

Pilotes de cimentación – Introducción

El objetivo de este capítulo es explicar el uso práctico de los programas para análisis de pilotes de cimentación en GEO5.

El programa GEO5 contiene tres programas de análisis de pilotes de cimentación - **Pilote**, **Pilote por CPT y Grupo de Pilotes**.

Usted encontrará aquí explicaciones sobre que programa debe ser utilizado al presentarse determinadas condiciones – Cada programa de forma individual se describe en otros capítulos

Carga-Capacidad portante vertical de pilotes de cimentación se puede determinar por varios métodos:

- **Mediante un examen de pilote estático:** estas pruebas son necesarias en algunos países y las funciones de análisis estructural sólo como una propuesta preliminar del pilote de cimentación;
- **Mediante un análisis basado en los parámetros de resistencia al corte del suelo:** Utilizando como métodos de análisis NAVFAC DM 7.2, Tomlinson, CSN 73 1002 y Tensión efectiva en los programas PILOTE y GRUPO DE PILOTES
- **Mediante un análisis basado la evaluación de pruebas de penetración:** Programa PILOTE por CPT;
- **Mediante un análisis según las ecuaciones de las curvas de regresión obtenidas en los resultados de las pruebas de carga estáticas** (según Masopust): programa PILOTE, La capacidad de carga portante vertical se determina a partir de la curva de carga del pilote de asentamiento correspondiente (permisible) (CSN 73 1002 estándar específico que corresponde al valor de asentamiento $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$).
- **Mediante un análisis basado en los parámetros de Mohr-Coulomb y propiedades de tensión-deformación del suelo:** utilizando el llamado método Spring en el programa PILOTE y GRUPO DE PILOTES
- **Mediante un análisis numérico utilizando el Método de Elementos Finitos:** Programa MEF.

Se entiende de esta lista que los pilotes se pueden evaluar de muchas maneras y en base de diferentes parámetros de entrada. Esto significa que los resultados de los análisis pueden ser idénticos, pero a menudo puede diferir significativamente.

La gran ventaja de GEO5 es el hecho de que el usuario puede probar diferentes variantes y métodos de análisis, encontrar el comportamiento más probable de la cimentación y posteriormente determinar la capacidad portante total o el asentamiento de un solo pilote o de un grupo de pilotes.

La capacidad portante vertical del pilote se evalúa en los programas GEO5 (con la única excepción: Grupo de Pilotes - Método Spring) sólo para la carga de una fuerza normal vertical.

La carga por fuerzas horizontales, de flexión y momentos de torsión no tiene ninguna influencia en el análisis de la capacidad portante carga vertical de los pilotes.

El procedimiento de la capacidad portante de carga vertical para el análisis de un solo pilote en el programa GEO5 – PILOTE; se presenta en los *Capítulos 13 y 14*, mientras que el análisis del mismo pilote basado en pruebas CPT se describe en el *Capítulo 15*.

Capacidad portante horizontal en pilotes de cimentación

El resultado del análisis para un pilote cargado horizontalmente es la deformación horizontal del pilote y la curva de fuerzas internas a lo largo del eje del pilote.

En el caso de un solo pilote, su deformación horizontal y refuerzo dependen del módulo calculado de reacción horizontal del subsuelo y de la carga por fuerza lateral o momento de flexión. El procedimiento del análisis se explica en el *Capítulo 16*. El análisis de un grupo de pilotes se presenta en el *Capítulo 18*.

Asentamiento de cimentación de pilote:

La capacidad portante de carga actual de un pilote se asocia directamente con su asentamiento por el hecho de que virtualmente cualquier pilote se asienta bajo la acción de carga y se deforma verticalmente.

El asentamiento de pilotes individuales se determina en el programa PILOTE por los siguientes métodos:

- **Según Masopust** (no lineal): el programa analiza el asentamiento de un solo pilote sobre la base de los coeficientes de regresión a lo largo de la piel del pilote y bajo su base.

- **Según Poulos** (lineal): el programa analiza el valor del asentamiento total sobre la base de la capacidad portante determinada de la base del pilote R_b y la capacidad portante de la piel del pilote R_s .

- **Método de Spring**: el programa analiza la curva de carga en función de los parámetros de suelos establecidos utilizando el Método de los Elementos Finitos.

El programa PILOTE construye la curva de carga (el llamado diagrama de trabajo) para todos los métodos.

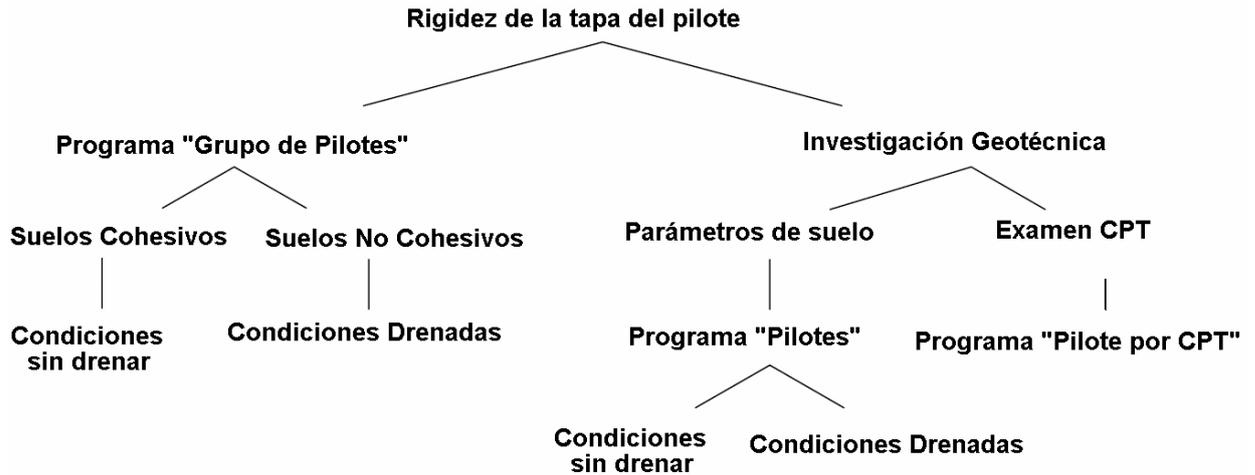
El asentamiento de un grupo de pilotes se describe en el *Capítulo 17*, el asentamiento de pilotes diseñados sobre la base de pruebas de penetración CPT se presenta en el *Capítulo 15*.

Selección de Programas:

1. **Decisión** según la rigidez de la placa base (tapa de pilote). Cuando la tapa del pilote se considera infinitamente rígida, se utiliza el programa Grupo de pilotes. En los otros casos se investigan pilotes individuales.

2. **Decisión** según el resultado de investigaciones geológicas.

Si los resultados de las pruebas CPT están disponibles, el programa Pilote por CPT se utiliza para el análisis de pilotes individuales o grupos de pilotes (véase el *Capítulo 15*). En los otros casos el Programa Pilote (o Grupo de pilotes) se utiliza para la determinar la solución, sobre la base de los parámetros del suelo establecidos.



La distinción en función del **tipo de análisis** está dada por:

– El análisis por condiciones drenadas: parámetros efectivos de resistencia al corte de los suelos φ_{ef} , c_{ef} se utilizan en los Programas Pilote y Grupo de pilotes como un estándar para los métodos de análisis *CSN 73 1002* y *tensión efectiva*.

- El análisis por condiciones sin drenar: sólo el valor de cohesión total del suelo c_u se configura en los Programas Pilote y Grupo de Pilotes. La capacidad portante de carga vertical de un solo pilote se determina según *Tomlinson*, mientras que un grupo de pilotes se analiza como la capacidad portante de carga de un cilindro de suelo (bloque) según la *FHWA*.

El método *NAVFAC DM 7.2* combina los procedimientos de análisis mencionados anteriormente. Es posible para cada capa de suelo elegir si el suelo se considera como drenado (no cohesivos) o sin drenar (cohesivo).

Especificaciones generales del problema:

Analizar la capacidad portante de carga vertical y el asentamiento de un pilote de cimentación (ver el gráfico) en el perfil geológico configurado, determina con mayor precisión la deformación horizontal del pilote y propone un refuerzo para pilotes individuales. El pilote de cimentación consta de cuatro pilotes con el diámetro $d = 1.0 \text{ m}$ y la longitud $l = 12.0 \text{ m}$. La resultante de la carga total N, M_y, H_x, H actúa a nivel de la superficie superior de la losa de cimentación (tapa del pilote), en el centro de la losa. El *C20/25* de hormigón armado se utiliza para los pilotes.

Cargas actuando en el pilote:

Para la simplificación del problema siempre tendremos en cuenta 1 caso de carga en el programa.

La determinación de las cargas que actúan sobre el pilote de cimentación es diferente dependiendo del tipo de estructura y la solución posterior, es decir, si resolvemos un pilote simple o un grupo de pilotes

Grupo de Pilotes

Suponemos que la losa unida al pilote es rígida. En nuestro caso vamos a considerar una tapa de pilote con espesor $t = 1.0 \text{ m}$. En este caso se determina la reacción total en el centro de la tapa del pilote.

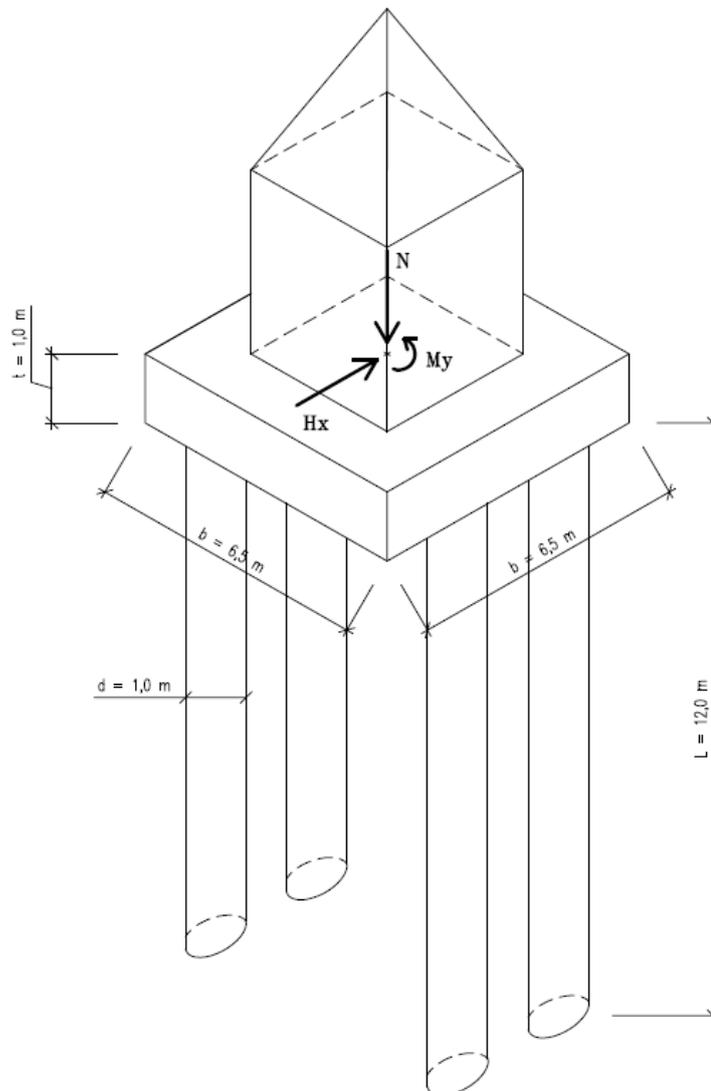
Nota: Un método simple para obtención de cargas en un grupo de pilotes mediante cualquiera de los programas estáticos se describe en la Ayuda del Programa Grupo de pilotes "[Determinación de carga en un grupo de pilotes](#)".

a) Diseño (cálculo) de cargas:

- Fuerza Normal vertical: $N = 5680 \text{ kN}$
- Momento de flexión: $M_y = 480 \text{ kNm}$
- Fuerza horizontal: $H_x = 310 \text{ kN}$

b) Cargas impuestas (trabajando):

- Fuerza Normal vertical: $N = 4000 \text{ kN}$
- Momento de flexión: $M_y = 320 \text{ kNm}$
- Fuerza horizontal: $H_x = 240 \text{ kN}$



Esquema de especificación del Problema – Pilote de cimentación

Pilotes Simples:

Si la losa es suave en flexión (no rígido) o la construcción está fundada en una tapa de pilote, el diagrama estructural es diferente y obtendremos reacciones en la cabeza de los pilotes individuales desde un programa estático (por ejemplo, GEO5 – Losa, FIN 3D, SCIA Engineer, Dlubal RStab etc.).

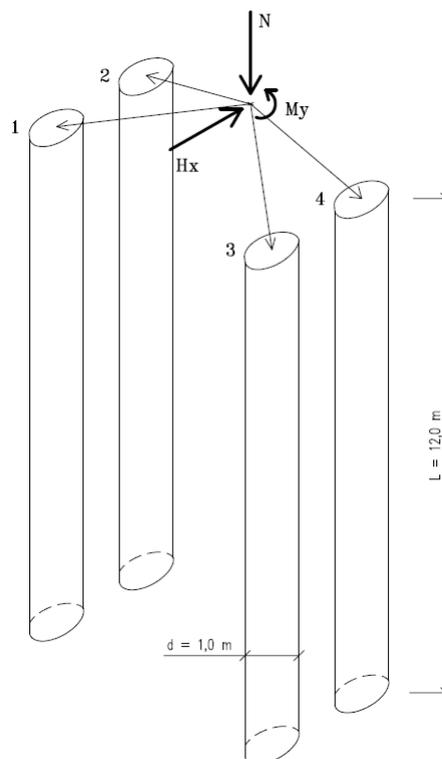
En este ejemplo, lo simplificamos llevando a cabo el análisis del pilote con un solo caso de carga.

a) Diseño de cargas:

- Fuerza Normal vertical: $N_1 = 1450 \text{ kN}$
- Momento de flexión: $M_{y,1} = 120 \text{ kNm}$
- Fuerza horizontal: $H_{x,1} = 85 \text{ kN}$

b) Servicio de carga:

- Fuerza Normal vertical: $N_1 = 1015 \text{ kN}$
- Momento de flexión: $M_{y,1} = 80 \text{ kNm}$
- Fuerza horizontal: $H_{x,1} = 60 \text{ kN}$



Esquema de acción de cargas – distribución de la carga entre pilotes individuales

Nota: Si asumimos dimensiones y refuerzos de pilotes idénticos, podemos evaluar todos los pilotes como uno solo, pero con combinaciones de carga actuando sobre todos los pilotes

Perfil Geológico

- 0.0 a 6.0 m: Arcilla arenosa (CS, consistencia firme),
- Debajo de 6,0 m: Arena de grano fino (S-F, densidad de suelo media).

Nota: Los parámetros básicos de suelos son los mismos para el cálculo de pilote simple y la

para la verificación del grupo de pilotes. Los valores se distinguen en la siguiente tabla:

Parámetros de Suelo (Clasificación de suelo)	Arcilla arenosa (CS, consistencia firme)	Arena de trazos finos (S-F, suelo de densidad media)
Unidad de peso γ [kN/m^3]	18,5	17,5
Unidad de peso de suelo sat. γ_{sat} [kN/m^3]	20,5	19,5
Cohesión del suelo c_{ef} / c_u [kPa]	14,0 / 50,0	0 / 0
Ángulo de fricción interna φ_{ef} [$^\circ$]	24,5	29,5
Factor de Adhesión α [-]	0,6	-
Coeficiente de capacidad portante β_p [-]	0,3	0,45
Índice de Poisson ν [-]	0,35	0,3
Módulo edométrico E_{oed} [MPa]	8,0	21,0
Módulo de deformación E_{def} [MPa]	5,0	15,5
Tipo de Suelo	Arcilla (suelo cohesivo)	Arena, Gravel (suelo no cohesivo)
Ángulo de dispersión β [-]	10,0	15,0
Coeficiente k [MN/m^3]	60,0	150,0
Módulo de comp horizontal. n_h [MN/m^3]	-	4,5
Módulo de elasticidad E [MPa]	5,0	15,5

Tabla de parámetros del suelo – pilotes de cimentación (resumen)

Lista de capítulos relacionados con pilotes de cimentación:

- Capítulo 12: Pilotes de cimentación
- Capítulo 13: Análisis de Capacidad portante vertical en un pilote simple
- Capítulo 14: Análisis de asentamiento de pilote simple
- Capítulo 15: Análisis de pilotes basados en exámenes CPT
- Capítulo 16: Análisis de Capacidad portante horizontal en un pilote simple
- Capítulo 17: Análisis de Capacidad portante vertical y asentamiento de un grupo de pilotes
- Capítulo 18: Análisis de deformación y dimensionado de un grupo de pilotes