La inclinación de la parte trasera de la estructura α es positiva cuando: el pie del muro (en la cara posterior) es puesto en dirección a un cuerpo sólido cuando es medido desde una línea vertical construida en el punto superior de la estructura
- La fricción entre el suelo y la parte trasera de la estructura δ es positiva si: la resultante de la presión de tierras (y también la presión de tierras) y la normal a la parte posterior de la estructura, forma un ángulo medido en dirección a las agujas del reloj

Presión activa de la tierra

La Presión Activa de la tierra es la menor limitación de presión lateral desarrollada por una pared que se aleja de suelo en dirección a donde actúa la presión de tierras (rotación de la pared mínima y necesaria para la evolución de la presión activa de la tierra: 2 mrad , es decir 2 mm/m del alto de la pared).

Las siguientes teorías y enfoques son implementados para el cálculo de la Presión activa de la tierra asumiendo **estados de tensión efectiva**:

- La teoría de Mazindrani (Rankine)
- La teoría de Coulomb
- La teoría de Müller-Breslau
- La teoría de Caquot
- La teoría de Absi

Para suelos cohesivos la presión de corte de condición es aceptada. Es decir, si debido a la cohesión de desarrolla un valor negativo de Presión activa de la tierra ó de acuerdo a otros requerimientos más estrictos, se supera el valor de la "**Mínima presión de dimensionamiento**", el valor de la Presión activa de la tierra desciende a cero, o será igual a la "**Mínima presión de dimensionamiento**".

El programa también permite realizar el análisis en el **Tensión total**.

Presión activa de la tierra - La teoría de Mazindrani

La presión activa de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a = \gamma \cdot z \cdot K'_a \cdot \cos \beta$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- K_a - Coeficiente de la Presión Activa de la tierra debido al Rankin
- β - Inclinação de la pendiente
- γ - Peso unitario del suelo
- z - Profundidad asumida
- K'_a - Coeficiente de la Presión activa de la tierra según Mazindrani

$$K'_a = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \left[\frac{2 \cdot \cos^2 \beta + 2 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi - \sqrt{4 \cdot \cos^2 \beta \cdot (\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi) + 4 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi + 8 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}}{2} \right] - 1$$

Donde:

- β - Inclinação de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- c - Cohesión del suelo

Asumiendo la cohesión del suelo ($c = 0$) y la superficie del suelo horizontal ($\beta = 0$) sobre el campo de solución Rankin, la Presión activa de la tierra está dada por:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a$$

Y el coeficiente de la Presión activa de la tierra se convierte en:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo

Las componentes verticales y horizontales de la Presión Activa de la tierra se convierten en:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde:

- σ_a - Presión activa de la tierra
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- α - Inclinação de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Mazindrani, Z.H., and Ganjali, M.H. 1997. Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, **123**(2): 110–112.

Presión activa de la tierra - La teoría de Coulomb

La presión activa de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- c_{ef} - Cohesión efectiva del suelo
- K_a - Coeficiente de la Presión activa de la tierra
- K_{ac} - Coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a cohesión

El coeficiente de la Presión activa de la tierra K_a esta dado por:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

El coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a la cohesión K_{ac} esta dado:

por: $\alpha < \pi/4$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

por: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_a = \sqrt{K_{ac}}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interno del suelo
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- β - Inclinación de la pendiente
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Componentes verticales y horizontales de la Presión activa de la tierra se convierten en:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde:

- σ_a - Presión activa de la tierra
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Presión activa de la tierra - La teoría de Müller-Breslau

La presión activa de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- c_{ef} - Cohesión efectiva del suelo
- K_a - Coeficiente de la Presión activa de la tierra
- K_{ac} - Coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a cohesión

El coeficiente de la Presión activa de la tierra K_a esta dado por:

$$K_a = \left(\frac{\frac{\sin(\alpha + \pi/4 - \varphi)}{\sin(\alpha + \pi/4)}}{\sqrt{\sin(\alpha + \pi/4 + \delta) + \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha + \pi/4 - \beta)}}} \right)^2$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
- β - Inclinación del pendiente
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

El coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a la cohesión K_{ac} esta dado:

por: $\alpha < \pi/4$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

por: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_{ac} = \sqrt{K_a}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
- β - Inclinación del pendiente
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Componentes verticales y horizontales de la Presión activa de la tierra se convierten en:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde:

- σ_a - Presión activa de la tierra
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Müller-Breslau's *Erddruck auf Stützmauern*, Stuttgart: Alfred Kroner-Verlag, 1906 (German).

Presión activa de la tierra - La teoría de Caquot

La presión activa de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- c_{ef} - Cohesión efectiva del suelo
- K_a - Coeficiente de la Presión activa de la tierra
- K_{ac} - Coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a cohesión

La siguiente solución analítica (Boussinesque, Caquot) es implementada en GEO5 para calcular el coeficiente de la Presión activa de la tierra K_a :

$$K_a = \rho \cdot K_a^{Coulomb}$$

Donde:

- K_a - Coeficiente de la presión activa de la tierra según Caquot
- $K_a^{Coulomb}$ - Coeficiente de la presión activa de la tierra según Coulomb
- ρ - Coeficiente de conversión – (ver mas)

$$\rho = \left[(1 - 0,9 \cdot \lambda^2 - 0,1 \cdot \lambda^4) (1 - 0,3 \cdot \lambda^3) \right]^{-n}$$

$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{|\cot \delta| - \sqrt{\cot^2 \delta - \cot^2 \varphi}}{1 + \operatorname{cosec} \varphi} \right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \right)$$

Donde:

- β - Inclinación de la pendiente detrás de la estructura
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**

El coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a la cohesión K_{ac} esta dado:

por: $\alpha < \frac{\pi}{4}$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \cdot \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

por: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_{ac} = \sqrt{K_a}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- β - Inclinación de la pendiente detrás de la estructura
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Componentes verticales y horizontales de la Presión activa de la tierra se convierten en:

$$\begin{aligned}\sigma_{ax} &= \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta) \\ \sigma_{az} &= \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)\end{aligned}$$

Donde:

- σ_a - Presión activa de la tierra
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Presión activa de la tierra - La teoría de Absi

La presión activa de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- c_{ef} - Cohesión efectiva del suelo
- K_a - Coeficiente de la Presión activa de la tierra
- K_{ac} - Coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a cohesión

El programa toma distintos valores para el coeficiente de la Presión activa de la tierra K_a en una base de datos, basada en los valores publicados en el libro: Kérisel, Absi: Active and passive earth Pressure Tables, 3rd Ed. A.A. Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

El coeficiente de la Presión activa de la tierra debido a la cohesión K_{ac} esta dado:

por: $\alpha < \pi/4$

$$\begin{aligned}K_{ac} &= \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)} \\ K_{ahc} &= \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \cdot \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}\end{aligned}$$

por: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_{ac} = \sqrt{K_a}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- β - Inclinación de la pendiente
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Componentes verticales y horizontales de la Presión activa de la tierra se convierten en:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde:

- σ_a - Presión activa de la tierra
- δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Kérisel, Absi: Active and Passive Earth Pressure Tables, 3rd ed., Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

Presión activa de la tierra - Tensión Total

Al determinar la presión activa de la tierra en suelos saturados plenamente cohesivos, en cuyo caso la consolidación es usualmente prevenida (condiciones sin drenar), la tensión normal total horizontal σ_x está dada por:

$$\sigma_x = \sigma_z - K_{uc} \cdot c_u$$

Donde:

- σ_x - Tensión total horizontal (normal)
- σ_z - Tensión total vertical (normal)
- K_{uc} - Coeficiente de la presión del terreno
- c_u - Cohesión total del suelo

El coeficiente de la presión del terreno K_{uc} esta dado:

$$K_{uc} = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{a_u}{c_u}}$$

Donde:

- K_{uc} - Coeficiente de presión de la tierra
- c_u - Cohesión total del suelo
- a_u - Total **adherencia del suelo** a la estructura

Presión pasiva de la tierra

La presión pasiva de la tierra es la más alta limitación de presión lateral desarrollada por una pared que se mueve en dirección opuesta a donde actúa la presión de la tierra (Rotación de la pared mínima y necesaria para la evolución de la presión pasiva de la tierra: 10 *mrad*, i.e. 10 *mm/m* de la altura del muro). En la mayoría de las expresiones utilizadas para calcular la presión pasiva de la tierra, el signo convencional se asume de tal manera que el valor usual

de δ correspondiente a la dirección vertical del roce es negativo. El programa, sin embargo, asume que estos valores son positivos. Una variante con rozamiento actuando hacia arriba, no se considera en el programa.

Las siguientes teorías y enfoques son implementados para el cálculo de la presión pasiva de la tierra asumiendo **estados de tensión efectiva**:

- La teoría de Rankin y Mazindrani
- La teoría de Coulomb
- La teoría de Caquot - Kérisel
- La teoría de Müller - Breslau
- La teoría de Absi
- La teoría de Sokolovski

El programa también permite realizar el análisis en la **tensión total**.

Presión pasiva de la tierra - La teoría de Rankin y Mazindrani

La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p = \gamma \cdot z \cdot K'_p \cdot \cos \beta$$

Donde:

- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra según Rankin
- β - Inclinación de la pendiente
- γ - Peso unitario del suelo
- z - Profundidad asumida
- K'_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra según Mazindrani

El coeficiente de la presión pasiva de la tierra K'_p esta dado:

$$K'_p = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot \left[\frac{2 \cdot \cos^2 \beta + 2 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi + \sqrt{4 \cdot \cos^2 \beta \cdot (\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi) + 4 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi + 8 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}}{2} \right] - 1$$

Donde:

- β - Inclinación de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- c - Cohesión del suelo

Si no hay fricción ($\delta = 0$) entre la estructura y la cohesión del suelo ($c = 0$), la superficie terrestre es horizontal ($\beta = 0$) y la resultante superficie antideslizante es también plana con la pendiente:

$$\theta_p = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

La teoría de Mazindrani entonces se reduce de a la teoría de Rankin. El coeficiente de la

presión pasiva de la tierra viene dado por:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna del suelo

La presión pasiva de la tierra σ_p por Rankin para cohesión del suelo ($c = 0$), está dada por:

$$\sigma_p = \gamma \cdot z \cdot K_p$$

Donde: γ - Peso unitario del suelo

z - Profundidad asumida

K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra según Rankin

Bibliografía:

Mazindrani, Z.H., and Ganjali, M.H. 1997. Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, **123**(2): 110–112.

Presión pasiva de la tierra - La teoría de Coulomb

La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Donde: σ_z - Tensión Efectiva vertical geo-estática

K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra según Coulomb

c - Cohesión del suelo

El coeficiente de la presión pasiva de la tierra K_p está dado por:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna del suelo

δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo

β - Inclinação de la pendiente

α - Inclinação de la cara posterior de la estructura

Los componentes verticales σ_{pv} y horizontales σ_{ph} de la presión pasiva de la tierra están dados por:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde: δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo

α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Arnold Verruijt: *Soil mechanics, Delft University of Technology, 2001, 2006, <http://geo.verruijt.net/>.*

Presión pasiva de la tierra - La teoría de Caquot - Kérisel

La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p \cdot \psi + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p \cdot \psi}$$

Donde: K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra por $\delta = -\varphi$ (ver la [tabla](#))

ψ - coeficiente de reducción ψ por $|\delta| < \varphi$, (ver la [tabla](#))

c - Cohesión del suelo

σ_z - Tensión vertical geo-estática

Los componentes verticales σ_{pv} y horizontales σ_{ph} de la presión pasiva de la tierra están dados por:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde: δ - [Ángulo de fricción de la estructura - suelo](#)

α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Coeficientes de la presión pasiva de la tierra K_p

Coeficiente pasivo del terreno K_p para $\delta = -\varphi$											
α [°]	φ [°]	K_p cuando β°									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,39	1,70	1,92	2,06						
	20	1,71	2,06	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,61	2,96	3,66	4,22	4,43				
-30	30	2,7	3,4	4,1	5,0	5,96	6,9	7,4			

		8	2	6	1		4	0			
	35	3,7 5	4,7 3	5,8 7	7,2 1	8,76	10, 60	12, 50	13,60		
	40	5,3 1	6,8 7	8,7 7	11, 00	13,70	17, 20	24, 60	25,40	28,40	
	45	8,0 5	10, 70	14, 20	18, 40	23,80	30, 50	38, 90	49,10	60,70	69, 10
	10	1,3 6	1,5 8	1,7 0							
	15	1,6 8	1,9 7	2,2 0	2,3 8						
	20	2,1 3	2,5 2	2,9 2	3,2 2	3,51					
	25	2,7 8	3,3 4	3,9 9	4,6 0	5,29	5,5 7				
-20	30	3,7 8	4,6 1	5,5 6	6,6 1	7,84	9,1 2	9,7 7			
	35	5,3 6	6,6 9	8,2 6	10, 10	12,20	14, 80	17, 40	19,00		
	40	8,0 7	10, 40	12, 00	16, 50	20,00	25, 50	36, 50	37,80	42,20	
	45	13, 20	17, 50	22, 90	29, 80	38,30	48, 90	62, 30	78,80	97,30	11 1,0 0
	10	1,5 2	1,7 2	1,8 3							
	15	1,9 5	2,2 3	2,5 7	2,6 6						
	20	2,5 7	2,9 8	3,4 2	3,7 5	4,09					
	25	3,5 0	4,1 4	4,9 0	5,6 2	6,45	6,8 1				
-10	30	4,9 8	6,0 1	7,1 9	8,5 1	10,10	11, 70	12, 60			
	35	7,4 7	9,2 4	11, 30	13, 80	16,70	20, 10	23, 70	26,00		

	40	12,00	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,60	
	45	21,20	27,90	36,50	47,20	60,60	77,30	98,20	124,00	153,00	176,00
	10	1,64	1,81	1,93							
	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,29	5,02	5,81	6,72	7,71	8,16				
0	30	6,42	7,69	9,13	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,20	12,60	15,30	18,60	22,30	26,90	31,70	34,90		
	40	17,50	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	76,40	79,10	88,70	
	45	33,50	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
10	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,80	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,50	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,90	69,40	90,00	116,00	148,00	188,00	239	303	375,00	431,00

							0	,00	00		
	10	1,7 8	1,8 9	2,0 1							
	15	2,5 8	2,8 2	3,1 1	3,3 0						
	20	3,9 0	4,3 8	4,9 2	5,5 3	5,83					
20	25	6,1 8	7,1 2	8,1 7	9,3 9	10,70	11, 40				
	30	10, 40	12, 30	14, 40	16, 90	20,00	23, 20	25, 00			
	35	18, 70	22, 80	27, 60	33, 30	40,00	48, 00	56, 80	62,5 0		
	40	37, 20	46, 90	58, 60	72, 50	89,30	11 1,0 0	158 ,00	164, 00	185,00	
	45	84, 00	110 ,00	143 ,00	184 ,00	234,00	29 7,0 0	378 ,00	478, 00	592,00	680,00
	10	1,7 8	1,8 9	2,0 0							
	15	2,7 2	2,9 6	3,2 6	3,4 5						
	20	4,3 5	4,8 8	5,4 6	6,1 4	6,47					
30	25	7,3 3	8,4 3	9,6 5	11, 10	12,70	13, 50				
	30	13, 10	15, 50	18, 20	21, 40	25,20	29, 30	31, 60			
	35	25, 50	31, 00	37, 50	45, 20	54,20	65, 20	77, 00	84,8 0		
	40	54, 60	68, 80	86, 00	107 ,00	131,00	16 2,0 0	232 ,00	241, 00	271,00	
	45	135 ,00	176 ,00	228 ,00	293 ,00	374,00	47 5,0 0	604 ,00	763, 00	945,00	1090,0 0

Coeficientes de reducción de la presión pasiva de la tierra

Coeficientes de reducción ψ para $|\delta| < \varphi$

φ [°]	ψ para $|\delta| < \varphi$					
5	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0
10	1,00	0,989	0,962	0,929	0,898	0,864
15	1,00	0,979	0,934	0,881	0,830	0,775
20	1,00	0,968	0,901	0,824	0,752	0,678
25	1,00	0,954	0,860	0,759	0,666	0,574
30	1,00	0,937	0,811	0,686	0,574	0,467
35	1,00	0,916	0,752	0,603	0,475	0,362
40	1,00	0,886	0,682	0,512	0,375	0,262
45	1,00	0,848	0,600	0,414	0,276	0,174

Presión pasiva de la tierra La teoría de Müller - Breslau

La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Donde: K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra

p

c - Cohesión del suelo

σ_z - Tensión Total normal vertical

El coeficiente de la presión pasiva de la tierra K_p esta dado por:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right)^2}$$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna del suelo

δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo

β - Inclinación de la pendiente

α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Los componentes verticales σ_{pv} y horizontales σ_{ph} de la presión pasiva de la tierra están dados por:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde: δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
 α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Müller-Breslau's *Erddruck auf Stützmauern*, Stuttgart: Alfred Kroner-Verlag, 1906 (German).

Presión pasiva de la tierra - La teoría de Absi

La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Donde: K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra
 c - Cohesión del suelo
 σ_z - Tensión Total Normal vertical

El programa toma valores para el coeficiente K_p de una base de datos, basada en los valores tabulados publicados en el libro: Kérisel, Absi: Active and passive earth Pressure Tables, 3rd Ed. A.A. Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

Los componentes verticales σ_{pv} y horizontales σ_{ph} de la presión pasiva de la tierra están dados por:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

Donde: δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
 α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

Bibliografía:

Kérisel, Absi: *Active and Passive Earth Pressure Tables*, 3rd ed., Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

Presión pasiva de la tierra - La teoría de Sokolovski

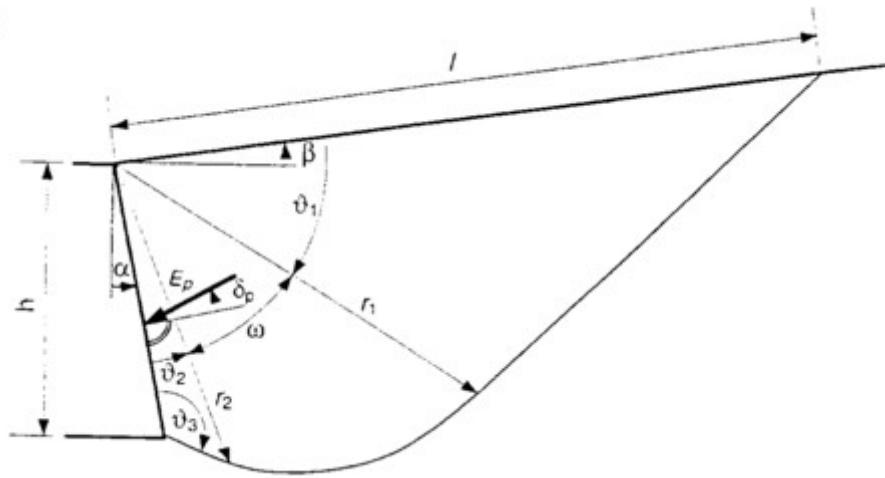
La presión pasiva de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_{pg} + c \cdot K_{pc} + p_v \cdot K_{pp}$$

Donde: K_{pg} - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra para suelos cohesivos
 K_{pc} - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra debido a las cohesiones
 K_{pp} - Cohesión del suelo debido a la sobrecarga
 σ_z - Tensión Total normal vertical

A continuación se introducen las distintas expresiones para determinar la magnitud de la

presión pasiva de la tierra y la superficie de deslizamiento; el significado de las distintas variables se muestra en la figura:



Presión pasiva de la tierra y superficie deslizante después de aplicar Sokolovski

Ángulos que describen la superficie de deslizamiento:

$$\begin{aligned}\vartheta_1 &= \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} - \frac{\varepsilon_1 - \beta}{2} \\ \vartheta_2 &= \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} - \frac{\varepsilon_2 - \delta_p}{2} \\ \vartheta_3 &= \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} + \frac{\varepsilon_2 - \delta_p}{2} \\ \omega &= \frac{\pi}{2} - \alpha + \beta - \vartheta_1 - \vartheta_2 \\ \varepsilon_1 &= \frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \\ \varepsilon_2 &= -\frac{\sin \delta_p}{\sin \varphi}\end{aligned}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ_p - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
- β - Inclinación de la pendiente

Radio del vector de la superficie de deslizamiento:

$$\begin{aligned}r_2 &= \frac{h}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sin \vartheta_3}{\sin(\vartheta_2 + \vartheta_3)} \\ r_1 &= r_2 \cdot e^{\omega \cdot \tan \varphi}\end{aligned}$$

$$I = r_1 \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi + \vartheta_1)}$$

Siempre que $\omega < 0$; ambos bordes rectos de la zona r_1 y r_2 son numéricamente superpuestos y la resultante en el plano de la superficie de deslizamiento se desarrolla en la región de superposición.

Los coeficientes de la presión pasiva de la tierra K_{pg} , K_{pp} , K_{pc} siguen la siguiente forma:

$$\begin{aligned} K_{pg} &= K_{pg,0} \cdot i_{pg} \cdot g_{pg} \cdot t_{pg} \\ K_{pp} &= K_{pp,0} \cdot i_{pp} \cdot g_{pp} \cdot t_{pp} \\ K_{pc} &= \cot \varphi \cdot \left(K_{pp,0} \cdot i_{pc} \cdot g_{pc} \cdot t_{pc} - \frac{1}{\cos \alpha \cdot \cos \delta} \right) \end{aligned}$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ_p - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

$$K_{pg,0} = K_{pp,0} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

Variables auxiliares: i_{pg} , i_{pp} , i_{pc} , g_{pg} , g_{pp} , g_{pc} , t_{pg} , t_{pp} , t_{pc}

para: $i_{pg} = (1 - 0,53 \cdot \delta_p)^{0,26 + 5,96 \varphi}$, $i_{pp} = (1 - 1,33 \cdot \delta_p)^{0,08 + 2,37 \varphi}$, $i_{pc} = i_{pp}$

si $\beta \leq 0$: $g_{pg} = (1 + 0,73 \cdot \beta)^{2,89}$, $g_{pp} = (1 + 1,16 \cdot \beta_p)^{1,57}$, $g_{pc} = (1 + 0,001 \cdot \beta \cdot \tan \varphi)^{205,4 + 2232 \varphi}$

si $\beta > 0$: $g_{pg} = (1 + 0,35 \cdot \beta)^{0,42 + 8,15 \varphi}$, $g_{pp} = (1 + 3,84 \cdot \beta_p)^{0,98 \varphi}$, $g_{pc} = e^{2 \cdot \beta \cdot \tan \varphi}$

si $\alpha \leq 0$: $t_{pg} = (1 + 0,72 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi)^{3,51 + 1,03 \varphi}$

si $\alpha > 0$: $t_{pg} = (1 - 0,0012 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi)^{2910 - 1958 \varphi}$

$$t_{pp} = \frac{e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi}}{\cos \alpha}$$

Donde:

$$t_{pc} = t_{pp}$$

Para determinar el coeficiente de presión pasiva de la tierra, en suelos con valores de ángulo de fricción interna iguales a cero, se utiliza la siguiente expresión:

$$K_{pp} = \cos \beta$$

$$K_{pc} = K_{pc,0} \cdot i_{pc} \cdot g_{pc} \cdot t_{pc}$$

Donde:

$$K_{pc,0} = 2$$

$$i_{pc} = 1$$

$$g_{pc} = 1 + \beta$$

$$t_{pc} = \frac{1 - \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow K_{pc} = \frac{2 \cdot (1 + \beta) \cdot (1 - \alpha)}{\cos \alpha}$$

Bibliografía:

Sokolovski, V.V., 1960. Statics of Soil Media, Butterworth, London.

Presión pasiva de la tierra - Tensión Total

Al determinar la presión pasiva de la tierra en un suelo plenamente saturado, en cuyo caso la cohesión es usualmente prevenida (condiciones sin drenar), la tensión total normal horizontal σ_x están dados por:

$$\sigma_x = \sigma_z - K_{uc} \cdot c_u$$

Donde:	σ_x	-	Tensión Total horizontal (normal)
	σ_z	-	Tensión Total vertical (normal)
	K_{uc}	-	Coefficiente de la presión del terreno
	c_u	-	Cohesión total del suelo

El coeficiente de la presión pasiva de la tierra K_{uc} esta dado por:

$$K_{uc} = -2 \cdot \sqrt{1 + \frac{a_u}{c_u}}$$

Donde:	K_{uc}	-	Coefficiente de la presión del terreno
	c_u	-	Cohesión total del suelo
	a_u	-	Total adhesión del suelo a la estructura

Presión en reposo de la tierra

La presión en reposo es la presión horizontal de la tierra actuando en una estructura rígida. Es usual asumirla en casos donde el necesario reducir al mínimo las deformaciones laterales y horizontales de los suelos cubiertos (es decir, cuando hay una estructura de soporte lateral en la excavación de un pozo de profundidades por debajo de la base, o en general en casos de suelos cubiertos con estructuras sensibles a las no uniformes soluciones) o cuando la estructura de carga por presión de tierras está dada por algunas razones tecnológicas extremadamente rígidas y no permite la deformación en la dirección de la carga necesaria para movilizar la Presión activa de la tierra. Cuando una estructura de soporte lateral.

La presión en reposo de la tierra está dada por:

$$\sigma_r = \sigma_z \cdot K_r$$

Para **suelos cohesivos** la fórmula de Terzaghi para calcular K_r se implementa en el programa:

$$K_r = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Donde: ν - Coeficiente de Poisson

Para **suelos normalmente granular** se utiliza la expresión de Jaky:

$$K_r = 1 - \sin \varphi$$

Donde: φ - Angulo de fricción interna del suelo

Cuando calculamos la presión en reposo de suelos cohesivos σ_r utilizando la fórmula de Jaky para determinar el coeficiente de la presión en reposo de tierra K_r , se recomienda utilizar el ángulo alternativo de fricción interna φ_n . La forma de calcular la presión en reposo de la tierra puede que sea por lo tanto influenciada por la selección del tipo de suelo (cohesivo, normalmente granular) cuando se imputan parámetros. Incluso los suelos normalmente granulares (ej.: arena) deben ser introducidos como cohesivos si queremos calcular la presión en reposo con la ayuda del coeficiente de Poisson y viceversa

Para **sobre consolidados** la expresión propuesta por Schmertmann para calcular el coeficiente de la presión en reposo de la tierra K_r es:

$$K_r = 0,5 \cdot (OCR)^{0,5}$$

Donde: K_r - Coeficiente de presión en reposo de la tierra

OCR - Coeficiente sobre consolidados

El valor del coeficiente de la presión en reposo de la tierra también puede ser **imputado directamente**.

El programa calcula la influencia de la **superficie del suelo inclinado o la parte posterior de la estructura** y el aumento de la presión en reposo de la **sobrecarga**.

Presión en reposo de la tierra por inclinación de la superficie detrás de la estructura

Para la inclinación de la superficie terrestre detrás de la estructura ($0^\circ < \beta \leq \varphi$) la presión en reposo de la tierra está dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_r = \frac{\sigma_z \cdot K_r \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta}{\sin \varphi - \sin^2 \beta}$$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna del suelo

β - Inclinación de la pendiente

σ_z - Tensión vertical geo-estática

K_r - Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

Para la inclinación de la cara posterior del muro el valor de la presión en reposo de la tierra es derivada de:

$$\sigma_r = \sigma_z \sqrt{\sin^2 \alpha + K_r^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

Donde: α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
 σ_z - Tensión vertical geo-estática
 K_r - Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

La componente tangencial y norma están dados por:

$$\sigma = \sigma_z \cdot (\sin^2 \alpha + K_r \cdot \cos^2 \alpha)$$

$$\tau = \sigma_z \cdot (1 - K_r) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

Donde: α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
 σ_z - Tensión vertical geo-estática
 K_r - Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

La desviación del ángulo δ desde la línea normal al muro se lee:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{(1 - K_r) \operatorname{tg} \alpha}{K_r + \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

Donde: α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
 K_r - Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

Presión Activa aumentada

El aumento de la presión activa se calcula utilizando el coeficiente k .

La magnitud de la presión se calcula mediante la fórmula:

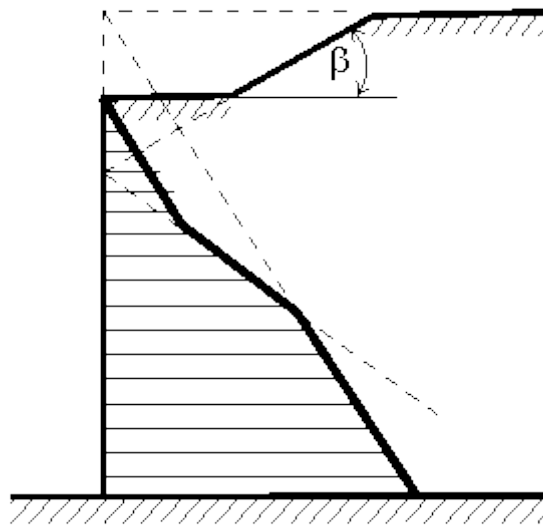
$$\sigma = k \sigma_r + (1 - k) \sigma_a$$

Donde: σ_r - presión en reposo
 σ_a - presión activa de la tierra
 k - coeficiente de la presión activa aumentada

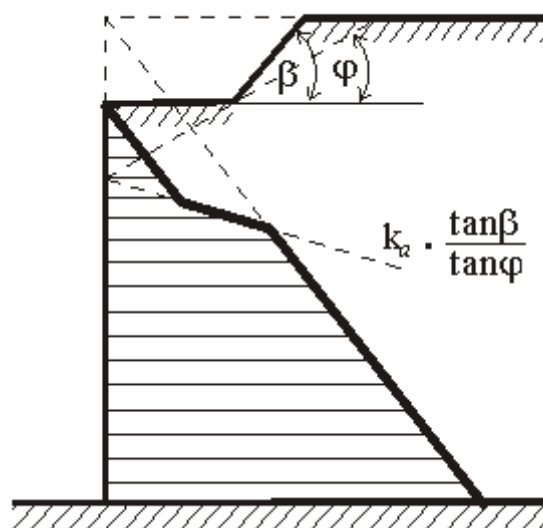
Si el valor del coeficiente $k = 1$, entonces la presión que actúa es igual a la presión en reposo.
Si el valor del coeficiente $k = 0$, entonces la presión que actúa es igual a la presión activa.

Distribución de la presión de tierras en casos de terrenos quebrados

Las siguientes figuras muestran el procedimiento para análisis de presión de la tierra en casos de terrenos inclinados. La figura resultante de la distribución de la presión de la tierra actuando sobre la construcción se obtiene a partir de la suma de distribuciones triangulares desarrolladas por los distintos efectos que actúan en la construcción.



Principio del cálculo de la presión de la tierra para casos de terrenos quebrados



Principio del cálculo de la presión de la tierra para casos de terrenos quebrados para $\beta > \varphi$

Influencia del agua

La influencia de agua subterránea puede ser reflejada utilizando una de las siguientes variantes:

Sin aguas subterráneas, no se considera el agua



Presión hidrostática, aguas subterráneas detrás de la estructura



Presión hidrostática, aguas subterráneas detrás y delante de la estructura



Presión hidrodinámica



Especial distribución de la presión del agua



Sin aguas subterráneas, el agua no se considera



Sin aguas subterráneas, el agua no se considera

En esta opción la influencia del agua subterránea no se toma en cuenta.

Información complementaria:

Si hay buen suelo, en y por debajo del nivel de *GWT*, se debe evaluar cuidadosamente la influencia de la saturación total en la región de atracción capilar. Esta región se encuentra en el análisis reflejada solo por un grado mayor de saturación, y por esto el valor de γ_{sat} es ingresado dentro de los parámetros del suelo.

Para distinguir regiones con diferentes grados de saturación, un camino podría ser insertar varias capas de suelo con diferentes unidades de peso. Las presiones de valores negativos no se consideran. Sin embargo para capas con diferentes grados de saturación es posible usar diferentes valores de resistencia de corte influenciados por la succión (diferencia en presión del poro de agua y de gas $u_a - u_w$).

Presión hidrostática, aguas subterráneas detrás de la estructura



Presión hidrostática, aguas subterráneas detrás de la estructura

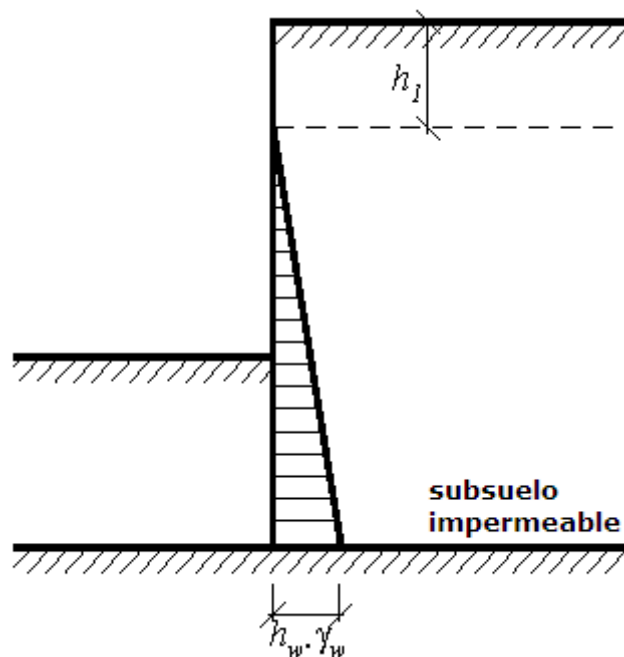
El talón de la estructura está hundido dentro de un suelo impermeable, de esta manera se toman precauciones con respecto el flujo del agua que pasa por debajo de la estructura. No existe ninguna actividad de agua por delante de la estructura, el agua se encuentra solo detrás misma. Puede llegar a ocurrir que el agua fluya libremente por el frente de la estructura por causa de la gravedad o a la profundidad del drenaje en uso.

La parte trasera de la estructura se carga por la presión hidrostática:

$$u = \gamma_w \cdot h_w$$

Donde: γ_w - Unidad de peso del agua

h_w - Diferencia del nivel del agua



Acción de la presión hidrostática

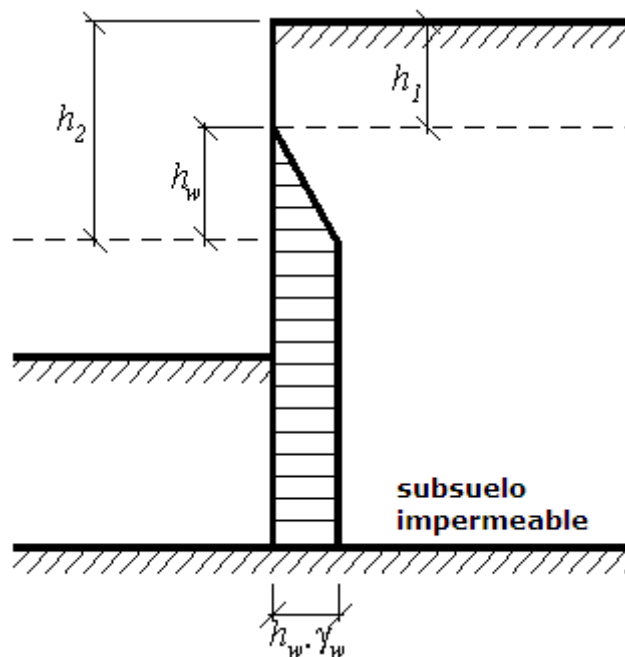
Presión hidrostática, aguas subterráneas por delante y detrás de la estructura



Presión hidrostática, aguas subterráneas delante y detrás de la estructura

El talón de la estructura está hundido dentro de un suelo impermeable, de esta manera se toman precauciones con respecto al flujo del agua. Se carga agua delante y detrás de la estructura. El agua delante de la estructura es removida con la ayuda de los efectos de la gravedad o es capturada por bombeo. Ambas partes, delantera y trasera de la estructura, es cargada por la presión hidrostática debido a la diferencia del nivel del agua (h_1 y h_2)

La dimensión h_w representa la diferencia entre los niveles de agua delante y detrás de la estructura (ver figura):



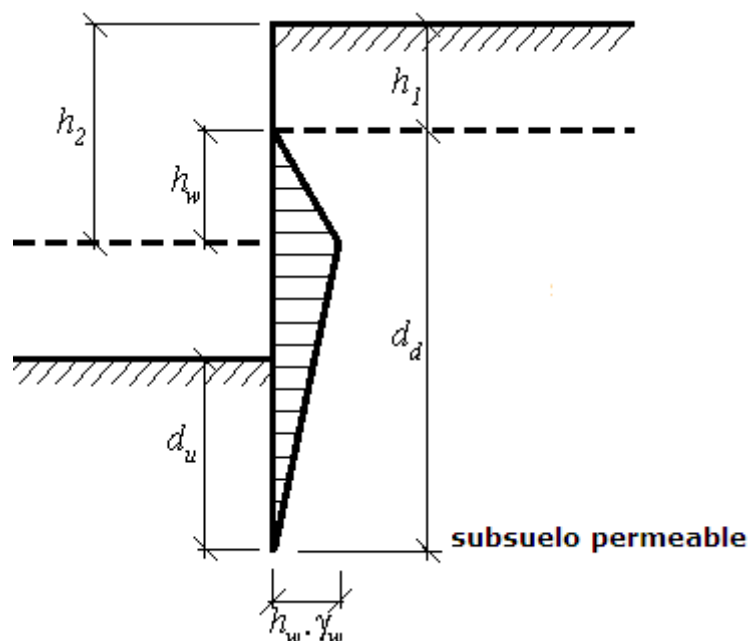
Acción de la presión hidrostática

Presión hidrodinámica



Presión hidrodinámica

El talón de la estructura está hundido dentro de un suelo permeable, de esta manera se permiten el flujo libre de agua por debajo de la estructura. (ver figura). El peso unitario del suelo sumergido γ_{su} se ha modificado para tener en cuenta la presión del flujo. Estas modificaciones entonces dependen de la dirección del flujo de agua.



Acción de la presión hidrodinámica

Cuando calculamos la presión de la tierra en el área de descenso de flujo, el programa introduce los siguientes valores para la peso unitario del suelo.

$$\gamma = \gamma_{su} + \Delta\gamma = \gamma_{su} + i \cdot \gamma_w$$

Y en el área de ascenso de flujo los siguientes valores:

$$\gamma = \gamma_{su} - \Delta\gamma = \gamma_{su} - i \cdot \gamma_w$$

Donde:

- γ_{su} - Peso unitario del suelo sumergido
- $\Delta\gamma$ - Alteración del peso unitario del suelo
- i - Promedio de gradiente de filtración
- γ_w - peso unitario del agua

Promedio de gradiente de filtración está dado por:

$$i = \frac{h_w}{d_d + d_u}$$

Donde:

- i - Promedio de gradiente de filtración
- h_w - Diferencia del nivel de agua
- d_d - Filtración hacia abajo
- d_u - Filtración hacia arriba

Si el cambio de peso unitario del suelo $\Delta\gamma$ está dado por:

$$\Delta\gamma = i \cdot \gamma_w$$

Donde:

- i - Promedio de gradiente de filtración
- γ_w - Peso unitario del agua

Es mayor que el peso unitario del suelo saturado γ_{su} , entonces aparece la lixiviación delante de la estructura, como consecuencia del flujo de agua, el suelo se comporta con peso nulo y no puede transmitir ninguna carga.

El programa entonces muestra un mensaje de alerta y asume el valor de $\gamma = 0$. El resultado por lo tanto ya no corresponde al ingresado originalmente - Es más seguro.

Especial distribución de la presión del agua



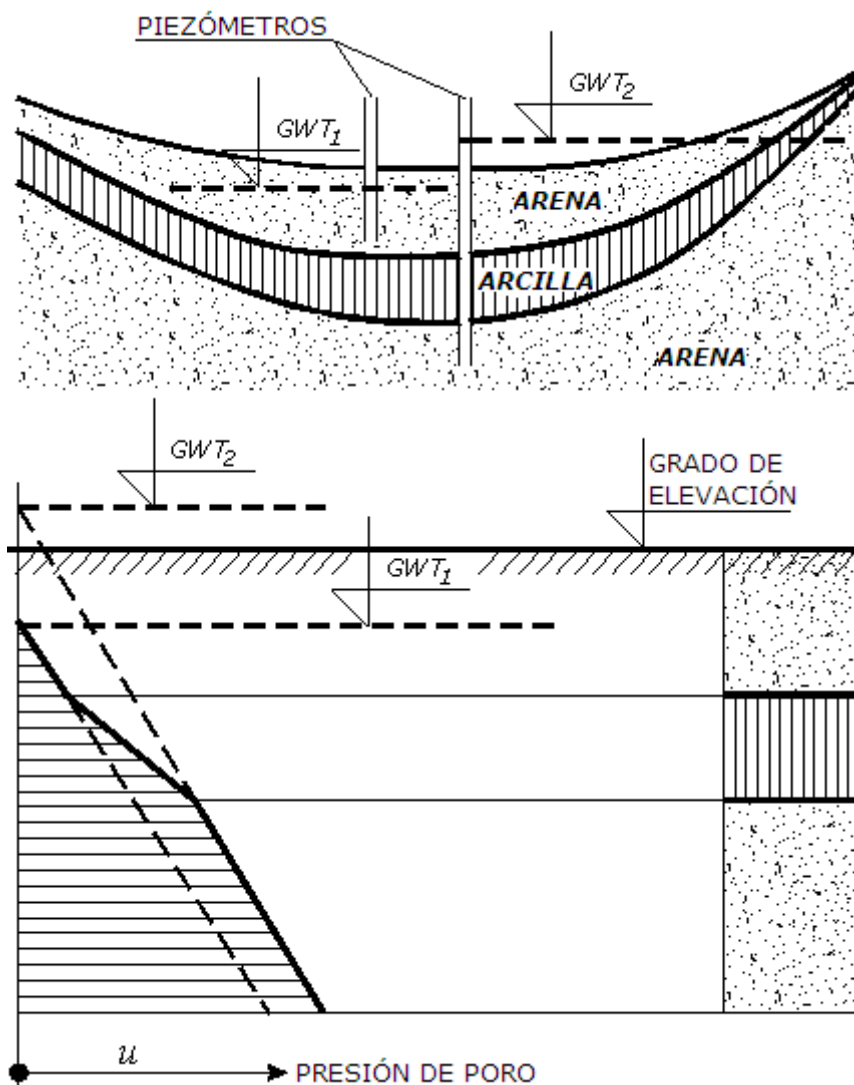
Especial distribución de la presión del agua

Esta opción permite ingresar en forma manual e independiente, distribuciones de carga debido al agua que se encuentra delante o detrás de la estructura utilizando datos de presión de poros a diferentes profundidades.

La variación de la presión entre diferentes valores es lineal. Al mismo tiempo es necesario ingresar valores de niveles de agua de saturación de suelo, delante y detrás de la estructura, h_1 h_2 , incluyendo posibles descensos de la peso unitario $\delta\gamma$ delante de la estructura debido al flujo.

Ejemplo: Dos líneas horizontales separadas por aguas subterráneas.

Hay dos capas permeables (arena y gravilla) con una capa impermeable de arcilla entre medio, lo cual causa la separación de dos líneas horizontales hidráulicas (ver figura):



Ejemplo de distribución de presión de poro

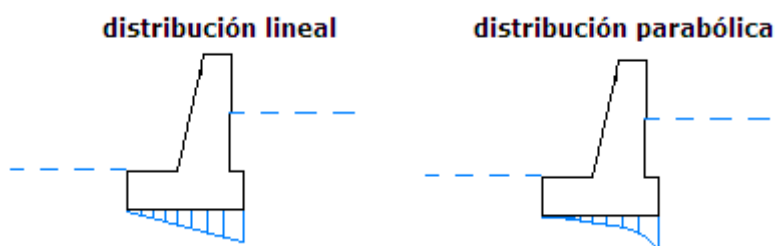
La distribución de la presión de poro por encima de la capa de arcilla es impulsada por el nivel freático libre GWT_1 . La distribución de la presión de poro por debajo de la capa de arcilla resulta de la relación en la separación más baja del nivel freático GWT_2 , donde el nivel freático está tensionado. La distribución de la presión de poro en la arcilla es aproximadamente lineal.

La atracción capilar en el análisis se refleja solo por el aumento en el grado de saturación, y por lo tanto el valor de γ_{sat} se ingresa dentro de los parámetros del suelo.

Para distinguir regiones con distintos grados de saturación una forma podría ser ingresar distintas capas del mismo suelo pero con distintas unidades de peso. La presión de poro negativa no se considera. Sin embargo para capas con diferentes grados de saturación es posible introducir valores de resistencia al corte influenciados por la succión.

Aumento de presión en la base de la zapata

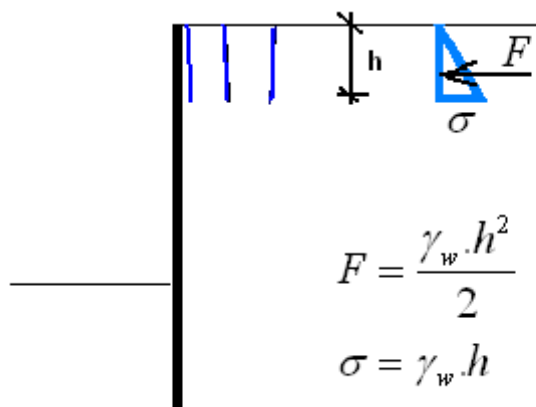
La variación de aumento de presión en la base de la zapata se debe a las diferentes capas freáticas asumidas de acuerdo a la distribución lineal esperada, a la distribución parabólica o simplemente no se tiene en cuenta.



Aumento de presión en la base de la zapata

Influencia de las grietas de tracción

El programa brinda la posibilidad de tener en cuenta la influencia de las grietas de tracción, de la superficie, llenas de agua. El procedimiento del análisis se desprende de la figura. La profundidad de las grietas de tracción es el único parámetro de entrada.

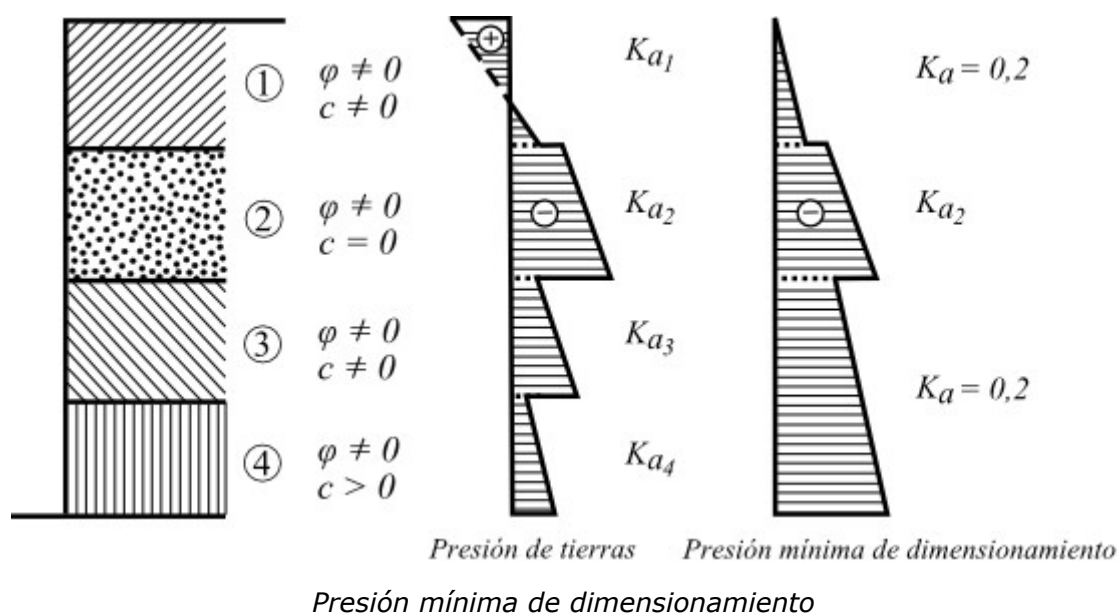


Influencia de las grietas de tracción

Presión mínima de dimensionamiento

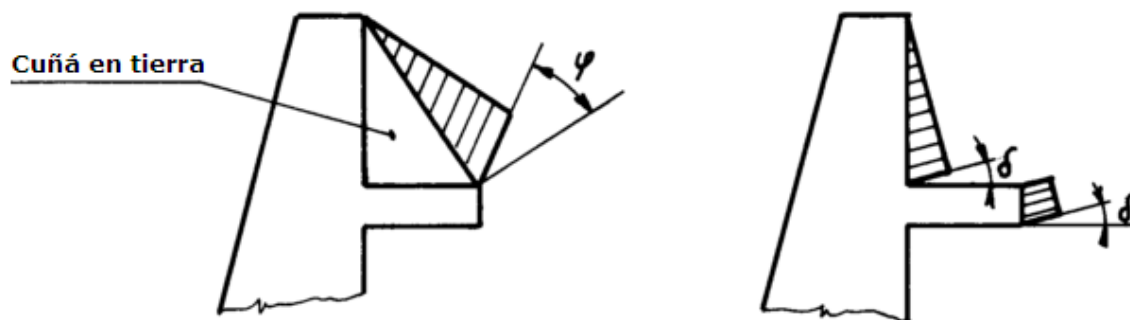
Al determinar la magnitud y distribución de la presión de la tierra es muy difícil calificar las proporciones de cada uno de los efectos. Esta situación provoca incertidumbre en la determinación del diagrama de carga de presión de la tierra. En realidad tenemos que usar en el diseño, las más adversas distribuciones a favor de la seguridad de la estructura. Por ejemplo: En casos de estructuras de soporte en suelos cohesivos, cuando se usan valores razonables de parámetros de resistencia de suelo a lo largo de toda la estructura, podremos encontrar resistencia a la tracción en la parte superior de la estructura (ver figura). Esta resistencia sin embargo, no puede ser ejercida sobre las láminas de la estructura. Consecuencia de la separación del suelo debido a la tecnología de construcción, aislamiento y capa de drenaje). A favor de la seguridad del diseño de las láminas de la estructura, particularmente en las regiones del subsuelo, donde la resistencia a la tracción es desarrollada durante el cálculo de la Presión activa de la tierra, el programa brinda la posibilidad de llamar a la opción "**Presión mínima de dimensionamiento**" en el análisis.

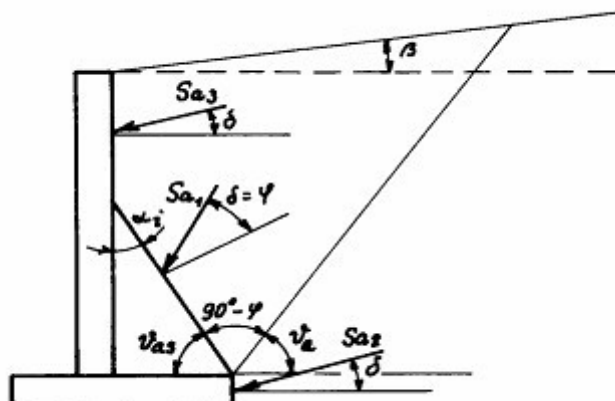
Para determinar la Presión mínima de dimensionamiento, para capas de suelos cohesivos, el programa emplea como valor mínimo del coeficiente de la Presión activa de la tierra un coeficiente alternativo $K_a = 0,2$. Por lo tanto el valor calculado para la Presión activa de la tierra no caerá por debajo del 20% de la presión vertical ($K_a \geq 0,2$) (ver figura). La aplicación de la presión mínima dimensionada asume, por ejemplo, la posibilidad de incrementar la presión lateral debido al llenado con agua de lluvia de un conjunto detrás de la lámina de la estructura. Si la opción de presión mínima de dimensionado no es seleccionada, el programa asume la tensión de corte ($K_a \geq 0,0$).



Presión en cuña de tierra

Proporciona una estructura de saltos voladizos (base de loza de la pared voladiza, modificación para reducción de la presión de la tierra) es considerada cuando calculando la presión de tierras es posible calcular la presión activa, ya sea detrás de la estructura con un ángulo de fricción ingresado de $\delta \leq 2/3\varphi$ o con una estructura trasera alternativa. La estructura trasera alternativa reemplaza la verdadera estructura quebrada por un pedazo plano pasando desde de la parte superior del punto detrás del muro hacia un punto externo superior del salto y forma una cuña en tierra (ver figura). Un completo ángulo de fricción $\delta = \varphi$ se considera a lo largo del plano. El peso de la cuña de tierra creada como suplemento, contribuye a la carga aplicada a la estructura. Para introducir esta alternativa dentro del análisis es necesario seleccionar en el programa GEO5 "**Presión de tierras**" la opción "**Considerar el desarrollo de Presión en cuña de tierra**". En otros programas se introduce automáticamente.





Determinación de: presión en cuña de tierra para casos de presión activa de la tierra

La parte plana de deslizamiento de la presión en cuña de tierra es inclinada desde la línea horizontal por un ángulo v_a que viene dado por:

$$v_a = \varphi + \varepsilon$$

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot h \cdot \cos(\beta - \alpha) + \frac{2 \cdot \sigma_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\gamma \cdot h}}$$

- Donde:
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
 - β - Inclinación de la pendiente
 - δ - **Ángulo de fricción de la estructura - suelo**
 - γ - Peso unitario del suelo
 - α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
 - h - Altura de la cuña en tierra

La forma de la cuña de tierra en capas de subsuelo está determinada por los distintos niveles de suelo por encima de la pared base, el programa calcula el ángulo v_a que sirve para determinar el ángulo v_{as} . Luego, determina la intersección de las líneas trazadas debajo del ángulo v_{as} desde la parte superior derecha de la base con la siguiente capa. El procedimiento continúa trazando otras líneas a partir de la intersección previamente determinada por el ángulo de inclinación v_{as} . El procedimiento finaliza cuando la línea se cruza con el terreno o la superficie de la pared, respectivamente. La forma de la cuña es asumida en forma de triángulo (intersección con la pared) o rectángulo (intersección con la tierra).

Influencia de la sobrecarga en la presión de tierras

Los siguientes tipos de sobrecargas son implementados en el programa GEO5:

Presión activa de la tierra

- Sobrecarga en la superficie
- Sobrecarga continua
- Sobrecarga trapezoidal
- Sobrecarga en un punto
- Sobrecarga lineal
- Sobrecarga horizontal

Presión en reposo de la tierra

- Sobrecarga en la superficie
- Sobrecarga continua
- Sobrecarga trapezoidal
- Sobrecarga en un punto
- Sobrecarga horizontal

Presión pasiva de la tierra

- Sobrecarga en la superficie

Sobrecarga en la superficie - Presión activa de la tierra

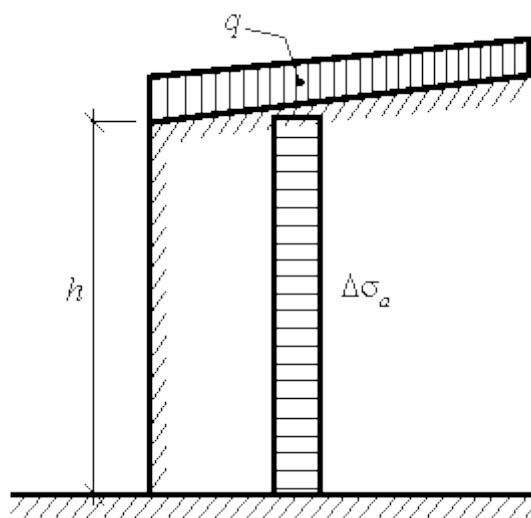
El incremento de la presión activa de la tierra en reposo debida a la sobrecarga en la superficie está dada por:

$$\Delta\sigma_a = p.K_a$$

Donde:

p	-	Carga vertical uniforme
K_a	-	Coefficiente de la Presión activa de la tierra

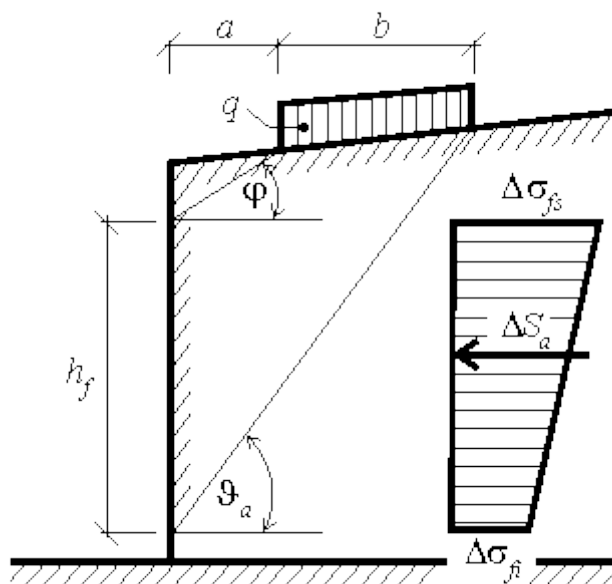
La carga vertical uniforme p aplicada a la superficie del suelo, induce por toda la parte de encima de la estructura una constante incremental de presión activa de la tierra (ver figura).



Incremento de la presión activa de la tierra debido a la sobrecarga en la superficie uniforme vertical

Sobrecarga continua - Presión activa de la tierra

Por la carga vertical continua f_a que actúa en paralelo con la estructura de la superficie a lo largo de una infinita franja, es asumido el incremento trapezoidal de la presión activa de la tierra aplicado a la estructura en un determinado segmento h_f (ver figura).



Incremento de la presión activa de la tierra en debido a la carga continua f_a

Este segmento está determinado por la intersección de la estructura y las líneas trazadas desde los puntos límites de la tira de carga que contiene pendientes asociadas con ángulos ϕ y θ_a . El ángulo θ_a corresponde a un plano antideslizante de la siguiente forma:

$$\theta_a = \phi + \varepsilon$$

La fórmula se describe en detalles en la sección "Presión activa de la tierra – **líneas de sobrecarga**".

La variación del incremento de la presión es trapezoidal: La mayor intensidad de $\Delta\sigma_{fs}$ es aplicada en el extremo superior. La menor intensidad de $\Delta\sigma_{fi}$ es aplicada en el extremo inferior. Los dos incrementos están dados por:

$$\Delta\sigma_{fs} = \frac{f_a \cdot b \cdot K_{af}}{h_f} \cdot \left(1 + \frac{a}{a+b}\right)$$

$$\Delta\sigma_{fi} = \frac{f_a \cdot b \cdot K_{af}}{h_f} \cdot \left(1 - \frac{a}{a+b}\right)$$

Donde:

- f_a - Magnitud de la sobrecarga continua
- b - ancho de la sobrecarga continua actuando normal a la estructura
- h_f - Selección de carga por incremento de la presión activa de la tierra

$$K_{af} = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

Donde:

- ϑ_a - Ángulo del plano de deslizamiento crítico
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo

El resultado del incremento de la presión activa de la tierra debido a la carga continua f_a está dado por:

$$\Delta S_a = f_a \cdot b \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

Donde:

- ϑ_a - Ángulo del plano de deslizamiento crítico
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
- f_a - Magnitud de la sobrecarga continua
- b - Ancho de la sobrecarga continua

Para suelos no homogéneos el programa **procede de la siguiente forma**.

Sobrecarga trapezoidal - Presión activa de la tierra

La sobrecarga trapezoidal es subdividida en el programa en diez segmentos. Cada segmento es tratado como **cargas continuas**. El resultado de la presión de la tierra es la suma de las sobrecargas parciales derivadas de cada segmento.

Sobrecarga concentrada - Presión activa de la tierra

La carga concentrada (resultante F debido a la superficie o a carga concentrada - ver figura). Es transformada en una **carga lineal** con la longitud límite. Si el ancho de la superficie de

carga b es más pequeña que la distancia a desde la parte trasera del muro (ver figura) la carga lineal alternativa f tiene una longitud $l+2(a+b)$ está dada por:

$$f = \frac{F}{l+2(a+b)}$$

Donde:

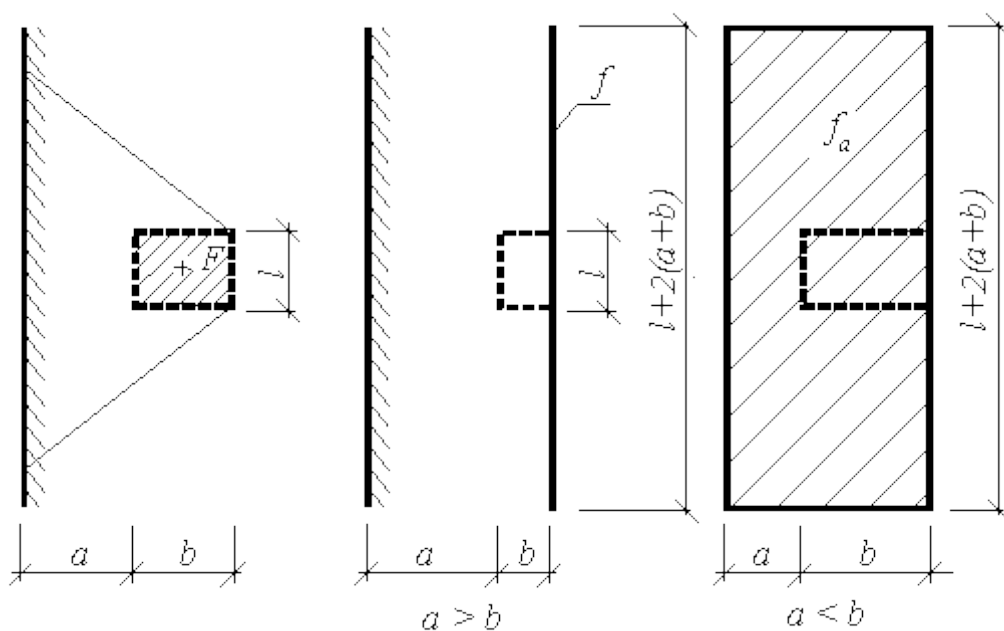
- F - Resultante debido a la superficie o a la carga concentrada
- a - Distancia a la carga desde la parte trasera del muro
- l - Longitud de la carga
- b - Ancho de la carga de superficie

Si el ancho b de la superficie de carga es superior a la distancia de a desde la parte de atrás del muro (ver figura) la **línea alternativa de carga** f tiene una longitud $l+2(a+b)$ y un ancho $(a+b)$ dado por:

$$f_a = \frac{F}{(l+2(a+b))(a+b)}$$

Donde:

- F - Resultante debido a la superficie o a la carga concentrada
- a - Distancia a la carga desde la parte trasera del muro
- l - Longitud de la carga
- b - Ancho de la carga de superficie



Carga alternativa por cálculo de incremento de presión activa de la tierra

Por suelos no homogéneos el programa **procede de la siguiente forma.**

Sobrecarga lineal - Presión activa de la tierra

La línea infinita vertical de carga f actuando en la superficie terrestre en paralelo con la estructura conduce a un incremento triangular de presión activa de la tierra aplicada a la

estructura en un determinado segmento h_f (ver figura):

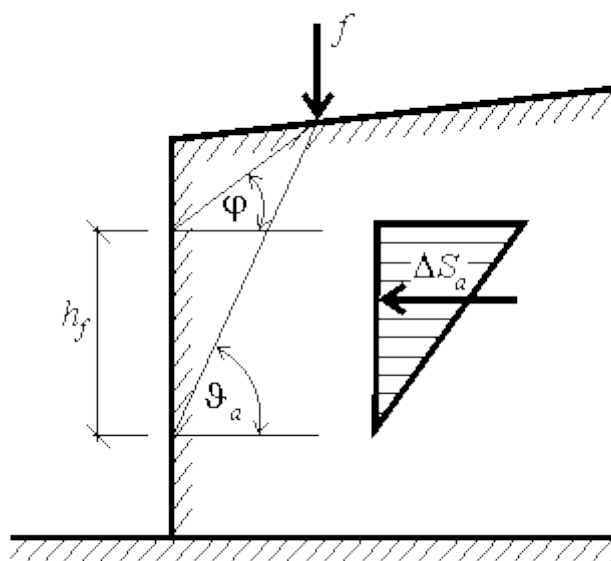


Diagrama de incremento de la presión activa de la tierra debido a la línea de carga vertical actuando sobre la superficie terrestre

La acción de la línea de sobrecarga es determinada de manera tal que dos líneas son dibujadas desde el punto de aplicación después de los ángulos φ y ϑ_a (correspondiente a la superficie de deslizamiento crítica), el cual viene dada por:

$$\vartheta_a = \varphi + \varepsilon$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- ε - Ángulo derivado de las siguientes fórmulas

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot h \cdot \cos(\beta - \alpha) + \frac{2 \cdot \sigma_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\gamma \cdot h}}$$

Donde:

- β - Inclinación de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
- c - Cohesión del suelo
- γ - Peso unitario del suelo

h - Profundidad asumida

Para suelos no homogéneos e inclinaciones de la superficie terrestre β más pequeñas que el ángulo de fricción interna del suelo φ el valor del ángulo ε esta dado por:

$$\cot g = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta)}}$$

Donde:

- β - Inclinación de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura

El resultado del incremento de la presión activa de la tierra se debe a la línea de carga f que viene dado por:

$$\Delta S_a = f \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

Donde:

- ϑ_a - Ángulo de la superficie de deslizamiento crítica
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- f - Magnitud de la línea de sobrecarga

Para suelos no homogéneos el programa [procede de la siguiente manera](#).

Incremento de la presión de la tierra debido sobrecarga horizontal

La carga f infinitamente distribuida a lo largo, que actúa horizontalmente en la superficie del suelo conduce a un incremento triangular de la presión activa aplicada a la estructura sobre un segmento dado h_f - ver figura:

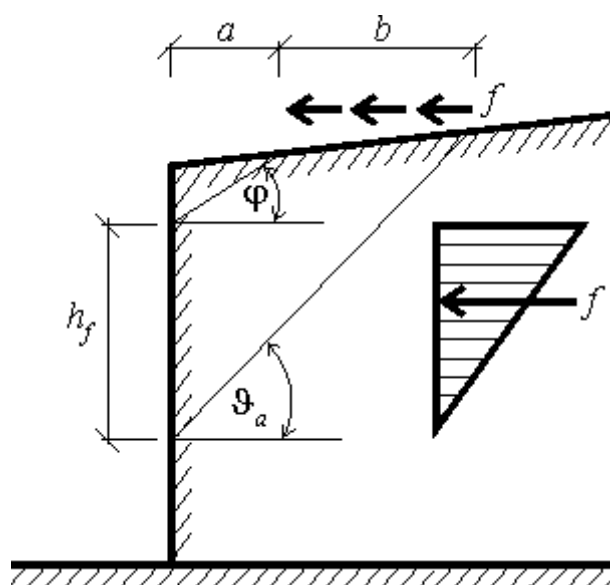


Diagrama del incremento de la presión activa de la tierra debido a la sobrecarga horizontal distribuida que actúa sobre la superficie del terreno

La acción de la línea de sobrecarga es determinada de manera tal que dos líneas son dibujadas desde el punto de aplicación después de los ángulos φ y ϑ_a (correspondiente a la superficie de deslizamiento crítica), el cual viene dada por:

$$\vartheta_a = \varphi + \varepsilon$$

Donde:

- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- ε - Ángulo derivado de las siguientes fórmulas

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot h \cdot \cos(\beta - \alpha) + \frac{2 \cdot \sigma_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\gamma \cdot h}}$$

Donde:

- β - Inclinación de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- α - Inclinación de la cara posterior de la estructura
- c - Cohesión del suelo
- γ - Peso unitario del suelo
- h - Profundidad asumida

Para suelos no homogéneos e inclinaciones de la superficie terrestre β más pequeñas que el ángulo de fricción interna del suelo φ el valor del ángulo ε esta dado por:

$$\cot g = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta)}}$$

Donde:

- β - Inclinação de la pendiente
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- α - Inclinação de la cara posterior de la estructura

El resultado del incremento de la presión activa de la tierra se debe a la línea de carga f que viene dado por:

$$\Delta S_a = f \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

Donde:

- ϑ_a - Ángulo de la superficie de deslizamiento crítica
- φ - Ángulo de fricción interna del suelo
- δ - Ángulo de fricción de la estructura – suelo
- f - Magnitud de la línea de sobrecarga

Para suelos no homogéneos el programa **procede de la siguiente manera**.

Sobrecarga en suelos no homogéneos

Para suelos no homogéneos se procede de la siguiente forma:

- Se calcula el ángulo ϑ_a para una capa de suelo dada.
- Se determina la magnitud correspondiente a la fuerza S_a y el tamaño del diagrama de presión correspondiente.
- Se determina la magnitud de la presión activa de la tierra actuando por debajo del borde inferior de una capa dada, y su relación con respecto a la magnitud de la presión global.
- La sobrecarga se reduce usando la relación mencionada, luego se determina la ubicación de la sobrecarga en la parte superior del borde de la capa posterior.
- Se calcula nuevamente el ángulo ϑ_a para la siguiente capa y se repiten los pasos anteriores hasta que la parte inferior de la estructura se alcanza o hasta que la sobrecarga esté completamente agotada.

Sobrecarga en la superficie - Presión en reposo de la tierra

El incremento de la presión en reposo de la tierra uniformemente distribuida $\Delta\sigma_r$ causada por la carga vertical aplicada en la superficie terrestre detrás de la estructura se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\Delta\sigma_r = f \cdot K_r$$

Donde:

- f - Magnitud de la sobrecarga de la superficie
- K_r - Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

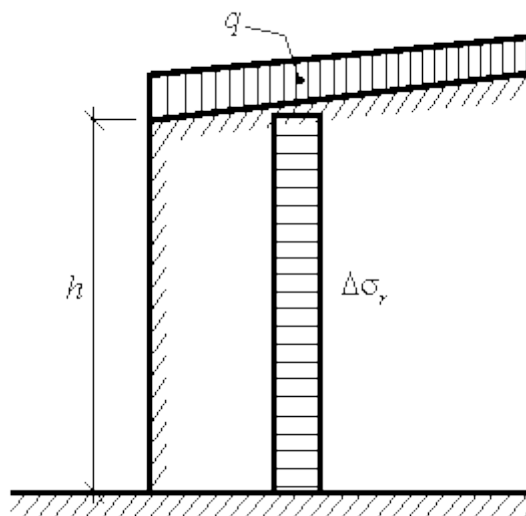


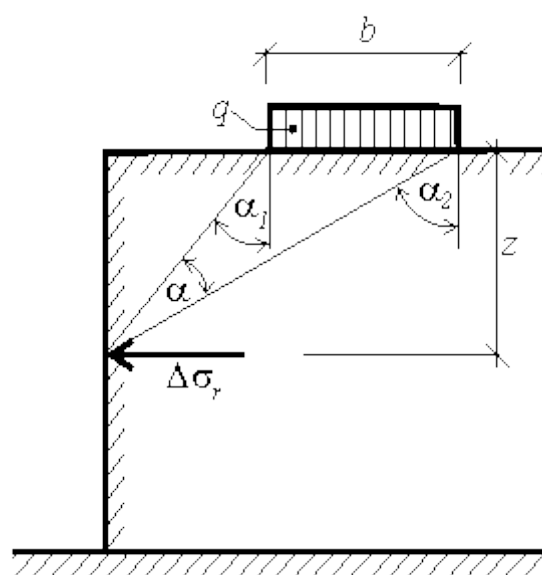
Diagrama de incremento de la presión en reposo de la tierra debido a la carga uniforme vertical actuando en la superficie terrestre

Sobrecarga continua - Presión en reposo de la tierra

La franja de carga uniforme f_a actuando sobre la superficie terrestre detrás de la estructura paralela a la estructura vertical (ver figura) crea un incremento en la presión en reposo de la tierra $\Delta\sigma_r$ teniendo una magnitud dada por:

$$\Delta\sigma_r = \frac{f_a}{\pi} (2\alpha - \sin 2\alpha_2 + \sin 2\alpha_1)$$

Donde: f_a - Sobrecarga continua vertical
 $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ - Evidente al ver la figura



Incremento en la presión de la tierra debido a la carga de la franja

Sobrecarga trapezoidal - Presión en reposo de la tierra

La sobrecarga trapezoidal es subdividida en el programa en 5 segmentos. Cada segmento es tratado como **cargas continuas**. El resultado de la presión de la tierra es la suma de las sobrecargas parciales derivadas de cada segmento.

Sobrecarga concentrada y carga de plano límite - Presión en reposo de la tierra

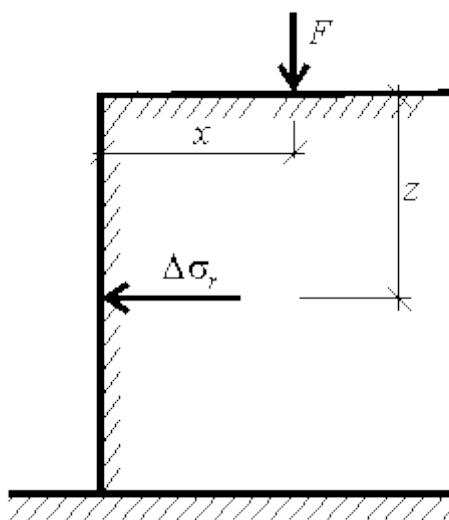
La aplicación de las fuerzas concentradas F produce un incremento de la presión en reposo de la tierra $\Delta\sigma_r$ actuando en una estructura vertical y teniendo una magnitud de:

$$\Delta\sigma_r = \frac{3.F}{\pi} \left(\frac{x^2.z}{r^5} + \frac{1-2.\nu}{3} \left(\frac{1}{r.(r+z)} - \frac{(2.r+z).x^2}{(r+z)^2.x^3} - \frac{z}{r^3} \right) \right)$$

$$r = \sqrt{x^2 + z^2}$$

Donde:

- F - Fuerza concentrada actuando en la superficie de la tierra
- x, z - Coordenadas evidentes desde la figura



Incremento de la presión en reposo de la tierra a la fuerza concentrada vertical

Sobrecarga en la superficie - Presión pasiva de la tierra

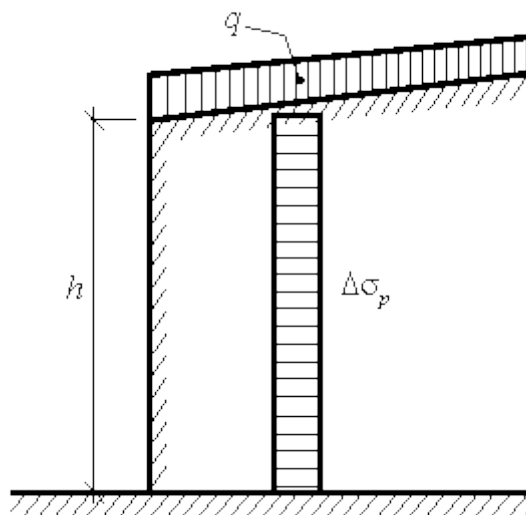
Por la presión pasiva de la tierra solo un incremento debido a la carga uniforme vertical f_a es determinado usando la siguiente fórmula:

$$\Delta\sigma_p = f_a.K_p$$

Donde:

- f_a - Sobrecarga en la superficie vertical
- K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra

La carga uniforme vertical q actúa en la superficie del terreno, por lo que resulta, una constante incremental de la presión pasiva aplicada sobre todo el largo de la pared (ver figura).

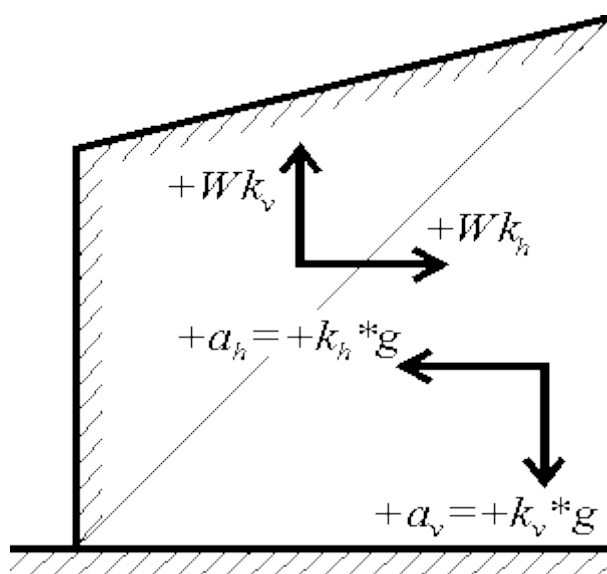


Incremento de la presión pasiva de la tierra

Influencia de sismos en la presión de tierras

El sismo aumenta el efecto de la presión activa y reduce el efecto de la presión pasiva. La teoría utilizada en GEO5 ([Mononobe-Okabe](#), [Arrango](#), [JTJ 004-89](#), [JTS 146-2012](#), [SL 203-97](#), [NCMA-SRW](#)) se deriva de asumir suelos granulares sin influencia del agua. Por lo tanto, todos los ingresos de suelo se asumen granulares cuando empleamos estas teorías para hacer frente a los efectos del sismo. Los efectos del sismo debido a sobrecarga no se consideran en el Programa – El usuario podría introducir estos efectos. (dependiendo del tipo de sobrecarga) en: **"Introducir fuerzas"**.

El coeficiente k_h es asumido siempre positivamente, de tal forma que el efecto es siempre desfavorable. El coeficiente k_v podría recibir ambos valores negativo y positivo. Si el equivalente a la aceleración a_v actúa hacia abajo (desde la superficie terrestre) la fuerza de inercia $k_v * W_s$ se ejerce desde la cuña en tierra, en la dirección opuesta (hasta el levantamiento de la cuña). El valor de la aceleración equivalente a_v (y así también el coeficiente k_v) y la fuerza de inercia $k_v * W_s$ son asumidas como positivas. El claramente evidente que la fuerza de inercia actúa en dirección opuesta a la aceleración (si la aceleración es asumida como hacia arriba – $a_v = -k_v * g$ entonces la fuerza de inercia presiona la cuña en tierra hacia abajo: $-k_v * W_s$). La dirección con mayor cantidad de efectos desfavorables es asumida cuando examinamos los efectos sismos. Para láminas de estructuras es posible descuidar el efecto de la aceleración vertical equivalente $k_v * W_s$ y de entrada $k_v = 0$.



Signos convencionales

El ángulo sísmico de inercia es determinado por el coeficiente k_h y k_v (es decir ángulo entre el resultado de la fuerza de inercia y la línea vertical) usando la siguiente fórmula:

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

Donde: k_v - Coeficientes sísmicos de aceleración vertical
 k_h - Coeficientes sísmicos de aceleración horizontal

Presión por los efectos sísmicos

El incremento de la presión activa de la tierra debido a los efectos sísmicos (calculado desde el fondo de la estructura) viene dado por:

$$\sigma_{ae,i} = \sigma_{0,i} (K_{ae,i} - K_{a,i})$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i \cdot h_i (1 - k_v)$$

Donde: γ_i - Peso unitario del suelo en la capa i^{th}
 $K_{ae,i}$ - Coeficiente de la presión activa de la tierra (estática y sísmica) en la capa i^{th}
 K_a - Magnitud de la presión de la tierra en la capa i^{th} según **Coulomb**
 h_i - Espesor de la capa i^{th}
 k_v - Coeficiente sísmico de la aceleración vertical

Reducción de la presión pasiva debido a la carga sísmica (calculada desde la parte más profunda de la estructura) viene dada por:

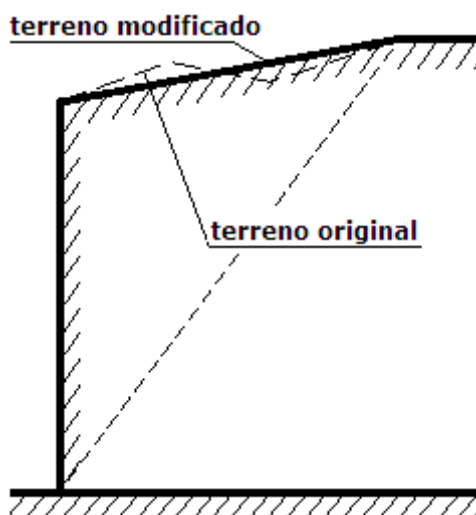
$$\sigma_{pe,i} = \sigma_{0,i} (K_{p,i} - K_{pe,i})$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i \cdot h_i (1 - k_v)$$

- Donde:
- γ_i - Peso unitario del suelo en la capa i^{th}
 - $K_{pe,i}$ - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra (estática y sísmica) en la capa i^{th}
 - K_p - Magnitud de la presión de la tierra en la capa i^{th} según **Coulomb**
 - h_i - Espesor de la capa i^{th}
 - k_v - Coeficiente sísmico de la aceleración vertical

Los coeficientes de la presión activa $K_{ae,i}$ y los coeficientes de la presión pasiva de la tierra $K_{pe,i}$ se calcula utilizando la teoría de **Mononobe-Okabe** o de **Arrango**. Si allí hay **agua subterránea** en el cuerpo del suelo, el programa lo toma en cuenta.

La suposición básica en el programa cuando calcula el sismo es la superficie de la tierra plana detrás de la estructura con inclinación β . Si ese no es el caso el programa aproxima la forma del terreno por una superficie plana como se evidencia en la figura:



Aproximación de la forma del terreno

Punto de aplicación de la fuerza resultante

La fuerza resultante se posiciona automáticamente por el programa en el centro del diagrama. Diversas teorías recomiendan, sin embargo, diferentes lugares para la fuerza resultante, debido a que es posible seleccionar el punto de aplicación de la fuerza resultante en el rango $0,33 - 0,7H$ (H es la altura de la estructura). Valor recomendado (implícito) es $0,66H$. Teniendo la fuerza resultante el programa determina la forma trapezoidal de la tensión manteniendo ambos, el punto de aplicación de la fuerza resultante y la magnitud.

Teoría de Mononobe-Okabe

El coeficiente K_{ae} para la presión activa de la tierra está dado por:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\varphi - \psi - \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi + \alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \psi - \beta)}{\cos(\delta + \psi + \alpha) \cos(-\beta + \alpha)}} \right)^2}$$

El coeficiente K_{pe} para la presión pasiva de la tierra está dado por:

$$K_{pe} = \frac{\cos^2(\varphi - \psi + \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi - \alpha + \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \psi + \beta)}{\cos(\delta + \psi - \alpha) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

- Donde:
- γ - Peso unitario del suelo
 - H - Alto de la estructura
 - φ - Ángulo de fricción interna del suelo
 - δ - Ángulo de fricción de la estructura - suelo
 - α - Inclinação de la cara posterior de la estructura
 - β - Inclinação de la pendiente
 - k_v - Coeficiente sísmico de la aceleración vertical
 - k_h - Coeficiente sísmico de la aceleración horizontal
 - ψ - Ángulo de inercia sísmico

La desviación de las fuerzas sísmicas ψ debe ser para la presión activa de la tierra menor o igual a la diferencia del ángulo de fricción interna y la inclinación de la superficie terrestre. (es decir: $\varphi - \beta$). Si el valor de ψ es mayor el programa asume valores $\psi = \varphi - \beta$. En caso de presión pasiva de la tierra el valor de la desviación de la fuerza sísmica ψ debe ser siempre menor o igual a la suma de los ángulos de fricción interna y la inclinación de la superficie de la tierra (es decir: $\varphi + \beta$). Los valores de ángulo ψ calculado y modificado pueden ser visualizados en la salida – En último caso la palabra **MODIFICADO** también se muestra.

Efectos de sismos (presión activa de la tierra) - resultados parciales

Capa No.	Grosor [m]	ϕ_d [°]	ψ [°]	K_a	K_{ae}	$K_{ae}-K_a$	Comentario
1	0.55	29.00	75.96	0.742	3.880	3.138	
2	0.48	29.00	75.96(17.69)	0.742	3.880	3.138	MODIFICADO
3	1.30	29.00	75.96(17.69)	0.742	3.880	3.138	MODIFICADO

Ejemplo de la salida del programa

Bibliografía:

Mononobe N, Matsuo H 1929, On the determination of earth pressure during earthquakes. In Proc. Of the World Engineering Conf., Vol. 9, str. 176 Okabe S> 1926 General theory of earth pressure. Journal of the Japanese Society of civil Engineers, Tokyo, Japan 12 (1)

Teoría de Arrango

El programa sigue la teoría de Coulomb para calcular el valor de K_a y K_p mientras tiene en cuenta los valores dinámicos (α^* , β).

Para la presión activa de la tierra:

$$\beta^* = \beta + \psi$$

$$\alpha^* = \alpha + \psi$$

Para la presión pasiva de la tierra:

$$\beta^* = \beta - \psi$$

$$\alpha^* = \alpha - \psi$$

Donde: β - Inclínación de la pendiente
 α - Inclínación de la cara posterior de la estructura
 ψ - Inclínación de la fuerza sísmica

Los coeficientes de la presión terrestre K_{ae} y K_{pe} están formados por múltiples coeficientes F_{ae} y F_{pe} por los valores de K_a y K_p respectivamente:

$$F_{ae} = \frac{\cos^2(\alpha + \psi)}{\cos \psi \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$F_{pe} = \frac{\cos^2(\alpha - \psi)}{\cos \psi \cdot \cos^2 \alpha}$$

Donde: α - Inclínación de la cara posterior de la estructura
 ψ - Inclínación de la fuerza sísmica

Si el valor del ángulo β^* se vuelve más grande que ϕ el programa asume el valor ($\beta^* = \phi$). Los valores de ángulo β^* calculados y modificados pueden ser visualizados en la salida – La palabra **MODIFICADO** también se muestra en mayúsculas. Es el usuario el responsable de controlar en ese caso, si los resultados obtenidos son reales.

Efectos de sismos (presión activa de la tierra) - resultados parciales

Capa No.	Grosor [m]	ϕ_d [°]	β [°]	ψ [°]	K_a	K_{ae}	$K_{ae}-K_a$	Comentario
1	0.30	26.50	71.43(26.50)	57.99	0.427	3.973	3.546	MODIFICADO
2	0.80	26.50	71.43(26.50)	57.99	0.427	3.973	3.546	MODIFICADO
3	0.40	26.50	71.43(26.50)	57.99	0.427	3.973	3.546	MODIFICADO

Ejemplo de la salida del programa

Bibliografía:

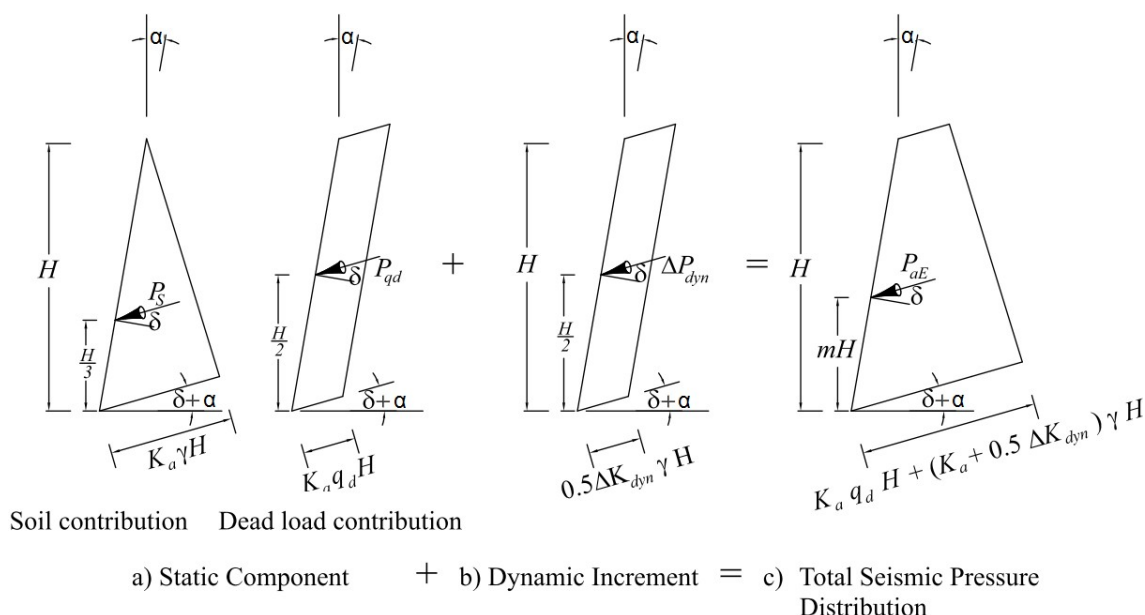
Design of sheet pile walls, Pile Buck Inc., Vero beach, Florida, www.pilebuck.com

NCMA - SRW

El cálculo de las fuerzas dinámicas se adopta en el Manual "NCMA Design Manual for Segmental Retain Walls 3rd Edition".

Se basa en la teoría de **Mononobe-Okabe**, pero el efecto dinámico de la presión activa de tierra actuando sobre el muro se redistribuye uniformemente a lo largo de la altura del muro (cuerpo reforzado del suelo). La siguiente diferencia con este método es la reducción de la longitud del

suelo reforzado a la mitad. La fuerza sísmica horizontal es entonces calculada a partir de esta longitud reducida.



Efecto del agua

Cuando examinamos la influencia del agua subterránea sobre las magnitudes de la presión de la tierra en los programas GEO5 se distingue entre agua restringida y agua libre.

Agua restringida

Este tipo se utiliza en los suelos de poca permeabilidad – aproximadamente alrededor del valor $k = 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$. En estos suelos el agua que fluye es influenciada (Ejemplo: por su forma y rugosidad) o por la resistencia a la fricción de adhesión al agua. Las fórmulas generales propuestas por Mononobe-Okabe o Arrango son utilizadas para analizar los efectos sísmicos. La única diferencia que aparece es la de sustituir el valor del ángulo sísmico ψ por ψ^* :

$$\psi^* = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_{sat} k_h}{\gamma_{su} (1 - k_v)} \right)$$

Donde:

- γ_{sat} - Peso unitario del suelo totalmente saturado
- γ_{su} - Peso unitario del suelo sumergido
- k_h - Coeficiente sísmico de aceleración horizontal
- k_v - Coeficiente sísmico de aceleración vertical

Agua libre

Este tipo se utiliza en los suelos de poca permeabilidad – aproximadamente alrededor del valor $k > 1 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$. En estos suelos se asume que el agua fluye en los poros es más o menos independiente de suelo de granos. (Ejemplo: flujo turbulento en suelos de granos gruesos). Las fórmulas generales propuestas por Mononobe-Okabe o Arrango son utilizadas para analizar los efectos sísmicos. La única diferencia que aparece es la de sustituir el valor del ángulo

sísmico ψ_e por ψ_e^+ :

$$\psi^+ = \tan^{-1} \left(\frac{k_{he}^+}{1 - k_v} \right)$$

$$k_{he}^+ = \frac{\gamma_d}{\gamma_{su}} \cdot k_h = \frac{G_s}{G_s - 1} \cdot k_h$$

Donde:

- γ_d - Peso unitario del suelo seco
- γ_{su} - Peso unitario del suelo sumergido
- k_h - Coeficiente sísmico de aceleración horizontal
- k_v - Coeficiente sísmico de aceleración vertical
- G_s - Especificación gravitatoria de las partículas del suelo

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

Donde:

- ρ_s - Densidad del suelo sólido
- ρ_w - Densidad del agua

Además de la presión dinámica la estructura es también cargada la presión hidrodinámica causada por el agua libre manifestada por la presión dinámica aplicada a la estructura. La distribución parabólica actual es en el programa es aproximada por la distribución trapezoidal

La resultante de la presión hidrodinámica **detrás de la estructura** P_{wd} es distante por y_{wd} desde el talón de la estructura:

$$y_{wd} = 0,4.H$$

Donde: H - Altura de la estructura

Y las magnitudes vienen dadas por:

$$P_{wd} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

Donde:

- γ_w - Peso unitario del agua
- k_h - Coeficiente sísmico de la aceleración horizontal
- H - Altura de la estructura

Presión hidrodinámica actuando al frente del muro

La resultante de la presión hidrodinámica delante de la estructura P_{wd} es distante por **ywd** desde el talón de la estructura:

$$y_{wd} = 0,4.H$$

Donde:

H - Altura de la estructura

$$P_{wd} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

Donde:

γ_w - Peso unitario del agua

k_h - Coeficiente sísmico de la aceleración horizontal

H - Altura de la estructura

EN 1998-5 efectos sísmicos

Si los coeficientes k_h y k_v no se obtienen a través de mediciones es necesario, proporcionar el análisis, siempre que éste se realice según las normas 1998-5 Eurocode 8: diseño de estructuras resistentes a sismos. Parte 5: Cimientos, estructuras de retención y aspectos geotécnicos, estos coeficientes se deben introducir como se indica a continuación:

$$k_h = \alpha \cdot \frac{S}{R}$$

Donde:

- α - Relación de diseño de aceleración del suelo en el tipo de suelo (a_g/g)
- S - Factor del suelo en EN 1998-1:2004 capítulo 3.2.2.2
- R - Factor del cálculo del coeficiente sísmico horizontal - ver ficha

Para: $\frac{a_{vg}}{a_g} > 0,6$ $k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$

Para otros casos: $k_v = \pm 0,33 \cdot k_h$

Tipo de estructura de muros

Muros de gravedad libres que pueden aceptar un desplazamiento mayor a $d_r = 300 \cdot \alpha \cdot S$ (mm)	R 2
Muros de gravedad libres que pueden aceptar un desplazamiento mayor a $d_r = 200 \cdot \alpha \cdot S$ (mm)	1,5
Resistencia de flexión de muros de hormigón reforzados, anclas, muros reforzados de hormigón encastrados en pilotes verticales, Muros base retenidos y estribos de puente	1

Mas detalles pueden ser encontrados en EN 1998-5 capítulo 7.3.2.2 Efectos sísmicos

Fuerzas desde la presión de tierra en reposo actuando en una estructura rígida

La presión de tierra en reposo actúa en una estructura rígida (ej. Tronco de un muro en voladizo) en el análisis de sismo. La fuerza resultante de esta presión está dada por:

$$F = k_h \cdot \gamma \cdot H^2$$

Donde:

- H - Altura de la estructura
- k_h - Coeficiente sísmico de la aceleración horizontal
- γ - Peso de la unidad del suelo

La fuerza resultante actúa a la mitad de la altura de la estructura.

Influence of Earthquake according to Chinese Standards

Three different Chinese standards are implemented for calculation of seismic effect for wall design which are **JTJ 004-89 (Specifications of Earthquake Resistance Design for Highway Engineering)**, **SL 203-97 (Specification for seismic design of hydraulic structures)**, **JTS 146-2012 (Code for seismic Design of Water Transport Engineering)**. They are all based on **Mononobe-Okabe theory**. The main difference between Chinese standards and Mononobe-Okabe theory is that comprehensive influence factor C_z is introduced in Chinese standards which reduces seismic force by about 70 %. The advantage of choosing Chinese standards as the option for earthquake analysis is that users only need to choose the intensity of the earthquake according to which the program automatically assign values of other parameters appropriate with standards.

Influencia de sismo según estándar Chino JTJ 004-89

Only horizontal seismic force is considered according to JTJ 004-89.

Seismic force on structure

Seismic force acting on structure is provided by (Art. 3.1.5):

$$E_{ihw} = C_i C_z K_h \psi_{iw} G_{iw}$$

where: E_{ihw} - seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]

K_h - coefficient of horizontal seismic acceleration

G_{iw} - weight of the structure above the i^{th} cross section [kN/m]

C_z - comprehensive influence factor, usually it's 0.25

C_i - importance coefficient for seismic design

ψ_{iw} - distribution coefficient of horizontal earthquake along the wall

Recommended value of distribution coefficient ψ_{iw} (Tbl. 3.1.5):

Wall Height [m]	Security level		Calculation diagram for ψ_{iw}
	Highway, A class and B class motorway	C class and D class motorway	
$H \leq 12$	$\psi_{iw} = 1$	$\psi_{iw} = 1$	
$H > 12$	$\psi_{iw} = 1 + \frac{H_{iw}}{H}$	$\psi_{iw} = 1$	

ψ_{iw} isn't considered when $H \leq 12$ m which means parameter a and b don't work when $H \leq 12$ m.

a is the top value of the distribution map and b is the bottom value of the distribution map.

Seismic earth pressure

When computing seismic earth pressure, Coulomb theory is used and unit weight of soil γ , internal friction angle of soil φ and angle of friction structure-soil δ is replaced by $\gamma / \cos \theta$, $\varphi - \theta$, $\delta + \theta$, where θ is seismic angle (Art. 3.1.6).

Seismic angle θ is determined by different option of [seismic fortification intensity](#).

Water influence

[Water influence according to Chinese standard](#) is a little different from the [water influence according to Mononobe-Okabe](#) or [Arrango theory](#) by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Seismic bearing capacity of subsoil is provided by (Art. 2.2.1):

$$f_{aE} = \zeta_a f_a$$

- where:
- f_{aE} - seismic bearing capacity of subsoil
 - ζ_a - adjusting coefficient for seismic bearing capacity
 - f_a - characteristic value of bearing capacity which has been modified by the geometry of foundation

The above formula is as same as Art. 4.2.3 in GB 50011-2010 (Code for seismic design of buildings). Suggested values of ζ_a by different standards can be found [here](#).

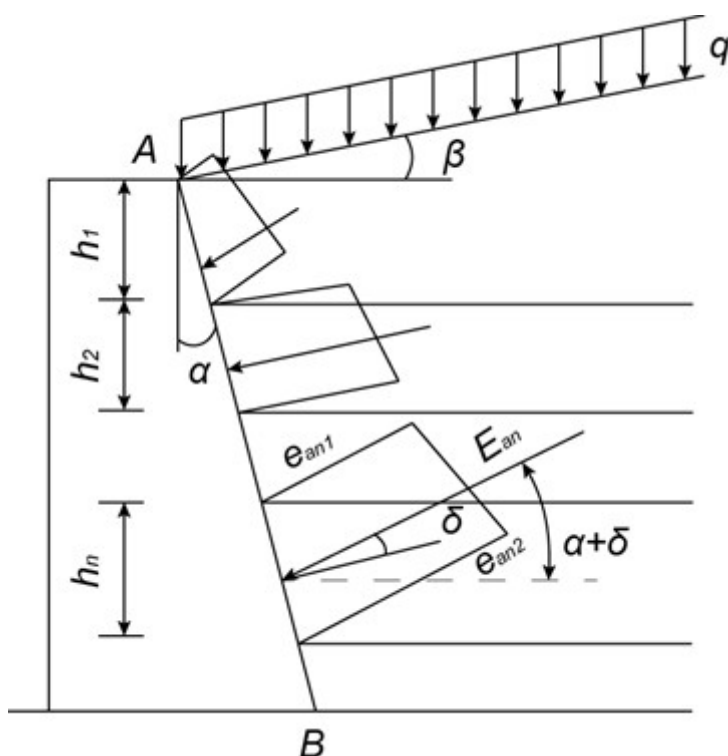
Influence of earthquake according to JTS 146-2012

Only horizontal seismic force is considered according to JTS 146-2012.

Seismic force on structure

Calculation of seismic force acting on structure is as same as [JTJ 004-89](#). Values of C_z can be set from 0.2 to 0.5 suggested by Art. 5.2 in JTS 146-2012.

Seismic earth pressure



Distribution of seismic active pressure (Fig. 5.3.1)

The only difference between JTS 146-2012 and JTJ 004-89 is that seismic earth pressure according to JTS 146-2012 considers the influence of cohesion.

Active seismic earth pressure is provided by (Art. 5.3.1):

$$E_{an} = \frac{1}{2} (e_{an1} + e_{an2}) \frac{h_n}{\cos \alpha}$$

where:

$$e_{an1} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha - 2c_n K_{acn} \cos \alpha$$

$$e_{an2} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha - 2c_n K_{acn} \cos \alpha$$

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

$$K_{an} = \frac{\cos^2(\varphi_n - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta + \alpha) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_n + \delta_n) \sin(\varphi_n - \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$K_{acn} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \varphi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 + \sin(\varphi_n + \delta_n - \beta + \alpha)]}$$

$\frac{W}{h}$ Overall active pressure acting on n^{th} layer [kN/m]

e_n
r
e
:

e_{an} active pressure acting on the top of the n^{th} layer [kPa]
n
l

e_{an2} active pressure acting on the bottom of the n^{th} layer [kPa]
n
2

h_n thickness of n^{th} layer [m]
n

α back face inclination of the structure [°]

K_q Coefficient
q

q uniform load acting on the terrain [kPa]

γ_i unit weight of i^{th} layer [kN/m^3], below water – buoyant unit weight is accepted
i

h_i thickness of the i^{th} layer [m]
i

K_{an} Coefficient of active pressure of n^{th} layer
a
n

c_n Standard value of cohesion of n^{th} layer [kPa]
n

K_{anc} Coefficient of seismic active pressure of n^{th} layer
a
c
n

β slope inclination [°], and $|\beta| < \varphi$

φ_n Internal friction angle of n^{th} layer [°]
n

δ seismic angel [°]

δ_n angle of friction structure – soil of n^{th} layer [°]
n

Passive seismic earth pressure is provided by (Art. 5.3.2):

$$E_{pn} = \frac{1}{2} (e_{pn1} + e_{pn2}) \frac{h_n}{\cos \alpha}$$

where:

$$e_{pn1} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i \right) K_{pn} \cos \alpha + 2c_n K_{pcn} \cos \alpha$$

$$e_{pn2} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i \right) K_{pn} \cos \alpha + 2c_n K_{pcn} \cos \alpha$$

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

$$K_{pn} = \frac{\cos^2(\varphi_n + \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta - \alpha) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_n + \delta_n) \sin(\varphi_n + \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$K_{pcn} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \varphi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 - \sin(\varphi_n + \delta_n + \beta - \alpha)]}$$

Seismic angle θ is determined by different options of [seismic fortification intensity](#).

Water influence

[Water influence according to Chinese standard](#) is a little different from the [water influence according to Mononobe-Okabe](#) or [Arrango theory](#) by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Calculation of seismic bearing capacity of subsoil is as same as [JTJ 004-89](#).

Influence of earthquake according to SL 203-97

Both horizontal and vertical seismic force can be considered according to SL 203-97. In SL 203-97, seismic angle θ is derived automatically from K_h , so seismic angle θ and seismic angle blow water θ' are not visible in the frame.

Seismic force on structure

Calculation of horizontal seismic force acting on structure is as same as [JTJ 004-89](#).

Vertical seismic force acting on structure is provided by (Art. 4.1.8):

$$E_{ivw} = C_0 \frac{E_{ihw}}{K_h} K_v$$

- where:
- E_{ivw} - vertical seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]
 - E_{ihw} - horizontal seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]
 - k_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
 - k_v - coefficient of vertical seismic acceleration, usually, it's $\pm 2/3 K_h$ (Art. 4.3.2)
 - G_{iw} - weight of the structure above the i^{th} cross section [kN/m]
 - C_0 - meeting coefficient related to the influence of horizontal seismic effect,

usually, it's 0.5.

Seismic earth pressure

Calculation of seismic earth pressure is as same as [JTJ 004-89](#). The only difference between SL 203-97 and JTJ 004-89 is that SL 203-97 has no "user defined – input K_h , θ " as an option for [seismic fortification intensity](#).

Water influence

[Water influence according to Chinese standard](#) is a little different from the [water influence according to Mononobe-Okabe or Arrango theory](#) by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Calculation of seismic bearing capacity of subsoil is as same as [JTJ 004-89](#).

Seismic fortification intensity according to Chinese standards

There are three main kinds of option for seismic fortification intensity according Chinese standards. Horizontal seismic acceleration coefficient K_h and seismic angle θ are determined according to what option is selected for seismic fortification intensity.

- 7 degree (0.1g), 7 degree (0.15g), 8 degree (0.2g), 8 degree (0.3g), 9 degree (0.4g): K_h and seismic angel s are determined according to corresponding seismic fortification intensity based on standards.
- User defined – input K_h : K_h is inputted by user and θ is determined by (Art. 4.9.1 from SL 203-97)

$$\theta = \arctan\left(\frac{C_z C_i K_h}{1 - C_z C_i K_v}\right)$$

- User defined – input K_h , θ : K_h and θ are both inputted by user.

Note: Third option is only valid for JTJ 004-89 and JTS 146-2012.

Values of K_h and θ according to corresponding seismic fortification intensity are given by the following tables:

For [JTJ 004-89](#) (Tbl. 1.0.7 and Tbl. 3.1.6 from JTJ 004-89)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Seismic angel θ	1.5°	2.3°	3.0°	4.5°	6.0°

Note: 7 degree (0.15g) and 8 degree (0.30g) are not from JTJ 004-89, because there are no value for these two situations in JTJ 004-89. They are from JTS 146-2012.

For [JTS 146-2012](#) (Tbl. 5.3.1 from JTS 146-2012)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Seismic angel θ	1.5°	2.3°	3.0°	4.5°	6.0°

For SL 203-97 (Tbl. 4.3.1 from SL 203-97)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40s

Water influence according to Chinese standard

Seismic water influence can be divided into two parts – influence on seismic earth pressure and dynamic water pressure. Similar to [water influence according to Mononobe-Okabe](#) or [Arrango theory](#), water influence according to Chinese standards also has two types water influence – confined water and unconfined water. The main difference between Mononobe-Okabe theory and Chinese standards is that Chinese standards reduce the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Confined water

This type is used in soils with lower permeability – app. below the value of $k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$. When confined water is chosen, dynamic water pressure is not considered. The only difference from soils without water is that seismic angle used in calculation of seismic earth pressure is replaced by seismic angle below water θ' .

Value of seismic angle below water θ' is determined by the following two options:

1. By seismic fortification intensity – value of θ' is provided by the following tables:**For JTJ 004-89 (Tbl. 3.1.6 from JTJ 004-89)**

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
Seismic angel θ	2.5°	4.5°	5.0°	9.0°	10.0°

For JTS 146-2012 (Tbl. 5.3.1 from JTS 146-2012)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
Seismic angel θ'	3.0°	4.5°	6.0°	9.0°	12.0°

2. Input seismic angle – value of θ' is input by users. When this option is chosen, the default value of θ' is provided by:

$$\theta' = \arctan \left(\frac{\gamma_{sat} C_z C_i K_h}{\gamma_{sat} (1 - C_o C_z C_i K_v)} \right)$$

If you have no idea about how to calculate the value of θ' , you can use the default.

Note: For [SL 203-97](#), there are no additional options for confined water. θ' is calculated automatically according to the above formula.

Unconfined water

This type is used in soils with higher permeability – app. above the value of $k > 1 \cdot 10^{-1} \text{ cm/s}$. When unconfined water is chosen, both influence on earth pressure and dynamic water pressure is considered.

Value of seismic angle below water θ' is determined by the following three options:

1. By seismic fortification intensity – same to confined water.
2. Input seismic angle – same to confined water.
3. Input specific gravity of soil particles – value of θ' is provided by:

$$\theta' = \arctan\left(\frac{K_{hs}^+}{1 - C_o C_z C_i K_v}\right)$$

where:

$$K_{hs}^+ = \frac{\gamma_d}{\gamma_{su}} C_z C_i K_h = \frac{G_s}{G_s - 1} C_z C_i K_h$$

Note: For [SL 203-97](#), there are no additional options for unconfined water. θ' is calculated automatically according to the above formula.

Dynamic water pressure is calculated according to the standard chosen.

For [JTJ 004-89](#) (Art. 4.2.11 from [JTJ 004-89](#)):

$$E_w = 0.24 C_i K_h \gamma_w d^2$$

where: E_w - over all dynamic water pressure acting on the structure [kN]

C_i - importance coefficient for seismic design

γ_w - unit weight of water [kN/m³]

d - depth of water above the heel of the structure [m]

Distribution of dynamic water pressure is constant along the structure.

For [JTS 146-2012](#) (Art. 5.4.1 from [JTS 146-2012](#)):

$$p_z = \frac{7}{8} \eta C_i C_z K_h \gamma_w d^{\frac{1}{2}} Z^{\frac{1}{2}}$$

where:

$$\eta = th \frac{\pi b}{4d}$$

where: p_z - dynamic water pressure at depth Z [kPa]

η - reduction factor, for walls, it equals to 1.0

Z - distance between calculation point and water table [m]

d - depth of water above the heel of the structure [m]

b - width of water table [m]

For **SL 203-97** (Art. 6.1.9 from SL 203-97):

$$p_z = C_z C_i K_h \gamma_w d \psi(Z)$$

where: p_z - dynamic water pressure at depth Z [kPa]

d - depth of water above the heel of the structure [m]

$\psi(Z)$ - distribution coefficient of dynamic water pressure at depth Z

Value of $\psi(Z)$ is provide by the following table (Tbl. 6.1.9 from SL 203-97):

Importance coefficient for seismic design C_i

Values of importance coefficient for seismic design C_i (Tbl. 1.0.4 from JTJ 004-89):

The importance of the motorway	Important coefficient for seismic design C_i
Important Highway and A class motorway	1.7
Highway and A class motorway or important B class motorway	1.3
B class motorway or important C class motorway	1.0
C class motorway or important D class motorway	0.6

Values of importance coefficient for seismic design C_i (Tbl. 1.0.4 from JTJ TB02-01-2008):

Importance of the bridge	E1 seismic effect	E2 seismic effect
A class	1.0	1.7
B class	0.43 (0.5)	1.3 (1.7)
C class	0.34	1.0
D class	0.23	-

Adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a

Values of adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a (Tbl. 4.2.3 from GB 50011-2010):

Name and property of the subsoil	ξ_a
Rock, dense gravelly soil, dense gravel and coarse and medium coarse sand, clay and silt whose $f_{ak} \geq 300 \text{ kPa}$	1.5
Medium and moderate dense gravelly soil, medium dense and moderate dense gravel and coarse and medium coarse sand, dense and medium dense fine and silty sand, clay, silt and firm loess whose $300 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 300 \text{ kPa}$	1.3
Moderate dense fine and silty sand, clay, silt and plastic loess whose $100 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 150 \text{ kPa}$	1.1
Mud, muddy soil, loose sand, miscellaneous fill, newly accumulated loess and soft loess	1.0

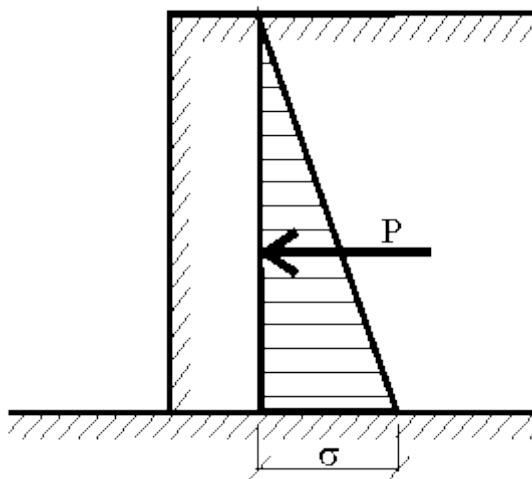
Note: In JTJ 004-89, it's table 2.2.1 which is similar to the above table.

Values of adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a (Tbl. 5.5.1 from JTS 146-2012):

Subsoil	ξ_a
Loose sand, not in liquidation status	1.0
Normal sand soil, not in liquidation status	1.3
Dense gravelly soil and bedrock	1.5

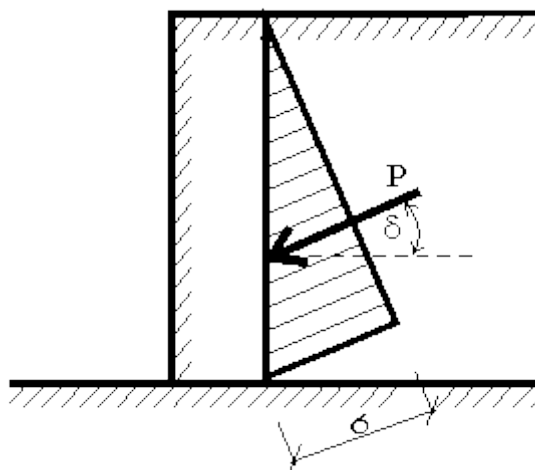
La influencia de fricción entre el suelo y la cara trasera de la estructura

La magnitud de la presión activa de la tierra, respectivamente, depende no solo de la teoría seleccionada sino también de la fricción entre el suelo y la cara trasera de la estructura y, por la adhesión de la tierra, de la estructura representada por el ángulo δ . Si $\delta = 0$ entonces la presión σ actúa en dirección normal a la cara trasera de la estructura y la resultante de la presión de la tierra P es también normal a la cara trasera de la estructura. (ver figura):



Distribución de la presión de la tierra a lo largo de la estructura para $\delta = 0$

Proporcionando la fricción entre el suelo y la cara trasera de la estructura se considera en el análisis de presión de la tierra, la presión de la tierra σ y también su resultante P que es inclinada desde la parte de atrás del muro por el ángulo δ . La orientación de los ángulos de fricción δ desde la normal a la cara trasera de la estructura deben ser introducidos según el movimiento mutuo de la estructura y el suelo. Con el aumento del valor de δ el valor de la presión activa decrece, es decir la fuerza resultante de la presión activa de la tierra se desvía de la dirección normal. (ver figura):



Distribución de la presión de la tierra a lo largo de la estructura $\delta \neq 0$

La magnitud δ puede ser usualmente encontrada entre el rango $\delta \leq 1/3\phi$ y $\delta = 2/3\phi$. El valor de la orientación del ángulo de fricción δ entre el suelo y la estructura se encuentran almacenados en la [tabla de valores](#) para diversas interfaces y en la tabla de valores recomendados para $|\delta|/\phi$. El valor de $\delta \leq 1/3\phi$ puede ser usado si se asume el tratamiento correcto de la cara trasera de la estructura laminada (revestimiento contra aguas subterráneas). Para caras sin tratamiento no es razonable exceder el valor de $\delta = 2/3\phi$. Cuando seleccionamos el valor de δ es necesario reflejar también otras condiciones, particularmente la fuerza de la ecuación de equilibrio en la dirección vertical. Uno debe decidir si la estructura es capaz de transmitir la sobrecarga vertical debido a la fricción, en su parte trasera, sin excesivas deformaciones verticales. En caso contrario es necesario reducir el valor de δ , ya que solo puede ocurrir una modificación parcial de la fricción en la cara trasera de la estructura. En caso de incertidumbre es siempre más seguro asumir el valor más pequeño de δ .

Tabla de factores de fricción de diferentes materiales

Valores del ángulo δ para diferentes interfaces (después NAVFAC)

Materiales de interfaz	Factor de fricción $\text{tg}(\delta)$	Ángulo de fricción δ°
Masa de hormigón en la seguida base de materiales:		
Sonido de roca limpio	0,7	35
Gravilla limpia , mezcla de gravilla y arena , arena gruesa	0,55 - 0,6	29 - 31

<i>Arena fina limpia a media , arena media a gruesa limosa, arena gruesa limosa a gravilla arcillosa</i>	<i>0,45 - 0,55</i>	
<i>Arena fina limpia, arena limosa o limpia arcillosa a media</i>	<i>0,35 - 0,45</i>	<i>19 - 24</i>
<i>Arena fina limosa, limosa o plástica</i>	<i>0,30 - 0,30</i>	<i>17 - 19</i>
<i>Arcilla muy rígido y difícil residual o arcilla pre-consolidada</i>	<i>0,40 - 0,50</i>	<i>22 - 26</i>
<i>Arcilla Media rígida, arcilla rígida y arcilla limosa</i>	<i>0,30 - 0,35</i>	<i>17 - 19</i>
Pilotes de acero contra los siguientes suelos:		
<i>Gravilla limpia, mezcla de arena-gravilla, rocas bien clasificadas rellena de ripio</i>	<i>0,4</i>	<i>22</i>
<i>Arena limpia, mezcla de arena limosa –gravilla, tamaño único de rocas pesadas rellenas</i>	<i>0,3</i>	<i>17</i>
<i>Arcilla arenosa, gravilla o arena mezclada con limo o arcilla</i>	<i>0,25</i>	<i>14</i>
<i>Arena fina y limosa, limo no plástico</i>	<i>0,20</i>	<i>11</i>
Formado de hormigón o láminas de hormigón vs los siguientes suelos:		
<i>Gravilla limpia, mezcla de arena-gravilla, rocas bien clasificadas rellena de ripio</i>	<i>0,40 - 0,50</i>	<i>22 - 26</i>
<i>Arena limpia, mezcla de arena limosa –gravilla, tamaño único de rocas pesadas rellenas</i>	<i>0,3 - 0,4</i>	<i>17 - 22</i>
<i>Arcilla arenosa, gravilla o arena mezclada con limo o arcilla</i>	<i>0,3</i>	<i>17</i>
<i>Arena fina y limosa, limo no plástico</i>	<i>0,25</i>	<i>14</i>
Diversos materiales estructurales:		
<i>Vestidos en: rocas suaves o rocas suaves</i>	<i>0,7</i>	<i>35</i>
<i>Vestidos en: rocas duras o rocas suaves</i>	<i>0,65</i>	<i>33</i>
<i>Vestidos en: rocas duras o rocas duras</i>	<i>0,55</i>	<i>29</i>
<i>Mampostería en madera (grano bruto)</i>	<i>0,5</i>	<i>26</i>
<i>Acero en acero en muro de tablestaca</i>	<i>0,3</i>	<i>17</i>

Adhesión del suelo

Cuando realizamos el análisis en estado de **tensión total** para presión de tierra **activa** o **pasiva** es necesario considerar el total (sin drenar) de la resistencia al corte del suelo c_u y la adhesión a del suelo delante de la estructura. El valor de la adhesión a es usualmente considerado como un factor de la cohesión del suelo c . El valor típico de a está dado por el

rango de cohesión c listado en la siguiente tabla.

Valores comunes de la adhesión al suelo a

Suelo	Cohesión c [kPa]	Adherencia a [kPa]
Suave y muy suave suelo cohesivo	0 - 12	0 - 12
Suelo cohesivo con consistencia media	12 - 24	12 - 24
Suelo cohesivo rígido	24 - 48	24 - 36
Suelo cohesivo duro	48 - 96	36 - 46

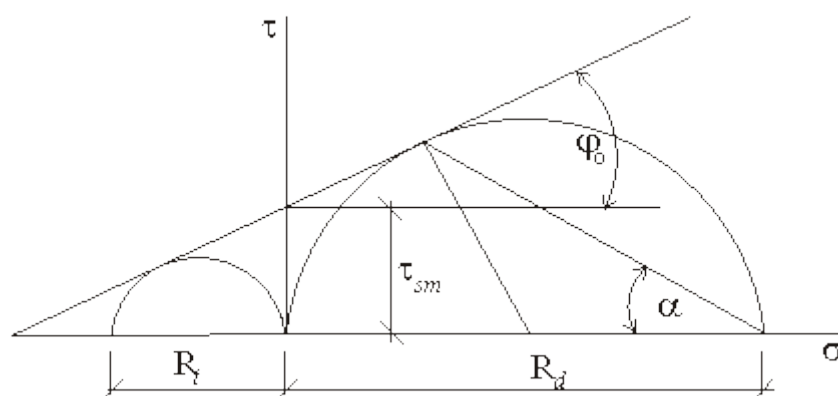
Parámetros de rocas

Parámetros de rocas de orientación con respecto a la fuerza de la roca en estado puro de compresión.

Resistencia a la compresión de roca σ_{ci} [MPa]	Parámetro de fuerza de la roca después de Hoek m_i [-]	GSI [-]	Cohesión de la roca c [kPa]	Ángulo de fricción interna de la roca φ [°]
150	25	75	7000 - 13000	46 - 68
80	12	50	3000 - 4000	30 - 65
50	16	75	2000 - 4000	40 - 60
30	15	65	1000 - 2000	40 - 60
20	8	30	400 - 600	20 - 44
15	10	24	300 - 500	24 - 38
5	10	20	90 - 100	23 - 28

A diferencia de los suelos cohesivos o granulares, la magnitud del ángulo de fricción interna varía (a veces se refiere como el ángulo de resistencia al rozamiento) y depende del estado actual de la tensión en el cuerpo rocoso. Geográficamente se representa con un ángulo de la tangente a la dotación de los círculos de Mohr contruidos por el último estado de tensión. El valor de φ decrece gradualmente con el aumento del valor de la tensión σ . Si se excede el régimen estático (inicio de la deformación plástica) $\varphi = 0$. Y el valor del ángulo de fricción interna se denota con el valor φ_0 asociado con valor de tensión $\sigma = 0$. En aplicaciones prácticas la dotación de la parte de Mohr entre tracción de círculos R_t y compresión de círculos R_d es usualmente reemplazada por la tangente de ambos ángulos (ver figura). La magnitud de los ángulos de fricción interna vienen dados por:

$$\sin \varphi_0 = \frac{R_d - R_t}{R_d + R_t}$$



Determinación de ϕ_0 desde el círculo de Mohr

El ángulo de fricción interna puede estimarse por medición de ángulos de superficies de deslizamiento en las partes restantes de los especímenes de prueba con la siguiente fórmula:

$$\alpha = 45^\circ - \frac{\phi_0}{2}$$

Algunos valores de orientación:

Conglomerado de arena inalterado, algunas grietas	35 – 44°
Tabla de barro inalterada, medio agrietado	30 - 40°
Toba volcánica inalterada, medio agrietado	33 – 42°
Diabasa inalterada	39 – 50°
Esquisto silíceo inalterado, poco agrietado	45 – 52°

Análisis de muros

La comprobación de análisis de muros se puede realizar con la ayuda de:

- Teoría de los estados límite
- Factor de seguridad

En adición, la **capacidad portante del terreno de cimentación** es examinada en ambos casos:

Las siguientes fuerzas se utilizan en la comprobación:

- **Peso del muro** – depende de la forma y la peso unitario del muro (para la entrada se utiliza el cuadro de diálogo "**Material**") - el aumento de presión de introduce para muros que se encuentran por debajo del nivel freático.
- **Resistencia delante de la estructura** - cuando introducimos la resistencia en la parte frontal, las fuerzas correspondientes actúan como **presión en reposo**, o **presión pasiva**, o **presión pasiva reducida**.
- Las fuerzas de **gravedad en cuñas de tierra** – un número arbitrario de estas fuerzas pueden ocurrir dependiendo de la forma de la estructura.
- **Presión activa** de la tierra o **presión en reposo** actuando sobre la estructura – carga básica de la estructura debido a la presión de tierras – dependiendo de la opción seleccionada en el cuadro "**Configuraciones**", la presión se calcula con o sin reducción de los parámetros de suelos introducidos.
- Fuerzas debido a los **efectos del agua** o presión de poros, respectivamente.

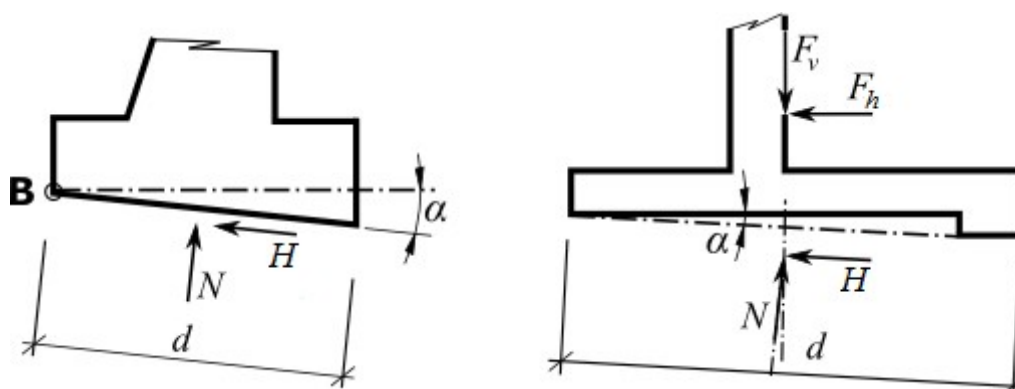
- Fuerzas debido a la **sobrecarga** – una simple fuerza correspondiente a cada sobrecarga introducida. Si la magnitud de la fuerza debido a la sobrecarga es igual a cero (la sobrecarga no tiene efecto en la estructura) entonces no aparece en la figura, pero se lista en la tabla.
- **Fuerzas imputadas** – se muestran fuerzas introducidas en el análisis.
- **Fuerzas debido a sismos** – distintas fuerzas introducidas en el análisis debido a sismos – incrementa la presión de tierras que actúa sobre la estructura, reducción de la presión pasiva delante de la estructura, o fuerzas debido al agua libre detrás de la estructura.
- **Las articulaciones de paso de mallas** y geo-refuerzos se muestran y se incluirán siempre que se muestre en el análisis.
- **Base de anclaje** del muro

Evaluación de las fuerzas en la base de la zapata

Luego de calcular las **fuerzas que actúan en la estructura** el programa determina las fuerzas generales verticales y horizontales F_v y F_h , calcula la fuerzas que actúan en la base de la zapata (Fuerza normal N y fuerza tangente T):

$$N = F_v \cos \alpha + F_h \sin \alpha$$

$$H = F_v \sin \alpha + F_h \cos \alpha$$



Fuerzas que actúan en la base de la zapata

Verificación – Estados límite

Luego el programa realiza la comprobación de estabilidad del vuelco y deslizamiento. Para paredes con una **base de zapata** plana y salto específico es posible contar con **salto de muro** incluso en la forma de presión activa en la parte frontal o puede considerarse la posibilidad de una pared con una base de zapata inclinada.

Control para estabilidad de vuelco:

$$\frac{M_{res}}{\gamma_o} > M_{ovr}$$

Donde:

- M_{ovr} - Momento de vuelco
- γ_o - Coeficiente de reducción contra vuelco
- M_{res} - Momento de resistencia

Control para deslizamiento:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{\gamma_s} > H$$

- Donde:
- N - Fuerza normal actuando en la base de la zapata
 - φ_d - Diseño de ángulo de fricción entre estructura-suelo
 - c_d - Diseño de cohesión entre estructura-suelo
 - d - Ancho del talón del muro
 - e - excentricidad
 - γ_s - Coeficiente de reducción de resistencia al deslizamiento
 - H - Fuerza de corte actuando en la base de la zapata
 - F_{res} - Fuerza resistente (de geo-refuerzo y superposición de malla)

Donde excentricidad e :

$$e = \frac{M_{ovr} - M_{res} + \frac{N \cdot d}{2}}{N}$$

- Donde:
- M_{ovr} - Momento de vuelco
 - M_{res} - Momento de resistencia
 - N - Fuerza normal actuando en la base de la zapata
 - d - Ancho del talón de la pared

Las componentes horizontales de las fuerzas son incluidas en la fuerza de corte y de momento de vuelco, componentes verticales de las fuerzas son incluidas en fuerzas normales y momentos resistentes. Las fuerzas resistentes y los momentos pueden también incluir fuerzas horizontales de geo-refuerzos y mallas superpuestas.

Verificación – Factor de seguridad

El programa evalúa la fuerza normal y de corte en la **base de la zapata** y luego realiza la verificación para la estabilidad del vuelco y la traducción. Para muros con base de zapata plana y saltos específicos es posible contar con un **salto de muro** incluso en la forma de presión actuando en la cara frontal o por considerar una pared con zapata de profundidad inclinada.

Control para estabilidad del vuelco:

$$\frac{M_{res}}{M_{ovr}} > SF_o$$

- Donde:
- M_{ovr} - Momento del vuelco
 - M_{res} - Momento de resistencia
 - SF_o - Factor de seguridad contra vuelco

Control para deslizamiento:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{H} > SF_o$$

- Donde:
- N - Fuerza normal actuando en la base de la zapata
 - φ_d - Ángulo de diseño de fricción estructura-suelo
 - c_d - Cohesión estructura - suelo
 - d - Ancho de la talón del muro
 - e - Excentricidad
 - H - Fuerza de corte actuando en la base de la zapata
 - F_{res} - Fuerza resistente (de geo-refuerzo y superposición de malla)
 - SF_o - Factor de seguridad contra resistencia al deslizamiento

Donde la excentricidad e :

$$e = \frac{M_{ovr} - M_{res} + \frac{N.d}{2}}{N}$$

- Donde:
- M_{ovr} - Momento del vuelco
 - M_{res} - Momento de resistencia
 - N - Fuerza normal actuando en la base de la zapata
 - d - Ancho de la talón del muro

Las componentes horizontales de las fuerzas son incluidas en la fuerza de corte y de momento de vuelco, componentes verticales de las fuerzas son incluidas en fuerzas normales y momentos resistentes. Las fuerzas resistentes y los momentos pueden también incluir fuerzas horizontales de geo-refuerzos y mallas superpuestas.

Deslizamiento interno

Este estado límite evalúa la posibilidad de la estructura de moverse a lo largo del refuerzo. Para el refuerzo seleccionado el programa busca una superficie de deslizamiento crítica en el rango $45 - 90^\circ$ desde el fin del refuerzo dado. Para cada superficie de deslizamiento el programa calcula el corte, la fuerza de resistencia y realiza la verificación.

Las fuerzas de corte incluyen:

- Presión activa en el muro ficticio
- Fuerzas debido a la sobrecarga detrás del muro

Las fuerzas de resistencia incluyen:

- Resistencia ente la estructura del muro y la superficie de deslizamiento (se calcula para el dimensionado del muro)
- Fricción entre el refuerzo y el bloque móvil
- Fuerzas debido a otros refuerzos

La fuerza de resistencia debido a la fricción entre los geo-refuerzos y el bloque móvil está dado por:

$$F = N \operatorname{tg} \varphi C_{ds}$$

- Donde: N - Fuerza normal que actúa en el refuerzo (debido al propio peso del suelo y a la sobrecarga detrás de la pared)
- φ - Angulo de fricción interna del suelo rodeando el refuerzo
- C_{ds} - Coeficiente de reducción de fricción sobre el refuerzo

La verificación actual basada en las entradas especificadas en la solapa "Análisis de muro" según la teoría de los estados límite y del factor de seguridad; debe ofrecer:

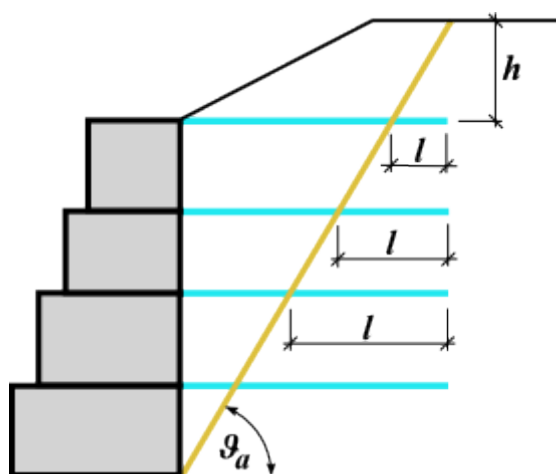
$$H_{res} > H_{act} \quad \text{resp.} \quad \frac{H_{res}}{H_{act}} > SF_{sr}$$

- Donde: H_{res} - Fuerza de resistencia
- H_{act} - Fuerza activa
- SF_{sr} - Factor de seguridad para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo

Refuerzos

Refuerzos o salientes de mallas detrás del muro, respectivamente, pueden aumentar considerablemente la estabilidad de la pared. El parámetro básico del refuerzo es la **resistencia a la tracción** R_t . Un valor diseñado para este parámetro es utilizado en los programas (excepto en el programa muros Redi Rock) Ej.: la resistencia a la tracción del refuerzo reducido por coeficientes teniendo en cuenta el efecto de la durabilidad, fluencia, ambiente químico y daños de las instalaciones. Las fuerzas transmitidas por refuerzos **nunca pueden exceder la resistencia a la tracción asignada** R_t (el valor por defecto de 40 kN/m se utiliza para gaviones).

La segunda característica es resistencia a la extracción T_p . Este parámetro determina la longitud del anclaje, Ej.: la longitud requerida del refuerzo en el suelo, para cada refuerzo destaca el valor R_t . Como el valor real de la resistencia a la extracción es difícil de determinar, el programa ofrece tres opciones de cálculo, respectivamente, para el cálculo de la fuerza F transmitida por el refuerzo.



Longitud del paso de maya de articulación o refuerzos detrás del bloque, respectivamente

Cálculo del refuerzo de la capacidad portante

La fuerza de extracción F está dada por:

$$F = 2 \cdot \sigma \cdot \tan \varphi \cdot C \cdot l$$

- Donde:
- σ - Tensión normal debido al propio peso en la intersección de la maya y la superficie de deslizamiento
 - φ - Angulo de fricción interna del suelo
 - C - Coeficiente de iteración (0,8 por defecto)
 - l - Longitud del paso de maya de articulación detrás de la superficie de deslizamiento dentro del cuerpo terrestre

El cálculo del ángulo ν_a se describe en el capítulo [cuña en tierra](#).

Longitud del anclaje de refuerzo introducidos l_k

Se especifica la longitud del anclaje l_k . Este parámetro se determina por las fuerzas de corte desarrollada entre la maya y el suelo incrementándose gradualmente desde cero hasta el valor límite (medido desde el fin del refuerzo fijo en el suelo).

$$F = \frac{l}{l_k} \cdot R_t$$

- Donde:
- l - Longitud del paso de maya de articulación detrás de la superficie de deslizamiento dentro del cuerpo terrestre
 - l_k - Longitud del anclaje de refuerzo
 - R_t - Resistencia a la tracción

Resistencia de extracción de la maya imputada T_p

La fuerza de extracción F está dada por:

$$F = T_p \cdot l$$

- Donde:
- l - Longitud del paso de maya de articulación detrás de la superficie de deslizamiento dentro del cuerpo terrestre
 - T_p - Resistencia de extracción de la maya

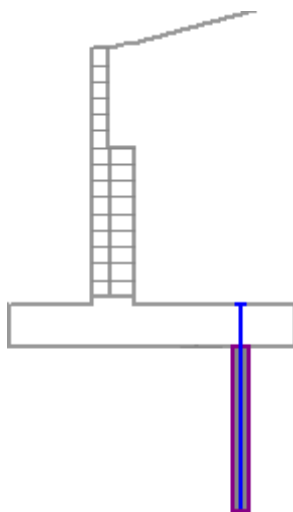
Base de anclaje

Un anclaje en el pie del muro puede especificarse en el programa **"Muro en voladizo"**. Es necesario especificar la ubicación del anclaje, diámetro de perforación, espacio de perforaciones.

Dos estados límites de capacidad portante son definidos para el anclaje:

- **Capacidad portante contra extracción R_e [kN/m]**
- **Resistencia del anclaje R_t [kN]**

La fuerza final se determina como el valor mínimo de estas fuerzas.

*Base de anclaje*

La capacidad portante puede incluso imputarse o calcularse a partir de los valores utilizando las siguientes expresiones:

$$T_p = \frac{\pi d a}{SF_e}$$

Donde:

- T_p - Resistencia de extracción
- d - Diámetro de perforación
- a - Adherencia elemental
- SF_e - Factor de seguridad contra extracción

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} \frac{f_y}{SF_t}$$

Donde:

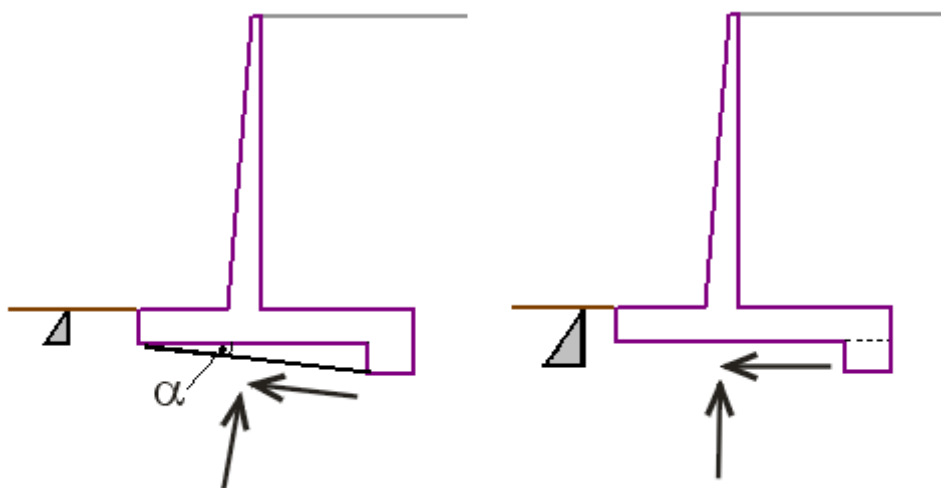
- R_t - Resistencia de anclaje
- d_s - Diámetro de viga
- f_y - Fuerza elemental
- SF_t - Factor de seguridad contra tracción

Valores aproximados para la capacidad portante contra extracción:

Material	Adherencia elemental [N/mm^2]	Última fuerza para el diámetro del agujero nominado [kN/m]				
		65 mm	75 mm	90 mm	100 mm	150 mm
Esquisto suave	0,21 - 0,83	42 - 169	49 - 195	59 - 234	65 - 260	98 - 391
Arenisca	0,83 - 1,73	169 - 350	195 - 407	234 - 486	260 - 543	391 - 562
Esquisto duro	0,86 - 1,38	175 - 281	202 - 325	243 - 390	270 - 433	405 - 562
Piedra caliza	1,00 - 1,52	204 - 310	235 - 358	282 - 429	314 - 477	471 - 562
Granito, basalto	1,72 - 3,10	351 - 562	405 - 562	486 - 562	540 - 562	562 - 562
Hormigón	1,38 - 2,76	281 - 562	325 - 562	390 - 562	433 - 562	562 - 562

Contabilización de saltos de muro

Dos opciones están permitidas para tener en cuenta para un salto de base en el análisis como se muestra en la figura (programas "**Muro en voladizo**" y "**Muro de mampostería**")

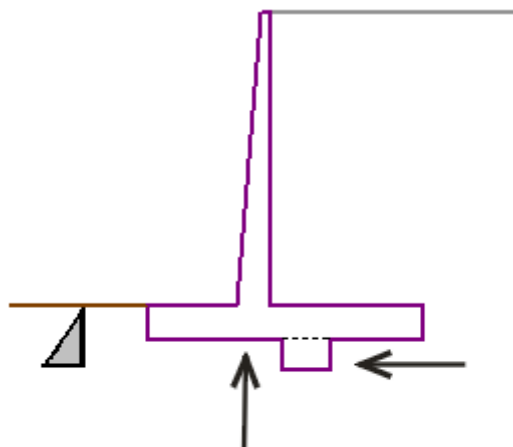


Opciones de contabilización de salto de muro

Si se asume el salto como una **base de zapata inclinada**, entonces una nueva forma de base de zapata es considerada y la resistencia de la parte frontal de la estructura se incluye solo a cierta profundidad de la parte frontal de la pared.

Si la influencia del salto se considera como una **resistencia delantera**, el análisis asume una base de zapata plana (como si no hubiera un salto), pero la resistencia delante de la estructura se incluye a cierta profundidad del salto. En este caso, el cálculo de la resistencia delante de la

estructura debe ser incluido. - Caso contrario la influencia del salto no es considerada. El salto introducido bajo la base del muro siempre se considera como una resistencia delante de la estructura.



Salto de muro asumido en el centro

Capacidad Portante del terreno de cimentación

Análisis de verificación de la capacidad portante de terrenos de cimentación teniendo en cuenta las fuerzas obtenidas a partir de todas las verificaciones realizadas de la estabilidad de la estructura (**Estados límite**, **Factor de Seguridad**). Para este fin, las siguientes relaciones son utilizadas:

Por lo general, la forma de la tensión de contacto en el fondo de la zapata se considera como una constante en la longitud reducida de la zapata.

$$\sigma < R_d$$

$$\sigma = \frac{N}{d - 2e} < R_d$$

$$e \leq e_{adm}$$

Según algunos estándares se requiere la forma trapezoidal de la tensión. En este caso, la verificación se lleva a cabo para el valor máximo σ_{max} .

$$\sigma_{max} < R_d$$

$$\sigma_{max} \quad \sigma_{min}$$

- Donde:
- N - Fuerza normal actuando en el pie de la base
 - d - Ancho del talón del muro
 - R_d - Capacidad portante del terreno de cimentación
 - e - max. **excentricidad** de fuerza normal
 - e_{alw} - Excentricidad admisible (este valor se define en el cuadro "**Configuración**") solapa "**Análisis del muro**"

Para el cálculo de capacidad portante de terrenos de cimentación (en el caso en donde se asume **cimentación superficial** debajo del muro) el programa permite el cálculo de **carga de diseño o servicio**, que actúa en el centro del fondo de la zapata. Cuando transferimos datos y el resultado al programa "**Zapata**" es posible calcular **asentamiento** y **rotación de la cimentación** de forma correcta. Al asumir una **cimentación de pilote** en el cuadro "**Cimentación**" es posible ver las fuerzas internas en las cabezas de los pilotes (para una serie de pilotes) respectivamente en el centro de la base de la zapata (para una malla de pilote plana)

Verif. de Cap. portante

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata					
Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	-2,88	133,73	-3,81	0,000	82,09
2	45,33	124,00	65,15	0,225	138,23

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata			
Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	-2,93	99,75	-3,78
2	29,42	115,83	41,08

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Verificación de excentricidad
Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0,225$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0,333$
Excentricidad de la fuerza normal ES ACEPTABLE

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata
Diseño de capacidad portante sobre el terreno de cimentación $R = 200,00$ kPa
Factor parcial en capacidad portante $\gamma_{Rv} = 1,40$
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 82,09$ kPa
Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 142,86$ kPa
Capacidad portante del terreno de cimentación ES ACEPTABLE

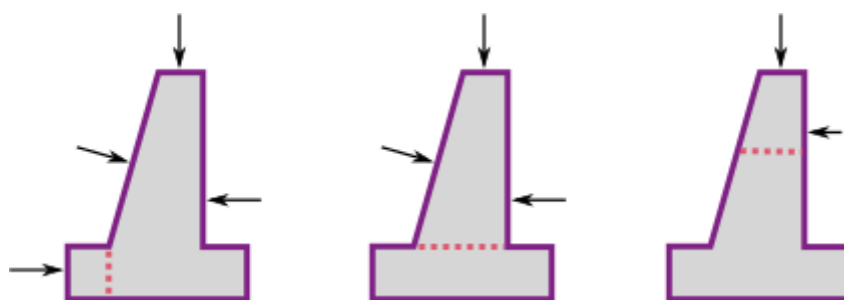
Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES ACEPTABLE

Cuadro "Capacidad portante"

Dimensionamiento de Muro

Después de **calcular las fuerzas que actúan sobre la estructura** el programa determina todas las fuerzas internas en la sección transversal de verificación. (Fuerza normal N , Fuerza de corte Q , y momento M) y luego **verifican la sección transversal de la capacidad portante** empleando una de los estándares seleccionados en la solapa "**Análisis de muro**"

Solo la fuerza encontrada sobre la junta verificada (ver figura) se tiene en cuenta para dimensionamiento. Estas fuerzas no son multiplicadas por ningún coeficiente de diseño.



Fuerzas que integran el análisis

El salto frontal de la pared, así como el salto de la parte trasera, son verificados contra la carga causada por el momento de carga y el esfuerzo cortante. La tensión en la base de la zapata puede ser asumida como **constante** (CSN) o **lineal** (EC).

Asumiendo una **verificación lineal de la tensión** en el pie de la base, la distribución de la tensión viene dada por:

$$\sigma_1 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(4 \cdot d - 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(-2 \cdot d + 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

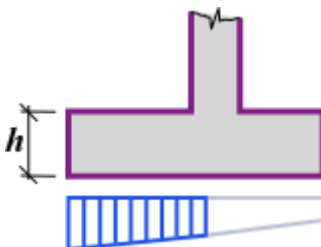
o cuando se excluye la tensión:

$$\sigma = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right)}$$

Donde:

- e - Excentricidad de la fuerza normal N
- d - Ancho de la pared base
- N - Fuerza normal actuando en el pie de la base (ver verificación de acuerdo a los **estados límites** o **factor de seguridad**, respectivamente)

El momento de carga y la fuerza de corte están determinados como una reacción desarrollada en una viga en voladizo como se muestra en la figura:



Fuerzas internas actuando sobre una pared de salto

Verificación del salto trasero de la pared (refuerzo de mayor tensión en una pared de salto, respectivamente) se realiza solo en algunos países y usualmente no es obligatorio. El programa "**Muro en voladizo**" permite en la versión 5.5 designar el refuerzo en el salto trasero de la pared. La sección transversal luego es asumida para ser cargada por el mismo peso de la estructura, tierra en cuñas, sobrecargas, fuerza de anclaje, y fuerzas asociadas con la presión de la tierra. Fuerzas debidas a la presión se tienen en cuenta solo si se obtiene un

impacto negativo. Fuerzas introducidas por el usuario no se reflejan en absoluto.

La sección transversal está marcada contra la carga causada por el momento de carga y la fuerza de corte.

Dimensionamiento del muro de contrafuerte

Después de **calcular las fuerzas que actúan sobre la estructura**, el programa determina todas las fuerzas internas en la sección transversal verificada (fuerza de corte Q y momento M) y luego **verifica la capacidad portante de la sección transversal** empleando uno de los ajustes seleccionados en la solapa "Análisis del muro".

Tallo del muro - dirección horizontal

Momento máximo en el centro del tramo entre contrafuertes del lado frontal del muro:

$$M = \frac{1}{20} \sigma_{pi} l^2$$

Momento máximo en el contrafuerte en la parte posterior del talón del muro:

$$M = -\frac{1}{12} \sigma_{pi} l^2$$

Máxima fuerza de corte:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_{pi} l$$

Donde: σ_{pi} - tensión promedio en la parte posterior del tallo del muro

l - espaciado de contrafuertes

Tallo del muro - dirección vertical

Momento máximo en el centro de la altura del muro del lado frontal del tallo del muro:

$$M = 0.03 \sigma_H H l / 4$$

Momento máximo en la parte inferior de la parte posterior del tallo del muro:

$$M = -0.03 \sigma_H H l$$

Máxima fuerza de corte:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_{pi} l$$

Donde: σ_H - tensión en la parte inferior de la parte posterior del tallo del muro

H - altura del muro

l - espaciado de contrafuertes

Salto del muro - Muro contrafuerte

Momento máximo en el centro del tramo entre contrafuertes en el lado superior del salto de pared:

$$M = \frac{1}{20} \sigma_{j1} l^2$$

Momento máximo en el contrafuerte en la parte inferior del salto del muro:

$$M = -\frac{1}{12}\sigma_{j1}l^2$$

Máxima fuerza de corte:

$$Q = \frac{1}{2}\sigma_{j1}l$$

Donde: σ_{j1} - tensión máxima bajo el salto del muro
 l - espaciado de contrafuertes

Talón del Muro - Muro contrafuerte

Momento máximo en el centro del tramo entre contrafuertes en el lado superior del tacón del muro:

$$M = \frac{1}{20}\sigma_j l^2$$

Momento máximo en el contrafuerte en la parte inferior del talón del muro:

$$M = -\frac{1}{12}\sigma_j l^2$$

Máxima fuerza de corte:

$$Q = \frac{1}{2}\sigma_j l$$

Donde: σ_j - tensión máxima bajo el talón del muro
 l - espaciado de contrafuertes

Contrafuerte del Muro

El contrafuerte se verifica como sección transversal rectangular. El cálculo de las fuerzas internas es el mismo que para el tallo de un muro en voladizo. Las fuerzas internas se multiplican por el ancho de carga $l + b$ (espaciado de contrafuerte+contrafuerte).

Las fuerzas internas en los lugares de otras comprobaciones (talón del muro - contrafuerte, salto del muro - contrafuerte) se calculan igual que para un **muro en voladizo**.

Estabilidad interna de un Gavión

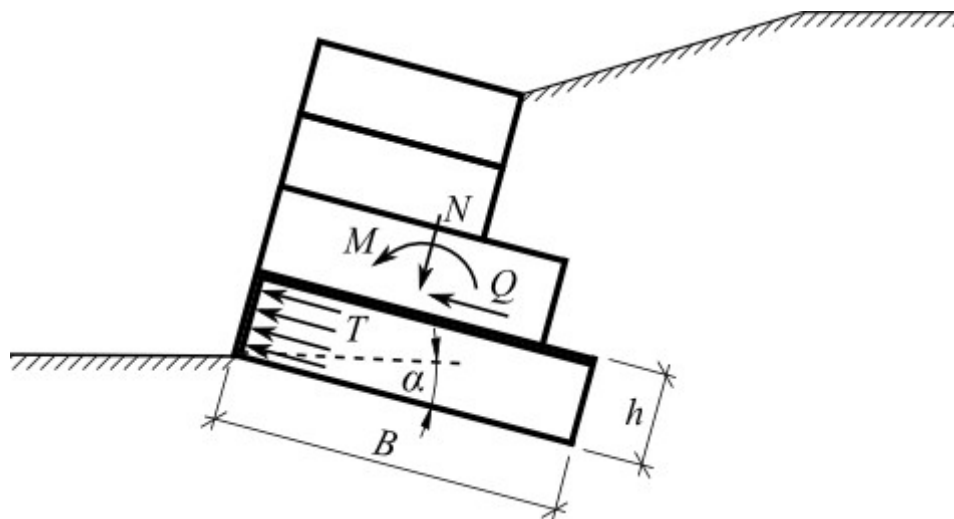
La estabilidad interna del muro gavión puede ser examinado con la ayuda de:

- Teoría de los estados límite
- Factor de seguridad

La verificación de juntas entre bloques individuales se realiza en cuadro de diálogo "**Dimensionado**". La estructura sobre el bloque se carga por **presión activa** y las correspondientes fuerzas son determinadas de la misma forma que para la **verificación del muro completo**. En el análisis se utiliza un relleno suelto - rocas de relleno no colocadas manualmente; pero este efecto puede simularse utilizando un ángulo muy alto de la fricción interna. Se puede suponer que luego de un tiempo por causa de la acción de llenado, la tensión en mallas se despliegue. Las distintas secciones del muros de gavión son controlados por la máxima tensión normal y por la tensión de corte. Con la ayuda de estas variables es posible modificar la pendiente de la cara de la estructura creando terrazas o incrementando la

pendiente de la cara del muro α .

Suponiendo la carga aplicada en la parte inferior del bloque, se representa esquemáticamente como:



Carga en la parte inferior del bloque

La tensión normal en el centro de la parte inferior del bloque viene dada por:

$$\sigma = \frac{N}{B - 2e} + \frac{\gamma h \cos \alpha}{2}$$

$$e = \frac{M}{N}$$

Donde:

- N - Resultante Normal de la carga actuando en la parte inferior del bloque
- B - Ancho de la parte superior del bloque
- e - Excentricidad
- M - Momento activo en la parte inferior del bloque
- h - Altura de la parte inferior del bloque
- γ - Peso unitario en la parte inferior de bloque del material
- α - Pendiente de gavión

La presión actuando sobre la pared en la parte inferior determina un aumento en la presión activa:

$$T = 0,5 T_r + 0,5 T_a$$

$$T_r = \sigma K_r$$

$$T_a = \sigma K_a - 2 c_d \sqrt{K_a}$$

$$K_r = 1 - \sin \varphi_d$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi_d}{2} \right)$$

Donde: φ_d - Diseño del ángulo de fricción del material de la parte inferior del bloque

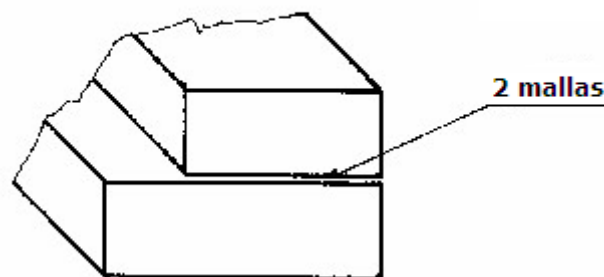
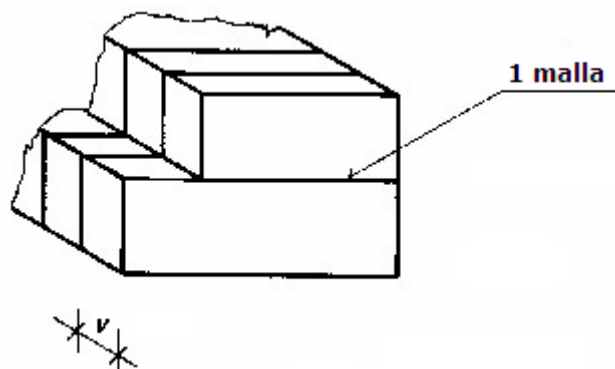
- c_d - Diseño de cohesión del material de la parte inferior del bloque
- γ - Altura de la parte inferior del bloque
- h - Peso unitario en la parte inferior de bloque del material
- B - Ancho de la parte superior del bloque
- α - Pendiente de gavión
- T - Valor promedio de la presión actuando frente a la parte inferior del bloque
- σ - Tensión Normal máxima actuando en la parte inferior del bloque
- K_r - Coeficiente de presión de tierra en reposo
- K_a - Coeficiente de presión de tierra activa

Anchuras de las mallas de la parte inferior del bloque por un metro de pared de gavión son:

$$D_{upp} = 1$$
$$D_{total} = \frac{h}{v} + 1$$

- Donde:
- D_{upp} - Ancho de malla superior entre bloques de carga en tensión
 - D_{total} - Ancho general de mallas de carga en compresión
 - v - Espacio de mallas verticales
 - h - Altura de la base del bloque

El programa permite el análisis de gaviones con mallas simples o dobles ubicadas entre bloques. Para mallas dobles, la resistencia a la tracción de la malla (Cuadro de dialogo "**Editar materiales**") debe ser el doble de largo que el valor supuesto para una malla simple.



Geometría de gaviones

Estabilidad interna de muros de gavión - Factor de seguridad

El siguiente caso se supone cuando examinamos la estabilidad interna de muros de gavión utilizando el concepto de factor de seguridad:

a) Control de estabilidad del vuelco:

$$\frac{M_{res}}{M_{ovr}} > SF_o$$

Donde:

M_{ovr}	-	Momento de rotación
M_{res}	-	Momento de resistencia
SF_o	-	Factor de seguridad contra el vuelco

b) Control por desplazamiento:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{H} > SF_s$$

Donde:

N	-	fuerza normal
φ_d	-	ángulo de diseño de fricción interna del suelo
c_d	-	diseño de cohesión del suelo
d	-	ancho de bloque

- e - excentricidad
 H - fuerza de corte
 F_{res} - fuerza de resistencia (desde georeforzo y superposición de malla)
 SF_s - factor de seguridad para resistencia al deslizamiento
 μ - coeficiente de reducción

$$\frac{N \tan \varphi_d + c_d B}{Q} > SF_s$$

- Donde: N - Fuerza normal actuando en la junta superior del bloque inferior
 φ_d - Diseño de ángulo de la fricción interna del material del bloque inferior
 B - Ancho del bloque superior
 c - Cohesión del material del bloque inferior
 Q - Fuerza de corte
 SF_s - Factor de seguridad contra deslizamiento

c) Control de capacidad de carga con respecto a la presión lateral:

$$\frac{S_u}{S} > SF_n$$

$$S = \frac{Tbh}{D_{total}}$$

- Donde: T - Valor promedio de la presión actuando frente a la parte inferior del bloque
 S - Fuerza por metro (1 m)
 S_u - Capacidad de carga conjunta (para ingresar utilizar el cuadro de diálogo "Materiales")
 SF_n - Factor de seguridad de la malla tensionada (entrada en la solapa "Análisis de muro" – valor predeterminado 1,5)
 b - Ancho = 1 m de ancho de estructura
 h - Altura del bloque
 D_{total} - Ancho general de mallas de carga en compresión T

d) Control de capacidad de carga de las juntas entre bloques:

$$\frac{N_u}{N} > SF_n$$

$$N_d = \frac{T b h}{D_{total}} + \frac{\max(0, Q - Q_{tr})}{D_{sup}}$$

$$Q_{tr} = \frac{N \tan \varphi_d + c_d B}{\gamma_f}$$

- Donde: N_d - Fuerza de tracción por metro ejecutado en la junta superior

N_u	- Resistencia de la malla (para ingresar utilizar el cuadro de diálogo "Materiales")
SF_n	- Facto de seguridad de la maya tensionada (entrada en la solapa "Análisis de muro" –valor predeterminado 1,5)
Q_{tr}	- Fuerza de corte transmitida por la fricción y por la cohesión entre bloques
γ_f	- Coeficiente de reducción de fricción entre bloques (entrada en la solapa "Análisis de muro")
h	- Altura del bloque
D_{total}	- Ancho general de mallas de carga en compresión T
D_{upp}	- Ancho de malla superior entre bloques de carga en tensión

Estabilidad interna de las paredes de gavión – Estados límite

La reducción de los parámetros del material de gavión, que dependen de los coeficientes configurados en la solapa "Análisis de muro", es utilizada en el análisis de verificación.

a)Control para estabilidad del vuelco:

$$M_{ovr} < M_{res}$$

Donde: M_{ovr} - Momento de vuelco
 M_{res} - Momento resistente

b)Control para deslizamiento:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{\gamma_s} > H$$

donde: N - fuerza normal
 φ_d - ángulo de diseño de fricción interna del suelo
 c_d - diseño de cohesión del suelo
 d - ancho de bloque
 e - excentricidad
 γ_s - coeficiente de reducción de la resistencia al deslizamiento
 H - resistencia al corte
 F_{res} - fuerza de resistencia (desde georefuerzo y superposición de malla)
 μ - coeficiente de reducción

c)Control de la capacidad de carga con respecto a la presión lateral:

$$S < S_u$$

$$S = \frac{T b h}{D_{total}}$$

- Donde:
- T - Valor promedio de la presión actuando en la cara del bloque inferior
 - S - fuerza por metro ejecutable de junta
 - S_u - Capacidad de carga conjunta (para ingresar utilizar el cuadro de diálogo "Materiales")
 - b - ancho = 1 m de ancho de la estructura
 - h - Altura del bloque
 - D_{total} - Ancho general de mallas de carga en compresión T
 - l

d) Control de la capacidad de carga de juntas entre bloques:

$$N_d < N_u$$

$$Q_{tr} = \frac{N \tan \varphi_d + c_d B}{\gamma_f}$$

$$N_d = \frac{T b h}{D_{total}} + \frac{\max(0, Q - Q_{tr})}{D_{upp}}$$

- Donde:
- N_d - Fuerzas de tracción por metro en la junta superior del bloque inferior
 - N_u - Resistencia de la malla (para entradas utilizar el cuadro de diálogo "Materiales")
 - Q_{tr} - Fuerza de corte transmitida por la fricción y la cohesión entre bloques
 - γ_f - Coeficiente de reducción de fricción entre bloques (entrada en la solapa "Análisis de muro")
 - h - Altura del bloque
 - D_{total} - Ancho general de mallas de carga en compresión T
 - l
 - D_{upp} - Ancho de malla superior entre boques de carga en tensión

El cálculo de fuerzas del pilar

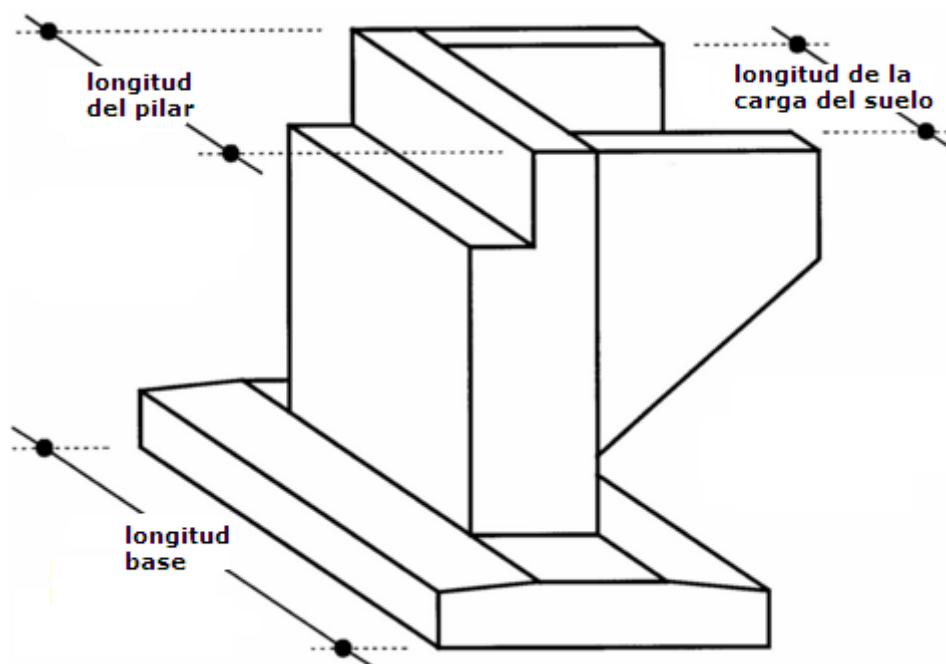
Un pilar es analizado por cada metro (1m) ejecutado. Todas las fuerzas que se ingresan en el análisis son por lo tanto ajustadas en el programa de la siguiente forma:

- El **pilar de peso libre**, asumido por 1m (1pie) ejecutado, es calculado a partir del ingreso de secciones transversales.
- **Reacciones insertadas por el puente y el enfoque de la losa** se introduce en kN (kpi) utilizando los valores de todo el pilar, estos valores están en el análisis dividido por **longitud del pilar**.
- **Presión del suelo** es determinada cada 1m (1ft) ejecutado, y luego se reduce en proporción la **longitud de la carga debido al suelo, longitud del pilar**.

- El **ancho de tierras** en cuña se determina por $1m$ ($1ft$) ejecutado, y luego se reduce en proporción la **longitud de la carga debido al suelo, longitud del pilar**.
- La **sobrecarga** es determinada por $1m$ ($1ft$) ejecutado, y luego se reduce en proporción la **longitud de la carga debido al suelo, longitud del pilar**.
- El **ingreso de fuerzas y resistencias frontales** es asumido por $1m$ ejecutado sin reducción.
- **Alas de muro** – Las alas de muro de peso libre, son calculadas desde su geometría; antes de ingresar en el diseño y de verificar los cimientos, esta es dividida por la **longitud del pilar** (es responsabilidad del usuario incluir o excluir el efecto de las alas del muro en el análisis)

El cálculo de las fuerzas de pilares individual se describe con más detalles en el capítulo "**Análisis de muros**".

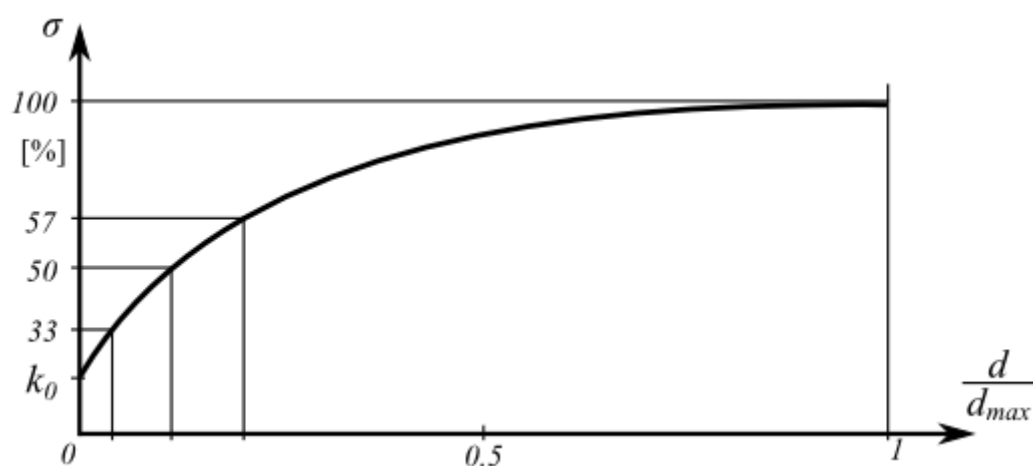
Todas las fuerzas actuando en la base conjunta se ingresan en el análisis de verificación (con excepción de la resistencia frontal) y se reducen en proporción a la **longitud del pilar / longitud base**.



Geometría de pilar puente

Reducción de la presión pasiva de la tierra

La evolución de la presión pasiva de la tierra σ_p corresponde al máximo desplazamiento de una estructura dentro de la tierra. Ese desplazamiento puede, sin embargo, no producirse (es decir en el caso de laminas de estructuras fijas) y la estructura se carga por la reducción de la presión pasiva de la tierra σ_{ps} . El valor de reducción de la presión pasiva de la tierra σ_{ps} puede ir desde el valor de la presión en reposo de la tierra σ_r (en el caso de deformación cero) hasta el valor de la presión pasiva de la tierra σ_p . Las figuras muestran la dependencia de los valores de la presión de la tierra de los suelos cohesivos (resistencia del suelo) sobre el actual desplazamiento d hasta el máximo desplazamiento d_{max} (ocurre cuando se activa la presión de la tierra σ_p).



Dependencia de los valores de la presión de la tierra en relación a la actual deformación de la estructura

Muro claveteado

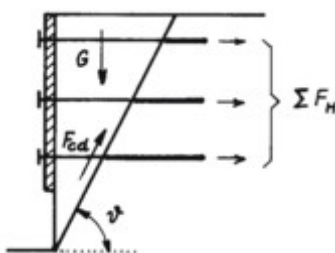
El programa "**Muro claveteado**" está habilitado para las siguientes verificaciones:

- Verificación de la **estabilidad interna** de la estructura (superficie de deslizamiento plana o o quebrada, **capacidad portante de los clavos**)
- Verificación del muro ficticio - Igual al **muro de gravedad**
- Verificación de la **cubierta de hormigón** de la estructura (dimensionado)
- Verificación de la estabilidad global utilizando el programa "**Estabilidad de taludes**"

Análisis de estabilidad interna

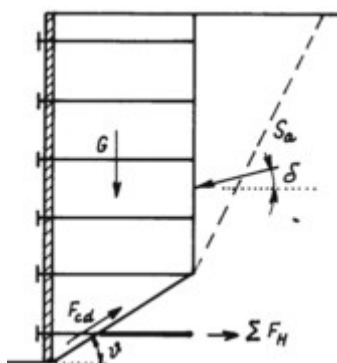
La estabilidad interna de una estructura se controla asumiendo dos tipos de superficies de deslizamiento.

- **superficie de deslizamiento plana:**



Superficie de deslizamiento plana

- **superficie de deslizamiento quebrada:**



Superficie de deslizamiento quebrada

En ambos casos una superficie de deslizamiento específica se examina por variación del ángulo ν .

Cuando se ejecuta un análisis de **optimización**, el cálculo se lleva a cabo para todas las plataformas de variación del ángulo de la superficie de deslizamiento ν , cambiando de a 1 grado, desde 1 a 89 grados.

El análisis de verificación de estabilidad interna se realiza utilizando el **factor de seguridad** de la **teoría los estados límite** dependiendo de la configuración del cuadro "Configuraciones de parámetros de seguridad".

El análisis controla si la relación entre la fuerza de resistencia y la fuerza de corte que actúan en la superficie de deslizamiento es mayor que el factor de seguridad introducido. Las fuerzas son empleadas para:

Fuerzas de corte:

- Componentes de fuerzas de gravedad paralelas a la superficie de deslizamiento
- En caso de quiebre de la superficie de deslizamiento – componentes de la presión activa de la tierra actuando en la parte vertical de la estructura y en paralelo a la superficie de deslizamiento (la presión es determinada sin reducción de los parámetros de entrada)
- Fuerzas horizontales debido a los sismos

Fuerzas de resistencia:

- Fricción del suelo y cohesión a lo largo de la superficie de deslizamiento
- Suma de fuerzas **transmitidas por los clavos**

Análisis de capacidad portante de clavos

Para cada clavo se calcula o **ingresa** la siguiente capacidad portante:

R_f Resistencia de la cabeza del clavo

R_t Resistencia a la tracción

T_p Resistencia al arrancamiento

Las **características de resistencia de un clavo**, representan los parámetros básicos para calcular la **fuerza actual en un clavo**.

La **resistencia a la tracción del clavo** viene dado por:

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} \frac{f_y}{SF_t}$$

Donde:

- R_t - Resistencia a la tracción
- d_s - Diámetro del clavo
- f_y - Fuerza elemental del material
- SF_t - Factor de seguridad contra tracción

La capacidad portante del clavo al arrancamiento viene calculada por uno de los siguientes caminos:

1. Cálculo a partir del rozamiento:

$$T_p = \frac{\pi d g_s}{SF_e}$$

Donde:

- T_p - Capacidad portante del clavo al arrancamiento [kN/m]
- d - Diámetro del hueco
- g_s - Rozamiento, como parámetros de clavo o como parámetro de suelo
- SF_e - factor de seguridad contra arrancamiento

2. Cálculo desde la tensión efectiva

$$T_p = \frac{\pi d (K_a \sigma_z \tan \varphi + c)}{SF_e}$$

Donde:

$$K_a = \frac{1 + K_0}{2} = \frac{1 + (1 - \sin \varphi)}{2}$$

Donde:

- T_p - Capacidad portante del clavo al arrancamiento [kN/m]
- d - Diámetro del agujero
- σ_z - Tensión geo-estática vertical
- φ - Ángulo efectivo de la fricción interna del suelo
- c - Cohesión efectiva del suelo
- SF_e - Factor de seguridad contra arrancamiento

3. Cálculo según HA 68/94

$$T_p = \frac{\pi d (\sigma_n \tan \varphi + c)}{SF_e}$$

Donde:

- T_p - Capacidad portante del clavo al arrancamiento [kN/m]
- d - Diámetro del agujero
- σ_n - Promedio de la tensión efectiva radial

- φ - Ángulo efectivo de la fricción interna del suelo
 c - Cohesión efectiva del suelo
 SF_e - Factor de seguridad contra arrancamiento

El promedio de la tensión efectiva radial σ_n se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma_n = \frac{(1 + K_L) \sigma_z}{2}$$

Donde: σ_z - Tensión geo-estática vertical

$$K_L = \frac{1 + K_a}{2}$$

Donde:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

La **fuerza de la cabeza del clavo** se calcula con la fórmula:

$$R_f = \frac{\min(R_t; T_p l)(0,6 + 0,2(S_{\max} - 1))}{SF_f}$$

- Donde: l - Longitud del clavo
 S_{\max} - Espacio máximo de clavos en una estructura
 R_t - Fuerza del clavo contra quiebre
 T_p - Resistencia al arrancamiento
 SF_f - Factor de seguridad de la fuerza de la cabeza del clavo

Si al proporcionar el clavo no está anclado a la estructura, es posible configurar la capacidad portante de la cabeza del clavo en cero.

Estimación de fuerza de adherencia

La tabla se basa en pruebas de campo y ensayos de laboratorio.

Rozamiento: Clavos perforados

$q_{s,k} [kPa]$ ¹⁾ según EA Pfähle								
Suelos no cohesivos			Suelos cohesivos			Rocas		
q_c ²⁾ $[MN/m^2]$			c_u ³⁾ $[kN/m^2]$			$q_{u,k}$ ⁴⁾ $[MN/m^2]$		
7,5	15	25	60	150	250	0,5	5	20
55 - 80	105 - 140	130 - 170	30 - 40	50 - 65	65 - 85	70 - 250	500 - 1000	500 - 2000

Notas:

1) La determinación del rozamiento debe ser parte del ensayo geológico

2) Resistencia al cono, prueba CPT (según DIN EN ISO 22476-1)

3) Cohesión total del suelo

4) Fuerza de compresión Uniaxial

Bibliografía:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005-9

Los valores de la tabla están basados en la clasificación de suelo y roca.

Estimación de adherencia de clavos, en suelo y rocas (fuente: Elias a Juran, 1991)

Material	Método de construcción	Suelo / tipo de roca	Fuerza de adherencia elemental $q_s [kPa]$
Roca	Perforación rotativa	Marga / piedra caliza	300 - 400
		Filita	100 - 300
		Tiza	500 - 600
		Dolomita suave	400 - 600
		Dolomita fisurada	600 - 1000
		Arenisca inalterada	200 - 300
		Lutita inalterado	100 - 150
		Esquito inalterado	100 - 175
		Basalto	500 - 600
		Pizarra / pizarra fuerte	300 - 400
Suelos no	Perforación	Arena / gravel	100 - 180

cohesivos	rotativa		
		Arena limosa	100 - 150
		Limo	40 - 120
		Piamonte residual	40 - 120
		Coluvial fino	75 - 150
	Perforación de carcaza	Arena / gravilla -sobrecarga baja -sobrecarga alta	190 - 240 280 - 430
		Densa morena	380 - 480
		Coluvial	100 - 180
	Taladrar	Arena limosa rellena	20 - 40
		Arena limosa fina	55 - 90
		Arena limosa arcillosa	60 - 140
	Inyección de cemento a presión	Arena	380
		Arena gravel	700
Suelo de grano fino	Perforación rotativa	Arcilla limosa	35 - 50
	Perforación de carcaza	limo arcilloso	90 - 140
	Taladrar	Loess	25 - 75
		Arcilla suave	20 - 30
		Arcilla espesa	40 - 60
		Limo arcilloso espeso	40 - 100
		Arcilla arenosa calcárea	90 - 140

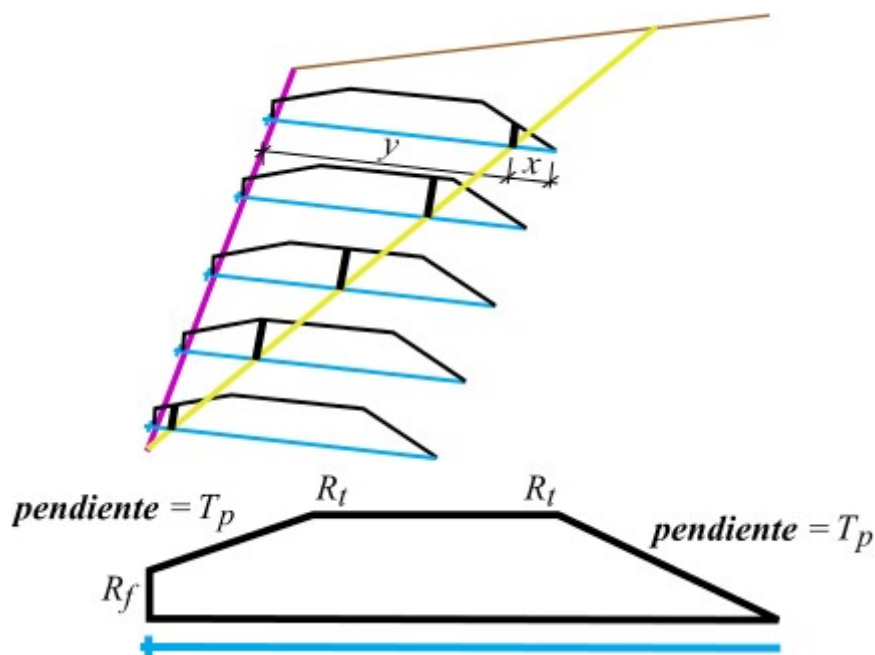
Nota: Convertir valores *kPa* a *psf* multiplicando por 20,9. Convertir valores *kPa* a *psi* multiplicando por 0,145.

Capacidad portante total de clavos

La capacidad portante de clavos se determina en base a la localización de la interacción con la superficie de deslizamiento. Si un clavo se encuentra completamente en la parte delantera de la superficie de deslizamiento, entonces no se incluye en el cálculo. Si el clavo cruza la superficie de deslizamiento, entonces la capacidad portante es determinada como:

$$F = \min (T_p x ; R_t ; R_f + T_p y)$$

- Donde:
- x - Longitud del clavo detrás de la superficie de deslizamiento en dirección al cuerpo del terreno.
 - y - Longitud del clavo en la parte delantera de la superficie de deslizamiento
 - R_f - Resistencia de la cabeza del clavo
 - R_t - Resistencia de tracción
 - T_p - Resistencia al arrancamiento



Distribución de las fuerzas de tracción a lo largo del clavo

Verificación - Factor de seguridad

El análisis controla si la relación entre la fuerza de **resistencia** y la fuerza de **corte** (conducción) que actúan en la superficie de deslizamiento es mayor que el factor de seguridad introducido.

El factor de seguridad en la superficie de deslizamiento introducida esta dado por:

$$SF = \frac{F_h \cos(\nu + \alpha) + F_{cd}}{(G + S_{a,vert}) \sin \nu + S_{a,hor} \cos \nu}$$

$$F_h = \sum F_{h,n}$$

$$F_{cd} = \sum \frac{d_i}{d} (G \cos v + F_h \sin(v + \alpha)) \tan \varphi_i + \sum d_i c_i$$

- Donde:
- G - Fuerza de gravedad
 - $S_{a,vert}$ - Componente vertical de la presión activa
 - $S_{a,hor}$ - Componente horizontal de la presión activa
 - d_i - Longitud de la sección i^{th} de la superficie de deslizamiento
 - d - Longitud de la superficie de deslizamiento
 - $F_{h,n}$ - Capacidad portante de n^{th} clavos detrás de la superficie de deslizamiento por cada corrida de 1m
 - c_i - Cohesión de la capa de suelo i^{th}
 - φ_i - Ángulo de fricción interna de la capa i^{th}
 - v - Inclinación de la superficie de deslizamiento
 - α - Inclinación del clavo desde la dirección horizontal

Verificación - Teoría de los estados límite

El análisis controla si las **fuerzas pasivas** F_p (resistencia) que actúan en la superficie de deslizamiento son mayores a las **fuerzas activas** F_a .

$$F_p > F_a$$

$$F_p = F_h \cos(v + \alpha) + F_{cd}$$

$$F_a = (G + S_{a,vert}) \sin v + S_{a,hor} - G \cos v$$

$$F_h = \sum F_{h,n}$$

$$F_{cd} = \sum \frac{d_i}{d} (G \cos v + F_h \sin(v + \alpha)) \tan \varphi_i + \sum d_i c_i$$

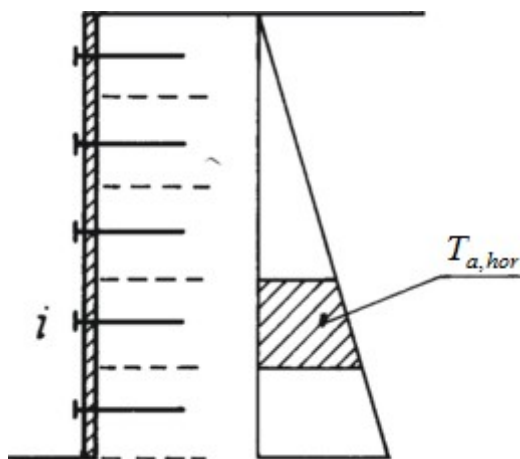
- Donde:
- G - Fuerza de gravedad
 - $S_{a,vert}$ - Componente vertical de la presión activa
 - $S_{a,hor}$ - Componente horizontal de la presión activa
 - d_i - Longitud de la sección i^{th} de la superficie de deslizamiento
 - d - Longitud de la superficie de deslizamiento
 - $F_{h,n}$ - Capacidad portante de n^{th} clavos detrás de la superficie de deslizamiento por cada corrida de 1m
 - c_i - Cohesión de la capa de suelo i^{th}
 - φ_i - Ángulo de fricción interna de la capa i^{th}
 - v - Inclinación de la superficie de deslizamiento

α - Inclinación del clavo desde la dirección horizontal

Fuerza de clavos

La magnitud de la **presión activa de la tierra** se reduce utilizando el coeficiente K_n . El valor recomendado (determinado experimentalmente) es $K_n = 0,85$.

Las fuerzas transmitidas por distintos clavos, son determinadas de tal forma que una porción particular de la presión activa calculada, sea asignada a **la plataforma dada**. Luego cada clavo se carga por la porción correspondiente de la presión activa de la tierra.



Fuerzas transmitidas por distintos clavos

La **fuerza del clavo** está dada por:

$$F_i = \frac{b k_n \sum T_{a,hor}}{\cos \alpha}$$

Donde: b - Espacio entre clavos

α - Inclinación de clavos

k_n - Coeficiente de reducción

$T_{a,hor}$ - Presión activa de la tierra actuando en una plataforma dada

Dimensionado de capas de hormigón

La capa de hormigón de un talud claveteado es diseñada para sustentar la presión activa de la tierra. Para este fin, la estructura se subdivide en distintos diseños de tiras intermedias.

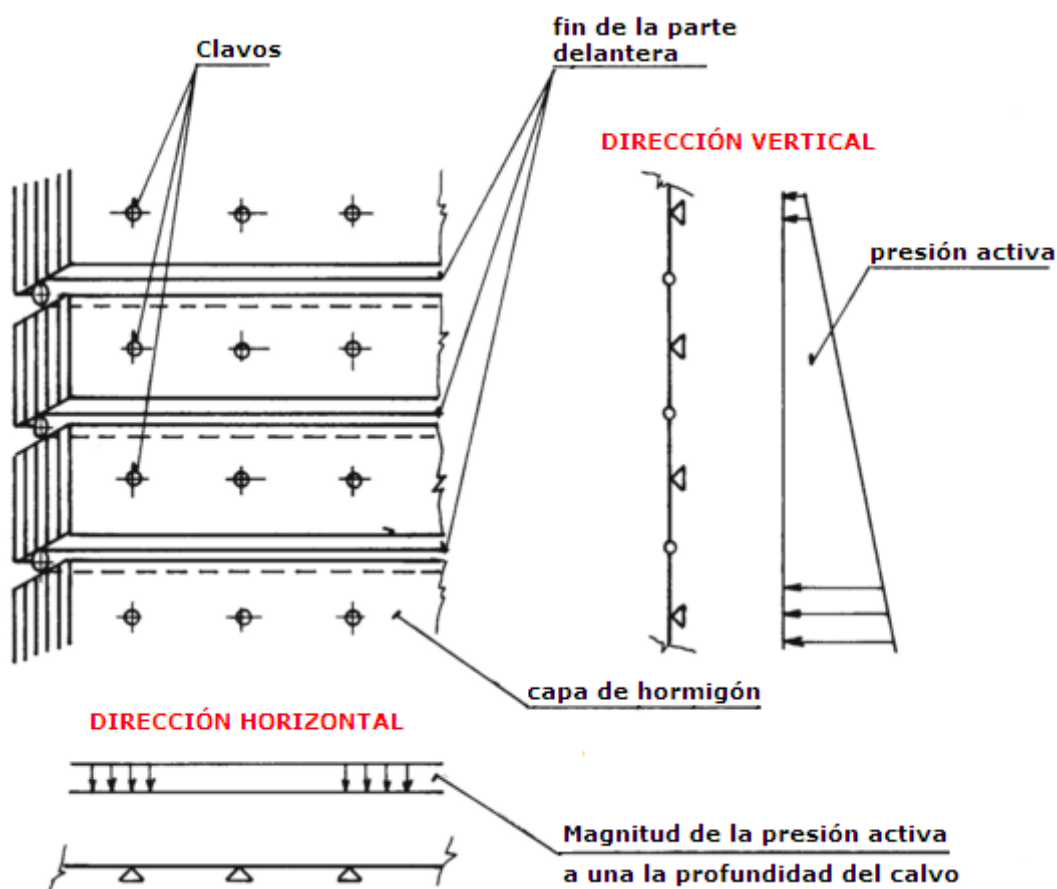
En la **dirección vertical**, la cabeza del clavo se modela como un soporte y la junta entre las plataformas se modela como una bisagra interior.

En la **dirección horizontal** el programa genera (por defecto) una estructura con cinco soportes uniformemente cargados por la magnitud de la presión activa arriba de la profundidad de la cabeza del clavo.

El programa permite además verificar el **refuerzo de cobertura de hormigón** de una estructura cargada por el momento de flexión.

El esquema de construcción de un modelo de diseño incluyendo la carga, es evidente en la

siguiente figura:



Dimensionado de cobertura de hormigón

Diseño de excavación

GEO5 permite un diseño y un análisis completos de la estructura pantalla vertical de **muchos tipos**. Los muros de contención pueden ser **anclados, pavoneados o no anclados**.

El programa básico para el análisis de muros de contención anclados o pavoneados es "**Verificación de muros pantalla**". Permite calcular el comportamiento de la estructura real utilizando las etapas de construcción, los cálculos de deformación y las presiones que actúan sobre la estructura, la verificación de la estabilidad interna del anclaje y la verificación de las secciones transversales de acero o de hormigón armado.

El programa "**Diseño de muros pantalla**" se enfoca en un diseño rápido de estructuras no-ancladas, y de un diseño básico de estructuras ancladas. El programa calcula la longitud requerida de la estructura en el suelo y las fuerzas internas sobre la estructura. Se puede realizar la verificación de la sección transversal (hormigón, acero, madera).

El caso especial de estructuras del apuntalamiento hecho en la pendiente para prevenir un deslizamiento de tierra es la fila de pilotes anti-deslizantes. El programa "**Pilotes Anti-deslizantes**" permite el análisis de esta estructura.

Entrada de sección transversal

La lista desplegable en la ventana de diálogo "**Editar sección**" contiene tipos estructurales

individuales de muros de apuntalamiento:

- Pantalla de pilote
- Muro rectangular de hormigón armado
- Muro de Tablestaca
- Sección transversal Acero I
- Tablestaca plastico (vinilo)
- Entrada del usuario de características de sección transversal

Algunos tipos de secciones se pueden guardar en "Catálogo del usuario" (botón "**Catálogo del usuario**")

Editar sección

Tipo de muro: Telón del pilote
Telón del pilote
Pantalla rectangular de hormigón armado
Tablestaca
Tablestaca de plástico (vinilo)
Perfil Acero sección I
Entrada definida por el usuario (A,I,E,G)

Nombre de la sección transversal : Telón del pilote
Pantalla rectangular de hormigón armado
Tablestaca
Tablestaca de plástico (vinilo)
Perfil Acero sección I
Entrada definida por el usuario (A,I,E,G)

Longitud de la sección : Telón del pilote
Pantalla rectangular de hormigón armado
Tablestaca
Tablestaca de plástico (vinilo)
Perfil Acero sección I
Entrada definida por el usuario (A,I,E,G) [-]

Coef.reduc.presión bajo el fondo de Telón del pilote
Pantalla rectangular de hormigón armado
Tablestaca
Tablestaca de plástico (vinilo)
Perfil Acero sección I
Entrada definida por el usuario (A,I,E,G)

— Geometría —

Tipo de secc. trans. : Circular

Diámetro del Pilote : d = 1,00 [m]

Espaciamiento : a = 1,00 [m]

Material de pilote : Hormigón

Diagrama de la sección transversal: Se muestran cuatro círculos representando pilotes con un diámetro de 1,00 y un espaciamiento de 1,00 entre ellos.

— Información —

A = 7,85E-01 [m²/m] I = 4,91E-02 [m⁴/m]

Catálogo de usuario OK Cancelar

Cuadro "Editar sección"

Telón del pilote

El telón del pilote requiere la entrada de:

- **Nombre de sección transversal** (El nombre por defecto es generado por el programa,

se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por el usuario**")

- **Coeficiente de reducción de la presión por debajo del fondo de la zanja** - este **coeficiente** se utiliza para la reducción de las presiones debajo del fondo de la zanja para el cálculo del pantallas reforzadas - puede ser ingresado manualmente o **calculado** automáticamente (para pantalla clásica no reforzada este coeficiente es igual a 1,0)
- **Tipo de sección transversal** (circulo, cuadrado)
- Diámetro del pilote d y su espaciado a
- **Material del pilote** (hotmigón, madera)

Editar sección

Tipo de muro: Telón del pilote

Nombre de la sección transversal: Telón del pilote d = 1,00 m; a = 1,00 m ☐ Def. por usuario

Longitud de la sección: l = 8,00 [m]

Coef. reduc. presión bajo el fondo de zanja: Ingresar 1,00 [-]

— Geometría —

Tipo de secc. trans.: Circular

Diámetro del Pilote: d = 1,00 [m]

Espaciamiento: a = 1,00 [m]

Material de pilote: Hormigón

Diagrama:

— Información —

A = 7,85E-01 [m²/m] **I = 4,91E-02 [m⁴/m]**

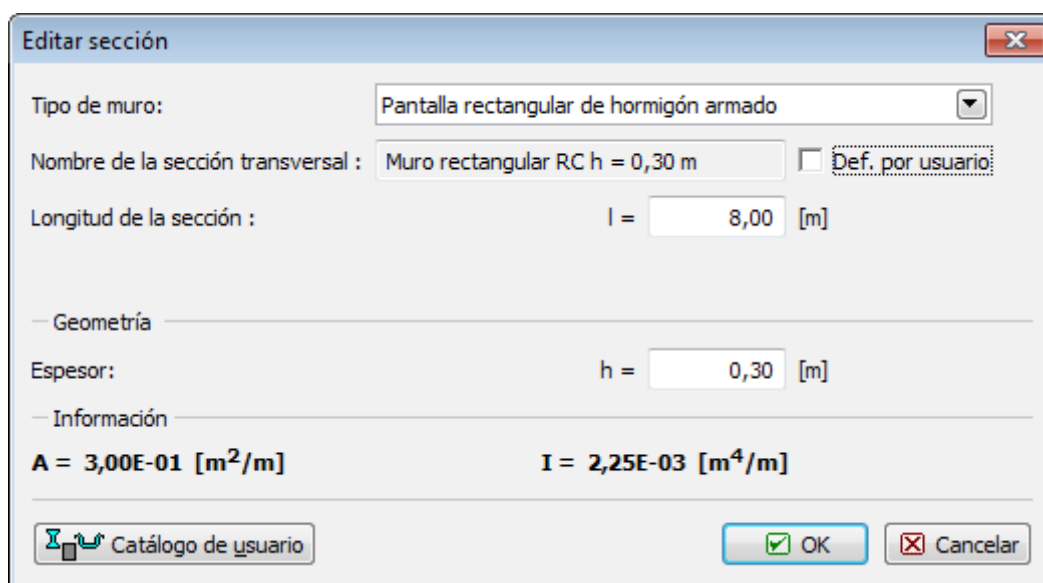
Catálogo de usuario OK Cancelar

Parámetros de entrada - telón del pilote

Muro rectangular de hormigón armado

Un **Muro rectangular de hormigón armado** requiere las siguientes entradas

- **Nombre de sección transversal** (El nombre por defecto es generado por el programa, se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por el usuario**")
- espesor del muro h



Parámetros de entrada - Muro rectangular de hormigón armado

Tablestaca

Una tablestaca requiere las siguientes entradas

- **Nombre de sección transversal** (El nombre por defecto es generado por el programa, se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por el usuario**")
- **Tipo de sección transversal** - se selecciona en el cuadro seleccionado en el cuadro "**Catálogo de perfiles**" (button "**Catálogo**")

El catálogo de perfiles contiene una gran cantidad de clases de tablestacas y cubiertas de diferentes fabricantes (ver más adelante). Si usted utiliza otros tipos de productos, póngase en contacto con nosotros (hotline@fine.cz), lo implementaremos en nuestro catálogo en el programa.

Editar sección

Tipo de muro: Tablestaca

Nombre de la sección transversal: Tablestaca : VL 503 ☐ Def. por usuario

Longitud de la sección: l = 5,00 [m]

— Sección transversal —

Catálogo

Nombre: **VL 503**

— Información —

A = 1,49E-02 [m²/m] **I = 2,12E-04 [m⁴/m]**

W_{y1} = 1,250E-03 [m³/m] **W_{pl,y} = 1,430E-03 [m³/m]**

Catálogo de usuario ☒ OK ☐ Cancelar

Parámetros de entrada - Tablestaca

Bibliografía:

Tablestacas implementadas en nuestro catálogo

Steel sheet piles:

- Vítkovice steel - Product catalog of sheet piles
- Arcelor Mittal - Steel Sheet Piling, General Catalogue 2012
- ThyssenKrupp Bautechnik - Sheet Piling Handbook
- Chinese standard GB/T 20933-2014 Hot rolled sheet pile
- Bethlehem Steel Sheet Piling
- Gerdau Steel Sheet Piling

Steel sheet piles cold formed:

- Mer Lion Metals - Cold Formed Steel Sheet Piles Catalogue

Trench sheeting:

- ThyssenKrupp Bautechnik - Kaltgewalzte Spundwandprofile – Kanaldielen

Sheet piles O WOM/WOF:

- Mer Lion Metals - Steel Sheet Piles Catalogue
- PilePro Group Company - Sheet Pile Connectors

Tablestaca de plástico (vinilo)

Una **tablestaca de plástico** requiere las siguientes entradas

- **Nombre de sección transversal** (El nombre por defecto es generado por el programa, se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por usuario**")
- **Longitud de la sección l**
- **Tipo de sección transversal** - se selecciona en el cuadro seleccionado en el cuadro "**Catálogo de perfiles**" (button "**Catálogo**")

El catálogo de perfiles contiene una gran cantidad de clases de tablestacas y cubiertas de diferentes fabricantes (ver más adelante). Si usted utiliza otros tipos de productos, póngase en contacto con nosotros (hotline@fine.cz), lo implementaremos en nuestro catálogo en el programa

Parámetros de entrada - Tablestaca plástico

Las tablestacas plástico son **muy suaves para doblarse** y sus deformaciones son mucho más altas que la deformación de estructuras de acero o hormigón. El método estándar para la determinación del módulo de reacción de subgrado (Schmitt) no puede utilizarse para material plástico. Si se selecciona el método Schmitt, el programa cambia automáticamente al método "**Vinilo**". En este caso, el módulo de reacción de subgrado se calcula a partir del módulo oedométrico del suelo - $k_h = 2/3 E_{oed}$.

Los otros métodos siguen siendo los mismos que para otros tipos de sección transversal.

La verificación de la **capacidad portante de la tablestaca de plástico** se puede realizar en el marco "**Dimensionamiento**".

Bibliografía:

- *Katalog Everlast Synthetic Products, LLC - can be found at <https://everlastseawalls.com/seawall-products/vinyl-sheet-piling>*

Sección transversal Acero I

Una Sección transversal Acero I requiere las siguientes entradas:

- **Nombre de sección transversal** (El nombre por defecto es generado por el programa, se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por el usuario**")
- **Coefficiente de reducción de la presión por debajo del fondo de la zanja** - este **coeficiente** se utiliza para reducir las presiones debajo del fondo de la zanja para el cálculo de un **Muro Berlínés** (contención apuntalada) - puede ser ingresada manualmente o **calculada** automáticamente (para pantalla no reforzada clásica este coeficiente es igual a 1,0)
- **Longitud de la sección /**
- **Espaciado de perfiles**
- **Tipo de sección transversal** - se selecciona en el cuadro seleccionado en el cuadro "**Catálogo de perfiles**" (button "**Catálogo**")

Editar sección

Tipo de muro: Perfil Acero sección I

Nombre de la sección transversal : Sección transversal I : I(IPN) 220; a = ▸ ☐ Def. por usuario

Longitud de la sección : l = 5,00 [m]

Coef. reduc. presión bajo el fondo de zanja Calcular ▾

— Geometría —

Separación entre centros : a = 1,00 [m]

— Sección transversal —

Nombre : I(IPN) 220

— Información —

A = 3,95E-03 [m²/m] I = 3,05E-05 [m⁴/m]

W_{pl,y} = 2,770E-04 [m³/m] W_{pl,y} = 3,222E-04 [m³/m]

Parámetros de entrada - Sección de acero I

Perfil de acero 2xU

El **Perfil de acero 2xU** requiere la entrada de:

- **Nombre de sección transversal** (el nombre predeterminado es generado por el programa, se puede cambiar usando la casilla de verificación "**Def. por el usuario**")
- **Coefficiente de reducción de presión debajo del fondo de la zanja**: este **coeficiente**

se usa para la reducción de las presiones debajo del fondo de la zanja para el cálculo de **tirantes**. Puede ser ingresado o **calculado** automáticamente (para el tirante clásico sin arriostrar, este coeficiente es igual a 1.0)

- **Longitud de sección /**
- **Spaacio entre perfiles**
- **Tipo de sección transversal** - se selecciona en el cuadro "Catálogo de perfiles" (botón "Catálogo"), o en el cuadro "Editor de sección transversal" (botón "Soldado")

New section

Type of wall : Steel 2xU-profile

Cross-section name : 2xU-profile : 2 x U(UPN) 200; a = 1,00 ☐ User def.

Section length : l = 5,00 [m]

Coeff. of pressure reduc. below ditch bottom : calculate

— Geometry —

Spacing of centers : a = 1,00 [m]

— Cross-section —

Name : 2 x U(UPN) 200

— Information —

A = 6,44E-03 [m²/m] I = 3,82E-05 [m⁴/m]

W_{y1} = 3,820E-04 [m³/m] W_{pl,y} = 4,555E-04 [m³/m]

Entrada de parámetros - Perfil de acero 2xU

Entrada por el usuario de A, I, E, G

En el caso del ingreso de geometría por parte del usuario, es necesario introducir los valores de las propiedades de sección (A, I) y las propiedades de los materiales (E, G)

Editar sección

Tipo de muro: Entrada definida por el usuario (A,I,E,G)

Nombre de la sección transversal : Definido por usuario ☐ Def. por usuario

Longitud de la sección : l = 5,00 [m]

Coef. reduc. presión bajo el fondo de zanja 1,00 [-]

— Geometría —

☐ Verificación de sección transversal de acero

Área de la sección transversal : A = 0,00E+00 [m²/m]

Momento de inercia : I = 0,00E+00 [m⁴/m]

Módulo Elástico : E = 27000,00 [MPa]

Módulo de corte : G = 11300,00 [MPa]

— Información —

A = 0,00E+00 [m²/m] **I = 0,00E+00 [m⁴/m]**

E = 27000,00 [MPa] **G = 11300,00 [MPa]**

Catálogo de usuario

Entrada de sección (A, I) y propiedades de materiales (E, G)

En el caso de la verificación de la sección transversal del acero (casilla de verificación **"Verificar la sección transversal del acero"**) se requiere la entrada del valor del módulo seccional (W). Los parámetros de material (E , G) se transfieren desde el cuadro **"Material"**. La sección transversal sólo puede verificarse para **flexión + compresión**.

Editar sección

Tipo de muro: Entrada definida por el usuario (A,I,E,G)

Nombre de la sección transversal : Definido por usuario ☐ Def. por usuario

Longitud de la sección : I = 5,00 [m]

Coef.reduc.presión bajo el fondo de zanja 1,00 [-]

— Geometría —

☒ Verificación de sección transversal de acero

Área de la sección transversal : A = 0,00E+00 [m²/m]

Momento de inercia : I = 0,00E+00 [m⁴/m]

Módulos seccional : W = 0,000E+00 [m³/m]

— Información —

A = 0,00E+00 [m²/m] I = 0,00E+00 [m⁴/m]

E = 210000,00 [MPa] G = 81000,00 [MPa]

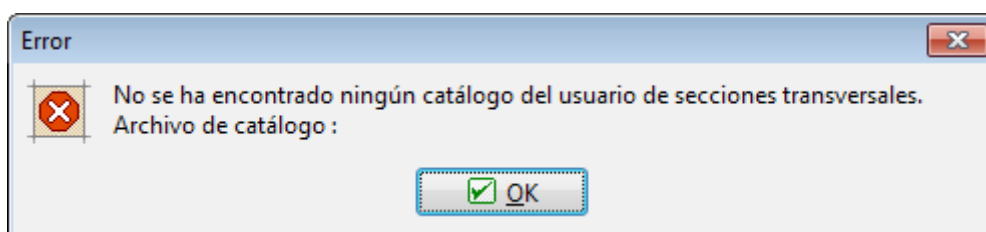
Catálogo de usuario ☐ OK ☐ Cancelar

Entrada de propiedades seccionales y materiales

Catálogo de usuario

El catálogo de usuario permite al usuario definir y guardar sus propias secciones transversales y las características que aparecen en la construcción del **muro pantalla**. Al comenzar a utilizar el catálogo (que todavía no ha sido creado) el programa mostrará un mensaje de error que no se ha encontrado el catálogo. Luego, presionando el botón **"OK"** se abre el cuadro de diálogo **"Guardar como"** que permite introducir el nombre del catálogo y guardarlo en una ubicación específica presionando el botón **"Guardar"** (se asume la carpeta por defecto utilizada para salvar los datos del proyecto).

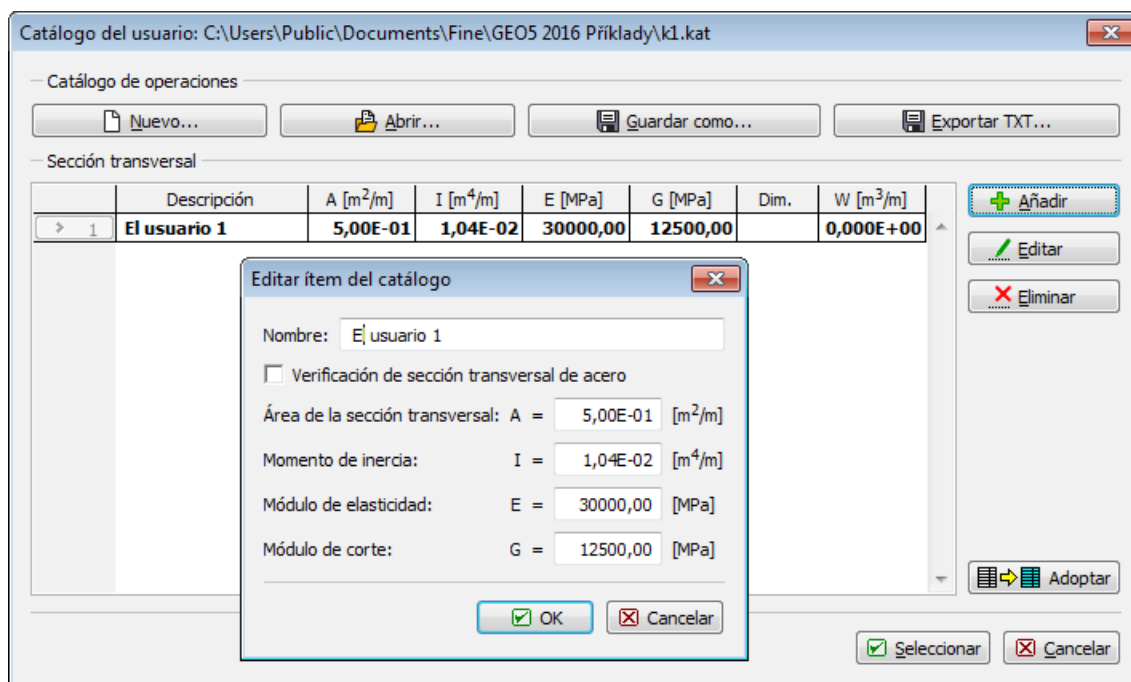
El programa permite crear más de un catálogo. El próximo catálogo se crea presionando el botón **"Nuevo"** - El programa pregunta, si quiere reemplazar el catálogo actual (**el catálogo no es eliminado!**) y guardar el nuevo catálogo bajo un nuevo nombre. El botón **"Abrir"** permite cargar un catálogo de usuario y presionando el botón **"Guardar como"** se guarda bajo un nombre distinto.



Cuadro "Catálogo de usuario-secciones transversales" primer uso

El cuadro de diálogo "**Catálogo de usuario**" contiene una **tabla** con una lista de secciones transversales definidas por el usuario. El botón "**Añadir**" abre el cuadro de diálogo "**Nuevo ítem de catálogo**" que está habilitado para especificaciones y para guardar características de las nuevas secciones transversales dentro del catálogo.

El botón "**Editar**" y "**Eliminar**" sirven para editar/eliminar ítems de la tabla en forma individual. El botón "**Aceptar**" acepta las características actuales de la sección transversal especificada en el cuadro de diálogo "**Nueva sección**" y abre un cuadro diálogo "**Nuevo ítem de catálogo**" que permite modificar y guardar la sección transversal actual.



Cuadro "Catálogo de usuario" y "Nuevo ítem de catálogo"

Cálculo automático del coeficiente de reducción de presión por debajo de fondo de la zanja

Para el cálculo automático, el coeficiente de reducción de la presión por debajo del fondo de la zanja [-] se determina como sigue:

- **pantalla de pilote circular (a)**

$$k = 0.9 (1.5d + 0.5)/a \quad (d \leq 1 \text{ m})$$

$$k = 0.9 (d + 1)/a \quad (d > 1 \text{ m})$$

- **pantalla de pilote rectangular o sección de acero I (b)**

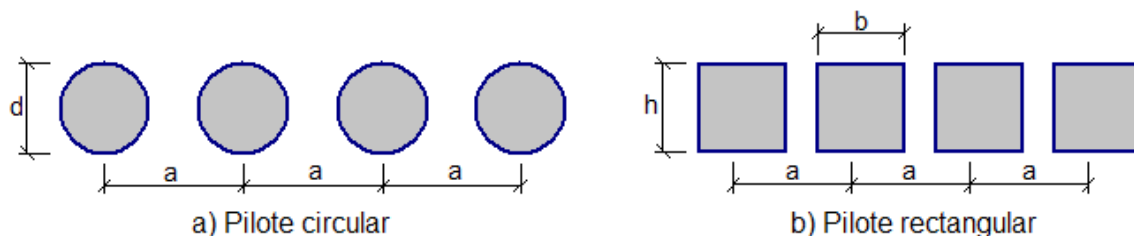
$$k = (1.5b + 0.5)/a \quad (b \leq 1 \text{ m})$$

$$k = (b + 1)/a \quad (b > 1 \text{ m})$$

Nota: si el coeficiente $k > 1$, entonces $k = 1$.

Donde: d - diámetro del pilote

- b - la huella del pilote rectangular, o ancho del reborde de la sección de acero I
- a - espaciamiento de vigas soldadas, o espacio entre pilotes



Coeficiente de reducción de presión por debajo de fondo de la zanja

Diseño de muros pantalla

El análisis en el programa "**Diseño de muros pantalla**" puede ser dividido en tres grupos:

- análisis de muros no-anclados (ej. Muro de tablestaca)
- análisis de muros anclados fijas en el talón
- análisis de muros anclados simplemente apoyadas sobre el talón

Además es posible el análisis de Muros Berlínés (Tirantes).

Análisis de Muro de tablestacas

Los Muros de tablestacas son analizadas utilizando un enfoque estándar para representar el efecto de la presión de la tierra. (En general, la **presión activa de la tierra** se desarrolla detrás de la estructura mientras que la **presión pasiva de la tierra** aparece en la parte frontal de la misma).

Basada en la **teoría de los estados límites** el programa busca de una forma interactiva un punto en el muro para satisfacer el momento de la ecuación de equilibrio en la forma:

$$M_{\text{overturning}} = M_{\text{resisting}}$$

Una vez logrado esto, el programa continúa por determinar la ubicación del talón del muro para que equilibrio de la fuerza de corte se logre. (Cálculo de profundidad de fijados finales) De esta forma se comprueba la longitud total de la estructura analizada. Cuando se aplica el enfoque basado en el **factor de seguridad** el programa buscar de forma interactiva un punto para obtener:

$$\frac{M_{\text{resisting}}}{M_{\text{overturning}}} = FS$$

Es obvio que la distribución de las fuerzas internas resultantes del enfoque no son realistas. Sin embargo, en algunos países, este enfoque es requerido. El cálculo se puede manejar incluso eligiendo una **dimensión mínima de presión** o por reducción de la **presión pasiva**. Suponiendo que la magnitud actual de la presión pasiva de la tierra proporciona deformaciones de la estructura analizada, lo cual no puede ocurrir frecuentemente.

La actual presión pasiva de la tierra puede alcanzar la presión pasiva de las paredes completamente deformadas (rotación aproximada 10 mRad – es decir la deformación de 10 mm por 1 m de la altura de la estructura) Por lo tanto, es razonable considerar reducir los valores de la presión pasiva de la tierra configurando los valores de los "**Coeficientes de**

reducción de la presión pasiva” a menos que o a igual que 1 (uno).

Se recomiendan los siguientes valores:

- 0,67 reduce la deformación aprox. a la mitad
- 0,5 aprox. corresponde a una deformación de estructura de carga por el aumento de la presión activa de la tierra
- 0,33 aprox. corresponde a una deformación de estructura de carga de presión en reposo, la estructura alcanza aprox. El 20 % de la deformación original.

Análisis de muros anclados fijos en el talón

El muro anclado fijo en el talón es analizado como una viga continua utilizando la variante de deformación del método de elementos finitos como para cumplir con la hipótesis de talón fijo en la tierra. El actual análisis es precedido por la determinación de carga debido a la **presión de la tierra** aplicada a la estructura.

La presión que actúa en la parte trasera de la estructura se supone como **presión activa**, mientras que la frontal se supone como **presión pasiva**. La presión pasiva puede reducirse con ayuda de los coeficientes de reducción de presión pasiva. Suponiendo que la magnitud actual de la presión pasiva de la tierra proporciona deformaciones de la estructura analizada, lo cual no puede ocurrir frecuentemente. La actual presión pasiva de la tierra puede alcanzar la presión pasiva de las paredes completamente deformadas (rotación aproximada 10 mRad – es decir la deformación de 10 mm por 1m de la altura de la estructura). Por lo tanto, es razonable considerar reducir los valores de la presión pasiva de la tierra configurando los valores de los **“Coeficientes de reducción de la presión pasiva”** a menos que o a igual que 1 (uno). Se recomiendan los siguientes valores:

- 0,67 reduce la deformación aprox. a la mitad
- 0,33 aprox. corresponde a una deformación de estructura del 20 % de la deformación original.

El programa ofrece dos opciones para **determinar la presión activa**:

- El cálculo desde los parámetros de suelo, agua, sobrecarga, terrenos ingresados, incluyendo la **dimensión mínima de presión**.
- Ingreso de una distribución arbitraria de la presión de la tierra sobre las profundidades del punto cero. (De esta forma es posible ingresar redistribuciones arbitrarias de la presión de la tierra).

El punto valor-Cero, es decir el punto donde la presión total igual a cero es determinada por la siguiente expresión:

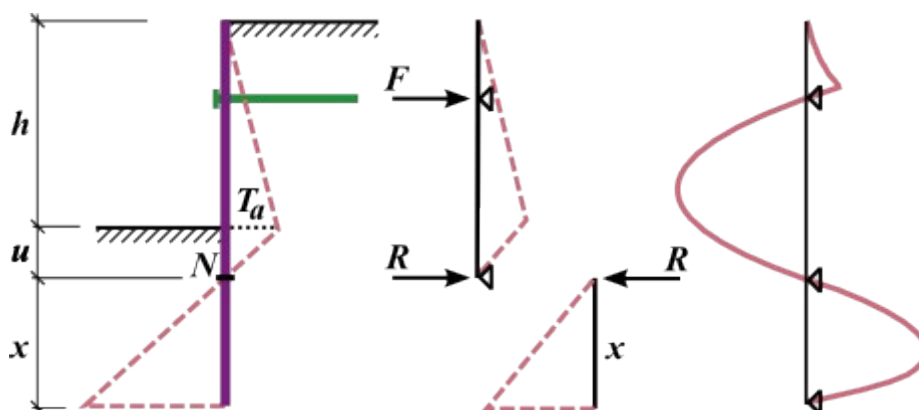
$$u = \frac{\sigma_a}{\gamma \cdot K}$$

Donde:

- u - profundidad del punto valor-cero
- σ_a - Magnitud de la presión activa detrás de la estructura en el fondo de la zanja
- K - Coeficiente de presión conjunta
- γ - Peso unitario del suelo por debajo del fondo de la zanja

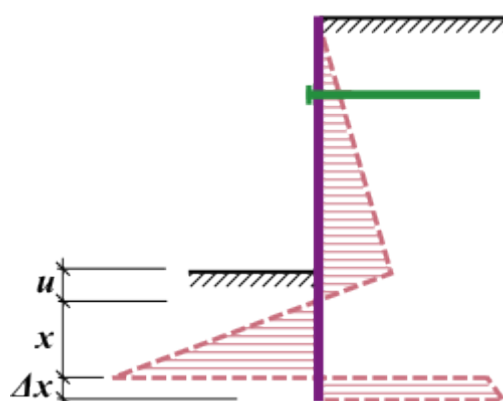
El análisis de la estructura fija al talón, supone que, el punto de carga cero N (en el fondo u) es idéntico al punto de momento cero. Para el análisis actual la estructura es dividida en dos

partes – Una parte superior arriba del punto valor-Cero y una a un punto más bajo.



Análisis de paredes ancladas fijas en el talón

La viga superior es analizada primero junto con la evaluación de las fuerzas ancladas F y la fuerza de reacción R al punto valor-Cero. Luego, la longitud x de la viga más baja se determina como que la condición del momento de equilibrio con respecto al talón es satisfecha. (La viga es cargada por la reacción R y por la diferencia de la presión de la tierra). Para satisfacer las fuerzas de corte de equilibrio el cálculo de la longitud de extremo fijo se extiende por el valor Δx como se muestra en la figure: Para satisfacer el equilibrio de a fuerza de corte.



Determinación de la extensión de la longitud del muro por Δx

Análisis de muros anclados simplemente apoyados sobre el talón

El muro anclado simplemente apoyado en el talón es analizado como una viga continua utilizando la variante de deformación del método de elementos finitos como para cumplir con la hipótesis de talón fijo en la tierra. El actual análisis es precedido por la determinación de carga debido a la **presión de la tierra** aplicada a la estructura. La presión que actúa en la parte trasera de la estructura se supone como **presión activa**, mientras que la frontal se supone como **presión pasiva**.

La presión pasiva puede reducirse con ayuda de los **coeficientes de reducción de presión pasiva**. Suponiendo que la magnitud actual de la presión pasiva de la tierra proporciona deformaciones de la estructura analizada, lo cual no puede ocurrir frecuentemente. La actual presión pasiva de la tierra puede alcanzar la presión pasiva de las paredes completamente deformadas (rotación aproximada 10 mRad – es decir la deformación de 10 mm por 1 m de la altura de la estructura). Por lo tanto, es razonable considerar reducir los valores de la presión

pasiva de la tierra configurando los valores de los “**Coefficientes de reducción de la presión pasiva**” a menos que o a igual que 1 (uno). Se recomiendan los siguientes valores:

- 0,67 reduce la deformación aprox. a la mitad
- 0,33 aprox. corresponde a una deformación de estructura del 20 % de la deformación original

El programa ofrece dos opciones para **determinar la presión activa**:

- El cálculo desde los parámetros de suelo, agua, sobrecarga, terrenos ingresados, incluyendo la **dimensión mínima de presión**.
- Ingreso de una distribución arbitraria de la presión de la tierra sobre las profundidades del punto cero. (De esta forma es posible ingresar redistribuciones arbitrarias de la presión de la tierra).

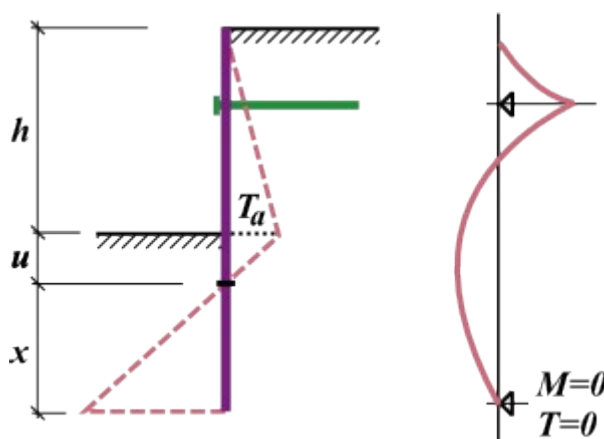
El punto valor-Cero, es decir el punto donde la presión total igual a cero es determinada por la siguiente expresión:

$$u = \frac{\sigma_a}{\gamma \cdot K}$$

Donde:

- u - profundidad del punto valor-cero
- σ_a - Magnitud de la presión activa detrás de la estructura en el fondo de la zanja
- K - Coeficiente de presión conjunta
- γ - Peso unitario del suelo por debajo del fondo de la zanja

Para una estructura de soporte se supone que el momento y la fuerza de corte son cero en el talón. El programa primero ubica el final de la estructura en el punto valor-cero, y luego busca la ubicación final del haz x , donde se cumple la condición (ver figura). El procedimiento de la solución para multiplicar muros anclados es idéntico.



Análisis de muros anclados simplemente soportado en el talón

Verificación de muros pantallas

El programa evalúa la estructura ingresada utilizando el **método de presiones dependiente** o usando el **método spring según JGJ 120-2012**. La carga aplicada a la estructura se deriva desde su deformación, la cual permite por modelo realista de su comportamiento y provee diseño de costo efectivo. El análisis de las correctas cuentas para el **proceso de**

construcción como una etapa individual de construcción progresiva de las paredes (**etapa de construcción**) incluye la evolución gradual de las deformaciones y postensión de anclaje. El Programa puede modelar cualquier tipo de **contención apuntalada**.

El uso de los métodos de presiones dependientes requiere determinación de los **módulos de reacción** del subsuelo, el cual se supone ya sea lineal o **no lineal**.

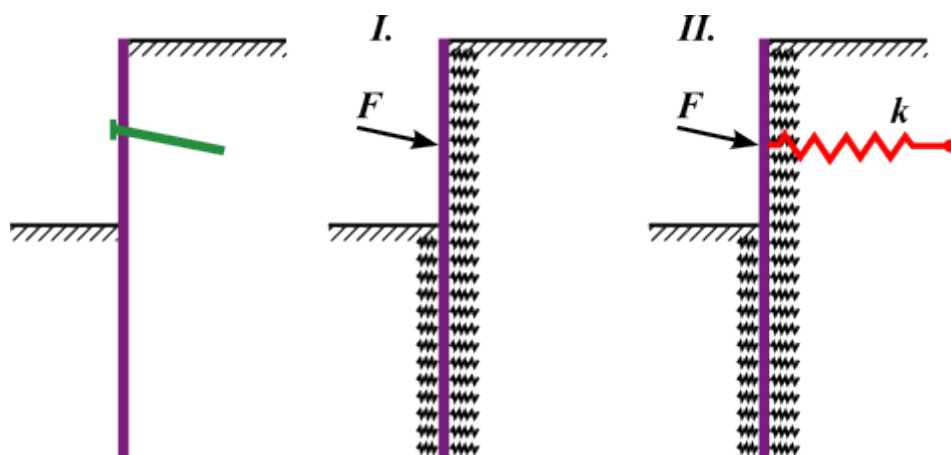
El programa incluso permite que el usuario **controle la estabilidad interna** del sistema de anclaje.

El actual análisis se realiza mediante variantes de deformación del método de elementos finitos. Desplazamientos, fuerzas internas y el modulo de reacción del subsuelo, son evaluados en los nodos individuales. Se asume el siguiente procedimiento para dividir la estructura en elementos finitos:

- Primero: el nodo es insertado en todos los puntos topológicos de la estructura (puntos de inicio y puntos de fin, puntos de locación de anclaje, puntos de suelo removido, puntos de parámetros de la sección transversal).
- Basada en la subdivisión seleccionada el programa calcula el resto de los nodos de tal forma que todos los elementos alcanzan aproximadamente el mismo tamaño.

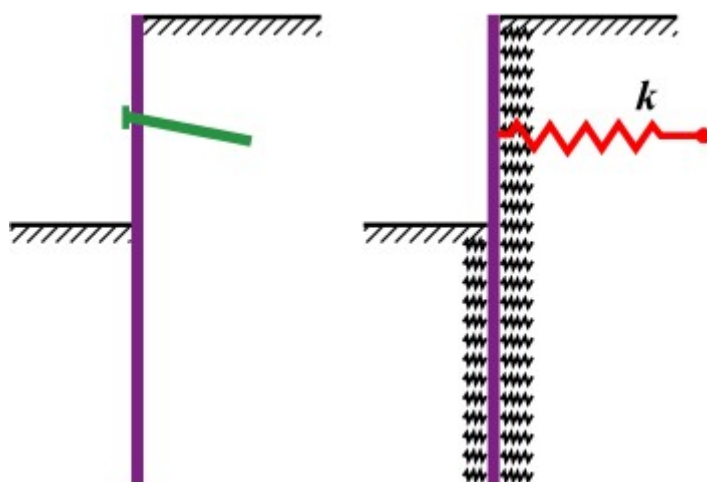
Un valor de reacción del modulo subsuelo se asigna a cada elemento – es considerado como el resorte del método Winkler del suelo elástico. **Soportes** son ubicados dentro de la **estructura deformada** – Luego entonces, cada soporte representa un desplazamiento forzado a la estructura.

En la etapa de construcción donde están introducidos, los **anclajes pretensados** son modelados como fuerzas (Variante I en la figura). En otras etapas de construcción, el anclaje son constante modelada de rigidez k (variante II en la figura) y fuerza.



Modelo de anclaje pretensado

Anclajes no pretensados Son modelados siempre como spring en todas las etapas de construcción. La fuerza en el anclaje se calcula a partir de la deformación de la estructura y la rigidez del anclaje:



Modelo de anclaje no pretensado

El cambio de la fuerza de anclaje debido a la deformación viene dada por:

$$\Delta F = \frac{k \cdot v \cdot \Delta w}{\cos \alpha}$$

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

Donde:

- v - Distancia horizontal entre anclajes
- Δw - Incremento de la deformación en el punto de aplicación del ancla
- E - Anclaje del módulo Young
- A - Área del anclaje de la sección transversal
- l - Longitud del ancla
- k - Rigidez del ancla
- α - inclinación del ancla

Bibliografía:

Hurych, P.: *Metoda zavislych tlaku. Sbornik konference "Automatizacia projektovania"*, Vysoke Tatry, 1978.

Tipos de anclajes

El programa permite ingresar **anclajes pretensados y no pretensados** y calcular su capacidad portante. Si no se requiere la verificación del anclaje, se puede seleccionar el tipo de anclaje como **"no especificado"**. En este caso, sólo ingresamos la información necesaria para el análisis de toda la estructura (geometría, rigidez).

entrada de anclaje - Sin verificación de capacidad portante

El programa permite ingresar y verificar tres tipos de anclajes:

- barras pretensada
- filamento
- helicoidal
- barras no pretensada
- deadman

Los anclajes pueden ser verificados para 3 tipos diferentes de **fallos**

- Fuerza del anclaje R_t (todos los tipos)
- Resistencia a la extracción (suelo) R_e (barras y strand)
- Resistencia a la extracción (lechado) R_c (barras pretensadas y filamento)

Entrada de anclaje - Verificación de capacidad portante

Barras pretensadas

La opción "**Barras pretensadas**" se selecciona como "**Tipo de anclaje**" en la lista desplegable del cuadro "**Nuevo anclaje**".

El anclaje de **barra pretensadas** requiere la entrada de:

- **Conjunto de producción** - definido por el usuario (el usuario ingresa los parámetros) o el anclaje del catálogo (VSL, DYWIDAG ...)
- **Ubicación de anclaje** - Profundidad, longitud, longitud de la raíz, pendiente.
- **Rigidez del anclaje** - diámetro del anclaje d_s o área del anclaje A , módulo de elasticidad E
- **Fuerza de pretensado**
- **Parámetros de verificación de anclaje** (Fuerza de anclaje, Resistencia de extracción (suelo), Resistencia de extracción (lechado))

Entrada de parámetros de anclajes

Bibliografía:

Anclajes implementados en el catálogo

- *VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure*
- *Dywidag- Systems International - Dywidag Bar Anchors, Dywidag Strand anchors - web brochures*

Anclaje Filamento

La opción "**Filamento**" se selecciona como "**Tipo de anclaje**" en la lista desplegable del cuadro "**Nuevo anclaje**".

El anclaje de **Filamento** requiere la entrada de:

- **Conjunto de producción** - definido por el usuario (el usuario ingresa los parámetros) o el anclaje del catálogo (VSL, DYWIDAG ...)
- **Ubicación de anclaje** - Profundidad, longitud, longitud de la raíz, pendiente.
- **Rigidez del anclaje** - diámetro del anclaje d_l o área del anclaje A_l , número de filamentos n , módulo de elasticidad E
- **Fuerza de pretensado**
- **Parámetros de verificación de anclaje** (Fuerza de anclaje, Resistencia de extracción (suelo), Resistencia de extracción (lechada))

Entrada de parámetros de anclajes

Bibliografía:

Anclajes implementados en el catálogo

- VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure
- Dywidag- Systems International - Dywidag Bar Anchors, Dywidag Strand anchors - web brochures

Anclaje Helicoidal

La opción "**Helicoidal**" se selecciona como "**Tipo de anclaje**" en la lista desplegable del cuadro "**Nuevo anclaje**".

El anclaje de **Helicoidal** requiere la entrada de:

- **Conjunto de producción** - definido por el usuario (el usuario ingresa los parámetros) o el anclaje del catálogo (Anclaje helicoidal, Mac Lean, Chance...). Los anclajes del catálogo están especificados por otros parámetros (**tipo de eje, número de hélice, grosor y material de la hélice**) - si la combinación seleccionada **no se fabrica**, el **nombre del anclaje está vacío** y la edición **no se puede terminar**.
- **Ubicación de anclaje** - Profundidad, longitud, pendiente.
- **Tipo de perfil del eje** - circular (tubo), cuadrado
- **Rigidez del anclaje** - módulo de elasticidad E
- **Parámetros de verificación de anclaje** (**Fuerza de anclaje**, Resistencia de extracción (suelo), se describe a continuación)

Entrada de parámetros de anclajes

Cálculo de la resistencia a la extracción del suelo:

Opción "Ingresar"

Esta opción es necesaria para los anclajes definidos por el usuario. Es necesario introducir el valor de resistencia a la extracción del suelo R_e [kN, lbf]. La tabla con dimensiones y ubicaciones de cada hélice es sólo para la visualización del anclaje y la comprobación de estabilidad interna.

Opción "Calcular"

Esta opción está disponible sólo para los anclajes del catálogo. Las dimensiones y ubicaciones de cada hélice son determinadas por el fabricante. La resistencia a la extracción del suelo se calcula según la siguiente fórmula:

$$R_e = \sum_{i=1}^n \min \left(R_{h,i} ; A_i \left(c N_c + \sigma_z N_q \right) \right)$$

Donde: n - número de hélices

$R_{h,i}$ - Capacidad portante máxima de la hélice, determinada por el fabricante

c - cohesión del suelo

σ_z - tensión geostático

N_c, N_q - Coeficientes de Meyerhof para la capacidad portante

A_i - El área de hélice

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna (para $\varphi = 0$ es $N_c = 2 + \pi$)

Bibliografía:

Anclajes implementados en el catálogo

- Helical Anchors, Inc. - Product Catalog
- MacLean-Dixie - Helical Foundation Systems - Engineering Reference Manual
- Chance - Civil Construction Product Catalog, Vol. I.

Barra no-pretensada

La opción "**Barra no-pretensada**" se selecciona como "**Tipo de anclaje**" en la lista desplegable del cuadro "**Nuevo anclaje**".

El anclaje de **Barra no-pretensada** requiere la entrada de:

- **Conjunto de producción** - definido por el usuario (el usuario ingresa los parámetros) o el anclaje del catálogo (VSL, DYWIDAG ...)
- **Ubicación de anclaje** - Profundidad, longitud, pendiente.
- **Rigidez del anclaje** - diámetro del anclaje d_s o área del anclaje A_s , módulo de elasticidad E
- **Parámetros de verificación de anclaje** (Fuerza de anclaje, Resistencia de extracción (suelo))

Entrada de parámetros de anclajes

Bibliografía:

Anclajes implementados en el catálogo

- VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure
- Minova Bohemia, s.r.o. - Injekční zavrtávací a kotevní tyče MAI SDA R a T, Technický list

Deadman

La opción "**Deadman**" se selecciona como "**Tipo de anclaje**" en la lista desplegable del cuadro "**Nuevo anclaje**".

El anclaje de **Deadman** requiere la entrada de:

- **Ubicación de anclaje** - Profundidad, longitud, pendiente.
- **Rigidez del anclaje** - diámetro del anclaje d_s o área del anclaje A , módulo de elasticidad E
- **Parámetros de verificación de anclaje** (**Fuerza de anclaje**, Resistencia de extracción a partir del suelo se describe debajo)

Entrada de parámetros Deadman

Análisis Deadman

El Deadman consiste en una barra con longitud especificada y elemento de anclaje.

La resistencia a la extracción del suelo es igual a la resistencia pasiva a lo largo de la altura del elemento de anclaje, que se reduce por el coeficiente k :

$$R_e = k \cdot 0,5 \cdot (2 \cdot z_B \cdot h_D - h_D^2) \cdot K_p \cdot \gamma$$

Para $h = 0$:

$$k = \frac{b_D}{b}$$

Para $h \geq b - b_D$:

$$k = \frac{3 b_D}{b}$$

Donde: h - Altura de la sobrecarga sobre el elemento de anclaje

- b_D - Ancho del elemento de anclaje
- b - Espaciamiento entre elementos de anclaje
- h_D - Altura del elemento de anclaje
- z_B - Profundidad del borde inferior del elemento de anclaje
- K_p - Coeficiente de la presión pasiva de la tierra
- γ - Peso unitario del suelo

El coeficiente k se interpola para los valores intermedios de h .

Cálculo de la sobrecarga sobre el elemento de anclaje:

$$h = z - \frac{h_D}{2}$$

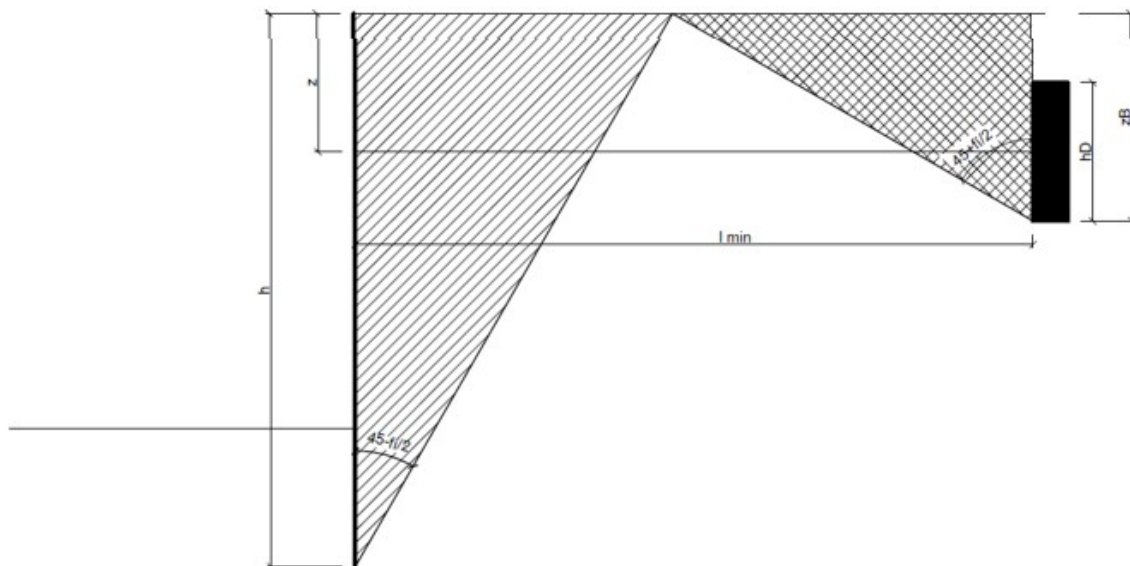
Donde: z - profundidad de deadman

The full pull out resistance is activated if active and passive earth wedges do not intersect.

La longitud mínima de la barra se calcula como:

$$l_{\min} = h \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) + z_B \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

En el caso de que la longitud de la barra l sea más corta que la longitud mínima de la barra l_{\min} , la presión pasiva se considera desde la intersección de las cuñas de tierra activa y pasiva.



El principio de determinar la longitud mínima para la barra tipo deadman

Fuerza de anclaje

El método de análisis se selecciona en la sección "**Resistencia a la tracción**".

Configuración del análisis de la fuerza de anclaje

Opción "calcular"

El cálculo es el mismo para todos los tipos de anclajes según la fórmula:

$$R_t = f_u A$$

Donde: f_u - Diseño de la fuerza del material

A - Área del eje del anclaje

Opción "Entrada"

Es necesario introducir el valor de la resistencia a la tracción R_t [kN, lbf]

En el caso de **anclajes de filamentos** es necesario ingresar el área de un filamento (opción "área de entrada" - el área total se calcula según la siguiente la fórmula:

$$A = A_1 n$$

Donde: A_1 - Área de un filamento

n - Número de filamentos

En el caso de que se introduzca el diámetro del filamento (opción "**entrada de diámetro**"), el área total se calcula según la fórmula:

$$A = \frac{\pi d_1^2}{4} n$$

Donde: d_s - Área de un filamento

n - Número de filamentos

Entrada de los parámetros del anclaje tipo filamento

Resistencia a la extracción (Suelo)

El método de análisis se selecciona en la sección "**Resistencia de extracción (suelo)**".

Configuración del análisis Resistencia a la extracción (Suelo)

Análisis para anclajes de barra pretensados, filamentos y barras no pretensadas
Opción "Calcular desde la tensión efectiva"

$$R_s = \pi d l_k \sigma_z \tan \varphi$$

Donde: d - Diámetro de la raíz

l_k - longitud de la raíz

- σ_z - tensión geostático
 φ - Ángulo de fricción interna del suelo

Opción "Calcular desde el rozamiento"

$$R_s = \pi d l_k f$$

- Donde: d - Diámetro de la raíz
 l_k - longitud de la raíz
 f - cizalla de la piel

Opción "Ingresar la capacidad portante por unidad de longitud"

$$R_s = R_{s,bm} l_k$$

- Donde: $R_{s,bm}$ - Resistencia a la extracción desde el suelo por unidad
 l_k - longitud de la raíz

Opción "Ingresar"

Se introduce el valor total de la resistencia de extracción (suelo) R_e [kN, lbf]

Resistencia a la extracción (lechada)

El método de análisis se selecciona en la sección "Resistencia a la extracción (lechada)".

Configuración del análisis Resistencia a la extracción (Lechada)

Esta capacidad portante determina una resistencia de extracción desde la raíz y se calcula de la misma forma para anclajes de barra y de filamentos pretensados.

$$R_e = \pi d_s l_k \tau$$

Opción "Calcular desde la resistencia al corte"

- Donde: d_s (d_l) - Diámetro de la barra de anclaje (Diámetro del filamento correspondiente al área del filamento)
 l_k - Longitud de la raíz
 τ - Resistencia al corte entre la barra de anclaje y la lechada

Opción "Calcular desde fuerza del hormigón"

Es el mismo análisis que en el caso anterior, la resistencia al corte τ se calcula a partir de los parámetros del hormigón según las diferentes normas:

- EN 1992-1-1 (EC2)

$$\tau = 1,2 \eta_1 f_{ctd}$$

Donde: η_1 - Coeficiente de cohesión (1,0 para buenas condiciones de cohesión, 0,7 en otros casos)

f_{ctd} - Fuerza de hormigón en tensión - obtenido desde f_{ck} por las fórmulas ; \leq C60/75 value

- ACI 318-11

$$\tau = 3,3 \sqrt{f_c'} \\ \tau \leq 100 \text{ psi (cca } 0,689 \text{ kPa)}$$

Donde: f_c' - Fuerza de hormigón en compresión

- GB 50010-2010

$$\tau = \alpha f_t$$

Donde: α - Coeficiente de tipo de refuerzo

1,47 - 7-filamento

1,56 - 3-filamento

1,79 - Barra de refuerzo simple

1,92 - Alambre de acero acanalado

f_t - Fuerza de hormigón en tensión

Opción "Ingresar capacidad portante por unidad de longitud "

$$R_c = R_{c,bm} l_k$$

Donde: $R_{c,bm}$ - resistencia a la extracción [kN/bm , lbf/ft] desde el lechado por unidad de longitud

l_k - longitud de la raíz

Opción "Ingresar"

Se introduce el valor de la resistencia de extracción (Lechado) R_c [kN , lbf]

Método de presión dependiente

El supuesto básico método es que el suelo o roca en las proximidades de la pared, se comporte idealmente como material plástico-elástico de Winkler. Este material es determinado por los **módulos de reacción del subsuelo** k_h , que caracteriza la deformación en la región elástica y por el aumento de los límites de las deformaciones. Cuando se excede estas deformaciones, el material se comporta como idealmente plástico.

Se utilizan los siguientes supuestos:

- La **presión que actúa** sobre la pared puede alcanzar un valor arbitrario entre presión **activa** y presión **pasiva** - Pero no pueden estar fuera de estos dos valores.
- La **presión en reposo** actúa sobre la estructura no deformada ($w = 0$).

La presión que actúa en la estructura deformada viene dada por:

$$\sigma = \sigma_r - k_h \cdot w$$

$\sigma = \sigma_a$ para: $\sigma < \sigma_a$

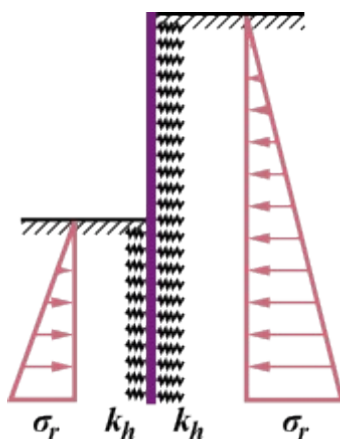
$\sigma = \sigma_p$ para: $\sigma > \sigma_p$

Donde:

σ_r	-	Presión en reposo
k_h	-	Módulo de reacción del subsuelo
w	-	Deformación de la estructura
σ_a	-	Presión activa de la tierra
σ_p	-	Presión pasiva de la tierra

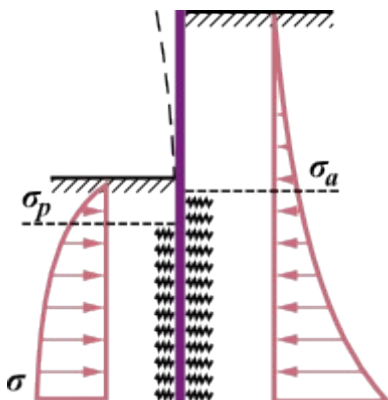
El procedimiento de cálculo es el siguiente:

- El modulo del reacción de subsuelo k_h es asignado a todos los elemento y se carga la estructura por la presión en reposo (ver figura).



Esquema de la estructura antes de la primera iteración

- El análisis se lleva a cabo y las condiciones admisibles para la magnitud de las presiones que actúan sobre la pared están controladas. En la ocasión de que estas condiciones sean violadas el programa asigna el valor de $k_h = 0$ y la pared se carga de presión activa o pasiva de la tierra, respectivamente. (ver figura).



Esquema de la estructura durante el proceso de iteración

La siguiente iteración continúa hasta que se satisfacen todas las condiciones. En el análisis de las fases posteriores de construcción el programa da cuenta de la deformación plástica de la

pared. Esta es también la razón para especificar distintas **etapas de construcción** que cumplan con el proceso de construcción.

Literature:

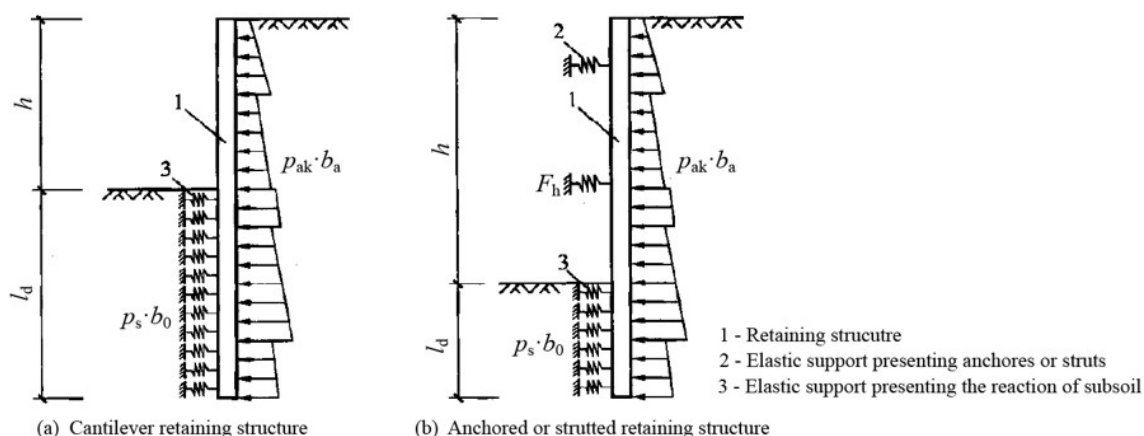
Bartak, J.: Progresivni postupy navrhovani pazenych stavebnich jam. VUT Brno, 1991.

Hurych, P.: Metoda zavislych tlaku. Sbornik konference "Automatizacia projektovania", Vysoke Tatry, 1978.

Método Spring segun JGJ 120-2012

This method is used for analysis of **sheeting structures** and it is based on the **Chinese standard JGJ 120-2012** (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations). In principle, this theory is similar to calculation according to the **method of dependent pressures**, the difference is in consideration of **earth pressures**. The following figure shows that **behind the wall** (outside of the foundation pit) acts **active earth pressure** p_a or **earth pressure at rest** p_0 (it's defined in the "Settings" frame).

In front of the wall there are considered springs (defined by using the **modulus of subsoil reaction**), which models reaction of the soil in a horizontal direction. In case of the attainment of ultimate pressures a limiting of the size of springs is the same as for **method of dependent pressures**.



Principle of spring method according to JGJ 120-2012 for solution of sheeting structures - (a) non-anchored structure, (b) anchored or strutted structure

Literature:

JGJ 120-2012 (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations).

Módulos de reacción del subsuelo

Las siguientes opciones se permiten ingresar en los módulos de reacción del subsuelo.

- **En la forma de distribución:** (la entrada de distribución de los módulos de reacción del subsuelo en la parte frontal y la parte trasera de la estructura son ingresados)
- Como **parámetros del suelo** con sus valores respectivos. (incluso lineal o **no lineal-curva**)
- **Según Schmitt**

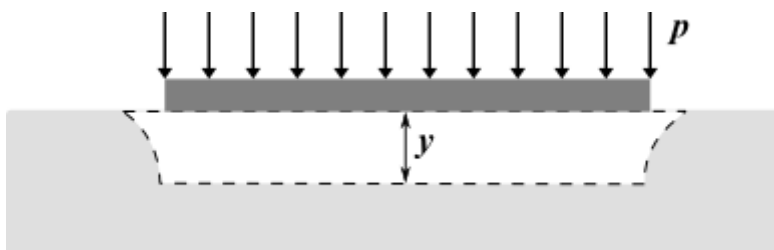
- Según CUR166
- Según Chadeisson
- Iteración utilizando características de deformas de suelo
- Resultados de entrada de prueba presiométricas (según NF P 94-282, según Menard)
- Resultados de entrada de prueba dilatómétrica (DMT)
- Según estándares chinos ("c", "k" o "m" método)

El módulo de reacción horizontal de un cuerpo del suelo, generalmente corresponde a una constante de rigidez en el modelo Winkler describiendo la relación entre la carga aplicada a una placa rígida y la resultante del suelo deformado, en la forma:

$$p = k \cdot y$$

Donde:

- p - Carga que actúa a lo largo de la interfaz de suelo-pendiente
- k - Rigidez de resorte de Winkler
- y - Traslado de la pendiente dentro del suelo



Definición de los módulos de la reacción del subsuelo

Módulos de reacción del subsuelo según Schmitt

Este análisis muestra la relación entre el módulo de reacción del subsuelo construido entre la relación del módulo edométrico y la resistencia a la flexión de la estructura dada por Schmitt en Revue Francaise de Géotechnique n°71 and 74:

$$k_h = 2,1 \left(\frac{E_{oed}^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right)$$

Donde:

- $E \cdot I$ - Resistencia a la flexión de la estructura [MNm^2/m]
- E_{oed} - Módulo edométrico [MPa]

Este método no está disponible para las estructuras de **tablestacas plástico**.

Bibliografía:

Schmitt. P.(1995). "Estimating the coefficient of subgrade reaction for diaphragm wall and sheet pile wall design", in French. Revue Française de Géotechnique, N. 71, 2° trimestre 1995, 3-10

Módulos de reacción del subsuelo según Chadeisson

Basándose en las mediciones de los revestimientos de estructuras en diferentes suelos y

calculando un desplazamiento en estructura necesario para movilizar el valor límite de la presión pasiva R. Chadeisson (1961) y A. Monnet (1994) derivados por la expresión para determinar del **módulo de reacción del suelo** de la siguiente forma:

$$k_h = \left[20 E I \left(\frac{K_p \gamma \left(1 - \frac{K_0}{K_p} \right)}{0,015} \right)^4 \right]^{\frac{1}{5}} + A_p c' \frac{\operatorname{tgh} \left(\frac{c'}{30} \right)}{0,015}$$

- Donde:
- $E \cdot I$ - Resistencia a la flexión de la estructura [kNm^2/m]
 - γ - Peso unitario del suelo [kN/m^3]
 - K_p - Coeficiente del suelo de presión pasiva de la tierra [-]
 - K_0 - Coeficiente del suelo de presión en reposo de la tierra [-]
 - c' - Cohesión efectiva del suelo [kPa]
 - A_p - Coeficiente de la influencia de la cohesión (1 - 15) [-]

Bibliografía:

Chadeisson, R. (1961) *Parois continues moulées dans le sols. Proceedings of the 5th European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2. Dunod, Paris, 563-568*".

K. J. Bakker, A. Bezuijen, W. Broere, E. A. Kwast: *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proceedings of the 5th International Symposium TC28. Amsterdam, the Netherlands, 15-17 June 2005. CRC Press, 2013, pp. 616, ISBN: 0415889138, 9780415889131.*

Monnet, A.: *Module de réaction, coefficient de décompression, au sujet des paramètres utilisés dans la méthode de calcul élastoplastique, Revue française de Géotechnique, 65, 1994, pp. 67 - 72.*

Mitew, M.: *Numerical analysis of displacements of a diaphragm wall. Warsaw University of Technology, Poland.*

N. M. ILIEȘ, T. A. HULPUȘ, A. POPA: *Design of Anchored Walls: The Influence of Design Approaches and Design Methods. Technical University of Cluj Napoca, Faculty of Civil Engineering, Romania, 2010.*

Módulos de la reacción del subsuelo según CUR 166

La siguiente tabla de valores del **modulo reacción de subsuelo** deriva de las medidas experimentales tomadas en cuenta en Holanda (descriptas in CUR 166). La tabla ofrece módulos secantes, los cuales están en el programa directamente transformados en módulos secantes de la reacción del subsuelo. Ver – **módulos de reacción del subsuelo no lineal**.

	$k_{h,1} [kN/m^3]$ $p_0 < p_h < 0,5 p_{pas}$	$k_{h,2} [kN/m^3]$ $0,5 p_{pas} \leq p_h \leq 0,8 p_{pas}$	$k_{h,3} [kN/m^3]$ $0,8 p_{pas} \leq p_h \leq 1,0 p_{pas}$
Arena	12000 - 27000	6000 - 13500	3000 - 6750
suelta	20000 - 45000	10000 - 22500	5000 - 11250
densidad media	40000 - 90000	20000 - 45000	10000 - 22500
denso			
Arcilla	2000 - 4500	800 - 1800	500 - 1125
suave	4000 - 9000	2000 - 4500	800 - 1800
rígida	6000 - 13500	4000 - 9000	2000 - 4500
muy rígida			
Turba	1000 - 2250	500 - 1125	250 - 560
suave	2000 - 4500	800 - 1800	500 - 1125
rígida			

Donde: p_0 - Valor de la presión del poro en reposo en kN/m^2

p_{pas} - Presión de poro pasiva en kN/m^2

p_h - Presión horizontal en kN/m^2 que corresponde a un determinado desplazamiento de la estructura

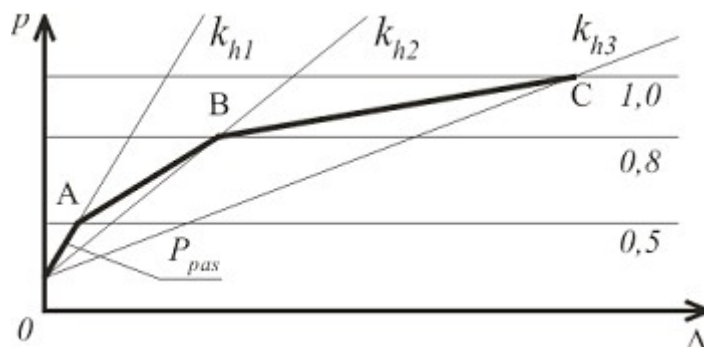


Diagrama de determinación de los módulos de reacción de subsuelo

Bibliografía:

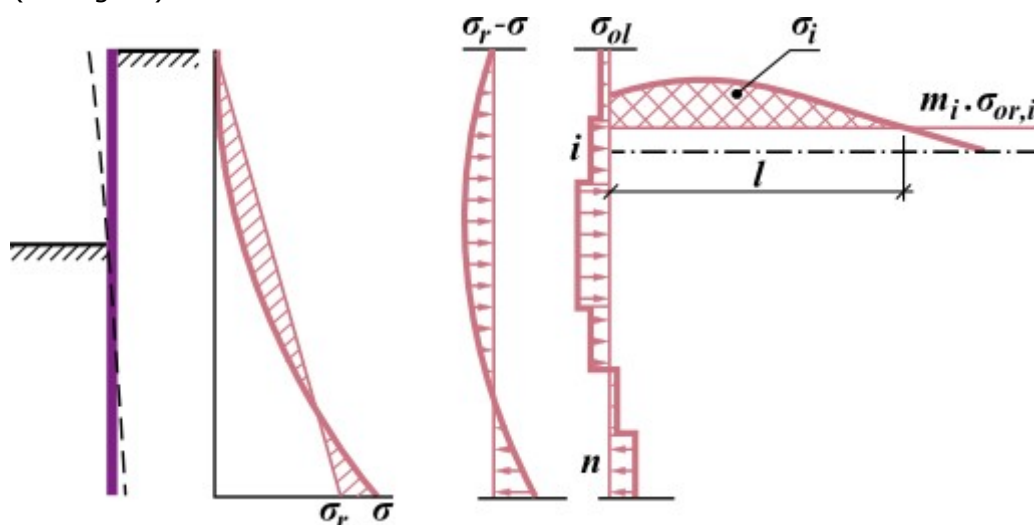
CUR 166 Damwandconstructies, available at Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving: P.O.Box 420, 2800 AK Gouda (NL)

Módulos de reacción del subsuelo derivado de iteraciones

El programa permite el cálculo automático de los **módulos de reacción del subsuelo** desde las características de deformación del suelo por procesos de iteración. El procedimiento de construcción se basa en el supuesto de que la deformación de la elasticidad del subespacio caracterizado por el **módulo de deformación** $E_{def} [MPa]$ cuando cambia el estado de tensión

asociado con el cambio de la presión de la tierra es lo mismo que la deformación de la pared subterránea.

El objetivo sin embargo, es encontrar los valores de k_h [MN/m^3] para que la continuidad de la deformación de la pared y el suelo adyacente se mantengan. **Las deformaciones plásticas de la estructura no se consideran** cuando se realiza el análisis con k_h **iteraciones manuales**. Mientras el modulo k_h cuando se considera la **iteración automática de la deformación plástica de la estructura** Este enfoque es esquemáticamente despejado por cálculo de los módulos de reacción de subsuelo en i^{th} segmentos de una pared libre de anclajes. (ver figura).



Determinación de los módulos de reacción del subsuelo en el segmento i^{th}

Por el cambio de tensión $\sigma_r - \sigma$ el programa determina cargas uniformes σ_{ol} [MPa] de distintos segmentos de la estructura. Luego, se calcula el cambio general de la tensión pasada al segmento i^{th} ($\bar{\sigma}_{il}$ [$MPa \cdot m$]). El cambio es causado por carga adicional del cuerpo del suelo debido a los segmentos 1 to n ($\sigma_{ol,1} - \sigma_{ol,n}$). El cambio general del cambio de tensión $\Delta\sigma_i$ se reduce por la fuerza de la estructura $m_i \cdot \sigma_{or,i}$ [MPa]. El nuevo valor de la constante de rigidez sigue la siguiente forma:

$$k_{n,i} = \frac{E_{def,i} \cdot \sigma_{ol,i}}{\bar{\sigma}_{il}}$$

Donde: E_{def} - Modulo de deformación del subespacio elástico

σ_{ol} - Carga uniforme aplicada a los segmentos de la estructura

$\bar{\sigma}_{il}$ - Cambios generales de la tensión detrás de i^{th} segmentos de la estructura

El cambio de la tensión dentro del cuerpo del suelo es determinado según **Boussinesque**. Ingresando nuevos valores de k directamente dentro del nuevo cálculo causará una iteración inestable, por lo tanto, el valor de k que se introduce en el nuevo análisis de muros es determinado desde el valor original de k_p y el nuevo valor de k_n de los módulos de reacción del subsuelo.

$$k = k_p + 0,25 \cdot (k_n - k_p)$$

Donde: k_p - Valor original del modulo de reacción de subsuelo

k_n - Nuevo valor de modulo de reacción del subsuelo

Modulo máximo de reacción del subsuelo de la i^{th} capa limita con el valor:

$$k_{max,ip} = 10 \cdot E_{def,i}$$

Donde: $E_{def,i}$ - Modulo de deformación de la i^{th} capa

El proceso de iteración utilizado cuando calculamos el modulo de reacción del subsuelo es el siguiente:

- 1) Determina la matriz de valores de influencia para obtener valores de cambio de tensión en la profundidad del cuerpo del suelo que pasa por i^{th} segmentos de la estructura debido a la sobrecarga causada por el cambio de tensión en otros segmentos.
- 2) Se ingresa la primera aproximación de los módulos k_h en la parte frontal del muro - se supone una distribución triangular de valores en el talón del muro $k_h = 10 \text{ MN/m}^3$.
- 3) Se realiza el análisis del muro (muro pantalla).
- 4) Se calculan nuevos valores de k_h y se determinan nuevos valores para el próximo análisis.
- 5) El cuadro de diálogo para controlar las iteraciones aparecen y el programa se reanuda hasta el siguiente comando. Si la siguiente iteración n es seleccionada, el paso **3** y **4** se repiten n veces hasta llegar nuevamente al paso **5**. El análisis finaliza en el cuadro de diálogo presionando el botón "**Stop**".

El **proceso iterativo es controlado** por el usuario - quien tiene que decidir si los resultados tienen sentido. **Proceso iterativo automático** se realiza sin ingresar nuevas iteraciones para el cálculo del módulo. k_h .

Bibliografía:

Bartak J.: *Progresivni postupy navrhovani pazenych stavebnich jam*, VUT Brno, 1991.

Módulos de reacción del subsuelo según Menard

Basándose en los resultados de las medidas experimentales (**presiometro**) el suelo, respuesta cargada por revestimientos rígidos de Menard derivadas de las siguientes expresiones para **módulos de reacción del suelo**:

$$k_h = \frac{E_M}{\frac{\alpha \cdot a}{2} + 0,133 \cdot (9 \cdot a)^\alpha}$$

Donde: E_M - **Módulo presiométrico (Menard)**, de ser necesario puede ser sustituido por el módulo de tierra edométrico [MPa]

a - La característica de longitud depende de la profundidad de fondo fijo de la estructura, según Menard se supone una profundidad de 2/3 veces la longitud del fondo fijo de la estructura debajo de la profundidad final la zanja laminada

α - coeficiente recológico del suelo

Valores aproximados de coeficientes reológicos del suelo α :

	Arcilla	Limo	Arena	Grava
Sobre - consolidado	1	2/3	1/2	1/3
Normalmente consolidada	2/3	1/2	1/3	1/4
No consolidada	1/2	1/2	1/3	1/4

Bibliografía:

Menard L., 1975, "The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design", Sols-Soils, No. 26, Paris, France.

Módulo de reacción del subsuelo según NF P 94-282

El Módulo de reacción del subsuelo k_h según **NF P94-282:2009-03** depende de la rigidez de la **estructura pantalla** de $E_{str} * I_{str}$ y del **módulo presiométrico (Menard)** E_M . El módulo de reacción del subsuelo está dada por la siguiente fórmula:

$$k_h = 2 \left(\frac{\left(\frac{E_M}{\alpha} \right)^{4/3}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0} \right)^{1/3}} \right) = 2 \left(\frac{\left(\frac{E_M}{\alpha} \right)^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right)$$

$$EI = \frac{E_{str} I_{str}}{B_0} = [MNm^2 / m]$$

- Donde: k_h - **módulo de reacción del subsuelo** $[MN/m^3]$
- E_M - **módulo presiométrico** según Menard $[MPa]$
- α - coeficiente empírico dependiendo del tipo de suelo, o el tipo de roca [-]
- $E_{str} I_{str}$ - rigidez a la flexión de la estructura pantalla $[MNm^2]$
- B_0 - Longitud característica (unidad) de la estructura pantalla $[1 \text{ } m]$
- E - módulo de elasticidad del material de la estructura pantalla $[MPa]$
- I - momentto de inercia $[m^4/m]$

Valores aproximados del coeficiente empírico α [-] para varios tipos de suelos

Tipo de suelo	Turba	Arcilla		Limo		Arena		Gravel	
	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α
Sobreconsolidados	-	> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
Normalmente consolidados	1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	7 - 12	1/3	6 - 10	1/4
No-consolidados	-	7 - 9	1/2	5 - 8	1-2	5 - 7	1-3	-	-

Valores aproximados del coeficiente empírico $\alpha[-]$ de varios tipos de rocas (según el grado de violación)

Tipo de roca	$\alpha [-]$
Intacto, fuerte	2/3
Un poco deteriorado, protegidas de la intemperie	1/2
Muy pobre, resistido	1/3
Metamórfico	2/3

Bibliografía:

NF P94-282: March 2009, pp. 142 – 146.

Módulo de reacción del subsuelo especificado por la prueba dilatométrica (DMT)

El módulo de reacción del subsuelo $k_h [MN/m^3]$ se determina por la siguiente fórmula:

$$k_h = \frac{M_{DMT}}{B}$$

Donde: k_h - módulo de reacción del subsuelo $[MN/m^3]$

M_{DMT} - módulo de suelo restringido obtenido de DMT $[MPa]$

B - longitud característica de la estructura pantalla (coeficiente de reducción) $[1\text{ m}]$

Los valores de coeficiente B dependen de la profundidad de la zanja $H[m]$ y el módulo del suelo restringido $M_{DMT}[MPa]$ se muestra en la siguiente figura.

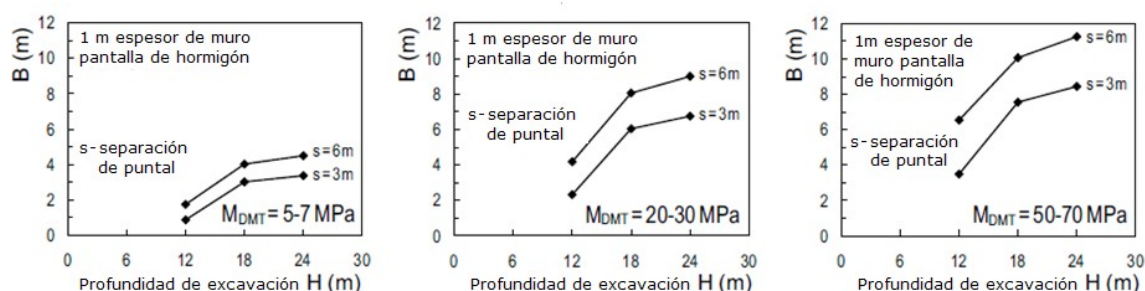


Gráfico para determinarel coeficiente B (fuente: [2], Figura 7, pp. 999)

Bibliografía:

Monaco, P. and Marchetti, S.: *Evaluation of the coefficient of subgrade reaction for design of multi-propped diaphragm walls from DMT moduli*. Millpress, Rotterdam, 2004, pp. 993 – 1002, ISBN 90 5966 009 9.

Módulo de reacción del subsuelo segun estándares Chinos

El cálculo del **módulo de reacción del subsuelo** segun los **estándares Chinos** se basa en el estándar **JGJ 120-2012** (Especificación técnica para la retención y protección de excavaciones de cimientos de edificios) para el **método "m"**.

Para el **método "m" method**, el Módulo de reacción del subsuel k_h está dado por la siguiente formula:

$$k_h = m(z - h)$$

- Donde: m - Coeficiente proporcional de módulo de reacción del subsuelo [kN/m^4]
 z - Profundidad del punto de cálculo desde el suelo original [m]
 h - Profundidad del punto de cálculo desde el fondo de la zanja en la **etapa de construcción** actual [m]

De la fórmula anterior es obvio que el cálculo del módulo k_h es lineal con la profundidad de punto durante el análisis.

El **Coeficiente proporcional** m debe determinarse a partir de la prueba de pilotes con carga horizontal. Si no hay datos de prueba, el estándar chino **JGJ 120-2012** sugiere una fórmula empírica para estimar este coeficiente:

$$m = \frac{0.2 \varphi^2 - \varphi + c}{v_b}$$

- Donde: c - cohesión del suelo (resistencia al corte) [kPa]
 φ - Ángulo de fricción interna del suelo [$^\circ$]
 v_b - Desplazamiento horizontal de la **estructura pantalla** en el fondo de la zanja [mm]; donde el desplazamiento es menor a 10 mm, luego $v_b = 10 \text{ mm}$

Otros métodos (**método "c" y método "k"**) no se publican en la norma **JGJ 120-2012**, pero se basan en la experiencia práctica y se usan profusamente en China. Entonces el módulo de la reacción del subsuelo k_h viene dado por la siguiente fórmula:

$$k_h = a (z - h)^n$$

Si el exponente $n = 0,5$, es el método "c" y $a = c \text{ (kN/m}^{3.5}\text{)}$.

Si el exponente $n = 0$, es el método "k" y, $a = K \text{ (kN/m}^3\text{)}$.

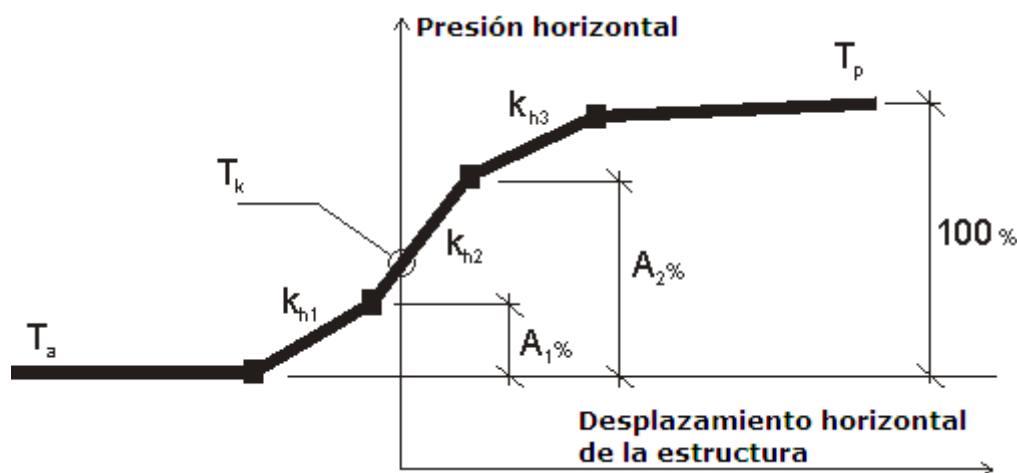
Es obvio que para el método "m" $n = 1$.

Bibliografía:

JGJ 120-2012 (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations).

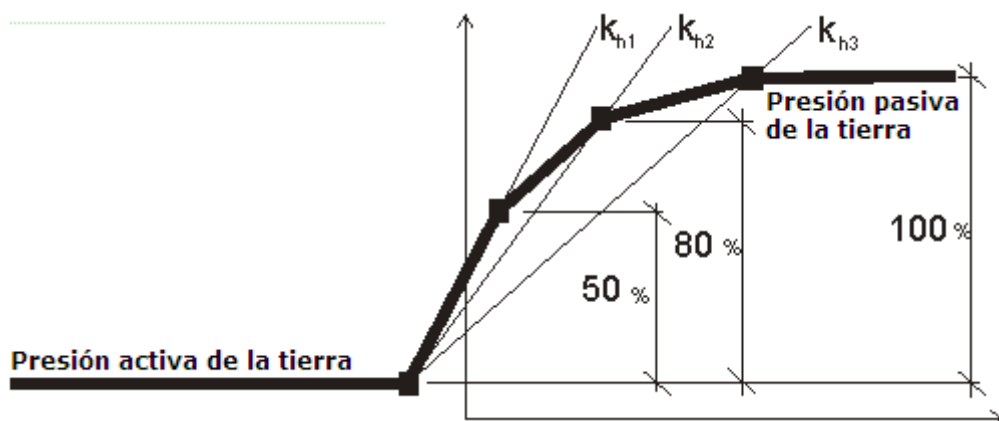
Módulo no linear de la reacción del suelo.

El modelo no lineal describe dependencias de los módulos de reacción del subsuelo k_h - Es decir, cambio de k_h entre el umbral de valores correspondiente al fracaso debido a la presión pasiva de la tierra T_p y la presión activa de la tierra T_a - (ver figura) (los módulos de la reacción del suelo están dados por la pendiente de la curva; por presión de poro en reposo actuando en la estructura es posible considerar el valor k_{h1}). Este modelo incluso se tiene en cuenta para soporte de resortes y desviaciones forzadas de la estructura, diversas condiciones de frontera, aplicación de estructuras y anclajes, etc.



Modelo de interacción para determinar k_h

Los valores del módulo de reacción de subsuelo puede ser derivado posteriormente a partir de los valores del módulo secante de reacción de subsuelo (CUR 166) - ver figura:



Modelo de interacción para determinar k_h - CUR 166

Muro Berlínés (Tirantes)

Cuando se **analiza** contención apuntalada (**pantalla de pilote, sección de acero I o la entrada del usuario de A, I, E, G**) se adopta el siguiente enfoque para determinar la **presión de tierras**:

Arriba de la profundidad de la zanja la presión se determina con respecto a 1m ejecutado a lo ancho de la estructura. Debajo de lo más profundo de la zanja la presión de la tierra se multiplica por el coeficiente de reducción k (El "**Coeficiente de reducción de presión debajo de la profundidad de la zanja**" – Este coeficiente puede ser ingresado en el marco "**Geometría**" como un parámetro de la sección de la estructura) – o **calculado de forma automática**.

Si "**el descenso del suelo**" por encima de la zanja (cuadro "**Excavación**") es introducido, entonces la presión dentro de esta sección se calcula con respecto a todo el ancho de la pared. ($k = 1$).

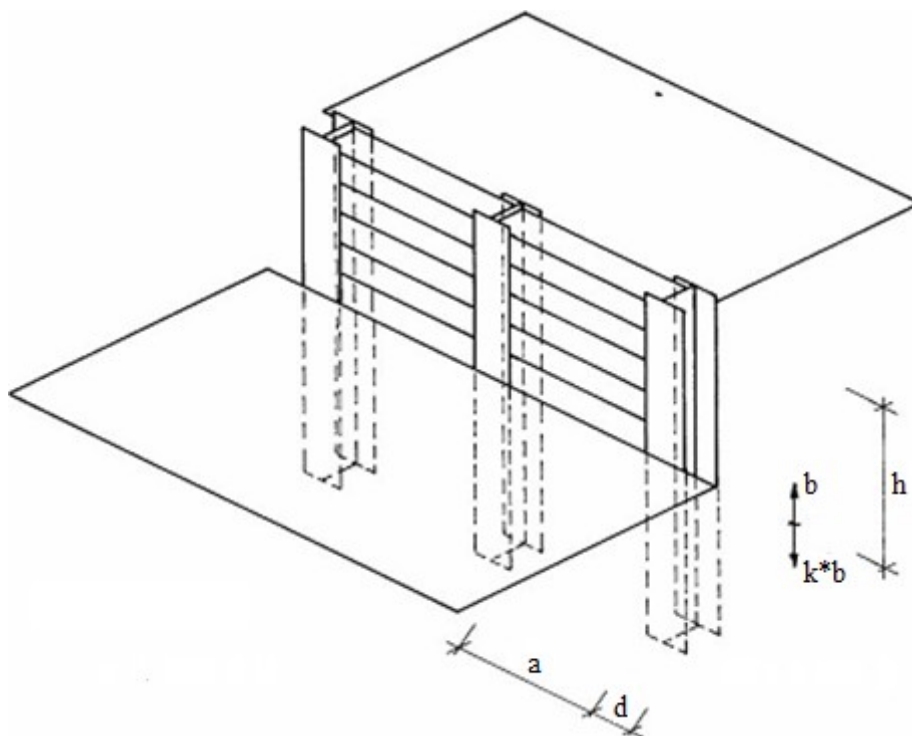
El **coeficiente de reducción de presión por debajo de fondo de la zanja** k puede ser aproximadamente determinado (por diseño conservador) de acuerdo a:

$$k = \frac{d}{d + a}$$

Donde:

- a - Espacio longitudinal de vigas soldadas, o espacio entre pilotes
- d - Anchura de las vigas soldadas, o diámetro del pilote

El valor real del coeficiente k también depende del tipo de suelo y del espacio efecto de la **presión de la tierra**. Los valores reales de este coeficiente (sobre la base de experimentos) **son dos o tres veces** mayor que los valores calculados con la ayuda de la fórmula anterior.

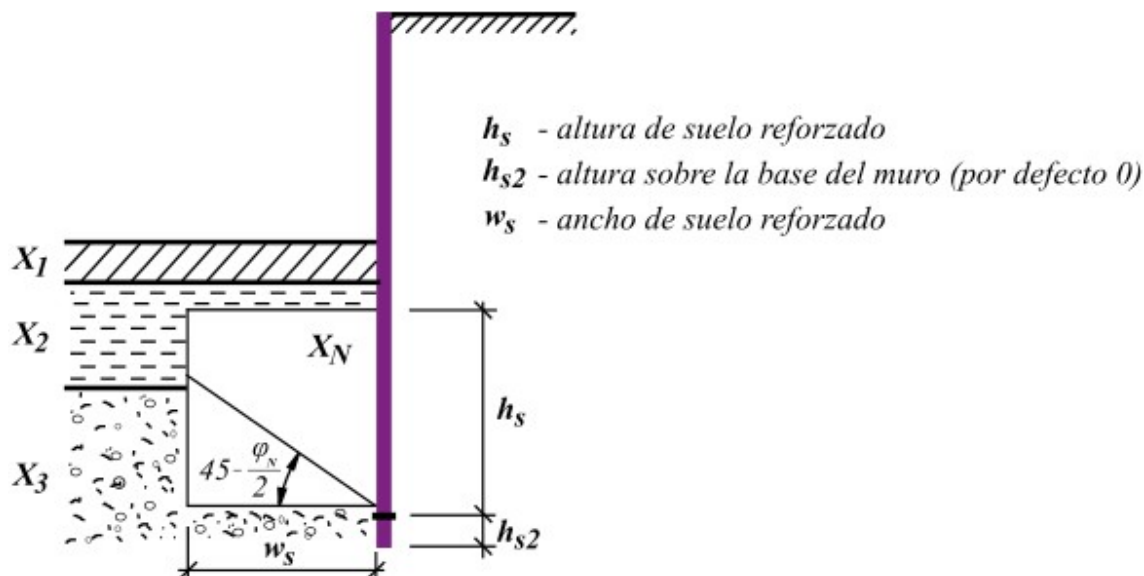


Contención apuntalada - Vista esquemática de la estructura de retención

Fortalecimiento del suelo

El programa puede modelar el fortalecimiento del suelo en el talón de la **estructura pantalla**. El fortalecimiento del suelo se realiza después de la instalación de pilotes, o muros que están cementados en la base del muro. Los parámetros decisivos son la **altura del suelo fortalecido** h_s , o el ancho del suelo fortalecido w_s y los parámetros del suelo fortalecidos (ϕ , c).

El principio de la solución se muestra en la figura.



Fortalecimiento del suelo en la base de la estructura pantalla - presentación gráfica del principio de la solución

El principio de cálculo para el fortalecimiento del suelo en la base de la estructura pantalla se describe en este documento:

$$\mu = \text{Min} \left(\frac{w_s \tan \left(45 - \frac{\phi_N}{2} \right)}{h}; 1 \right)$$

$$X_i = X_{oi}(1 - \mu) + \mu X_N$$

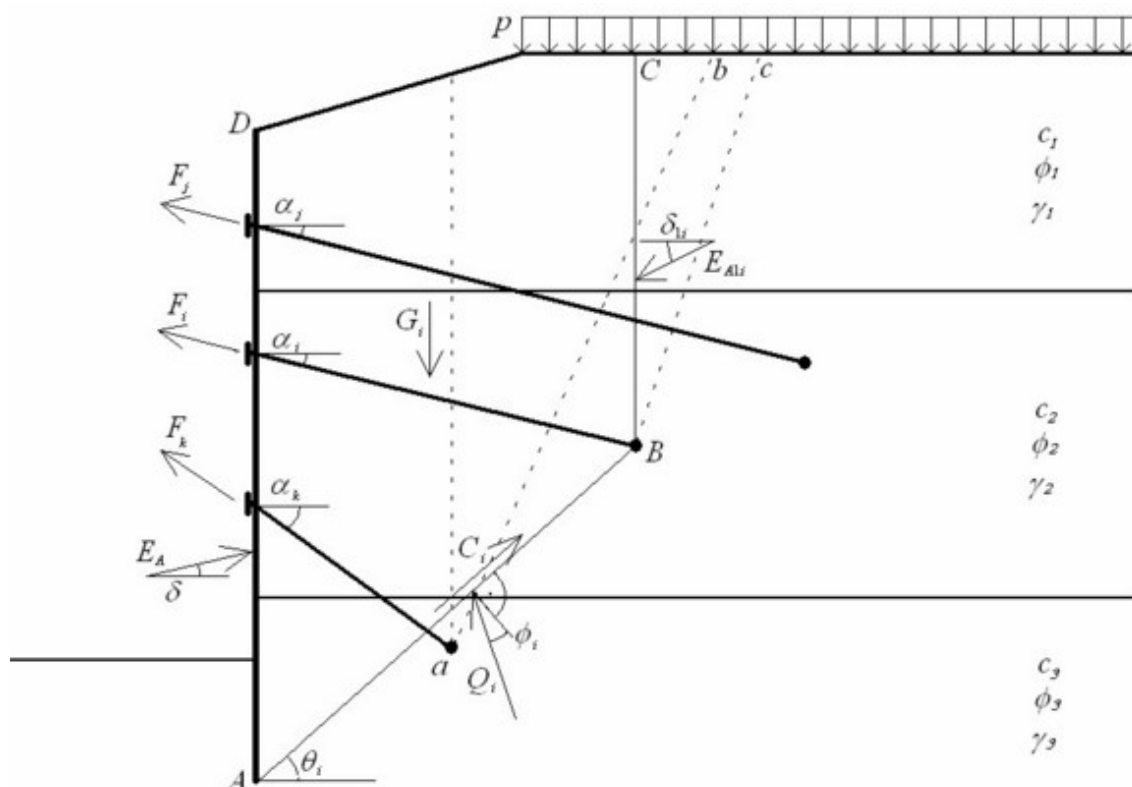
Donde:	N	- Nueva capa de suelo fortalecido
	μ	- coeficiente (parametro auxiliar)
	X_i	- parametro arbitrario en la capa del suelo i^{th}
	X_{oi}	- parametro original en la capa de suelo i^{th}
	X_N	- nuevo parametro de suelo fortalecido
	w_s	- ancho del suelo fortalecido [m]
	h_s	- altura del suelo fortalecido [m]

Verificación de la estabilidad interna de la estructura

La estabilidad interna de un sistema de anclaje de revestimientos es determinada por cada capa independientemente. La verificación del análisis determina la fuerza de anclaje, que equilibra el sistema de fuerzas que actúan en el bloque del suelo. El bloque se describe por revestimientos, terrenos, líneas, conexiones de talones de revestimientos con raíces ancladas y por líneas verticales que atraviesan el centro de las raíces ancladas y el terreno.

La base teórica de la construcción de un muro pantalla es el punto donde la suma de fuerzas horizontales debajo de la parte inferior de la fosa de la construcción es igual a cero. Si este punto se encuentra bajo el pie del muro pantalla, el punto teórico es la base de esta pared.

El análisis se realiza por un metro corrido de estructuras pantalla. Las fuerzas de anclaje son por lo tanto calculadas con respecto a este espacio en cada capa.



Análisis de estabilidad interna

El esquema de verificación de la capa de anclaje i^{th} se muestra en la figura. Se determina el equilibrio de fuerza para el bloque $ABCD$. Las siguientes fuerzas se ingresan en el análisis.

- E_A - El resultado de la presión activa de la tierra en el revestimiento (en la línea AD)
- E_{Ai} - El resultado de la presión pasiva por encima de la raíz del anclaje verificado (en la línea BC)
- G_i - Peso del bloque de suelo $ABCD$; además, este valor incluye la sobrecarga p aplicada en la superficie terrestre proporcionando la pendiente θ_i de la superficie de deslizamiento AB superior al valor promedio del ángulo de fricción interno en la superficie, en caso de pendiente pequeña de la superficie de deslizamiento AB , el terreno sobrecargado no se considera
- C_i - Resultado de la cohesión del suelo en una superficie de deslizamiento AB

F_j, F_k, \dots - Fuerzas desarrolladas en otros anclajes. Pero algunos de ellos no son tomados en cuenta; solo los anclajes "**más cortos**" (comparando con el anclaje i^{th}) contribuirán en el análisis de equilibrio del bloque i^{th} ; el siguiente principio se utiliza para decidir si el anclaje dado (el m^{th}) se incluye o excluye del equilibrio del bloque i^{th} :

Al comienzo el anclaje mas bajo es seleccionado (el m^{th} o el i^{th}) luego una superficie de deslizamiento plana se coloca desde el centro de la raíz del anclaje más bajo seleccionado, este plano se inclina $45^\circ - \varphi_n/2$ de la línea vertical (líneas ab y Bc - ver la figura), φ_n es un valor promedio del ángulo de fricción interna por encima de la raíz del ancla inferior – Si la raíz i^{th} se encuentra sobre la raíz del m^{th} y la raíz más alta (the i^{th}) está fuera del área cortada por la superficie de deslizamiento, el anclaje m^{th} se incluye en el análisis; el mismo ejemplo de inclusión del anclaje m^{th} se da cuando la raíz de i^{th} reposa debajo de m^{th} y la raíz de m^{th} se encuentra dentro del área de corte de la superficie de deslizamiento; dos casos opuestos determinan los anclajes excluidos del análisis; primero la raíz de i^{th} sobre la de m^{th} y el i^{th} dentro del área, segundo es cuando la raíz de i^{th} reposa debajo de m^{th} y m^{th} está fuera del área; de la definición mencionada arriba resulta que el anclaje "**más corto**" F_k se incluye dentro del análisis y el anclaje "**más largo**" F_j se excluye del análisis (ver figura)

Q_i - Reacción de la superficie de deslizamiento AB

F_i - Fuerza en el anclaje analizado: la magnitud máxima permitida de esta fuerza es el resultado del análisis de equilibrio llevado a cabo por el bloque i^{th}

La solución del problema de equilibrio por el bloque dado requiere escribir las ecuaciones de equilibrio de las fuerzas verticales y horizontales. Ésta representa un sistema de dos ecuaciones que debe resolverse por una reacción de subsuelo desconocido Q_i y la magnitud máxima permitida de la fuerza de anclaje F_i .

Como resultado, el programa ofrece las fuerzas de anclaje máximas permitidas para cada fila de anclajes. Estos son luego comparados con valores los realmente establecidos en los anclajes.

Fallo por tirón

Fallo por tirón

La estabilidad de suelo contra erosión debido al flujo de agua en el subsuelo (HYD) se controla según los **estados límite** por la ecuación:

$$u_{dst} \leq \frac{\sigma_{stb}}{\gamma_h}$$

Donde: u_{dst} - **Presión de agua** no favorable

σ_{stb} - **Peso del suelo** favorable

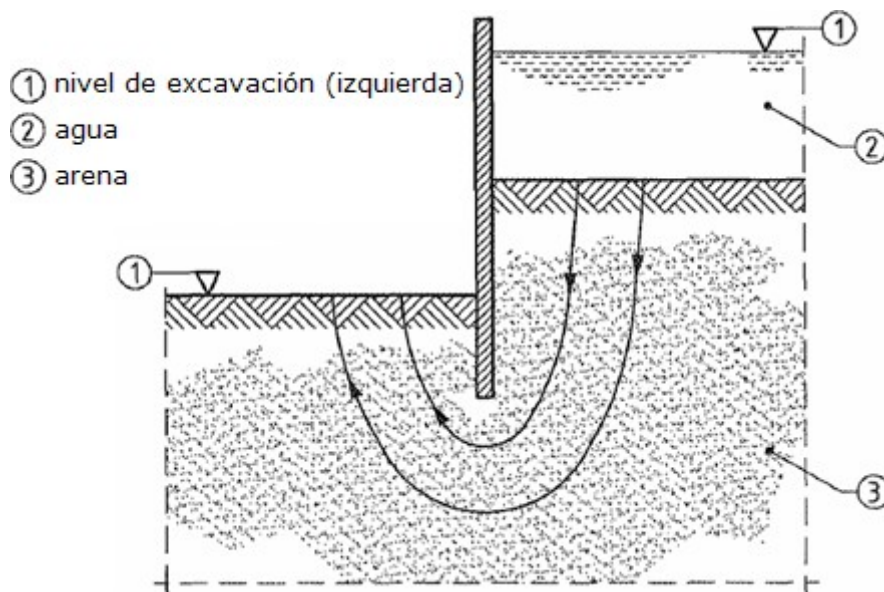
γ_h - Coeficiente de reducción del fallo por tirón

La estabilidad de suelo contra erosión debido al flujo de agua en el subsuelo (HYD) se controla según el **factor de seguridad** por la ecuación:

$$\frac{\sigma_{stb}}{u_{dst}} \geq SF_h$$

Donde:

- u_{dst} - Presión de agua no favorable
- σ_{stb} - Peso del suelo favorable
- SF_h - Factor de seguridad contra fallo por tirón



Fallo por tirón – esquema de estructura pantalla

Fallo por erosión del suelo (piping)

La estabilidad de suelo contra erosión se controla según los **estados límite** por la ecuación:

$$i \leq \frac{i_c}{\gamma_p}$$

Donde:

- i - Gradiente hidráulica
- i_c - Gradiente hidráulica crítica, donde $i_c = \gamma_{su}/\gamma_w$
- γ_p - Coeficiente de reducción de la erosión interna del suelo

La estabilidad de suelo contra erosión se controla según el **factor de seguridad** por la ecuación:

$$\frac{i_c}{i} \geq SF_p$$

Donde:

- i - Gradiente hidráulica
- i_c - Gradiente hidráulica crítica, donde $i_c = \gamma_{su}/\gamma_w$
- SF_p - Factor de seguridad por erosión interna del suelo

Bibliografía:

Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules.

Asentamiento de terreno detrás de la estructura de apuntalamiento

El asentamiento del terreno detrás de la estructura de apuntalamiento se puede analizar según las siguientes teorías:

- Método triangular
- Método indexado
- Método parabólico
- DG/TJ08-61-2010

Método Triangular

El asentamiento del terreno detrás de la estructura de apuntalamiento se calcula según la siguiente fórmula en el caso del **método triangular**:

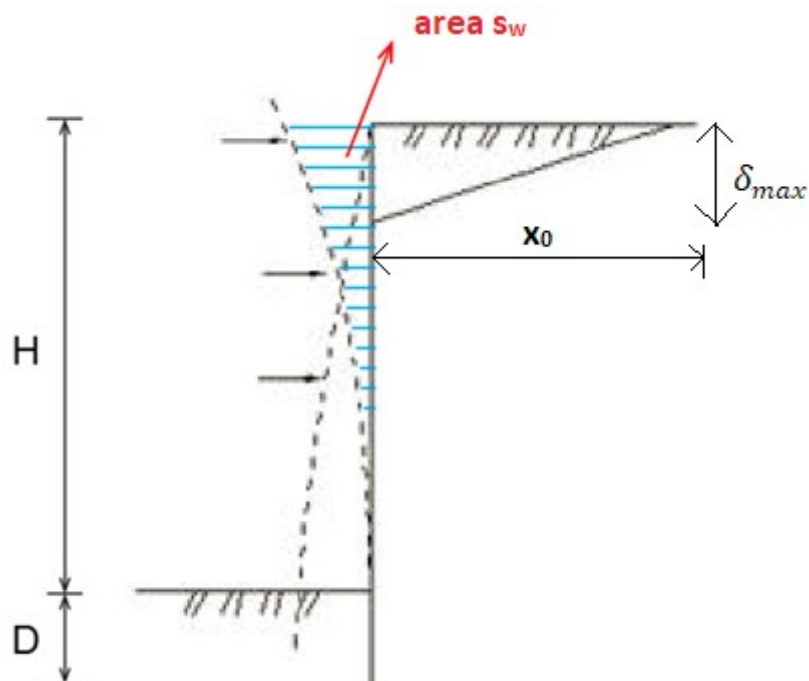
$$\delta_{max} = \frac{2 \cdot s_w}{x_0}$$

Donde: δ_{ma} - asentamiento máximo

x

s_w - área formada por estructura deformada y estructura no deformada

x_0 - range of settlement



El rango de asentamiento del terreno x_0 se define como:

$$x_0 = (H + D) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

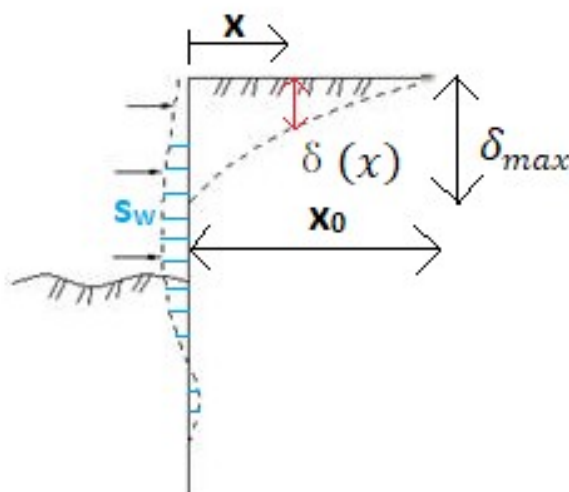
Donde:

- H - Profundidad de la excavación
- D - Longitud de la estructura debajo de la base del pozo de cimentación
- φ - Ángulo de fricción interno promedio ponderado de todas las capas de suelo por las que pasa la estructura

Método Indexado

El asentamiento del terreno detrás de la estructura de apuntalamiento se calcula según la siguiente fórmula en el caso del **método indexado**:

$$\delta_{max} = \frac{3 \cdot s_w}{x_0}$$



$$\delta(x) = e^{c(x_0 - x)} - 1$$

$$c = \ln\left(\frac{3s_w}{x_0} + 1\right) / x_0$$

Donde:

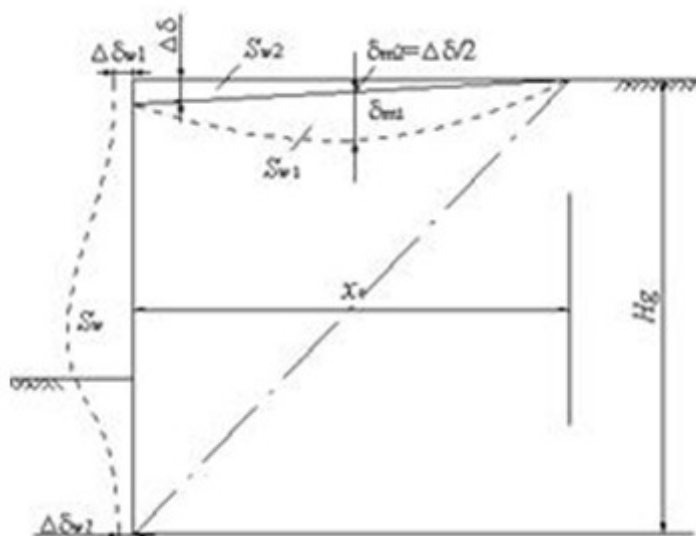
- δ_{ma} - Asentamiento máximo
- x
- s_w - Área formada por estructura deformada y estructura no deformada
- x_0 - Rango de asentamiento
- $\delta(x$ - Asentamiento en cada punto dentro del rango de asentamiento x_0 en la distancia x)
- x - Distancia entre el punto de cálculo y el borde del pozo de cimentación

Nota: El método de cálculo para el rango de asentamiento x_0 es el mismo que en el caso del método de triángulo.

Método Parabólico

El asentamiento del terreno detrás de la estructura de apuntalamiento se calcula según la siguiente fórmula en el caso del **método parabólico**:

$$\delta(x) = 4 \cdot \delta_{max} \cdot \frac{x \cdot (x_0 - x)}{x_0^2} + \Delta\delta \cdot \frac{x_0 - x}{x_0}$$



$$\Delta\delta = \frac{1}{2} \cdot (\delta_{w1} + \delta_{w2})$$

$$\delta_{max} = \frac{1.6 \cdot s_w}{x_0} - 0.3 \cdot \Delta\delta$$

- Donde:
- δ_{ma} - Asentamiento máximo
 - x -
 - s_w - Área formada por estructura deformada y estructura no deformada
 - x_0 - Rango de asentamiento
 - $\delta(x)$ - Asentamiento en cada punto dentro del rango de asentamiento x_0 en la distancia x
 - x - Distancia entre el punto de cálculo y el borde del pozo de cimentación
 - δ_{w1} - Desplazamiento horizontal en la parte superior de la estructura
 - δ_{w2} - Desplazamiento horizontal en la parte inferior de la estructura

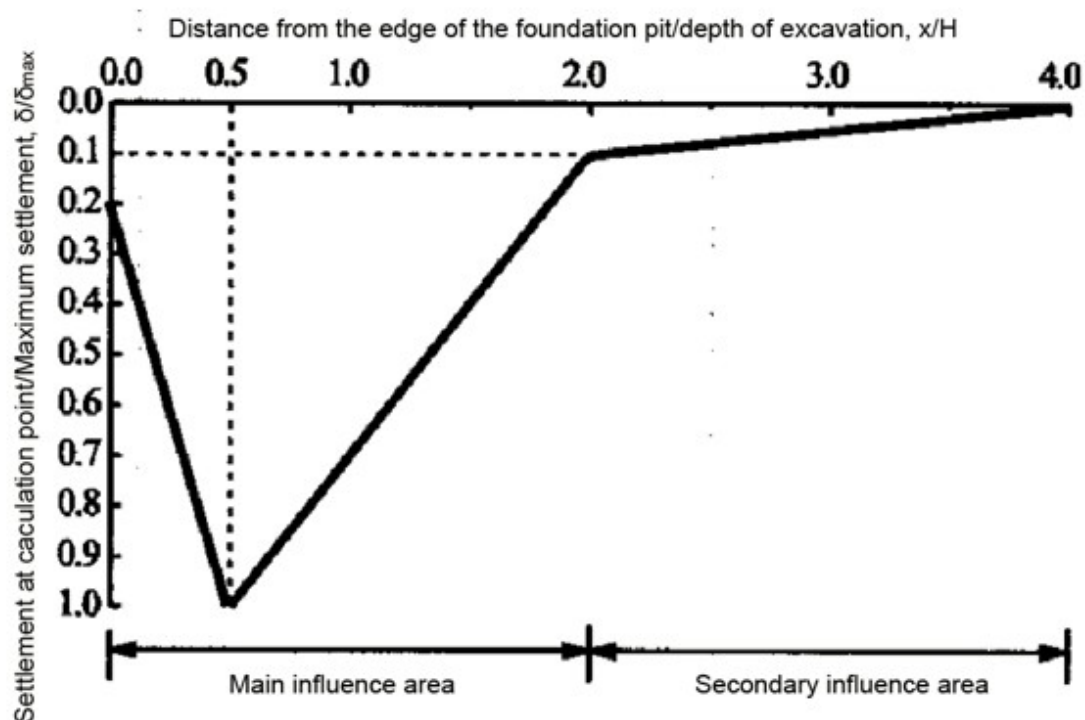
Nota: δ_{max} se calcula a partir de la teoría de Peck, mientras que $\delta(x)$ se asume como una curva parabólica. Es obvio que el valor máximo de $\delta(x)$ no es igual a δ_{max} , pero el asentamiento máximo aún se considera como δ_{max} .

Nota: El método de cálculo para el rango de asentamiento x_0 es el mismo que en el caso del método de triángulo.

DG/TJ08-61-2010

Settlement of terrain behind the shoring structure is calculated according to the **DG/TJ08-61-2010** (Technical code for excavation engineering in Shanghai) and it is suitable for using in soft soils.

Settlement behind the sheeting differs in two parts - **main influence area** and **secondary influenced area**.



Maximum settlement δ_{max} is calculated as follows:

$$\delta_{max} = 0.8\delta_{hm}$$

where: δ_{ma} - maximum settlement
 x
 δ_{hm} - maximum horizontal displacement of structure

The range of settlement x_0 is calculated as follows:

$$x_0 = 4H$$

where: x_0 - range of settlement
 H - depth of excavation

Settlement at each point $\delta(x)$ in range of settlement x_0 is calculated as follows:

$$\text{For } x \leq 0.5H, \delta(x) = \frac{1.6\delta_{max}}{H}x + 0.2\delta_{max}$$

$$\text{For } 0.5H < x \leq 2H, \delta(x) = -\frac{0.6\delta_{max}}{H}x + 1.3\delta_{max}$$

$$\text{For } 2H < x \leq 4H, \delta(x) = -\frac{0.05\delta_{max}}{H}x + 0.2\delta_{max}$$

where: $\delta(x)$ - Settlement at each point within the range of settlement or influenced area
 x - Distance between the calculation point and the edge of the foundation pit

Literature:

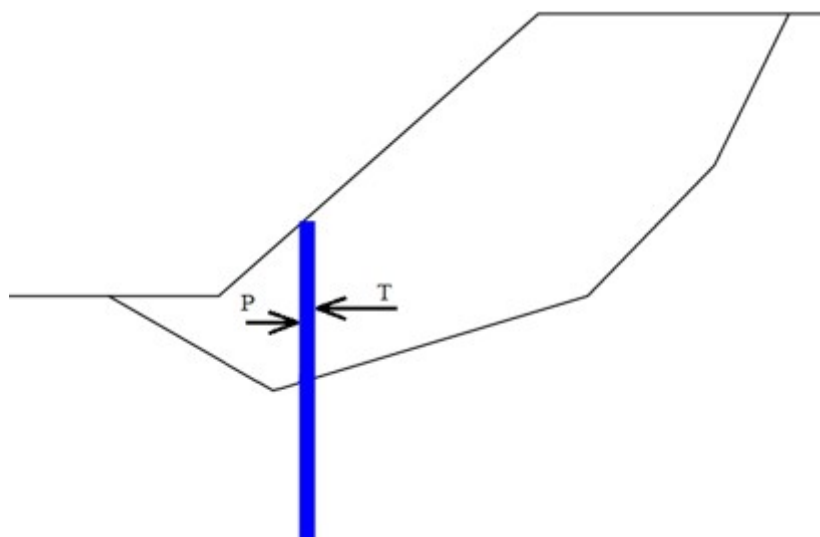
DG/TJ08-61-2010 (Technical code for excavation engineering in Shanghai)

Pilote Anti-Deslizante

El programa Pilote Anti-deslizante realiza el análisis de pilote anti-deslizante (cálculo de **fuerzas internas + desplazamiento, dimensionamiento de la sección transversal del pilote**). El análisis de la estructura es casi el mismo que en el programa "**Verificación de muros pantalla**" diferente es la **determinación de presiones** por encima de la superficie de deslizamiento y la posibilidad de modelar el **pilote fijo en la roca**.

Si hay una pendiente introducida o estructura encontrada una superficie antideslizante inaceptable, entonces es posible aumentar la estabilidad de taludes en esta superficie mediante la **inserción** de un pilote anti-deslizante (el cuadro "**Pilote Anti-Deslizante**" sirve para llevar a cabo este paso en el programa "**Estabilidad de taludes**"). El pilote tiene que ser colocado de tal manera que objeto que atraviesa la superficie de deslizamiento y su base se encuentren lo suficientemente profundo debajo de la superficie de deslizamiento asumida.

Por encima de la superficie de deslizamiento, el pilote está cargado por una fuerza activa T que tiene una tendencia a cambiar el pilote y una fuerza pasiva (resistencia) P que tiende a la estabilización del pilote (véase el gráfico a continuación). La diferencia entre las **fuerzas pasivas y activas** crea una carga que debe ser transferida por el pilote para aumentar la estabilidad de la superficie deslizamiento introducida hasta el valor requerido de SF_s .



Esquema de fuerzas activas y pasivas que actúan en el pilote anti-deslizante

Si la estabilidad de la pendiente SF sin un anti-deslizante no es suficiente, las fuerzas activas y pasivas están en equilibrio - el pilote no está cargado y no hay necesidad de usarlo. Para el cálculo de las fuerzas que actúan sobre un pilote es importante que el factor de seguridad requerido SF sea mayor que el calculado para una superficie de deslizamiento dada SF sin pilote, o la seguridad requerida es mayor que la asociada con la superficie de deslizamiento introducida en ausencia de un pilote anti-deslizante.

Determinación de fuerzas que actúan sobre Pilotes Anti-Deslizantes

Las fuerzas que actúan sobre un pilote anti-deslizante, son proporcionadas por el análisis de estabilidad de taludes. El cálculo de la estabilidad de la pendiente SF se basa en el análisis del equilibrio de fuerzas que actúan sobre bloques de suelo por encima de la superficie de deslizamiento. Las superficies verticales de los bloques individuales están sometidos a fuerzas de acción inter-bloque F_i y su determinación es uno de los pasos del análisis de estabilidad de taludes. Si los bloques del suelo están exactamente en el estado de equilibrio límite, las fuerzas inter-bloque al principio y al final de la superficie de deslizamiento son iguales a cero. El factor límite del factor de seguridad SF_{lim} , por la que se alcanza el estado de equilibrio límite, se considera como un factor real de la seguridad en y la superficie de deslizamiento introducida. La distribución de fuerzas entre los bloques a lo largo de la longitud de deslizamiento se llama la línea de presión. Las fuerzas que actúan sobre un pilote anti-deslizante se determina a partir de la distribución de las líneas de presión calculadas para el factor de seguridad requerido SF_s .

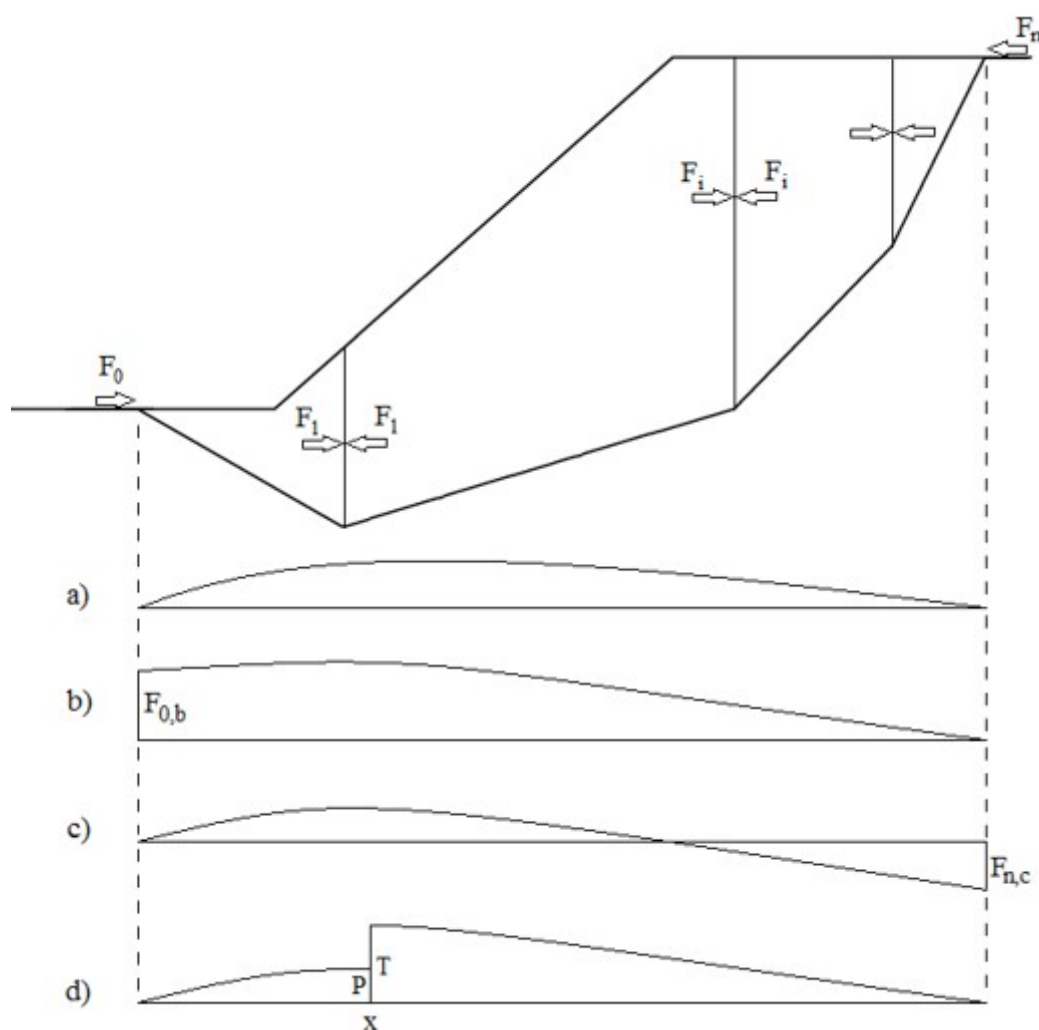
La siguiente figura muestra diferentes distribuciones de fuerzas inter-bloque F_i (líneas de presión).

Gráfico a) muestra la distribución de las fuerzas F_i en el estado de equilibrio límite, donde los valores cero de las fuerzas de inter-bloque se encuentran al principio y al final de la distribución. Esto significa que se ha encontrado este estado por el valor del factor de seguridad SF_{lim} , que expresa exactamente el grado de seguridad en y la superficie de deslizamiento introducida.

Gráfico b) muestra la línea de presión determinada por un factor de seguridad más alto que el correspondiente a SF_{lim} .

Se asume una fuerza cero F_n que se encuentra en la parte superior de la superficie de deslizamiento y una fuerza no nula $F_{0,b}$ en la parte inferior de la superficie de deslizamiento que se registra posteriormente. Esto significa que con el fin de llegar al factor de seguridad SF , la base de la pendiente tendría que ser cargada por la fuerza de presión que tiene el valor de $F_{0,b}$. **Gráfico c)** muestra la presión de la línea por un factor de seguridad SF mayor que SF_{lim} . Es el resultado de asumir la fuerza cero F_0 en el extremo inferior de la superficie de deslizamiento en la parte superior y luego se encuentra una fuerza desequilibrada $F_{n,c}$. Al llegar a la situación de equilibrio para el factor de seguridad SF se podría llamar teóricamente a la acción de una fuerza de tracción de esta magnitud en el extremo superior de la superficie de deslizamiento.

Gráfico d) muestra una distribución de fuerzas entre los bloques para el caso donde un pilote anti-deslizante se coloca en el punto x . La parte de la distribución corresponde al gráfico c) y sirve para determinar la magnitud del pasivo fuerza P en el punto x . Por encima del pilote la distribución según el gráfico b) se considera y sirve para determinar la fuerza activa T en el punto x . La diferencia entre P y T es la fuerza transmitida por el pilote anti-deslizante.



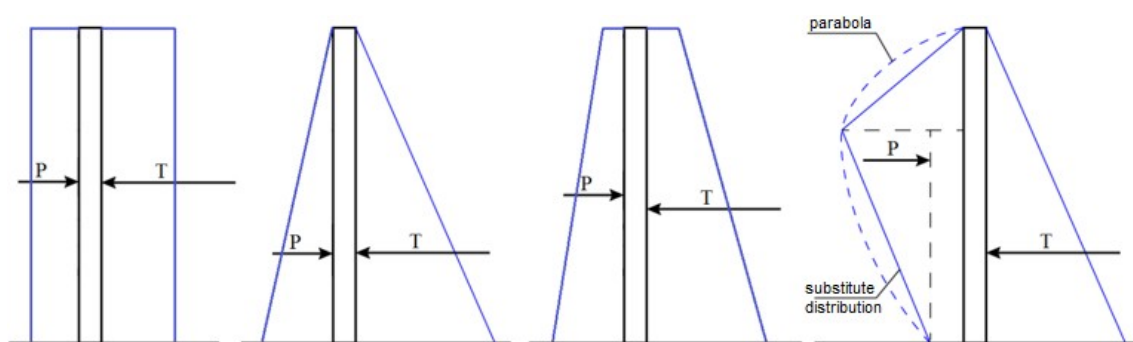
Distribución de las fuerzas inter-bloque F_i

Pie de gráfico (explicación)

- a)** distribución de factor de seguridad $SF = SF_{lim}$ ($F_0 = 0$ a $F_n = 0$)
- b)** distribución de factor de seguridad $SF > SF_{lim}$ con valor cero de la fuerza en el extremo superior
- c)** distribución de factor de seguridad $SF > SF_{lim}$ valor de fuerza cero en el extremo inferior
- d)** distribución de factor de seguridad SF con pilote anti-deslizante en el punto x

Distribución de presiones por encima de la superficie de deslizamiento

La distribución de la carga aplicada a un pilote anti-deslizante sobre la superficie de deslizamiento se determina a partir de las magnitudes de las fuerzas P y T . Las distribuciones **constantes, triangulares o trapezoidales** son consideradas (para el programa de "**Pilote Anti-Deslizante**" la distribución de fuerzas activas y pasivas introducidas en el cuadro "**Determinación de la presión de la tierra**"). Para la fuerza pasiva (resistencia) P también se puede considerar una distribución **parabólica**, que es una aproximación para la simplificación mediante la combinación de una parte triangular y trapezoidal.



Tipos de distribución de carga por encima de la superficie de deslizamiento aplicadas a un pilote anti-deslizante sobre la superficie de deslizamiento

Recomendación para la distribución de la fuerza activa

- Distribución Triangular - las capas por encima de la superficie de deslizamiento están hechos de grava o arena
- Distribución rectangular - las capas por encima de la superficie de deslizamiento se hacen de suelos de grano fino (arcilla, limo)
- Distribución trapezoidal - las capas por encima de la superficie de deslizamiento están hechos de diferentes tipos de suelos

Excavación en pozo

En el cuadro de "Análisis", programa de Excavación en pozos, determina la **carga** que actúa sobre el eje. La carga calculada se ingresa para el **análisis de las fuerzas internas** en el cuadro de "Dimensionamiento".

Cálculo de carga inicial en un pozo

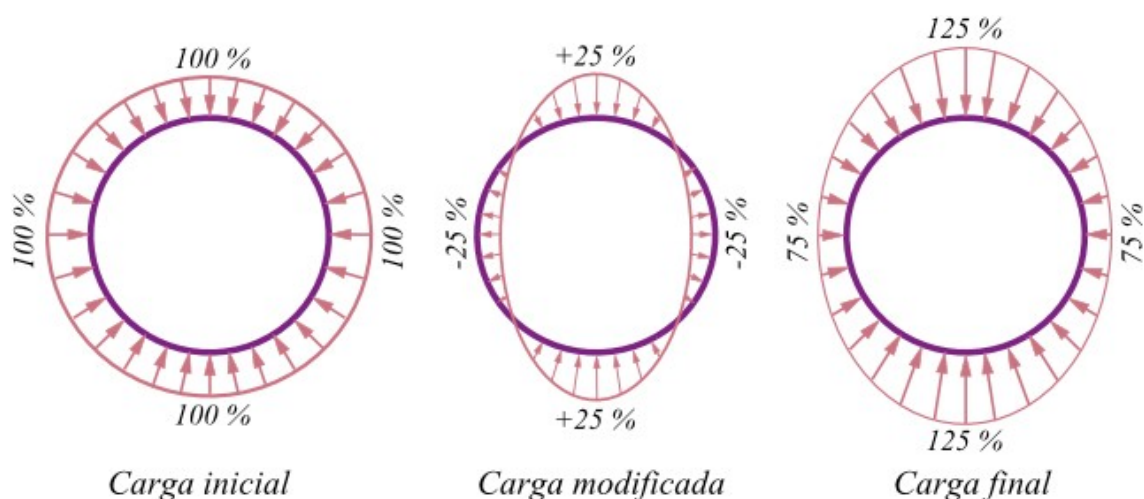
La carga de presión de la tierra y la sobrecarga se calculan en el "**análisis de carga**". La rigidez del pozo tiene una gran influencia sobre la presión de la tierra. Una estructura rígida no permite la deformación, por lo que la presión de la tierra es mucho mayor que en el pozo flexible.

Tres tipos de pozos pueden ser modelados por el programa

- **Flexible** – se considera la presión activa espacial (presión de la tierra, el recargo de la superficie y **sobrecarga local**)
- **Semirígido**
- **Rígido** – se considera la presión activa espacial (presión de la tierra, el recargo de la superficie y **sobrecarga local**)

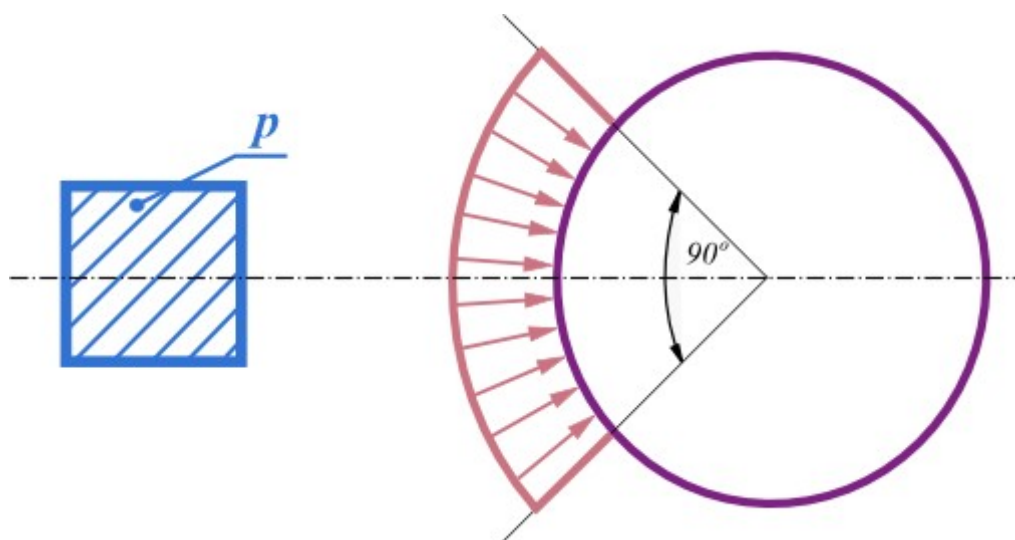
Formas de determinar la carga

La carga desde la presión de tierra y la sobrecarga en superficie actúan como carga uniforme en todo el diámetro. Esta estructura provoca una tensión en la estructura sólo por fuerza normal - el momento de flexión en el pozo es teóricamente igual a cero. Para el modelado del comportamiento real del pozo, el programa introduce el coeficiente de reducción de conformidad con las normas DIN V 4034-1 o СНиП II-94-80. El valor recomendado del coeficiente de reducción es del 25 %.



Modificación de carga uniforme por coeficiente de reducción

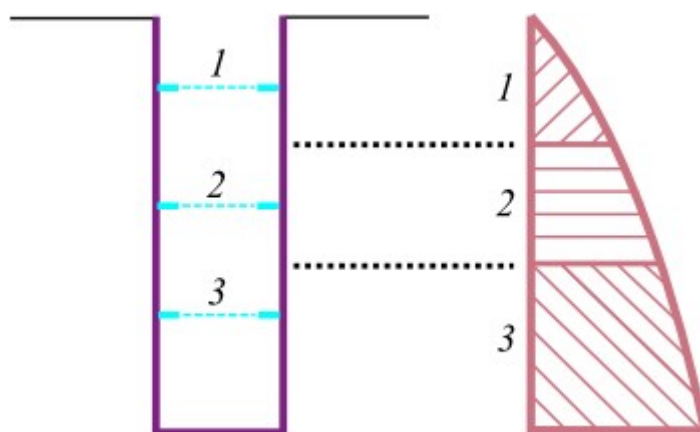
La **carga desde la sobrecarga local** se considera como se muestra en la siguiente imagen. Esta carga no se modifica por el coeficiente de reducción.



Carga desde la sobrecarga local

Re-cálculo de la carga en travesaños

Si se introducen los travesaños, el programa calcula la carga sobre cada uno de ellos. La carga depende de la distancia al eje entre los travesaños como se muestra en la imagen.



Cálculo de la carga en el travesaño

Si no se introducen travesaños, el programa calcula la carga en la unidad de profundidad (1 m, 1 pie). Si se calcula la carga, entonces el programa determina la distribución de las **fuerzas internas** en la estructura del eje.

Bibliografía:

Berezantzev, V. G.: *Earth pressure on the cylindrical retaining walls, Brussels conference on Earth pressure problems*, 1958.

ČSN 73 0037: *Zemní tlak na stavební konstrukce*, 1990.

DIN 4085: *Berechnung des Erddrucks*, 1987.

Exner, K.: *Hloubení jam, VŠB v Ostravě*, 1986.

Cheng, Y. M.; Hu, Y. Y.: *Active earth pressure on circular shaft lining obtained by simplified slip line solution with general tangential stress coefficient. Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 27 (1), 110-115, 2005.

Link, H.; Lutgendorf, H.; Stoss, K.: *Richtlinien zur Berechnung von Schachtauskleidungen in nicht standfestem Gebirge*, 1976.

Sedláček, M.: *Zatížení kruhových šachet prostorovým zemním tlakem. Příspěvek ke konferenci Zakládání staveb*, 2014.

Snášelová, K.: *Hloubení a vyztužování jam v extrémních podmínkách, ODIS VTEI pro uhelný průmysl*, 1987.

Tobar, T.; Meguid, M.: *Distribution of active earth pressure on vertical shafts, Geo Halifax*, 2009.

Valencia, T. T.: *An experimental study of the earth pressure distribution on cylindrical shafts, McGill University, Montreal*, 2009.

Walz, B.; Pulsfort, M.: *Raumliche Erddruck auf Schachtbauwerke in Abhängigkeit von der Wandverformung, Bergische Universität Wuppertal*, 1999.

Estructura de pozo flexible

El método de excavación convencional es un ejemplo típico de utilización de pozo con construcción **flexible**. Usando este método, la roca se excava en el primer paso y después el hormigón se pulveriza sobre la superficie endurecida para soportar la roca. Hay tiempo tecnológico específico de inactividad (excavación de tierra, hormigón proyectado o arco de

encontrado) con permiso de reordenamiento de tensión en el suelo circundante y el consecuente valor de la presión de tierra que actúa sobre el pozo será igual a la presión activa de la tierra. Este hecho está bien descrito por El método de V.G. Berezantsev (1958).

La carga en el pozo flexible se define utilizando la siguiente fórmula:

$$p_a = K_{a\gamma} \gamma h + K_{aq} q - K_{ac} c_{ef}$$

Donde: γ - unidad de peso del suelo
 h - profundidad de la sección transversal
 q - magnitud de la sobrecarga
 c_{ef} - resistencia al corte del suelo

$$K_{a\gamma} = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)}{\eta - 1} \left(\frac{r_0}{h} - \frac{r_0}{h R_b^{\eta-1}} \right)$$

$$K_{aq} = \frac{1}{R_b^{\eta}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$K_{ac} = \left[\frac{1 - \lambda + \eta}{\eta} - \frac{\xi}{R_b^{\eta}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right] \cot \varphi_{ef}$$

Donde: r_0 - radio del pozo
 φ_{ef} - ángulo de fricción interna del suelo
 $\xi = 1$
 $\lambda = 1$

$$\eta = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) - 1$$

$$R_b = 1 + \frac{h}{r_0} \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

Bibliografía:

Berezantsev, V. G.: *Earth pressure on the cylindrical retaining walls, Brussels conference on Earth pressure problems, 1958.*

Estructura de pozo semirígida

Las tablestacas son un ejemplo típico de soporte del pozo semirígido. Las tablestacas son impulsados en el suelo en la primera etapa de construcción y entonces el suelo se excava. El reordenamiento de tensión de suelo parcial en el pozo está permitido debido a la delgadez de la construcción. El valor de presión de tierra resultante que actúa sobre el pozo de la construcción se mueve entre la presión activa y presión de tierra. La carga sobre el pozo semirígido se considera como un valor medio de la carga de los pozos flexibles y rígidos.

Estructura de pozo rígida

Un ejemplo típico del pozo con la construcción rígida es el pozo soportado por pilotes secantes. En la primera etapa de construcción la construcción del pozo propio se construye y, por tanto, el suelo se excava. La carga en el pozo debido a la presión de tierra es igual a la presión de la tierra en el resto porque la construcción rígida tiene deformaciones mínimas. Este comportamiento de la construcción está bien descrita por Y. M. y Y. Y. Hu theory (2005).

La carga en el pozo rígido se define utilizando la siguiente fórmula:

$$p_a = K_{a\gamma} \gamma h + K_{aq} q - K_{ac} c_{ef}$$

- Donde: γ - unidad de peso del suelo
 h - profundidad de la sección transversal
 q - magnitud de la sobrecarga
 c_{ef} - resistencia al corte del suelo

$$K_{a\gamma} = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)}{(1 - \sin \varphi_{ef}) Z} \left(\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{1 - \sin \varphi_{ef}} - 1 \right)$$

$$K_{aq} = \frac{1}{\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{\sin \varphi_{ef}}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$K_{ac} = \left[2 - \frac{1}{\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{\sin \varphi_{ef}}} \sec^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right] \cot \varphi_{ef}$$

do r_0 -radio del pozo
 nd
 e:

φ_{ef} -ángulo de fricción interna del suelo

$$\eta = \sin \varphi_{ef}$$

$$Z = \frac{h}{r_0}$$

r_0 radio de la profundidad del corte h al radio del pozo r_0

$$\xi = \sec^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$R_b = 1 + \frac{h}{r_0} \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{sf}}{2}\right)$$

$$\lambda = 1 - \sin \varphi_{sf}$$

Bibliografía:

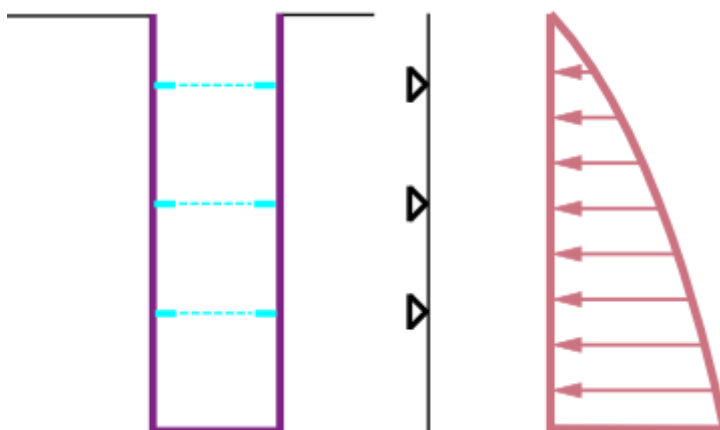
Cheng, Y. M.; Hu, Y. Y.: Active earth pressure on circular shaft lining obtained by simplified slip line solution with general tangential stress coefficient. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 27 (1), 110-115, 2005.

Cálculo de fuerza interna en un pozo (dimensionamiento)

El programa permite el análisis de las fuerzas internas que actúan sobre la estructura en la dirección horizontal y vertical en una **carga** que pretende que actuar sobre el pozo.

Análisis de las fuerzas internas en la dirección vertical

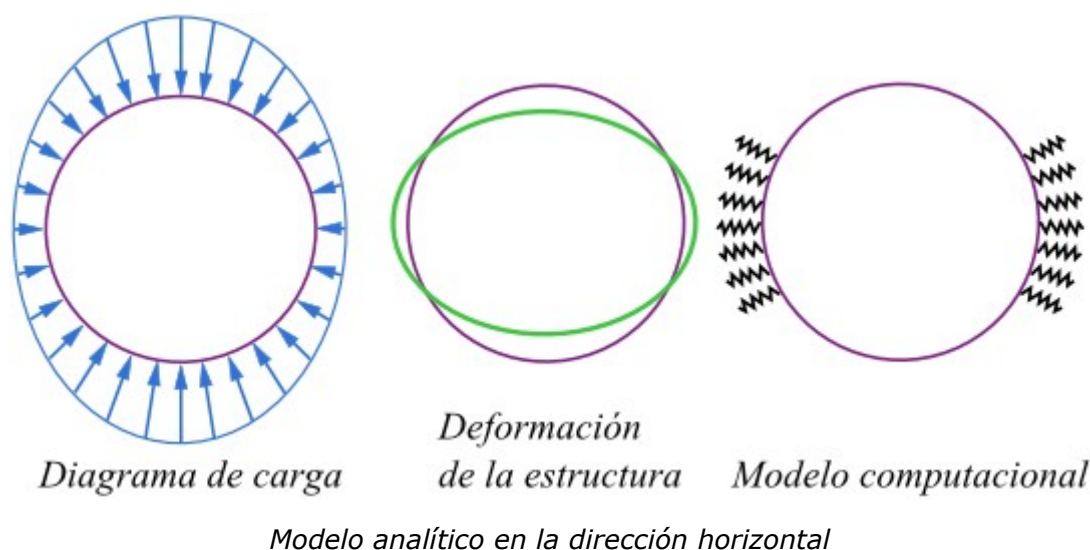
El modelo analítico de la estructura se muestra en la imagen. Todos los travesaños se modelan como soportes. El análisis se realiza para una unidad de ancho (*1 m, 1 ft*) de la estructura. Las estructuras sin travesaños o con uno no pueden ser analizadas en la dirección vertical.



Modelo analítico en la dirección vertical

Análisis de las fuerzas internas en la dirección horizontal (método poligonal)

Las fuerzas internas en dirección horizontal se calculan por el método poligonal, donde la estructura circular se divide en 72 segmentos. Cada segmento está soportado por el resorte no lineal, actuando sólo en compresión. La rigidez de los resortes es igual al módulo de reacción de subsuelo introducido. La forma de análisis se muestra en la imagen - si la estructura se deforma en la dirección del centro, los resortes se eliminan del análisis.



Estabilidad de taludes

El problema de **estabilidad de taludes** se resuelve en un entorno de 2 dimensiones.

El suelo en el **cuerpo de talud** puede ser encontrado bajo el **nivel freático**, el agua puede también exceder el nivel del talud, lo cual puede ser parcial o totalmente inundado. El talud puede ser cargado por una **sobrecarga** de forma general ya sea al nivel del suelo o dentro del cuerpo del suelo. El análisis permite incluir el **efecto de anclajes**, esperando que soporten el talud o para introducir elementos de refuerzos horizontales - **geo-refuerzos** o elementos verticales - **pilotes anti-deslizantes**. También se puede incluir en el análisis la presencia de un **sismo**.

Dos tipos de enfoques para el análisis de estabilidad se implementan en el programa. El método clásico de acuerdo con el factor de seguridad o el análisis según la teoría de los estados límites.

La superficie de deslizamiento se puede modelar de dos formas diferentes:

- **Circular**: para la cual el usuario debe elegir entre los métodos de **Fellenius/Petterson**, **Bishop** o **Spencer** o **Janbu** o **Morgenstern-Price**, **Shahunyants**, **ITF**
- **Poligonal**: en cuyo caso el programa varía entre: **Sarma** o **Spencer** o **Janbu** o **Morgenstern-Price**, **Shahunyants**, **ITF**

Cuerpo del suelo

El cuerpo del suelo está formado por **capas de perfiles**. Se puede utilizar un número arbitrario de **capas**. Cada capa se define por su geometría y material. El material de una capa suele ser representado por un suelo con **propiedades específicas**. La **tensión geostática** en el cuerpo del suelo se determina durante el análisis.

Una capa puede ser especificada incluso como un **cuerpo rígido**. Este tipo de capas representan la base, o muros. La superficie deslizante nunca podrá pasar a través de un cuerpo rígido.

Influencia del agua

El nivel freático del agua puede ser asignado a la sección del plano del talud utilizando una de

las siguientes cinco opciones.

1) Nivel freático del agua

El nivel freático del agua se especifica como un polígono. Este puede ser arbitrariamente curvo, ubicado totalmente dentro del cuerpo del suelo o introducido parcialmente por **encima la superficie del suelo**.

La presencia de valores de influencia de agua de presión de poros actuando entre un suelo y reduciendo su capacidad portante. La presión de poro es considerada como una presión hidrostática, ejemplo: La unidad de peso del agua se multiplica por la altura reducida del nivel freático del agua:

$$u = \gamma_w \cdot h_r$$

Donde: γ_w - Unidad de peso del agua
 h_r - altura reducida del nivel freático del agua

Donde:

$$h_r = h \cdot \cos^2 \alpha$$

Donde: h - Distancia vertical de un punto, donde la presión de poro es calculada y marcada en el nivel freático del agua
 α - Inclinação del nivel freático del agua

La fuerza resultante de la presión de poro en una determinada sección del bloque se utiliza en el siguiente cálculo:

$$U = u \cdot l$$

Donde: u - Presión de poro en el punto
 l - Longitud de la sección

Por debajo del nivel freático del agua mediante el análisis del peso de la unidad de saturación del suelo γ_{sat} y la presión de la elevación; sobre el nivel freático del agua, el análisis asume la entrada la unidad de peso de suelo γ . Las fuerzas de corte a lo largo de la superficie de deslizamiento viene dada por:

$$T = (N - U) \tan \varphi + c \cdot d$$

Donde: T - Fuerza de corte a lo largo del segmento de la superficie de deslizamiento
 N - Fuerza normal a lo largo del segmento de la superficie de deslizamiento
 U - Presión de poro resultante a lo largo del segmento de la superficie de deslizamiento
 φ - Ángulo de fricción interno
 c - Cohesión
 d - Longitud del segmento la superficie deslizamiento

En caso de tensión total (ingresada en el cuadro "Suelo" se utilizan parámetros totales y la presión de poros se considera cero.

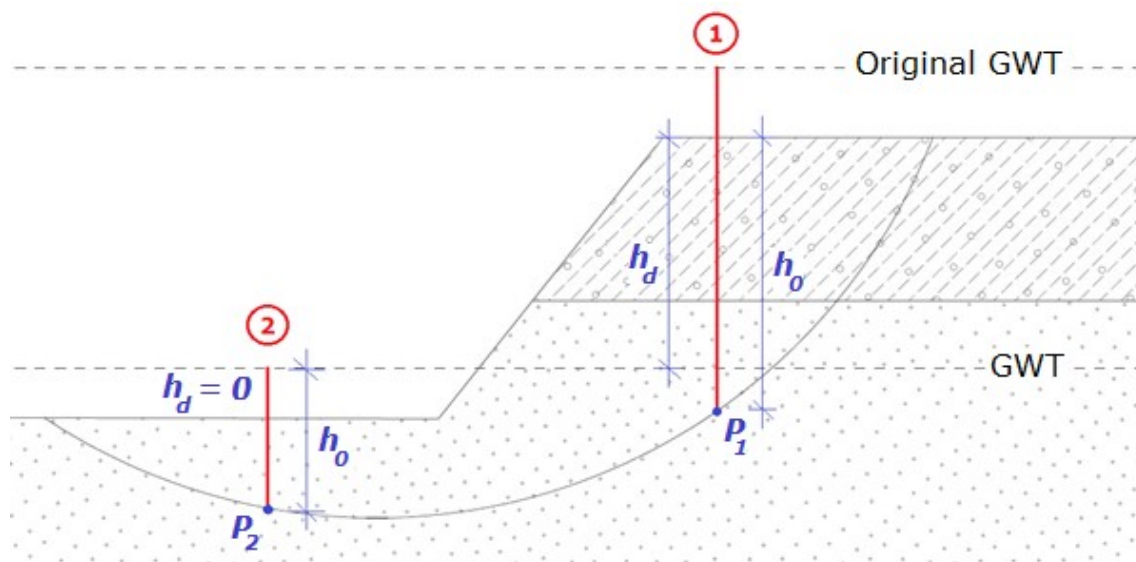
2) Nivel freático del agua incluyendo succión

La **tabla de succión** puede ser introducida por encima del nivel freático del agua imputado.

Un valor negativo de presión de poro u se asume con una región separada por dos tablas. La succión aumenta como una presión hidrostática negativa desde el nivel freático del agua hacia la tabla de succión.

3) Rápida reducción

La **tabla original** puede ser introducida por encima del nivel freático del suelo imputado. El nivel freático de agua original simula estados anteriores a la rápida reducción.



Análisis de la reducción rápida

Primero, es evaluado el valor inicial de la presión de poros u_0 :

$$u_0 = \gamma_w \cdot h_0$$

Donde: h_0 - altura desde la tabla original al punto de evaluación P

γ_w - Unidad de peso del agua

La altura h_0 es generalmente la distancia desde el punto de evaluación de presión de poro (**P**) al nivel freático de agua Original – Esto es válido para el caso en que el nivel freático de agua original está debajo de la superficie del terreno. En el caso en que el nivel freático de agua original esté por encima del terreno se utiliza la altura h_0 desde el punto **P** al nivel de la superficie terrestre (perfil 1 en la figura). Otro caso es cuando el nivel freático de agua original como el nivel freático del agua se encuentran ambos sobre la superficie del terreno – entonces el valor h_0 es la distancia desde el nivel freático de agua al punto **P** (perfil 2 en la figura).

El segundo paso es calcular el cambio de la presión de poro en la zona entre el original y el nivel freático del agua:

$$\Delta u = \gamma_w \cdot h_d$$

Donde: h_d - altura desde la tabla original al nivel freático del agua

γ_w - Unidad de peso del agua

Como cálculo previo de presión, existen tres posibilidades para obtener la altura h_d . Cuando ambos niveles freáticos de agua están sobre el terreno, h_d es la distancia entre el original y el nivel freático del agua. En el caso de que el nivel freático del agua original se encuentre por encima del terreno, entonces h_d es medible desde el nivel freático de agua al nivel del terreno

(perfil 1 en la figura). El último caso es cuando ambos están sobre el terreno – entonces la altura de h_d es cero (perfil 2 en la figura).

El tercer paso es calcular el valor de la presión de poro final u . El cambio en la presión de poro Δu está en multiplicar el coeficiente de reducción de la presión de poro X , el cual es requerido para todos los suelos (cuadro de diálogo "Suelos"). Se utiliza en el coeficiente de suelo X en el área del punto **P** (No el suelo en la zona entre el original y el nivel freático del agua). En el caso de suelos permeables $X = 1$, en otros casos $X = 0$. La presión de poro final es evaluada como:

$$u = u_0 - X \cdot \Delta u$$

Donde:

- u_0 - Presión de poro inicial
- X - Coeficiente de reducción de presión de poro inicial
- Δu - Cambio de presión de poro

4) Coeficiente de presión de poro R_u

El coeficiente de presión de poro R_u representa la relación entre la presión de poro y la presión hidrostática en el cuerpo del suelo. En el área, donde R_u es positivo, se considera la unidad de peso ingresada de suelo saturado γ_{sat} en otro caso se utiliza la unidad de peso del suelo γ .

Los valores de R_u se introducen con la ayuda de isolíneas que conectan puntos con el mismo valor de R_u . La interpolación lineal se asume para obtener valores intermedios. La presión de poro se establece como una tensión geoestática reducida por el coeficiente R_u :

$$u = R_u \cdot \sum h_i \cdot \gamma_i$$

Donde:

- R_u - Coeficiente de presión de poro
- h_i - Altura de la capa de suelo i -th
- γ_i - Unidad de peso de la capa de suelo i -th

5) Valores de presión de poro

El agua subterránea se puede introducir directamente a través de los valores de presión de poros con la sección plana del cuerpo del suelo.

En el área donde u es positivo, se considera la unidad de peso ingresada de suelo saturado γ_{sat} en otro caso se utiliza la unidad de peso del suelo γ .

Los valores de presión de poros se introducen con la ayuda de isolíneas que conectan puntos con el mismo valor de presión de poros. La interpolación lineal se asume para obtener valores intermedios. Los valores de presión de poro se derivan de los valores de la presión de poro obtenidos en un punto específico de la sección plana del talud.

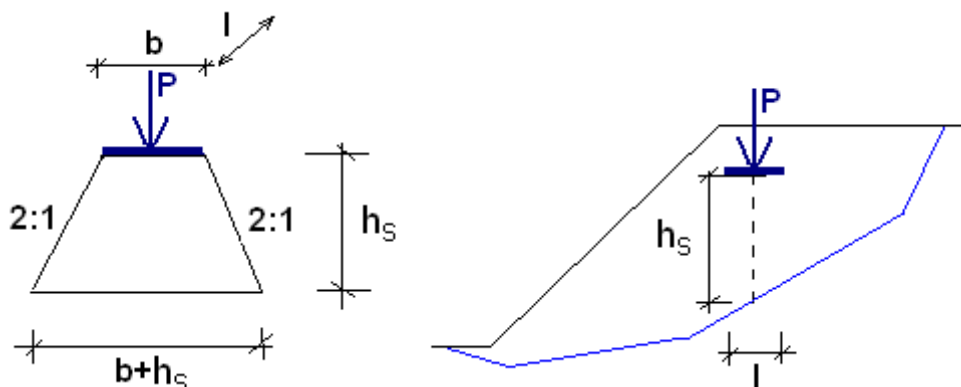
Sobrecarga

El análisis de estabilidad de taludes toma en cuenta la sobrecarga causada por las estructuras vecinas. La sobrecarga puede ser introducida ya sea por una fuerza concentrada o una carga distribuida actuando en la superficie de la tierra o dentro del cuerpo del suelo.

Dado que generalmente se supone que la sobrecarga es causada por el peso de objetos encontrados en el cuerpo del talud, la componente vertical de la superficie con la dirección del peso se añade al peso de los bloques (corte). Esto significa que si se incluye el efecto de un

sismo, esta componente es también multiplicada por el factor de aceleración horizontal o sismo vertical. Los componentes que no actúan en la dirección del peso se asumen en ecuaciones de equilibrio escritas para un determinado bloque (corte) como componentes ligeros sin peso, por lo tanto no contribuyen a los efectos de inercia del sismo.

La sobrecarga es siempre considerada en el análisis en relación a l metro. Proporcionando la sobrecarga, esencialmente actuando sobre el área $b \cdot l$, se introduce como una fuerza concentrada y es transformada antes de ejecutar el análisis dentro de la superficie propagándose hasta la profundidad de la superficie de deslizamiento a lo largo del talud $2:1$ como se muestra en la figura.



Esquema de propagación de la sobrecarga concentrada en la superficie de deslizamiento

El análisis entonces continúa con el resultado de superficie de carga p con el valor:

$$p = \frac{P}{(b + h_s) \cdot l}$$

Anclaje

La posición del anclaje está dada por el punto de cabecera, la longitud libre l longitud de la raíz l_k y por la pendiente α . La fuerza de anclaje se ingresa como fuerza de pre-tensado actuando en el anclaje. El punto de cabecera siempre está ubicado al nivel del suelo; la fuerza de anclaje siempre actúa en dirección al cuerpo del suelo. La fuerza de anclaje cuando calculamos el equilibrio de un bloque dado (corte) se añade a la sobrecarga libre de peso del talud.

Dos opciones están disponibles para calcular el anclaje:

1. **Calcular la longitud de anclaje:** el análisis asume longitudes infinitas de anclajes. (los anclajes siempre se incluyen en el análisis) y se calcula la longitud libre requerida para los anclajes vinculados (distancias entre el anclaje superior y la intersección de anclaje con la superficie de deslizamiento). La raíz del anclaje se ubica detrás de la superficie de deslizamiento. Este enfoque se utiliza siempre que deseemos que el anclaje esté activo y contribuir así a aumentar la estabilidad del talud, para lo cual se necesita saber la distancia mínima.
2. **Análisis de longitudes específicas de anclaje:** el análisis toma en cuenta solo aquellos anclajes que tienen sus puntos finales de la raíz detrás de la superficie de deslizamiento. Si la superficie de deslizamiento intersecta la longitud libre del anclaje, el cálculo se realiza con toda la fuerza de anclaje. Este enfoque se utiliza siempre que deseemos evaluar el estado actual de la pendiente con anclajes ya existentes, ya que puede ocurrir que algún anclaje sea demasiado corto como para intersectar la superficie de deslizamiento crítica, de tal forma que no contribuyen a aumentar la

estabilidad del talud.

Clavos

Para cada clavo se calcula o ingresa la siguientes capacidades portante:

R_f Resistencia de la cabeza del clavo

R_t Resistencia contra quiebre

T_p Resistencia a la extraccion - capacidad portante

Las **características de resistencia de un clavo**, representan los parámetros básicos para calcular la **capacidad portante total de un clavo**.

La **resistencia al quiebre del clavo** viene dado por:

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} f_y$$

Donde: R_t - Resistencia contra quiebre

d_s - Diámetro del clavo

f_y - Fuerza del material del clavo

La **capacidad portante del clavo contra extraccion** se calcula de alguna de las siguientes formas:

1. Cálculo a partir del rozamiento:

$$T_p = \pi d g_s$$

Donde: T_p - Capacidad portante del clavo contra extracción [kN/m]

d - Diámetro del hueco

g_s - **Rozamiento**, como parámetros de clavo o como **parámetro de suelo**

2. cálculo según tensión efectiva

$$T_p = \pi d (K_a \sigma_z \tan \varphi + c)$$

Donde:

$$K_a = \frac{1 + K_0}{2} = \frac{1 + (1 - \sin \varphi)}{2}$$

Donde: T_p - Capacidad portante del clavo contra extracción [kN/m]

d - Diámetro del agujero

σ_z - Tensión geo-estática vertical

φ - Ángulo efectivo de la fricción interna del suelo

c - Cohesión efectiva del suelo

3. cálculo según HA 68/94

$$T_p = \pi d (\sigma_n \tan \varphi + c)$$

Donde: T_p - Capacidad portante del clavo extracción [kN/m]
 d - Diámetro del agujero
 σ_n - Promedio de la tensión efectiva radial
 φ - Ángulo efectivo de la fricción interna del suelo
 c - Cohesión efectiva del suelo

El promedio de tensión radial efectiva σ_n se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma_n = \frac{(1 + K_L) \sigma_z}{2}$$

Donde: σ_z - Tensión geoestática vertical

$$K_L = \frac{1 + K_a}{2}$$

Donde:

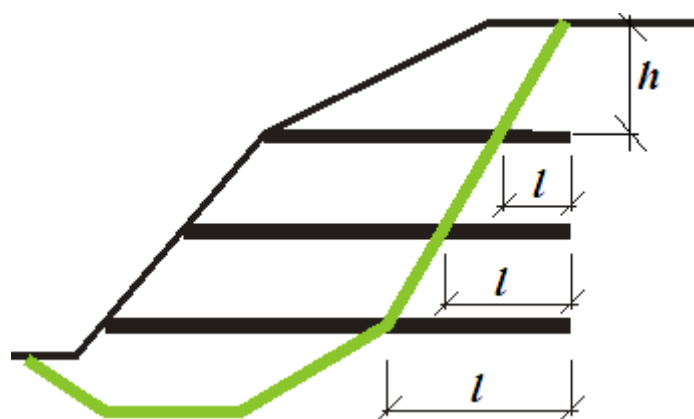
$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

Valor de la **fuerza de la cabeza del clavo** a introducir. Si la cabeza del clavo no está fija, entonces el valor de la fuerza es igual a cero.

Refuerzos

Los refuerzos son elementos de refuerzos horizontales, que son ubicados dentro del suelo para aumentar la estabilidad de talud utilizando la rigidez a la tracción. Si el refuerzo intersecta la superficie de deslizamiento, la fuerza desarrollada en el refuerzo, entra en la ecuación de equilibrio de la fuerza de un bloque dado. En caso contrario, la estabilidad del talud no es influenciada.

El parámetro básico del refuerzo es la **resistencia a la tracción** R_t . El valor de diseño de este parámetro se utiliza – es decir: resistencia del refuerzo, reducida por los coeficientes teniendo en cuenta el efecto de durabilidad, fluencia y daños de instalación. La fuerza transmitida por el refuerzo **nunca puede exceder la resistencia a la tracción asignada** R_t .



Esquema de contabilidad de refuerzos

La segunda característica es la **fuerza contra extracción** T_p . Éste parámetro determina la longitud del anclaje, es decir: la longitud requerida del anclaje en el suelo, para la cual el anclaje está completamente tensionado para alcanzar el valor R_t . Como el valor real de la fuerza contra extracción es difícil de determinar, el programa ofrece tres opciones de cálculo, y respectivamente para calcular la fuerza F transmitida por el refuerzo.

1) Cálculo de la capacidad portante del refuerzo

La fuerza contra extracción F , está dada por:

$$F = 2 \cdot \sigma \cdot \tan \varphi \cdot C \cdot l$$

- Donde:
- σ - Tensión Normal debido al peso propio en la intersección de la malla y la superficie de deslizamiento – ver figura
 - φ - Angulo de fricción interna
 - C - Coeficiente de interacción (por defecto: 0,8)
 - l - Longitud del paso de la malla detrás de la superficie de deslizamiento en el cuerpo del suelo

2) Entrada de la longitud de anclaje de refuerzos l_k

Se especifica la longitud de anclaje l_k . Este parámetro se determina por la fuerza de corte desarrollada entre la malla y el suelo que se incrementa gradualmente desde cero hasta el valor límite (medido desde el final del refuerzo fijado en el suelo).

$$F = \frac{l}{l_k} \cdot R_t$$

- Donde:
- l - Longitud del paso de la malla detrás de la superficie de deslizamiento en el cuerpo del suelo
 - l_k - Longitud del anclaje de refuerzo
 - R_t - Resistencia a la tracción

3) Entrada de la resistencia a la extracción de la malla T_p

La resistencia a la extracción F está dada por:

$$F = T_p \cdot l$$

- Donde:
- l - Longitud del paso de la malla detrás de la superficie de deslizamiento en el

cuerpo del suelo

T_p - Resistencia a la extracción de la malla

Las fuerzas en refuerzos determinados sobre la base de la tensión de refuerzo pueden alcanzar valores relativamente grandes. Introduciendo estas fuerzas en el análisis se llega a un factor de seguridad más alto de una superficie de deslizamiento dada. En el caso de los métodos rigurosos (Spencer, Janbu, Morgenstern-Price) la introducción de tales fuerzas en los refuerzos puede causar la pérdida de la convergencia. Esto aparece principalmente en los casos en que estas fuerzas son tan altos que no es posible alcanzar el equilibrio de fuerzas que actúan sobre bloques, mientras que el mantenimiento de las principales hipótesis de métodos individuales, por ejemplo, la suposición del momento cero en el extremo de la superficie de deslizamiento. En tal caso, las fuerzas en los refuerzos se reducen lo menos posible (para los valores más altos aceptables) por lo que el método converge y alcanza resultados aceptables. Los valores reducidos de fuerzas se escriben como parte de los resultados del análisis de estabilidad. Sin embargo, en caso de no reducción de estas fuerzas no se incluyen en el conjunto final de resultados.

Final de refuerzos

El montaje de refuerzo se asume en el programa ya sea como **fijo** o **libre**. Si la pendiente con refuerzo falla una de las siguientes fallas de refuerzos puede aparecer en las figuras siguientes. Si el refuerzo en su punto de partida frente de la superficie de deslizamiento es fijo (por ejemplo fijado en el revestimiento de estructura) se impide el tercer tipo de fallo - retirando el refuerzo delantera de la superficie de deslizamiento. El tipo de fallo 1 y 2 siempre se verifica en el análisis, el tipo de fallo 3 sólo se verifica para refuerzos que tienen puntos de extremo libre que permiten este tipo de fallo .

Nuevo refuerzo

Datos del refuerzo

Punto a la izquierda : $x = 34,31$ [m]
 $z = 126,94$ [m]

Punto a la derecha : $x = 53,77$ [m]
 $z = 126,94$ [m]

Longitud : $L = 19,46$ [m]

☒ Extender a izquierda ☒ Extender a derecha

Resistencia a la tensión : $R_t = 15$ [kN/m]

Análisis :

Coefficiente de interacción : $C = 0,80$ [-]

Fin del refuerzo :

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro "Nuevo refuerzo" - entrada de fin de refuerzo



Quiebre de refuerzo - tipo de fallo 1



Retirada del refuerzo detrás de la superficie de deslizamiento - tipo de fallo 2

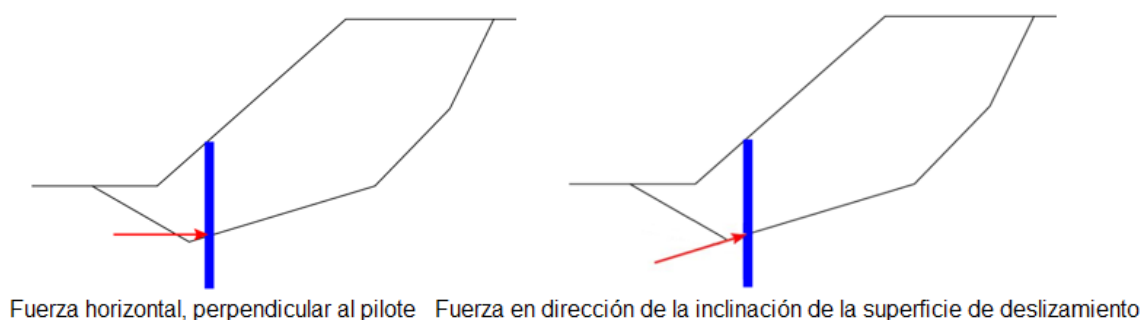


Retirada del refuerzo en frente a la superficie de deslizamiento - tipo de fallo 3

Pilote Anti-Deslizante

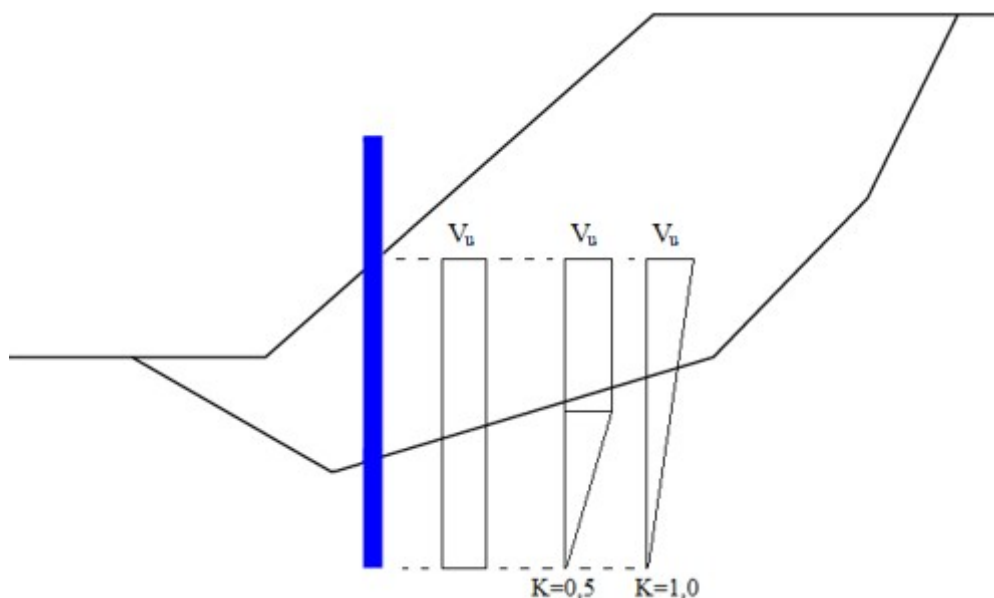
Los Pilote Anti-Deslizantes son elementos estructurales verticales, que aumentan la estabilidad de taludes. Si el Pilote Anti-Deslizante se cruza en la superficie de deslizamiento evaluada, entonces, para el cálculo del factor de seguridad se debe ingresar la fuerza pasiva (resistencia) P que corresponde a la capacidad portante del pilote V_u . Este paso se lleva a cabo por el mayor valor de factor de seguridad SF .

Se asume que el **pilote es siempre vertical**. La fuerza pasiva (resistencia) P en el punto de intersección con la superficie de deslizamiento está considerarse tanto en la dirección horizontal o en una dirección que corresponde a la inclinación de la superficie de deslizamiento en esa ubicación.



Presentación de la dirección de fuerza pasiva (resistencia)

El valor de la fuerza pasiva (resistencia) P siempre se determinará a 1 *rm* de ancho de la pendiente con respecto al espacio entre pilotes. La capacidad portante del pilote V_u se puede especificar como ya sea con un **valor constante** a lo largo de la longitud del pilote o **aumentando linealmente** alejándose de la base del pilote hacia arriba.



Distribución constante y lineal de la capacidad portante V_u a lo largo de la longitud del pilote

El aumento lineal de la capacidad portante del pilote se describe por la gradiente de K , que es la relación de la longitud del pilote, en el cual la capacidad portante última V_u se consigue debido a la longitud del pilote por debajo de la superficie del suelo. Si el valor del gradiente K se aproxima a cero, la distribución lineal de la capacidad portante V_u está cerca de distribución constante.

El programa determina también las **fuerzas activas y pasivas** que actúan en pilotes anti-deslizantes sobre la superficie de deslizamiento y permite enviar datos al programa **Pilote Anti-Deslizante**, Donde otros análisis se puede realizar.

Influencia de sismos

El programa permite calcular la influencia del sismo según las siguientes normas:

- **Análisis estándar**
- **Análisis sísmico según estándares Chinos GB 50111-2006**

- Análisis sísmico según estándares Chinos NB 35047-2015
- Análisis sísmico según estándares Chinos GB 50330-2013
- Análisis sísmico según estándares Chinos JTG B02-2013

La ventaja de los estándares chinos es establecer la intensidad del sismo, según el cual el programa automáticamente asigna valores para el coeficiente K_h apropiado para el standar.

Efecto sísmico

El programa permite calcular efectos de sismos con la ayuda de dos variables:

- Coeficiente de sismo vertical K_v
- Factor de aceleración horizontal K_h

Coeficiente de sismo vertical K_v

El coeficiente de sismo vertical disminuye ($K_v > 0$) o aumenta ($K_v < 0$) el peso unitario del suelo, el agua en el suelo y el material de sobrecarga, multiplicando los valores correspondientes por $1 - K_v$. Es importante notar que el coeficiente K_v puede tomar ambos valores, positivo o negativo, y en el caso de que el coeficiente de aceleración horizontal sea lo suficientemente grande, la pendiente aliviada ($K_v > 0$) es más desfavorable que la sobrecarga.

Factor de aceleración horizontal K_h

En el caso general, cálculo se lleva a cabo asumiendo el valor cero para el factor K_h . Esta constante, sin embargo, puede ser explotada para simular el efecto de sismo configurando el valor distinto a cero. Este valor representa la relación entre la aceleración horizontal y la aceleración gravitatoria. Aumentando el valor K_h resulta en correspondencia la disminución del valor del factor de seguridad SF .

El coeficiente de aceleración horizontal introduce en el análisis una fuerza horizontal adicional actuando en el centro de gravedad del bloque respectivo a la magnitud $K_h \cdot W_i$, donde W_i es el peso total del bloque incluyendo el componente material del talud de sobrecarga.

La siguiente tabla muestra los valores del factor K_h que corresponde a los distintos grados de sismos basados en la escala M-C-S.

Grados M-C-S	Aceleración horizontal			Factor de aceleración horizontal	
(MSK-64)	$[mm/s^2]$			K_h	
1	0,0	- 2,5		0,0	- 0,00025
2	2,5	- 5,0		0,00025	- 0,0005
3	5,0	- 10,0		0,0005	- 0,001
4	10,0	- 25,0		0,001	- 0,0025
5	25,0	- 50,0		0,0025	- 0,005
6	50,0	- 100,0		0,005	- 0,01

7	100,0	- 250,0		0,01	- 0,025
8	250,0	- 500,0		0,025	- 0,05
9	500,0	- 1000,0		0,05	- 0,1
10	1000,0	- 2500,0		0,1	- 0,25
11	2500,0	- 5000,0		0,25	- 0,5
12		>5000,0			> 0,5

Earthquake Analysis According to GB 50111-2006

Earthquake effects are in stability analysis represented by horizontal and vertical forces acting at the centers of gravity of individual soil blocks. Magnitude of these forces is related to the weight of soil blocks and is calculated using horizontal and vertical earthquake coefficients. Horizontal earthquake force is always oriented out from the slope massif. Vertical force can be directed upwards or downwards, the orientation is defined by the sign of the force.

Horizontal earthquake force E_{hs} is given by formula:

$$E_{hs} = C_i C_z K_h G_s$$

and vertical earthquake force E_{vs} is determined by:

$$E_{vs} = C_0 C_i C_z K_v G_s$$

where: C_i - importance coefficient for seismic design
 C_z - comprehensive influence factor
 C_0 - meeting coefficient related to the influence of horizontal seismic effect
 K_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
 K_v - coefficient of vertical seismic acceleration
 G_s - weight of the soil block

Earthquake Analysis According to NB 35047-2015

Earthquake effects are in stability analysis represented by horizontal and vertical forces acting at the centers of gravity of individual soil blocks. Magnitude of these forces is related to the weight of soil blocks and is calculated using horizontal and vertical earthquake coefficients. Earthquake coefficients are depended on position gravity center of each block. Therefore the coefficients have individual and different values for each one of soil blocks. Horizontal earthquake force is always oriented out from the slope massif. Vertical force can be directed upwards or downwards, the orientation is defined by the sign of the force.

Horizontal earthquake force E_{hs} is given by formula:

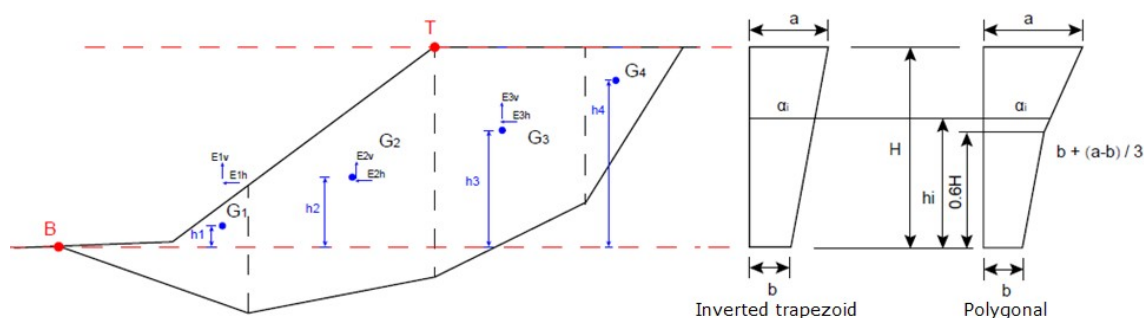
$$E_{hs} = C_i C_z \alpha_i K_h G_s$$

and vertical earthquake force E_{vs} is determined by:

$$E_{vs} = C_0 C_i C_z \alpha_i K_v G_s$$

- where:
- C_i - importance coefficient for seismic design
 - C_z - comprehensive influence factor
 - C_0 - meeting coefficient related to the influence of horizontal seismic effect
 - K_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
 - K_v - coefficient of vertical seismic acceleration
 - G_s - weight of the soil block
 - α_i - dynamic distribution coefficient of block i

There are two types of dynamic distribution used for determining of α_i value: inverted trapezoid and polygonal. Method for setting α_i value could be seen at Figure.



Determination of dynamic distribution coefficient α_i

Height H of the range of α_i is given by points **B** and **T**. The bottom point **B** is the lowest point of terrain above the slip surface and the top point **T** is the highest point of terrain above the slip surface. G_i denotes gravity center points of individual blocks and E_{ih} , E_{iv} are horizontal and vertical earthquake forces.

Earthquake Analysis According to GB 50330-2013

Earthquake effects in stability analysis are represented by horizontal and vertical forces acting at the centers of gravity of individual soil blocks. Magnitude of these forces is related to the weight of soil blocks and is calculated using horizontal and vertical earthquake coefficients. Horizontal earthquake force is always oriented out from the slope mass. Vertical force can be directed upwards or downwards, the orientation is defined by the sign of the force.

Horizontal earthquake force E_{hs} is given by formula:

$$E_{hs} = C_i a_w G_s$$

and vertical earthquake force E_{vs} is determined by:

$$E_{vs} = C_i a_g G_s$$

- where:
- C_i - importance coefficient for seismic design
 - a_w - complex factor of horizontal acceleration
 - a_g - complex factor of vertical acceleration

G_s - weight of the soil block

Earthquake Analysis According to JTG B02-2013

Earthquake effects in stability analysis are represented by horizontal and vertical forces acting at the centers of gravity of individual soil blocks. Magnitude of these forces is related to the weight of soil blocks and is calculated using horizontal and vertical earthquake coefficients. Earthquake coefficients are dependent on position gravity center of each block. Therefore the coefficients have individual and different values for each one of soil blocks. Horizontal earthquake force is always oriented out from the slope massif. Vertical force can be directed upwards or downwards, the orientation is defined by the sign of the force.

Horizontal earthquake force E_{hs} is given by formula:

$$E_{hs} = C_i C_z \psi_i K_h G_s$$

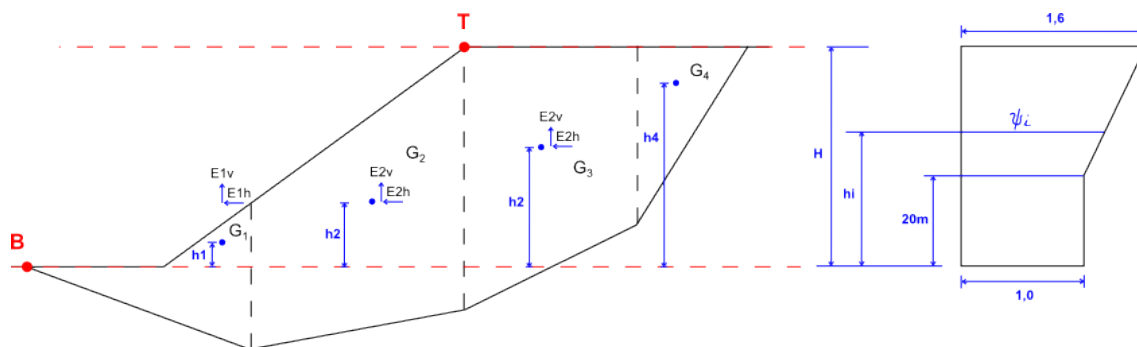
and vertical earthquake force E_{vs} is determined by:

$$E_{vs} = C_i C_z K_v G_s$$

where:

- C_i - importance coefficient for seismic design
- C_z - comprehensive influence factor
- K_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
- K_v - coefficient of vertical seismic acceleration
- G_s - weight of the soil block
- ψ_i - dynamic distribution coefficient of block i

Method for setting ψ_i value could be seen at Figure.



Determination of dynamic distribution coefficient ψ_i

Height H of the range of ψ_i is given by points **B** and **T**. The bottom point **B** is the lowest point of terrain above the slip surface and the top point **T** is the highest point of terrain above the slip surface. G_i denotes gravity center points of individual blocks and E_{ih} , E_{iv} are horizontal and vertical earthquake forces.

Verificación según EN 1997

Cuando realizamos el análisis de verificación según EN 1997 la elección del enfoque de diseño y los factores parciales son importantes. Las fuerzas y cargas son reducidas en todos los enfoques de diseño.

El valor de la utilización de la capacidad V_u es calculado y luego comparado con un 100% . El valor de la utilización de la capacidad es determinado por:

$$V_u = \frac{M_a}{M_p} 100\% < 100\%$$

Donde: M_a - Momento de deslizamiento

M_p - Momento de resistencia

In case of **design approach 2** the resisting moment M_p is determined from non-reduced soil parameters but considering the reduction of resistance on the slip surface using the coefficient γ_{Rs} .

En el caso del **enfoque de diseño 1** y **enfoque de diseño 3** el programa reduce los parámetros de fuerzas del suelo (ángulo de fricción interna y cohesión).

Análisis según la teoría de los estados límite / factor de seguridad

Los parámetros de verificación son ingresados en la solapa "**Análisis de estabilidad**". La estructura puede ser verificada según el **factor de seguridad** o la teoría de los **estados límite**.

La verificación del análisis se puede llevar a cabo con la **teoría de los estados límites**:

Parámetros de suelo (ángulo de fricción interna, cohesión) son es éste caso **reducidos utilizando los coeficientes de diseño** introducidos en la solapa "**Análisis de estabilidad**".

El valor de utilización V_u es calculado y luego comparado con el valor de 100% . El valor de utilización viene dado por:

$$V_u = \frac{M_a}{M_p} 100\% < 100\%$$

Donde: M_a - Momento de deslizamiento

M_p - Momento de resistencia

The resisting moment M_p is determined considering the reduction with the help of overall stability of structure γ_s .

La verificación utilizando el **factor de seguridad**:

$$\frac{M_p}{M_a} > SF_s$$

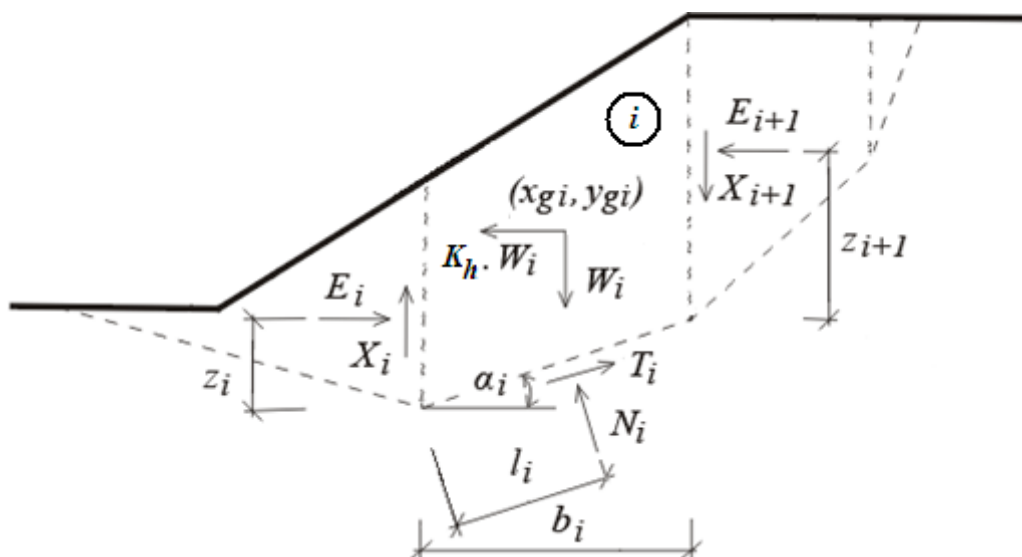
Donde: M_a - Momento de deslizamiento

M_p - Momento de resistencia

SF_s - Factor de seguridad

Superficie de deslizamiento poligonal

La solución al problema de estabilidad de taludes que adopta una superficie de deslizamiento poligonal, se basa en la determinación de los estados límites de las fuerzas actuando en el cuerpo del suelo sobre la superficie de deslizamiento. Para introducir estas fuerzas por encima de la superficie de deslizamiento se subdivide en bloques de división de planos. Normalmente, estos planos son asumidos como verticales, pero no es una condición obligatoria, ejemplo: El método Sarma considera generalmente **planos inclinados**.



Esquema estático de bloque

La figura muestra fuerzas actuando en bloques de suelos individuales. Si la región sobre la superficie de deslizamiento se divide en bloques, entonces para la evaluación de incógnitas que se tienen: n fuerzas normal N_i actuando en segmentos individuales y las correspondientes n fuerzas de corte T_i ; $n-1$ fuerzas normal entre bloques E_i y las correspondientes $n-1$ fuerzas de corte X_i ; $n-1$ valores de z_i representando los puntos de aplicación de fuerzas E_i , n valores de l_i representando los puntos de aplicación de fuerzas N_i un valor de factor de seguridad SF . Las fuerzas X_i pueden ser remplazadas en algunos métodos por los valores de inclinación de las fuerzas E_i .

El siguiente conjunto de ecuaciones están disponibles para resolver el problema de equilibrio: n ecuaciones de equilibrio horizontales o verticales escritas para bloques individuales, n momentos de equilibrio para bloques individuales, n relaciones entre fuerzas N_i y T_i desarrolladas en bloques de acuerdo a la teoría de Mohr-Coulomb.

En total hay $4n$ ecuaciones para las $6n-2$ incógnitas. Esto sugiere que $2n-2$ incógnitas deben elegir una prioridad. Los métodos individuales se diferencian uno del otro por la forma en la que estos valores son elegidos.

La mayoría de las veces los puntos de aplicación de las fuerzas individuales actuando entre bloques o sus inclinaciones son seleccionadas. Solucionando el problema de equilibrio luego se continúa con un proceso iterativo, donde los valores seleccionados deben permitir satisfacer tanto el equilibrio como la admisibilidad cinemática de la solución obtenida.

El problema permite adoptar una de los siguientes métodos:

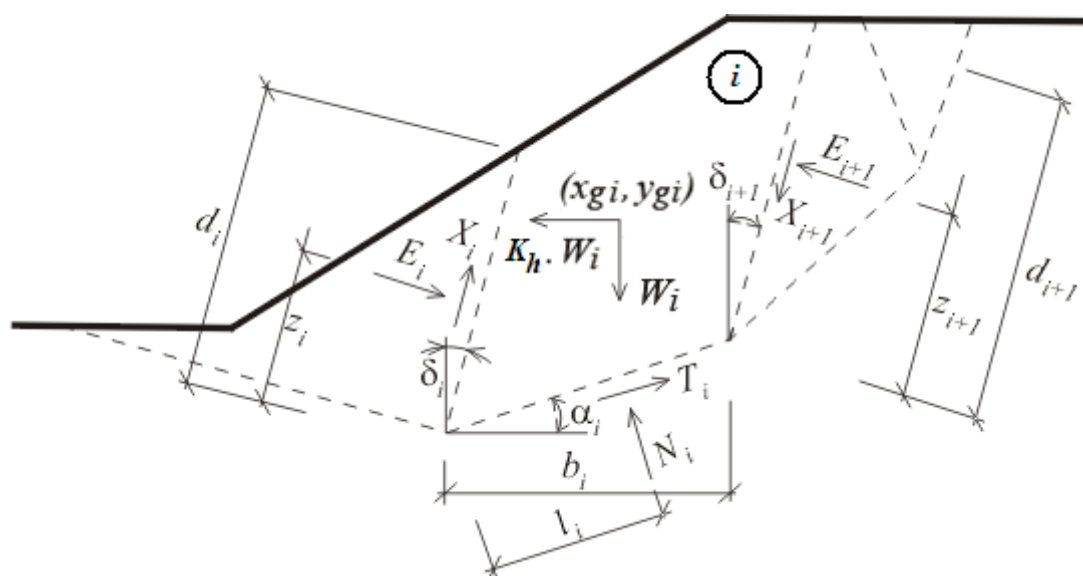
- Sarma
- Spencer

- Janbu
- Morgenstern-Price
- Shahunyants
- ITF

Optimización de la superficie de deslizamiento poligonal busca la superficie mas crítica (el factor de seguridad mas bajo).

Sarma

El método Sarma corresponde a una categoría de métodos generales de estados límites. Basada en completar las fuerzas y las condiciones de momento de equilibrio en bloques individuales. Los bloques son creados dividiendo el suelo en regiones sobre la superficie de deslizamiento potencial, la cual puede en general, experimentar **diferentes inclinaciones**. Las fuerzas actuando en bloques individuales se muestran en la figura.



Esquema estático – Método Sarma

Aquí: E_i , X_i representa la fuerza normal y de corte entre bloques. N_i , T_i representa la fuerza normal y de corte en segmentos de superficies de deslizamiento. W_i es el peso del corte $k_i * W_i$ es la fuerza horizontal que se utiliza en el método Sarma para alcanzar el estado límite. Generalmente **sobrecargas** inclinadas pueden ser introducidas en cada bloque. Estas sobrecargas se incluyen en el análisis junto con la sobrecarga debido al agua teniendo el nivel freático por encima del terreno y con fuerzas en **anclajes**. Todas esas fuerzas son proyectadas a lo largo de las direcciones horizontales y verticales, las cuales luego se resumen en F_{xi} y F_{yi} .

K_h es una constante llamada Factor de **aceleración horizontal** y se ingresa en el análisis con el fin de satisfacer el equilibrio de los bloques individuales. Existe una relación entre K_h y el factor de estabilidad de talud SF que permite el cálculo del factor de seguridad. En circunstancias normales el análisis continúa con el valor de K_h igual a cero. Un valor de K_h no nulo se utiliza para simular una sobrecarga horizontal, ejemplo: Debido a sismo (vea debajo).

Proceso de análisis

Cálculo de límites de equilibrio

El cálculo de los límites de equilibrio requiere de una solución de $6n - 1$ incógnitas, donde n números se mantienen para bloques de regiones de suelos sobre la superficie de deslizamiento potencial. Estas son:

Donde:

- E_i - Fuerza desarrollada entre bloques
- N_i - Fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento
- T_i - Fuerza de corte actuando en la superficie de deslizamiento
- X_i - Fuerza de corte desarrollada entre bloques
- z_i - Ubicación de los puntos de las aplicaciones de las fuerzas
- l_i - Ubicación de los puntos de las aplicaciones de las fuerzas
- K_h - factor horizontal de aceleración

$5n-1$ ecuaciones están disponibles para las incógnitas requeridas. En particular, se tiene:

a) Ecuaciones de fuerzas horizontales de equilibrio en bloques:

$$T_i \cdot \cos \alpha_i - N_i \cdot \sin \alpha_i = K_h W_i - Fx_i + X_{i+1} \cdot \sin \delta_i - X_i \cdot \sin \delta_i + E_{i+1} \cdot \cos \delta_i - E_i \cdot \cos \delta_i$$

b) Ecuaciones de fuerzas verticales de equilibrio en bloques:

$$N_i \cdot \cos \alpha_i - T_i \cdot \sin \alpha_i = W_i - Fy_i + X_{i+1} \cdot \cos \delta_i - X_i \cdot \cos \delta_i - E_{i+1} \cdot \sin \delta_i + E_i \cdot \sin \delta_i$$

c) Ecuaciones de momento de equilibrio en bloques:

$$N_i \cdot l_i - X_{i+1} \cdot b_i \sec \alpha_i \cdot \cos(\alpha_i + \delta_{i+1}) + E_{i+1} [z_{i+1} + b_i \sec \alpha_i \cdot \sin(\alpha_i + \delta_{i+1})] - E_i \cdot z_i - W_i \cdot (x_{gi} - x_i) + K_h W_i \cdot (y_{gi} - y_i) - Fx_i \cdot rx_i + Fy_i \cdot ry_i = 0$$

Donde rx_i y ry_i son los brazos de las fuerzas Fx_i y Fy_i .

d) Relación entre la fuerza normal y la fuerza de corte de acuerdo a la teoría de Mohr-Coulomb:

$$T_i = (N_i - U_i) \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i \cdot \sec \alpha_i$$

$$X_i = (E_i - PW_i) \cdot \tan \bar{\varphi}_i + \bar{c}_i \cdot d_i$$

Donde:

- PW_i - Fuerza resultante de presión de poros en planos divisorios.
- $\bar{\varphi}_i$ - Valor promedio del ángulo de fricción interno en planos divisorios.
- \bar{c}_i - Valor promedio de cohesión en planos divisorios.

Es evidente que: $n-1$ debe ser seleccionada una prioridad. Pequeños errores relativos se reciben cuando estimamos puntos de aplicación de fuerzas E_i . El problema entonces de vuelve estáticamente determinado. Resolviendo el sistema de ecuaciones resultante, finalmente se provee el valor de las restantes incógnitas. El principal resultado de este análisis es la determinación del factor de aceleración horizontal k .

Cálculo de factor de estabilidad de talud SF

El factor de estabilidad de talud SF se introduce en el análisis como para reducir los parámetros de resistencia del suelo c y $tg\varphi$. El análisis de equilibrio se realiza luego por parámetros reducidos a llegar al factor de aceleración horizontal pertinente K_h a un determinado factor de estabilidad de talud SF . Esta iteración se repite hasta que el factor K_h

llega a cero o a algún valor específico.

Influencia de cargas externas

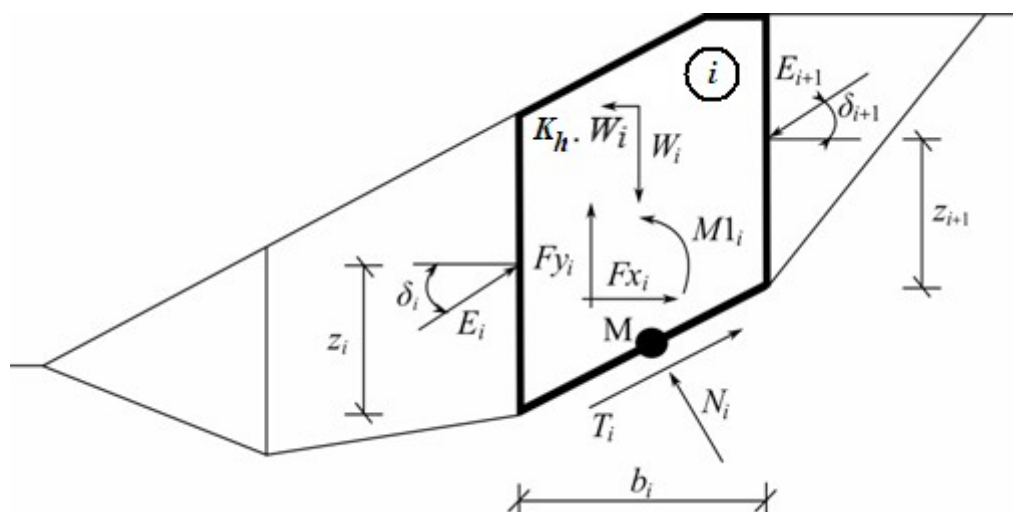
El talud analizado puede ser cargado en su tierra por una carga inclinada que tiene una forma general trapezoidal. Estas caras introducen en el análisis material componentes verticales (si se tiene la dirección del peso) se agrega al peso correspondiente al bloque. Este resultado cambia ambos, el peso del corte y el centro de gravedad. Proporcionando la componente vertical que actúa contra la dirección de la gravedad se agrega a la fuerza F_{yi} . La componente horizontal se agrega a la fuerza F_{xi} .

Bibliografía:

Sarma, S. K.: *Stability analysis of embankments and slopes*, Géotechnique 23, 423–433, 1973.

Spencer

El método de Spencer es un método general de cortes basándose en el equilibrio límite. Se requiere satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales. El bloque es creado mediante la división del suelo sobre la superficie de deslizamiento dividiendo planos. Las fuerzas actuando en bloques individuales se muestran en la siguiente figura:



Esquema estático – Método Spencer

Cada bloque asume una contribución debido a las siguientes fuerzas:

- W_i - Peso del bloque, incluyendo material de sobrecarga que tenga el carácter del peso incluyendo la **influencia del coeficiente vertical de sismo K_v**
- $K_h * W_i$ - Fuerza de inercia horizontal representando el efecto del sismo K_h , **es factor de aceleración horizontal durante el sismo**
- N_i - Fuerza Normal actuando en la superficie de deslizamiento
- T_i - Fuerza de corte actuando en la superficie de deslizamiento
- E_i, E_{i+1} - Fuerza ejercidas por bloques vecinos, inclinados desde el plano horizontal por el ángulo δ
- F_{xi}, F_{yi} - Otra fuerza horizontal y vertical actuando en el bloque
- M_{li} - Momento de Fuerzas F_{xi}, F_{yi} rotando alrededor del punto M , el cual es el centro del

segmento de la superficie de deslizamiento i^{th}

U_i - Presión de poro resultante en el segmento de la superficie de deslizamiento i^{th}

Las siguientes suposiciones se introducen en el método de Spencer para calcular el equilibrio límite de fuerzas y momento de bloques individuales:

- La división de los planos entre bloques son siempre verticales
- La línea de acción del peso del corte W_i pasa a través del centro del segmento de la superficie de deslizamiento por el punto M
- La fuerza normal N_i está activa en el centro del segmento i^{th} segmento de la superficie de deslizamiento, en el punto M
- La inclinación de fuerzas E_i actuando entre bloques es constante para todos los bloques y es igual δ , solo en el punto final de la superficie de deslizamiento es $\delta = 0$

La solución adopta las siguientes expresiones

$$N_i = N'_i + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N'_i + U_i - W_i \cos \alpha_i + k_h W_i \sin \alpha_i + F y_i \cos \alpha_i - F x_i \sin \alpha_i + E_{i+1} \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (3)$$

$$N'_i \frac{\tan \varphi_i}{SF} + \frac{c_i}{SF} \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \sin \alpha_i - k_h W_i \cos \alpha_i + F y_i \sin \alpha_i + F x_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (4)$$

$$E_{i+1} \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \sin \delta_{i+1} \frac{b_i}{2} - E_i \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \sin \delta_i \frac{b_i}{2} + M 1_i - k_h W_i (y_M - y_{gi}) = 0 \quad (5)$$

Donde: φ_i - ángulo de fricción interna del suelo en el segmento de la superficie de deslizamiento

c_i - cohesión del suelo en el segmento de la superficie de deslizamiento

α_i - inclinación del segmento de la superficie de deslizamiento

Representación de ecuaciones:

(1) la relación entre valores **efectivos y totales** de la fuerza Normal actuando en la superficie de deslizamiento.

(2) corresponde a las condiciones de Mohr-Coulomb representando la relación entre la fuerza normal y la fuerza de corte de un segmento determinado de la superficie de deslizamiento.

(3) la ecuación de la fuerza de equilibrio en dirección normal al segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento

(4) equilibrio a lo largo del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento. SF es el factor de seguridad, el cual se utiliza para reducir los parámetros de suelo.

(5) Para la ecuación del momento de equilibrio del punto **M**. Donde y_{gi} es la coordenada vertical del punto de aplicación del peso del bloque y y_M es la coordenada vertical del punto **M**. Las ecuaciones modificadas (3) y (4) proveen la siguiente fórmula recursiva:

$$E_{i+1} = \frac{[(W_i - Fy_i)\cos\alpha_i - (K_h W_i - Fx_i)\sin\alpha_i - U_i + E_i \sin(\alpha_i - \delta_i)] \frac{\tan\phi_i}{SF} + \frac{c_i}{SF} \frac{b_i}{\cos\alpha_i} - (W_i - Fy_i)\sin\alpha_i - (K_h W_i - Fx_i)\cos\alpha_i + E_i \cos(\alpha_i - \delta_i)}{\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \frac{\tan\phi_i}{SF} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})}$$

Esta fórmula permite calcular las fuerzas E_i actuando entre bloques de valores dados de δ_i y SF . Esta solución asume que en una superficie plana el valor de E se conoce como $E_I = 0$.

Otra fórmula recursiva se deriva de la ecuación del momento de equilibrio (5) como:

$$z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} [E_{i+1}(\sin\delta_{i+1} - \cos\delta_{i+1} \tan\alpha_i) + E_i(\sin\delta_i - \cos\delta_i \tan\alpha_i)] + E_i z_i \cos\delta_i - M1_i + K_h W_i (y_M - y_{gi})}{E_{i+1} \cos\delta_{i+1}}$$

Esta fórmula permite el cálculo para un valor dado de δ todos los brazos z de fuerzas actuando entre bloques, conociendo el valor a la izquierda de una superficie de deslizamiento original, donde $z_I = 0$.

El factor de seguridad SF se determina empleando el siguiente proceso de iteración:

1. El valor inicial de δ se asigna a cero $\delta = 0$.
2. El factor de seguridad SF para un valor determinado de δ sigue la siguiente ecuación (6), mientras se asume el valor $E_{n+1} = 0$ de al final de la superficie de deslizamiento.
3. El valor de δ es proporcionado por la ecuación (7) utilizando el valor de E determinado en el paso anterior con el requisito de tener el momento del último bloque igual a cero. La ecuación (7) no proporciona el valor de z_{n+1} ya que ésta es igual a cero. Para éste valor se debe satisfacer la ecuación del momento de equilibrio (5).
4. Se repiten los paso 2 y 3 hasta que el valor de δ se mantenga estable y no cambie.

Para que el proceso de iteración sea estable es necesario evitar soluciones inestables. Estas inestabilidades se producen en puntos donde la división por cero en expresiones (6) y (7) toma lugar. En la ecuación (7), la división por cero se encuentra para $\delta = \pi/2$ o $\delta = -\pi/2$. Por lo tanto, el valor del ángulo δ debe ser localizado dentro del intervalo $(-\pi/2 ; \pi/2)$.

En la ecuación (6), la división por cero se presenta cuando:

$$SF = \tan\phi_i \tan(\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Otro control para prevenir la inestabilidad numérica es verificar el parámetro m_α

– se debe satisfacer la siguiente condición:

$$m_\alpha = \cos\alpha_i + \frac{\sin\alpha_i \tan\phi_i}{SF} > 0,2$$

Por lo tanto, antes de ejecutar la iteración es necesario encontrar el valor mas alto SF_{min} que satisfaga las condiciones antes mencionadas. Los valores por debajo del valor crítico SF_{min} se encuentran en un área de soluciones inestables, por lo tanto se comienza con la iteración configurando SF a un valor "justo" por encima de SF_{min} y todos los valores SF resultantes del proceso de iteración son mayores a SF_{min} .

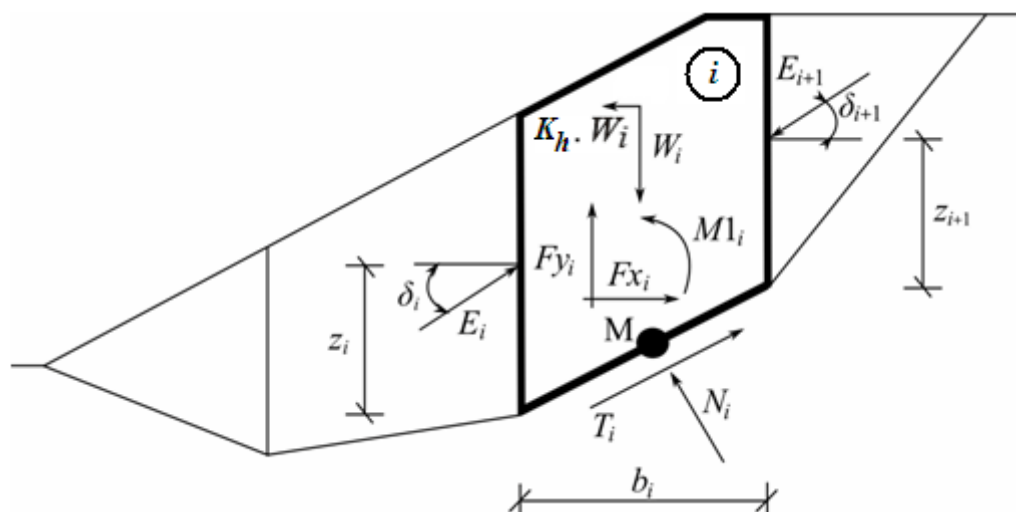
Generalmente los métodos rigurosos convergen mejor que los métodos simples (Bishop, Fellenius). Ejemplos con problemas convergentes incluyen dos secciones de superficie de deslizamiento empinada, geometría compleja, salto significativo en sobrecargas etc. Si no se obtiene resultado, recomendamos un pequeño cambio en los datos de entrada, ejemplo: superficie de deslizamiento menos empinada, ingreso de más puntos dentro de la superficie de deslizamiento, etc. o utilizar alguno de los métodos simples.

Bibliografía:

Spencer, E. 1967. *A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces*. *Géotechnique*, 17(1): 11–26.

Janbu

El método Janbu es un método general de cortes realizados en la base del equilibrio límite. Debe satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales (El único que no se satisface es el momento de equilibrio en el último bloque superior). Los bloques son creados dividiendo el suelo sobre la superficie terrestre dividiendo planos. Las fuerzas actuando en bloques individuales se muestran en la siguiente figura.



Esquema estático – Método Janbu

Cada bloque se asume para contribuir a las siguientes fuerzas:

- W_i - Peso del bloque, incluyendo material de sobrecarga que tenga el carácter del peso incluyendo la **influencia del coeficiente vertical de sismo** K_v
- $K_h \cdot W_i$ - Fuerza de inercia horizontal que representa el efecto del sismo K_h , **es el factor de la aceleración horizontal durante el sismo**
- N_i - Fuerza normal en la superficie de deslizamiento
- T_i - Fuerza de corte en la superficie de deslizamiento
- E_i, E_{i+1} - Fuerzas ejercidas por cuerpos vecinos, inclinadas desde el plano horizontal por el ángulo δ_i , resp. δ_{i+1} , y yacen a la altura z_i , resp. z_{i+1} , sobre la superficie de deslizamiento
- F_{xi}, F_{yi} - Otras fuerzas horizontales y verticales actuando en el bloque
- M_i - Momento desde las fuerzas F_{xi}, F_{yi} rotando sobre un punto **M**, el cuál es el centro del

segmento de la superficie i^{th}

U_i - Presión de poro resultante en el segmento de la superficie i^{th}

Los siguientes supuestos se introducen en el método Janbu para calcular el límite de equilibrio de las fuerzas y momento de los bloques individuales:

- Los planos divididos entre bloques son siempre verticales
- La línea de acción de peso del bloque W_i pasa por el centro del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento representada por el punto **M**
- La fuerza normal N_i actúa en el centro del segmento i -th de la superficie de deslizamiento, en el punto **M**
- La posición z_i de la fuerza E_i actuando entre bloques, se asume en la superficie de deslizamiento en el punto extremo como $z = 0$

La elección de la posición z_i puede ser una influencia significativa en la convergencia del método. Si se toma una mala suposición de la posición z_i para una superficie dada, puede ser imposible satisfacer las condiciones de equilibrio (el algoritmo puede no converger). Las alturas z_i sobre la superficie de deslizamiento se establecen aproximadamente a un tercio de la altura de la interfaz entre bloques. En caso de que no se satisfagan el algoritmo de condiciones de equilibrio, cambiar la altura a una posición diferente, ejemplo: ligeramente superior en la posición pasiva, cerca de la punta, mas bajo en la zona activa, cerca de la cresta de la pendiente.

La solución adopta la siguiente expresión:

$$N_i = N'_i + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N'_i + U_i - W_i \cdot \cos \alpha_i + K_h \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i + Fy_i \cdot \cos \alpha_i - Fx_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (3)$$

$$E_{i+1} \cdot \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$N'_i \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \cdot \sin \alpha_i - K_h \cdot W_i \cdot \cos \alpha_i + Fy_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (4)$$

$$Fx_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cdot \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$\begin{aligned}
 & E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \cdot \sin \delta_{i+1} \cdot \frac{b_i}{2} - \\
 & E_i \cdot \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \cdot \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} + \\
 & M1_i - K_h \cdot W_i (y_M - y_{gi}) = 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

Ecuación (1) representa la relación entre los valores de la tensión **efectiva y total** de la fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento. Ecuación (2) corresponde a las condiciones Mohr-Coulomb representando la relación entre la fuerza normal y la fuerza de corte en un segmento dado de la superficie de deslizamiento. Ecuación (3) representa la ecuación de la fuerza de equilibrio en dirección a la normal al segmento i^{th} en la superficie de deslizamiento. Mientras que la ecuación (4) representa el equilibrio a lo largo del segmento i -th en la superficie de deslizamiento. SF es el factor de seguridad, el cual es utilizado para reducir los parámetros del suelo. Ecuación (5) corresponde a la ecuación de momento de equilibrio sobre el punto **M**, donde y_{gi} es la coordenada vertical en el punto de aplicación del peso del bloque y y_M es la coordenada vertical del punto **M**.

Modificando la fuerza de equilibrio de la ecuación (3) y (4) se obtiene la siguiente fórmula recursiva (6):

$$\begin{aligned}
 E_{i+1} = & \frac{\left[(W_i - Fy_i) \cdot \cos \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \sin \alpha_i - U_i + E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) \right] \cdot \frac{\tan \phi_i}{FS} +}{\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \cdot \frac{\tan \phi_i}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})} \\
 & + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - (W_i - Fy_i) \cdot \sin \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \cos \alpha_i + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i)
 \end{aligned} \tag{6}$$

Esta fórmula permite calcular todas las fuerzas E_i actuando entre los bloques para un valor dado de δ_i y SF . Esta solución asume que en el origen de la superficie de deslizamiento el valor E es conocido e igual a $E_i = 0$.

La fórmula para calcular los ángulos δ_i (7) proviene de la ecuación de equilibrio (5) como:

$$\delta_{i+1} = \arctan \left(\frac{2 \cdot z_{i+1}}{b_i} + \tan \alpha_i \right) - \arcsin \frac{E_i \left(\cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i \cdot \tan \alpha_i}{2} \right) + \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} \right) - M1_i}{E_{i+1} \sqrt{\left(z_{i+1} + \frac{b_i \cdot \tan \alpha_i}{2} \right)^2 + \left(\frac{b_i}{2} \right)^2}} \tag{7}$$

Esta fórmula permite el cálculo para un valor dado de δ todos los brazos de z de fuerzas actuando entre bloques, conociendo el valor izquierdo en una superficie de deslizamiento

original, donde $ZI = 0$.

El factor de seguridad SF es determinado empleando el siguiente proceso de interacción:

1. Los valores iniciales de los ángulos se establecen como $\delta_i = 0$ y las posiciones z_i aproximadamente a un tercio de la altura de la interfaz.
2. El factor de seguridad SF para un valor de δ_i dado, surge de la ecuación (6), mientras se asume el valor de $E_{n+1} = 0$ en el extremo de la superficie de deslizamiento.
3. Los valores de δ_i son proporcionados por la ecuación (7) utilizando los valores de E_i determinados en el paso previo.
4. Los pasos 2 y 3 se repiten hasta que el valor de SF no cambia.

Es necesario evitar las soluciones inestables para que el proceso de iteración sea exitoso. Estas inestabilidades ocurren cuando toma lugar la división por cero en la expresión (6) ejemplo:

$$FS = \tan \varphi_i \cdot \tan (\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Otra comprobación para prevenir inestabilidad numérica es la verificación de parámetros m_α – se satisface siguiendo las siguiente condición.

$$m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} > 0,2$$

Por lo tanto, antes de ejecutar la iteración es necesario encontrar el valor crítico mas alto de SF_{min} que satisfaga las condiciones antes mencionadas. Los valores por debajo de éste valor crítico SF_{min} se encuentran en un área de solución inestable, por lo que la iteración comienza estableciendo SF a un valor por encima de SF_{min} y todos los valores resultantes de SF de las iteraciones ejecutadas son mayores a SF_{min} .

Generalmente los métodos rigurosos convergen mejor que los métodos simples (Bishop, Fellenius). Ejemplos con problemas convergentes incluyen dos secciones de superficie de deslizamiento empinada, geometría compleja, salto significativo en sobrecargas etc. Si no se obtiene resultado, recomendamos un pequeño cambio en los datos de entrada, ejemplo: superficie de deslizamiento menos empinada, ingreso de más puntos dentro de la superficie de deslizamiento, etc. o utilizar alguno de los métodos simples.

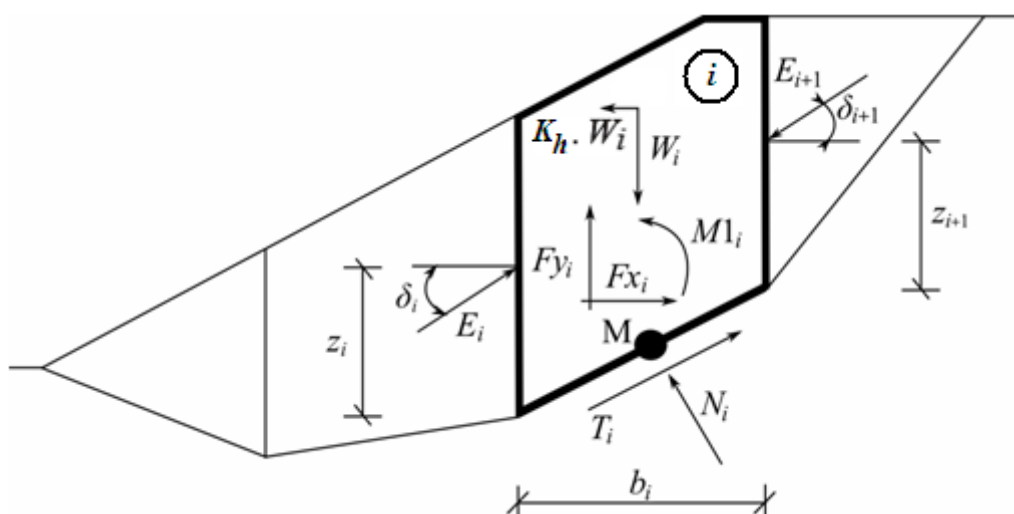
Bibliografía:

Janbu, N. 1954. *Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis*. European Conference on Stability Analysis, Stockholm, Sweden.

Janbu, N. 1973. *Slope Stability Computations*. Embankment Dam Engineering - Casagrande Volume, R.C. Hirschfeld and S.J. Poulos, eds., John Wiley and Sons, New York, pp 47-86.

Morgenstern-Price

El método Morgenstern-Price es un método general de cortes realizados en la base del equilibrio límite. Debe satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos actuando en bloques individuales. Los bloques son creados dividiendo el suelo sobre la superficie terrestre dividiendo planos. Las fuerzas actuando en bloques individuales se muestran en la siguiente figura.

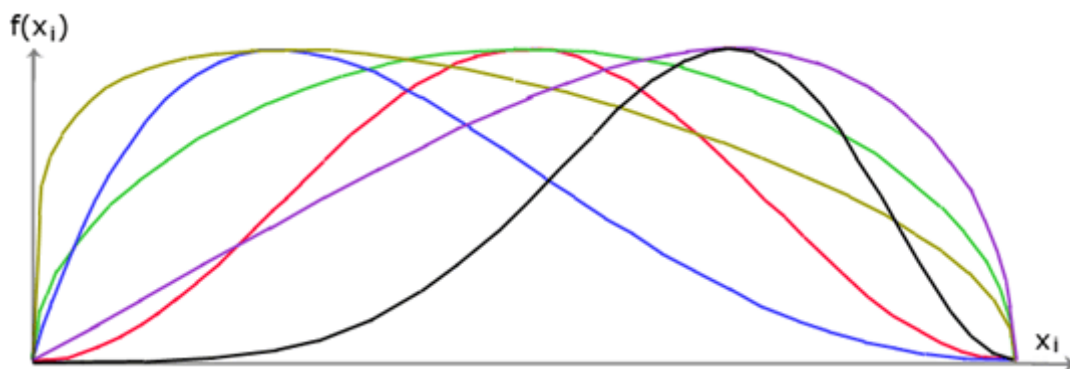


Esquema estático – Método Morgenstern-Price

Cada bloque se asume para contribuir a la misma fuerza como en el método **Spencer**. Los siguientes supuestos se introducen en el método Morgenstern-Price para calcular el equilibrio límite de las fuerzas y momento de los bloques individuales:

- Los planos divididos entre bloques son siempre verticales
- La línea de acción de peso del bloque W_i pasa por el centro del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento representada por el punto **M**
- La fuerza normal N_i actúa en el centro del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento, en el punto **M**
- La inclinación de las fuerzas E_i que actúan entre los bloques es diferente en cada bloque (δ_i) al punto extremo de la superficie de deslizamiento $\delta = 0$

La única diferencia entre el método **Spencer** y el método Morgenstern-Price se ve en la lista de supuestos superior. La elección de los ángulos de inclinación δ_i de las fuerzas E_i actuando entre los bloques se realiza con la ayuda de la función Half-sine – una de las funciones en la siguiente figura es elegida en forma automática. La elección de la forma de la función tiene una influencia mínima en el resultado final, pero una elección adecuada puede mejorar la convergencia del método. El valor funcional de la función Half-sine $f(x_i)$ en el punto límite x_i multiplicado por el parámetro λ da como resultado el valor de la inclinación del ángulo δ_i .



Función Half-sine

La solución adopta la expresión (1) – (5), mostrando el **método Spencer**, es decir:

$$N_i = N'_i + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N'_i + U_i - W_i \cdot \cos \alpha_i + K_h \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i + Fy_i \cdot \cos \alpha_i - Fx_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (3)$$

$$E_{i+1} \cdot \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$N'_i \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \cdot \sin \alpha_i - K_h \cdot W_i \cdot \cos \alpha_i + Fy_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (4)$$

$$Fx_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cdot \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \cdot \sin \delta_{i+1} \cdot \frac{b_i}{2} - \quad (5)$$

$$E_i \cdot \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \cdot \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} +$$

$$M1_i - K_h \cdot W_i (y_M - y_{gi}) = 0$$

- (1) Relación entre el valor de la **tensión efectiva y tensión total** de la fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento
- (2) Condición de Mohr-Coulomb representa la relación entre la fuerza normal y la fuerza de corte en un segmento dado de la superficie de deslizamiento (N_i a T_i)
- (3) Fuerza de la ecuación de equilibrio en la dirección normal del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento
- (4) Fuerza de la ecuación de equilibrio a lo largo del segmento i^{th} de la superficie de deslizamiento
- (5) Momento de la ecuación de equilibrio sobre el punto **M**

Modificando las fuerzas de las ecuaciones (3) y (4) se obtiene la siguiente fórmula recursiva:

$$E_{i+1} = \frac{\left[(W_i - Fy_i) \cdot \cos \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \sin \alpha_i - U_i + E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) \right] \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \quad (6)$$

$$\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) \quad)$$

$$+ \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - (W_i - Fy_i) \cdot \sin \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \cos \alpha_i + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i)$$

Esta fórmula permite calcular todas las fuerzas E_i actuando entre los bloques para un valor dado de δ_i y SF . Esta solución asume que en el origen de la superficie de deslizamiento el valor E es conocido e igual a $E_I = 0$.

Adicionalmente la fórmula recursiva (7) sigue la ecuación de momento de equilibrio (5) como:

$$z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} \cdot [E_{i+1}(\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \cdot \tan \alpha_i) + E_i(\sin \delta_i - \cos \delta_i \cdot \tan \alpha_i)] + E_i \cdot z_i \cdot \cos \delta_i - M1_i + K_h W_i \cdot (y_M - y_{gi})}{E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1}} \quad \left(\frac{7}{7} \right)$$

Esta fórmula permite calcular todos los brazos z_i de las fuerzas actuando entre los bloques para un valor dado de δ_i , conociendo el valor del lado izquierdo en el origen de la superficie de deslizamiento, donde $z_I = 0$.

El factor de seguridad SF es determinado empleando el siguiente proceso de interacción:

1. Los valores iniciales de los ángulos δ_i se determinan según la función Half-sine ($\delta_i = \lambda * f(x_i)$).
2. El factor de seguridad SF para los valores dados de δ_i deduce de la ecuación (6), asumiendo el valor de $E_{n+1} = 0$ en el extremo de la superficie de deslizamiento.
3. El valor de δ_i está dado por la ecuación (7) utilizando los valores de E_i determinados en el paso previo con el requisito de tener el momento en el último bloque igual a cero. Los valores funcionales de $f(x_i)$ son los mismos todo el tiempo durante la iteración, solo se itera el parámetro de λ . La ecuación (7) no provee el valor de z_{n+1} ya que éste es igual a cero. Éste valor se satisface con la ecuación de momento de equilibrio (5).
4. El paso 2 y 3 se repiten hasta que el valor de δ_i (parámetro λ) no cambia.

Es necesario evadir las soluciones inestables para que el proceso de iteración sea exitoso. Estas inestabilidades ocurren cuando toma lugar la división por cero en la expresión (6) y (7). En la ecuación (7) dividir por cero se encuentra por $\delta_i = \pi/2$ o $\delta_i = -\pi/2$. Por lo que, el valor del ángulo δ_i debe ser encontrado dentro del intervalo $(-\pi/2 ; \pi/2)$.

La división por cero en la expresión (6) aparece cuando:

$$FS = \tan \varphi_i \cdot \tan(\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Otra comprobación para prevenir inestabilidad numérica es la verificación de parámetros m_α – se satisface siguiendo las siguiente condición.

$$m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} > 0,2$$

Por lo tanto, antes de ejecutar la iteración es necesario encontrar el valor crítico mas alto de SF_{min} que satisfaga las condiciones antes mencionadas. Los valores por debajo de éste valor crítico SF_{min} se encuentran en un área de solución inestable, por lo que la iteración comienza configurando SF a un valor por encima de SF_{min} y todos los valores resultantes de SF de las iteraciones ejecutadas son mayores a SF_{min} .

Generalmente los métodos rigurosos convergen mejor que los métodos simples (Bishop, Fellenius). Ejemplos con problemas convergentes incluyen dos secciones de superficie de deslizamiento empinada, geometría compleja, salto significativo en sobrecargas etc. Si no se obtiene resultado, recomendamos un pequeño cambio en los datos de entrada, ejemplo: superficie de deslizamiento menos empinada, ingreso de más puntos dentro de la superficie de deslizamiento, etc. o utilizar alguno de los métodos simples.

Bibliografía:

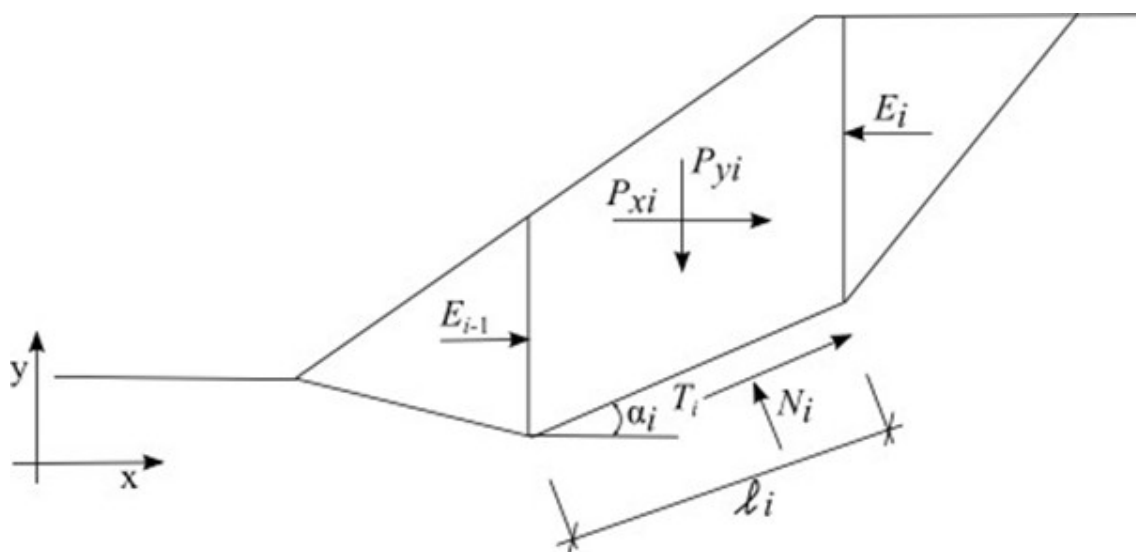
Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1965. *The analysis of the stability of general slip surfaces*. *Géotechnique*, 15(1): 79–93.

Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1967. *A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces*. *Computer Journal*, 9: 388–393.

Zhu, D.Y., Lee, C.F., Qian, Q.H., and Chen, G.R. 2005. *A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern–Price method*. *Canadian Geotechnical Journal*, 42(1): 272–278.

Shahunyants

El método Shahunyants es un método general de capas desarrollado sobre la base de equilibrio límite. Se requiere un equilibrio satisfactorio de las fuerzas y momentos que actúan sobre bloques individuales. Los bloques se crean mediante la división del suelo por encima de la superficie de deslizamiento por los planos de división. Las fuerzas que actúan sobre bloques individuales se muestran en la siguiente figura:



Esquema estático - Método Shahunyants

Cada bloque asume la acción de las siguientes fuerzas:

- Donde:
- P_{yi} - resultante de las fuerzas verticales que actúan sobre un bloque dado (peso del bloque, sobrecarga del bloque, sismos, fuerzas de anclaje, ...)
 - P_{xi} - resultant of horizontal forces on a given block (block surcharge, earthquake, anchor forces, geo-reinforcements, ...) resultante de las fuerzas horizontales en un bloque dado (sobrecarga del bloque, sismos, fuerzas de anclaje, geo-refuerzos, ...)
 - E_{i+1}, E_i - fuerzas desarrolladas entre bloques

N_i	- reaction below the block normal to the slip surface segmentel reacción debajo del bloque normal al segmento de superficie de deslizamiento
T_i	- fuerza de fricción en el segmento de superficie de deslizamiento
α_i	- inclinación del segmento de superficie de deslizamiento
l_i	- longitud del segmento de superficie de deslizamiento

Las siguientes suposiciones adoptan el método Shahunyants para calcular el estado límite en un determinado bloque:

- los planos divisorios entre los bloques son siempre verticales
- pendiente de fuerzas E_i que actúa entre los bloques es igual a cero, las fuerzas actúan horizontalmente

Procedimiento de solución:

Las uerzas P_{yi} y P_{xi} se transforman primero con la ayuda de las expresiones (1) y (2) en las direcciones de las fuerzas T_i y N_i . Para un ángulo α_i positivo (de la misma forma que en el esquema) la fuerza P_{Ni} actúa en la dirección opuesta a N_i , la fuerza P_{Qi} actúa en la dirección opuesta a T_i .

$$P_{Ni} = P_{xi} \sin \alpha_i + P_{yi} \cos \alpha_i$$

(1)

$$P_{Qi} = P_{yi} \sin \alpha_i - P_{xi} \cos \alpha_i$$

(2)

Las fuerzas que actúan a lo largo del segmento de superficie de deslizamiento están relacionadas por:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i$$

(3)

Donde: U_i - Presión de poro en el segmento de la superficie de deslizamiento

La fuerza de las ecuaciones de equilibrio se cumplen en el bloque:

La condición de equilibrio en la dirección normal al segmento de superficie de deslizamiento:

$$N_i = P_{Ni} + E_{i-1} \sin \alpha_i - E_i \sin \alpha_i$$

(4)

La condición de equilibrio en la dirección paralela al segmento de superficie de deslizamiento:

$$T_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i$$

(5)

Ingresando la ecuación. (3) en la ecuación. (5) se obtiene:

$$(N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i$$

(6)

A continuación, sustituyendo la ecuación. (4) en la ecuación. (6) se obtiene:

$$(P_{Ni} + E_{i-1} \sin \alpha_i - E_i \sin \alpha_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i \quad (7)$$

luego de algo de algebra:

$$\begin{aligned} (P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + (E_{i-1} - E_i) \sin \alpha_i \tan \varphi_i + c_i l_i &= P_{Qi} + (E_i - E_{i-1}) \cos \alpha_i \\ (P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} &= (E_i - E_{i-1})(\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \tan \varphi_i) \end{aligned} \quad (8)$$

Explotando la siguiente expresión matemática:

$$\cos \alpha + \sin \alpha \tan \beta = \frac{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\cos \beta} \quad (9)$$

Eq. (8) en la forma:

$$(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} = (E_i - E_{i-1}) \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} \quad (10)$$

Esto puede ser modificado como:

$$(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} + E_{i-1} \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} = E_i \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} \quad (11)$$

para proporcionar la expresión recurrente para las fuerzas E_i que actúan entre bloques como:

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi}] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1} \quad (12)$$

En esta etapa el análisis ingresa en el factor de seguridad K_u . El factor de seguridad es el valor que aportan las fuerzas que actúan sobre bloques individuales de suelo en el estado de los estados límites. Esto se logra multiplicando fuerzas activas, es decir, las fuerzas que contribuyen al deslizamiento de la masa de suelo por encima de la superficie de deslizamiento, por el factor de seguridad. Las fuerzas activas están contenidas en la ecuación (12) por el término P_{Qi} . Este término contiene por un lado las fuerzas activas que contribuyen al deslizamiento y por otro lado las otras fuerzas que se resisten al deslizamiento. Las fuerzas que contribuyen se indican como $P_{Qi, sd}$, mientras que las fuerzas de resistencia como $P_{Qi, ud}$. La Ecuación (12) se convierte en:

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - K_u P_{Qi, sd} - P_{Qi, ud}] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1} \quad (13)$$

Proporcionando el valor de P_{Qi} como positivo, entonces se contribuye al deslizamiento y se asume como fuerza activa $P_{Qi, sd}$. Proporcionando el valor de P_{Qi} como negativo, se resiste al

deslizamiento y se asume como fuerza $P_{Qi,ud}$. Por lo tanto restando el valor $P_{Qi,UD}$, que es negativo, en la ecuación (13) significa que se agrega esencialmente el valor positivo, por lo que podemos escribir formalmente:

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - K_u P_{Qi,sd} + |P_{Qi,ud}|] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1} \quad (14)$$

En el origen de la superficie de deslizamiento el valor de $E_0 = 0$. El valor de E_1 viene dado por:

$$E_1 = \frac{[(P_{N1} - U_1) \tan \varphi_1 + c_1 l_1 - K_u P_{Q1,sd} + |P_{Q1,ud}|] \cos \varphi_1}{\cos(\alpha_1 - \varphi_1)} \quad (15)$$

El valor de E_2 está dado por:

$$E_2 = \frac{[(P_{N2} - U_2) \tan \varphi_2 + c_2 l_2 - K_u P_{Q2,sd} + |P_{Q2,ud}|] \cos \varphi_2}{\cos(\alpha_2 - \varphi_2)} + \frac{[(P_{N1} - U_1) \tan \varphi_1 + c_1 l_1 - K_u P_{Q1,sd} + |P_{Q1,ud}|] \cos \varphi_1}{\cos(\alpha_1 - \varphi_1)} \quad (16)$$

Del mismo modo es posible determinar los valores de todas las fuerzas que actúan entre bloques. Se considera además en el punto final de la superficie de deslizamiento que tenemos $E_n = 0$. Aprovechando las expresiones anteriores, esto puede escribirse como:

$$E_n = \sum_{i=1}^n [(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i + |P_{Qi,ud}|] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} - K_u \sum_{i=1}^n P_{Qi,sd} \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} = 0 \quad (17)$$

Esta ecuación proporciona directamente el factor de seguridad K_u en la forma:

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i + |P_{Qi,ud}|] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^n P_{Qi,sd} \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad (18)$$

Método ITF (Método Fuerza de empuje desequilibrio)

El método ITF es un método del estado límite. Se crea sobre la ecuación de equilibrio de las fuerzas que actúan sobre bloques individuales y no considera la ecuación de momento de equilibrio. Las bases del método y las hipótesis adoptadas son evidentes a partir de la figura siguiente.

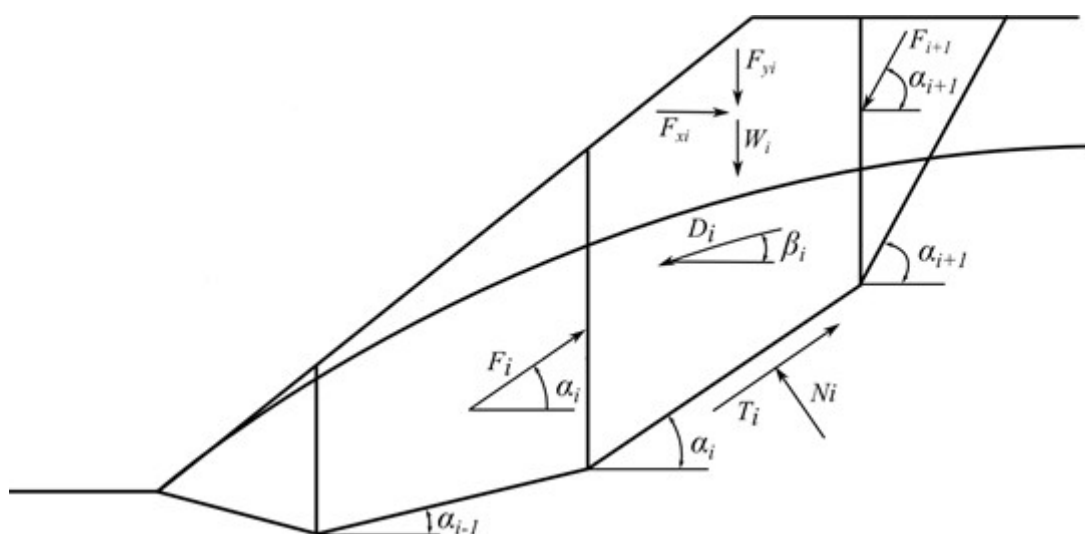


Fig. 1 - Fuerzas actuando en el bloque - Método ITF

Tenga en cuenta las siguientes hipótesis en relación a las fuerzas que actúan sobre el bloque:

- Donde:
- W_i - peso del i -ésimo bloque, el peso de una parte del bloque del nivel freático se determina a partir del peso unitario de suelo saturado γ_{Sat}
 - F_{yi} - representa la carga vertical restante que actúa sobre el bloque
 - F_{xi} - representa la carga horizontal restante que actúa sobre el bloque
 - F_i, F_{i+1} - fuerzas que actúan entre los bloques a lo largo de las direcciones dadas por los ángulos α_i y α_{i+1}

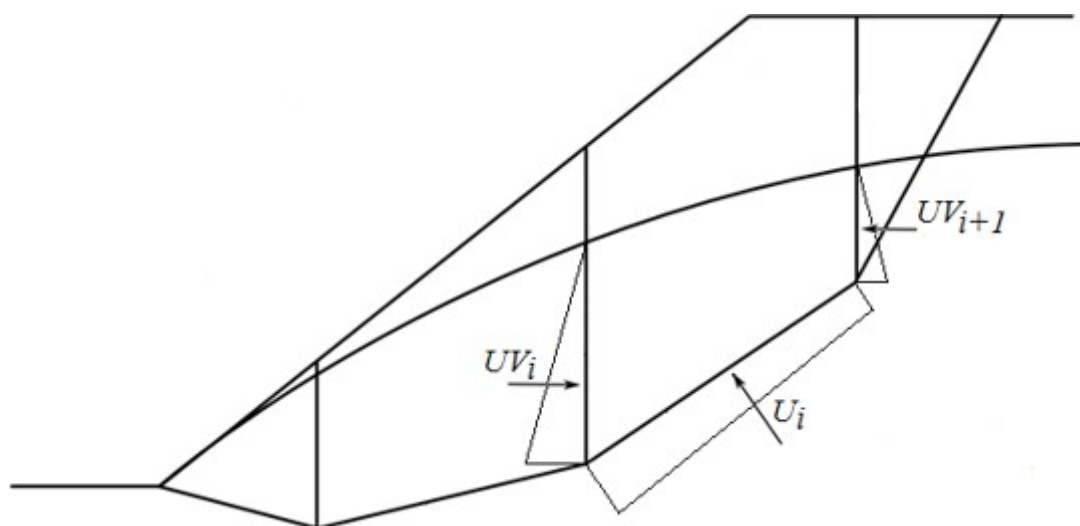


Fig. 2 Esquema de la presión de poros que actúan sobre el bloque

- U_i - resultante de la presión de poro en el segmento de la superficie de deslizamiento
- UV_i, UV_{i+1} - resultante de la presión de poro en la división de aviones entre bloques

Las fuerzas UV_i y UV_{i+1} están incluidos en fuerzas horizontales F_{xi} .

La ecuación de la fuerza de equilibrio en la dirección normal al segmento de la superficie de deslizamiento se proporciona:

$$N_i = (W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i + F_{i+1} \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - U_i \quad (1)$$

Las fuerzas en el segmento de una superficie de deslizamiento están relacionados por:

$$T_i = N_i \tan \varphi_i + c_i l_i \quad (2)$$

Donde:

- φ_i - ángulo de fricción interna del suelo
- c_i - cohesión de suelo
- l_i - longitud del segmento de superficie de deslizamiento asociado con el bloque *i-ésimo*

La ecuación de la fuerza de equilibrio en la dirección de la *i-ésimo* segmento de la superficie de deslizamiento (dada por el ángulo α_i) produce la fuerza F_i que actúa entre los bloques en la forma:

$$F_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - T_i + F_{i+1} \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \quad (3)$$

Presentación de las Ecs. (1) y (2) dentro de la ecuación. (3), establece:

$$\begin{aligned} F_i = & (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ & - \{[(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i + F_{i+1} \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i\} + \\ & + F_{i+1} \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \end{aligned}$$

y después de algo de álgebra formal, se llega a la forma resultante de la ecuación de equilibrio:

$$\begin{aligned} F_i = & (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ & - \{[(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i\} + \\ & + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i] \end{aligned} \quad (4)$$

La condición de equilibrio se cumplirá mediante la introducción del factor de seguridad SF en el análisis, de tal manera que los parámetros de resistencia de un suelo dado c y $\tan \varphi$ se dividan por este valor. Ecuación. (4) a continuación, se convierte en:

$$\begin{aligned} F_i = & (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ & - \{[(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i\} / SF + \\ & + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i / SF] \end{aligned} \quad (5)$$

La ecuación. (5) a continuación, da el factor de seguridad buscado de SF a través del proceso de iteración. Este proceso continúa tal que la fuerza F_n igual a 0 kN se aplica en el punto más alto (final) de la superficie de deslizamiento. Las fuerzas F_i actuando en entre bloques se determinan para un valor dado del factor de seguridad SF de la ecuación (5). Este paso se repite para varios valores de SF hasta que encontremos tal SF para lo cual la fuerza F_0 en la base de la pendiente se hace igual a 0 kN . No se asume la tensión a lo largo de la superficie de deslizamiento. La condición de equilibrio requiere que el valor de la fuerza normal N_i sea negativo, lo que significa que el suelo se carga en tensión, entonces el valor de esta fuerza se fija igual a cero en la siguiente etapa de iteración y la fuerza de corte T_i que actúa sobre un segmento dado se determina en base a la cohesión del suelo.

El método ITF es muy sensible con respecto a la forma de la superficie de deslizamiento. En caso de que la superficie de deslizamiento contiene segmentos discontinuos agudos el factor

de seguridad resultante es generalmente más grandes como comparar a la realidad. Se recomienda que la diferencia de pendiente entre segmentos adyacentes de la superficie de deslizamiento sea menos de 10° . Esto se comprueba de forma automática por el programa y si la diferencia de pendiente encontrada es mayor a lo sugerido por el programa, le mostrará una advertencia de que los resultados podrían estar sobreestimados. Esto por lo general no es el problema de una superficie de deslizamiento circular, pero debe tenerse en cuenta en el caso de superficies de deslizamiento poligonales.

Método ITF - solución explícita

La solución explícita del método ITF asume una forma diferente de introducción del factor de seguridad en el análisis. La solución matemática a continuación, no requiere de iteraciones y el factor de seguridad resultante se calcula directamente en un solo paso. Con este enfoque, el factor de seguridad resultante es típicamente más alto, lo que puede dar una solución totalmente devaluada, en particular en los casos relativos a superficies de deslizamiento poligonales con grandes diferencias de pendiente de los segmentos adyacentes.

La solución de la ecuación (4) se expone como el factor de seguridad SF que se introduce de tal manera que multiplica los componentes activos de las fuerzas, es decir, los componentes que actúan en la dirección de deslizamiento. La condición de equilibrio se convierte entonces en:

$$F_i = [(W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i] SF - \{ [(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i \} + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i] \quad (6)$$

Para lucidez introducimos el componente de fuerzas activas como:

$$A_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i$$

y luego los componente de fuerzas pasivas como:

$$P_i = [(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i$$

y una función auxiliar:

$$\psi_i = \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i$$

La ecuación (6) puede ser escrita a continuación, en forma más compacta como:

$$F_i = A_i SF - P_i + F_{i+1} \psi_{i+1} \quad (7)$$

El siguiente paso supone la fuerza conocida $F_n = 0$ para proporcionar expresiones de fuerzas entre los bloques F en la forma:

$$\begin{aligned} F_{n-1} &= A_{n-1} SF - P_{n-1} \\ F_{n-2} &= A_{n-2} SF - P_{n-2} + (A_{n-1} SF - P_{n-1}) \psi_{n-1} \\ F_{n-3} &= A_{n-3} SF - P_{n-3} + (A_{n-2} SF - P_{n-2}) \psi_{n-2} + (A_{n-1} SF - P_{n-1}) \psi_{n-1} \psi_{n-2} \end{aligned}$$

Etc....

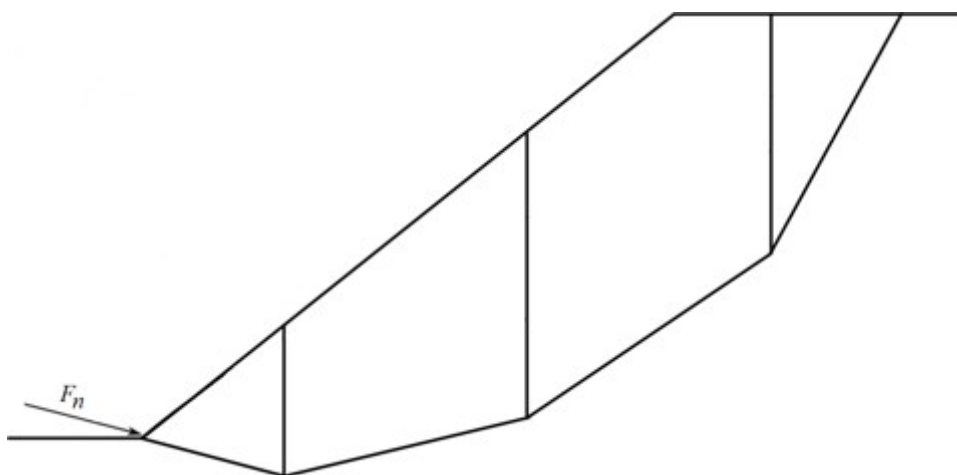
$$F_0 = \left[A_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(A_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right) \right] SF - P_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \left(P_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right) \quad (8)$$

Y como la fuerza en la parte inferior origen de la superficie de deslizamiento debe ser igual a 0 kN , se obtiene la forma final del factor de seguridad SF como:

$$SF = \frac{P_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(P_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right)}{A_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(A_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right)} \quad (9)$$

Fuerza de deslizamiento excedente

La fuerza de deslizamiento excedente F_n se introduce como una fuerza que actúa en el punto inferior de la superficie de deslizamiento - ver imagen. Con esta fuerza, el equilibrio límite puede alcanzarse para el valor deseado del factor de seguridad de diseño F_{sd} y su valor puede ser útil para el diseño de un muro de contención. La fuerza de deslizamiento excedente tiene un valor razonable si el factor de seguridad de diseño es mayor que el real. Cuando el factor de seguridad real es lo suficientemente alto (la estabilidad de la pendiente es aceptable), el valor de la fuerza de deslizamiento excedente es igual a cero.



Exceso de fuerza de deslizamiento F_n

La fuerza de deslizamiento excedente también se puede usar como criterio de optimización. En ese caso, el proceso de optimización busca la superficie de deslizamiento con el valor máximo de la fuerza de deslizamiento excedente. Este tipo de proceso de optimización puede usarse si la estabilidad de la pendiente para la superficie de deslizamiento real no es aceptable, porque en caso de una superficie de deslizamiento aceptable, la fuerza de deslizamiento excedente no se calcula (es igual a cero). Para una estabilidad aceptable de la superficie de deslizamiento, el proceso de optimización utiliza como criterio el factor de estabilidad FS únicamente.

Optimización de la superficie de deslizamiento poligonal

La optimización de la superficie de deslizamiento procede de tal forma que el programa cambia posteriormente la ubicación de los puntos individuales de esta superficie y controla que cambio de ubicación para un punto determinado resulta en la máxima reducción del factor de la superficie de deslizamiento SF . El último punto de la superficie de deslizamiento optimizada se mueve en la superficie terrestre, puntos internos se mueven en dirección vertical y horizontal. El tamaño del paso se selecciona inicialmente como una décima parte de la distancia más pequeña a un punto vecino a lo largo de la superficie de deslizamiento. Con cada nueva corrida el tamaño del paso se reduce a la mitad. La ubicación de los puntos de la

superficie de deslizamiento es optimizada posteriormente desde izquierda a derecha y se completa cuando en la última corrida no se encuentren más puntos movidos.

Cuando se optimiza la superficie de deslizamiento poligonal el proceso de iteración puede caer en el **mínimo local** (con respecto a la evolución gradual de la ubicación de los puntos nodales) por lo que no siempre el proceso finaliza localizando la superficie de deslizamiento crítica, especialmente en el caso de perfiles de taludes complejos, por lo que es conveniente introducir distintas ubicaciones de superficie de deslizamiento inicial. Se recomienda una combinación con el enfoque utilizado en la superficie de deslizamiento circular. Para ello, se encuentra primero la superficie de deslizamiento crítica asumida de forma circular y el resultado luego se utiliza para definir la superficie de deslizamiento poligonal inicial.

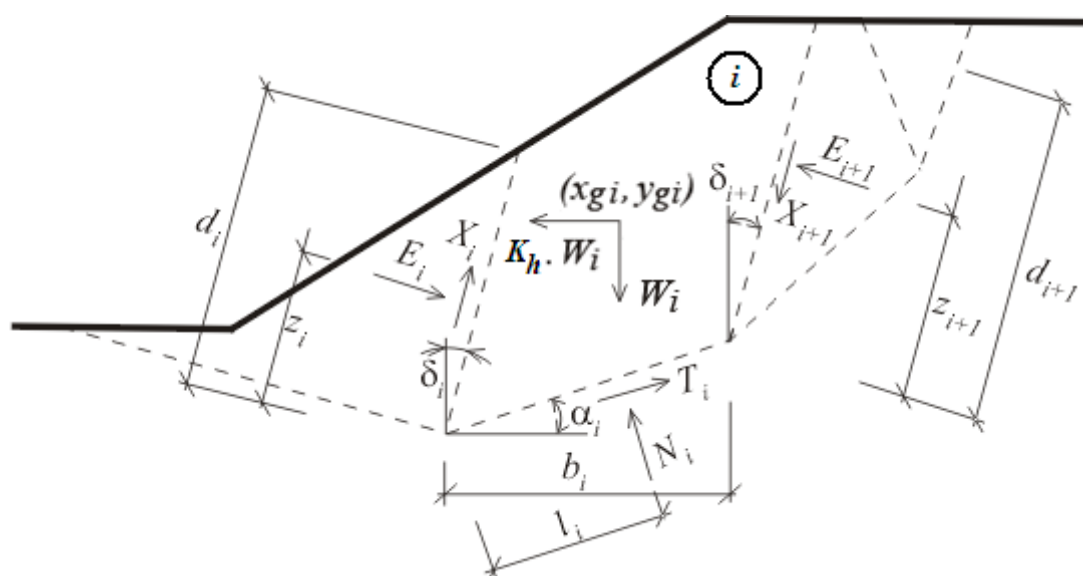
La optimización del proceso puede ser **restringido por varias variables**. Esto se convierte en una ventaja especialmente si se desea encontrar un deslizamiento a través de una determinada región o si se desea pasar por alto esta región. La restricción en el proceso de optimización puede ser llevada a cabo de dos formas distintas:

1. Las restricciones de optimización son especificadas como un conjunto de segmentos en el cuerpo del suelo. La superficie de deslizamiento optimizada es entonces forzada a pasar por alto esos segmentos durante la optimización.
2. La otra forma de restringir el proceso de optimización es ubicando los puntos seleccionados a lo largo de la superficie de deslizamiento optimizada o permitiendo mover estos puntos solo en una o dos direcciones, ya sea vertical u horizontalmente.

Para el método ITF, la **fuerza de deslizamiento excedente** se puede usar como criterio de optimización. En ese caso, el proceso de optimización busca en la superficie de deslizamiento el valor máximo de la fuerza de deslizamiento excedente F_n en lugar del factor de estabilidad mínimo FS . Este criterio de optimización se puede aplicar cuando la superficie de deslizamiento real no es aceptable. Para una superficie de deslizamiento aceptable, el proceso de optimización utiliza solo el factor de estabilidad FS .

Cambios en la inclinación de planos divididos

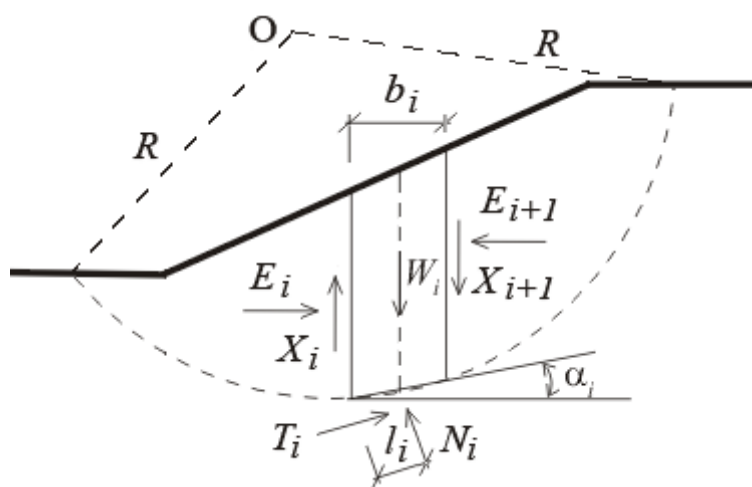
Es evidente desde la figura que los planos que dividen cortes individuales no tienen que estar ubicados en forma vertical o paralela. En el primer escenario de análisis cuando el proceso de **optimización** mueve puntos a lo largo de la superficie de deslizamiento se asume la alineación vertical de la división de los planos. Para llegar a un valor incluso más pequeño de la estabilidad del talud, es posible cambiar la alineación mutua de planos divididos. Este proceso se llevado a cabo nuevamente en varias corridas con el valor limitado del paso de rotación, y este paso es nuevamente reducido en el transcurso de la optimización. Este escenario de optimización finaliza cuando el paso de rotación cae por debajo del valor de 1° y no ocurre ningún cambio de rotación durante la última ejecución del proceso de optimización.



Esquema estático – Método Sarma

Superficie de deslizamiento circular

Todos los métodos de equilibrio límite asumen que el cuerpo del suelo sobre la superficie de deslizamiento se subdivide en bloques (los planos divididos entre bloques son siempre verticales). Fuerzas que actúan sobre bloques individuales se muestran en la figura.



Esquema estático de corte

Aquí, X_i y E_i son las fuerzas de corte y normal que actúan entre los bloques individuales. T_i y N_i son las fuerzas de corte y normal sobre segmentos individuales de la superficie de deslizamiento. W_i son los pesos de los bloques individuales.

Los métodos individuales de cortes difieren en sus supuestos de satisfacer la ecuación de fuerzas de equilibrio y ecuación de momento de equilibrio con respecto al centro **O**.

El programa permite adoptar uno de los siguientes métodos:

- Fellenius / Petterson
- Bishop

- Spencer
- Janbu
- Morgenstern-Price
- Shahunyants
- ITF

El agua subterránea especificada dentro del cuerpo del suelo (**utilizando una de las cinco opciones**) influye en el análisis de dos formas distintas. Primero cuando calculamos el peso del bloque del suelo y segundo cuando determinamos la fuerza de corte. Nótese que los parámetros de suelo efectivo son utilizados para relacionar la fuerza de corte y la fuerza normal.

Introducir en el análisis fuerzas de anclaje y agua por encima de la superficie terrestre

Las fuerzas de anclaje son consideradas como cargas externas aplicadas al talud. Están tomadas con relación a un metro $[kN/m]$ y se introducen en la ecuación del momento de equilibrio. Si la estabilidad no puede ser alcanzada de otra forma, estas fuerzas deben adicionar estabilidad. No existen limitaciones en las magnitudes de las **fuerzas de anclajes**, por lo tanto es necesario trabajar con valores reales.

La influencia del agua por encima de la superficie terrestre es considerada como un conjunto de fuerzas que actúan perpendicularmente en la superficie terrestre junto con la **presión de poros** a lo largo de la superficie de deslizamiento, la cual es derivada dependiendo de la profundidad de la superficie de deslizamiento medida desde el nivel freático.

Las fuerzas que actúan en la superficie terrestre entran en la ecuación del momento de equilibrio como fuerzas actuando en los brazos respectivos medidos hacia el dentro de la superficie de deslizamiento.

Optimización de la superficie de deslizamiento circular busca la superficie mas crítica (el factor de seguridad mas bajo).

Fellenius / Petterson

El método simple de cortes se asume solo en la ecuación general del momento de equilibrio escrita con respecto al centro de la superficie de deslizamiento. La fuerza de corte y la fuerza normal entre bloques X_i y E_i no se consideran. El factor de seguridad SF viene seguido directamente de la expresión:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \cdot \sum_i [c_i \cdot l_i + (N_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \phi_i]$$

Donde: u_i - **Presión de poros** entre bloques

c_i, ϕ_i - Valores efectivos de parámetros de suelos

W_i - Peso del bloque

N_i - Fuerza Normal a lo largo del segmento de la superficie de deslizamiento

α_i - Inclinação del segmento de la superficie de deslizamiento

l_i - Longitud del segmento de la superficie de deslizamiento

Bibliografía:

Petterson KE (1955) *The early history of circular sliding surfaces. Geotechnique* 5:275–296

Bishop

El método de simplificación Bishop, asume que no hay ninguna fuerza X_i entre bloques. El método se basa en satisfacer la ecuación del momento de equilibrio y la ecuación de equilibrio de fuerzas verticales.

El factor de seguridad FS se encuentra entre la iteración sucesiva de la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \phi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \phi_i \cdot \sin \alpha_i}{FS}}$$

Donde:

- u_i - Presión de poros entre bloques
- c_i, ϕ_i - Valores efectivos de parámetros de suelos
- W_i - Peso del bloque
- α_i - Inclinación del segmento de la superficie de deslizamiento
- l_i - Longitud horizontal del bloque

Bibliografía:

Bishop, A.W. (1955) "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes", *Geotechnique, Great Britain, Vol. 5, No. 1, Mar., pp. 7-17.*

Spencer

Este método asume que ninguna fuerza entre bloques es igual a cero. El resultado de la fuerza de corte y la fuerza normal que actúa entre bloques tienen constantes de inclinación. El método de Spencer es riguroso en el sentido que satisface todas las ecuaciones de equilibrio -

Las ecuaciones de fuerzas de equilibrio en direcciones horizontales y verticales y la ecuación de momento de equilibrio. El factor de seguridad FS se encuentra entre la iteración de inclinación de las fuerzas actuando entre bloques y el factor de seguridad FS . Se pueden encontrar más detalles en la sección que describe el análisis de **superficie de deslizamiento poligonal**.

Janbu

El método Janbu asume valores distintos a cero entre bloques. El método satisface las ecuaciones de fuerzas de equilibrio en la dirección horizontal y vertical para todos los bloques y la ecuación de momento de equilibrio para todos menos para el último bloque superior. Los supuestos para éste método es la elección de las posiciones de las fuerzas actuando entre los bloques. El factor de seguridad FS se encuentra a través de la iteración de las fuerzas actuando entre bloques y luego se calculan las inclinaciones de estas fuerzas. Se puede encontrar más detalles en la sección que describe el análisis de **la superficie de deslizamiento poligonal**.

Morgenstern-Price

El método **Morgenstern-Price** asume valores distintos a cero entre bloques. El resultante de la fuerza normal y la fuerza de corte entre bloques tienen distintas inclinaciones en cada

bloque (forma de función Half-sine). Morgenstern-Price es un método riguroso en el sentido de que satisface las tres ecuaciones de equilibrio - las ecuaciones de fuerza de equilibrio en direcciones verticales y horizontales y la ecuación del momento de equilibrio. El factor de seguridad SF se encuentra a través de la iteración de las inclinaciones de fuerzas entre bloques y el factor de seguridad SF . Se puede encontrar mas detalles en la sección que describe el análisis [la superficie de deslizamiento poligonal](#).

Shahunyants

Más detalles se pueden encontrar en la sección que describe el análisis de la [superficie de deslizamiento poligonal](#).

Método ITF (Método Fuerza de empuje disequilibrio)

Más detalles se pueden encontrar en la sección que describe el análisis de la [superficie de deslizamiento poligonal](#).

Optimización de la superficie de deslizamiento circular

El objetivo del proceso de optimización es ubicar la superficie de deslizamiento con el menor factor de estabilidad de talud SF posible. La superficie de deslizamiento circular se especifica en término de 3 puntos: Dos puntos en la superficie terrestre y uno en la dentro del cuerpo del suelo. Cada punto en la superficie tiene un grado de libertad, mientras que el punto interno tiene dos grados de libertad. La superficie de deslizamiento se define en términos de cuatro parámetros independientes. En busca de este conjunto de parámetros que rinde el más crítico de los resultados requiere un análisis sensible resultante de una matriz de cambio de parámetros que permite una rápida y fiable optimización del proceso. La superficie de deslizamiento que dé como resultado el menor factor de estabilidad de talud, se toma como la superficie crítica. Los parámetros de superficies de deslizamientos individuales y los resultados de ejecución de optimización, se pueden mostrar en el documento de salida.

Este enfoque normalmente tiene éxito encontrando la superficie de deslizamiento crítica sin el problema de caer en el mínimo local durante la iteración. Por lo tanto, éste aparece como un posible punto de inicio cuando optimizamos la superficie de deslizamiento general como una superficie de deslizamiento poligonal.

El proceso de optimización puede ser [restringido por varias variables](#). Esto se convierte en una ventaja especialmente si se desea encontrar un deslizamiento a través de una determinada región o si se desea pasar por alto esta región.

La restricción del proceso de optimización se puede llevar a cabo de dos formas distintas:

1. Las restricciones de optimización se especifican como un conjunto de segmentos en el cuerpo del suelo. La superficie de deslizamiento optimizada es entonces forzada a pasar por alto esos segmentos durante la optimización.
2. La otra forma de restringir el proceso de optimización es arreglar la ubicación del punto final izquierdo o derecho de la superficie de deslizamiento optimizada.

Para el método ITF, la [fuerza de deslizamiento excedente](#) se puede usar como criterio de optimización. En ese caso, el proceso de optimización busca en la superficie de deslizamiento el valor máximo de la fuerza de deslizamiento excedente F_n en lugar del factor de estabilidad mínimo FS . Este criterio de optimización se puede aplicar cuando la superficie de deslizamiento real no es aceptable. Para una superficie de deslizamiento aceptable, el proceso de optimización utiliza solo el factor de estabilidad FS .

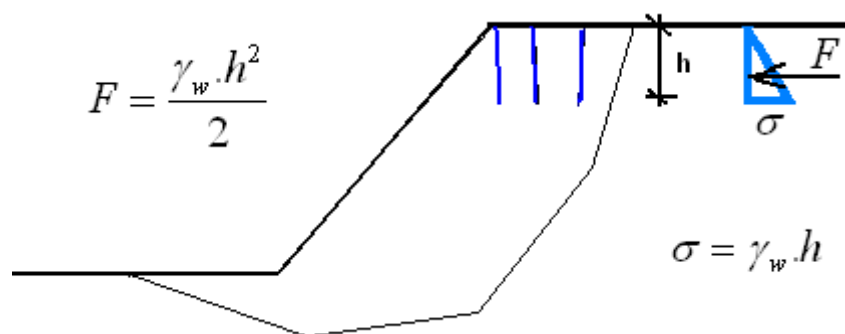
Foliación

Especificado en términos de un cierto intervalo, que a su vez se presenta como uno de los parámetros del suelo **<Comienzo del talud; Fin del talud>** el suelo experimenta diversos (por lo general mejores) parámetros (c y φ).

En la pendiente de la superficie de deslizamiento o la pendiente de interfaces entre bloques se asume dentro del intervalo **<Comienzo del talud; Fin del talud>**, el análisis procede con los parámetros modificados c y φ .

Influencia de grietas de tracción

El programa hace posible contar con la influencia de tracción que aparece en la superficie de terreno y se rellena con agua h . El único parámetro de entrada es la profundidad de las grietas de tracción. El efecto de las grietas se incorpora cuando calculamos la fuerza normal y la fuerza de corte en secciones de superficie de deslizamiento con grietas – en una sección con grietas de tracción. Los parámetros de la fuerza de corte se configuran como cero ($c = 0$, $\varphi = 0$). Luego, la fuerza horizontal F debido a la presencia del agua en las grietas de tracción se introduce en el análisis (ver figura):

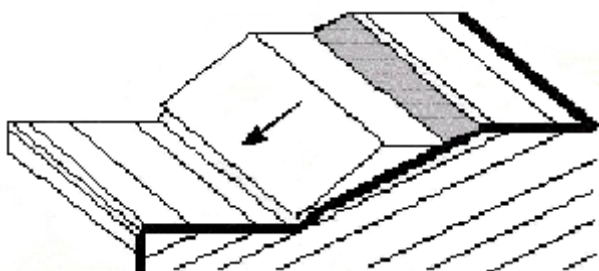


Efecto de las grietas de tracción

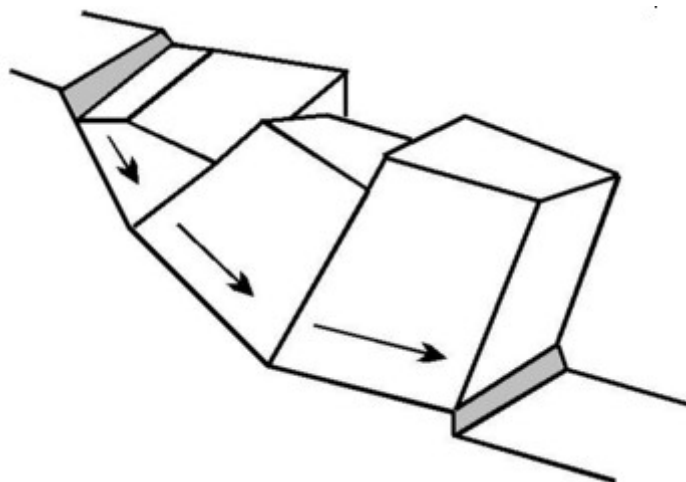
Pendiente Rocosa

El programa análisis de estabilidad de pendiente de roca trata el siguiente tipo de fallo de superficies rocosas:

- Deslizamiento en la superficie de deslizamiento plana
- Translación en la superficie de deslizamiento poligonal
- Caída del borde rocoso



Falla de la superficie rocosa debido al deslizamiento en la superficie de deslizamiento plana



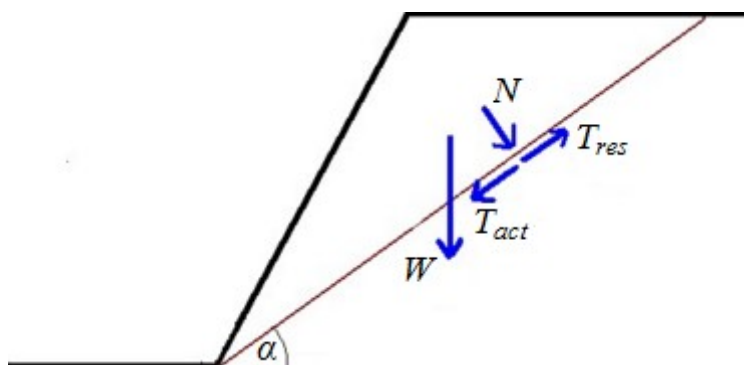
Traslación en la superficie de deslizamiento poligonal



Caída del borde rocoso

Superficie de deslizamiento plana

La falla en la superficie de deslizamiento plana se manifiesta por un bloque rocoso deslizándose hacia abajo a lo largo de la superficie. La cuña de roca se puede especificar con una grieta de tensión. La solución requiere determinar la estabilidad requiere determinar la **fuerza normal** N actuando en la superficie de deslizamiento, la **fuerza de corte** T_{act} (**activa**) y la fuerza de **resistencia de corte** T_{res} (**pasiva**).



Fuerza en la superficie de deslizamiento

Los **parámetros de fuerza de corte** y la fuerza normal N actuando en la superficie de deslizamiento son los datos de entrada más importantes para determinar la fuerza de

resistencia al corte T_{res} . El cálculo de la **fuerza de corte activa** T_{act} y la **fuerza normal** N es luego influenciado por el propio peso del bloque (depende de la geometría y del **peso unitario de la roca**), **anclajes**, **sobrecargas**, **influencia del agua** y **efectos sísmicos**. La fuerza activa y la fuerza normal son determinadas como la suma de todas las fuerzas introducidas en el análisis. El programa ofrece distintos tipos de superficie de deslizamiento planas:

- Suave
- Ondulada
- De paso

La superficie de deslizamiento puede ser especificada con una grieta de tensión. El resultado de la verificación puede ser lleva a cabo según la **metodología de verificación seleccionada, basada en la entrada del cuadro "Configuración"**.

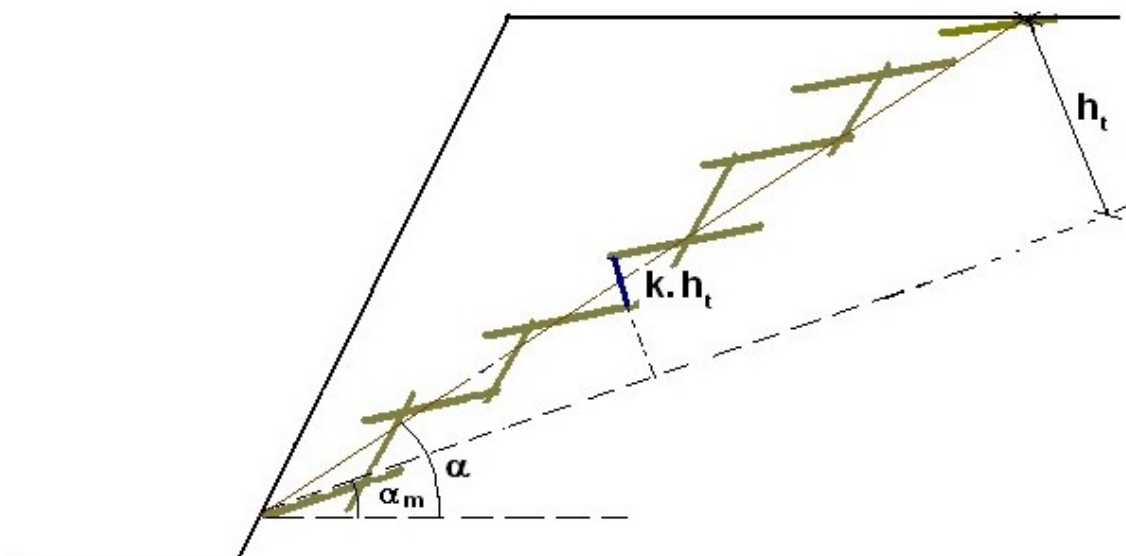
Superficie de deslizamiento suave

Si el cuerpo rocoso contiene un sistema de grietas paralelas discontinuas inclinado desde la parte superior de la roca y el segundo sistema es indistinto, entonces es posible considerar la formación de una superficie de deslizamiento suave en el cuerpo rocoso. Esta superficie puede ser introducida dentro del programa utilizando la teoría de Calla y Nicholas, la cual incrementa la resistencia en la superficie de deslizamiento gradual por $\Delta\tau$.

$$\Delta\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \nu + T$$

$$T = \sum k \cdot h_t \cdot T_0$$

Donde:	σ_n	-	Tensión normal actuando en la dirección normal de la superficie de deslizamiento
	ν	-	Ángulo de ondulación
	T	-	Fuerza de tensión efectiva del paso de la roca intacta
	k	-	Parte de la altura h_t asociada con el paso de la roca intacta (no creada por un sistema de planos secundario) $\sum k \in (0,1)$
	h_t	-	Altura normal al borde de la cuña descansando en un plano inclinado del sistema principal de planos discontinuos
	T_0	-	Fuerza de tensión en una roca intacta



Superficie de deslizamiento suave

Bibliografía:

W.S. Dershowitz, H.H. Einstein - Characterizing rock joint geometry with joint system models
Journal Rock Mechanics and Rock Engineering, Springer Wien ISSN 0723-2632 , Issue Volume 21, Number 1 / January, 1988 Pages 21-51.

Resistencia a la tracción sobre roca

La resistencia a la tracción T_e es desde 20 a 30x más pequeña que las fuerzas de roca en compresión simple σ_c .

Resistencia a la tracción simple T_0 para las rocas seleccionadas intactas [MPa].

Basalto	3 - 18
Gneis	7 - 16
Granito	11 - 21
Caliza	3 - 5
Mármol	7 - 12
Cuarcita	4 - 23
Arenisca	5 - 11
Esquito	5 - 12
Pizarra	2 - 17
Toba	2 - 4

Superficie de deslizamiento ondulada

Si la superficie ondulada es considerada (en escala de 1 a 10 m) es posible tener en cuenta para la superficie de deslizamiento ondulada por el ángulo ν :

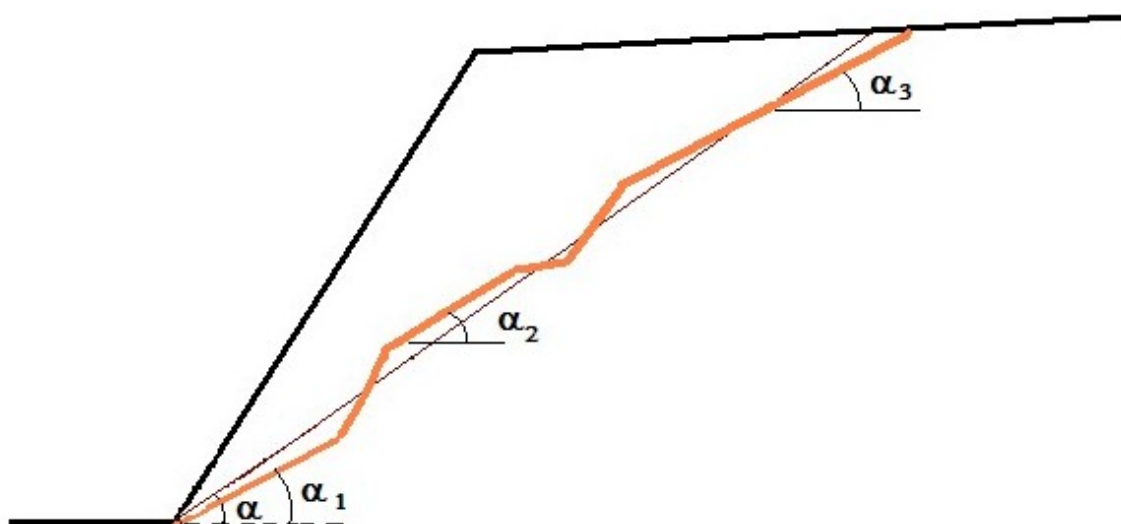
$$\nu = \alpha - \min(\alpha_i)$$

Donde: α - Superficie de deslizamiento inclinada
 α_i - Inclinación de la falla i^{th} de la superficie de deslizamiento

La ondulación aumenta la fuerza de tracción τ en la superficie de deslizamiento por $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \sigma_n \cdot \tan \nu$$

Donde: σ_n - Fuerza normal actuando en la dirección normal de la superficie de deslizamiento
 ν - Ángulo de ondulación



Superficie de deslizamiento ondulada

Bibliografía:

Miller, S.M. (1988). Modeling Shear Strength at Low Normal Stresses for Enhanced Rock Slope Engineering, Proc. Of 39th Highway Geology Symp, 346-356.

Anclaje en la pendiente rocosa

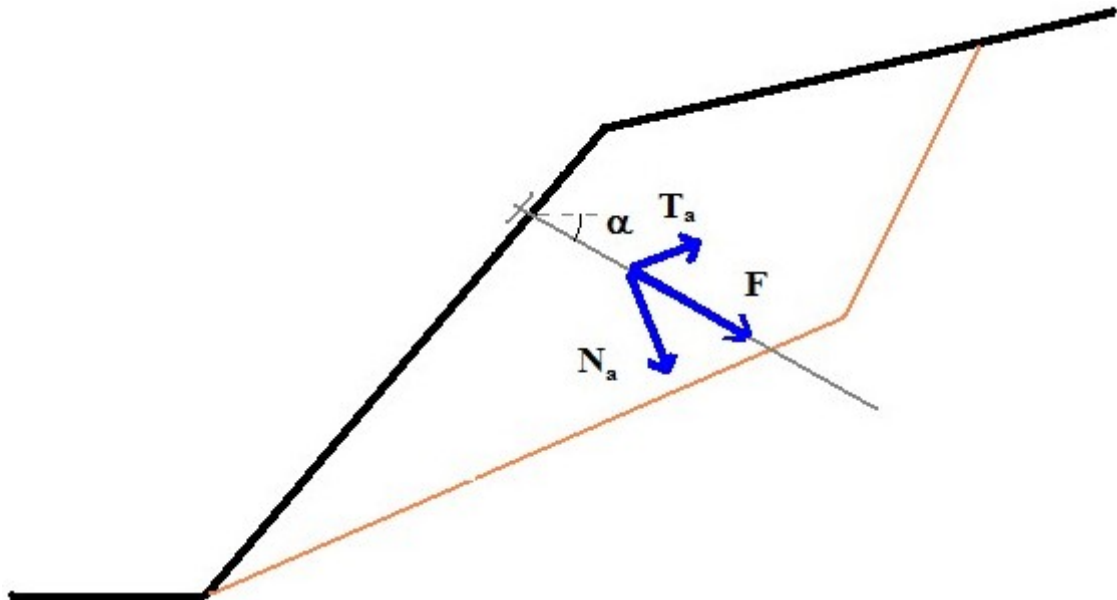
Dos tipos de anclajes pueden ser definidos cuando se ejecuta el análisis de estabilidad de taludes en una superficie de deslizamiento plana:

Activo

Un anclaje activo se representa por el anclaje pre-tensionado, por el cual las fuerzas de anclaje son activadas antes de que el deslizamiento del bloque rocoso se lleve a cabo. La fuerza normal aumenta la tensión normal en la superficie de deslizamiento y también las fuerzas de resistencia; la componente tangencial de la fuerza normal es añadida o extraída de la fuerza de corte (activa).

Pasiva

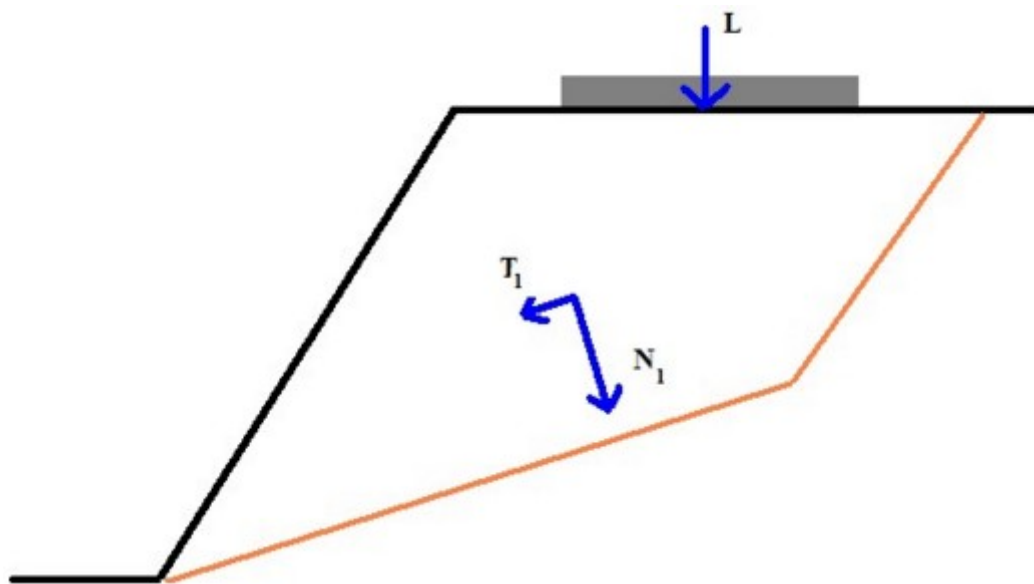
Un anclaje pasivo se activa por el deslizamiento de la superficie rocosa (ej.: anclajes no pretensionados). La fuerza normal aumenta la tensión normal en la superficie de deslizamiento, como también las fuerzas de resistencia; la componente tangencial de la fuerza normal es añadida a la fuerza de resistencia.



Solución de la fuerza de anclaje

Sobrecarga de la pendiente rocosa

Primero se determina la sobrecarga resultante. La componente normal de la fuerza resultante aumenta la tensión normal en la superficie de deslizamiento, así como también las fuerzas de resistencia T_{res} , la componente tangencial es añadida o extraída de la fuerza de corte (activa) T_{act} .



Solución de la sobrecarga

Influencia del agua actuando en la superficie de deslizamiento

Las siguientes opciones se tienen en cuenta en el programa, con respecto a los efectos del agua:



Sin agua subterránea, el agua no se considera



Presión hidrostática, GWT debajo de la punta de la pendiente



Presión hidrostática, GWT en grieta de tensión



Presión hidrostática, GWT en grieta de tensión, max



Presión hidrostática, agua actuando solo en las grieta de tensión



Fuerza de agua propia actuando sólo en la superficie de deslizamiento



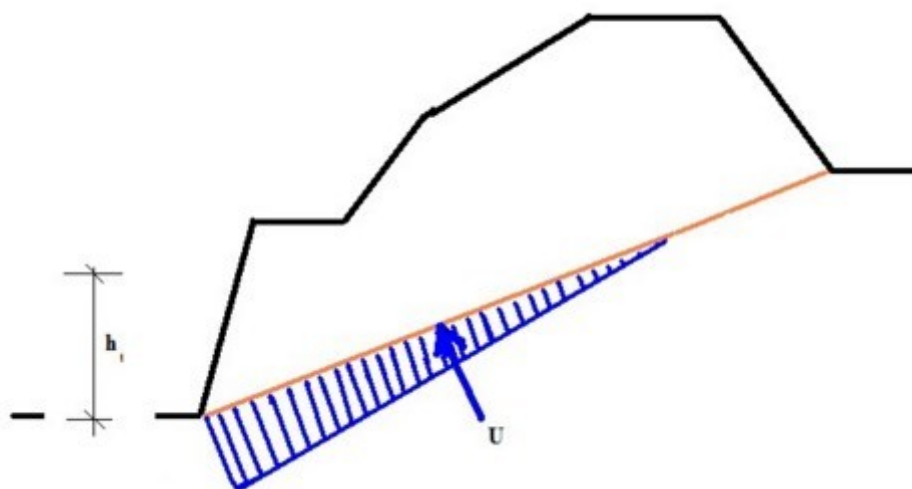
Comportamiento de la fuerza de agua prop

GWT debajo de la punta de la pendiente



Presión hidrostática, GWT debajo de la punta de la pendiente

La superficie de deslizamiento, enteramente o parcialmente debajo del nivel freático (El agua no fluye en la salida de la superficie de deslizamiento), la presión de agua máxima está en la punta de la superficie.



Presión hidrostática, en la superficie de deslizamiento

El valor de la presión del agua u en la base de la pendiente está dado por:

$$u = \gamma_w h_t$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT debajo de la punta de la pendiente

El resultado de la fuerza compresiva de agua actuando en la dirección normal de la superficie de deslizamiento esta dado por:

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\sin \alpha} \right)$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT debajo de la punta de la pendiente

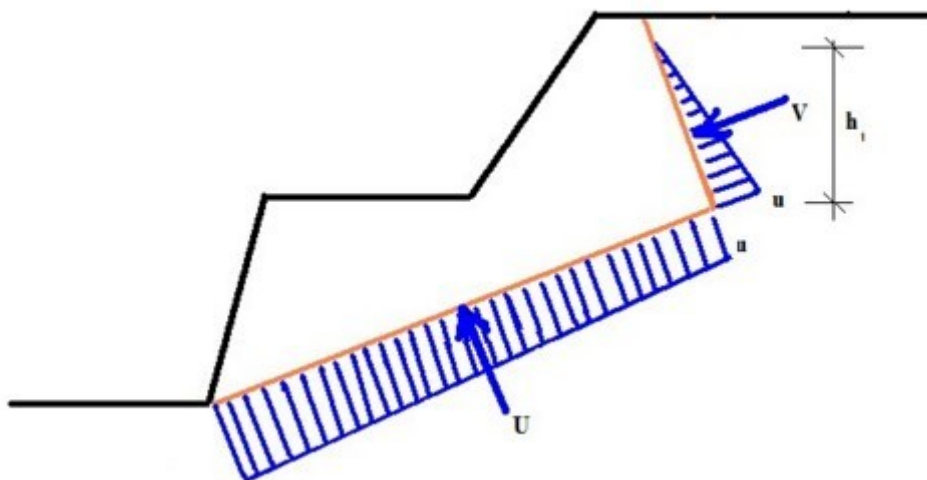
α - Deformación de la superficie de deslizamiento horizontal

GWT en grieta de tensión



Presión hidrostática, GWT en grieta de tensión

La superficie de deslizamiento está enteramente ubicada debajo del nivel freático, el GWT intercepta la grieta de tensión o se alinea con el terreno, el valor máximo de la aumento de presión está en la punta de la superficie.



Presión hidrostática en la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión, max. valor en la punta de la pendiente

El valor del aumento de presión u en la intersección con la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión, está dada por:

$$u = \gamma_w h_t$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

El resultado de la fuerza compresiva de agua V actuando en la dirección normal de la grieta de tensión, está dado por:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

φ - Deformación de la grieta de tensión vertical

El valor de la presión hidroestática u_1 en la punta de la pendiente está dado por:

$$u_1 = \gamma_w H_w$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

H_w - Altura del GWT sobre de la punta de la pendiente

El resultado de la fuerza compresiva de agua U actuando en la dirección normal a la superficie de deslizamiento, está dado por:

$$U = \frac{1}{2} (u + u_1) \left(\frac{H_w - h_t}{\sin \alpha} \right)$$

Donde: u - Presión de agua actuando en la línea de intersección entre la superficie de

deslizamiento y la grieta de tensión

u_l - Presión de agua en la punta de la pendiente

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

α - Deformación de la superficie de deslizamiento horizontal

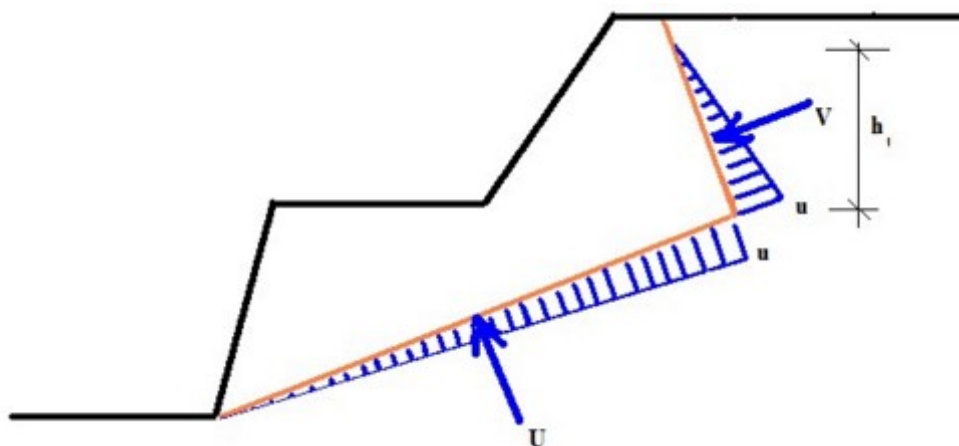
H_w - Altura del GWT sobre la punta de la pendiente

GWT en grieta de tensión, max.



Presión hidrostática, GWT en grieta de tensión, max.

La superficie de deslizamiento está enteramente ubicada debajo del nivel freático (El agua no fluye en la salida de la superficie de deslizamiento), el GWT intercepta la grieta de tensión o se alinea con el terreno, el valor máximo del aumento de presión está en la intersección entre la grieta de tensión y la superficie de deslizamiento.



Presión hidrostática en la superficie de deslizamiento y en grieta de tensión

El valor del aumento de presión u en la intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión esta dado por:

$$u = \gamma_w h_t$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

El resultado de la fuerza compresiva de agua V actuando en la dirección normal de la grieta de tensión, está dado por:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de

deslizamiento y la grieta de tensión

φ - Deformación de la grieta de tensión vertical

El valor de la presión u_l en la punta de la pendiente es igual a 0 (cero). El resultado de la fuerza compresiva de agua U actuando en la dirección normal de la grieta de tensión, está dado por:

$$U = \frac{1}{2} u_l \left(\frac{H_w - h_t}{\sin \alpha} \right)$$

Donde: u - Presión de agua actuando en la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

α - Deformación de la superficie de deslizamiento horizontal

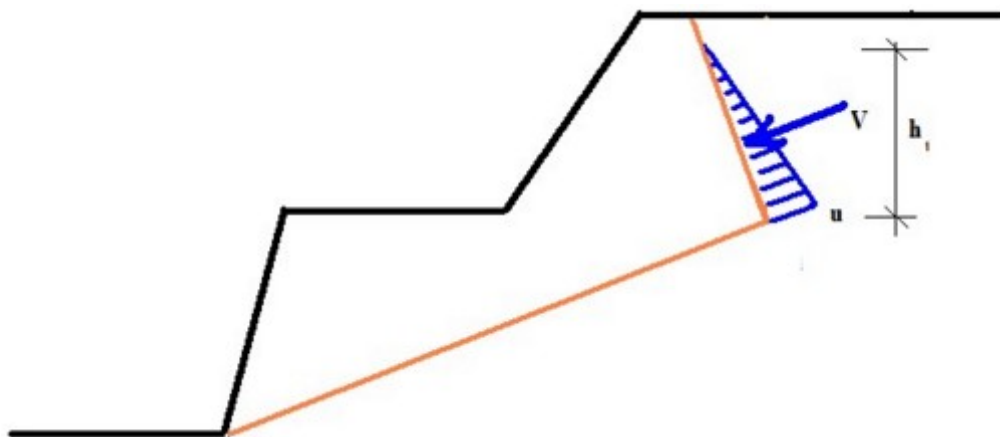
H_w - Altura del GWT sobre la punta de la pendiente

Agua actuando solo en las grieta de tensión



Presión hidrostática, agua actuando solo en las grieta de tensión

La superficie de deslizamiento está completamente seca (La filtración no es posible), el GWT intercepta la grieta de tensión o es alienada con el terreno, el valor máximo del aumento de presión está en la intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión.



Agua actuando sólo en la grieta de tensión

El valor del aumento de presión u en la intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión esta dado por:

$$u = \gamma_w h_t$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

El resultado de la fuerza compresiva de agua V actuando en la dirección normal de la grieta de tensión, está dado por:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

Donde: γ_w - Peso unitario del agua

h_t - Altura del GWT sobre la línea de intersección entre la superficie de deslizamiento y la grieta de tensión

φ - Deformación de la grieta de tensión vertical

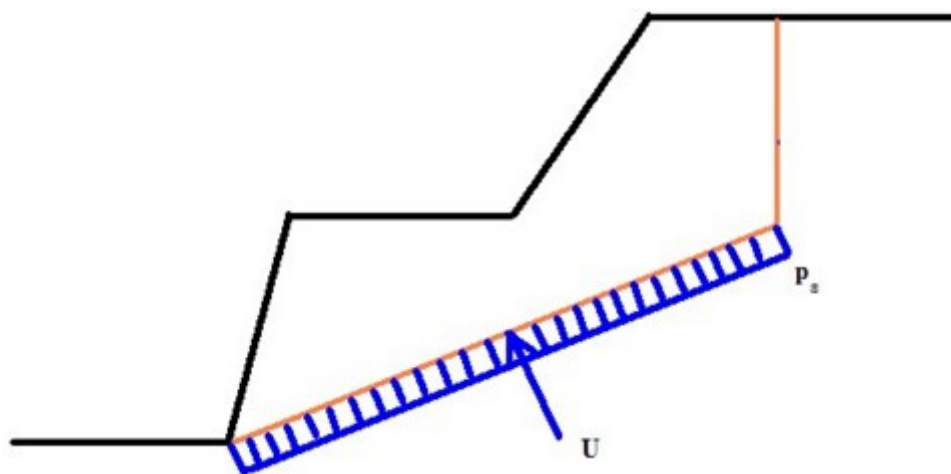
El valor de la presión u_l en la punta de la pendiente es igual a 0 (cero).

Fuerza de agua propia actuando sólo en la superficie de deslizamiento



Fuerza de agua propia actuando sólo en la superficie de deslizamiento

El programa permite la entrada manual del valor de la presión del agua p_s en [kPa] actuando en la superficie de deslizamiento, proporcionando la distribución de la presión constante.



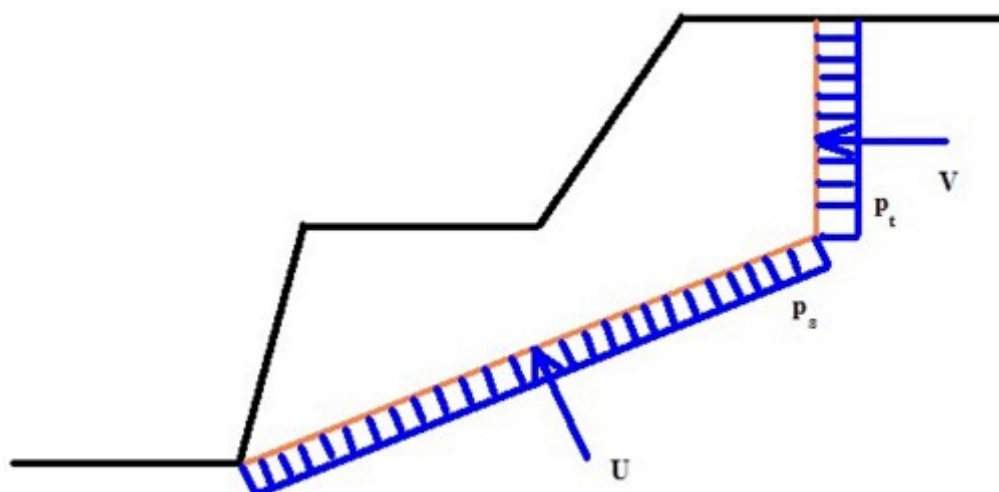
Valor propio de la presión del agua actuando en la superficie de deslizamiento

Comportamiento de la fuerza de agua propia



Comportamiento de la fuerza de agua propia

El programa permite la entrada manual del valor de la presión del agua p_t en [kPa] actuando en la superficie de deslizamiento, proporcionando la distribución de la presión constante.



Valor propio de la presión del agua actuando en la superficie de deslizamiento y en la grieta de tensión

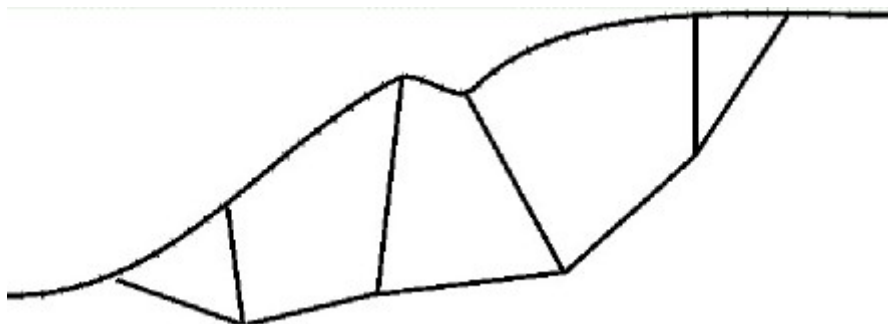
Superficie de deslizamiento poligonal

El programa realiza el análisis de estabilidad de bloques rocosos moviéndose a lo largo de la superficie de deslizamiento poligonal. Debido a la complejidad de la solución general, el programa admite las siguientes suposiciones:

- El movimiento de las rocas es solo de traslación
- La traslación del bloque a lo largo de la superficie de deslizamiento poligonal, es en forma plana o en planos con ondas moderadas
- Los bloques de rocas son derivados por juntas con direcciones conocidas
- La deformación actual de la masa de roca dentro de un bloque es despreciable
- Los fallos en la superficie de deslizamiento poligonal y a lo largo de las uniones son manejados por el criterio de fallo de **Mohr-coulomb**
- El mismo factor de seguridad se supone para la superficie de deslizamiento poligonal
- Todo el bloque de rocas está en contacto (no se permite la apertura por uniones)

Los parámetros de las fuerzas de corte de **Mohr-Coulomb** en la superficie de deslizamiento y en las uniones que separan bloques individuales, representan los datos de entrada más importantes para la determinación de la estabilidad de bloques de rocas. La solución es luego influenciada por el peso del bloque (dependiendo de la **geometría del bloque** y del **peso unitario de la roca**), **anclaje**, **sobrecarga actuando en la roca**, **influencia del agua** y **sísmicos**.

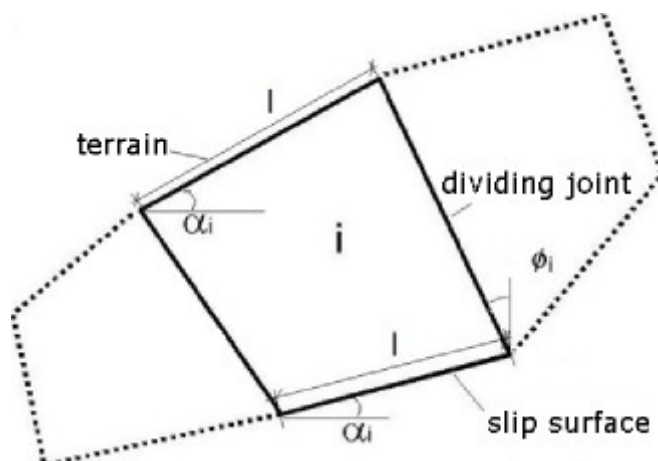
Los motivos teóricos básicos de la solución se describen [aquí](#).



Superficie de deslizamiento poligonal

Geometría del bloque rocoso

La geometría del bloque rocoso está determinada por la gradiente α , por la longitud de una determinada superficie de deslizamiento l y por la gradiente de juntas separadoras ϕ que separa el bloque posterior, así como por la gradiente α y la longitud l de la cara superior de la pendiente rocosa (perfil natural). Las longitudes de los planos pueden ser definidas por la longitud total o por la longitud de proyección horizontal y vertical. Es necesario asegurar la condición de que todo el bloque rocoso está en contacto (no se permite la apertura por uniones).



Geometría elemento i^{th}

Fuerzas de anclajes, sobrecargas

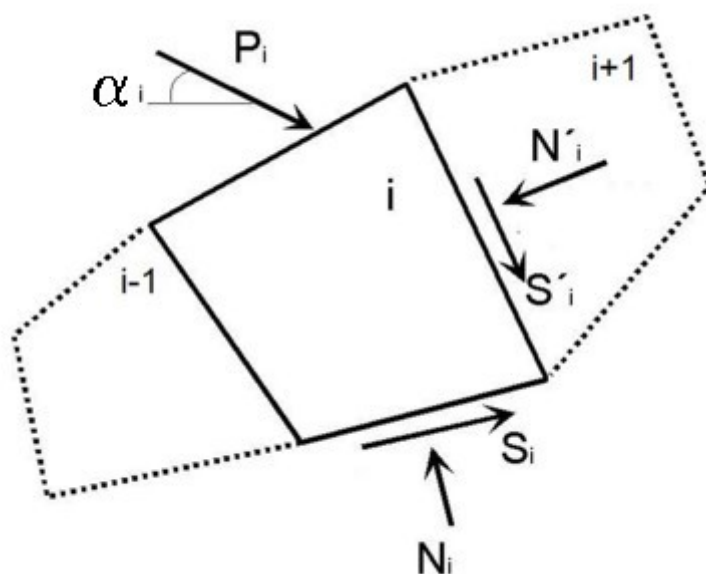
Es posible introducir fuerzas de anclajes y sobrecargas en los bloques rocosos. Entonces se determina la resultante de las fuerzas P_i [kN/m] actuando en el bloque i^{th} en kN/m. Todas las fuerzas actuando en un bloque, incluyendo la presión del agua en la superficie de deslizamiento, y las uniones del bloque separador son tomadas en cuenta.

Sobrecargas actuando en el bloque

Es posible introducir sobrecargas rectas y trapezoidales en el terreno. El programa luego determina el efecto en los distintos bloques.

Fuerzas de anclajes

La fuerza de anclaje aplicada se ajusta a l_m ejecutado, basado en el espacio horizontal de anclajes especificado.



Fuerzas externas actuando en el elemento i^{th}

Influencia del agua

La influencia de agua se puede considerar utilizando una de las siguientes opciones: **forma general de NF**, **NF horizontal** o directamente por el **agua actuando sobre los bloques**.

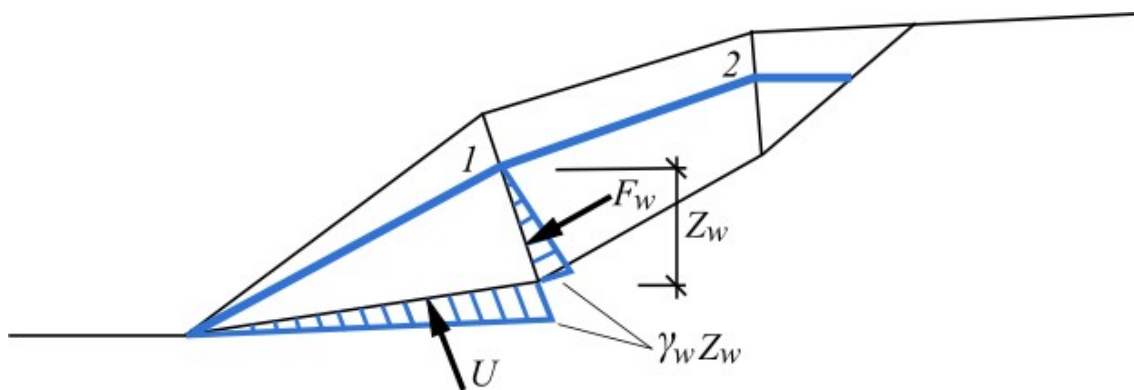
Forma general de la NF

La forma general de la NF se introduce como un polígono. La presión de poro (tensión) en la superficie de deslizamiento se considera linealmente según la ecuación: $u = \gamma_w * z_w$.

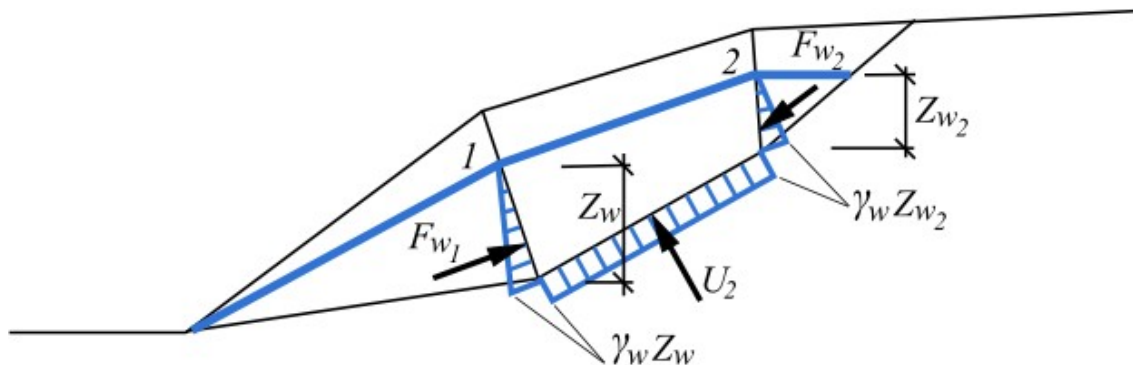
Donde: γ_w - unidad de peso de agua

z_w - línea de conexión de los puntos (en las juntas), donde está el nivel de agua

Las fuerzas resultantes U (fuerza debido al agua en la superficie de deslizamiento) o F_v (fuerza debido al agua en la superficie de deslizamiento interna que actúa sobre la parte sumergida de la junta por metro de ancho) se calculan a partir de los diagramas de carga de presión de poro.



Fuerzas del agua actuando en el bloque - el agua fluye libremente en el hueco



Fuerzas del agua actuando en el bloque - el agua no fluye en el hueco

NF Horizontal

El NF horizontal se introduce por la altura constante h_w sobre el talón de la pendiente (desde el origen del sistema de coordenadas). La influencia de agua se considera desde el nivel del agua (NF) a un punto dado en la vertical.

El agua ingresada en bloques

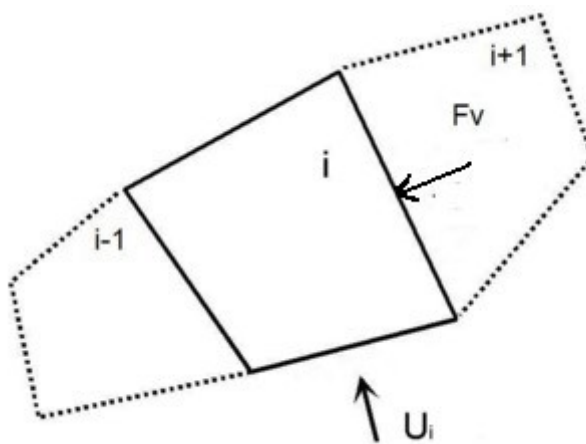
La presión del agua a lo largo de las articulaciones y en la superficie de deslizamiento puede ser tomado en cuenta. Se introduce como carga externa:

Presión de agua en las superficies de deslizamiento internas (agua entre los bloques) F_v

Se debe introducir en el análisis cuando sea que se espere presión de agua en las juntas entre los bloques. Se aplica como una fuerza resultante F_v en kN (se considera la presión que actúa en la parte sumergida de la unión por $1m$ ejecutado).

Presión de agua en la superficie de deslizamiento externa (aumento de presión) U

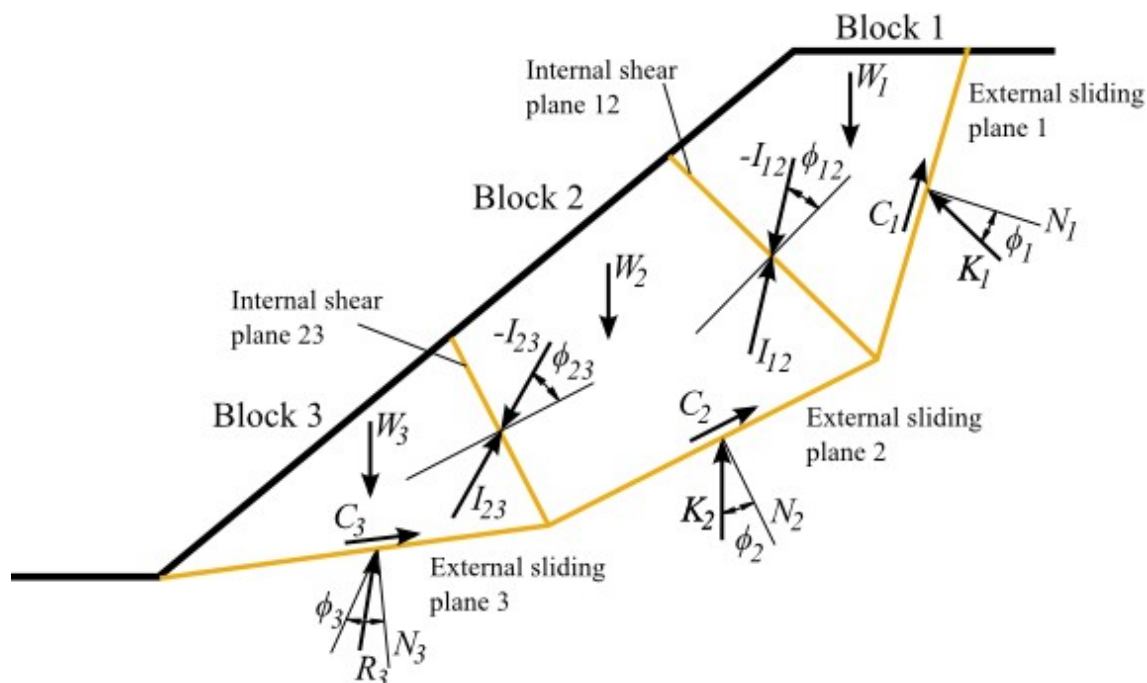
Se define como presión hidrostática en cada superficie de deslizamiento poligonal (superficie de deslizamiento externa) separadamente y se introduce como una carga externa (aumento de presión) U en kN , que puede ser reducida dependiendo de la permeabilidad de la superficie de deslizamiento (se considera la presión actuando en la parte sumergida de la superficie de deslizamiento por $1m$ ejecutado).



Fuerza del agua actuando en el bloque rocoso

Procedimiento de solución

El principio de cálculo de estabilidad de taludes de roca de una **superficie de deslizamiento poligonal** se muestra en la siguiente figura.



Fuerzas actuando en la superficie de múltiples bloques deslizantes

Supongamos que D_1 es el vector que representa la resultante de todas las fuerzas perturbadoras que actúan sobre el bloque no. 1 dada por:

$$D_1 = W_1 + E_1 + U_1 + V_1$$

- Donde:
- W_1 - vector debido al peso propio de bloque que actúa verticalmente hacia abajo
 - E_1 - vector de fuerza externa debido a terremoto
 - U_1 - vector de fuerza debido a la fuerza de levantamiento del agua que actúa normalmente a la superficie de deslizamiento
 - V_1 - vector de fuerza del agua en grietas de tensión

Si N_1 denota el vector unidad para N_1 y el ángulo de fricción para el plano no. 1 es ϕ_1 , el bloque 1 sería un bloque activo e inestable si la resultante queda fuera del **cono de fricción** de plano no. 1 de modo que:

$$N_1 R_1 > \cos \phi_{m1}$$

- Donde
- R_1 - unidad de fuerza resultante neta de fuerzas perturbadoras y de resistencia que actúa en el bloque no. 1
 - N_1 - unidad de vector que representa la normal hacia arriba del plano no. 1
 - ϕ_{m1} - ángulo de fricción interna movilizado

Para un bloque activo, habrá una transferencia neta de fuerza de interacción entre el bloque 1 al siguiente bloque inferior 2. La fuerza de interacción se denota por el vector I_{12} dada por:

$$I_{12} = K_1 - R_1$$

Donde K_1 - fuerza de reacción para el bloque 1, que actúa en un ángulo ϕ_1 alejándose de la normal al plano de deslizamiento 1 para la condición de equilibrio según la fig. 1

Un método similar de análisis puede llevarse a cabo para el bloque 2, además se tiene en cuenta una fuerza de interacción I_{12} igual y opuesta. El vector de fuerza resultante neta R_2 está dado por:

$$R_2 = D_2 + C_{m2} + B_2 - I_{12}$$

Donde: D_2 - resultante de todas las fuerzas perturbadoras que actúan sobre el bloque no. 2

C_{m2} - vector que indica la fuerza de cizallamiento movilizado

B_2 - vector que denota la resultante de las fuerzas resistentes externas que actúan sobre el bloque 1 aportado por pernos de roca o hormigón proyectado

I_{12} - fuerza de interacción vector desde bloque 1 al siguiente bloque inferior 2

El análisis de estabilidad se llevó a cabo por lo tanto, de una manera secuencial para todos los bloques que van desde el bloque superior 1 hasta que el bloque más bajo n . Todo el sistema de bloques se considera estable si la fuerza resultante del bloque más bajo se encuentra dentro del cono de fricción de la superficie de deslizamiento. En la Figura 1, por ejemplo, donde el bloque más bajo está numerado 3, todo el sistema de bloques sería estable, con bloques pasivos que soportan los bloques activos del sistema, siempre que:

$$N_3 R_3 \leq \cos \phi_{m3}$$

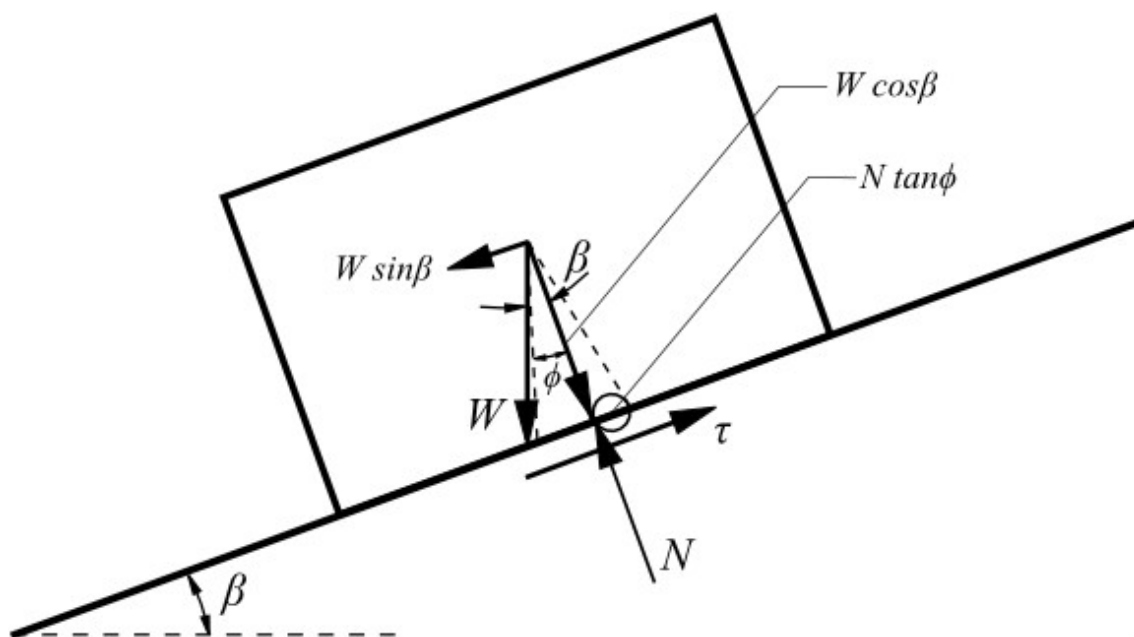
Donde: R_3 - resultante unidad de fuerza neta de fuerzas perturbadoras y de resistencia que actúa en el bloque no. 3

N_3 - unidad de vector que representa la normal hacia arriba del plano no. 3

ϕ_{m3} - ángulo de fricción interna movilizado

Concepto de fricción de cono

Concepto cono de fricción es una combinación del método de cálculo cinemático y cinético que representa la forma convencional de solución, que se utiliza para encontrar la potencial **superficie de deslizamiento de fracaso**. El principio de la solución se muestra en la siguiente figura.



El concepto cono de fricción para un bloque que descansa sobre un plano inclinado (superficie de deslizamiento poligonal)

Las fuerzas de la resistencia se describen utilizando siguiente condición:

$$N \tan \phi = c A + W \cos \beta \tan \phi$$

- donde:
- A - área de bloques que descansa sobre la superficie de deslizamiento
 - c - cohesión sobre la superficie de deslizamiento
 - W - vector debido al peso propio del bloque (resultante peso propio del bloque de roca)
 - N - normal al plano de deslizamiento
 - ϕ - ángulo de fricción interna

Bibliografía:

Goodman, R. E.: Introduction to Rock Mechanics: John Wiley & Sons, New York, 1989, 562 p.

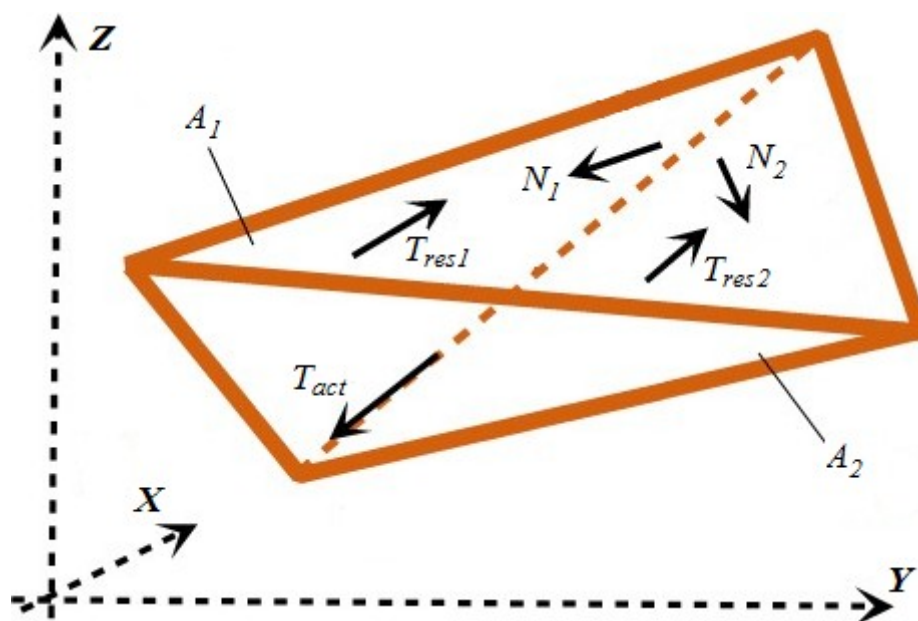
Cuña de roca

El programa realiza el análisis de estabilidad para una cuña de roca que se acuña entre dos superficies (planas) y que se desliza en dirección de la línea de interacción de esos planos. La cuña de roca se puede especificar con una grieta de tensión. La gradiente de interacción debe ser considerablemente más grande que el ángulo de fricción interna dividiendo los planos, considerando que la caída de la línea de ambos planos de división debe ser directamente dirigida hacia la línea de intersección. Luego se asume que la bandeja se ubica en el cuerpo rocoso estable.

La solución requiere determinar la **fuerza normal** N , la **fuerza de corte (activa)** T_{act} y la **fuerza de resistencia de corte (pasiva)** T_{res} actuando en las superficies de deslizamiento $A1$ y $A2$. La fuerza activa T_{act} y la fuerza Normal T_{act} se obtienen como una suposición de todas las fuerzas introducidas en el análisis luego de realizar la **solución espacial estas fuerzas**.

Los parámetros de la fuerza de corte de **Mohr-Coulomb** y de la **fuerza normal** N que actúan en la superficie de deslizamiento son los datos de entrada más importantes para la determinación de la **fuerza de resistencia de corte** T_{res} . El cálculo de la fuerza de corte activa T_{act} y de la fuerza normal N es luego influenciado por el peso de la cuña (depende de la **geometría** de la cuña y del **peso unitario del roca**), anclaje de cuña, sobrecarga actuando en la cuña, **influencia del agua** y de los **efectos sísmicos**.

El resultado de la verificación puede ser llevado a cabo según lo seleccionado en la **metodología de verificación** ingresada en el cuadro "Configuración"

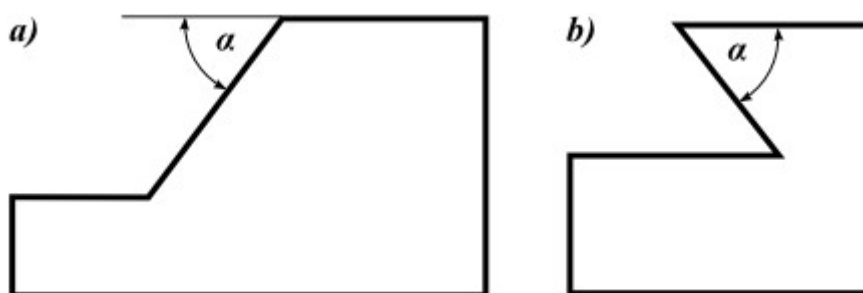


Componentes que actúan en la cuña de roca

Geometría de la cuña de roca

Entrar la geometría de la cuña de roca utilizando el gradiente o la caída de la dirección de la línea gradiente, requiere la definición de la orientación espacial de la cara de la roca, terreno (cara superior), superficie de deslizamiento N_1 y N_2 y/o la grieta de tensión, como:

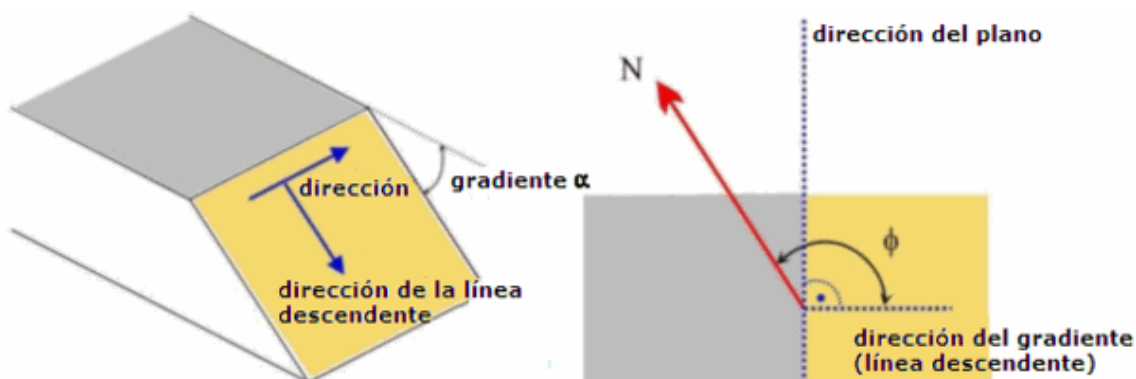
- **Gradiente:** (ángulo de gradiente) ángulo de inclinación α representando la inclinación de la superficie horizontal. (Puede recibir valores desde 0° a 90°)
- En el caso de una pendiente voladiza (el borde de la pendiente es anterior a la puntera de la pendiente - el muro tiende desde el borde de la masa rocosa), seleccione el botón y luego se debe comprobar "**Frente de roca voladizo**" y el gradiente del frente φ cara se considera en el semiplano de la masa rocosa. El programa verifica la posibilidad de fallo por vuelco de la masa rocosa con frente rocoso voladizo. Si la opción de un vuelco de cuña de tierra es realista, el programa notifica al usuario en el listado de los resultados. Sin embargo, el programa no hace una evaluación real de la revocación o la rotación de la cuña de roca.
-



a) frente rocosa pendulo b) frente de roca en voladizo

- **Dirección de gradiente:** (caída de línea) es un ángulo φ entre la proyección horizontal de la línea normal en dirección recta, medida como un ángulo azimut (desde el norte en la dirección de las agujas del reloj) (la caída de la línea corresponde a la inclinación del plano), puede recibir valores desde 0° a 360° .

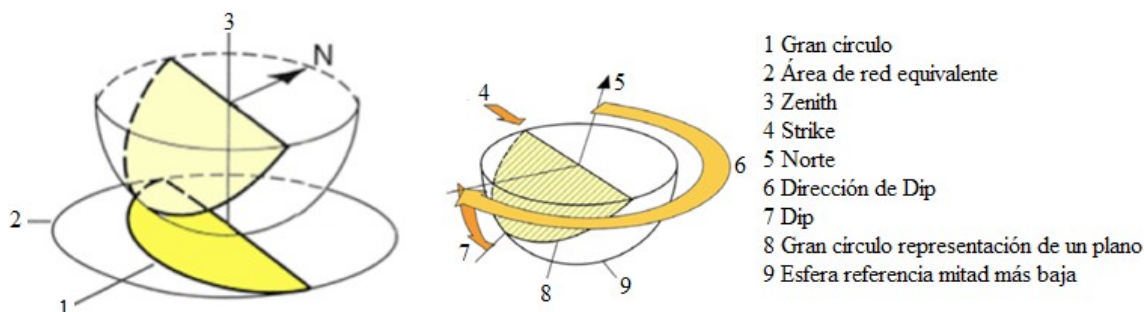
El programa, cuando define orientación de espacios de planos, muestra los planos utilizando una **proyección estereográfica**.



Descripción de orientación de superficies (corte vertical a través de la masa rocosa y plano de proyección)

Proyección estereográfica

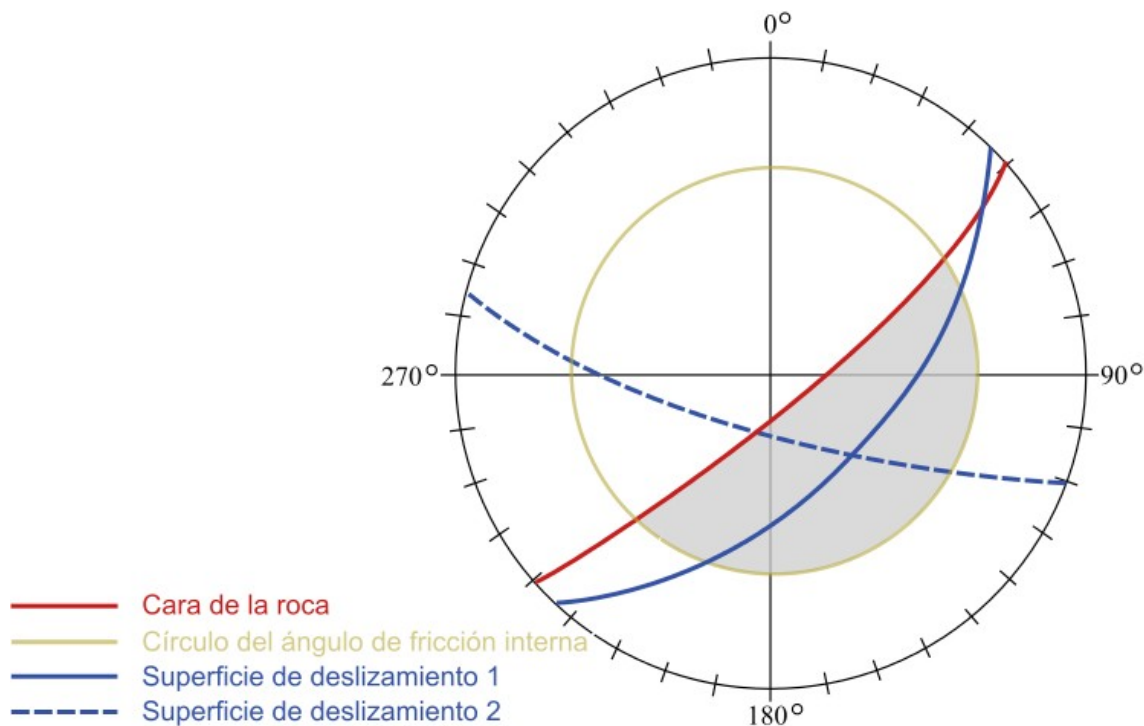
Cuando definimos la geometría de la cuña en roca y la superficie de deslizamiento utilizando espacios de proyección, el programa muestra las distintas superficies con la ayuda de los grandes círculos (en igual área) de proyección hemisférica de Lambert.



Principio de poyección estereográfica (Lambert)

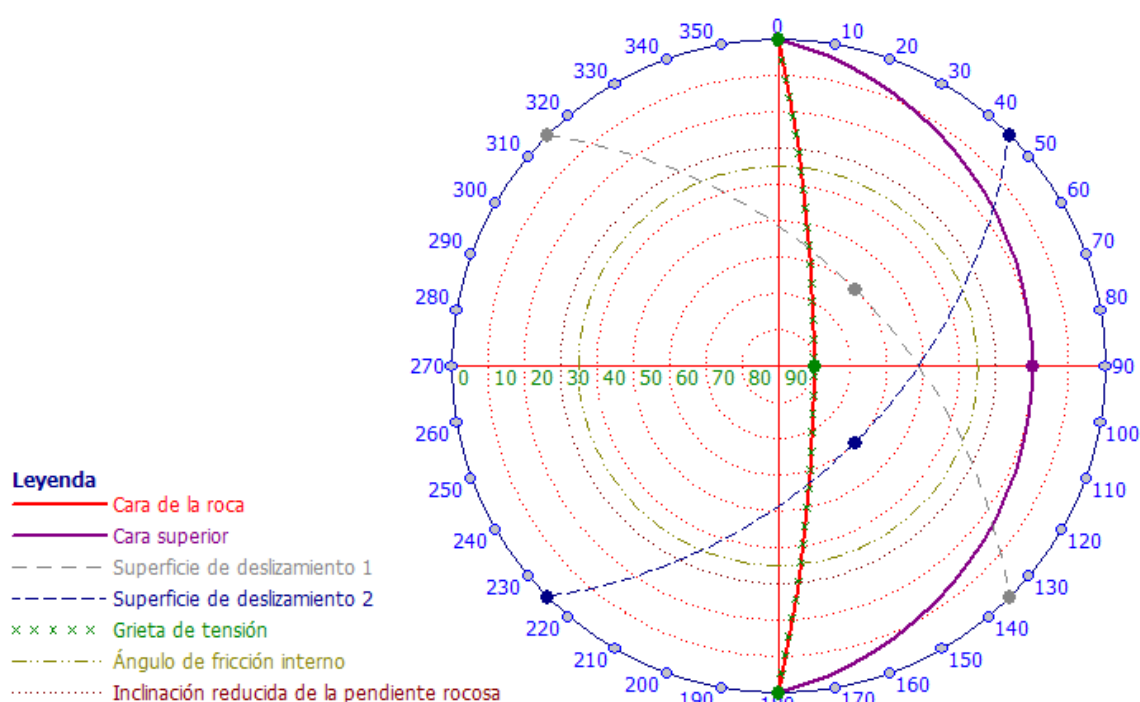
La prueba de Markland utiliza una proyección estereográfica del círculo máximo para la posibilidad cinemática del fallo de cuña de roca. La geometría de la **cuña de roca** se representa en la proyección estereográfica usando el gran círculo que representa la cara de la pendiente y

discontinuidades de la superficie de deslizamiento 1 y 2 (véase el gráfico). El círculo de fricción se representa también en la proyección, el ángulo de fricción en las discontinuidades se mide desde el norte y el centro del círculo es el centro de la estatogafía. La zona entre el gran círculo que representa la cara de la pendiente y el círculo de fricción es el área sombreada en la figura. Cuando el paso de la línea de intersección de dos discontinuidades (1 y 2) se encuentra en la zona de sombra, entonces el fallo es cinemáticamente posible.



Posibilidad cinemática de la cuña de roca (parcela de prueba de Markland en una proyección estereográfica)

La vista de la geometría de la cuña de roca es suplementada por los elementos de la prueba de Mark. Esto hace que sea posible evaluar la proyección estereográfica de la cinemática de la cuña de roca.



Markland's test

Influencia de aguas subterráneas

Por defecto el programa realiza el análisis de estabilidad de la cuña de roca sin considerar las aguas subterráneas. Si hay interés en la influencia de aguas subterráneas en la cuña de roca es necesario introducir la altura del nivel freático de la línea de intersección de la superficie de deslizamiento y cara de la roca (el GWT toma una posición arbitraria sobre la altura total de la cuña de roca). El programa supone que el agua puede fluir libremente ubicada discontinuamente debajo del GWT (no se consideran restricciones, ej.: debido a los bloques de hielo).

La presión del agua actúa en la dirección normal de la superficie de deslizamiento contra las componentes normales de las fuerzas pasiva. Si la altura y_w por encima del punto de presión máximo P_{max} es igual o mayor a $Z/2$ y está totalmente contenido por la cuña de roca, entonces el valor se supone igual a $Z/2$ (caso A). Si la altura y_w por encima del punto de presión máximo P_{max} es igual o menor a $Z/2$ (caso B) entonces el valor se reduce a:

$$y_w = \left(\frac{1}{2} \cdot L^* \cdot \sin \delta \right) \left(\frac{\tan \alpha_1}{\tan \delta} - 1 \right)$$

Donde: L^* - Longitud de la línea de interacción de la superficie de deslizamiento $A1, A2$

α_1 - Gradiente de la cara de la roca

δ - Gradiente de la línea de interacción de la superficie de deslizamiento

La presión de agua resultante en la superficie de deslizamiento 1 y 2 está dada por:

$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot P_{max} \cdot A_1^w = \frac{1}{3} \cdot \gamma_w \cdot y_w \cdot A_1^w$$

$$P_2 = \frac{1}{3} \cdot P_{max} \cdot A_2^w = \frac{1}{3} \cdot \gamma_w \cdot y_w \cdot A_2^w$$

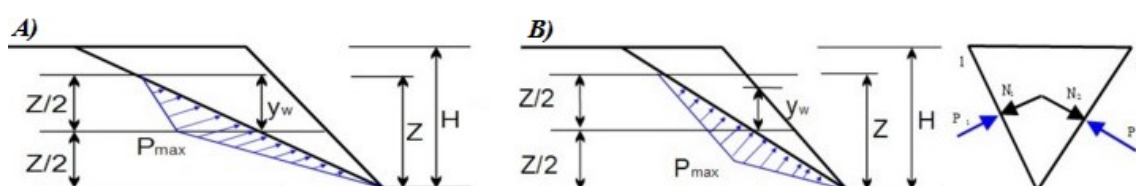
Donde: Z - Altura del GWT por encima de la línea de interacción de la superficie de deslizamiento y cara de la roca

P_{ma} - Presión máxima del agua en la línea de interacción de la superficie de deslizamiento

γ_w - Peso unitario de agua ($\approx 10 \text{ kN/m}^3$)

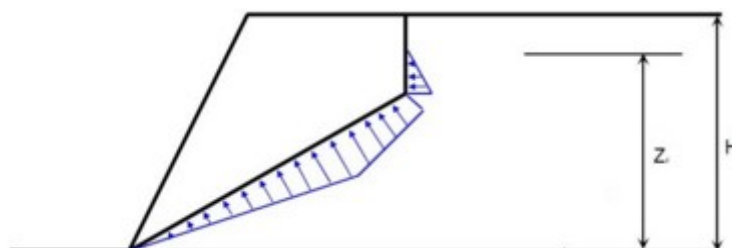
A_1^w - Área de la parte mojada de la superficie de deslizamiento 1

A_2^w - Área de la parte mojada de la superficie de deslizamiento 1



Distribución de presión de agua en la línea de interacción de la superficie de deslizamiento

Si la grieta de tensión se encuentra entera o parcialmente debajo del GWT, entonces la influencia de la presión del agua se refleja en la superficie de deslizamiento 1 y 2 a través de las fuerzas P_1 y P_2 en la intersección de estas superficies y en la grieta de tensión a través de la fuerza P_3 actuando en la dirección normal de la grieta de tensión.



Distribución de la presión del agua cuando consideramos GWT en la grieta de tensión

Resolución de las fuerzas activas

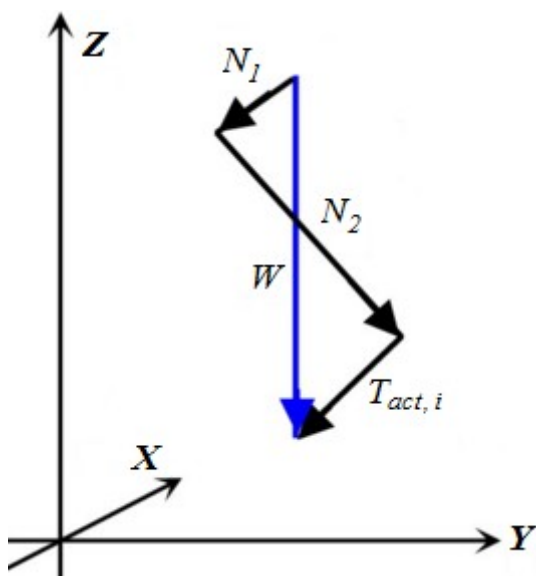
Las fuerzas activas en la cuña de roca (peso de la cuña de roca, cargas externas, fuerzas de anclaje) se resuelven dentro de direcciones normal al plano A_1 y A_2 (el bloque es acuñado entre estas superficies) y dentro de la dirección de sus intersecciones. La solución de las fuerzas resultantes dentro de la fuerza normal N_1 , N_2 que actúan en los planos A_1 y A_2 , fuerzas de resistencia (pasivas) T_{res1} , T_{res2} que actúan a lo largo de los planos A_1 y A_2 .

Este paso luego genera la **fuerza de corte (activa)** T_{act} que actúa en la dirección de la línea de intersección de la superficie de deslizamiento. La **fuerza de corte (activa)** T_{act} resultante se obtiene como la suma de las fuerzas de corte individuales $T_{act,i}$.

La **fuerza de resistencia (pasiva)** T_{res} se encuentra por la suma de los componente T_{res1} , T_{res2} (ej.: debido a la carga externa) y las fuerzas de fricción en el plano A_1 y A_2 debido a las fuerzas normales:

$$T_{res} = \sum T_{res,1} + \sum T_{res,2} + \sum (N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 + c_1 A_1) + \sum (N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 + c_2 A_2)$$

Donde:	c_1	Cohesión de la superficie de deslizamiento A_1
	c_2	Cohesión de la superficie de deslizamiento A_2
	φ_1	Ángulo de fricción interna de la superficie de deslizamiento A_1
	φ_2	Ángulo de fricción interna de la superficie de deslizamiento A_2
	T_{vzd1}	Fuerza de resistencia en la superficie de deslizamiento A_1
	T_{vzd2}	Fuerza de resistencia en la superficie de deslizamiento A_2



Resolución del espacio del peso propio de la cuña W

Verificación

La verificación puede ser llevada a cabo según la [metodología de verificación](#) seleccionada basada en la entrada del cuadro "[Configuración](#)"

Verificación según el factor de seguridad

Cuando realizamos la verificación según el factor de seguridad, el programa determina directamente el valor del factor de seguridad SF . Las condiciones de verificación tiene la siguiente forma:

$$SF = \frac{T_{res}}{T_{act}} > SF_s$$

Donde	T_{act}	fuerza de corte a lo largo de la superficie de deslizamiento
	T_{res}	Fuerza pasiva superficie de deslizamiento
	SF	Factor de seguridad
	SF_s	Factor de seguridad (entrada en la solapa " Análisis de estabilidad ")

Valores típicos para la mayoría de los casos cuando se estudia la estabilidad de una pendiente rocosa es, por ejemplo: Para muros de pozos de cimentación: $SF_s = 1,1$ a $1,25$. Para rocas de corte de carretera: $SF_s = 1,2$ to $1,5$, etc.

Verificación según la teoría de los estados límite

Cuando realizamos la verificación según la teoría de los estados límite, el programa reduce los parámetros de material (ángulos de fricción interna o tangente del ángulo de fricción interna, cohesión) utilizando coeficientes parciales introducidos en la solapa "Análisis de estabilidad". Las condiciones de verificación tiene la siguiente forma:

$$T_{act} < \frac{T_{res}}{\gamma_s}$$

Donde

T_{act}	fuerza de corte a lo largo de la superficie de deslizamiento
T_{res}	Fuerza pasiva superficie de deslizamiento
γ_s	Coficiente de reducción de la estabilidad global de la estructura (entrada en la solapa "Análisis de estabilidad")

Cuando analizamos la **superficie de deslizamiento poligonal**, el programa compara el valor calculado con el valor correspondiente al diseño completamente tensionado (estado de equilibrio con reserva cero). Las condiciones de verificación tiene la siguiente forma:

$$SF > SF_s$$

Donde:

SF	- Factor de seguridad calculado con parámetros de material reducido
SF_s	- Coeficiente de estabilidad global dela estructura

Rocas - Criterio de resistencia de corte

La fuerza de corte se basa en el criterio de determinar las fuerzas de resistencia pasivas. La fuerza de resistencia está dada por la siguiente expresión:

$$T_{res} = \tau l$$

Donde:

τ	- Fuerza de corte en la superficie de deslizamiento
l	- Longitud de la superficie de deslizamiento

La fuerza de corte para una superficie de deslizamiento plana puede ser escrita según:

- Mohr - Coulomb
- Hoek - Brown
- Barton - Bandis

Mohr - Coulomb

La fuerza de corte τ [kPa] según Mohr-Coulomb está dada por:

$$\tau = c + \frac{N}{l} \operatorname{tg} \varphi$$

Donde:

N	- Fuerza normal actuando en la superficie de deslizamiento
-----	--

- l - Longitud de la superficie de deslizamiento
- c - Cohesión de roca en superficie de deslizamiento
- φ - Ángulo de fricción interna de roca en en superficie de deslizamiento

Los rangos aproximados de los parámetros del criterio dado por Mohr-Coulomb para los suelos seleccionados se describen [aquí](#).

Parámetros de Mohr - Coulomb

Si es posible los parámetros de fuerza deben ser determinados por mediciones in-situ. Los resultados de estas mediciones o de experimentos en laboratorios muestran que el ángulo de fricción interna se encuentra la mayoría de las discontinuidades en masas de rocas dentro del rango 27° a 47°. Valores aproximados del ángulo de fricción interna φ y de cohesión c para rocas basadas en la clasificación RMR son almacenados en la siguiente tabla:

Clase de rocas	I	II	III	IV	V
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Ángulo de fricción interna φ [°]	> 45	35 - 45	25 - 45	15 - 25	< 15
Cohesión c [kPa]	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100

Hoek - Brown

El criterio de fallo de Hoek-Brown, describe el fallo de la masa rocosa (basado en el análisis realizado sobre cientos de estructuras subterráneas y de pendientes rocosa) como:

$$\sigma_{1,ef} = \sigma_{3,ef} + \sigma_c \left(\frac{m_b \cdot \sigma_{3,ef}}{\sigma_c} + s \right)^a$$

- Donde:
- σ_{1ef} - Tensión principal mayor durante el fallo de roca
 - σ_{3ef} - Tensión principal menor durante el fallo de roca
 - σ_c - Fuerza de la roca intacta en compresión simple
 - σ_{ci} - Resistencia a la compresión uniaxial de piezas intactas de roca
 - m_b, s - Constante de material no lineal dependiendo de la calidad de la roca
 - a - Coeficiente en función de la ruptura de la roca

Los parámetros básicos del modelo de Hoek-Brown modificado deben ser determinados por mediciones in-situ y experimentos en laboratorios muestran. Para tener más conocimientos sobre este modelo, se provee una pequeña lista de [rangos de distintos parámetros](#).

Si la **clasificación del macizo rocoso mediante GSI** se conoce, entonces es posible que el programa determine los parámetros H-B [por sí mismo](#).

Para el análisis actual los parámetros de H-B se transforman en parámetros de M-C. El proceso de solución entonces se convierte indicado para el criterio de [Mohr-Coulomb](#).

Para la conversión de los parámetros de Hoek-Brown se utiliza solución según Hoek, Carranza-Torres y Corkum (2002) en el caso del análisis de **estabilidad de taludes de roca**:

Ángulo de fricción interno φ :

$$\varphi' = \arcsin \left[\frac{6 a m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6 a m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

Cohesión (fuerza de corte) c :

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6 a m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}}$$

Donde:

$$\sigma'_{3n} = \frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma_{ci}}$$

El valor máximo de una tensión principal menor $\sigma'_{3\max}$ está dado por:

$$\frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma'_c} = 0,72 \left(\frac{\sigma'_c}{\gamma H} \right)^{-0,91}$$

Donde:

- γ - Unidad de peso de la roca
- H - Altura de la pendiente rocosa
- σ_c - Fuerza de la roca intacta en compresión simple, o resistencia a la compresión uniaxial de la roca maciza intacta

Bibliografía:

Stability analysis of rock slopes with a modified Hoek-Brown failure criterion, ANG Xiao-Li ; LIANG LI ; YIN Jian-Hua *International journal for numerical and analytical methods in geomechanics*. ISSN 0363-9061, 2004, vol. 28, no2, pp. 181-190.

Hoek E, Carranza-Torres CT, Corkum B.: *Hoek-Brown failure criterion—2002 edition. Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada, vol. 1, 2002, pp. 267 – 273.*

Parámetros de Hoek - Brown

Parámetros de roca quebrada a

Un parámetro es un exponente recibiendo valores desde 0,5 a 0,65 (para las condiciones originales de Hoek-Brown es igual a 0,5) y dependen del grado de quiebre de la roca.

Parámetros no lineales $m_b = m$, s para $a = 0,5$

(El índice r denota valores residuales)

	Rocas carbonatadas con división bien desarrollada - demolita, piedra caliza, mármol	Roca arcillosa - Lodo, limolita, esquisto, pizarra	Roca arenizca - arenizca, cuarcita	Roca ígnea de grano fino cristalino - andesita, dolerita, basalto, riolita	Roca metamorfoseada e ígnea secundaria - gabbro, gneis, granito
Material de roca intacto	$m = 7.00$	$m = 10.00$	$m = 15.00$	$m = 17.00$	$m = 25.00$
Muestras de laboratorio sin discontinuidades	$s = 1.00$	$s = 1.00$	$s = 1.00$	$s = 1.00$	$s = 1.00$
RMR=100	$mr = 7.00$	$mr = 10.00$	$mr = 15.00$	$mr = 17.00$	$mr = 25.00$
Q=500	$sr = 1.00$	$sr = 1.00$	$s = 1.00$	$s = 1.00$	$s = 1.00$
Masa de roca de muy buena calidad	$m = 2.40$	$m = 3.43$	$m = 5.14$	$m = 5.82$	$m = 8.56$
Rocas sin bloques aislados	$s = 0.082$	$s = 0.082$	$s = 0.082$	$s = 0.082$	$s = 0.082$
con discontinuidades no degradadas	$mr = 4.10$	$mr = 5.85$	$mr = 8.78$	$mr = 9.95$	$mr = 14.63$
	$sr = 0.189$	$sr = 0.189$	$sr = 0.189$	$sr = 0.189$	$sr = 0.189$
RMR=85					
Q=100					
Masa de roca de buena calidad	$m = 0.575$	$m = 0.821$	$m = 1.231$	$m = 1.395$	$m = 2.052$
Rocas ligeramente dañadas con discontinuidades no degradadas	$s = 0.00293$	$s = 0.00293$	$s = 0.00293$	$s = 0.00293$	$s = 0.00293$
espacio desde 1 a 3 m	$mr = 2.006$	$mr = 2.865$	$mr = 4.298$	$mr = 4.871$	$mr = 7.163$
RMR=65	$sr = 0.0205$	$sr = 0.0205$	$sr = 0.0205$	$sr = 0.0205$	$sr = 0.0205$
Q=10					
Masa de roca de baja calidad	$m = 0.128$	$m = 0.183$	$m = 0.275$	$m = 0.311$	$m = 0.458$

con discontinuidades parcialmente degradadas espacio desde 0,3 a 1 m RMR=44 Q=1	$s = 0.00009$ $mr = 0.947$ $sr = 0.00198$	$s = 0.00009$ $mr = 1.353$ $sr = 0.00198$	$s = 0.00009$ $mr = 2.030$ $sr = 0.00198$	$s = 0.00009$ $mr = 2.301$ $sr = 0.00198$	$s = 0.00009$ $mr = 3.383$ $sr = 0.00198$
Masa de roca de pobre calidad con discontinuidades degradadas espacio desde 30 a 500 mm RMR=23 Q=0,1	$m = 0.029$ $s = 0.000003$ $mr = 0.447$ $sr = 0.00019$	$m = 0.041$ $s = 0.000003$ $mr = 0.639$ $sr = 0.00019$	$m = 0.061$ $s = 0.000003$ $mr = 0.959$ $sr = 0.00019$	$m = 0.069$ $s = 0.000003$ $mr = 1.087$ $sr = 0.00019$	$m = 0.102$ $s = 0.000003$ $mr = 1.598$ $sr = 0.00019$
Masa de roca de muy pobre calidad con numerosas discontinuidades extremadamente degradadas con espacio de relleno menor a 50 mm, Residuo de roca de grano fino RMR=3 Q=,01	$= 0.007$ $s = 0.0000001$ $mr = 0.219$ $sr = 0.00002$	$m = 0.010$ $s = 0.0000001$ $mr = 0.313$ $sr = 0.00002$	$m = 0.015$ $s = 0.0000001$ $mr = 0.469$ $sr = 0.00002$	$m = 0.017$ $s = 0.0000001$ $mr = 0.532$ $sr = 0.00002$	$m = 0.025$ $s = 0.0000001$ $mr = 0.782$ $sr = 0.00002$

La fuerza de rocas en compresión simple σ_c , coeficiente de Poisson ν y el propio peso de la roca γ

Resistencia de roca	Tipos de roca (ejemplos)	Fuerza de rocas σ_c [MPa]	Coeficiente de Poisson ν	Peso propio de la roca γ [kN/m ³]
Roca sólida	Roca sólida más dura, intacta, compacta y roca de cuarzo densa, y basalto, otras rocas extraordinariamente duras	>150	0,1	28,00 - 30,00
Roca muy dura	Roca de granito muy duro, pórfido, cuarzo, granito muy duro, piedra esquito druo, cuarcita, roca de arena muy dura, cacite muy dura	100 - 150	0,15	26,00 - 27,00
Roca dura	granito, arenizca y calcita muy dura, veta de cuarzo, conglomerado duro, mineral muy duro, piedra caliza, mármlo, demolita, pirita	80 - 100	0,20	25,00 - 26,00
Roca	Arenisca, mineral, esquito arenoso medio, losa	50 - 80	0,25	24,00
Roca de dureza media	Lodo duro, roca de arena y calcita suave, arcilla calcárea	20 - 50	0,25 – 0,30	22,00 – 26,00
Roca suave	esquito, piedra caliza blanda, tiza, roca de sal, suelo congelado, antracita, margas, arenisca remodelada, conglomerado suave	5 - 20	0,3 – 0,35	22,00 – 26,00
Suelo débil	Arcilla compacta, soil eluvium, carbón negro, suelo eluvium	0,5 - 5	0,35 – 0,40	20,00 – 22,0 18,00 - 20,00

Cálculo de los parámetros de Hoek - Brown

Si la masa rocosa se describe utilizando GSI (Índice de estructuras geológicas) es conocido, entonces es posible dejar que el programa determine los parámetros de H-B como sigue:

$$m_b = m_i \cdot e^{(GSI-100 / 28 - 14 \cdot D)}$$

$$s = e^{(GSI-100 / 9 - 3 \cdot D)}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{(-GSI / 15)} - e^{(-20 / 3)} \right)$$

Donde: GSI - Índice de estructuras geológicas
 D - Coeficiente de masa de roca dañado
 m_i - Constante de fuerza de material en la roca intacta para las peores las condiciones

Valores de coeficiente de daño D del la pendiente rocosa

Descripción de la masa rocosa	Valor de coeficiente sugerido D
Pequeña escala de voladura en los resultados de las pendientes de ingeniería en modestos daños de masas rocosas, particularmente si se utilizan voladura constroladas. Sin embargo, los resultados de alivio de tensión presentan algunas perturbaciones (buena voladura).	0,7
Pequeña escala de voladura en los resultados de las pendientes de ingeniería en modestos daños de masas rocosas, particularmente si se utilizan voladura constroladas. Sin embargo, los resultados de alivio de tensión presentan algunas perturbaciones (voladura pobre).	1
Pendientes de mina a tajo abierto muy largas perturbación significativa debido a la fuerte producción de voladura y debido al alivio de tensión de eliminación de residuo (Producción de voladura).	1
Algunas excavaciones de roca suaves se puede llevar a cabo por rajadura y empuje y el grado de daño de la pendiente es menor. (excavaciones mecánicas).	0,7

Valores aproximados de la constante de material de rigidez en la roca intacta m_i (Luego de Hoek)

Tipo de Roca	Rocas representativas	m_i [-]
Rocas de piedra caliza con división cristalina bien desarrollada	Dolomita, calcita, mármol	≈ 7
Roca arcillosa consolidada	Mudstone, limolita, lutita limosa, pizarra	≈ 10
Rocas arenosa con cristales sólidos y división cristalino poco desarrollado	Arenisca, cuarcita	≈ 15
Rocas ígneas cristalinas de grano fino	Andesita, dolerita, diabasa, riolita	≈ 17
Rocas de grano grueso y metamórficas	Anfibolita, gabro, gneis, granito, diorita	≈ 25

Barton - Bandis

El criterio de fallo de fuerzas de corte de Barton-Bandis para masas de rocas toma la siguiente forma:

$$\tau = \sigma_n \cdot \tan \left[\varphi_b + JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

Donde:

- JRC - Coeficiente de rugosidad conjunta
- σ_n - Tensión normal actuando en la superficie de la unión de rocas
- JCS - Resistencia a la compresión conjunta
- φ_b - Ángulo básico de fricción interna de una superficie de deslizamiento

Si es posible los parámetros de la fuerza de corte deben ser determinados por mediciones in-situ. Rangos aproximados de los parámetros del criterio de fallo de Barton-Bandis están dados [aquí](#).

Parámetros de Barton-Bandis

Coeficiente de rugosidad conjunta JRC

Si el valor de JRC no puede ser determinado por las mediciones directas en la superficie conjunta, entonces es posible obtener el valor a partir del gráfico de mostrando la variación del coeficiente como una función de la longitud del perfil de la profundidad rugosa.

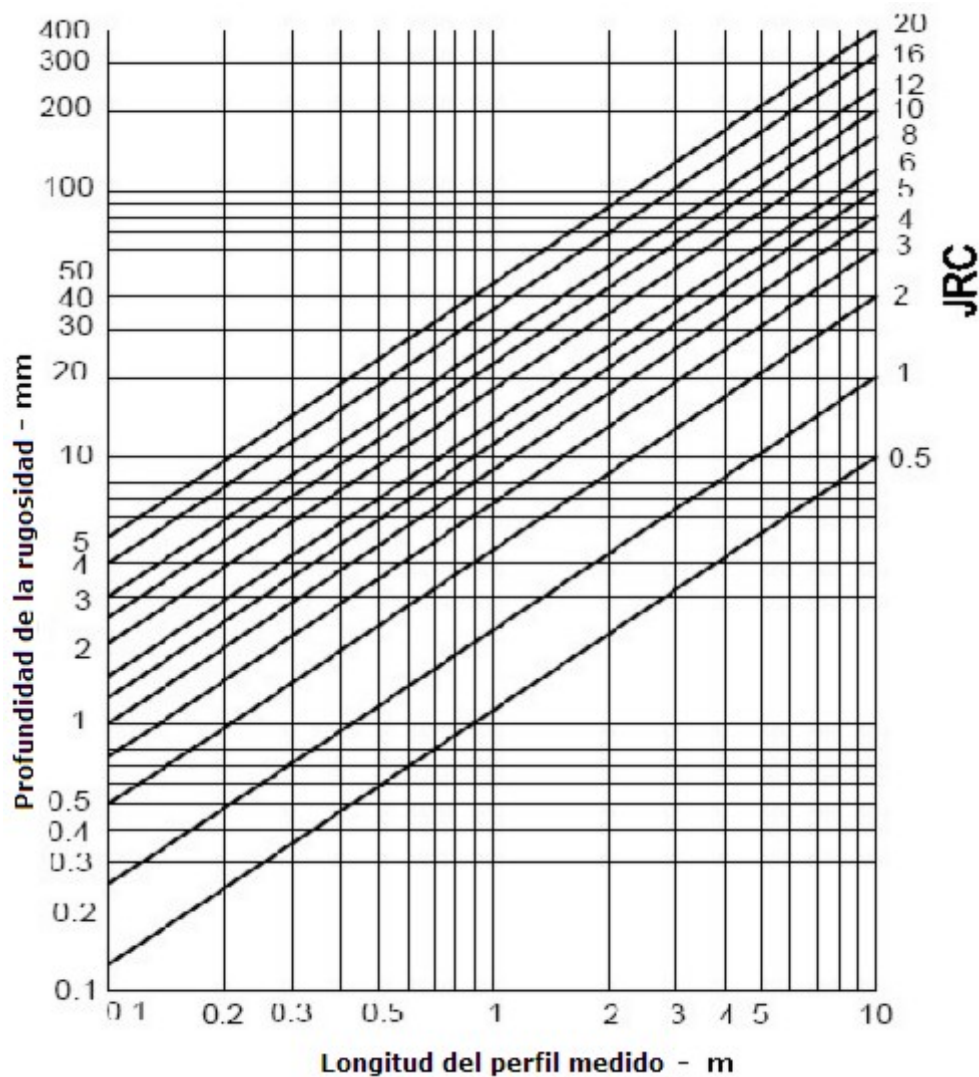
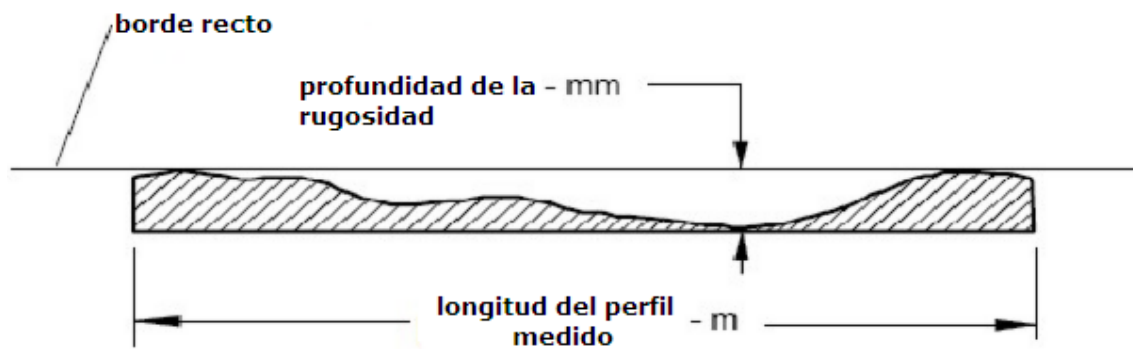
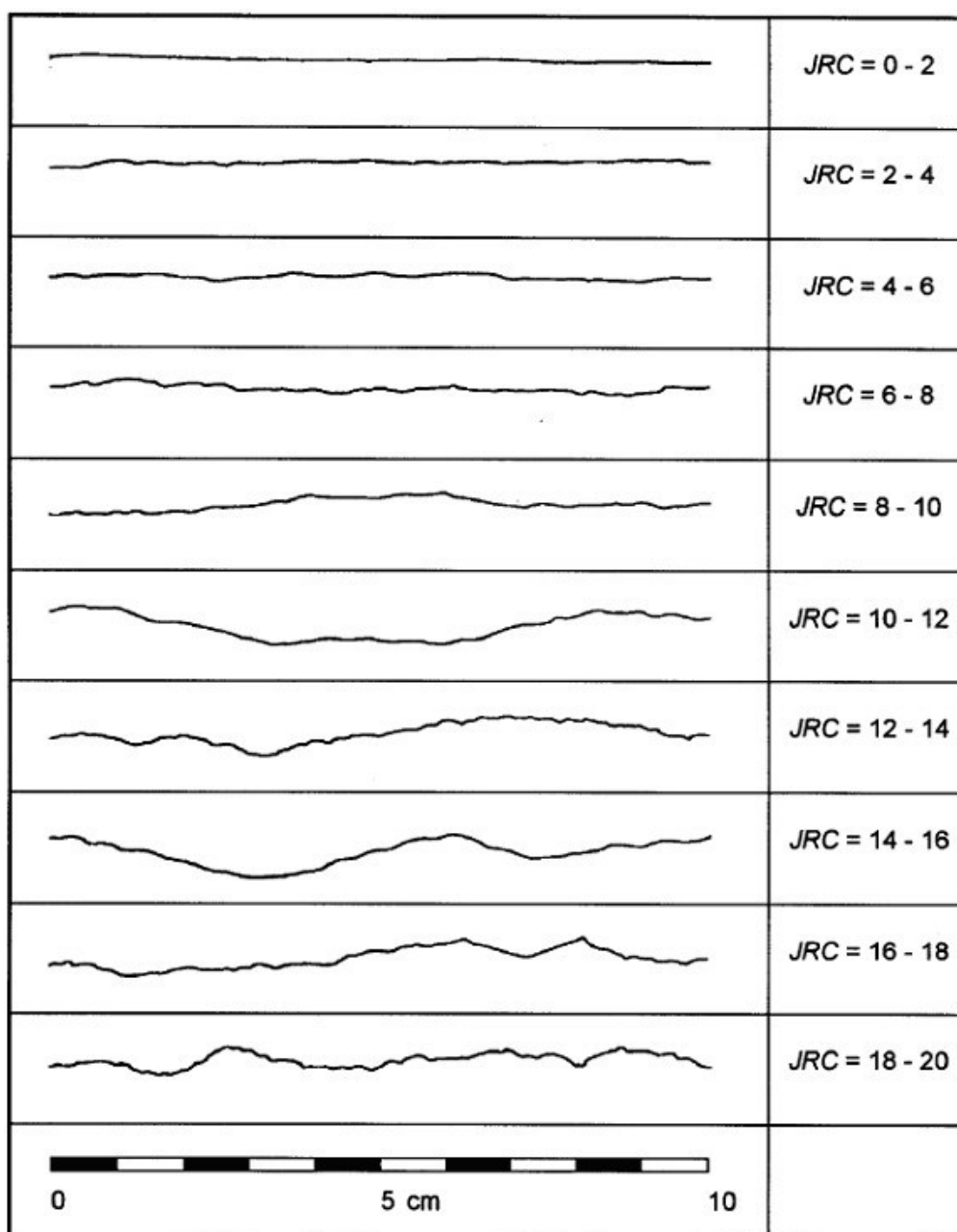


Diagrama para determinar JRC (Luego de Barton)

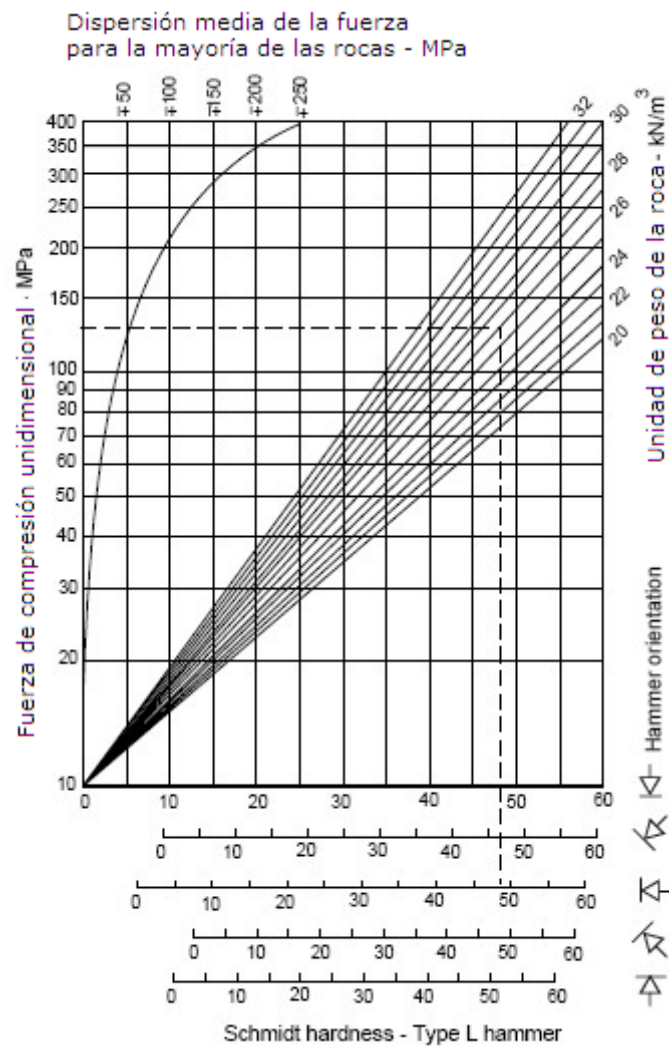
Los perfiles de rugosidad conjunta de roca que muestra el típico rango de JRC se muestra a continuación.



Los perfiles de rugosidad conjunta de roca que muestra el típico rango de JRC (Barton & Chubey 1977))

Resistencia a la compresión de la discontinuidad de JRC

Los métodos que permiten determinar la resistencia a la compresión de la discontinuidad (superficie de deslizamiento) JRC son generalmente recomendados por ISRM. El valor de JRC se puede obtener desde los gráficos de Deer-Miller que muestran su dependencia a la resistencia de roca encontrada en las mediciones de Schmidt (ver figura):



Ángulo básico de fricción interna en la superficie de deslizamiento ϕ_b

El valor básico del ángulo básico de fricción interna en la superficie de deslizamiento es aproximadamente igual al valor residual ϕ_r . No obstante, puede ser medido generalmente en laboratorios utilizando dispositivos de medición de corte (el área típica de espécimen es $50 \times 50\text{mm}$). el rango típico del ángulo básico de fricción interna para superficies de rocas degradadas es 25° a 35° .

Peso propio de rocas

Peso unitario de rocas γ

Fuerza de roca	Categoría de roca (ejemplo)	Peso unitario de rocas γ [kN/m^3]
Roca sólida	Roca sólida más dura, intacta, compacta y roca de cuarzo densa, y basalto, otras rocas extraordinariamente duras	28,0 - 30,0
Roca de dureza alta peso unitario del suelo	Roca de granito muy duro, pórfido, cuarzo, granito muy duro, piedra esquito duro, cuarcita, roca de arena muy dura, calcita muy dura	26,0 - 27,0
Roca dura	granito, arenisca y calcita muy dura, veta de cuarzo, conglomerado duro, mineral muy duro, piedra caliza, mármol, demolita, pirita	25,0 - 26,0
Roca	Arenisca, mineral, esquito arenoso medio, losa	24,0
Roca media	Lodo duro, roca de arena y calcita suave, arcilla calcárea	23,0 - 24,0
Roca suave	esquito, piedra caliza blanda, tiza, roca de sal, suelo congelado, antracita, margas, arenisca remodelada, conglomerado suave.	22,0 - 26,0
Roca débil	Arcilla compacta, soil eluvium, carbón negro, suelo eluvium	20,0 - 22,0 18,0 - 20,0

Influencia de los efectos sísmicos

El programa permite tener en cuenta la influencia de los sismos utilizando dos variables: Factor de aceleración horizontal K_h y coeficiente de aceleración vertical K_v .

El factor de aceleración es un número no dimensionable, el cual representa la aceleración del sismo como una fracción de la aceleración de la gravedad. Los efectos de sismos son introducidos a través de la fuerza sísmica S , la cual es determinada multiplicando el peso de la

roca sometida al sismo (ej.: bloque de roca) por el factor de aceleración. Cuando se asumen efectos sísmicos sólo en la dirección horizontal la fuerza sísmica está dada por:

$$S = K_h \cdot W$$

Donde: K_h - factor de aceleración horizontal

W - Peso del cuerpo de roca

Las fuerzas sísmicas siempre actúan en el centro de gravedad del cuerpo rocoso. Usualmente, sólo se consideran los efectos de sismos en dirección horizontal. No obstante, el programa permite el tratamiento en dirección vertical (con la ayuda del factor de aceleración K_v). Los efectos en ambas direcciones son combinados.

Grado M_C_S	Aceleración horizontal	Factor de aceleración horizontal
(MSK-64)	$[mm/s^2]$	K_h
1	0,0 - 2,5	0,0 - 0,00025
2	2,5 - 5,0	0,00025 - 0,0005
3	5,0 - 10,0	0,0005 - 0,001
4	10,0 - 25,0	0,001 - 0,0025
5	25,0 - 50,0	0,0025 - 0,005
6	50,0 - 100,0	0,005 - 0,01
7	100,0 - 250,0	0,01 - 0,025
8	250,0 - 500,0	0,025 - 0,05
9	500,0 - 1000,0	0,05 - 0,1
10	1000,0 - 2500,0	0,1 - 0,25
11	2500,0 - 5000,0	0,25 - 0,5
12	> 5000,0	> 0,5

Valor del factor K_h correspondiente al grado de sismo según la escala M-C-S

Muro de suelo reforzado

El programa realiza las siguientes verificaciones:

Verificación de equilibrio

El análisis realiza la verificación de la estabilidad externa de la llamada **estructura ficticia** que consiste en la parte frontal de la estructura y una curva límite de puntos finales de geo-refuerzos. La estructura ficticia está cargada por las **fuerzas calculadas actuando en la estructura** y controlada por **volcamiento** y **deslizamiento** – similar a la verificación para un **muro de gravedad**.

Verificación del muro

Desde las **fuerzas calculadas actuando en una estructura** el programa permite determinar las fuerzas en la sección transversal. Solo las fuerzas por encima de la junta controlada (ver **figura**) son tomadas en cuenta. Los refuerzos introducen las **fuerzas de estabilización** las cual equivalen al valor más bajo de dos capacidades portantes (contra rotura y arrancamiento). La verificación actual de **volcamiento** y **deslizamiento** sigue lo siguiente. El programa permite para una verificación automática la sección transversal más crítica.

Verificación de Capacidad portante

Se controla la **capacidad portante de un suelo de cimentación** debajo de la **estructura ficticia**. La tensión constante en la junta de cimentación se determina por todas las **fuerzas actuando en una estructura** y calculada en el cuadro "**Comprobación**". En el caso de cimentaciones ingresadas la capacidad portante se determina por todas las fuerzas calculadas en el cuadro "**Dimensionamiento**" (La opción "**Muro completo**" debe ser seleccionado)

Deslizamiento del georefuerzo

Se controla el **deslizamiento** de un **bloque de suelo reforzado** a lo largo de un geo-refuerzo. El bloque reforzado es delimitado por la cara frontal del muro, el geo-refuerzo controlado, una línea vertical pasando a través del punto final del geo-refuerzo y el terreno. El bloque es cargado por una **presión activa de la tierra** y por las fuerzas estabilizadoras debido a los geo-refuerzos excediendo los límites del bloque reforzado y por **otras fuerzas**. El programa además permite una verificación automática para el **deslizamiento** a lo largo de un refuerzo individual y para encontrar el resultado más crítico.

Verificación de Estabilidad interna

Se **verifica** el refuerzo y la resistencia a la extracción.

Verificación de estabilidad Global

El programa permite el control global de la **estabilidad de taludes** a lo largo de una **superficie de deslizamiento circular**. La superficie de deslizamiento puede ser **optimizada** de forma automática, Ej. El programa automáticamente selecciona la verificación a lo largo de la superficie circular. El análisis actual de la **estabilidad de taludes** puede llevarse a cabo con la ayuda de dos métodos: **Spencer** (riguroso, método más exacto) y **Bishop** (más conservador, simple, fácil de encontrar la solución de satisfactoria de condiciones de equilibrio).

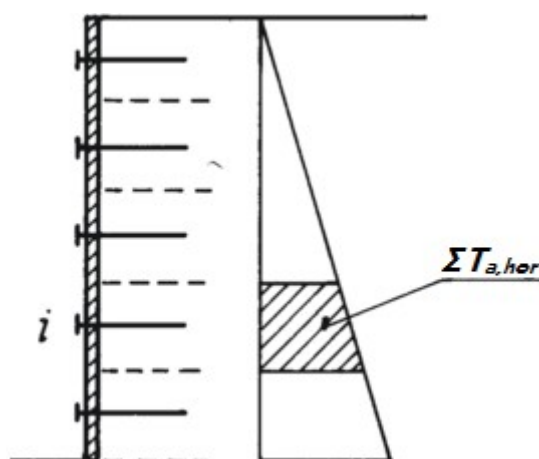
Estabilidad de taludes

La verificación de la **estabilidad global** se lleva a cabo en el programa "**Estabilidad de taludes**".

Capacidad portante de refuerzos

Fuerza del geo-refuerzo

La determinación de fuerzas en geo-refuerzos se lleva a cabo dividiendo y asignando la presión de tierra calculada a capas individuales. Cada refuerzo aloja una parte de la presión activa, la cual actúa en la **capa correspondiente**, ej. Fuerzas desarrolladas en el refuerzo $F_x = \Sigma T_{a,hor}$.



Fuerzas transmitidas por refuerzos individuales

La **forma de la superficie de deslizamiento** depende del estándar de cálculo seleccionado.

El análisis de la estabilidad interna varía por el tipo de geo-refuerzo.

- **refuerzos extensibles** (Estándar - superficie de deslizamiento recta, AASHTO - Extensible, FHWA NHI-10-024)
- **refuerzos no extensibles** (AASHTO - no extensible, JTGD30 - 2004 Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method)

La **presión de tierra** se considera como **activa** para **refuerzos extensibles**, o como una combinación de presiones para **refuerzos no extensibles**.

Verificación del refuerzo recto

El diseño de resistencia a largo plazo del geo-refuerzo contra rotura R_t se calcula desde la **entrada de parámetros** del geo-refuerzo:

$$R_t = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID} \cdot FS_{UNC}}$$

Donde: R_t - Diseño de resistencia a largo plazo del refuerzo

T_{ult} - Característica de la resistencia a corto plazo del geo-refuerzo

RF_C - Coeficiente de reducción de la deformación a largo plazo del refuerzo
 R (determinación basada en el tiempo de vida del refuerzo)

RF_D - Coeficiente de reducción de la durabilidad del refuerzo (determinación basada en el pH del suelo)

RF_I - Coeficiente de reducción del fallo del refuerzo cuando se inserta dentro del
 D suelo (determinación basada en el tamaño del grano del suelo)

FS_U - Coeficiente global del modelo incierto
 NC

Capacidad portante del refuerzo contra arrancamiento

La resistencia del refuerzo contra arrancamiento desde el cuerpo del suelo se calcula desde la **entrada de parámetros** del geo-refuerzo y la fuerza normal actuando en la dirección normal a su **área**:

$$T_p = 2 \cdot L \cdot C_i \cdot \sigma_z \cdot \tan \varphi$$

Donde: T_p - Capacidad portante contra rotura
 L - Longitud del refuerzo (desde la cara frontal hasta el fin)
 C_i - Coeficiente de interacción entre el suelo y el geo-refuerzo
 σ_z - Tensión geo-estática vertical
 φ - Ángulo de fricción interna del suelo

La **verificación** de la capacidad portante del refuerzo contra el arrancamiento puede ser llevada a cabo según el **Factor de Seguridad**, o la teoría de los **Estados Límite**.

Verificación – Factor de seguridad

La ventaja principal de esta verificación es la lucidez y la singularidad ya que ni los parámetros del suelo ni las fuerzas activas son reducidos.

Control de rotura:

$$\frac{R_t}{F_x} > SF_{st}$$

Donde: F_x - **Fuerzas** desarrolladas en el refuerzo
 R_t - Diseño de largo plazo de la **resistencia** del refuerzo
 SF_{st} - Factor de seguridad del geo-refuerzo requerido contra rotura (ingresado en la solapa "Análisis de muro")

Control de arrancamiento:

$$\frac{T_p}{F_x} > SF_{po}$$

Donde: F_x - **Fuerza** desarrollada en el refuerzo
 T_p - **Capacidad portante** del refuerzo contra arrancamiento
 FS - Factor de seguridad requerido contra arrancamiento del geo-refuerzo (ingresado en la solapa "Análisis de muro")

Verificación – Estados límite

Los parámetros de suelo se **reducen** dependiendo de la configuración en las solapas "**Método de análisis**". El resultado es la utilización del refuerzo en comparación al 100%.

Control de rotura:

$$\frac{F_x}{R_t} \cdot 100 < 100\%$$

Donde: F_x - Fuerzas desarrolladas en el refuerzo

R_t - Diseño de la resistencia del refuerzo contra rotura, a largo plazo

Control de arrancamiento:

$$\frac{F_x}{T_p} \cdot 100 < 100\%$$

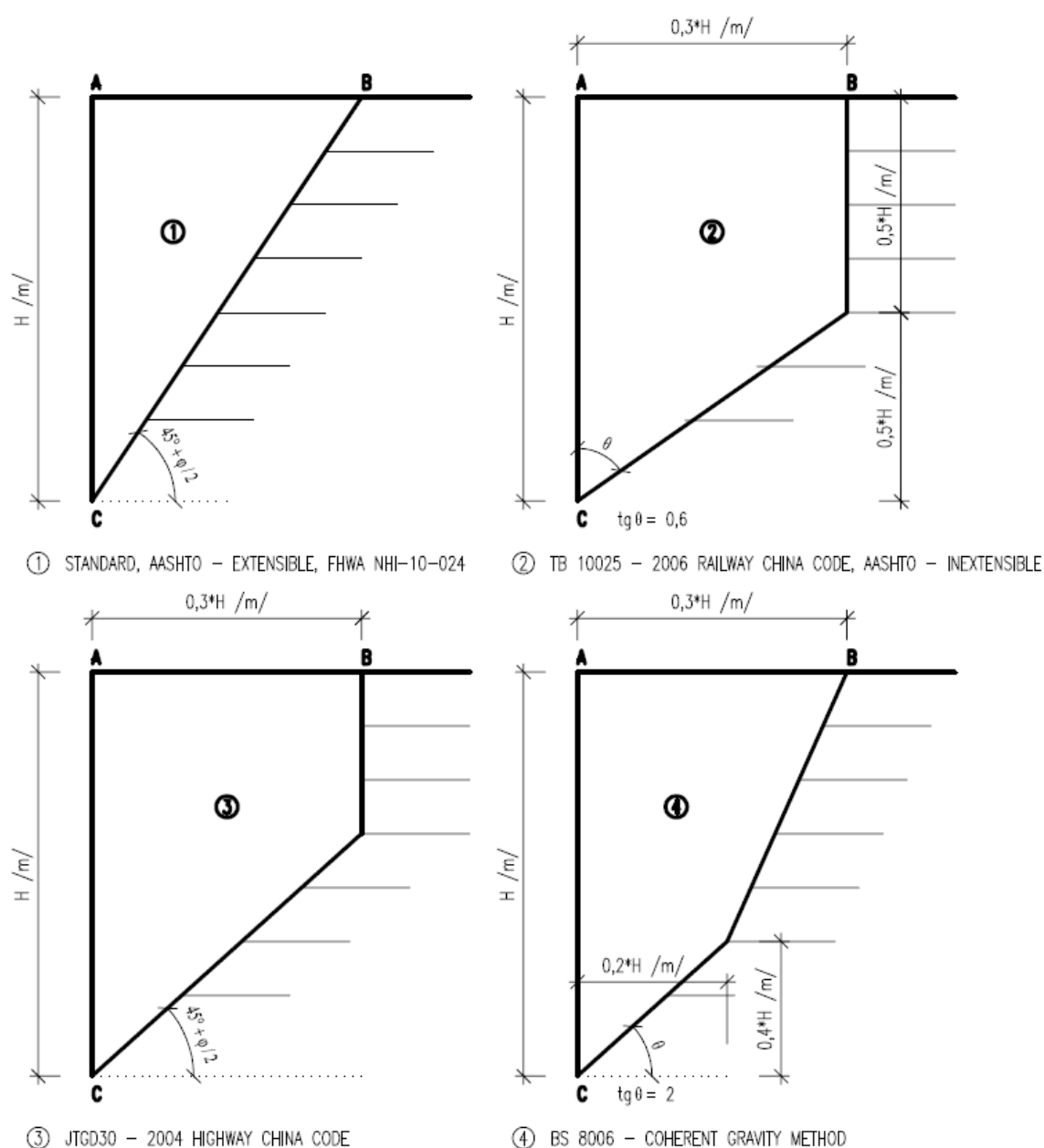
Donde: F_x - Fuerza desarrollada en el refuerzo

T_p - Capacidad portante del refuerzo contra arrancamiento

Formas de las superficies de deslizamiento

La superficie de deslizamiento tiene una forma según el estándar de cálculo seleccionado:

- **Superficie de deslizamiento recta** - Estandar, AASHTO - Extensible, FHWA NHI-10-024
- **Superficie de deslizamiento quebrada** - AASHTO - no extensible, JTGD30 - 2004
Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method.

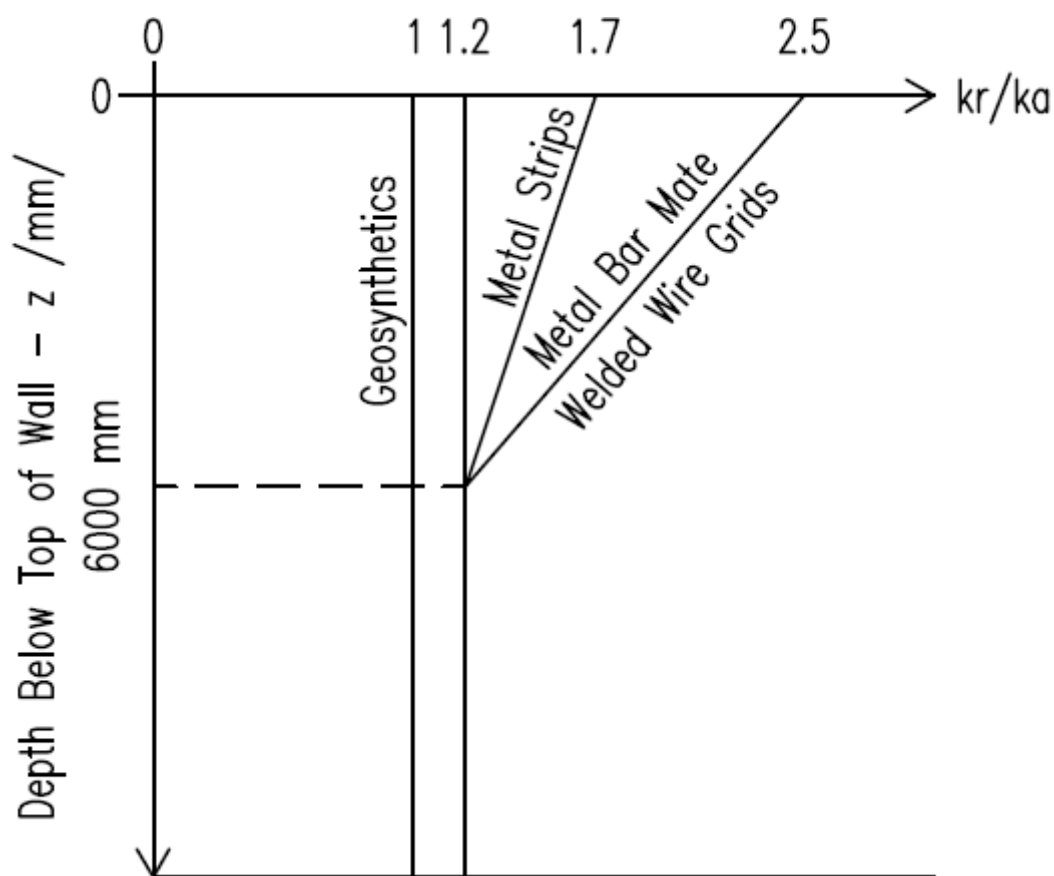


Shapes of slip surfaces according to the individual standards of calculation

Refuerzo extensible - presión activa de la tierra

La **presión activa de la tierra** se considera en el cálculo de la **estabilidad interna** de refuerzos extensibles (Estandar, **superficie de deslizamiento recta** - AASHTO, Extensible, FHWA NHI-10-024).

El programa permite multiplicar la **presión de tierra** calculada por el coeficiente k_r/k_a (según los estándares AASHTO). Los valores recomendados se muestran en la siguiente figura.



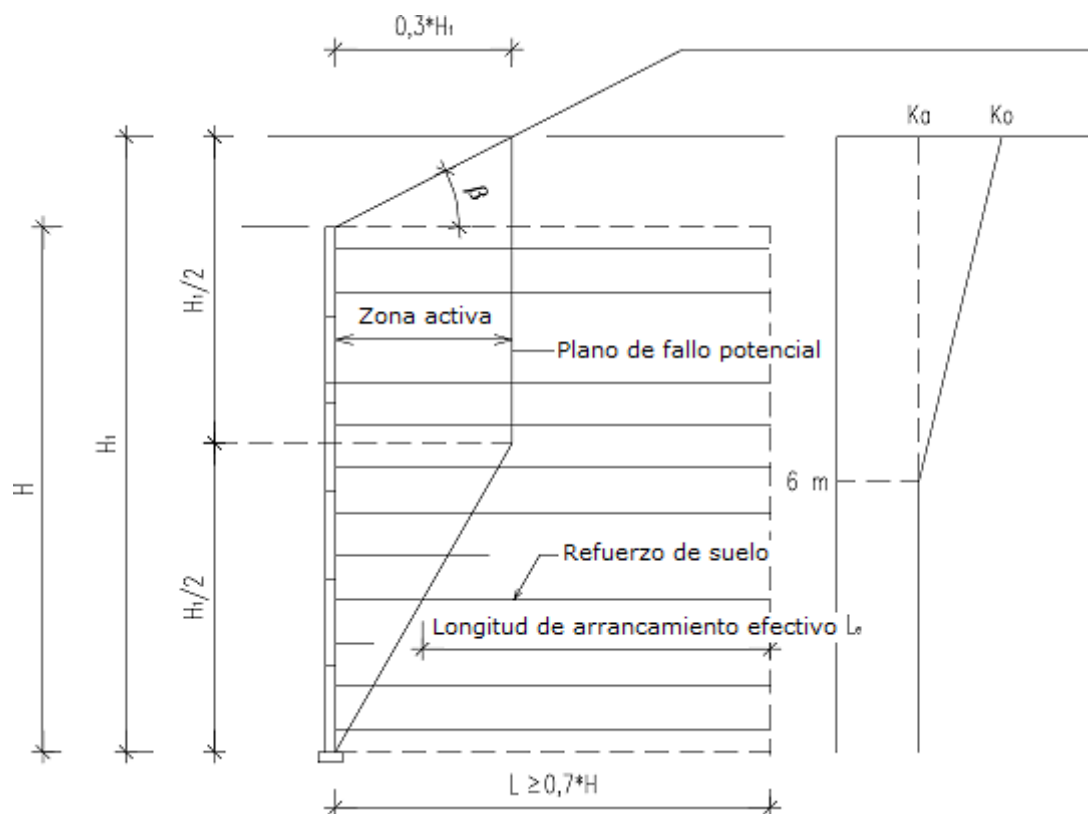
Variación del coeficiente de tensión horizontal ratio k_r/k_a con profundidad de refuerzo extensible

Bibliografía:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2004 (SI).

Refuerzo no extensible - Combinación de presiones de tierra

Se considera una combinación de **presión de tierra activa** y **presión de tierra en reposo** en el cálculo de la **estabilidad interna** para refuerzos no extensibles (AASHTO - Inextensible, JTGD30 - 2004 Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method)



Determinación de la ubicación del plano de fallo y la variación de los coeficientes K_a, K_o de presión de tierra, con profundidad de refuerzo no extensible

Bibliografía:

AASHTO Highway Bridges.

Análisis de capacidad portante de cimentación

La capacidad portante vertical de suelos de cimentación se comprueba según:

1) la teoría de los estados límites utilizando la siguiente inecuación:

$$\sigma \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

2) O, el factor de seguridad:

$$\frac{R_d}{\sigma} \geq SF_v$$

Donde:

- σ - Cálculo extremo de tensión de contacto en el fondo de la zapata
- R_d - Cálculo de capacidad portante del suelo de cimentación
- γ_{RV} - Coeficiente de la capacidad portante vertical de cimentación (para entradas, utilizar la solapa "Zapata")
- SF_v - Factor de seguridad para capacidad portante vertical

Diseño extremo de tensión de contacto en la base de la zapata asumiendo lo siguiente:

$$\sigma = \frac{V}{A_{ef}}$$

Donde: V - Cálculo extremo de la fuerza vertical
 A_{ef} - Área efectiva de cimentación

La capacidad portante vertical de suelos de cimentación R_d se determina por tres tipos básicos de condiciones de cimentación:

- Subsuelos drenados
- Subsuelos sin drenar
- Fondo rocoso

Los cálculos anteriores se aplican solo para suelos homogéneos. Si el suelo es **no-homogéneo** debajo del fondo de la zapata (o hay presencia de aguas subterráneas) entonces el perfil introducido se **transforma a homogéneo**.

Capacidad portante en subsuelos drenados

Uno de los siguientes enfoques está disponible para acceder a la capacidad portante de la cimentación cuando se asumen condiciones de drenaje:

- **Análisis estándar**
- Según el CSN 731001 "Základová půda pod plošnými základy" enfoque 8.6. 1987
- Según el estándar de Polonia: PN-81 B - 03020 "Grunty budowlane, Posudowienie bezpośrednie budowli, Obliczenia statyczne i projektowanie" del año 1982
- Según el estándar de India IS:6403-1981 "Código de práctica de determinación de capacidad portante de Shallow Foundations" del año 1981
- Según el EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Diseño de estructuras geoestáticas-Parte 1: Reglas generales"
- Según el manual NCMA de muros de contención segmentarios, segunda edición
- Según estándar Chino GB 50007-2002
- Según estándar Ruso SNiP 2.02.01-83
- Según estándar Danes DS/EN 1997-1 DK NA:2013
- Según el estándar DPWH "Design Guidelines, Criteria and Standards: Volume 2C – Geological and Geotechnical Investigation - Anexo G: Fórmulas geotécnicas"

Todos los enfoques incorporan los coeficientes según Brinch - Hansen (véase el **análisis estándar**) para contar con una superficie de suelo inclinado y fondo de la zapata inclinado.

Suponiendo condiciones drenadas durante la construcción, el suelo por debajo de la zapata continua, presenta deformación de corte y de volumen. En este caso la fuerza del suelo se asume en términos de valores efectivos del ángulo de fricción interna φ_{ef} y cohesión efectiva c_{ef} . También se supone que hay una tensión efectiva en el suelo, igual a la tensión total (estado consolidado). Los parámetros efectivos φ_{ef} , c_{ef} representan los parámetros de la fuerza máxima.

Debido al hecho de que la opción de drenaje depende de un número de factores (régimen de

carga, permeabilidad del suelo, grado de saturación y grado de sobre-consolidación) es responsabilidad del diseñador decidir, dependiendo del problema a resolver, si los parámetros efectivos deben ser utilizados.

Durante el **análisis sísmico**, el programa realiza el cálculo de la capacidad portante para ambos casos, con y sin **efecto sísmico**. La capacidad portante resultante es menor a partir de estos dos valores.

Análisis de Capacidad Portante sísmica

La **capacidad portante sísmica de cimentación superficial** se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$p_{LE} = c \cdot N_{cE} + \gamma \cdot d \cdot N_{qE} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma E}$$

Donde:

- p_{LE} - Capacidad portante sísmica
- c - Cohesión de suelo
- γ - Peso unitario del suelo
- d - Profundidad de la base de la zapata
- B - Ancho de la base
- N_C - Factores de carga sísmica
- $E,$
- N_q
- $E,$
- $N_{\gamma E}$

$$N_{cE} = (N_{qE} - 1) \cdot \cot \varphi$$

$$N_{qE} = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_{\gamma E} = \tan \rho_{AE} \cdot \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right)$$

Donde:

- K_A - Coeficientes sísmicos de las presiones de la tierra
- $E,$
- K_P
- E
- ρ_{AE} - Ángulo de falla
- φ - Ángulo de fricción interna

$$K_{AE} = \frac{(\cos \alpha)^2}{\cos \theta \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot (1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \alpha}{\cos(\delta + \theta)}})^2}$$

$$K_{PE} = \frac{(\cos \alpha)^2}{\cos \theta \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot (1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \alpha}{\cos(\delta + \theta)}})^2}$$

$$\rho_{AE} = \alpha + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{[1 + (\tan \alpha)^2] \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot \alpha]} - \tan \alpha}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan \alpha + \cot \alpha)} \right)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{k_h}{1 - k_v}$$

$$\alpha = \varphi - \theta$$

Donde: k_h - Coeficiente sísmico de aceleración horizontal

k_v - Coeficiente sísmico de aceleración vertical

Nota: Si el ángulo α es negativo, i.e. $\varphi < \theta$, entonces la capacidad portante sísmica es $p_{LE} = 0$.

Referencias:

Richards Jr., R.; et al. SEISMIC BEARING CAPACITY AND SETTLEMENTS OF FOUNDATION. J.Geotech. Engrg. 1993, 4 (119)

Das, B. M. Principles of Soil Dynamics, 3rd ed.; California State University: Sacramento, 2016.

Análisis estándar

La solución por defecto que propone por J. Brinch – Hansen se utiliza, donde la capacidad portante sigue la siguiente forma:

$$R_d = c \cdot N_e \cdot s_e \cdot d_e \cdot i_e \cdot b_e \cdot g_e + q_0 \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d \cdot b_d \cdot g_d + \frac{b}{2} \cdot \gamma \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b \cdot b_b \cdot g_b$$

Donde:

Coeficiente de capacidad portante:

$$q_0 = \gamma_1 \cdot d$$

$$N_e = (N_d - 1) \cdot \cot g \varphi \quad \text{para: } \varphi > 0$$

$$N_e = 2 + \pi \quad \text{para: } \varphi = 0$$

$$N_d = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg \varphi}$$

$$N_b = 1,5(N_d - 1) \cdot tg \varphi$$

$$s_e = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{l}$$

$$s_d = 1 + \frac{b}{l} \cdot \sin \varphi$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b}{l}$$

Coeficiente de influencia de la profundidad de la cimentación:

$$d_e = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b}}$$

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b} \cdot \sin 2\varphi}$$

$$d_b = 1$$

$$i_e = i_d = i_b = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2$$

Coeficiente de la pendiente del fondo de la zapata:

$$b_e = b_d - \frac{(1 - b_d)}{N_e} \cdot \tan \varphi$$

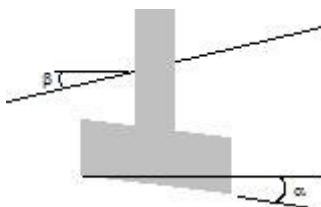
$$b_d = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi)^2$$

$$b_b = b_d$$

Coeficiente de influencia de la pendiente del terreno:

$$g_e = 1 - \frac{2 \cdot \beta}{\pi + 2}$$

$$g_d = g_b = (1 - 0,5 \cdot \operatorname{tg} \beta)^5$$



Notación de ángulos y coeficientes b,g

Donde:	c	-	Cohesión del suelo
	q_0	-	Carga uniforme equivalente, que se tiene en cuenta para la influencia de la profundidad de la cimentación
	d	-	Profundidad del fondo de la zapata
	γ	-	Peso unitario del suelo por encima del fondo de la zapata
	b	-	Ancho de la cimentación
	γ	-	Peso unitario del suelo
	N_c, N_d, N_b	-	Coeficiente de capacidad portante
	s_c, s_d, s_b	-	Coeficiente de la forma de cimentación
	d_c, d_d, d_b	-	Coeficiente de la influencia de la profundidad de la cimentación

i_c, i_d, i_b	-	Coefficiente de la influencia de la pendiente de carga
g_c, g_d, g_b	-	Coefficiente de la influencia de la pendiente del terreno
φ	-	Ángulo de fricción interna del suelo
l	-	Largo de la cimentación
δ	-	Ángulo de derivación de la fuerza resultante desde la dirección vertical
β	-	Pendiente del terreno
α	-	Pendiente del fondo de la zapata

Capacidad portante en subsuelos no drenados

Uno de los siguientes enfoques está disponible para acceder a la capacidad portante horizontal de los cimientos cuando se asumen condiciones sin drenar:

- **Análisis estándar**
- Según el CSN 731001 "Základová púda pod plošnými základy" enfoque 8.6. 1987
- Según el estándar de India IS:6403-1981 "Código de práctica de determinación de capacidad portante de Shallow Foundations" del año 1981
- Según el EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Diseño de estructuras geoestáticas-Parte 1: Reglas generales"
- Según estándar Danes DS/EN 1997-1 DK NA: 2013

También, los coeficientes de Brinch – Hansen, se utilizan para calcular la inclinación del fondo de la zapata (ver **análisis estándar**).

En el caso de condiciones sin drenar se asume que, durante la construcción de la zapata, se somete a un asentamiento instantáneo acompañado por una deformación de corte de suelo en ausencia de cambios en el volumen. Cuando la estructura del suelo está completa, el suelo experimenta consolidación primaria y secundaria acompañada con cambios en el volumen.

La influencia de la tensión natural aparece en la reducción de la tensión del suelo. La tensión o resistencia del suelo se presenta luego en términos de valores totales del ángulo de fricción interna φ_u y total cohesión c_u (estos parámetros pueden ser considerados como los mínimos).

Dependiendo del grado de consolidación, el valor del ángulo total de fricción interna φ_u está dentro del rango de θ a φ_{ef} , el valor total de cohesión c_u es mayor a c_{ef} . Debido al hecho de que la opción sin drenar depende de un número de factores (régimen de carga, permeabilidad del suelo, grado de saturación y grado de sobreconsolidación) es responsabilidad del diseñador decidir, dependiendo del problema a resolver, si los parámetros efectivos deben ser utilizados.

No obstante, los parámetros totales son utilizados gradualmente por suelos de grano fino.

Análisis estándar

La siguiente formula se utiliza por defecto:

$$R_d = (\pi + 2) \cdot c_u \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c + q$$

Con coeficientes no-dimensionales:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{l}$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b}}$$

$$i_c = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2$$

$$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \alpha}{\pi + 2}$$

- donde:
- c_u - Cohesión total del suelo
 - b - Ancho del cimiento
 - l - Largo del cimiento
 - d - Profundidad del cimiento
 - δ - Angulo de la desviación de la fuerza resultante desde la dirección vertical
 - α - Pendiente del fondo de la zapata desde la dirección horizontal
 - q - Presión de sobrecarga a nivel de cimientos

Capacidad portante en cimientos rocosos

El siguiente método puede ser utilizado para calcular el diseño de la capacidad portante de cimentación R_d con un fondo de zapata horizontal que proporciona la masa de roca compuesta por rocas o por rocas débiles.

- [Análisis estándar](#)
- [Según el CSN 73 1001](#)
- [Según el EC7](#)

Análisis estándar

La capacidad portante de cimentación compuesta de rocas o de rocas débiles se encuentra por la expresión propuesta por Xiao-Li Yang y Jian-Hua Yin¹:

$$R_d = s^{0,5} \sigma_c \cdot N_s + q_0 \cdot N_q + \frac{b}{2} \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma$$

Donde:

$$s = e^{\frac{GSI - 100}{9 - 3 \cdot D}}$$

$$N_q = \frac{1}{2} \cdot \sec^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\left[\left(\frac{2}{3} \cdot \pi - \varphi \right) \operatorname{tg} \varphi \right]}$$

$$N_{\gamma} = (N_q - 1) \frac{e^{\left[\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) \tan \varphi\right]}}{2 \cdot \cos \varphi}$$

donde:	s	-	Parámetro no lineal dependiente de las propiedades de la roca (según <i>Hoek y Brown</i>)
	GSI	-	Índice de fuerza geológica
	D	-	Coefficiente que refleja daños en una masa rocosa
	N_s, N_q, N_{γ}	-	Coefficiente de capacidad portante dependiente del ángulo de fricción interna
	N_s	-	Coefficiente de fuerza de una roca que depende del índice de fuerza geológica y del parámetro de fuerzam m_i
	φ	-	Ángulo de fricción interna de roca
	σ_c	-	Resistencia de compresión de roca, en un eje $> 0,5 \text{ Mpa}$
	q_0	-	Carga uniforme equivalente, la cual se tiene en cuenta por la influencia de la profundidad de los cimientos
	γ_2	-	Peso unitario del suelo por encima del fondo de la zapata
	b	-	Ancho de la base

¹ *Xiao-Li Yang, Jian-Hua Yin: solución del límite superior para capacidad portante máxima con el criterio de fallo modificado de Hoek-Brown International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 42 (2005), str. 550-560.*

Solución según CSN 73 1001

La capacidad portante de suelos de cimentación de rocas o rocas débiles, sigue los artículos.

97 – 99 del estándar CSN 73 1001 "**Základová púda pod plošnými základy**" aprobado el 8.6. 1987. Como parámetros de entrada, el análisis requiere la **peso unitario del suelo γ** , la **resistencia de compresión en un eje σ_c** , **índice de Poisson ν** y el módulo de deformación E_{def} .

Análisis según EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

La capacidad portante de suelos de cimentación R_d con fondo de zapata horizontal se determina según el método diseñado para obtener la capacidad portante de cimentaciones superficiales descansando en una base rocosa esbozado en el suplemento G (informativo) EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Diseño de estructuras geotécnicas – Parte 1- Reglas generales". Para tensiones mas bajas o rocas dañadas con discontinuidades cerradas, incluyendo tizas con baja porosidad, inferior al 35 % de deducción de la capacidad portante esperada, sigue una clasificación de rocas según el grupo de rocas de la base de datos de la siguiente tabla.

El siguiente análisis requiere una entrada de espaciamiento de discontinuidad S_d , **peso unitario de rocas γ** , **índice de Poisson ν** y **resistencia de compresión en un eje σ_c** .

Se supone que la estructura está disponible para transmitir un asiento igual al 0,5 % del ancho del cimiento. Los valores esperados de capacidad portante de otros asientos pueden ser estimados utilizando una proporción directa. Para rocas débiles y rocas quebradas con discontinuidades abiertas o rellenas, se recomienda utilizar valores más bajos que los

previstos.

Grupo de rocas

Grupo	Tipos de roca
1	Calizas puras y dolomita areniscas carbonadas de baja porosidad
2	Ígneas Calizas oolíticas y calizas margosas Areniscas bien cementadas Lodolitas carbonadas endurecidas Rocas metafóricas, incluyendo pizarras o esquitos (descomposición de pisos/ foliación)
3	Calizas muy margosas Areniscas pobremente cementadas Pizarras y esquitos (división empinada / foliación)
4	Lodolitas no cementadas y pizarras

Bibliografía:

Eurocode 7: Diseño geotécnicos - Parte 1- Reglas generales.

Parámetros de cálculo de capacidad portante de cimentación

Parámetros para calcular la capacidad portante vertical de cimentaciones descansando en una base rocosa. GEO5 utiliza los siguientes parámetros:

- valores de coeficientes D mostrando un estado de daño de roca de una masa rocosa
- valores de parámetro de fuerzas m_i
- fuerza de rocas en compresión simple σ_c
- índice de Poisson de rocas ν
- peso unitario de rocas γ

Estimación del coeficiente de perturbación D

Descripción de masas de rocas	Valor sugerido par D
Masa de roca, roca fuerte intacta, excavación por voladura o por TBM abierta.	0
Masa de roca, roca de pobre calidad, excavación mecánica con mínima perturbación	0
Masa de roca, roca pobre, excavación mecánica, suelo de importante empuje, invertido temporal o geometría horizontal de excavación secuencial	0,5
Masa de roca, roca muy pobre a menudo muy alterada, daño local para rocas circundantes (aprox. 3m)	0,8
Pendiente rocosa o afloramiento de roca , modificación con voladuras controladas	0,7
Pendiente rocosa o afloramiento de roca, modificación con voladuras resultado de algunas perturbaciones.	1,0
Minas a cielo abierto, excavación con voladuras	1,0
Minas a cielo abierto, excavación mecánica	0,7

Valores de parámetro de fuerzas m_i

Tipo de roca	Rocas representativas	m_i [-]
Rocas de piedra caliza con rotura de cristal bien desarrollada	Dolomita, piedra caliza, mármol	≈ 7
Rocas arcillosas reforzada	Lodolita, limolita pizarra ceno, pizarra	≈ 10
Rocas de piedra caliza con rotura de cristal pobremente desarrollada	Arenisca y cuarcita	≈ 15
Roca cristalina ígnea de grano fino polymineral	Andesita, dolerita, diabasa, rhyolite	≈ 17
Roca metamórfica ígnea de grano grueso polymineral	Amfibolita, gabro, gneis, granito y diorita de cuarzo	≈ 25

Fuerza de rocas en compresión simple σ_c , índice de Poisson de rocas ν y peso unitario de roca γ

Fuerza de la roca	Tipos de rocas (ejemplos)	Fuerza de rocas en compresión simple σ_c [MPa]	Índice de Poisson de rocas ν	Unidad de masa de roca γ [kN/m ³]
Roca extremadamente	Muy dura, roca fuerte e intacta, cuarcita sólida, basalto, y otras	>150	0,1	28,00 - 30,00
Roca muy dura	Granito muy duro, cuarzo, pórfido, pizarra cuarzo, areniscas muy duras y calizas	100 - 150	0,15	26,00 - 27,00
Roca dura	Granito sólido y compacto, arenisca y caliza muy dura, hierros silíceos, pudinga dura, minerales de hierro muy duros, calcita muy dura, granito no muy fuerte, arenisca dura, mármol, dolomita, pirita	80 - 100	0,20	25,00 - 26,00
Roca bastante dura	Arenisca normal, minerales de hierro de dureza media, esquito arenoso, losa	50 - 80	0,25	24,00
Roca medio dura	Lodolitas dura, areniscas y calcita no muy dura, losa blanda, pizarra no muy dura, marga densa	20 - 50	0,25 - 0,30	23 - 24,00
Roca bastante débil	Esquisto suave, calizas blandas, tiza, sal de roca, suelos helados, antracita, margas normales, areniscas perturbadas, baldosas blandas y suelos con agregados	5 - 20	0,3 - 0,35	22,00 - 26,00
Roca débil	Arcilla compacta,	0,5 - 5	0,35 - 0,40	22,00 - 18,0

	suelo duro (Eluvium con suelo texturado)			
--	--	--	--	--

Capacidad portante horizontal de cimentación

La capacidad portante de cimientos horizontales se comprueba según:

La teoría de los estados límite siguiendo la siguiente desigualdad:

$$H \leq \frac{R_{dh}}{\gamma_{RH}}$$

O el factor de seguridad:

$$\frac{R_{dh}}{H} \leq SF$$

Donde:

$$R_{dh} = Q \cdot \tan \psi_d + a_d \cdot A_{ef} + S_{pd}$$

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

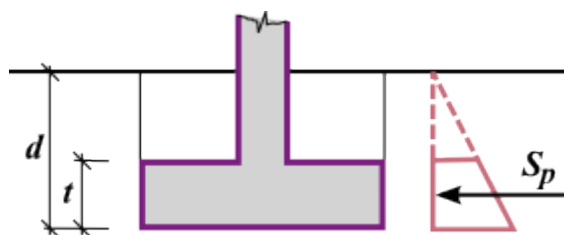
- Donde:
- ψ_d - Ángulo de fricción interna entre el suelo y la cimentación
 - a_d - Cohesión entre la cimentación y el suelo
 - A_{ef} - Área efectiva de cimentación
 - S_{pd} - Resistencia de la tierra
 - H_x, H_y - Componentes de la fuerza horizontal
 - Q - Cálculo extremo de la fuerza vertical
 - γ_{RH} - Coeficiente de capacidad portante horizontal de cimentación (para su entrada utilizar la solapa "Zapata")
 - SF - Factor de seguridad

Cuando se adopta el método de análisis según las normas EN 1997, el término con cohesión ($a_d \cdot A_{ef}$) se excluye de las condiciones drenadas mientras que el término con fricción entre cimientos y suelos ($Q \cdot \tan \psi_d$) se excluye de las condiciones sin drenar.

El análisis depende del cálculo del ángulo de fricción interna debajo del fondo de la zapata φ_d , del valor del cálculo de cohesión debajo del fondo de la zapata c_d y el valor del cálculo de la resistencia de la tierra S_{pd} .

Si el ángulo de fricción de la zapata-suelo y la cohesión de la zapata-suelo son menores a los valores del suelo debajo del fondo de la zapata, entonces es necesario el uso de esos valores:

La resistencia de la tierra se asume como se muestra en la figura:



Resistencia de la tierra

La resistencia de la tierra S_{pd} se encuentra con la ayuda de la reducción de la presión pasiva de la tierra o de la presión en reposo empleando coeficientes de influencia:

$$S_{pd} = \frac{S_p}{\gamma_{mR}}$$

- Donde:
- S_p - Presión pasiva de la tierra, presión en reposo, o reducción de presión pasiva
 - γ_{mR} - Coeficiente de reducción de la resistencia de la tierra (para su entrada utilizar la solapa "Zapata"). Para el análisis según CSN se asume:
 - para presión pasiva el valor de $\gamma_{mR} = 1,5$
 - Para presión en reposo el valor de $\gamma_{mR} = 1,3$

Los coeficientes de la presión de tierra se encuentran siguiente las fórmulas:

Para presión pasiva:

$$K_p = \tan(45 + 0,5 \cdot \varphi_d)$$

Para presión en reposo con suelos drenados:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi_d$$

Para presión en reposo con otros suelos:

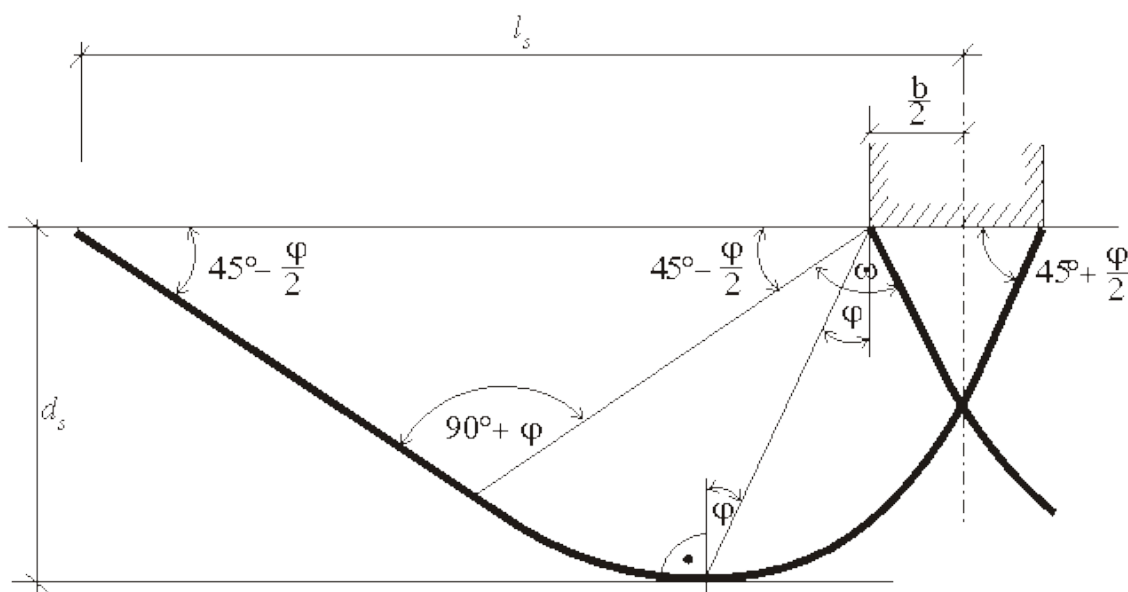
$$K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Cuando se determina la **reducción de la presión pasiva**, la fuerza resultante incluye contribuciones debido a la presión pasiva o a la presión en reposo.

La presión pasiva puede considerarse, si la deformación necesaria para su activación no provoca tensiones inadmisibles o deformaciones en la estructura superior.

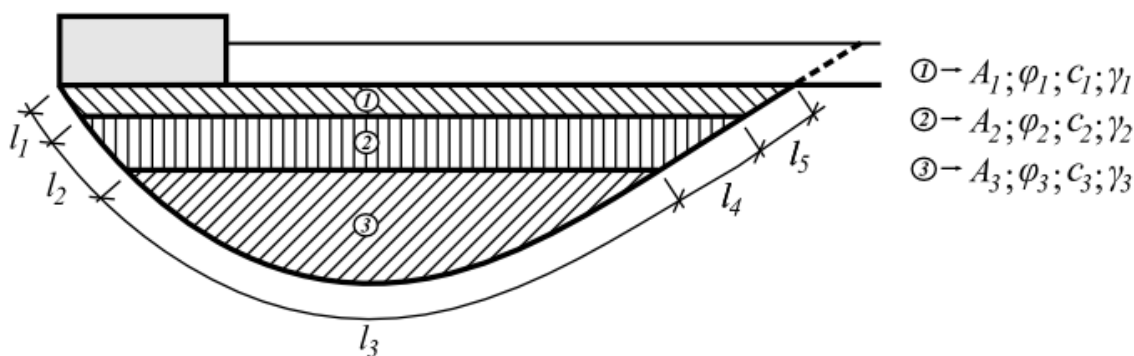
Homogenización de un subsuelo en capas

Si el suelo debajo del fondo de la zapata es no homogéneo (o si hay presencia de agua subterránea) entonces, el perfil introducido se transforma en el suelo homogéneo según la superficie de deslizamiento de Prandtl (ver figura), la cual representa el tipo y la ubicación de la insuficiencia de los cimientos.



La superficie de deslizamiento de Prandtl

La determinación de los valores equivalentes de ϕ (ángulo de fricción interna), c (cohesión del suelo) γ (peso unitario del suelo debajo del fondo de la zapata) es evidente por las siguientes fórmulas. El peso unitario del suelo debajo de la base se deriva de la misma forma:



Producido por el cálculo de valores auxiliares

$$\phi = \frac{\phi_1 \cdot (l_1 + l_5) + \phi_2 \cdot (l_2 + l_4) + \phi_3 \cdot l_3}{\sum_{i=1}^5 l_i}$$

$$c = \frac{c_1 \cdot (l_1 + l_5) + c_2 \cdot (l_2 + l_4) + c_3 \cdot l_3}{\sum_{i=1}^5 l_i}$$

$$\gamma = \frac{\gamma_1 \cdot A_1 + \gamma_2 \cdot A_2 + \gamma_3 \cdot A_3}{\sum_{i=1}^3 A_i}$$

Área efectiva

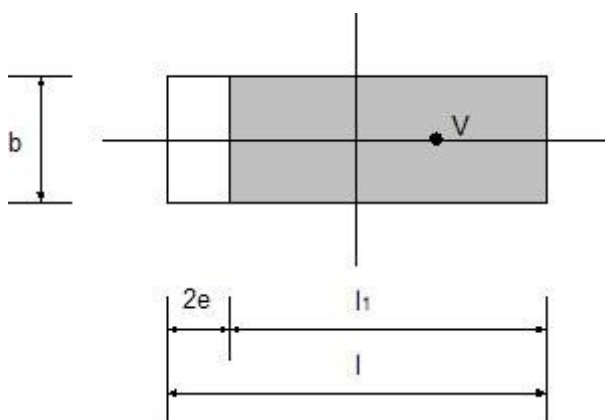
Al resolver el problema de los cimientos cargados excéntricamente, el programa GEO5 ofrece dos opciones para lidiar con una dimensión efectiva del área de cimentación:

- se asume una forma rectangular de área efectiva
- se asume una forma general de área efectiva

Forma rectangular

En estos casos se utiliza una solución simplificada

En el caso de excentricidad axial (momento de flexión actuando solo en un plano) el análisis asume una distribución uniforme de tensión de contacto σ aplicada solo sobre una porción de los cimientos l_1 , el cual es dos veces menor a la *excentricidad* e en comparación con la longitud total l .



Determinación de un área efectiva en caso de excentricidad axial

Un área efectiva ($b \cdot l_1$) se asume para calcular la tensión de contacto, entonces lo que se tiene es:

$$\sigma = \frac{V}{b \cdot (l - 2 \cdot e)}$$

En el caso de una carga excéntrica general, (el cimiento se carga por una fuerza vertical V y por el momento de flexión M_1 y M_2), la carga es remplazada por una fuerza simple con las excentricidades dadas:

$$e_1 = \frac{M_1}{V}$$

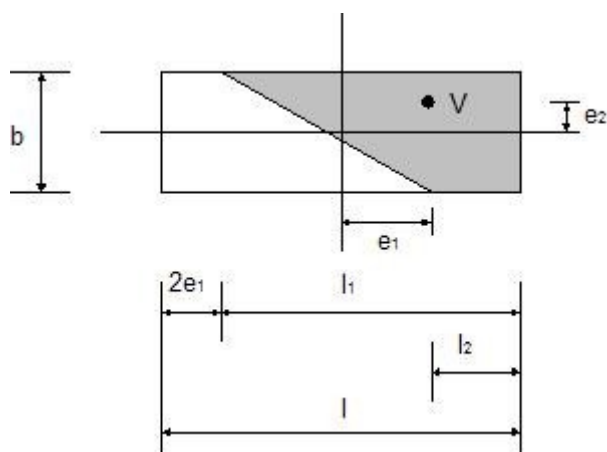
$$e_2 = \frac{M_2}{V}$$

El tamaño del área efectiva se desprende de la condición de que la fuerza V debe actuar de forma excéntrica:

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot l_{ef} = (b - 2 \cdot e_2) \cdot (l - 2 \cdot e_1)$$

Forma general del área efectiva

En el caso de una carga excéntrica el área efectiva se determina desde la hipótesis de que la fuerza resultante V debe actuar en el centro de gravedad de la zona de compresión. La solución teóricamente correcta aparece en la figura:



Determinación de la tensión de contacto para una excentricidad general-forma general

Debido a una considerable complejidad en la determinación de la ubicación exacta del eje natural, el cual se vuelve decisivo cuando calculamos la zona efectiva, el programa GEO5 sigue la siguiente solución propuesta por Hightner a Anders¹⁾, donde la zona eficaz se deriva con la ayuda de gráficos.

¹⁾ Hightner, W.H. – Anders, J.C.: *Dimensioning Footings Subjected to Eccentric Loads* Journal of Geotechnical Engineering. ASCE, Vol. 111, No GT5, pp 659 – 665.

Determinación de la sección transversal de las fuerzas internas

El refuerzo longitudinal de la base, se controla por la carga debido al momento de flexión y a la fuerza de corte. La tensión en el fondo de la zapata se asume como **uniforme** (CSN) o **lineal** (EC). Tensiones en direcciones individuales x, y se determinan en forma independiente.

Cuando la **distribución lineal de la tensión** en el fondo de la zapata considera la distribución de la tensión sobre la sección transversal, viene dada por:

$$\sigma_1 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(4 \cdot d - 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(-2 \cdot d + 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

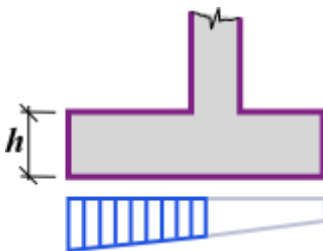
O cuando se excluye la tensión:

$$\sigma = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right)}$$

Donde:

- e - Excentricidad de la fuerza normal N
- d - Ancho de la cimentación
- N - Fuerza normal actuando en el fondo de la zapata

El momento de flexión y la fuerza de corte se determinan como reacción desarrollada en una viga en voladizo como se muestra en la figura:



Fuerzas internas actuando en el salto del muro

Las fuerzas internas en la sección transversal correspondientes a la **distribución constante de tensión**, son proporcionada por:

$$M = d_v^2 \cdot \sigma$$

$$Q = d_v \cdot \sigma$$

$$\sigma = \frac{N}{d - 2 \cdot e}$$

Donde: σ - Tensión máxima en el fondo de la zapata

d_v - Longitud del salto

e - Excentricidad de la fuerza normal N

d - Ancho del muro de cimentación

N - Fuerza normal actuando en el fondo de la zapata

Verificación de la excentricidad de cimentación

La verificación de la excentricidad de cimentación se lleva a cabo para el análisis 1^{st} LS (**capacidad portante de cimentación**) y la 2^{nd} LS (**asiento de cimentación**)

Durante el análisis el programa lleva a cabo la verificación de los siguientes casos

- excentricidad máxima en la dirección de la longitud de la base: $e_x \leq e_{alw}$
- excentricidad máxima en la dirección del ancho de la base: $e_y \leq e_{alw}$
- excentricidad máxima global: $e_t \leq e_{alw}$

El valor máximo permitido de excentricidad de cimentación e_{alw} se introduce en el cuadro "**Configuración**", solapa "**Zapata**".

El valor de la excentricidad máxima global e_t está dado por:

$$e_t = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$$

donde: e_x - excentricidad máxima en la dirección de la longitud de la base

e_y - excentricidad máxima en la dirección del ancho de la base

El Procedimiento para el cálculo de las excentricidades necesarias para la determinación de un

área efectiva de cimentación cargada fuera del centro (excéntrica) se describe [aquí](#).

Para una cimentación superficial que descansa sobre una base de roca o para un tipo de losa de hormigón de base es necesaria en algunos casos adoptar diferentes valores de excentricidades límites .

Análisis de levantamiento

El análisis de zapata en tensión se realiza cuando se supone una carga debido a una fuerza normal N negativa (fuerza actúa hacia arriba). La verificación de tales zapatas se lleva a cabo según la [metodología de verificación](#) correspondiente. Durante el análisis, el programa compara la fuerza máxima de tracción $N_{t,max}$ con la resistencia de elevación R_t . El programa tiene en cuenta los siguientes tres métodos de cálculo de la capacidad portante (resistencia al levantamiento R_t) de pie:

- [enfoque clásico](#)
- [método cónico](#)
- [DL/T 5219-2005](#)

Enfoque clásico

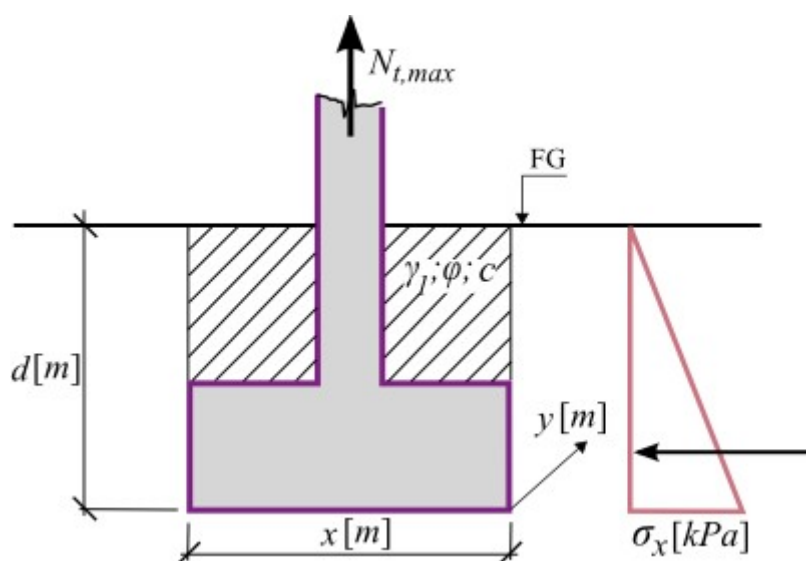
La resistencia al levantamiento R_t combina con el propio peso de la cimentación y del suelo sobrecargado + fricción a lo largo de muros de cimentación + bloques ficticios (substitutos) de suelo sobre la cimentación. El cuadro "**Capacidad Portante**" en el cuadro de diálogo "**Verificación de levantamiento**" sirve para ingresar el diseño del ángulo de fricción de sobrecarga φ_d y el diseño de la cohesión sobrecargada c_d .

Cuadro "Verificación de levantamiento" – enfoque clásico

La verificación de la capacidad portante vertical – Zapata en tensión (resistencia al levantamiento) sigue la formula:

$$R_t = (\sigma_x \operatorname{tg} \varphi_d + c_d) d p + G_p$$

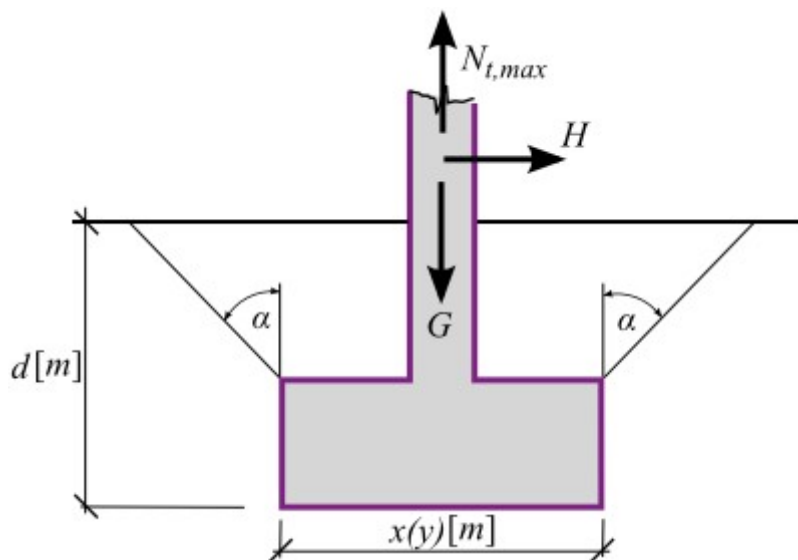
- Donde:
- σ_x - [presión de tierra en reposo](#) durante sobrecarga
 - φ_d - ángulo de fricción interna por sobrecarga diseñado
 - c_d - diseño de cohesión por sobrecarga
 - d - profundidad del fondo de la cimentación
 - p - perímetro de la cimentación
 - G_p - peso propio de la cimentación



Verificación de levantamiento – enfoque clásico

Método del cono

La resistencia al levantamiento R_t combina con el propio peso de la cimentación y con el propio peso del suelo sobrecargado en forma de cono como evidencia de la siguiente figura.



Bases del método cónico

El cuadro "**Capacidad portante**" en el cuadro de diálogo "**Verificación de levantamiento**" sirve para ingresar el ángulo del cono α . Cuando calculamos la resistencia de levantamiento R_t es también posible calcular la influencia de una cimentación vecina ya sea en una o en ambas direcciones que reducen el volumen del suelo del cono.

Verificación en elevación

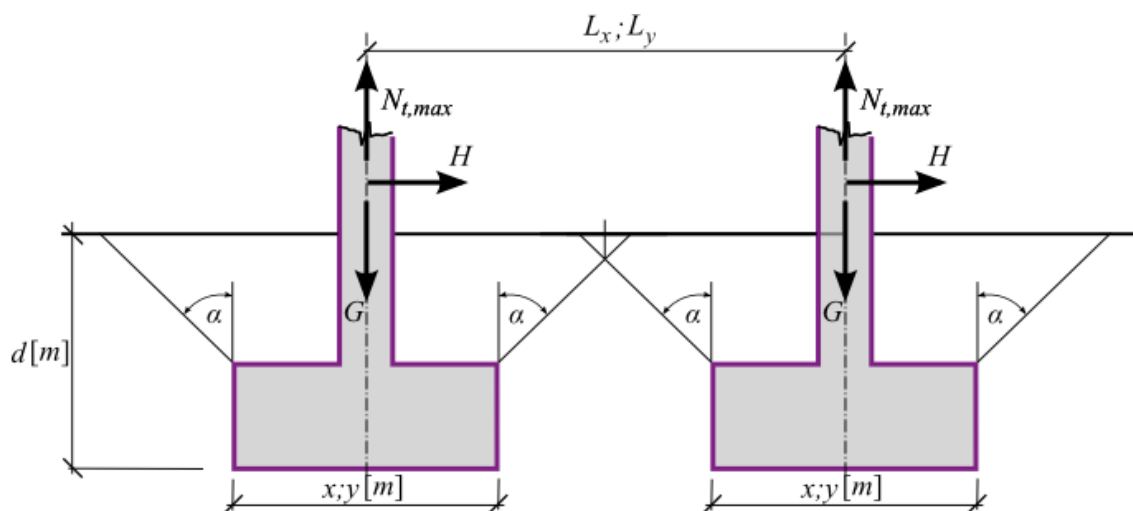
Ángulo de cono : $\alpha =$ [°]

Considerar la influencia de la cimentación vecina

☒ Distancia entre cimentaciones en dirección X $L_x =$ [m]

☒ Distancia entre cimentaciones en dirección Y $L_y =$ [m]

Cuadro "Verificación de levantamiento" – método cónico



Influencia de una cimentación vecina

DL/T 5219 - 2005

Este tipo de verificación es originaria de los estándares Chinos **DL/T 5219 - 2005**. A diferencia de **método cónico** y del **enfoque clásico** se ingresa la profundidad crítica h_c , la cual depende del tipo de suelo y de la forma de la cimentación. El cuadro de diálogo "**Verificación de levantamiento**" permite ya sea la entrada directa de la profundidad h_c , o puede ser determinada por el programa dependiendo de los tipos de suelos ingresados y de la forma de la cimentación según la tabla 6.3.1-1 – Profundidad crítica h_c .

Tabla 6.3.1-1 con valores de la profundidad crítica basada en el estándar Chino **DL/T 5219-2005**

Tipo de suelo	Estado natural del suelo	Profundidad crítica h_c para cimentación en tensión	
		Cimentación circular	Cimentación cuadrada
Arena o limo	Densidad ~ Poca densidad	$2,5D$	$3,0B$
Arcilla	Dureza ~ Rígida	$2,0D$	$2,5B$
	Plastico	$1,5D$	$2,0B$
	Blando - plastico	$1,2D$	$1,5B$

Nota 1: Para cimentaciones rectangulares, si el radio entre la la Longitud L' y en ancho B es menor a 3, se debe calcular h_c , como cimentación circular y $D = 0,6*(B+L')$.

Nota 2: el suelo debe estar en su estado natural

El cuadro "**Capacidad portante**" en el cuadro de diálogo "**Verificación de levantamiento**" sirve para especificar como otro parámetro de entrada el ángulo del cono α . La influencia de una cimentación vecina se describe en el [método cónico](#). La inclinación de la columna θ no tiene influencia en el cálculo de la capacidad portante de una cimentación en tensión (resistencia al levantamiento)

Verificación en elevación

Profundidad crítica : calcular

Tipo de suelo : arena, limo

Ángulo de cono : $\alpha =$ 30,00 [°]

Inclinación de columna : $\theta =$ 10,00 [°]

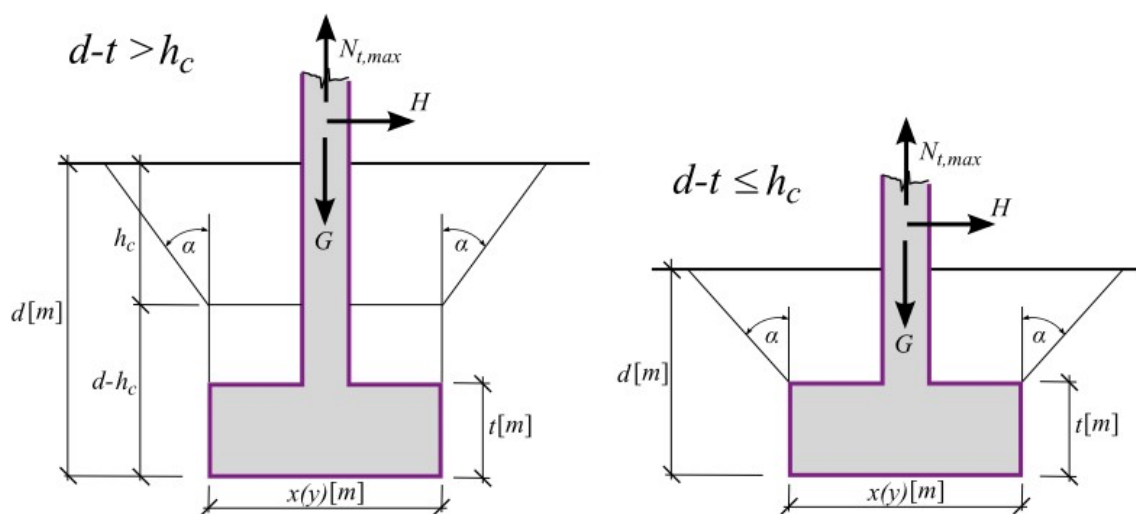
Considerar la influencia de la cimentación vecina

☒ Distancia entre cimentaciones en dirección X $L_x =$ 2,00 [m]

☒ Distancia entre cimentaciones en dirección Y $L_y =$ 3,00 [m]

☒ OK ☐ Cancelar

Cuadro "Verificación de levantamiento" DL/T 5219-2005



Verificación de cimentación en tensión según DL/T 5219-2005

Análisis de pilotes

La verificación permitida en el programa **"Pilotes"** puede ser dividido en tres grandes grupos:

- Verificación de capacidad portante vertical
- Verificación de Asiento del pilote
- Verificación de capacidad portante horizontal

Verificación de la Capacidad portante vertical

El análisis de la resistencia vertical del pilote se puede llevar a cabo utilizando:

- Soluciones analíticas
- Método spring corte de depresión

Solución analítica

La solución analítica asumen que la resistencia de compresión total del pilote R_c se deriva como una suma de resistencia de la base del pilote R_b y resistencia del eje del pilote R_s (realizada durante la fricción del suelo circundante a lo largo del eje). Los siguientes métodos aceptados son ingresados en el programa:

- NAVFAC DM 7.2
- Tomlinson
- Método de tensión efectiva
- CSN 73 1002

Para los métodos mencionados es posible elegir una de las siguientes metodologías de verificación:

- Clásico

- EN 1997-1

Cuando se ejecuta el análisis de **compresión de pilote**, el peso propio del pilote se ingresa dependiendo de la configuración en el cuadro "**Carga**". En cuanto al **pilote en tensión**, el peso propio del pilote siempre se toma automáticamente. Basado en la entrada de carga el programa realiza por si mismo el análisis de verificación ya sea para, **pilote en compresión o pilote en tensión**.

NAVFAC DM 7.2

Cálculo de la resistencia vertical de pilote según la publicación NAVFAC DM 7.2, Foundation and Earth Structures, U.S. Department of the Navy 1984, donde todos los enfoques son descriptos en detalles. El análisis proporciona la **resistencia en la base del pilote** R_b y la **resistencia en el eje del pilote** R_s .

Para suelos no-cohesivos, el programa toma en cuenta la **profundidad crítica**.

Resistencia en la base del pilote

La resistencia base del pilote para **suelos no-cohesivos** está dada por:

$$R_b = \sigma_{efb} \cdot N_q \cdot A_b$$

Donde:

- σ_{efb} - Tensión efectiva en la base del pilote
- N_q - **Factor de capacidad portante**
- A_b - Área de la base del pilote

El **factor de capacidad portante** N_q es calculado por el programa, sin embargo, sus valores pueden ser modificados manualmente.

La resistencia base del pilote para **suelos cohesivos** está dada por:

$$R_b = 9 \cdot c_u \cdot A_b$$

Donde:

- c_u - Fuerza de corte sin drenar en la base
- A_b - Área de la base del pilote

Resistencia en el eje del pilote

La resistencia en el eje del pilote para **suelos no-cohesivos** está dada por:

$$R_s = \sum_{j=1}^n K_j \cdot \sigma_{ef,j} \cdot \tan \delta_j \cdot A_{s,j}$$

Donde:

- K_j - **Coeficiente de presión de tierra lateral** en la capa j^{th}
- $\sigma_{ef,j}$ - Tensión efectiva del suelo en la capa j^{th}
- δ_j - **Ángulo de fricción interna del pilote** (entre el material del pilote y el suelo circundante en la capa j^{th})
- A_{sj} - Área del eje del pilote en la capa j^{th}

El **coeficiente de presión de tierra lateral** K es nuevamente calculado por el programa, sin embargo, sus valores pueden ser ingresados manualmente modificando el cuadro de diálogo "Añadir nuevos suelos".

Para **suelos cohesivos** la siguiente expresión mantiene:

$$R_s = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot c_{u,j} \cdot A_{s,j}$$

Donde: α_j - Coeficiente de fricción interna en la capa j^{th}

$c_{u,j}$ - Cohesión sin drenar en la capa j^{th}

A_{sj} - Área del eje del pilote en la capa

Factor de capacidad portante N_q

El valor referencial del factor de capacidad portante N_q están listados en la siguiente tabla. Si se utiliza jet grouting cuando construimos el pilote, el ángulo máximo de fricción interna ϕ es igual a 28° .

Factor de capacidad portante N_q

Ángulo de fricción interna $\phi[^\circ]$	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Factor capacidad portante N_q para pilotes impulsados	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
Factor capacidad portante N_q para pilotes perforados	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

Bibliografía:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Coeficiente de presión de tierra lateral K

El suelo alrededor de un pilote impulsado es comprimido durante la construcción, y la presión de tierra lateral de este suelo actuando en el contorno del pilote es mayor que la presión de tierra restante. (dada por el coeficiente K_0) y menor que la presión de tierra máxima (presión de tierra pasiva dada por el coeficiente K_p):

$$K_0 < K < K_p$$

Los valores de referencia del coeficiente de la presión de tierra lateral K estan listados en la tabla. El coeficiente de presión de tierra lateral K se aproxima como sigue:

$$K = \frac{K_a + K_p + K_0}{3}$$

Donde: K_0 - Coeficiente de presión de tierra lateral al resto

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

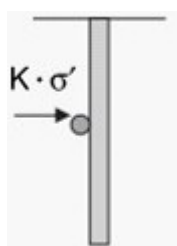
φ - Angulo de resistencia al corte del suelo

K_p - Coeficiente de presión de tierra pasiva

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

K_a - Coeficiente de presión de tierra activa

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$



Presión en el pilote

Valores de referencia del coeficiente K de la presión de tierra lateral

Tipo de pilotes	K para pilotes compresivos	K para tensión - uplifted piles
H-pilotes impulsado	0,5 - 1,0	0,3 - 0,5
Desplazamiento de pilote impulsado (redondo y cuadrado)	1,0 - 1,5	0,6 - 1,0
Desplazamiento de pilote cónico	1,5 - 2,0	1,0 - 1,3
Pilotes de impulsado a chorro	0,4 - 0,9	0,3 - 0,6
Pilote perforado (menor a 70 cm)	0,7	0,4

Bibliografía:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Ángulo de fricción en el contorno del pilote

Valores de referencia del ángulo de fricción entre el material del contorno del pilote y el suelo no-cohesivo circundante es listado en la siguiente tabla:

Ángulo de fricción en el pilote δ [°]

Material del pilote	δ [°]
Pilotes de acero	20
Pilotes de madera	$0,75\varphi$
Pilotes de hormigón reforzados de acero	$0,75\varphi$

Donde: φ - Ángulo de fricción interna del suelo

Bibliografía:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Coeficiente de adhesión

Valores de referencia del coeficiente de adhesión α están listados en la siguiente tabla:

Coeficiente de adhesión empírica α

Material del pilote	Consistencia del suelo	Rango de cohesión c_u [kN/m ²]	Coeficiente de adhesión α [-]
Pilote de madera y hormigón	Muy suave	0 - 12	0,00 - 1,00
	Suave	12 - 24	1,00 - 0,96
	Medio rígido	24 - 48	0,96 - 0,75
	Rígido	48 - 96	0,75 - 0,48
	Muy rígido	96 - 192	0,48 - 0,33
Pilotes de acero	Muy suave	0 - 12	0,00 - 1,00
	Suave	12 - 24	1,00 - 0,92
	Medio rígido	24 - 48	0,92 - 0,70
	Rígido	48 - 96	0,70 - 0,36
	Muy rígido	96 - 192	0,36 - 0,19

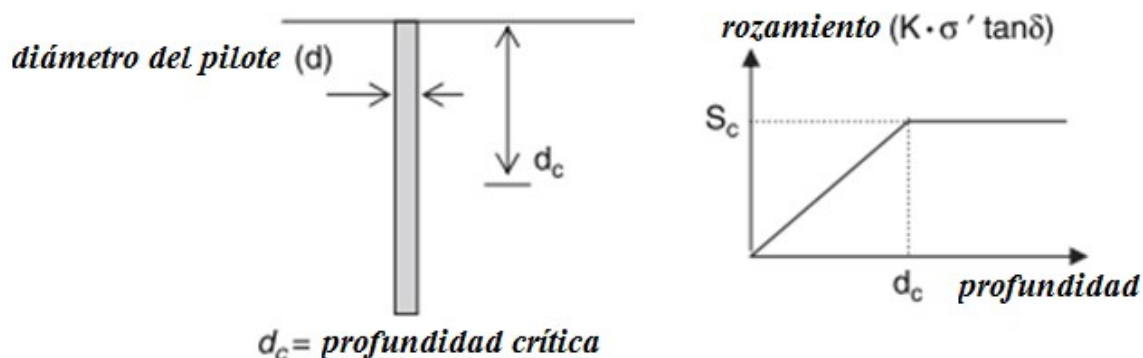
Bibliografía:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Profundidad crítica

Para suelos no-cohesivos el rozamiento no aumenta infinitamente con la profundidad por

ejemplo: **Tensión efectiva**, pero a partir de una cierta profundidad crítica adquiere un valor constante – ver la siguiente figura, donde d_c es la profundidad crítica, S_c es el rozamiento en la profundidad crítica, d es el diámetro del pilote. Una regla similar se aplica también a la resistencia en la base del pilote en suelos no-cohesivos, donde el mismo valor de la profundidad crítica d_c son considerados por simplicidad.



Profundidad crítica

Los valores de referencia de la profundidad crítica de arenas suaves es $10d$ (d es el diámetro del pilote o su peso), por arenas compactas medias $15d$ y arenas compactas el valor es $20d$.

El **coeficiente de profundidad crítica** k_{dc} puede ser especificado en "**Capacidad Ver.**". La profundidad crítica viene dada por:

$$d_c = k_{dc} \cdot d$$

Donde: k_{dc} - Coeficiente de profundidad crítica
 d - Diámetro del pilote

Tomlinson

Este método extensamente utilizado toma parámetros de tensión de corte sin drenar para calcular la capacidad portante del pilote. Luego asume que la resistencia al corte del pilote depende de la presión debido a la sobrecarga sobrecargada.

La **resistencia del eje del pilote** está dada por:

$$R_s = \sum_{j=1}^n c_{a,j} \cdot A_{s,j} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot c_{u,j} \cdot A_{s,j}$$

Donde: $c_{a,j}$ - **Adhesión** en la capa j -th (tensión al corte entre el contorno del pilote y el suelo circundante)
 $A_{s,j}$ - Área del eje del pilote en la capa j -th
 α_j - **Coeficiente de adherencia empírica** (depende del tipo del suelo, tipo del pilote, etc) en la capa j -th
 $c_{u,j}$ - Cohesión sin drenar en la capa j -th (tensión al corte no drenado)

El **coeficiente de adherencia empírica** α es nuevamente calculado por el programa. Su valor, sin embargo, puede ser manualmente ajustado en el cuadro de diálogo "**Añadir nuevo suelo**".

La **resistencia de la base del pilote** está dada por:

$$R_b = q_b \cdot A_b = 9 \cdot c_u \cdot A_b$$

Donde:

q_b	-	Unidad de resistencia de la base del pilote
A_b	-	Área base del pilote
c_u	-	Tensión de corte no drenada

Coeficiente de adherencia

El coeficiente de adherencia empírica α toma en cuenta el comportamiento del suelo alrededor del contorno del pilote y depende del material del pilote, calidad de la superficie del contorno del pilote y el tipo de suelo circundante. Valores de este coeficiente son ingresados en el programa empleando el siguiente gráfico tomado de M.J. Tomlinson: Diseño de pilotes y prácticas de construcción.

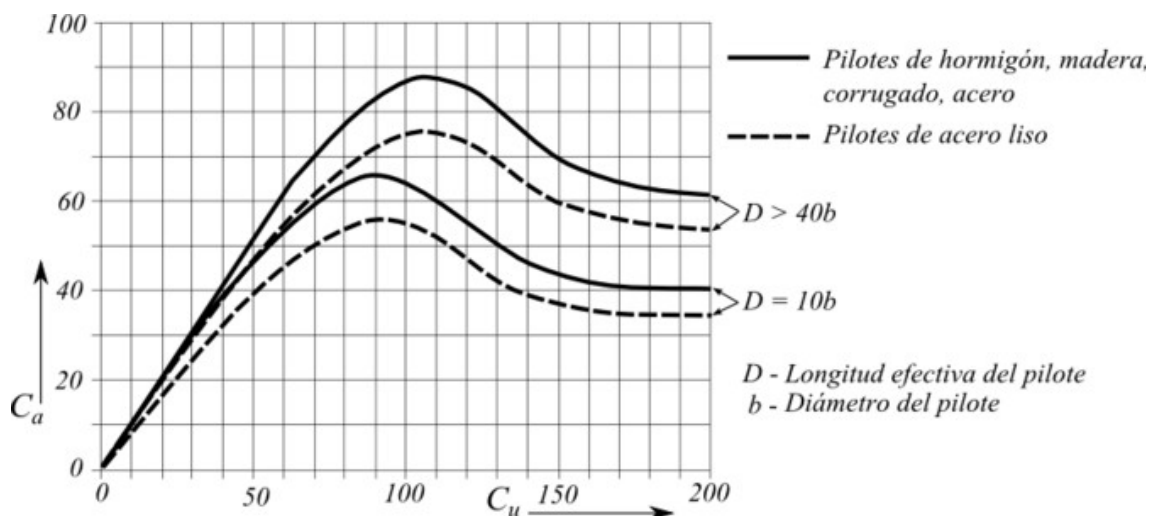


Gráfico para determinar el coeficiente de adherencia

Longitud efectiva

La longitud efectiva D determina la longitud del pilote, la cual transfiere efectivamente la carga desde el pilote al suelo. Si todo el pilote se ubica dentro del suelo resistente, en el cual la carga se transfiere por medio del rozamiento, entonces la longitud efectiva corresponde a la longitud del pilote debajo del terreno – ver figura A. En el caso de las capas medias, las capas altamente compresibles (en las cuales la carga no es transferida dentro del suelo por rozamiento) y las capas debajo, no son calculadas dentro de la longitud efectiva D – ver figura B. La introducción de la longitud efectiva dentro del análisis y su magnitud son configuradas en el cuadro "Capacidad vertical".

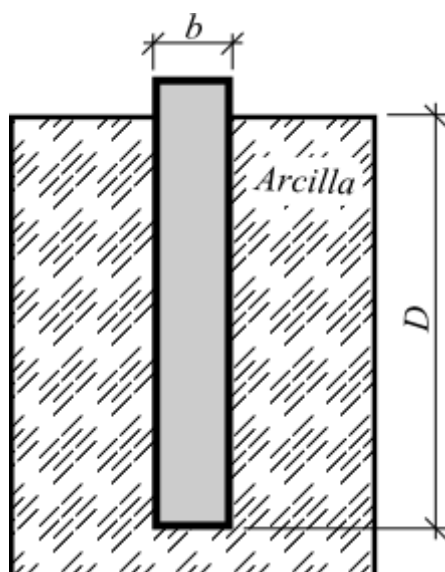


Figura A - Longitud efectiva en suelo resistente

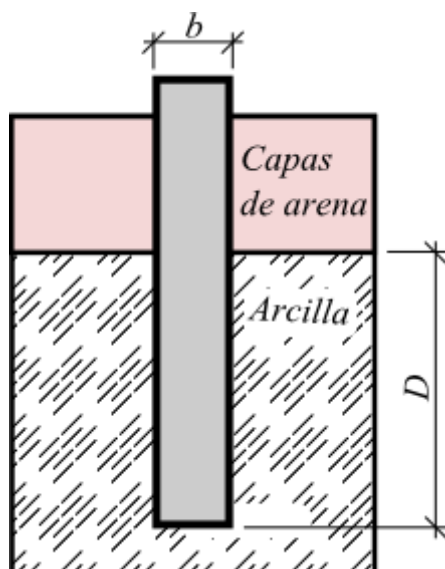


Figura B - Longitud efectiva en capa media

Método de tensión efectiva

El método de tensión efectiva permite calcular la capacidad portante vertical de un pilote aislado en tipos de suelos cohesivos y no cohesivos. Éste método es adaptable a condiciones de drenaje – Es decir: condiciones que prevalecen luego de un tiempo suficiente luego de la construcción.

La **resistencia del pilote en el eje** está dado por:

$$R_s = \sum_{j=1}^n q_{s,j} \cdot A_{s,j} = \sum_{j=1}^n \beta_{p,j} \cdot \sigma_{0,j} \cdot A_{s,j}$$

Donde: $q_{s,j}$ - La resistencia del eje en la capa j^{th}

$\beta_{p,j}$ - Coeficientes según Bjerrum y Burland en la capa j^{th}

$\sigma_{0,j}$ - Promedio de tensión efectiva debido a la sobrecarga actuando a lo largo del pilote en la capa j^{th}

A_{sj} - Área del eje del pilote en la capa j^{th}

La **resistencia del pilote en la base** está dado por:

$$R_b = q_p \cdot A_b = N_p \cdot \sigma_p \cdot A_b$$

Donde: q_p - Unidad de resistencia del pilote en la base

A_b - Área de la base del pilote

N_p - Coeficiente de resistencia en la base del pilote (según Fellenius)

σ_p - Tensión efectiva debido a la sobrecarga actuando en la base del pilote

Coeficiente de capacidad portante del pilote

Rangos recomendados de valores de coeficientes de resistencia en la base del pilote N_p y coeficientes β están listados en la siguiente tabla. El coeficiente β es normalmente encontrado en el rango dado, que rara vez excede el valor 1,0.

Rango de coeficientes N_p y β (Fellenius, 1991)

Tipo de suelo	ϕ_{ef}	N_p	β
Arcilla	25 – 30	3 – 30	0,23 - 0,40
Limo	28 – 34	20 – 40	0,27 - 0,50
Arena	32 – 40	30 – 150	0,30 - 0,60
Gravel	35 - 45	60 - 300	0,35 - 0,80

Bibliografía:

Fellenius, B.H.: *Foundation Engineering Handbook*, Editor H.S. Fang, Van Nostrand Reinhold Publisher, New York, 1991, 511 - 536.

CSN 73 1002

Hay dos métodos implementados en el programa para calcular la capacidad portante vertical del pilote según el comentario en el estándar **CSN 73 1002 "Pile foundation"**:

- Análisis según la teoría en el primer grupo de los estados limite**

El procedimiento de solución se describe en el comentario del estándar CSN 73 1002 "Pile foundation" en el capítulo 3 "Design" parte B –solución general según la teoría del primer grupo de los estados limite (pp.15). Todos los enfoques de cálculo están basados en fórmulas presentadas aquí. La tensión geoestática original se asume desde el grado finalizado. El coeficiente de condiciones del comportamiento de la base del suelo está considerado por la profundidad z (medida desde el grado finalizado).

$$z \leq 1 \Rightarrow \gamma_{r2} = 1,3$$

$$\begin{aligned}
 1 < z \leq 2 &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,2 \\
 2 < z \leq 3 &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,1 \\
 3 < z &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,0
 \end{aligned}$$

La longitud efectiva del pilote utilizado para el cálculo de la capacidad portante del contorno se reduce a un segmento:

$$l_p = \frac{d \cdot N_d^{2/3}}{4}$$

Donde: d - Diámetro del pilote

• Análisis de pilote en descanso en subsuelos incompresible

El análisis de un pilote en descanso en un suelo incompresible (roca clase R1,R2) está basado en parte G – Análisis de capacidad portante vertical R_c según CSN 73 1004 – Comentario de CSN 73 1002 "Pilotové základy". La descripción comienza en la página 27 titulada "Pilote en descanso en subsuelo incompresible". Los procedimientos de solución utilizados en el programa son idéntico. El coeficiente de influencia de asentamiento I_{wp} es interpolado desde la tabla 16, la cual es incluso construida por el programa.

Si seleccionamos la opción "**análisis según CSN 73 1002**" en la solapa "**Pilote**" el análisis de verificación se lleva a cabo exclusivamente según CSN 73 1002 y los demás coeficientes no se utilizan. Si esta opción no se selecciona, la verificación se realiza basada en la metodología seleccionada adoptando coeficientes particulares.

Bibliografía:

Československá státní norma ČSN 73 1002 Pilotové základy, Normalizační institut, Praha, 1987.

Československá státní norma ČSN 73 1004 Velkopřůměrové piloty, Normalizační institut, Praha, 1981.

Verificación

La verificación de la **capacidad portante** de un pilote depende de la metodología de verificación seleccionada en la solapa "**Pilote**":

- verificación según el **factor de seguridad**
- verificación según la teoría de los **estados límite**
- verificación según **EN 1997**

El análisis actual (ejemplo: asentamiento en la resistencia de la base del pilote) es la misma para ambos casos. Solo difieren en la incorporación de los coeficientes de diseño, combinaciones y en la forma de demostrar la seguridad de la estructura. **Coeficientes de diseño** (parámetros de verificación) son especificados en la solapa "**Pilote**".

Si el método de verificación según **CSN 73 1002** es utilizado, el análisis de verificación se lleva a cabo exclusivamente según es estándar CSN 73 1002.

Verificación según la teoría de los estados límite

Cuando se ejecuta el análisis de verificación según la **teoría de los estados Límite**, es posible ingresar el valor requerido de **coeficientes de diseño** en la solapa "**Pilote**".

El programa realiza la verificación del **pilote en compresión** como sigue:

$$R_c = \frac{R_b}{\gamma_b} + \frac{R_s}{\gamma_s} \geq V_d + W_p$$

Donde:	R_c	-	Resistencia compresiva del pilote
	R_b	-	Resistencia en la base del pilote
	R_s	-	Resistencia en el eje del pilote
	γ_b	-	Factor parcial en la resistencia en la base del pilote
	γ_s	-	Factor parcial en la resistencia en el eje del pilote
	V_d	-	Carga vertical extrema actuando en un pilote
	W_p	-	Peso propio del pilote

Para **pilotes en tensión** se aplica la siguiente verificación:

$$R_{sdt} = \frac{R_s}{\gamma_{st}} \geq V_d + W_p$$

Donde:	R_{sdt}	-	Resistencia de pilote en tensión
	R_s	-	Resistencia en el eje del pilote
	γ_{st}	-	Factor parcial en la resistencia del eje del pilote en tensión
	V_d	-	Carga vertical extrema actuando en el pilote
	W_p	-	Peso propio del pilote

Coeficientes de diseño

La solapa "Pilote" sirve para especificar coeficientes de dos grupos de diseño (parciales)

Factores parciales en parámetros de suelo

$\gamma_{m\phi}$	-	coeficiente de reducción de fricción interna
γ_{mc}	-	coeficiente de reducción de cohesión
$\gamma_{m\gamma}$	-	coeficiente de unidad de peso

Además es posible elegir reducción de $tg\phi$.

Factores parciales en la resistencia del pilote

γ_b	-	coeficiente de reducción de la resistencia en base del pilote
γ_s	-	coeficiente de reducción de la resistencia en el eje del pilote
γ_b	-	coeficiente de reducción de la resistencia total del pilote
γ_{st}	-	coeficiente de reducción de la resistencia del eje del pilote tensionado

Los valores de coeficientes individuales están listados en los estándares correspondientes.

Verificación según el factor de seguridad

Cuando se ejecuta el análisis de verificación según "**Factor de seguridad**", es posible ingresar el valor requerido del factor de seguridad SF para capacidad portante vertical en la solapa "**Pilote**".

El programa realiza la verificación de capacidad portante vertical del **pilote en compresión** como sigue:

$$\frac{R_c}{V_d + W_p} > SF_{cp}$$

Donde:

- V_d - Carga vertical extrema actuando en un pilote
- R_c - Resistencia compresiva del pilote
- W_p - Propio peso del pilote (introducción dentro del análisis basado en la configuración del cuadro "**Carga**")

Y para **pilotes en tensión**:

$$\frac{R_{st}}{V_d + W_p} > SF_{tp}$$

Donde:

- V_d - Carga vertical extrema actuando en un pilote
- R_{st} - Resistencia a la tensión del pilote
- W_p - Propio peso del pilote

Capacidad portante vertical – Método spring

Este método proporciona la **curva de carga límite** y la distribución de las fuerzas y desplazamientos desarrollados a lo largo del pilote.

La mayor ventaja de este módulo es la disponibilidad de los parámetros de suelos requeridos alrededor del pilote – el usuario debe introducir el **ángulo de fricción interna, cohesión, peso unitario y módulo de deformación** de un suelo dado.

El procedimiento de la solución está basado en el enfoque semi-analítico. El pilote es representado por el estándar de elementos vigas. La respuesta del subsuelo circundante sigue la solución bien conocida de capas de subsuelos como una generalización del modelo Winkler-Pasternak. La respuesta plástica rígida elástica en corte se asume a lo largo del pilote-suelo en vista del criterio fallido Mohr-Coulomb. La tensión normal actuando en el pilote es determinada por la **tensión geoestática** y la presión en reposo del suelo (mezcla de hormigón).

La **influencia del agua** en a los alrededores del pilote es solo introducido dentro de la **capacidad portante de corte**, pero además afecta a la **profundidad de la zona de influencia** debajo de la base del pilote.

El pilote podría llegar a un **subsuelo incompresible**, el cual sustancialmente influye en su respuesta.

Este efecto es también tomado en cuenta en el programa. El asiento de pilote puede ser influenciado por el asiento del suelo circundante. En particular, el asiento del suelo puede reducir la capacidad portante del pilote. El asiento del pilote aumenta sin aumentar la carga. Éste fenómeno es modelado en el programa por el llamado **rozamiento negativo**.

El análisis además, puede dar cuenta de la **influencia del proceso tecnológico** de la

construcción del pilote en la rigidez de la base del pilote.

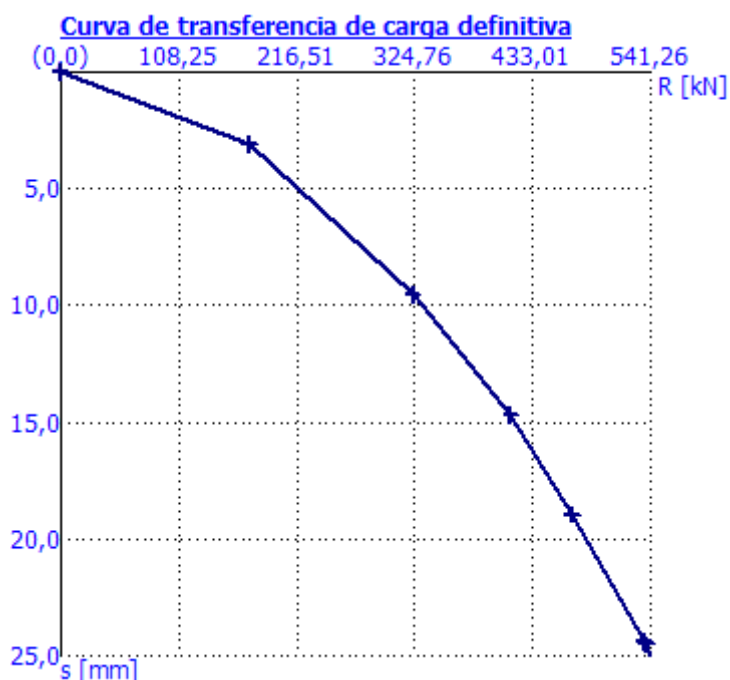
El proceso de solución consiste en algunos pasos, como:

1. El pilote se representa como un miembro compuesto de varias vigas. La subdivisión en varios elementos cumple con la condición de que la relación entre longitud de pilotes y su diámetro debe ser aproximadamente el 2,5. El mínimo número de vigas, sin embargo, es 10.
2. Cada elemento es soportado en su nodo inferior por un resorte. La rigidez del resorte sirve para modelar ambos, la **resistencia de corte superficial** y en la base la **rigidez del suelo debajo de la base del pilote**.
3. Se determina para cada elemento el **valor límite de la fuerza de corte transmitida por la piel** T_{lim} .
4. El pilote es cargado en su extremo superior por incrementos de cargas verticales. Para cada incremento de carga, la fuerza del resorte para cada segmento es determinada. Sin embargo no puede exceder el valor límite de fricción T_{lim} . Es claro que para cierto nivel de carga los resortes no podrán incrementar sus fuerzas y con carga adicional aumentada, el pilote se vuelve soportable solo para el resorte. El resorte no tiene restricciones en la fuerza transmitida.
5. Como resultado del análisis proporciona la **curva de carga límite**, fuerzas **desarrolladas en el pilote** y un gráfico mostrando variación de **corte como una función de deformación** en una ubicación determinada.

Curva de carga-asentamiento

La curva de carga-asentamiento describe una variación en la carga vertical Q como un función del asentamiento del pilote.

Por defecto el programa ofrece construir esta curva por el valor máximo de asentamiento igual a 25 mm . Esta magnitud, sin embargo, puede ajustarse sobre el valor de 100 mm antes de ejecuta el cálculo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la forma típica de la curva de carga-asentamiento.



Curva carga-asentamiento límite de un pilote simple

Resistencia al corte

Para cada elemento viga del pilote analizado, el programa determina un valor límite de la fuerza que puede ser transmitida por la piel del pilote en la ubicación de un elemento dado. Este valor depende de la tensión geoestática σ_z encontrada a una profundidad de un elemento dado.

$$\sigma_z = \sum \gamma \cdot h$$

Donde:

- γ - Peso unitario del suelo
- h - Profundidad debajo de la superficie terrestre

El signo positivo muestra que el σ_z se supone sobre distintas capas del suelo. La tensión de corte permitida está dada por:

$$\tau = \sigma_z \cdot k \cdot \tan \varphi + c$$

Donde:

- c - Cohesión del suelo en la ubicación de la viga
- φ - Ángulo de fricción interno en la ubicación del viga
- k - Coeficiente de aumento de fricción de la piel permitida debido a la tecnología

Si la viga es encontrada debajo del nivel freático, la piel de fricción permitida es entonces reducida a recibir la siguiente forma:

$$\tau = (\sigma_z - u) \cdot k \cdot \tan \varphi + c$$

Donde:

- u - Presión de poros debajo del nivel freático

Luego, la fuerza de corte permitida sigue como:

$$T_{lim} = O.l.\tau$$

Donde: O - Longitud del perímetro de la piel del pilote
 l - Longitud de la viga pilote

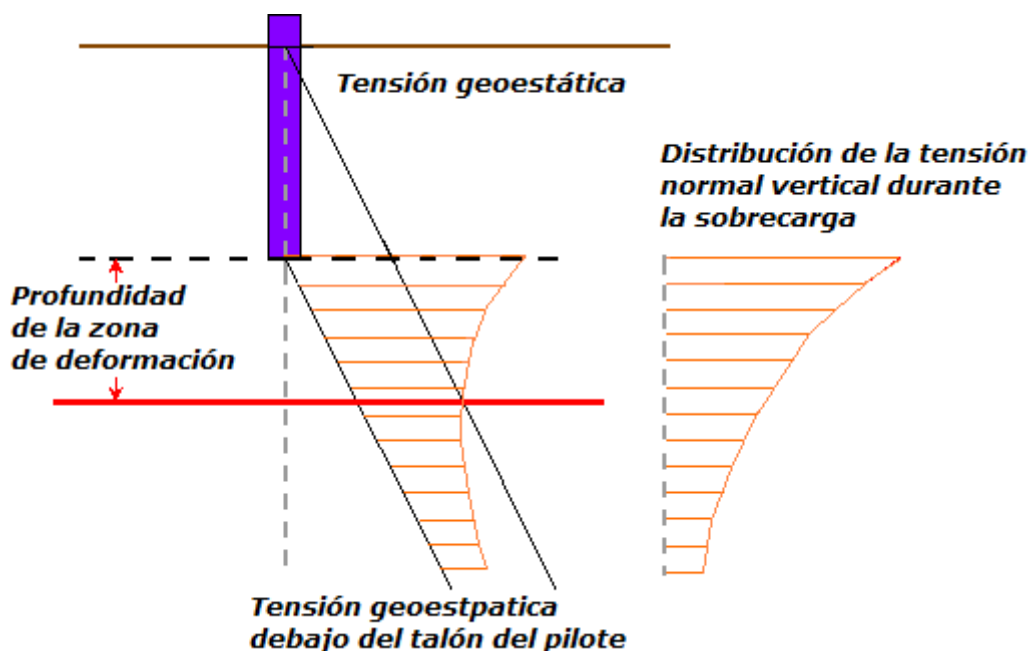
Coeficiente de incremento de la resistencia friccional límite

Un parámetro de entrada específico es el coeficiente de aumento de la resistencia friccional límite del pilote k debido a la aplicación de tecnologías de construcción. Por defecto el valor de este coeficiente se configura como igual a 1 (uno). No hay ninguna recomendación estándar para este valor específico. Su ajuste depende únicamente de la experiencia práctica del diseñador. Se ha encontrado que en mediciones in-situ de un pilote real, el valor k es usualmente mayor que 1 (uno) y que se acerca al valor 1,5. Teóricamente, sin embargo, puede acercarse a valores incluso menores a 1 (uno).

Profundidad de la zona de deformación

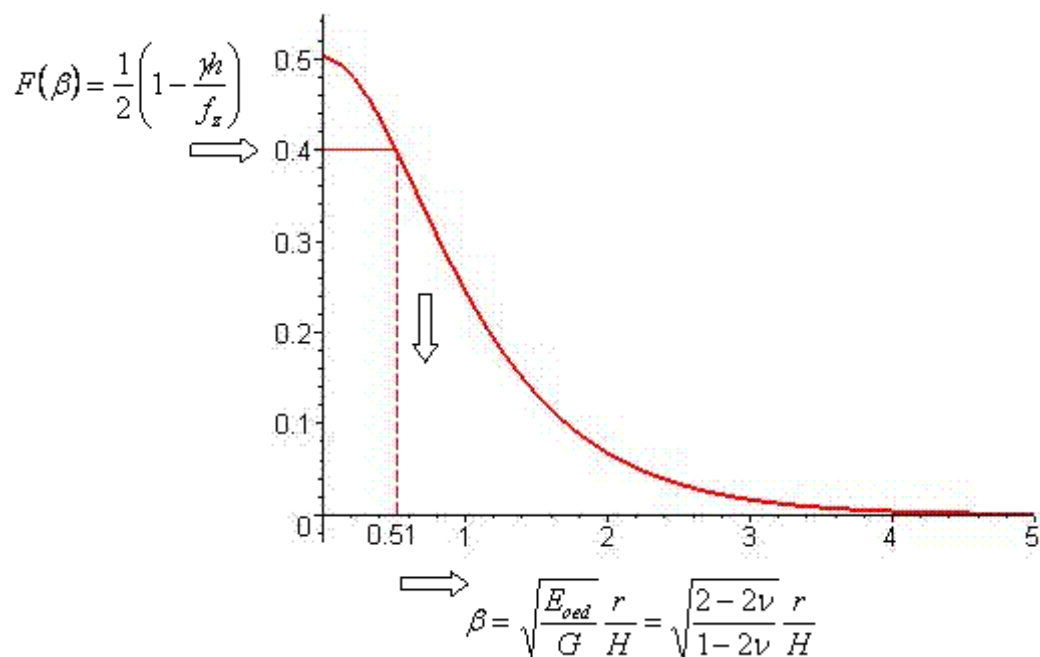
La profundidad de influencia asumida es una variable, la cual influye considerablemente en la rigidez del suelo debajo de la base del pilote. Este es una de los parámetros de entrada para la determinación de los parámetros C_1 y C_2 del modelo de Winkler-Pasternak. Cuanto más profunda es la zona de influencia más pequeña la rigidez del subsuelo. Cuando la profundidad de la zona de influencia se acerca al límite 0 (cero), la rigidez del subsuelo tiende al infinito.

La profundidad de la zona de influencia depende de los parámetros del suelo y de las magnitudes de las sobrecargas aplicadas, por lo tanto, de la tensión debajo de la base del pilote. El programa asume que la profundidad de la zona de influencia se encuentra ubicada, donde la tensión debajo de la base del pilote es igual a la tensión geoestática. Esta idea es representada en la siguiente figura:



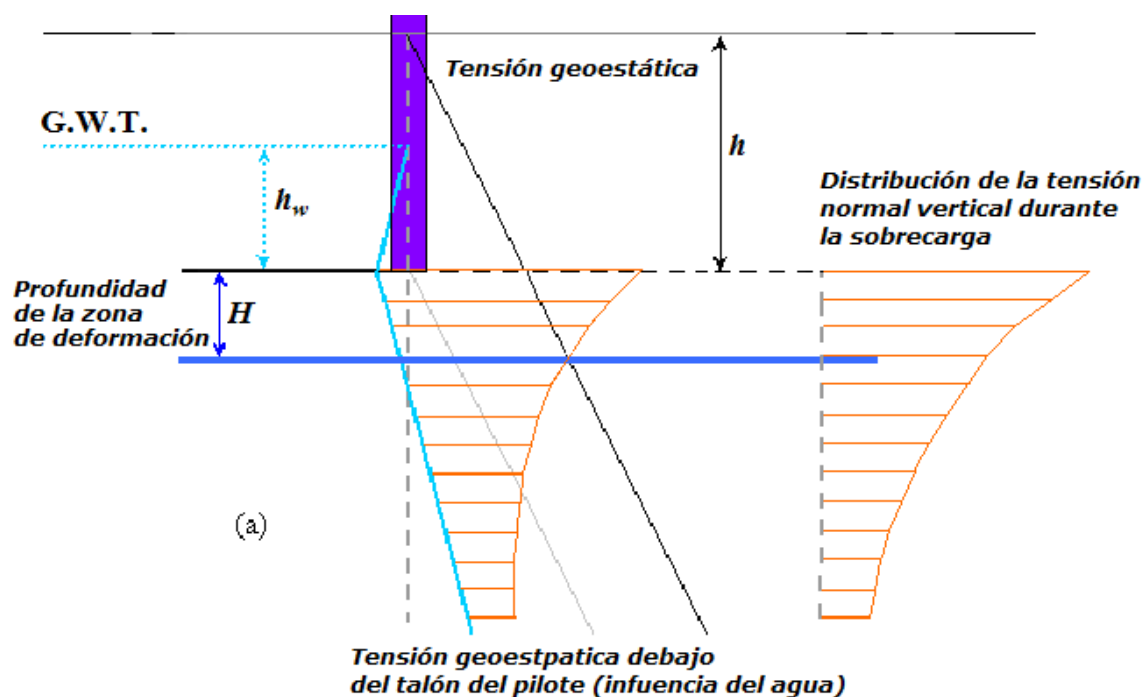
Determinación de la profundidad de la zona de influencia debajo de la base del pilote

Para una determinación digital de la profundidad de la zona de influencia H se tiene la función $F(\beta)$. Esta distribución aparece en la figura. Esta función fue derivada utilizando las suposiciones antes mencionadas, y en el programa aparece en la forma de tabla. Su aplicación es evidente en los siguientes pasos. El valor de $F(\beta)$ es determinado por el valor actual de la tensión f_z debajo de la base del pilote y por la tensión geostática original. Por este valor de se determina el parámetro β . Este valor $F(\beta)$ sirve para determinar, para el valor actual del número de Poisson ν y el diámetro del pilote r , la profundidad correspondiente de la zona de influencia H .



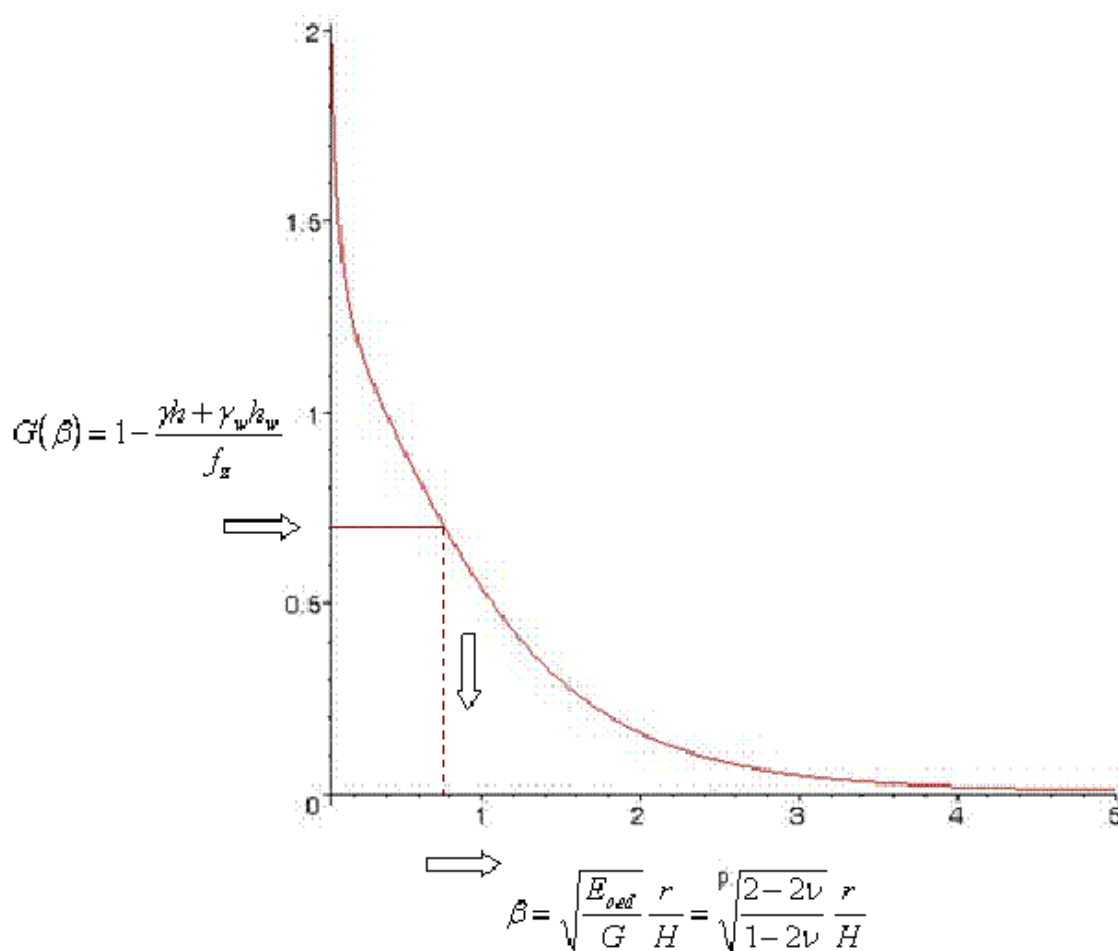
Variación de la función $F(\beta)$

La profundidad de la zona de influencia puede ser afectada por el presente nivel freático. En este caso su determinación es representada en la figura:



Determinación de la zona de influencia debajo de la base del pilote incluyendo agua

Para una determinación digital de la profundidad de la zona de influencia se utiliza la función $G(\beta)$. Su distribución aparece en la figura. En el análisis esta función se explota de una forma similar a la función $F(\beta)$. La única diferencia cuando determinamos el valor de $G(\beta)$ aparece en el uso de la presión hidrostática $\gamma_w \cdot h_w$.



Varición de la función $G(\beta)$

Suelo incompresible

A una cierta profundidad debajo de la superficie terrestre es posible especificar suelos incompresibles. Si el pilote excede esta profundidad especificada entonces todos los elementos vigas encontrados debajo de este valor son fijados en lugar de ser soportes elásticos. El pilote luego esencialmente no experimenta asentamiento. Si allí hay suelo incompresible debajo de la base del pilote pero no tan profundo como la zona de influencia debajo de la base del pilote, la **profundidad de la zona** de influencia para el cálculo de rigidez es reducida de manera que la zona de influencia solo alcanza el suelo incompresible. De esta forma el suelo incompresible debajo de la base del pilote aumenta su rigidez y consecuentemente la capacidad portante de la base del pilote. Si el suelo incompresible es encontrado por debajo del alcance de la zona de influencia, entonces no hay ninguna influencia en el análisis del pilote.

Rozamiento negativo

El rozamiento negativo es un fenómeno que surge de un asentamiento de suelo alrededor del pilote. El suelo deformado alrededor del pilote tiende a tirar el pilote hacia abajo reduciendo así su capacidad portante para un asiento de pilote determinado.

El parámetro introducido para evaluar la influencia del rozamiento negativo es el asentamiento de la superficie terrestre w y una profundidad de la zona de influencia de la deformación h .

Para una carga uniformemente distribuida alrededor del pilote, el valor de w debería ser medido a una distancia igual a tres veces el diámetro del pilote desde su cara externa. Este valor representa la profundidad influenciada por el asentamiento de la superficie terrestre y debajo de la cual el suelo se supone incompresible sin deformación.

El cálculo del rozamiento negativo se lleva a cabo primero mientras se determinan las fuerzas de corte límites, transmitidas por la piel del pilote T_{lim} . El proceso de solución asume que el asentamiento del suelo decrece linealmente con la profundidad del valor de w en la superficie del terreno hasta 0 a una profundidad h . Las fuerzas desarrolladas en resortes (resortes que soportan distintos elementos) debido a su deformación son determinados y luego abstraídos de T_{lim} para reducir la capacidad portante de la piel del pilote.

Desde la representación teórica es evidente que para un asentamiento grande w o una profundidad grande h el valor de T_{lim} puede pasar por debajo de cero. En casos extremos el valor del rozamiento negativo puede eliminar completamente la capacidad portante de la piel del pilote, entonces el pilote es soportado solo por el subsuelo elástico debajo de la base del pilote.

Influencia de la tecnología

La capacidad portante del pilote es considerada influenciada por la tecnología aplicada durante la construcción. El módulo **Pilote MEF** permite especificar la tecnología de construcción de pilotes. El rozamiento y la resistencia en la base del pilote son entonces reducidas con la ayuda de los coeficientes de reducción dependientes de la tecnología seleccionada. El valor de estos coeficientes sigue el estándar **Holandés NEN 6743 Base de pilote**.

Aparte las tecnologías ofrecidas por los programa y los coeficientes correspondientes, el usuario es libre de asignar a estos coeficientes sus propios valores. De esta forma el usuario puede introducir en el análisis, su experiencia práctica o información proporcionada por otras fuentes.

Resistencia de corte superficial

La resistencia de corte superficial es en el análisis representado por la rigidez de del resorte que da soporte a distintas vigas del pilote. Ésta rigidez es asociada con parámetros de material del modelo de Winkler-Pasternak C_1 y C_2 . El valor C_1 y C_2 , son determinados desde el parámetro E_{def} . Estos dependen de la profundidad de la zona de influencia, la cual varía con la deformación del pilote (asiento). La variación de la zona de influencia es, en el análisis, determinada como para que una: deformación cero reciba el valor de $1x$ diámetro de pilote, deformación al inicio reciba el valor de $2,5x$ diámetro de pilote.

El parámetro decisivo, para la determinación de las magnitudes C_1 y C_2 es el módulo de deformación. Se deben tomar precauciones cuando se estima el valor de E_{def} desde características deformadas del suelo utilizando estándares. En particular, en el caso de pilotes largos se trabaja esencialmente con profundas bases sentadas, y el suelo en la base del pilote experimentará una mayor rigidez que la propuesta por el estándar para cimentaciones superficiales. Esto es particularmente para suelos cohesivos. Las estimaciones más realistas son por supuesto obtenidas directamente por mediciones experimentales.

Las siguientes fórmulas sirven para determinar la rigidez de resortes que representan la resistencia de corte de la piel del pilote como una función calculando parámetro de subsuelos elásticos. Éstos dependen de la forma de la sección transversal y por la sección transversal implementada, reciben la siguiente forma:

Circulo:

$$k = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{C_1 C_2} \cdot \frac{K_1(\alpha \cdot r)}{K_2(\alpha \cdot r)}$$

- Donde:
- r - Radio de la sección transversal del pilote
 - C_1, C_2 - Parámetros de subsuelo
 - $K_1(\alpha r), K_2(\alpha r)$ - Valores de las funciones de Bessel modificado

El parámetro α tiene el valor:

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

Rectángulo:

$$k = [2 \cdot (a + b) \cdot \sqrt{C_1 C_2} + 3 \cdot C_2] \cdot k_{red}$$

- Donde:
- a, b - Longitudes de bordes del rectángulo
 - C_1, C_2 - Parámetros de subsuelo
 - k_{red} - Coeficiente de reducción

Lo que reduce la rigidez con respecto a la esbeltez del rectángulo. Recibe los siguientes valores, para:

$$k_{red} = 0,6 + 0,4 \cdot e^{0,5 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)} \quad H \geq 3 \cdot a$$

$$k_{red} = 1 - \frac{1 - 0,6 + 0,4 \cdot e^{0,5 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)}}{3 \cdot a} \cdot H \quad H < 3 \cdot a$$

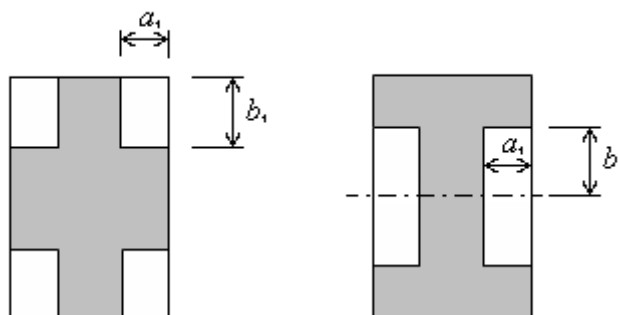
- Donde:
- a - es la longitud del borde más corto
 - H - es la profundidad de la zona de influencia

Sección transversal "I"

Para ésta sección transversal la rigidez se deriva del espesor de la sección trasversal rectangular reducida restando el espesor correspondiente a la cuarta parte "eliminada" de la sección transversal.

$$k = [2 \cdot (a + b) \cdot \sqrt{C_1 \cdot C_2} + 3 \cdot C_2] \cdot k_{red} - 4 \cdot \left(1 - e^{-e \cdot \sqrt{a_1^2 + b_1^2}}\right) \cdot \left[C_1 \cdot \frac{a_1 \cdot b_1}{9} + C_2 \cdot \left(\frac{a_1}{3 \cdot b_1} + \frac{b_1}{3 \cdot a_1} \right) \right]$$

a, b - son evidentes en la figura:



Rigidez del suelo debajo de la base del pilote

La rigidez del suelo debajo de la base del pilote viene del valor de la rigidez del modelo Winkler, C_I . El valor C_I es determinado por los parámetros E_{def} y ν de un suelo ubicado en la base del pilote. El valor C_I luego **depende de la profundidad de la zona** de influencia debajo de la base.

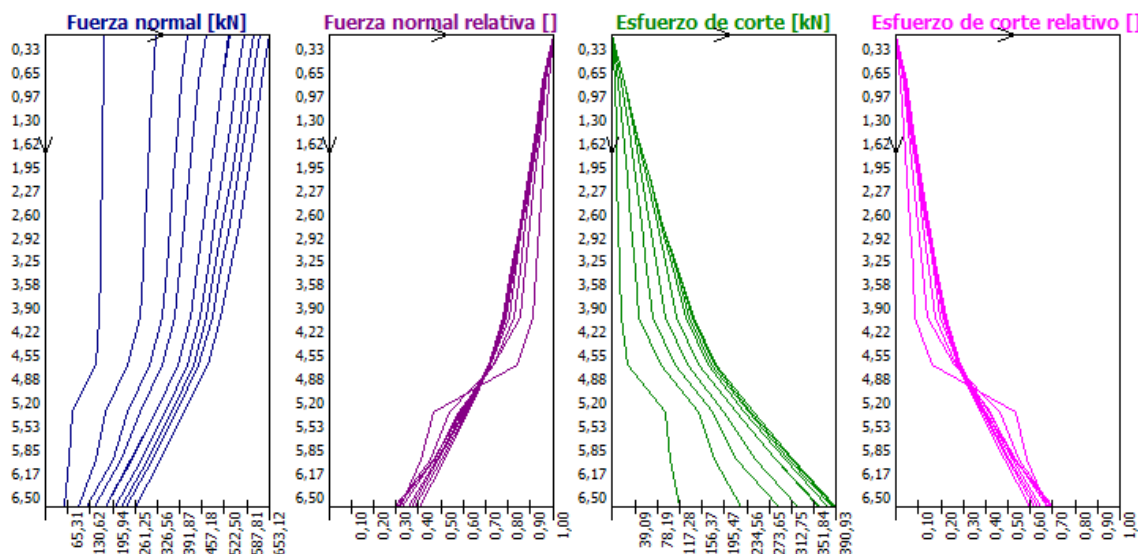
La rigidez del resorte introducido dentro del soporte de la viga en la base del pilote, viene dado por:

$$k_r = C_I \cdot A$$

Donde: A - Área de sección transversal en la base del pilote

Distribución de las fuerzas actuando en el pilote

Además de la curva de carga límite es también posible hacer un seguimiento de la distribución de la fuerza Normal en el pilote y de la distribución de la fuerza de corte desarrollada superficialmente a lo largo del pilote. La fuerza Normal disminuye desde el extremo superior hacia el fondo, de la misma forma que la carga es tomada gradualmente por la fuerza de corte desarrollada superficialmente a lo largo del pilote. De manera distinta a la fuerza Normal, la fuerza de corte así aumenta desde el extremo superior hacia la base. Ambas fuerzas son evaluadas en valores relativos relacionados con la magnitud de la carga vertical.

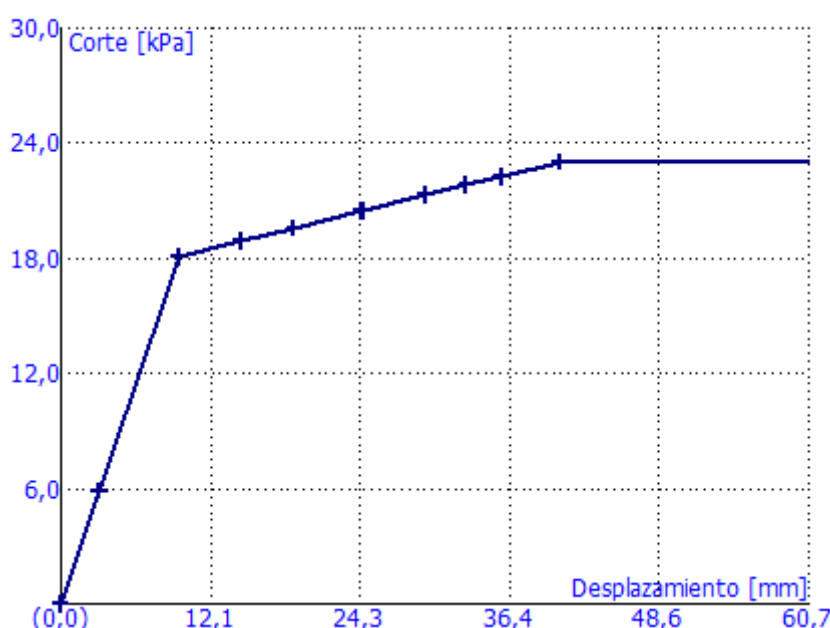


Distribution of internal forces acting on pile

Dependencia del corte en la deformación

En una profundidad arbitraria (seleccionada), es posible ver la distribución del rozamiento como una función de desplazamiento (asentamiento) para un punto del pilote determinado. El gráfico muestra el proceso de la reducción gradual de la rigidez de corte de la piel del pilote hasta llegar a cero aumentando la deformación. Esta dependencia es inicialmente lineal, particularmente en la etapa, donde la fuerza del resorte no excede el valor T_{lim} . Cuando este valor es excedido la rigidez del resorte empieza a disminuir gradualmente, manifestado por el aplastamiento de la curva.

Relación de corte-desplazamiento (en una profundidad de 4,00 m)



Dependencia del corte en desplazamiento (asentamiento) del pilote

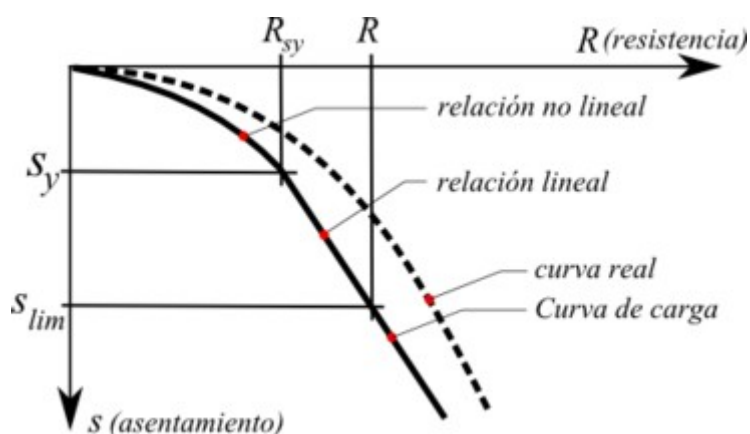
Verificación de Asiento del pilote

Dos opciones están disponibles para realizar en análisis de asentamiento del pilote:

- Teoría no lineal (Masopust)
- Teoría lineal (Poulos)

Teoría no lineal (Masopust)

La teoría no lineal construye una curva carga-asentamiento (carga – curva de asentamiento) asumiendo la evolución del asentamiento en función de resistencia hasta la activación de la resistencia del eje completo que puede ser representada por una parábola. Luego de que la relación es lineal como se muestra en la figura. Éste método fue derivado de la ecuación de curvas regresivas construidas en el análisis estático básico como resultado de comprobaciones de carga estáticas de pilotes y por la determinación de capacidad portante vertical que emplea **coeficientes de regresión**. Mas detalles se proporcionan en este [documento](#).



Curva carga-asentamiento del pilote

Bibliografía:

Masopust, J.: Vrtane piloty. 1st edition, Prague, Cenek a Jezek, 1994, 263 p.

Masopust, J., Glisnikova, V.: Zakladani staveb Modul M01. 1st edition, Brno, AN CERM, 2007, 182 p., ISBN 978-80-7204-538-9.

Enfoque según Masopust

La curva carga-asentamiento de un pilote simple se construye de la siguiente manera:

1) El rozamiento máximo del eje q_s se determina por:

$$q_s = a - \frac{b}{v_i / d_i}$$

- Donde:
- a, b - Coeficiente de regresión de rozamiento específico del recubrimiento
 - v_i - Profundidad desde el terreno hacia la mitad de la capa i^{th} [m]
 - d_i - Diámetro del pilote en la capa i^{th} [m]

y la capacidad portante del recubrimiento del pilote esta dada por:

$$R_s = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$$

- Donde:
- m_1 - Coeficiente del tipo de carga
 - m_2 - Coeficiente de protección del eje
 - d_i - Diámetro del pilote en la capa i^{th} [m]
 - h_i - Espesor en la capa i^{th} [m]
 - q_{si} - Fricción último del eje en la capa i^{th} [MPa]

2) Capacidad portante del pilote en la base q_b :

$$q_b = e - \frac{f}{D/d_b}$$

Donde:

- e, f - Coeficiente de regresión debajo de la punta del pilote
- D - Longitud del pilote dentro del suelo [m]
- d_b - Diámetro en la base del pilote [m]

3) La proporción de carga aplicada transferida a coeficiente β en la base del pilote se escribe como:

$$\beta = \frac{q_b}{q_b + 4 \cdot \bar{q}_s \cdot D/d_b}$$

Donde:

- q_b - Capacidad portante del pilote en la base [MPa]
- \bar{q}_s - Promedio ponderado del rozamiento ultimo [MPa]
- D - Longitud del pilote dentro del suelo [m]
- d_b - Diámetro de la punta del pilote [m]

La carga para movilizar el rozamiento R_{sy} está dado por:

$$R_{sy} = \frac{R_s}{1 - \beta}$$

Donde:

- R_s - Capacidad portante del recubrimiento del pilote [N]
- β - proporción de carga aplicada de transferida al coeficiente en la base del pilote [-]

4) Carga en la activación de la resistencia del eje R_{sy} (= movilización del rozamiento) dada por:

$$s_y = I_s \cdot \frac{R_{sy}}{0,7 \cdot d \cdot E_s}$$

Donde:

- I_s - Coeficiente de asentamiento-influencia
- R_{sy} - Carga en la movilización de rozamiento [N]
- d - Diámetro del pilote [m]
- E_s - Módulo secante del suelo a lo largo del tallo del pilote [MPa]

5) La carga en la base del pilote de asentamiento preescritos (para asentamientos limitados de 25 mm) dice:

$$R_{b,lim} = \beta \cdot R_{sy} \cdot \frac{s_{lim}}{s_y}$$

Donde:

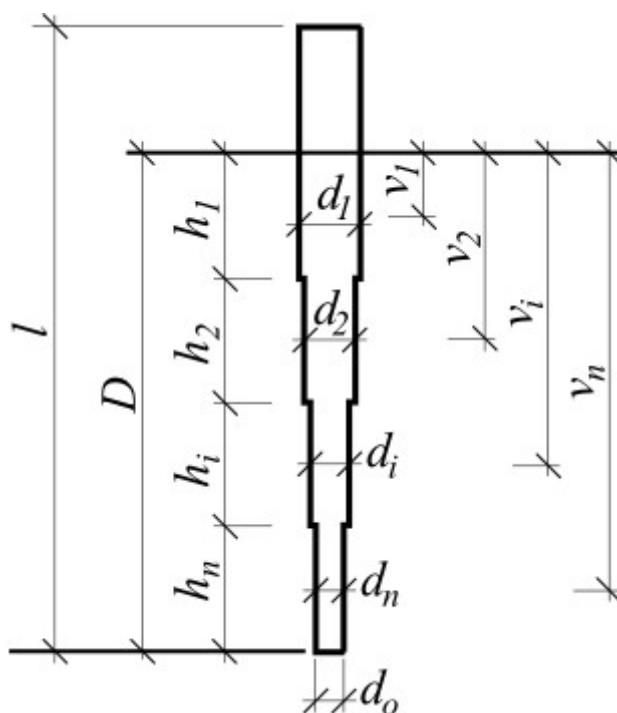
- β - Proporción de carga aplicada transferida al coeficiente en la base del pilote [-]

- R_{sy} - Carga en la movilización de rozamiento [N]
 s_{lim} - Asentamiento límite (descrito usualmente como 25 mm) [m]
 s_y - Asentamiento en la activación de la resistencia del eje [m]

La resistencia del pilote atribuye a un **asentamiento límite** s_{lim} dado esta dado por:

$$R_c = R_{b,lim} + R_s$$

- Donde: $R_{b,lim}$ - Carga en la base del pilote para asentamiento prescritos [N]
 R_s - Resistencia en el eje del pilote [N]



Enfoque según Masopust

Bibliografía:

Masopust, J.: Vrtane piloty. 1st edition, Prague, Cenek a Jezek, 1994, 263 p.

Masopust, J., Glisnikova, V.: Zakladani staveb Modul M01. 1st edition, Brno, AN CERM, 2007, 182 p., ISBN 978-80-7204-538-9.

Coeficientes de regresión

El rozamiento específico depende de los coeficientes de regresión a, b . La resistencia en la base del pilote (en la activación de la resistencia) depende de los coeficientes de regresión e, f .

El valor de estos coeficientes de regresión fueron derivados de la ecuación de las curvas de regresión construida en la base del análisis estático de los resultados de aproximadamente 350 pruebas de carga estática de pilotes.

El cuadro de diálogo para ingreso de coeficientes de regresión se muestra en el cuadro "Asiento" usando los botones "Editar a, b ", "Editar e, f ". Cuando modificamos el

cuadro e diálogo muestra los valores recomendados para los coeficientes de regresión para distintos tipos de suelo y rocas.

Entrada de curva de asentamiento de carga

Parámetros de capa

Entrada de parámetros en la capa N° 1

Suelo asignado: Clase F1

Inicio de la capa del terreno calificado : 0,00m

Fondo de la capa del terreno calificado: 7,00m, espesor de capas : 7,00m

Ayuda - parámetros de capa

Entrada de coeficientes de regresión a,b [-]:

Rocas

	a	b
Roca buena	246	225
Roca favorable	169	139
Roca pobre	131	94
Roca muy pobre	97	108

Suelos no cohesivos
(Id = compactación relativa)

	a	b
Id = 0.5	62	16
Id = 0.7	91	48
Id = 1.0	154	115

Suelos cohesivos
(Ic = índice de consistencia)

	a	b
Ic = 0.5	46	20
Ic > 1	97	108

a : 20,00 [-]

b : 20,00 [-]

OK Cancel

OK + [up arrow] OK + [down arrow]

Cuadro "Ingreso de curva cargada" - Entrada de coeficientes de regresión a, b (e, f)

Coeficientes m1, m2

Carga tipo de coeficiente m_1 :

- Para carga de servicio 0,7
- Para carga extrema 1,0

Coeficiente de protección del eje m_2 :

- Para hormigón en eje húmedo o debajo del agua 1,0
- Para concreto con mezcla de bentonita 0,9
- Para protección de pilote laminados PVC (espesor arriba de 0,7 mm) 0,7
- Para protección de pilotes laminados y sistema de malla B 0,5
- Para protección de tubos con encamisado de acero 0,15

Bibliografía:

Masopust, J., Glisnikova, V.: *Zakladani staveb Modul M01*. 1st edition, Brno, AN CERM, 2007, 182 p., ISBN 978-80-7204-538-9.

Módulo de deformación secante E_s

El valor del módulo secante del suelo E_s depende del diámetro del pilote d y del espesor de capas individuales del suelo h_i . Los valores de este módulo deben ser determinados experimentalmente a partir de las pruebas del pilote-carga.

Para los suelos no cohesivos su valor también depende del índice de densidad relativa I_d , para suelos cohesivos este valor depende del índice de consistencia I_c . El valor de módulo secante de suelo E_s aumenta con la profundidad (espesor de la capa de suelo).

Problema 60 en [2] establece que el valor acumulativo de este módulo (aplicable a todos los tipos de suelo a lo largo del eje y de la base del pilote de gran diámetro) viene dada por la ecuación siguiente:

$$E_s = I_s \frac{Q}{s d}$$

Donde: I_s - factor asentamiento-influencia [-]

d - diámetro del pilote [m]

Q - Valor relevante de carga (fuerza) medido durante la prueba pilote-carga [N]

s - Valor relevante de asentamiento del pilote medido durante la prueba pilote-carga [m]

El valor del módulo secante E_{si} para varios tipos de suelo y diferentes diámetros de pilotes y profundidades de pilotes se muestran en la siguiente tabla [3]. Valores intermedios del módulo secante de suelo E_s pueden ser interpolados linealmente.

Modulo secante de suelo E_s ubicados en roca o roca débil

h (m)	d (m)								
	0,6			1,0			1,5		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5	R3	R4	R5
1,5	50,3	28,2	20,2	72,3	35,0	24,7	85,5	33,5	22,3
3,0	64,5	43,1	30,8	105,5	57,3	41,0	138,3	58,8	41,2
5,0	-	58,2	41,3	-	75,3	54,8	-	87,9	63,7
10,0	-	87,5	61,6	-	114,5	83,2	-	133,0	97,0

Modulo secante de suelo E_s ubicados en suelos sin cohesión

h (m)	d (m)								
	0,6			1,0			1,5		
	I_d								
	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
1,5	11,0	13,7	28,3	12,8	15,8	30,6	13,0	15,3	29,0
3,0	15,5	20,2	44,5	18,4	25,0	47,8	19,4	24,5	52,5
5,0	18,8	26,6	56,1	22,8	32,5	69,1	24,5	36,0	78,2
10,0	23,8	36,6	72,1	29,8	47,8	93,4	32,6	54,0	107,3

Modulo secante de suelo E_s ubicados en suelos cohesivos

h (m)	d (m)					
	0,6		1,0		1,5	
	I_c					
	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$
1,5	6,9	13,2	7,9	13,4	8,6	12,3
3,0	10,0	22,0	12,5	23,9	13,7	23,0
5,0	12,5	31,2	15,9	35,4	18,4	36,7
10,0	15,5	44,3	21,3	51,3	24,6	57,4

El cuadro de diálogo para ingreso de módulos secantes puede ser mostrado en el cuadro "Asiento" utilizando el botón "Editar E_s ". Cuando se modifica, el cuadro de diálogo muestra los valores recomendados para los módulos secantes de suelo E_s .

Entrada de curva de asentamiento de carga

Parámetros de capa

Entrada de parámetros en la capa N° 1

Suelo asignado: Típica F1, konzistence tuhá

Inicio de la capa del terreno calificado : 0,00m

Fondo de la capa del terreno calificado: 7,00m, espesor de capas : 7,00m

Ayuda - parámetros de capa

Módulo de deformación secante E_s [MPa]:

Rocas:

Roca buena	.....	154,40
Roca favorable	.....	99,96
Roca pobre	.....	72,68
Roca muy pobre	.....	43,21

Suelos no cohesivos:
(I_d = compactación relativa)

$I_d = 0.5$	.....	26,88
$I_d = 0.7$	.....	41,37
$I_d = 1.0$	.....	85,43

Suelos cohesivos:
(I_c = índice de consistencia)

$I_c = 0.5$	.....	19,75
$I_c > 1$	.....	43,21

E_s : 15,00 [MPa]

OK OK Cancelar OK + [up arrow] OK + [down arrow]

Cuadro "Ingreso de curva cargada" – Módulo de deformación secante E_s

Bibliografía

[1] CSN 73 1002: Pilotové zaklady. Praha, UNM, 1988, 28 p. [2] CSN 73 1004: Velkopřumerové piloty. Praha, UNM, 1981, 56 p. [3] Masopust, J., Glisnikova, V.: Zakladani staveb Modul M01. 1st edition, Brno, AN CERM, 2007, 182 p., ISBN 978-80-7204-538-9. [4] Pochman, R., Simek, J.: Pilotové zaklady – Komentář k CSN 73 1002. 1st edition, Prague, Vydavatelství norem, 1989, 80 p.

Coeficiente de asentamiento I_s

El factor de influencia-asentamiento depende de la profundidad del pilote debajo de la superficie de una capa resistente D y del diámetro del pilote d . El factor de influencia-asentamiento I_s está dado por:

$$I_s = I_0 \cdot R_k \cdot R_h$$

Donde:

- I_0 - Factor de influencia de asentamiento base
- R_k - Factor correctivo de la compresibilidad del pilote
- R_h - Factor correctivo de la profundidad finita de la capa en una base rígida

Teoría lineal (Poulos)

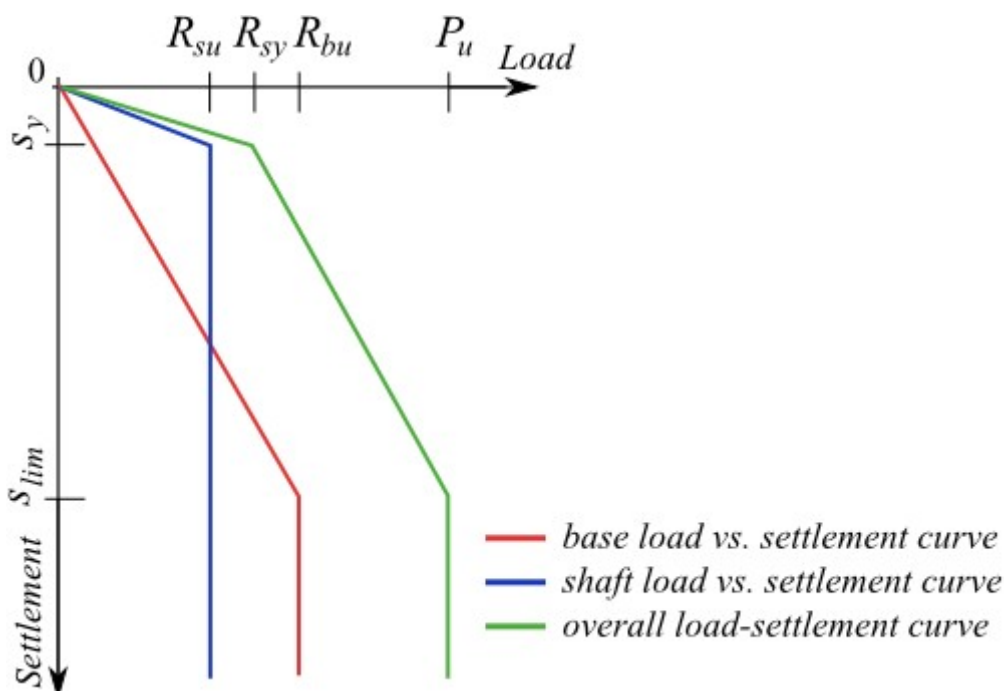
El análisis de la curva de carga-asentamiento de un **pilote simple** o un **grupo de pilotes** esta basada en la solución descrita en el libro de H.G. Poulos a E.H. Davis - Análisis y diseño de bases de pilotes, y esta basado en la teoría de elasticidad y modificaciones de atribuidas a mediciones in-situ. El suelo base es por lo tanto caracterizado por el módulo de elasticidad E y por el coeficiente de Poisson ν . Este método permite la construcción de la curva de carga-asentamiento para **pilotes de cimentación** (pilote simple, grupo de pilotes)

Los parámetros de entrada básicos del análisis son la capacidad portante de la base y la capacidad portante del recubrimiento del pilote R_b y R_s .

Capacidad portante última del pilote de cimentación, la carga última respectivamente viene dada por la ecuación $P_u = R_{su} + R_{bu}$. Estos valores se obtienen por el programa a partir del análisis de la capacidad portante vertical del **pilote simple** o **grupo de pilotes** y depende del método seleccionado de análisis.

Todos los factores parciales del análisis asumen valores iguales a 1.0 de tal forma que la resistencia resultante sea mayor que la obtenga del análisis de capacidad portante actual.

Durante el análisis de asentamiento del **pilote simple** o **grupo de pilotes** según el método Poulos programa (1980) No considerar la **influencia de la compresión adicional del eje del pilote** - por eso se descuida el desplazamiento de material del pilote.



Construcción de la curva de carga-asentamiento del pilote de cimentación según el método Poulos

Bibliografía:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: Pile Foundations Analysis and Design. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5, pp. 71 – 108

Asentamiento de pilotes según Poulos

El supuesto básico del análisis es la determinación de la carga en el eje de activación de

resistencia R_{sy} . En este punto el eje de resistencia deja de aumentar, la futura carga se obtiene solo del pilote base.

Esta fuerza esta dada por la ecuación:

$$R_{sy} = \frac{R_s}{1 - \beta}$$

Donde: R_s Resistencia del eje del pilote [N]
 β Proporción de carga aplicada transferida al coeficiente del pilote base

La **proporción de carga aplicada transferida** β del pilote base está dada por:

$$\beta = \beta_0 \cdot C_k \cdot C_b \cdot C_v$$

Donde: β_0 - Proporción de la carga-base para pilote incompresible
 C_k - Factor correctivo de compresibilidad del pilote
 C_v - Factor correctivo por influencia del coeficiente de Poisson en suelo
 C_b - Factor correctivo por la rigidez del estrato portante

El **valor correspondiente al asentamiento** s_y en la activación del eje de resistencia R_{sy} está dado por:

$$s_y = \frac{I \cdot R_{sy}}{d \cdot E_s}$$

Donde: I - Factor de influencia-asentamiento [-]
 E_s - Módulo secante del suelo a lo largo del eje del pilote [MPa]
 d - Diámetro del pilote [m]
 R_{sy} - Carga en la activación del eje de resistencia [N]

El Factor **de influencia-asentamiento** I esta dado por:

$$I = I_0 R_k R_b R_v$$

Donde: I_0 - Factor de influencia-asentamiento básico
 R_k - Factor correctivo por compresibilidad del pilote
 R_b - Factor correctivo por la capa de estrato portante
 R_v - Factor correctivo por coeficiente de Poisson del suelo

El **asentamiento límite general** s_{lim} viene dado por:

$$s_{lim} = \frac{I \cdot R_{bu}}{\beta \cdot d \cdot E_s}$$

Donde: I - Factor de influencia-asentamiento [-]
 R_{bu} - Capacidad portante máxima del pilote base [N]
 β - Proporción de carga aplicada tranferida al pilote base [-]
 d - Diámetro del pilote [m]

E_s **Módulo secante del suelo** a lo largo del eje del pilote [MPa]

Bibliografía:

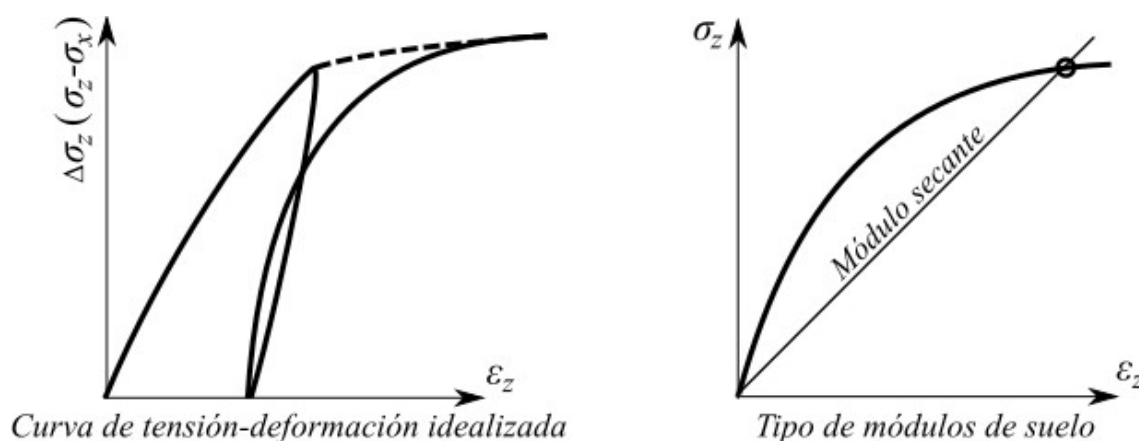
Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapters 5.3 and 5.4, pp. 84 – 100.

Módulo secante del suelo E_s

En la bibliografía, aparece doblemente marcado el módulo del suelo E_s . Según la Poulos et. Davis (1980) este parámetro se conoce como el **módulo de elasticidad del suelo (módulo de Young)**, mientras que Briaud (2001) y Gopal Ranjan (2000) llaman a este parámetro **el módulo secante del suelo**. Ambos títulos del módulo E_s tiene el mismo significado. Sin embargo, el suelo se comporta elásticamente sólo en el campo con pequeñas tensiones (generalmente se trata de un material heterogéneo), y por lo tanto es más apropiado hablar de **módulo secante de suelo E_s** .

Módulo de elasticidad del suelo E se obtiene de la curva tensión-deformación axial desviador. El módulo sin drenar, E_u se obtiene de los datos de prueba triaxiales sin drenar mientras que el módulo drenado E_d se obtiene de las condiciones de ensayo drenados.

En la etapa inicial de la curva tensión-deformación la dependencia es casi lineal, pero la deformación elástica de los suelos es muy pequeña debido a valor global de la tensión. Se definen varios tipos de módulos - **módulo de suelo tangente, módulo secante del suelo y el módulo tangente inicial**. La introducción de esta simple suposición asume que es posible utilizar la teoría de la elasticidad para la detección del estado de tensión-deformación en los suelos.



Distribución de la curva de tensión-deformación idealizada y determinación del tipo de módulo de suelo individual

El **Módulo secante del suelo E_s** se define como la relación de la diferencia en desviador de la tensión normal a la correspondiente deformación axial del suelo según la siguiente ecuación:

$$E_s = \frac{\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)}{\Delta \epsilon_E}$$

Lambe et. Whitman (1969) dice que el módulo de elasticidad para un suelo es por lo general el módulo secante de desviador cero de la tensión normal a un esfuerzo desviador igual a la mitad o a un tercio de la tensión de pico del desviador.

El módulo secante E_s disminuye a medida que aumenta el nivel de tensión debido a que la curva tensión-deformación tiene una curvatura hacia abajo. Hay tres formas de obtener este parámetro:

- Pruebas traxiales de laboratorio (de cálculo basado en el módulo tangente de suelo)
- Pruebas pilote-carga
- Correlaciones empíricas basadas en experiencia previa

El rango típico de valores para la tensión-deformación estática (secante) módulo E_s para los suelos seleccionados - los valores de campo dependen de la historia de tensión, del contenido de agua, de la densidad (Gopal Ranjan y Rao, 2000.):

Tipo de suelo	Consistencia o densidad del suelo	Módulo E_s [MPa]
Limo	Muy suave	0,2 - 2
Arcilla	Muy suave	2 - 15
	suave	5 - 25
	Firme, medio	15 - 50
	Duro	50 - 100
	Arenoso	25 - 250
Arena Loess	Limosa	7 - 21
	Suelta	10 - 24
	Densa	48 - 80
Arena y gravel	Suelta	50 - 145
	Densa	100 - 190

Bibliografía:

Briaud, J.-L.: *Introduction to Soil Moduli*. Geotechnical News, June 2001, BiTech Publishers Ltd, Richmond, B.C., Canada.

Gopal Ranjan et. A. S. R. Rao: *Basic and Applied Soil Mechanics*. New Age International, 2000, chapter 10.11, pp. 328 – 330. ISBN: 8122412238, 9788122412239.

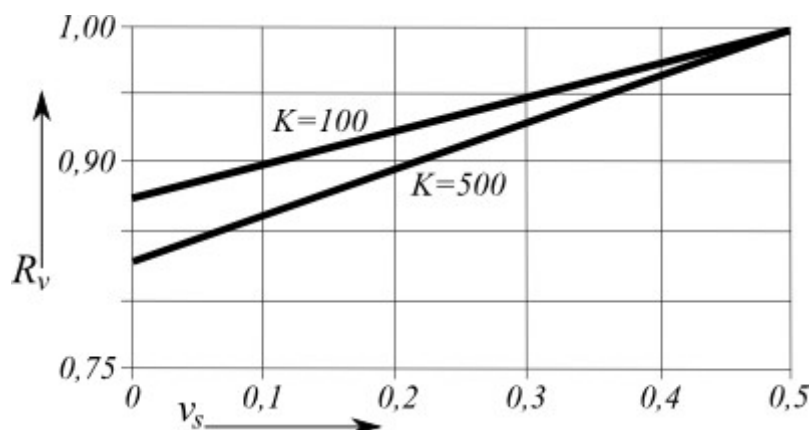
Lambe, T. W. et. Whitman, V. R.: *Soil Mechanics*. New York: John Wiley and Sons, 1969, 576 p. ISBN: 978-0-471-51192-2.

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.5, pp. 101 – 104.

Pilotes flotantes en el subsuelo compresible

El factor correctivo por influencia del coeficiente de Poisson R_v cuenta por la influencia de

reducción del coeficiente de Poisson de suelos alrededor del pilote en valores de asentamiento de pilotes por módulos constantes de elasticidad de estos suelos. Estos valores son generalmente presentados como función del coeficiente de Poisson del suelo circundante ν_s por diversos factores de rigidez del pilote K . Estos gráficos son implementado en el programa en formato digital.



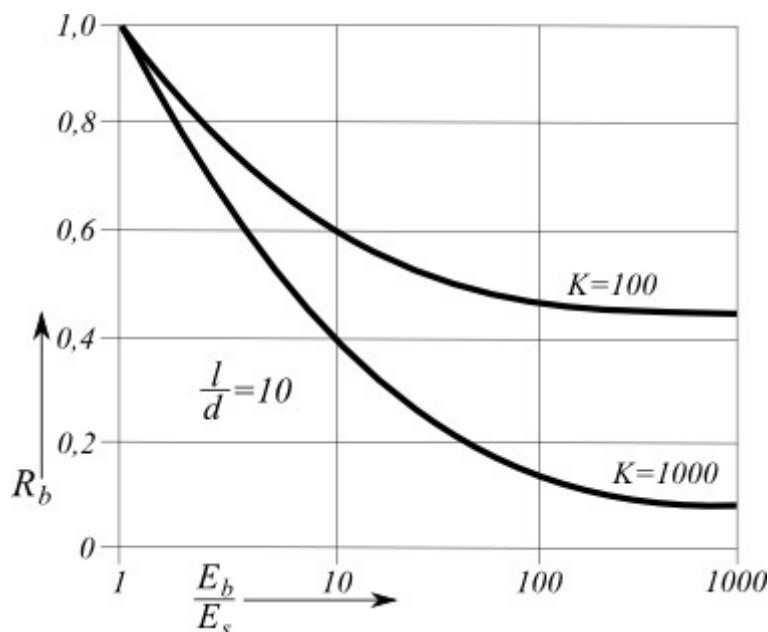
Factor correctivo del coeficiente de Poisson R_v para asentamiento

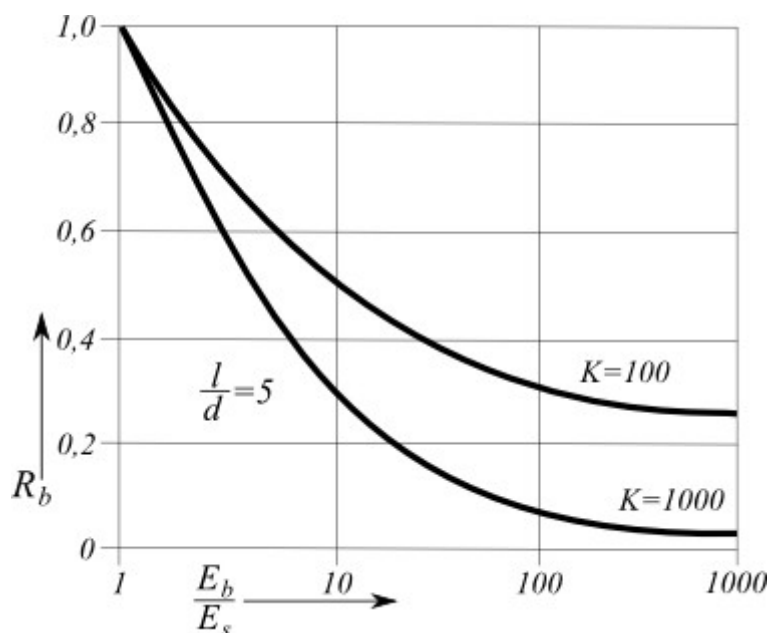
Bibliografía

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.21).

Factor correctivo por la capa de suelo rígido R_b

Los valores de factores correctivos R_b son generalmente presentados como una función de la proporción del módulo de elasticidad del pilote y el módulo secante del suelo en la base del pilote y suelos circundantes (E_b/E_s) por diversos factores de rigidez del pilote K y diversas longitudes de pilote en proporciones de diámetro de pilote (l/d). Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.

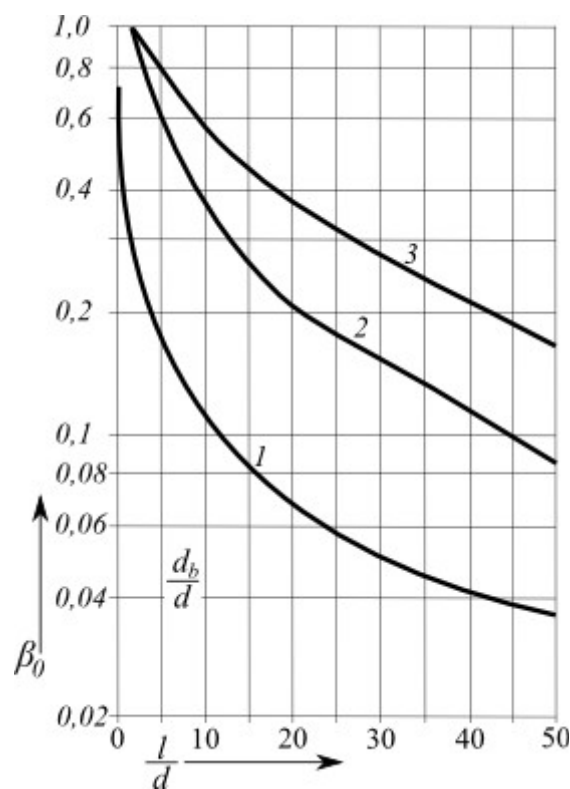


Factor correctivo del módulo base para asentamiento R_b ($L/d = 10$)Factores correctivos del módulo base para asentamiento R_b ($L/d = 5$)**Bibliografía:**

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 90 (figure 5.22).

Proporción de carga en la punta para pilote incompresible β_0

La proporción de carga-base en la punta por pilote incompresible β_0 representa la influencia de compresión de semi-espacio elástico, el cual adopta una transferencia de carga por el pilote desde suelo incompresible. Los valores de los coeficientes están generalmente presentados como un función de la longitud del pilote en la proporción del diámetro del pilote (l/d) por diferentes diámetros de pilote base a la proporción de los diámetros de pilotes (d_b/d). Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.



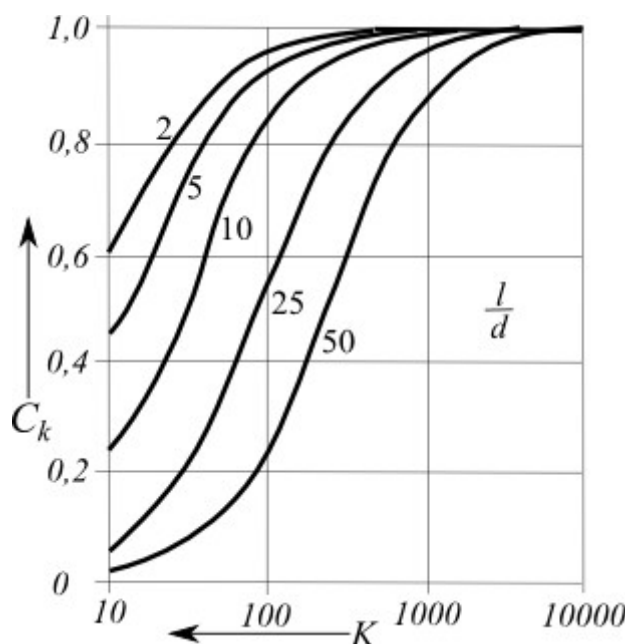
Proporción de la carga-base β_0

Bibliografía

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.11).

Factor correctivo para compresibilidad del pilote C_k

Los valores del factor C_k están generalmente presentados como un función del **factores de rigidez del pilote K** por diversas longitudes del pilote a proporciones de diámetro de pilote (l/d). Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.



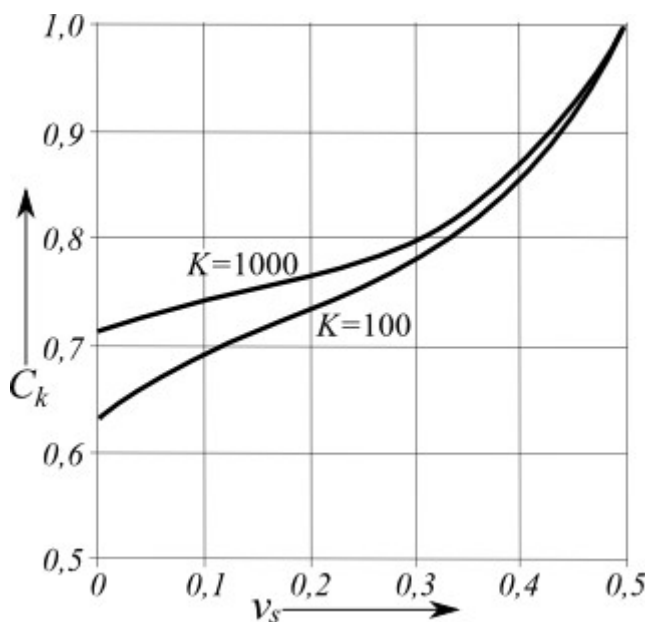
Factor correctivo de compresibilidad para carga base C_k

Bibliografía

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.12).

Factor correctivo por la influencia del número de Poisson en suelo C_v

Los valores del factor C_v están generalmente dados por el coeficiente de Poisson del suelo circundante ν_s para diversos factores de rigidez del pilote K . Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.



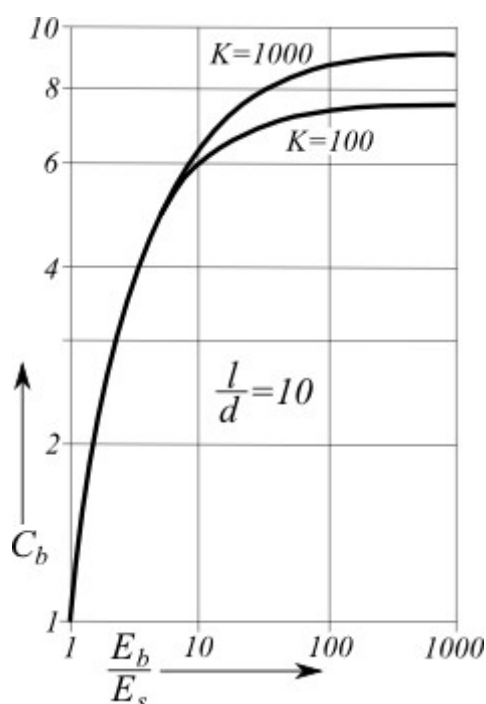
Factor correctivo del coeficiente de Poisson 's para carga base CK

Bibliografía:

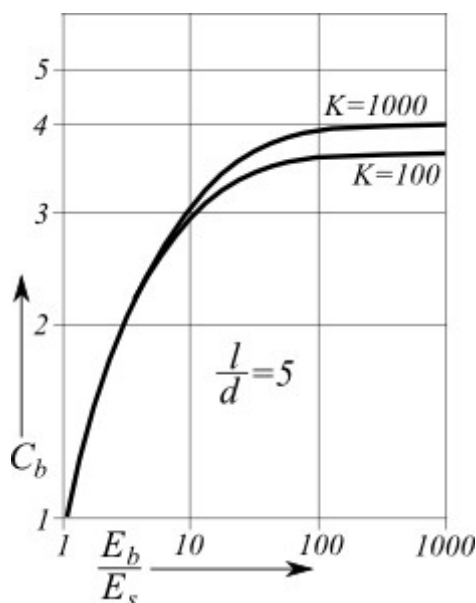
Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: Pile Foundations Analysis and Design. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.13).

Factor correctivo por la rigidez del suelo estrato C_b

Los valores del factor C_b es generalmente presentado como una función de la proporción del módulo de elasticidad del pilote y **módulo secante del suelo en la base del pilote y el suelo circundante** (E_b/E_s) por diversos **factores de rigidez del pilote** K y diversas longitudes del pilote por la proporción del diámetro del pilote (l/d). Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.



Factor correctivo del módulo base para carga base C_b ($L/d=10$)



Factor correctivo del módulo base para carga base ($L/d=5$)

Bibliografía

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 87 - 88 (figure 5.14).

Factor de rigidez del pilote K

El factor de rigidez del pilote está definido por:

$$K = \frac{E_p \cdot R_a}{E_s}$$

- Donde:
- E_p - Módulo de elasticidad del material del pilote [MPa]
 - E_s - Valor promedio del **módulo secante del suelo a lo largo del eje** del pilote [MPa]
 - R_a - Área promedio de la sección del pilote limitando por el exterior de la circunferencia del pilote [-]

$$R_a = \frac{A_1}{A_2}$$

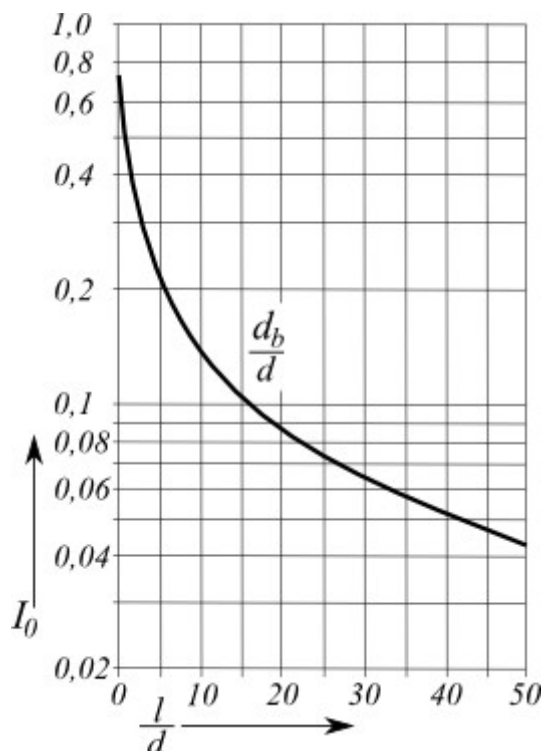
- Donde:
- A_1 - Promedio del área de la sección transversal del pilote [m^2]
 - A_2 - Área del eje del pilote [m^2]

(para pilotes duros $R_a=1$)

Coeficiente de influencia de asentamiento básico I_o

El factor de influencia-asentamiento básico I_o depende de la longitud del pilote l y del

diámetro d y los valores de estos coeficientes son generalmente dados por el siguiente gráfico que además muestra los rangos.



Coeficiente de influencia de asentamiento básico I_0

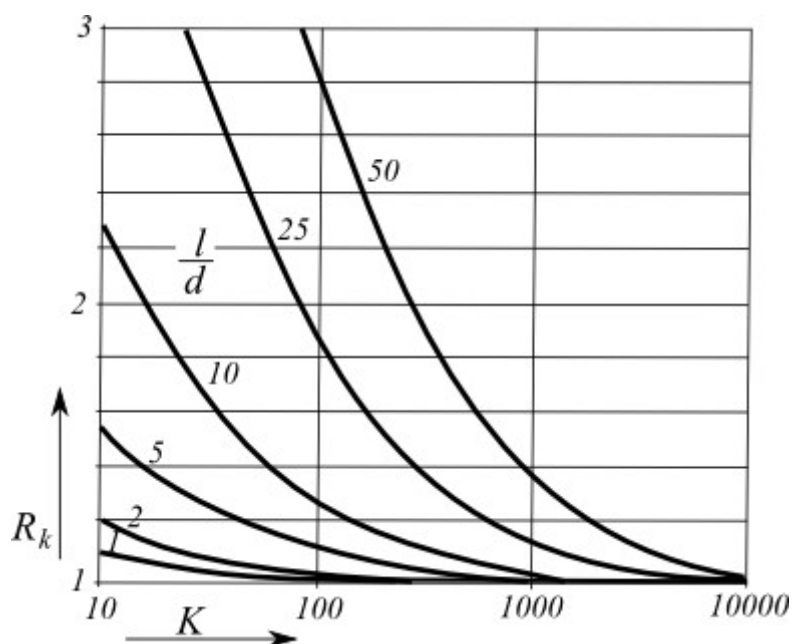
Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.

Bibliografía:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.18).

Factor correctivo por la compresibilidad del pilote R_k

El factor correctivo R_k representa la rigidez del pilote en dependencia del **factor de rigidez del pilote K** por diversas proporciones de longitud del pilote por diámetro del pilote (l/d). Sus valores son proporcionados por el siguientes gráficos son implementados en el programa en formato digital.



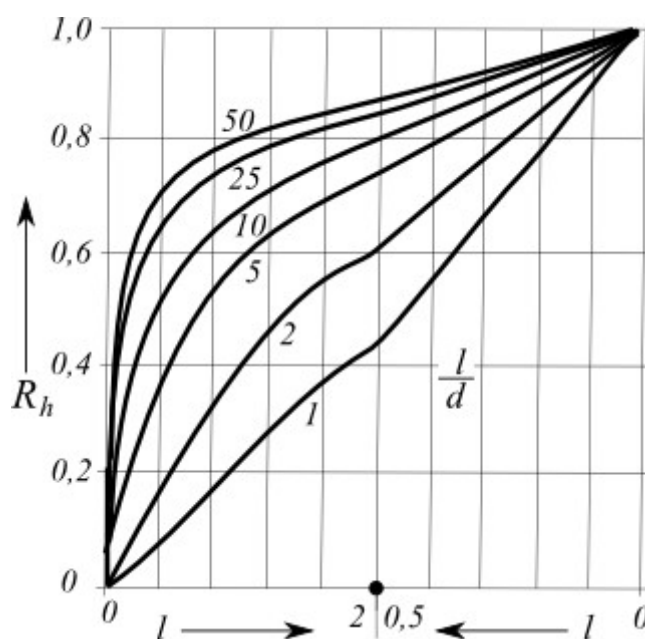
Factor de corrección de la compresibilidad por asentamiento R_k

Bibliografía:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.19).

Factor correctivo por la profundidad finita de la capa en una base rígida R_h

El factor correctivo R_h representa la influencia de la cama incompresible debajo de la base del pilote. Sus valores son nuevamente presentados en la literatura gráfica por diversas longitudes del pilote por proporciones de diámetro de pilote (l/d) y proporciones de longitudes de pilote por el espesor de la capa compresible arriba de la capa incompresible (l/h or h/l). Estos gráficos son implementados en el programa en formato digital.

Factor correctivo de profundidad por asentamiento R_h

Bibliografía

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.20).

Verificación de la Capacidad portante horizontal (p-y metodo)

Capacidad portante horizontal del pilote, dimensionamiento

El pilote cargado horizontalmente es analizado utilizando el método de elemento finito como una viga de base elástica Winkler. Los parámetros del suelo a lo largo del pilote son representados por el módulo de reacción del suelo. Por defecto el pilote se divide en 30 segmentos. Para cada segmento el programa determina el valor del módulo de reacción del subsuelo, fuerzas internas y deformaciones (desplazamientos). El programa además permite el dimensionado de pilotes de hormigón de acero reforzado basado en el método especificado en el cuadro "Configuración" y en los parámetros ingresados en la solapa "Pilote".

El programa además habilita la posibilidad de analizar el pilote cargado por el **desplazamiento prescrito** (traslación o rotación de la cabeza del pilote). En este caso el análisis se lleva a cabo solo con el desplazamiento prescrito.

La carga mecánica introducida es excluida.

Las siguientes opciones para introducir el módulo de reacción del subsuelo están disponibles en el programa:

- **por distribución** (se especifica la distribución del módulo de reacción del subsuelo a lo largo del pilote)
- **distribución continua**
- **distribución lineal (Bowles)**
- **según CSN 73 1004**

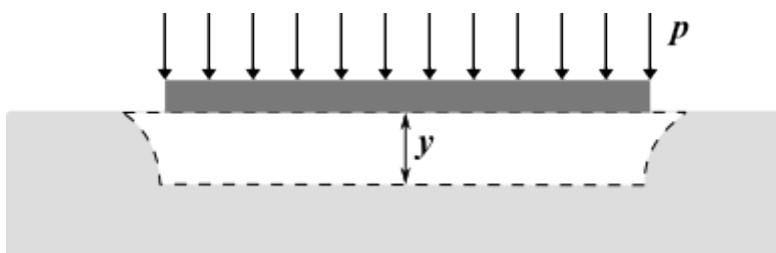
- según Matlock y Rees
- según Vesic

En general, el módulo de reacción del subsuelo corresponde a la rigidez del resorte en el modelo Winkler. Este modelo describe el asentamiento de un plano rígido como una función de la carga aplicada. La relación correspondiente es representada por la siguiente fórmula:

$$p = ky$$

Donde:

- p - Carga actuando a lo largo de la interfaz plano-suelo
- k - Rigidez del resorte Winkler
- y - Traslación (desplazamiento) del plano dentro el suelo



Definición del módulo de reacción del subsuelo

Distribución continua del modelo de reacción del subsuelo

El módulo de reacción del subsuelo en la capa i^{th} viene dado por:

$$k_h = \frac{3E_{def}}{2r}$$

Donde:

- E_{def} - Módulo de deformación del suelo [MPa]
- r - Reducción del ancho del pilote, dado por: [m] el cual está dado por la ecuación:

$$r = d + 2d \tan \beta$$

Donde:

- d - Diámetro del pilote [m]
- β - Ángulo de dispersión – es introducido con respecto al ángulo de fricción interna en relación a $\phi/4-\phi$

Bibliografía:

Pochman, R., Simek, J.: Pilotove zaklady – Komentar k CSN 73 1002. 1st edition, Prague, Vydavatelství norem, 1989, 80 p.

Módulo lineal de reacción del subsuelo

Este módulo de reacción del subsuelo a una profundidad z viene dado por la siguiente fórmula:

$$k_h = k \left(0,308 + 1,584 \frac{d}{l} \right) \frac{z}{rl}$$

- Donde:
- d - Diámetro del pilote [m]
 - l - Longitud del pilote [m]
 - k - Parámetro del suelo (módulo) según Bowles [MN/m³]
 - r - Reducción del ancho del pilote [m], el cual está dado por la ecuación

$$r = d + 2d \tan \beta$$

- Donde:
- d - Diámetro del pilote
 - β - Ángulo de dispersión introducido por el usuario – es introducido con respecto al ángulo de fricción interna en relación a $\varphi/4 \div \varphi$

Posibles valores del módulo k luego de Bowles [MN/m³]:

Arena - gravel densa	200 - 400
Gravel de densidad media	150 - 300
Arena de densidad media	100 - 250
Arena fina	80 - 200
Arcilla rígida	60 - 180
Arcilla rígida saturada	30 - 100
Arcilla plástica	30 - 100
Arcilla plástica saturada	10 - 80
Arcilla suave	2 - 30

Bibliografía:

Bowles, J. E.: *Foundations Analysis and Design*. 5th edition, New York: McGraw-Hill Book Company, 1997, ISBN 0-07-118844-4, chapter 16-15.2, s. 941 (table 16-4).

Pochman, R., Simek, J.: *Pilotové zaklady – Komentář k CSN 73 1002*. 1st edition, Prague, Vydavatelství norem, 1989, 80 p.

Módulo de reacción del subsuelo según CSN 73 1004

El módulo de reacción del subsuelo para **suelos cohesivos** se asume como:

$$k_h = \frac{2 E_{def}}{3 d}$$

- Donde:
- E_{def} - Módulo de deformación del suelo [MPa]
 - d - Diámetro del pilote [m]

Para suelos **sin cohesión** viene dado por:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

Donde: n_h - Módulo de compresibilidad horizontal [MN/m^3]
 d - Diámetro del pilote [m]
 z - Profundidad de una sección dada del terreno final [m]

Valores aproximados del módulo de compresibilidad horizontal n_h para suelos sin cohesión

Suelos	n_h [MN/m^3]		
Densidad relativa del suelo I_D [-]	0,33	0,50	0,90
Arena y gravel seco	2,5	7,0	18,0
Arena y gravel mojada	1,5	4,5	11,0

Bibliografía:

CSN 73 1004: *Velkopruerove piloty*. Praha, UNM, 1981, 56 p.

Masopust, J.: *Vrtane piloty*. 1st edition, Prague, Cenek a Jezek, 1994, 263 p.

Módulo de reacción del subsuelo luego de Matlock y Rees

Este método es aplicable para suelos sin cohesión. El módulo de reacción del subsuelo viene dado por la siguiente expresión:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

Donde: n_h - Módulo de compresibilidad horizontal pile diameter [MN/m^3]
 d - pile diameter [m]
 z - Profundidad de una sección dada del terreno final [m]

Valores aproximados del módulo de compresibilidad horizontal n_h para suelos sin cohesión

Suelos	$n_h \text{ [MN/m}^3\text{]}$
- density	
Arena y gravel seco	
- suelta	1,8 - 2,2
- densidad media	5,5 - 7,0
- densa	15,0 - 18,0
Arena y gravel mojada	
- suelta	1,0 - 1,4
- densidad media	3,5 - 4,5
- densa	9,0 - 12,0

Bibliografía:

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Non-Dimensional Solutions for Laterally Loaded Piles with Soil Modulus Assumed Proportional to Depth*. University of Texas, Austin, 1956.

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles*. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE* 86, No. 5, 1960, pp. 63 - 91.

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Foundation analysis of offshore pile-supported structures*. *Proceedings of the 5th International Conference, ISSMFE, Paris, Vol. 2, 1961, pp. 91-7.*

Módulo de reacción del subsuelo luego de Vesic

El módulo de reacción del subsuelo está dado por:

$$k_h = \frac{0,65}{d} \sqrt[12]{\frac{E_s d^4}{E_p I_p} \frac{E_s}{1-\nu^2}}$$

Donde:

- E_p - Módulo de elasticidad del pilote [MPa]
- I_p - Momento de inercia del pilote [m^4]
- E_s - Módulo de elasticidad del suelo [MPa]
- d - Diámetro del pilote [m]
- ν - Coeficiente de Poisson [-]

Bibliografía:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 8.2.3, pp. 174 (equation 8.43).

Vesic, A. S.: *Bending of Beams Resting on Isotropic Elastic Solid*. *JSMFD, ASCE*, vol. 87, 1961, EM 2: pp. 35 - 53.

Vesic, A.S.: *Design of Pile Foundations*. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 42, Transportation Research Board, Washington D.C., 1977.

Capacidad portante horizontal del pilote - método de Brom

El análisis de un solo pilote según Broms se describe en Broms, 1964. Este método asume exclusivamente un pilote en **suelo homogéneo**. Así, el método de análisis no permite subsuelo en capas. El tipo de análisis de la capacidad portante horizontal del pilote se especifica en la sección "**Configuración**", submenú "**Pilotes**".

Al adoptar el método Broms para el análisis de la capacidad portante horizontal el programa no tiene en cuenta a las capas del suelo ya introducidas. Los parámetros del suelo se especifican en el cuadro "**Capacidad portante horizontal**", basada en el **tipo de suelo** (cohesivo, granular).

Los parámetros de entrada para el análisis de la capacidad portante horizontal de pilote son las **características de los materiales del pilote** (módulo de elasticidad y la resistencia de un material dado), **la geometría del pilote** (longitud l y su diámetro d) y también la **carga del pilote** debido a la fuerza de corte y momento de flexión.

El coeficiente de rigidez del pilote β para suelos cohesivos está dado por:

$$\beta = \frac{k_h d}{4 EI}$$

donde: EI - resistencia a la flexión de la sección del pilote [MNm^2]

k_h - **módulo de reacción del subsuelo** [MNm^3]

d - diámetro de un solo pilote [m] - en caso de un pilote con sección transversal variable circular el cálculo del parámetro β asume un valor constante para un pilote de diámetro d_l ingresado en el cuadro "**Geometría**"

El coeficiente de la rigidez del pilote η para suelos granulares está dado por:

$$\eta = \left(\frac{n_h}{EI} \right)^{\frac{1}{5}}$$

donde: EI - resistencia a la flexión de la sección del pilote [MNm^2]

n_h - coeficiente de variación del módulo del suelo [MNm^3]

El programa determina automáticamente si se debe considerar un pilote largo o corto basado en los índices $\beta * l$ (para **suelos cohesivos**) y $\eta * l$ (para **suelos granulares**), respectivamente. Debido a que la literatura ofrece diferentes criterios para diferentes tipos de pilotes, el programa permite que el usuario lo defina. Para una longitud del pilote intermedio el análisis de verificación considera pilotes cortos y largos y luego programa elige automáticamente el resultado con el valor más bajo de la capacidad portante horizontal del pilote Q_u .

Criterio de tipo de pilote

Criterio de tipo de pilote - suelo cohesivo

Pilote corto : $\beta l < 2,25$ [-]

☒ ilote intermedio $\beta l < 2,25$ [-]

Criterio de tipo de pilote - suelos granulares

Pilote corto : $\eta l < 2,00$ [-]

☒ ilote intermedio $\eta l < 4,00$ [-]

Cuadro "Pilote tipo de criterio"

Pilote tipo de criterio (largo, corto, mediano) se consideran de acuerdo con las siguientes condiciones:

- **cabeza libre**: para pilotes largos que poseen $\beta * l > 2,5$; para pilotes cortos $\beta * l < 2,5$
- **contenido**: para pilotes largos que posee $\beta * l > 1,5$; para pilotes cortos $\beta * l < 1,5$

Tipo de pilote (soporte cabeza del pilote) puede ser considerado de dos formas

- **cabeza libre** - la rotación en cabeza del pilote no está limitado
- **contenido** - el pilote está contenido contra la rotación en su cabeza. En tales casos se suele tratar con pilotes que forman parte de una red de pilotes planos o un **grupo de pilotes**.

Otro parámetro de entrada importante es la **capacidad portante de flexión**. Esta cantidad se calcula automáticamente por el programa utilizando la siguiente fórmula:

$$M_u = \gamma_k f W_y$$

donde: W_y - Módulo de la sección de la sección del pilote [m^3]

f - resistencia del material del pilote [MPa]

γ_k - coeficiente de reducción de la fuerza de sección transversal [-] - la capacidad portante de la sección transversal según los diferentes estándares es multiplicada por diferentes coeficientes de seguridad. Estos coeficientes permiten adaptar el programa a estos estándares.

En caso de un **pilote de hormigón reforzado con acero** la capacidad portante de flexión M_u depende de la cantidad de acero diseñado.

El coeficiente de reducción de la capacidad portante γ_{Qu} reduce la magnitud global de la **capacidad portante horizontal de un pilote simple**, como:

$$Q_{u,red} = \frac{Q_u}{\gamma_{Qu}}$$

donde: Q_u - capacidad portante horizontal para un pilote [kN]

γ_{Qu} - coeficiente de reducción de capacidad portante [-]

El resultado de un análisis es la capacidad portante horizontal de un solo pilote Q_u , respectivamente $Q_{u,red}$ y el desplazamiento del pilote en la superficie del terreno u .

Literature:

[1] BROMS, BENGT. B.: *Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 90, SM2, 1964.*

[2] BROMS, BENGT. B.: *Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, vol. 90 SM3, 1964.*

Análisis en el programa Pilote por CPT

El programa **Pilote por CPT** sirve para verificar la capacidad portante y asentamiento de un único pilote o de un grupo de pilotes basados en los resultados de las **pruebas de penetración**.

El objetivo principal es determinar la **capacidad portante en la base y en el tallo del pilote**. El análisis puede ser llevado a cabo según los siguientes estándares y enfoques:

- EN 1997-3
- NEN 6743
- LCPC (Bustamante)
- Schmertmann

Para todos los métodos el parámetro de entrada principal son los coeficientes dimensionables que ajustan la magnitud de la capacidad portante y la fricción del tallo, respectivamente. Notaciones diferentes de estos parámetros pueden aparecer en varias publicaciones. La siguiente notación es utilizada en el programa Pilotes CPT.

α_p -coeficiente de la base del pilote

α_s -coeficiente del tallo del pilote

Estos coeficientes son automáticamente calculados basándose en el tipo del pilote del suelo circundante – estos parámetros pueden ser, sin embargo, ingresados manualmente. (α_p puede ser introducido en el modo de entrada "Geometría" y α_s como parámetro de suelo).

Cuando analizamos pilotes rectangulares, la **forma del coeficiente del pilote s** se introduce para reducir la capacidad portante de la base. Cuando analizamos pilotes con ampliación, la expansión del **coeficiente de la base del pilote β** se introduce para ajustar la capacidad portante de la base expandida. Cuando calculamos la capacidad portante de la base, el programa cuenta con la influencia del cambio de elevación del terreno. El programa permite para el cálculo de la **curva de carga límite** y el **asentamiento de pilotes** una para una carga determinada. Este análisis adopta el valor de la capacidad portante de la base y del tallo calculado, y sigue el estándar NEN 6743. Un **rozamiento negativo** puede ser tenido en cuenta cuando calculamos asentamiento de pilotes.

La **verificación** de la capacidad portante del pilote depende de la metodología de verificación seleccionada en la solapa "Pilotes por CPT"

Capacidad portante

La capacidad portante máxima de un único pilote basado en los valores de resistencia q_c del cono de penetración i^{th} , está dado por:

$$F_{max,i} = F_{max,base,i} + F_{max,shaft,i}$$

Donde: $F_{max, i}$ Capacidad portante máxima del CPT en el ensayo CPT i^{th}
 $F_{max, base, i}$ Máxima resistencia de la base en el ensayo CPT i^{th}
 $F_{max, shaft, i}$ Máxima resistencia del tallo en el ensayo CPT i^{th}

Proporcionando n ensayos de CPT, entonces la capacidad portante de un único pilote se obtiene como el promedio aritmético de n capacidades portantes calculadas:

$$F_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{max, i}}{n}$$

If performing the analysis according to **EN 1997-2**, final bearing capacity depends on correlation factors ξ_3 and ξ_4 .

Si se realiza el análisis según el estándar **NEN 6743**, entonces el enfoque para más ensayos CPT es diferente y sigue directamente el estándar NEN 6743 (artículo 5.3.2.2).

La máxima resistencia de la base pilote $F_{max, base}$ está dada por:

$$F_{max, base} = A_{base} p_{max, base}$$

Donde: A_{base} Área de sección transversal de la base del pilote
 $p_{max, base}$ Máxima presión en la base del pilote del ensayo CPT

La máxima resistencia del tallo pilote $F_{max, shaft}$ está dada por:

$$F_{max, shaft} = O_p \int_0^{\Delta L} p_{max, shaft} dz$$

Donde: O_p Periférico del pilote en suelo portante
 $p_{max, shaft}$ Máxima fuerza en el tallo del pilote del ensayo CPT
 ΔL Longitud del pilote (longitud de fricción activa del tallo del o longitud de la base expandido)
 z Dimensión vertical a lo largo del eje del pilote

El calculo actual de la presión máxima en la base del pilote $p_{max, base}$ y la fuerza máxima desarrollada a lo largo del tallo $p_{max, shaft}$ (determinado según el tipo de método seleccionado en la solapa "Pilotes CPT")

EN 1997-3

El estándar eurocode 7-2 "**Diseño basado en campos de ensayo**" determina la presión **máxima en la base del pilote** $p_{max, base}$ desde el ensayo de penetración i -th correspondiente, de la siguiente manera:

$$p_{max, base} = 0,5 \alpha_p \beta s \left(\frac{q_{c, I, mean} + q_{c, II, mean}}{2} + q_{c, III, mean} \right)$$

Donde: $q_{c, I, mean}$ Media de la resistencia de la punta del cono $q_{c, I}$ (ver Addenum B4

	in EN 1997-3)
$q_{c, II, mean}$	Media de la mínima resistencia de la punta del cono $q_{c, II}$ (ver Addendum B4 in EN 1997-3)
$q_{c, III, mean}$	Media de la resistencia de la punta del cono $q_{c, III}$ (ver Addendum B4 in EN 1997-3)
α_p	Coefficiente de la base del pilote
s	Coefficiente de la forma del pilote
β	Coefficiente de la base ampliada del pilote

La presión máxima de presión de penetración q_c está limitada por el valor 15 MPa. En suelos no cohesivos el análisis toma en cuenta la influencia de sobreconsolidación (OCR).

El máximo rozamiento del tallo pilote $p_{max, shaft}$ está dada por:

$$P_{max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

Donde:	α_s	Coefficiente de rozamiento shaft
	$q_{c, z, a}$	Resistencia de la base en la profundidad h

Bibliografía:

ENV 1997-3 Design of geotechnical structures – Part 3: Design based on field tests, Czech institute for standards, Prague 2000

NEN 6743

El estándar NEN 6743 “Base de pilote” determina la **presión máxima en la punta del pilote** $p_{max, base}$ desde el teste de penetración i^{th} correspondiente como se muestra a continuación:

$$P_{max, base} = 0,5 \alpha_p \beta s \left(\frac{q_{c, I, mean} + q_{c, II, mean}}{2} + q_{c, III, mean} \right)$$

Donde:	$q_{c, I, mean}$	Media de la resistencia de la punta del cono $q_{c, I}$ (ver Estándar 5.3.3.3 in NEN 6743 estandar)
	$q_{c, II, mean}$	Media de la mínima resistencia de la punta del cono $q_{c, II}$ (ver Estándar 5.3.3.3 in NEN 6743 estandar)
	$q_{c, III, mean}$	Media de la resistencia de la punta del cono $q_{c, III}$ (ver Estándar 5.3.3.3 in NEN 6743 estandar)
	α_p	Coefficiente de la base del pilote
	s	Coefficiente de la forma del pilote
	β	Coefficiente de la base ampliada del pilote

La presión máxima de presión de penetración q_c está limitada por el valor 15 MPa. En suelos no cohesivos el análisis toma en cuenta la influencia de sobreconsolidación (OCR).

El máximo rozamiento del tronco del pilote $p_{max, shaft}$ está dada por:

$$P_{max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

Donde: α_s Coeficiente de rozamiento del tallo
 q_c, z, a Resistencia de la punta en la profundidad h

Bibliografía:

NEN 6743:1991/A1:1997, *Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op palen - Drukpalen*.

LCPC (Bustamante)

El método LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (también conocido como método de Bustamante, basado en el trabajo de Bustamante y Gianceselli) determina la **presión máxima en el talón del pilote** $p_{max, base}$ como se muestra a continuación:

$$P_{max, base} = \alpha_p q_{c, eq}$$

Donde: α_p Coeficiente del talón del pilote
 $q_{c, eq}$ Promedio de resistencia equivalente en la punta del cono

El **máximo rozamiento del tallo del pilote** $p_{max, shaft}$ está dada por:

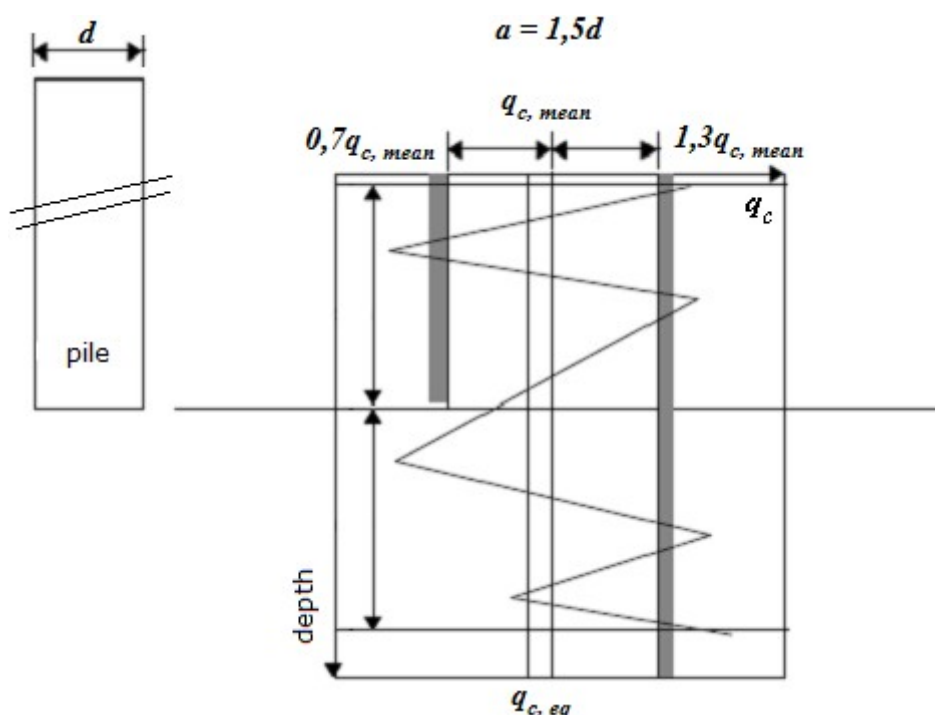
$$P_{max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

Donde: α_s Coeficiente de rozamiento del tallo
 q_c, z, a punta resistente

Determinación del promedio de resistencia equivalente en la punta del cono

El promedio de resistencia equivalente en la punta del cono, se obtiene de la siguiente manera:

- 1) Calcular el promedio de la resistencia $q_{c, mean}$ en la punta del pilote promediando el valor de q_c sobre la zona entre $1,5d$ debajo de la punta del pilote hasta $1,5d$ arriba de la punta del pilote (d es diámetro del pilote).
- 2) Eliminar los valores q_c en la zona en la que sean más altos que $1,3$ multiplicado por la resistencia media de la punta del cono y en las que sean más pequeños que $0,7$ multiplicado por la resistencia media en la punta del cono $q_{c, mean}$, como se muestra en la figura.
- 3) Calcular el promedio de la resistencia de la punta del cono equivalente $q_{c, eq}$, promediando la resistencia de la punta del cono entre los valores (q_c) sobre la zona que no se eliminó (es decir: para valores en el rango $0,7$ a $1,3$ multiplicados por la resistencia de la punta del cono $q_{c, mean}$).



Determinación del promedio de resistencia equivalente $q_{c,eq}$ en la punta del cono

Bibliografía:

Tom Lunne, Peter K. Robertson, John J.M. Powell: *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*, Spon Press, 1997, London

Schmertmann

El método de Schmertmann determina la presión mínima en la punta del pilote $p_{max,toe}$ de la siguiente forma:

$$P_{max,toe} = \alpha_p \cdot q_{upr}$$

Donde: α_p Coeficiente de la punta del pilote
 q_{upr} Promedio de resistencia equivalente en la punta del cono

$$q_{upr} = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$$

Donde: q_{c1}, q_{c2} Valor mínimo de la resistencia en la punta del cono principal

En suelos no cohesivos el análisis toma en cuenta la **influencia de sobreconsolidación** (OCR).

La **fricción máxima del eje** $p_{max,shaft}$ está dada por la siguientes fórmulas:

Para suelos no cohesivos:

$$P_{max,shaft} = K \left[0,5 \cdot (\bar{f}_s \cdot A_s)_{0 \text{ to } 8d} + (\bar{f}_s \cdot A_s)_{8d \text{ to } D} \right]$$

Donde: K Coeficiente de correlación del rozamiento
 \bar{f}_s Valor principal de la manga del penetrómetro de fricción local f_s en el intervalo dado por el subíndice de soporte

A_s	Área de la superficie del pie del pilote en un intervalo dado
d	Diámetro del pilote
D	Longitud del pilote ingresada

Para suelos cohesivos:

$$P_{max,shaft} = \sum_i \alpha_{s,i} \cdot \bar{f}_{s,i} \cdot A_{s,i}$$

Donde:	$\alpha_{s,i}$	Coefficiente de fricción del eje según Tomlinson en la capa i^{th}
	$\bar{f}_{s,i}$	Valor principal de la manga del penetrómetro de fricción local f_s en la capa i^{th}
	$A_{s,i}$	Área de la superficie del pie del pilote en la capa i^{th}

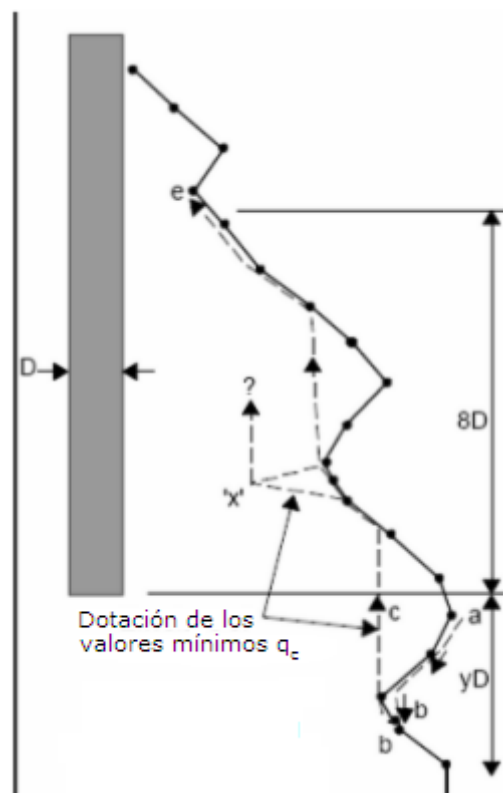
Bibliografía:

Schmertmann J.H.: *Guidelines for Cone Penetration Test, Performance and design*, U.S. Departments of Transportation, report No. FHWA-TS-78-209, Washington, D.C., 1978.

Determinación del promedio de la resistencia en la punta del cono

El valor mínimo de la media de la resistencia de la punta del cono q_c se determina por el valor mínimo de la media de la resistencia de la punta del cono q_c bajo la zona de influencia que va desde $0,7d$, a $4d$ por debajo de la punta del pilote (d es el diámetro del pilote). El valor mínimo de la media de la resistencia de la punta del cono q_{c2} es determinado sobre la zona de influencia extendida desde $8d$ sobre la punta del pilote (d es el diámetro del pilote). El proceso para obtener el valor medio de la resistencia del cono q_{c1} , q_{c2} se muestra a continuación:

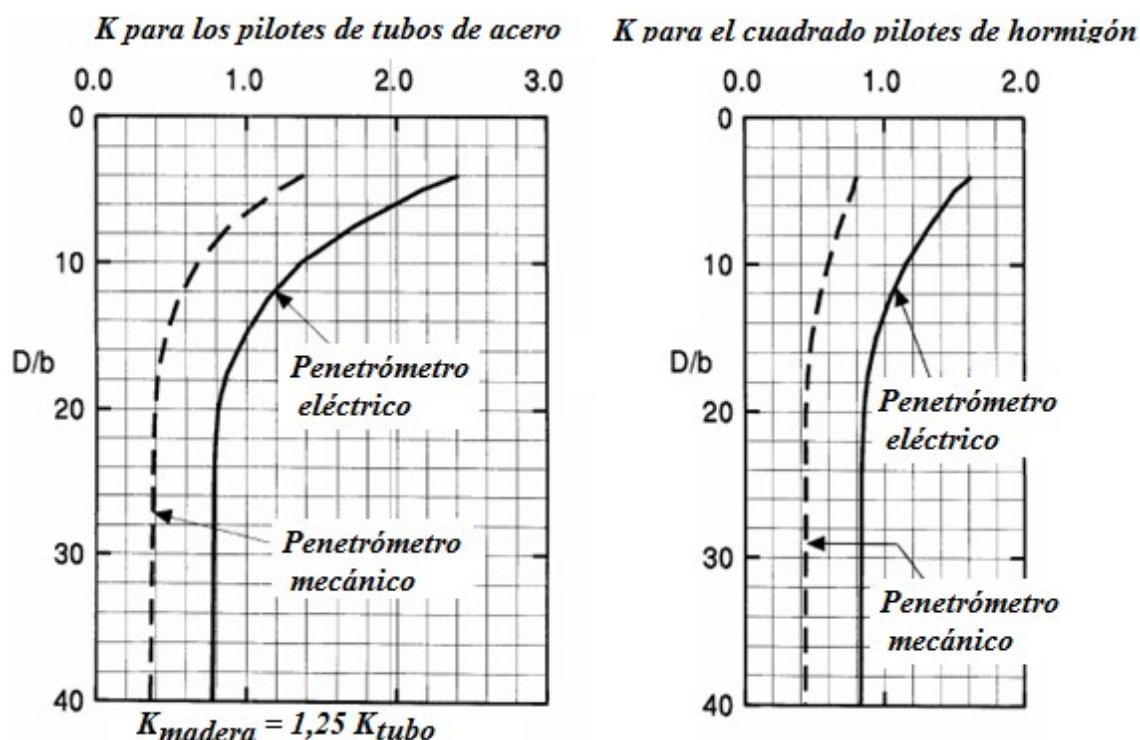
- 1) Determinar 2 promedios de la tensión del cono dentro de la zona debajo de la punta del pilote, uno para la zona de profundidad $0,7d$ y el otro para $0,4d$ a lo largo de la fase "a" a la fase "b". Se mantiene el más pequeño de los dos. (La zona de altura $0,7d$ se aplica donde la tensión del cono aumenta con la profundidad debajo de la punta del cono).
- 2) Determinar la tensión del cono más pequeña dentro de la zona usada en el paso 1
- 3) Determinar el promedio entre los valores del paso 1 y el paso 2. El paso 4 determina el promedio de la tensión en la zona
- 4) Determinar el promedio de la tensión en la zona $8d$ sobre la punta de cono dado por el valor q_c . Finalmente, el valor promedio del paso 3 y 4 es determinado.



Determinación del promedio de la resistencia en la punta del cono q_{c1} , q_{c2}

Coeficiente de correlación K

El coeficiente de correlación de la fricción superficial K es ingresada en la solapa "Pilote CPT". El valor de este coeficiente es igual al relación entre la resistencia del eje de la unidad del pilote y la unidad del penetrómetro de la manga de fricción local. El coeficiente de correlación puede ser expresado por ejemplo por la función de la longitud de los pilotes ingresados – ver los siguientes gráficos.



Función de la longitud de los pilotes ingresados (D – Longitud del pilote ingresado, b – Ancho del pilote o diámetro)

Bibliografía:

FHWA HI 97-013: Design and Construction of Driven Pile Foundations, Workshop manual – Volume 1, National Highway institute

Rozamiento negativo

El rozamiento negativo es un efecto que surge como resultado del asentamiento del suelo alrededor del pilote. El suelo deformado alrededor del pilote tiende a empujar el pilote hacia abajo, así reduce su capacidad portante. En los casos extremos este efecto puede eliminar completamente la influencia de la fricción del tallo. El pilote es entonces soportado solo por el subsuelo elástico debajo de la punta del pilote.

El rozamiento negativo $F_{s,nk,rep}$ está dado por:

$$F_{s,nk,rep} = O_p \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot K_{0,i,rep} \cdot \tan(\delta_{i,rep}) \cdot \frac{\sigma_{v,i-1,rep} + \sigma_{v,i,rep}}{2} + p_{i,a,rep} - \Delta\sigma_{i,v,w,rep}$$

Donde: O_p Pilote periférico
 n Número de capas en la zona de rozamiento negativo
 h_i Profundidad de la capa i -th
 $K_{0,i,rep}$ Valor representativo del coeficiente de presión de tierra en reposo
 $\delta_{i,rep}$ Fricción entre el suelo y el pilote en la capa i -th
 $\delta_{i,rep} = 0,75 \cdot \varphi_{i,rep}$

$\phi_{i,rep}$	Valor representativo del ángulo de fricción interna en la capa i -th
$\sigma_{v,i-1,rep}$	Tensión horizontal en el suelo en la capa i -th
$\sigma_{v,1,rep}$	Tensión horizontal en el suelo en la capa i -th
$p_{i,a,rep}$	Sobrecarga en la capa i -th
$\Delta\sigma_{i,v,w,rep}$	Cambio en la tensión vertical σ_{vi-th} en la capa

La siguiente relación mantiene:

$$K_{0,i,rep} \cdot \tan(\delta_{i,rep}) > 0,25$$

Si la superficie de deslizamiento es definida entonces el valor del rozamiento negativo $F_{s,nk,rep}$ está dado por:

$$F_{s,nk,rep} = O_p \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot c_{i,rep}$$

Donde:	O_p	Periférico del pilote
	h_i	Profundidad de la capa i -th
	$c_{i,rep}$	Cohesión de la superficie de deslizamiento representada por:
		- betún $10 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$
		- bentonita $20 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$
		- Material sintético $50 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

El valor de la cohesión representativa a lo largo de la superficie de desplazamiento puede ser introducido directamente por el usuario.

Eje de fricción coeficiente del ALFA s

El coeficiente de reducción de eje de fricción α_s difiere basándose en el método aplicado y en el tipo de suelo. Los valores de estos coeficientes se integran en el programa según los estándares **NEN 6743 y EC 1997-3**

Los valores **para arenas** y **arenas con gravel** se enumeran en la siguiente tabla:

Pilote	NEN 6743 α_s [-]
Pilote clavados prefabricado dirigido o de acero	0,010
Pilote Fanki	0,014
Pilote clavado de madera	0,012
Vibración	0,012
Pilotes puestos en sitio con tornillos	0,009

Pilotes prefabricados de tornillos	0,009
Pilotes puestos en sitio con tornillos con grouting adicional	0,006
Pilotes prefabricados de tornillos con grouting adicional	0,006
Pilote de acero tubular	0,007 5
Pilote Flight Auger continuo (CFA)	0,006
Pilote perforado o pilote recubierto por bentonita	0,006
Pilote perforado con cáscara de acero	0,005

Para **arenas de grano muy grueso y gravel**, el valor mas alto se reduce en los dos métodos por el coeficiente de reducción (arena de grano muy grueso 0,75, gravel 0,5).

Para **fosa** el valor considerado es $\alpha_s = 0$.

Para **arcilla y limo** el valor de α_s se toma del estándar **EN 1997-2**. según la siguiente tabla:

Tipo de suelo	q_c [MPa]	α_s [-]
arcilla	> 3	< 0,030
arcilla	< 3	< 0,020
limo		< 0,025

Para arcilla y limo los valores de α_s según NEN 6743 se listan en la siguiente tabla:

q_c [MPa]	α_s [-]
> 1	0,035
< 1	0,0 profundidad al quintuple del diámetro del pilote
	0,025 profundidad desde 5 a 20multiple del diámetro del pilote
	0,035 profundidad sobre 20multiple del diámetro del piote

Si se utiliza el método **LCPC (Bustamante)**, el coeficiente α_s del eje de fricción se utiliza dependiendo del tipo de resistencia q_c (valores de orientación disponibles en la siguiente tabla).

Valores de orientación del coeficiente de fricción en el shaft α_s , basado en la resistencia en la punta del cono q_c

LCPC (Bustamante) Tipo de suelo	Tensión del cono (Resistencia en la punta) q_c [MPa]	a_s para pilotes del tipo "A"	a_s para pilotes del tipo "B"	Resistencia máxima en el eje [kPa]
Arcilla	< 1	0,033	0,033	15
	$1 < q_c < 5$	0,025	0,011	35
	$5 < q_c$	0,017	0,008	35
Arena	$q_c < 5$	0,010	0,008	35
	$5 < q_c < 12$	0,010	0,005	80
	$12 < q_c$	0,007	0,005	120

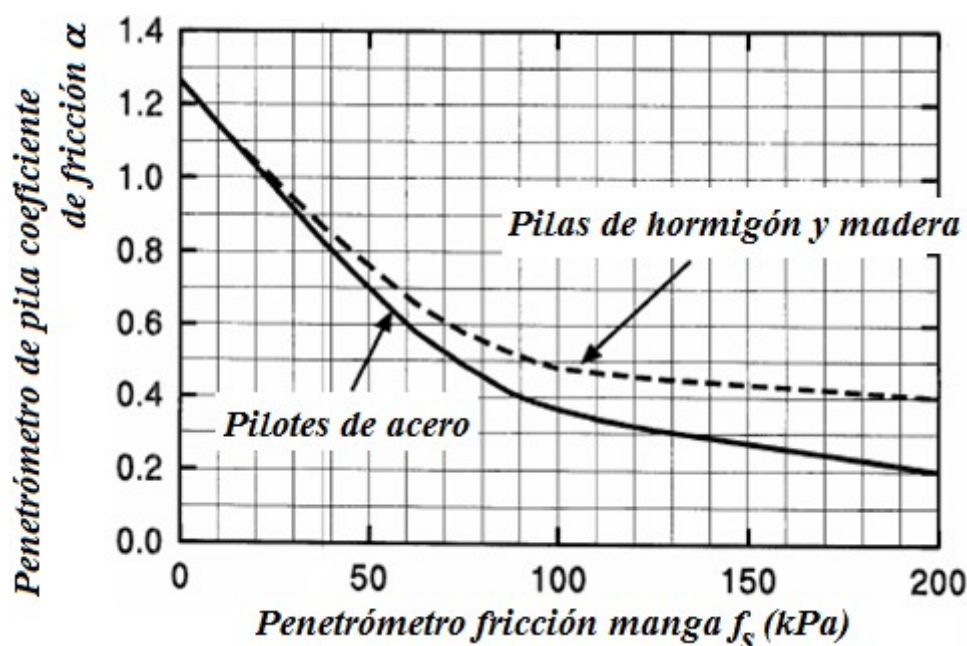
Tipo "A" incluye estos tipos de tecnología de instalación de pilotes:

- Tornillo (ejecutadas in situ, prefabricada, fundido en el lugar con inyección adicional, prefabricado con inyección adicional, pilotes CFA, tablestacas por bentonita suspendida)

Tipo "B" incluye estos tipos de tecnología de instalación de pilotes:

- conducido (prefabricado o acero, madera)
- pilotes Franki
- vibrando
- tubular de acero
- tablestaca con carcasa de acero

Cuando se utiliza el método **Schmertmann**, se considera el coeficiente a_s de reducción de la fricción del eje según Tomlinson. Los valores usados en el programa se derivan por el siguiente gráfico mencionado en la publicación de M.J. Tomlinson: Diseño de pilotes y prácticas de construcción. (1994)



Bibliografía:

Tomlinson M. J.: *Pile Design and Construction Practice*, 4th edition, Taylor and Francis, 1994, ISBN 0 419 18450 3

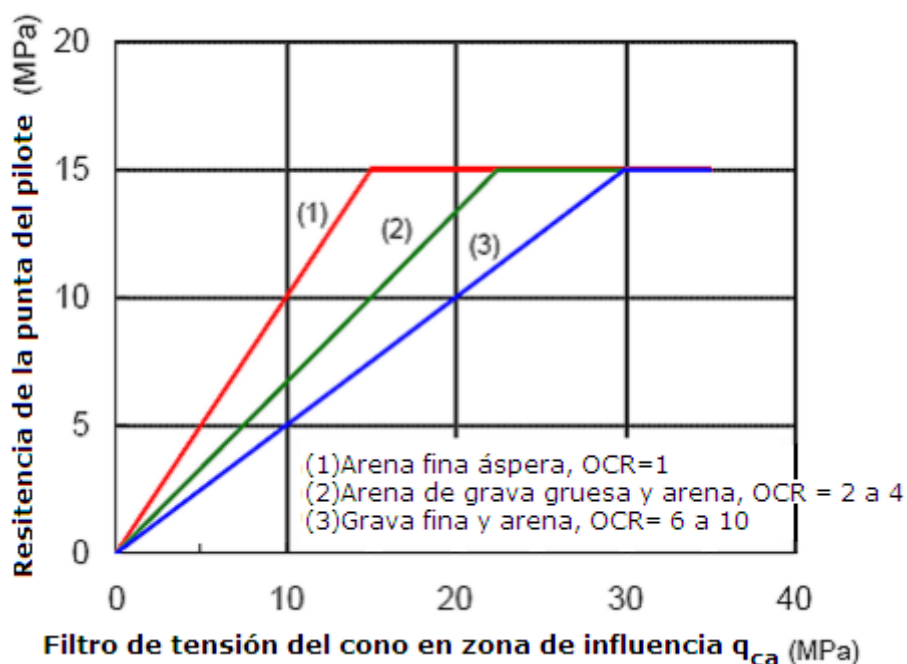
Influencia de sobreconsolidación (OCR)

Para arena y gravel la presión máxima en el talón del pilote $p_{max,toe}$ (determinada según el método seleccionado en la solapa "Pilote CPT" se reduce dependiendo del valor de sobreconsolidación OCR (definido como parámetro de suelo en el cuadro "Suelo") de la siguiente forma:

Análisis según EC 7-3, NEN 6743:

- Para todos los suelos no cohesivos la presión máxima en el talón del pilote $p_{max,toe}$ es 15 MPa
- Para $OCR \leq 2$ no se realiza reducción
- Para $2 < OCR \leq 4$ la presión máxima en el talón del pilote $p_{max,toe}$ es multiplicada por 0,67
- Para $OCR > 4$ la presión máxima en el talón del pilote $p_{max,toe}$ es multiplicada por 0,50

Cuando utilizamos el **método de Schmertmann**, la reducción se realiza según el siguiente gráfico:



Reducción de la resistencia media de la punta del cono equivalente, según el OCR (Schmertman)

Coeficiente de influencia de la forma de pilote s

Este coeficiente representa la influencia de la sección transversal de un pilote **rectangular**, en particular la relación b/a . Sus valores son evidentes en la siguiente figura (función de b/a):

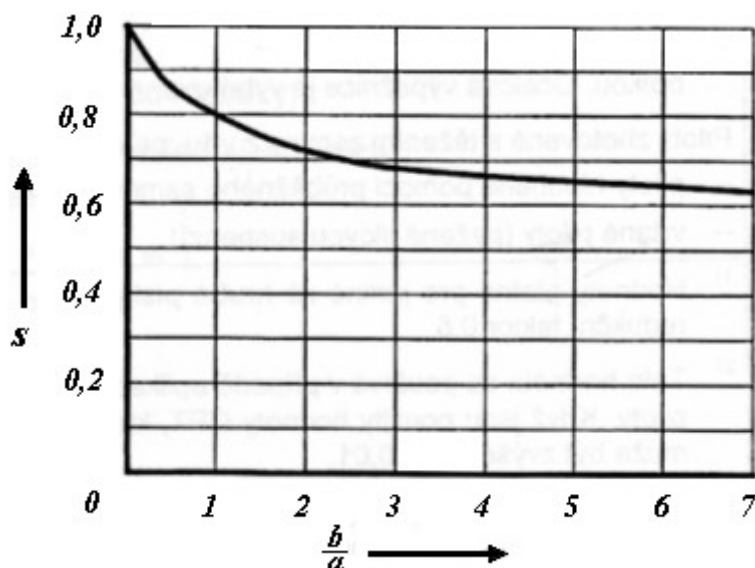


Gráfico para determinar la forma del pilote coeficiente s (a - Longitud del lado pequeño, b - longitud del lado más largo)

Coeficiente de influencia de pilote de base expandido BETA

Este coeficiente denotado β , representa la influencia de un pilote base expandido, sus valores son evidentes en la siguiente figura:

(Como función de:

$$\frac{D_{eq}^2}{d_{eq}^2} \quad \frac{H}{D_{eq}} \quad):$$

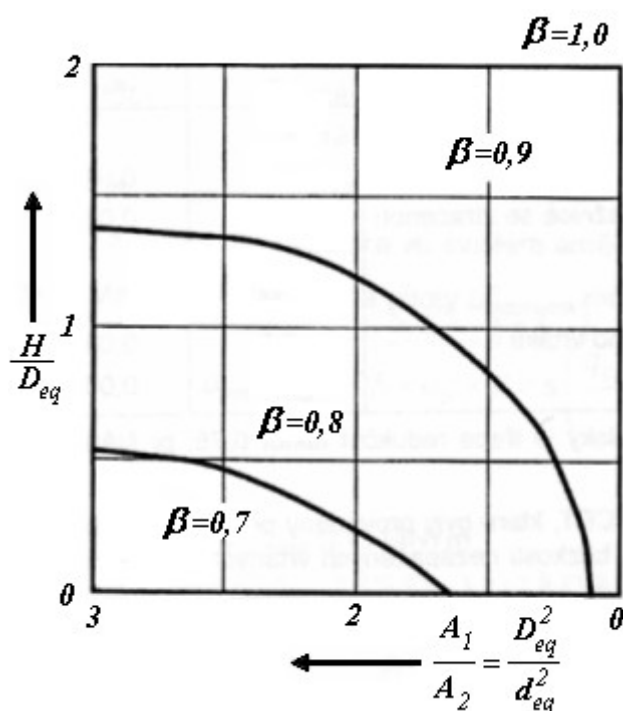


Gráfico para determinar el coeficiente β

Donde: H Longitud del pilote [m]
 D_{eq} Diámetro del pilote equivalente en la base del pilote [m]
 d_{eq} Diámetro del pilote shank equivalente [m]

Coeficiente de reducción de la capacidad portante del pilote en la base ALFA p

El coeficiente de reducción de la capacidad portante α_p en la base del pilote identifica el tipo del pilote. Su valor es determinado por uno de los métodos de cálculo disponibles o puede ser introducido manualmente por el usuario.

Para los métodos **NEN 6743** y **EC 1997-2** los siguientes valores para el coeficiente α_p están disponibles:

Pilotes	α_p [-]
----------------	----------------

Pilote clavados prefabricado dirigido o de acero	1,0
Pilote Fanki	1,0
Pilote clavado de madera	1,0
Vibración	1,0
Pilotes puestos en sitio con tornillos	0,9
Pilotes prefabricados de tornillos	0,8
Pilotes puestos en sitio con tornillos con grouting adicional	0,9
Pilotes prefabricados de tornillos con grouting adicional	0,8
Pilote de acero tubular	1,0
Flight Auger continuo (CFA)	0,8
Pilote perforado o pilote recubierto por bentonita	0,5
Pilote perforado con cáscara de acero	0,5

Para **LCPC y Schmertmann** el coeficiente es nuevamente calculado basándose en el valor de resistencia del cono q_c (los valores se presentan en la siguiente tabla):

Valores de orientación del coeficiente de fricción en el tallo α_s basado en la resistencia en la punta del cono q_c

LCPC (Bustamante) Tipo de suelo	Resistencia del cono (Resistencia en la punta) q_c [MPa]	α_p para pilotes perforados	α_p para pilotes clavados
Arcilla	< 1	0,04	0,50
	$1 < q_c < 5$	0,35	0,45
	$5 < q_c$	0,45	0,55
Arena	$q_c < 12$	0,40	0,50
	$13 < q_c$	0,30	0,40

Grupo de pilotes

El análisis de un grupo de pilotes depende de la **rigidez de la estructura**. La suposición básica es que para una estructura rígida todos los pilotes experimentan el mismo asentamiento, mientras que para una estructura compatible cada pilote se deforma de manera independiente. - no se asume interacción.

La **capacidad portante máxima de un pilote de cimentación rígido** esta dado por:

$$F_{r,found,max} = M \cdot F_{r,max,rep}$$

Donde: M Número de pilotes en los cimientos
 $F_{r,max,rep}$ Capacidad portante de un único pilote en los cimientos

Adoptando el estándar NEN6743, entonces un coeficiente de capacidad de reducción ξ se introduce dentro de análisis dependiendo de un número de pilotes M y del número de ensayos CPT (artículo 5.3.2.1). La **capacidad portante máxima de un pilote de cimentación compatible** se determina según la capacidad portante del pilote más tensionado en el grupo, como:

$$F_{r,found,max} = \max(F_{r,i})$$

Donde: $F_{r,i}$ Capacidad portante del pilote más tensionado el grupo

Cálculo del asentamiento en la cabeza del pilote

La magnitud del asentamiento de la cabeza del pilote $w_{l,d}$ es determinada como:

$$w_{l,d} = w_{toe,d} + w_{el,d}$$

Donde $w_{toe,d}$ Asentamiento de la base del pilote debido a las fuerzas activas e:

$$w_{toe,d} = w_{toe,d,1} + w_{toe,d,2}$$

$w_{toe,d,1}$ Asentamiento de la base del pilote debido a las fuerzas que actúa en la punta

$w_{toe,d,2}$ Asentamiento de la base del pilote debido a las fuerzas que actúa en la tronco

$w_{el,d}$ Asentamiento del pilote debido a la compresión elástica

Las magnitudes de asentamiento $w_{toe,d,1}$ y $w_{toe,d,2}$ están determinadas por las **construcciones gráficas** según el estándar NEN6743. El valor de $w_{el,d}$ está dado por:

$$w_{el,d} = \frac{L \cdot F_{mean,d}}{A_{plat} \cdot E_{p,mat,d}}$$

Donde: L Longitud del pilote
 $F_{mean,d}$ Fuerza media actuando en el pilote
 A_{plast} Área de sección transversal del tallo del pilote
 $E_{p,mat,d}$ Material del módulo de elasticidad del pilote

Gráficos para calcular asentamiento

Los gráficos para calcular asentamiento son tomados desde el estándar NEN6743 (artículo 6.2.1) el cual permite determinar:

- Asentamiento de pilote debido a la fuerza vertical de la punta (asentamiento de pilote en porcentaje al diámetro del pilote equivalente trazado como función de la fuerza vertical en la punta determinada en porcentaje de la resistencia máxima de la punta del pilote $F_{max,toe}$)
- Asentamiento de pilote debido a la fuerza del tallo (asentamiento de pilote en mm trazado como función de la fuerza del tallo dada en porcentaje de la resistencia del tallo máxima $F_{max,shaft}$)

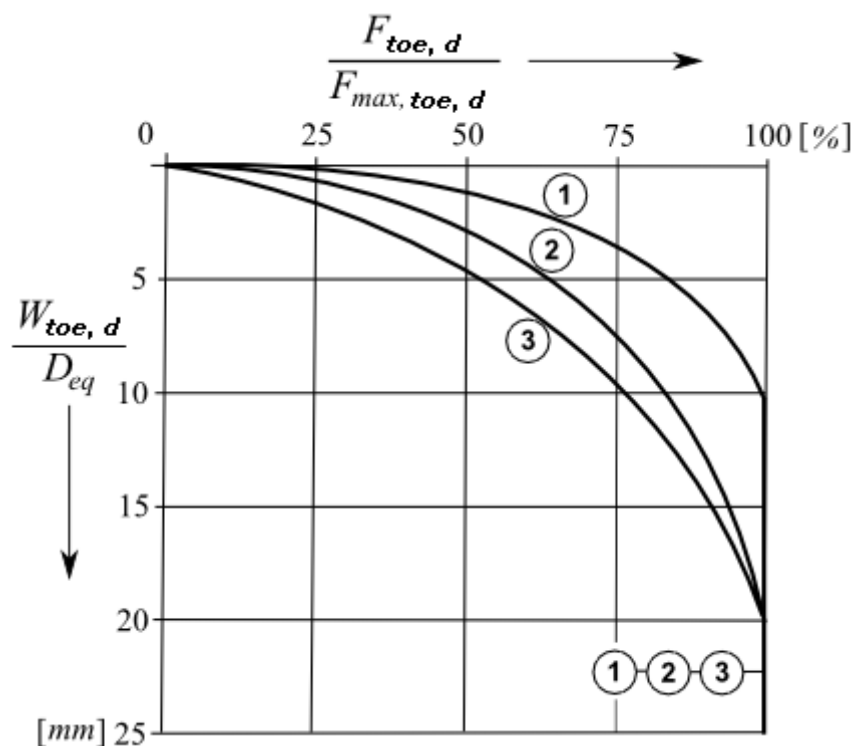


Gráfico para determinar $w_{toe, d, l}$ (1 – Pilotes clavados, 2 – Auger continuo, 3 – Pilotes perforados)

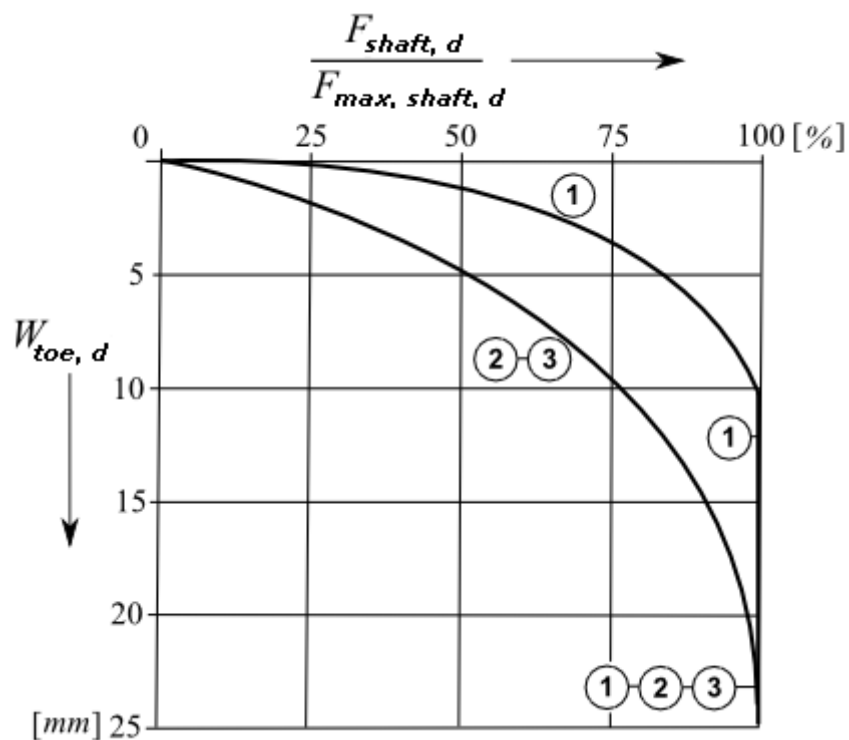
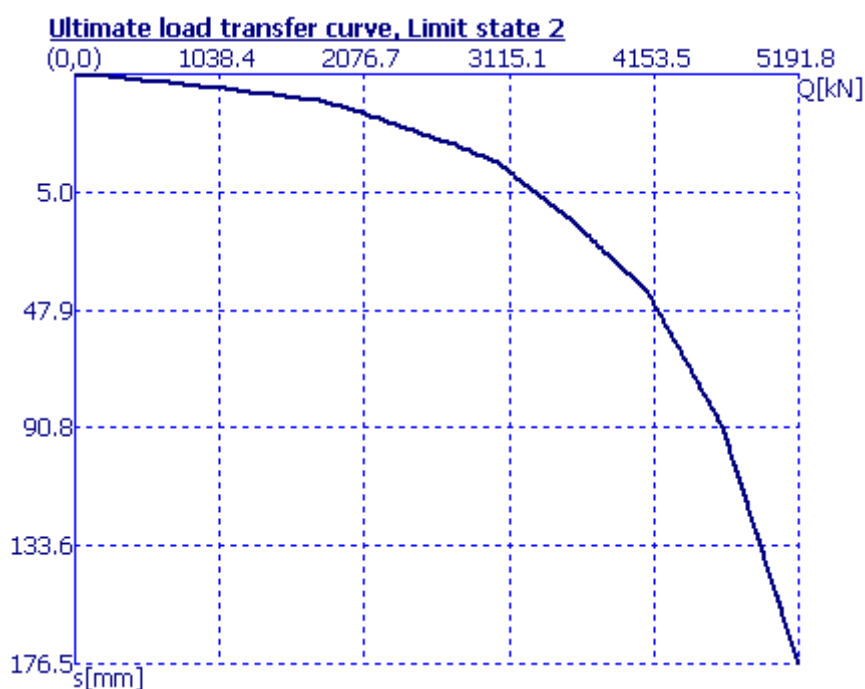


Gráfico para determinar $w_{toe,d,2}$ (1 – Pilotes clavados, 2 – Auger continuo, 3 – Pilotes perforados)

Cálculo de la curva de carga límite

Una de las salidas del programa es el diagrama de carga del pilote cargado verticalmente. **La curva de carga límite**, es quien dibuja el asentamiento del pilote vertical como una función de la carga aplicada.

La curva de carga límite es determinada por la suma de los asentamientos debido a las fuerzas en la punta del pilote y en el tallo, derivados por [gráficos utilizados para calcular](#) el asentamiento.



Curva de carga límite

Verificación

La verificación de la capacidad portante del pilote (o de un grupo de pilotes) depende de la metodología de verificación en la solapa "Pilotes CPT":

- Verificación según EN 1997-2
- Verificación según el factor de seguridad o la teoría de estados límite
- Verificación según NEN 6743

En cálculos de asientos esto es posible utilizando una carga de curva límite o una carga-desplazamiento de curva cuando se adopta el estándar NEN 6743.

Verificación según EN 1997-2

El programa determina la punta y el eje de la capacidad de carga. El resultado es n valores del total de la capacidad portante por n ensayos CPTs.

$$R_{c,i} = R_{b,i} + R_{s,i}$$

$$R_{cd,i} = \frac{R_{b,i}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,i}}{\gamma_s}$$

- Donde:
- $R_{c,i}$ Capacidad portante de i^{th} ensayos CPT
 - $R_{cd,i}$ Diseño de capacidad portante desde i^{th} ensayos CPT
 - $R_{b,i}$ Capacidad portante en la punta de i^{th} ensayos CPT
 - $R_{s,i}$ Capacidad portante en el eje de i^{th} ensayos CPT

- γ_b -Factor parcial de resistencia en la base (se define en la solapa "Pilote CPT")
- γ_s -Factor parcial de resistencia en el eje (se define en la solapa "Pilote CPT")

El valor total de la capacidad portante está determinado por:

$$R_c = \min \left(\frac{R_{c,min}}{\xi_4} ; \frac{R_{c,mean}}{\xi_3} \right) \frac{1}{\gamma_{cal}}$$

x

$$R_{cd} = \min \left(\frac{R_{cd,min}}{\xi_4} ; \frac{R_{cd,mean}}{\xi_3} \right) \frac{1}{\gamma_{cal}}$$

- Donde: $R_{c,min}$ -capacidad portante mínima
- $R_{c,mean}$ -promedio de capacidad portante de todos los CPTs

El factor parcial de un modelo incierto γ_{cal} se define en el cuadro "Configuración" (valor por defecto 1).

Los **coeficientes de correlación** ξ_3 y ξ_4 se configuran de forma automática según el número de CPTs, o se especifican en el cuadro "Configuración". Para construcciones con suficiente rigidez y resistencia, los coeficientes de correlación pueden ser reducidos al valor 1,1 (el resultado no puede ser inferior a 1,0 después de dividir).

La verificación del pilote por capacidad portante está dado por la siguiente fórmula:

$$F_{s,d} < R_{c,d}$$

- Donde: $F_{s,d}$ -Diseño de carga
- $R_{c,d}$ -Diseño de capacidad portante del pilote

Coeficientes de correlación para evaluar la capacidad portante desde CPTs

Coeficientes de correlación ξ para evaluar la capacidad portante desde CPTs (n - número de CPTs)

ξ para $n=$	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ_4	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

Verificación según el factor de seguridad

El análisis de verificación según el factor de seguridad es seleccionado en la solapa "**Pilote CPT**". Este cuadro también sirve para definir el factor de seguridad de capacidad portante requerido. La verificación del pilote asume la siguiente forma:

$$\frac{F_{r,d}}{F_{s,d}} > SF_b$$

Donde:	$F_{s,d}$	Pila de carga
	SF_b	Facto de seguridad para capacidad portante
	$F_{r,d}$	Pila de capacidad de carga

Verificación según la teoría de los estados límite

La verificación según los estados límite se selecciona en la solapa "**Pilote CPT**", incluyendo la configuración del coeficiente de reducción de la capacidad portante del pilote.

Cuando se utiliza el estándar NEN 6743, el programa automáticamente desarrolla el análisis de verificación como es especificado por este estándar y por lo tanto el cuadro "**Configuración**", no es accesible. La verificación del pilote para el primer estado límite asume la siguiente formula:

$$F_{s,d} < \frac{F_{r,d}}{\gamma_t}$$

Donde:	$F_{s,d}$	Diseño de pilote de carga
	γ_t	Coeficiente de reducción de la capacidad portante del pilote (rango 0,5 - 1,0)
	$F_{r,d}$	Diseño de la capacidad portante del pilote

Zapata por CPT

Este programa se utiliza para el diseño y la verificación de zapatas basadas en datos de ensayos de campo (**CPT**, **SPT**, **PMT**).

El programa realiza análisis para:

- Capacidad portante vertical
- Asiento
- Refuerzo longitudinal y refuerzo de corte (perforación)

Análisis de capacidad portante

La capacidad portante del suelo de cimentación se puede calcular según las pruebas **CPT**, **SPT** o **PMT**.

La capacidad portante determinada a partir de las pruebas CPT:

- Método "Meyerhof"
- Método "Schmertmann"
- Método "Skempton"

La capacidad portante determinada a partir de las pruebas SPT:

- Método "Meyerhof"

La capacidad portante determinada a partir de las pruebas PMT:

- "NF P94-261"

Método Meyerhof (CPT)

Esta solución para **suelos sin cohesión** utiliza una teoría de **Meyerhof**, donde la **capacidad portante del suelo de cimentación** está dada por una fórmula:

$$R_d = q_c \frac{b_{ef}}{40} \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{d}{b_{ef}} \right) R_i$$

Se recomienda usar un factor de seguridad $FS=3$ al calcular la capacidad portante utilizando este método.

Donde: R_d	-	capacidad portante del suelo de cimentación
q_c	-	valor medio de la resistencia a la penetración del cono medida a profundidades desde la base de la zapata $1,5*b_{ef}$ debajo de la base de la zapata
b_{ef}	-	ancho efectivo de la zapata
C_{w1}, C_{w2}	-	Factores de influencia de NF
d	-	profundidad en el fondo de la zapata
R_i	-	factor de inclinación de la carga

La fórmula se deriva para las unidades imperiales [*tsf*, *ft*] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

Los **Factores de influencia de NF** C_{w1} y C_{w2} se determinan de la siguiente manera:

$h_{GWT} = 0$ (agua en el nivel del terreno) $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 0,5$

$h_{GWT} = d$ (agua en la profundidad del fondo de la zapata) $\rightarrow C_{w1} = 0,5; C_{w2} = 1$

$h_{GWT} > d + 1,5*b_{ef}$ $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 1$

Donde: h_{GWT} - profundidad del nivel freático del terreno

Los valores intermedios C_{w1} y C_{w2} son interpolados

El **Factor de inclinación de carga** R_i se interpola según la siguiente tabla:

H/V	R_i

	$d/b_{ef} = 0$	$d/b_{ef} = 1$	$d/b_{ef} = 5$
0,10	0,75	0,8	0,85
0,15	0,65	0,75	0,80
0,20	0,55	0,65	0,70
0,25	0,50	0,55	0,65
0,30	0,40	0,50	0,55
0,35	0,35	0,45	0,50
0,40	0,30	0,35	0,45
0,45	0,25	0,30	0,40
0,50	0,20	0,25	0,30
0,55	0,15	0,20	0,25
0,60	0,10	0,15	0,20

Donde: H - componente horizontal de la carga resultante
 V - componente vertical de la carga resultante

Este método no debe usarse para la proporción $H/V > 0,6$.

La influencia del terreno inclinado y del fondo inclinado se considera de la misma manera que en el [método de Schmertmann](#).

Bibliografía:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

Método Schmertmann (CPT)

Esta solución para **suelos sin cohesión** utiliza una teoría de **Schmertmann**, donde la **capacidad portante del suelo de cimentación** está dada por una fórmula:

$$R_d = K_q \gamma d N_q + \frac{1}{2} K_\gamma \gamma b_{ef} N_\gamma$$

Se recomienda usar un factor de seguridad $FS = 3$ donde se calcula la capacidad portante utilizando éste método.

Donde: R_d - capacidad portante del suelo de cimentación
 K_q, K_γ - factores de reducción
 γ - unidad de peso del suelo en el fondo de la zapata
 b_{ef} - ancho efectivo de la zapata
 N_q, N_γ - factores de capacidad portante

d - profundidad del fondo de la zapata

La fórmula se deriva para las unidades imperiales [*tsf, tcf, ft*] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

$$N_q = N_\gamma = 1,25\sqrt{q_{c1}q_{c2}}$$

Donde: q_{c1} - valor medio de la resistencia a la penetración del cono medida a profundidades desde la base de la cimentación hasta $0,5.b_{ef}$ por debajo de la base de cimentación

q_{c2} - valor medio de la resistencia a la penetración del cono medida desde la profundidad $0,5.b_{ef}$ debajo de la base de cimentación $1,5.b_{ef}$ debajo de la base de cimentación

$$K_q = i_q s_q d_q b_q g_q$$

$$K_\gamma = i_\gamma s_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

Donde: i_q, i_γ - factores de inclinación de carga

s_q, s_γ - factores de forma de la zapata

d_q - factor de profundidad de la zapata

b_q, b_γ - factor de inclinación del fondo de la zapata

g_q, g_γ - factor de inclinación del suelo

Los factores de inclinación i_q y i_γ se determinan de la siguiente manera:

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m-1}$$

$$m_\gamma = m_l \cos^2 \theta + m_b \sin^2 \theta$$

$$m_l = \frac{2 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}{1 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}$$

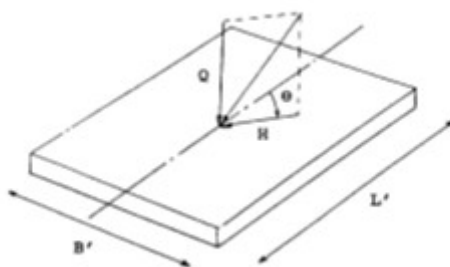
$$m_b = \frac{2 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}{1 + \frac{b_{ef}}{l_{ef}}}$$

Donde: H - componente horizontal de la carga resultante

V - componente vertical de la carga resultante

l_{ef} - longitud efectiva de la zapata

θ - ángulo entre el componente horizontal de la carga resultante H y el eje mas largo de la zapata en la dirección l_{ef}



determinación del ángulo θ

Este método no debe usarse para la proporción $H/V > 0,4$.

Los factores de la forma de zapata s_q y s_γ se determinan de la siguiente manera:

$$s_q = 1 + \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}} \right) \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

Donde: φ - ángulo de fricción interna en el fondo de la zapata

Factor de profundidad de la zapata d_q se determina de la siguiente manera:

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{d}{b_{ef}}$$

Los factores de inclinación del fondo de la zapata b_q y b_γ se determinan de la siguiente manera:

$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan \varphi)^2$$

Donde: η - ángulo de inclinación en el fondo de la zapata

Los factores de inclinación del suelo g_q y g_γ se determinan de la siguiente manera:

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$$

Donde: β - ángulo de inclinación del suelo

Bibliografía:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

Método Skempton (CPT)

Esta solución para suelos cohesivos usa una teoría de Skempton, donde la capacidad portante del suelo de cimentación está dada por una fórmula:

$$R_d = K_c \cdot N_c \cdot S_u + \gamma \cdot d$$

Se recomienda usar un factor de seguridad $FS = 3$ al calcular la capacidad portante utilizando este método.

Donde:: R_d	-	capacidad portante del suelo de cimentación
K_c	-	factor de inclinación de la carga
N_c	-	Factor de capacidad portante Skempton
S_u	-	fuerza de corte no drenado
γ	-	peso unitario del suelo en el fondo de la zapata
d	-	profundidad del fondo de la zapata

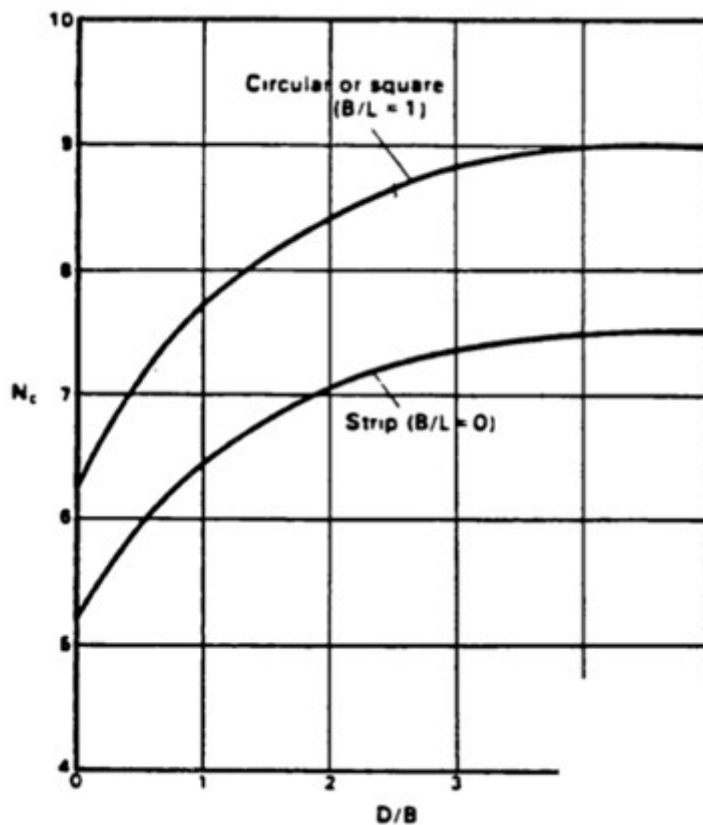
La fórmula se deriva para las unidades imperiales [tsf , pcf , ft] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

$$K_c = \left(1 - 1.3 \cdot \frac{H}{V}\right)$$

Where:	H	-	componente horizontal de la carga resultante
	V	-	componente vertical de la carga resultante

Este método no debe usarse para la proporción $H/V > 0.4$.

El factor de capacidad portante Skempton N_c depende de la relación de ancho efectivo b_{ef} y longitud efectiva l_{ef} y de la relación de la profundidad del fondo de la zapata d y ancho efectivo b_{ef} .



Determinación del factor N_c (Desde Peck, Hanson a Thornburn, 1974)

La fuerza de corte no drenados S_u se determina de la siguiente manera:

$$S_u = \frac{(q_c - \sigma_{vo})}{N_k}$$

- Where:
- q_c - valor promedio de resistencia a la penetración del cono
 - σ_{vo} - valor promedio de la tensión vertical medido a profundidades desde el fondo de la zapata hasta $1,5*b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata
 - N_k - factor de con (rango <10;20>)

$$q_c = \sqrt{q_{c1} \cdot q_{c2}}$$

- Where:
- q_{c1} - valor medio de la resistencia a la penetración del cono medido a profundidades desde el fondo de la zapata hasta $0,5*b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata
 - q_{c2} - valor medio de la resistencia a la penetración del cono medido desde la profundidad $0,5*b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata hasta $1,5*b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata

La influencia del terreno inclinado y del fondo inclinado se considera de la misma manera que en el [método Schmertmann](#).

Bibliografía:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

Método Meyerhof (SPT)

Esta solución para **suelos cohesivos** y **sin cohesión** utiliza una teoría de **Meyerhof**, donde la capacidad portante del suelo de cimentación está dada por una fórmula:

$$R_d = q_c \frac{b_{ef}}{10} \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{d}{b_{ef}} \right) R_i$$

Se recomienda usar un factor de seguridad $FS = 3$ al calcular la capacidad portante utilizando este método.

- Donde:
- R_d - capacidad de carga del suelo de cimentación
 - N - valor promedio de los conteos de golpes SPT medidos a profundidades desde el fondo de la zapata hasta $1,5*b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata
 - b_{ef} - ancho efectivo de la zapata
 - C_{w1}, C_{w2} - Factores de influencia de NF
 - d - profundidad del fondo de la zapata
 - R_i - factor de inclinación de la carga

La fórmula se deriva para las unidades imperiales [*tsf, ft*] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

En arenas saturadas muy finas o limosas, el conteo de golpes SPT medido para $N_i > 15$ debe corregirse de la siguiente manera:

$$N_{cor,i} = 15 + 0,5 (N_i - 15)$$

Esta correlación puede realizarse automáticamente en el marco "Análisis".

Los factores de influencia NF C_{w1} y C_{w2} se determinan de la siguiente manera:

$h_{GWT} = 0$ (agua en el nivel del terreno) $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 0,5$

$h_{GWT} = d$ (agua en la profundidad del fondo de la zapata $\rightarrow C_{w1} = 0,5$; $C_{w2} = 1$

$h_{GWT} > d + 1,5 \cdot b_{ef} \rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 1$

Donde: h_{GWT} - profundidad del nivel freático del terreno

Los valores intermedios de C_{w1} y C_{w2} están interpolados

El factor de inclinación de carga R_i se interpola según la siguiente tabla:

H/V	R_i		
	$d/b_{ef} = 0$	$d/b_{ef} = 1$	$d/b_{ef} = 5$
0,10	0,75	0,8	0,85
0,15	0,65	0,75	0,80
0,20	0,55	0,65	0,70
0,25	0,50	0,55	0,65
0,30	0,40	0,50	0,55
0,35	0,35	0,45	0,50
0,40	0,30	0,35	0,45
0,45	0,25	0,30	0,40
0,50	0,20	0,25	0,30
0,55	0,15	0,20	0,25
0,60	0,10	0,15	0,20

Donde: H - componente horizontal de la carga resultante

V - componente vertical de la carga resultante

Este método no debe usarse para la proporción $H/V > 0,6$.

La influencia del terreno inclinado y del fondo inclinado se considera de la misma manera que en el [método de Schmertmann](#).

Bibliografía:

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

NF P94-261 (PMT)

Esta solución para suelos **cohesivos** y **sin cohesión** utiliza una teoría del estándar Francés **NF P94-261**, donde la capacidad portante del suelo de cimentación viene dada por la fórmula:

$$R_d = p_{le}^* k_p i_\delta i_g$$

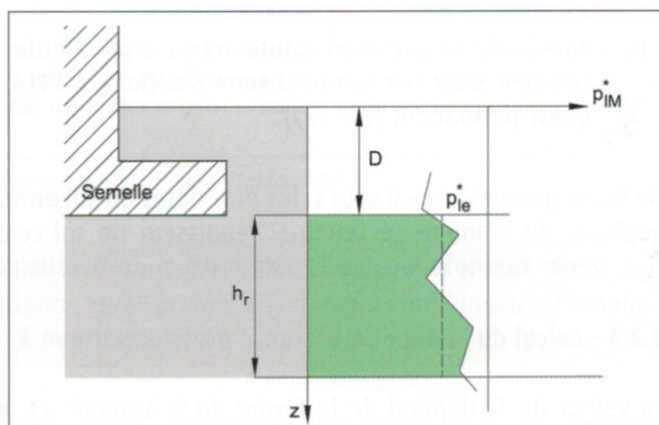
Se recomienda utilizar un factor de seguridad $FS = 3$ al calcular la capacidad portante utilizando este método.

Donde:

- R_d - capacidad portante del suelo de cimentación
- p_{le}^* - presión límite neta equivalente
- k_p - factor de capacidad portante
- i_δ - factor de inclinación de carga
- i_g - factor de inclinación del suelo

Presión límite neta equivalente p_{le}^* es un promedio geométrico de valores de presión límite presiométrica desde la base de la zapata hasta la profundidad de h_r .

$$p_{le}^* = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p_{l,k}^*}$$



La profundidad h_r depende del tipo de carga (diseño/servicio), geometría de cimentación y excentricidad de carga:

		Carga de diseño	Carga de servicio
Zapata corrida	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) \geq \frac{1}{2}$	$h_r = 1.5B$	$h_r = 1.5B$
	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) < \frac{1}{2}$	$h_r = 3B - 6e$	
zapata circular	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) \geq \frac{9}{16}$	$h_r = 1.5B$	
	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) < \frac{9}{16}$	$h_r = \frac{8B}{3} - \frac{16e}{3}$	
Zapata continua	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{1}{2}$	$h_r = 1.5B$	
	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) < \frac{1}{2}$	$h_r = \min(3B - 6e$	

El factor de capacidad portante k_p depende del tipo de suelo, la geometría de la cimentación (relación L/B) y la profundidad de incrustación equivalente D_e .

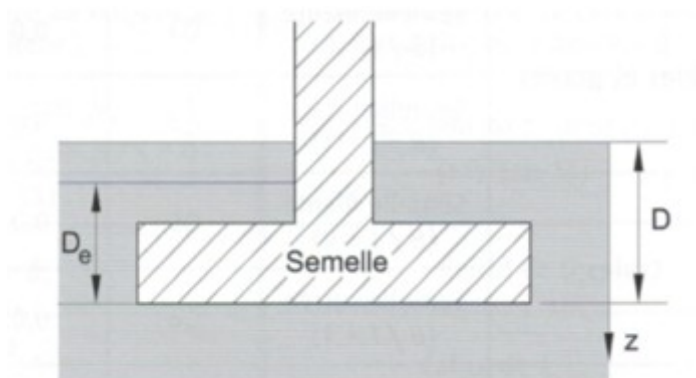
La profundidad de incrustación equivalente D_e se calcula como sigue:

$$D_e = \frac{1}{p_{le}^*} \int_0^n p_{LM,i}(z) dz$$

o:

$$D_e = \sum_1^n z_i \frac{p_{LM,i}}{p_{le}^*}$$

Los valores $p_{LM,i}$ para determinar la profundidad de incrustación equivalente D_e se miden entre terreno y fondo de cimentación.



Si $D_e/B < 2$:

$$k_p = k_{pmax}$$

Cálculo de K_p para zapata corrida (continua), circular o cuadrada

$$k_{p;B/L} = k_{p0} + \left(a + b \frac{D_e}{B}\right) \left(1 - e^{-c \frac{D_e}{B}}\right)$$

Cálculo de K_p para zapata continua (relación L/B)

$$k_{p;B/L} = k_{p;B/L=0} + \left(1 - \frac{B}{L}\right) + k_{p;B/L=1} \frac{B}{L}$$

Los coeficientes a , b , c , k_{p0} y k_{pmax} dependen del tipo de suelo según la tabla

Categoría del suelo	Curva de variación del factor de rodamiento.		Expression of k_p				
			a	b	c	k_{p0} ($D_e/B=0$)	k_{pmax}
Arcillas y limos	Zapata corrida (continua) ($B/L = 0$)	Q1	0,20	0,02	1,30	0,80	1,022
	Zapata cuadrada ($B/L = 1$)	Q2	0,30	0,02	1,50	0,80	1,123
Arena y grava	Zapata corrida (continua) ($B/L = 0$)	Q3	0,30	0,05	2,00	1,00	1,393
	Zapata cuadrada ($B/L = 1$)	Q4	0,22	0,18	5,00	1,00	1,580
Tiza	Zapata corrida (continua) ($B/L = 0$)	Q5	0,28	0,22	2,80	0,80	1,517
	Zapata cuadrada ($B/L = 1$)	Q6	0,35	0,31	3,00	0,80	1,768
Margas calcáreas...	Zapata corrida (continua) ($B/L = 0$)	Q7	0,20	0,20	3,00	0,80	1,399
	Zapata cuadrada ($B/L = 1$)	Q8	0,20	0,30	3,00	0,80	1,598

El factor de inclinación de carga i_δ se calcula como sigue:

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$$

Si $\delta_d < \pi/4$:

$$i_{\delta;f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2\delta_d}{\pi} \left(2 - 3\frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{-\frac{D_e}{B}}$$

Si $\delta_d \geq \pi/4$:

$$i_{\delta;f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 e^{-\frac{D_e}{B}}$$

Bibliografía:

NF P94-261

Análisis de asiento

El asentamiento de una zapata se puede calcular según las pruebas CPT, SPT o PMT.

El asentamiento determinado a partir de las pruebas CPT:

- Método "Schmertmann"

El asentamiento determinado a partir de las pruebas SPT :

- Método "NAVFAC DM7"

El asentamiento determinado a partir de las pruebas PMT :

- "NF P94-261"

Método de Schmertmann (CPT)

El **asentamiento de una zapata** usando **pruebas CPT** según la teoría de **Schmertmann** se basa en la fórmula:

$$s = C_1 \cdot C_2 \cdot \sigma_{ol} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{I_{zi} \cdot h_i}{\chi \cdot q_{ci}}$$

Donde: s	-	Asentamiento de la zapata
C_1	-	factor de corrección para la profundidad de la zapata
C_2	-	factor de corrección para el asentamiento de fluencia
σ_{ol}	-	tensión en el fondo de la zapata
I_{zi}	-	Factor de influencia de deformación en el centro de la subcapa i-ésima
h_i	-	espesor de la capa i-ésima
χ	-	factor de módulo
q_{ci}	-	valor promedio de la resistencia a la penetración del cono en la subcapa i^{th}

La fórmula se deriva para las unidades imperiales [tsf, ft] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

El factor de corrección para la profundidad de la zapata C_1 se determina de la siguiente manera:

$$C_1 = 1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_{or}}{\sigma_{ol}} \right)$$

Donde: σ_{or} - tensión geostática en el fondo de la zapata

El factor de corrección para asentamiento de fluencia C_2 se determina de la siguiente manera:

$$C_2 = 1 + 0,2 \cdot \log_{10} \left(\frac{t_{YR}}{0,1} \right)$$

Donde: t_{YR} - tiempo en años después de la aplicación de la carga

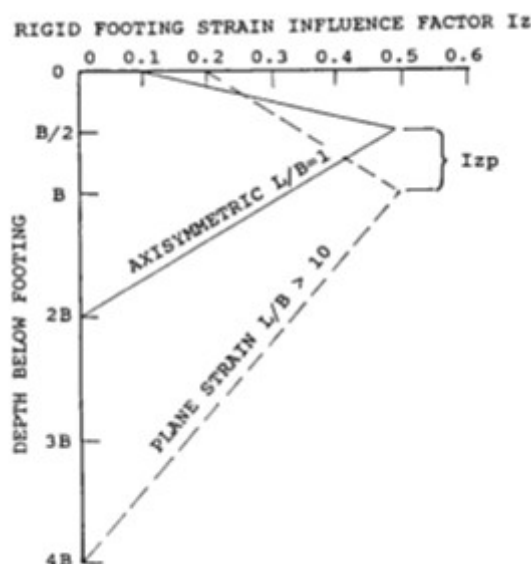
El **factor de módulo** χ depende en la relación de la longitud de la zapata l y ancho de la zapata b :

$$l/b = 1 \rightarrow \chi = 2,5$$

$$l/b = 10 \rightarrow \chi = 3,5$$

Los valores intermedios χ están interpolados

El Factor de influencia de deformación I_z está ubicado en el eje horizontal del siguiente esquema. La profundidad debajo del fondo de la zapata se ubica en el eje vertical.



Determinación del factor I_z (Schmertmann, 1978)

Diagrama del factor I_z también depende de la relación de la longitud de la base l y el ancho de la base b .

Para la relación $l/b = 1$ valor máximo del factor de influencia de la tensión I_{zp} es en la profundidad $b/2$ debajo del fondo de la zapata y el asentamiento general se calcula a la profundidad $2b$ por debajo del fondo de la zapata.

Para la relación $l/b = 10$ valor máximo del factor de influencia de la tensión I_{zp} está en la profundidad b debajo del fondo de la zapata y el asentamiento total se calcula a la profundidad $4b$ por debajo del fondo de la zapata.

Valor máximo del factor de influencia de deformación I_{zp} se determina de la siguiente manera:

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{ol}}{\sigma_{zp}}}$$

Donde: σ_{zp} - la tensión geostática en la profundidad de $b/2$ (para relación $l/b = 1$) o b ($l/b = 10$) por debajo del fondo de la zapata.

Factor de influencia de deformación I_z se interpola para valores intermedios para razón de l/b ($1 < l/b < 10$).

Bibliografía:

Schmertmann, J.H. (1970). Static cone to compute static settlement over sand. ASCE Journal of Soil Mechanics & Foundations Division, 96 (3), 1011-1043.

Schmertmann, J.H., Hartmann, J.P. and Brown, P.R. (1978). Improved strain influence factor diagrams, ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 104 (GT8), 113

Método NAVFAC DM7 (SPT)

El **asentamiento de la zapata** usando **pruebas SPT** según el método **NAVFAC DM7** se basa en la fórmula:

$$s = \frac{C \cdot \sigma}{K_v} \cdot \left(\frac{b}{b+1}\right)^2 \cdot C_w$$

Donde: s - asentamiento de zapata
 C - factor del ancho de la zapata
 σ - tensión en el fondo de la zapata
 K_v - coeficiente de balasto
 b - ancho de la zapata
 C_w - factor de influencia de NF

La fórmula se deriva para las unidades imperiales [*tsf*, *tsf*, *ft*] - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

Factor de ancho de zapata C se determina de la siguiente manera:

$b < 20 \text{ ft} \rightarrow C = 4$

$b > 40 \text{ ft} \rightarrow C = 2$

Los valores intermedios de C están interpolados

Factor de influencia de NF C_w se determina de la siguiente manera:

La NF está ubicada entre el nivel de terreno y la profundidad de $1,5 \cdot b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata

$$C_w = 2,0 - \frac{h_{HPV} - d}{1,5 \cdot b}$$

$$C_w \leq 2,0$$

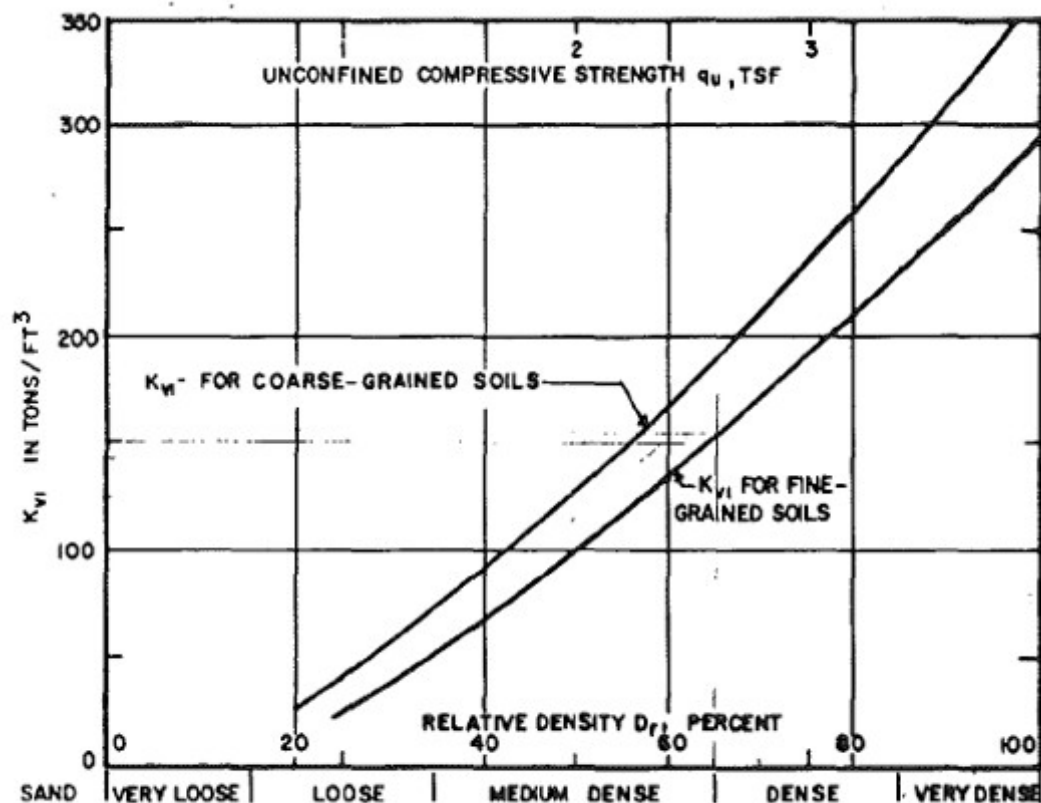
La NF ubicada por debajo de la profundidad $1,5.b_{ef}$ por debajo del fondo de la zapata

$$C_w = 1,0$$

Donde: h_{GWT} - profundidad del nivel freático del terreno

d - profundidad del fondo de la zapata

El coeficiente de balasto K_v depende del factor de densidad relativa I_D :



Determinación del módulo K_v (Navfac, 1982)

Factor de densidad relativa I_D se determina de la siguiente manera:

$\sigma_{zp} \leq 1,5 \text{ ksf}$:

$$I_D = \sqrt{\frac{N}{20} \cdot (1 + 2 \cdot \sigma_{zp})}$$

$\sigma_{zp} > 1,5 \text{ ksf}$:

$$I_D = \sqrt{\frac{N}{20} \cdot (3,25 + 0,5 \cdot \sigma_{zp})}$$

- Donde: N - el recuento de golpes sin corregir a una profundidad de $b/2$ debajo del fondo de la zapata
- σ_{zp} - la tensión geostática a una profundidad de $b/2$ debajo del fondo de la zapata

La fórmula se deriva para las unidades imperiales $[ksf]$ - el programa calcula automáticamente en las unidades utilizadas en el programa.

Bibliografía:

Navfac, 1982

NF P94-261 (PMT)

La asentamiento de la zapata con **PMT** según el método NF P94-261 se basa en la fórmula:

$$s = \frac{\alpha}{9E_c} q \lambda_c B + \frac{2}{9E_d} q B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)$$

- Donde: s - asentamiento general
- E_c, E_d - equivalent pressiometric modulus
- α - coeficiente reológico
- q - estrés en la parte inferior de la zapata
- λ_c, λ_d - coeficientes de forma
- B - ancho de zapata
- B_0 - ancho de referencia (0,6 m)

Valores aproximados del coeficiente reológico α para suelos:

	Clay	Silt	Sand	Gravel
sobreconsolidado	1	2/3	1/2	1/3
Normalmente consolidado	2/3	1/2	1/3	1/4
sin-consolidar	1/2	1/2	1/3	1/4

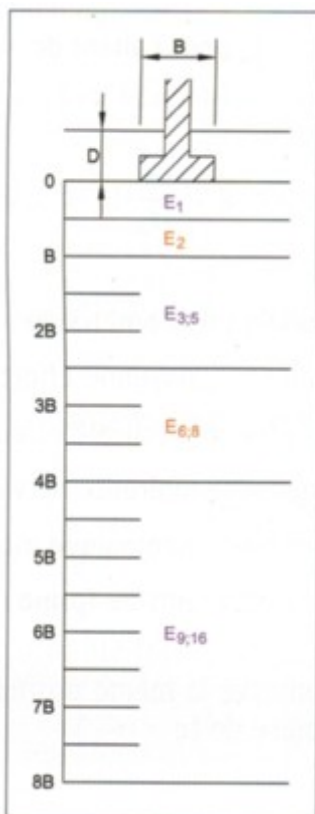
Valores aproximados del coeficiente reológico α para rocas:

Rocas	
Tipo	α
Casi intacto	2/3
Normalmente fracturado	1/2
Muy fracturado	1/3
Muy alterado	2/3

Los coeficientes de forma λ_c , λ_d Se interpolan según la siguiente tabla:

L/B	circul o	cuadr ado	2	3	5	20
λ_d	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65
λ_c	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Los módulos presiométricos equivalentes E_c y E_d se determinan el módulo presiométrico medido en capas de espesor $B/2$ debajo del fondo de la cimentación.



El módulo E_c se determina como un módulo presiométrico promedio en la primera capa del espesor $B/2$ debajo del fondo de la cimentación.

$$E_c = E_1$$

Determinación de módulo E_d depende de la profundidad general de PMT (d_{PMT}).

$$D_{PMT} \geq 8B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,1}{E_{6,8}} + \frac{0,1}{E_{9,16}}}$$

$$4B \leq D_{PMT} < 8B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,2}{E_{6,8}}}$$

$$2,5B \leq D_{PMT} < 4B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,4}{E_{3,5}}}$$

Bibliografía:

ČSN EN 1997-2 Annex E

NF P94-261

Menard, L. (1975): "The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design", Sols-Soils, No. 26, Paris, France

Grupo de pilotes

Los análisis realizados en el programa "**Grupo de pilotes**" se puede dividir en dos grupos:

- **Solución analítica** - el cálculo de la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes en suelos **cohesivos** y **no cohesivos** y la determinación del **asentamiento**
- El análisis de un grupo de pilotes mediante el **método spring** junto con la determinación de **refuerzos** de pilotes

Solución analítica

El análisis de la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes se puede realizar para:

- **suelo no cohesivo** (análisis para condiciones drenadas)
- **suelo cohesivo** (análisis para condiciones no drenadas)

El análisis de verificación actual se lleva a cabo según el **factor de seguridad** o la teoría de los **estados límite**.

La verificación se realiza solamente para la **carga vertical**. La carga debido a los momentos y fuerzas de corte no se considera. Las acciones horizontales del grupo de pilotes llaman para elegir el **método de spring** en el cuadro "**Configuración**". Los métodos de análisis también permiten el cálculo de **asentamiento de un grupo de pilotes**.

Suelos no cohesivos (análisis para condiciones drenadas)

Los mismos métodos que para el análisis de un pilote aislado se utilizan para calcular la

capacidad portante vertical de un grupo de pilotes:

- NAVFAC DM 7.2
- Tensión efectiva
- CSN 73 1002

La capacidad portante vertical de un grupo de pilotes está dada por:

$$R_g = \sum R_c = nR_c\eta_g$$

Donde:

- n - número de pilotes en un grupo
- R_c - capacidad portante vertical de un pilote aislado
- η_g - eficiencia del grupo de pilotes

El análisis de verificación actual se lleva a cabo según el factor de seguridad o la teoría de estados límite.

Eficiencia de un grupo de pilotes

UFC 3-220-01A

- $\eta_g \approx 0,7$ por separación del eje de un pilote en el grupo: $3d$
- $\eta_g \approx 1,0$ por separación del eje de un pilote en el grupo: $6d$

La Barré (CSN 73 1002)

$$\eta_g = 1 - \psi \left[\frac{(n_x - 1)n_y + (n_y - 1)n_x}{90n_x n_y} \right]$$

$$\psi = \arctg \frac{d}{s}$$

Donde:

- n_x - número de pilotes en la dirección x
- n_y - número de pilotes en la dirección y
- ψ - ángulo con tangente $tg\psi = d/s$, expresada en grados
- s - espacio del eje al pilote
- d - diámetro del pilote

Fórmula Seiler-Keeney

$$\eta_g = \left[1 - 0,479 \left(\frac{s}{s^2 - 0,093} \right) \left(\frac{n_x + n_y - 2}{n_x + n_y - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{n_x + n_y}$$

Donde:

- n_x - número de pilotes en la dirección x
- n_y - número de pilotes en la dirección y
- s - espacio del eje al pilote

Entrada de eficiencia

Entrada definida por el usuario del grado de eficiencia en el intervalo de 0,5 - 1,0.

Bibliografía:

Pochman, R.; Simek, J.: Pilotové zaklady – Komentář CSN 73 1002. First edition, Prague, 1989.

Unified Facilities Criteria (UFC 3-220-01A): Design of deep foundations - Technical instructions, Chapter 5-3, 1997.

Venkatramaiah, C.: Geotechnical Engineering. Second edition, New Delhi (India): New Age International Publishers, 1995.

Suelo cohesivo (análisis para condiciones no drenadas)

La capacidad portante en un bloque de tierra está dada por:

$$R_g = 2 \cdot l \cdot (b_x + b_y) \cdot c_{us} + N_{cg} \cdot c_{ub} \cdot b_x \cdot b_y$$

Donde: l – longitud de los pilotes

b_x, b_y – dimensiones del plano de la base de un cuerpo de tierra en forma de bloque

c_{us} – resistencia media al corte sin drenar a lo largo de los pilotes ($\varphi_u \approx 0$)

c_{ub} – resistencia al corte sin drenaje en la base de pilotes

N_{cg} – factor de capacidad portante de un grupo cohesivo

$$N_{cg} = 5 \cdot \left[\left(1 + 0,2 \cdot \frac{b_x}{b_y} \right) \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{l}{b_x} \right) \right] \text{ para condiciones: } \frac{l}{b_x} \leq 2,5$$

$$N_{cg} = 7,5 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{b_x}{b_y} \right) \text{ para condiciones: } \frac{l}{b_x} > 2,5$$

Donde: b_x – ancho mínimo de grupo de pilotes (menor tamaño del diseño de la tapa de la pilote)

Nota: el cuerpo terrestre está representado por un bloque con su base dada por un plano que contiene las bases de los pilotes individuales y que tiene paredes verticales encontradas en la distancia de un diámetro de pilote desde uno de los ejes de las pilotes externos. Este bloque de tierra sometida a una carga global causado por el grupo de pilotes, resiste por, el corte a lo largo de los muros, el **rozamiento** y por la capacidad portante en su **base**.

El análisis de verificación actual se lleva a cabo según el **factor de seguridad** o la **teoría de estados límite**.

Análisis según el factor de seguridad

Cuando se realiza el análisis según el **factor de seguridad** el programa realiza el análisis de verificación de un grupo de pilotes **en compresión**:

$$\frac{R_g}{V_d + W_p} > SF_{cp}$$

Donde:	R_g	-capacidad portante vertical de un grupo de pilotes
	V_d	-fuerza vertical máxima (incluyendo el propio peso de la tapa del pilote)
	W_p	-peso propio del pilote (solo cuando se selecciona la opción " Considerar el peso propio del pilote ")
	SF_{cp}	-factor de seguridad de un grupo de pilotes en compresión

Análisis según la teoría de estados límite

Al realizar el análisis según la teoría de **estados límite** el programa lleva a cabo el análisis de verificación de un grupo de pilotes en suelos no cohesivos:

$$R_g = n \frac{R_c}{\gamma_t} \eta_g \geq V_d + W_p$$

Donde:	R_g	-capacidad portante vertical en un grupo
	n	-número de pilotes en un grupo
	R_c	-capacidad portante vertical en un pilote aislado ($R_b + R_s$)
	γ_t	coeficiente de reducción de la resistencia total
	η_g	- eficiencia del grupo de pilotes
	V_d	-fuerza vertical máxima (incluyendo el propio peso de la tapa del pilote)
	W_p	-peso propio del pilote (solo cuando se selecciona la opción " Considerar peso propio del pilote ")

Al realizar el análisis según la teoría de **estados límite** el programa lleva a cabo el análisis de verificación de un grupo de pilotes en suelo cohesivo:

$$\frac{R_g}{\gamma_t} \geq V_d + W_p$$

Donde:	R_g	-capacidad portante vertical en un grupo
	V_d	-fuerza vertical máxima (incluyendo el propio peso de la tapa del pilote)
	W_p	-peso propio del pilote (solo cuando se selecciona la opción " Considerar peso propio del pilote ")
	γ_t	-coeficiente de reducción de la resistencia total

Cuando se realiza el análisis de verificación según la norma **EN 1997-1** la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes en suelos cohesivos se reduce el coeficiente de resistencia de base ($\gamma_t = \gamma_b$).

Asentamiento de un grupo de pilotes

Suelos no cohesivos

El análisis de un grupo de pilotes en suelos no cohesivos se desarrolla sobre la base de la **teoría lineal de asentamiento (Poulos)**. La curva de carga-asentamiento para un grupo de pilotes y el valor de asentamiento total s_g se incrementa por el llamado g_f **factor de grupo de asentamiento**.

Un asentamiento inmediato del grupo de pilotes incrementado por el factor de grupo de asentamiento es el siguiente:

$$s_g = g_f \cdot s_0$$

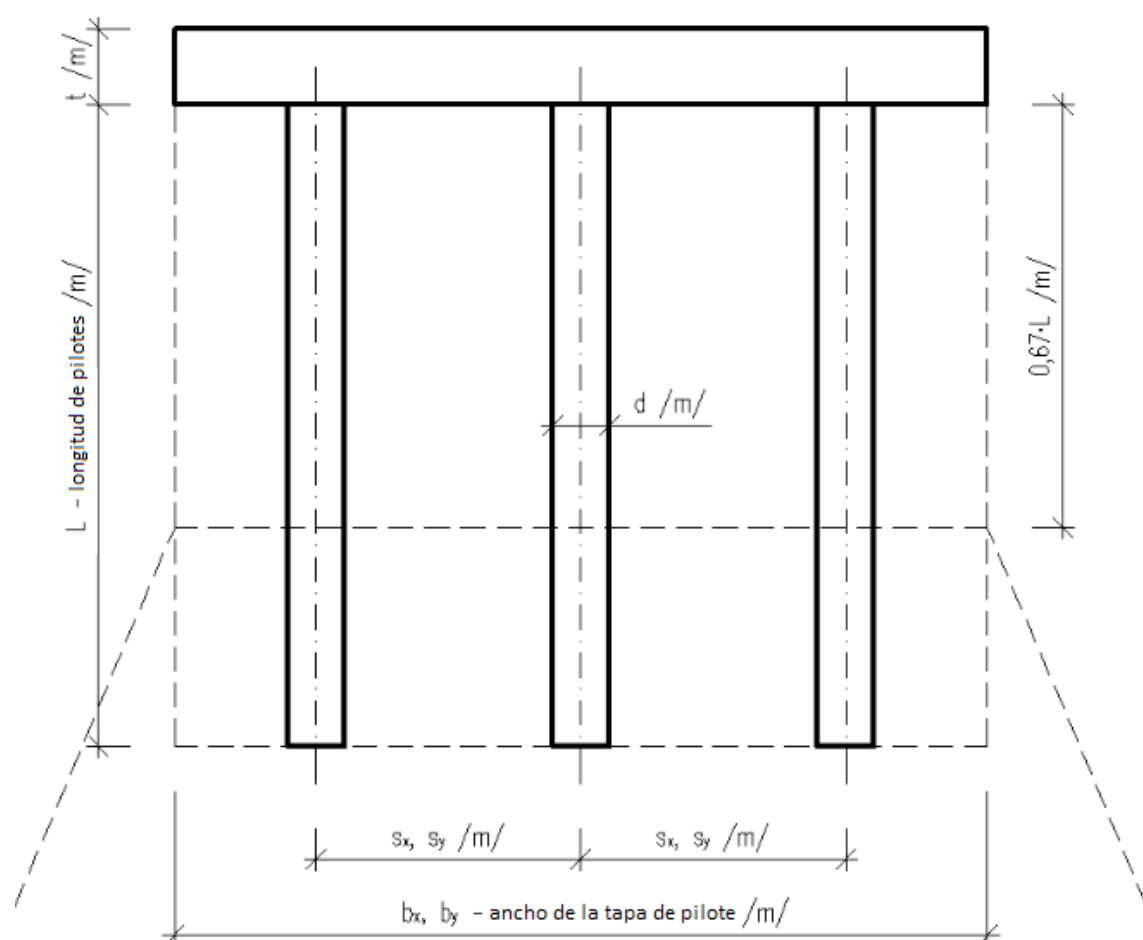
$$g_f = \sqrt{\frac{b_x}{d}}$$

Donde:	s_g	-asentamiento del grupo de pilotes
	g_f	-factor de grupo de asentamiento para suelos no cohesivos (según Pile Buck Inc. 1992)
	s_0	-asentamiento para pilote aislado (determinado, ej: desde la curva de carga límite)
	d	-diámetro del pilote
	b_x	-ancho del grupo de pilote en dirección x

Suelos cohesivos

El asentamiento de un grupo de pilotes en suelos cohesivos es determinado por el asentamiento para una cimentación substituta a una profundidad de $0,67 \cdot L$, con un ancho de B y una longitud de B' .

Análisis para calcular el asiento se describe en detalle en "**Análisis de asientos**"

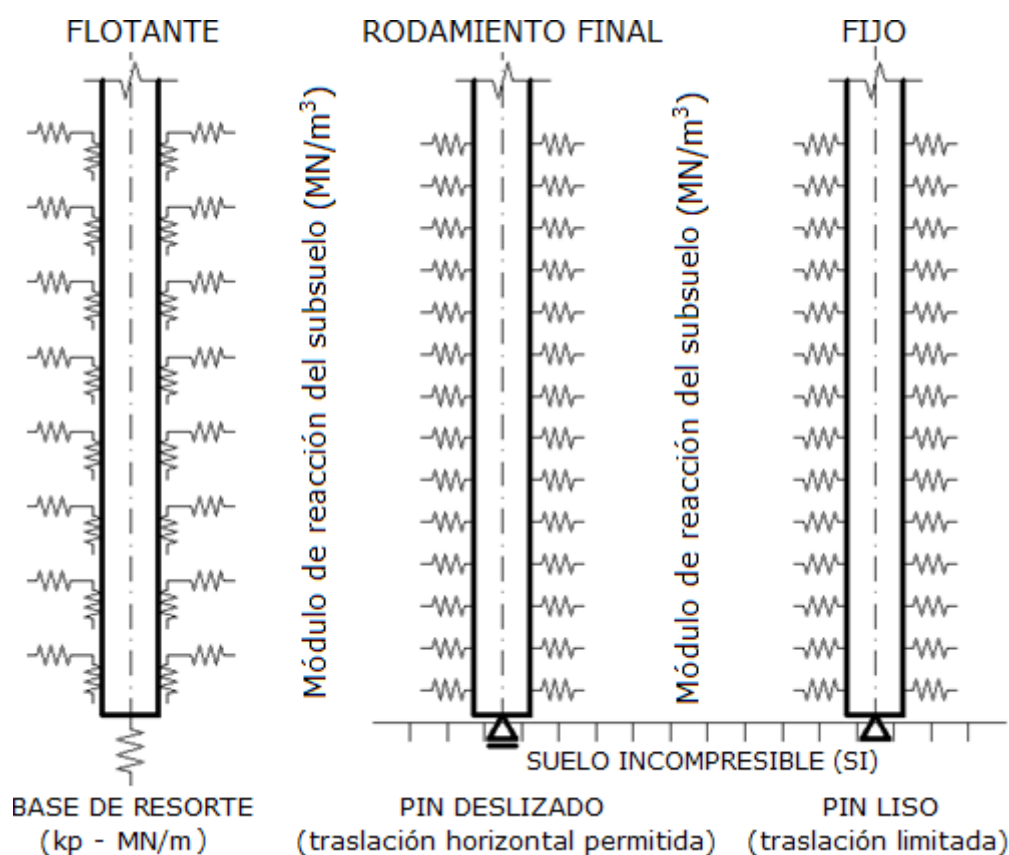


Esquema de fundación sustituto – asentamiento de un grupo de pilotes en suelo cohesivo

Método Spring

El grupo de pilotes se analiza mediante el Método de los Elementos Finitos. La tapa de pilote se considera como infinitamente rígida. Una carga general se aplica en el centro de la tapa y se pueden **importar** para un programa arbitrario que realiza el análisis estático.

Pilotes analizados según la figura:



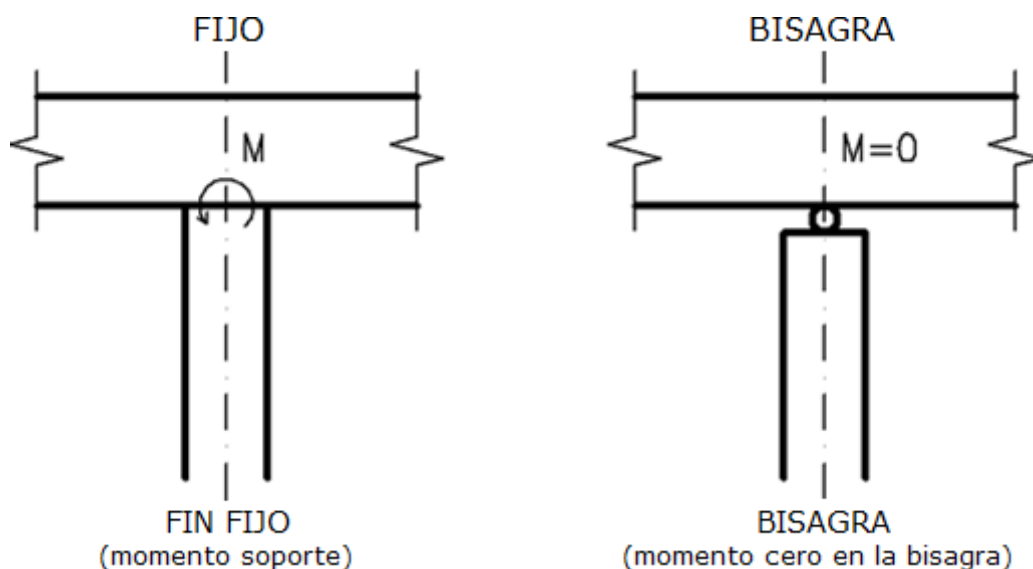
Modelado de pilotes

Cuatro opciones de modelado de pilotes están disponibles en el cuadro "Configuración":

1. Pilotes flotantes - calcular la rigidez de los resortes desde los parámetros del suelo
2. Pilotes flotantes - **Entrada de la rigidez de los resortes**
3. Pilotes que descansan sobre la roca subrasante
4. Pilotes fijado en el subsuelo de roca

Todas las opciones requieren introducir el "**módulo horizontal de reacción del subsuelo**" que caracterizan el comportamiento del pilote en la dirección transversal. Pilotes flotantes requieren además la determinación de la rigidez de los resortes verticales. El programa permite el **cálculo de esta rigidez** desde los parámetros de suelo disponibles y la carga típica. También pueden ser introducidos directamente en el cuadro "**resortes verticales**".

Cualquiera de conexión del pilote a la tapa puede ser considerado: tipo bisagra o fijo.



Conexión del pilote a la tapa (seleccionado en el cuadro "Configuración")

El análisis actual se realiza utilizando el método de elementos finitos. Cada pilote se divide en diez elementos. Para cada elemento el programa define la magnitud de resortes horizontales y verticales. En comparación con un pilote aislado, la rigidez de los resortes horizontales y verticales se reducen aún más, tanto para los pilotes de interior y exterior - la rigidez horizontal se reduce por los coeficientes iguales a 0,5 y 0,25 para los pilotes de exterior e interior, respectivamente; la rigidez de corte se reduce por los coeficientes iguales a 0,5 y 0,1 para los pilotes de exterior e interior, respectivamente; Estas reducciones representan el comportamiento real de un grupo de pilotes. Los resortes en el pilote-base no se reducen.

Cálculo de la rigidez de los resortes verticales

Cuando se vuelve a calcular la rigidez de los resortes verticales, es necesario introducir una carga típica en el cuadro "**resortes verticales**" que servirán para determinar la rigidez del resorte. Esta carga se selecciona de tal manera como para caracterizar el comportamiento de la estructura lo más cerca posible. La rigidez se determina como sigue:

1. Carga típica se aplica a pilotes individuales
2. La rigidez de **corte de resortes verticales** distribuidos a lo largo del pilote se calcula en función de los parámetros del suelo.
3. La rigidez del resorte vertical en el pilote-base se calcula en función de la **rigidez del subsuelo debajo del pilote-base** y la **profundidad de la zona de influencia**. Para los pilotes de tracción esta rigidez es igual a cero.

La rigidez se ajusta en función de su ubicación en el grupo de pilotes - la rigidez al corte se reduce por los coeficientes iguales a 0,5 y 0,1 para pilotes de exterior e interior, respectivamente.

Micropilote

El programa verifica un micropilote (reforzado por un tubo de acero) utilizando:

- **Estados límite**
- **Factor de seguridad**

Tanto la **sección base** como el **tubo del micropilote** (sección transversal) son examinados por ambos métodos. Cuando examinamos un tubo de micropilote el análisis puede incluir un **período de vida** esperado para el micropilote.

Verificación según el factor de seguridad

El programa desarrolla un análisis de verificación del tubo de micropilote y la raíz:

Verificación de la sección transversal (tubo)

Ambos, estabilidad interna de la sección y la sección acoplada de capacidad portante, son verificadas.

1. Estabilidad interna de la sección

$$\frac{N_{cr}}{N_{max}} > SF_f$$

- Donde:
- N_{cr} -Estándar **fuerza normal crítica**, calculada dependiendo del método seleccionado en la solapa "**Micropilote**".
 - N_{max} -Máxima fuerza normal, ingresada en el cuadro "**Carga**".
 - SF_f -Fuerzas críticas del factor de seguridad, ingresado en la solapa "**Micropilote**".

2. Coupled section bearing capacity

$$\frac{R_s}{\sigma_s} > SF_s$$

- Donde:
- R_s -Resistencia estándar de acero, ingresada en el cuadro "**Material**".
 - σ_s -Tensión en acero, calculado según la forma de carga (sección cargada solo por la **fuerza normal** o por **combinación de momento de flexión y la fuerza normal**).
 - SF_s -Factor de seguridad de la sección de resistencia, ingresado en la solapa "**Micropilote**".

Verificación de la base

$$\frac{Q}{N_{max}} > SF_r$$

- Donde:
- Q -Base estándar de la capacidad portante, calculada dependiendo del método utilizado (ver "**Capacidad portante en la sección base del micropilote**").
 - N_{max} -Máxima fuerza normal, ingresada en el cuadro "**Carga**".
 - SF_r -Resistencia base del factor de seguridad, ingresado en la solapa "**Micropilote**".

Verificación según la teoría de los estados límite

El programa desarrolla un análisis de verificación del tubo de micropilote y la raíz:

Verificación de la sección transversal (tubo)

Ambos, estabilidad interna de la sección y la sección acoplada de capacidad portante, son verificadas.

1. Estabilidad interna de la sección

$$N_{\max} < N_{crd}$$

Donde: N_{\max} -Máxima fuerza normal, ingresada en el cuadro "Carga"

N_{crd} -Diseño de la fuerza normal crítica

$$N_{crd} = \frac{N_{cr}}{\gamma_{mf}}$$

Donde: N_{cr} -Estándar fuerza normal crítica, calculada dependiendo del método seleccionado en la solapa "Micropilote".

γ_{mf} -Coeficiente de reducción de la fuerza crítica, ingresada en la solapa "Micropilote" (estados límite).

2. Sección acoplada de capacidad portante

$$\sigma_s < R_{sd}$$

Donde: σ_s -Tensión en acero, calculado según la forma de carga (sección cargada solo por la fuerza normal o por combinación de momento de flexión y la fuerza normal)

R_{sd} -Diseño de resistencia del acero

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ss}}$$

Donde: R_s -Resistencia estándar de acero, ingresada en el cuadro "Material"

γ_{ss} -Exactitud del coeficiente de acero, ingresado en la solapa "Micropilote" (Estados límite)

Verificación de la base

$$N_{\max} < Q_{rd}$$

Donde: N_{\max} -Máxima fuerza normal, ingresada en el cuadro "Carga"

Q_{rd} -Diseño de base de capacidad portante

$$Q_{rd} = \frac{Q}{\gamma_r}$$

Donde: Q -Base estándar de la capacidad portante, calculada dependiendo del método utilizado (ver "Capacidad portante en la sección base del micropilote")

γ_r -Coeficiente de reducción de la resistencia base, ingresada en la solapa "Micropilote".

Verificación de la barra del micropilote

Cuando calculamos la capacidad portante de la barra (sección transversal del micropilote) el programa hace diferencia entre el micropilote cargado en tensión o en compresión.

Cuando se trata de tensión, el programa determina la **capacidad portante de la sección acoplada** (la tensión de la mezcla de hormigón no se considera).

Cuando se trata de compresión, el programa examina la capacidad portante **interna y externa** de la barra dependiendo del método configurado en la solapa "Micropilote".

Estabilidad interna de la sección

En el caso de la sección acoplada de capacidad portante de la barra del micropilote es examinado contra la falla debido a la **fuerza normal** o por la **combinación de flexión y fuerza normal**.

Cuando determinamos la capacidad portante interna, es posible introducir en el análisis de verificación el **tiempo de vida útil del micropilote**.

Tiempo de vida útil del micropilote

El tiempo de vida útil del micropilote se introduce reduciendo el área de la barra reforzada utilizando el **coeficiente de reducción** de la influencia de corrosión de la barra de acero r_e y el coeficiente F_{ut} , tomado en cuenta la conexión entre el micropilote y el suelo circundante.

$$A_a = \frac{\pi}{4} \left[(D - 2r_e)^2 - (D - 2t)^2 \right] F_{ut}$$

Donde:	D	-Diámetro externo de la barra reforzada
	t	-Espesor del muro de la barra reforzada
	F_{ut}	-Coeficiente tomando en cuenta la conexión entre el micropilote y el suelo circundante (0,5 -1,0)
	r_e	- Coeficiente de influencia de corrosión de la barra de acero

Bibliografía:

BS EN 14199:2005 Execution of special geotechnical works. Micropiles British-Adopted European Standard / 30-Mar-2005 / 52 pages ISBN: 0580457249

Coeficiente de influencia de corrosión

El coeficiente de influencia de corrosión de la barra de acero r_e [mm] (basado en EN 14199)

Tipo de suelo	Tiempo de vida del micropilote requerido [años]				
	5	25	50	75	100
Suelos autóctono	0,0	0,30	0,60	0,90	1,20
Suelos autóctono contaminado	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Suelo orgánico	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Suelo derrumbable	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Suelo especial (contiene sales solubles)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Nota: Los valores de los coeficientes de influencia de corrosión de la barra de acero r_e son valores intermedios.

Capacidad portante de la carga de la sección transversal por la fuerza normal

Tensión de la fuerza normal

En el caso de fuerza de tensión, la tensión en el acero parte de la sección transversal se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$\sigma_s = \frac{N}{A_s}$$

Donde:

- σ_s - Tensión en el acero
- N - Fuerza normal actuando en la sección
- A_s - Área de una parte de acero del micropilote de sección transversal

Fuerza normal compresiva

La capacidad portante de la sección transversal en compresión, reducida por el **coeficiente de pandeo** se determina por:

$$N_{c,u} = \chi \cdot (A_s \cdot R_{sd} + A_c \cdot R_{cd})$$

Donde:

- χ - **Coeficiente de pandeo**
- A_s - Área de una parte de acero del micropilote de sección transversal
- A_c - Área de hormigón mezclado con una parte de la sección transversal del micropilote
- R_{sd} - Diseño de resistencia del acero
- R_{cd} - Diseño de resistencia del hormigón mezclado en compresión
- d

Los diseños de resistencia son iguales a los valores estándar en verificación basados en el **factor de seguridad**.

Los diseños de resistencia de acero y mezcla de hormigón son calculados en verificación basados en **estados límite** utilizando las siguientes fórmulas:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ms}}$$

$$R_{cd} = \frac{R_c}{\gamma_{mc}}$$

- Donde:
- R_s - Tensión estándar del acero, ingresada en el cuadro "**Material**"
 - γ_{ss} - coeficiente de reducción de tensión acero, ingresado en la solapa "**Micropilote**" (Estados límite)
 - R_c - Tensión estándar de mezcla de hormigón en compresión, ingresada en el cuadro "**Material**"
 - γ_{sc} - Coeficiente de reducción para mezcla de hormigón, ingresado en la solapa "**Micropilote**".

La tensión en la parte de acero de la sección transversal se determina:

$$\sigma_s = \frac{N}{N_{c,u}} \cdot R_{sd}$$

- Donde:
- N - Fuerza Normal actuando en la sección transversal
 - $N_{c,u}$ - Capacidad portante en la sección transversal en compresión, reducida por la **influencia de pandeo**
 - R_{sd} - Área de una parte de acero del micropilote de sección transversal

Bibliografía:

BS EN 14199:2005 Execution of special geotechnical works. Micropiles British-Adopted European Standard / 30-Mar-2005 / 52 pages ISBN: 0580457249

Capacidad portante de la sección transversal cargada por la combinación de momento de flexión y fuerza normal

Una sección transversal cargada por combinación de momento de flexión y fuerza normal requiere la determinación de ejes neutrales, dividiendo la sección transversal en partes de tracción y compresión. Cuando buscamos la posición de ejes neutrales, se incluye la influencia de pandeo, es decir, las fuerzas normales se incrementan dividiéndolas por el **coeficiente de pandeo**. Los ejes neutrales se buscan siguiendo el procedimiento conocido por las dimensiones de secciones transversal de hormigón, refuerzos de acero, como un método de equilibrio límite. La compresión es transmitida por una parte de un tubo de acero y relleno de mezcla de hormigón. La tensión es tomada de la parte restante del tubo de acero, la mezcla de hormigón en tensión no es considerada.

La capacidad portante en flexión se determina por la siguiente fórmula

$$M_u = R_{sd} \cdot (A_{s,t} \cdot t_{s,t} + A_{s,c} \cdot t_{s,c}) + R_{cd} \cdot A_{c,c} \cdot t_{c,c}$$

Donde:

- R_{sd} - Fuerza de diseño de acero
- $A_{s,t}$ - Área de la parte de tensión del micropilote de acero de sección transversal
- $A_{s,c}$ - Área de la parte compresiva del micropilote de acero de sección transversal
- $A_{c,c}$ - Área de la parte compresiva de mezcal de hormigón de la sección transversal
- $t_{s,t}$ - Ubicación del centro de tensión de la parte de acero
- $t_{s,c}$ - Ubicación del centro de compresión de la parte de acero
- $t_{c,c}$ - Ubicación del centro de compresión de la parte de mezcla de hormigón
- R_{cd} - Diseño de la resistencia del la mezcla de hormigón en compresión

Los diseños de las resistencias son iguales a los valores estándar en la verificación basados en el **factor de seguridad**.

Los diseños de resistencia de acero y mezcla de hormigón son calculados en la verificación basada en **estados límite** utilizando las siguientes fórmulas:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ms}}$$

$$R_{cd} = \frac{R_c}{\gamma_{mc}}$$

Donde:

- R_s - Tensión estándar del acero, ingresada en el cuadro "**Material**"
- γ_{ss} - Coeficiente de confiabilidad de acero, ingresado en la solapa "**Micropilote**" (Estados límite)
- R_c - Tensión estándar de mezcla de hormigón en compresión, ingresada en el cuadro "**Material**"
- γ_{mc} - Coeficiente de confiabilidad de mezcal de hormigón, ingresado en la solapa "**Configuración**"

La tensión en la parte de acero de la sección transversal se determina:

$$\sigma_s = \frac{M}{M_u} \cdot R_{sd}$$

Donde:

- M - Momento de flexión actuando en la sección transversal
- M_u - Capacidad portante en flexión
- R_{sd} - Diseño de resistencia del acero

Influencia de la pandeo

El análisis se lleva a cabo determinando las características de una sección transversal ideal, en la cual el efecto de mezcla de hormigón de sección transversal se transforma en acero. La delgadez del elemento se determina de la siguiente manera.

$$\lambda = \frac{l_{cr}}{i}$$

Donde: l_{cr} - Elemento de longitud de pandeo
 i - Radio de giro de la sección transversal ideal

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{N_{cr}}}$$

Donde: E - Módulo de elasticidad de la sección transversal ideal
 I - Momento de inercia de la sección transversal ideal
 N_{cr} - Estándar **fuerza normal crítica**, calculada dependiendo del método configurado en la solapa "Micropilote"

La delgadez λ_p se determina de la siguiente manera:

$$\lambda_p = \lambda \sqrt{\frac{R_{sd}}{210}}$$

Donde: R_{sd} - Diseño de resistencia de acero (calculándose en base al factor de fuerza de diseño de seguridad es igual a la fuerza estándar)

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ss}}$$

Donde: R_s - Fuerza estándar del acero, ingresada en el cuadro "Material"
 γ_{ss} - Exactitud del coeficiente de acero, ingresado en la solapa "Micropilote" (Estados límite)

El coeficiente de pandeo χ se determina según la delgadez λ_p con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$\chi = \frac{1}{2} \left[1,26 + \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2 \right] - \sqrt{\frac{1}{4} \left[1,26 + \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2 \right]^2 - \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2} \quad \text{for : } \lambda_p \leq 250$$

$$\chi = \left\{ \frac{1}{2} \left[1,26 + \left(\frac{93}{250} \right)^2 \right] - \sqrt{\frac{1}{4} \left[1,26 + \left(\frac{93}{250} \right)^2 \right]^2 - \left(\frac{93}{250} \right)^2} \right\} \left(\frac{250}{\lambda_p} \right)^{\text{for : } \lambda_p > 250}$$

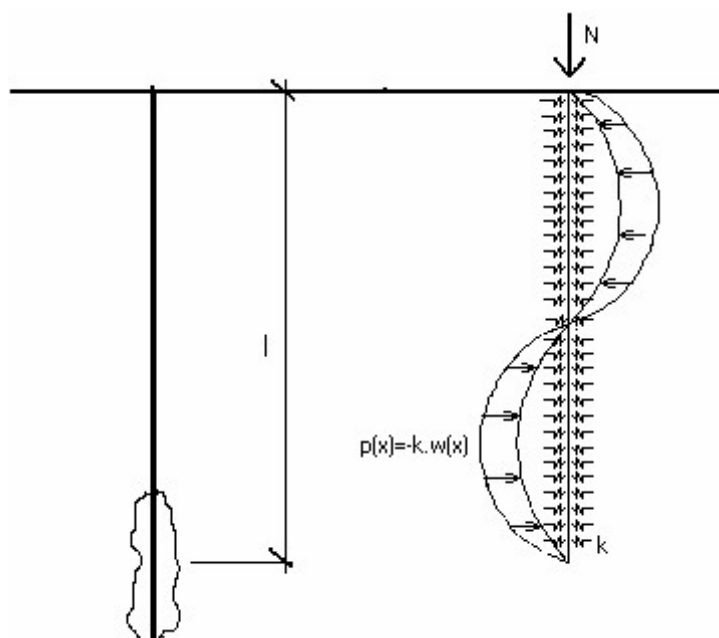
Estabilidad interna de la sección

La estabilidad interna de la sección, examina el fallo del micropilote debido al pandeo dentro del suelo circundante. El paso mas importante al determinar la estabilidad interna de la sección es determinar la fuerza Normal N_{cr} que depende del largo del micropilote, del suelo circundante y otros efectos. El programa GEO5 – Micropilote, permite seleccionar uno de los siguientes métodos en la solapa "Micropilote" para determinar la fuerza normal crítica N_{cr} :

- Método Geométrico (Euler)
- Teoría de Salas
- Teoría Veas-Souche

Método geométrico (Euler)

El suelo que rodea al micropilote es representado en el programa por el **módulo de reacción de suelo** E_p (Winkler constante k) definida por el usuario en el cuadro "Verificación de la barra". Un modelo de estructura se muestra en la figura.



Modelo de estructura

Para un micropilote en compresión, se espera que un número variante de ondas media ocurra, dependiendo de la geometría y rigidez de la estructura y del suelo circundante, respectivamente. La solución a este caso viene de la ecuación de pandeo de una viga recta.

$$w'''' = - \frac{M + N \cdot w}{E \cdot I}$$

Luego de varias manipulaciones la ecuación de pandeo puede ser expresada como:

$$w_{(x)} = C_1 \cdot \cos(A \cdot x) + C_2 \cdot \sin(A \cdot x) + C_3 \cdot \cos(B \cdot x) + C_4 \cdot \sin(B \cdot x)$$

Donde:

$$A = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4\beta^4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} - \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4\beta^4}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I}}$$

Las constantes de integración se encuentran en las cuatro condiciones límites dependiendo de los puntos finales de apoyo asumidos.

Asumiendo articulaciones en ambos extremos, la ecuación se puede deducir:

$$N_{cr} = E_i \cdot I_i \cdot \frac{\pi^2}{l_p^2} \cdot n^2 + E_p \frac{l_p^2}{\pi^2} \cdot n^{-2}$$

Proporcionando el número de onda media:

$$n^2 = \sqrt{\frac{E_p}{E_i \cdot I_i} \cdot \frac{l_p^2}{\pi^2}}$$

Donde: E_i - Módulo de elasticidad de sección transversal ideal

I_i - Momento de inercia de la sección transversal ideal

l_p - Longitud del micropilote

E_p - Módulo de reacción del subsuelo

n - Número de onda media

Asumiendo articulaciones a un lado y extremo fijo al otro se tiene la siguiente ecuación:

$$N_{krit} = E_i \cdot I_i \cdot \frac{\pi^2}{2 \cdot l_p^2} \cdot n + E_p \frac{4 \cdot l_p^2}{\pi^2} \cdot n^{-2}$$

Proporcionando el número de onda media:

$$n^2 = \sqrt{\frac{E_p}{E_i I_i}} \cdot \frac{4 l_p^2}{\pi^2}$$

Donde:

- E_i - Módulo de elasticidad de sección transversal ideal
- I_i - Momento de inercia de la sección transversal ideal
- l_p - Longitud del micropilote
- E_p - Módulo de reacción del subsuelo
- n - Número de onda media

La fuerza es determinada por la siguiente ecuación de iteraciones:

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{E I \pi^2}{N_{cr}}}$$

Donde:

- E_i - Módulo de elasticidad de sección transversal ideal
- I_i - Momento de inercia de la sección transversal ideal
- N_{cr} - Fuerza Normal crítica
- l_{cr} - Longitud del pandeo de la sección transversal del micropilote en compresión

Teoría Salas

La fuerza Normal crítica N_{cr} para condiciones de soporte básico en la cabeza del pilote (que determina la desviación del micropilote) sigue la siguiente forma:

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E_a \cdot I_a}{(l + l_{ef})^2} \cdot A$$

Donde:

- $E_a \cdot I_a$ - Rigidez de flexión de tubos reforzados de micropilotes
- l - Longitud libre de la longitud del micropilote
- l_{ef} - Longitud del extremo fijo ficticio
- A - Constante de reflexión del tipo de soporte en la cabeza del micropilote

$$l_{ef} = 1,2 \cdot f \cdot l_e$$

Donde:

- f - Coeficiente dependiente del radio del módulo de elasticidad del suelo en la cabeza y en la base del micropilote
- l - Longitud elástica del micropilote dada por:

$$l_e = \left(\frac{3 \cdot E_a I_a}{E_l} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde: $E_a I_a$ -Rigidez de flexión de tubos reforzados de micropilotes
 E_l -Módulo de elasticidad del suelo en la base del micropilote

Bibliografía:

Jiménez Salas J.A. a kol: *Geotecnia y Cimientos III, Capitulo 3, Rueda, Madrid (Spanish)*

Constante A

Constante A que refleja el tipo de soporte en la cabeza del micropilote

Tipo de soporte en la cabeza del micropilote	A [-]
Articulado	2,045
Libre	0,25
Fijo	4,0
Movedizo en dirección horizontal	1,0

Coeficiente f

Coeficiente f

E_o/E_l ¹⁾ [-]	f [-]
0	1,70
0,5	1,25
1	1,00

¹⁾ E_o - Módulo de elasticidad del suelo debajo de la superficie (en la cabeza del micropilote)

E_l - Módulo de elasticidad del suelo en el bulbo del micropilote

Teoría Véas-Souche

El cálculo de la fuerza N_c sigue el gráfico publicado por Véas y Souche (ver bibliografía). El gráfico para la determinación de la fuerza normal crítica N_{cr} es construido por cantidades dimensionales ω , m :

$$\frac{N_{cr} \cdot l_p^2}{\pi^2 \cdot E_a \cdot I_a}, \omega, m = \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{E_{rd}}{E_a \cdot I_a}}$$

- Donde:
- l_p -Longitud del micropilote
 - $E_a \cdot I_a$ -Rigidez de pandeo de la barra reforzado del micropilote
 - ω -Relación entre la longitud libre del micropilote (desde el comienzo del bulbo) y su longitud en el suelo
 - E_{rd} -Valor de diseño del módulo de reacción horizontal

$$E_{rd} = \frac{E_r}{F_w}$$

- Donde:
- E_r -Reacción del suelo en la dirección horizontal
 - F_w -Coeficiente de reducción del valor E_r ($F_w = 1,25$)

Bibliografía:

Véase, Souche: *Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans offrant latéralement une réaction élastique pure*, Annales de l'ITBTP, No. 423, Sene Soils et Foundations, 187, mars – avril 1984, str. 38 – 60 (French)

Módulo de reacción horizontal del suelo

El suelo alrededor del micropilote puede ser representado utilizando resortes horizontales a lo largo del micropilote caracterizado por la constante k del método Winkler. Para el pandeo del micropilote dentro del suelo en la dirección del eje x , es posible:

$$p_h = k_h \cdot x = E_p \cdot x$$

- Donde:
- p_h -Reacción del suelo causado por el cambio micropilote en dirección al eje x (suelo en compresión)
 - k_h -Rigidez del resorte Winkler (módulo de reacción del suelo E_p)
 - x -Cambio del micropilote en dirección al eje x

Teniendo en cuenta la reacción del suelo que presenta el micropilote por un metro ejecutado del micropilote, se llega a:

$$p_h = E_r \cdot x$$

- Donde:
- E_r -Reacción del suelo causado por el cambio del micropilote en dirección al eje z , por un metro ejecutado del micropilote
 - P_h -Reacción del suelo causado por el cambio micropilote en dirección al eje x (suelo en compresión)
 - x Cambio del micropilote en dirección al eje x

La ecuación anterior identifica la relación entre el módulo de reacción del suelo E_p [kN/m^3] y la

reacción del subsuelo en la dirección horizontal E_r [kN/m^2] (asumiendo constante E_r en el suelo):

$$E_r = k_h \cdot D = E_p \cdot D$$

Donde: D - Diámetro del micropilote
 k_h - Rigidez del resorte Winkler (**módulo de reacción del suelo E_p**)

La reacción del suelo en la dirección horizontal E_r puede ser luego **calculada**, según lo que se conozca sobre el módulo presiométrico E_m .

Cálculo del módulo E_r

El módulo E_r de reacción horizontal del suelo puede ser determinado cuando conocemos el **módulo presiométrico E_m** y el coeficiente α_p como:

$$E_r = E_m \cdot \frac{6}{\frac{4}{3}(2,65)^{\alpha_p} + \alpha_p}$$

Donde: E_m - **Módulo presiométrico (Menard) [MPa]**
 α_p - Coeficiente del tipo de suelo (ver la siguiente tabla)

Valores de referencia E_m y P_{lim}

Suelos		E_m [MPa]	P_{lim} [MPa]
no-cohesivos	Flojo	0 - 3,5	0 - 0,5
	Densidad media	3,5 - 12	0,5 - 1,5
	Denso	12 - 22,5	1,5 - 2,5
	Muy denso	> 22,5	> 2,5
cohesivos	Fango	0 - 2,5	0 - 0,2
	Suave	2,5 - 5	0,2 - 0,4
	Rígido	5 - 12	0,4 - 0,8
	sólido	12 - 25	0,8 - 1,6
	Duro	> 25	> 16

Los valores del factor reológico α_p para diversas condiciones del suelo

Tipo de suelo	Turba	Arcilla, limo		Sedimento		Arena		Arena y gravel	
	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p
preconsolidated	1	> 16	1.0	> 14	0.67	> 12	0.5	> 10	0.33
normally consolidated	1	9 - 16	0.67	8 - 14	0.5	7 - 12	0.33	6 - 10	0.25
underconsolidated	-	7 - 9	0.5	5 - 8	0.5	5 - 7	0.5	-	0.25

Bibliografía:

Menard, L. F.: *Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Vol. 2, 1965, pp. 295 - 299 (table 2.29 a 2.30).*

Valores del módulo de reacción del suelo E_p

Valores del módulo de reacción del suelo $E_p = k_h$ [MN/m³]

Suelos	E_p Min/Max [MN/m ³]	Valor promedio $k_h = E_p$ [MN/m ³]
Arcilla suave	2,0 - 5,0	3,5
Arcilla rígida	3,0 - 8,0	5,5
Arcilla sólida	6,0 - 16,0	11,0
Arena naturalmente mojada floja	6,0 - 13,0	9,5
Arena naturalmente mojada de densidad media	20,0 - 40,0	30,0
Arena naturalmente mojada densa	45,0 - 90,0	67,5
Arena acuífera floja	4,0 - 8,0	6,0
Arena acuífera de densidad media	10,0 - 20,0	15,0
Arena acuífera densa	30,0 - 60,0	45,0
Arcilla arenosa suave	3,0 - 6,0	4,5
Arcilla arenosa rígida	5,0 - 9,0	7,0
Arcilla arenosa sólida	8,0 - 17,0	12,5

Arena arcillosa mojada floja	4,0 - 9,0	6,5
Arena arcillosa de densidad media	12,0 - 32,0	22,0
Arena arcillosa densa	24,0 - 44,0	34,0
Arena arcillosa acuífera floja	3,5 - 6,5	5,0
Arena arcillosa acuífera de densidad media	7,0 - 11,0	9,0
Arena arcillosa acuífera densa	11,5 - 13,5	12,5

Capacidad portante del bulbo del micropilote

La capacidad portante de la sección transversal de acero puede ser determinado computacionalmente utilizando uno de los enfoques y estándares disponibles de la bibliografía. El programa GEO5 "**Micropilote**" proporciona un conjunto de métodos representando el enfoque básico de la solución de capacidad portante del bulbo del micropilote. El análisis se lleva a cabo según la configuración en la solapa "**Micropilote**" empleando uno de los siguientes procedimientos:

- Lizzi** - Se especifica la resistencia friccional límite promedio del bulbo
- Littlejohn** - Se especifica la presión de inyección
- Zweck** - Ambos métodos dependen de la tensión geoestática y de los parámetros del suelo circundante
- Bowles** - Ambos métodos dependen de la tensión geoestática y de los parámetros del suelo circundante
- Véas** - Se especifica la forma en la que el micropilote es construido y los parámetros del suelos circundante
- root in rock** - Se especifica los parámetros de roca del suelo circundante
- Bustamante** El método depende de los parámetros de **prueba SPT** y **pruebas de presiométrico**

Teoría de Lizzi

El método de Lizzi es el más popular de los métodos utilizados. La capacidad portante del bulbo está dada por:

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \tau_m \cdot J$$

- donde:
- d -Diámetro del bulbo
 - l -Longitud del bulbo
 - τ_m -**Resistencia friccional** límite promedio

J -Coeficiente que refleja la influencia del orificio

El coeficiente J refleja la influencia del diámetro del orificio – Dentro del rango 1,0 para perforaciones de 100 mm y más pequeñas; 0,8 para perforaciones de 200 mm y más grandes.

La resistencia friccional promedio del bulbo del micropilote puede ser encontrada en la bibliografía. El programa presenta tres tablas con valores de referencia para la resistencia friccional límite. El primero es creado por el autor del programa utilizando valores de las bibliografías, El segundo contiene valores de τ_m según DIN 4812, y el tercero contiene valores publicados por Klein y Mišova (Inžen©rsk©ch stavby 1984). La tercer tabla contiene mediciones de valores de la resistencia friccional bulbos ancjes para varios suelos, diámetros de bulbos, etc. (utilizando esta tabla se llega a los resultados más realistas

Bibliografía:

Lizzi, F. (1982). "The pali radice (root piles)". Symposium on soil and rockimprovement techniques including geotextiles, reinforced earth and modern pilingmethods, Bangkok, D-3.

Resistencia friccional en la base del pilote

Valores de referencia de la resistencia friccional límite (recomendadas por el autor)

Suelo	Resistencia friccional
Arcilla suave	40 - 60
Arcilla rígida	65 - 85
Arcilla sólida	130 - 170
Arena naturalmente mojada floja	110 - 150
Arena naturalmente mojada de densidad media	140 - 180
Arena naturalmente mojada densa	170 - 230
Arena acuífera floja	80 - 130
Arena acuífera de densidad media	120 - 160
Arena acuífera densa	160 - 200
Arcilla arenosa suave	50 - 70
Arcilla arenosa rígida	75 - 95
Arcilla arenosa sólida	125 - 165
Arena arcillosa mojada floja	90 - 135
Arena arcillosa de densidad media	135 - 165
Arena arcillosa densa	150 - 170

Arena arcillosa acuífera floja	80 - 105
Arena arcillosa acuífera de densidad media	90 - 130
Arena arcillosa acuífera densa	115 - 155

Valores de la resistencia friccional límite según DIN 4128

Suelo	Resistencia friccional promedio	
	Pilotes en compresión [kPa]	Pilotes en tensión [kPa]
Arena de grano medio grueso	200	100
Arena y arena gravel	150	80
Suelos cohesivos	100	50

Parámetros recomendados para bulbos anclaje (Mišove, Klein, Inženýrské stavby 5/1986)

Tipo de soporte del micropilote en la cabeza	Presión de inyección final [MPa]	Número de inyecciones	Diámetro del bulbo [mm]	Longitud del bulbo [m]	Resistencia friccional [kPa]
Fondo de roca	-	0	120	5 - 3	1000 - 1600
Semi rocoso	0,5 - 3,0	0 - 1	120 - 220	7 - 3	300 - 1000
Gravel, suelo inyectable	1,0	1 - 2	250 - 400	7 - 5	250 - 320
Gravel, suelo no inyectable	2,0 - 4,0	1 - 2	280 - 350	7 - 5	230
Arena media y arena de grano fino	1,5 - 4,0	2 - 3	220 - 350	12 - 7	150 - 180
Suelo sólido y rigidez cohesiva	1,5 - 3,0	1 - 3	200 - 280	17 - 8	130 - 190
Suelo de rigidez plástica de cohesivo sólido	1,0 - 2,5	2 - 3	150 - 400	20 - 9	100 - 130
Suelo cohesivo plástico suave	0,5 - 2,0	3 - 4	300 - 450	27 - 13,5	50 - 70

Teoría de Littlejohn

Cuando utilizamos el método de Littlejohn la capacidad portante del bulbo está dada por:

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot p_i$$

Donde:

- d -Diámetro del bulbo
- l -Longitud del bulbo
- p_i -Magnitud de la presión de inyección

Se deduce de las mediciones experimentales de micropilotes que su capacidad portante también depende del curso de inyección y de la presión de inyección. (El curso de inyección a menudo conduce la capacidad portante del micropilote). La capacidad portante aumenta considerablemente con inyecciones repetidas. La presión grouting se encuentra entre 0,1 y 3 Mpa, en algunos casos puede alcanzar Mpa. El método Littlejohn de determina la capacidad portante directamente proporcional a la presión de inyección.

Bibliografía:

LITTLEJOHN, G. S. y BRUCE, D. A. (1975).: "Rock Anchors -State of the Art. Part 1. Design". En *Ground Engineering*, Vol. 8, N° 4.

Teoría de Zweck

El último método desarrollado para el análisis de bulbos anclajes – depende principalmente de la tensión geostática en la ubicación del bulbo del micropilote. El método de Zweck y Bowles surge del mismo principio – La magnitud de la presión es sin embargo reducida utilizando el coeficiente de la presión en reposo K_o .

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{1 + K_o}{2} \cdot \sigma_z \cdot \tan \varphi$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

Donde:

- d -Diámetro del bulbo
- l -Longitud del bulbo
- K_o -Magnitud de la presión
- σ_z -Promedio de la tensión geostática en la base del micropilote
- φ -Promedio del valor del ángulo de fricción interna en el bulbo del micropilote

Teoría de Bowles

El método Bowless permite incorporar la influencia de la cohesión en la capacidad portante del bulbo – Por lo tanto es más accesible para suelos cohesivos

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma_z \cdot K_o \cdot \tan \varphi + \pi \cdot d \cdot l \cdot c$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

Donde:

- d -Diámetro del bulbo

l	-Longitud del bulbo
K_o	-Magnitud de la presión en reposo
σ_z	-Promedio de la tensión geostática en el bulbo del micropilote
φ	-Promedio del valor del ángulo de fricción interna en la base del micropilote

Bibliografía:

J.E. Bowles - Foundation Analysis and Design, McGraw Hill book Company

Teoría de Véas

Esta solución toma en cuenta el efecto de la tensión geostática en el bulbo del micropilote y el curso de inyección.

Capacidad portante en el bulbo del micropilote:

$$Q = R_{bk} + R_{sk}$$

Donde:	R_{bk}	-Capacidad portante del bulbo del micropilote
	R_{sk}	-Capacidad portante superficial del micropilote

Capacidad portante superficial del micropilote:

$$R_{sk} = \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot q_{si}$$

Donde:	n	-Número de las capas pasadas por el bulbo del micropilote
	A_{si}	-Área del muro de la base del micropilote en la capa i^{th}
	q_{si}	-Fricción superficial en la capa i^{th}

Capacidad portante en el bulbo del micropilote:

$$R_{bk} = 0,15 \cdot R_{sk}$$

La fricción superficial q_s en la profundidad de z debajo de la superficie del terreno:

$$q_s(z) = \frac{c}{F_c} \cdot \sigma_h(z) \cdot \frac{\tan \sigma}{F_\varphi}$$

Donde: z	Profundidad z debajo de la superficie del terreno, donde la magnitud de la fricción superficial es determinada
c	-Cohesión del suelo efectiva en la profundidad de z
δ	-Ángulo de fricción a lo largo de la interfaz del bulbo del micropilote y el suelo a una profundidad de z :

$$\sigma \in \left\langle \frac{2}{3} \varphi'; \varphi' \right\rangle$$

φ' Ángulo efectivo de fricción interna del suelo a una profundidad de z

$\sigma_h(z)$ Componente horizontal de la tensión geoestática a una profundidad de z :

Para el curso del tipo de IR e IRS (con monitoreo de la presión grouting) y una profundidad, entre $z \geq 5 \text{ m}$:

$$\sigma_h(z) = K_o \cdot \sigma_v(z) + \frac{p_i}{3}$$

Otros casos:

$$\sigma_h(z) = K_o \cdot \sigma_v(z)$$

K_o Coeficiente de la presión en reposo de la tierra

$\sigma_v(z)$ Componente vertical de la tensión geoestática a una profundidad z

Para suelos normalmente consolidados:

$$K_o = 1 - \sin \varphi'$$

Para suelos sobre consolidados:

$$K_o = (1 - \sin \varphi) \cdot \sqrt{OCR}$$

$\sigma_v(z)$ Componente vertical de la tensión geoestática a una profundidad z

p_i Presión de inyección del curso de inyección para el tipo IR e IRS y con profundidad

$z \geq 5 \text{ m}$, en otros casos $p_i = 0$

F_c Coeficiente de tipo de aplicación de micropilotes

F_φ

Bibliografía:

Véase, Souche: *Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans offrant latéralement une réaction élastique pure*, Annales de l'ITBTP, No. 423, Sene Soils et Foundations, 187, mars - avril 1984, str. 38 - 60 (French).

Coeficiente de tipo de aplicación de micropilotes

Coeficiente de tipo de aplicación de micropilotes

Tipo de aplicación de micropilotes	F_c [-]	F_ϕ [-]
Nuevos cimientos construidos	1,50	1,50
Cimientos existentes	1,20	1,20

Capacidad portante del bulbo en rocas

Esta solución está disponible para los micropilotes dentro de rocas con índice $RQD > 60$ o que tienen la fuerza en compresión simple $\sigma_c > 20$ [MPa] (ISRM < III). La capacidad portante de la base está dada por:

$$Q = A_s \cdot q_{sr} + A_b \cdot q_{br}$$

Donde:

- A_s -Área del muro del bulbo del micropilote
- q_{sr} -Resistencia friccional en roca
- A_b -Área del bulbo del micropilote
- q_{br} -Capacidad portante del bulbo del micropilote en rocas

Bibliografía:

Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, Ministerio de fomento, 2005 (Spanish).

Resistencia friccional y capacidad portante del bulbo del micropilote en roca

Resistencia friccional en roca q_{sr} y capacidad portante del bulbo del micropilote en roca q_{br}

Tipo de roca	q_{sr} [MPa]	q_{br} [MPa] ¹⁾
Sedimento	0,15 - 0,40	$0,07\sigma_c$
Pizarra y filita	0,20 - 0,30	$0,07\sigma_c$
Areniscas	0,30 - 0,45	$0,07\sigma_c$
Piedra de limo y demolita	0,40 - 0,50	$0,10\sigma_c$
Granito y basalto	0,40 - 0,60	$0,10\sigma_c$

¹⁾ σ_c - Fuerza en la tensión simple [MPa]

Bustamante (SPT, Presiometro PMT)

El análisis de la capacidad portante de la sección de la raíz del micropilote se basa en los

resultados de las **pruebas SPT** o **ensayos de presiométrico**.

La magnitud del **rozamiento de la raíz del micropilote** q_s [MPa] está disponible a partir de los **gráficos de Bustamante**, que dependen del tipo de suelo y la tecnología de inyección.

La resistencia del eje de la raíz del micropilote R_s viene de:

$$R_s = \sum \pi d_r l_r q_s$$

Donde:

- d_r -diámetro de la raíz del micropilote
- l_r -longitud de la raíz del micropilote
- q_s -rozamiento de la raíz del micropilote (valor determinado por el **gráfico**)

La resistencia en la base de la raíz del micropilote R_b no se puede considerar en el análisis, o se toma como:

$$R_b = 0,15 R_s$$

Donde: R_s -resistencia del eje en la raíz del micropilote

La resistencia en la base de la raíz del micropilote R_b se asume en el programa como:

$$R_b = A_p k_p p_l$$

Donde:

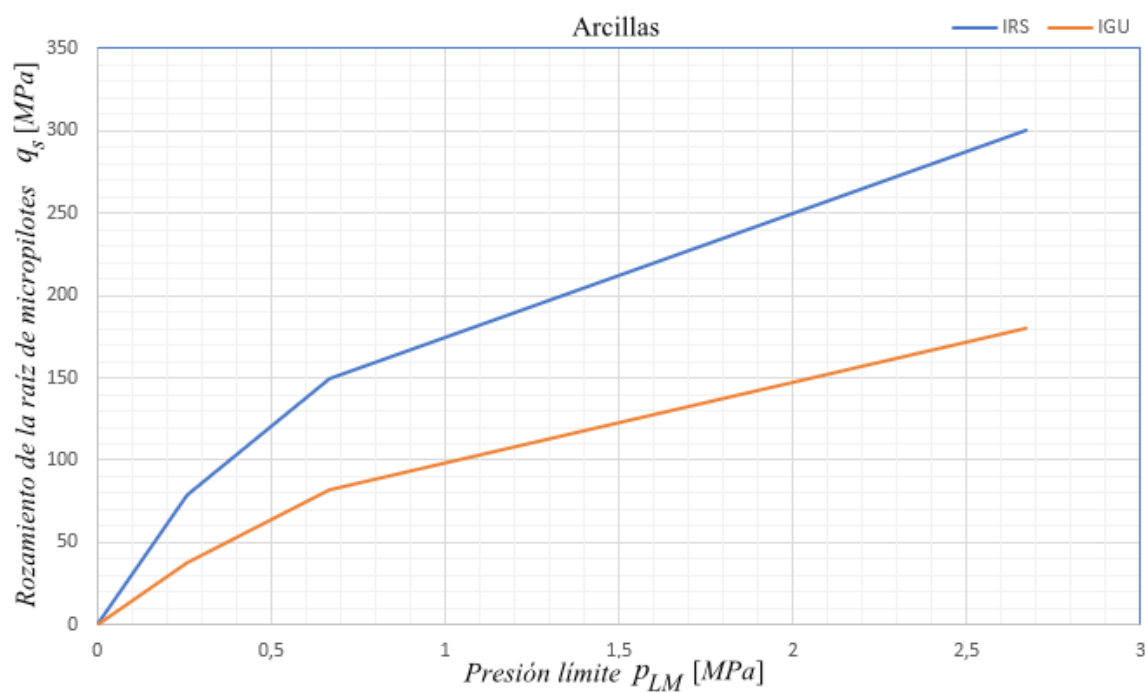
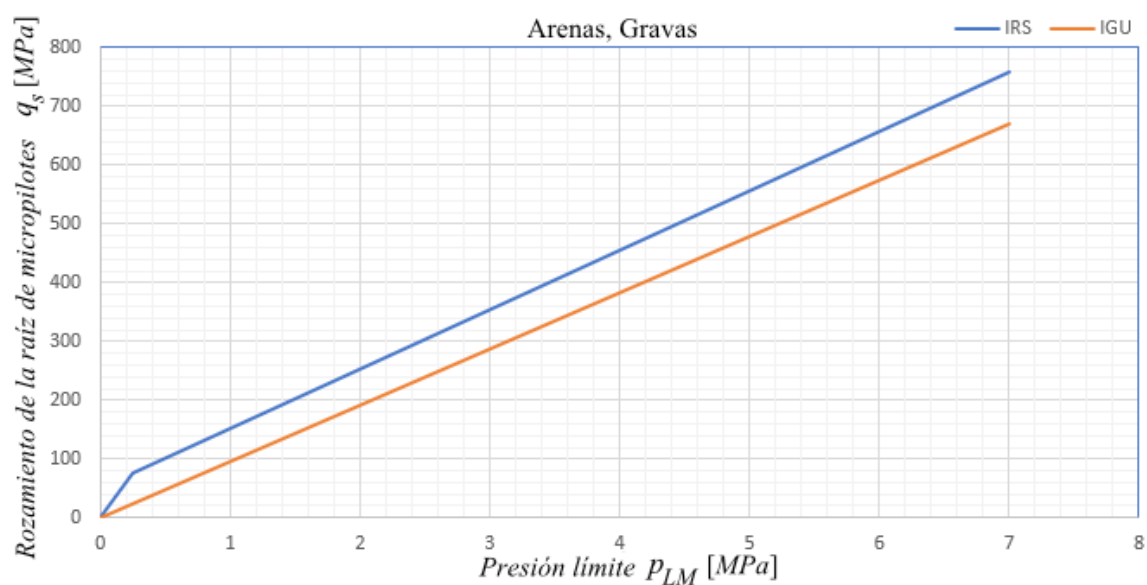
- A_p -área de sección transversal en la base de la raíz del micropilote
- k_p -factor de suelo en las proximidades de la base de la raíz del micropilote
- p_{LM} -**presión límite** según Menard

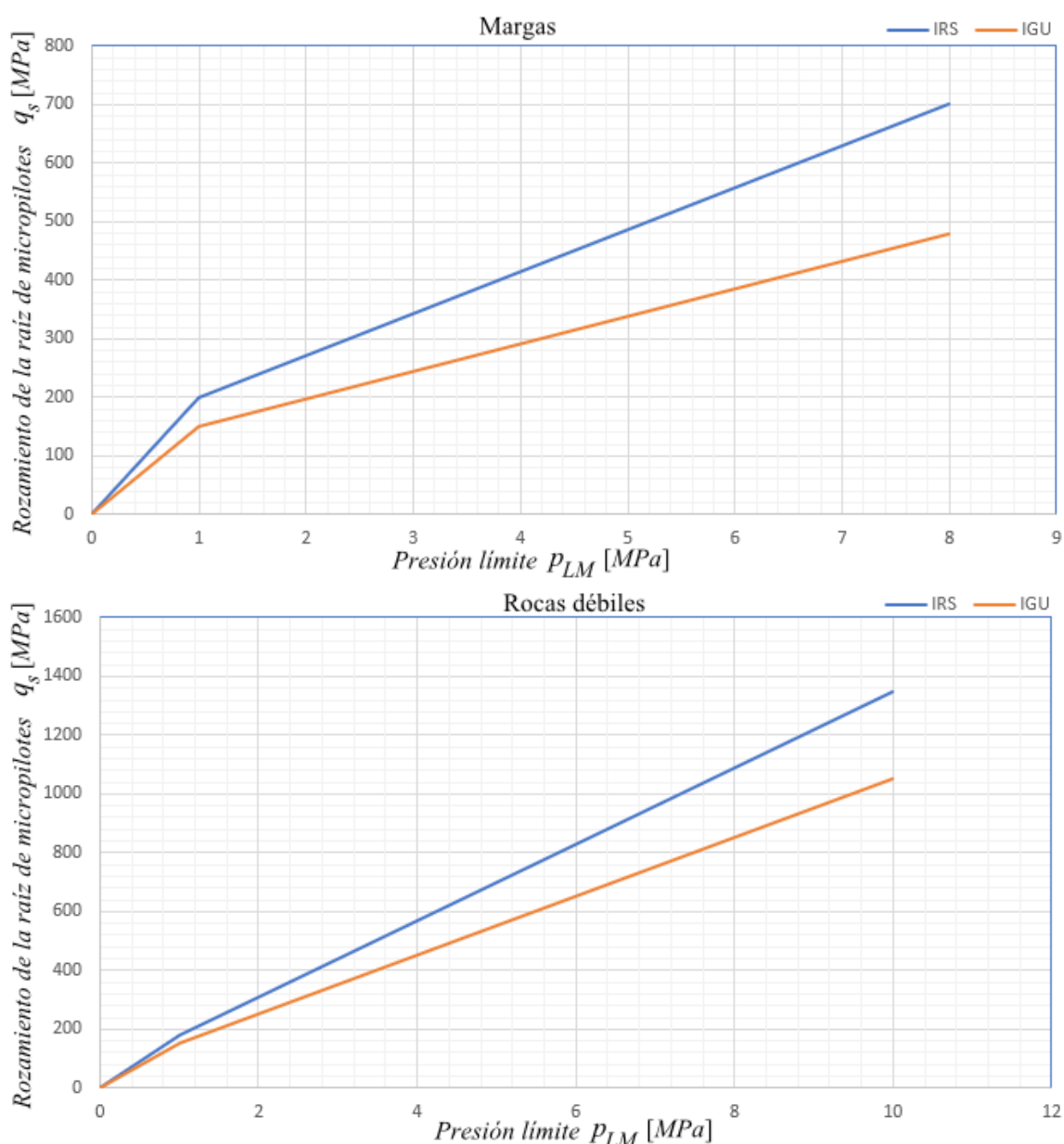
Rozamiento de la raíz del micropilote - gráficos

El análisis de la resistencia del eje de la raíz del micropilote R_s depende en gran medida del **tipo de inyección** de la raíz del micropilote. Las siguientes opciones de inyección se consideran en el programa:

- **IRS**: Inyección selectiva repetida de la raíz del micropilotes sobre la manga realizadas localmente (**Tube-à-Manchette**),
- **IGU**: inyección a presión global unificada (**Looped Tube Systems**).

Los siguientes gráficos para el análisis **de rozamiento de la raíz del micropilote** q_s [MPa] se construyen en el programa:





Los gráficos mostrados consideran en el eje horizontal la presión límite p_{LM} determinado a partir de las **prueba presiométrico (PMT)**. En el caso de los **ensayos SPT** se utilizan los mismos gráficos, pero la presión límite p_{LM} [MPa] se determina entonces como el **n-múltiplo** del número de golpes N para el intervalo de profundidad de penetración $d = 0,3$ m, es decir, SPT [$N / 0,3$ m]. Para los tipos de suelos individuales los valores de la presión límite p_{LM} según Menard son los siguientes:

- **arena, grava, limo y roca débil:** $p_{LM} = SPT / 20$.
- **arcillas:** $p_{LM} = SPT / 15$.

Por ejemplo, para el suelo arenoso y el valor de múltiples números de golpes $SPT = 120$ la presión límite está dada por $p_{LM} = SPT / 20 = 120 / 20 = 6,0$ MPa.

Luego, por ejemplo, para el suelo arcilloso y el valor de múltiples números de golpes $SPT = 30$ la presión límite está dada por $p_{LM} = SPT / 15 = 30 / 15 = 2,0$ MPa.

El eje vertical proporciona el valor de rozamiento de la raíz del micropilote q_s en función del valor de la presión límite p_{LM} y del tipo de inyección aplicada (**IRS** o **IGU**, respectivamente).

Ensayo de Campo

El programa "Estratigrafía" y algunos programas GEO5 utilizan como parámetros de entrada para el análisis estos tipos de **ensayos de campo**:

- **CPT - Prueba de penetración de cono** - programa "Pilote por CPT" y "Zapata por CPT"
- **DPT - Prueba de penetración dinámica**
- **SPT - Prueba de penetración estándar** - programa "Micropilote" y "Zapata por CPT"
- **PMT - Prueba presiométrica** - programas "Verificación de muros pantalla", "Pilote Anti-deslizante", "Micropilote" y "Spread footing CPT"
- **DMT - Prueba dilatométrica** - Programa "Zapata", "Pilote Anti-Deslizante" y "Verificación de muros pantalla"

CPT (Prueba de penetración por cono)

La **prueba de penetración por cono (CPT, CPTu)** se basa en el empuje de un cono de penetración con la ayuda del sistema de barras de penetración con velocidad constante de (20 - 25 mm/s) dentro del suelo. Durante la prueba de penetración, se registran los valores de la **resistencia del cono** q_c y el **rozamiento local** f_s , respectivamente. La resistencia del cono representa, en general, la resistencia contra la penetración de un cono de pico dentro de la tierra (subsuelo). El diámetro de la punta del cono de pico es típicamente en el intervalo de 25 - 50 mm.

La **resistencia de cono** q_c representa la relación de la fuerza medida en la punta del cono Q_c y el área de la proyección normal de la punta del cono A_c .

El **rozamiento local** f_s representa la relación de la fuerza medida en la manga de fricción F_s y el área de la piel A_s .

El resultado de la prueba de penetración por cono se representa en su distribución gráficamente.

Las pruebas de penetración por cono CPT sirven como parámetro de entrada para el análisis en el programa "Pilotes por CPT" y "Zapata por CPT" y para el modelado estratigráfico en el programa "Estratigrafía".

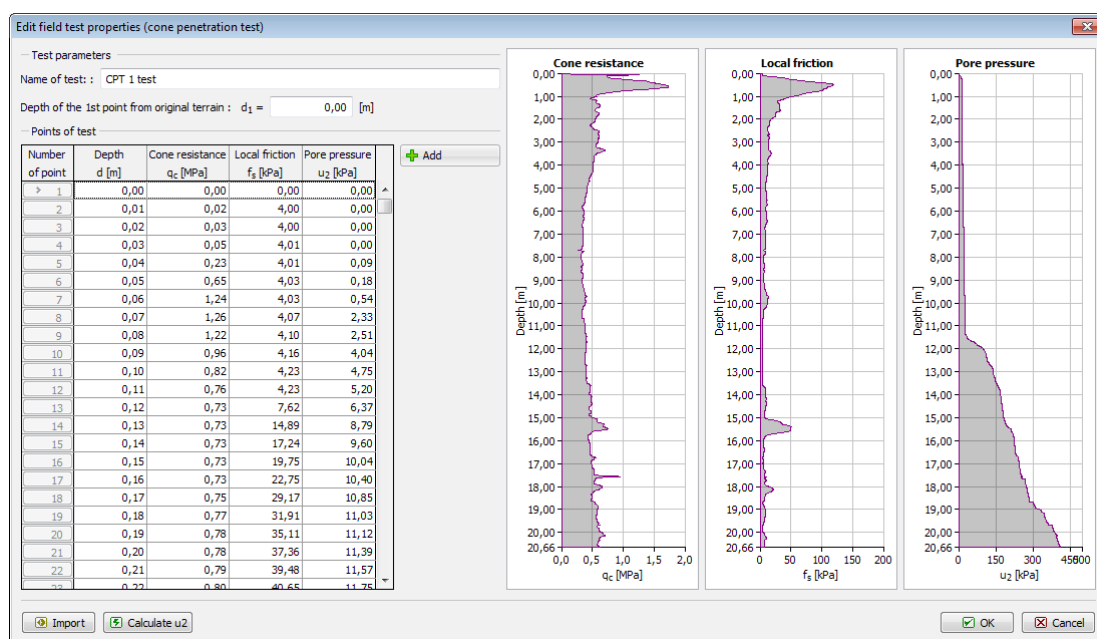
El CPT se puede **importar** al programa usando el botón "**Importar**". El procedimiento de importación de datos de tabla (*.txt) se describe más **aquí**.

El nombre de la prueba y la profundidad del primer punto del CPT se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". En el programa "**Estratigrafía**", se requiere la entrada de coordenadas x , y , z .

Los valores de la resistencia del cono medidos q_c se ingresan en la tabla.

Al calcular la capacidad portante de pilotes según la teoría de **Schmertmann**, se debe ingresar la fricción local f_s .

Al realizar la **clasificación de suelos**, se deben ingresar los valores de presión de poro u_2 . Si no se midió la presión de poro (CPTu), se puede calcular desde la entrada NF presionando el botón "**Calcular u2**".



Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

Bibliografía:

EN ISO 22476-1: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test, 2013.

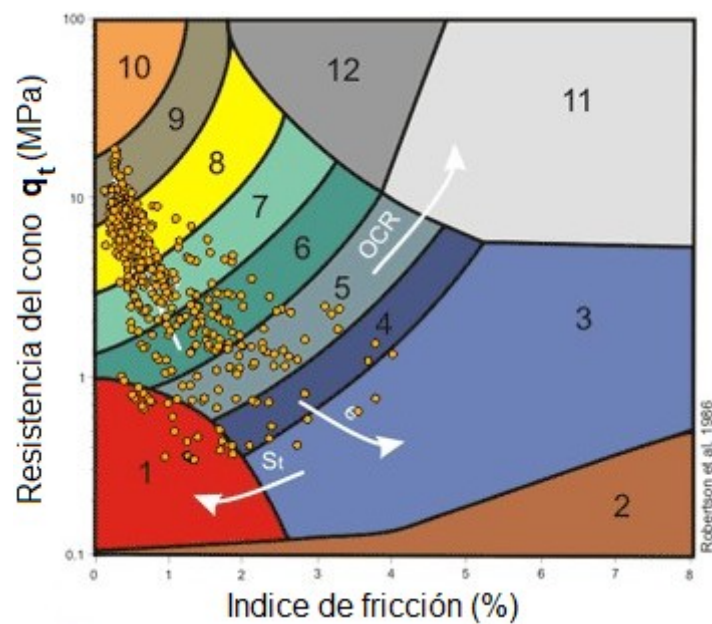
EN ISO 22476-12: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM), 2009.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

Clasificación de suelos según Robertson

Durante la clasificación de los suelos según Robertson (1986 o 2010) no es necesaria **ingresar** los parámetros de **suelos**, el programa realiza este paso automáticamente con la signación del **perfil** geológico. Por esta razón, la **evaluación** del **CPT** realizado es muy rápida y especialmente clara.

La clasificación de suelos según Robertson (1986 o 2010) se basa en los valores medidos de **resistencia a la penetración** q_c , **rozamiento local** f_s , y presión de poros u_2 , respectivamente. Basandose en el **valor corregido de la resistencia del cono** $q_t = q_c + u_2 * (1 - a)$, o la relación de porcentaje q_c/p_a y la relación de fricción $R_f = f_s/q_t$ el programa automáticamente realiza la asignación de tipo de comportamiento de los suelos (SBT), según los siguientes gráficos. p_a - presión atmosférica de = 100 kPa (= 1 tsf).

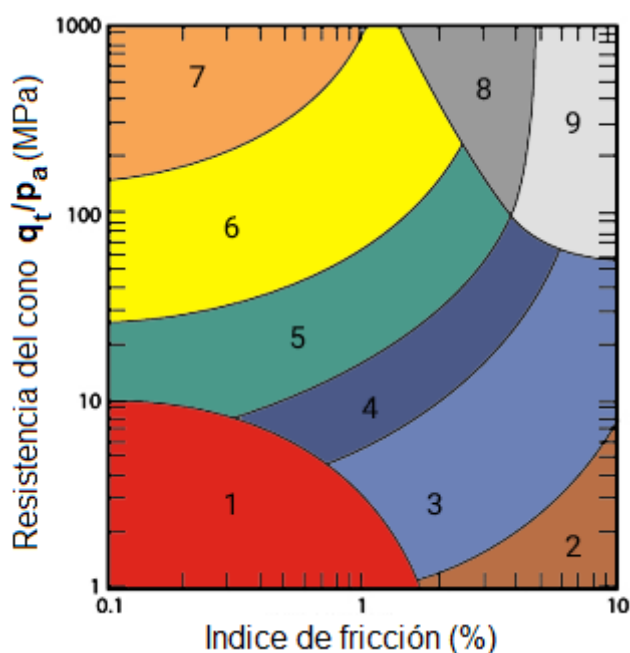


*CPT no normalizada Tipo de Comportamiento del suelo (SBT) capítulo según Robertson, 1986
(fuente: Robertson et al., 1986)*

Clasificación de suelos según Robertson, 1986 (fuente: Robertson et al., 1986)

Zona	Tipo de Comportamiento de Suelo (SBT)
1	Grano fino, sensible
2	Material Organico
3	Arcilla
4	Arcilla limosa a arcilla
5	Limo arcilloso a arcilla limosa
6	Limo arenoso a limo arcilloso
7	Arena limosa a limo arenoso
8	Arena a arena limosa
9	Arena
10	Arena grava a arena
11	Grano fino muy rígido *
12	Arena a arena arcillosa *

* Sobreconsolidados o el suelo cementado



*Tipo de Comportamiento del Suelo (SBT) No normalizado CPT según Robertson, 2010
(Fuente: [6], la Figura 21, pp 26)*

Clasificación se suelo según Robertson, 2010 (fuente: [6], Figura 21, pp. 26)

Zona	Tipo de Comportamiento de Suelo (SBT)
1	Grano fino, sensible
2	Suelo organico - arcilla
3	Arcilla - arcilla limosa a la arcilla
4	Mezcla de limos - limo arcilloso a arcilla limosa
5	Mezcla de arenas - arena limosa a limo arenoso
6	Arenas - arena limpia a arena limosa
7	Arena grava a arena densa
8	Arena muy rígido a arena arcillosa *
9	Grano fino muy rígido *

* Fuertemente sobreconsolidados o cementado

Una clasificación reciente de los suelos según Robertson (2010) contiene un número más pequeño de clases individuales de suelos que la clasificación original de 1986. Sin embargo la clasificación de los suelos según Robertson (2010), es ahora más exacto y más utilizan a nivel mundial.

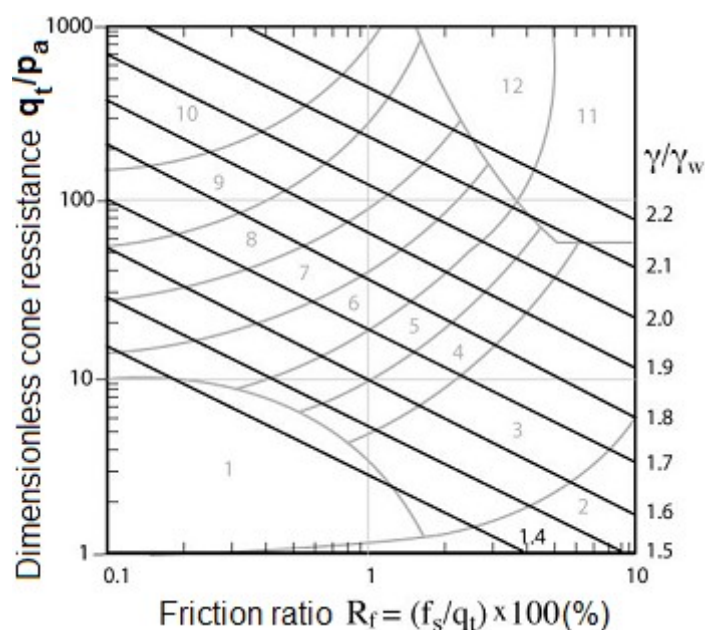
Si se elige la opción de "**calcular**" para el peso unitario del suelo en el cuadro de "**Clasificación de Suelos**" Entonces el **peso unitario del suelo** γ se determina mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\gamma}{\gamma_w} = 0,27 \left(\log R_f \right) + 0,36 \left(\log \frac{q_t}{p_a} \right) + 1,236$$

Donde: γ_w unidad de peso de agua (≈ 10) [kN/m^3]
 p_a presión atmosférica (≈ 100) [kPa]

$$R_f = \frac{f_s}{q_t} 100 \%$$

Donde: R_f relación de **fricción entre rozamiento y la resistencia de cono**



Peso unitario del suelo sin dimensionar γ/γ_w basado en pruebas CPT (fuente: [6], Figure 28, pp. 36)

La entrada del espesor de capas de suelo influye en el espesor mínimo de la capa *i-ésima* del suelo. En el caso de **cero capas del suelo** se asignan todas las capas de suelos dependiendo de la clasificación del suelo según Robertson (1,986 o 2,010) en el **perfil** geológico.

Al ingresar la con un **espesor mínimo distinto de cero de la capa**, a continuación, el número de capas de suelo se reduce en el **perfil** geológico. La disposición y el número de capas del suelo afecta a la capacidad portante vertical y asentamiento del **pilote** o la **zapata** investigados por el **CPT**.

Bibliografía:

[1] EN ISO 22476-1: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test, 2013.

[2] EN ISO 22476-12: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM), 2009.

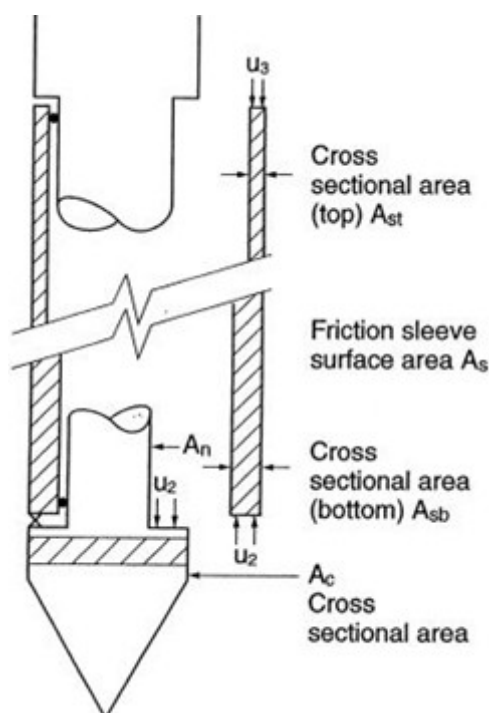
[3] Robertson, P. K.: Interpretation of Cone Penetration Tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 2009, No. 46, pp. 1337 – 1355.

[4] Robertson, P. K. and Cabal, K. L.: Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical

Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc., USA, 6th edition, 2014, 133 p.

Coeficiente de penetrometro (relación superficie neta)

Este **coeficiente** α [-] representa la **relación área neta** que se determina a partir de la medición en el laboratorio de calibración (el esfuerzo por eliminar los efectos adversos de la manga de fricción y de la punta del cono desigual). Los valores típicos de este coeficiente se encuentran en el intervalo de 0,7 a 0,85.



Efectos de área finales desiguales en la punta del cono y la manga de fricción (fuente: [6], la Figura 20, pp 22)

Bibliografía:

- [1] EN ISO 22476-1: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test, 2013.
- [2] EN ISO 22476-12: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM), 2009.
- [3] Robertson, P. K.: Interpretation of Cone Penetration Tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 2009, No. 46, pp. 1337 – 1355.
- [4] Robertson, P. K. and Cabal, K. L.: Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc., USA, 6th edition, 2014, 133 p.

Importar CTP

Los programas "**Pilote por CPT**", "**Zapata por CPT**" y "**Estratigrafía**" permiten importar ensayos CTP con formatos **GEF (*.gef)**, **CPT (*.cpt)**, **TXT (*.txt)** y **AGS (*.ags)**.

El cuadro "**Importar CPT**" contiene una tabla con la lista de ensayos importados. El listado

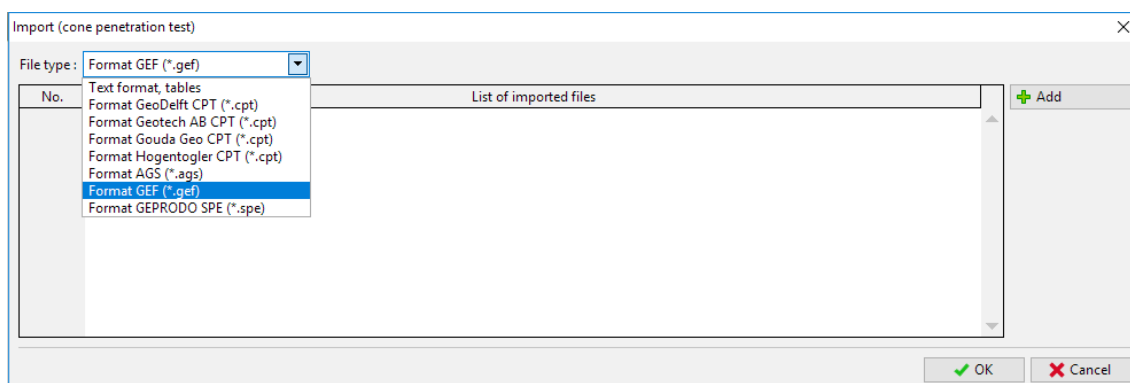
desplegable sirve para seleccionar el tipo de archivo y el sistema de unidades deseado.

- txt, *.xlsx, *.csv,** - texto general o formato de tabla
- *.ods**
- *.spe** - formato de datos utilizado en Republica Checa o Eslovaca, originalmente desde el software GeProDo
- *.cpt** - archivo de texto estándar particularmente para Holanda (utilizado, por ejemplo, en los programas Geodelft M-Serie), que sirve para ingresar elevaciones de puntos individuales y valores de resistencia a la penetración (puede contener más CPT)
- *.cpt** - archivo de texto Geotech AB CPT
- *.cpt** - archivo de texto Gouda Geo CPT
- *.cpt** - archivo de texto Hogentogler CPT
- *.gef** - GEF (Geotechnical Exchange Format) Es una estructura de lenguaje general para almacenar y transferir información geotécnica.
 más detalles en: <https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/GEF-CPT>
- *.ags** formato utilizado para la transferencia de información geotécnica en Gran Bretaña.
 más detalles en:
<http://www.agsdataformat.com/datatransferv4/intro.p>

Un **formato TXT** permite seleccionar un **sistema de unidades** particular para guardar datos del ensayo. Cuando importamos, el programa automáticamente convierte el sistema de unidades adoptado en alguno utilizado por el programa.

Para un correcto cálculo, el ensayo debe ser introducido en el cuerpo del suelo - Por lo que la ventana requiere la introducción de la **elevación del terreno original**. El ensayo particular es entonces introducido dentro del suelo según su elevación específica. Si no se proporciona la elevación, el origen del ensayo es automáticamente ubicado en el **terreno original**.

Si usted tiene su propio estándar sobre archivos de texto **CPT**, el cual no es soportado por el programa, comuníquese con nosotros vía email a **hotline@fine.cz**. Estaremos encantados de ponerlo en práctica en la próxima versión.



Cuadro "Importar" (prueba de penetración de cono)

DPT (Prueba de penetración dinámica)

El resultado de la **prueba de penetración dinámica (SPT)** es el número de golpes N , necesarios para penetrar un dispositivo de cono en el suelo o roca por un llamado **intervalo de profundidad de penetración**.

The **Interval of penetration depth** differs according to the type of dynamic probe test:

El **intervalo de profundidad de penetración** difiere según el tipo de prueba de sonda dinámica:

- **DPL** – sondeo dinámico ligero
- **DPM** – sondeo dinámico medio
- **DPH** – sondeo dinámico pesado
- **DPSH - A** – sondeo dinámico muy pesado
- **DPSH - B** – sondeo dinámico muy pesado

El intervalo de profundidad de penetración es de 100 *mm* para **DPL**, **DPM** y **DPH** y 100 o 200 *mm* para pruebas **DPSH - A** o **DPSH - B**.

El **momento de torsión** necesario para la rotación en **1,5 vueltas** o para alcanzar su valor máximo también se debe registrarse y escribirse al menos después de cada 1,0 *m* de prueba. Este valor sirve para la eliminación de la fricción de corte.

El resultado de DPT es su proceso trazado como un gráfico. La evaluación de DPTs se usa como parámetros de entrada para el modelado estratigráfico en el programa "**Estratigrafía**".

El resultado de los DPTs se puede **importar** al programa usando el botón "**Importar**" como datos .txt.

El nombre de la prueba y la profundidad del primer punto del DPT se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". En el programa "**Estratigrafía**", se requiere la entrada de coordenadas x , y , z . La **cantidad de golpes** y momento se ingresa en la tabla.

New field test (dynamic probing test)

— Test parameters —

Name of test : DPT 1

Coordinates : x = 12,30 [m] y = 5,60 [m]

Height : automatically on terrain z = [m]

Depth of the 1st point from original terrain : d₁ = 0,00 [m]

☒ Field test generates test profile

— DPT parameters —

Interval of the penetration depth : d_{int} = 0,10 [m]

— Points of test —

Number of point	Depth d [m]	Blow count [n / 0,10 m]	Moment M [Nm]
1	0,00	5,0	
2	0,10	6,0	
3	0,20	8,0	
4	0,30	9,0	
5	0,40	9,0	
6	0,50	10,0	
7	0,60	10,0	
8	0,70	16,0	
9	0,80	16,0	
10	0,90	19,0	
11	1,00	16,0	240,00
12	1,10	4,0	
13	1,20	21,0	
14	1,30	25,0	
15	1,40	25,0	
16	1,50	25,0	
17	1,60	18,0	

+ Add

Log data >>

Blow count

Depth [m]

0,00 0,09 0,18 0,27 0,36 0,45 0,54 0,63 0,72 0,81 0,90 0,99 1,08 1,17 1,26 1,35 1,44 1,53 1,60

0,0 7,5 15,0 22,5 30,0

[m] [-]

Print log Import + Add + Close + Add X Cancel

Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

Bibliografía:

EN ISO 22476-3: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 2: Dynamic probing test, 2005.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

SPT (Prueba de penetración estándar)

El resultado de la **prueba de penetración estándar (SPT)** es el número de golpes N (resistencia a la penetración), necesarios para penetrar un dispositivo de muestreo en el suelo o en la roca mediante el llamado **Intervalo de profundidad de penetración** 0,3 m (1 ft).

El número de golpes N , medidos durante la prueba SPT está correlacionada por la razón de varios dispositivos de ensayo y por la influencia del peso de la sobrecarga en las arenas. El

valor **corregido** (correlacionado) N_{60} **se utiliza en los cálculos.**

Número correlativo de golpes N_{60} Se calcula según esta ecuación:

$$N_{60} = \frac{E_r}{60} C_N \lambda N$$

Donde:

- E_r -Relación energética del dispositivo de prueba [%]
- N -Número de golpes medidos durante la prueba SPT [-/0.3m]
- C_N -Correlación para el tensión vertical [-]
- λ -Correlación del usuario [-]

Relación energética del dispositivo de prueba E_r representa la relación de la energía real E_{meas} y la energía calculada E_{theor} del pistón. No es necesario utilizar una correlación para un dispositivo SPT estándar (Mohr), porque la eficiencia de su máquina es del 60% y se realiza la correlación a este valor (se usan los valores medidos durante la prueba SPT).

La correlación C_N para un esfuerzo vertical σ'_v - representa la influencia del peso de la sobrecarga en las arenas. Los valores del factor de corrección de C_N superiores a 1,5 no deben utilizarse (según recomendaciones de EN ISO 22476-3).

Tabla de construcciones con diferentes tipos de correlaciones

Tipo	Tipo de consolidación	Relative compactness l_p [%]	Correlation factor C_N
Tipo 1 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)	Normalmente consolidado	40 - 60	$C_N = \frac{200}{100 + \sigma'_v}$
Tipo 2 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)		60 - 80	$C_N = \frac{300}{200 + \sigma'_v}$
Tipo 3 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)	Sobre-consolidado	-	$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_v}$
Tipo 4 - EN ISO 22476-3	Arenas normalmente consolidadas	-	$C_N = \sqrt{\frac{98}{\sigma'_v}}$
Tipo 5 - FHWA (1998), Peck (1974)	-	-	$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_v}\right)^{0,4}$

Donde: σ'_v - Tensión efectiva normal

Correlación de usuario λ [-] - representa la pérdida de energía debido a la longitud del sistema de barras, El impacto del diámetro del pozo o la influencia del dispositivo de muestreo.

El resultado de la prueba **SPT** es su distribución representada graficamente. La evaluación de las pruebas de penetración estándar sirven como parámetro de entrada para el análisis en el programa "Micropilotes" y "Zapata por CPT" y para el modelado estratigráfico en el programa

"Estratigrafía"

El resultado de SPT se puede **importar** al programa usando el botón "**Importar**" como datos .txt.

El nombre de la prueba y la profundidad del primer punto del SPT se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". En el programa "Estratigrafía", se requiere la entrada de coordenadas x , y , z .

La **cantidad de golpes** se ingresa en la tabla.

Nuevo ensayo de campo (prueba de penetración estándar)

— Parámetros de ensayo de campo

Nombre de la prueba:

Altura:

Prof. del 1er punto desde el T.O.: $d_1 =$ [m]

— Parámetros SPT

Relación energética de la máquina de prueba: $E_r =$ [-]

Correlación de tensión vertical - determinación C_N :

Otra correlación:

— Puntos de prueba

Número de punto	Profundidad d [m]	Número de golpes [n / 0,30 m]	Nombre de muestra [-]
1	0,00	0	
2	0,30	1	
3	0,60	18	
4	0,90	12	
5	1,20	23	
6	1,50	46	
7	1,80	43	
8	2,10	19	
9	2,40	21	
10	2,70	21	
11	3,00	13	
12	3,30	11	
13	3,60	16	
14	3,90	15	
15	4,20	19	

Número de golpes

Profundidad [m]

[n / 0,30 m]

Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

Bibliografía:

EN ISO 22476-3: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 3: Standard penetration test, 2005.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

PMT (Prueba Presiométrica)

La **prueba presiométrica (PMT)** consiste en sonda presiométrica colocada en el suelo testado y gradualmente llenado con agua. La inflamación posterior de suelo o roca alrededor del agujero se determina como una dependencia del volumen medido de agua en el incremento de presión que aumenta gradualmente en intervalos de tiempo definidos previamente.

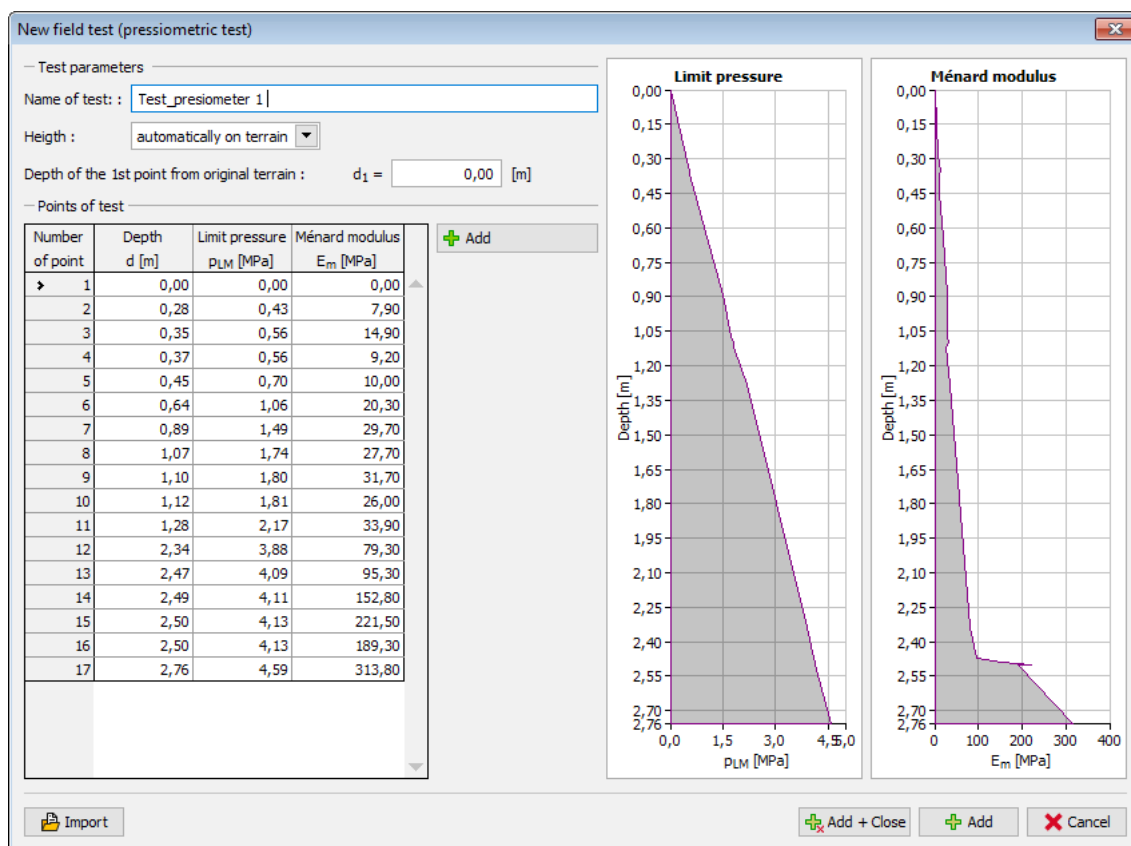
La prueba de presiómetro proporciona los siguientes parámetros como una función de la profundidad:

- **Módulo Presiométrico (Menard) E_m** - se obtiene a partir de la prueba de presiómetro y depende del tipo de **cobertura de la sonda** (mango de goma, entubado perforado)
- **Presión límite p_{LM}** - representa un incremento de presión del agua en la sonda de prueba en función de la variación del volumen de suelo o roca, respectivamente

El resultado de la prueba presiométrica es su distribución representada gráficamente. La evaluación de la prueba presiométrica (PMT) sirve como parámetro de entrada para los análisis en los programas "Verificación de Muros Pantalla", "Pilote Anti-Deslizante", "Micropilote" y "Spread Footing CPT", y para el modelado estratigráfico en el programa "Estratigrafía".

Los resultados del PMT se puede **importar** al programa usando el botón "**Importar**" como datos .txt. El nombre de la prueba y la profundidad del primer punto del PMT se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". En el programa "Estratigrafía", se requiere la entrada de coordenadas x , y , z .

La presión límite p_{LM} y el módulo Menard E_m se ingresan en la tabla.



Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

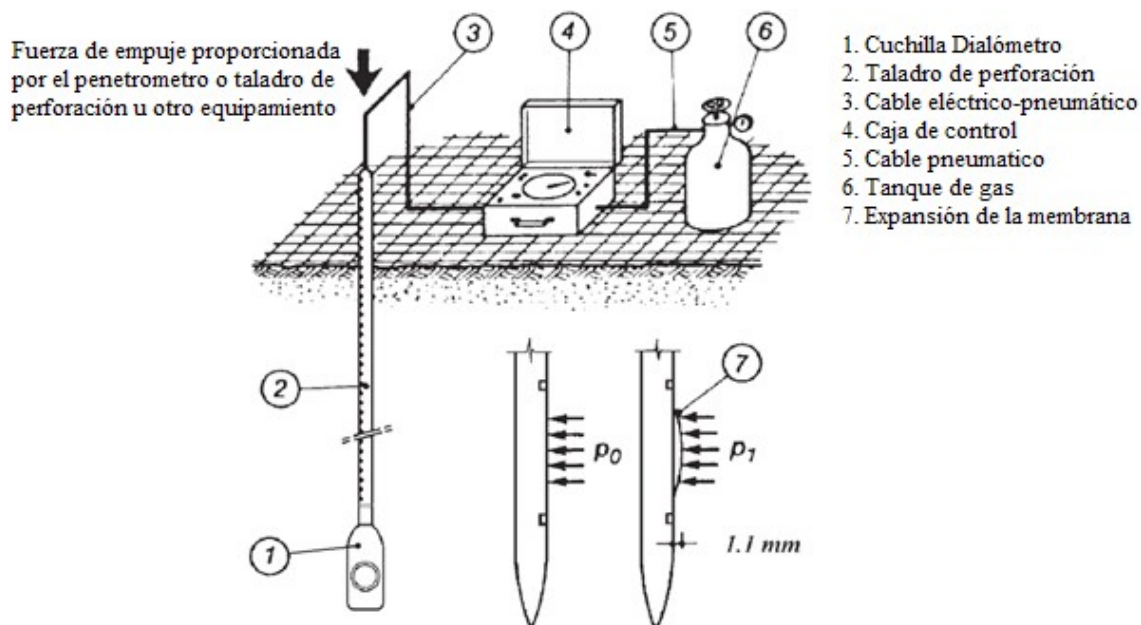
Bibliografía:

EN ISO 22476-4: Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 4: Menard pressuremeter test, 2005.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

DMT (Prueba dilatométrica)

La **prueba dilatométrica (DMT)** se lleva a cabo mediante el uso de un dilatómetro, que opera sobre el principio con valores de verificación mediante el uso de los desplazamientos de los sensores inductivos (con una sensibilidad de hasta 0,001 mm). La ventaja de estas pruebas es una descripción más precisa del desplazamiento y la deformación del suelo de fundación.



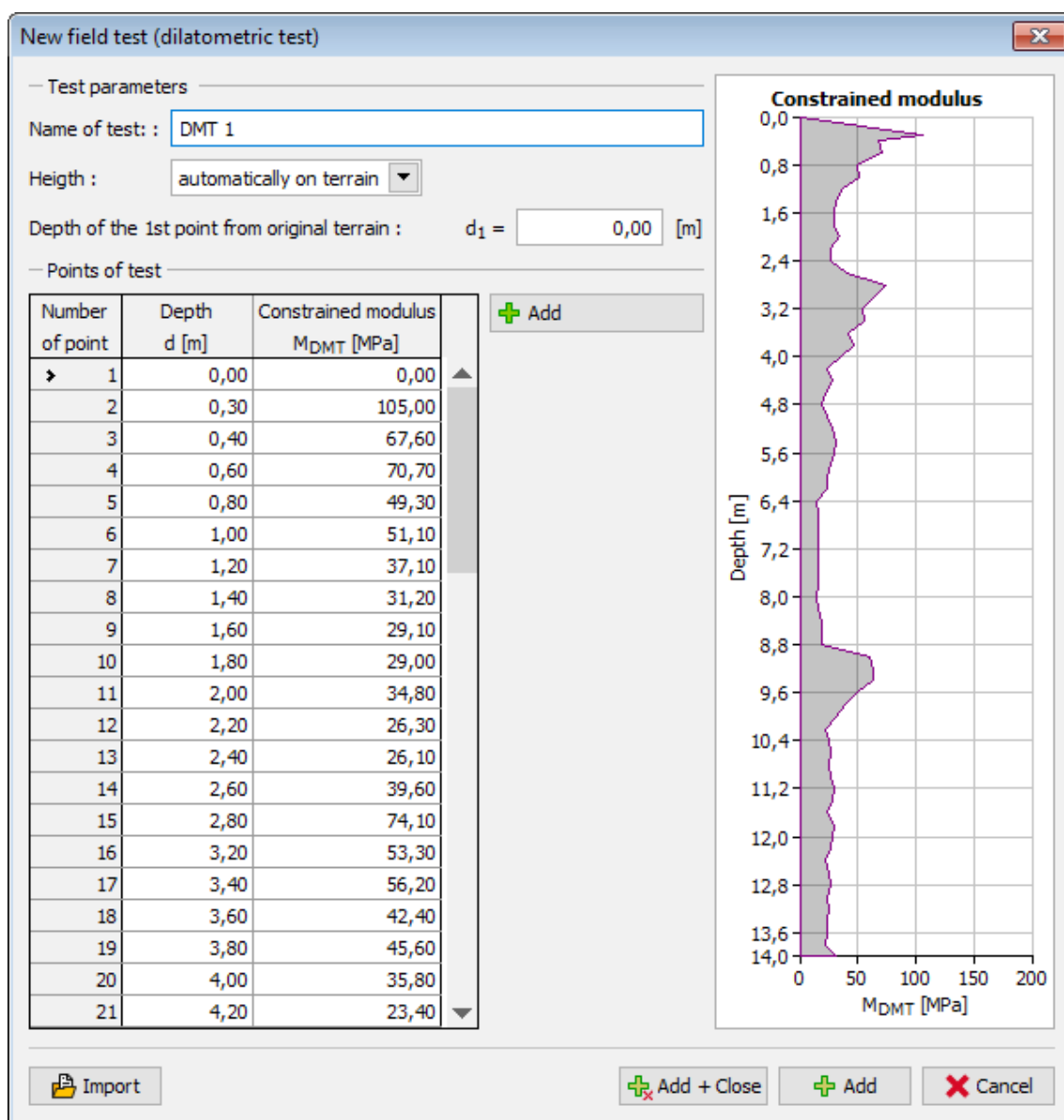
Disposición General de Prueba Dilatómetra (fuente: [1], la Figura 2, pp 10)

El resultado de la prueba dilatométrica es su proceso de trazado en forma de gráfico. La evaluación de las pruebas dilatométricas (DMT) se utilizan como parámetros de entrada para los análisis en el programa "Zapata", "Verificación de Muros Pantalla" y el programa "Pilote Anti-Deslizante" y para el modelado estratigráfico en el programa "Estratigrafía".

Los resultados de la prueba dilatométrica (DMT) se importan en el programa insertando el archivo en formato **UNI (* .uni)**. Es una **estandarización y formato universal** para la importación de los datos medidos obtenidos de pruebas dilatométricas, que se utiliza en el mundo.

El nombre de la prueba y la profundidad del primer punto del DMT se ingresan en el cuadro de diálogo "**Nuevo ensayo de campo**". En el programa "Estratigrafía", se requiere la entrada de coordenadas x , y , z .

El **módulo de suelo restringido** M_{DMT} se ingresa en la tabla.



Cuadro "Nuevo ensayo de campo"

Bibliografía:

Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. & Calabrese, M.: *The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC16, University of L'Aquila, Italy, 2001, 48 p.*

Roy E. Hunt: *Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)*

EN ISO 22476-11: *Geotechnical investigation and testing - Field testing. Part 11: Flat dilatometer test*

Análisis de asientos

Uno de los siguientes métodos está disponible para el cálculo de asientos:

- utilizando el **módulo edométrico**
- utilizando el **constante de compresión**
- utilizando el **índice de compresión**
- según **NEN (Buismann, Ladde)**
- utilizando el **modelo de suelo blanco**
- utilizando la **teoría de Janbu**
- utilizando **DMT (módulo de suelo restringido)**

El programa ofrece dos opciones para limitar la profundidad de la zona de influencia:

- explotando la **teoría de resistencia estructural**
- utilizando el porcentaje de la **magnitud de tensión geo-estática**

La teoría de elasticidad (Teoría de Boussinesq) utiliza para determinar la **tensión en el suelo**, etapas en todos los métodos disponibles para el análisis de asientos.

Las **teorías generales de análisis de asientos** sirven como base en todos los demás métodos.

Cuando calculamos asentamientos debajo del **fondo de la zapata**, el programa primero calcula la tensión en el fondo de la zapata y luego determina el **asentamiento global y la rotación de la cimentación**.

El principal enfoque en todas las teorías se basa en subdividir el subsuelo en capas con diferentes espesores, según la profundidad debajo del fondo de la zapata o de la superficie terrestre. Luego se calculan las deformaciones verticales de cada capa – y por último se define el asiento total como la suma parcial de los asientos de las distintas capas dentro de la zona de influencia. (Las deformaciones bajo la zona de influencia son nulas o no se consideran):

$$s = \sum \Delta s_i$$

Donde:

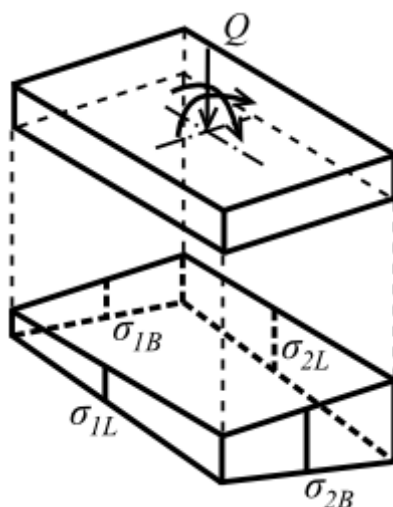
s	-	Asentamiento
s_i	-	Asentamiento de la capa i^{th}

Tensión en el fondo de la zapata

Se puede asumir como:

- **Rectangular** (uniforme en el fondo de la zapata)
- **General** (trapezoidal) con valores extremos diferentes

La distribución general de la tensión sigue la siguiente figura:



Tensión en el fondo de la zapata

Donde:

$$\sigma_{1B,z} = \frac{Q}{l.b} \pm \frac{Q.e_b}{W_b}$$

$$e_b = \frac{M_x + H_y.t + N.p_x}{Q}$$

$$W_b = \frac{1}{6}.l.b^2$$

$$\sigma_{1L,z} = \frac{Q}{l.b} \pm \frac{Q.e_t}{W_t}$$

$$e_t = \frac{-M_y + H_x.t + N.p_y}{Q}$$

$$W_t = \frac{1}{6}.l.b^2$$

Donde:

- Q - Carga vertical en la zapata
- l, b - Ancho y alto de la zapata
- e_b - Carga de excentricidad
- M - Momento activo en la zapata
- H - Fuerza horizontal
- N - Fuerza normal en la zapata excéntrica
- p - Eje de la columna desplazado del centro de la zapata

Si en algún punto, la tensión se vuelve negativa, el programa continúa ajustando las dimensiones $b \times l$ mientras excluye la tensión del análisis. Antes de calcular la distribución de la tensión debido a la sobrecarga la tensión en el fondo de la zapata se reduce por la tensión geoestática de la siguiente forma:

$$\sigma_{ol} = \max(\sigma_{ol} - \sigma_{or,sp}; 0)$$

El programa presenta tres opciones para especificar la tensión geoestática en el fondo de la zapata:

- **Desde el suelo original** Se considera si: el fondo de la zapata en el pozo abierto medido desde el suelo original, es libre de tensión por un tiempo menor al que se necesita para un suelo granel y la consiguiente pérdida de tensión en el subsuelo.
- **Desde el suelo final** Se aplica la misma hipótesis.
- **No se considera**

Asentamiento global y rotación de cimentación

El asiento de cimentación es sustancialmente influenciado por la rigidez global del sistema representado por la estructura de cimentación y el suelo de cimentación dado por:

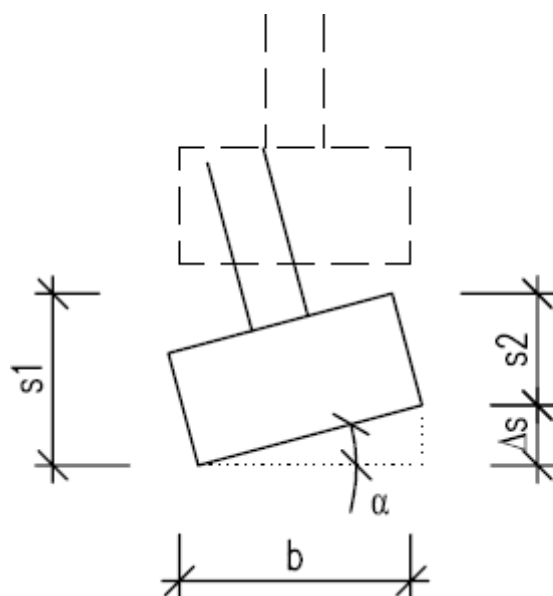
$$k = \frac{E_{basic} \cdot t^3}{E_{def, av} \cdot l^3}$$

donde:	E_{basic}	Módulo de elasticidad de la zapata
	t	Espesor de la cimentación
	$E_{def, av}$	Promedio ponderado de la deformación del módulo hasta la profundidad de la zona de influencia
	l	Dimensión de la zapata en la dirección de la rigidez buscada

Para $k > 1$ la cimentación se asume como rígida; y como un punto representativo para la determinación del asiento, se asume el **punto característico** (distante 0,37 veces la dimensión de la cimentación de su eje)

Para $k < 1$ la cimentación se asume como rígida; y como un punto representativo para la determinación del asiento, se asume el **punto central de la cimentación**.

La **rotación de la cimentación** se determina por la diferencia de asientos de los centros de los extremos individuales.



$$\Delta s = s_1 - s_2$$

$$rotation = \frac{\Delta s}{b} (\tan^* 1000)$$

$$\alpha = \arctan \frac{\Delta s}{b} [\text{deg}]$$

Rotación de una zapata – cálculo principal

Influencia de la profundidad de la cimentación y subsuelo incompresible

Cuando calculamos asientos es posible darse cuenta de la **influencia de la profundidad de**

cimentación introduciendo el coeficiente de reducción κ_1 :

Para zapata corrida:

$$\kappa_1 = 1 + 0,61 \cdot \arctg \frac{d}{z}$$

Para zapata continua:

$$\kappa_1 = 1 + 0,35 \cdot \arctg \left(1,55 \cdot \frac{d}{z} \right)$$

Donde: d - Profundidad del fondo de la zapata
 z - Profundidad debajo del fondo de la zapata

La influencia de la capa incompresible se introduce en el análisis por la reducción del coeficiente κ_2 :

$$\kappa_2 = 1 - e^{\left(\frac{z_{ic}}{z} \cdot \ln 0,25 + \ln 0,8 \right)}$$

Donde: z_{ic} - Profundidad en la base rígida debajo del fondo de la zapata
 z - Profundidad debajo del fondo de la zapata

La incorporación por encima de los coeficientes, permite la **transformación** de la componente vertical de la tensión σ_z de tal forma que la profundidad actual sea reemplazada por un **valor sustituto** z_r dado por:

$$z_r = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot z$$

Donde: κ_1 - Coeficiente de profundidad del fondo de la zapata
 κ_2 - Coeficiente de la base rígida
 z - Profundidad debajo del fondo de la zapata

Influencia del colchón de arena-gravel

Si el colchón de arena-gravel se especifica debajo de la zapata, los parámetros de material X en las distintas capas se calculan de la siguiente forma:

Para la capa $h_{a,i}$:

$$X_i < X_c$$

Donde: X_i - Parámetros de material en la capa i^{th}
 X_c - Parámetros de material del colchón arena-gravel

Para la capa $h_{b,i}$:

$$X_i = \frac{(A_i - A_c) \cdot X_c + A_i \cdot X_c}{A_i}$$

$$A_i = b_i \cdot l_i$$

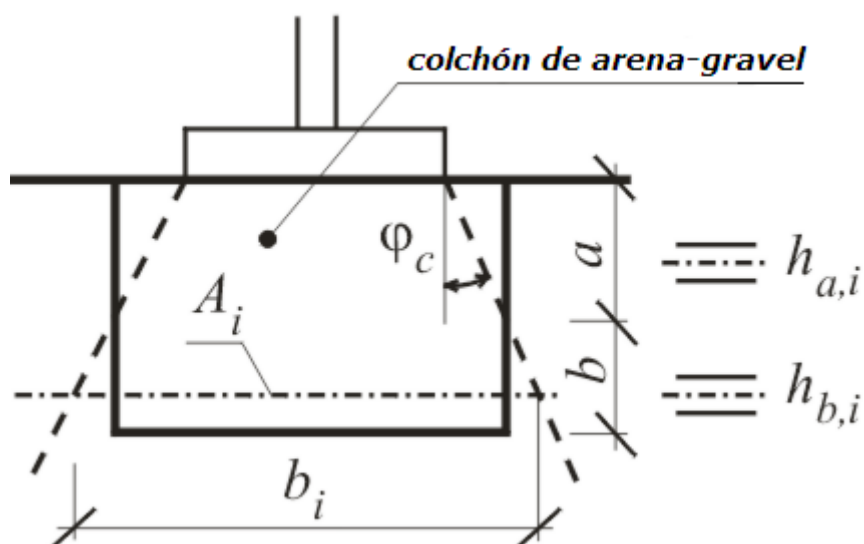
Donde: A_c - Área del colchón arena-gravel

X_c - Parámetros de material del colchón arena-gravel

$X_{b,i}$ - Parámetros de material en la capa b,i

b_i - Ancho del colchón en la capa i^{th}

l_i - Largo del colchón en la capa i^{th}



Análisis X_i en el colchón arena-gravel

Análisis utilizando el módulo edométrico

La ecuación para calcular la compresión sobre una capa de suelo i^{th} debajo de la cimentación, teniendo el espesor h_i , surge de la definición del **módulo de deformación** E_{oed} :

$$s_i = \sum \frac{\sigma_{z,i} \cdot h_i}{E_{oed,i}}$$

Donde: $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de tensión incremental en el medio de la capa i^{th}

h_i - Espesor en la capa i^{th}

$E_{oed,i}$ - Módulo edométrico de la capa i^{th}

El módulo edométrico E_{oed} puede ser especificado por cada suelo incluso como constante o con la ayuda de una **curva edométrica** (relación σ_{ef}/ϵ). Cuando utilizamos la curva edométrica el programa asume para cada capa el valor de E_{oed} correspondiente a un rango determinado de tensión original y final. Si el valor del módulo edométrico no está disponible, es posible introducir el módulo de deformación E_{def} y el programa lleva a cabo la transformación respectiva.

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

Donde:

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$$

Donde: ν - Coeficiente de Poisson
 E_{def} - Módulo de deformación

Análisis utilizando la constante de compresión

La ecuación para calcular la compresión sobre una capa de suelo i^{th} debajo de la cimentación teniendo el espesor h_i , surge de la definición de la **constante de compresión** C_i :

$$s = \frac{h_i}{C_i} \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

where: $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la capa i^{th}
 $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
 h_i - Espesor de la capa i^{th}
 C_i - Constante de compresión en la capa i^{th}

El programa permite introducir tanto la constante de compresión C_i como la **constante de compresión** C_{10} (El programa por si mismo lleva a cabo la transformación).

Análisis utilizando el índice de compresión

La ecuación para asentamientos cuando empleamos el **índice de compresión** C_c de la capa i^{th} , surge de la fórmula:

$$s_i = C_{c,i} \frac{h_i}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

donde: $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la capa i^{th}
 $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión.
 e_0 - Índice de vacío original
 h_i - Espesor de la capa i^{th}
 $C_{c,i}$ - Índice de compresión en la capa i^{th}

Análisis según NEN (Buismann, Ladd)

Este método calcula el asiento primario y secundario. Cuando calculamos estos métodos se tienen suelos sobre-consolidados y diferencias entre dos posibles casos:

- Suma la tensión efectiva vertical actual en un suelo y si la tensión debido a sobrecargas externas es menor a la presión pre consolidada, solo se considera una sobrecarga adicional.
- Suma la tensión efectiva vertical actual en un suelo y la tensión debido a sobrecargas externas es mayor a la presión pre consolidada, entonces la consolidación primaria se establece nuevamente. El asentamiento primario es entonces mayor en comparación con el primer caso.

Asentamiento primario

El asentamiento primario sobre la capa i^{th} de un suelo sobre-consolidado ($OCR > 1$) viene dado por: $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$ (suma la tensión vertical actual y su incremento es menor al de la presión pre consolidada):

$$s_i = C_{r,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

Por: $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$ (suma la tensión vertical actual y su incremento es mayor al de la presión pre consolidada):

$$s_i = C_{r,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{or,i}} + C_{c,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{p,i}}$$

- Donde:
- $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la capa i^{th}
 - $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
 - $\sigma_{p,i}$ - Presión de pre consolidación en la capa i^{th}
 - e_0 - Índice de vacío original
 - h_i - Espesor de la capa i^{th}
 - $C_{c,i}$ - Índice de compresión en la capa i^{th}
 - $C_{r,i}$ - Índice de recompresión en la capa i^{th}

El asentamiento primario sobre la capa i^{th} de un suelo normalmente consolidado ($OCR = 1$) viene dado por:

$$s_i = C_{c,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- Donde:
- $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la capa i^{th}
 - $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión

- e_o - Índice de vacío original
 h_i - Espesor de la capa i^{th}
 $C_{c,i}$ - Índice de compresión en la capa i^{th}

Asentamiento secundario

El asentamiento secundario sobre la capa i^{th} se asume:

Para: $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$ (suma de la tensión vertical actual y su incremento es menor al de la presión pre consolidada):

$$s_{i,d} = C_{ar,i} \cdot h_i \cdot \left(\log \frac{t_s}{t_p} \right)$$

Para $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$ (suma de la tensión vertical actual y su incremento es mayor al de la presión pre consolidada):

$$s_{i,d} = C_{\alpha,i} \cdot h_i \cdot \left(\log \frac{t_s}{t_p} \right)$$

- Donde:
- h_i - Espesor de la capa i^{th}
 - $C_{ar,i}$ - Índice de compresión secundaria debajo de la presión de pre consolidación de la capa i^{th}
 - C_{α} - Índice para la compresión secundaria en la capa i^{th}
 - t_p - Tiempo para finalizar la consolidación primaria
 - t_s - Tiempo requerido para la consolidación secundaria

Si especificamos el valor del índice de pre consolidación de la compresión secundaria igual que el índice de compresión secundaria, el programa no tiene en cuenta en el cálculo del asentamiento secundario, el efecto de la presión de pre consolidación.

Bibliografía:

Netherlandish standard NEN6740, 1991, Geotechniek TGB1990 Basisen en belastingen, Nederlands normalisatie-Institut

Análisis utilizando el modelo de suelo blando

El análisis emplea el índice de compresión modificada λ , y se basa en el modelo elástico-plástico de suelo blando desarrollado en la universidad de Cambridge. La deformación del suelo asume la tensión volumétrica como linealmente dependiente al cambio de tensión media efectiva representada en la escala logarítmica natural. El asentamiento de la capa i^{th} viene dada por:

$$s_i = \lambda_i \cdot h_i \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- Donde: $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la

capa i^{th} $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión h_i - Espesor de la capa i^{th} λ - Índice de compresión modificada en la capa i^{th}

El análisis requiere introducir el índice de compresión modificado λ normalmente obtenido de mediciones de laboratorio.

Si el índice de compresión modificado λ , no se conoce, es posible especificar el **índice de compresión C_C junto con el valor promedio del índice de vacío e** (si este tampoco se conoce, es suficiente con el valor del índice de vacío original e_o) y el programa luego realiza un cálculo aproximado del índice de compresión modificado λ utilizando la información disponible.

Bibliografía:

Burland J.B. *The yielding and dilatation of clay (correspondence)*, *Géotechnique*, 15 (2), 1965, str. 211-214

Análisis según la teoría de Janbu

Se basa en el principio de deformación elástico no lineal, donde la relación tensión-deformación se describe por los parámetros una función de dos dimensiones para un suelo determinado. Los parámetros son: el **exponente j** y el **módulo Janbu m** . Las ecuaciones que describen el asentamiento se obtienen especificando ε desde la definición del módulo de deformación E_t y por su integración subsecuente. El programa le permite al usuario el cálculo de asientos para los siguientes tipos de suelos:

- Suelos no cohesivos
- Suelo de grano áspero
- Arena y limos
- Arena y limos sobre - consolidados
- Suelos cohesivos
- Suelos cohesivos sobre - consolidados

Bibliografía:

Method of settlement computation for various types of soils, *Soil Mechanics and foundation engineering*, Springer, 7 (3), 1970, str, 201-206.

Análisis para suelos no cohesivos luego de Janbu

Para suelos no cohesivos el exponente de tensión no es nulo. Para subsuelos divididos en capas, el asiento resultante es igual a la suma de los asientos parciales de las distintas capas:

$$s_i = \frac{h_i}{m_i \cdot j_i} \left[\left(\frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{100} \right)^j - \left(\frac{\sigma_{or,i}}{100} \right)^j \right]$$

Donde: $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geoestática original en el medio de la

- capa i^{th}
- $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
- j_i - Exponente de tensión en la capa i^{th}
- m_i - Módulo de Janbu en la capa i^{th}
- h_i - Espesor de la capa i^{th}

Análisis para suelos de grano-áspero luego de Janbu

Para suelos de grano áspero denso, (ej.: suelo de hielo) la relación tensión-deformación (asentamiento) se asume normalmente como "elástica", es decir, el exponente de la tensión j es nulo. Así para $j = 1$ y para la tensión de referencia $\sigma_r = 100 \text{ kPa}$, el resultado del asiento es igual a la suma de los asientos parciales de las distintas capas.

$$s_i = \frac{h_i}{100 \cdot m_i} \cdot (\sigma_{z,i})$$

- Donde: $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión. Es decir cambios de tensión efectiva
- m_i - Módulo de Janbu en la capa i^{th}
- h_i - Espesor de la capa i^{th}

Análisis para arena y limo luego de Janbu

Para arena y limo el exponente de la tensión j toma un valor alrededor de 0,5; para la tensión de referencia $\sigma_r = 100 \text{ kPa}$, el resultado del asiento es igual a la suma de los asientos parciales de las distintas capas. Esto se puede derivar de la siguiente fórmula:

$$s_i = \frac{h_i}{5 \cdot m_i} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}} \right)$$

- Donde: $\sigma_{or,i}$ Componente vertical de la tensión geostática original en el medio de la capa i^{th}
- $\sigma_{z,i}$ Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
- m_i Módulo de Janbu en la capa i^{th}
- h_i Espesor de la capa i^{th}

Análisis para arenas y limos sobre-consolidados luego de Janbu

Proporcionando la tensión final en un suelo excedido de presión pre consolidada ($\sigma_{or} + \sigma_z >$

σ_p), el asiento del suelo en capas se encuentra en la siguiente ecuación:

$$s_i = \frac{h_i}{5.m_{r,i}} \cdot (\sqrt{\sigma_{p,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}}) + \frac{h_i}{5.m_i} \cdot (\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{p,i}})$$

- Donde:
- $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geoestática original en el medio de la capa i^{th}
 - $\sigma_{p,i}$ - Presión de pre consolidación en la capa i^{th}
 - $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
 - m_i - **Módulo de Janbu** en la capa i^{th}
 - $m_{r,i}$ - Módulo Janbu de recompresión en la capa i^{th} layer
 - h_i - Espesor de la capa i^{th}

Si la tensión debido a sobrecargas no provoca que la tensión final exceda la presión pre consolidada ($\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$), es posible asumir la siguiente forma de ecuación para el cálculo de asentamiento en subsuelos con capas de arena o limo:

$$s_i = \frac{h_i}{5.m_{r,i}} \cdot (\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}})$$

- Donde:
- $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geoestática original en el medio de la capa i^{th}
 - $\sigma_{p,i}$ - Presión de pre consolidación en la capa i^{th}
 - $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión
 - $m_{r,i}$ - Módulo Janbu de recompresión en la capa i^{th}
 - h_i - Espesor de la capa i^{th}

Análisis para suelos cohesivos luego de Janbu

En el caso de suelos cohesivos el exponente de la tensión es nulo. Para suelos normalmente consolidados se obtiene de la definición del módulo de la tangente de deformación (por modificación y subsiguiente integración) la ecuación E_t para asientos de subsuelo en capas formado por suelos cohesivos de la forma:

$$s_i = \frac{h_i}{m_i} \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- Donde:
- $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geoestática original en el medio de la capa i^{th}
 - $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión

m_i - Módulo de Janbu de recompresión en la capa i^{th}

h_i - Espesor de la capa i^{th}

Análisis para suelos cohesivos sobre-consolidados luego de Janbu

La mayoría de los suelos cohesivos en el orden original, excepto las arcillas muy jóvenes u orgánicas, son sobre-consolidadas. Si la tensión final en el suelo excede la tensión sobre-consolidada ($\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$) el asiento del subsuelo de capas compuesto por suelos cohesivos es calculado según la siguiente relación:

Para: $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$

$$s_i = \frac{h_i}{m_{r,i}} \cdot \ln \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{or,i}} + \frac{h_i}{m_i} \cdot \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{p,i}}$$

Para: $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$

$$s_i = \frac{h_i}{m_{r,i}} \cdot \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

Donde: $\sigma_{or,i}$ - Componente vertical de la tensión geoestática original en el medio de la capa i^{th}

$\sigma_{p,i}$ - Presión pre consolidada en la capa i^{th}

$\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión incremental (ej. Tensión debido a la sobrecarga de la estructura) inducción de la capa de compresión

m_i - Módulo de Janbu en la capa i^{th}

$m_{r,i}$ - Módulo Janbu de recompresión en la capa i^{th}

h_i - Espesor de la capa i^{th}

Análisis de asientos utilizando DMT (Módulo de suelo restringido)

El módulo de restricción de suelo M_{DMT} se define como un módulo de tangente confinada vertical limitada en σ_{vo} . El módulo M_{DMT} se obtiene de la **pueba de dilatómetro (DMT)**.

Si el valor del módulo de restricción de suelo M_{DMT} no está disponible, el posible introducir el coeficiente del volumen de compresibilidad m_V (determinado por el **test edométrico**) y el programa lleva a cabo la transformación respectiva:

$$M_{DMT} = \frac{1}{m_V}$$

Donde: M_{DMT} - Módulo de restricción de suelo

m_V - Coeficiente de compresibilidad de volumen

El análisis utiliza el módulo de restricción de suelo M_{DMT} o el coeficiente de compresibilidad de volumen m_v y se basa en la teoría de Marchetti. Este enfoque se basa en la elasticidad lineal, determinando un asiento proporcional a la carga, siendo incapaz de proporcionar predicciones no lineales.

El asiento de la capa i^{th} viene dado por:

$$s_i = \frac{\sigma_{z,i} \cdot h_i}{M_{DMT}}$$

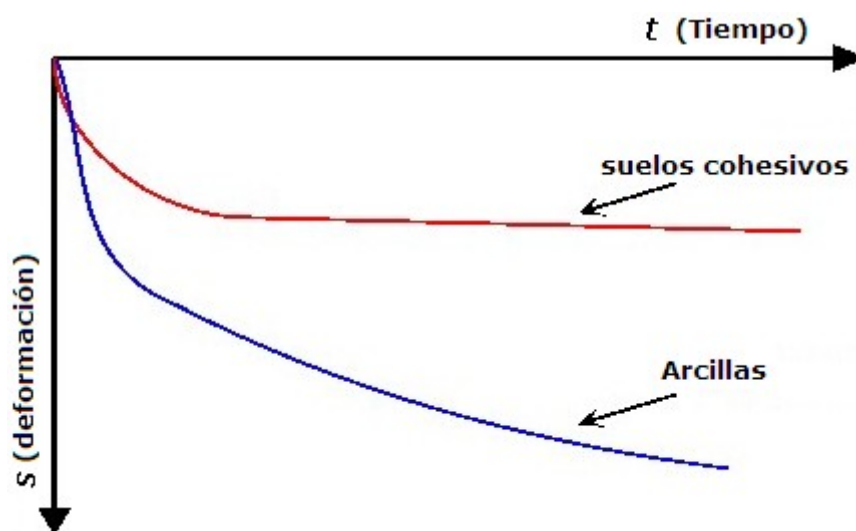
Donde: $\sigma_{z,i}$ - Componente vertical de la tensión geo-estática original en el medio de la capa i^{th}
 h_i - Espesor de la capa i^{th}
 M_{DMT} - Módulo de restricción de suelo

Bibliografía:

Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. & Calabrese, M.: *The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC16, University of L'Aquila, Italy, 2001, 48 pages.*

Teoría de asiento

Si se conoce la tensión en el suelo causada por, la sobrecarga en la superficie del suelo, el cambio de tensión en el suelo, o en la estructura terrestre construida, es posible determinar la deformación del suelo. La deformación del suelo es generalmente inclinada y su componente vertical se denomina "asentamiento". En general, el asiento es no estacionario dependiendo en el tiempo, lo que significa que no ocurre inmediatamente luego de introducir la sobrecarga, más bien depende de las características de consolidación del suelo. Los suelos permeables, suelos menos compresibles (arena, grava) se deforman rápido, mientras que suelos arenosos saturados de poca permeabilidad, experimentan una deformación gradual llamada consolidación.



Asentamiento del suelo dependiente en el tiempo

Una carga aplicada produce asentamiento, el cual puede ser subdividido en base al tiempo de

respuesta en tres componentes separados:

- Asentamiento instantáneo (inicial)
- Asentamiento primario (consolidación)
- Asentamiento secundario (arrastre)

Asentamiento instantáneo

Durante el asentamiento instantáneo el suelo experimenta solo la deformación de corte provocando cambios en la forma sin deformación en el volumen. La pérdida de presión de poros en el suelo es nula.

Asentamiento primario

Esta etapa de deformación de suelo se caracteriza por la deformación del esqueleto debido al movimiento y la compresión de granos manifestados por el cambio de volumen. Si los poros son llenados con agua (particularmente en el caso de suelo de baja permeabilidad), el agua se llevará lejos de los poros apretados, a lugares con menor presión (el suelo se someterá a consolidación). La consolidación de asentamiento primario es por lo tanto dependiente del tiempo y termina llegando con una presión de poro nula.

Asentamiento secundario

Cuando la consolidación primaria está sobre la deformación del esqueleto, ya no provocará el cambio de presión de poros (teóricamente en el tiempo infinito). Con una presión en aumento, los granos pueden llegar a ser tan apretados que empezarán a deformarse y el cambio volumétrico continuará – Esto se conoce como deformación de fluencia del esqueleto o consolidación secundaria (asentamiento). A diferencia del asentamiento primario, el asentamiento secundario procede bajo constantes de tensión efectiva. Particularmente en el caso de plástico blando o suelos aplastados, la consolidación secundaria no debe ser ignorada – en el caso de suelos sobre-consolidados pueden representar aprox. 10% del asentamiento total, para suelos normalmente consolidados aprox. 20%.

Teoría de asentamiento primario

El asentamiento primario final s es normalmente substituido por el término asentamiento. La mayoría de los métodos de cálculos pueden estar conectados a unos de estos dos grupos:

- **Deformación elástica lineal**
- **Deformación elástica no lineal**

Deformación elástica lineal

La relación tensión-deformación lineal sigue la ley de Hook:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma_{ef}}{E}$$

Donde:

- ε - Deformación inducida por la tensión efectiva en la capa del suelo
- $\Delta\sigma_{ef}$ - Cambio inducido por la tensión efectiva en la capa del suelo
- E - Módulo Young en la capa del suelo
- ν - Coeficiente de Poisson

La aplicación del módulo de Young de elasticidad E es justificada solo en el caso, en el que se permite a la tensión del suelo estirarse en dirección horizontal. Esto, sin embargo, se permite

solo para pequeñas extensiones de cimentación. Cuando se aplica la carga sobre un área mayor, el suelo tensionado no puede, excepto en sus extremos, deformar sus lados; y experimenta solo una deformación vertical (en una sola dirección) relacionada con el módulo edométrico E_{oed} , que es mayor al módulo elástico E . El asentamiento de la capa de suelo s , se determina multiplicando la deformación de la capa de suelo ε por el espesor de la capa (altura) H_o :

$$s = \varepsilon \cdot H_o$$

Donde:

- ε - Deformación de la capa del suelo
- H_o - Espesor de la capa del suelo

En el caso de subsuelos en capas, se obtiene el asentamiento total sumando el asentamiento de cada capa individual:

$$s = \sum s_i = \sum \varepsilon_i \cdot H_{oi}$$

Donde:

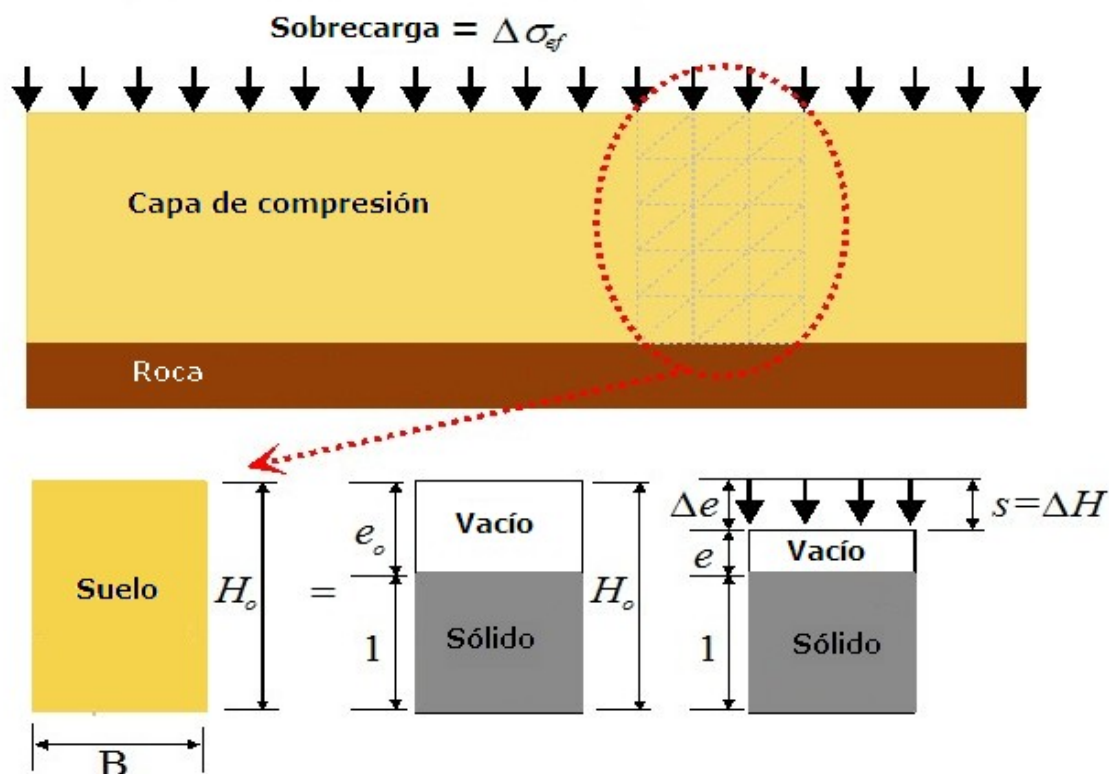
- s - Asiento en las capas del subsuelo
- ε_i - Deformación de la capa del suelo i^{th}
- H_{oi} - Espesor de la capa del suelo i^{th}

Deformación elástica no lineal

Para la mayoría de los suelos, la relación tensión-deformación es no lineal y es normalmente influenciada por la carga histórica. Esta no-linealidad no puede ser ignorada, particularmente cuando se calcula el asentamiento para suelos de grano fino (limo, arcilla). Claramente, el proceso basado en la aplicación del módulo de elasticidad de Young, no es generalmente aplicable. Incluso empleando la tensión dependiente del **módulo edométrico de deformación**, no será posible obtener estimaciones razonables del comportamiento de ciertos suelos sobre-consolidados.

La deformación elástica no lineal es generalmente modelada utilizando el **índice de vacío** y las características de deformación son derivadas de la deformación unidimensional de una muestra de suelo. (ej.: **constante de compresión**, **índice de compresión**, etc.).

El procedimiento para calcular el asentamiento de una capa de suelo compresible saturado utilizando el índice de vacío e , se describe en el siguiente elemento de suelo con una altura de H_o y un ancho de $B = 1m$:



Análisis de asiento del diagrama de fase

Debido al hecho de que el suelo es un medio de tres fases (contiene partículas sólidas y poros llenados con fluidos y gas) es posible describir las partículas sólidas (partículas de rocas y granos minerales) por sus volúmenes V_s (y se asume igual a la unidad) mientras que la fase porosa puede ser descripta utilizando el **índice de vacío e** .

El elemento suelo es sometido, en su superficie superior, a una carga uniforme q , que causa cambios en la tensión dentro de la muestra e incluso un desplazamiento vertical ΔH , el cual a su vez conduce a la reducción de poros V_p y así también a la reducción del índice de vacío (del valor original e_0 hacia un nuevo valor e). La deformación vertical ε de la muestra del suelo está dada por el índice de ΔH a la altura de la muestra original H_0 , y puede ser expresada utilizando el índice de vacío e :

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} = \frac{s}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e}$$

Donde:

- ε - Compresión relativa vertical
- ΔH - Deformación vertical
- H_0 - Altura original del elemento
- s - Asiento
- e - Índice de vacío
- Δe - Cambio en el índice de vacío

Modificando esta ecuación se llega a la fórmula que describe la muestra de asentamiento con la ayuda del índice de vacío:

$$s = \frac{\Delta e}{1+e} \cdot H_o = \varepsilon \cdot H_o$$

Donde:

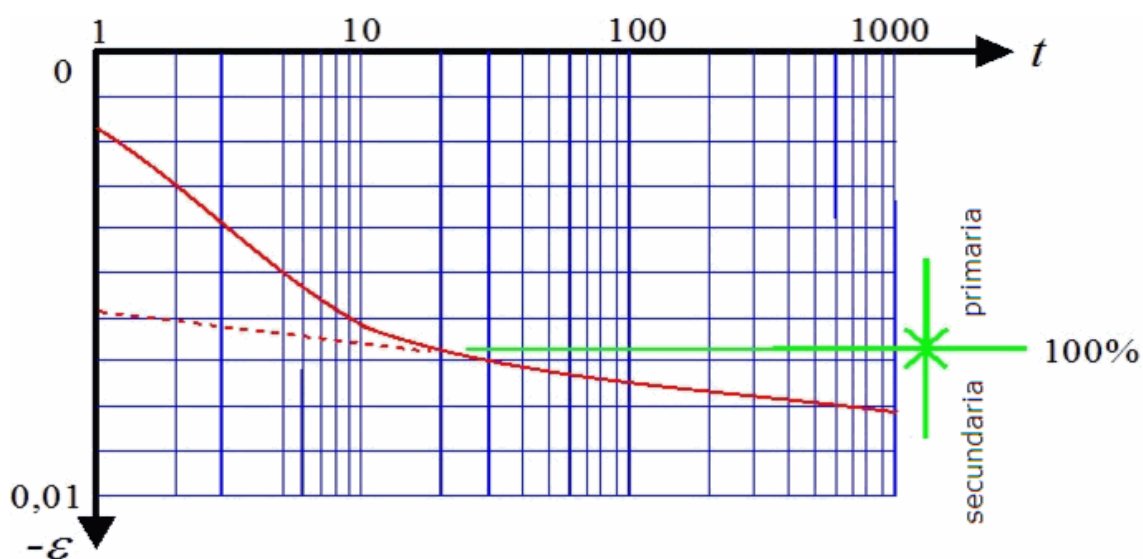
- ε - Compresión relativa vertical
- H_o - Altura original del elemento
- s - Asiento
- e - Índice de vacío
- Δe - Cambio en el índice de vacío

Asentamiento secundario

Para describir una fluencia gradual de suelo durante el asentamiento secundario, el programa emplea el método Buisman (incorpora el **índice de compresión secundario** C_α derivado por Lade). De observaciones que sugieren que la deformación del suelo sigue una trayectoria lineal cuando se representa una escala semi logarítmica frente al tiempo, Buisman propone la variación de ε debido a la tensión a lo largo del tiempo en la forma:

$$\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_s \cdot \log\left(\frac{t}{t_o}\right)$$

Donde: ε - Deformación total
 ε_p - Deformación asociada con la consolidación primaria
 ε_s - Deformación asociada con la consolidación secundaria
 t - Tiempo de consolidación
 t_o - Tiempo de referencia



Dependencia de la deformación en el tiempo (consolidación primaria y secundaria)

Análisis de consolidación

El programa permite el análisis de consolidación cuando se configura en el cuadro "Configuración". Una capa consolidada, formada por impermeable, resp. baja permeabilidad del suelo, luego se instala a medida que pasa el tiempo. La consolidación afecta los valores de la presión de poros. Los parámetros de suelo que influyen en el análisis de consolidación se ingresan en el cuadro "Suelos", otros **parámetros de consolidación** son determinados en el cuadro "Verificación" en las distintas etapas de construcciones.

El coeficiente de consolidación, dependiendo de los parámetros de suelo, se calcula:

$$c_v = \frac{E_{oed} \cdot k}{\gamma_w}$$

Donde:

- E_{oed} - Módulo de deformación edométrico
- k - Coeficiente de permeabilidad
- γ_w - Unidad de peso del agua

Análisis de consolidación es influenciado además por el factores de tiempo, los cuales son dependientes de la ruta de salida del flujo de agua. En el caso de una sola dirección de flujo de salida, esta ruta es igual a la espesor de la capa consolidada (hacia arriba, hacia abajo) o la mitad del espesor de la capa en el caso de ambas direcciones del flujo de salida (hacia arriba y hacia abajo) El factor de tiempo real se evalúa según la siguiente fórmula:

$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{H^2}$$

Donde:

- c_v - Coeficiente de consolidación
- t - Tiempo real
- H - Ruta de drenaje

El factor del tiempo de la duración de una construcción es influenciado por la duración de la carga de acción. Cuando toda la carga se ingresa al comienzo de la etapa, el tiempo de construcción es igual a cero. Cuando la carga va aumentando linealmente mientras dure la etapa, el tiempo de construcción es igual al tiempo de duración de la etapa. El facto tiempo de construcción se calcula de la siguiente manera:

$$T_c = \frac{c_v \cdot t_c}{H^2}$$

Donde:

- c_v - Coeficiente de consolidación
- t_c - Tiempo de construcción
- H - Ruta de drenaje

El grado de consolidación es evaluado por las siguientes formulas:

Para $t_v \leq t_c$
:

$$U_{av} = \frac{T_v}{T_c} \left\{ 1 - \frac{2}{T_v} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{M^4} [1 - \exp(-M^2 \cdot T_v)] \right\}$$

Para $t_v > t_c$
ra
:

$$U_{av} = 1 - \frac{2}{T_c} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{M^4} [\exp(M^2 T_c) - 1] \exp(-M^2 T_v)$$

Donde
on
de
:

$$M = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

Donde: T_v - Factor de tiempo real
 T_c - Factor de tiempo de la duración de la construcción

El valor original de la deformación en capa de construcción en cierta etapa de la construcción se multiplica por el grado de consolidación correspondiente U_{av} para obtener el valor resultante de la deformación:

$$\varepsilon_{fin} = U_{av} \cdot \varepsilon$$

Donde: ε_{fin} - Valor resultante de la deformación
 ε - Valor original de la deformación
 U_{av} - Grado de consolidación

El análisis de consolidación también influencia en los valores de la presión de poro en capas consolidadas. En el tiempo de introducción de la acción de carga, el valor de la presión de poros es el más alto. Cuando el tiempo aumenta el infinito teórico, la presión de poros decrece a cero.

Presión de poros:

Para $t_v \leq t_c$
ra
:

$$u = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2 \cdot u_0}{M^3 \cdot T_c} \cdot \sin \frac{M \cdot z}{H} [1 - \exp(-M^2 T_v)]$$

Para $t_v > t_c$
ra
:

$$u = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2 \cdot u_0}{M^3 \cdot T_c} [\exp(M^2 T_c) - 1] \sin \frac{M \cdot z}{H} \exp(-M^2 T_v)$$

Donde
on
de
:

$$M = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

Donde: T_v - Factor del tiempo real
 T_c - Factor del tiempo de la duración de la construcción
 H - Ruta de drenaje
 z - Profundidad donde el valor de la presión de poros es evaluada
 u_0 - Cambio de la tensión efectiva comparada con la etapa anterior (carga)

Bibliografía:

Braja M. Das. *Advanced Soil Mechanics*; Taylor & Francis: London, 2008. pp278 - 316
Verruijt A. *Soil Mechanics*, Delft University of Technology, 2010, pp97-123,

<http://geo.verruijt.net/software/SoilMechBook.pdf>

Determinación de la profundidad de la zona de influencia

Desde el punto de vista teórico, cuando se aplica una carga en la superficie terrestre se puede esperar el cambio de tensión en el subsuelo dentro de una profundidad infinita. El suelo, sin embargo, deforma solo arriba de cierta profundidad – dentro de la llamada zona de influencia.

El programa ofrece dos opciones para especificar la zona de influencia:

- utilizar la **teoría de la resistencia estructural**
- especificar un porcentaje determinado de **tensión geo-estática primaria**

Teoría de la resistencia estructural

La resistencia estructural representa una resistencia del suelo contra la deformación por una carga en el inicio de la insuficiencia de su estructura interna. Con la disminución del coeficiente m , el suelo responde con una tendencia lineal. Si la resistencia estructural se tiene en cuenta durante el análisis de asentamientos, entonces:

a) La zona de influencia se caracteriza por la profundidad debajo del fondo de la zapata, donde el incremento de la tensión vertical σ_z se vuelve igual a la resistencia estructural del suelo (se determina multiplicando la tensión geoestática original σ_{or} por el **coeficiente m**):

$$\sigma_z = m \cdot \sigma_{or}$$

Donde:

m	-	Coeficiente de resistencia estructural
σ_{or}	-	Tensión geoestática original

b) cuando calculamos el asentamiento de una capa, el incremento de la tensión vertical debido σ_z a la sobrecarga y reducido por la resistencia estructural del suelo, viene dado por:

$$\sigma_z - m \cdot \sigma_{or}$$

Donde:

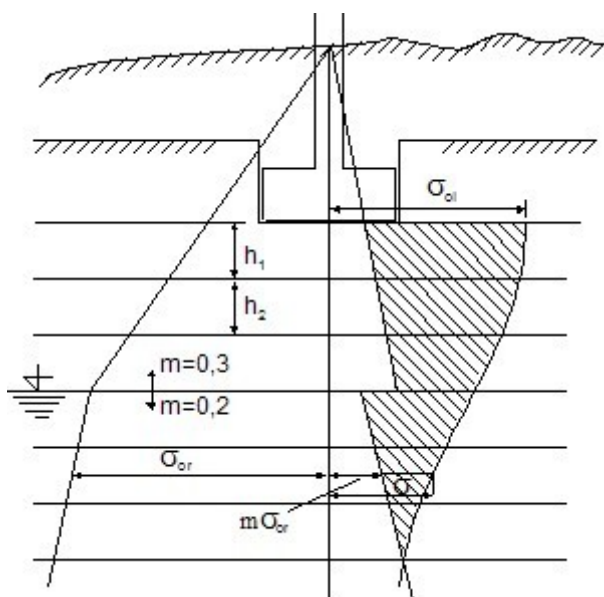
m	-	Coeficiente de resistencia estructural
σ_{or}	-	Tensión geoestática original
σ_z	-	Tensión incremental en la capa intermedia

Y el asentamiento s , se desprende del valor de la tensión sombreada en la figura y viene dada por:

$$s = f(\sigma_z, m, \sigma_{or})$$

Donde:

m	-	Coeficiente de resistencia estructural
σ_{or}	-	Tensión geoestática original
σ_z	-	Tensión incremental en la capa intermedia



Profundidad de la zona de influencia basada en la teoría de resistencia estructural (Área de sobrecarga efectiva sombreada)

Método de restricción de magnitud de la tensión primaria

Si asumimos en el análisis de asiento el límite en término del porcentaje de tensión geo-estática primaria, entonces:

a) La zona de influencia es representada por la profundidad debajo del fondo de la zapata donde la tensión incremental σ_z alcanza un determinado porcentaje de la tensión geoestática original.

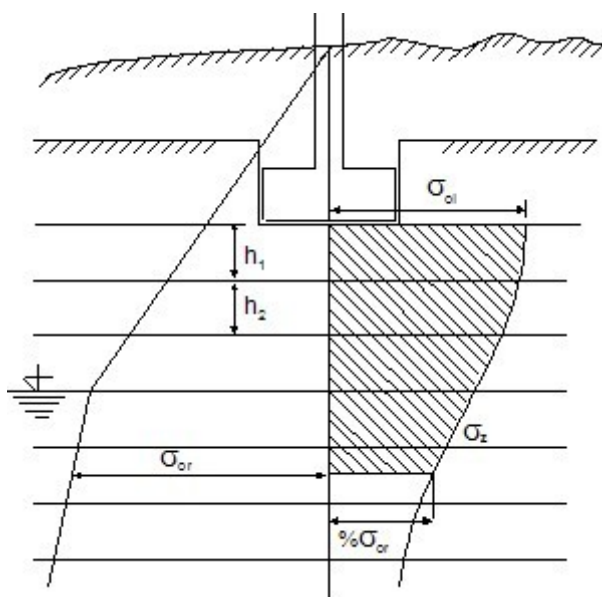
$$\sigma_z = x\% \cdot \sigma_{or}$$

Donde: $x\%$ - Magnitud considerada de la tensión geo-estática
 σ_{or} - Tensión geo-estática original

b) El asentamiento s , se deriva del valor de la tensión sombreado en la figura y viene dado por:

$$s = f(\sigma_z, \sigma_{or})$$

Donde: σ_z - Tensión incremental
 σ_{or} - Tensión geo-estática original



Profundidad de la zona de influencia dada por la restricción de la magnitud de la tensión primaria

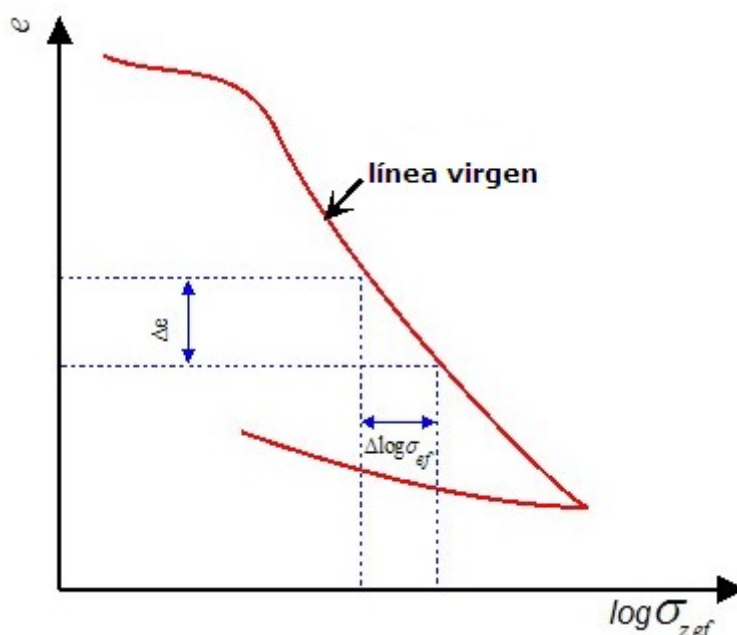
Características del análisis de asiento

Dependiendo del método de solución seleccionado el programa GEO5 utiliza para los cálculos de asiento, las siguientes características que pueden variar según el tipo de experimento necesario para su determinación o en la forma de representar las variables medidas:

- Índice de compresión C_c
- Módulo edométrico E_{oed}
- Módulo de deformación E_{def}
- Constante de compresión C
- Constante de compresión C_{10}
- Índice de vacíos e
- Índice de recompresión C_r
- Características de Janbu
- Coeficiente de corrección m
- Índice de compresión modificado λ
- Índice de compresión secundario C_α
- Índice sobre - consolidado de compresión secundaria C_{ar}

Índice de compresión

Éste describe la variación del índice de vacío como una función de la variación de la tensión efectiva σ_{ef} representada en la escala logarítmica:



Índice de vacío e versus tensión efectiva σ_{ef}

Por lo tanto, representa una de las características de deformación del suelo sobre-consolidado:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma_{ef}}$$

Donde:

Δe	-	Variación del índice de vacío
$\Delta \log \sigma_{ef}$	-	Variación de la tensión efectiva

Rango de índice de compresión C_c (Naval Facilities Engineering Command Soil Mechanics DESIGN MANUAL 7.01)

Un rango típico de índice de compresión es de 0,1 to 10. Valores aproximados para arenas homogéneas para el rango cargado de 95 kPa a 3926 kPa alcanza los valores de 0,05 a 0,06 para un estado suelto y de 0,02 a 0,03 para un estado denso. Para limos el valor es 0,20.

Para arcillas ligeramente sobreconsolidadas y limos controlados el USA Louisiana Kaufmann and Shermann (1964) se presentan los siguientes valores:

Suelos	Tensión efectiva consolidada $\sigma_{cef} [kPa]$	Tensión efectiva final en el suelo oil $\sigma_{ef} [kPa]$	Índice de compresión $C_c [-]$
CL arcilla blanda	160	200	0,34
CL arcilla dura	170	250	0,44
ML limo de baja plasticidad	230	350	0,16
CH limo de alta plasticidad	280	350	0,84
CH arcilla blanda con capas de limo	340	290	0,52

Prof. Juan M. Pestana-Nascimento (University of California, Berkeley) ofrece los siguientes valores típicos de índice de compresión C_c :

Suelos	Índice de compresión $C_c [-]$
Arcilla normalmente consolidado	0,20 - 0,50
Arcilla Chicago con limo (CL)	0,15 - 0,30
Arcilla azul (CL)	0,3 - 0,5
Arcilla Vickburgs - dray falls into lumps (CH)	0,3 - 0,6
Arcilla sueca (CL - CH)	1 - 3
Arcilla de Canadá, de Leda (CL - CH)	1 - 4
Arcilla de ciudad de México (MH)	7 - 10
Arcilla Orgánica (OH)	4 a más
Turbas (Pt)	10 - 15
Limo orgánico y sedimentos arcillosos (ML - MH)	1,5 - 4,0
Sedimentos de San Francisco (CL)	0,4 - 1,2
Arcilla de la antigua Bahía de San Francisco	0,7 - 0,9
Arcilla de Bangkok (CH)	0,4

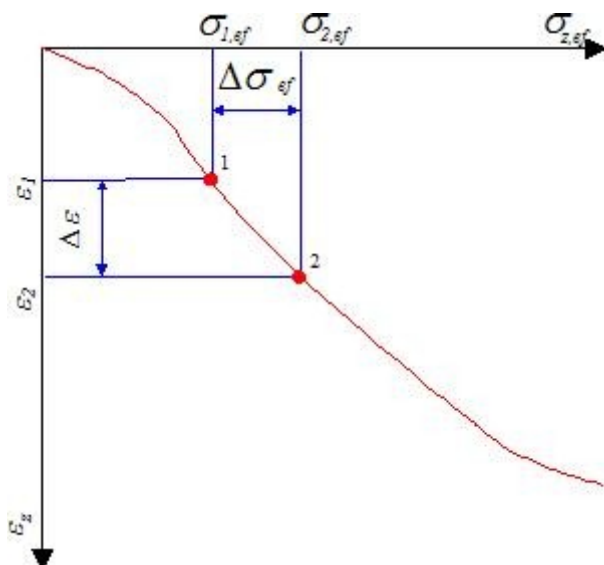
Además, está disponible la expresión empírica para determinar aproximadamente el

valor de C_c para limos, arcillas y suelos orgánicos; su aplicación sin embargo, es más o menos local:

Suelos	Ecuaciones	Referencias
Arcillas transformadas	$C_c = 0,007(w_z - 7\%)$	Skempton 1944
Arcillas	$C_c = 1,15.(e_0 - 0,35)$	Nishida 1956
Arcilla Brasileira	$C_c = 0,256 + 0,43.(e_0 - 0,84)$	Cozzolino 1961
Arcilla de San Pablo	$C_c = 0,0046(w_z - 9\%)$	
Arcilla de New York	$C_c = 0,009(w_z - 10\%)$	Terzaghi a Peck 1948
Arcilla de baja plasticidad	$C_c = 0,75.(w_0 - 0,50)$	Sowers 1970
Arcilla y limos Taipei	$C_c = 0,54.(e_0 - 0,23)$ $C_c = 0,007.(w_z - 7\%)$	Moh a kol. 1989
Arcillas	$C_c = 2,203.\rho_c.e_0.\left(1 - \left(\frac{0,4}{e_0}\right)^2\right)$ $C_c = \frac{a.w_z}{100}.\left(1 - \left(\frac{20}{w_z}\right)^2\right)$	Pestana 1994

Módulo edométrico

Si los resultados del test edométrico, son representados en términos de la curva edométrica ($\Delta\varepsilon = f(\Delta\sigma_{ef})$), se vuelve evidente que para cada punto en la curva se tiene una índice distinto σ_{ef}/ε .



Determinación del módulo edométrico E_{oed}

Si la curva tensión-deformación se reemplaza por un cierto intervalo de dos tensiones cercanas a $\sigma_{1ef}-\sigma_{2ef}$ por medio de la línea secante, es posible asumir un comportamiento lineal de suelos dentro de este intervalo y representar la compresibilidad del suelo por $\Delta\sigma_{ef}/\Delta\varepsilon$ llamado módulo edométrico de deformación. El módulo edométrico de deformación es sin embargo un módulo secante vinculado a un cierto intervalo de tensión $\sigma_{1ef}-\sigma_{2ef}$ seleccionado en el diagrama de la tensión-deformación $\Delta\varepsilon = (\Delta\sigma_{ef})$:

$$E_{oed} = \frac{\Delta\sigma_{ef}}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_{2,ef} - \sigma_{1,ef}}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

En general, el módulo edométrico de deformación E_{oed} tiende a disminuir su valor aumentando el intervalo de tensión. Por lo tanto, se debe considerar para cada capa un valor específico de E_{oed} pertinente para un intervalo de tensión determinado (desde el estado de tensión original al estado de tensión final). Esto se refleja en el programa por la forma en la que se introduce E_{oed} , donde es posible especificar para cada suelo la curva edométrica respectiva (σ_{ef}/ε diagrama). La experiencia práctica, sin embargo, sugiere (ej.: para arcillas) distintos órdenes de magnitud diferentes entre el valor de E_{oed} derivado del módulo de deformación E_{def} y el proporcionado por la curva de carga medida en el lugar.

La relación entre E_{def} y E_{oed} está dada por:

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$$

Donde: ν - Coeficiente de Poisson
 E_{def} - Módulo de deformación
 f

El rango de valores aproximado del módulo edométrico de deformación E_{oed} para distintos suelos y el típico rango de tensión (Vaníček: Mechanika zemin (mecánica de suelos)):

Suelo	Módulo edométrico E_{oed} [MPa]
Grava	60 - 600
Arenas de densidad media a arenas densas	7 - 130
Cohesivo	2 - 30

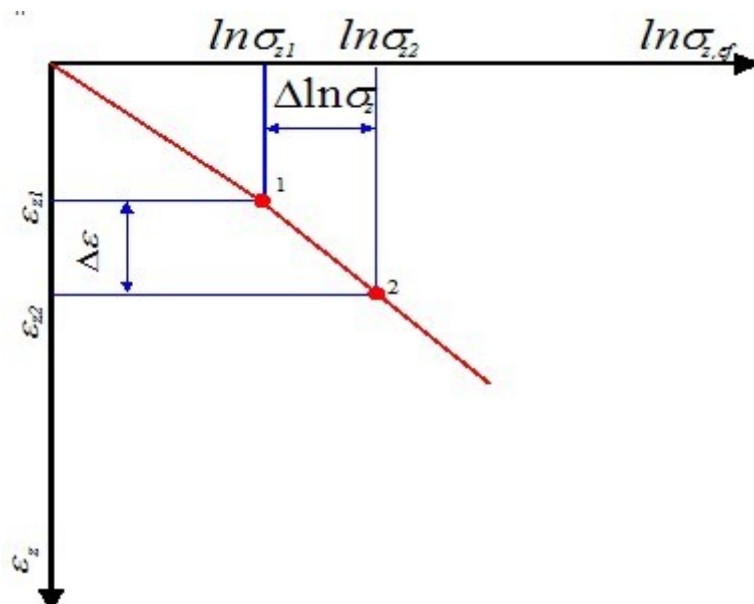
Bibliografía:

Vanicek, I.: Geomechanika 10: mechanika zemin. 3th edition, Prague, CTU, 2000, 229 s., ISBN 80-01-01437-1.

Constante de compresión

Cuando representamos la tensión vertical efectiva contra la deformación vertical en la escala

semi-logarítmica, a menudo se llega a una dependencia lineal.



Determinación de la constante de compresión C

La pendiente de la curva es uno de los parámetros del suelo particularmente en el caso de deformación unidimensional y se conoce como la constante de compresión C :

$$C = \frac{1}{\Delta \varepsilon} \cdot \ln \frac{\sigma_{2,ef}}{\sigma_{1,ef}}$$

Donde:

- σ_{1ef} - Tensión efectiva inicial del suelo en edométrico
- σ_{2ef} - Tensión efectiva final del suelo en edométrico

Margen de la constante de compresión C (J.Šimek: Mechanika zemin)

Suelo	Constante de compresión C [-]
Limo Loess	15 – 45
Arcilla	30 – 120
Limos	60 – 150
Arenas de densidad media y arenas densas	150 – 200
Arenas con gravel	> 250

Constante de compresión 10

En la práctica de la ingeniería el logaritmo natural de base 2 se reemplaza por el logaritmo en base 10, cuando representamos la tensión σ_{ef} . En este caso es común denotar la constante de compresión con el subíndice 10: C_{10} .

$$\log(x) = \frac{\ln(x)}{2,3}$$

Es posible derivar la relación entre la constante de compresión C y C_{10} :

$$C_{10} = \frac{C}{2,3}$$

Arnold Verruijt (Soil Mechanics) ofrece los siguientes valores de constante de compresión:

Suelo	C	C_{10}
Arena	50 – 500	20 – 200
Limo	25 – 125	10 – 50
Arcilla	10 – 100	4 – 40
Turba	2 – 25	1 – 10

Bibliografía:

Arnold Verruijt: *Soil mechanics*, Delft University of Technology, 2001, 2006, <http://geo.verruijt.net/>.

Índice de vacío

El índice de vacío e describe la porosidad del suelo y es proporcionada por:

$$e = \frac{V_p}{V_s}$$

Donde:

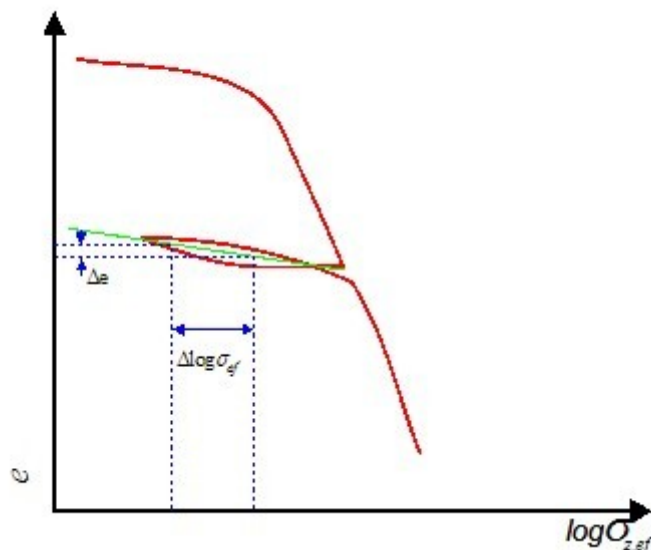
V_p	-	Volumen de vacío
V_s	-	Peso de los sólidos del suelos

Rango del índice de vacíos e (Braja M. DAS: Principios de ingeniería básica)

Suelo	Void ratio e [-]
Arena pobremente clasificada con densidad suelta	0,8
Arena densa bien clasificada	0,45
Arena de densidad Loose con partículas angulares	0,65
Arena densa con partículas angulares	0,4
Arcilla firme	0,6
Arcilla blanda	0,9 – 1,4
Loess	0,9
Arcilla orgánica blanda	2,5 – 3,2
Glacial	0,3

Índice de recompresión

El índice de recompresión C_r es determinado por el gráfico representando la variación del **índice de vacío** e como una función de tensión efectiva σ_{ef} representada en la escala logarítmica por una secuencia de descarga-recarga.



Determinación del índice de recompresión C_r

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma_{ef}}$$

Donde: Δe - Cambio del índice de vacío en la curva de descarga-recarga

$\Delta \log \sigma_{ef}$ - Cambio de la tensión efectiva para la curva de descarga-recarga

Si no hay resultados disponibles por experimentos en laboratorio o mediciones en el lugar, el índice de recompresión C_r puede ser aproximadamente derivado por:

$$C_r \cong \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10} C_c$$

Donde: C_c - Constante de compresión

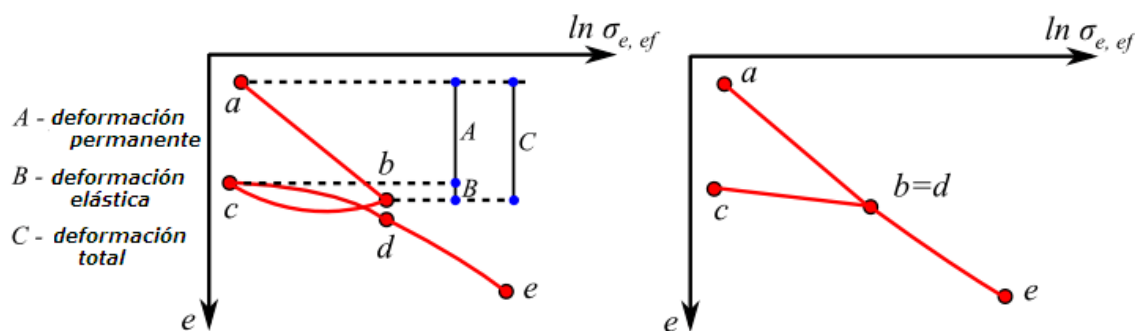
Características de Janbu

Valores del módulo de Janbu m y el exponente de tensión j (según: Canadian Foundation Engineering Manual 1992)

Suelo	Módulo de Janbu m	Índice de tensión j
Muy densa a densa, glacial	1000 - 300	1
Gravel	400 - 40	0,5
Arena densa	400 - 250	0,5
Arena de condición media	250 - 150	0,5
Arena suelta	150 - 100	0,5
Limo denso	200 - 80	0,5
Limo de condición media	80 - 60	0,5
Limo suelto	60 - 40	0,5
Arcilla pesada a muy dura	60 - 20	0
Arcilla mediana a dura	20 - 10	0
Limo arcilloso blando	10 - 5	0
Arcilla blanda marina	20 - 5	0
Arcilla orgánica	20 - 5	0
Turbas	5 - 1	0

Influencia de la historia de carga

La historia de carga tiene una influencia sustancial en la distribución de la curva de la deformación y por lo tanto en los valores de las características de deformación. Las siguientes figuras muestran la curva de la deformación (diagrama $(\Delta e = f(\Delta \sigma_{ef}))$) derivada del test de carga oedométrica correspondiente, ejemplo: suelo arenoso de densidad natural.



Historia de carga a) Curva de la deformación para suelo arcilloso del test edométrico b) Interpretación simplificada de la curva de la deformación

La muestra de suelo se carga gradualmente para alcanzar el nivel de tensión σ_{bef} , la relación tensión-deformación ($\sigma_{bef}-\epsilon$) dentro de la sección $a-b$ es lineal y se denota como primaria o virgen, (es decir, se encuentra en relación de compresión). Una vez que se superó el nivel de tensión σ_{bef} la muestra fue descargada elásticamente y el suelo se traslada hasta la sección $b-c$ de la curva de la deformación.

Una vez recargado el suelo baja hacia la sección $b-c$ hasta alcanzar la tensión original σ_{bef} antes de la descarga.

Cuando se carga más allá de σ_{bef} la curva de la deformación se aproxima asintóticamente, dentro de la sección $d-e$, a la línea principal acompañada por la deformación inelástica de la muestra del suelo. Ésta compleja curva de tensión-deformación es a menudo simplificada por la curva de deformación idealizada (fig. b). Esta curva se caracteriza por los llamados suelos sobre-consolidados, que fueron en el pasado sometidos a altas tensiones seguidas de descargas.

El índice sobreconsolidado (OCR) luego representa la relación entre la tensión máxima pre consolidada que el suelo haya experimentado y la tensión vertical actual. Los suelos sobre-consolidados normalmente siguen la curva de deformación dada por los puntos $c-d-e$. El cambio en la pendiente a lo largo de esta línea (dada por el punto d) corresponde a la tensión geoestática vertical σ_o (suelos normalmente consolidados) o a la presión pre consolidada σ_c (suelos sobre-consolidados). Este aspecto influye en la deformación del suelo, la cual es menor dentro de la sección $c-d$ en comparación con la sección $d-e$ (donde por el alto grado de sobre-consolidación, la deformación del suelo aumenta).

Características de deformación adicionales, como: el módulo de deformación en la descarga E_e , índices de inflamación unidimensional C_e , índice de recompresión C_r , etc. fueron introducidas para describir el complejo comportamiento del suelo. Actualmente el parámetro más utilizado es el índice de recompresión C_r disponible para el cálculo de asiento en suelos sobre-consolidados.

Coeficiente m

El coeficiente de corrección de sobrecargas debido a la resistencia estructural m determina la resistencia estructural del suelo.

Valores del coeficiente de corrección de sobrecarga m

Tipo de suelo de cimentación	<i>m</i>
Suelo firme muy compresible clase: F1 -F8 - con módulo de deformación $E_{def} < 4 \text{ MPa}$ - no-sobre-consolidado - de consistencia blanda a dura (los tres atributos deben cumplirse) llenado, terreno-hecho sedimentos secundarios y terciarios Clases de rocas R1, R2	0,1
Clase de suelos fino : F1-F8, que no pertenece al coeficiente $m = 0,1$ o $0,4$ o $0,6$ Clase arena y gravel: S1, S2, G1, G2 debajo de GWT Clases de roca: R3, R4	0,2
Clase de arena y gravel S1, S2, G1, G2 debajo de GWT Clase de arena y gravel con arcilla, limo o mezcla de suelo fino: S3, S4, S5, G3, G4, G5 Clases de rocas: R5, R6	0,3
Eluvión de roca ígnea y roca metamórfica	0,4

Índice de compresión modificado

El análisis empleando modelo de suelo blando se basa en el modelo elástico-plástico desarrollado en la universidad de Cambridge. Aquí, la deformación vertical de suelo ε asume una dependencia lineal en la variación logarítmica de la tensión efectiva en el suelo. La aplicación de este modelo requiere el ingreso del índice de compresión modificado λ normalmente obtenido de los ensayos triaxiales.

Si el índice de compresión modificado λ , no está disponible por las mediciones de laboratorio, puede ser aproximadamente encontrado a partir del índice de compresión C_C :

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3 \cdot (1 + e)}$$

Donde: C_C - Índice de compresión

e - Índice de vacíos promedio (si el valor no está disponible, puede ser aproximadamente sustituido por el valor inicial del índice de vacíos e_0)

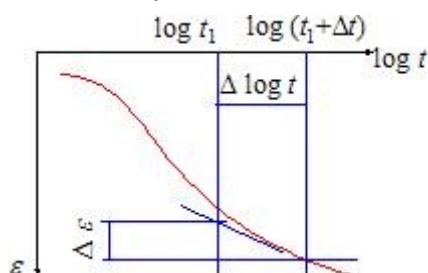
Índice de compresión secundaria

El índice de compresión secundaria es proporcional al logaritmo de tiempo y a la pendiente de consolidación primaria (es fuertemente dependiente de la tensión efectiva final en el suelo):

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta \varepsilon}{\log t_2 - \log t_1}$$

- Donde:
- C_{α} - Índice de compresión secundaria
 - α - Deformación de la capa de suelo
 - t_1 - Tiempo inicial del período de monitoreo (medido desde la consolidación inicial)
 - t_2 - Tiempo final del período de monitoreo

Determinando el valor del índice de compresión secundaria C_{α} se requiere del laboratorio (ej.: consolidación unidimensional en edométría) o de mediciones en el lugar.



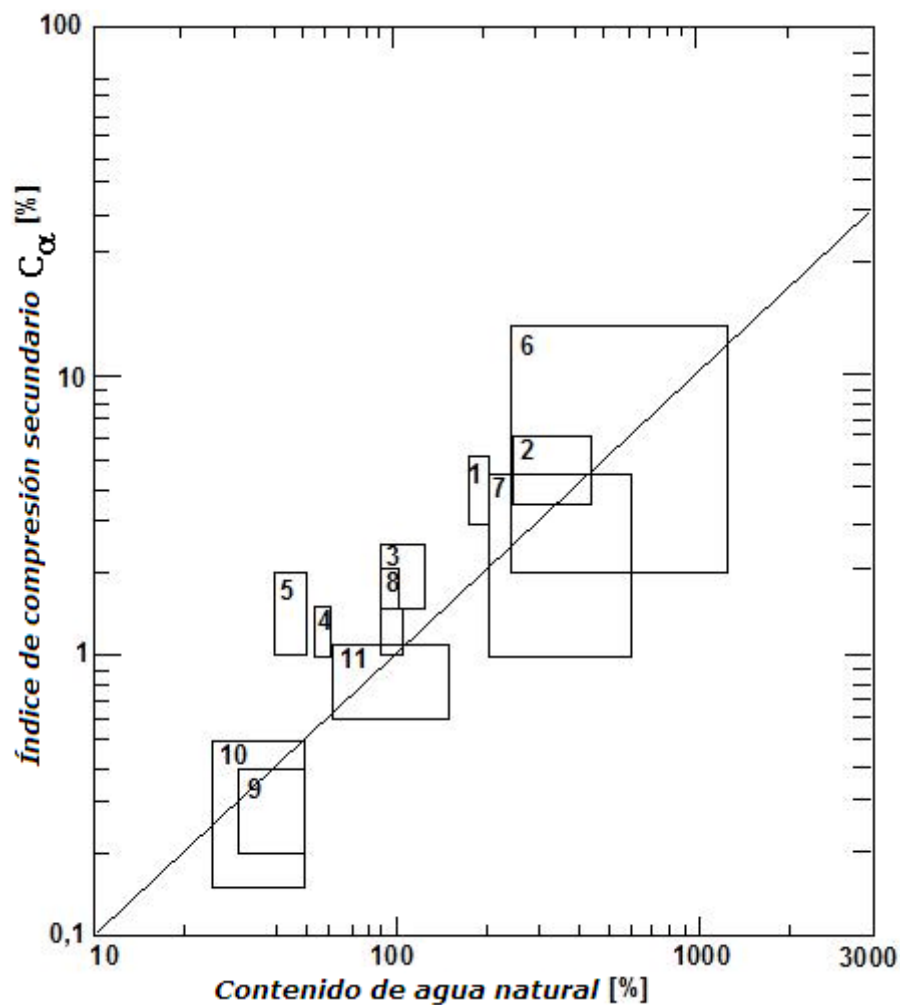
Determinación del índice de compresión secundario C_{α}

Rango de valores del índice de compresión secundario C_{α}

Arena	0,00003 – 0,00006
Limo loess	0,0004
Arcilla	0,01

La relación entre el índice de compresión secundario C_{α} y el índice de compresión C_c es aproximadamente constante para la mayoría de las arcillas normalmente consolidadas por la carga típica en las prácticas de ingeniería. El valor promedio es 0,05.

La variación de la humedad natural del suelo en función del índice de compresión secundario C_{α} obtenida por Mesri aparece en la figura:



Variación de la humedad natural del suelo como función del índice de compresión secundario C_α luego de Mesri

- 1 Arcilla whangamarino
- 2 Arcilla de ciudad de México
- 3 Limo orgánico calcáreo
- 4 Arcilla leda
- 5 Arcilla plástica de noruega
- 6 Turba amorfo y fibrosa
- 7 Muskeg de Canadá
- 8 Depósito orgánico marino
- 9 Arcilla azul Boston
- 10 Arcilla azul Chicago
- 11 Arcilla limosa orgánica

Índice de sobre-consolidado de compresión secundaria

El índice de sobre-consolidación de compresión secundario, depende de las mediciones realizadas en el laboratorio (ej.: consolidación unidimensional) y es proporcional al logaritmo de tiempo, y la pendiente de la línea de consolidación original que proporciona la presión pre consolidada no fue superada:

$$C_{ar} = \frac{\Delta \varepsilon}{\log t_2 - \log t_1}$$

Donde: C_{ar} - Índice sobre-consolidado de compresión secundaria

ε - Deformación de la capa de suelo

t_1 - Tiempo inicial del período de monitoreo (medido desde la consolidación inicial)

t_2 - Tiempo final del período de monitoreo

Análisis del programa Asentamiento en superficie

El análisis realizado en el programa “**Asentamiento en superficie**” puede ser dividido en dos grupos:

- Análisis de la forma del hundimiento debajo de las excavaciones
- Análisis de la falla de construcciones

El fallo del análisis de construcciones está basado en la forma del hundimiento.

Análisis de depresión

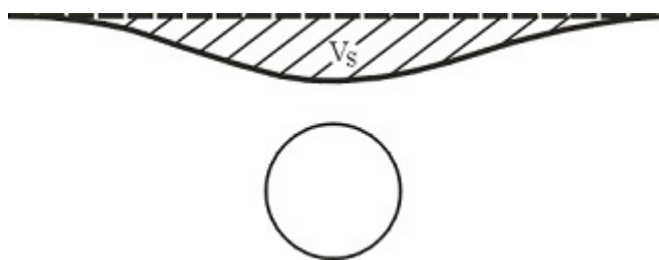
Este análisis consiste en varias etapas secuenciales:

- Determinación del **máximo asentamiento y dimensiones de la depresión** de distintas excavaciones
- Análisis de la **forma de la depresión**
- El cálculo de la forma y de las dimensiones de la depresión, es **calculado en una determinada profundidad** debajo de la superficie del terreno
- Determinación de la **forma global de la depresión** para mas excavaciones
- Post procesamiento de **otras variables** (deformación horizontal, pendiente).

El análisis de máximo asentamiento y dimensiones de la depresión puede ser llevado a cabo utilizando la teoría de **pérdida de volumen** o la **teoría clásica** (Peck, Fazekas, Limanov).

Pérdida de volumen

El método pérdida de volumen es un método semi-empírico basado parcialmente en fundamentos teóricos. El método introduce, indirectamente, parámetros básicos de excavación dentro del análisis (incluyendo parámetros mecánicos, efectos tecnológicos de excavación, excavación de revestimientos, etc.) utilizando 2 parámetros comprensivos (**coeficiente k para la determinación del puntos de inflexión y un porcentaje de pérdida de volumen VL**). Estos parámetros definen únicamente la forma del hundimiento y son determinados en forma empírica durante años de experiencia.



Asentamiento expresado en términos de volúmenes

El máximo asentamiento S_{max} , y la ubicación del punto de inflexión L_{inf} son proporcionados por las siguientes expresiones:

$$L_{inf} = k.Z$$

$$S_{max} = \frac{A.VL}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{2.\pi.L_{inf}}}$$

Donde:

- A - Área de excavación
- Z - Profundidad del centro de excavación
- k - Coeficiente del cálculo del punto de inflexión
- VL - Porcentaje de pérdida de volumen

La deformación de la base u_a viene dada por:

$$u_a = \frac{2r - \sqrt{4r^2 - \frac{4r^2.VL}{100}}}{2}$$

Donde:

- r - Radio de excavación
- VL - Porcentaje de pérdida de volumen
- L

Bibliografía:

"<http://www.groundloss.com/>".

Valores recomendados de parámetros para el análisis de pérdida de volumen

Datos necesarios para la determinación del hundimiento utilizando el método de pérdida de volumen:

Coeficientes de cálculo de punto de inflexión k

Suelo o roca	k
Suelos no cohesivos	0,3
Arcilla normalmente consolidada	0,5
Arcilla sobre consolidada	0,6-0,7
Arcilla	0,6-0,8
cuarcita	0,8-0,9

Procentaje de pérdida de volumen VL

Tecnología	VL
TBM	0,5-1
Método de excavación seuencial	0,8-1,5

Existen varias relaciones que también derivan en la determinación del valor de la pérdida de volumen VL basados en el radio de estabilidad N definido por Broms y Bennermarkem:

$$N = \frac{\sigma_v \cdot \sigma_t}{S_u}$$

Donde: σ_v Tensión total a lo largo del eje de excavación

σ_t Resistencia del revestimiento a la excavación (si revestimiento estpa instalado)

S_u Rigidéz de arcilla sin drenar

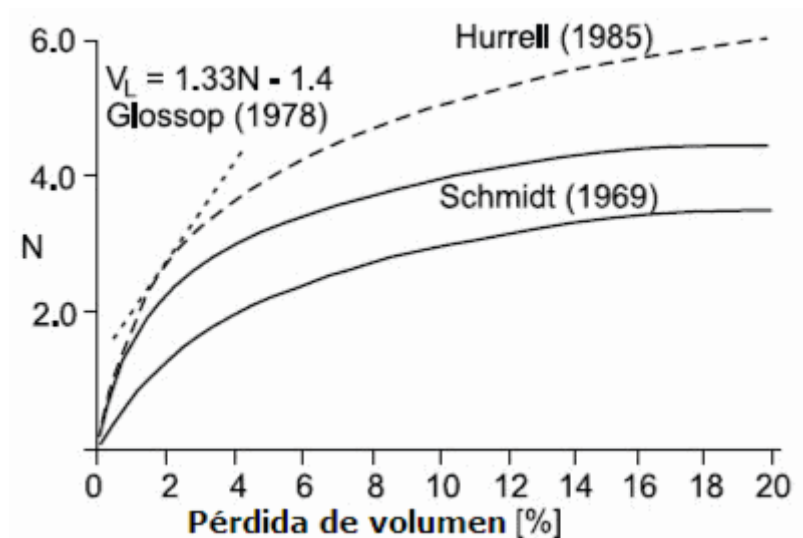
Para $N < 2$, el suelo/roca cerca de la excavación se asumen como elástico y estable.

Para $N \in [2,4]$, las zonas plásticas locales se desarrollan cerca de la excavación.

Para $N \in [4,6]$, una zona plástica larga se desarrollan alrededor.

Para $N = 6$, ocurre una pérdida de estabilidad de taludes en la cara del tunel.

La siguiente figura muestra la dependencia del radio de estabilidad y de la érdida de volumen VL .



Bibliografía:

Broms, B.B., Bennemark, H., 1967. Stability of clay at vertical openings. ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, SMI 93, 71-94

Teoría clásica

El análisis de convergencia de una excavación y el cálculo del máximo asentamiento en un **cuerpo homogéneo** son iguales para todas las teorías clásicas. El **análisis de hundimiento** entonces difiere dependiendo de la teoría asumida (Peck, Fazekas, Limanov).

Cuando calculamos asentamientos el programa primero determina la carga radial de una excavación circular:

$$p = \sigma_z \cdot \frac{1 + K_r}{2}$$

Donde: σ_z Tensión geoestática en el centro de la excavación

K_r Coeficiente de la presión en reposo del suelo cohesivo

La techo u_a y el fondo u_b de la deformación de la excavación viene dada por:

$$u_a = (1 + \nu) \cdot \frac{p}{E} \cdot r \cdot \frac{Z + (1 - 2\nu)r}{Z + r}$$

$$u_b = -(1 + \nu) \cdot \frac{p}{E} \cdot r \cdot \frac{Z + (1 - 2\nu)r}{Z + r}$$

Donde: Z Profundidad del punto central de la excavación

r Radio de excavación

E Módulo de elasticidad de roca/suelo cerca de la excavación

ν Coeficiente de Poisson de la roca/suelo cerca de la excavación

El asentamiento de terreno máximo y la longitud del hundimiento son determinados según:

$$S_{max} = (1 - \nu^2) \frac{p}{E} r \cdot \frac{4r^2 \cdot Z}{Z^2 - r^2}$$

$$L = 2 \cdot \sqrt{Z^2 - r^2}$$

Donde: Z Profundidad del punto central de la excavación

r Radio de excavación

E Módulo de elasticidad de roca/suelo cerca de la excavación

ν Coeficiente de Poisson de la roca/suelo cerca de la excavación

Cuando el desplazamiento de la techo del túnel se prescribe, el máximo asentamiento está dado por:

$$S_{max} = 4 \cdot u_a \cdot \frac{Z \cdot (1 - \nu)}{(Z + r)(Z + r + 2 \cdot \nu r)}$$

Donde: Z Profundidad del punto central de la excavación

r Radio de excavación

u_a Desplazamiento de la base del túnel

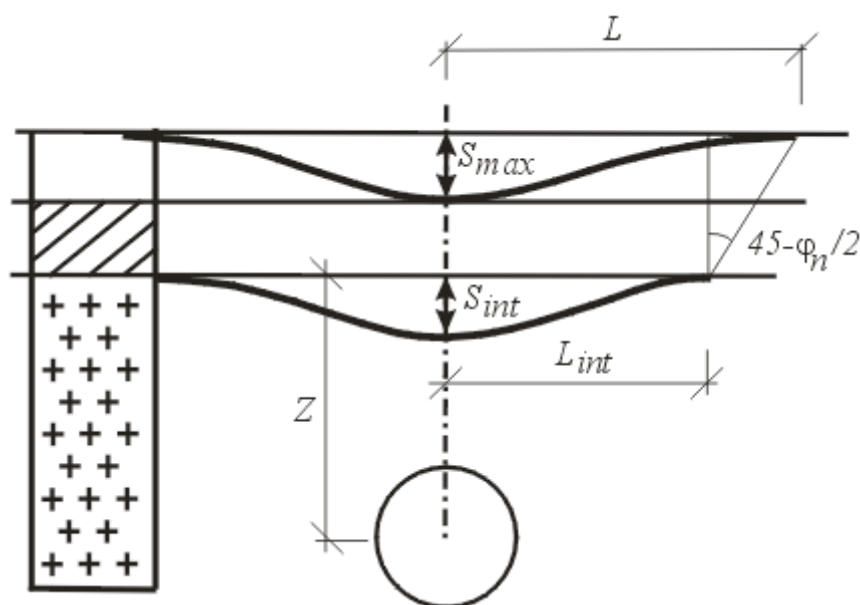
ν

ν Coeficiente de Poisson de la roca/suelo cerca de la excavación

Análisis de subsuelos nivelados

Cuando determinamos un asentamiento para capas de subsuelo, el programa primero calcula el asentamiento en la interfaz entre la primera capa sobre la excavación y las demás capas sobrecargadas S_{int} , y determina la longitud de la depresión a lo largo de las capas de interfaces. En este caso el enfoque se completa con el enfoque que se utiliza para (L) **suelos homogéneos**.

Luego (como se muestra en la figura) el programa determina la longitud de la depresión L en la superficie del terreno



Análisis de asentamiento para capas de suelo

El próximo paso difiere dependiendo del análisis teórico seleccionado:

Solución luego de Limanov

Limanov describe el desplazamiento horizontal sobre la excavación co la ayuda del área perdida F :

$$S_{max} = \frac{L}{F}$$

Donde: L - Longitud de la depresión

F - Perdida de volumen del suelo por 1m ejecutado, determinado por:

$$F = S_{int} \cdot \pi \cdot \frac{L_{int}}{2}$$

Donde: L_{int} - Longitud de la depresión a lo largo de las interfaces sobre la excavación

S_{int} - Asentamiento de la interfaz respectiva

Solución luego de Fazekas

Fazekas describe el desplazamiento horizontal sobre la excavación utilizando la siguiente expresión:

$$S_{max} = S_{int} \cdot \frac{L_{int}}{L}$$

Donde: L - Longitud de la depresión

L_{int} - Longitud de la depresión a lo largo de las interfaces sobre la excavación

S_{int} - Asentamiento de la interfaz respectiva

Solución luego de Peck

Peck describe el desplazamiento horizontal sobre la excavación utilizando la siguiente

expresión:

$$S_{max} = S_{int} \cdot \frac{L_{int}}{L_{inf}}$$

Donde: L_{int} - Longitud de la depresión a lo largo de las interfaces sobre la excavación

S_{int} - Asentamiento de la interfaz respectiva

L_{inf} - Distancia del punto de inflexión de la depresión a la axisa de excavación en la superficie del terreno.

Bibliografía:

Széchy, Károly, The art of tunnelling, Budapest : Akadémiai Kiadó, 1966

Forma de la depresión

El programa ofrece dos formas particulares de depresión – según Gauss o Aversin.

Curva basada en Gauss

Un número de estudios se lleva a cabo en USA y Gran Bretania provando que la forma transversal de la depresión puede ser bien aproximada a la función gaussiana. Esta suposición entonces permite determinar el desplazamineto horizontal a una distancia x desde el eje de simetrías vertical como:

$$S_i = S_{max} \cdot e^{\left(\frac{-x_i^2}{2 \cdot L_{inf}^2} \right)}$$

Donde: S_i - Asentamiento en un punto con coordenada x_i

S_{max} - Máximo asentamiento de terreno

L_{inf} - Distancia del punto de inflexión

Curva basada en Aversin

Aversin se basa en la inspección visual y en mediciones de la estructura subterránea realizados Russia, con la siguiente expresión de la forma de la depresión:

$$S_i = S_{max} \cdot \left(1 - \frac{x_i}{L} \right) \cdot e^{\left(\frac{4 \cdot x_i}{L} \right)}$$

Donde: S_i - Asentamiento en un punto con coordenada x_i

S_{max} - Máximo asentamiento de terreno

L - Alcance de la depresión

Bilbiografía:

Széchy, Károly, The art of tunnelling, Budapest : Akadémiai Kiadó, 1966

Coeficiente de cálculo del punto de inflexión

Cuando utilizamos el **método clásico** el coeficiente k_{inf} introducido permite determinar la ubicación del punto de inflexión basándose en $L_{inf} = L/k_{inf}$. En este caso, el coeficiente k_{inf} representa un parámetro de entrada muy importante fuertemente influenciado por la forma y la pendiente de la depresión. Su valor depende del promedio de suelo/roca sobrecargado. La bibliografía ofrece el valor de k_{inf} dentro del rango 2,1 - 4,0.

Basándose en una serie de cálculos del MEF, los siguientes valores son recomendados:

- Suelo gravel G1-G3 $k_{inf}=3,5$
- Suelo de arena y gravel S1-S5,G4,G5, rocks R5-R6 $k_{inf}=3,0$
- Suelo de grano fino F1-F4 $k_{inf}=2,5$
- Suelo de grano fino F5-F8 $k_{inf}=2,1$

El coeficiente para el cálculo del punto de inflexión es introducido en el cuadro "Configuración".

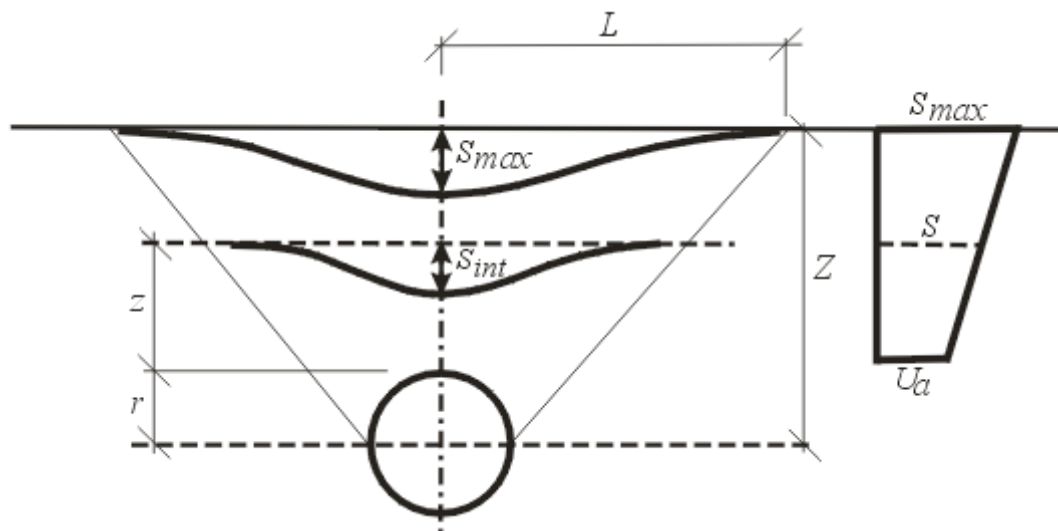
Depresión con varias excavaciones

El principio de la superposición se utiliza cuando calculamos el asentamiento causado por excavaciones estructuradas o por múltiples excavaciones. Basándose en la entrada de los parámetros, el programa primero determina la depresión y el desplazamiento horizontal de las distintas excavaciones. Luego se determina la depresión total.

Otras variables, tensión horizontal y gradiente de depresión, son luego procesadas de la depresión total.

Análisis de la depresión en una profundidad

Una interpolación lineal entre el valor máximo de asentamiento S_{max} en una superficie de terreno y el desplazamiento de la base de excavación u_a se utiliza para calcular el máximo asentamiento S en la profundidad h debajo de la superficie de terreno en un cuerpo homogéneo.



Análisis de la depresión a una profundidad

El ancho de la depresión en una sobrecarga l esta dado por:

$$l = \frac{(L - r)(z + r)}{Z} + r$$

Donde:

- L - Longitud de depresión
- r - Radio de excavación
- Z - Profundidad del punto central de la excavación
- z - Profundidad analizada

El valor l y S son utilizados para determinar la forma de la depresión es sorecargas sobre la excavación.

Cálculo de otras variables

Un asentamiento vertical es acompañado por la evlución de desplazamineto horizontales los cuales pueden causar daños en cosnrucciones cercanas. El desplazamiento horizontal puede derivar desde el desplazamiento vertical, proporcionando los vectores del desplazamiento resultante dirigiendose hacia el centro de la excavación. En este caso el desplazamiento horizontal del suelo es proporciado por la siguiente ecuación:

$$S_x = -\frac{s(x)}{Z - r}$$

Donde:

- x - Distancia del punto x al eje de excavación
- $s(x)$ - Asentamiento en el punto x
- Z - Profundidad del punto central de la excavación
- r - Radio de excavación

Los desplazamientos horizontales son determinados de una forma diferencial a lo largo del eje x , en una dirección transversal pueden ser expresados utilizando la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_x = -\frac{s(x)}{Z - r} \left(\frac{x^2}{L_{inf}^2} - 1 \right)$$

Donde:

- x - Distancia del punto x al eje de excavación
- $s(x)$ - Asentamiento en el punto x
- Z - Profundidad del punto central de la excavación
- L_{inf} - Distancia del punto de inflexión
- r - Radio de excavación

Análisis de la falla de construcciones

El programa primero determina la forma y las dimensiones del **hundimiento** y luego realiza el análisis de la influencia en construcciones.

El programa ofrece los siguientes cuatro tipos de análisis:

- Determinación de **grietas en tensión**
- Determinación de **daños por buzamiento**
- Determinación de **desviación relativa de construcciones** (arqueamiento, oscilación)
- Determinación de **secciones de la construcción**

Grietas en tensión

Una de las causas responsable de los daños en construcciones es la **fuerza de tensión horizontal**. El programa resalta distintas partes de una construcción con un patrón de color que corresponde a la clase de daño dada. El valor máximo de la fuerza de tensión está dado en el texto de salida.

El programa ofrece zonas predefinidas de daños de construcciones de mamposterías. Estos valores puede ser modificados en el cuadro "**Configuración de etapas**". Experiencias con un número considerable de excavaciones de túneles debajo del área de construcción permiten elaborar la relación entre la forma de la depresión y el daño de la construcción con tal precisión que es posible estimar la preparación del documento contractual y, para los contratistas, la preparación de una propuesta para la construcción de túneles.

Valores recomendados de construcciones de mampostería de uno a seis pisos se proporcionan en la siguiente tabla.

Tensiones horizontales (por mil)

Tensiones horizontales (por millas)	Daño	Descripción
0,2 – 0,5	Microgrietas	Microgrieta
0,5 – 0,75	Pequeño daño – superficial	Grietas en yeso
0,75 – 1,0	Pequeño daño	Pequeñas grietas en muros
1,0 – 1,8	Daño medio - funcional	Grietas en muros, problemas con ventanas o puertas
1,8 –	Daño grande	Grietas bien abiertas en muros y vigas

Daños gradiente

Una de las causas principales de daños en construcciones es la pendiente de la depresión. El programa resalta distintas partes de una construcción con un patrón de color que corresponde a la clase de daño dada. El valor máximo de la fuerza de tensión está dado en el texto de salida.

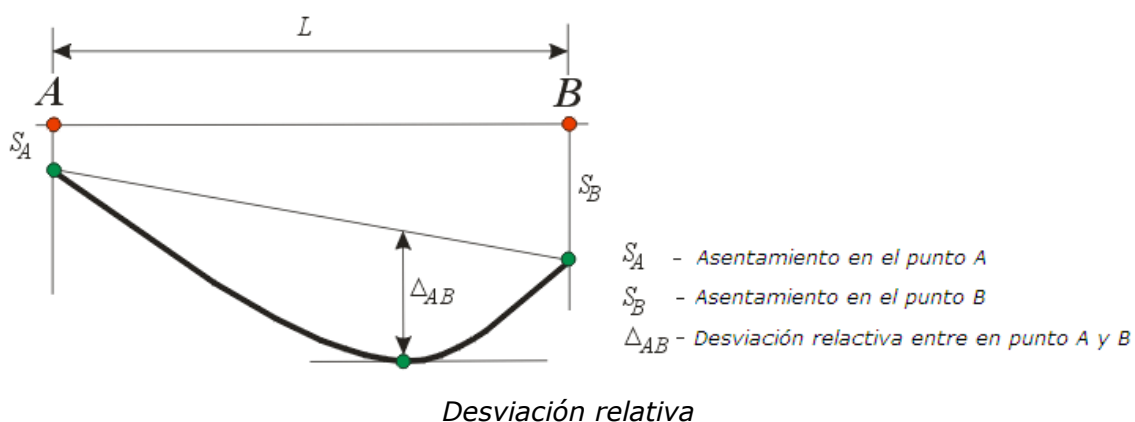
El programa ofrece zonas predefinidas de daños de construcciones de mamposterías. Estos valores puede ser modificados en el cuadro "**Configuración de etapas**". Experiencias con un número considerable de excavaciones de túneles debajo del área de construcción permiten elaborar la relación entre la forma de la depresión y el daño de la construcción con tal precisión que es posible estimar la preparación del documento contractual y, para los contratistas, la preparación de una propuesta para la construcción de túneles.

Valores recomendados de construcciones de mampostería de uno a seis pisos se proporcionan en la siguiente tabla.

Gradiente	Daño	Descripción
1:1200 - 800	Microgrietas	Microgrieta
1:800 - 500	Pequeño daño – superficial	Grietas en yeso
1:500 - 300	Pequeño daño	Pequeñas grietas en muros
1:300 - 150	Daño medio - funcional	Grietas en muros, problemas con ventanas o puertas
1:150 - 0	Daño grande	Grietas bien abiertas en muros y vigas

Desviación relativa

La definición del término desviación relativa es evidente en la figura. El programa busca regiones de construcciones con la desviación máxima relativa hacia arriba y hacia abajo. Claramente, desde el punto de vista del daño de la construcción, la más crítica es aquella desviación relativa que conduce hacia arriba de la “**apertura de la tensión**” en la construcción.



Verificación de la máxima de desviación relativa se deja al usuario – la siguiente tabla muestra los valores fundamentales recomendados por la bibliografía:

Tipo de estructura	Tipo de daño	Desviación relativa fundamental Δ / l			
		Burland y Wroth	Meyerhof	Polshin a Tokar	CSN 73 1001
Muros sin reforzar	Grietas en el muro	Para $L/H = 1$ - $0,0004$ Para $L/H = 5$ - $0,0008$	$0,0004$	$0,0004$	$0,0015$
	Grietas en estructuras cargadas	Para $L/H = 1$ - $0,0002$ Para $L/H = 5$ - $0,0004$	-	-	-

Fallo en una sección de la construcción

En una sección dada, el programa determina las siguientes variables:

- **Fuerza de tensión** máxima
- **Buzamiento** máximo
- **Desviación relativa** máxima
- Buzamiento relativo entre puntos ingresados de una construcción

La evaluación de la sección analizada se deja al usuario - la siguiente tabla muestra los valores fundamentales recomendados de rotación y desviación relativa.

Tipo de estructura	Tipo de daño	Buzamiento relativo fundamental				
		Skempton	Meyerhof	Polshin a Tokar	Bjerrum	ÈSN 73 1001
Cuadros de estructuras y muros sin reforzar	Estructura	$1/150$	$1/250$	$1/200$	$1/150$	
	Grietas en muros	$1/300$	$1/500$	$1/500$	$1/500$	$1/500$

Tipo de estructura	Tipo de daño	Buzamiento relativo fundamental Δ/l			
		Burland and Wroth	Meyerhof	Polshin a Tokar	CSN 73 1001
muros sin reforzar	Grietas en muros	Para $L/H = 1$ - $0,0004$ Para $L/H = 5$ - $0,0008$	$0,0004$	$0,0004$	$0,0015$
	Grietas en estructuras cargadas	Para $L/H = 1$ - $0,0002$ Para $L/H = 5$ - $0,0004$	-	-	-

Dimensionado de estructuras de hormigón

Las estructuras de hormigón pueden ser analizadas por los siguientes estándares:

- EN 1992-1-1 (EC2) o EN 1992-2
- CSN 73 1201R
- CSN 73 6206 (solo para Estribos)
- PN-B-03264 : 2002
- BS 8110 : 1997
- IS 456
- ACI 318 - 11
- AS 3600 - 2001
- SNiP 52-101 - 2003
- GB 50010 - 2002
- NZS 3101-2006
- CSA A23.3-14
- NBR 6118-2014

EC2 (EN 1992 1-1)

Esta ayuda contiene los siguientes métodos de cálculo:

- Materiales, coeficientes, notación
- Valores estándar de coeficientes
- Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano
- Verificación de la sección transversal rectangular RC
- Verificación de la sección transversal circular RC
- Verificación de la zapata para punzonamiento
- Diseño de refuerzo longitudinal para losas

- Diseño de refuerzo cortante para losas
- Verificación del ancho de grieta

Materiales, coeficientes, notación

Se utiliza la siguiente notación para parámetros de materiales:

f_{ck}	- Valor característico de la fuerza cilíndrica en compresión del hormigón
f_{cd}	- Diseño de fuerza del hormigón en compresión
f_{cm}	- Valor promedio de la fuerza en compresión del hormigón
f_{ctm}	- Valor medio de la resistencia a la tracción del hormigón
$f_{ctk0,05}$	- Valor característico del hormigón en tensión
f_{ctd}	- Diseño de fuerza de hormigón en tensión
f_{yk}	- Resistencia a la tracción característica de la barra de acero
f_{yd}	- Diseño de resistencia a la tracción de barra de acero

La característica de la fuerza de compresión de hormigón es el parámetros de entrada básico determinado por la clase de hormigón – Éste, sirve para obtener los demás coeficientes de fiabilidad (Tbl. 3.1).

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}$$

pro: $f_{ck} \leq 50 \text{ Mpa}$

$$f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln \left(1 + \frac{f_{cm}}{10} \right)$$

pro: $f_{ck} > 50 \text{ Mpa}$

$$f_{ctk,005} = 0,7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c}$$

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Los **valores de coeficientes estándar** α_{cc} , γ_c , α_{ct} , γ_s son incluidos en el programa – Estos valores pueden ser introducidos por el usuario dependiendo del **suplemento de selección Nacional**.

La notación más común para parámetros geométricos son:

b - Ancho de la sección transversal

- h - Profundidad de la sección transversal
 d - Profundidad efectiva de la sección transversal
 z - Brazos palanca (brazos de las fuerzas interna)

Valores estándar de coeficientes

El estándar contiene un número de coeficientes, el cual se ajusta en el suplemento de **Estándares Nacionales**. La tabla proporciona la descripción de los distintos coeficientes, sus valores y su correspondientes artículos del estándar. En algunos casos la formula contiene una variable, la cual no tiene símbolo en el estándar – en este caso la variable en la **expresión se denota como X** .

Coeficiente	Valor	Anotación	Artículo
γ_c	1,5		2.4.2.4
γ_s	1,15		2.4.2.4
α_{cc}	1		3.1.6
α_{ct}	1		3.1.6
$\alpha_{cc,pl}$	0,8		12.3.1
$\alpha_{ct,pl}$	0,8		12.3.1
k	1,5		12.6.3
ρ_{min}	0,0013		9.2.1.1
X	0,26	$\rho_{min} = X \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$	9.2.1.1
ρ_{max}	0,04		9.2.1.1
ρ_{min}	0,002		9.5.2
X	0,1	$\rho_{min} = \frac{X N_{Ed}}{f_{yd} A_s}$	9.5.2
ρ_{max}	0,04		9.5.2
X	0,18	$C_{Rd,c} = \frac{X}{\gamma_c}$	6.2.2
v_{min}	-	$0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$	6.2.2

X	0,5	$v_{max} = X \cdot v \cdot f_{cd}$	6.2.2
v	-	$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$	6.2.2
$\cotg \theta_{min}$	1		6.2.3
$\cotg \theta_{min}$	2,5		6.2.3

Anexo national de República Checa (CSN EN 1992-1-1 - 2010)

Coeficiente	Valor	Anotación	Artículo
$\alpha_{ct,pl}$	0,7		12.3.1

los demás valores son estándar

Anexo national de Eslovaquia (STN EN 1992-1-1 - 2008)

los demás valores son estándar

Anexo national de Polonia (PN EN 1992-1-1 - 2008)

Coeficiente	Valor	Anotación	Artículo
γ_c	1,4		2.4.2.4
$\cotg \theta_{max}$	2,0		6.2.3

los demás valores son estándar

Anexo Nacional Noruega (NS EN 1992-1-1 - 2004)

Coeficiente	Valor	Anotación	Artículo
α_{cc}	0,85		3.1.6
α_{ct}	0,85		3.1.6

los demás valores son estándar

EN 1992-2 - 2007

Coeficiente	Valor	Anotación	Artículo
α_{cc}	0,85		3.1.6

los demás valores son estándar

Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

La sección transversal es rectangular, cargada por el momento de flexión M_{Ed} , fuerza normal N_{Ed} (aplicada en el centroide de la sección transversal) y por la fuerza de corte V_{Ed} . La fuerza de corte está dada por (Art. 12.6.3):

$$V_{Rd} = \frac{f_{cvd} \cdot A_{cc}}{k}$$

Donde: A_{cc} - Superficie de hormigón

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd} - \left(\frac{\text{Max}(0; \sigma_{cp} - \sigma_{c,lim})}{2} \right)^2}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_{cc}}$$

$$\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd} \cdot (f_{cd} + f_{ctd})}$$

El **valor de coeficiente estándar** k es construido en el programa (Art. 12.6.3) – éste valor puede ser introducido por el usuario según el **suplemento de anexo Nacional**.

La fuerza de sección transversal de hormigón sujeta a la combinación del momento de flexión y la fuerza normal, se deriva de las siguientes expresiones (Art. 12.6.1) dependiente de la excentricidad de la fuerza normal e :

Como la mayor de:

$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{b \cdot h \cdot f_{ctd}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1}; \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{\frac{6 \cdot e}{h} + 1} \right)$$

La fórmula expresa la fuerza con el diagrama lineal tensión-deformación de la sección transversal sin la grieta.

$$\eta = 1,0 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{200}$$

$$x = h - 2 \cdot e$$

$$e = \text{Max} \left(\text{abs} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right); \frac{h}{30}; 20 \text{mm} \right)$$

Los valores mínimos de excentricidad son del artículo 6.1 (3).

$$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct,pl} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c}$$

Los **valores de coeficiente estándar** $\alpha_{cc,pl}$, $\alpha_{ct,pl}$, γ_c son construidos en el programa – Estos valores pueden ser introducidos por el usuario según el **suplemento de estándares Nacional**.

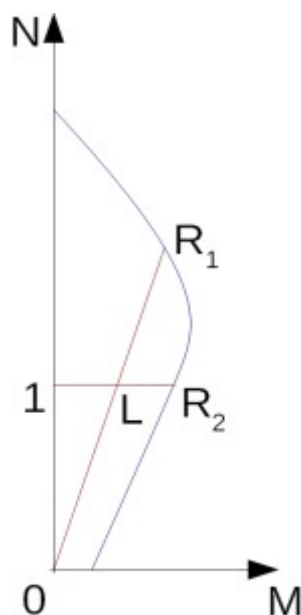


Diagrama de interacción N-M

Relación de uso de la sección transversal de hormigón sujeta a la combinación del momento flector y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR_1|$ o $|IL| / |IR_2|$. Donde L está cargando, R_1 es la fuerza con excentricidad prescrita y R_2 es la fuerza con fuerza normal prescrita

Verificación de la sección transversal rectangular RC

La sección transversal es rectangular, reforzada unilateralmente y cargada por el momento de flexión y por la fuerza de compresión normal. El programa verifica un sección de hormigón reforzada utilizando el método de deformación límite. La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es 0,002 - 0,0035. El refuerzo de compresión no se tiene en cuenta. Se aplica excentricidad mínima (Art. 6.1(3)):

$$e_0 = \text{Min} \left(\frac{h}{30} ; 20\text{mm} \right)$$

El grado calculado del refuerzo es controlado utilizando la siguiente expresión (Art. 9.2.1.1):

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

Los **valores coeficiente estándar** ρ_{min} , ρ_{max} son construidos en el programa – estos valores pueden ser introducidos por el usuario según el **suplemento de Anexo Nacional**.

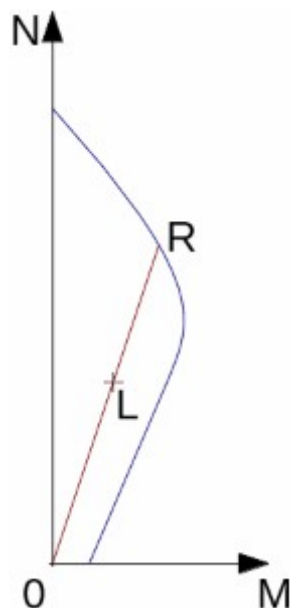


Diagrama de Interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita

Flexión sin fuerza normal

La sección transversal es rectangular, reforzada en un lado y cargada por el momento de flexión M_{Ed} .

El momento permisible para un área dada de refuerzos A_s lee (Art. 6.1, Art. 3.1.7(3)):

$$M_{Rd} = \lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x \right)$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}}$$

$$\lambda = 0,8 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{400}$$

$$\eta = 1,0 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{200}$$

La ubicación límite del eje neutro se encuentra desde (Art. 5.6.3(2)):

$x_{max} = 0,45.d$ para hormigón C40/45 y menores

$x_{max} = 0,35.d$ para hormigón C45/50 y mayores

Corte

Primero, el programa calcula la fuerza de corte última de hormigón $V_{Rd,c}$ (Art. 6.2.2(1)).

$$V_{Rd,c} = \text{Min} \left[v_{\min} ; C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{2}{3}} \right] d b$$

Donde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b d} \leq 0,02$$

Si la última fuerza de corte de hormigón se excede, se verifica la fuerza de corte última máxima $V_{Rd,max}$ (Art. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,max} = 0,5 z v f_{cd} b$$

Luego, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 6.2.3(3)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd} z} b$$

Los valores estándar de coeficientes v , v_{max} se construyen en el programa - estos valores pueden ser ingresados por el usuario dependiendo del **Anexo Nacional seleccionado**.

Verificación de sección transversal circular RC

El programa verifica un pilote de hormigón reforzado utilizando el método de deformación límite. La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es $0,002 - 0,0035$. La fuerza de hormigón ηf_{cd} se reduce en un 10% debido a la forma de la sección transversal (Art. 3.1.7).

El grado de reforzamiento es controlado utilizando la formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Pilote** (Art. 9.8.5)

$$\rho = \frac{4.A_s}{\pi.d^2}$$

$$A_c < 0,5m^2$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

$$0,5m^2 < A_c \leq 1m^2$$

$$\rho_{min} = 0,0025m^2/A_c$$

$$A_c > 1m^2$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

donde: A_c - área de sección transversal del pilote

$$\rho_{max} = 0,04$$

- **Columna** - control para compresión dominante (Art. 9.5.2)

$$\rho = \frac{4 \cdot A_s}{\pi \cdot d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,002 ; \frac{0,10 N_{Ed}}{f_{yd} A_s} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

- **Viga** - controla para flexión dominante (Art. 9.2.1.1)

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

Donde: d - Diámetro del pilote

A_s - Área de sección transversal de refuerzo

Los **valores de coeficiente estándar** ρ_{min} , ρ_{max} son construidos en el programa – Estos valores pueden ser introducidos por el usuario según el **suplemento de anexos Nacional**.

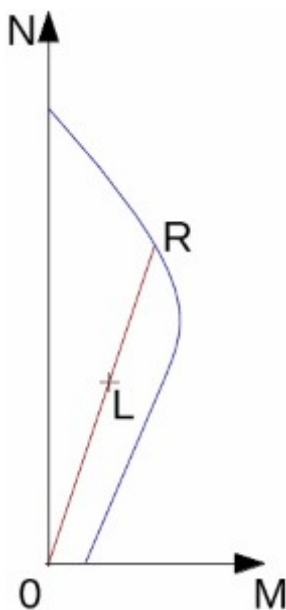


Diagrama de interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|0L|/|0R|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita

Corte

Primero, El programa calcula la resistencia al corte final de hormigón $V_{Rd,c}$ (Art. 6.2.2(1)). Las formulas son de Art. 6.2.2(1), donde el ancho de la sección (b_w) se reemplaza $0.88 \times d$ y la profundidad efectiva (d) se reemplaza por $0.8 \times d$.

$$V_{Rd,c} = \text{Min} \left[\nu_{\min}; C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{2}{3}} \right] 0.704 d^2$$

Donde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{0.8d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = 0.33 \frac{A_{sl}}{0.25 \pi d^2} \leq 0.02$$

Si se excede la resistencia al corte final de hormigón, la resistencia al corte final $V_{Rd,max}$ y fuerza de la sección reforzada $V_{Rd,s}$ son verificadas (Art. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,max} = 0.5(0.72d) \nu f_{cd} 0.88d$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} 0.72 d f_{ywd}$$

$$V_{Rd} = \text{Max}(V_{Rdc}; \text{Min}(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}))$$

Valores estándares de los coeficientes ν , ν_{max} se construyen en el programa - estos valores pueden ser incluso ingresador por el usuario dependiendo del **Anexo nacional seleccionado**

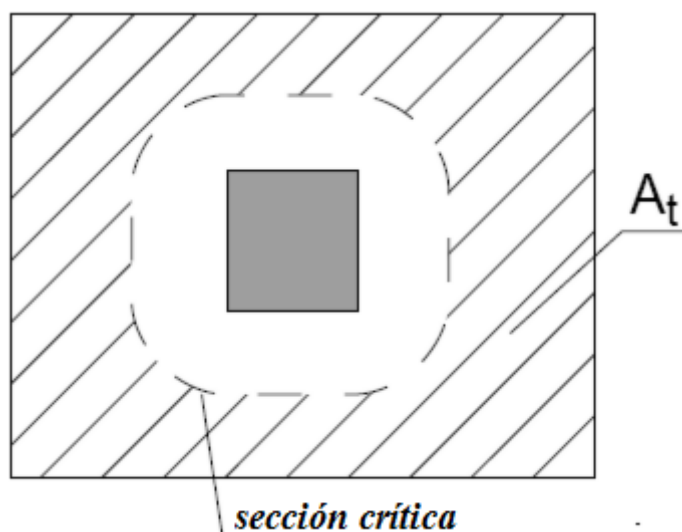
Verificación de zapata para punzonamiento

Es cargado por los momentos prescritos M_{Edx} , M_{Edy} y por la fuerza de corte V_{Ed} proporcionada por:

$$V_E = \frac{V \cdot A_t}{A}$$

Donde:

- A - Área de zapata
- V - Fuerza vertical asignada, desarrollada en la columna
- A_t - Área rayada en la figura



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa construye **secciones de control** a **distancias** desde $0,5d$ hasta $2d$ en el caso de **zapata sin refuerzo cortante**. En el caso de **zapata reforzada** las distancias son desde $0,5d$ hasta $4d$, donde d es la **profundidad efectiva de la zapata**. El refuerzo cortante es considerado en secciones de control, las cuales están distanciadas menos de $2d$ de la columna. Las secciones de control están consideradas en intervalos de $0,25d$.

La carga de tensión V_{Ed} en cada sección de control se encuentra utilizando 6.4.3 (3),

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_1}$$

$$v_{Rd,c} = \text{Max}(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}; v_{min}) 2d/a$$

la resistencia al punzonamiento de la zapata sin refuerzo cortante $V_{Rd,c}$ viene de 6.4.4 (2)

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} \leq 0.02$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

y de ser necesario la resistencia al punzonamiento de zapata reforzada $V_{Rd,cs}$ esta dada por 6.4.5 (1).

$$v_{Rd,cs} = \text{Min}(0.75 v_{Rd,c} + 0.75 \frac{A_{sw} f_{ywd,eff}}{u d}; k_{max} v_{Rd,c})$$

$$f_{ywd,eff} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$$

Además, la **resistencia a la compresión de acordes** al perímetro de la columna se calcula según 6.4.5 (3). $V_{Rd,max}$ depende de las dimensiones de la columna y del espesor de la base.

$$v_{Rd,max} = 0.4 \nu f_{cd}$$

Para $v_{Ed} < v_{Rd,c}$ no se necesita refuerzo de corte

Para $v_{Ed} > v_{Rd,c}$ y $v_{Ed} < v_{Rd,max}$ el refuerzo de corte debe ser introducido.

Para $v_{Ed} > v_{Rd,max}$ el refuerzo de corte no puede diseñarse. Por lo tanto, es necesario aumentar la altura de la sección transversal.

La **sección de control** con el peor radio de carga y resistencia es considerada como crítica y marcada en el programa.

Valores estándar de coeficientes ν , ν_{min} están incorporados en el programa; estos valores también pueden ser ingresados por el usuario dependiendo del **anexo Nacional** seleccionado.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño de refuerzo se realiza por sobrecarga causada por el momento de flexión M_{Ed} . El programa provee el área requerida de refuerzo de tensión y compresión (si es necesario). Se tiene en cuenta las condiciones para el grado de refuerzo máximo y mínimo en una sección transversal dada. Primero, el programa determina la ubicación del eje neutral como (Art. 3.1.7, Art. 6.1):

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{Ed}}{0.5 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}}}}{\lambda}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral, si es menor a la permitida ($x < x_{max}$), el programa determina el área de refuerzo de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{\lambda \cdot \eta \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral, si es mayor a la permitida ($x > x_{max}$), el programa determina ambas áreas, de refuerzo de compresión A_{sc} y de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = \lambda \cdot \eta \cdot b \cdot x_{max} \cdot f_{cd}$$

La ubicación límite del eje neutral se encuentra en (Art. 5.6.3(2)):

$x_{max} = 0.45 \cdot d$ Para hormigón C40/45 y menor

$x_{max} = 0.35 \cdot d$ Para hormigón C45/50 y mayor

El grado de refuerzo computarizado se comprueba mediante la siguiente expresión (artículo 9.3.1.1.):

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

Los valores estándar de los coeficientes ρ_{min} , ρ_{max} están incorporados en el programa - estos valores también pueden ser introducidos por el usuario en función del **anexo nacional seleccionado**.

Si se excede el máximo grado de refuerzo total ρ_{max} , el programa informa al usuario de que el refuerzo longitudinal no puede ser diseñado para una sección transversal dada.

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del esfuerzo cortante por estribos y armaduras, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón $V_{Rd,c}$ (Art. 6.2.2(1)) y la fuerza de corte máxima permitida $V_{Rd,max}$ (Art. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,c} = \text{Min} \left[v_{min} ; C_{Rd,c} \cdot k (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{2}{3}} \right] \cdot d$$

Donde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \cdot d} \leq 0,02$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}$$

Para los estribos el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 6.2.3(3)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd} \cdot z}$$

Para la armadura el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 6.2.3(4)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd} \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot (1 + \cot \alpha)}$$

Los valores de coeficiente estándar v , v_{min} son construidos en el programa – Estos valores

pueden ser introducidos por el usuario según **el anexo Nacional seleccionado**.

Verificación del ancho de grieta

El ancho de grieta se evalúa según el estándar del capítulo 7.3.4.

En primer lugar, la tensión de tracción máxima en hormigón se calcula en la sección ideal. Si la tensión de las grietas es inferior a la fuerza de tracción de hormigón f_{ctm} que no desarrollan.

Si no se rellena más que el ancho de la grieta se determina según:

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

donde:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

donde σ_s es la tensión en refuerzo a la tracción determinada en la sección ideal con la grieta

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$A_{c,eff} = b \times \text{Min}(2.5(h - d), (h - x)/3, h/2)$$

$$k_t = 0.4$$

Si la distancia de la barra de refuerzo es menor o igual que $5(c + \phi/2)$:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

Donde: $k_1 = 0,8$

$k_2 = 0,5$

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

c - cover

ϕ - Diámetro de la barra de refuerzo

Si la distancia de la barra de refuerzo es mayor que $5(c + \phi/2)$:

$$s_{r,max} = 1.3(h - x)$$

CSN 73 1201 R

Esta ayuda contiene los siguientes métodos de cálculo:

- [Materiales, coeficientes, notación](#)
- [Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano](#)
- [Verificación de la sección transversal rectangular RC](#)
- [Verificación de la sección transversal circular RC](#)

- Verificación de la zapata para punzonamiento
- Diseño de refuerzo longitudinal para losas
- Diseño de refuerzo cortante para losas

Materials, Coefficients, Notation

The following notation for material parameters is used:

R_{bd} - design compressive strength of concrete

R_{btd} - design tensile strength of concrete

γ_u - coefficient of the shape of cross-section

z - lever arm (arm of internal forces)

Coefficient γ_u is given by equation (Art. 5.2.2):

$$\gamma_u = \text{Max} \left(1 - \frac{20}{1000 \cdot h + 50} ; 0,85 \right)$$

The most common notation for geometrical parameters:

b - cross-section width

h - cross-section depth

h_e - effective depth of cross-section

z - lever arm (arm of internal forces)

Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force Q . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by (Art. 5.2.5):

$$M_u = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot R_{btd} \cdot \gamma_u$$

The shear strength is provided by (Art. 5.3.3, Appendix 9):

$$Q_u = \frac{1}{3} \cdot \kappa_h \cdot \kappa_n \cdot b \cdot h \cdot R_{btd}$$

$$\kappa_h = \text{Max} \left(1 ; 1,4 - \frac{2}{3} h \right)$$

$$\kappa_n = \text{Min} \left(2 ; 1 + 0,2 \cdot \frac{N}{b \cdot h \cdot R_{btd}} \right)$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e (Art. 5.2.5):

for:

$$e < 0,9.a_{gc} \Rightarrow N_u = b.x.R_{bd}.\gamma_u$$

$$e > 0,9.a_{gc} \Rightarrow N_u = \frac{b.h.R_{btd}.\gamma_u}{\frac{6.e}{h} - 1}$$

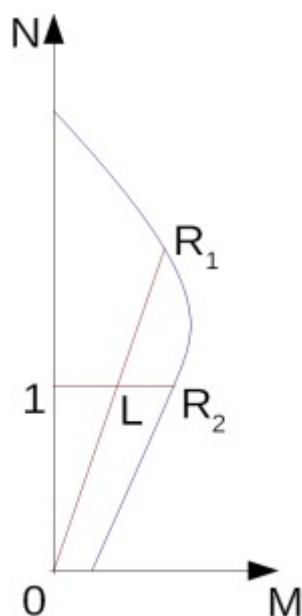
$$x_u = h - 2.e$$

$$e = \frac{abs(M)}{N}$$

$$a_{gc} = \frac{h}{2}$$

The ultimate bearing capacity is checked using the following formula (Art. 5.2.5.5):

$$N_{lim} = 0,8.b.x_u.R_{btd}.\gamma_u$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR_1|$ or $|IL| / |IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed excentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

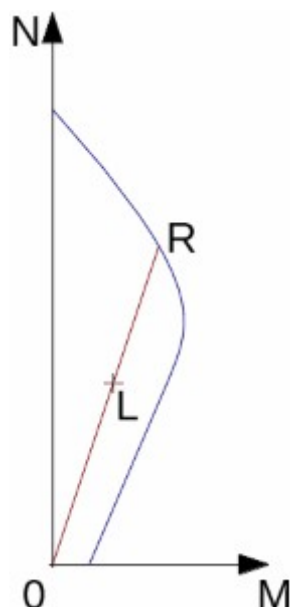
Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation (Art. 5.2.8). The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.0025. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions (Art. 3.1.4.3, Art. 3.1.4.6):

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3 \cdot R_{sd}} < \mu_{st} < 0,03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b \cdot h}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M_d .

The ultimate moment is provided by (Art. 5.2.7):

$$M_u = b \cdot x_u \cdot R_{bd} \cdot \left(h_e - \frac{x_u}{2} \right) \cdot \gamma_u$$

$$x_u = \frac{A_s \cdot R_{sd}}{b \cdot R_{bd}}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{lim} given by (Art. 5.2.7.1):

$$x_{lim} = \text{Min} \left(0,533; \frac{1}{1,25 + \frac{R_{sd}}{420}} \right)$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete Q_{bu} (Art. 5.3.3, Appendix 9).

$$Q_{bu} = \frac{1}{3} b h \kappa_q R_{btd}$$

where:

for:	$h \geq 0.3m$	is: $\kappa_q = 1.25$
for:	$h > 0.15m$	je $\kappa_q = 1.50$
for:	$h < 0.15m$	je $\kappa_q = 1.60$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength Q_{max} is checked (Art. 5.3.2.1).

$$Q_{max} = \frac{1}{3} b h \text{Min} (R_{bd} ; 18)$$

Next, the necessary reinforcement area is given by (Art. 5.3.4):

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{swd} c} b$$

where (Art. 5.3.5):

$$c = \text{Max} \left(\frac{1,2 \cdot b \cdot R_{btd} \cdot h_e^2}{Q - Q_{bu}} ; z \right)$$

The magnitude of c is bounded by the following expression:

$$c < 0,18 \frac{R_{bd} \cdot h}{\kappa_q \cdot R_{btd}}$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation (Art. 5.2.8). The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.0025. The degree of reinforcement is checked using the formula:

- **Column** - check for dominant compression (Art. 3.1.4.3, Art. 3.1.4.6)

$$\mu_{st,min} = 0.0008 \leq \mu_{st} \leq 0.04 = \mu_{st,max}$$

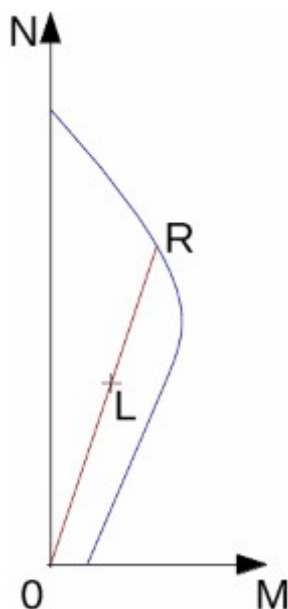
$$\mu_{st} = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

- **Beam** - check for dominant bending

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3R_{sd}} \leq \mu_{st} \leq 0.03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete Q_{bu} (Art. 5.3.3, Appendix 9).

$$Q_{bu} = \frac{1}{3}(0.88d)(0.88d)\kappa_q R_{btd}$$

where:

for: $0.88d \geq 0.3m$	is: $\kappa_q = 1.25$
for: $0.88d > 0.15m$	is $\kappa_q = 1.50$
for: $0.88d < 0.15m$	is $\kappa_q = 1.60$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength Q_{max} and strength of reinforced section Q_u are checked (Art. 5.3.2.1).

$$Q_{max} = \frac{1}{3}(0.88d)(0.88d) \text{Min} (R_{bd}, 18)$$

$$Q_u = Q_{bu} + A_b R_{swd} c$$

where (Art. 5.3.5):

$$c = \text{Max} \left(\frac{1.2(0.88d) R_{btd}(0.8d)^2}{Q - Q_{bu}}; 0.9(0.8d) \right)$$

The magnitude of c is bounded by the following expression:

$$c \leq 0.18 \frac{R_{bd}(0.88d)}{\kappa_q R_{btd}}$$

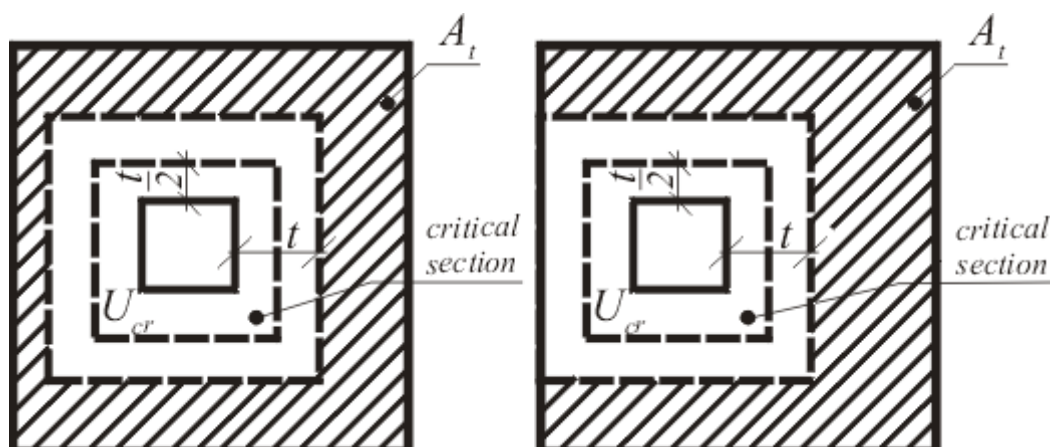
Verification of Spread Footing for Punching Shear

The program allows to verify spread footing for punching shear or for the design of shear reinforcement. The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x , M_y and by the shear force Q_r provided by:

$$Q_{dmax} = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

where:

- A - area of footing
- Q - assigned vertical force developed in column
- A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximal shear force Q_{dmax} developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement Q_{bu} , and the maximal allowable force Q_{max} :

$$Q_{bu} = 0.42 \cdot \kappa_h \cdot \kappa_n \cdot \kappa_s \cdot t \cdot R_{btd}$$

$$Q_{max} = 2 \cdot Q_{bu}$$

where for: $\mu_s > \mu_{min}$ is: $\kappa_s = \text{Min}[1 + 50 \cdot (\mu_s - \mu_{min}); 1.5]$ or else: $\kappa_s = 1$

$$\kappa_h = \text{Max} \left[1.4 - \frac{2}{3} \cdot h; 1 \right]$$

$$\kappa_n = 1$$

For $Q_{dmax} < Q_{bu}$ no shear reinforcement is needed.

For $Q_{dmax} > Q_{bu}$ and $Q_{dmax} < Q_{max}$ the shear reinforcement must be introduced. The ultimate shear force is given by:

$$Q_u = Q_{su} + Q_{bu}$$

$$Q_{su} = \frac{A_s \cdot R_{sd} \cdot \sin \alpha}{U_{cr}}$$

where: U_{cr} - critical cross-section span
 α - is angle of bends
 A_s - overall area of bends in footing

For $Q_{dmax} > Q_{max}$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section height.

Design of Longitudinal Reinforcement for Slabs

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the location of neutral axis as:

$$x = \frac{h_g - \sqrt{h_g^2 - \frac{M}{0,5 \cdot b \cdot \gamma_u \cdot R_{bd}}}}{0,8}$$

Providing the location of neutral axis is less than the allowable one ($x < x_{lim}$), the program determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = \frac{0,8 \cdot b \cdot x \cdot R_{bd}}{R_{sd}}$$

Providing the location of neutral axis is greater than the allowable one ($x > x_{lim}$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the expressions:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\gamma_u} - N_{max} (h_g - 0,5 \cdot 0,8 \cdot x_{lim})}{R_{sd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{N_{max} + A_{sc} \cdot R_{scd}}{R_{sd}}$$

$$N_{max} = x_{lim} \cdot 0,8 \cdot b \cdot R_{bd}$$

The limit location of neutral axis is found from:

$$x_{max} = \text{Min} \left(0,533 ; \frac{1}{1,25 + \frac{R_{sd}}{420}} \right) \cdot h_e$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3 \cdot R_{sd}} < \mu_{st} < 0,03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b \cdot h}$$

If the maximum degree of tensile reinforcement ($\mu_{st,max} = 0.03$) or total reinforcement ($\mu_{max} = 0.04$), respectively, is exceeded, the program informs the user that the longitudinal reinforcement cannot be designed for a given cross-section.

Design of Shear Reinforcement for Slabs

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete Q_{bu} and the maximum allowable shear force Q_{max} .

$$Q_{bu} = \frac{1}{3} b \cdot h \cdot \kappa_q \cdot R_{btd}$$

$$Q_{max} = \frac{1}{3} b \cdot h \cdot \text{Min}(R_{bd} ; 18)$$

where:

for: $h \geq 0.3m$	is: $\kappa_q = 1.25$
for: $h > 0.15m$	je $\kappa_q = 1.50$
for: $h < 0.15m$	je $\kappa_q = 1.60$

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by:

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{swd} \cdot c}$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by:

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{swd} (c \cdot \sin \alpha + 0,8 \cdot h_e \cdot \cos \alpha)}$$

where:

$$c = \text{Max} \left(\frac{1,2 \cdot b \cdot R_{btd} \cdot h_e^2}{Q - Q_{bu}} ; z \right)$$

The magnitude of c is bounded by the following expression:

$$c < 0,18 \frac{R_{bd} \cdot h}{\kappa_q \cdot R_{btd}}$$

CSN 73 6206

Cuando se selecciona "**CSN 73 6206**", en el cuadro "**métodos de análisis**", el análisis de verificación de juntas decisivas se realiza de acuerdo a la norma CSN 73 6206 "Diseño de estructuras puente de hormigón y hormigón armado con acero", incluyendo cambios a-10/1989 ,a Z2 / 1994. El programa permite la verificación de las secciones transversales de hormigón en masa o de hormigón armado de acero con terminación única. Todos los cálculos relacionados con el hormigón se lleva a cabo utilizando la **teoría de las tensiones admisibles**.

La principal diferencia con otros estándares aparece en el dimensionado de juntas de hormigón donde la presión de la tierra se calcula **siempre sin reducción de parámetros de entrada** independientemente de la entrada en el cuadro "Configuración"

Al realizar el análisis de verificación de las secciones transversales hecho, ya sea de hormigón en masa o de hormigón armado de acero es posible la entrada del **coeficiente de tensión admisible** según el art. 47 CSN 73 6206 para aumentar la tensión del material permitido.

Las siguientes juntas pueden ser verificadas por el programa:

Pilote tallo - fundación, junta de construcción - la sección transversal se puede hacer ya sea de hormigón en masa o de hormigón armado de acero. La articulación se verifica por la carga debido a la fuerza normal y momento de flexión. Las tensiones de hormigón admisibles, acero y hormigón en presión concéntrica se verifican. En el caso de hormigón armado el programa también comprueba el grado de refuerzo, secciones transversales desde hormigón plano se revisan para vuelco ($h/2e < 1,35$) y la traslación ($N \cdot f < 1,5$); fricción hormigón-hormigón se asume como $f=0,5$).

Muro de cierre - bloque de apoyo - la sección transversal se verifica para la carga debido a la fuerza normal y momento de flexión. La sección transversal de hormigón armado de acero siempre se tiene en cuenta. Las tensiones admisibles de hormigón y el acero y el grado de refuerzo son controladas.

Muro alas - estribo - la junta puede hacerse ya sea de hormigón y hormigón armado de acero. Las tensiones admisibles de hormigón, acero y hormigón en presión concéntrica se comprueban. En el caso de hormigón armado el programa también comprueba el grado de refuerzo.

El salto frontal del pilote de cimentación - el salto delante del pilote se verifica según su proyección. En caso de proyección de salto $\nu < 0,5 H_z$ (H_z es la altura del salto de cimentación) el programa comprueba la magnitud de la tensión en la tensión principal debido a las fuerzas desarrolladas en la articulación por encima de la fundación. La tensión se determina como:

$$\sigma = 0,15 \cdot \frac{N}{d - 2 \cdot \frac{M}{N}}$$

Donde d - ancho por encima de la junta de cimentación

M, N - momento y fuerza normal por encima de la junta de cimentación

En el caso de salto de proyección $v > 0,5 h_z$ el salto se analiza como voladizo doblado por la reacción (tensión) del suelo de cimentación. La junta puede hacerse ya sea de hormigón o de hormigón armado con acero. Las tensiones admisibles de hormigón, acero y hormigón en presión concéntrica se comprueban. En el caso de hormigón armado el programa también comprueba el grado de refuerzo.

PN-B-03264 : 2002

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made from plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materials, Coefficients, Notation

The following notation for material parameters is used:

f_{ck}	-	characteristic compressive strength of concrete
f_{cd}	-	design compressive strength of concrete
f_{ctk}	-	characteristic tensile strength of concrete
f_{ctd}	-	design tensile strength of concrete
f_{yk}	-	characteristic tensile strength of steel bar
f_{yd}	-	design tensile strength of steel bar
f_{ctm}	-	mean tensile strength of steel bar

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \alpha_{cc}$$

$$f_{ctd} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} \cdot \alpha_{ct}$$

$$E_{cm} = 11000 \cdot (f_{ck} + 8)^{0,3}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}$$

where:	$\alpha_{cc} = 1$	
	$\alpha_{ct} = 1$	
	$\gamma_c = 1.5$	-for reinforced concrete structures
	$\gamma_c = 1.8$	-for concrete structures

The most common notation for geometrical parameters:

where: b -cross-section width
 h -cross-section depth
 d -effective depth of cross-section
 z -lever arm (arm of internal forces)

Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M_{Sd} , normal force N_{Sd} (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V_{Sd} . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by:

$$M_{Rd} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot f_{ctd}$$

The shear strength is provided by:

$$V_{Rd,1} = 0,35 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot 1,2 \cdot b \cdot d$$

where:

$$k = \text{Max}(1,6 - d ; 1)$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e :

As the greater of:

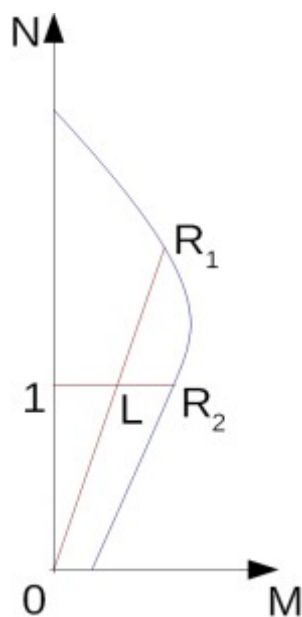
$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{b \cdot h \cdot f_{ctd}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1} ; \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{\frac{6 \cdot e}{h} + 1} \right)$$

where:

$$x = h - 2 \cdot e$$

$$e = \text{abs} \left(\frac{M}{N} \right)$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR_1|$ or $|IL| / |IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

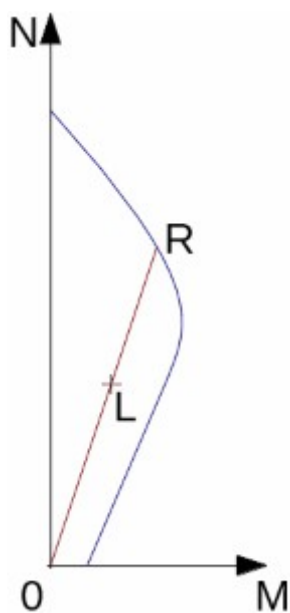
$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

where:

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M_{Sd} .

The permissible moment for a given area of reinforcements A_s reads:

$$M_{rd} = 0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d - 0,4 \cdot x)$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{lim} given by:

$$x_{max} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \cdot d$$

where:

$$\varepsilon_{cv} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_{Rd1} .

$$V_{Rd1} = 0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) d b$$

where:

$$k = 1,6 - d$$

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b d} \leq 0,01$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{Rd2} is checked.

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} z b$$

where:

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sw1} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd1} z} b$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035. The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,003 ; \frac{0,15 N_{Ed}}{f_{yd} A_s} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

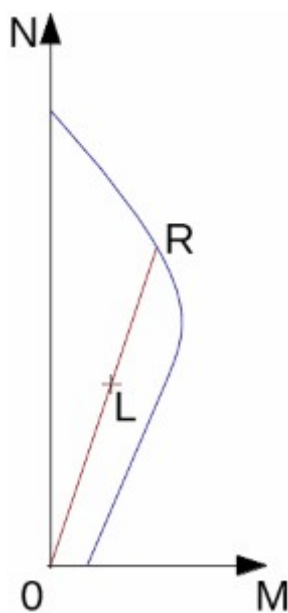
- **Beam** - check for dominant bending

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

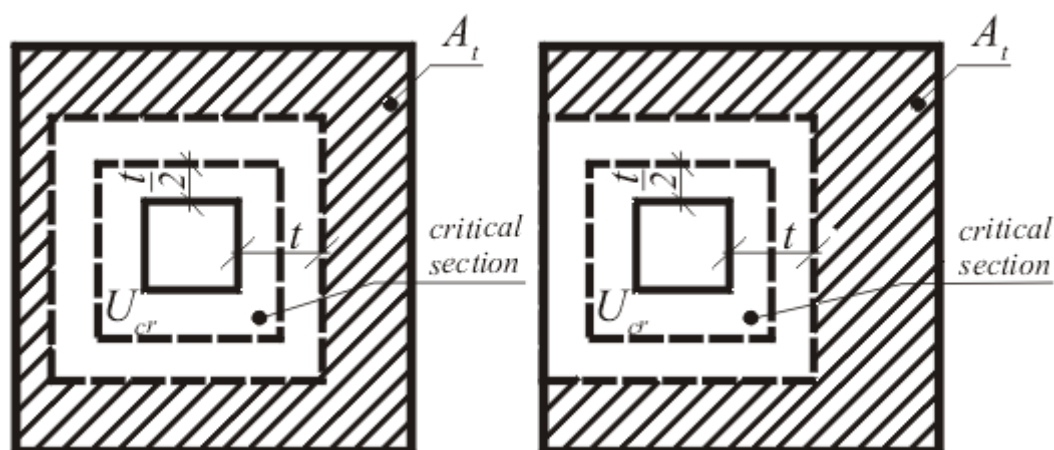
Verificación de la zapata para punzonamiento

La sección crítica cargada en corte u es distante al borde de la columna por la mitad del espesor de la zapata. Es cargada por los momentos prescritos M_x , M_y y por la fuerza de corte N_{Sd} dada por:

$$N_{Sd} = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

donde:

A	-	área de la zapata
V	-	fuerza vertical asignada desarrollada en la columna
A_t	-	área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa calcula la fuerza de corte máxima N_{Sd} desarrollada en la sección crítica, la fuerza de corte transmitida por el hormigón sin refuerzo cortante N_{Rd1} , y la fuerza máxima permitida $N_{Rd,max}$:

$$N_{Rd} = f_{ctd} \cdot d$$

$$N_{Rd,max} = 1,4 \cdot N_{Rd}$$

Para $N_{Sd} < N_{Rd}$ no se necesitan refuerzo cortante

Para $N_{Sd} > N_{Rd}$ y $N_{Sd} < N_{Rd,max}$ el refuerzo cortante debe ser ingresado. La fuerza de corte última está dada por:

$$N_{Rd} = \frac{\sum A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha}{u}$$

donde:

- u - espacio de la sección transversal crítica
- α - ángulo de armadura
- A_{sw} - área global de armadura en la zapata

Para $N_{Sd} > N_{Rd,max}$ El refuerzo cortante no puede ser diseñado. Por lo que es necesario incrementar la altura de la sección transversal.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño del refuerzo se realiza para la carga causada por el momento de flexión M_{Sd} . El programa proporciona el área requerida de resistencia a la tracción y compresión (si es necesario). Tiene en cuenta las condiciones para el grado mínimo y máximo de refuerzo en una sección transversal dada. En primer lugar, el programa determina la ubicación del eje neutro como:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{sd}}{0,5 \cdot b \cdot f_{cd}}}}{0,8}$$

Si la ubicación del eje neutro es menor que el permitido ($x < x_{max}$), el programa determina el área del refuerzo de tracción A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Si la ubicación del eje neutro es mayor que el permitido ($x > x_{max}$), the program el programa determina el área del refuerzo de compresión A_{sc} y tracción A_{st} desde las expresiones:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max}(d - 0,4 \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,8 \cdot x_{max} \cdot b \cdot f_{cd}$$

La ubicación límite del eje neutro se:

$$x_{max} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \cdot d$$

donde:

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

El grado calculado de refuerzo se verifica utilizando las siguientes expresiones:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

donde:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

Si se sobrepasa el grado máximo de refuerzo total ρ_{max} , el programa informa al usuario de que el refuerzo longitudinal no puede ser diseñado para una determinada sección transversal.

Diseño de refuerzo cortante para Losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_{Rd1} y la fuerza de corte máxima permitida V_{Rd2} .

$$V_{Rd1} = 0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_L) \cdot d$$

Donde:

$$k = 1,6 - d$$

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b \cdot d} \leq 0,01$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot z$$

Donde:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

Para los estribos el área de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sw1} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd1} \cdot z}$$

Para la armadura, el área de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sw2} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd2} \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot (1 + \cot \alpha)}$$

BS 8110 : 1997

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materiales, coeficientes, notación

The following notation for material parameters is used:

- f_{cu} - characteristic strength of concrete
 f_y - characteristic strength of reinforcement
 f_{yd} - design strength of steel in tension

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05}$$

The characteristic compressive strength of concrete is the basic input parameter given by the class of concrete.

The most common notation for geometrical parameters:

- b - cross-section width
- h - cross-section depth
- d - effective depth of cross-section
- z - lever arm (arm of internal forces)

All computations are carried out according to the theory of limit states.

Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V .

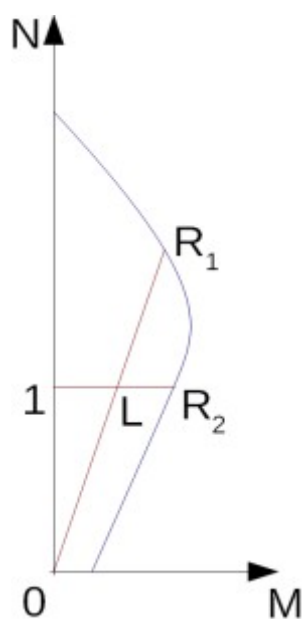
Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force with eccentricity e is derived from the following expressions:

$$\begin{aligned} N_u &= x \cdot 0,45 \cdot f_{cu} \\ x &= h - 2 \cdot e \\ e &= \text{Max} \left(\frac{\text{abs}(M)}{N} ; 0,05 \cdot h ; 20 \text{mm} \right) \end{aligned}$$

The shear strength is provided by:

$$V_u = v_c \cdot b \cdot h$$

where: v_c - is the design value of shear stress in concrete for degree of longitudinal reinforcement $\rho = 0$ (see: [Verification of spread footing for punching shear](#))



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR_1|$ or $|IL| / |IR_2|$. Where L is loading, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verificación de Sección transversal rectangular RC

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0,002 - 0,0035. Compression reinforcement is not taken into account. Minimum eccentricity is applied:

$$e_0 = \text{Min}(0,05.h ; 20\text{mm})$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

where:

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

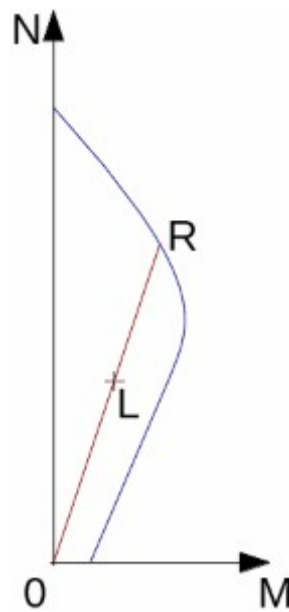
$$\rho_{\max} = 0,04$$

$$\rho_{\min} = 0,0013$$

$$\rho_{\min} = 0,0024$$

- for $f_y = 460 \text{ N/mm}^2$

- for $f_y = 250 \text{ N/mm}^2$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M_u .

The permissible moment for a given area of reinforcements A_s reads:

$$\begin{aligned} M_u &= b \cdot F_c \cdot (d - 0,45 \cdot x) \\ F_c &= 0,402 f_{cu} x \\ x &= \frac{A_s f_{yd}}{b \cdot 0,402 f_{cu}} \end{aligned}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{max} given by:

$$x_{max} = 0,5 \cdot d$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c .

$$V_c = v_c d b$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \left(\frac{100 A_s}{b h} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm^2 multiplied by $(f_{cu} / 25)^{1/3}$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} is checked.

$$V_{max} = \text{Min}(5 ; 0,8\sqrt{f_{cu}})db$$

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sl} = \frac{V - V_c}{0,95 f_{yv} (d - d')} b$$

where:

$$f_{yv} \leq 460 \text{ MPa}$$

Verificación de la sección transversal circular RC

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0,002 - 0,0035.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$\rho_{min} = 0,0013$$

- for $f_y = 460 \text{ N/mm}^2$

$$\rho_{min} = 0,0024$$

- for $f_y = 250 \text{ N/mm}^2$

- **Beam** - check for dominant bending

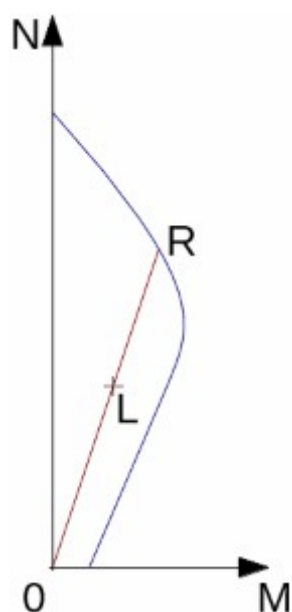
$$\rho = 0,5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{max} = 0,06$$

$$\rho_{min} = 0,004$$

where: d - pile diameter

A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

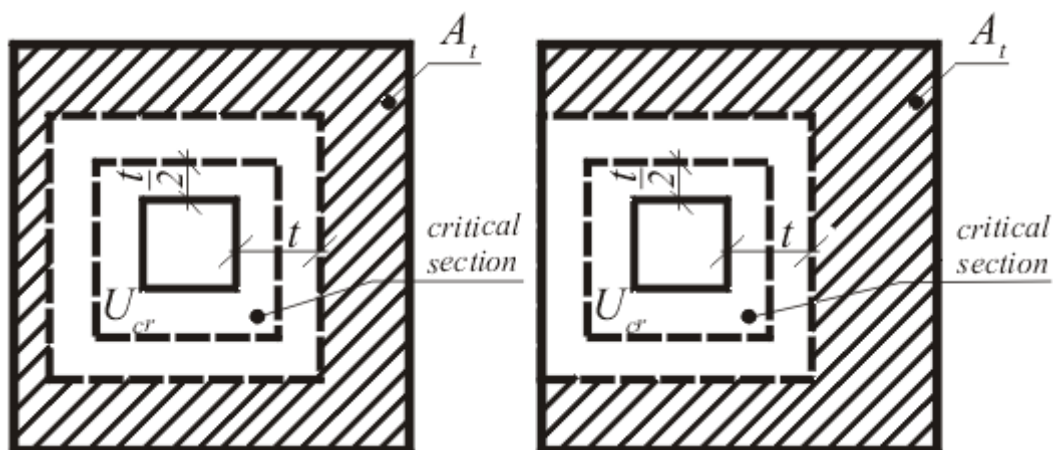
Verificación de la zapata para punzonamiento

The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x, M_y and by the shear force V provided by:

$$V = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

where:

- A - area of footing
- Q - assigned vertical force developed in column
- A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximum shear force V developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement V_c , and the maximal allowable force V_u :

$$\begin{aligned} V_c &= v_c \cdot d \\ V_u &= v_u \cdot d \end{aligned}$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \cdot \left(\frac{100 \cdot A_s}{b \cdot h} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm^2 multiplied by $(f_{cu}/25)^{1/3}$

$$v_u = 0,8 \cdot \sqrt{f_{cu}} \text{ or } 5 \text{ N/mm}^2$$

where: v_u is ultimate shear stress

For $V < V_c$ no shear reinforcement is needed.

For $V > V_c$ and $V_c < V_u$ it is necessary to design shear reinforcement. The permissible shear force is given by:

$$\begin{aligned} V_{rd} &= V_c + V_{us} \\ V_{us} &= \frac{\sum 0,95 A_{us} \cdot f_{yv} \cdot \sin \alpha}{u} \\ f_{yv} &= \text{Min}(f_y ; 460) \end{aligned}$$

where: u critical cross-section span
 α angle of bends
 A_{us} overall area of bends in footing

For $V > V_u$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section depth.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M_d . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the location of neutral axis as:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,402 \cdot b \cdot f_{cu}}}}{0,9}$$

Providing the location of neutral axis is less than the allowable one ($x < x_{max}$), the program

determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = \frac{0,402 \cdot b \cdot f_{cu} \cdot 0,9 \cdot x}{f_{yd}}$$

Providing the location of neutral axis is greater than the allowable one ($x > x_{max}$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the expressions:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (d - 0,45 \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,9 \cdot x_{max} \cdot 0,67 \cdot \frac{f_{cu}}{1,5}$$

The limit location of neutral axis is found from:

$$x_{u,lim} = 0,5$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

where:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$\rho_{min} = 0,0013 \quad \text{- for } f_y = 460 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = 0,0024 \quad \text{- for } f_y = 250 \text{ N/mm}^2$$

If the maximum degree of reinforcement ρ_{max} is exceeded, the program informs the user that the longitudinal reinforcement cannot be designed for a given cross-section.

Diseño de refuerzo de corte para losas

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete V_c and the maximum allowable shear force V_{max} .

$$V_c = v_c \cdot d$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \cdot \left(\frac{100 \cdot A_s}{b \cdot h} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm^2 multiplied by $(f_{cu} / 25)^{1/3}$

$$V_{max} = \text{Min}(5 ; 0,8 \cdot \sqrt{f_{cu}})d$$

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sl} = \frac{V - V_c}{0,95 \cdot f_{yv} \cdot (d - d')}$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sb} = \frac{V - V_c}{0,95 \cdot f_{yv} \cdot (\sin \beta + \cos \beta) \cdot (d - d')}$$

where:

$$f_{yv} \leq 460 \text{ MPa}$$

IS 456

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materials, Coefficients, Notation

The following notation for material parameters is used:

f_{ck}	- characteristic cube compressive strength of concrete
f_{cd}	- design compressive strength of concrete
f_{ctk}	- characteristic tensile strength of concrete
f_{ctd}	- design tensile strength of concrete
f_y	- characteristic strength of steel bar
f_{yd}	- design tensile strength of steel bar

The characteristic compressive strength of concrete is the basic input parameter given by the class of concrete - it serves to derive the remaining coefficients of reliability.

$$f_{cd} = 0,67 \cdot \frac{f_{ck}}{1,5}$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{1,5}$$

$$E_c = 5000 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{ydl} = \frac{f_y}{1,15}$$

The most common notation for geometrical parameters:

- b - cross-section width
- h - cross-section depth
- d - effective depth of cross-section
- z - lever arm (arm of internal forces)

All computations are carried out according to the theory of limit states.

Verification of Rectangular Cross-Sections Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V :

$$M_{rd} = \frac{b h^2}{6} f_{ctd}$$

The shear strength is provided by:

$$V_{rd} = \tau_c b h$$

where: τ_c - is the design value of stress in concrete obtained from table 19 of the IS456 standard for degree of longitudinal reinforcement $\rho = 0$.

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force with eccentricity e is derived from the following expressions:

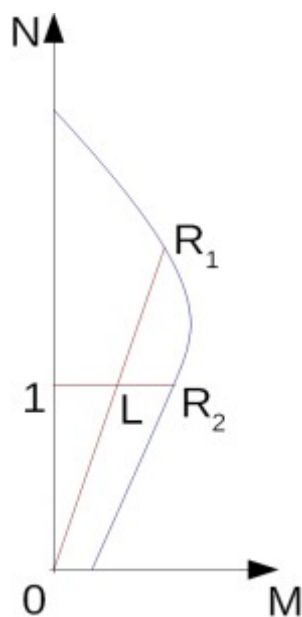
$$P_{rd} = b x f_{cd}$$

$$P_{rd} = \text{Min} \left(\frac{b h f_{ctd}}{\frac{6 e}{h} - 1} ; \frac{b h f_{cd}}{\frac{6 e}{h} + 1} \right)$$

where:

$$x = h - 2 e$$

$$e = \frac{\text{abs}(M_u)}{P_u}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR_1|$ or $|IL| / |IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035. Compression reinforcement is not taken into account. Minimum eccentricity is applied:

$$e_0 = \text{Max} \left(\frac{h}{30} ; 20\text{mm} \right)$$

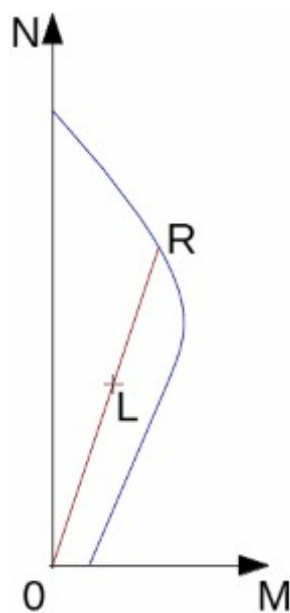
The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M . The permissible moment for a given area of reinforcements A_s reads:

$$M_{rd} = b F_c (d - 0,42 x)$$

$$F_c = 0,36 f_{ck} x$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{b 0,36 f_{ck}}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{max} given by:

$$x_{max} = 0.53d \quad - \text{ for steel Fe 250}$$

$$x_{max} = 0.48d \quad - \text{ for steel Fe 400}$$

$$x_{max} = 0.46d \quad - \text{ for steel Fe 500}$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_{uc} .

$$V_{uc} = \tau_c d b$$

where: τ_c is determined according to table 19 standard IS 456 : 2000.

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength $V_{uc,max}$ is checked.

$$V_{uc,max} = \tau_{c,max} d b$$

where: $\tau_{c,max}$ is determined according to table 20 standard IS 456 : 2000.

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 f_y d} b$$

where:

$$f_y \leq 415 \text{ MPa}$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4.A_s}{\pi.d^2}$$

$$\rho_{min} = 0,008$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

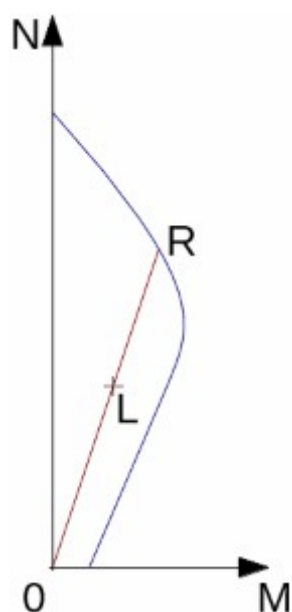
- **Beam** - check for dominant bending

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

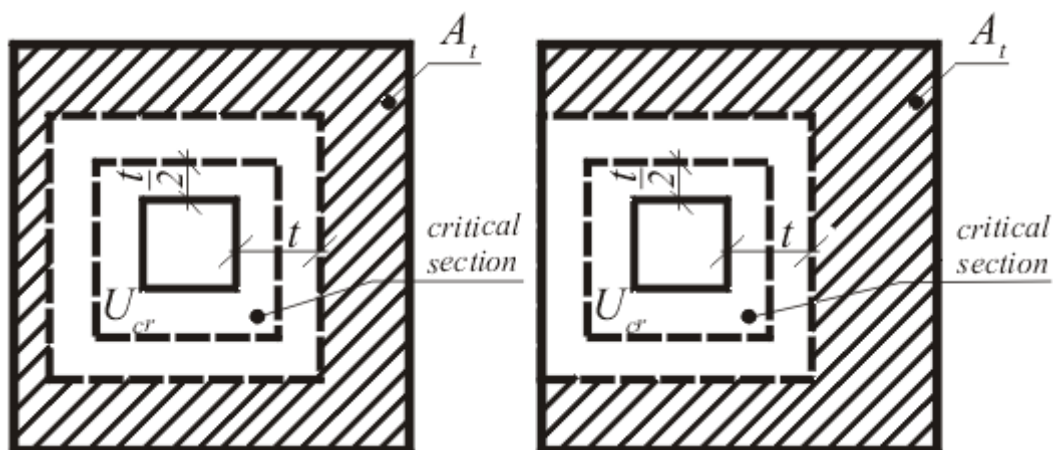
Verification of Spread Footing for Punching Shear

The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x , M_y and by the shear force V_r provided by:

$$V_r = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

where:

A	-	area of footing
Q	-	assigned vertical force developed in column
A_t	-	hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximum shear force V developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement V_c , and the maximal allowable force V_{max} :

$$V_c = \tau_{rd} \cdot k_s \cdot h$$

$$V_{max} = 1,5 \cdot V_c$$

where:

$$\tau_c = 0,25 \cdot \sqrt{f_{ctk}}$$

$$k_s = \text{Min} \left(0,5 + \frac{c_x}{c_y} ; 1 \right)$$

where: c_x, c_y - are dimensions of footing column

For $V < V_c$ no shear reinforcement is needed.

For $V > V_c$ and $V < V_{max}$ it is necessary to design shear reinforcement. The permissible shear force is given by:

$$V_{rd,3} = \frac{1}{2} \cdot V_c + V_{us}$$

$$V_{us} = \frac{\sum 0,87 A_{sv} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha}{u}$$

where: u critical cross-section span
 α is angle of bends
 A_{sv} overall area of bends in footing

For $V > V_{max}$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section depth.

Design of Longitudinal Reinforcement for Slabs

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M_{rd} . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the location of neutral axis as:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{rd}}{0,96 \cdot b \cdot f_{cd}}}}{0,84}$$

Providing the location of neutral axis is less than the allowable one ($x < x_{max}$), the program determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = 0,36 \cdot b \cdot x \cdot f_{ck}$$

Providing the location of neutral axis is greater than the allowable one ($x > x_{max}$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the

expressions:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max}(d - 0,42.x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,36.x_{max}.b.f_{ck}$$

The limit location of neutral axis is found from:

$$x_{max} = 0.53d \quad \text{for steel Fe 250}$$

$$x_{max} = 0.48d \quad \text{for steel Fe 400}$$

$$x_{max} = 0.46d \quad \text{for steel Fe 500}$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

If the maximum degree of tensile reinforcement ($\rho_{t,max} = 0.04$) or total reinforcement ($\rho_{max} = 0.08$), respectively, is exceeded, the program informs the user that the longitudinal reinforcement cannot be designed for a given cross-section.

Design of Shear Reinforcement for Slabs

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete V_{cu} and the maximum allowable shear force $V_{uc,max}$.

$$V_{uc} = \tau_c \cdot d$$

where: τ_c is determined according to table 19 standard IS 456 : 2000.

$$V_{uc,max} = \tau_{c,max} \cdot d$$

where: $\tau_{c,max}$ is determined according to table 20 standard IS 456 : 2000.

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 \cdot f_y \cdot d}$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 \cdot f_y \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}$$

where:

$$f_y \leq 415 \text{ MPa}$$

ACI 318-11

Esta ayuda contiene los siguientes métodos de cálculo:

- Materiales, coeficientes, notación
- Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano
- Verificación de la sección transversal rectangular RC
- Verificación de la sección transversal circular RC
- Verificación de la zapata por punzonamiento
- Diseño de refuerzo longitudinal para losas
- Diseño de refuerzo cortante para losas

Materiales, Coeficientes, Notación

Se utiliza la siguiente notación para parámetros de materiales:

f'_c - fuerza de compresión especificada del hormigón

E_c - módulo de elasticidad del hormigón

f_y - Límite de elasticidad del acero de refuerzo

El módulo de elasticidad está dado por (Art. 8.5.1):

$$E_c = 57000 \cdot \sqrt{f'_c}$$

La notación mas común para los parámetros geométricos:

b - ancho de la sección transversal

h - profundidad de la sección transversal

d - profundidad efectiva de la sección transversal

Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

La sección transversal es rectangular, cargada por el momento de flexión M , fuerza normal P (aplicada en el centro de la sección transversal) y por la fuerza de corte V_n .

La fuerza de corte está dada por (Art. 22.5.4, Art. 9.3.5):

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$V_n = \frac{4}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot h$$

$$\phi = 0,6$$

La fuerza de la sección transversal de hormigón sujeta a la combinación de momento de flexión y fuerza normal se deriva de la siguiente expresión (Art. 22.5.3, Art. 9.3.5):

por lado de compresión:

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi \cdot M_n} \leq 1$$

donde:

$$P_n = 0,6 \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot S$$

$$S = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\phi = 0,6$$

por lado de tensión:

$$\frac{M_u}{S} - \frac{P_u}{b \cdot h} \leq 5 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'_c}$$

donde:

$$\phi = 0,6$$

Verificación de la sección transversal rectangular RC

La sección transversal es rectangular, recargada unilateralmente y cargada por el momento de flexión y por la fuerza de compresión normal. El programa verifica una sección de hormigón reforzado utilizando el método de deformación límite deformation (Art. 10.3, Art. 10.4). La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es 0,003. El refuerzo de compresión no se tiene en cuenta.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions (Art. 10.5.1):

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(3 \cdot \sqrt{f'_c} ; 200)}{f_y}$$

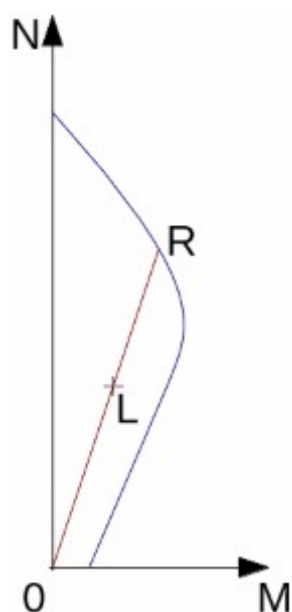


Diagrama de Interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita.

Flexión sin fuerza normal

La sección transversal es rectangular, reforzada en un lado y cargada por el momento de flexión M_u .

El momento ultimo está dado por (Ch. 10, Art. 10.2.7.3, Art. 9.3.2.1):

$$\begin{aligned}
 M_u &< \phi \cdot M_n \\
 M_n &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot 0,85 \cdot f'_c} \\
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \cdot \frac{f'_c - 4000}{1000} \\
 0,65 &< \beta_1 < 0,85 \\
 \phi &= 0,9
 \end{aligned}$$

La ubicación límite de la axisa neutral está dada por:

$$x_{u,lim} = \frac{0,003}{0,003 + 0,004} \cdot d$$

Corte

Primero, el programa calcula la fuerza de corte última de hormigón V_c (Art. 11.2.1.1).

$$V_c = 2\sqrt{f'_c} d b$$

Si la última fuerza de corte de hormigón se excede, se controla la fuerza de corte última máxima V_{max} (Art. 11.2.1.1 + Art. 11.4.7.9).

$$V_{max} = 10\sqrt{f'_c} d b$$

Luego, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 11.4.7):

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_{yt} d} b$$

Donde (Art. 11.4.2, Art. 9.3.2.3):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0,75$$

Verificación de la sección transversal circular RC

El programa verifica un pilote de hormigón reforzado utilizando el método de deformación límite (Art. 10.3, Art. 10.4). La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es 0,0030. El grado de refuerzo es controlado utilizando la formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Columna** - control para compresión dominante (Art. 10.9.1)

$$\rho = \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0,01$$

$$\rho_{max} = 0,08$$

- **Viga** - control para flexión dominante (Art. 10.5.1)

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(3\sqrt{f'_c} ; 200)}{f_y}$$

donde: d - diámetro de pilote

A_s - área del refuerzo

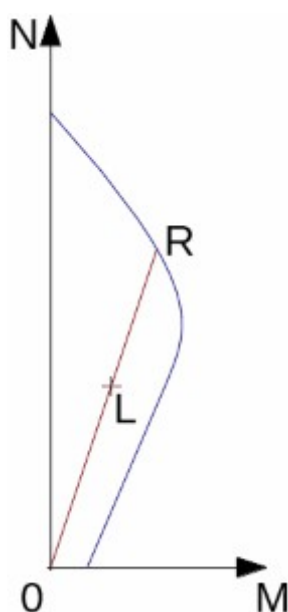


Diagrama de interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita.

Corte

Primero, el programa calcula la resistencia al corte final de hormigón

V_c (Art. 11.2.1.1, Art. 11.2.3).

$$V_c = 2\sqrt{f'_c}0.8d^2$$

Si se excede la resistencia al corte final de hormigón, se controlan: la resistencia al corte final V_{max} y la fuerza de la sección reforzada V_s (Art. 11.2.1.1 + Art. 11.4.7.9, Art. 11.2.3, Art. 11.4.7.2).

$$V_{max} = 10\sqrt{f'_c}0.8d^2$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} 0.8d}{s}$$

donde (Art. 11.4.2, Art. 9.3.2.3):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0.75$$

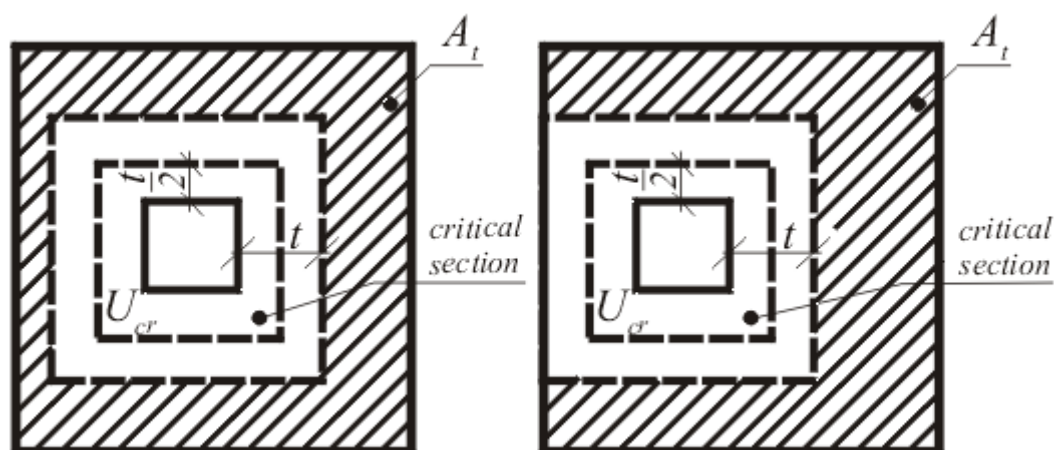
Verificación de la zapata para punzonamiento

El programa permite la verificación de zapata para punzonamiento o por diseño de refuerzo para esfuerzo cortante. La sección crítica cargada en corte b_o es distante al borde de la columna por la mitad del espesor de la zapata. Es cargada por los momentos prescritos M_x , M_y y por al fuerza de corte V_u está dada por:

$$V_u = \frac{V \cdot A_t}{A}$$

donde:

- A - área de zapata
- V - fuerza vertical asignada desarrollada en la columna
- A_t - área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa calcula la fuerza de corte máxima V_u desarrollada en la sección crítica, la fuerza de corte transmitida por el hormigón sin refuerzo cortante V_c , y la fuerza máxima permitida (Art. 11.11.2.1):

$$V_c = \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

Donde β_c es la relación del lado largo al lado corto de la columna.

$$V_c = \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \sqrt{f'_c} b_o d$$

Donde α_s

- 40 - columna interna
- 30 - columna límite
- 20 - columna esquina

$$V_c = 4\sqrt{f'_c} b_o d$$

y la fuerza máxima admisible V_{max} (Art. 11.11.3.2):

$$V_{max} = 6\sqrt{f'_c} b_o d$$

Para $V_u < \phi V_c$ no se necesita ningún refuerzo cortante.

Para $V_u > \phi V_c$ y $V_u < \phi V_{max}$ el refuerzo cortante debe ser introducido. La fuerza de corte última está dada por (Art. 11.11.3.1):

$$V_n = \phi \left(2\sqrt{f'_c} b_o d + A_v f_{yt} \sin \alpha \right)$$

$$\phi = 0.75$$

donde:

- b_o - espacio de la sección transversal crítica

- α - ángulo de la armadura
 A_v - área global de armadura en la zapata

Para $V_u > \phi \times V_{max}$ El refuerzo cortante no puede ser diseñado. Por lo que es necesario incrementar la altura de la sección transversal.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño de refuerzo se realiza por sobrecarga causada por el momento de flexión M . El programa provee el área requerida de refuerzo de tensión y compresión (si es necesario). Se tiene en cuenta las condiciones para el grado de refuerzo máximo y mínimo en una sección transversal dada. Primero, el programa determina la ubicación del eje neutral como:

$$x = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.M_d}{0,85.\phi.b.f'_c}}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral si es menor a la permitida ($x < x_{lim}$), el programa determina el área de refuerzo de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{0,85.\phi.f'_c.b.x.\beta_1}{f_y}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral es mayor que la permitida ($x > x_{max}$), el programa determinar las áreas de compresión A_{sc} y resistencia de tracción A_{st} desde la expresión

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\phi} - F_{c,max}(d - 0,45.x_{max})}{f_{yd}.Z}$$

$$A_{st} = \frac{M - A_{sc}.f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = 0,85.\phi.b.f'_c$$

donde:

$$\phi = 0,9$$

La ubicación límite del eje neutral se encuentra en:

$$x_{u,lim} = \frac{0,003}{0,003 + 0,004} . d$$

El grado de refuerzo calculado es controlado utilizando la siguiente expresión:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_{min} = \frac{Max(3.\sqrt{f'_c} ; 200)}{f_y}$$

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_c (Art. 11.2.1.1) y la fuerza de corte máxima permitida V_{max} (Art. 11.2.1.1 + Art. 11.4.7.9).

$$V_c = 2 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot d$$

$$V_{max} = 10 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot d$$

Para los estribos el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 11.4.7.2):

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi \cdot f_{yt} \cdot d}$$

Para la armadura el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 11.4.7.4):

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi \cdot f_{yt} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}$$

donde (Art. 11.4.2, Art. 9.3.2.3):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0,75$$

AS 3600 - 2001

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materiales, coeficientes, notación

Se utiliza la siguiente notación para parámetros de materiales:

f'_c	- fuerza de compresión característica del cilindro de hormigón a los 28 días
E_c	- valor principal de los módulos de elasticidad del hormigón a los 28 días.
f'_{cf}	- fuerza en tensión flexural característica del hormigón
f'_{ct}	- fuerza en tensión principal característica del hormigón

f_{sy} - límite elástico de acero reforzado

-

$$E_c = \rho^{1,5} \cdot 5,056 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$f'_{cf} = 0,6 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$f'_{ct} = 0,4 \cdot \sqrt{f'_c}$$

La fuerza compresiva característica del hormigón es un parámetro de entrada básico dado por la clase de hormigón -

La notación mas común para los parámetros geométricos:

b - ancho de la sección transversal

D - profundidad de la sección transversal

d - profundidad efectiva de la sección transversal

z - brazo palanca (brazo de fuerzas internas)

Todos los cálculos se llevan a cabo según la teoría de los estados límite.

Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

La sección transversal es rectangular, cargada por el momento de flexión M , fuerza normal N (aplicada en el centro de la sección transversal) y por la fuerza de corte V .

La fuerza de corte está dada por:

$$\phi \cdot V_u < V$$

$$V_u = 0,15 \cdot b \cdot D \cdot (f'_c)^{\frac{1}{3}}$$

$$\phi = 0,6$$

La fuerza de la sección transversal de hormigón sujeta a la combinación de momento de flexión y fuerza normal se deriva de la siguiente expresión:

$$\frac{N}{\phi \cdot N_u} + \frac{M}{\phi \cdot M_u} \leq 1$$

donde:

$$N_u = 0,45 \cdot f'_c \cdot A_g$$

$$M_u = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot f'_{cf}$$

$$\phi = 0,6$$

donde: A_g - área cargada

Verificación de la sección transversal rectangular RC

La sección transversal es rectangular, recargada unilateralmente y cargada por el momento de flexión y por la fuerza de compresión normal. El programa verifica una sección de hormigón reforzado utilizando el método de deformación límite. La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es 0,002 - 0,0035. El refuerzo de compresión no se tiene en cuenta.

El grado de refuerzo calculado se controla utilizando la siguiente expresión:

$$\rho_{min} \leq \rho$$

Donde:

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_{min} = \left[0,22 \cdot \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot \frac{f'_{cf}}{f_{sy}} \right] \leq \rho$$

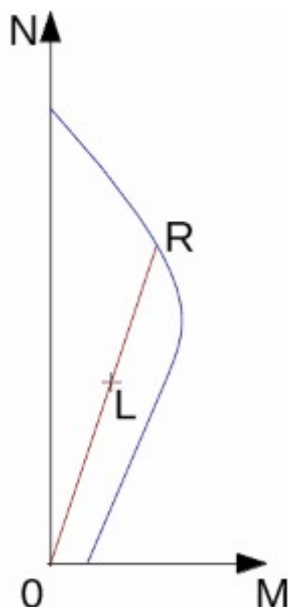


Diagrama de Interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita

Flexión sin fuerza normal

La sección transversal es rectangular, reforzada en un lado y cargada por el momento de flexión M .

El momento permisible para un área dada de refuerzos A_s lee

$$M_x < \phi \cdot M_{uo}$$

$$\phi = 0,8$$

$$M_{uo} = A_s \cdot f_{sy} \cdot \left(d - \frac{c}{2} \right)$$

$$c = \frac{A_s \cdot f_{sy}}{b \cdot 0,85 \cdot f'_c}$$

$$\gamma = [0,85 - 0,007 \cdot (f'_c - 28)]$$

$$0,65 \leq \gamma \leq 0,85$$

El programa comprueba si el parámetro del eje neutro k_u es menor que el valor límite

$$k_u \leq 0,4$$

$$k_u = \frac{x}{d}$$

$$x = \frac{c}{\gamma}$$

donde: x - Profundidad del eje neutro

Corte

El programa comprueba la resistencia al corte final:

$$V < \phi \cdot V_{uc}$$

$$\phi = 0,7$$

Donde:

$$V_{uc} = \beta_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{A_s \cdot f'_c}{b \cdot d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\beta_1 = \text{Max} \left[1,1 ; \left(1,6 - \frac{d}{1000} \right) \cdot 1,1 \right]$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035. The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4 \cdot A_s}{\pi \cdot d^2}$$

$$\rho_{min} = 0,01$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

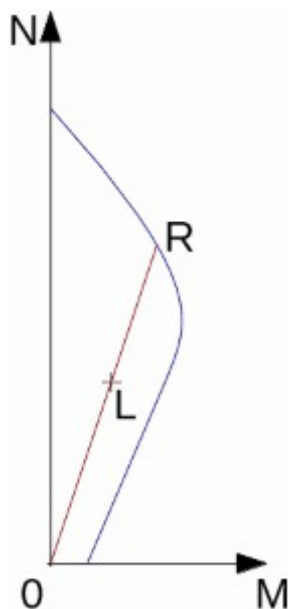
- **Beam** - check for dominant bending

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \left[0,22 \cdot \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot \frac{f'_{cf}}{f_{sy}} \right]$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

where: D - pile diameter
 A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

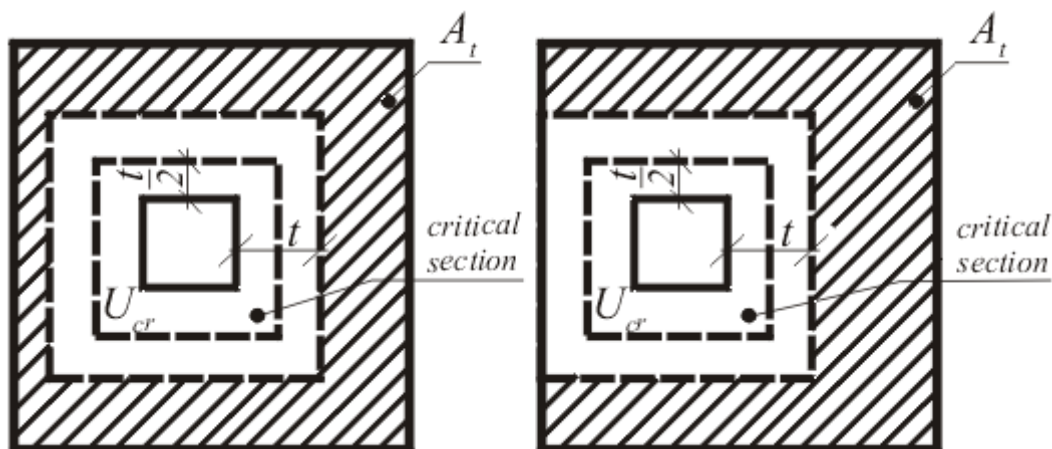
Verificación de zapata para punzonamiento

El programa permite la verificación de zapata para punzamiento. La sección crítica cargada en corte U_{cr} es distante al borde de la columna por la mitad del espesor de la zapata. Es cargada por los momentos prescritos M_x , M_y y por la fuerza de corte V^* está dada por:

$$V^* = \frac{V \cdot A_t}{A}$$

donde: A - área de zapata
 V - fuerza vertical asignada desarrollada en la columna

A_t - área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa controla, si la resistencia al estallido de la sección transversal es acorde con la relación:

$$V^* = \phi \cdot V_u$$

donde:

$$\phi = 0,7$$

$$V_u = \frac{V_{uo}}{1 + \frac{u \cdot M_v^*}{8 \cdot V^* \cdot a \cdot d}}$$

$$V_{uo} = u \cdot d \cdot f_{cv}$$

$$f_{cv} = \text{Min} \left[0,34 \cdot \sqrt{f'_c} ; 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \right]$$

donde: β_h - relación de la dimensión más larga del área de carga efectiva Y , a la dimensión global, X , medida perpendicularmente a Y

a - dimensión del perímetro de corte crítico medido en forma paralela en dirección M_v^*

M_v^* - Momento de flexión transferido desde la losa a un soporte en la dirección considerada.

El análisis se lleva a cabo en forma independiente en dirección x e y , y como valor decisivo, se acepta el valor más bajo de V_u

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño del refuerzo se realiza para la carga causada por el momento de flexión M . El

programa proporciona el área requerida de resistencia a la tracción y compresión (si es necesario). Tiene en cuenta las condiciones para el grado mínimo y máximo de refuerzo en una sección transversal dada. En primer lugar, el programa determina la ubicación del eje neutro como:

$$x = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.M_d}{0,85.\phi.b.f'_c}}$$

Si la ubicación del eje neutro es menor que el permitido ($x < k_u \cdot d$), el programa determina el área del refuerzo de tracción A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{0,85.\phi.f'_c.b.x.\beta_1}{f_y}$$

Si la ubicación del eje neutro es mayor que el permitido ($x > k_u \cdot d$), the program el programa determina el área del refuerzo de compresión A_{sc} y tracción A_{st} desde las expresiones:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\phi} - f_{c,max}(d - 0,45.k_u.d)}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{M - A_{sc} \cdot f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = 0,85.\phi.b.f'_c$$

donde:

$$\phi = 0,8$$

$$k_u = 0,4$$

El grado calculado de refuerzo se verifica utilizando las siguientes expresiones:

$$\rho_{min} \leq \rho$$

donde:

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_{min} = \left[0,22 \cdot \left(\frac{D}{d} \right)^2 \cdot \frac{f'_{cf}}{f_{sy}} \right] \leq \rho$$

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura longitudinal doblada, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_{uc} y la fuerza de corte máxima permitida $V_{u,max}$.

$$V_{uc} = \beta_1 \cdot d \cdot \left(\frac{A_s \cdot f'_c}{d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

donde:

$$\beta_1 = \text{Max} \left[1,1 ; \left(1,6 - \frac{d}{1000} \right) \cdot 1,1 \right]$$

$$V_{u,max} = 2 \cdot f'_c \cdot d$$

Para los estribos el área de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sv} = \frac{V^* - \phi \cdot V_{uc}}{\phi \cdot f_{sy,f} \cdot d}$$

Para la armadura longitudinal doblada, el área de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sv} = \frac{V^* - \phi \cdot V_{uc}}{\phi \cdot f_{sy,f} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}$$

donde:

$$\phi = 0,7$$

SNiP 52-101 - 2003

This help contains the following computational methods:

- [Materials, coefficients, notation](#)
- [Verification of rectangular cross-section made of plain concrete](#)
- [Verification of rectangular RC cross-section](#)
- [Verification of circular RC cross-section](#)
- [Verification of spread footing for punching shear](#)
- [Design of longitudinal reinforcement for slabs](#)
- [Design of shear reinforcement for slabs](#)

Materiales, coeficientes, notación

Se utiliza la siguiente notación para parámetros de materiales:

R_{bd} - diseño de la fuerza en compresión del hormigón

R_{btd} - diseño de la fuerza en tensión del hormigón

R_{sc} - diseño de la fuerza en compresión del acero

R_s - diseño de la fuerza en tensión del acero

La notación mas común para los parámetros geométricos:

b - ancho de la sección transversal

h - profundidad de la sección transversal

h_e - profundidad efectiva de la sección transversal

z - brazo palanca (brazo de fuerzas internas)

Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force Q . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by:

$$M_{ult} = \frac{b.h^2}{6} . R_{bt}$$

The shear strength is provided by:

$$Q_{ult} = 1,5 . b . h . R_b$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e :

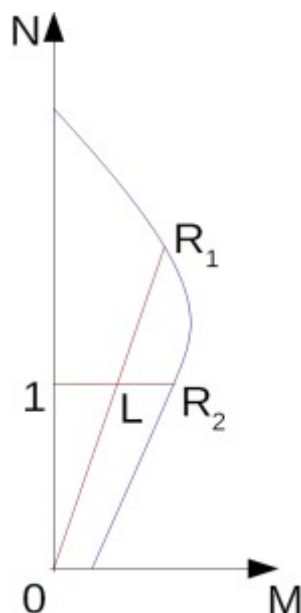
for:

$$N_{ult} = b . x . R_b$$

$$N_{ult} = \text{Min} \left(\frac{b . h . R_{bt}}{\frac{6.e}{h} - 1} ; \frac{b . h . R_b}{\frac{6.e}{h} + 1} \right)$$

$$x_u = h - 2.e$$

$$e = \frac{\text{abs}(M)}{N}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L| / |0R_I|$ or $|1L| / |1R_2|$. Where L is load, R_I is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

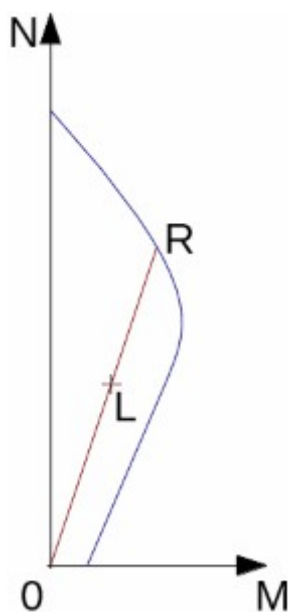
Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 to 0.0035. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b h_0}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L| / |0R|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M . The ultimate moment is provided by:

$$M_{ult} = b \times R_b \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$x = \frac{A_s R_s}{b R_b}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_R given by:

$$x_R = \frac{0,8 h_0}{1 + \frac{R_s}{700}}$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete Q_b .

$$Q_b = 2,5 R_{bt} h_0 b$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength Q_{max} is checked.

$$Q_{max} = 0,3 R_b h_0 b$$

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0}{0,75 R_{sw} h_0} b$$

where:

$$R_{sw} = \text{Min}(0,8 R_s ; 300 \text{ MPa})$$

Verificación de la sección transversal circular RC

El programa verifica un pilote de hormigón reforzado utilizando el método de deformación límite. La tensión máxima permitida de hormigón en compresión es 0,0015 - 0,0035. El grado de refuerzo es controlado utilizando la formula:

- **Columna** - control para compresión dominante

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

- **Viga** - control para flexión dominante

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

donde: d - diámetro del pilote

A_s - área de refuerzo

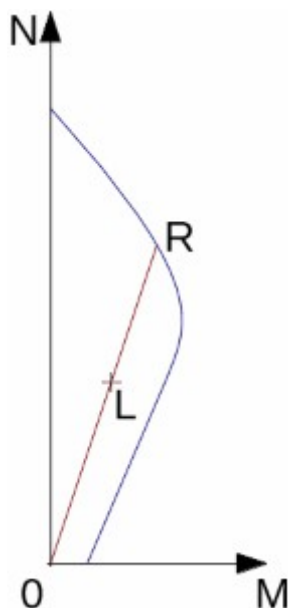


Diagrama de interacción N-M

La relación de utilización de la sección transversal del hormigón sometida a la combinación de momento de flexión y de la fuerza normal se determina como $|OL| / |OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita

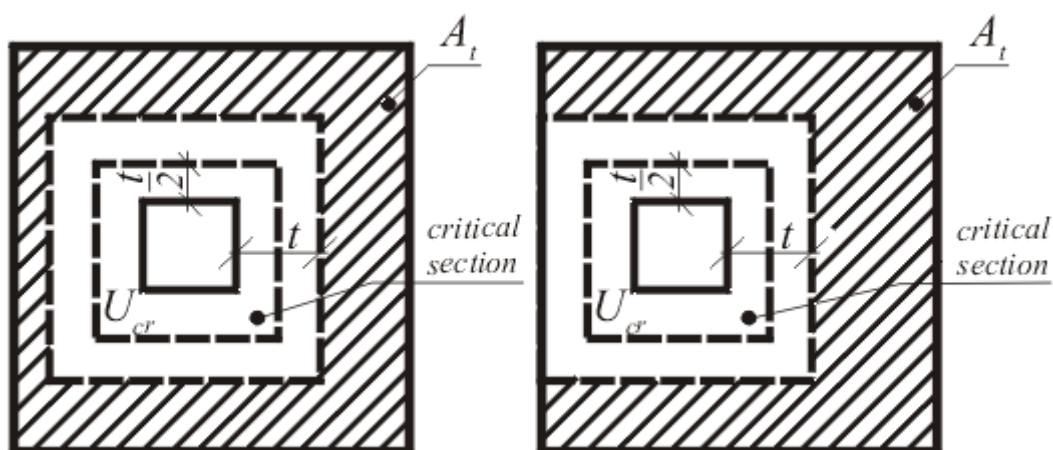
Verificación de zapata para punzonamiento

El programa permite la verificación de zapata para punzamiento o por diseño de refuerzo cortante.. La sección crítica cargada en corte U_{cr} es distante al borde de la columna por la mitad del espesor de la zapata. Es cargada por los momentos prescritos M_x , M_y y por la fuerza de corte Q_r proporcionada por:

$$F = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

donde:

- A - área de la zapata
- Q - fuerza vertical asignada desarrollada en la columna
- A_t - área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa calcula la fuerza de corte máxima F desarrollada en la sección crítica, la fuerza de corte transmitida por el hormigón sin refuerzo cortante $F_{b,ult}$, y la fuerza máxima permitida $F_{ult,max}$:

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot h_0$$

$$F_{ult,max} = 2 \cdot F_{b,ult}$$

Para $F < F_{b,ult}$ no se necesitan refuerzo para esfuerzo cortante

Para $F > F_{b,ult}$ y $F < F_{ult,max}$ Se debe ingresar el refuerzo cortante. La fuerza de corte última esta dada por:

$$F_{ult} = F_{b,ult} + F_{sw,ult}$$

$$F_{sw,ult} = \frac{0,8 \cdot A_s \cdot R_{sw} \cdot \sin \alpha}{V_{cr}}$$

donde:

V_{cr}	-	espacio de la sección transversal crítica
α	-	ángulo de armadura
A_s	-	área global de armadura en la zapata

Para $F > F_{ult,max}$ El refuerzo cortante no puede ser diseñado. Por lo que es necesario incrementar la altura de la sección transversal.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño del refuerzo se realiza para la carga causada por el momento de flexión M . El programa proporciona el área requerida de resistencia a la tracción y compresión (si es necesario). Tiene en cuenta las condiciones para el grado mínimo y máximo de refuerzo en una

sección transversal dada. En primer lugar, el programa determina la ubicación del eje neutro como:

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{M}{0,5 \cdot b \cdot R_b}}$$

Si la ubicación del eje neutro es menor que el permitido ($x < x_{max}$), el programa determina el área del refuerzo de tracción A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{b \cdot x \cdot R_{bd}}{R_{sd}}$$

Si la ubicación del eje neutro es mayor que el permitido ($x > x_{max}$), the program el programa determina el área del refuerzo de compresión A_{sc} y tracción A_{st} desde las expresiones:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (h_e - 0,5 \cdot x_{max})}{R_{sd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot R_{sd}}{R_{sd}}$$

$$F_{c,max} = x_{max} \cdot b \cdot R_{bd}$$

La ubicación límite del eje neutro se:

$$x_{max} = 0,533 \cdot h_e$$

El grado calculado de refuerzo se verifica utilizando las siguientes expresiones:

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b \cdot h_0}$$

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura longitudinal doblada, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón Q_b y la fuerza de corte máxima permitida Q_{max} .

$$Q_b = 2,5 R_{bt} h_0$$

$$Q_{max} = 0,3 R_b h_0$$

Para los estribos el área de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0}{0,75 R_{sw} h_0}$$

Para la armadura longitudinal doblada, el área a de refuerzo necesaria está dada por:

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0}{0,75 R_{sw} h_0 \sin \alpha}$$

donde:

$$R_{sw} = \text{Min}(0,8 R_s ; 300 \text{ MPa})$$

GB 50010 - 2010

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materials, coeficientes, notación

The following notation for material parameters is used:

- f_c - design compressive strength of concrete
- f_t - design axial tensile strength of concrete
- f'_y - design compressive strength of steel bar
- f_y - design tensile strength of steel bar

The most common notation for geometrical parameters:

- b - cross-section width
- h - cross-section depth
- h_0 - effective depth of cross-section

Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by (Art. D.3):

$$M_u = \frac{bh^2}{6} \gamma f_{ct}$$

where (Art. 7.2.4, Art. D.2.2):

$$\gamma = \left(0.7 + \frac{120}{h}\right) 1.55$$

$$400\text{mm} \leq h \leq 1600\text{mm}$$

$$f_{ct} = 0.55 f_t$$

The shear strength is provided by (Art. 6.3.3):

$$V_u = 0.7 f_t b h$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e_0 (Art. D.2.1):

As the greater of:

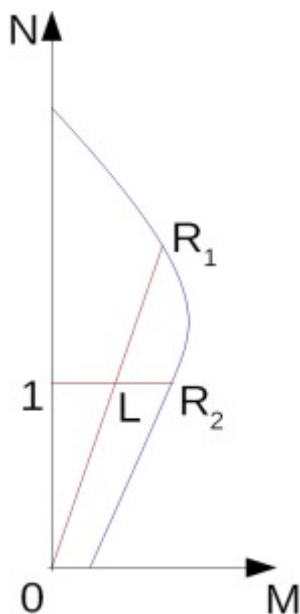
$$e_0 \leq 0.45h \Rightarrow N_u = f_{cc} b (h - 2e_0)$$

$$N_u = \text{Min} \left(\frac{bh\gamma f_{ct}}{\frac{6e_0}{h} - 1}, \frac{bh f_c}{\frac{6e_0}{h} + 1} \right)$$

where (Art. D.2.1):

$$f_{cc} = 0.85 f_c$$

$$e_0 = \left| \frac{M}{N} \right|$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL|/|OR_1|$ or $|IL|/|IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

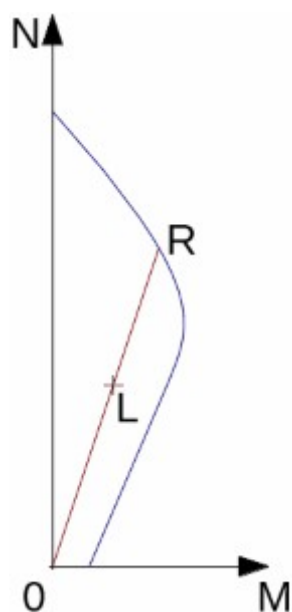
Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation (Art. 6.2.1). The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 to 0.0033. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions (Art. 8.5.1):

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.002; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right) \leq \rho$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M .

The ultimate moment is provided by (Art. 6.2.10):

$$M_u = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b}$$

$\alpha_1 = 1$ for: $\leq \mathbf{C50}$

$\alpha_1 = 0.94$ for: $\geq \mathbf{C80}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method (Art. 6.2.6).

The program further checks whether the depth of compression zone x is less than the limit

depth of compression zone $\xi_b \cdot h_0$ given by (Art. 6.2.7):

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{a + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

$\beta_1 = 0.8$ for: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_1 = 0.74$ for: $\geq \mathbf{C80}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method (Art. 6.2.6).

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c :

For flexural element (Art. 6.3.3):

$$V_c = 0.7 f_t b h$$

For compression element (Art. 6.3.12):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{V h_0} + 1} f_t b h + 0.07 \text{ Min}(N; 0.3 f_c A)$$

For tension element (Art. 6.3.14):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{V h_0} + 1} f_t b h - 0.2 N$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} is checked (Art. 6.3.1).

for $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25 \beta_c f_c b h_0$$

for $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2 \beta_c f_c b h_0$$

intermediate values are obtained using linear interpolation method

$\beta_c = 1$ for: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_c = 0.8$ for: $\geq \mathbf{C80}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

Next, the necessary reinforcement area is given by (Art. 6.3.4).

$$A_{sv} = \frac{V - V_c}{f_{yv} h_0}$$

$$f_{yv} = \text{Min}(360 \text{MPa}, f_y)$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation (Art. 6.2.1). The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0033. The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression (Art. 8.5.1, Art. 9.3.1)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

for steel strength grade greater or equal to 500 MPa

$$\rho_{min} = 0.005$$

for steel strength grade greater or equal to 400 MPa

$$\rho_{min} = 0.0055$$

for steel strength grade less than 335 MPa

$$\rho_{min} = 0.006$$

ρ_{min} is increased by 0.001 for concrete strength grade greater than **C60**

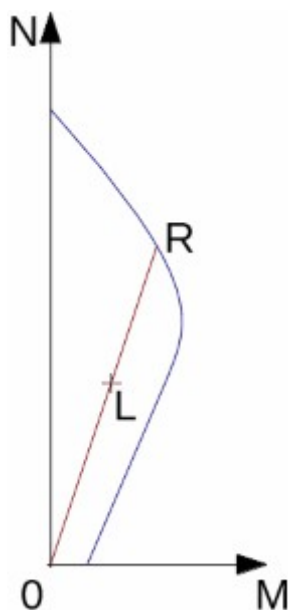
$$\rho_{max} = 0.05$$

- **Beam** - check for dominant bending (Art. 8.5.1)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.002; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right)$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c :

For flexural element (Art. 6.3.3, Art. 6.3.15):

$$V_c = 0.7 f_t (0.88d)(0.8d)$$

For compression element (Art. 6.3.12, Art. 6.3.15):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{Vh_0} + 1} f_t (0.88d)(0.8d) + 0.07 \text{ Min}(N; 0.3 f_c A)$$

For tension element (Art. 6.3.14, Art. 6.3.15):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{Vh_0} + 1} f_t (0.88d)(0.8d) - 0.2N$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} (Art. 6.3.1, Art. 6.3.15) and strength of reinforced section V_s are checked (Art. 6.3.4, Art. 6.3.12, Art. 6.3.14, Art. 6.3.15).

for $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25 \beta_c f_c (0.88d)(0.8d)$$

for $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2 \beta_c f_c (0.88d)(0.8d)$$

$\beta_c = 1$ for: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_c = 0.8$ for: $\geq \mathbf{C80}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

$$V_{cs} = V_c + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} (0.8d)$$

$$f_{yv} = \text{Min} (360\text{MPa}, f_y)$$

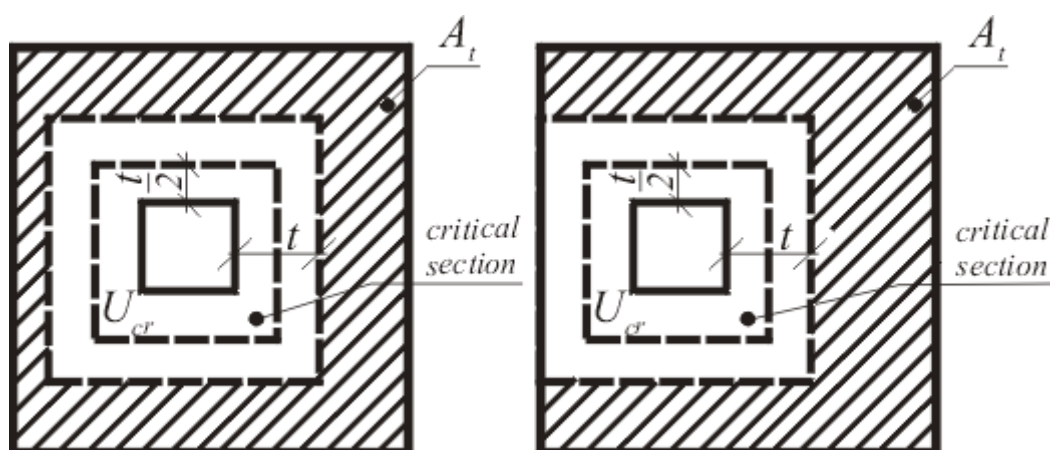
Verificación de zapata para punzonamiento

The program allows to verify spread footing for punching shear or for the design of shear reinforcement. The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x, M_y and by the shear force F_l provided by:

$$F_l = \frac{Q A_t}{A}$$

where:

- A - area of footing
- Q - assigned vertical force developed in column
- A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximal shear force F_l developed in the critical section (the influence of unbalanced bending moment is added according to Appendix F of standard GB50010-2010), the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement F_c (Art. 6.5.1), and the maximal allowable force F_{max} (Art. 6.5.3). The shear forces are related to the unit length of critical section.

$$F_c = 0.7\beta_h f_t \eta h_0$$

$$\beta_h = 0.9 \text{ for } h \geq 2000\text{mm}$$

$\beta_h = 1$ for $h \leq 800\text{mm}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

$$\eta = \text{Min}(\eta_1, \eta_2)$$

$$\eta_1 = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s}$$

where β_s is the size ratio of long side and short side of action area.

$$2 \leq \beta_s \leq 4$$

$$\eta_2 = 0.5 + \frac{\alpha_s h_0}{4u_m}$$

where α_s :

40 - for interior column

30 - for edge column

20 - for corner column

$$F_{max} = 1.2 f_t \eta h_0$$

For $F_l < F_c$ no shear reinforcement is needed.

For $F_l > F_c$ and $F_l < F_{max}$ the shear reinforcement must be introduced. The ultimate shear force is given by:

$$F_u = 0.5 f_t \eta h_0 + 0.8 f_{yv} A_{sbu} \sin \alpha$$

$$f_{yv} = \text{Min}(360\text{MPa}, f_y)$$

where: u_m - critical cross-section span

α - is angle of bends

A_{sb} - area of bends in unit length of critical section
 u

For $F_l > F_{max}$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section height.

Additional check according to article 8.2.9 of standard GB50007-2011 is done for narrow footing or strip footing.

$$V_c = 0.7\beta_h f_t b_0 h_0$$

where:

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$800\text{mm} \leq h_0 \leq 2000\text{mm}$$

b_0 is average width of footing.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the depth of compression zone as (Art. 6.2.10):

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{M}{0.5b\alpha_1 f_c}}$$

Providing the depth of compression zone is less than the allowable one ($x < \xi_b h_0$), the program determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = \frac{\alpha_1 b x f_c}{f_y}$$

Providing the depth of compression zone is greater than the allowable one ($x > \xi_b h_0$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the expressions:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{h_0 - 0.5\xi_b h_0} - F_{c,max}}{f'_y}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f'_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \alpha_1 b \xi_b h_0 f_c$$

The limit depth of compression zone $\xi_b h_0$ is found from (Art. 6.2.7):

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions (Art. 8.5.1):

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.0015; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right) \leq \rho$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Diseño de refuerzo cortante para losas

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete V_c (Art. 6.3.3) and the maximum allowable shear force V_{max} (Art. 6.3.1).

$$V_c = 0.7 \beta_h f_t b h_0$$

where:

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$800\text{mm} \leq h_0 \leq 2000\text{mm}$$

for $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25 \beta_c f_c b h_0$$

for $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2 \beta_c f_c b h_0$$

intermediate values are obtained using linear interpolation method

$\beta_c = 1$ for: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_c = 0.8$ for: $\geq \mathbf{C80}$, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by (Art. 6.3.4):

$$A_{sv} = \frac{V - V_c}{f_{yv} h_0}$$

$$f_{yv} = \text{Min} (360\text{MPa}, f_y)$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by (Art. 6.3.5):

$$A_{sb} = \frac{V - V_c}{0.8 f_{yv} h_0 \sin \alpha_s}$$

NZS 3101-2006

Esta ayuda contiene los siguientes métodos de cálculo:

- Materiales, coeficientes, notación
- Verificación de la sección transversal rectangular hecha de hormigón plano
- Verificación de la sección transversal rectangular RC
- Verificación de la sección transversal circular RC
- Verificación de la zapata para punzonamiento
- Diseño de refuerzo longitudinal para losas
- Diseño de refuerzo cortante para losas

Materiales, coeficientes, notación

Se utiliza la siguiente notación para parámetros de materiales:

f'_c - resistencia a la compresión del hormigón especificada

E_c - módulo de elasticidad del hormigón a los 28 days

f_y - resistencia elástica característica más bajo del acero reforzado

$$E_c = \left[3320 \sqrt{f'_c} + 6900 \right]$$

La característica de resistencia a la compresión del hormigón es el parámetro de entrada básico propuesta por la clase de hormigón.

La notación mas común para los parámetros geométricos:

b - ancho de la sección transversal

h - profundidad de la sección transversal

d - profundidad efectiva de la sección transversal

z - brazo palanca (brazo de fuerzas internas)

Todos los cálculos se llevan a cabo según la teoría de los estados límites.

Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M^* , normal force N^* (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V^* . The shear strength is provided by:

$$V^* \leq \phi V_n$$

where:

$$V_n = v_c \cdot b \cdot h$$

for cross-sections with height smaller than 200mm

$$v_c = 0.17 \sqrt{f'_c}$$

for cross-sections with height greater than 400mm

$$v_c = 0.08\sqrt{f'_c}$$

intermediate values are obtained using linear interpolation method.

f'_c is limited to value 50MPa.

$$\phi = 0.75$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e :

$$N^* \leq \phi N_n$$

Where N_n is determined as the greater of:

$$N_n = bx\alpha_1 f'_c$$

$$N_n = \text{Min} \left(\frac{bh0.36\sqrt{f'_c}}{\frac{6e}{h} - 1}; \frac{bh f'_c}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

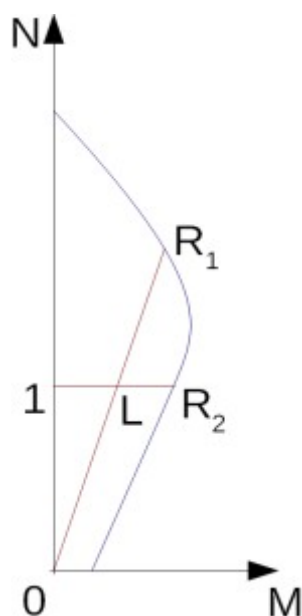
for $f'_c < 55\text{MPa}$ is $\alpha_1 = 0.85$

for concrete with greater strength is

$$\alpha_1 = \text{Max}(0.85 - 0.004(f'_c - 55); 0.75)$$

$$x = h - 2e$$

$$\phi = 0.6$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL|/|OR_1|$ or $|IL|/|IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

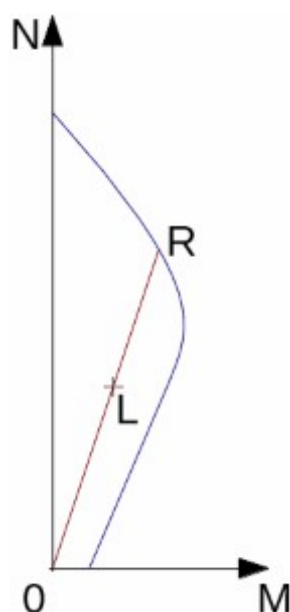
Verification of Rectangular RC Cross-Section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.003. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25\sqrt{f'_c}; 1.4)}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL|/|OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M^* .

The ultimate moment is provided by:

$$M^* \leq \phi M_n$$

$$\phi = 0.85$$

$$M_n = \beta_1 c b \alpha_1 f'_c (d - 0.5 \beta_1 c)$$

$$c = \frac{A_s f_y}{\beta_1 b \alpha_1 f'_c}$$

for $f'_c < 55 \text{ MPa}$ is $\alpha_1 = 0.85$

for concrete with greater strength is

$$\alpha_1 = \text{Max}(0.85 - 0.004(f'_c - 55); 0.75)$$

for $f'_c < 30 \text{ MPa}$ is $\beta_1 = 0.85$

for concrete with greater strength is

$$\beta_1 = \text{Max}(0.65; 0.85 - 0.008(f'_c - 30))$$

The program further checks whether the location of neutral axis c is less than the limit location of neutral axis $0.75 \cdot c_b$ given by:

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}}$$

Shear

$$V^* \leq \phi V_n$$

where:

$$\phi = 0.75$$

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c .

$$V_c = v_c b d$$

for cross-sections with height smaller than 200 mm

$$v_c = 0.17 \sqrt{f'_c}$$

v_c is computed according to following formulas for cross-sections with height greater than 400 mm, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

$$v_c = k_n k_d v_b$$

$$k_n = 1 + \frac{N^*}{b h f'_c}$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w)) \sqrt{f'_c}$$

where ρ_w is degree of reinforcement and f'_c is limited to value 50 MPa.

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} is checked.

$$V_{max} = \text{Min}(8 \text{ MPa}; 0.2 f'_c) b d$$

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d} b$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The

maximum allowable strain of concrete in compression is 0.003.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Pile**

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$A_g < 0.5m^2$$

$$\rho_{min} = 2.4 / f_y$$

$$A_g > 2m^2$$

$$\rho_{min} = 1.2 / f_y$$

where: A_g - cross-section area of pile

intermediate values are calculated according to:

$$\rho_{min} = \frac{2.4}{f_y \sqrt{2A_g}}$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.008$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Beam** - check for dominant bending

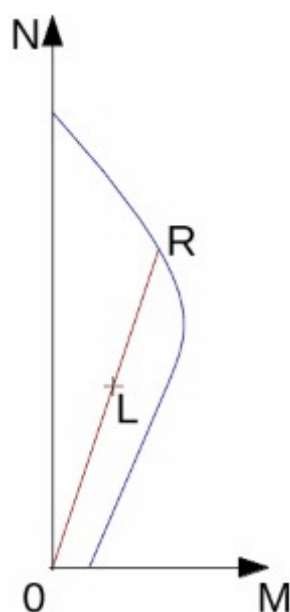
$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25 \sqrt{f'_c}; 1.4)}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

where: d - pile diameter

A_s - cross sectional area of reinforcement



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Shear

$$V^* \leq \phi V_n$$

where:

$$\phi = 0.75$$

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c .

$$V_c = v_c b d$$

for cross-sections with height smaller than 200mm

$$v_c = 0.17 \sqrt{f'_c}$$

v_c is computed according to following formulas for cross-sections with height greater than 400mm, intermediate values are obtained using linear interpolation method.

$$v_c = k_n k_d v_b$$

$$k_n = 1 + \frac{N^*}{b h f'_c}$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w)) \sqrt{f'_c}$$

where ρ_w is degree of reinforcement and f'_c is limited to value 50 MPa.

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} and strength of reinforced section V_s are checked.

$$V_{max} = \text{Min}(8\text{MPa}; 0.2f'_c) b d$$

$$V_{cs} = \phi V_c + \phi A_v f_{yt}(0.8d)$$

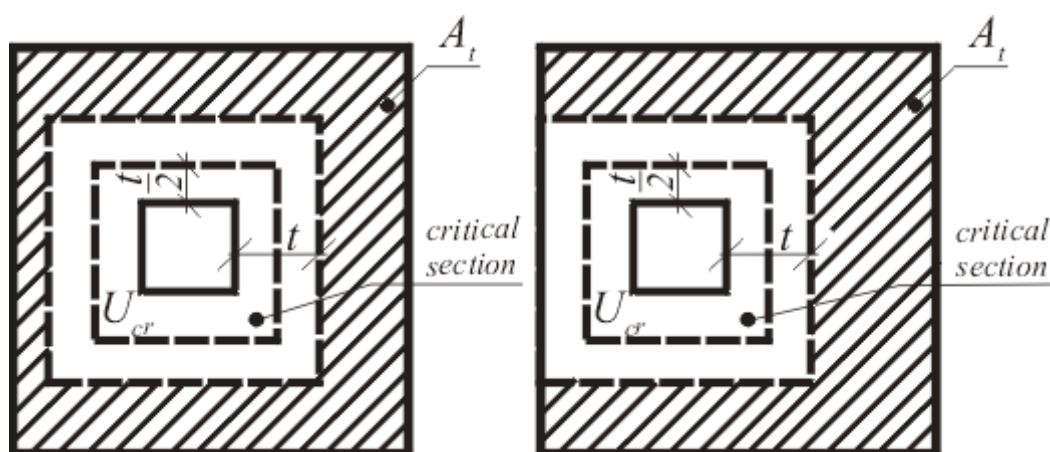
Verificación de zapata para punzonamiento

El programa permite la verificación de zapata para punzonamiento o por diseño de refuerzo para esfuerzo cortante. La sección crítica cargada en corte b_o es distante al borde de la columna por la mitad del espesor de la zapata. Es cargada por los momentos prescritos M^*_x , M^*_y y por al fuerza de corte V^* proporcionada por:

$$V^* = \frac{V A_t}{A}$$

Donde:

- A - área de la zapata
- V - fuerza vertical asignada desarrollada en la columna
- A_t - área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo cortante A_t

El programa calcula la fuerza de corte máxima V^* desarrollada en la sección crítica, la fuerza de corte transmitida por el hormigón sin refuerzo cortante V_c , y la fuerza máxima permitida V_{max} :

$$V_c = v_c b_o d$$

Donde:

$$v_c = \frac{1}{6} k_{ds} \left(1 + \text{Min} \left(1; \frac{2}{\beta_c}; \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \right) \sqrt{f'_c}$$

Donde α_s :

- 20 - para columna interior
- 15 - para columna borde
- 10 - para columna esquina

β_c es la relación del lado largo al lado corto de la sección crítica

$$k_{ds} = \sqrt{\frac{0.2}{d}} \cdots \langle 0.5; 1 \rangle$$

$$V_{max} = 0.5\sqrt{f'_c}$$

Para $V^* < \phi V_c$ no se necesita refuerzo de corte

Para $V^* > \phi V_c$ y $V^* < \phi V_{max}$ el refuerzo de corte debe ser ingresado. La fuerza de corte extrema está dada por:

$$V_n = \text{Min} \left(V_c; \frac{1}{6}\sqrt{f'_c} \right) + A_v f_{yv} \sin \alpha$$

Donde: b_o - espacio de la sección transversal crítica

α - ángulo de curvas

A_v - superficie total de curvas en la zapata

Para $V^* > \phi V_{max}$ el refuerzo de corte no puede ser diseñado. Por lo tanto, es necesario aumentar la altura de la sección transversal.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño de refuerzo se realiza por sobrecarga causada por el momento de flexión M^* . El programa provee el área requerida de refuerzo de tensión y compresión (si es necesario). Se tiene en cuenta las condiciones para el grado de refuerzo máximo y mínimo en una sección transversal dada. Primero, el programa determina la ubicación del eje neutral como:

$$c = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M^*}{0.5b\alpha_1 f'_c}}}{\beta_1}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral es menor a la permitida ($c < 0.75c_b$), el programa determina el área de refuerzo de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{\beta_1 \alpha_1 b c f'_c}{f_y}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral, es mayor a la permitida ($c > 0.75c_b$), el programa determina ambas áreas, de refuerzo de compresión A_{sc} y de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{sc} = \frac{M^* - F_{c,max}(d - 0.5\beta_1 0.75c_b)}{f_y z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \beta_1 \alpha_1 b 0.75c_b f'_c$$

La ubicación límite del eje neutral se encuentra en:

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}}$$

El grado calculado de refuerzo se controla utilizando la siguiente expresión:

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25\sqrt{f'_c}; 1.4)}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

Si se excede el máximo grado de refuerzo total ρ_{max} , el programa informa al usuario que el refuerzo longitudinal no puede ser designado para una sección transversal dada.

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura, respectivamente.

Primero, el programa calcula la fuerza de corte extrema en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_c y la fuerza de corte máxima permitida V_{max} .

$$V^* \leq \phi V_n$$

Donde:

$$\phi = 0.75$$

$$V_c = v_c b d$$

por una sección transversal con altura menor a 200mm

$$v_c = 0.17\sqrt{f'_c}$$

v_c se calcula según las fórmulas siguientes para la sección transversal con una altura superior a 400 mm, se obtienen valores intermedios utilizando el método de interpolación lineal

$$v_c = k_d v_b$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w))\sqrt{f'_c}$$

donde ρ_w es el grado de refuerzo f'_c el valor limitado por 50MPa.

$$V_{max} = \text{Min}(8\text{MPa}; 0.2f'_c)bd$$

En cuanto a los estribos, el área de refuerzo necesaria viene dada por:

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d}$$

En cuanto a las armaduras, la zona de refuerzo necesaria viene dada por:

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d \sin \alpha}$$

CSA A23.3-14

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materials, Coefficients, Notation

The following notation for material parameters is used:

f'_c	- specified compressive strength of concrete
E_c	- modulus of elasticity of concrete
f_r	- modulus of rupture of concrete
f_y	- specified yield strength of reinforcing steel

$$E_c = \left[3320 \sqrt{f'_c} + 6900 \right]$$

$$f_r = 0.6 \sqrt{f'_c}$$

The most common notation for geometrical parameters:

b	- cross-section width
h	- cross-section depth
d	- effective depth of cross-section

Verification of Rectangular Cross-Section Made of Plain Concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M_f , normal force P_f (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V_f . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by (Art. 22.6.5):

$$M_r = \frac{bh^2}{6} 0.37 \phi_c \frac{f_r}{0.6}$$

where (Art. 8.4.2, Art. 8.6.4):

$$\phi_c = 0.65$$

$$f_r = 0.6 \sqrt{f'_c}$$

The shear strength is provided by (Art. 22.6.5):

$$V_r = \frac{2}{3} 0.18 \phi_c \sqrt{f'_c} b h$$

where:

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity $e \geq 0.1h$ (Art. 22.6.5):

As the greater of:

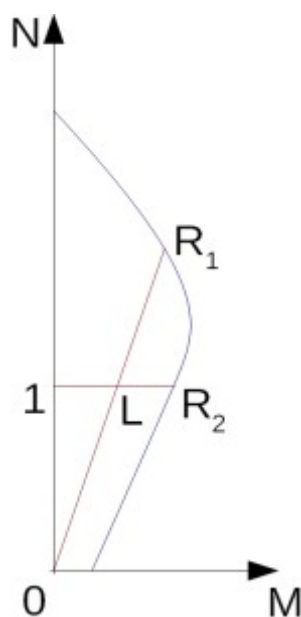
$$P_r = 0.45 \alpha_1 \phi_c f'_c b (h - 2e)$$

$$P_r = \text{Min} \left(\frac{bh 0.37 \phi_c \frac{f_r}{0.6}}{\frac{6e}{h} - 1}, \frac{bh 0.75 \phi_c f'_c}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

where (Art. 8.4.2):

$$f_r = 0.6 \sqrt{f'_c}$$

$$e = \left| \frac{M_f}{P_f} \right|$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL|/|OR_1|$ or $|IL|/|IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verification of Rectangular RC Cross-Section

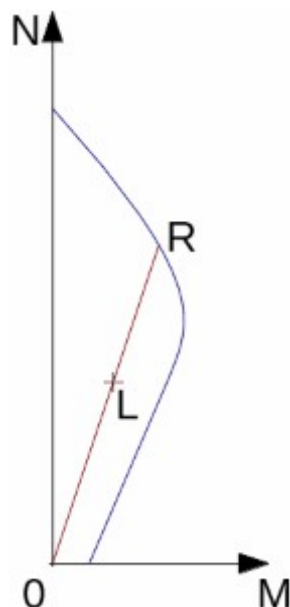
The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation (Art. 10.1). The maximum allowable strain of concrete in

compression is 0,0035. Compression reinforcement is not taken into account.

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions (Art. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} = \frac{0.2\sqrt{f'_c}}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M_f .

The ultimate moment is provided by (Art. 10.1.7, 8.4.2, 8.4.3):

$$M_r \leq M_f$$

$$M_r = \beta_1 c b \alpha_1 \phi_c f'_c (d - 0.5 \beta_1 c)$$

$$c = \frac{A_s \phi_s f_y}{\beta_1 b \alpha_1 \phi_c f'_c}$$

$$\phi_c = 0.65$$

$$\phi_s = 0.85$$

$$\alpha_1 = \text{Max}(0.85 - 0.0015 f'_c; 0.67)$$

$$\beta_1 = \text{Max}(0.65; 0.85 - 0.008(f'_c - 30))$$

$$\beta_1 = \text{Max}(0.97 - 0.0025 f'_c; 0.67)$$

The program further checks whether the location of neutral axis c is less than the limit location of neutral axis c_{max} given by (Art. 10.5.2):

$$c_{max} = \frac{700}{700 + f_y} d$$

Shear

$$V_f \leq V_r$$

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c (Art. 11.3.4):

$$V_c = 0.18 \phi_c \sqrt{f'_c} b d_v$$

where

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$d_v = 0.9d$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} is checked (Art. 11.3.3):

$$V_{r,max} = 0.25 \phi_c f'_c b d_v$$

Next, the necessary reinforcement area is given by (Art. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v} b$$

Verification of Circular RC Cross-Section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation (Art 10.1). The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.0035.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression (Art. 10.9.1, 10.9.2)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Beam** - check for dominant bending (Art. 10.5.1)

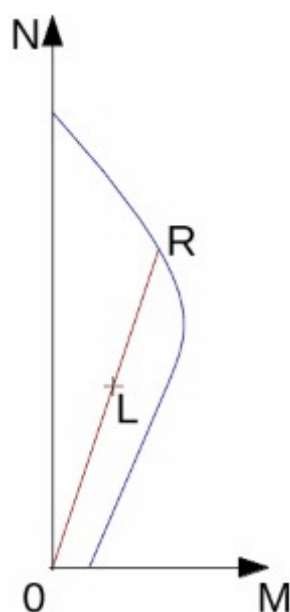
$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.2 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

where: d - pile diameter

A_s - cross sectional area of reinforcement



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR|$. Where L is load and R is strength with prescribed eccentricity.

Shear

$$V_f \leq V_r$$

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c . Formulas are from Art. 11.3.4, where the section width (b) is replaced by $0.88d$ and effective depth (d_v) is replaced $0.8 \cdot 0.9d$.

$$V_c = 0.18\phi_c \sqrt{f'_c} 0.6336d^2$$

where

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} and strength of reinforced section V_s are checked (Art. 11.5.1).

$$V_{r,max} = 0.25\phi_c f'_c 0.6336d^2$$

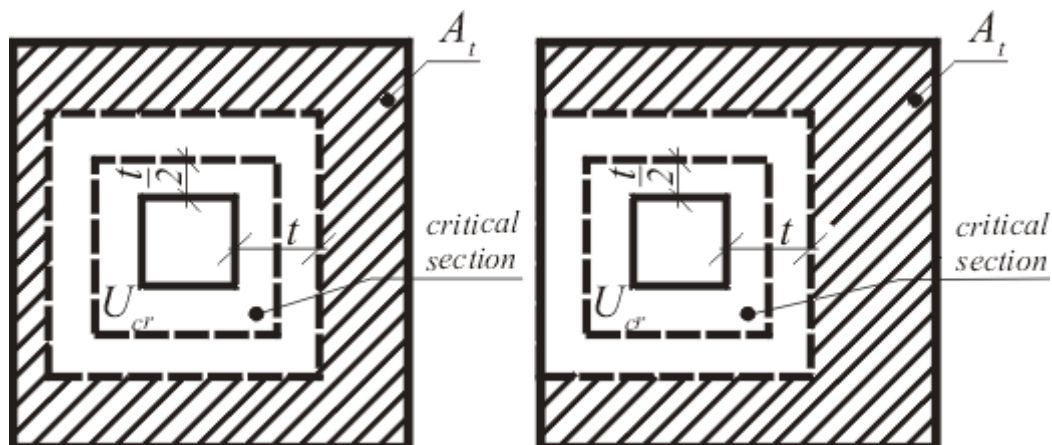
$$V_s = \frac{A_v \phi_s f_y 0.72d}{s}$$

Verification of Spread Footing for Punching Shear

The program allows to verify spread footing for punching shear or for the design of shear reinforcement. The critical section loaded in shear b_o is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x , M_y and by the shear force V_f provided by:

$$V_f = \frac{V A_t}{A}$$

where: A - area of footing
 V - assigned vertical force developed in column
 A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximal shear force V_f developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement V_c as minimum of values (Art. 13.3.4.1):

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) 0.19\phi_c\sqrt{f'_c}b_o d$$

where β_c is ratio of long side to short side of column.

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 0.19\right) \phi_c\sqrt{f'_c}b_o d$$

where $\alpha_s =$ 4 - inner column
 3 - edge column
 2 - corner column

$$V_c = 0.38\phi_c\sqrt{f'_c}b_o d$$

where

$$\sqrt{f'_c} \leq 8\text{MPa}$$

and the maximal allowable force V_{max} (Art. 13.3.9.2):

$$V_{max} = 0.55\phi_c\sqrt{f'_c}b_o d$$

For $V_f < V_c$ no shear reinforcement is needed.

For $V_f > V_c$ and $V_f < V_{max}$ the shear reinforcement must be introduced. The ultimate shear force is given by (Art. 13.3.9.4):

$$V_s = \left(0.19\phi_c\sqrt{f'_c}b_o d + A_{vs}f_{yv}\sin\alpha\right)$$

where: b_o - critical cross-section span
 α - is angle of bends
 A_v - overall area of bends in footing

For $V_f > V_{max}$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section height.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño de refuerzo se realiza por sobrecarga causada por el momento de flexión M_f . El programa provee el área requerida de refuerzo de tensión y compresión (si es necesario). Se tiene en cuenta las condiciones para el grado de refuerzo máximo y mínimo en una sección transversal dada. Primero, el programa determina la ubicación del eje neutral como: (Art 10.1):

$$c = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_f}{0.5b\alpha_1 f'_c}}}{\beta_1}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral si es menor a la permitida (c_{max}), el programa determina el área de refuerzo de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{\beta_1 \alpha_1 b c f'_c}{f_y}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral es mayor que la permitida (c_{max}), el programa determinar las áreas de compresión A_{sc} y resistencia de tracción A_{st} desde la expresión

$$A_{sc} = \frac{M_f - F_{c,max}(d - 0.5\beta_1 c_{max})}{f_y z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \beta_1 \alpha_1 b c_{max} f'_c$$

La ubicación límite del eje neutral c_{max} se encuentra en (Art. 10.5.2):

$$c_{max} = \frac{700}{700 + f_y} d$$

El grado de refuerzo calculado es controlado utilizando la siguiente expresión (Art. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} = \frac{0.2\sqrt{f'_c}}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Si se excede el grado máximo de refuerzo total ρ_{max} el programa informa al usuario que el refuerzo longitudinal no puede ser diseñado para una sección dada.

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite determinar la cantidad requerida del refuerzo cortante por estribos y armadura, respectivamente.

Primero, el programa calcula el límite de la fuerza de corte en una sección dada - la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_c (Art. 11.3.4) y la fuerza de corte máxima permitida V_{max} (Art. 11.3.3).

$$V_f \leq V_r$$

donde:

$$V_c = 0.18\phi_c\sqrt{f'_c}bd_v$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8\text{MPa}$$

$$d_v = 0.9d$$

$$V_{r,max} = 0.25\phi_c f'_c b d_v$$

Para los estribos, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v}$$

Para la armadura, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v \sin\alpha}$$

NBR 6118-2014

Esta ayuda contiene los siguientes métodos computacionales

- Materiales, coeficientes, notaciones
- Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano
- Verificación de la sección transversal rectangular RC
- Verificación de la sección transversal circular RC
- Verificación de la zapata para punzonamiento
- Diseño de refuerzo longitudinal para losas
- Diseño de refuerzo cortante para losas

Materiales, Coeficientes y Notaciones

Se utiliza la siguiente notación para los parámetros del material:

f_{ck}	- valor característico de la resistencia a la compresión cilíndrica del hormigón
f_{cd}	- diseño de fuerza de compresión de hormigón
f_{ctm}	valor promedio de fuerza de tensión del hormigón
f_{ctd}	- diseño de fuerza de tensión axial de hormigón

f_{yk} - fuerza de tensión característica de la barra de acero

f_{yd} - diseño de la fuerza de tensión de la barra de acero

La fuerza de compresión característica del hormigón es el parámetro básico de entrada dependiendo de la clase de hormigón; sirve para derivar los coeficientes de fiabilidad restantes (capítulo 8.2).

para $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$$E_{ci} = \alpha_E 5600 \sqrt{f_{ck}}$$

para $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$

$$E_{ci} = \alpha_E 21500 \sqrt[3]{0.1 f_{ck} + 1.25}$$

$$\alpha_E = 1$$

$$E_{cs} = \alpha_i E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0.8 + 0.2 \frac{f_{ck}}{80} \leq 1$$

$$G = \frac{E_{cs}}{2.4}$$

para $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$$

para $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 2.12 \ln(1 + 0.11 f_{ck})$$

La notación más común para los parámetros geométricos:

b - ancho de la sección transversal

h - profundidad de la sección transversal

d - profundidad efectiva de la sección transversal

z - brazo de palanca (brazo de fuerzas internas)

Verificación de sección transversal rectangular hecha de hormigón plano

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M_{Sd} , normal force N_{Sd} (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V_{Sd} . The cross-section bearing capacity subjected to bending moment is given by (Art. 24.5.2):

$$M_{Rd} = \frac{bh^2}{6} f_{ctd}$$

where:

$$f_{ctd} = 0.85(0.7 f_{ctm})/\gamma_C$$

$$\gamma_C = 1.68$$

The shear strength is provided by (Art. 24.5.2.3, 24.5.5.1):

$$V_{Rd} = \tau_{wRd} A_{cc}$$

where: A_{cc} - compressed area of concrete

$$\tau_{wRd} = 0.3 f_{ctd} \text{ Min} \left(1 + 3 \frac{N_{Sd}}{bh}; 2 \right)$$

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is derived from the following expressions depending on the normal force eccentricity e (Art. 24.5.2):

As the greater of:

$$N_{Rd} = f_{cd} b (h - 2e)$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{bh f_{ctd}}{\frac{6e}{h} - 1}, \frac{bh f_{cd}}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

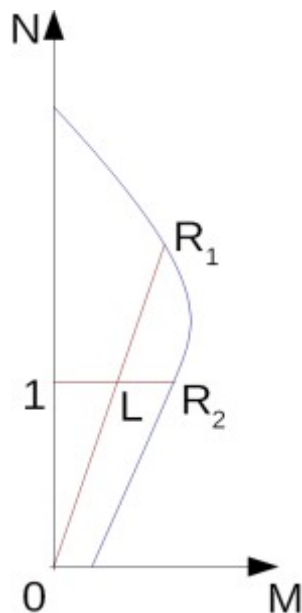
where:

$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_C$$

$$f_{ctd} = 0.85 (0.7 f_{ctm}) / \gamma_C$$

$$\gamma_C = 1.68$$

$$e = \left| \frac{M_{Sd}}{N_{Sd}} \right|$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|OL| / |OR_1|$ or $|IL| / |IR_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed eccentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verificación de la sección transversal rectangular RC

La sección transversal es rectangular, reforzada unilateralmente y cargada por el momento flector y la fuerza de compresión normal. El programa verifica una sección de hormigón armado utilizando el método de deformación límite (Art. 17.2). La deformación máxima admisible del hormigón en compresión es 0,0035 (Art. 8.2.10.1). El refuerzo de compresión no se tiene en cuenta.

El grado de refuerzo calculado se comprueba utilizando las siguientes expresiones (Art. 17.3.5.2.1, 17.3.5.2.4, ρ_{min} tomado de la tabla 17.3):

$$\rho_{min} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

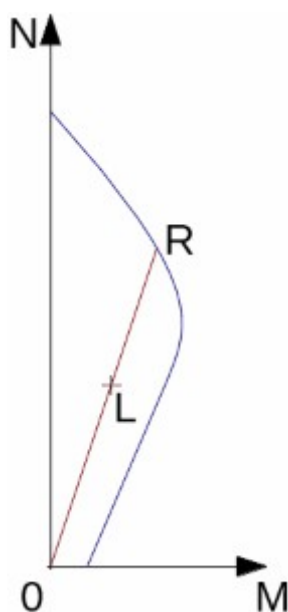


Diagrama de interacción N-M

La relación de uso de la sección transversal del hormigón sujeta a la combinación del momento flector y la fuerza normal se determina como $|0L|/|0R|$. Donde L es carga y R es fuerza con excentricidad prescrita.

Momento flector sin fuerza normal

La sección transversal es rectangular, reforzada por un lado y cargada por el momento flector M_{Sd} .

El momento final lo proporciona (Art. 17.2.2):

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = \lambda x b \alpha_c f_{cd} (d - 0.5 \lambda x)$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{\lambda b \alpha_c f_{cd}}$$

$$\lambda = 0.8; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0.8 - (f_{ck} - 50)/400; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85[1 - (f_{ck} - 50)/200]; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

El programa comprueba además si la ubicación del eje neutral x es menor que la ubicación límite del eje neutral x_{max} dada por:

$$x_{max} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} d$$

Corte

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

En primer lugar, el programa calcula la máxima fuerza de corte del hormigón V_{Rd1} (Art. 17.4.2.2 - Modelo I):

$$V_{Rd1} = 0.6 f_{ctd} b_w d$$

donde

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

Si se excede la resistencia máxima al corte del hormigón, la resistencia máxima al corte V_{Rd2} se verifica (Art. 17.4.2.2):

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

A continuación, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d} b$$

Verificación de la sección transversal circular RC

El programa verifica un pilote de hormigón armado utilizando el método de deformación límite (Art. 17.2). La deformación máxima permisible del concreto en compresión es 0,0035.

El grado de refuerzo se verifica con la fórmula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Columna** - verificar la compresión dominante (Art. 17.3.5.3)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.15 \frac{N_d}{f_{yd} A_c} \geq 0.004$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Viga** - verificar si hay flexión dominante (Art. 17.3.5.2)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

ρ_{min} obtenido de la tabla 17.3.

$$\rho_{max} = 0.04$$

donde: d - diámetro del pilote

A_s - área de la sección transversal del refuerzo

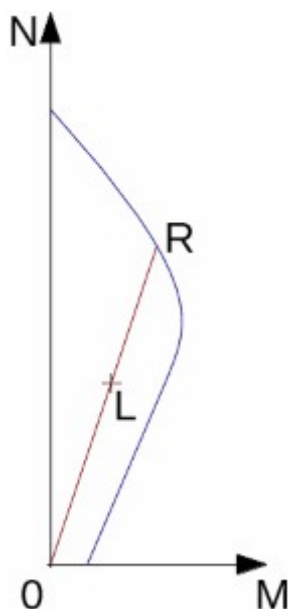


Diagrama de interacción N-M

La relación de utilidad de la sección transversal del hormigón sujeta a la combinación del momento flector y la fuerza normal se determina como $|OL|/|OR|$. Donde L es la carga y R es la fuerza con excentricidad prescrita.

Corte

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

En primer lugar, el programa calcula la resistencia al corte final del hormigón V_{Rd1} . Las fórmulas son del Art. 17.4.2.2- Modelo I, donde el ancho de la sección (b_w) es reemplazado por $0.88 \times d$ y la profundidad efectiva (d) es reemplazada por $0.8 \times 0.9 \times d$.

$$V_{Rd1} = 0.6 f_{ctd} 0.6336 d^2$$

donde

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

Si se excede la resistencia máxima al corte del hormigón, la resistencia máxima al corte V_{max} y fuerza de la sección reforzada V_s son verificadas (Art. 17.4.2.2).

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} 0.6336 d^2$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \frac{A_{sw} 0.9 f_{ywd} 0.72 d}{s}$$

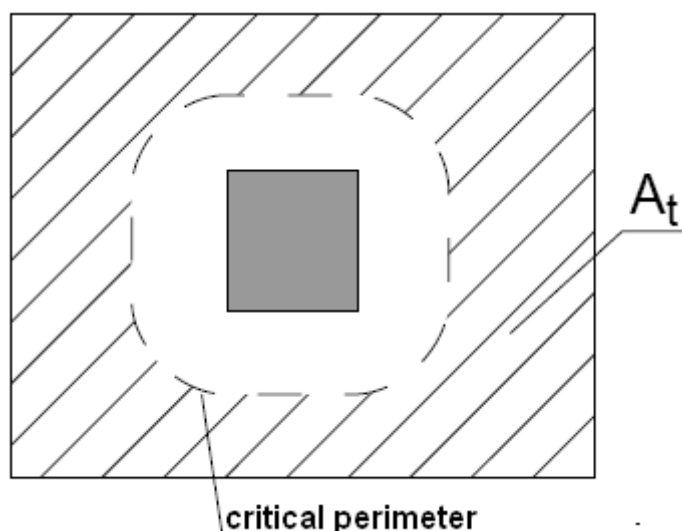
Verificación de la zapata para punzonamiento

Está cargado por los momentos prescritos M_{Sdx} , M_{Sdy} y por la fuerza de corte F_{Sd} proporcionada por:

$$F_{Sd} = \frac{V A_t}{A}$$

donde:

- A - área de la base
- V - fuerza vertical asignada desarrollada en la columna
- A_t - área sombreada en la fig.



Dimensionamiento del área de refuerzo de corte A_t

El programa construye **secciones de control a distancias "a"** desde $0,5d$ hasta $2d$ en caso de zapata sin refuerzo de corte. En el caso de **Zapata reforzada**, las distancias son desde $0,5d$ hasta $4d$, donde d **es la profundidad efectiva de la zapata**. El refuerzo de corte se considera en las secciones de control, que están en la distancia de menos de $2d$ desde la columna. Las secciones de control se consideran en intervalos de $0,25d$.

La tensión de carga τ_{Sd} en cada sección de control se encuentra usando 19.5.2,

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{ud} + \frac{K M_{Sd}}{W_p d}$$

$$W_p = \int_0^u |e| dl$$

K se obtiene desde la tabla 19.2

la resistencia al corte por punzonamiento de la zapata sin refuerzo de corte τ_{Rd1} viene dada por 19.5.3.2

$$\tau_{Rd1} = 0.13(1 + \sqrt{20/d})(100\rho f_{ck})^{(1/3)} 2d/a$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y}$$

y si es necesario, la resistencia al corte por punzonamiento de la base reforzada τ_{Rd3} está dada

por 19.4.2, 15.5.4.

$$\tau_{Rd3} = 0.10(1 + \sqrt{20/d})(100\rho f_{ck})^{(1/3)} 2d/a + 0.75 \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{ud}$$

Además, la resistencia de la cuerda de compresión en el perímetro de la columna τ_{Rd2} se calcula según 19.5.3.1. τ_{Rd2} dependiendo de las dimensiones de la columna y el grosor de la zapata.

$$\tau_{Rd2} = 0.27 \alpha_v f_{cd}$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

Para $\tau_{Sd} < \tau_{Rd1}$ no se necesita refuerzo de corte.

Para $\tau_{Sd} > \tau_{Rd1}$ y $\tau_{Sd} < \tau_{Rd2}$ el refuerzo de corte debe ser introducido.

Para $\tau_{Sd} > \tau_{Rd2}$ el refuerzo de corte no puede diseñarse. Por lo tanto, es necesario aumentar la altura de la sección transversal.

Se considera crítica a la sección de control con la peor relación de carga y resistencia y se marcada en el programa.

Diseño de refuerzo longitudinal para losas

El diseño del refuerzo se realiza para la carga causada por el momento flector M_{Sd} .

El programa proporciona el área requerida de refuerzo de tensión y de compresión (si es necesario). Tiene en cuenta las condiciones para el grado mínimo y máximo de refuerzo en una sección transversal dada. Primero, el programa determina la ubicación del eje neutral como (Art. 17.2):

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_f}{0.5b\alpha_c f_{cd}}}}{\lambda}$$

Proporcionar la ubicación del eje neutral es menor que el permitido (x_{max}), el programa determina el área de refuerzo de tensión A_{st} desde la expresión:

$$A_{st} = \frac{\lambda \alpha_c b x f_{cd}}{f_{yd}}$$

Proporcionando la ubicación del eje neutral mayor que el permitido (x_{max}), el programa determina las áreas tanto de refuerzos de compresión A_{sc} como de tensión A_{st} desde la siguiente expresión:

$$A_{sc} = \frac{M_{Sd} - F_{c,max}(d - 0.5\lambda x_{max})}{f_{yd} z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = \lambda \alpha_c b x_{max} f_{cd}$$

$$\lambda = 0.8; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0.8 - (f_{ck} - 50)/400; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85[1 - (f_{ck} - 50)/200]; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

La ubicación límite del eje neutral x_{max} se encuentra desde:

$$x_{max} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} d$$

El grado de refuerzo calculado se verifica utilizando las siguientes expresiones (Art. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Si se excede el grado máximo de refuerzo total ρ_{max} , el programa informa al usuario que el refuerzo longitudinal no puede diseñarse para una determinada sección transversal.

Diseño de refuerzo cortante para losas

El programa permite la determinación de la cantidad requerida de refuerzo de corte por estribos y dobleces, respectivamente.

En primer lugar, el programa calcula la resistencia máxima al corte en una sección dada: la fuerza de corte transmitida por el hormigón V_{Rd1} (Art. 17.4.2.2 - Modelo I) y la fuerza de corte máxima permitida V_{Rd2} (Art. 17.4.2.2).

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

donde:

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} k (1.2 + 40\rho_1) b_w d$$

$$\tau_{Rd} = 0.25 f_{ctd}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

En cuanto a los estribos, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d}$$

En cuanto a dobleces, el área de refuerzo necesaria está dada por (Art. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d \sin \alpha}$$

Dimensionado de sección transversal de acero

La verificación de las secciones transversales de acero se lleva a cabo por dos casos de carga:

1. por el valor máximo del momento de flexión y la fuerza de corte correspondiente (M_{max}

+ Q)

2. por el valor máximo de la fuerza de corte y el momento de flexión correspondiente ($Q_{max} + M$)

En ambos casos, la carga ingresa en la evaluación con influencia de la fuerza normal, que se define por separado. Su valor es idéntico para los dos casos de carga.

Las fuerzas internas son, antes del análisis, pre-multiplicadas por el coeficiente de reducción de la capacidad portante. Este coeficiente representa el grado de incertidumbre de la determinación de los valores teóricos de las fuerzas internas y como introduce en el análisis para tales valores cierta fiabilidad. El valor del coeficiente se determina únicamente por el usuario.

El programa "**Verificación de muros pantalla**" explota para dimensionado de sección transversal de acero los siguientes tipos de análisis:

- Verificación según EN 1993-1-1 (EC 3)
- Verificación según CSN 73 1401
- Verificación según el factor de seguridad
- Verificación según la teoría de los estados límite
- Verificación según GB 50017-2003

Cada sección transversal es controlada por libres tipos de carga:

1. Verificación del momento de flexión y fuerza normal

El análisis verifica el momento de tensión σ desarrollado en el borde de la sección transversal dada por:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A}$$

donde: M - momento de flexión
 W - módulo elástico de la sección transversal
 N - fuerza normal
 A - área de sección transversal

2. Verificación de corte

El análisis verifica la resistencia al corte τ en el centro de gravedad de la sección transversal escrito por:

$$\tau = \frac{QS}{It}$$

donde: Q - fuerza de corte
 S - 1er. momento de inercia
 I - momento de inercia
 t - ancho (espesor) de la sección transversal en su centro de gravedad

3. Verificación de estado de tensión plana para la combinación de tensión σ_I y τ_I en el punto de carga crítica

La tensión equivalente para condiciones de tensión plana se define como:

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}$$

Todas las verificaciones se llevan a cabo asumiendo una respuesta elástica del material, la plasticidad no se tiene en consideración

Verificación de perfil de acero I de pantalla (doble T)

Las fuerzas internas proporcionadas por el programa "**Verificación de muros pantalla**" se consideran por $1m$ ejecutado del ancho de la estructura. Por lo tanto, las unidades de la fuerza de corte Q son kN/m , y de momentos de flexión M son kNm/m . Para el dimensionado de perfiles individuales I (doble T) estas fuerzas son, antes del análisis de verificación, automáticamente pre-multiplicado por su distancia a [m] para obtener los valores en el centro de gravedad de la sección transversal, es decir, la fuerza de corte Q en kN y el momento de flexión M en kNm . La tensión normal σ se comprueba en la cara exterior el ala de perfil doble T. La tensión de corte τ se comprueba en el centro de gravedad, por lo tanto en el centro de la altura del alma del perfil doble T. La tensión equivalente σ_k se controla en el alma en la conexión alma-ala del perfil doble T (corte 1).

Verificación de Muros de tablestacas

La verificación del análisis se lleva a cabo para una sección del muro por una unidad de longitud. Por lo tanto todos los parámetros de la sección transversal se determinan no para tablestacas individuales sino para una sección del muro por unidad de longitud. La tensión normal σ se controla en la cara exterior de la parte trasera de la tablestaca. La tensión de corte τ se controla en el centro de gravedad del alma del perfil, por lo que, para las tablestacas con forma de U en la ubicación de las cerraduras y para tablestacas de forma de Z en el centro de tablestacas inclinadas.

La tensión equivalente σ_k se verifica en el alma de la tablestaca en la ubicación de la conexión trasera de las tablestacas (corte 1).

Verificación según EN 1993-1-1 (EC3)

Verificación de flexión y tensión causada por la fuerza normal

La resistencia de diseño para la flexión está dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W f_y}{\gamma_{M0}}$$

donde: W - módulo elástico de sección transversal

f_y - tensión de fluencia del acero

γ_{M0} - coeficiente de la capacidad portante de la sección transversal

La resistencia de diseño para la compresión está dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$

donde: A - área de sección transversal

f_y - tensión de fluencia del acero

γ_{M0} - coeficiente de la capacidad portante de la sección transversal

Los valores de diseño de momento de flexión y fuerza normal se verifican según:

$$\frac{M}{M_{c,Rd}} + \frac{N}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

y el valor de utilización esta dado por:

$$\left(\frac{M}{M_{c,Rd}} + \frac{N}{N_{c,Rd}} \right) 100\%$$

Verificación de corte

El diseño de resistencia al corte está dado por :

$$V_{c,Rd} = \frac{I t}{S} \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

donde: I - momento de inercia

t - espesor de la sección en el centro de gravedad

S - Primer momento de inercia

f_y - tensión de fluencia del acero

γ_{M0} - coeficiente de la capacidad portante de la sección transversal

El valor de diseño de la fuerza de corte se verifica según

$$\frac{Q}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

y el valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{Q}{V_{c,Rd}} 100\%$$

Estado de verificación de tensión plana:

El estado de tensión plano se comprueba explotando las siguientes condiciones:

$$\left(\frac{\sigma_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1,0$$

donde: σ_1 - tensión normal

τ_1 - tensión de corte

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2} 100\%$$

Literatura:

Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.

Verificación según CSN 731401

El estándar CSN 73 1401 (a partir del año 1998) adopta como parámetro de material la resistencia de diseño de acero R_d . Si este valor no está determinado por el acero utilizado directamente, se calcula de vuelta por la tensión de fluencia del acero como:

$$R_d = R_y / \gamma_m$$

donde: γ_m - valor del coeficiente de material de 1.15 para $R_y \leq 300 \text{ MPa}$ y 1.25 para $R_y > 300 \text{ MPa}$

Verificación de flexión

La tensión normal σ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\sigma \leq R_d$$

y el valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{\sigma}{R_d} 100\%$$

Verificación de corte

La tensión de corte τ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\tau \leq 0,6 R_d$$

y el valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{\tau}{0,6 R_d} 100\%$$

Estado de verificación de tensión plana

El estado de tensión plano comprueba la explotación de las siguientes condiciones:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,1 R_d$$

donde: σ_1 - Tensión normal

τ_1 - resistencia al corte en la sección verificada

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}}{1,1 R_d} 100\%$$

Literatura:

CSN 73 1401 (1998): *Design of steel structures*.

Verificación según el Factor de seguridad

Verificación de flexión

La tensión normal σ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\frac{f_y}{\sigma} \geq SF_s$$

donde: f_y - tensión de fluencia de acero

SF_s - factor de seguridad para capacidad portante de sección transversal de acero

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\frac{SF_s}{f_y/\sigma} 100\%$$

Verificación de corte

La tensión de corte τ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\frac{f_y}{\sqrt{3}\tau} \geq SF_s$$

y el valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{SF_s}{f_y/(\sqrt{3}\tau)} 100\%$$

Estado de verificación de tensión plana

El estado de tensión plano comprueba la explotación de las siguientes condiciones:

$$\frac{f_y}{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}} \geq SF_s$$

donde: σ_1 - Tensión normal

τ_1 - resistencia al corte en la sección verificada

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\frac{SF_s}{f_y/\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}} 100\%$$

Verificación según la teoría de estados límite

Al realizar el análisis según la teoría de los estados límite la tensión de fluencia de acero f_y se reduce por el coeficiente de fiabilidad γ_{ss} .

Verificación de flexión

La tensión normal σ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\sigma \leq \frac{f_y}{\gamma_{ss}}$$

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\frac{\sigma}{f_y/\gamma_{ss}} 100\%$$

Verificación de corte

La tensión de corte τ se comprueba en base a la siguiente expresión:

$$\tau \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{ss}}$$

y el valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{\tau}{f_y/\sqrt{3}\gamma_{ss}} 100\%$$

Estado de verificación de tensión plana

El estado de tensión plano comprueba la explotación de las siguientes condiciones:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{ss}}$$

donde: σ_1 - tensión normal

τ_1 - resistencia al corte en la sección verificada

y el valor de utilización es proporcionada por:

$$\frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}}{f_y/\gamma_{ss}} 100\%$$

GB 50017-2003

The GB 50017-2003 standard adopts as the material parameter the steel design compressive, tension and bending strength f and shear strength f_v . If this value is not determined for the used steel directly, it is back calculated from the steel yield stress f_y as:

$$f = \frac{f_y}{\gamma_R}$$

$$f_v = \frac{f}{\sqrt{3}}$$

where: γ_R - resistance sub coefficient, which is 1,087 for $f_y \leq 240 \text{ MPa}$ and 1,111 for $f_y > 240 \text{ MPa}$

Check for bending with influence of normal force

The bending stress with influence of normal force is checked according to this expression:

$$\frac{M}{\gamma_x W} + \frac{N}{A} \leq f$$

where: A - area of cross-section

- W - elastic modulus of cross-section
 γ_x - section plasticity develop factor
 f - design strength of steel

Section plasticity develop factor γ_x depends on shape of cross-section. For I-sections, sheet piles and casing is considered as $\gamma_x = 1,05$. The value of utilization is provided by:

$$\frac{\frac{M}{\gamma_x W} + \frac{N}{A}}{f} 100\% /_o$$

Check for shear

The shear stress τ is checked based on the following expression:

$$\tau \leq f_v$$

and the value of utilization is provided by:

$$\frac{\tau}{f_v} 100\% /_o$$

State of plane stress verification

The state of plane stress is checked exploiting the following conditions:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \beta_1 f$$

where: σ - normal stress

τ - shear stress in the verified section

β_1 - strength design value increase coefficient, which is 1,1

The value of utilization is provided by:

$$\frac{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}{\beta_1 f} 100\% /_o$$

Verificación de sección transversal de madera

Verificación de Sección transversal de madera se realiza para la carga del momento de flexión, la fuerza normal y la resistencia de corte. La verificación se realiza para la carga elegida o para la carga crítica. La carga crítica es la carga con el máximo valor de utilización.

La sección transversal puede verificarse de estas formas

- Verificación según EN 1995-1-1 (EC 5)
- Verificación según factor de seguridad
- Verificación según estados límites

Cada sección transversal se comprueba para dos tipos de carga:

1. Verificación del momento de flexión y la fuerza normal

El análisis comprueba la tensión del momento de flexión σ_m desarrollada en el borde de sección transversal dado por:

$$\sigma_m = \frac{M}{W}$$

Donde: M - momento de flexión
 W - Módulo elástico de sección transversal

Y el esfuerzo de fuerza normal σ_n está dada por

$$\sigma_n = \frac{N}{A}$$

Donde: N - fuerza normal
 A - área de la sección transversal

La fuerza normal puede ser de tensión o compresión

2. Verificación para corte

El análisis comprueba la resistencia al corte τ en el centro de gravedad de la sección transversal escrito como:

$$\tau = \frac{QS}{It}$$

Donde: Q - resistencia al corte
 S - 1st momento de área
 I - momento de inercia
 t - ancho (espesor) de sección transversal en su centro de gravedad

Verificación según N 1995-1-1 (EC5)

Verificación del momento de flexión y la fuerza normal

El diseño de la fuerza de flexión de madera está dado por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

Donde: $f_{m,k}$ - Característica de resistencia a la flexión de la madera
 k_{mod} - Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
 γ_M - Factor parcial para las propiedades del material

El diseño de la fuerza de compresión de madera está dado por

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,k}}{\gamma_M}$$

Donde: $f_{c,k}$ - característica de resistencia a la compresión de la madera

- k_{mod} - Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
- γ_M - Factor parcial para las propiedades del material

La capacidad portante se verifica según:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Donde: $\sigma_{c,0,d}$ - Diseño de tensión de compresión

$\sigma_{m,d}$ - Diseño de tensión de flexión

El valor de la utilización es proporcionado por:

$$\left[\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right] 100\%$$

Verificación de flexión y tracción

El diseño de la fuerza de flexión de madera está dado por:

$$f_{t,d} = k_{mod} \frac{f_{t,k}}{\gamma_M}$$

Donde: $f_{t,k}$ - Característica de resistencia a la tracción de la madera

k_{mod} - Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

γ_M - Factor parcial para las propiedades del material

La capacidad portante se verifica según:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Donde: $\sigma_{t,0,d}$ - Diseño de tensión de tracción

$\sigma_{m,d}$ - Diseño de tensión de flexión

El valor de la utilización es proporcionado por:

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) 100\%$$

Verificación para corte

El diseño de la fuerza de corte de madera está dado por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

Donde: $f_{v,k}$ - característica de resistencia al corte de la madera

- k_{mod} - Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
- γ_M - Factor parcial para las propiedades del material

La capacidad portante se verifica según:

$$\frac{\tau_d}{k_{cr}} \leq f_{v,d}$$

- Donde: τ_d - Diseño de tensión de corte
- k_{cr} - Factor de modificación de la resistencia al corte

El valor de la utilización es proporcionado por:

$$\frac{\tau_d}{k_{cr} f_{v,d}} 100\%$$

Verificación según factor de seguridad

Verificación del momento de flexión y la fuerza normal

La tensión normal se verifica según la siguiente expresión:

$$\left(\frac{\sigma_n}{f_n} + \frac{\sigma_m}{f_m} \right)^{-1} \geq SF_s$$

- Donde: σ_n - Tensión normal causado por la tensión o la compresión
- σ_m - esfuerzo de flexión
- f_n - Tracción resp. resistencia a la compresión de la madera
- f_m - Resistencia a la flexión de la madera
- SF_s - Factor de seguridad para la capacidad portante de la sección transversal de la madera

El valor de utilización es proporcionado por:

$$SF_s \left(\frac{\sigma_n}{f_n} + \frac{\sigma_m}{f_m} \right) 100\%$$

Verificación para corte

La verificación de la resistencia al corte τ está dada por la siguiente fórmula:

$$\frac{f_v}{\tau} \geq SF_s$$

- Donde: f_v - Resistencia al corte de la madera

El valor de la utilización es proporcionado por:

$$\frac{SF_s}{f_v/\tau} 100\%$$

Verificación según la Teoría de los estados límite

Al realizar el análisis según la teoría de estados límite, las resistencias de la madera se reducen por el coeficiente de confiabilidad del material γ_s .

Verificación del momento de flexión y la fuerza normal

La verificación de la tensión normal se basa en la siguiente expresión:

$$\frac{\sigma_n}{f_n/\gamma_s} + \frac{\sigma_m}{f_m/\gamma_s} \leq 1$$

Donde: σ_n - Tensión normal causado por la tensión o la compresión
 σ_m - esfuerzo de flexión
 f_n - Tracción resp. resistencia a la compresión de la madera
 f_m - Resistencia a la flexión de la madera

El valor de utilización es proporcionado por:

$$\left(\frac{\sigma_c}{f_c/\gamma_s} + \frac{\sigma_m}{f_m/\gamma_s} \right) 100\%$$

Verificación para corte

La verificación de la resistencia al corte τ se basa en la siguiente expresión:

$$\tau \leq \frac{f_v}{\gamma_s}$$

Donde: f_v - Resistencia al corte de la madera

El valor de utilización es proporcionado por:

$$\frac{\tau}{f_v/\gamma_s} 100\%$$

Verificación de sección transversal de mampostería

Las estructuras de mampostería se pueden verificar siguiendo los siguientes estándares

- AS 3700 - Programa Muro de mampostería
- EN 1996-1-1 - Programa Muro de mampostería
- EN 1996-1-1 - Verificación de sección transversal de mampostería en el programa Muro de Gravedad
- GB 50003-2011 - Verificación de la sección transversal de mampostería en el programa Muro de gravedad

Dimensionamiento de muros de mampostería según AS 3700

El refuerzo de mampostería se comprueba por carga debido al momento de flexión, fuerza de corte y combinación de fuerza normal de compresión. Cuando se considera la carga debido a la fuerza normal, es necesario especificar también la relación de delgadez S_r .

Diseño para miembros en compresión y flexión

$$F_d \leq 0,85 \cdot \phi \cdot k_s (f'_m \cdot A_b + f_{sy} \cdot A_s)$$

$$f'_m = 0,35 \cdot f'_{mb}$$

$$f'_{mb} = 1,3 \cdot \sqrt{f'_{uc}}$$

- Donde:
- F_d - Diseño de compresión de fuerzas actuando en la sección transversal
 - ϕ - Factor de capacidad de reducción - 0,75
 - k_s - Un factor de reducción como 1,18 - 0,03 S_r pero no mayor a 1,0
 - f'_{uc} - Característica de resistencia a la compresión no confinada de mampostería
 - f'_m - Característica de resistencia a la compresión de mampostería
 - A_b - Área de capas horizontales de secciones transversales de mampostería
 - f_{sy} - Diseño de la fluencia del refuerzo
 - A_s - El área transversal total del refuerzo principal

Diseño para miembros en flexión

$$M_d \leq \phi \cdot f_{sy} \cdot A_{sd} \cdot d \left(1 - \frac{0,6 \cdot f_{sy} \cdot A_{sd}}{1,3 \cdot f'_m \cdot d} \right)$$

$$f'_m = 0,35 \cdot f'_{mb}$$

$$f'_{mb} = 1,3 \cdot \sqrt{f'_{uc}}$$

- Donde:
- M_d - Diseño de momento de flexión actuando en la sección transversal
 - ϕ - Factor de capacidad de reducción - 0,75
 - f_{sy} - Diseño de fluencia del refuerzo
 - A_{sd} - Porción del área de la sección transversal de la tensión del refuerzo principal utilizado para propósitos de diseño sobre un miembro de mampostería.

$$\frac{0,29 \cdot 1,3 \cdot f'_m \cdot d}{f_{sy}}$$

El menor de f_{sy} y A_{st}

- f'_m - La característica de resistencia a la compresión de mampostería
- d - La profundidad efectiva del miembro de mampostería reforzado
- f_{uc} - La característica de la resistencia a la compresión de mampostería

Corte en muro fuera del plano

Un muro reforzado sujeto a un corte fuera del plano debe ser:

$$V_d \leq \phi \cdot (f'_{vm} \cdot d + f_{sv} \cdot A_{st})$$

Pero no mas de:

$$4 \cdot \phi \cdot f'_{vm} \cdot d$$

Donde:	V_d	- El diseño de la fuerza de corte actuando en la sección transversal de un muro de mampostería
	ϕ	- Capacidad del factor de reducción - 0,75
	f'_{vm}	- La característica de la resistencia al corte del muro de mampostería reforzado - 0,35 Mpa
	d	- Profundidad efectiva del muro de mampostería reforzado
	f_{vs}	- El diseño de la resistencia al corte del refuerzo principal - 17,5 Mpa
	f_{sy}	- Diseño de fluencia del refuerzo
	A_{st}	- Área de sección transversal de refuerzo de anclaje longitudinal completo en la zona de tensión de la sección transversal.

Dimensionado de muros de mampostería de acuerdo a EN1996-1-1

El refuerzo de mampostería se verifica por la carga causada por la combinación de fuerzas compresivas normales y por el momento de flexión y por la carga debida a la fuerza de corte.

Comprobación de presión y flexión

Análisis de supuestos (Capítulo 6.6):

- Planos de sección transversal permanecen planos
- La tensión de acero es igual a la tensión de adjuntos de mampostería
- La fuerza de compresión de mampostería es asumida igual a cero
- El límite de deformación de mampostería en compresión es 0,0035
- El límite de deformación de acero en tensión es 0,01
- Variación de tensión como función de tensión de mampostería se asume como parabólica-rectangular
- Variación de tensión como función de tensión de acero se asume como delimitada por las barras horizontales superiores
- Las propiedades de los llenados de hormigón son consideradas iguales a las propiedades de mampostería (es necesario usar el peor de los dos materiales)
- Diseño de tensión de mampostería (hormigón) es proporcionado por:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Donde: f_k - Características de fuerza de mampostería (hormigón) – fuerza de corte

$$\gamma_M = 1,8$$

- Si el coeficiente de delgadez dado por la relación de la altura y el ancho del muro es superior a 12, el efecto de la teoría de segundo orden es considerada por inclusión y diseños adicional de momentos de flexión dados por:

$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} \cdot h_{ef}^2}{2000 \cdot t}$$

Donde:

- N_{Ed} - Diseño del valor de la fuerza normal
- h_{ef} - Deformación de la altura del muro
- t - Espesor del muro

- Si el coeficiente de delgadez es superior a 27, no es posible realizar el análisis y es necesario cambiar la geometría para obtener un coeficiente de delgadez más favorable.

Comprobación de corte:

Capítulo 6.7, Apéndice J

$$f_{vd} = \frac{\text{Min}(f_{vk} + 17.5\rho, 0.7)}{\gamma_M}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$V_{Ed} \leq f_{vd} \cdot t \cdot l$$

Donde:

- V_{Ed} - Diseño del valor de la fuerza de corte
- f_{vd} - Diseño del valor de la fuerza de corte de mampostería (hormigón)
- ρ - Índice de refuerzo longitudinal
- t - Espesor del muro
- l - Longitud del muro – corrida: l_m

Dimensionamiento del muro de gravedad - mampostería según EN 1996-1-1

La mampostería se verifica para la carga causada por la combinación de la fuerza normal compresiva y el momento de flexión y para la carga debido a la fuerza de corte.

Verificación de la capacidad portante de compresión

Capítulo 6.1.2.1

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Rd} = A_c f_k / \gamma_M$$

$$A_c = bh \left(1 - 2 \frac{e}{h} \right)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

Donde:	N_{Ed}	- valor de cálculo de la fuerza normal
	N_{Rd}	- capacidad portante de compresión
	A_c	- área comprimida de la sección transversal
	f_k	- valor característico de la resistencia a compresión de la mampostería
	γ_M	- factor parcial de mampostería
	b	- ancho de la sección transversal
	h	- profundidad de la sección transversal
	e	- excentricidad de la fuerza normal
	M_{Ed}	- valor de diseño del momento de flexión

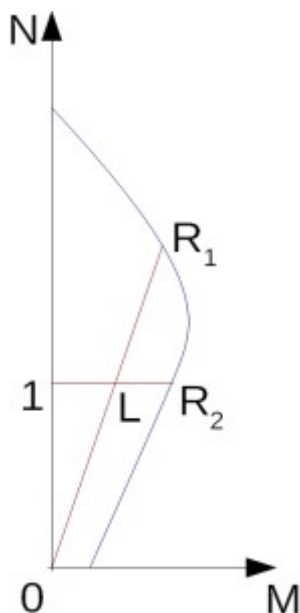


Diagrama de Interacción N-M

La relación de uso de la sección transversal del hormigón sujeta a la combinación de momento y a la fuerza normal de flexión se determina como $|OL|/|OR1|$ o $|IL|/|IR2|$. Donde L es la carga, $R1$ es la fuerza con la excentricidad prescrita y $R2$ es la tensión con la fuerza normal prescrita.

Verificación de la capacidad portante de corte

Capítulo 6.2

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$$V_{Rd} = A_c f_{vk} / \gamma_M$$

$$f_{vk} = \text{Min} \left(f_{vko} + 0.4 \frac{N_{Ed}}{A_c}; 0.065 f_b \right)$$

- Donde:
- V_{Ed} - valor de diseño de la fuerza de corte
 - V_{Rd} - capacidad portante de corte
 - f_{vk} - valor característico de la resistencia al corte de la mampostería
 - f_{vko} - valor característico de la resistencia al corte original de la mampostería
 - f_b - resistencia a la compresión de la unidad de mampostería

GB 50003-2011 - Gravity Wall

The masonry is verified for the load caused by the combination of the compressive normal force and the bending moment and for the load due to the shear force.

Verification of compression bearing capacity

Non-seismic design situation (Art 5.1.1):

$$\gamma_0 N \leq \varphi f A$$

Seismic design situation (Art 10.1):

$$N \leq \varphi f A / \gamma_{RE}$$

- where:
- γ_0 - coefficient of importance of structure
 - N - design value of normal force
 - f - design value of compressive strength of masonry
 - A - area of cross section
 - φ - influence factor due to eccentricity of normal force and depth-thickness ratio of structure
 - γ_{RE} - seismic adjusting coefficient for compressive strength of masonry

φ is provided by:

When $\beta \leq 3$ (Art D.0.1-1)

$$\varphi = \frac{1}{1 + 12 \left(\frac{e}{B} \right)^2}$$

When $\beta > 3$ (Art D.0.1-2, D.0.1-3)

$$\varphi = \frac{1}{1 + 12 \left[\frac{e}{B} + \sqrt{\frac{1}{12} \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right)} \right]^2}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \alpha \beta^2}$$

where:	e	- eccentricity of normal force acting on the cross section
	B	- depth of the cross section
	φ_0	- stability coefficient of structure loaded with axial pressure
	α	- coefficient due to strength grade of mortar
	β	- depth-thickness ratio of structure

β is provided by:

$$\beta = \gamma_{\beta} \frac{2H}{B}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \alpha\beta^2}$$

where:	γ_{β}	- adjusting coefficient of depth-thickness ratio based on the type of masonry material
	H	- height of the structure above cross section

Verification of shear bearing capacity

Non-seismic design situation (Art. 5.5.1-1):

$$\gamma_0 V \leq (f_v + \alpha\mu\sigma_0) A$$

Seismic design situation (Art. 10.1):

$$V \leq (f_v + \alpha\mu\sigma_0) A / \gamma_{RE}$$

When $\gamma_G \leq 1.2$ (Art 5.5.1-2):

$$\mu = 0.26 - 0.082 \frac{\text{Min}(0.8f; \sigma_0)}{f}$$

When $\gamma_G \geq 1.35$ (Art 5.5.1-3):

$$\mu = 0.23 - 0.065 \frac{\text{Min}(0.8f; \sigma_0)}{f}$$

Intermediate values are interpolated.

where:	γ_0	- coefficient of importance of structure
	V	- design value of shear force
	f_v	- design value of shear strength of masonry
	A	- area of cross section
	σ_0	- average value of normal stress on cross section
	f	- design value of compressive strength of masonry
	γ_G	- partial factor for permanent actions
	α	- correction factor; when $\gamma_G \leq 1.2$: $\alpha = 0.64$; $\gamma_G \geq 1.35$: $\alpha = 0.66$ Intermediate values are interpolated
	μ	- influence factor for shear-compression load

γ_{RE} - seismic adjusting coefficient for shear strength of masonry

Verificación de Tablestaca de plástico

Verificación de Tablestaca de vinilo

El fabricante de Tablestaca de vinilo ESP (Everlast Synthetic Products) establece que la verificación de Tablestaca de vinilo se realizará para doblar y cortar. Se verifica la flexión para el momento máximo M_{max} , el corte se verifica para la máxima fuerza de corte Q_{max} . Las fuerzas internas se calculan por unidad.

Las fuerzas internas calculadas pueden multiplicarse por el **coeficiente de reducción de la capacidad portante** antes de la verificación. Este coeficiente refleja el grado de incertidumbre de la determinación de valores teóricos de las fuerzas internas y trae el cálculo de seguridad.

Verificación de flexión:

La capacidad portante para la flexión se calcula según la fórmula:

$$\frac{M_{max}}{M_u} \leq 1,0$$

Donde: M_{max} - Valor máximo del momento de flexión

M_u - Capacidad portante de flexión

El valor de la capacidad portante de flexión M_u es determinado por unidad y está dado por el fabricante de perfiles.

La utilización de la sección transversal se calcula según la fórmula:

$$\frac{M_{max}}{M_u} 100\%$$

Verificación de corte:

La capacidad portante para corte se calcula según la fórmula:

$$\frac{Q_{max}}{Q_u} \leq 1,0$$

Donde: Q_{max} - Valor máximo de la resistencia al corte

Q_u - Capacidad portante de corte

El valor de la capacidad portante de corte Q_u es determinado por unidad y está dado por el fabricante de perfiles.

La utilización de la sección transversal se calcula según la fórmula:

$$\frac{Q_{max}}{Q_u} 100\%$$

La fuerza del vinilo:

Las capacidades portantes del perfil se dan para el material con una resistencia a la tracción

final $f_u = 6300 \text{ psi}$ (43,44 MPa). El usuario puede cambiar este valor. Si el usuario cambia la resistencia, los valores de las capacidades portantes se recalculan en una proporción que corresponde al valor cambiado de la resistencia.

Bibliografía:

Tablestacas implementadas en nuestro catálogo

- *Catalog firmy Everlast Synthetic Products, LLC*

(online: <https://everlastseawalls.com/seawall-products/vinyl-sheet-piling>)

Indice

Aberturas.....	642, 647, 648
ACI 318-11.....	1142
Actividad.....	853, 935
Administrador....	54, 55, 60, 121-124, 135, 138, 142, 143, 156, 157, 169, 194, 195, 220, 221, 241, 242, 266, 287, 312, 332, 363, 364, 376, 387, 418, 445, 446, 459, 481, 512, 541, 542, 565, 585, 586, 603, 629, 630, 644, 701, 725, 726, 780
Agua...53, 56, 57, 69, 155, 163, 164, 168, 180, 181, 193, 209, 210, 219, 229, 230, 240, 252, 253, 264, 275, 276, 285, 300, 301, 310, 321, 322, 330, 344, 345, 362, 377, 385, 399, 400, 417, 432, 433, 444, 451, 452, 457, 471, 472, 480, 487-489, 502-504, 510, 525-527, 540, 554, 555, 563, 573, 574, 602, 617, 618, 628, 637, 638, 700, 702, 710, 711, 724, 734, 735, 751, 761, 762, 854, 864, 935, 1069, 1224	
Alas del muro.....	285, 288, 289
Anclaje 124, 132, 240, 362, 370, 371, 385, 402, 403, 416, 417, 435, 436, 443, 457, 466, 467, 480, 492, 493, 506-508, 854, 855, 940-942, 957, 961, 965, 1129, 1130, 1133, 1134, 1136	
Apoyos.....	362, 371, 372, 385, 403, 404, 854, 961, 962
AS 3600 - 2001.....	1456
Asentamiento..49, 128, 407, 411, 540, 559, 584, 600-602, 623, 624, 707, 736, 739-741, 748, 1160, 1161, 1303, 1342, 1343, 1358, 1410, 1416, 1417, 1422, 1423, 1444, 1445, 1449, 1450, 1452	
Asientos.....	72, 124, 155, 542, 544, 545, 615, 724, 736, 737, 740, 741, 775, 868
Asignar.....	78, 94, 95, 111, 115, 155, 161, 162, 168, 176, 177, 193, 205, 206, 219, 225, 226, 240, 248, 249, 264, 271, 272, 285, 295, 296, 310, 319, 320, 330, 338, 339, 362, 367, 368, 385, 396, 397, 417, 429, 430, 444, 450, 451, 457, 464-466, 510, 523, 524, 546, 547, 569, 570, 584, 593, 594, 602, 616, 617, 628, 635, 636, 700, 709, 710, 724, 732, 733, 740, 744, 745, 751, 755, 756, 853, 908, 909, 939
Barra de control - Imprimir y exportar.....	1009, 1011
Barra de resultados.....	993, 994
Barra no-pretensada.....	1136
Barras pretensadas.....	1132
Barton - Bandis.....	484, 1239
Base. .127, 147, 168, 185, 186, 240, 257, 258, 330, 334, 335, 1086, 1091, 1276, 1297, 1329, 1372, 1373	
Bisagras internas.....	642, 666
Bishop.....	457, 474, 538, 1172, 1194, 1197, 1201, 1210, 1212, 1252
Bloques.....	240, 244, 330, 333
Bordes.....	751, 760, 770, 775, 789-791, 808
Bordes Activos.....	808
BS 8110 : 1997.....	1456
Capacidad portante.....	133, 168, 188, 190, 193, 194, 216, 217, 219, 235, 237, 240, 241, 260,

262, 264, 265, 281, 283, 285, 286, 307, 308, 310, 326, 328, 331, 350, 352-354, 357, 358, 510, 533-535, 540, 541, 544, 557, 558, 563, 564, 575, 576, 578, 581, 582, 584, 599, 600, 602, 622, 1090, 1094, 1107, 1112, 1135, 1177, 1178, 1252-1255, 1260, 1275, 1276, 1278, 1301, 1302, 1308, 1309, 1320, 1325, 1328, 1342, 1345, 1347, 1372, 1373, 1376, 1377, 1390, 1392, 1575	
Cara frontal.....	417, 430, 431
Carga. .126, 146, 148, 183, 212, 232, 255, 278, 285, 287, 296, 297, 303, 378, 401, 434, 529, 540, 548, 549, 563, 570, 571, 602, 611, 612, 614, 628, 636, 637, 642, 669, 670, 672-678, 680, 681, 683, 699, 700, 702, 713, 715, 716, 718, 719, 721, 854, 856, 858, 863, 970, 971, 987, 1017, 1054, 1057, 1098, 1145, 1148, 1167, 1262, 1265, 1280, 1289, 1290, 1302-1304, 1309, 1321, 1356, 1371-1373, 1411	
Casos de carga.....	642, 669, 670, 672, 673, 675-677, 681, 682, 700, 712, 713, 719, 720
Clavos.....	310, 457, 467, 468, 1108
Coeficiente de adherencia.....	567, 1284
Coeficiente de permeabilidad.....	903, 1427
Comportamiento de la fuerza de agua propia.....	1225
Configuraciones.....	74, 123, 407, 775, 777, 810, 813, 914, 917, 918, 992, 1017, 1085, 1106
Construcciones.....	740, 742
Contactos.....	909, 952, 953
Coordenadas globales.....	90-92
Copiar al portapapeles.....	43, 67, 71, 76
Corte de Tierra.....	461, 462, 728, 729
CPT.....	124, 133, 134, 137, 155, 188, 189, 216, 236, 260, 261, 281, 282, 307, 327, 352, 353, 357, 358, 534, 535, 560-562, 584, 586, 587, 589, 591, 592, 597-599, 639, 640, 781, 791, 794, 795, 797, 799, 801-804, 837, 1109, 1327, 1328, 1333, 1338, 1342, 1345-1348, 1358, 1396-1402, 1405, 1407
Criterio de convergencia.....	982
CSA A23.3-14.....	1456
CSN 73 1002.132, 135, 565, 568, 576, 622, 1279, 1287, 1288, 1307, 1321, 1322, 1365, 1366	
CSN 73 6206.....	309, 1456, 1478
Cuadros.....	43, 51, 56, 1455
Curva de carga-asentamiento.....	579
Deadman.....	1137
Deslizamiento en Geo-refuerzo.....	331, 359, 360
Deslizamiento en georeforzo.....	219, 239, 510, 535, 536
DG/TJ08-61-2010.....	128, 1159, 1162, 1163
Dimensionado.....	147, 240, 286, 311, 331, 350-352, 354, 356, 357, 362, 368, 382, 383, 386, 414, 415, 417, 442, 540, 559, 560, 602, 1097, 1114
Dimensionamiento.....	96, 168, 194, 288, 331, 444, 454-457, 541, 564, 642, 686, 1119, 1166, 1252, 1466, 1485, 1508, 1515, 1522, 1539, 1555
Distribuciones.....	439, 642, 690, 696, 697

DL/T 5219 - 2005.....	1277
Editar...45, 47, 48, 56, 59, 67, 84-86, 122, 125, 198, 210, 243, 339, 368, 388, 420, 436, 488, 489, 491, 515, 517, 518, 520, 606, 611, 645, 646, 678, 683, 686, 695, 696, 704, 712, 715, 716, 721, 756, 757, 760, 764, 770, 772, 783, 793, 801-804, 819, 825, 838-842, 844, 852, 897, 898, 913, 948, 949, 956, 1007, 1099, 1114, 1115, 1124, 1303, 1306	
Editor de materiales.....	369, 664, 665, 685, 946, 949, 950, 952
Editor de secciones transversales.....	946, 950, 951
Ejecutar. .96, 97, 188, 189, 216, 236, 260, 261, 281, 282, 307, 327, 353, 357, 534, 751, 759, 770, 772-774, 858	
EN 1997-3.....	1327, 1329
Ensayos de Campo.....	775, 783, 791, 792
Entrada de objetos y datos.....	75
Entradas comunes.....156, 168, 194, 220, 241, 265, 286, 311, 331, 363, 386, 417, 445, 458, 480, 511, 541, 564, 585, 602, 629, 643, 700, 725, 741, 751, 854	
Estabilidad.....72, 97, 102, 127, 137, 155, 168, 192, 193, 218, 219, 239, 240, 264, 284, 285, 310, 325, 329-331, 350, 354, 355, 360-362, 383-386, 412, 413, 416, 427, 457, 458, 463, 479, 480, 510, 511, 513, 537, 539, 540, 772, 774, 775, 851-854, 858, 1000, 1105, 1163, 1252, 1372, 1373	
Estructura....125, 126, 168, 194, 241, 286, 311, 331, 541, 564, 584, 594-596, 602, 604, 605, 613, 625, 663, 665, 1455	
Factores parciales.....	141, 143, 148, 1289
Fellenius / Petterson.....	1210
Flujo de agua.....	155, 853, 974, 976
Fondo de la zapata.....	540, 551
Fortalecimiento del suelo.....	1155
Fuerza de anclaje.....	415, 443, 1132-1134, 1136, 1137
Fuerzas aplicadas 168, 183, 193, 212, 213, 219, 232, 233, 240, 255, 256, 264, 278, 279, 285, 303, 304, 330, 347, 348, 362, 378, 379, 385, 401, 402, 417, 434, 435, 480, 491, 492, 510, 529, 530	
Funciones del mouse.....	43
GB 50017-2003.....	1558, 1563
Generador de formas de revestimientos.....	914, 915
Generar 101, 195, 199, 518, 519, 604, 607, 642, 651-653, 683, 721, 751, 759, 766, 768, 769, 776, 813, 853, 928, 929, 980	
GeoClipboard.....67-71, 82, 102, 105, 156, 159, 168, 174, 194, 203, 220, 223, 241, 246, 265, 269, 286, 293, 311, 317, 331, 336, 363, 365, 386, 390-392, 417, 422-424, 445, 448, 458-462, 464, 465, 472, 480, 511, 521, 541, 544, 545, 561, 562, 564, 567, 585, 587, 591, 602, 615, 629, 631, 639, 640, 643, 700, 705, 707, 709, 710, 725-730, 732, 734, 741, 744, 751, 754, 776, 798, 857, 872, 873, 907, 908, 938, 939, 972, 973	
Grupo de pilotes...124, 137, 189, 216, 236, 261, 282, 307, 596, 597, 603, 612-616, 622, 623, 626, 627, 1364	
GWT debajo de la punta de la pendiente.....	1220, 1221

Hoek - Brown.....	484, 1239
Importar DXF.....	103-105, 108
Importar LandXML.....	76, 117
Importar puntos.....	790
Imprimir y exportar documento.....	74, 1004, 1009, 1010, 1013
Imprimir y exportar la vista del escritorio.....	74, 1005, 1012, 1013
Influencia del agua.....	163, 180, 209, 229, 252, 275, 300, 321, 344, 377, 399, 432, 462, 487, 488, 525
Interfaces en ambientes 2D.....	75
Interfaz.....	69, 82, 459, 460, 700, 702, 705, 706, 724, 726, 727, 853, 871, 872, 953
IS 456.....	1456, 1498, 1499, 1502
Janbu.....	130, 457, 474, 1172, 1180, 1189, 1194, 1195, 1197, 1211, 1212, 1410, 1418-1421, 1431, 1439
Juntas.....	642, 644, 645, 648
LCPC (Bustamante).....	133, 592, 1327, 1336, 1341
Lectura de datos dentro de la interfaz.....	103
Lectura de datos dentro de la plantilla.....	103
Lista de variables.....	994, 995
Longitud efectiva.....	1286
Macroelementos.....	642, 646, 647, 650
Material 124, 126, 153, 157, 168, 169, 171-173, 191, 193, 195, 201, 202, 218, 221, 240, 242, 244, 245, 263, 264, 266, 267, 285, 287, 291, 292, 309, 310, 312, 315, 316, 328, 332, 362, 364, 369, 370, 385, 387, 394, 395, 417, 418, 426, 427, 459, 510, 512-514, 540, 542, 549, 552, 553, 559, 563, 565, 572, 573, 581, 602, 603, 610, 611, 625, 628, 634, 635, 644, 646, 671, 680, 682, 684-687, 690, 692, 695, 696, 701, 714, 718, 720, 722, 723, 1082, 1085, 1092, 1101-1103, 1109, 1116, 1122, 1242, 1283, 1335, 1342, 1372, 1373, 1376-1378, 1398, 1456, 1469, 1479, 1487, 1495, 1503, 1510, 1517, 1524, 1533, 1542, 1549	
Micropilote. 124, 134, 135, 137, 155, 390, 422, 605, 626-628, 630-632, 639, 640, 1372-1374, 1376-1379, 1386, 1396, 1405, 1407	
Modelo del terreno.....	751, 764-766
Modelo Drucker-Prager.....	970
Modelos de materiales.....	868, 873
Mohr - Coulomb.....	484, 1239
Monitores.....	854, 996, 997
Morgenstern-Price.....	457, 474, 1172, 1180, 1189, 1197, 1198, 1211-1213
Muro claveteado.....	155, 1105
NAVFAC DM 7.2.....	132, 135, 565, 568, 576, 622, 1279-1283, 1365
NBR 6118-2014.....	1456
NEN 6743.....	133, 596, 1297, 1327-1330, 1335, 1336, 1338, 1340, 1345, 1347
NZS 3101-2006.....	1456

Opciones.....	43, 44, 48, 67, 71-75, 858, 863, 873, 878, 880, 886, 930, 984, 995, 1014, 1092
Pasos de zapata.....	290, 291
Perfil.....	69, 119, 155, 158, 159, 168, 173, 174, 177, 193, 202, 203, 206, 219, 222, 223, 226, 240, 245, 246, 249, 264, 268, 269, 272, 285, 292, 293, 297, 310, 316, 317, 330, 335, 336, 362, 364, 365, 385, 387, 388, 416, 419, 444, 447, 448, 510, 520, 521, 540, 542, 543, 551, 563, 565, 566, 584, 590, 591, 602, 614, 628, 630, 631, 633, 740, 743, 775, 777, 787, 791, 798-800, 805, 850, 851, 1120, 1121
Perforaciones.....	735, 751, 762, 763, 777
Pilote Anti-Deslizante...	56, 126, 128, 155, 391, 416, 417, 457, 458, 469, 470, 544, 562, 1163, 1165, 1181, 1182, 1396, 1407, 1408
Pilotes. .	124, 133-135, 188, 189, 216, 236, 260, 261, 281, 282, 307, 423, 564, 567, 584, 586, 591, 602, 604, 775, 946, 1083, 1114, 1279, 1282, 1283, 1325, 1327, 1328, 1335, 1336, 1340, 1341, 1343-1345, 1369, 1370, 1388, 1396
Plantilla.....	45, 48, 106, 122, 123, 775, 779-781, 792, 793
Plasticidad.....	982, 990, 991
PMTs.....	421, 422
PN-B-03264 : 2002.....	1456
Proyecto.....	418
Proyecto 66, 155, 156, 168, 169, 193, 194, 219, 220, 240, 241, 264, 265, 285, 286, 310, 311, 330-332, 362, 363, 385, 386, 416, 417, 444, 445, 457, 458, 479-481, 510, 511, 540, 541, 563, 564, 584, 585, 602, 603, 628, 629, 642, 643, 700, 701, 724, 725, 740, 741, 751, 752, 775, 776, 786, 853, 857, 1015, 1017	
Prueba Dilatometrica (DMT).....	391, 423
Punto de refinamiento.....	925, 926
Puntos de apoyo.....	854, 954, 955
Puntos de fluidez.....	854, 955
Puntos del terreno.....	751, 756, 775, 789
Puntos libres.....	914, 915, 922, 923
Refinados libres.....	927, 928
Refinamientos de macroelemento.....	642, 651
Refuerzo.....	330, 340, 341, 343, 457, 468, 469, 510, 518-520, 535, 581, 853, 854, 963, 1089
Relleno 168, 178, 179, 193, 207, 208, 219, 227, 228, 240, 250, 251, 264, 273, 274, 285, 298, 299	
Resistencia .	149, 168, 193, 219, 240, 264, 285, 313, 330, 510, 516, 528, 529, 609, 693, 964, 1071, 1084, 1085, 1088, 1090, 1091, 1102, 1103, 1106-1109, 1111, 1131-1134, 1136-1138, 1140, 1141, 1145, 1146, 1177, 1179, 1180, 1217, 1240, 1244, 1246, 1248, 1265, 1269, 1270, 1289, 1290, 1303, 1309, 1329, 1330, 1337, 1341, 1372, 1373, 1386-1388, 1392, 1446, 1457, 1567, 1568
Resortes verticales.....	619
Resultados.....	580, 624, 690-692, 858, 992, 1145
Revestimiento.....	49, 853, 912-914, 921, 922, 940
Roca.....	417, 428, 429, 479, 480, 484, 485, 496, 1109, 1242, 1244, 1246, 1250, 1266-1268,

1363

Rozamiento negativo.....	563, 574, 575, 587-589, 595, 596, 602, 618, 619
Salidas.....	45, 52, 67, 156, 168, 194, 220, 241, 265, 286, 311, 331, 363, 386, 417, 445, 458, 480, 511, 541, 564, 584, 602, 629, 643, 700, 724, 741, 751, 775, 854, 1004, 1007, 1009, 1011, 1013
Sarma.....	457, 474, 1172, 1188, 1189, 1191, 1210
Schmertmann.....	133, 1043, 1327, 1331, 1332, 1337, 1338, 1341, 1348, 1349, 1353, 1354, 1358-1360, 1396
Secciones de Salida.....	775, 850, 851
Shahunyants.....	474, 1172, 1189, 1201, 1202, 1211
Sismo. .	155, 165, 166, 168, 184, 185, 193, 213, 214, 219, 233, 234, 240, 256, 257, 264, 279, 280, 285, 304, 305, 310, 323, 324, 330, 348, 349, 362, 379, 380, 385, 405, 406, 417, 437, 438, 472, 473, 480, 493, 494, 510, 530, 531, 540, 555, 556, 1004
Sistema de coordenadas.....	753, 754, 776, 778, 779, 854
SNiP 52-101 - 2003.....	1456
Sobrecarga.....	58, 95, 155, 164, 165, 168, 181, 182, 193, 210, 211, 219, 230, 231, 240, 253, 254, 264, 276, 277, 285, 288, 301, 302, 310, 322, 323, 330, 345, 346, 362, 377, 378, 385, 400, 401, 417, 433, 434, 444, 452, 453, 457, 470, 471, 480, 491, 504-506, 510, 527, 528, 540, 553, 554, 724, 733, 734, 740, 854, 855, 967, 968, 1023, 1054, 1062, 1063, 1227, 1335
Soporte de juntas.....	656, 657
Soportes.....	362, 372, 373, 385, 404, 405, 417, 436, 437, 693, 700, 712, 1129
Spencer.....	457, 474, 538, 1172, 1180, 1188, 1191, 1192, 1194, 1198, 1211, 1212, 1252
Subsuelo.....	69, 133, 581, 642, 667, 668, 700, 702, 704, 705, 724, 1259
Suelo incompresible.....	540, 563, 729, 730
Suelos.....	68, 94, 155, 159, 160, 168, 174, 175, 177, 178, 182, 193, 203, 204, 206, 207, 211, 219, 223, 224, 226, 227, 231, 240, 246, 247, 249, 250, 254, 264, 269, 270, 272, 273, 277, 285, 293, 294, 297, 298, 302, 310, 317, 318, 330, 336, 337, 343, 346, 362, 365, 366, 385, 389, 391, 392, 397, 416, 420, 423, 444, 448-450, 462, 463, 510, 513, 521-523, 528, 540, 544, 545, 551, 563, 566-568, 584, 586, 591, 592, 602, 603, 614, 615, 623, 628, 631, 632, 700, 707, 724, 730, 731, 740, 743, 744, 751, 754, 755, 775, 798, 799, 803, 804, 812, 853, 872, 873, 1109, 1175, 1323, 1324, 1367, 1368, 1375, 1384, 1385, 1388, 1399, 1418, 1427, 1433, 1434, 1446
Superficie de deslizamiento circular.....	474-476
Superficie de deslizamiento ondulada.....	1218
Superficie de deslizamiento plana.....	480, 481, 486, 1105
Superficie de deslizamiento poligonal.....	474, 476, 481, 487, 1227
Superficie de deslizamiento suave.....	1217
Superficie del Terreno..	162, 163, 208, 209, 228, 229, 251, 252, 274, 275, 299, 300, 320, 321, 398, 399, 524, 525
Tablas.....	43, 109, 790
Tablestaca.....	381, 946, 1115, 1118, 1119, 1575, 1576
Terreno..	69, 116, 155, 158, 162, 163, 168, 173, 179, 180, 193, 202, 208, 209, 219, 222, 228,

229, 240, 245, 251, 252, 264, 268, 274, 275, 285, 292, 299, 300, 310, 316, 320, 321, 330, 335, 343, 344, 362, 364, 376, 385, 388, 398, 399, 417, 419, 431, 432, 447, 480, 482-484, 510, 521, 524, 525, 543, 558, 566, 590, 614, 630, 743, 751, 754, 770, 773-775, 777, 790, 791, 810, 811	
Tipo de clavos.....	313, 314
Tipos de contacto.....	853, 910
Tipos de refuerzos.....	330, 339, 340, 343, 510, 514
Tomlinson.....	132, 565, 568, 576, 1279, 1285, 1332, 1337, 1338
Valores...124, 147, 148, 456, 610, 624, 642, 690, 694-696, 744, 993, 994, 1082, 1084, 1091, 1150, 1151, 1175, 1211, 1212, 1239, 1240, 1245, 1267, 1282, 1283, 1285, 1298, 1305, 1323, 1336, 1341, 1362, 1384, 1385, 1387, 1388, 1432, 1439, 1440, 1453, 1454, 1456, 1465, 1467	
Vigas.....	72, 126, 642, 659, 660, 853, 863, 909, 940-944, 953
Vistas guardadas.....	75, 99, 993
Water influence according to Chinese standard.....	1073, 1076, 1077
Yacimiento Arena-Grava.....	540, 551
Zapata.....90, 97, 98, 102, 124, 132, 137, 140, 145, 146, 155, 188, 189, 216, 236, 260, 261, 281, 282, 285, 307, 327, 352, 353, 357, 358, 391, 423, 534, 535, 540-542, 544, 545, 547-549, 557, 558, 561, 562, 587, 639, 640, 668, 775, 1023, 1094, 1258, 1269, 1270, 1274, 1275, 1356, 1357, 1396, 1401, 1405, 1408	

© Fine Ltd. 2018
[*www.finesoftware.es*](http://www.finesoftware.es)