

Capítulo 7. Verificación del muro con múltiples anclajes

Programa: Verificación de muros pantalla

Archivo: Demo_manual_07.gp2

En este capítulo, mostramos cómo diseñar y verificar un muro de múltiples anclajes. Este muro pantalla fue construido en la Estación Prosek, del metro de Praga – Línea C

Puede encontrar más información sobre este proyecto en los siguientes documentos:

- [Folleto](#)
- [Trabajo de investigación](#) que compara los resultados calculados con los resultados monitoreados

Introducción

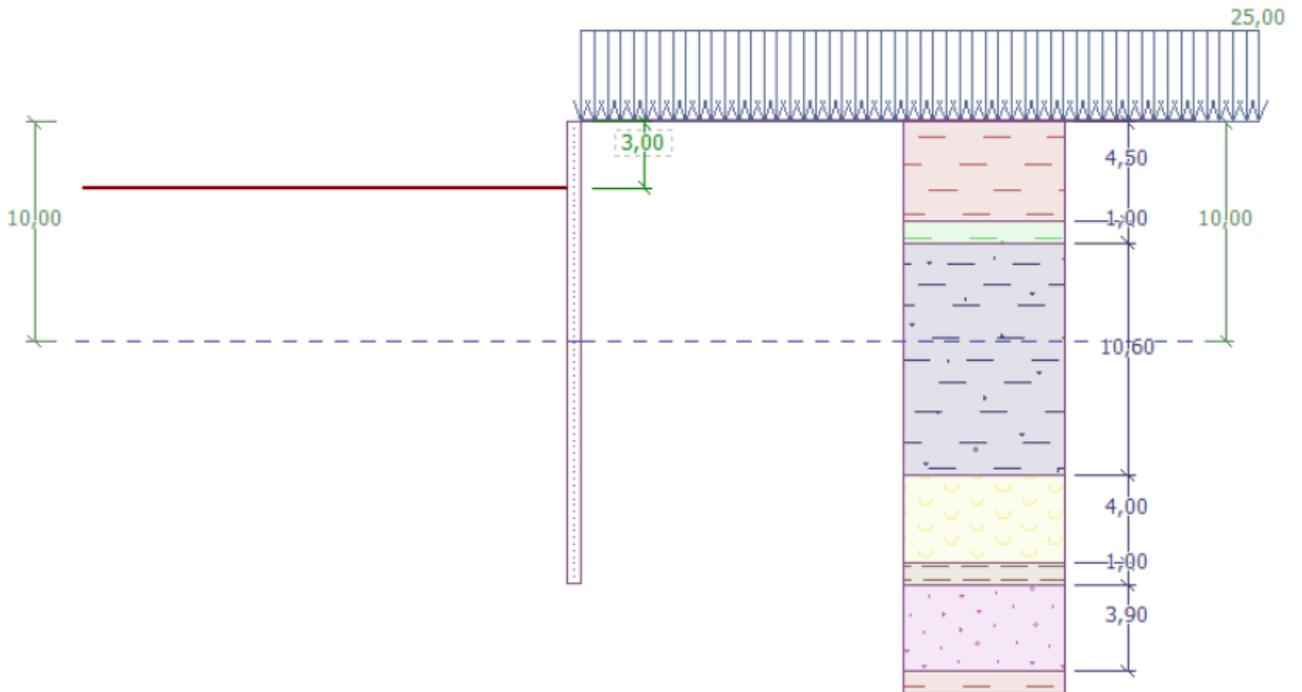
El supuesto básico del método de presión dependiente es que el material del suelo o roca en la proximidad del muro se comporta idealmente como Winkler elástico-plástico. Este material se determina no sólo por el módulo de reacción del subsuelo k^h , que caracteriza la deformación en la región elástica sino también por las deformaciones limitantes adicionales. Al exceder estas deformaciones, el material se comporta como idealmente plástico.

Se asumen los siguientes supuestos:

- La presión actuando en un muro puede alcanzar un valor arbitrario entre el valor de la presión activa y de la presión pasiva - pero no puede caer fuera de estos límites.
- La presión en reposo actúa sobre una estructura deformada ($w = 0$).

Asignación

Verificar un muro de múltiples anclajes a partir de pilotes de acero soldado I 400 con una longitud de $l = 21$ m. La profundidad final de la zanja será de $h = 15$ m. El terreno es horizontal. La sobrecarga actúa en la superficie, de tipo de acción permanente y de tamaño $q = 25$ kN/m². El Nivel freático detrás de la construcción es 10,0 m debajo de la superficie. El espaciado entre los centros de los perfiles de acero es de $a = 2$ m



Esquema del muro anclado en múltiples capas – Etapa de construcción 1

Suelo, Roca (clasificación)	Espesor de la capa de tierra [m]	γ [kN/m ³]	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	$\delta =$ [°]	ν [-]
F6	4,5	19,5	20	16	7,5	0,4
F4	1	19,5	22	14	7,5	0,35
R3	10,6	22	40	100	15	0,25
R5 (1)	4	19	24	20	7,5	0,3
R5 (2)	1	21	30	35	14	0,25
R5 (3)	3,9	21	40	100	15	0,2

Tabla de parámetros de suelo y roca

La unidad de peso de suelo γ es la misma que la unidad peso de suelo saturado γ_{sat} .

El estado de tensión se considera efectivo, la presión en reposo se calcula para suelos cohesivos y el cálculo de la elevación se selecciona como estándar para cada suelo.

Todos los anclajes tienen un diámetro $d = 32$ mm, módulo de elasticidad $E = 210$ GPa. El espaciamiento de anclaje es $b = 4$ m.

Anclaje No.	Profundidad z [m]	Longitud libre l [m]	Raíz l_k [m]	Pendiente α [°]	Fuerza de anclaje F [kN]	Etapas de construcción para nuevo anclaje
1	2,5	13	6	15	300	2
2	5,5	10	6	17,5	350	4
3	8,5	7	6	20	400	6
4	11	6	4	22,5	500	8
5	13	5	3	25	550	10

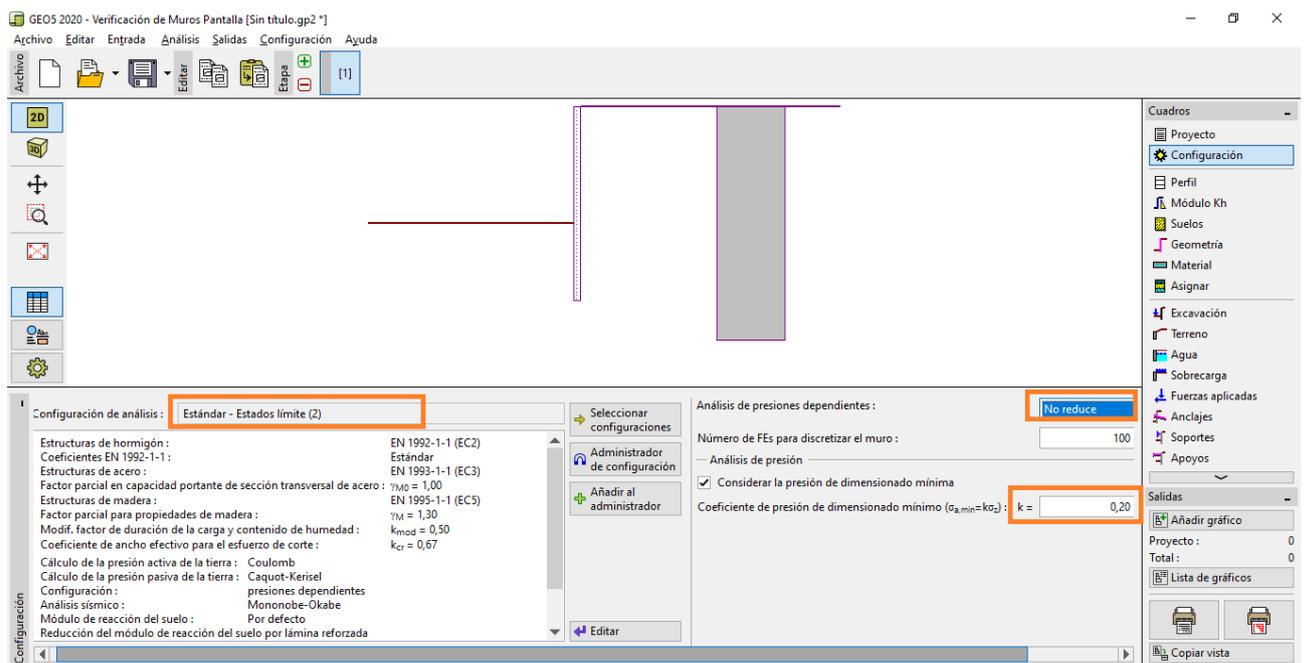
Tabla con la posición y las dimensiones de los anclajes

El módulo K_h está creciendo linealmente hasta una profundidad de 5m. Allí su valor alcanza 10 MN/m³. A partir de esta profundidad su valor es constante.

Solución

Para resolver esta tarea, utilizamos el programa GEO5 – “Verificación de Muros Pantalla”. El análisis se lleva a cabo sin reducción de los datos de entrada por lo que se observará el comportamiento real de la estructura.

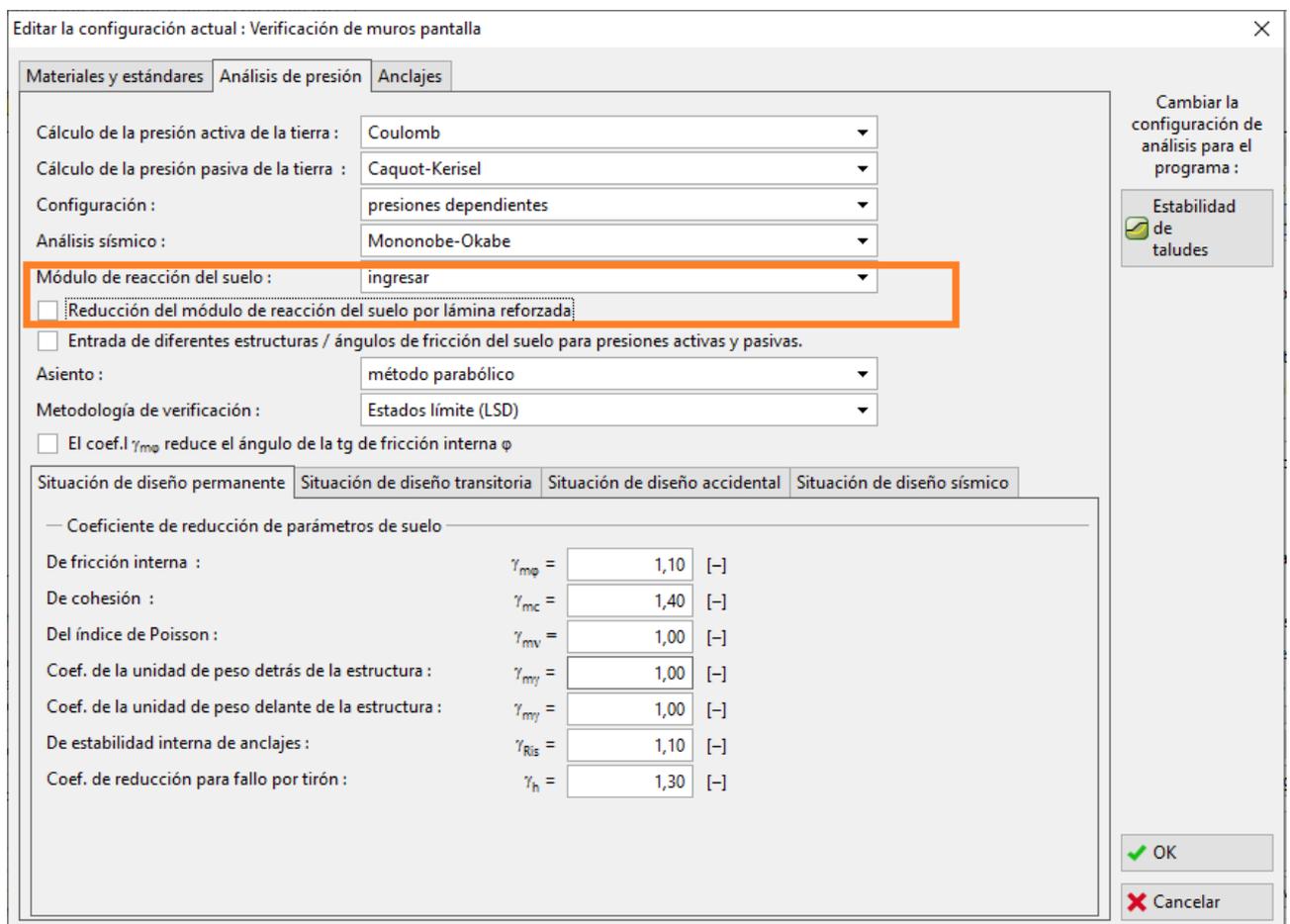
En el cuadro "Configuración", seleccione la opción Nro. 2 - "Estándar – Estados Límite". Consideramos la presión de dimensionado mínima como $k = 0,2$. Luego, cambie el número de FE para discretizar el muro a 30 (ver figura).



Cuadro "Configuración"

Nota: Para tareas más complejas (por ejemplo, muro de múltiples anclajes), los autores del programa recomienda calcular las presiones límite sin reducción de los parámetros de entrada del suelo, respectivamente, sin reducir el tamaño de los factores parciales apropiados para las presiones de tierra. El método de presiones dependientes sin reducción de los parámetros de entrada del suelo se corresponde mejor con el comportamiento real de la estructura (el usuario recibe los valores reales de desplazamiento), y éste cálculo es similar a la solución numérica por MEF (ver Ayuda - F1).

Luego presione el botón "Editar" para abrir el cuadro de diálogo "Editar la configuración actual" y en Módulo de reacción de subsuelo seleccione "Entrada manual" como método para el módulo de reacción del subsuelo. También desmarque la posibilidad "Considerar la reducción del módulo de reacción del suelo para pantalla reforzada" (más información Ayuda del programa - F1).



Editar la configuración actual: Verificación de muros pantalla

Materiales y estándares | **Análisis de presión** | Anclajes

Cálculo de la presión activa de la tierra: Coulomb

Cálculo de la presión pasiva de la tierra: Caquot-Kerisel

Configuración: presiones dependientes

Análisis sísmico: Mononobe-Okabe

Módulo de reacción del suelo: ingresar

Reducción del módulo de reacción del suelo por lámina reforzada

Entrada de diferentes estructuras / ángulos de fricción del suelo para presiones activas y pasivas.

Asiento: método parabólico

Metodología de verificación: Estados límite (LSD)

El coef. $\gamma_{m\phi}$ reduce el ángulo de la tg de fricción interna ϕ

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

— Coeficiente de reducción de parámetros de suelo —

De fricción interna :	$\gamma_{m\phi} =$	1,10	[-]
De cohesión :	$\gamma_{mc} =$	1,40	[-]
Del índice de Poisson :	$\gamma_{mv} =$	1,00	[-]
Coef. de la unidad de peso detrás de la estructura :	$\gamma_{my} =$	1,00	[-]
Coef. de la unidad de peso delante de la estructura :	$\gamma_{my} =$	1,00	[-]
De estabilidad interna de anclajes :	$\gamma_{Ris} =$	1,10	[-]
Coef. de reducción para fallo por tirón :	$\gamma_h =$	1,30	[-]

Estabilidad de taludes

OK

Cancelar

Cuadro "Editar la configuración actual"

En el cuadro "Perfil", "Suelos" y "Asignar" se define el perfil geológico de la tarea según la tabla y la información en la tarea anterior. Primero, en el cuadro "Perfil", añadimos 4 nuevas interfaces a las profundidades que se muestran en la siguiente figura.

GEOS 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.gp2 *]
 Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

Perfil

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]
1	4,50	0,00 .. 4,50
2	1,00	4,50 .. 5,50
3	10,60	5,50 .. 16,10
4	4,00	16,10 .. 20,10
5	1,00	20,10 .. 21,10
6	3,90	21,10 .. 25,00
7	-	25,00 .. ∞

Información de posición
 Elevación del terreno: [] [m]
 Coordenadas GPS Ver en el mapa
 GPS: (sin especificar)

Cuadro "Perfil" - Añadir una nueva Interfaz

Luego, en el cuadro "Suelos", añadir 6 suelos nuevos con los parámetros descritos en la tabla anterior y en el cuadro "Asignar", asignarlos al perfil.

GEOS 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.gp2 *]
 Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

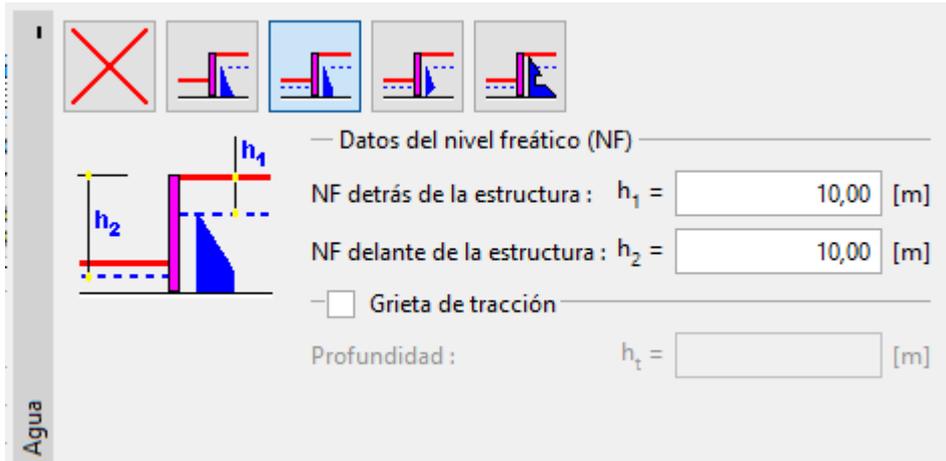
Perfil

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]
1	4,50	0,00 .. 4,50
2	1,00	4,50 .. 5,50
3	10,60	5,50 .. 16,10
4	4,00	16,10 .. 20,10
5	1,00	20,10 .. 21,10
6	3,90	21,10 .. 25,00
7	-	25,00 .. ∞

Información de posición
 Elevación del terreno: [] [m]
 Coordenadas GPS Ver en el mapa
 GPS: (sin especificar)

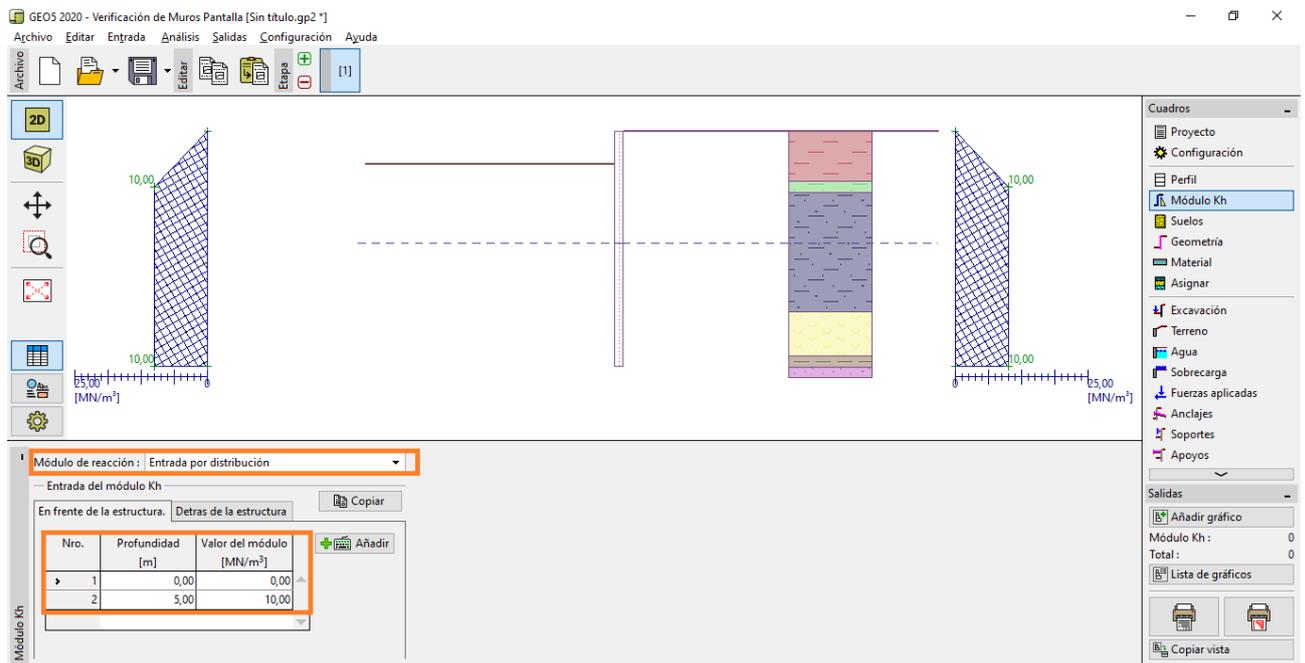
Cuadro "Perfil" - Suelos Asignados

Por último, defina el NF en el cuadro "Agua". En la primera etapa de construcción, los valores delante y detrás de la estructura serán de 10 m.



Cuadro "Agua" con parámetros de NF

En el cuadro "Módulo Kh" ingrese el valor de Kh por distribución - creciendo linealmente a una profundidad de 5 m y luego constante con el valor de 10 MN/m³. El módulo se define a la longitud de la estructura. Si la longitud cambia, el módulo se corrige automáticamente. En este caso, continuará constante hasta la longitud total de la estructura (21 m). Si no se conoce el valor de Kh, podríamos usar los parámetros conocidos de los suelos para calcularlo (por ejemplo, utilizando el método de Schmitt, basado en E_{oed} o E_{def}). Puede encontrar más información sobre el módulo Kh en la ayuda del programa - F1.



Cuadro "Módulo de Kh"

Luego, vaya al cuadro "Geometría" definir los parámetros para pantallas reforzadas - tipo de muro y longitud de la sección $l = 21$ m. Hacer clic en el botón "Añadir", La separación entre los centros de los perfiles de acero es igual a $a = 2$ m, luego desde el catálogo de secciones transversales I, seleccionar **I(IPN) 400**. A continuación, se define el coeficiente de reducción de la presión por debajo de la parte inferior zanja, que es en este caso 0,5.

Nota. El coeficiente de reducción de presiones de tierra por debajo de la excavación reduce las presiones en el suelo. Para muros de contención clásicos esto es igual 1,0. Para pantallas reforzadas es menor o igual a 1 (uno). Depende del tamaño y del espacio entre los apoyos (Más información en la ayuda - F1)

Editar sección
✕

Tipo de muro: Perfil Acero sección I

Nombre de la sección transversal : Sección transversal I : I(IPN) 400; a = ▸ Def. por usuario

Longitud de la sección : l = [m]

Coef. reduc. presión bajo el fondo de zanja Ingresar ▾ 0,50 [-]

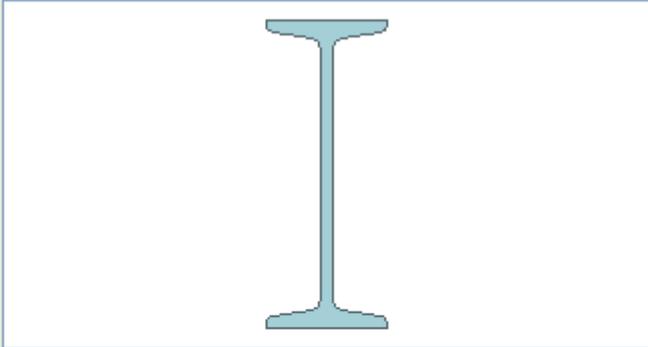
— Geometría —

Separación entre centros : a = [m]

— Sección transversal —

Catálogo

Nombre : **I(IPN) 400**

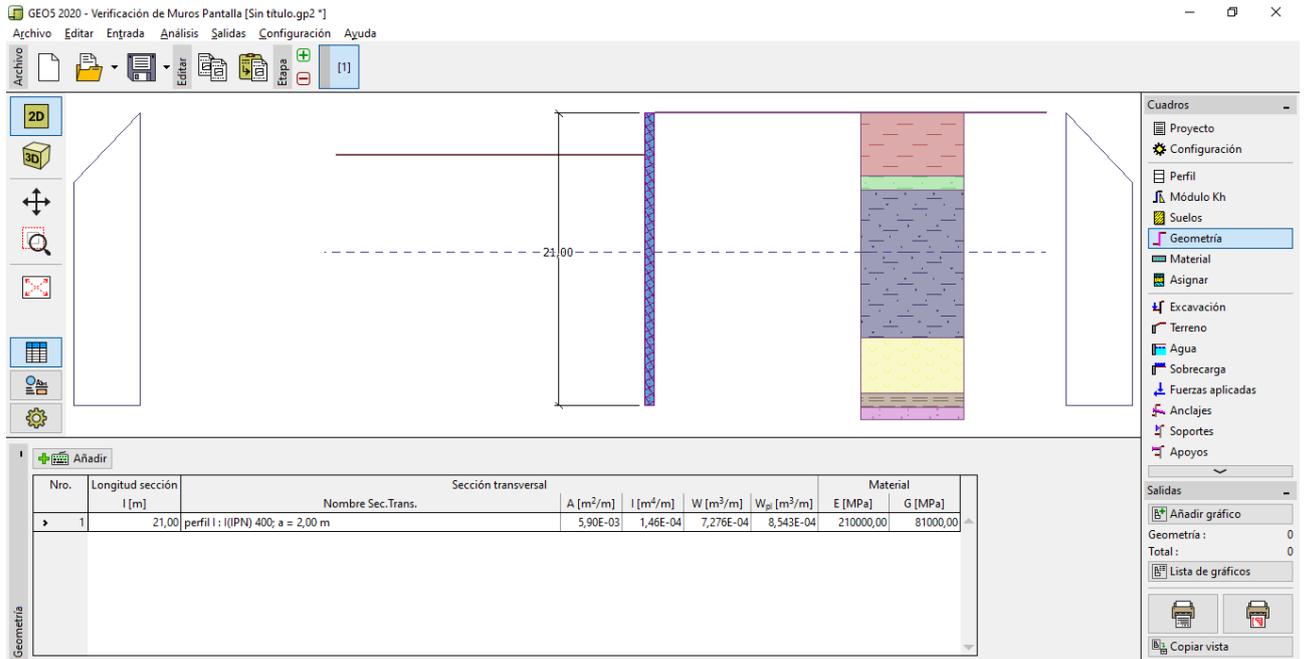


— Información —

A = 5,90E-03 [m²/m]	I = 1,46E-04 [m⁴/m]
W_{y1} = 7,276E-04 [m³/m]	W_{pl,y} = 8,543E-04 [m³/m]

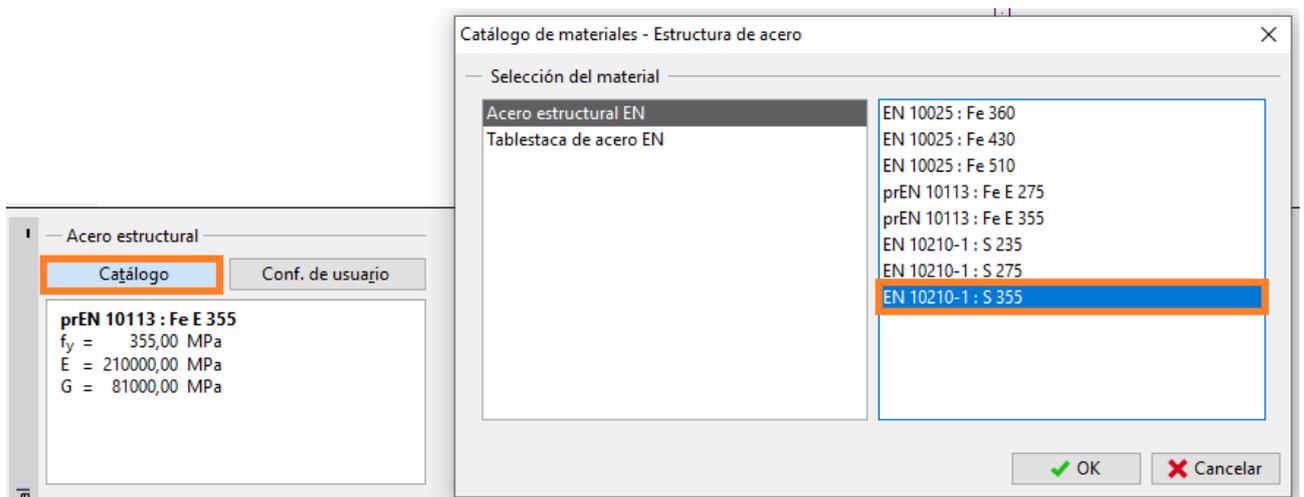
Catálogo de usuario
OK
✕ Cancelar

Cuadro "Editar sección"



Cuadro "Geometría" - añadir una nueva sección

En el cuadro "Materiales" desde el catálogo, seleccionamos la clase de acero apropiada para la estructura. En este caso, seleccionamos el tipo **EN 10210-1:S 355**



Cuadro "Catálogo de materiales"

Ahora, vamos a describir la construcción del muro paso a paso. Es necesario modelar la tarea en etapas, a fin de reflejar la forma en que se construye en la realidad. En cada etapa, es necesario tener en cuenta los valores de las fuerzas internas y de las deformaciones.

Si la pantalla no es estable en alguna etapa de construcción o si la deformación analizada es demasiado grande, entonces tenemos que cambiar la estructura - por ejemplo, para hacer el muro con empotramiento más largo, hacer la zanja más superficial, aumentar las fuerzas de anclaje, etc.

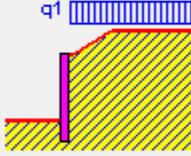
En la primer etapa de construcción, definimos una sobrecarga de superficie permanente, en el cuadro "Sobrecarga" $q = 25 \text{ kN/m}^2$

Nueva sobrecarga
✕

Nombre:

Tipo:

Tipo de acción:



Magnitud: [kN/m²]

Cuadro "Sobrecarga" Ventana "Nueva Sobrecarga"

En la etapa de construcción 1, en el cuadro "Excavación" la zanja se construye a una profundidad de $h = 3$ m. El nivel freático delante y detrás de la estructura está a una profundidad de $h_1 = h_2 = 10$ m debajo de la superficie (a nivel del suelo). Realice el análisis y luego agregue una nueva etapa de construcción.

En la etapa de construcción 2, en el cuadro "Anclaje" añadir un anclaje una profundidad de $z = 2,5$ m. (ver demás datos a continuación)

Nuevo anclaje ✕

Tipo de anclaje : no especificado

Nombre :

— Datos de anclaje —

Profundidad : $z =$ 2,50 [m]

longitud libre : $l =$ 13,00 [m]

Longitud de la raíz : $l_k =$ 6,00 [m]

Pendiente : $\alpha =$ 15,00 [°]

Espaciado : $b =$ 4,00 [m]

— Rigidez —

Tipo de entrada : entrada de diámetro

Diámetro : $d_s =$ 32,0 [mm]

Módulo de elasticidad : $E =$ 210000,00 [MPa]

Fuerza de tesado : $F =$ 300 [kN]

+ Añadir
✕ Cancelar

Cuadro "Nuevo Anclaje" - Etapa de construcción 2

GEO5 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.gp2 *]

Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

Anchivo

2D

3D

↕

🔍

🗑️

📊

⚙️

Cuadros

- Asignar
- Excavación
- Terreno
- Agua
- Sobrecarga
- Fuerzas aplicadas
- Anclajes**
- Soportes
- Apoyos
- Sismo
- Configuración de etapa
- Análisis
- Verificación Est. Interna
- Verificación Est. Externa
- Dimensionado

Salidas

Añadir gráfico

Anclajes : 0

Total : 0

Lista de gráficos

🖨️ Copiar vista

+ Añadir

Nro.	nueva	Anclaje post-estresado	Profundidad z [m]	Tipo de anclaje	Nombre	Espaciado b [m]	Fuerza F [kN]
1	Si		2,50	no especificado		4,00	300,00

Cuadro "Anclaje" - Etapa de construcción 2

Realice el análisis y agregue una nueva etapa de construcción; En la 3^{era} etapa de construcción, en el cuadro "Excavación" cambie la profundidad de la zanja a $h = 6,5$ m. Realice el análisis y agregue una 4^{ta} etapa de construcción. En la 4^{ta} etapa de construcción se coloca otro anclaje a una profundidad de $z = 5,5$ m. El nivel freático no cambia hasta el momento. (ver más datos en la imagen)

Nuevo anclaje
✕

Tipo de anclaje : no especificado

Nombre : Anclaje 2

— Datos de anclaje —

Profundidad : $z =$ 5,50 [m]

longitud libre : $l =$ 10,00 [m]

Longitud de la raíz : $l_k =$ 6,00 [m]

Pendiente : $\alpha =$ 17,50 [°]

Espaciado : $b =$ 4,00 [m]

— Rigidez —

Tipo de entrada : entrada de diámetro

Diámetro : $d_s =$ 32,0 [mm]

Módulo de elasticidad : $E =$ 210000,00 [MPa]

Fuerza de tesado : $F =$ 350 [kN]

+ Añadir
✕ Cancelar

Cuadro "Nuevo Anclaje" - Etapa de construcción 4

GEO5 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.gp2 *]
 Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

Nro.	nueva	Anclaje post-estresado	Profundidad z [m]	Tipo de anclaje	Nombre	Espaciado b [m]	Fuerza F [kN]
1	No	No	2,50	no especificado		4,00	365,78
2	Si		5,50	no especificado	Anclaje 2	4,00	350,00

Cuadro „Anclaje” – Etapa de construcción 4

Ejecutamos el análisis y añadimos otra etapa de construcción. En la 5^{ta} etapa de construcción, la zanja se excava hasta una profundidad de $h = 9 \text{ m}$. En la 6^{ta} etapa, se coloca otro anclaje a la profundidad de $z = 8,5 \text{ m}$ (ver detalles en la imagen). La profundidad del nivel freático se mantiene igual.

Nuevo anclaje

Tipo de anclaje : no especificado

Nombre : anclaje 3

— Datos de anclaje —

Profundidad : $z = 8,50 \text{ [m]}$

longitud libre : $l = 7,00 \text{ [m]}$

Longitud de la raíz : $l_k = 6,00 \text{ [m]}$

Pendiente : $\alpha = 20,00 \text{ [°]}$

Espaciado : $b = 4,00 \text{ [m]}$

— Rigidez —

Tipo de entrada : entrada de diámetro

Diámetro : $d_s = 32,0 \text{ [mm]}$

Módulo de elasticidad : $E = 210000,00 \text{ [MPa]}$

Fuerza de tesado : $F = 400 \text{ [kN]}$

+ Añadir X Cancelar

Cuadro „Nuevo Anclaje” – Etapa de construcción 6

GEO5 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.gp2 *]
 Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

Cuadro "Anclaje" – Etapa de construcción 6

Nro.	Anclaje nueva	Anclaje post-estresado	Profundidad z [m]	Tipo de anclaje	Nombre	Espaciado b [m]	Fuerza F [kN]
1	No	No	2,50	no especificado		4,00	355,74
2	No	No	5,50	no especificado	Anclaje 2	4,00	394,80
3	No	No	8,50	no especificado	anclaje 3	4,00	400,00

Cuadro "Anclaje" – Etapa de construcción 6

Añadir la 7^{ma} etapa de construcción, cambiar la profundidad de la excavación a $h = 11,5$ m .
 En el cuadro "Agua", El nivel freático delante del muro se encuentra ahora en una profundidad de $h_2 = 12$ m por debajo de la superficie. El nivel freático detrás de la estructura se mantiene igual.
 Añadir una nueva etapa de construcción. En la etapa de construcción 8^{va}, se coloca un nuevo anclaje a la profundidad de $z = 11$ m . (ver detalles en figura)

Nuevo anclaje

Tipo de anclaje : no especificado

Nombre : Anclaje 4

— Datos de anclaje —

Profundidad : z = 11,00 [m]

longitud libre : l = 6,00 [m]

Longitud de la raíz : $l_k = 4,00$ [m]

Pendiente : $\alpha = 22,50$ [°]

Espaciado : b = 4,00 [m]

— Rigidez —

Tipo de entrada : entrada de diámetro

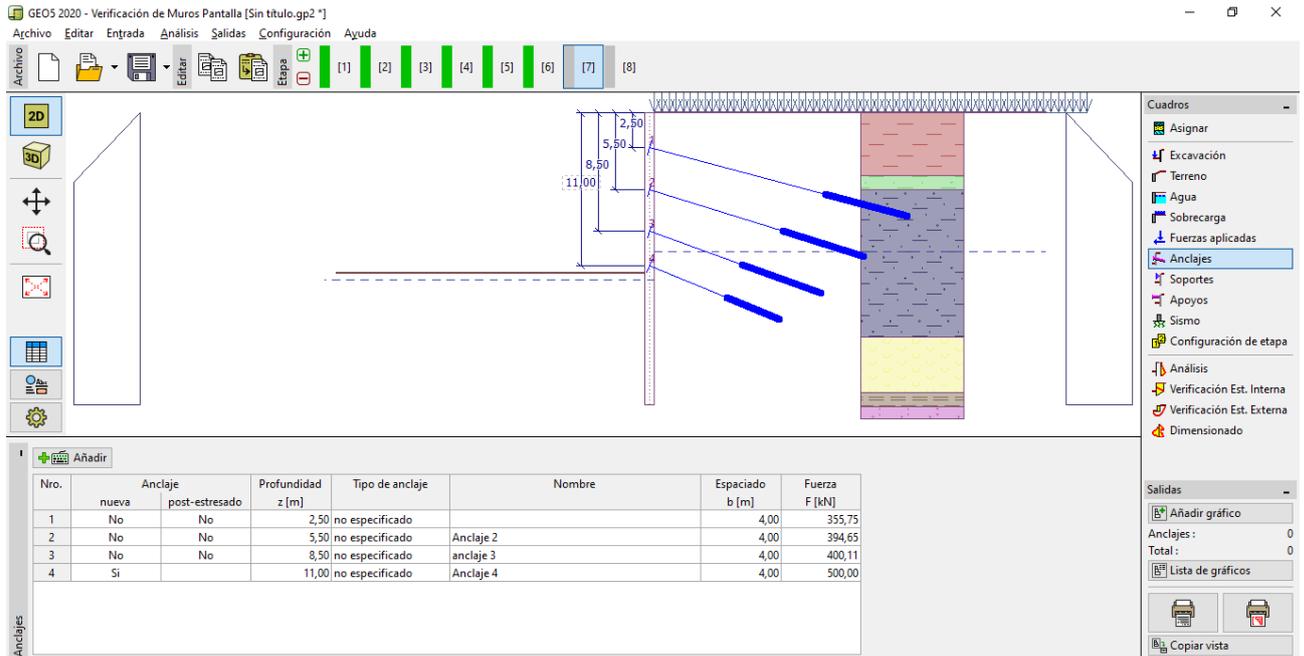
Diámetro : $d_s = 32,0$ [mm]

Módulo de elasticidad : E = 210000,00 [MPa]

Fuerza de tesado : F = 500 [kN]

+ Añadir X Cancelar

Cuadro „Nuevo Anclaje” – Etapa de construcción 8



Cuadro „Anclaje” – Etapa de construcción 8

En la 9^{na} etapa de construcción, la zanja se excava hasta una profundidad de $h = 13,5$ m.
El nivel freático delante de la estructura a $h_2 = 15,5$ m por debajo de la superficie.

Añadimos una nueva etapa. En la décima etapa, se coloca otro anclaje a la profundidad de $z = 13$ m. (ver imagen a continuación)

Nuevo anclaje ✕

Tipo de anclaje : no especificado

Nombre : Anclaje 5

— Datos de anclaje —

Profundidad : $z =$ 13,00 [m]

longitud libre : $l =$ 5,00 [m]

Longitud de la raíz : $l_k =$ 3,00 [m]

Pendiente : $\alpha =$ 25,00 [°]

Espaciado : $b =$ 4,00 [m]

— Rigidez —

Tipo de entrada : entrada de diámetro

Diámetro : $d_s =$ 32,0 [mm]

Módulo de elasticidad : $E =$ 210000,00 [MPa]

Fuerza de tesado : $F =$ 550 [kN]

+ Añadir
✕ Cancelar

Cuadro "Anclajes" – añadir un nuevo anclaje (etapa de construcción 10)

GEOS 2020 - Verificación de Muros Pantalla [Sin título.pp2 *] — □ ✕

Archivo Editar Entrada Análisis Salidas Configuración Ayuda

Etapa [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]

2D

3D

↕

🔍

🔧

Cuadros

- Asignar
- Excavación
- Terreno
- Agua
- Sobrecarga
- Fuerzas aplicadas
- Anclajes**
- Soportes
- Apoyos
- Sismo
- Configuración de etapa
- Análisis
- Verificación Est. Interna
- Verificación Est. Externa
- Dimensionado

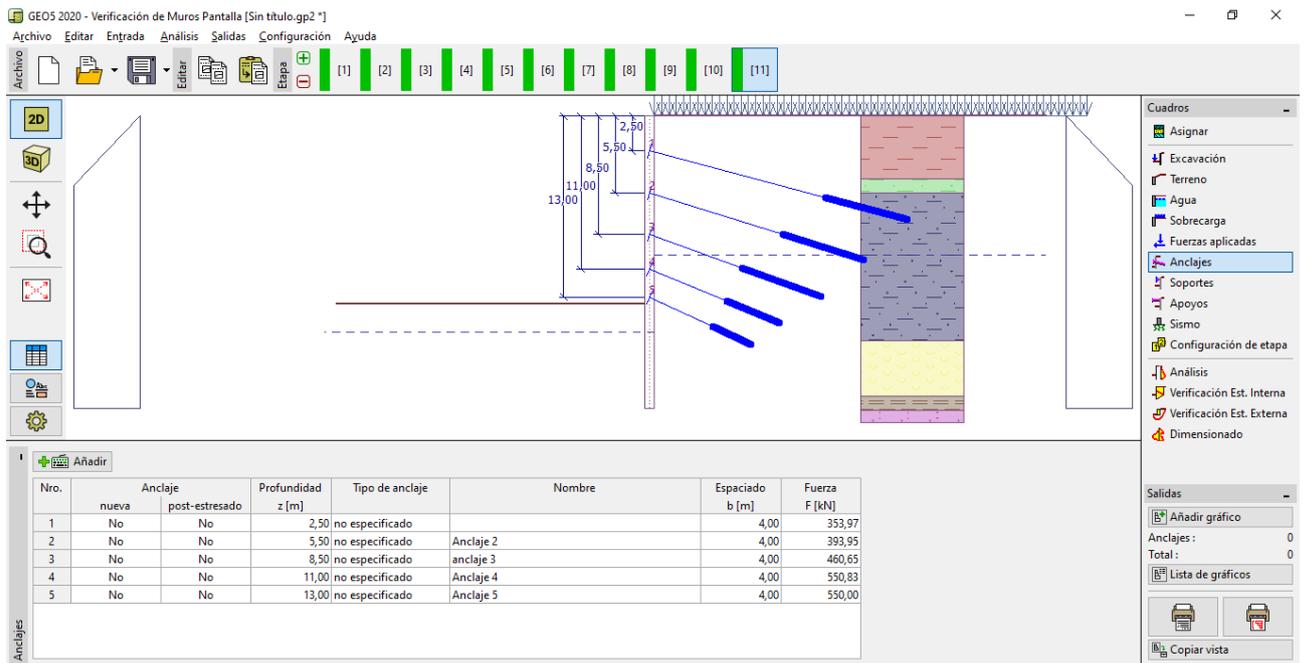
Salidas

- Añadir gráfico
- Anclajes : 0
- Total : 0
- Lista de gráficos
- Copiar vista

Nro.	nueva	post-estresado	Profundidad z [m]	Tipo de anclaje	Nombre	Espaciado b [m]	Fuerza F [kN]
1	No	No	2,50	no especificado		4,00	353,97
2	No	No	5,50	no especificado	Anclaje 2	4,00	393,95
3	No	No	8,50	no especificado	anclaje 3	4,00	460,65
4	No	No	11,00	no especificado	Anclaje 4	4,00	550,83
5	Si	No	13,00	no especificado	Anclaje 5	4,00	550,00

Cuadro „Anclajes” – Etapa de construcción 10

En la última etapa de construcción, la zanja se excava hasta una profundidad de $h = 15$ m . No añadimos nuevos anclajes. El nivel freático se mantiene igual desde la etapa de construcción 9 (delante del muro $h_2 = 15,5$ m y detrás del muro está a una profundidad de $h_1 = 10$ m)

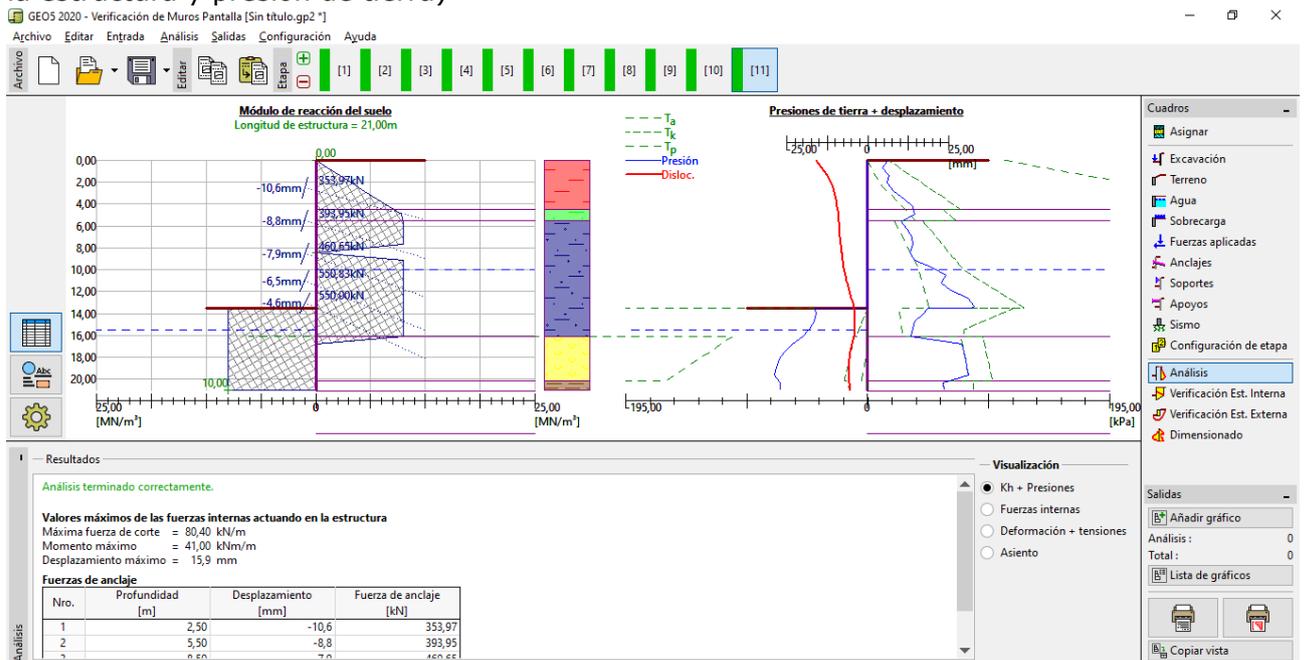


Cuadro „Anclaje” – Etapa de construcción 11

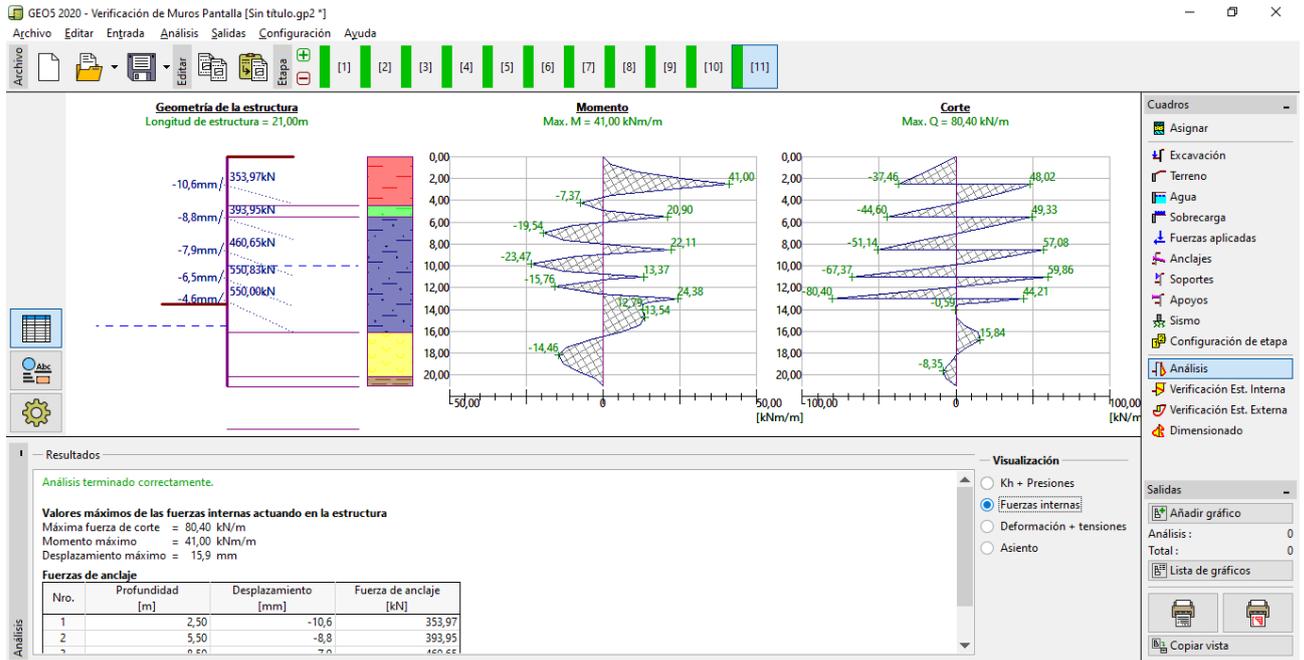
Nota: Debido a la deformación de la estructura, las fuerzas en anclajes están cambiando. Estos cambios dependen de la rigidez de los anclajes y la deformación de la cabeza del anclaje. La fuerza puede disminuir (debido a la pérdida de la fuerza de pre-tensado) o aumentar. Las fuerzas pueden ser pre-tensadas en cualquier etapa de construcción contra la fuerza requerida.

Resultados del análisis

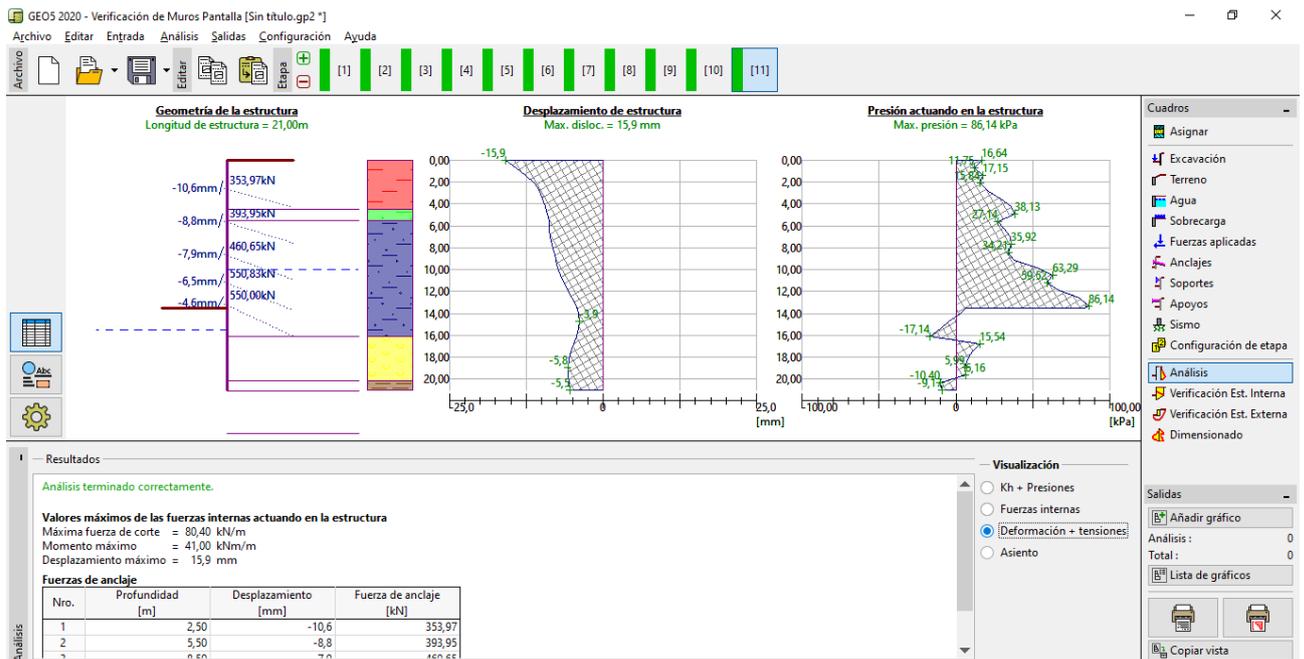
En las imágenes siguientes se muestran los resultados del análisis para la última etapa de construcción. (Fuerzas internas - momento de flexión y fuerza de corte, el desplazamiento de la estructura y presión de tierra)



Cuadro „Análisis-Etapa de construcción 11 (Kh + presiones)”



Cuadro „Análisis- Etapa de construcción 11 (Fuerzas internas)”



Cuadro „Análisis- Etapa de construcción 11 (Deformaciones + tensiones)”

Todas las etapas se analizaron – lo que significa que la estructura es estable y funcional en todas las etapas de la construcción. El tamaño de la deformación también se debe comprobar, así como también que la fuerza de anclaje no exceda la capacidad portante del anclaje (El usuario debe comprobar esto manualmente ya que no se incluye este control en el programa “Verificación de muros pantalla”).

Para la etapa de construcción 11, los resultados son:

– Max. fuerza de corte: $Q_{\max} = 86,38 \text{ kN/m}$

- Max. momento de flexión: $M_{\max} = 41,03 \text{ kNm/m}$
- Max. Presión de tierra: $\sigma_x = 97,04 \text{ kPa}$
- Max. desplazamiento: $u_{\max} = 15,9 \text{ mm}$

Verificación de la sección transversal de la estructura

En la etapa de construcción 11, abra el cuadro "Dimensionado", allí verá los valores máximos y mínimos de las variables (fuerzas internas envolventes)

- Fuerza de corte máxima (mínimo): $Q_{\max,\min} = 86,38 \text{ kN/m}$
- Momento de flexión máximo (mínimo): $M_{\max,\min} = 50,73 \text{ kNm/m}$

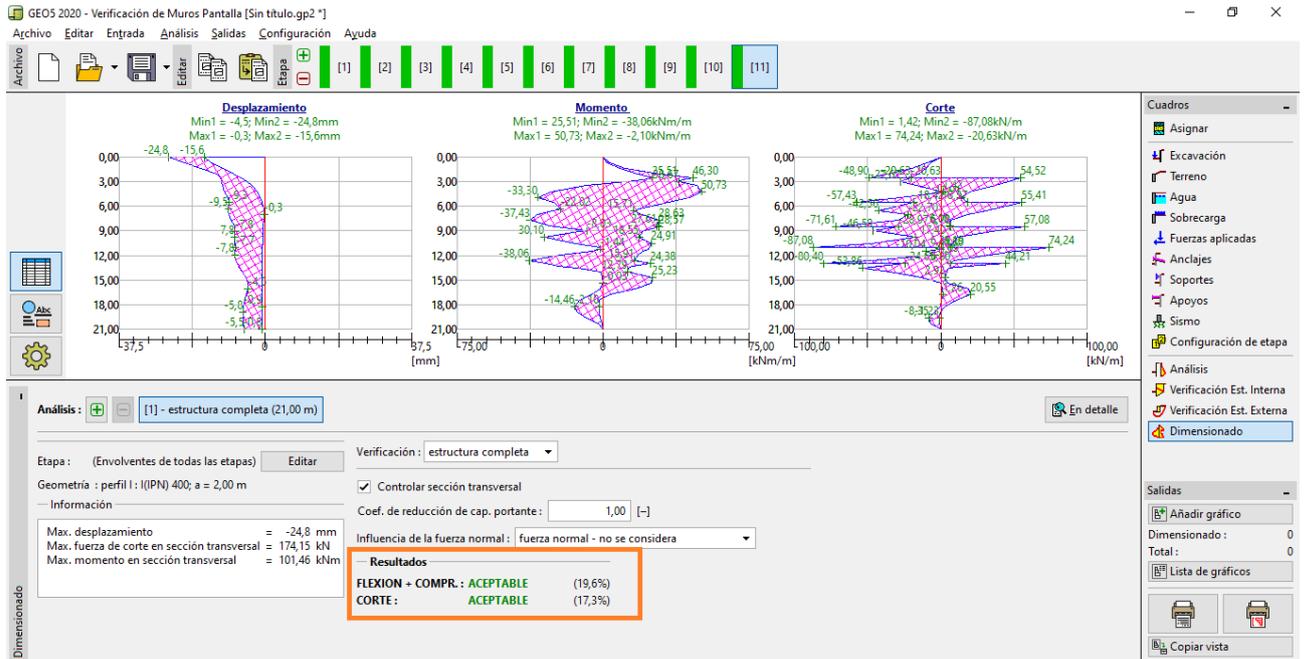
Las fuerzas internas se calculan por un metro (pie) de la construcción en la Verificación de muros programa. Para el diseño actual de vigas (sección-I de acero) tenemos que multiplicar estos valores con el espacio entre los perfiles $a = 2 \text{ m}$, para obtener fuerzas internas en la sección transversal

- Max. fuerza de corte para dimensionado: $Q_{Ed} = 86,38 * 2,0 = 172,76 \text{ kN}$
- Max. momento de flexión para dimensionado: $M_{Ed} = 50,73 * 2,0 = 101,46 \text{ kNm}$

El programa realiza la evaluación de las vigas (sección-I de acero) con los valores extremos de las fuerzas internas de acuerdo con la norma EN 1993-1-1 (CE 3).

Por el momento, dejamos un coeficiente de reducción de la capacidad portante igual a 1,0. En este caso los resultados son los siguientes:

- Capacidad portante de la sección transversal: $M_{Rd} = 516,61 \text{ kNm} \geq M_{Ed,\max} = 101,46 \text{ kNm}$.
- Utilización Total de sección-I de acero: **19,6 %** La sección-I satisface el criterio de análisis.



Cuadro "Dimensionado" Etapa de construcción 11 (Desplazamiento de la estructura + presión de tierra)

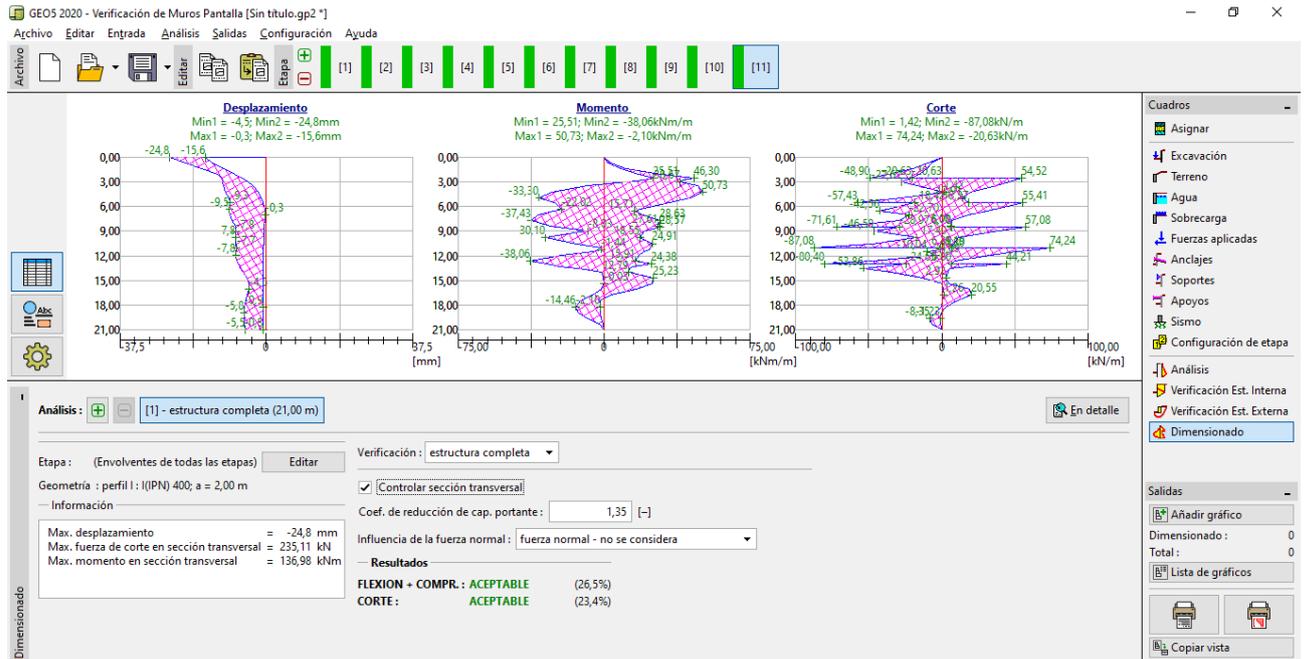
En el cálculo se ha conservado el tamaño de las presiones límite de la tierra no reducido, para que la carga sea inferior a la que debe ser según la Norma EN 1997-1. Sin embargo, las fuerzas internas se ajustan al comportamiento real de la estructura. Los cambios de las presiones de la tierra no solo conducen a mejorar la seguridad, sino también a distorsionar los resultados de análisis. Por esto para el asentamiento de la sección de acero introducimos un valor personalizado del coeficiente de reducción de la capacidad portante.

Nota: El estándar EN 1997-1 supone el factor parcial para la carga permanente como $\gamma_G = 1,35$, y para carga variable es igual a $\gamma_Q = 1,5$. En este caso, toda sobrecarga y carga actúa como permanente, considerando un factor parcial de $\gamma_G = 1,35$.

Por la combinación de cargas permanentes y variables tenemos que determinar el valor de los factores de diseño parcial que se estiman están en un rango de 1,35 hasta 1,5 en dependencia de los componentes de la carga, que son frecuente.

Ahora, cambiamos un coeficiente de reducción de la capacidad portante a 1,35. Las fuerzas internas que actúan en la sección transversal de la viga se multiplican por este factor parcial. En este caso las fuerzas internas son los siguientes:

- Max. fuerza de corte para dimensionado: $Q_{Ed} = 86,38 * 2,0 * 1,35 = 233,30 \text{ kN}$
- Max. momento de flexión para dimensionado: $M_{Ed} = 50,73 * 2,0 * 1,35 = 136,97 \text{ kNm}$



Cuadro "Dimensionado" Etapa de construcción 11 (Nuevo desplazamiento de la sección de acero I 400)

En este caso (evaluación con influencia del coeficiente de reducción de la capacidad portante como 1,35) los resultados son los siguientes:

- Capacidad portante de la sección transversal: $M_{c,Rd} = 516,61 \text{ kNm} \geq M_{Ed,max} = 136,97 \text{ kNm}$
- Utilización Total de sección-I de acero: **26,5 %** OK
- Verificación de corte: $V_{c,Rd} = 1005,29 \text{ kN} \geq Q_{Ed,max} = 233,30 \text{ kN}$
- Utilización Total de sección-I de acero: **23,2 %** OK

Análisis de la estabilidad interna

Vaya a la cuadro "Verificación de estabilidad interna" en la barra de herramientas vertical en la última etapa de construcción y vea la fuerza máxima permitida en cada anclaje

Nota: La verificación se lleva a cabo de la siguiente forma. Primero iteramos la fuerza en el anclaje, lo que resulta en un equilibrio de todas las fuerzas que actúan sobre la cuña de la tierra. Esta cuña tierra está bordeada por la construcción, el terreno, la mitad de los bulbos de los anclajes y el talón teórico de la estructura (para más información ir a la ayuda F1). Si un anclaje no es satisfactorio la mejor manera de resolver el problema es hacer que sea más largo o disminuir la fuerza de pretensado.

El cálculo muestra una fuerza máxima de anclaje (fila Nº 5) y luego la utilización total de los anclajes:

- Estabilidad interna : **10,66 %** **$F = 645,54 \text{ kN} < F_{\text{max}} = 6056,23 \text{ kN}$** OK

Verificación Est. Interna

Nro.	Fuerza de anclaje [kN]	Fuerza max. permitida [kN]	Verificación
1	300,00	6840,12	es satisfacto
2	395,30	6133,72	es satisfacto
3	469,70	5345,38	es satisfacto
4	567,86	5441,52	es satisfacto
5	646,20	6056,23	es satisfacto

Resultados
Verificación de las filas decisivas de anclajes : [En detalle](#)
Anclaje Nro.: 5
Fuerza de anclaje especificada = 646,20 kN
Cálculo máx. permitido para fuerza de anclaje = 6056,23 kN
ACEPTABLE

Cuadro „Verificación de Est. interna” – Etapa de construcción 11

Verificación de la estabilidad externa (Global)

El último análisis requerido es "Verificación de estabilidad externa". Presionando este botón en la barra de herramientas vertical se abrirá automáticamente el programa de "Estabilidad de taludes", donde se realiza el análisis de la estabilidad global.

Estabilidad de Taludes - Verificación de Muros Pantalla

Superficie de deslizamiento: circular

Método: Bishop

Tipos de análisis: Optimización

Restricciones: no es entrada

Suponer los anclajes como infinitos

Superficie de deslizamiento circular

Centro: x = -6,20 [m] z = 6,84 [m]

Radio: R = 39,23 [m]

Ángulos: $\alpha_1 = -56,17$ [°] $\alpha_2 = 79,96$ [°]

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas: $F_a = 5576,54 \text{ kN/m}$

Suma de fuerzas pasivas: $F_p = 10319,13 \text{ kN/m}$

Momento de deslizamiento: $M_d = 218767,64 \text{ kNm/m}$

Momento estabilizador: $M_o = 368017,69 \text{ kNm/m}$

Utilización: 59,4 %

Estabilidad del talud **ACEPTABLE**

Programa „Estabilidad de taludes” Método Bishop con optimización de superficie circular

Conclusión

La estructura fue exitosamente diseñada con una deformación máxima de 24,8 mm. Esto es satisfactorio para este tipo de construcción. Además, no se han superado los límites de las fuerzas en los anclajes.

- Capacidad portante: **26.5 %** $516,61 \text{ kNm} \geq 136,97 \text{ kNm}$ Satisfactorio
- Estabilidad interna: **10.66 %** $F = 645,54 \text{ kN} < F_{\max} = 6056,23 \text{ kN}$ Satisfactorio
- Estabilidad Global: **54.9 %** Method – *Bishop* (optimization) Satisfactorio

El muro pantalla diseñado satisface el criterio de evaluación.