



Software para Arquitectura,
Ingeniería y Construcción



Cálculo de cimentaciones profundas. **Pilotes**

Manual de usuario



Índice

1 Marco teórico.....	3
1.1 Cálculo de la carga de hundimiento (parámetros geotécnicos):.....	3
1.1.1 Resistencia por fuste	4
1.1.2 Cálculo de la resistencia por punta R_p	6
2 Cálculo de la carga de hundimiento (tensiones admisibles)	9
2.1 Definición de opciones.....	10
2.2 Momento mínimo	11
2.3 Considerar esfuerzos con axil mínimo	11
3 Definición de pilotes	12
3.1 Pilotes que trabajan por fuste.....	12
3.2 Pilotes que trabajan solo por punta	12
3.3 Análisis de la estabilidad lateral de pilotes	12
4 Configuración avanzada.....	14
4.1 Parámetros de hundimiento	14
4.2 Parámetros de comprobación estructural. Módulo Pilotes II.....	15
5 Módulo Pilotes III: Análisis de la estabilidad lateral.....	16
5.1 Modelo horizontal.....	16
5.2 Modelo vertical.....	18
6 Resultados de análisis de estabilidad lateral	20

1 Marco teórico

1.1 Cálculo de la carga de hundimiento (parámetros geotécnicos):

El módulo **Pilotes I: Cálculo de la carga de hundimiento** calcula la carga de hundimiento en pilotes utilizando los parámetros geotécnicos ingresados. La resistencia total del pilote se determina como la suma de dos componentes principales:

- Resistencia por fuste: Contribución de la fricción a lo largo de la superficie lateral del pilote.
- Resistencia por punta: Fuerza soportada en la base del pilote.

La resistencia total se divide por el factor de seguridad parcial para obtener el valor final de la carga admisible.

$$R_{cd} = \frac{R_f + R_p}{\gamma_t}$$

Donde:

R_f : Resistencia por fuste

R_p : Resistencia por punta

Una vez determinada la resistencia característica del pilote, se aplica una reducción para considerar el efecto grupo que ocurre cuando múltiples pilotes están dispuestos dentro de un espacio reducido.

La reducción se calcula utilizando un factor de eficiencia, el cual se obtiene mediante la formulación de *Converse-Labarre*.

$$\eta_g = 1 - \phi_d \cdot \left(\frac{(n_x - 1) \cdot n_y + (n_y - 1) \cdot n_x}{90 \cdot n_x \cdot n_y} \right)$$

Donde:

$$\phi_d = \arctan\left(\frac{d}{s}\right)$$

n_x : Número de pilotes en la dirección x

n_y : Número de pilotes en la dirección y

ϕ_d : Ángulo expresado en grados

s: Espaciado entre ejes de pilotes

d: Diámetro del pilote

1.1.1 Resistencia por fuste

El módulo **Pilotes I** considera dos tipos de suelo para el cálculo de la resistencia por fuste: suelo granular y suelo cohesivo. En el caso del suelo granular, se analiza únicamente en condiciones de largo plazo. Debido a la alta permeabilidad de este tipo de suelo, las presiones intersticiales generadas por la carga del pilote se disipan casi instantáneamente, lo que significa que no se producen incrementos significativos en las presiones adicionales que deban ser considerados en el análisis.

Por otro lado, en el caso de suelos cohesivos, es necesario evaluar tanto el corto como el largo plazo. Durante el corto plazo, la carga del pilote genera un aumento en las presiones intersticiales del suelo, lo que puede reducir las tensiones efectivas y dar lugar a condiciones desfavorables. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo, estas presiones intersticiales se disipan gradualmente teniendo que realizar consideraciones de largo plazo.

La ecuación para obtener la tensión tangencial en el suelo granular es:

$$\tau_i = \sigma'_v \cdot k_f \cdot f \cdot \tan(\phi_d) \leq 120.00 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

$$\sigma'_v(\gamma, z_i) = \sum \gamma \cdot z_i$$

τ_i : Resistencia unitaria por fuste

σ'_v : Tensión vertical efectiva

k_f : Coeficiente de empuje horizontal

f: Factor de reducción del rozamiento por fuste

ϕ_d : Ángulo de rozamiento interno

Esta ecuación está basada en la ecuación E. 9.41 de "Principals of Foundation Engineering" de Braja M. Das.

Para el **suelo cohesivo - corto plazo**:

$$\tau_i = \frac{100 \cdot C_{u,d}}{(100 + C_{u,d})} \text{ ("}\alpha \text{ Met. Terzaghi, Peck y Mesri mod"., 1996, Braja M. Das)}$$

Donde:

τ_i : Resistencia unitaria por fuste

$C_{u,d}$: Resistencia al corte sin drenaje $C_{u,d} = \frac{q_{u,d}}{2}$

$q_{u,d}$: Resistencia a compresión simple

Y para el **suelo cohesivo a largo plazo**:

$$\tau_i = \sigma'_v \cdot k_f \cdot f \cdot \tan(\phi_d) \text{ ("E. 9.41 mod., Principals of Foundation Engineering", Braja M. Das).}$$

Donde:

$$\sigma'_v(\gamma, z_i) = \sum \gamma \cdot z_i$$

τ_i : Resistencia unitaria por fuste

σ'_v : Tensión vertical efectiva

k_f : Coeficiente de empuje horizontal

f : Factor de reducción del rozamiento por fuste

ϕ_d : Ángulo de rozamiento interno

Una vez determinadas las resistencias unitarias por fuste para cada estrato, el módulo calcula la resistencia total por fuste como la suma del producto de las resistencias unitarias por fuste y las áreas de contacto del pilote con cada estrato, utilizando la siguiente fórmula:

$$R_f = \frac{\sum \tau_i \cdot A_i}{\gamma_{f,s}}$$

Donde:

$$A_i = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_{eq}}{2} \right) \cdot e_i$$

τ_i : Resistencia unitaria por fuste

A_i : Superficie

D_{eq} : Diámetro real o equivalente del pilote

e_i : Espesor del estrato en contacto con el pilote

1.1.2 Cálculo de la resistencia por punta R_p

Para calcular la resistencia por punta, se multiplica la resistencia unitaria por punta por el área de la superficie generada en la punta del pilote. El resultado de esta operación se divide por el factor de seguridad parcial, de manera similar al caso anterior.

$$R_p = \frac{q_p \cdot A_p}{\gamma_b}$$

Donde:

$$A_p = \pi \cdot \left(\frac{D_{eq}}{2} \right)^2$$

q_p : Resistencia unitaria por punta

A_p : Superficie

D_{eq} : Diámetro real o equivalente del pilote

Durante el cálculo de la resistencia por punta, es necesario dividir conceptualmente la punta del pilote en una longitud activa y otra longitud pasiva.

l_p : Longitud de la zona pasiva $l_p = 6 \cdot D_{eq}$

l_a : Longitud de la zona activa $l_a = 3 \cdot D_{eq}$

Para suelos cohesivos:

Una vez determinadas las zonas pasiva y activa, se calcula el valor de q_p para cada zona utilizando la siguiente fórmula:

$$q_p = N_p \cdot C_{u,d} \text{ ("Meyerhof, G. G.", 1976)}$$

Donde:

N_p : Factor de empotramiento

$C_{u,d}$: Resistencia al corte sin drenaje

Una vez calculado el valor de q_p para cada zona (q_{pp} para la zona pasiva y q_{pa} para la zona activa), se determina un valor representativo de resistencia por punta del pilote calculando la media entre ambos valores, utilizando la siguiente fórmula:

$$q_p = \frac{q_{pp} + q_{pa}}{2}$$

Para suelos granulares:

Para suelos granulares el procedimiento para obtener el valor de q_p se basa en la siguiente fórmula:

$$q_p = f_p \cdot \sigma'_{vp} \cdot N_q \leq 20 \text{ MPa} \text{ ("Meyerhof, G. G mod.", 1976)}$$

Donde:

f_p : Factor del tipo de pilote

σ'_v : Tensión vertical efectiva

N_q : Factor de capacidad de carga

Donde:

$$N_q = \left(1 + \frac{\sin(\phi'_d)}{1 - \sin(\phi'_d)} \cdot e^{\pi \cdot \tan(\phi'_d)} \right)$$

Al igual que en el caso de los suelos cohesivos, se calcula un valor de q_p para las zonas activa y pasiva, respectivamente, y luego se procede a obtener un valor medio representativo de la zona de punta. Este valor se limitará a una tensión máximo de 20 MPa.

Para los estratos rocosos, no se considera un valor de resistencia por fuste, ya que el programa solo calcula un valor de resistencia por punta. En consecuencia, el pilote transmitirá las cargas aplicadas exclusivamente a través de su punta en dichos estratos. La resistencia por punta en rocas se determina utilizando la fórmula *E.F.41 del CTE-DB SE-C*.

Resistencia unitaria por punta q_p - En roca

$$q_p = K_{sp} \cdot q_{u,d} \cdot d_f \text{ (E. F.41, CTE-DB SE-C)}$$

Donde:

$$K_{sp} = \left(3 + s/D_{ep} \right) / \left(10 \cdot (1 + 300 \cdot a/s)^{1/2} \right)$$

$q_{u,d}$: Resistencia a compresión simple

d_f : Factor de empotramiento

s : Espaciado de discontinuidades

D_{eq} : Diámetro real o equivalente del pilote

a : Apertura de discontinuidades

$$d_f = 1 + 0.4 \cdot L_f / D_{eq} \leq 3$$

L_f : Longitud de empotramiento

D_{eq} : Diámetro real o equivalente del pilote

Por ejemplo:

Estrato	q_p (kN/m ²)	D_{eq} (m)	a (mm)	s (mm)	q_u (kN/m ²)	d_f	L_f (m)
Gneis	76707.89	0.40	20.0	1000.0	180000.00	2.05	1.05

2 Cálculo de la carga de hundimiento (tensiones admisibles)

El módulo **Pilotes I** ofrece una alternativa para calcular la carga de hundimiento utilizando tensiones admisibles. Este método sustituye la definición de estratos basada en parámetros geotécnicos, permitiendo ingresar manualmente las tensiones admisibles de cada estrato, tal como se define en el estudio geotécnico. Si se disponen de estos datos, es posible introducir los valores de tensión por fuste y por punta para cada estrato de la siguiente manera:



The screenshot shows the 'Estratos' dialog box with the following parameters:

- Referencia: Arenas
- Parámetros geotécnicos
 - Tipo: Suelo cohesivo
 - Densidad aparente: 22.00 kN/m³
 - Resistencia a compresión simple: 9.81 kN/m²
 - Ángulo de rozamiento interno efectivo: 35.00 grados
 - Ángulo de rozamiento interno: 25.00 grados
- Curvas p-y (OpenSees©)
 - ε50: 0.00660
 - J: 0.50
- Tensiones admisibles (highlighted in red)
 - Punta: 14.00 kN/m²
 - Fuste: 0.00 kN/m²

Fig. 1. Definición de estratos

En este panel de definición de estratos, únicamente se definirán los valores correspondientes. Es importante tener en cuenta que el método de cálculo final debe seleccionarse en la sección **Configuración avanzada** dentro de las opciones de configuración de cimentaciones.

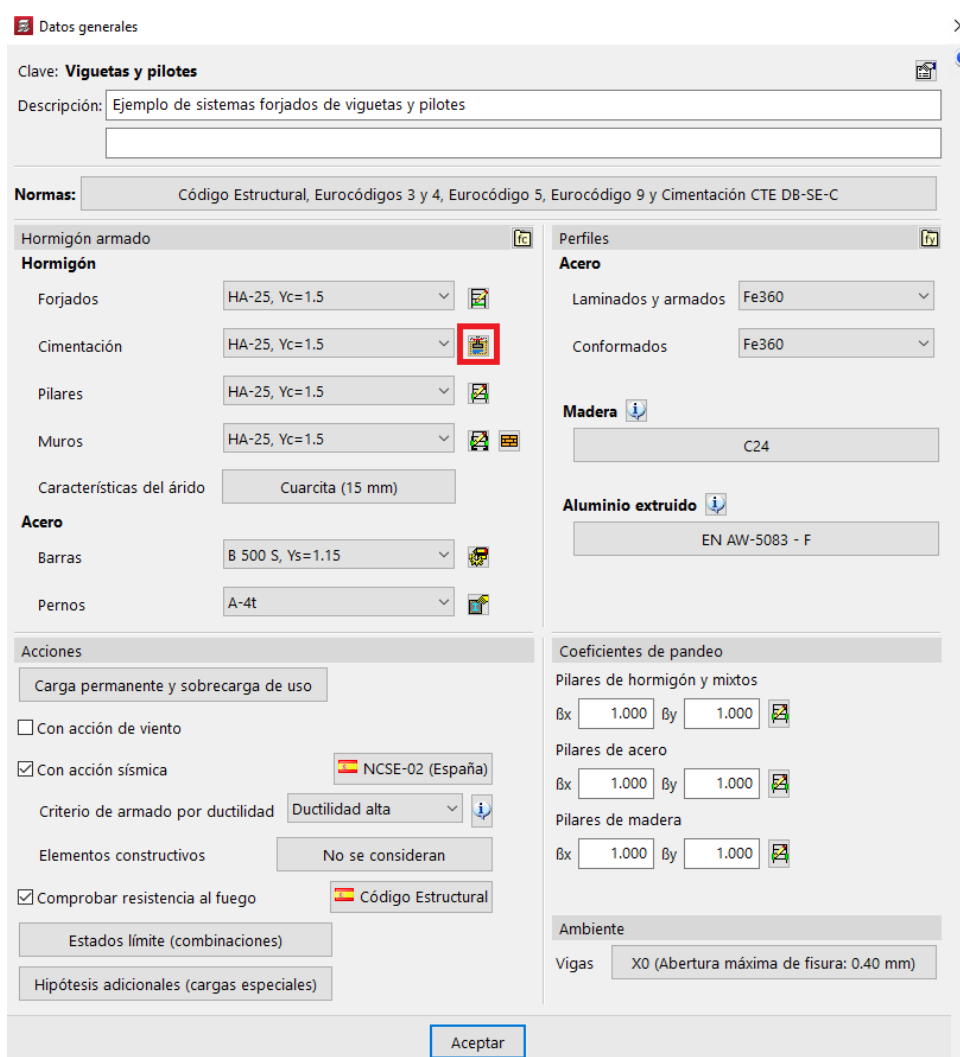
El estudio geotécnico proporciona los valores de tensión por fuste y por punta para los estratos definidos. Estos valores pueden ser ingresados en el programa incluso antes de

conocer la longitud exacta del pilote. Una vez que se define la longitud del pilote, el programa determina automáticamente en qué zonas del pilote aplicar las tensiones por fuste y en qué secciones debe aplicar el valor final por punta. Estos tramos de aplicación se generan de forma automática según la geometría del pilote final.

El cálculo, utilizando tensiones admisibles, también permite considerar el efecto del rozamiento negativo de los estratos definidos. El valor de la tensión generada por el rozamiento negativo debe ingresarse como un valor negativo para que se tenga en cuenta correctamente. Esto contrarrestará las tensiones resistentes generadas por los demás estratos que soportan el elemento estructural.

2.1 Definición de opciones

Para acceder a la configuración referente al cálculo de pilotes, se podrá hacer con el icono de configuración del apartado **Cimentación**, ubicado en el panel **Datos generales**.



Datos generales

Clave: **Viguetas y pilotes**

Descripción: Ejemplo de sistemas forjados de viguetas y pilotes

Normas: Código Estructural, Eurocódigos 3 y 4, Eurocódigo 5, Eurocódigo 9 y Cimentación CTE DB-SE-C

Hormigón armado

Hormigón

Forjados: HA-25, Yc=1.5

Cimentación: HA-25, Yc=1.5

Pilares: HA-25, Yc=1.5

Muros: HA-25, Yc=1.5

Características del árido: Cuarcita (15 mm)

Acero

Barras: B 500 S, Ys=1.15

Pernos: A-4t

Perfiles

Acero

Laminados y armados: Fe360

Conformados: Fe360

Madera

C24

Aluminio extruido

EN AW-5083 - F

Acciones

Carga permanente y sobrecarga de uso

Con acción de viento

Con acción sísmica: NCSE-02 (España)

Criterio de armado por ductilidad: Ductilidad alta

Elementos constructivos: No se consideran

Comprobar resistencia al fuego: Código Estructural

Estados límite (combinaciones)

Hipótesis adicionales (cargas especiales)

Coeficientes de pandeo

Pilares de hormigón y mixtos

Bx: 1.000 By: 1.000

Pilares de acero

Bx: 1.000 By: 1.000

Pilares de madera

Bx: 1.000 By: 1.000

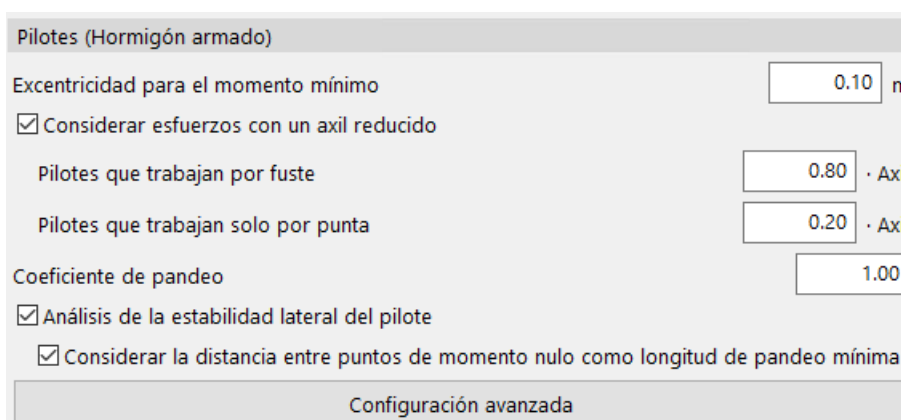
Ambiente

Vigas: X0 (Abertura máxima de fisura: 0.40 mm)

Aceptar

Fig. 2. Definición de datos generales

En este apartado se encuentran las opciones de aplicación de carga sobre el pilote.



Pilotes (Hormigón armado)	
Excentricidad para el momento mínimo	0.10 m
<input checked="" type="checkbox"/> Considerar esfuerzos con un axil reducido	
Pilotes que trabajan por fuste	0.80 · Axil
Pilotes que trabajan solo por punta	0.20 · Axil
Coefficiente de pandeo	1.00
<input checked="" type="checkbox"/> Análisis de la estabilidad lateral del pilote	
<input checked="" type="checkbox"/> Considerar la distancia entre puntos de momento nulo como longitud de pandeo mínima	
Configuración avanzada	

Fig. 3. Configuración Pilotes (Hormigón armado)

2.2 Momento mínimo

En esta sección se puede definir un momento mínimo que se aplicará al pilote, además de las cargas definidas en los distintos casos de carga. Este momento mínimo tiene como objetivo cuantificar un momento teórico generado por la ejecución constructiva del pilote. Por defecto, se asignará un valor equivalente al 10% del esfuerzo axial aplicado sobre el pilote.

2.3 Considerar esfuerzos con axil mínimo

En el cálculo estándar de un pilote sometido a cargas laterales y normales, se generan esfuerzos axiales, cortantes y momentos en una sección específica del pilote. Es importante tener en cuenta que, en principio, no se conoce cuál será la combinación más desfavorable entre esfuerzo axial y momento en la sección, debido a la alta incertidumbre de las cargas en los pilotes una vez ejecutados en obra. Por ello, el módulo aplicará un axil mínimo a los pilotes, calculado como el menor valor entre un porcentaje del esfuerzo axial definido por el usuario y el momento obtenido mediante el cálculo de las combinaciones aplicadas.

3 Definición de pilotes

3.1 Pilotes que trabajan por fuste

Estos pilotes funcionan de manera habitual en un suelo, desarrollando parte de su resistencia por fuste y otra por punta.

El valor por defecto para el esfuerzo axial es 0, por lo que se realizará una comprobación tanto con el esfuerzo axial generado por el cálculo como con un valor de esfuerzo axial igual a 0. El programa evalúa ambos casos y considera el más desfavorable.

3.2 Pilotes que trabajan solo por punta

Este tipo de pilotes se apoyan completamente en un estrato de suelo o roca resistente, transmitiendo el esfuerzo axial en su totalidad a través de la punta del pilote. El valor por defecto para el esfuerzo axial es el 80% del esfuerzo axial total. Esto permite considerar tanto el caso calculado como un caso con un esfuerzo axial reducido, abordando un escenario más desfavorable, ya que no siempre se puede garantizar que el esfuerzo axial llegue en su totalidad al estrato final donde se apoya el pilote.

3.3 Análisis de la estabilidad lateral de pilotes

Esta opción habilita el cálculo de la estabilidad lateral de los pilotes, activando el análisis no lineal mediante el módulo OpenSees©.

Para realizar este cálculo, es imprescindible que las curvas p-y estén activadas y definidas para cada estrato correspondiente.

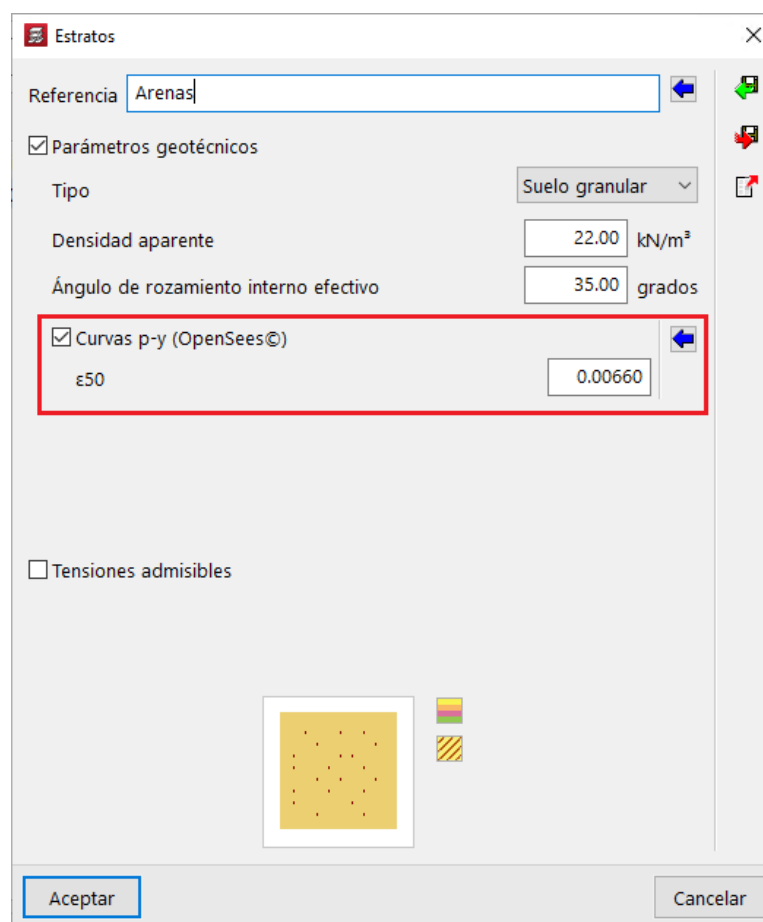


Fig. 4. Panel de definición de las curvas p-y

Esta opción genera un modelo de muelles horizontales no lineales basado en los parámetros definidos en las curvas p-y. El modelo vertical consistirá en una barra discretizada en tramos, con el extremo de la barra apoyado, transmitiendo el esfuerzo axial en su totalidad hasta la base del pilote.

Considerar la distancia entre puntos de momento nulo como longitud de pandeo mínima

Con esta opción, es posible considerar la longitud de pandeo determinada mediante el cálculo realizado en OpenSees©. Se tendrá en cuenta la distancia entre los puntos de momento nulo para el análisis del pandeo del pilote. Es fundamental destacar que se utilizará el mayor valor entre la longitud de pandeo obtenida a través del coeficiente de pandeo en los datos generales, la longitud de pandeo definida en la configuración del pilote y la longitud de pandeo calculada mediante el módulo de OpenSees©.

4 Configuración avanzada

4.1 Parámetros de hundimiento

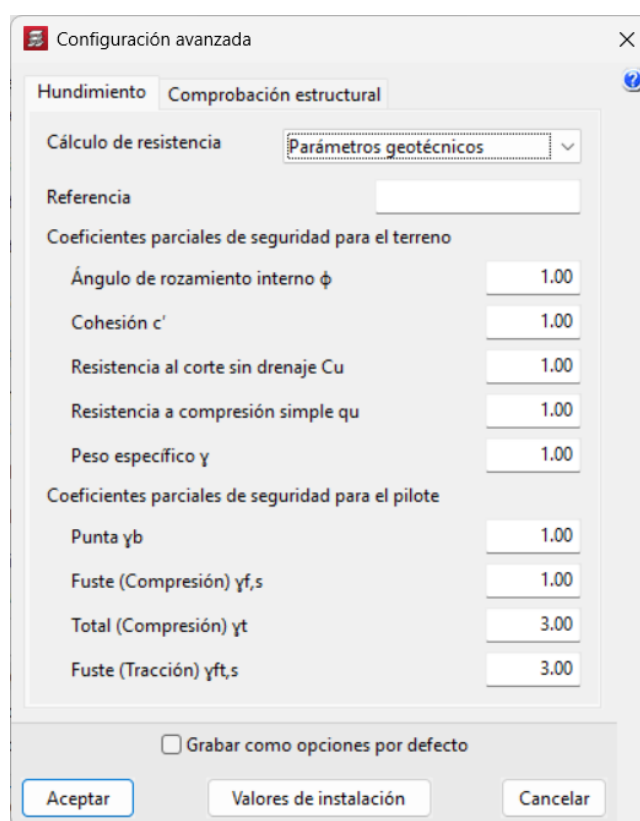


Fig. 5. Configuración avanzada del cálculo de pilotes - Hundimiento

En la configuración avanzada, se podrá seleccionar el método de cálculo entre "Parámetros geotécnicos" y "Tensiones admisibles". En este panel también es posible definir y modificar todos los coeficientes parciales de seguridad que afectan al cálculo, tanto los relacionados con el análisis del terreno como los aplicados a los resultados de la resistencia del pilote. Los cambios realizados en este panel se reflejarán automáticamente en los listados.

Cuando se elige el *Eurocódigo* como normativa de cálculo, se considerarán los enfoques de diseño especificados en dicha normativa, con sus respectivos factores de seguridad aplicados al pilote. En caso de elegir el código estructural o una norma alternativa, se aplicará un factor de seguridad de 3 por defecto.

4.2 Parámetros de comprobación estructural. Módulo Pilotes II

En el apartado **Comprobación estructural**, se deben definir los coeficientes parciales que afectan directamente a la comprobación estructural del pilote. En primer lugar, se debe definir la resistencia al corte sin drenaje (C_u) del pilote y el peso específico (γ). Estos coeficientes influyen directamente en los parámetros definidos en las curvas p-y, que se utilizan en el cálculo de la estabilidad lateral del pilote.

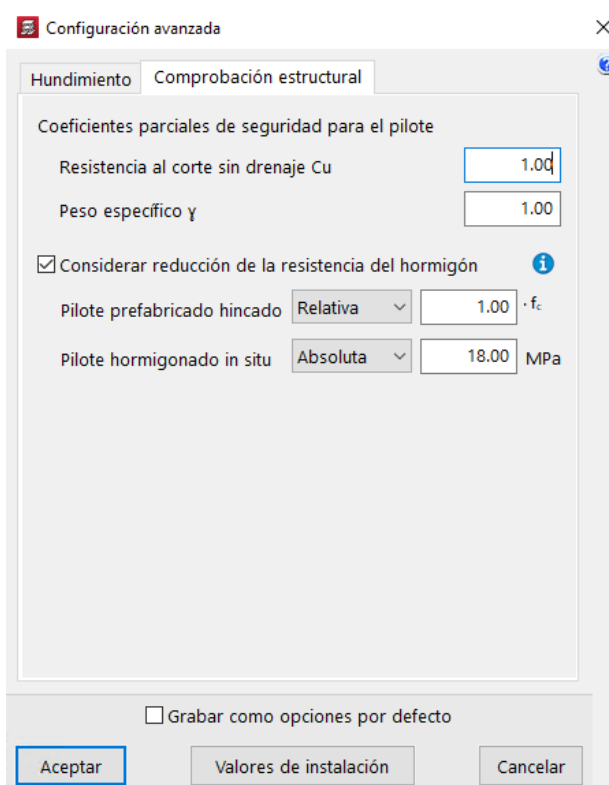


Fig. 6. Configuración avanzada de pilotes - Comprobación estructural

Al marcar la opción **Considerar reducción de la resistencia del hormigón**, se podrá definir una resistencia máxima adicional a la ya especificada en la definición del pilote. Esto es necesario, ya que pueden surgir irregularidades durante el proceso de ejecución del pilote que afecten negativamente a su resistencia. En el caso de pilotes hormigonados in situ, estos efectos pueden ser causados por la contaminación del hormigón antes del curado o por la reducción de sección debido a tramos colapsados en la excavación.

El valor máximo de resistencia puede definirse de forma relativa, en función de la resistencia característica del pilote, o como un valor absoluto. Se recomienda un valor relativo de $1 \cdot f_{ck}$ para pilotes prefabricados hincados y un valor absoluto de 18 MPa para pilotes hormigonados in situ.

5 Módulo Pilotes III: Análisis de la estabilidad lateral

5.1 Modelo horizontal

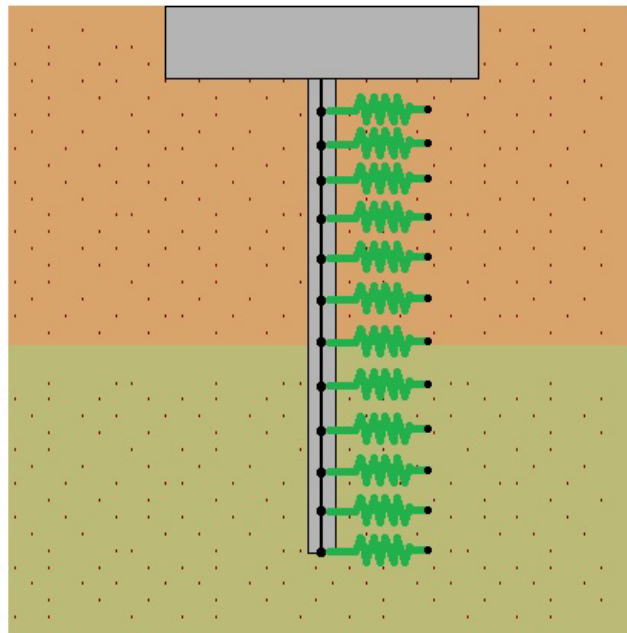


Fig. 7. Modelo de cálculo horizontal

El modelo de cálculo de OpenSees© se basa en un sistema de muelles horizontales dispuestos con un espaciamiento máximo de 10 centímetros. En los casos en que existan estratos con un espesor inferior a 10 centímetros, se incluirá al menos un muelle para representar el efecto de empuje lateral generado por dicho estrato.

La rigidez de cada muelle horizontal se define según el tipo de estrato especificado en la configuración del terreno. Para modelar el comportamiento del terreno de manera precisa, es fundamental establecer una relación fuerza-desplazamiento, que se describe mediante las llamadas curvas p-y. En el modelo, estas curvas se implementan utilizando un material de tipo PySimple1 en OpenSees©.

La línea de comando TCL para definir este material es:

```
uniaxialMaterial PySimple1 $matTag $soilType $pult $Y50 $Cd <$c>
```


Donde:

Argumento	Tipo	Descripción
\$matTag	integer	Etiqueta de numero entero que identifica el material
\$soilType	integer	= 1 para arcillas; = 2 para arenas. Ver nota a continuación.
\$pult	float	Capacidad última del material p-y.
\$Y50	float	Desplazamiento en el cual se moviliza el 50% de pult en carga monotónica.
\$Cd	float	Establecer la resistencia al arrastre dentro de un hueco totalmente movilizado como $Cd * pult$.
\$c	float	El término de amortiguación viscosa (dashpot). (opcional Por defecto = 0.0)

Para más información, consultar la documentación oficial de OpenSees©:

<https://opensees.github.io/OpenSeesDocumentation/user/manual/material/uniaxialMaterials/PySimple1.html>

Para definir las curvas p-y, que determinarán de manera fundamental el comportamiento del suelo, será necesario obtener los parámetros ϵ_{50} y J. El valor de ϵ_{50} representa la deformación que se origina en el suelo al movilizarse el 50% de la tensión de rotura del suelo. Según Skempton, el ratio entre el módulo de rigidez secante y la resistencia al corte sin drenaje (E/C_u) se situará entre 50 y 200 para la mayoría de las arcillas. El valor de ϵ_{50} , que se calcula como la inversa de este último valor, se situará entre 0.005 y 0.020. Un valor bajo representa una arcilla frágil o sensible, mientras que un valor alto indica un suelo grueso o remodelado, o un suelo no consolidado. Un valor de 0.010 es probablemente satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones.

El parámetro J es una constante adimensional que se ha obtenido experimentalmente para ajustar los valores de los ensayos obtenidos en campo y cuadrar con los valores obtenidos numéricamente. Generalmente, un valor de $J=0.5$ es satisfactorio para arcillas duras, mientras que un valor de 0.25 es el indicado para arcillas blandas. El parámetro J solo será relevante para definir las curvas p-y de suelos cohesivos; para suelos granulares, J no es un valor de entrada para definir las curvas p-y.

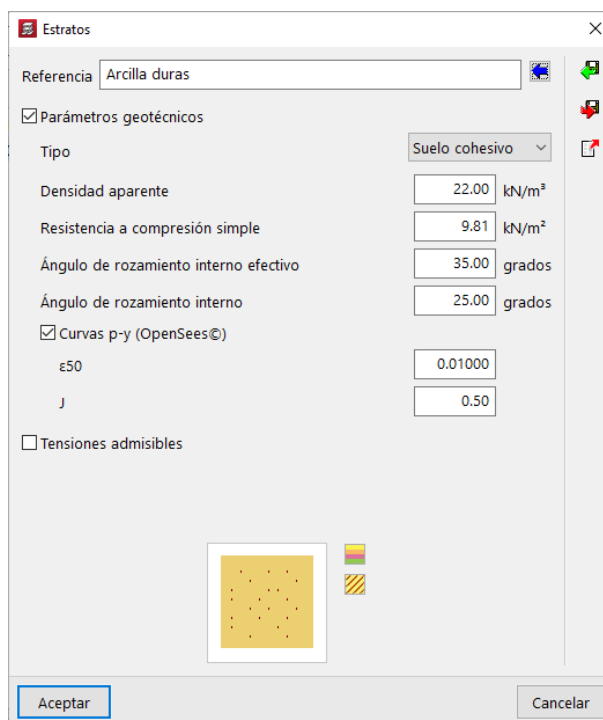


Fig. 8. Panel de definición de estratos

5.2 Modelo vertical

En el modelo vertical, el pilote se apoya de forma articulada en su base. Si el último estrato corresponde a un suelo, solo el nodo final del pilote estará apoyado y vinculado al terreno. Por otro lado, si el último estrato es de tipo rocoso, se considerará que el extremo del pilote está empotrado. En este caso, en el tramo en contacto con el estrato rocoso, se impedirá el movimiento tanto en el eje x como en el eje y, garantizando una mayor rigidez en esa sección.

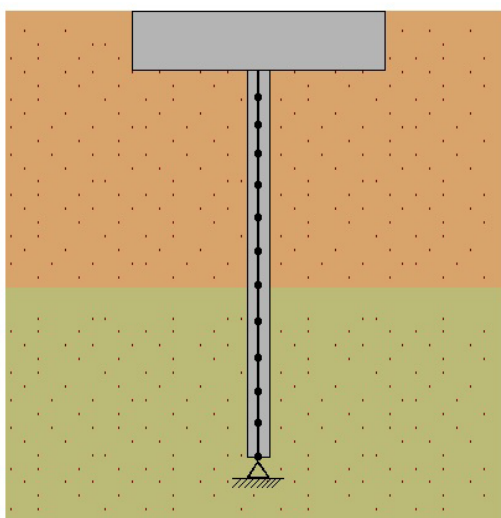


Fig. 9. Modelo de cálculo vertical

Debido a esta condición, es necesario considerar la situación descrita en la Fig. 3, donde se contempla un axil reducido para evaluar el caso más desfavorable. Esto se debe a que, según las curvas de interacción N-M, para un mismo momento aplicado pueden generarse condiciones de carga más desfavorables con un axil menor.

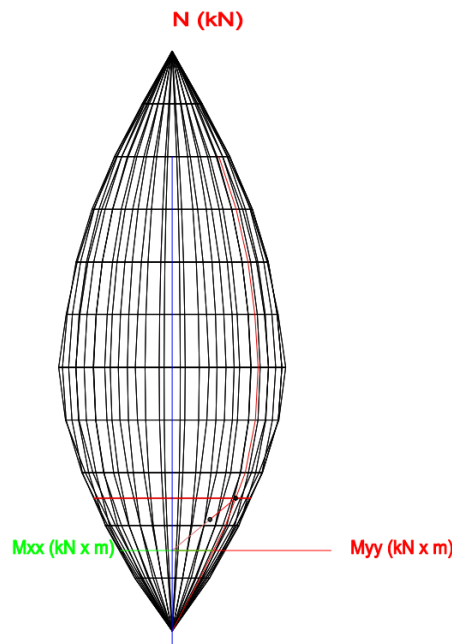


Fig. 10. Diagrama de interacción N-M para elementos de hormigón

Además, se debe tener en cuenta que, en el caso de encepados de un único pilote, el extremo superior del pilote estará empotrado. En estas situaciones, los momentos generados deberán ser absorbidos por vigas centradoras que permitan transmitirlos hacia zapatas o encepados cercanos. Por el contrario, si el encepado incluye más de un pilote, el extremo superior de cada pilote estará articulado, lo que impedirá la transferencia de momentos desde el encepado hacia los pilotes.

6 Resultados de análisis de estabilidad lateral

Una vez obtenidos los esfuerzos internos con el módulo **Pilotes III: Análisis de la estabilidad lateral** se podrá proceder al análisis del pilote contemplando los esfuerzos que se generan a lo largo del elemento teniendo en cuenta la rigidez del suelo que se han definido previamente con las curvas p-y. Este análisis permite considerar tanto la rigidez del suelo como la rigidez del pilote en función de su resistencia característica.

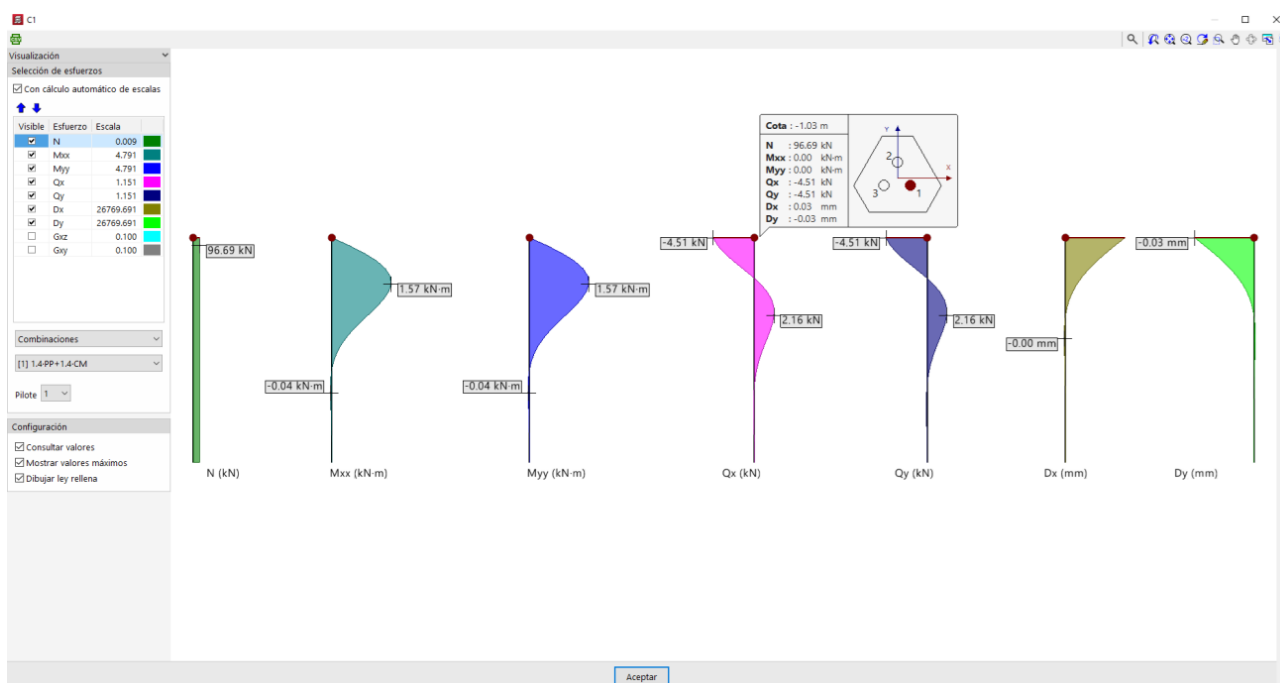


Fig. 11. Diagramas de esfuerzos internos en pilotes

Una vez que se ha entrado en el panel **Esfuerzos en pilotes** se pueden consultar los esfuerzos internos que se generan en el interior del pilote. La consulta de los valores se puede hacer en toda la longitud del elemento estructural. Se permiten ver los esfuerzos por combinaciones o por envolventes. En el caso de visualizar por combinaciones, se marcará el pilote sobre el encepado con el factor de aprovechamiento pésimo.