

RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES

PREEXCAVADOS Y FUNDIDOS IN-SITU

1. Servirán de base para el diseño y propuesta del pilotaje los siguientes documentos: Informe general del subsuelo elaborado por LFO Ingenieros de Suelos Ltda, plano de cargas en pedestal elaborado por los ingenieros Calculistas, plano de localización de ejes y columnas, y planos de cortes del edificio indicando cotas de piso fino inferior.
2. Los pilotes serán de tipo fundido in situ, utilizando lodos de bentonita o polímeros para estabilizar las paredes de la excavación. El revestimiento si se utiliza en la parte superior se extraerá durante la colocación del concreto. El concreto se colocará por el sistema de embudos y tubería tipo Tremie o trompa de elefante.
3. En caso de que el estudio de suelos especifique la necesidad de utilizar lodos, se recomienda mantener una viscosidad con cono de Marsh, entre 38 y 42 segundos. Igualmente se debe controlar el contenido de arena del lodo cuando este ha sido reciclado (contenido máximo de 3%).
4. El concreto utilizado deberá provenir de una planta de mezclas especificando una resistencia mayor o igual a 3.000 PSI; se permitirá el uso de aditivos para mejorar su plasticidad o demorar su fraguado. De todas formas el ingeniero Calculista especificará la resistencia a la compresión del concreto de acuerdo a la Norma NSR-98, que indica que la carga en la sección del pilote debe ser menor al 25% de dicha resistencia ($\sigma < 25\% f'_c$).

5. Por ningún motivo se puede sacar el tubo Tremie de entre el concreto. La punta inferior del Tremie debe estar sumergida en el concreto fresco en una altura no menor a 2.0 m. Si se saca el Tremie existe la posibilidad de extrangulamiento del pilote o de que se deje en el sitio una capa de lodo, por lo cual en este caso sería necesario reemplazar el pilote.

6. Todo hueco excavado en la obra con equipo de pilotaje, así no sea un pilote válido, debe ser rellenado con concreto o con concreto ciclópeo según se determine luego de informar a LFO Ingenieros de Suelos de este suceso.

7. El contratista deberá mantener el suministro de agua o lodo a la perforación para mantenerla llena y evitar condición movediza en la capa de base. Solo si el informe de suelos lo permite, la excavación se hará sin suministro de agua, pero no se permitirá la extracción de la que penetre a la perforación durante la excavación, y salvo en casos especiales una vez adelantada la colocación del concreto se permitirá la extracción de agua remanente.

8. Todos los pilotes llevarán en su extremo un refuerzo de empate superior que sobresalga 1.0 m del concreto y penetre dentro del pilote la altura definida por normas o por el Ingeniero Calculista. Esta "canasta" de refuerzo se calculará en base de 0.5% del área de concreto como mínimo, o de acuerdo a las recomendaciones del Ingeniero Calculista.

9. Los pilotes serán construidos desde la superficie actual del terreno a menos que se especifique de manera diferente en el estudio de suelos y el concreto se fundirá solamente hasta la cota indicada en los planos subestructurales, una vez definido el diámetro y distribución de pilotes materia del contrato.

10. La punta de los pilotes deberá descansar por lo menos a las cotas indicadas en el informe de suelos, pero en todo caso el Ingeniero de Suelos podrá modificar esta cota en el sitio durante al ejecución de los trabajos.
11. No se permitirá la construcción de un pilote a una distancia igual o menor a 5 m de otro, antes de 48 horas de fundido el primer elemento.
12. No se permitirá el avance de la excavación por delante de la tubería de revestimiento en los sitios en donde este es necesario, con el fin de reducir al mínimo la pérdida de material, particularmente en las capas de arenas finas y gravillas.
13. El concreto de los pilotes deberá quedar al nivel inferior de las vigas o cabezales subestructurales eventualmente proyectados. Todo recorte o complemento necesario en los pilotes para lograr la cota correrá por cuenta del contratista y deberá ser efectuado oportunamente.
14. No se aceptarán pilotes cuyo desplome sea mayor a un 10% del diámetro en toda su longitud, con un máximo de 10 cm de desplome.
15. El contratista deberá presentar a la terminación de cada pilote un récord del perfil estratigráfico encontrado, junto con informes sobre volumen en concreto utilizado, tiempo de excavación, tiempo de carga e imprevistos particulares.

16. La localización del concreto de los pilotes deberá ser por cuenta y responsabilidad del contratista con base en los ejes que localizará el propietario. Ningún pilote podrá quedar a una distancia mayor a 10 cm del sitio que le corresponde.
17. El orden de construcción de los pilotes deberá ser establecido de común acuerdo con el Ingeniero de Suelos de la obra. El contratista podrá elaborar el programa para ser aprobado por el Ingeniero de Suelos.
18. No se podrá colocar concreto en ningún pilote sin previa aprobación del Interventor o Asesor Técnico de la obra.
19. Será por cuenta del Contratista el retiro del material excavado en la obra, así como el mantenimiento del afirmado del piso y la evacuación del agua subterránea reemplazada por el concreto de los pilotes.
20. El propietario suministrará el agua potable necesaria para el trabajo, así como licencias y planos correspondientes.
21. El contratista deberá constatar si el subsuelo real corresponde a los perfiles estratigráficos indicados en el estudio de suelos. De no ser similar deberá dar aviso inmediato a fin de modificar como corresponde el diseño del pilotaje establecido.
22. Las propuestas deberán acompañarse de un plano de anteproyecto de distribución de pilotes y un cálculo aproximado de volumen de concreto requerido en cabezales.

23. Las propuestas deberán presentarse indicando el costo por metro lineal de pilotaje, incluyendo todos los materiales e incidencias de equipos y mano de obra. Deberá incluirse también el precio por metro lineal de la zona excavada entre la superficie del terreno y la cota superior del pilote.
24. El contratista deberá indicar la clase y cantidad de equipo que utilizará en la obra, horas de trabajo proyectadas por día y plazo estimado de ejecución del trabajo.
25. El contratista deberá mantener en la obra un Ingeniero Civil debidamente matriculado como responsable directo de la ejecución de los trabajos.
26. La propuesta deberá incluir la posible fecha de iniciación. Deberá especificarse por separado la forma de pago sugerida y el costo de pólizas de manejo y cumplimiento, etc. que serán por cuenta del contratista.

Las anteriores sugerencias pueden servir de base al pliego de condiciones para este trabajo. Una vez recibidas las propuestas y escogido el Contratista, el Ingeniero de Suelos revisará el predimensionamiento del pilotaje para su aprobación antes de iniciar la obra.

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES DE CONCRETO

HINCADOS CON MARTINETE

1. En la obra, en la oficina de Interventoría, debe existir una copia completa del informe de suelos y un esquema del perfil de suelos a encontrar con las posibles cotas a las que llegue la punta de los pilotes, los tipos de suelos a atravesar y en el cual se anotarán además las cotas reales a las cuales llegaron las puntas de los pilotes.

Además deberá existir un libro de Interventoría donde se consignen las anotaciones e informes de las visitas practicadas a la obra por el Ingeniero de Suelos.

2. Forma: Los pilotes se podrán diseñar como elementos prismáticos o cónicos, redondos, cuadrados u octagonales, siempre y cuando el contratista garantice el cumplimiento satisfactorio de su objetivo; en el caso de sección cuadrada como mínimo deberán tener las aristas biseladas a 45° y de un ancho de 2.5 cm en el bisel. Su longitud no podrá ser mayor de 50 veces el diámetro y el recubrimiento del acero como mínimo de 5 cm.
3. Longitud: En el informe de suelos se indicará claramente el nivel que debe alcanzar la punta de los pilotes y una longitud aproximada para ellos, sin embargo, previo a la orden de construcción se debe hacer una verificación de la longitud con base en los cortes definitivos del terreno, excavación para sótano, altura de los cabezote, excavación para tanques subterráneos, caja de ascensor etc.

4. Diseño y Construcción: Se podrán diseñar como columnas para resistir una carga estática de trabajo igual a 1.5 a 2.0 veces la carga de diseño dada en el informe de suelos, además se deberá diseñar para resistir los momentos y esfuerzos causados por la flexión y los impactos durante el manejo.

Se deberá utilizar un concreto que presente una resistencia a la compresión de 250 Kg/cm² a los 28 días.

La cantidad de refuerzo longitudinal mínima variará del 1 al 4% de la sección promedia del pilote, el área de refuerzo en espiral será igual al 0.5% de la sección promedia, el paso de este refuerzo como mínimo será igual al lado o diámetro del pilote, con excepción de los últimos tres diámetros en ambos extremos en donde el paso se reducirá a 1/3 parte. De acuerdo a las condiciones del suelo se podrán especificar por parte del Ingeniero de Suelos o por parte del Contratista algunas modificaciones para reforzar la punta en caso de capas duras, bolas de piedra, etc.

En general, el diseño estructural de los pilotes deberá ser establecido en cada caso con el Ingeniero Calculista o, en su defecto, el Contratista podrá bajo su responsabilidad elaborar sus propios diseños sometiéndolos a la aprobación del Ingeniero de Suelos o del Interventor.

5. Manejo: Los pilotes no se podrán mover del sitio de construcción hasta transcurridos como mínimo 21 días desde la fecha de su fabricación; en

condiciones excepcionales se podrá recortar este plazo con el Vo. Bo. Del Interventor y bajo la responsabilidad del Contratista.

Los pilotes serán marcados en dos o más puntos por medio de una faja de pintura con el fin de indicar los puntos de la colocación de las eslingas para manejo. Estos puntos deberán localizarse de tal forma que en cada uno de ellos las reacciones y los momentos sean de igual magnitud, o bien que sean los previstos en el diseño. No se dejarán caer libremente los pilotes ni golpearse entre sí y en caso de presentarse defectos o daños en el manejo, los pilotes podrán ser rechazados por el Interventor, quien ordenará la construcción de elementos nuevos.

6. Hincamiento: La edad mínima para comenzar el hincamiento de los pilotes será de 25 días, salvo aprobación del Interventor o del Ingeniero de Suelos y bajo responsabilidad del Contratista cuando sea este quien lo solicite.

Los pilotes serán hincados verticalmente hasta la profundidad requerida, mediante martinetes de vapor o combustión interna. El martinete y las partes golpeadas tendrán un peso mínimo igual al del pilote hincado y suministrarán una energía por golpe mayor de 0.15 Kg por cada kilo de peso hincado. La cabeza del pilote se deberá proteger con madera o rollos de manila para evitar su deterioro durante la operación del hincamiento.

Las cabezas de los pilotes en el punto de corte no podrán estar desplazadas más de 15 cm de lo indicado en los planos y no se permitirán desviaciones de la vertical de más del 3%. Cuando ocurra el caso de exceder la

especificación anterior, el proyecto del cimiento será recalculado y modificado para soportar las fuerzas excéntricas y horizontales resultantes debiendo hincarse pilotes adicionales si fuere necesario.

Para facilitar la localización de los pilotes se podrán hacer unas pequeñas plataformas en concreto pobre, dejando los huecos para atravesar por ahí los pilotes o hacer un pequeño hueco de localización en el sitio de cada pilote.

7. Orden de Hincamiento: La secuencia del hincamiento será tal que éste se inicie por el pilote más cercano al centroide del área de la cimentación y avance hacia los pilotes periféricos; previo Vo.Bo. del Interventor o del Ingeniero de Suelos se podrá modificar el orden de hincamiento.
8. Suspensión del Hincamiento: El hincamiento se dará por terminado en cualquiera de los casos siguientes:

Cuando se obtenga la condición de rechazo y/o cuando se pueda garantizar una capacidad de carga mayor o igual que la especificada, utilizando alguna fórmula del Constructor o de reconocida aceptación.

La condición de rechazo se puede considerar cuando la penetración sea menor de 0.1 mm por golpe para los últimos 10 golpes, o cuando se requieran más de 100 golpes para los últimos 20 cm, o bien, que el Ingeniero de Suelos o el Interventor así lo decidan.

9. Carga admisible: Del hincamiento de cada pilote se llevará un registro cuidadoso que servirá para evaluar con base en las fórmulas prácticas del equipo o las de reconocida aceptación, la resistencia del pilote. En casos de duda o a juicio del Interventor o del Ingeniero de Suelos se ejecutarán ensayos de carga directa cuyo costo se pagará por aparte al Contratista.

En los registros de hincamiento se deberá indicar claramente: localización del pilote, localización de la fundación respectiva, dimensiones y peso del pilote, características del equipo de hincamiento (peso, altura de caída, energía, etc.), debiendo llevarse un registro cuidadoso del número de golpes para penetrar tramos de pilote que no excedan de 30 cm.

10. Pilotes Dañados: Los pilotes defectuosos como los dañados en el hincamiento o con desviaciones intolerables serán reemplazados bien sea extrayendo el pilote defectuoso y reemplazándolo por uno nuevo o hincado un segundo pilote adyacente al pilote rechazado, en cuyo caso será necesario verificar el diseño del cabezote y las vigas de amarre.
11. Alternativas de Diseño: El contratista, previa aprobación del Interventor o del Ingeniero de Suelos, podrá hacer modificaciones al diseño original, variando la distribución de los pilotes o el número o resistencia de éstos, para tal caso se suministrarán los estados de carga a nivel de pedestal.
12. Empotramiento de los pilotes en los cabezotes: Las cabezas de los pilotes se empotrarán como mínimo 25 cm en el cabezal, se demolerá el resto del

concreto y el refuerzo descubierto se entrelazará con el refuerzo del cabezote o de las vigas de amarre.

13. Ensayos de Carga: De acuerdo a las características del pilotaje y a su comportamiento durante el hincado del Ingeniero de Suelos o el Interventor podrá solicitar ensayos de carga, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a. **Introducción:** Con el fin de confirmar las hipótesis de diseño y al mismo tiempo comprobar la calidad de la obra, se escogerá a juicio de Interventor, un número determinado de pilotes para ser sometidos a la acción de cargas conocidas. El número de pilotes que será sometido a prueba variará entre el 1 y 3% del total de pilotes.
- b. **Modo de ejecutar la prueba:** En primer lugar, debe asegurarse la cabeza del pilote, con el fin de evitar posibles movimientos laterales, pero sin ofrecer resistencia a las cargas verticales.

Para la aplicación de la carga puede utilizarse uno de los métodos que a continuación se detallan:

1. Colocar la plataforma apoyada sobre el pilote, la cual se irá cargando con sacos de arena o cemento, o cualquier carga medida con anterioridad.
2. Se colocan unos anclajes a lado y lado del pilotaje; a estos anclajes se amarra una viga metálica y se inserta un gato hidráulico entre la

- 7 -

viga y la cabeza del pilote. Los anclajes deben estar a una distancia no menor de 1.50 m del pilote de prueba. El gato hidráulico deberá ser calibrado con anterioridad, sometiendo el resultado del ensayo al Interventor. En el caso de que se utilice como reacción pilotes ya colocados en su sitio, la máquina hincadota deberá darles unos golpes adicionales después de terminar la prueba.

3. El contratista puede someter a consideración de la Interventoría cualquier otro sistema que crea adecuado.

En cualquier caso debe prepararse satisfactoriamente la cabeza del pilote, con el fin de evitar deterioros y para asegurar que la carga aplicada sea vertical y centrada.

Si se escogen pilotes construidos "in situ" cuya cabeza quede a cierta profundidad con respecto a la superficie actual del terreno, podrá usarse un tubo de acero para transmitir la carga. Este tubo, tendrá que ser sostenido en forma adecuada para evitar que resbale.

- c. Aplicación de la carga: La carga total de prueba será dos veces la carga de trabajo del pilote y se aplicará en incrementos del 25, 50, 75, 125, 150, 175 y 200%. Las lecturas de asentamiento se tomarán con una precisión de 0.25 mm. La primera lectura se hará inmediatamente antes de la aplicación del incremento de carga y las siguientes a 2, 4, 8, 15, 30 y 60 minutos y luego cada dos horas después de que este actuando la carga. Sólo podrá aumentarse la carga cuando la rata de asentamiento sea menor de 0.25

mm en una hora o cuando hayan transcurrido dos horas por lo menos. El pilote deberá soportar la carga total (el doble de la de diseño) por un periodo de 24 horas o más dependiendo de la rata de asentamiento en esta etapa; las lecturas serán tomadas a intervalos de seis horas.

El ensayo de carga de un pilote cualquiera solo podrá hacerse cuando hayan transcurrido por lo menos tres días después de su hincamiento.

En la descarga se medirá el rebote cuando se llegue al 75, 50, 25, 10 y 0% de la carga total. Cada descarga se hará con intervalos no menores de media hora y la medida de los rebotes deberá ser hecha inmediatamente antes y después de cada descarga. El rebote final será registrado 24 horas después de haber descargado totalmente el pilote.

- d. Presentación de los datos: Estos datos se presentarán en una hoja que incluya: nomenclatura, personal, día y hora en que se ejecutó la prueba, lectura de carga, lecturas de deflexión al principio, durante el proceso y al final de cada intervalo de aplicación de la carga y lo mismo para la fase de descarga. La información anterior también será presentada en forma gráfica.

14. Asentamientos: Una vez fundidos los cabezotes y los pedestales se deberá dejar referencias claras amarradas a un BM conocido para llevar el control de asentamientos a lo largo del proyecto. Este control se llevará en formatos especiales suministrados por esta oficina y sus datos se deberán remitir al Ingeniero de Suelos para su análisis y verificación. Como mínimo se deberá hacer

una nivelación cada vez que se funda una nueva losa o placa de entrepiso y posteriormente hasta la terminación de la obra con una periodicidad que no exceda los dos meses. Se deberá indicar al menos en forma aproximada la carga actuante sobre la fundación en el momento de hacer las nivelaciones. De todas maneras se dejarán marcas referenciadas en algunas columnas para verificar en cualquier momento de la vida los asentamientos del edificio.

15. Módulo de pilote. En general el contratista de pilotaje definirá la longitud de los elementos a hincar. Para equipos que se encuentran en el mercado actual la longitud de cada elemento es de 12 m. Se aclara que la junta entre elementos será la patentada por la firma piloteadora. Teniendo en cuenta que son juntas con patente no se incluyen detalles en esta especificación.

PANTALLAS

1. GENERALIDADES

Las pantallas de hormigón armado son paredes que se construyen antes de efectuar una excavación. Su función es contener e impermeabilizar los paramentos de ésta y adicionalmente transmitir en algunos casos las cargas verticales de la estructura al suelo de fundación.

2. PROCESO CONSTRUCTIVO

Inicialmente se fijan los límites de la pantalla y se funden muretes-guía con separación ligeramente superior al ancho del muro. Estos muretes tienen 25 a 30 cm de ancho y 70 a 75 cm de altura.

La perforación se efectúa por módulos alternos de 2 a 6 m de longitud, con ancho de 30 a 60 cm, según los diseños estructurales basados en la profundidad de excavación y en la longitud libre. Para mantener estables las paredes de la zanja se llena con una mezcla de bentonita con agua generalmente en proporción 50 Kg por m³.

Una vez efectuada la perforación, se realiza la limpieza del fondo de la zanja. Se aclara que el lodo puede reutilizarse siempre y cuando el contenido de arena no exceda el 4% y que la viscosidad medida en el cono Marsh esté entre 35 y 45 segundos. Con esto se evita la sedimentación del material y el desplazamiento fácil del lodo.

Antes de fundir el elemento se colocan los elementos de junta y se iza el refuerzo. Por dentro de él se colocan los tubos tipo tremie, los cuales deben mantenerse dentro del hormigón, durante el proceso de fundición, por lo menos 2 m para evitar el corte.

El concreto a colocar debe cumplir con las siguientes características:

- Slump mínimo medido con el cono de Abrams 16 a 20 cm.
- Tamaño máximo del agregado $1/8$ del diámetro de la tubería tremie utilizada.
- Dosificaciones de cemento superiores a 350 Kg/m^3 .
- El tiempo máximo entre vaciados de diferentes carros será de 1 a 1.5 horas, dependiendo del tiempo de fraguado de la mezcla.

Una vez terminada la fundición se esperará por lo menos 2 a 3 horas para retirar los elementos de junta.

3. OTRAS RECOMENDACIONES

Las pantallas en general no se diseñan para ser autoestables, aún así se empotran bajo la profundidad de excavación para que este empotramiento sirva de cimentación al muro, lo cual lo hace autoportante. La estabilidad horizontal durante la excavación la logra mediante el soporte dado por elementos estructurales, tales como vigas de concreto diagonales, vigas metálicas de apuntalamiento lateral o anclajes.

En general todas las pantallas cuentan con una viga cabezal de gran inercia en sentido horizontal que dará rigidez a la pantalla en sentido longitudinal.