

2 PILOTES "IN SITU", TIPOLOGÍA

La cimentación profunda es el elemento estructural que recibe las cargas de la estructura y las transmite en profundidad a un terreno capaz de recibir dichas cargas.

Estos elementos estructurales presentan en general una esbeltez (longitud/ancho) superior a 8, según el CTE.

Existen diversos modos de llevar a cabo esta transmisión: con pilotes o con micropilotes. Los más utilizados en cimentaciones son los pilotes y entre estos los más utilizados son los pilotes "in situ", objetos de este documento.

2.1 TIPOLOGÍA SEGÚN LA FORMA DE TRABAJAR

La carga que reciben normalmente los pilotes de cimentación es un esfuerzo axial de compresión. Los pilotes transmiten la carga que reciben por dos mecanismos, por fuste o por punta.

Se pueden clasificar los pilotes según la forma de trabajar o el mecanismo que emplee principalmente para transmitir los esfuerzos:

- Pilotes que trabajan por punta o pilotes columna. Son aquellos pilotes en los que la carga se transmite por la punta del pilote al estrato resistente, esto sucede cuando está empotrado en un terreno mucho más competente que el resto de terreno que está por encima de él. Un ejemplo extremo de esto, es cuando existe una roca a una determinada profundidad y el material que cubre dicha roca es un suelo de baja capacidad portante. Es importante tener en cuenta que para conseguir el efecto del esfuerzo de la punta hay que limpiar el fondo del pilote antes de hormigonar y evitar que el terreno blando o incoherente se deposite entre el hormigón y el terreno competente (figura 11).

- Pilotes que trabajan solo por fuste o pilotes flotantes. Son aquellos en los que la carga recibida por el pilote es transmitida al terreno por el rozamiento entre el terreno y el fuste del pilote. Un ejemplo extremo de esta situación es la de un terreno homogéneo en profundidad y con poca capacidad portante (figura 11).

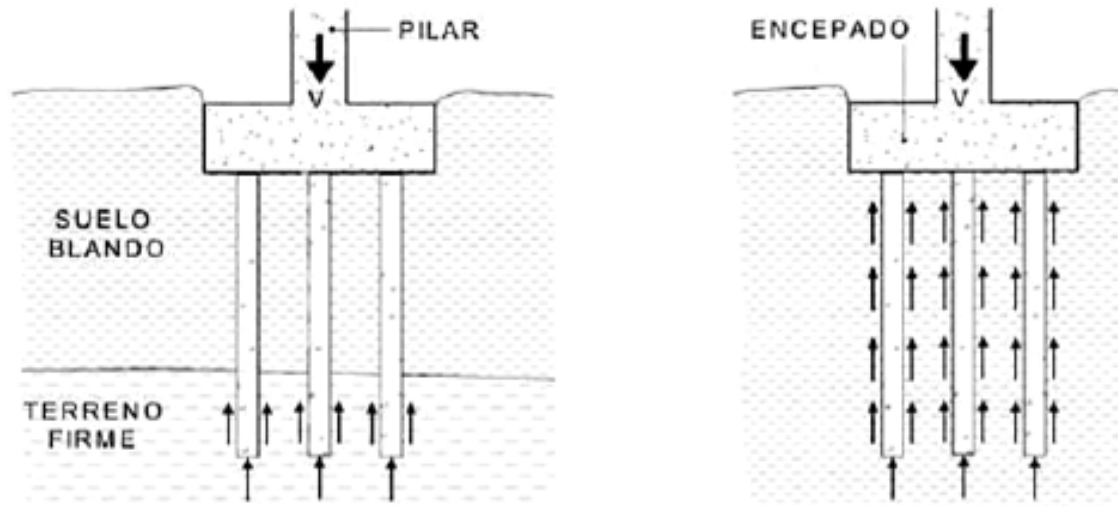


Figura 11. Pilotes columna y pilotes flotantes.

- Pilotes que trabajan por fuste y punta. Son aquellos en los que se consideran los dos mecanismos de transmisión del esfuerzo al terreno. Como se puede advertir de la forma de trabajar de los pilotes, esta está muy determinada por el tipo de terreno en que haya que cimentar. Normalmente se consideran los dos mecanismos de transmisión.

Se ha estimado como actúan estos dos mecanismos de transmisión del terreno. En la siguiente figura (figura 12) podemos observar una distribución simplificada de los esfuerzos por punta y por fuste, la conclusión que podemos sacar de este gráfico es que el esfuerzo por fuste se "activa" antes (con menor asiento) que el esfuerzo por punta.

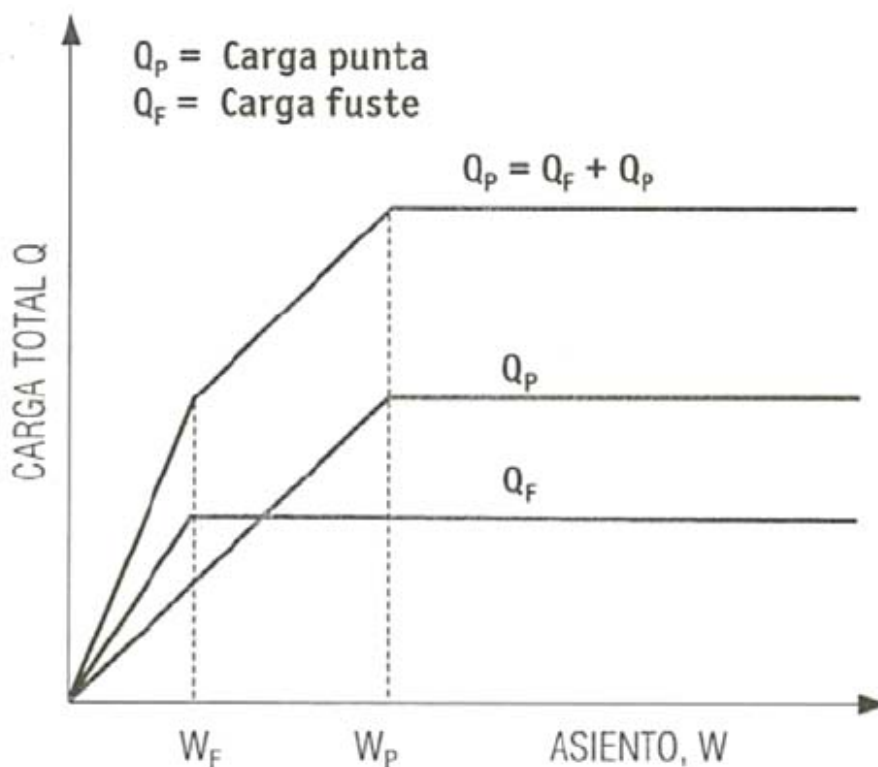


Figura 12. Determinación de esfuerzos por punta y por fuste.

2.2 TIPOLOGÍA SEGÚN EL MATERIAL EMPLEADO

La mayoría de las cimentaciones profundas utilizan el hormigón "in situ" como material sin embargo y aunque no sean objeto de este documento cabe mencionar otros materiales como la madera, el acero, y el hormigón prefabricado. Veamos una clasificación más exhaustiva:

- Pilote de hormigón armado ejecutado in situ, es el más utilizado de todos, pues resuelve una amplio espectro de problemas de cimentaciones profundas, consiste en realizar una perforación y rellenarla con hormigón armado.
- Pilote de hormigón prefabricado, consiste en clavar literalmente el pilote en el terreno, estos pilotes se fabrican con unos controles muy intensos en una factoría,

por lo tanto tienen más capacidad portante intrínseca que los pilotes de hormigón in situ y los pilotes de madera. Como no se extrae el terreno, este se compacta al clavarse el pilote, son en general caros y pueden no alcanzar la profundidad de cálculo si encuentran una capa competente en su camino. Como inconveniente principal se tiene la delicadeza de su transporte, dado que suelen ser de gran tamaño, y las vibraciones que producen en su clavado.

- Pilotes de madera, igual que en el caso anterior consiste en clavar el pilote en el terreno, pero éste es de madera, tiene aún más limitaciones que los anteriores, se solía emplear en terrenos muy blandos como marismas o zonas pantanosas. Este tipo de pilotes era el que se empleaba en la antigüedad por los romanos. Los edificios venecianos están apoyados sobre pilotes de madera, este tipo ya no se emplea. Como principal inconveniente cabe destacar, que son muy sensibles a cambios del nivel freático, no siendo viables por encima de él.
- Pilotes de acero, consiste en clavar perfiles metálicos en el terreno como los dos casos anteriores, en la actualidad se utilizan muy poco.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PILOTES SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Se pueden clasificar según el procedimiento en dos grandes grupos: pilotes de desplazamiento, cuando se introduce dentro del terreno un pilote de un determinado material y pilotes de extracción, cuando se extrae el terreno que posteriormente se rellenará con el material resistente.

2.3.1 PILOTES DE DESPLAZAMIENTO

Como su nombre indica son los pilotes en los que el terreno es desplazado al hincarlos. Pueden ser:

- Pilotes hincados prefabricados, ya comentados anteriormente que pueden ser a su vez: de madera; metálicos; o de hormigón.
- Pilotes hincando una tubería y hormigonados in situ. Consisten en hincar una tubería a golpe de maza hasta alcanzar la profundidad de cálculo, alcanzada esta se introduce la armadura y se hormigona (figura 13). La entubación, que es cerrada en el fondo, se deja perdida, si el cerramiento inferior es una pieza prefabricada (CPI-2, según la NTE-1977). Si el cierre inferior es un tapón de grava u hormigón (CPI-3, según NTE-1977), la entubación se puede recuperar, siempre después del armado y el hormigonado (figura 14).

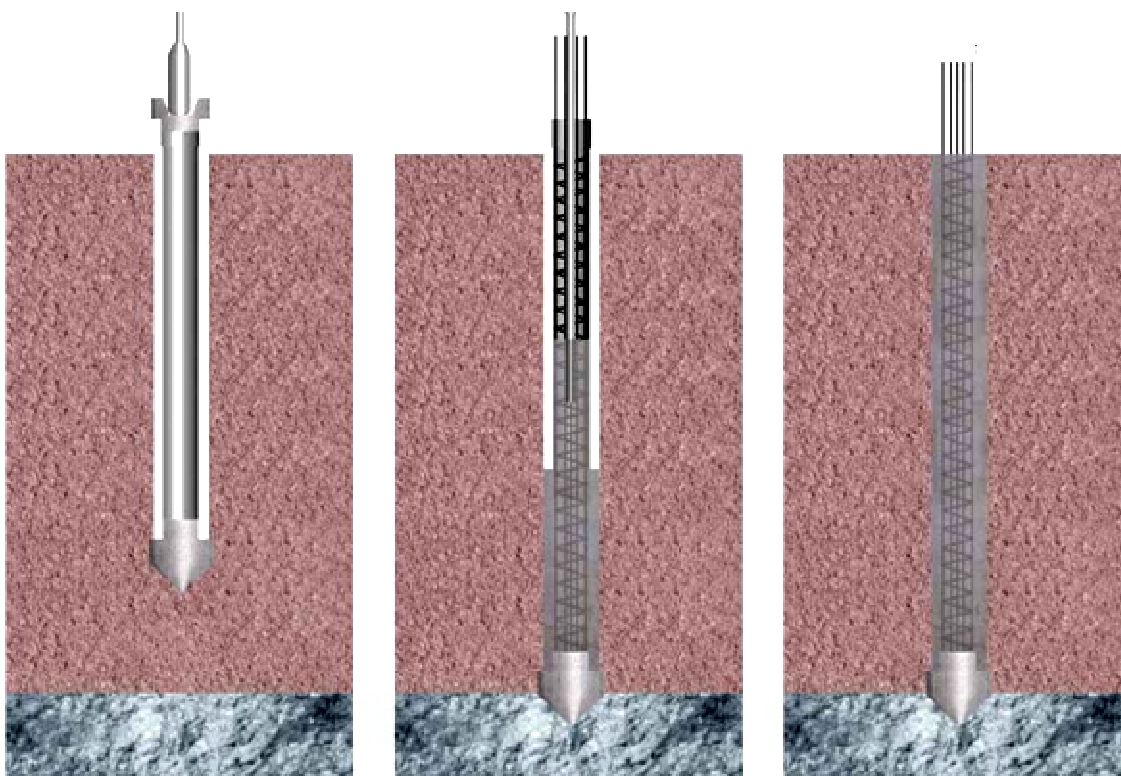


Figura 13. Hincado de tubería con azuche.

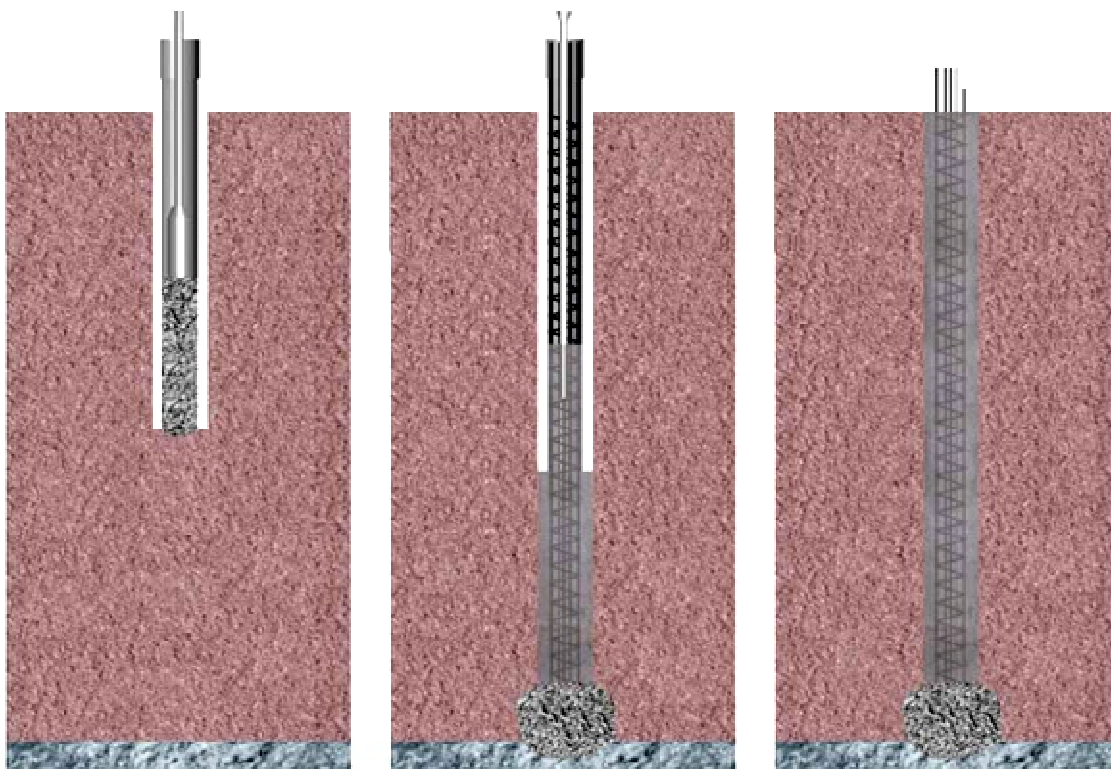


Figura 14. Hincada de tubería con tapón de grava.

2.3.2 PILOTES DE EXTRACCIÓN.

Son los pilotes en los que se perfora el terreno hasta alcanzar la profundidad requerida por el proyecto, una vez alcanzada esta se arma y se hormigona. Estos pilotes son los más utilizados en el mercado gracias al importante desarrollo de la maquinaria actual. En función de la estabilidad de las paredes surgen distintos métodos de ejecución. La mayoría de los problemas de cimentaciones profundas se pueden resolver con algunos de estos tipos que a continuación se describen. Los pilotes de extracción son los siguientes:

- Pilotes en terreno estable (se puede asimilar al pilote CPI-7 de la NTE-1977, o a los barrenados sin entubación según la CTE, figura15), consiste en perforar con una barrena o hélice el terreno, que es estable gracias a su cohesión interna, armar el pilote y hormigonar. Normalmente este tipo de pilotes se ejecutan en terrenos en los que no existe el agua. Es habitual que la presencia de nivel freático desestabilice el terreno y sea necesario recurrir a otra tipología de pilotes que se comentan más adelante, pero puede darse el caso en el que a pesar del

agua, el terreno sea estable (porque es muy compacto o es muy impermeable como es el caso de las arcillas), si ocurre esto el pilote se perfora utilizando un cazo o bucket y se hormigona teniendo en cuenta que se hace bajo agua, con las precauciones que han de tenerse en cuenta en tal caso, y que se explicarán en el hormigonado con lodos. Esta tipología de pilote es la mejor para cualquier obra por los siguiente motivos: Es fácil de hacer; es rápido; y por lo tanto económico; puedes controlar la verticalidad durante la perforación y corregirla si es necesario; se puede introducir la armadura en toda la longitud del pilote; se puede perforar cualquier terreno por muy duro que esté (incluso cimentaciones enterradas antiguas tan frecuentes en obras de edificación en el interior de las ciudades). El rango de diámetros utilizados depende de la máquina perforadora, para obras de edificación (máquinas pequeñas) este rango oscila entre 450mm y 1000mm, para obras civiles existen máquinas que pueden llegar a perforar pilotes de hasta 3 metros de diámetro. Los rendimientos medios que se pueden alcanzar son altos, si el terreno es areno-arcilloso de 200 a 250 m/día para diámetros de hasta 650 mm y si no existen limitaciones de espacio para el movimiento de la maquinaria.

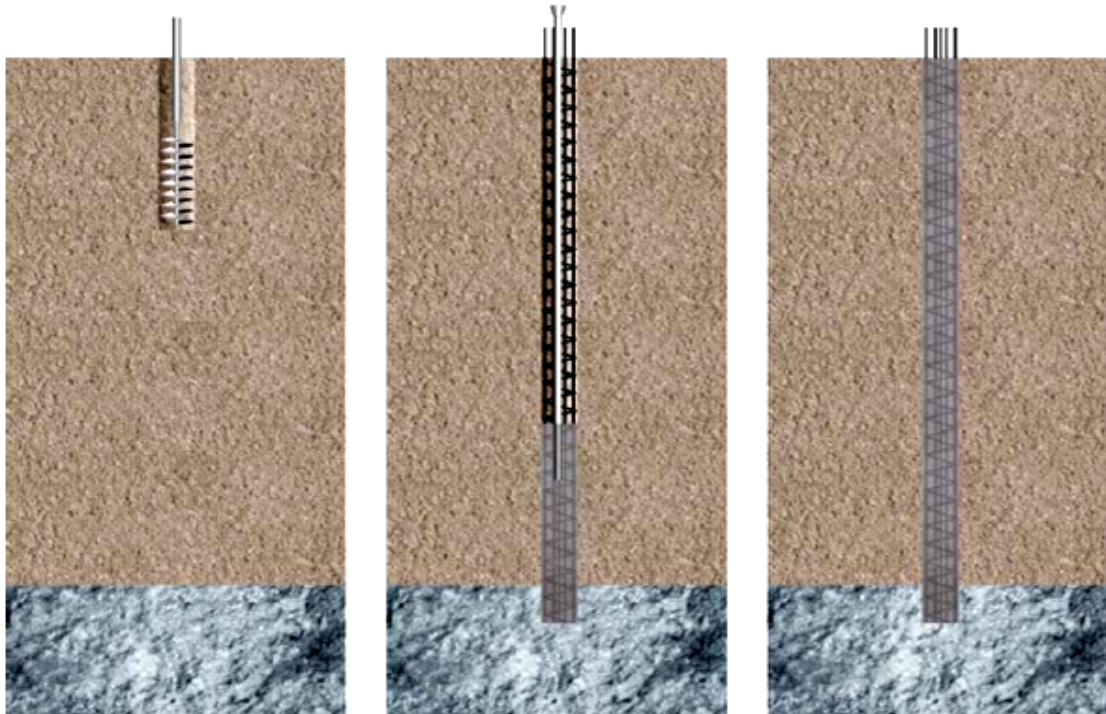


Figura 15. Pilote barrenado.

- Pilotes encamisados (Pilote CPI-4 según la NTE-1977 o pilotes de extracción con entubación recuperable según la CTE, figura16), consiste en introducir un tubo metálico (llamado también camisa), que sujete las paredes inestables de la perforación. La longitud de la camisa debe cubrir la capa inestable y empotrar en la capa estable, y continuar con la perforación en la capa estable hasta alcanzar la profundidad de cálculo. Introducir una camisa implica aumentar el número de procesos en la ejecución del pilote lo que implica que el rendimiento con respecto al anterior tipo de pilote disminuye, esta disminución puede ser muy variable, puesto que depende de la profundidad de la capa inestable y su potencia.

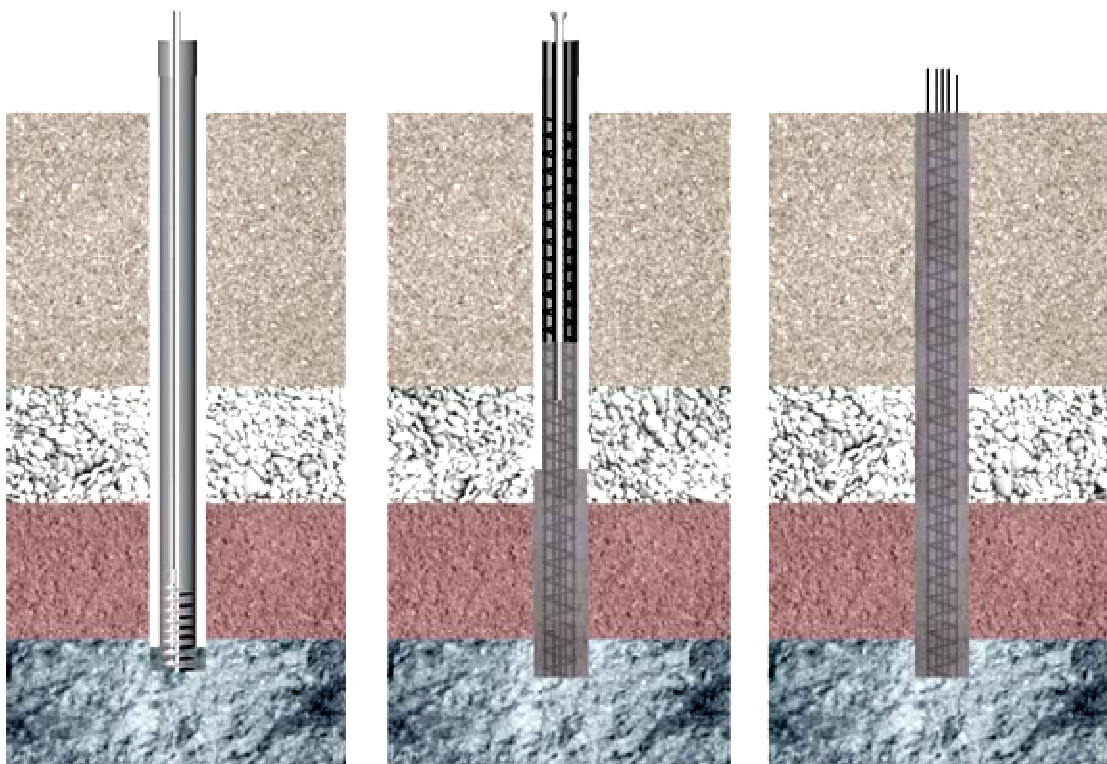


Figura 16. Pilote con entubación recuperable.

Aunque la forma de ejecutar un pilote encamisado está muy condicionada por la potencia y la posición de la capa inestable, en general podemos decir:

Si la capa inestable está a poca profundidad y tiene poco espesor se puede introducir una camisa de una sola pieza que cubra hasta la zona inferior de dicha capa inestable, por lo tanto se añade un proceso a la ejecución, y la duración de

este nuevo proceso depende de la longitud de la camisa (corta pues la inestabilidad está en la parte de arriba y es de pequeño espesor) y la capacidad de la máquina en cuanto a potencia y esfuerzo torsor para mover dicha camisa y vencer el rozamiento de la camisa con el terreno. Introducida la camisa y terminada la perforación se introduce la armadura y se hormigona. A continuación se extrae la camisa sin dar tirones, pues se corre el riesgo de arrastrar con la camisa el hormigón y la armadura. Los nuevos procesos en la ejecución de este tipo de pilotes son la introducción de la camisa y su extracción. El rendimiento alcanzado puede variar de 75 a 150 ml de pilote ejecutado al día para diámetros de hasta 650 mm. Este tipo de ejecución se suele emplear en edificación donde los diámetros son menores y las camisas de una pieza son manejables para una máquina de pilotes.

Independientemente de la posición y de la potencia de la capa inestable se puede ejecutar los pilotes encamisados añadiéndoles los tramos empalmables necesarios, hasta cubrir con la camisa la capa inestable. Añadir estos tramos entorpece demasiado la ejecución del pilote, pues normalmente estos módulos de camisa están atornilladas, y el proceso es doble puesto que una vez terminada la perforación y el armado, se debe extraer la camisa a la vez que se hormigona (hay que vigilar escrupulosamente la extracción de la camisa puesto que la cota de la base inferior de esta siempre debe quedar por debajo de la cota de hormigón). Estas camisas son más gruesas ya que tienen que soportar mayores esfuerzos torsores, existen accesorios especiales denominados entubadoras o morsas (figura 17) o vibradores (para terrenos granulares) que ayudan a introducir estos tubos metálicos. Los rendimientos de esta forma de hacer pilotes es mucho menor que los dos anteriores y dependen del diámetro; la longitud de la camisa; de la utilización o no de morsa; del tipo de terreno y de la máquina. Este tipo de encamisado se utiliza en obras civiles, con diámetros de 850 mm a 2500 mm. El avance de la camisa puede verse frenado por la aparición de una capa de roca intermedia.

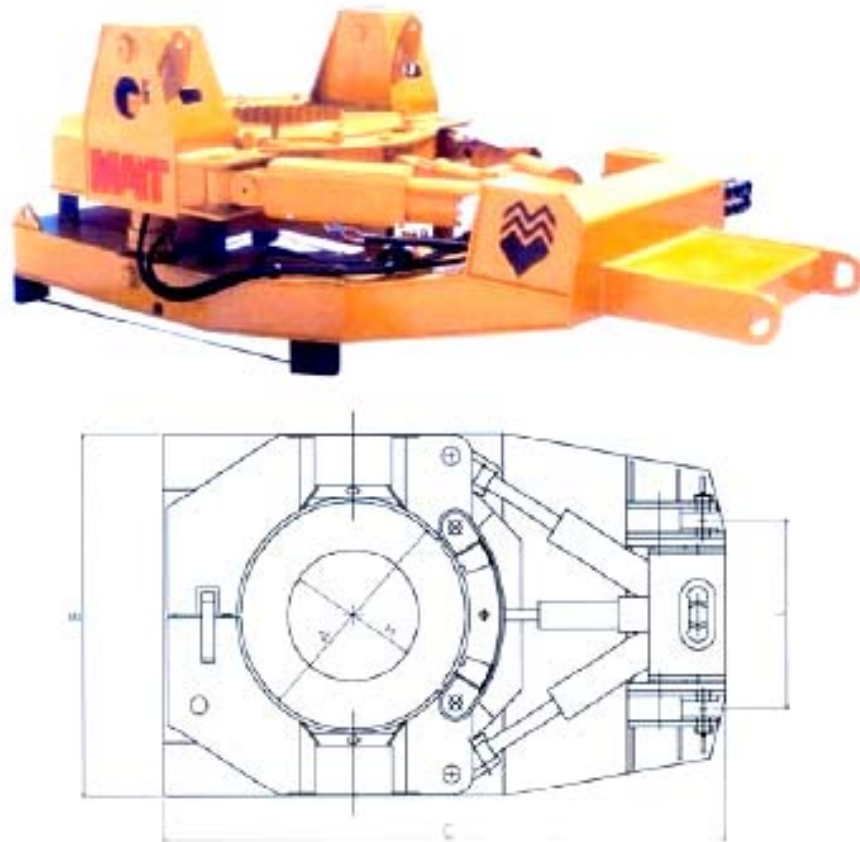


Figura 17. Entubadora o morsa.

- Pilotes con camisas perdidas (CPI-5 según la NTE-1977, o pilotes de extracción con camisa perdida según la CTE, figura 18), consisten en introducir una camisa que contendrá el terreno durante la ejecución del pilote que quedará perdida, y que protegerá al hormigón de corrientes de agua subterránea; o de terrenos muy agresivos químicamente; o contener el hormigón dentro de la camisa sirviendo esta de encofrado cuando el pilote atraviesa cavidades subterráneas, como galerías antiguas en la ciudades y karstificaciones en macizos calizos; o de reducir la resistencia por fuste entre la camisa y una posible capa de terreno expansivo que induzca un rozamiento negativo al pilote. Ejecutar este pilote es complicado y costoso, no solo hay que añadirle el coste material de la camisa sino por la forma de ejecutarlo. La forma más sencilla de hacer este pilote es ejecutarlo

como un pilote encamisado normal CPI-4 y dejar perdida la misma camisa que utiliza para contener el terreno, pero estas camisas son caras puesto que tienen un espesor de aproximadamente 1,5 cm ya que tienen que soportar los esfuerzos torsores de introducir las camisas. Se pueden introducir camisas de menor espesor (según la CTE con un espesor mínimo de 2 mm) pero no se les puede aplicar esfuerzos a estas y la perforación si el terreno es estable se tiene que ejecutar como un CPI-7 en este caso, el objetivo de la camisa es evitar que el hormigón se escape por las cavidades subterráneas; el objetivo también puede ser reducir el rozamiento negativo de capas comprensibles o expansivas. También se pueden ejecutar como un CPI-4 utilizando dos camisas una exterior que se extrae y la interior de menor espesor que es la perdida, esto muy difícil de hacer puesto que cuando se extrae la camisa exterior se puede acodalar con la interior y sacar las dos.

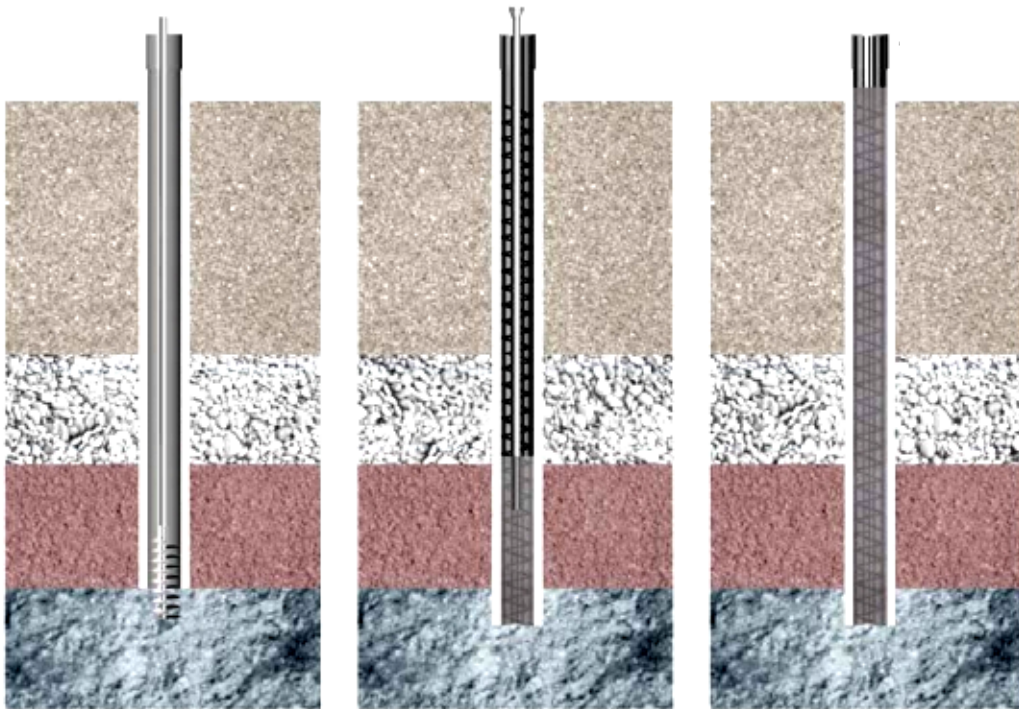


Figura 18. Pilote con entubación perdida.

- Pilotes con lodos (CPI-6 según la NTE-1977, o pilotes sin entubación con lodos tixotrópicos según la CTE, figura 19), consiste en contener las paredes del terreno con un lodo mientras se perfora. Normalmente se ejecuta en terrenos en los que la capa inestable está en el fondo de la perforación (y ejecutarlo con camisas puede ser muy costoso porque haya que introducir la camisa en toda la longitud del pilote) o toda la perforación es inestable. El lodo tiene una densidad superior a la del agua, y se vierte a medida que se perfora el pilote, de forma que se establece una presión hidrostática superior en el interior de la perforación que impide que las paredes del terreno se desmoronen. Este tipo de terreno no se puede perforar con hélice o barrena ya que el detritus desecho, he impregnado de lodo resbala por la hélice, para extraer el terreno perforado se utiliza una herramienta llamada cazo o bucket (figura 20). Los diámetros de pilotes recomendables van desde 650 mm en adelante, diámetros más pequeños con lodos son difíciles de ejecutar, por la succión que se produce al extraer las herramientas cargadas con los detritus, dicha succión desmorona el terreno. Un rendimiento medio para pilotes de 850 o 1000 mm, sin problemas para movimiento de la maquinaria puede ser de 100 a 150 metros /día. Para fabricar el lodo se emplean centrales de lodos, que es un costo añadido a tener en cuenta, así como deshacerse de este supone un coste extra puesto que ha de verterse de forma controlada en un vertedero, aunque la sustancia no es toxica si produce turbiedad y es un problema separar la parte sólida en suspensión del agua.

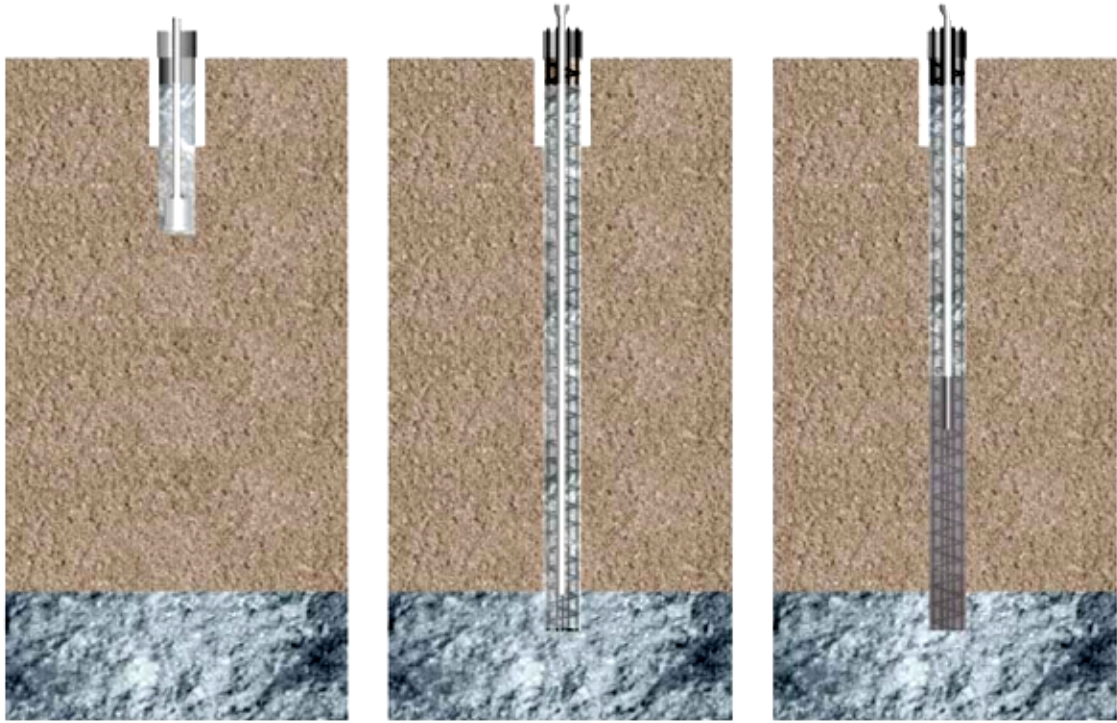


Figura 19. Pilote con lodos.



Figura 20. Cazo o bucket.

- Pilotes con barrena continua o barrenados (CPI-8 según la NTE-1977 hormigonados por el tubo central de la barrena según la CTE, figura 21), consisten en introducir una barrena hueca por rotación en el terreno, esta barrena es igual a la longitud del pilote. Durante la penetración de la barrena no se extrae el terreno. Una vez introducida la barrena en toda la longitud del pilote, se extrae esta, introduciendo el hormigón por el interior de ella. Una vez hormigonado, se introduce la armadura manualmente. Este método tiene ciertas limitaciones; al utilizarse una barrena hueca la capacidad de empuje vertical de esta está limitada, capacidad normalmente suficiente cuando el terreno es blando o suelto, pero cuando aparece una cimentación antigua o un sustrato muy compacto dicha capacidad normalmente es insuficiente; en terrenos con estratos inclinados y de diferente compacidad relativa es muy probable que la barrena se desvíe siguiendo los estratos más blandos; además, clavar una armadura de más de 10 metros en una masa de hormigón es difícil pues esta suele ser una estructura muy flexible (existen empresas que introducen la armadura con vibración pero hay que tener cuidado con esto pues el hormigón utilizado es líquido y se corre el riesgo de segregación). Según la CTE no se recomienda tampoco hacer pilotes barrenados en zonas sísmicas o traccionadas salvo que se asegure el armado en toda su longitud y el recubrimiento de la armadura. Los diámetros más utilizados oscilan entre 350 mm y 850 mm. Este método de ejecución es bueno cuando el terreno es blando o poco compacto, cuando es uniforme y la longitud de la armadura a introducir no es excesiva. Los rendimientos dependen de la compacidad del terreno pero pueden obtenerse rendimientos de 300 metros diarios en pilotes de 350 a 550 mm sin problemas de espacio para el movimiento de la maquinaria.

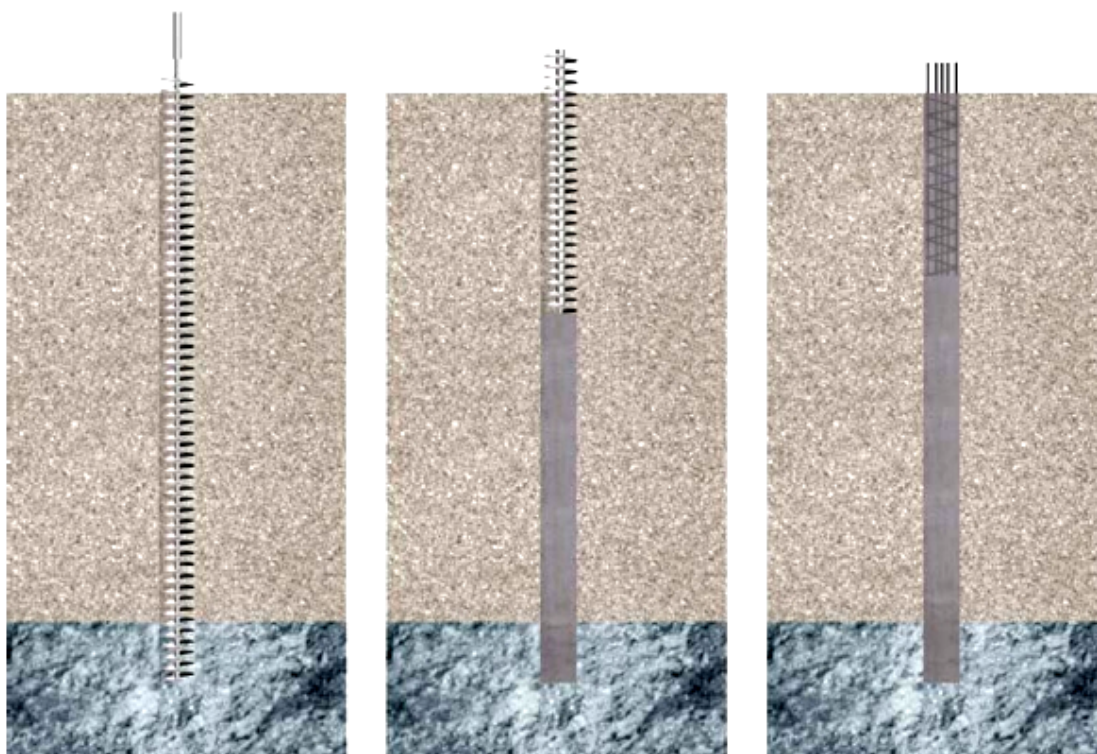


Figura 21. Pilote de barrena continua.

2.3.2 ELECCIÓN DEL TIPO SEGÚN EL TIPO DE SUELO

Para la elección del tipo de pilote según el tipo de suelo es necesario tener un buen estudio geotécnico. Las variables a tener en cuenta para la elección son:

- Cohesión de las distintas capas. Este es un parámetro que nos puede indicar la estabilidad intrínseca del terreno. A mayor cohesión mayor probabilidad de que el terreno sea estable.
- Terrenos duros (rocas). La existencia de capas de estos terrenos nos puede condicionar el tipo de pilote, si es necesario atravesarlos, los pilotes de barrena continua y los prefabricados están muy limitados. Para perforar capas de rocas se emplean herramientas especiales con dientes de Widia. Los rendimientos de las

máquinas dependen del par torsor y la potencia de la máquina, de la resistencia de la roca, y del tipo de roca y de la estratificación o buzamiento de esta, es por tanto muy difícil precisar estos rendimientos a priori sin haber hecho una prueba antes de la ejecución del pilotaje, normalmente debido a esta incertidumbre, las empresas que ejecutan pilotes establecen un precio horario por la utilización de esta herramienta. La maquinaria también sufre con la perforación de la roca pues se le somete a esfuerzos extras.

- Compacidad de los suelos arenosos o arcillo-arenosos o arcillosos. Este parámetro también nos puede dar una indicación de la estabilidad del suelo. A mayor compacidad mayor probabilidad de estabilidad.
- Porcentaje de finos en suelos granulares o matriz de estos suelos. A mayor porcentaje de finos del terreno mayor probabilidad de estabilidad, la cohesión esta relacionada con la cantidad de materia arcillosa que contiene, y el porcentaje de finos mide la cantidad de arcilla y de limos, por lo tanto a mayor porcentaje de finos mayor probabilidad de que esta sea arcillosa y por lo tanto otorga un cierto grado de cohesión.
- Existencia de agua. El agua es el elemento que en la mayoría de las veces perjudica a la estabilidad. También hay que tener en cuenta si el agua procede de un nivel freático estable o es un nivel colgado.

Todas estas variables pretenden dar información sobre la compacidad y la estabilidad del terreno. Para la elección del tipo de pilote es necesario tener en cuenta otros factores como son el espacio disponible para la maquinaria, existencia o no de edificios, la existencia de cavidades subterráneas o la existencia de cimentaciones antiguas.

El elemento clave en la elección del pilote es la estabilidad del terreno a la perforación, determinar la estabilidad de un terreno con un estudio geotécnico puede llegar a ser muy fácil, cuando el terreno es homogéneo y tiene un grado de cohesión alto y no existe agua, con lo cual el terreno es claramente estable, o muy difícil,

cuando no se conocen alguna de las variables mencionadas anteriormente o el estudio geotécnico no es muy fiable. De todas las variables mencionadas se debe extraer como conclusión si el terreno es estable o inestable, si es inestable, a que profundidad se encuentra dicha inestabilidad y cuál es su potencia. Si el terreno es estable el tipo de pilote a ejecutar será el pilote de extracción perforado en terreno estable (CPI-7), si el terreno es inestable se emplea cualquiera de los otros tipos de pilotes (CPI-4, CPI-5, CPI-6, CPI-8 o los pilotes prefabricados de hormigón) la elección entre uno u otro depende de la posición y de la potencia de la inestabilidad. En el CTE se dan unas pautas para considerar cuando un terreno es inestable para ejecutar pilotes CPI-8 y son las siguientes:

- Terrenos uniformes no cohesivos con coeficiente de uniformidad inferior a 2 ($D_{60}/D_{20} < 2$) por debajo del nivel freático.
- Terrenos flojos no cohesivos con golpes del ensayo SPT menor a 7.
- Terrenos muy blandos cohesivos con resistencia al corte no drenado inferior a 15KPa.

Tipo de terreno		Tipo de pilote	Observaciones
Terreno estable		CPI-7	Se pueden obtener altos rendimientos y por tanto su coste unitario es de los más bajos
Terreno inestable	Inestabilidad en la parte superior de la perforación	CPI-4 con camisa de una pieza	Rendimientos muy bajos. Se emplean sobre todo en obra civil
	Inestabilidad a cualquier profundidad	CPI-4 con camisas empalmables	Rendimientos muy bajos. Se emplean sobre todo en obra civil
	Inestabilidad en el fondo o en toda la perforación con agua corriente	CPI-5	Rendimientos bajos y muy costosos.
	Inestabilidad en toda la perforación y compacidad baja o muy baja	CPI-6	Rendimientos similares a los CPI-4 de una pieza. No ejecutables en terrenos granulares sin matriz fina

	Inestabilidad en toda la perforación y compacidad baja o muy baja	CPI-8	Rendimientos muy relacionados con la compacidad, se emplean en terrenos blandos y con agua, con dificultades en terrenos duros
--	---	-------	--

Tabla 1. Elección del tipo de pilote según el terreno.

Esto son los tipos de pilotes "puros", es decir, los que se describen en las normas, pero existen terrenos u obras en los que se necesite una cimentación profunda pero no se pueda ejecutar ninguno de estos tipos, pero sí una combinación de ellos, por ejemplo, en el caso de un terreno con alternancia de rocas y terrenos inestables formados por gravas en las capas superiores y limos en las inferiores se podría ejecutar un pilote en el que la parte superior se coloque una camisa (hasta las capas de roca, que las camisas no pueden atravesar) y el resto del pilote con lodos si las capas inferiores son inestables. Estos son casos extremos cuyo diseño de ejecución suele hacerse cuando se empieza a ejecutar el pilote.

Con lo expuesto anteriormente queda claro que la elección del tipo de pilote no depende únicamente del precio (variable que la mayoría de los calculistas utilizan cuando proyectan), sino sobre todo, del tipo de terreno, y que dicha elección puede ser difícil si no se ha realizado un buen estudio geotécnico. Acertar con el tipo de pilote en terrenos complicados requiere experiencia, que se adquiere después de haber visto muchos estudios geotécnicos y los problemas que aparecen cuando se ejecutan los pilotes; también es muy valiosa la información de obras cercanas o en terrenos parecidos. La decisión del tipo de pilote puede tener consecuencias económicas importantes por lo que conviene consultar a los especialistas en pilotes que han adquirido esa experiencia y que pueden ayudar a la decisión.

2.3.3 ELECCIÓN DEL TIPO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA.

En general el tipo de estructura tiene poca influencia en la elección del tipo de pilote para la cimentación, pero se pueden tener en cuenta las siguientes consideraciones.

En edificación normalmente los pilotes se calculan para soportar esfuerzos de compresión, y las cargas que los edificios transmiten tienen una componente vertical (90-95%) muy importante con respecto al resto de esfuerzos, estos pequeños esfuerzos que los pilares transmitan a los encepados (procedentes de la estructura o procedentes de pequeñas desviaciones en planta entre los pilares y los pilotes) son absorbidos por vigas que unen los encepados, en la proporción que les corresponde según su rigidez. Los diámetro más utilizados en edificación son los que van de 450 a 850 mm, pero existe una tendencia cada vez mayor a utilizar pilotes de gran diámetro (1000 a 1500 mm) cuando las cargas de los edificios son grandes, y así reducir el número de pilotes.

En naves industriales. Este tipo de estructuras transmiten a la cimentación cargas verticales muy pequeñas, (no tienen tanta carga muerta como la de los edificios residenciales) y esfuerzos flectores muy elevados, además las luces entre pilares (entre los pilares del mismo plano que el esfuerzo flector principal) suelen ser muy grandes y las vigas de cimentación necesaria para absorber estos esfuerzos serían por lo tanto muy grandes, por lo tanto la única solución es tratar de equilibrar el flector con la distribución y las distancias entre los pilotes, aún así habrá pilotes traccionados. En los pilotes traccionados es necesario dimensionar la armadura del pilote para absorber esta tracción, y habrá que realizar las siguientes comprobaciones: La longitud del pilote traccionado es la longitud de la armadura (en los pilotes CPI 8 suele armarse la parte superior) y que la resistencia por fuste que este pilote traccionado puede desarrollar es suficiente para absorber la carga de tracción. Teniendo en cuenta esta salvedad para los pilotes de barrena continua, se puede utilizar cualquier tipo de pilote en este tipo de obras. Los diámetros usuales oscilan entre 450 y 650 mm.

Obra civil. Las estructuras de obra civil se caracterizan por tener cargas muy elevadas, en este tipo de estructuras se pueden emplear en principio todos los tipos de pilotes. Los diámetros utilizados son grandes, de 850 a 2500 mm y suelen ir muy armados (esto es una limitación para los pilotes barrenados o CPI-8) tanto en cuantía como en longitud. Además los pilotes para obra civil se empotran en terrenos duros o muy duros y los pilotes tipo CPI-8 tienen una limitación de empuje.

2.4 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA UN PROYECTO DE PILOTAJE

Para proyectar una cimentación por pilotes es necesaria la siguiente documentación:

- Informe de reconocimiento previo del terreno Este informe debe realizarlo un ingeniero geotécnico asesor, especialista en Mecánica del Suelo y cimentaciones.

En este informe de deben recoger:

- Descripción estratigráfica y mecánicas del terreno, hasta una profundidad de al menos cinco metros por debajo de la punta de lo estimado para los pilotes.
 - Cálculo del nivel proyectado para la punta de los pilotes o empotramiento en el estrato firme.
 - Existencia de agua, su nivel y análisis.
 - Tipo de pilote recomendado.
- Documentación relativa a la estructura a cimentar:
 - Plano de planta de la situación de los pilares y/o muros y la cota de cimentación.

- Valor de las cargas a cimentación.
- Singularidades propias del proyecto. Por ejemplo: existencia de edificios medianeros que nos obligue a colocar pilotes excéntricos a los pilares o servicios enterrados e imposible de variar (metro).

Con esta documentación se está en disposición de elaborar o calcular la cimentación por pilotes.