

# **NORMA TÉCNICA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO**

**NCO-SE-AA-036**

**PILOTES**



<b>Código</b>	<b>NCO-SE-AA-036</b>
<b>Estado</b>	<b>VIGENTE</b>
<b>Versión</b>	<b>1.0 – 05/09/2011</b>
<b>Fuente</b>	<b>GUENA – EMCALI EICE ESP – CONSTRUCCIÓN</b>
<b>Tipo de Documento</b>	<b>NORMA TECNICA DE SERVICIO</b>
<b>Tema</b>	<b>ACUEDUCTO – ALCANTARILLADO</b>
<b>Comité</b>	<b>TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO</b>

<b>Título</b>	<b>PILOTES</b>
---------------	----------------

## ÍNDICE

	Pág.
1.0 PROLOGO	6
2.0 OBJETO	7
3.0 ALCANCE	7
4.0 DEFINICIONES	7
5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS	7
6.0 REQUISITOS	8
6.1 PILOTES DE CONCRETO REFORZADO	8
6.1.1 Materiales	8
6.1.2 Equipo	8
6.1.3 Ejecución de los Trabajos	9
6.1.3.1 Fabricación de los pilotes de concreto	9
6.1.3.1.1 Generalidades	9
6.1.3.1.2 Fabricación de los pilotes	9
6.1.3.1.3 Curado	10
6.1.3.1.4 Manejo	10
6.1.3.2 Instalación de los pilotes	10
6.1.3.2.1 Hincado	10
6.1.3.2.2 Extensión	12
6.1.3.2.3 Recortes	12
6.1.3.2.4 Gráficas de hincado	13
6.1.3.2.5 Pilotes de prueba	13
6.1.3.2.6 Seguridad	13
6.1.4 Condiciones para el recibo de los trabajos	14
6.1.4.1 Controles	14
6.1.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias	14
6.1.4.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla y de los productos de curado	14
6.1.4.2.2 Calidad de la mezcla	14
6.1.4.2.3 Refuerzo	15
6.1.4.2.4 Aceptación de pilotes para el hincado	15
6.1.4.2.5 Pruebas de carga estática	15
6.1.4.2.6 Tolerancias en la posición de los pilotes	15
6.2 PILOTES PREEXCAVADOS	16
6.2.1 Materiales	16
6.2.1.1 Concreto	16
6.2.1.2 Acero de refuerzo	16

6.2.1.3 Camisas de acero	16
6.2.1.4 Suspensión o lechada	16
6.2.2 Equipo	17
6.2.3 Ejecución de los trabajos	18
6.2.3.1 Planos de trabajo	18
6.2.3.2 Protección de estructuras existentes	18
6.2.3.3 Método de excavación	18
6.2.3.4 Excavaciones	19
6.2.3.5 Hincado de camisas	19
6.2.3.6 Suspensión o lechada	20
6.2.3.7 Inspección de la excavación	20
6.2.3.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo	20
6.2.3.9 Colocación, curado y protección del concreto	21
6.2.3.10 Pilotes acampanados de prueba	22
6.2.3.11 Pruebas de carga	22
6.2.4 Condiciones Para el Recibo de los Trabajos	22
6.2.4.1 Controles	22
6.2.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias	23
6.2.4.2.1 Calidad del concreto	23
6.2.4.2.2 Calidad del acero	23
6.2.4.2.3 Calidad de la suspensión	23
6.2.4.2.4 Camisas de acero	23
6.2.4.2.5 Tolerancias de construcción	23
6.2.4.2.6 Ensayos no destructivos	24
6.3 PILOTES DE MADERA	24
6.3.1 Materiales	24
6.3.1.1 Tratamiento de Inmunización	24
6.3.1.2 Protección de los Extremos	25
6.3.1.3 Almacenamiento y Manipulación	25
6.3.2 Equipos	25
6.3.3 Ejecución de los Trabajos	26
6.3.3.1 Planos de trabajo	26
6.3.3.2 Protección de estructuras existentes	26
6.3.3.3 Hincado	26
6.3.3.3.1 Obstrucciones al Hincado	27
6.3.3.3.2 Hincado por chorro a presión	27
6.3.3.3.3 Pilotes dañados, defectuosos o mal hincados.	28
6.3.3.3.4 Pilotes de Prueba	28
6.3.3.3.5 Ensayos de carga	28

6.3.4 Condiciones para el recibo de los trabajos	29
6.3.4.1 Controles	29
6.4 MANEJO AMBIENTAL	29
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	<b>30</b>

## **1.0 PROLOGO**

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

## **2.0 OBJETO**

Define las características técnicas para construcción de pilotes cuando estos sean requeridos por EMCALI EICE ESP en las obras de acueducto y alcantarillado.

## **3.0 ALCANCE**

Este trabajo consiste en la fabricación, transporte e hincado de pilotes de concreto reforzado, preexcavados, y de madera necesarios para la cimentación de pilas o estribos de puentes, losas de canales y otras estructuras arquitectónicas e hidráulicas, de acuerdo con esta norma, los planos del proyecto y las instrucciones de la Interventoría para EMCALI EICE ESP.

## **4.0 DEFINICIONES**

### **4.1 METODO HÚMEDO**

Cuando se trabaja con suelo húmedo o la perforación queda inundada el hormigón se vacía por el método Tremie, el cual su llenado es de flujo inverso en forma continua dentro de una tubería, deslizándose hacia el fondo y desplazando el agua de impurezas hacia la superficie.

### **4.4 PILOTES EN MADERA**

Pilotes constituidos por troncos de algunas especies arbóreas (mangle, ciprés y eucalipto)

### **4.3 PILOTES PREEXCAVADOS**

Este trabajo consiste en la construcción de pilotes de concreto fundidos in situ, con o sin bases acampanadas, cuya ejecución se efectúa excavando previamente el terreno y rellenando la excavación con hormigón fresco y las correspondientes armaduras, con los diámetros, longitudes y profundidades indicados en los planos del proyecto y de acuerdo con las instrucciones del Interventoría.

### **4.4 PILOTES REFORZADOS PARA HINCAR**

Son pilotes construidos en concreto con refuerzo de acero. Estos pilotes son prefabricados y luego transportados al sitio de instalación.

## **5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

### **AMERICAN SOCIETY TESTING METHOD**

- ASTM 5882-96 Standard test method for low integrity testing pile

### **ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIRÍA SISMICA**

- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 2010 (NSR-10).

**INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS)**

- Especificaciones INVIAS, Artículo 640 “Acero de Refuerzo”
- Especificaciones INVIAS, Artículo 630 “Concreto Estructural”
- Especificaciones INVIAS, Artículo 650 “Estructuras de Acero”
- Especificaciones INVIAS, Artículo 500 “Pavimento de Concreto Hidráulico”

**EMPRESAS MUNICIPALES DE EMCALI EICE ESP.**

- Concretos y morteros. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-AA-004)
- Criterios para planes de Manejo Ambiental. EMCALI EICE ESP (NPL-SE-AA-023)
- Programación y Control de proyectos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-038)

**6.0 REQUISITOS****6.1 PILOTES DE CONCRETO REFORZADO****6.1.1 Materiales**

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los pilotes reforzados, deben cumplir con los requisitos, consignados en las siguientes normas:

- Para el concreto, norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros”.
- Para el acero, el Título C de la norma “NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente”.

El concreto será de 280 Kg/cm<sup>2</sup>, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otra clase y el tamaño máximo del agregado será de veinticinco milímetros (25 mm).

Cualquier acelerante o aditivo que se use para el concreto debe estar libre de cloruro de calcio u otras materias corrosivas, y su uso será de responsabilidad del Contratista.

**6.1.2 Equipo**

En relación con el equipo requerido para preparar el concreto, se aplica lo pertinente de los numerales 500.3.1 y 500.3.2 del Artículo 500 de INVIAS “Pavimento de concreto hidráulico”, 630.3.1 del Artículo 630 de INVIAS “Concreto Estructural” y la norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros”, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos que el Contratista haya presentado de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-038 Programación y Control de proyectos”.

Las formaleas para la fabricación de los pilotes prefabricados serán metálicas, con acceso para el vibrado del concreto. Sus láminas deben ser lo suficientemente robustas para que las caras del pilote queden planas y lisas. Sólo se autoriza el uso de formaleas de madera, si el Contratista demuestra construir en ellas pilotes con las dimensiones y alineamientos exactos y con acabados iguales a los obtenidos con formaleas metálicas.



Se requieren también, equipos para el transporte, izado e hincado de los pilotes prefabricados. En relación con este último, los martillos, amortiguadores, cabezas de hincado, guías y otros aditamentos, deben ser sometidos a la aprobación previa de la Interventoría del proyecto. Una vez aceptado el sistema de hincado, el Contratista no podrá modificarlo sin la autorización de aquél.

La aprobación del equipo de hincado por parte de la Interventoría, no exonera al Contratista de su responsabilidad del hincado de los pilotes, libres de averías, a la capacidad de soporte y profundidad de punta indicadas en los planos o especificadas en las disposiciones especiales del proyecto.

### 6.1.3 Ejecución de los Trabajos

#### 6.1.3.1 Fabricación de los pilotes de concreto

##### 6.1.3.1.1 Generalidades

La fabricación de los pilotes de concreto se hará de acuerdo con las partes pertinentes de los Artículos 630 "Concreto Estructural", 650 "Estructuras de Acero" de INVIAS, la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros" y el Título C de la norma "NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente". Los materiales y procedimientos usados en la fabricación de los pilotes deben ser previamente aprobados por la Interventoría y están sujetos a su inspección durante la ejecución de los trabajos; deben permitir la producción de una manera ordenada, que garantice la obtención de un producto de características uniformes, de acuerdo con los diseños y dentro de las especificaciones. La compactación del concreto se hará por vibración.

La zona de fabricación debe ser adecuada para el buen desarrollo de todas las operaciones, perfectamente lisa y plana. Adicionalmente, se debe comprobar que en el terreno no se producen asentamientos que generen esfuerzos indeseados en los elementos prefabricados, durante y después de su endurecimiento, ni deformaciones geométricas más allá de las tolerables.

La Interventoría puede exigir todos los cambios que considere necesarios para cumplir con estos preceptos.

##### 6.1.3.1.2 Fabricación de los pilotes

Solamente se autoriza la colocación del concreto, cuando la Interventoría haya comprobado la exactitud en las dimensiones de las formaletas y la correcta colocación del acero de refuerzo, con un recubrimiento mínimo según los planos del proyecto, pero no menor a cinco centímetros (5 cm).

Si la sección del pilote es poligonal se dispondrá, como mínimo, una (1) varilla de armadura longitudinal en cada vértice. Si la sección es circular se repartirán uniformemente en el perímetro, con un mínimo de seis (6). En cualquier caso deben ser de una sola pieza. Si es necesario empalmar varillas en la armadura longitudinal, no podrá coincidir más de un traslapo en la misma sección transversal del pilote. En los pilotes de hormigón armado, sin pretensar, la armadura longitudinal tendrá una cuantía respecto al área de la sección transversal del pilote no menor del uno con veinticinco por ciento (1,25%) y el diámetro de las varillas no será menor de doce milímetros (12 mm). La armadura transversal tendrá una cuantía no menor del cero con dos por ciento (0,2%) respecto al volumen del pilote, en toda su longitud, y su diámetro no será menor de seis milímetros (6 mm). En punta y cabeza, y en una longitud no menor de tres (3) veces el diámetro de la circunferencia que circunscribe a la sección transversal del pilote, se duplicará dicha cuantía.

La punta del pilote, en una longitud mínima de treinta centímetros (30 cm), debe ser protegida con una punta de acero estructural, la cual estará soldada a las armaduras longitudinales y suplementarias de refuerzo.

El vaciado del concreto para cada pilote debe ser continuo desde el inicio hasta su terminación; debiendo iniciarse en la cabeza del pilote y continuar hacia la punta. El concreto debe ser vibrado, con procedimientos adecuados que no produzcan segregación de los agregados ni desplacen el acero de refuerzo o las formaletas teniendo como base la norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-004 Concretos y Morteros”. Al terminar la fabricación de cada pilote, se deben marcar cerca de la cabeza con el número de identificación, la fecha de fabricación, la de pretensado (si aplica), su longitud y los puntos de izada. Cualquier uso de acelerantes requiere la autorización previa de la Interventoría.

En la fabricación de pilotes debe tenerse en cuenta que éstos deben ser capaces de soportar las operaciones de transporte, manejo e hinca de forma que no se produzcan roturas ni fisuras mayores de quince centésimas de milímetro (0,15 mm). No deben tener una flecha, producida por peso propio, mayor de tres milésimas partes (0,003) de su longitud, ni pandeos locales superiores a un centímetro por metro (1 cm/m) de longitud de éste.

#### 6.1.3.1.3 Curado

El curado del concreto se extenderá por un período mínimo de siete (7) días, a no ser que el Contratista pueda aplicar procedimientos que permitan acortar ese tiempo.

#### 6.1.3.1.4 Manejo

El manejo de los pilotes durante la remoción de formaletas, curado, transporte y almacenamiento debe ser tal, que no produzca sino esfuerzos mínimos en el concreto, principalmente los de flexión y evite fisuras, roturas, descascaramiento u otros daños, principalmente con pilotes que vayan a ser expuestos a agua salada o con sulfatos, para que sus materiales no sean sometidos a ellos.

El transporte de los pilotes desde el sitio de fabricación, solamente se puede efectuar cuando el concreto haya alcanzado por lo menos un ochenta por ciento (80%) de la resistencia mínima a compresión especificada para los veintiocho (28) días.

Al izar un pilote para cualquier operación de manejo, éste debe quedar suspendido en no menos de dos puntos, preferiblemente en los puntos quintos extremos, pero a no más de seis metros (6.0 m) entre sí, de tal manera que no comprometa su integridad estructural, ni cause excesivas tensiones en el elemento. La iza se suspenderá siempre que la velocidad del viento supere 50 km/h.

Los pilotes sólo pueden ser hincados luego de veintiocho (28) días de su fabricación.

En el caso de que un pilote resultara dañado por cualquier procedimiento inadecuado durante su manejo, será rechazado para hinca.

### 6.1.3.2 Instalación de los pilotes

#### 6.1.3.2.1 Hincado

El Contratista debe ejecutar los pilotajes bajo la dirección o asesoría permanente de un especialista en esta clase de trabajo.

Las excavaciones para fundaciones en las cuales se contemplen pilotes prefabricados, deben ser terminadas antes que se inicie el hincado del pilote.

Durante las operaciones de hincado, el Contratista sólo debe usar los métodos previamente aprobados. En caso de que se requiera cualquier variación en el método, será indispensable la aprobación escrita de la Interventoría.

El hincado de pilotes a través de jarillones o diques y cimentaciones de estructuras hidráulicas terraplenes recientemente construidos se hará mediante agujeros taladrados o punzonados a través del jarillón o cimentación, cuando su altura sea superior a un metro y medio (1.50 m). Los agujeros deben tener una dimensión no inferior a la mayor sección transversal del pilote más quince centímetros (15 cm). Una vez hincado el pilote, se debe rellenar el espacio en derredor hasta el nivel de la superficie, empleando arena o gravilla. El material resultante de los agujeros debe ser dispuesto en lugar aprobado por la Interventoría.

Los pilotes se deben hincar hasta el valor mínimo de punta y capacidad de carga indicados en los documentos del proyecto. La Interventoría deberá verificar la capacidad de carga de los pilotes, empleando algún método debidamente reconocido.

El hincado se debe hacer en operación continua hasta alcanzar la penetración final. Cuando la operación de hincado tenga que ser interrumpida, no se empezará a medir la penetración por golpe sino después de un (1) minuto de reiniciar la operación.

Los pilotes se deben hincar en los sitios exactos y con las inclinaciones indicadas en los planos o modificadas por la Interventoría; y se deben asegurar contra cualquier desplazamiento o movimiento lateral, mediante el uso de guías u otro sistema aceptado por la Interventoría.

Después del hincado, se demolerán las cabezas de los pilotes, hasta dejarlas al nivel especificado y, en todo caso, en una longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpeo del martillo. La demolición se hará con cuidado, para no dañar el concreto restante.

El Contratista debe llevar un registro completo del hincado de cada pilote con la siguiente información básica:

- a) Dimensiones del pilote.
- b) Número y localización del pilote.
- c) Tipo y tamaño del martinete.
- d) Tipo y dimensiones del bloque para protección de la cabeza del pilote.
- e) Número de golpes por minuto efectuados por el martillo.
- f) Número de golpes por pie de penetración.
- g) Número de golpes por pulgada para el último pie de penetración,
- h) Elevación final de la punta del pilote.
- i) Todos los demás datos que la Interventoría haya solicitado.

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no serán aceptados. Ellos deben ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, sin costo adicional para EMCALI EICE ESP, si la extracción es completa. En otros casos, podrán ser sustituidos por pilotes hincados en sus proximidades variando, si conviene, la forma y armaduras del encepado y sin que implique costo adicional para EMCALI EICE ESP. La sustitución será sometida siempre a la aprobación previa de la Interventoría.

Siempre que haya duda sobre la integridad de un pilote, la Interventoría puede solicitar pruebas adicionales para determinar su estado, tales como pruebas de carga y pruebas de integridad de pilotes;

de acuerdo con los resultados de estas pruebas, la Interventoría indicará las medidas por tomar para solucionar el problema.

Los pilotes mal hincados, por falta de precisión en su posición o inclinación, pueden ser sustituidos como en el caso de los pilotes rotos, o bien podrán ser aceptados, a juicio de la Interventoría, haciendo las modificaciones que correspondan al encepado.

Todos los costos adicionales que se deriven del daño, rotura o mal hincado de los pilotes, deben ser asumidos por el Contratista.

Se podrá utilizar lanza de agua, en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en los planos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. Esta inyección de agua se aplicará a una presión inferior a un megapascal (1 MPa), durante la hinca. La lanza de agua deberá emplearse tan sólo con autorización de la Interventoría y se aplicará con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se suspenderá cuatro metros (4 m) por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, que debe acabarse siempre por el procedimiento ordinario. También se suspenderá, si el pilote se empieza a torcer, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

En el caso de hinca de grupos cerrados de pilotes, se comenzará hincando las filas centrales; siguiendo después hacia las exteriores.

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hinquen, la resistencia del pilote no se considerará superior a la resistencia de la junta de empalme, la cual estará dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

#### 6.1.3.2.2 Extensión

La Interventoría determinará en el terreno la longitud final requerida de los pilotes, con base en las cotas mínimas a que deban llegar, según lo indiquen los planos y de acuerdo con la información obtenida durante el hincado. Si los pilotes no soportan la respectiva carga de diseño, se deben extender con secciones prefabricadas o fundidas en sitio, como se indica a continuación.

El concreto de la parte superior del pilote se debe remover, dejando expuestas las varillas longitudinales en un tramo de cuarenta (40) diámetros. El corte final del concreto debe ser perpendicular al eje del pilote. Si la extensión se hace con una sección de pilote prefabricada, ésta se debe preparar de la misma manera. Si la extensión se funde totalmente en el sitio, el acero de refuerzo de ella se colocará sobre el extremo recortado del pilote hincado.

Las formaletas para la extensión no deben permitir filtraciones de la mezcla y deben estar dispuestas en tal forma, que la extensión quede perfectamente centrada y alineada con el pilote hincado. El concreto empleado para la extensión debe ser de la misma calidad que el usado en el pilote. No se quitarán las formaletas antes de siete (7) días, ni se proseguirá con la hinca antes de los veintiocho (28) días después de haber vaciado el concreto para la extensión. Si la Interventoría acepta el uso de acelerantes, determinará el tiempo necesario para proseguir con la operación de hincado.

#### 6.1.3.2.3 Recortes

Después de haber terminado el hincado, los pilotes permanentes deben ser recortados al nivel especificado en los planos y, en todo caso, en la longitud suficiente para sanear todo el concreto que pueda haber quedado resentido por el golpeo del martillo. El recorte se hará con cuidado, para no afectar el concreto restante. Las fracciones de pilotes recortadas se deben conservar y, cuando la Interventoría lo indique, se podrán usar para alargar pilotes, haciendo el respectivo empalme. Al terminar todo el trabajo de hinca de los pilotes, los recortes hechos y los pilotes sobrantes deben ser guardados cuidadosamente

en el lugar de la obra o en uno adyacente a ella, para uso posterior, si es necesario. El Contratista debe retirar, a su costa, todos los aditamentos que hayan sido necesarios para la hinca.

#### 6.1.3.2.4 Gráficas de hincado

El Contratista debe elaborar y entregar a la Interventoría, para uso en la evaluación de la capacidad de carga de los pilotes, gráficas de hincado de un pilote permanente hincado en cada cimentación, además de las que debe elaborar para los pilotes de prueba. La Interventoría indicará los pilotes para los cuales se deben hacer las gráficas.

#### 6.1.3.2.5 Pilotes de prueba

Los pilotes de prueba y los pilotes utilizados para pruebas de carga estática, cuando se indique en los documentos del proyecto, deben ser suministrados en las longitudes ordenadas e hincados en los sitios y niveles indicados por la Interventoría, antes de ordenar el hincado de los pilotes definitivos. El ensayo debe realizarse de acuerdo con la norma “ASTM 5882-96 Standard test method for low integrity testing pile” o mediante ensayos ultrasónicos con el método Cross-Hole.

En general, la longitud de los pilotes de prueba debe ser mayor que la de los pilotes definitivos, para suplir cualquier variación que se presente en las condiciones del terreno. El equipo de hinca que se utilice para los pilotes de prueba debe ser idéntico al que el Contratista proponga utilizar para hincar los pilotes definitivos.

A menos que la Interventoría permita algo diferente, el Contratista debe excavar el terreno en cada sitio de prueba, hasta el fondo proyectado de la zapata o cabezal, antes de comenzar el hincado del pilote.

Los pilotes de prueba se deben hincar con el número de golpes de martillo establecido por la Interventoría a la elevación de punta estimada. Los pilotes que no obtengan el número especificado de golpes a una profundidad de treinta centímetros (30 cm) por encima de la elevación de punta estimada, indicada en los documentos del proyecto, se deben dejar reposar por un período de doce (12) a veinticuatro (24) horas, antes de hincarse de nuevo.

Siempre que sea posible, se debe calentar el martillo antes de reiniciar el hincado, aplicando un mínimo de veinte (20) golpes a otro pilote. Si no se obtiene el número de golpes especificado, la Interventoría podrá ordenar al Contratista hincar parte o la totalidad del pilote de prueba o repetir el procedimiento de hincado, con intervalos de reposo.

Cuando lo ordene la Interventoría, los pilotes de prueba hincados a nivel de proyecto que no tengan el número de golpes especificado, deben ser empalmados e hincados, hasta obtener la capacidad de soporte requerida.

#### 6.1.3.2.6 Seguridad

Los trabajos de hinca y recorte de pilotes involucran riesgos de operación que deben ser adecuadamente considerados por el Contratista. El personal que emplee para ello debe acreditar experiencia en este tipo de faena y utilizar los elementos de seguridad adecuados para ella. La Interventoría ordenará la suspensión de los trabajos si detecta que el Contratista descuida estas precauciones.

## 6.1.4 Condiciones para el recibo de los trabajos

### 6.1.4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la Interventoría adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista emplee el equipo aprobado y comprobar su estado de funcionamiento.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aprobados.
- Comprobar que los materiales cumplen los requisitos de calidad exigidos en el numeral 6.1.1 de la presente norma.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales requeridas.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Contratista.

### 6.1.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### 6.1.4.2.1 Calidad de los ingredientes de la mezcla y de los productos de curado

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630 de INVIAS, "Concreto estructural".

#### 6.1.4.2.2 Calidad de la mezcla

##### a. Dosificación

Al respecto, se aplica el criterio indicado en el inciso 630.5.2.5.a. del Artículo 630 de INVIAS "Concreto Estructural".

##### b. Consistencia

En relación con la consistencia de la mezcla, resulta aplicable el criterio expuesto en el inciso 630.5.2.5.b. del Artículo 630 de INVIAS "Concreto Estructural" y la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y Morteros".

##### c. Resistencia

Por cada grupo de diez (10) pilotes prefabricados o por cada día de trabajo, según determine la Interventoría, se tomarán al azar dos (2) o tres (3) muestras de la mezcla, según el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-401 de INVIAS y la norma de EMCALI EICE ESP. "NCO-PM-AA-004 Concretos y Morteros".. Con dichas muestras se elaborarán y curarán cilindros, conforme se establece en la norma de ensayo INV E-402 de INVIAS, los cuales se romperán por compresión simple a los veintiocho (28) días, según la norma INV E-410 de INVIAS.

El promedio de las resistencias de estos dos (2) o tres (3) cilindros elaborados y rotos simultáneamente, se toma como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto se considera satisfactoria, si ningún ensayo presenta una resistencia a compresión inferior a la especificada en más de treinta y cinco

kilogramos por centímetro cuadrado ( $35 \text{ kg/cm}^2$ ) y, simultáneamente, el promedio de tres (3) ensayos consecutivos iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si una o ambas exigencias se incumplen, la Interventoría revisará los pilotes fundidos con el concreto representado por dichas mezclas, para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Contratista, a su costa, tome núcleos de dichas zonas, de acuerdo con la norma INV E-418 de INVIAS.

Se deberán tomar, al menos, tres (3) núcleos por cada resultado de ensayo inconforme. Los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se fallarán a continuación.

La resistencia del concreto de los pilotes representados por los núcleos se considera aceptable, si el promedio de resistencia de los tres (3) núcleos, corregida por esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85%) de la resistencia especificada en los planos, siempre y cuando ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75%) de dicha resistencia.

Si estos criterios no se cumplen, el Contratista podrá solicitar a la Interventoría que le permita la colocación de los pilotes siempre que, a expensas de aquél, se hagan pruebas de carga sobre ellos. La Interventoría podrá rechazar o aceptar la ejecución de dichas pruebas. Si las rechaza, los pilotes no podrán ser utilizados. Si las acepta y las pruebas dan resultado satisfactorio, se aceptarán los pilotes en discusión, pero si el resultado no es satisfactorio, el Contratista debe adoptar, a su costa, las medidas correctivas que solicite la Interventoría, los cuales pueden ser similares a las recomendaciones del numeral 6.1.3.2.1 para los pilotes rotos.

#### 6.1.4.2.3 Refuerzo

No se acepta ninguna tolerancia en relación con la calidad del acero, establecida en el numeral 640.2 del Artículo de INVIAS 640 Acero de Refuerzo” En relación con la colocación de la armadura, se aceptan las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2 del mismo Artículo.

#### 6.1.4.2.4 Aceptación de pilotes para el hincado

Los pilotes prefabricados solamente serán aceptados para el hincado, si cumplen con las dimensiones del diseño, con esta norma y con las especificaciones particulares del contrato, si las hay. Sus superficies deberán ser lisas, uniformes, libres de bordes salientes, hormigueros u otros defectos.

Los pilotes que presenten desperfectos superficiales, deformaciones, deficiencias en dimensiones, grietas, o señales de haber sido averiados durante su manejo, deben ser rechazados por la Interventoría.

#### 6.1.4.2.5 Pruebas de carga estática

Cuando, a juicio de la Interventoría, haya necesidad de comprobar la capacidad de soporte de los pilotes, se efectuarán ensayos de carga estática por los procedimientos establecidos en la norma ASTM D-1143.

Si los documentos del proyecto lo consideran, se deben realizar pruebas de carga dinámica.

#### 6.1.4.2.6 Tolerancias en la posición de los pilotes

La desviación del alineamiento de un pilote, respecto de la inclinación especificada, no puede ser mayor del tres por ciento (3%) de la longitud del pilote.

El desplazamiento de la cabeza del pilote La desviación del alineamiento de un pilote, respecto de la inclinación especificada, no puede ser mayor del tres por ciento (3%) de la longitud del pilote.

Cuando se trate de pilotes cuya punta deba descansar sobre estratos muy resistentes, la Interventoría debe vigilar, mediante una cuidadosa nivelación, que la hinca de unos pilotes no produzca la elevación de

los ya hincados, lo cual podría ocasionar que éstos perdieran el contacto con dicho estrato. Si así fuera, ordenará al Contratista rehincar los pilotes hasta asegurar el mencionado contacto.

Todos los trabajos cuya calidad y terminación no cumplan lo especificado en la presente norma, deben ser corregidos por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones de la Interventoría y a plena satisfacción de ésta.

## **6.2 PILOTES PREEXCAVADOS**

### **6.2.1 Materiales**

#### **6.2.1.1 Concreto**

Salvo que los documentos del proyecto establezcan un valor diferente, el concreto utilizado en la construcción de los pilotes tendrá las características correspondientes a la clase C indicada en el Artículo 630 de INVIAS, "Concreto estructural", aceptando un tamaño máximo en el agregado hasta de 32 mm, y debe tener una manejabilidad suficiente para garantizar una continuidad absoluta en su colocación, aún extrayendo la entubación, con una consistencia líquida. También debe considerarse la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y Morteros".

#### **6.2.1.2 Acero de refuerzo**

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo cumplirá con las características indicadas en el Título C de la norma "NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente".

Las armaduras transversales se sujetarán a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se pueden admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deberán estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto.

#### **6.2.1.3 Camisas de acero**

El acero estructural empleado en la fabricación de las camisas de entubación debe ser de calidad AASHTO M-270, grado 36, a no ser que los documentos del proyecto exijan algo diferente.

#### **6.2.1.4 Suspensión o lechada**

La lechada empleada en el proceso de perforación debe ser una suspensión mineral, con suficiente viscosidad y características gelatinosas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado. El porcentaje y densidad del material utilizado en la suspensión deben ser suficientes para mantener la estabilidad de la excavación y permitir el vaciado del concreto. Un rango aceptable de valores de las propiedades físicas de la suspensión, se indica en la Tabla 1.



Tabla 1 Características de la suspensión mineral

PROPIEDAD	RANGO DE VALORES		MÉTODO DE PRUEBA
	ANTES DE LA INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN	AL TIEMPO DE COLADO	
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1030 - 1100	1030 - 1200	Balanza de lodos
Viscosidad	28 - 45	28 - 45	Marsh Funnel
pH	8 - 11	8 - 11	Medidor de pH
<p>Notas Tabla 1:</p> <p>(a) Los valores de densidad aumentan 30 kg/m<sup>3</sup> en agua salada.</p> <p>(b) El Cono de Marsh especificado corresponde al modelo de 152 mm en boca de entrada y 4,76 mm en boca de salida, embudo de 305 mm de altura y salida de 50 mm de altura.</p> <p>(c) Si se requiere eliminación de arena, el contenido de ésta no debe exceder el 4% por volumen, en cualquier punto de la excavación del pozo, de acuerdo con la prueba establecida por el Instituto Americano del Petróleo.</p> <p>Las pruebas de viscosidad y pH se deben realizar durante la excavación del pozo, para establecer un patrón de trabajo consistente.</p> <p>Antes de colocar las armaduras del pilote de hormigón armado, se deben tomar muestras del fondo a intervalos que no excedan los 3 metros para la altura total de la lechada mineral. Cualquier lechada altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pilote debe ser eliminada. La lechada mineral debe estar dentro de los requisitos especificados inmediatamente antes de la colocación del hormigón del pilote.</p>			

Fuente: Artículo 621 de INVIAS

Otras suspensiones conteniendo polímeros, polímeros con bentonita en aditivo u otras arcillas pueden ser usadas como lodos de estabilización en base a la experiencia de casos previos, en condiciones geotécnicas similares o peores o en el caso de realizar excavaciones de ensayo a escala natural in situ, deben cumplir con lo especificado en la Tabla 1.

De todas maneras antes del uso de la lechada o suspensión, el contratista debe presentar las pruebas de laboratorio requeridas para verificar la conformidad con las especificaciones contenidas en este numeral.

### 6.2.2 Equipo

La construcción de pilotes preexcavados requiere de equipos para la elaboración de agregados pétreos y la fabricación del concreto, los cuales deben estar de acuerdo con lo indicado en los numerales 500.3.1 y 500.3.2 del Artículo 500 de INVIAS "Pavimento de concreto hidráulico", 630.3.1 del Artículo 630 de INVIAS "Concreto estructural" y la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y Morteros", teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos que el Contratista haya presentado de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-AA-038 Programación y Control de proyectos".

En relación con el resto del equipo requerido, depende del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto, y en general cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

### **6.2.3 Ejecución de los trabajos**

#### **6.2.3.1 Planos de trabajo**

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Contratista debe remitir a la Interventoría, para su revisión y aprobación, los planos de trabajo que incluyan los siguientes puntos principales:

- a) Programación y Control del proyecto
- b) Lista del equipo propuesto.
- c) Detalles de la secuencia de construcción.
- d) Detalles de los métodos de excavación de pozos.
- e) Detalles del método propuesto para mezclar, recircular y desarenar la lechada, en caso de que se requiera.
- f) Detalles de los métodos de limpieza.
- g) Detalles de la colocación del refuerzo.
- h) Detalles de colocación, curado y protección del concreto.
- i) Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales,
- j) Información adicional requerida por la Interventoría.

El Contratista no podrá iniciar la construcción de pilotes preexcavados mientras los planos de trabajo no hayan sido aprobados por la Interventoría. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos por la utilización de dichos planos.

#### **6.2.3.2 Protección de estructuras existentes**

El Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para evitar daños a las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos. Estas medidas incluyen, pero no se limitan, a la selección de los métodos y procedimientos de construcción que eviten socavación excesiva en la excavación de pozos, monitoreo y control de vibraciones provenientes del hincado de camisas y de la perforación del pozo o de las voladuras, en caso de que ellas se permitan.

Se debe verificar la localización de redes de servicios públicos existentes con el fin de evitar interferencias tanto aéreas como subterráneas.

Todos los daños y molestias que se produzcan por este motivo son de su única y absoluta responsabilidad y, por lo tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que deban acometerse para enfrentar y resolver la situación planteada, correrán por cuenta del Contratista.

#### **6.2.3.3 Método de excavación**

Toda excavación de fundaciones en las cuales existan pilotes preexcavados o perforados, debe ser terminada antes que se inicie la construcción de los pilotes. Cuando se deban instalar pilotes preexcavados en conjunto con la colocación de terraplenes, los pilotes deben ser construidos después de la colocación del relleno, al menos que en los planos del proyecto o la Interventoría indiquen lo contrario.

Se debe llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consigne la profundidad y estratigrafía del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso.

Las excavaciones para pilotes y cimientos acampanados se efectuarán de acuerdo con las dimensiones y cotas indicadas en los planos u ordenadas por la Interventoría. El método por utilizar será el señalado en los documentos del proyecto y debe ser el adecuado para los fines propuestos y los materiales existentes. Si no se indica ningún método en particular, el Constructor puede seleccionar y utilizar el sistema que considere apropiado para realizar el trabajo, el cual debe someter a la aprobación de la Interventoría.

#### 6.2.3.4 Excavaciones

Se inicia la perforación con la localización topográfica del prehueco de acuerdo a los planos del proyecto. Si se detectan interferencias se desplazará su localización previa aprobación de la interventoría. De no encontrarse interferencias se da continuidad a la excavación, verificando que la pala y el equipo rotativo se encuentren nivelados para garantizar la verticalidad del pilote

La cota de fondo del pilote mostrada en los planos se podrá ajustar durante el proceso de construcción, si la Interventoría determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del material considerado en el diseño de los pilotes.

El Constructor tomará las muestras o núcleos de roca indicados en los planos u ordenados por la Interventoría para determinar las características del material que se encuentra por debajo de la excavación del pilote. La Interventoría determina, una vez inspeccionados los núcleos o las muestras, la profundidad final de la excavación del pozo.

Los materiales provenientes de la excavación y los líquidos utilizados en la perforación deben ser retirados, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el proyecto o según lo ordene la Interventoría.

Cuando los planos indiquen cimientos acampanados, éstos deben ser excavados para conformar un área de apoyo de la forma y tamaño indicados en los planos. La forma de campana se obtendrá mediante la utilización de métodos mecánicos de excavación.

Si durante el proceso de construcción, y debido a la calidad del suelo es necesario aumentar los volúmenes de excavación, previa autorización y aprobación de la Interventoría, estos serán considerados por EMCALI EICE ESP para efectos de pago. Los volúmenes de excavación siempre deben de ser autorizados y aprobados por la Interventoría.

#### 6.2.3.5 Hincas de camisas

Los revestimientos o camisas deben ser metálicos, lisos, herméticos y suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de manejo e hincado, lo mismo que la presión ejercida por el concreto y el material de terreno circundante. El diámetro exterior de las camisas no debe ser inferior al tamaño especificado del pilote.

Las camisas, sean temporales o definitivas, se hincarán por un procedimiento adecuado, empleando equipos previamente aprobados por la Interventoría.

En el caso de camisa permanentes y al término de la excavación, el encamisado debe ser recortado a la cota indicada.

Las camisas temporales deben ser retiradas mientras el concreto sea manejable. Generalmente, el retiro de las camisas temporales no se debe iniciar hasta tanto el concreto no se encuentre a nivel o por encima

de la superficie del terreno. Se permite el empleo de un movimiento de rotación de la camisa ejerciendo presiones hacia arriba para facilitar su extracción o la utilización de un implemento vibratorio. La extracción de la camisa se debe realizar lentamente, a una velocidad uniforme, con una tracción paralela al eje del pilote. Sobre el fondo de la camisa se debe mantener una cabeza de concreto suficiente para vencer la presión hidrostática ejercida por el agua o el líquido de perforación que esté por fuera de la camisa.

#### 6.2.3.6 Suspensión o lechada

Cuando se deba emplear la suspensión cuyas características se han definido en el numeral 6.2.1.4, su nivel se debe mantener a una altura conveniente para evitar la desestabilización del terreno de la excavación.

La suspensión mineral debe ser premezclada con agua dulce y permitírsele suficiente tiempo de hidratación, antes de introducirla en la excavación del pozo.

Cuando lo indiquen los documentos del proyecto, se deben proporcionar tanques adecuados para la suspensión, pero en este caso no se permiten pozos excavados de suspensión, a menos que la Interventoría lo autorice por escrito. Se deben tomar las medidas que se requieran, tales como agitación, circulación y ajuste de las propiedades de la suspensión, con el fin de evitar el fragüe de ésta en la excavación del pozo.

Antes de colocar el concreto del pilote, se deben tomar muestras de la suspensión desde el fondo y a intervalos que no superen tres metros (3.0 m) en toda la altura de la suspensión. Cualquier suspensión altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pozo, debe ser eliminada.

La suspensión mineral debe estar dentro de los requisitos de las especificaciones, inmediatamente antes de la colocación del concreto del pilote.

#### 6.2.3.7 Inspección de la excavación

El Contratista debe suministrar equipo para verificar las dimensiones y alineamientos de cada excavación de pilotes. Tal verificación debe hacerla bajo la dirección de la Interventoría. La profundidad final del pozo se mide luego de completar la limpieza final.

La excavación del pozo se debe limpiar hasta que el cincuenta por ciento (50%) de la base, como mínimo, tenga menos de un centímetro (1.0 cm) de sedimento y, en ningún lugar de la base, más de cuatro centímetros (4.0 cm) de sedimento.

La limpieza del pozo debe ser aprobada por la Interventoría.

#### 6.2.3.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo

La canasta de refuerzo comprende espaciadores, centralizadores y otros accesorios necesarios completamente ensamblados y colocados como una unidad, inmediatamente después de que la Interventoría inspeccione y acepte la excavación del pozo y antes de la colocación del concreto.

El acero de refuerzo dentro del pozo se debe amarrar y soportar dentro de las tolerancias permitidas, hasta que el concreto lo soporte por sí mismo.

Al izar la canastilla de acero e introducirla en la excavación se deben verificar niveles para garantizar su posición final de acuerdo con los planos de diseño, prestando especial cuidado a la longitud del acero que debe quedar por fuera de la cota superior de la excavación, la cual servirá de amarre para la estructura de cimentación.

Cuando se coloque el concreto por medio de tubería de vaciado, se deben utilizar dispositivos de anclaje temporales, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto.

Los espaciadores de concreto o cualquier otro dispositivo de separación no corrosivo, aprobado, debe ser utilizado a intervalos que no excedan de uno y medio metros (1.5 m) a lo largo del pozo, para garantizar la posición concéntrica de la canasta dentro de la excavación.

Cuando las varillas de refuerzo longitudinal exceden de veinticinco milímetros (25 mm) (No.8), dicho espaciamiento no debe ser mayor de tres metros (3.0 m).

#### 6.2.3.9 Colocación, curado y protección del concreto

El concreto debe ser colocado tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo con todos sus aditamentos.

El Contratista debe tener en cuenta que en ningún momento la altura de caída del hormigón sea más de 1.50 m, en caso que el concreto vaya a ser colocado bajo agua o suspensión, debe ser colocado mediante un tubo de vaciado (tubo Tremie) o por medio de bombeo. El tubo Tremie se mantendrá en todo momento con su punta hundida a lo menos dos metros (2 m) en el hormigón fresco. De esta forma, se garantizará la salida del hormigón contaminado a la superficie para su eliminación.

La colocación del concreto debe ser continua hasta la cota superior del pozo y continuarse una vez llenado éste, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. No se acepta, en ningún caso, interrupciones, motivando el rechazo del pilote, si esto sucede.

Para pozos con diámetros inferiores a dos metros con cuarenta centímetros (2.40 m), el tiempo transcurrido desde el comienzo de colocación del concreto hasta su terminación no debe exceder de dos (2) horas. Para pozos de diámetro igual o mayor, la rata de colocación de concreto no debe ser inferior a un tramo de nueve metros (9.0 m) de altura del pozo por cada período de dos (2) horas.

La mezcla del concreto debe ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos (2) horas.

Cuando la cota superior del pilote queda por encima del terreno, la porción que sobresale del terreno debe ser conformada con una formaleta removible o una camisa permanente, cuando así lo establezcan los documentos del proyecto.

El concreto del pilote debe ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros (5.0 m) debajo de la superficie del terreno, excepto cuando el material blando o suspensión que permanezca en la excavación pueda mezclarse con el concreto.

Luego de la colocación, las superficies expuestas transitoriamente del pilote de concreto deben ser curadas. No se deben ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante cuarenta y ocho (48) horas después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote. Solamente se permite un vibrado moderado.

Las partes de pilotes expuestas a cuerpos de agua, deben ser protegidas contra la acción del agua, dejando las formaletas por lo menos siete (7) días después de la colocación del concreto. Ver norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros”

Antes de colocar el concreto en las excavaciones, debe tomarse el slump (asentamiento) y los cilindros requeridos para los especímenes que se someterán a los ensayos respectivos para evaluar la resistencia a la compresión del concreto.

#### 6.2.3.10 Pilotes acampanados de prueba

Se deben construir pilotes de prueba, cuando se establezca de esta forma en los documentos contractuales. Dichas pruebas se utilizarán para determinar si los métodos, el equipo y procedimientos empleados por el Constructor son suficientes para lograr excavaciones de pilotes que cumplan con los requisitos de los planos y las especificaciones.

El Contratista debe revisar sus métodos y equipo cuando sea necesario, en cualquier tiempo, durante la perforación de agujeros para pilotes de prueba, con el fin de completar satisfactoriamente la excavación.

La localización del pilote de prueba debe ser la indicada en los planos u ordenada por la Interventoría. El diámetro y profundidad de los agujeros de pilotes de prueba deben ser los mismos de los pilotes preexcavados definitivos mostrados en los planos u ordenados por la Interventoría. Los agujeros se llenan con concreto simple, de la misma manera que los pilotes definitivos, a menos que se muestre en los planos o se indique por la Interventoría un material diferente de relleno.

#### 6.2.3.11 Pruebas de carga

Si los documentos del proyecto establecen la ejecución de pruebas de carga, éstas se deben completar antes de proceder a la construcción de los pilotes preexcavados definitivos.

El Contratista debe suministrar las cotas de punta especificadas para los pilotes definitivos dentro de las dos (2) semanas después de la última prueba de carga, lapso dentro del cual la Interventoría analizará la información de las pruebas.

La localización de los pilotes de prueba y los pilotes de reacción, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que debe suministrar el Contratista y la ejecución real de las pruebas de carga, corresponderán a lo indicado en los planos o en las disposiciones especiales.

Luego de completarse la prueba, los pilotes de reacción que no han de ser utilizados como pilotes definitivos, se cortan a un metro (1.0 m) por debajo de la superficie del terreno, y la parte cortada debe ser retirada por el Contratista.

### **6.2.4 Condiciones Para el Recibo de los Trabajos**

#### 6.2.4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la Interventoría adelanta los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Contratista
- Verificar que el Contratista emplee el equipo aprobado y comprobar permanentemente su estado de funcionamiento.
- Vigilar que el Contratista aplique métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Exigir al Contratista la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 6.2.1 de la presente norma.
- Ordenar las pruebas de carga necesarias y efectuar en ellas las determinaciones pertinentes.

- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Contratista, de acuerdo con la presente norma.

#### 6.2.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 6.2.4.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y la mezcla de concreto, regirá lo establecido en la norma de EMCALI EICE ESP “NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros”.

##### 6.2.4.2.2 Calidad del acero

Al respecto, deberá cumplirse lo establecido en la norma de INVIAS, Artículo 640 “Acero de Refuerzo EMCALI EICE ESP.

##### 6.2.4.2.3 Calidad de la suspensión

Sus características deben ajustarse, en todo, a las exigencias del numeral 6.2.1.4 de la presente norma.

##### 6.2.4.2.4 Camisas de acero

Su calidad debe satisfacer las exigencias del numeral 6.2.1.3. Su diámetro es el establecido en los documentos del proyecto, con las tolerancias que se indican en el numeral siguiente.

##### 6.2.4.2.5 Tolerancias de construcción

En la construcción de los pilotes preexcavados, se aceptan las siguientes tolerancias de construcción:

- a) El desplazamiento horizontal de los pilotes preexcavados, con respecto a la posición indicada en los planos del proyecto, no debe exceder de siete y medio centímetros (7.5 cm), en cualquier dirección, en el nivel proyectado para la cabeza del pilote.
- b) El alineamiento vertical de la excavación del pilote no debe variar del alineamiento proyectado en más de dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- c) Luego de colocado el concreto, el extremo superior de la canasta de refuerzo no debe quedar más de quince centímetros (15 cm) por encima ni más de siete y medio centímetros (7.5 cm) por debajo de la posición proyectada.
- d) Cuando se utilicen camisas, su diámetro exterior no debe ser inferior al diámetro del pilote indicado en los planos. En caso contrario, el diámetro mínimo del pozo perforado debe ser igual al diámetro indicado en los planos para diámetros de sesenta centímetros (60 cm) o menos y hasta dos y medio centímetros (2.5 cm) menor de dicho diámetro, para pozos de diámetro superior a sesenta centímetros (60cm).
- e) El área de apoyo de pilotes acampanados debe ser excavada, como mínimo, igual al área de apoyo proyectada. Cualquier otra dimensión indicada para cilindros acampanados, puede variar para ajustarse al equipo utilizado, siempre que lo apruebe la Interventoría.
- f) El nivel superior del pozo no debe exceder de dos y medio centímetros (2.5 cm) del nivel superior especificado.
- g) El fondo de la excavación del pozo debe quedar normal al eje de éste, con una desviación máxima de seis centímetros por metro (6 cm/m) de diámetro del pozo.

No se acepta ningún pilote que no cumpla con las tolerancias estipuladas. En tal caso, el Contratista debe remitir para aprobación de la Interventoría los métodos correctivos y no puede continuar con la construcción del pilote, hasta obtener la aprobación respectiva.

#### 6.2.4.2.6 Ensayos no destructivos

Cuando el pilote se construya por el método húmedo y cuando lo exijan los documentos del proyecto o la Interventoría, el pilote terminado se debe someter a pruebas no destructivas para determinar el alcance de los defectos que puedan presentarse en él.

El trabajo para tales pruebas se debe hacer de acuerdo con los planos o las instrucciones de la Interventoría, y los materiales, equipos y personal calificado que sean necesarios, deben ser suministrados por el Contratista.

Si los resultados de los ensayos no destructivos, tales como ensayos sónicos o de impedancia mecánica, revelan posibles anomalías, la Interventoría puede ordenar la comprobación del diseño teórico del pilote o la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación puede establecer la necesidad de realizar pruebas de carga, la reparación del pilote o su rechazo, siendo los costos, en cualquier caso, a cargo del Contratista.

En el evento que pruebas realizadas descubran la presencia de vacíos o discontinuidades que, en opinión de la Interventoría, indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, o que disminuyan su capacidad estructural en más del 20%, el pilote se rechazará y se suspenderá la construcción de pilotes adicionales hasta que el Contratista repare, reemplace o suplemente el trabajo defectuoso, y la Interventoría apruebe el trabajo de reparación. La suspensión en la construcción de pilotes preexcavados deberá permanecer, hasta que el Interventoría apruebe las modificaciones que se deban hacer a los métodos de construcción de los pilotes, presentadas por el Contratista.

Todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes preexcavados debe ser corregido por el Contratista, a su costa, de acuerdo con las instrucciones de la Interventoría y a plena satisfacción de ésta.

### **6.3 PILOTES DE MADERA**

EMCALI EICE ESP no acepta en la ejecución de sus obras la utilización de pilotes de madera. Sólo podrán ser aceptados en casos excepcionales mediando la autorización y aprobación previa de la entidad ambiental competente y la justificación pertinente.

Los aspectos técnicos contemplados en este ítem, servirán de base en el caso eventual de la utilización de pilotes de madera.

#### **6.3.1 Materiales**

Los pilotes serán de madera de eucaliptos, ciprés o mangle. El Contratista hará por su cuenta el suministro, inmunización, manejo, transporte, hincado y prueba de pilotes.

##### 6.3.1.1 Tratamiento de Inmunización

Si la madera ha sido ya tratada (ciprés, eucaliptos u otras especies que se consideren apropiadas), el Contratista mantendrá el tratamiento en buen estado y si la superficie sufre daños, reparará el daño con el mismo preservativo usado, a satisfacción de la Interventoría.

Los pilotes inmunizados con creosota, después de hincados y cortada su cabeza, recibirán en el corte tres capas de creosota caliente y una aplicación de compuesto sellante.



Este compuesto sellante consistirá de una mezcla de resina de alquitrán mezclada con creosota en forma que tenga consistencia plástica apropiada. Los huecos, cortes y averías pequeñas serán tratados en la misma forma.

Si la madera es mangle, el contratista debe tratar los tres (3) metros de extremo grueso del pilote en la siguiente forma: en un recipiente de hormigón armado o de otro material adecuado y de dimensiones que el Contratista determinará de acuerdo con la Interventoría, el Contratista colocará los pilotes en posición vertical o casi vertical y llenará dicho recipiente con una mezcla de 60% de creosota y 10% de Fuel oil, mezclas que se mantendrá a 70°C, hasta llenar el recipiente. Se acepta como alternativa una mezcla de pentaclorofenol al 5% al volumen en Fuel Oil, en frío. El grupo de pilotes así tratado permanecerá sumergido en el recipiente por un tiempo mínimo de dos horas. El Contratista deberá mantener el nivel de la mezcla en el recipiente al nivel máximo.

#### 6.3.1.2 Protección de los Extremos

Los pilotes de madera, cualquiera que sea la clase de madera, deben tener sus extremos protegidos en la forma siguiente:

A la punta se le dará forma de pirámide truncada de 30 cms de longitud con cuatro lados. Esta pirámide será cubierta con una punta o herrón hecho de lámina de acero (1/16 pulgadas) de espesor, de 30 cms de longitud y apropiadamente soldada. Se asegurará a la madera con 4 puntillas. El espacio entre la madera y el herrón se llenará con una lechada de cemento (1 parte de cemento y 3 partes de arena muy fina y limpia). Las dimensiones y forma de la punta del pilote y de su herrón se deberán mostrar en los planos de construcción.

La cabeza del pilote se protegerá de la deformación producida por el golpe del martinete, atándola con un mínimo de diez (10) vueltas de alambre de acero No. 10 (3.4 mm de espesor).

El alambre debe ser alojado en ranuras hechas en la madera o asegurado de alguna manera efectiva, a satisfacción de la Interventoría para que no se mueva durante el hincado y cumpla su función.

#### 6.3.1.3 Almacenamiento y Manipulación

Se manejarán los pilotes con sumo cuidado durante su almacenamiento e hincado para evitar daños a la superficie. Si estos se producen, el Contratista hará la reparación a satisfacción de la Interventoría. Se tendrá especial cuidado con la cabeza y con el tratamiento dado a los pilotes de mangle en sus 3 metros del extremo grueso.

### 6.3.2 Equipos

Los pilotes deben ser hincados con un martinete que de un golpe de por lo menos 2100 m-kg (1500 pies-libra).

Se requieren, también, equipos para el transporte e izado de los pilotes. Con relación al hincado de los pilotes, los martillos, amortiguadores, cabezas de hincado, guías y otros aditamentos, deben ser sometidos a la aprobación previa de la Interventoría del proyecto. Una vez aceptado el sistema de hincado, el Contratista no podrá modificarlo sin la autorización de aquél.

La aprobación del equipo de hincado por parte de la Interventoría, no exonera al Contratista de su responsabilidad del hincado de los pilotes, libres de averías, a la capacidad de soporte y profundidad de punta indicadas en los planos o especificadas en las disposiciones especiales del proyecto.

### **6.3.3 Ejecución de los Trabajos**

#### **6.3.3.1 Planos de trabajo**

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Contratista debe remitir a la Interventoría, para su revisión y aprobación, los planos de trabajo que incluyan los siguientes puntos principales:

- a) Lista del equipo propuesto.
- b) Detalles de la secuencia de construcción.
- c) Detalles de los métodos de limpieza.
- d) Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales,
- e) Información adicional requerida por la Interventoría.

El Contratista no podrá iniciar las obras mientras los planos de trabajo no hayan sido aprobados por la Interventoría. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos por la utilización de dichos planos.

#### **6.3.3.2 Protección de estructuras existentes**

El Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para evitar daños a las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos.

Todos los daños y molestias que se produzcan por este motivo son de su única y absoluta responsabilidad y, por lo tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que deban acometerse para enfrentar y resolver la situación planteada, correrán por cuenta del Contratista.

#### **6.3.3.3 Hincado**

Si se hincan pilotes con martillos vibratorios, se probará por lo menos un pilote índice por cada 1000 metros cuadrados de zapatas ancladas a pilotes, pero no se probarán menos de dos pilotes por estructura. El martinete usado debe tener guías rígidas y apropiadas para mantener el pilote en posición correcta durante el hincado y el martillo deberá tener cabeza en campana.

El hincamiento debe ser una operación continua, pero si se interrumpe antes de alcanzar la penetración completa, los registros no se deberán reanudar hasta que el pilote haya penetrado 30 cms. Después de reanudada la operación, se dejará constancia de esto en los registros.

No se permitirá cambiar la posición de pilotes verticales para darles inclinación. Si el pilote va inclinado así se debe hincar.

El uso de guías (followers) en el martinete no se permitirá, a menos que la Interventoría lo apruebe previamente. Si un pilote sufre averías en la cabeza, será cortada. Si el pilote se raja, se rompe o no hinca satisfactoriamente se abandonará o se extraerá y se hincará otro, según lo disponga la Interventoría.

El Contratista debe llevar un registro completo del hincado de cada pilote con la siguiente información básica:

- a) Dimensiones del pilote.
- b) Número y localización del pilote.
- c) Clase de madera
- d) Fecha, hora de iniciación y terminación.
- e) Número de golpes por pie de penetración.
- f) Tipo y tamaño del martinete.
- g) Tipo y dimensiones del bloque para protección de la cabeza del pilote.
- h) Número de golpes por minuto efectuados por el martillo.
- i) Número de golpes por pulgada para el último pie de penetración,
- j) Cota final de la punta y de la cabeza cortada del pilote.
- k) Todos los demás datos que la Interventoría haya solicitado.

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no serán aceptados. Ellos deben ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, sin costo adicional para EMCALI EICE ESP, si la extracción es completa.

Siempre que haya duda sobre la integridad de un pilote, la Interventoría puede solicitar pruebas adicionales para determinar su estado, tales como pruebas de carga y pruebas de integridad de pilotes; de acuerdo con los resultados de estas pruebas, la Interventoría indicará las medidas por tomar para solucionar el problema.

Todos los costos adicionales que se deriven del daño, rotura o mal hincado de los pilotes, deben ser asumidos por el Contratista.

#### 6.3.3.3.1 Obstrucciones al Hincado

Si el número de golpes por unidad de bajada aumenta notablemente, se puede suponer que la punta ha encontrado una obstrucción. Si por el contrario disminuye notablemente, se puede suponer que se ha quebrado. La Interventoría resolverá en tales casos el procedimiento a seguir. Incluyendo el abandono del pilote y el hincado de uno nuevo.

El Contratista debe tener equipo apropiado para perforar a través de obstrucciones (spudding) y lo usará a satisfacción del Interventor.

#### 6.3.3.3.2 Hincado por chorro a presión

Este procedimiento se usará únicamente cuando lo ordene la Interventoría. Se usará equipo adecuado para darle al agua la presión y cantidad necesaria, sin afectar la capacidad del pilote.

Se suspenderá el chorro de agua 1.20 m antes de la posición final y se terminará el hincado con el martinete.

#### 6.3.3.3.3 Pilotes dañados, defectuosos o mal hincados.

Si después de hincado un pilote aparece dañado, hincado a mayor profundidad de la especificada o mal hincado, la Interventoría lo rechazará y ordenará su extracción o su corte. El Contratista reemplazará este pilote sin costo adicional para EMCALI EICE ESP.

#### 6.3.3.3.4 Pilotes de Prueba

Por cada 500 pilotes para cada estructura se hará un ensayo de carga. El pilote para el ensayo de carga podrá usarse para la fundición, pero el costo de su hincado no podrá incluirse con el de los demás, pues será pagado como pilote de ensayo.

El pilote escogido debe ser igual a los restantes; el equipo usado para el hincamiento debe ser el mismo a usarse para los restantes y las circunstancias para hincarlos las mismas. Solamente habrá equipo adicional para medir el resultado del ensayo.

El pilote se hincará en un sitio que corresponda a un pilote de la estructura. Si no llena los requisitos, se hincará otro de mejores características.

#### 6.3.3.3.5 Ensayos de carga

Una vez que se haya completado el hincado de un pilote sin daños ni defectos, el Contratista hará un ensayo de carga de dicho pilote. El ensayo se hará utilizando una carga igual al doble de la carga de diseño del pilote (siguiendo la Norma ASTM D-1113-69).

Observaciones sobre asentamiento se harán utilizando un extensómetro que dé lecturas hasta de .001 pulgadas. Además se harán observaciones con un nivel de precisión y una mira que permita leer hasta un milímetro.

El método de aplicar la carga y el programa para la prueba lo presentará el Contratista a la Interventoría con anticipación para aprobación, de manera que no demore la construcción de la obra.

La carga de prueba se aplicará en siete incrementos de 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75 y 2.0 veces la carga de diseño.

Las lecturas de asentamiento y de rebote deben ser referidas a un BM cercano y deben registrarse con precisión de un milímetro, para incrementos o decrementos de carga. Después de que la carga haya llegado a la carga de diseño, la carga adicional debe dejarse hasta que no haya asentamiento en dos horas.

La carga total de prueba se dejará en sitio hasta que el asentamiento sea igual o menor que 0.3 mm en 48 horas. La carga de prueba será removida en decrementos no mayores de .25 del total en períodos no menores de una hora. El rebote será medido después de removido cada decremento, pero el rebote total será medido 24 horas después de que la carga haya sido totalmente removida.

La carga admisible en el pilote será la menor de la dada por los cálculos siguientes:

- El 50% de la carga que cause un asentamiento neto no mayor de 3 milímetros por tonelada de carga aplicada. Asentamiento neto es igual al asentamiento total, debido a la carga total, menos el rebote total medido.
- El 50% de la carga que cause un asentamiento neto de 20 milímetros. Asentamiento neto en este caso es igual al asentamiento total debido a la carga total menos el acortamiento elástico en el pilote debido a la carga total.

Si la carga admisible así calculada es menor que la carga de diseño el pilote será rechazado y deberá repetirse el ensayo utilizando un pilote de mayores dimensiones, hincado como pilote de prueba.

Los resultados del ensayo deben ser analizados y coordinados por el Interventor, en relación con el hincado para utilizarlos en el ensayo siguiente.

### **6.3.4 Condiciones para el recibo de los trabajos**

#### 6.3.4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la Interventoría adelantará los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Contratista
- Verificar que el Contratista emplee el equipo aprobado y comprobar permanentemente su estado de funcionamiento.
- Vigilar que el Contratista aplique métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Exigir al Contratista la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en los numerales 6.3.1.1, 6.3.1.2 y 6.3.1.3 de la presente norma.
- Ordenar las pruebas de carga necesarias y efectuar en ellas las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Contratista, de acuerdo con la presente norma.

### **6.4 MANEJO AMBIENTAL**

Todas las labores de pilotes prefabricados de concreto, preexcavados o de madera se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes del DAGMA, CVC y/o autoridad ambiental competente sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales – o entidades ambientales competentes - y la norma de EMCALI EICE ESP “NPL-SE-AA-023 Criterios para planes de Manejo Ambiental”.

## 7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

Pliego de especificaciones técnicas particulares para la realización de control de pilotes; INGECIM, S.L.  
iingecim@ingecim.com