

## Asentamiento de cimentación de un silo circular

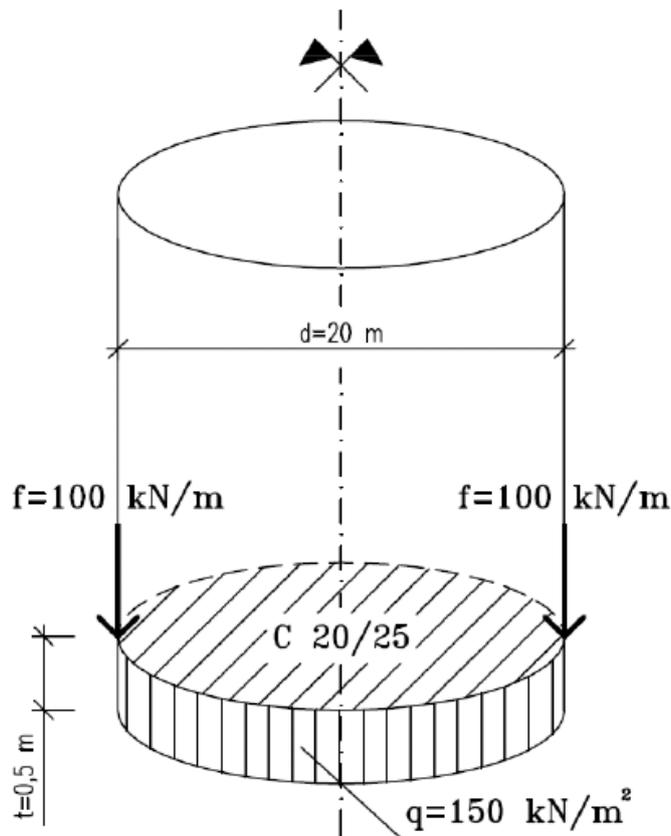
Programa: MEF

Archivo: Demo\_manual\_22.gmk

El objetivo de este manual es describir la solución para asentamiento de cimentación de un silo circular mediante el método de elementos finitos y el módulo de Simetría axial.

### Especificación del problema:

Determine el asentamiento de cimentación de un silo circular (espesor 0.5m y diámetro de 20.0m) inducida por el llenado completo del silo, es decir por la sobrecarga  $q = 150 \text{ kPa}$ . Luego determinamos el asentamiento total del silo después de su posterior vaciamiento. El perfil geológico, incluyendo los parámetros de los suelos, es idéntico al perfil descrito en la tarea anterior (capítulo 21. Cálculo de asentamientos del terreno). Aplicaremos la **simetría axial** para este caso particular. La base del silo circular está hecha de un hormigón armado madurado, clase C 20/25.



*Características de especificaciones del problema - cimentación silo circular*

En este caso, los valores de la deformación vertical total, es decir el asentamiento  $d_z$  [mm] derivada solamente del modelo de material de Mohr-Coulomb. La comparación de los otros modelos de materiales con diferentes densidades de malla se llevó a cabo en el capítulo anterior 21. Cálculo de asentamientos del terreno inducido por sobrecarga tipo tira

## Solución:

El análisis se realizó a través del Programa de MEF de GEO5. El siguiente párrafo proporciona la descripción paso a paso del procedimiento de solución:

- Topología: configuración para el modelado del problema, (puntos libres)
- Etapa de construcción 1: Tensión geostática primaria
- Etapa de construcción 2: Modelado de carga y sobrecarga de elemento viga, análisis de asentamiento
- Etapa de construcción 3: Análisis de descarga de la superficie del terreno (deformación), fuerzas internas.
- Evaluación de los resultados: Comparación, conclusión.

*Nota: Para resolver esta tarea vamos a representar la cimentación del silo de hormigón armado mediante elementos de viga, libres de elementos de contacto, suponiendo así un vínculo perfecto entre la cimentación y el suelo. La cuestión de los elementos de contacto se analizará con más detalle en el Capítulo 24. Solución numérica de una estructura de muro pantalla.*

## Topología: Configuración del problema

Vamos a seleccionar la opción de "simetría axial" para el Tipo de proyecto en el cuadro "Configuración". Los demás datos seguirán siendo los mismos.

Cuadro "Configuración"

*Nota: La **simetría axial** es adecuada para la resolución de problemas con simetría de rotación. Este supuesto debe cumplir tanto con la disposición geométrica de la estructura y de la carga. La solución a este problema – cimentación de silo circular - es un ejemplo adecuado.*

*La solución se relaciona con 1rad de radio de arco  $x(r)$  -. El eje de simetría siempre representa la coordenada al origen  $x(r)$ . Los componentes de cizallamiento de deformación en la dirección de rotación pueden ser ignorados.*

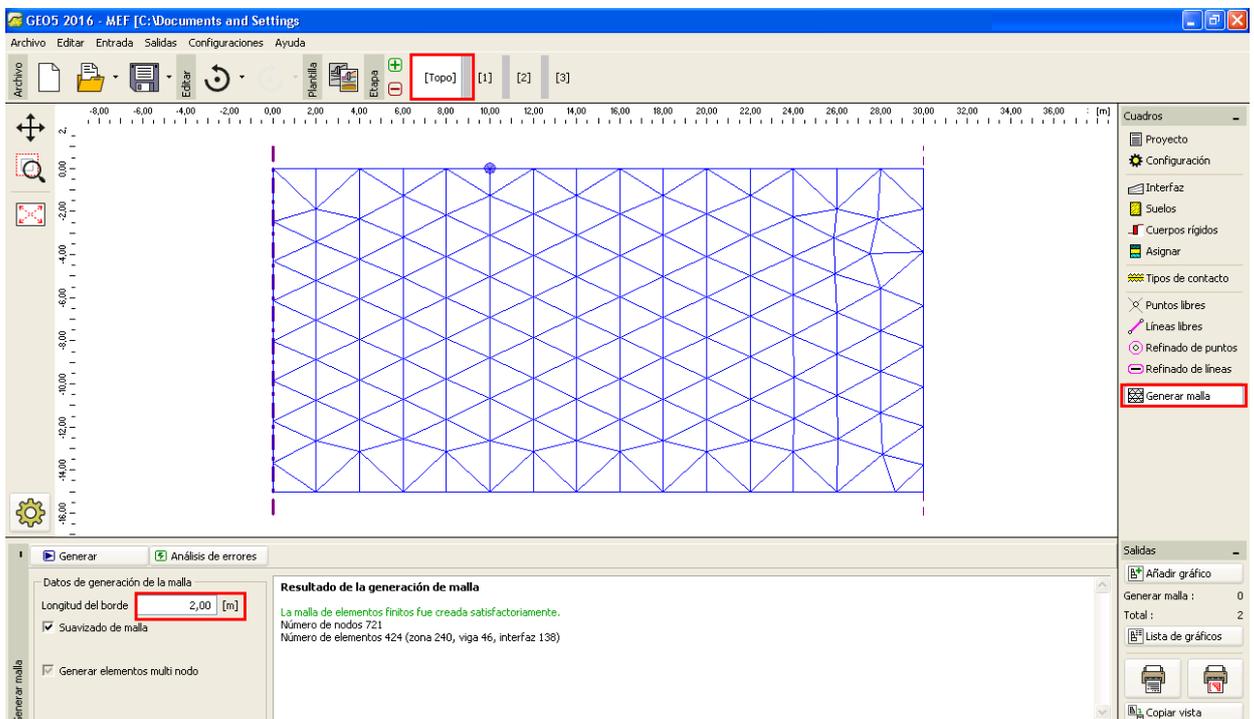
También se tiene en cuenta la evolución de un componente circunferencial normal de tensión y la tensión (circunferencial y deformación), además de los componentes de tensión y la tensión en el plano de la sección transversal (para más detalles visite la Ayuda - F1).

En el cuadro "Interfaz", primero establecemos las nuevas coordenadas globales. Ingresamos las coordenadas del primer punto de interfaz [0,0]. El siguiente punto de interfaz (en el borde) se añadirá el programa automáticamente.



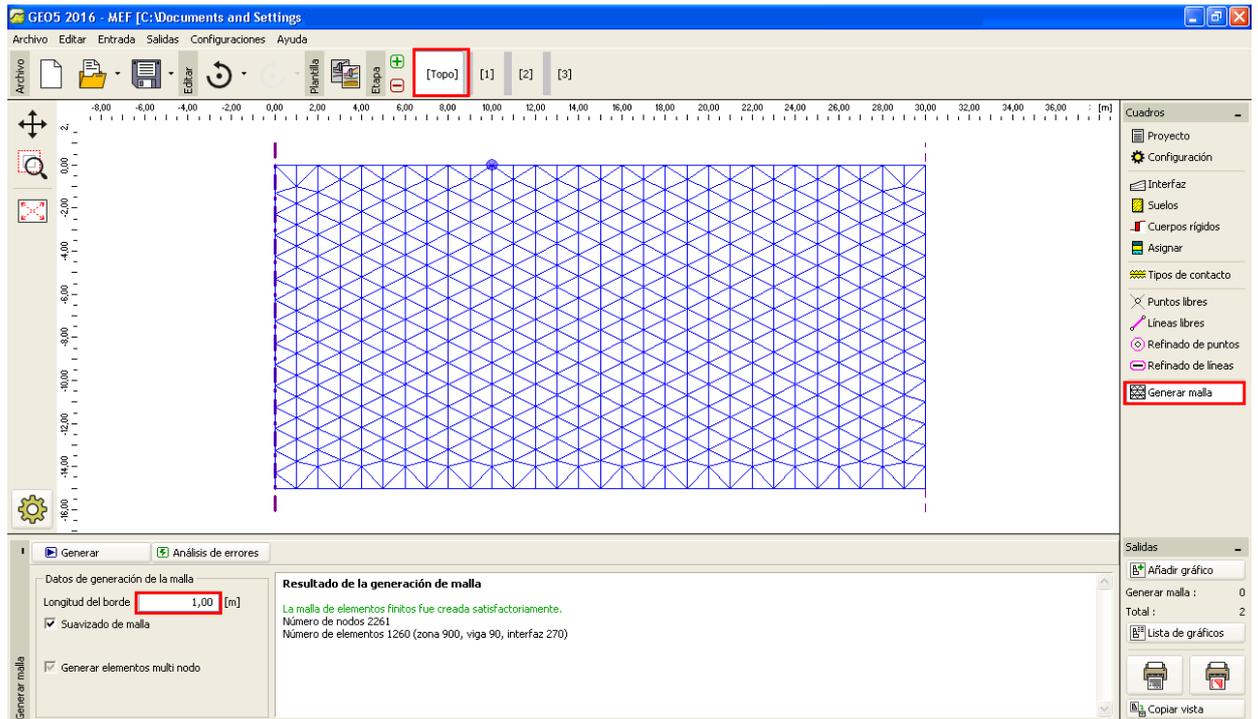
Cuadro "Interfaz" + ventana "Coordenadas globales"

A continuación vamos a definir los parámetros de suelos y asignarlos a la región de interfaz Nº1. En este caso particular, no se tendrán en cuenta ni los cuerpos rígidos, ni los tipos de contactos. Para la generación de la malla, lo primero que vamos a establecer es la longitud de los elementos borde igual a 2,0 m.



Cuadro "Generación de malla" – Malla triangular con una longitud de los elementos borde de 2.0 m

Al examinar la malla generada se puede concluir que para un problema dado la malla resultante es demasiado gruesa. Por esto vamos a cambiar la longitud de los elementos bordes de la malla a 1,0m.

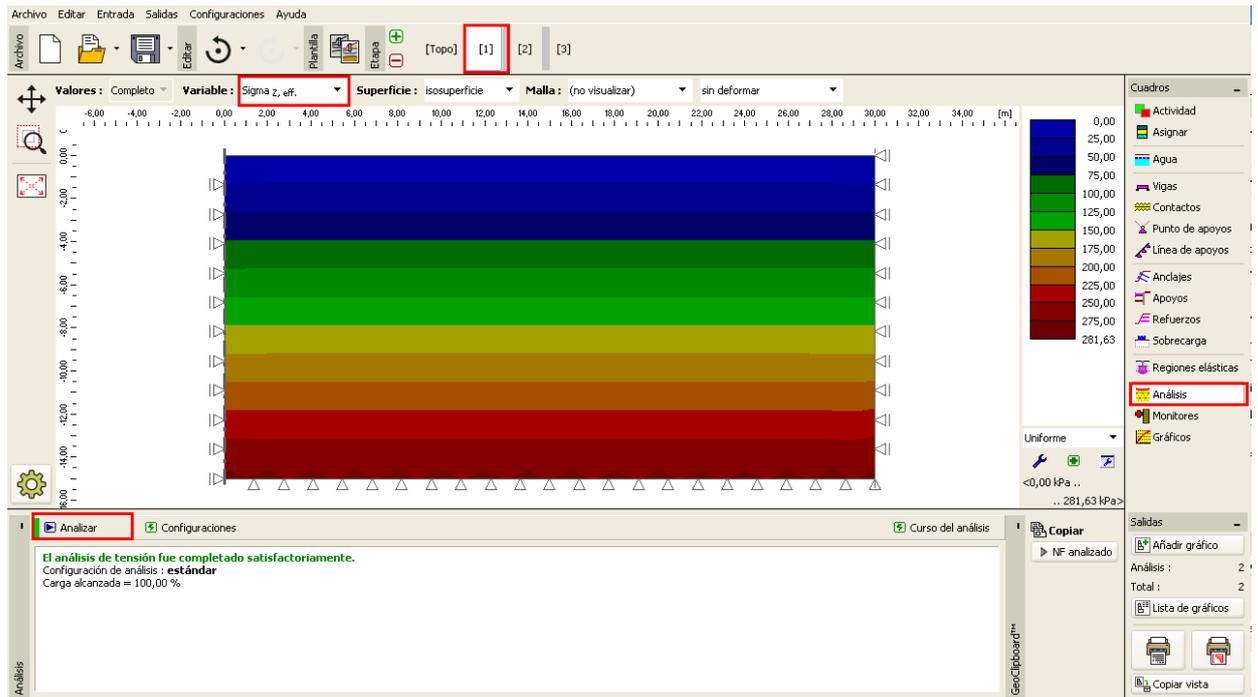


Cuadro “Generación de malla”– Malla triangular con una longitud de los elementos borde de 1.0 m

*Nota: Es razonable para la zona debajo de los cimientos del silo circular buscar una solución para refinar la densidad de la malla utilizando el refinamiento de línea (para más información, visite la Ayuda - F1). Vamos a describir esta función con más detalle en el capítulo 23. Análisis de revestimiento del colector*

## Etapa de construcción 1: Tensión geostática primaria

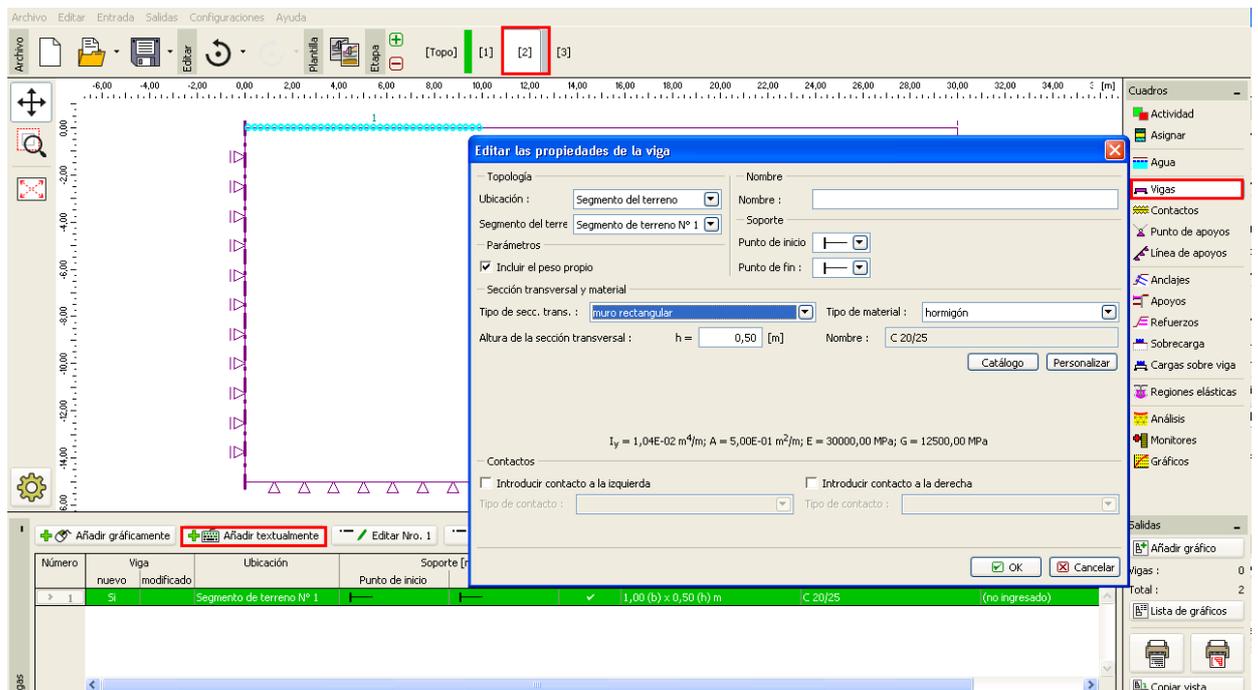
Después de generar la malla de EF, vamos a cambiar a la etapa de construcción 1 y llevaremos a cabo el análisis de tensión geostática primaria. Dejaremos la configuración de análisis como "Estándar" (para más información, visite la Ayuda - F1).



Cuadro "Análisis" – Etapa de construcción 1

## Etapa de construcción 2: modelado y carga de elementos vigas

En el siguiente paso vamos a añadir etapa de construcción 2. Luego, en el cuadro de "Vigas", vamos a definir los siguientes parámetros: Ubicación de la viga, tipo de material y de clase hormigón, altura sección transversal (h: 0,5 m) y soportes de inicio y fin de viga (para más información, visite la Ayuda - F1).



Cuadro "Nueva viga" – Etapa de construcción 2

Posteriormente se procederá al cuadro "Carga sobre viga", donde se establece la magnitud de carga  $f = 100 \text{ kN/m}$ ; vamos a considerarlo como el peso de las paredes del silo circular que actúan sobre la cimentación.

The screenshot shows the 'Nueva carga sobre viga' dialog box with the following settings:

- Viga cargada: Viga Nº 1
- Tipo de carga: fuerza concentrada
- Dirección: perpendicular a la viga
- Ángulo:  $\alpha = 0,00$  [°]
- Punto de aplicación: x = 10,00 [m]
- Magnitud de carga: Magnitud: f = 100,00 [kN/m]

Below the dialog box, a table lists the added loads:

Número	Carga de viga nueva	viga	Tipo de carga	Dirección	Ángulo $\alpha$ [°]	Origen x [m]	longitud l [m]	Magnitud f, m, q, q1 q2	unidad
1	Si	Viga Nº 1	fuerza concentrada	perpendicular a la viga	0,00	10,00		100,00	[kN/m]
2	Si	Viga Nº 1	distr. uniforme en toda la viga	perpendicular a la viga	0,00			150,00	[kN/m <sup>2</sup> ]

Cuadro "Nueva carga sobre vigas" - cargas en cimentación circular inducidas por muros

Luego vamos a establecer el valor de la carga continua uniforme como  $q = 150 \text{ kN/m}^2$ , lo que representa el llenado del silo circular, que actúa en su parte inferior o en el borde superior de la cimentación.

The screenshot shows the 'Nueva carga sobre viga' dialog box with the following settings:

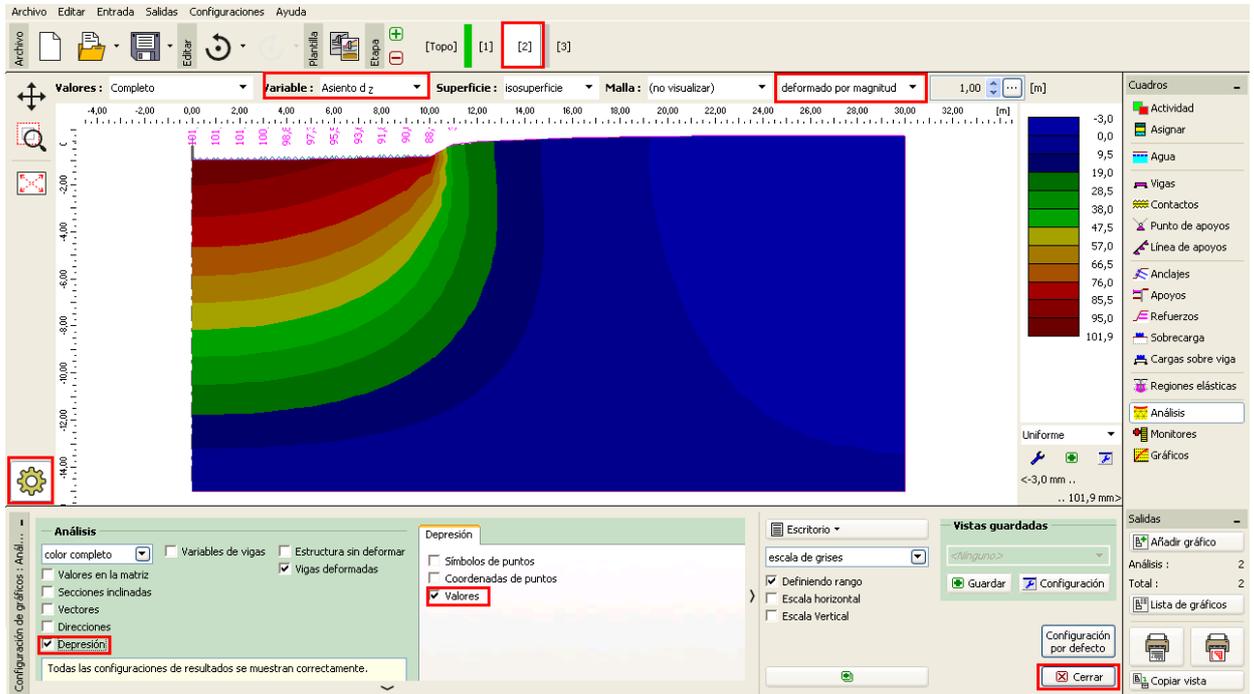
- Viga cargada: Viga Nº 1
- Tipo de carga: distr. uniforme en toda la viga
- Dirección: perpendicular a la viga
- Ángulo:  $\alpha = 0,00$  [°]
- Magnitud de carga: Magnitud: q = 150,00 [kN/m<sup>2</sup>]

Below the dialog box, a table lists the added loads:

Número	Carga de viga nueva	viga	Tipo de carga	Dirección	Ángulo $\alpha$ [°]	Origen x [m]	longitud l [m]	Magnitud f, m, q, q1 q2	unidad
1	Si	Viga Nº 1	fuerza concentrada	perpendicular a la viga	0,00	10,00		100,00	[kN/m]
2	Si	Viga Nº 1	distr. uniforme en toda la viga	perpendicular a la viga	0,00			150,00	[kN/m <sup>2</sup> ]

Cuadro "Nueva carga sobre vigas" – carga en cimentación circular inducidas por llenado de silos.

En esta etapa, volveremos a llevar a cabo el análisis y analizaremos los resultados para la solución  $d_z$  [mm]. Se desprende de la imagen que el desplazamiento vertical máximo es de 102,0 mm. Para entender mejor el comportamiento de la estructura vamos a visualizar la malla deformada (botón en la parte superior de la pantalla)

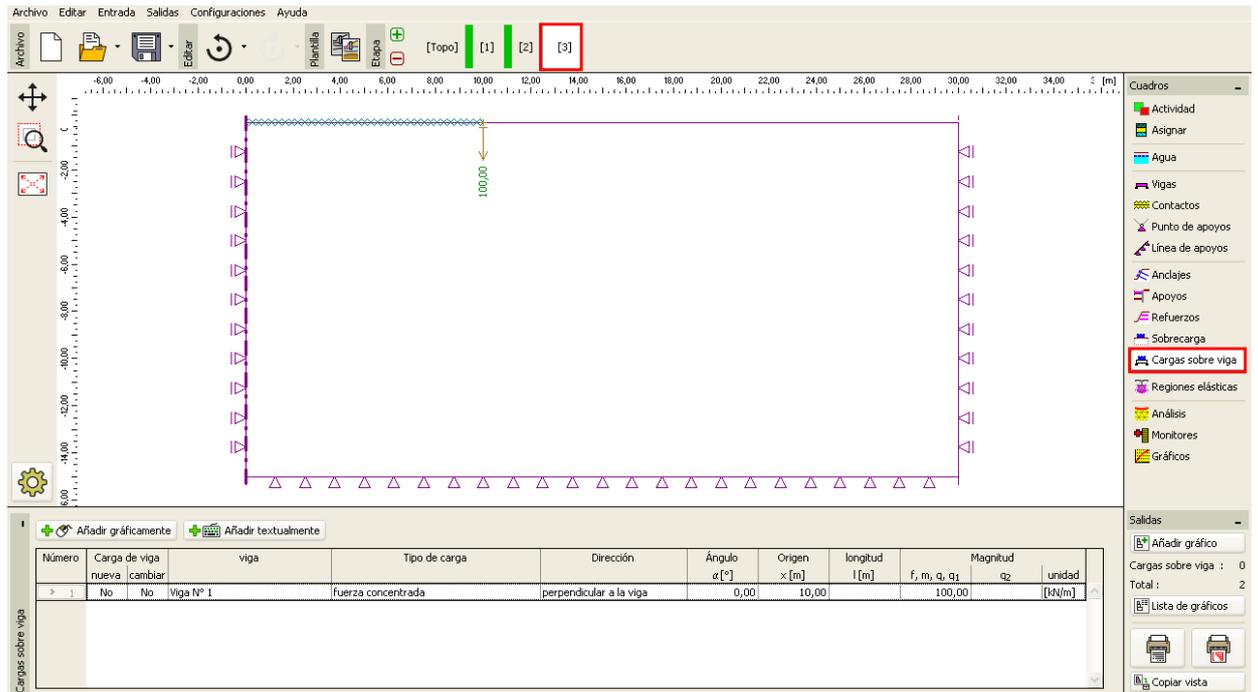


Cuadro "Análisis"– Etapa de construcción 2 (deformación vertical  $d_z$  la depresión)

Presionamos el botón "Configuración" y las seleccionamos las opciones "Depresión" y "Valores" de la solapa "Depresión" (para más información, visite la Ayuda - F1).

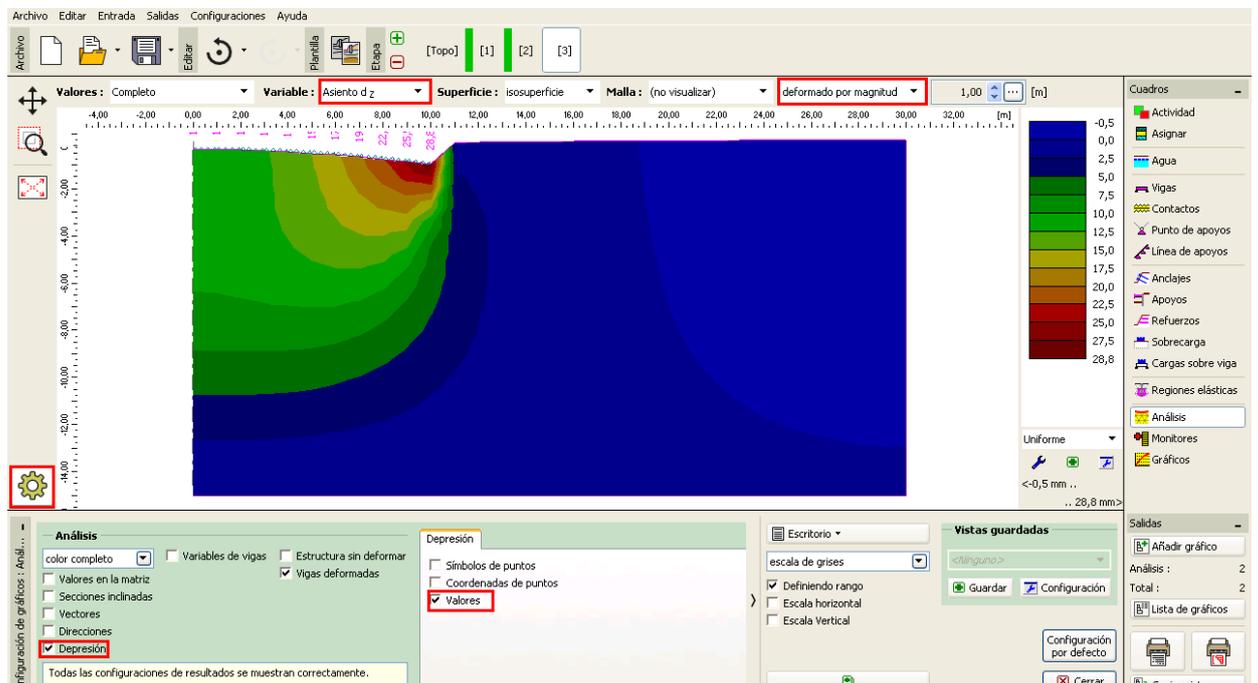
### Epata de construcción 3: Descarga del asentamiento de la superficie del terreno, fuerzas internas

Como siguiente paso vamos a añadir etapa de construcción 3. En esta etapa de construcción vamos a eliminar la carga continua uniforme. Más adelante vamos a tomar en consideración únicamente la carga de viga inducida por las paredes del silo circular, que es idéntica a la determinada en la etapa de construcción anterior, es decir  $f = 100 \text{ kN/m}$



Cuadro „Carga sobre vigas”– Etapa de construcción 3

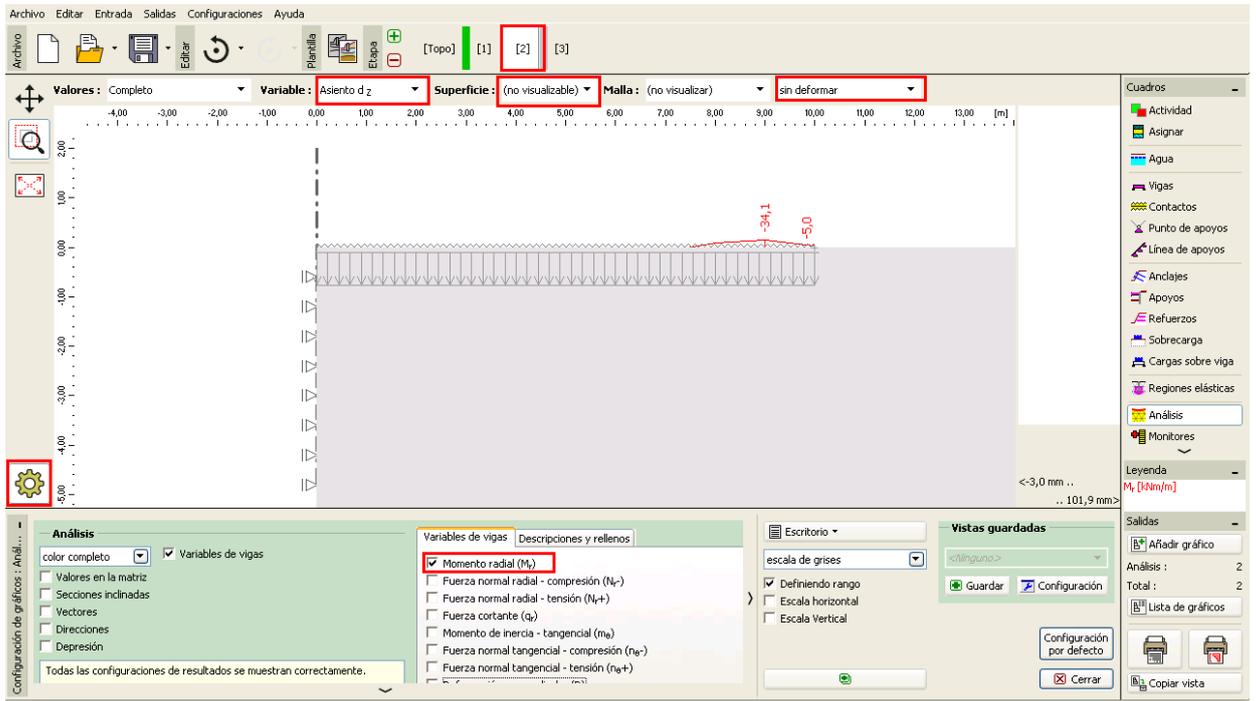
A continuación vamos a repetir el análisis y se determinarán los valores de desplazamientos. El valor de asentamiento total después de la descarga de la superficie del terreno  $d_z$  es 28.8 mm.



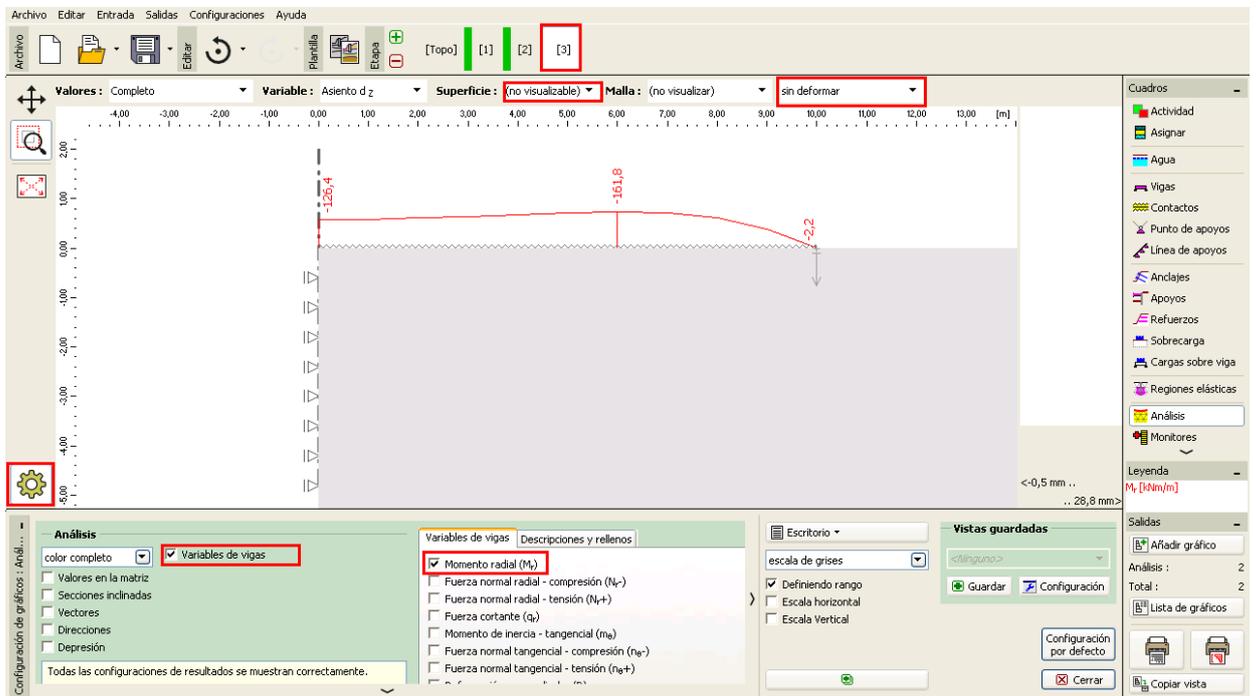
Cuadro “Análisis”– Etapa de construcción 3 (deformación vertical  $d_z$  con asentamiento)

Ahora vamos a examinar el diagrama del momento radial  $M_r$  [ $kNm/m$ ] para las etapas de construcción 2 o 3 (utilizando el botón "Configuración" en la solapa "Distribución") y registraremos la magnitud de los extremos locales en una tabla. El principal refuerzo estructural de la cimentación del

silos circulares pueden ser diseñados y evaluados para estos valores en un programa estático arbitrario (por ejemplo FIN EC – Hormigón 2D).



Cuadro "Análisis" – Etapa de construcción 2 (variación del momento radial  $M_r$ )



Cuadro "Análisis" - Etapa de construcción 3 (variación del momento radial  $M_r$ )

### Resultados de la evaluación:

En la siguiente tabla se presentan los resultados para asentamiento total  $d_z$  [mm] y momentos radiales  $M_r$  [kNm/m] para las etapas de construcción 2 y 3, en la que modelamos la carga o descarga de la cimentación del silo circular. Hemos llevado a cabo el análisis para el modelo material Mohr-Coulomb con un elemento triangular de malla que tiene una longitud de borde igual a 1,0 m.

Modelo de Material	Etap 2 $d_z$ [mm]	Etap 3 $d_z$ [mm]	Etap 2 $M_r$ [kNm/m]	Etap 3 $M_r$ [kNm/m]
Mohr-Coulomb (1.0 m)	101.9	28.8	+161.6	--
			- 34.1	-161.8

*Resultados del asentamiento total  $d_z$  y del momento radial  $M_r$  para etapas de construcción individuales.*

### Conclusión:

Varias conclusiones se pueden extraer de los resultados para las cantidades examinadas:

- Cuando el silo está lleno (como resultado de la acción de carga continua y uniforme), el momento de flexión positivo prevalece a lo largo de la longitud de la viga, donde se estiran sus fibras inferiores.
- Después de vaciar el silo (como resultado de la descarga posterior), la cimentación circular se carga sólo por las paredes del silo. El momento de flexión negativo prevalece a lo largo de la longitud de la viga, donde se estiran las fibras superiores