



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

"Proceso constructivo de pilas circulares en presencia de mantos colgados de agua"

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
KAREN CECILIA GUTIÉRREZ MÉNDEZ

TUTOR PRINCIPAL
M.I. JAIME ANTONIO MARTÍNEZ MIER
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

MAYO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto
Secretario: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio
Vocal M.I. Martínez Mier Jaime Antonio
1^{er}. Suplente: M.C. Esteban Figueroa Palacios
2^{do}. Suplente: M. en I. Luis Candelas Ramírez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, CDMX, México

TUTOR DE TESIS:

M.I. Jaime Antonio Martínez Mier

FIRMA

Dedicatorias

A mi madre María de Lourdes Méndez de la Peña por ser mi guía y mi consejera de vida, por estar en cada momento de mi vida alentándome. Simplemente gracias. Te amo.

A mis amigos por entusiasmarme a seguir progresando y estar conmigo en cada momento de mi vida.

A mi padre Miguel Gutiérrez García por alentarme a estudiar una maestría. Te amo.

A toda mi familia por siempre creer en mí.

Agradecimientos

A mi tutor de tesis y profesor de la maestría, el M.I. Jaime Antonio Martínez Mier, por su apoyo, consejos y paciencia.

A mi alma mater la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por permitirme seguir formándome en sus aulas.

A cada uno de mis profesores de la maestría, por ser inspiración a mi desempeño profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo recibido durante mi maestría.

Índice

Introducción.....	1
Justificación de la investigación	2
Alcances de la investigación	2
Objetivo de la tesis.....	2
<i>Capítulo I.</i> Estudios geotécnicos de cimentación en sitios de mantos colgados.....	3
1.1. Normatividad en la Ciudad de México	4
1.2. Investigación del subsuelo	8
1.2.1. Aspectos generales	8
1.2.2. Piezometría.....	10
1.3. Análisis e interpretación de estudios geotécnicos de cimentaciones	14
1.3.1. Estudio geotécnico	14
<i>Capítulo II.</i> Mantos colgados de agua.....	18
2.1. Origen	19
2.2. Implicaciones en el diseño y construcción geotécnica.....	19
2.3. Zonas con mantos colgados	23
<i>Capítulo III.</i> Pilas coladas en presencia de mantos colgados de agua	25
3.1. Aspectos generales de proyecto y construcción de pilas	26
3.2. Construcción de pilas.....	27
3.2.1. Características de una pila	27
3.3. Equipo de construcción.....	32
3.3.1. Perforadoras rotatorias	32
3.3.2. Grúas	34
3.3.3. Ademes.....	35
3.3.4. Botes campana.....	36
3.3.5. Vibrohincadores.....	36
3.3.6. Osciladoras	37
3.4. Proceso constructivo de pilas en presencia de mantos colgados	38
<i>Capítulo IV.</i> Seguridad y calidad en la obra.....	46
4.1. Sistema de seguridad en la obra	47
4.1.1. Estudio y plan de seguridad.....	47

4.1.2.	Estudio de seguridad	47
4.1.3.	Plan de seguridad	48
4.1.4.	Equipo de protección	48
4.1.5.	Instrucciones de seguridad durante la construcción de pilas	50
4.2.	Seguridad e Higiene.....	51
4.3.	Entorno legal de la seguridad y calidad en las obras	52
4.3.1.	Normatividad.....	54
4.4.	Reglamento de seguridad	55
4.5.	Supervisión.....	56
<i>Capítulo V. Costos directos de construcción de pilas circulares</i>		58
5.1.	Consideraciones generales para los costos.....	59
5.4.	Comparativa de costos	69
<i>Capítulo VI. Conclusiones.....</i>		72
<i>Bibliografía</i>		75
<i>Anexo 1. Cuadrillas de trabajo.....</i>		77
<i>Anexo 2. Factor de salario real.....</i>		81
<i>Anexo 3. Listado de costos horarios, equipo y herramienta</i>		83
<i>Anexo 4. Listado de materiales</i>		88
<i>Anexo 5. Análisis de precios unitarios</i>		90

Introducción

En la Ciudad de México ha sido un tema fundamental conocer en qué subsuelo se va a construir, para lograr un adecuado diseño y construcción de cimentaciones. En la presente tesis se hace mención a un factor poco difundido, que es la presencia de “mantos colgados de agua”.

El objetivo de esta investigación es saber de qué manera las condiciones del subsuelo, en específico cuando se presentan mantos colgados de agua, afectaría en el proceso constructivo de las pilas de cimentación, así como en el costo. Por lo anterior, se lleva a cabo una comparación de dos tipos de procesos constructivos.

Se discuten como se originan los mantos colgados de agua y en qué zonas geotécnicas de la Ciudad de México es más común encontrarlos; se señalan, además, las mediciones piezométricas que deben realizarse en el predio donde se vaya a construir, y los diferentes tipos de piezómetros que pueden emplearse.

Se tratan dos métodos constructivos aplicables a estas condiciones: en el primero donde las pilas no tienen ampliación en la base (campana) y en el segundo en el que sí la tienen. De esta comparativa se concluye que hay una diferencia significativa, tanto en el proceso constructivo, como en el aspecto económico. El análisis se realizó con costos directos y con diferentes diámetros y profundidades, para las dos condiciones. Se pretende demostrar que el empleo de ampliación en la base (campana), es un método más eficiente cuando existen mantos colgados de agua debido a que:

- La perforación puede ser de menor diámetro.
- El uso de lodos bentoníticos es en solo una parte de la perforación, donde se presenta manto colgado.
- El manto colgado se confina con ademe metálico.
- Hay reducciones en costo al utilizar ampliación de base (campana).

En la tesis se toman se tratan aspectos fundamentales de la seguridad y calidad en la obra, así como las normativas mexicanas existentes, en particular las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones (NTCDCC) para el Distrito Federal, en lo referente a la presencia de mantos colgados y aspectos relacionados con la construcción de pilas coladas en el lugar.

Finalmente se llegan a las conclusiones en las que se comprueba la hipótesis antes hecha, y se proponen futuras líneas de investigación.

La información recabada en este trabajo fue a través de la investigación de diferentes tesis, libros, publicaciones de diferentes autores y normas manejadas en la CDMX.

Justificación de la investigación

En la Ciudad de México siempre ha sido un factor muy importante conocer en qué tipo de subsuelo se va a construir para lograr un adecuado diseño y construcción de cimentaciones. Sin embargo, es aún poco conocido entre muchos ingenieros la presencia en el subsuelo de “mantos colgados de agua”, los cuales tienen implicaciones importantes en el diseño y construcción de pilas coladas en el lugar.

El fenómeno de mantos colgados de agua se presenta en zonas específicas de la Ciudad de México, principalmente en Zona II o de transición, aunque es probable que vaya avanzando hacia Zona III o de Lago, por lo que la investigación y divulgación de su existencia en cimentaciones mediante pilas, es importante.

Alcances de la investigación

Establecer un proceso constructivo adecuado de pilas coladas en el lugar en presencia de mantos colgados de agua, conforme a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones vigentes, su debida ejecución, control de calidad y seguridad.

Objetivo de la tesis

Divulgar las implicaciones que tiene un manto colgado de agua en la Ciudad de México en el proyecto y construcción de pilas coladas en el lugar, incluyendo el proceso óptimo para su construcción, seguridad y economía.

Capítulo I. Estudios geotécnicos de cimentación en sitios de mantos colgados

En este capítulo se presenta un resumen de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, así como de diferentes métodos de exploración del subsuelo y su importancia para un adecuado diseño de la cimentación y proceso constructivo. Se mencionan los diferentes tipos de piezómetros utilizados para conocer el estado de presiones de agua en el subsuelo y el nivel de aguas freáticas.

Esta investigación enfatiza la importancia de un buen estudio de mecánica de suelos, y de conocer lo mejor posible el suelo donde se va a construir, incluyendo la presencia de mantos colgados de agua.

1.1. Normatividad en la Ciudad de México

La normatividad de la Ciudad de México para el estudio y construcción de cimentaciones está plasmada en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones (NTCDCC) del Reglamento para Construcción en el Distrito Federal vigente¹. En la Tabla 1.1 se resumen puntos relevantes de las normas a considerar en un estudio geotécnico de cimentaciones, marcando la cita de mantos colgados de agua, y en la Figura 1.1 se reproduce la zonificación geotécnica de la Ciudad de México.

Tabla 1.1. Requisitos mínimos de investigación del subsuelo¹

Titulo	Descripción
Investigación del subsuelo y colindancias	Deben investigarse el tipo y condiciones de cimentación de las construcciones colindantes (en estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamientos del suelo y desplomes), y tomarse en cuenta en el diseño y construcción de la cimentación en proyecto. También se investigarán la localización y las características de las obras subterráneas cercanas, existentes o proyectadas, pertenecientes a la red de transporte colectivo, de drenaje y de otros servicios públicos, con objeto de verificar que la construcción no cause daños a tales instalaciones ni sea afectada por ellas.
Reconocimiento del sitio	<p>Tipo de zona:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Zona I o de Lomas b) Zona II o de Transición c) Zona III o Lacustre <p>En las zonas II y III, debe averiguarse la historia de cargas del predio y existencia de cimentaciones antiguas, restos arqueológicos, rellenos superficiales (antiguos o recientes), variaciones fuertes de estratigrafía, suelos inestables o colapsables, o cualquier otro factor que pueda originar asentamientos diferenciales de importancia, para ser tomado en cuenta en el diseño. También en estas zonas se investigará la existencia de grietas en el terreno (principalmente en las áreas de transición abrupta entre las zonas I y III). En la zona II, la exploración del subsuelo debe planearse tomando en cuenta que suele haber irregularidades en el contacto entre las diversas formaciones así como mantos de agua colgada y variaciones importantes en el espesor de los suelos compresibles.</p>

¹ NTCDCC, Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones, México, CDMX, 2017

Exploraciones	<p>Las investigaciones mínimas del subsuelo son indicadas en la Tabla 1.2. El número mínimo de exploraciones a realizar (pozos a cielo abierto o sondeos) será de una por cada 80 m o fracción del perímetro o envolvente de mínima extensión de la superficie cubierta por la construcción en las zonas I y II, y de una por cada 120 m o fracción de dicho perímetro en la zona III. La profundidad de las exploraciones dependerá del tipo de cimentación y de las condiciones del subsuelo, pero no será inferior a dos metros bajo el nivel de desplante. Los sondeos que se realicen con el propósito de explorar el espesor de los materiales compresibles en las zonas II y III deberán, además, penetrar en el estrato incompresible al menos 3 m y, en su caso, en las capas compresibles subyacentes si se pretende apoyar pilotes o pilas en dicho estrato. En edificios formados por cuerpos con estructuras desligadas, deberán realizarse exploraciones suficientemente profundas para poder estimar los asentamientos inducidos por la carga combinada del conjunto de las estructuras individuales.</p>
Determinación de las propiedades de laboratorio	<p>El número de ensayos realizados deberá ser suficiente para clasificar con precisión el suelo de cada estrato. En materiales arcillosos, se harán por lo menos dos clasificaciones y determinaciones de contenido de agua por cada metro de exploración y en cada estrato individual identificable. Las propiedades mecánicas (resistencia y deformabilidad a esfuerzo cortante y compresibilidad) e hidráulicas (permeabilidad) de los suelos se determinarán, en su caso, mediante procedimientos de laboratorio aceptados.</p>
Investigación del hundimiento regional	<p>En las zonas II y III, se tomará en cuenta la información disponible respecto a la evolución del proceso de hundimiento regional que afecta la parte lacustre de la Ciudad de México y se preverán sus efectos a corto y largo plazo sobre el comportamiento de la cimentación en proyecto. Se recurrirá a las instituciones públicas (Comisión Nacional del Agua y Sistema de Aguas de la Ciudad de México) encargadas del seguimiento de este fenómeno para obtener esta información.</p> <p>En edificaciones de los grupos A y B1, la investigación respecto al fenómeno de hundimiento regional deberá hacerse por observación directa de piezómetros y bancos de nivel colocados con suficiente anticipación al inicio de la obra, a diferentes profundidades y hasta los estratos profundos, alejados de cargas, estructuras y excavaciones que alteren el proceso de consolidación natural del subsuelo. En el caso de los bancos de nivel profundos, se deberá garantizar que los efectos de la fricción negativa actuando sobre ellos no afectarán las observaciones.</p>

Las NTCDC especifican los requisitos mínimos de investigación del subsuelo en la Ciudad de México para la Zona II; estos requisitos se anotan en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Requisitos mínimos para la investigación del subsuelo en la Zona II para construcciones pesadas, extensas o con excavación profunda³

Construcciones pesadas, extensas o con excavaciones profundas
Son de esta categoría las edificaciones que tienen al menos una de las siguientes características: Peso unitario medio de la estructura $w > 40 \text{ kPa}$ (4 t/m^2) Perímetro de la construcción: $P > 80 \text{ m}$ en las Zonas I y II; o $P > 120 \text{ m}$ en la Zona III Profundidad de desplante $D_f > 2.5 \text{ m}$
ZONA II 1) Inspección superficial detallada después de limpieza y despalme del predio para detección de rellenos sueltos y grietas. 2) Sondeos para determinar la estratigrafía y propiedades índice y mecánicas de los materiales del subsuelo y definir la profundidad de desplante mediante muestreo y/o pruebas de campo. En por lo menos uno de los sondeos, se obtendrá un perfil estratigráfico continuo con la clasificación de los materiales encontrados y su contenido de agua. Además, se obtendrán muestras inalteradas de los estratos que puedan afectar el comportamiento de la cimentación. Los sondeos deberán realizarse en número suficiente para verificar si el subsuelo del predio es uniforme o definir sus variaciones dentro del área estudiada. 3) En caso de cimentaciones profundas, investigación de la tendencia de los movimientos del subsuelo debidos a consolidación regional y determinación de las condiciones de presión del agua en el subsuelo, incluyendo detección de mantos acuíferos colgados.

Procedimiento constructivo

En cuanto a procedimiento constructivo de cimentación con pilas las NTCDC, indican lo siguiente:

- La colocación de pilotes y pilas se ajustará al proyecto correspondiente, verificando que la profundidad de desplante y el número y espaciamiento de estos elementos correspondan a lo señalado en los planos estructurales. Los procedimientos para la instalación de pilotes y pilas deberán garantizar la integridad de estos elementos y que no se ocasione daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.
- En el caso de elementos de cimentación de concreto reforzado se aplicarán procedimientos de construcción que garanticen el recubrimiento requerido para manual procurando que la herramienta de ataque no produzca fisuras en el concreto que

³ NTCDC, Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones, México, CDMX, 2017

recibirá la cimentación. En el caso de pilas coladas en seco, la longitud adicional podrá ser de 50 por ciento del diámetro de las mismas, evitando remover el concreto de esta parte en estado fresco con el propósito de que el “sangrado” del concreto se efectúe en dicha zona. Esta parte se demolerá siguiendo los lineamientos indicados en el punto anterior.

- En cualquier tipo de pila, será necesario construir un brocal antes de iniciar la perforación a fin de preservar la seguridad del personal y la calidad de la pila por construir.
- No deberán construirse pilotes de menos de 600 mm de diámetro hasta 20 m de profundidad, ni pilas de menos de 800 mm hasta 30 m de profundidad, ni de menos de 1000 mm hasta profundidades mayores. Las pilas deberán ser construidas con ademe o estabilizadas con lodos a menos que el estudio del subsuelo muestre que la perforación es estable.
- En la localización de las pilas se aceptará una tolerancia del 10 por ciento de su diámetro. La tolerancia en la verticalidad de una pila será de 2 por ciento de su longitud hasta 25 m de profundidad y de 3 por ciento para mayor profundidad.

1.2. Investigación del subsuelo

1.2.1. Aspectos generales

Es necesario establecer un programa de investigación que determine la estratigrafía y propiedades del subsuelo para definir los parámetros que controlan su comportamiento.

Existen diferentes procedimientos para explorar las condiciones del subsuelo en el sitio de una obra, los cuales deben tomar en cuenta el tipo de proyecto, las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio, la fase de estudio y el presupuesto disponible.

Los objetivos principales de una investigación del subsuelo son:

- a) Determinar la estratigrafía representativa y detallada del subsuelo, tanto vertical como horizontalmente. Esta estratigrafía se presenta en columnas o perfiles.
- b) Obtener las propiedades índice y mecánicas de los suelos. La resistencia al corte y la deformabilidad son parámetros indispensables en el diseño de las cimentaciones.
- c) Conocer la posición del nivel freático y el estado de presiones de agua.
- d) Determinar la existencia de discontinuidades o fallas en el subsuelo, la geometría y estabilidad de estas para la condición de esfuerzos existentes en el terreno.

Métodos de exploración

Los métodos de exploración pueden agruparse en:

Indirectos. A este grupo pertenecen todos los métodos geofísicos, como son los geoelectricos, geosísmicos, gravimétricos, magnéticos, radar de penetración.

Semi-directos. Involucran aquellos en los que se realizan pruebas de campo para estimar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos a partir de correlaciones empíricas. A estos métodos pertenecen los ensayos de cono estático o dinámico, presiómetro y dilatómetro, en los cuales no se obtienen muestras.

Directos. Corresponden a los métodos en los que se obtiene muestras para determinar en laboratorio las propiedades de los suelos. En ellos se incluyen los pozos a cielo abierto, sondeos de penetración estándar (SPT), sondeos de muestreo inalterado, sondeos mixtos, sondeos selectivos.

Muestro del subsuelo

Existen dos tipos de muestras que pueden obtenerse en una exploración:

Muestras alteradas. Tienen alteración de su estructura, pero no cambios en sus partes constitutivas, por lo que son útiles para obtener propiedades índice.

Muestras inalteradas. Conservan la estructura de los suelos y por tanto son las únicas aceptables para obtener sus propiedades mecánicas.

Ambos tipos de muestras se clasifican en laboratorio conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y se les determinan sus propiedades índice, entre ellas: contenido de agua, límites de consistencia, granulometría o porcentaje de partículas finas, densidad de sólidos.

Únicamente en muestras inalteradas se permite realizar ensayos de resistencia al esfuerzo cortante, deformabilidad y en su caso permeabilidad.

Factores ambientales

Dependiendo del sitio donde se vaya a construir, existen diversos factores ambientales que deben tomarse en cuenta en la investigación del subsuelo. Los factores pueden clasificarse en naturales y artificiales (debido al hombre); entre ellos se encuentran:

- a) Sismicidad.
- b) Acción del viento.
- c) Hundimiento regional.
- d) Minas subterráneas o discontinuidades naturales.
- e) Construcciones e instalaciones vecinas.
- f) Estabilidad de laderas naturales o cortes.

1.2.2. Piezometría

Conforme a lo señalado por las NTCDDC vigentes, para cimentaciones profundas en la Zona II es necesario determinar las condiciones de presión de agua en el subsuelo, incluyendo la detección de mantos de agua colgados. Para ello se requiere de la instalación de piezómetros.

En los estudios geotécnicos de cimentaciones y en la construcción de estas, es imprescindible conocer la distribución de presiones de agua (de poro) en el subsuelo. La medición de estas presiones permite considerarlas en los análisis y diseño de la cimentación y tomar decisiones sobre los procedimientos constructivos.

En términos generales el uso de piezómetros permite analizar:

- Problemas relacionados con el flujo de agua

Para conocer las condiciones hidráulicas del subsuelo antes de la construcción, incluyendo magnitud y distribución de la presión de poro y sus variaciones con el tiempo durante excavaciones, lo que permitirá evaluar la efectividad de drenes, pozos de bombeo y pantallas impermeables.

- Problemas relacionados con el estado de presiones efectivas

Se refiere a los problemas de la valoración del esfuerzo vertical efectivo real, para considerarlo en revisiones de capacidad de carga y de asentamientos al aplicar cargas.

Existen varios tipos de piezómetros. Los más comunes son los siguientes:

a) Piezómetro abierto tipo Casagrande

Es el tipo de piezómetro más usado por su sencillez y costo. Consiste en un cilindro o bulbo de PVC, ranurado o perforado, conectado a un tubo también de PVC de menor diámetro (Figura 1.2), en cuyo extremo se le acoplan tramos subsecuentes de tubería, también de PVC, hasta alcanzar la superficie del terreno (brocal)⁴. Una variante de este piezómetro consiste en un elemento poroso de polietileno de alta densidad unido a un tubo de PVC o ABS.

El piezómetro funciona con el principio de los vasos comunicantes. Una celda o bulbo poroso capta el agua del interior del suelo en el punto de interés y la presión que actúa en ese punto la eleva a través de un ducto recto hasta una posición en que se equilibra con la presión atmosférica. La profundidad de la superficie libre de la columna de agua que asciende por la tubería, respecto al nivel de su brocal en la superficie, se mide con una sonda eléctrica. Restando a la profundidad del bulbo piezométrico respecto al mismo brocal la de la superficie libre del agua en la tubería, se obtiene la altura de la columna de agua,

⁴ *Manual de Mecánica de Suelos, Instrumentación y Monitoreo del Comportamiento de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional del Agua, México, julio 2012*

que multiplicada por el peso volumétrico de esta se obtiene la presión de poro en el punto específico del bulbo; es decir, la altura de esa columna de agua, es la medida de la presión de poro en ese punto.

Su instalación se efectúa en una perforación en la que se utiliza solamente agua, y que se lleva hasta la profundidad donde se alojará el bulbo. La colocación del bulbo en el fondo del barreno se realiza con la longitud de tubería suficiente para alcanzar la superficie del terreno. Como ya se mencionó, la medición se realiza con una sonda eléctrica que consiste en un cable de dos conductores eléctricos con una barra cilíndrica pesada, de acero inoxidable en su extremo inferior, y un dispositivo de lectura. El extremo superior del cable se conecta a una batería y a un indicador de luz, una alarma o un amperímetro. La punta se baja dentro del tubo del piezómetro y, al encontrar la superficie del agua, el circuito eléctrico se cierra y se acciona el indicador. Se usa un cable graduado para tomar la lectura que corresponda con la posición del nivel del brocal; en su defecto, se marca el cable en ese punto y con una cinta métrica se mide la distancia entre este punto y el extremo inferior del cable.

Entre las ventajas de este tipo de piezómetro están su fácil interpretación, durabilidad y costo. El mantenimiento es simple, pero tiene como limitantes su respuesta lenta con el tiempo, por lo que no son útiles en suelos arcillosos.



Figura 1.2. Piezómetro abierto⁵

b) Piezómetro neumático

Los piezómetros neumáticos (Figura 1.3) se usan para medir las variaciones de la presión de poro en suelos de baja permeabilidad. Consta de tres partes principales: un cilindro metálico o de PVC (celda) que contiene un diafragma, un filtro formado por un disco poroso, dos mangueras de aire (una de entrada y otra de salida) y un dispositivo de medición para inyectar aire a presión.

⁵ *Manual de Mecánica de Suelos, Instrumentación y Monitoreo del Comportamiento de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional del Agua, México, julio 2012*

La instalación del piezómetro se realiza en una perforación de 10.2 cm de diámetro mínimo, hasta la profundidad de proyecto. En la perforación no debe utilizarse lodo de perforación, solo agua. En el caso de inestabilidad de las paredes de la perforación se utiliza ademe metálico recuperable. Previo a la colocación del piezómetro, en el fondo del barreno se vierte arena bien graduada (que pasa la malla de 1.27 cm) y es retenida por la malla No. 4 (0.476 cm) para formar una capa de 30 cm. El bulbo piezométrico se empaca en arena limpia, bien graduada, envuelta en malla de mosquitero⁶.

La medición de la presión de poro se realiza con equipo portátil, que incluye una fuente de gas o de aire comprimido para la activación del diafragma, y un manómetro para la lectura de la presión de inyección y la presión de equilibrio.

La única parte móvil del piezómetro es el diafragma flexible que se encuentra en contacto directo con el agua subterránea separada por el filtro. La presión de poro actúa sobre el lado inferior del diafragma, y la presión del gas o aire inyectada desde el exterior, sobre el lado opuesto. Para obtener el valor de la presión de poro, se inyecta el gas o aire a presión a través de la manguera de entrada conectada a un manómetro.

Los piezómetros neumáticos son de respuesta rápida, de buena precisión, con pequeños cambios en el volumen de agua y relativamente simples de operar. Su costo es mayor que los piezómetros abiertos y su instalación más delicada. Entre sus desventajas están la dificultad para desaerar el sistema poroso y la facilidad con que se tapan con partículas de suelo y con microorganismos; además, no son prácticos para mediciones automáticas.

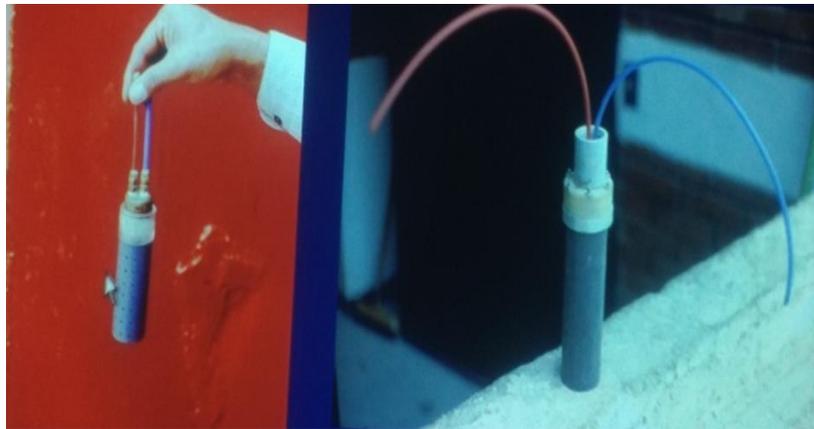


Figura 1.3. Piezómetro neumático⁶

c) Piezómetro eléctrico

El principio de operación de este tipo de piezómetro se basa en un diafragma que se flexiona bajo la acción de la presión de poro en uno de sus lados, después de pasar por una piedra porosa. La deflexión es proporcional a la presión aplicada y se mide por medio de

⁶Manual de Mecánica de Suelos, Instrumentación y Monitoreo del Comportamiento de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional del Agua, México, julio 2012

diversos sensores o transductores eléctricos. Los sensores convierten la presión de agua en una señal eléctrica que se transmite mediante un cable hasta el sitio de medición.

De los varios tipos de sensores, los piezorresistivos y los de cuerda vibrante son los más comunes. Sus características principales son:

- Sensor piezorresistivo. Contiene un diafragma delgado que al deformarse con la presión del agua modifica la resistencia de dicho sensor, en forma directamente proporcional a la presión aplicada. La respuesta del sensor piezorresistivo a cambios de presión es muy rápida, no requiere cambios volumétricos importantes y muestra buena precisión, aún para rangos de presión pequeños. Se puede usar para mediciones a distancia y conectarse a un sistema automático de captura de datos.
- Sensor de cuerda vibrante. En este tipo de sensor, un cambio en la presión de poro induce una deflexión del diafragma y, en consecuencia, un cambio en la tensión de una cuerda que tiene una cierta frecuencia natural de vibración. La vibración se produce mediante un pulso de voltaje a través de la bobina colocada junto a la cuerda. La frecuencia de vibración de la cuerda es idéntica a la frecuencia de voltaje de salida, que se trasmite a lo largo del cable eléctrico hasta el dispositivo que mide dicha frecuencia en el exterior. La Figura 1.4 muestra tipos comunes de estos piezómetros.



Figura 1.4. Piezómetros de cuerda vibrante⁷,

La instalación de estos piezómetros puede realizarse de dos formas:

- Con la técnica tradicional descrita en la instalación de piezómetros abierto, y que consiste en la creación de una cámara o zona piezométrica permeable con arena limpia, en cuyo centro se localiza el piezómetro. Esta zona sella en su parte superior con un tapón de bentonita; la longitud restante del barreno hacia la superficie se rellena con mortero o con material producto de la perforación

⁷ *Manual de Mecánica de Suelos, Instrumentación y Monitoreo del Comportamiento de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional del Agua, México, julio 2012*

- Instalar el piezómetro a la profundidad de proyecto y luego rellenar totalmente la perforación (barreno) con una lechada de cemento-bentonita de consistencia similar a la del material circundante. Con este procedimiento es posible instalar en el mismo barreno más de un piezómetro en diferentes niveles; incluso, en los barrenos para tubería del inclinómetro, pueden instalarse piezómetros que se asocien a los niveles en los que se miden desplazamientos.

1.3. Análisis e interpretación de estudios geotécnicos de cimentaciones

1.3.1. Estudio geotécnico

Un estudio geotécnico de cimentaciones debe comprender el conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete que permitan obtener la estratigrafía y propiedades del subsuelo y establecer recomendaciones para diseño y construcción de cimentaciones. Es una información básica para la planificación, diseño y ejecución de una obra.

Está compuesto por las siguientes etapas:

I. Análisis e interpretación de los datos del proyecto.

Para un estudio geotécnico se requiere conocer la mayor información del proyecto, como:

- a) Ubicación.
- b) Características del predio, incluyendo dimensiones, topografía, drenaje y colindancias.
- c) Planta de conjunto de estructuras y obras exteriores.
- d) Características de la estructura incluyendo tipo, forma, dimensiones, rigidez y sensibilidad.
- e) Uso de la estructura.
- f) Estructuración y descargas al subsuelo (magnitud y distribución)

II. Determinación de la estratigrafía y propiedades del subsuelo y de las acciones ambientales.

Para ello se ejecuta lo siguiente:

- a) Reconocimientos geotécnicos. Permiten examinar las condiciones del sitio donde se proyecta la obra, tanto para la planeación del tipo de exploración, accesos al sitio y sus características, importantes en la selección de equipos, como conocer las características geológicas y geotécnicas relevantes. En esta etapa es muy importante contar con toda la información disponible del sitio.
- b) Investigación inicial. Comprende la exploración del subsuelo con toma de muestras para ser analizadas en el laboratorio y/o la realización de ensayos de campo según la naturaleza del subsuelo y los parámetros requeridos para el diseño geotécnico, considerando no solo las estructuras proyectadas sino también las existentes y los problemas constructivos.
- c) Investigación de detalle. En su caso, según al tipo e importancia de la obra y a los resultados obtenidos en la investigación inicial, se puede requerir de nuevos muestreos

o ensayos adicionales que complementen o aclaren las incógnitas-existent. Después de esta etapa se tendrá mayor información del subsuelo, especialmente cuando este sea irregular.

El conocimiento suficiente de la estratigrafía y propiedades del subsuelo, así como de sus condiciones hidráulicas, incluyendo la presencia de mantos colgados de agua, permite que el diseño, en este caso pilas de cimentación, y el proceso constructivo, se realice adecuadamente. Cuando existe un manto colgado el proceso constructivo más recomendable sería por método seco, en el que el colado se realiza con un mejor control de calidad y menor costo, a diferencia del método húmedo, que utiliza lodos.

III. Elección de la cimentación apropiada.

Los factores que más influyen en la elección del tipo de cimentación⁸ son los siguientes:

Descargas al subsuelo

Para el diseño de cimentaciones de cualquier obra se deben conocer las acciones permanentes, variables y accidentales (incluyendo sismo y viento), incluyendo su magnitud y distribución.

Subsuelo

La estratigrafía y propiedades índices, mecánicas e hidráulicas del subsuelo, sirven de base para la selección de la(s) capa(s) de apoyo y de los elementos que transmitirán las descargas a ésta.

Aspectos técnicos y económicos

Al elegir un tipo de cimentación, es necesario establecer el procedimiento constructivo, cuyas características deben ser eficientes en tiempo y costo, respetando las especificaciones geotécnicas y estructurales, preservando constantemente la calidad de los elementos de cimentación. Además, en el procedimiento constructivo se deben tomar en cuenta las colindancias para evitar cualquier afectación en ellas.

Recomendaciones para el diseño geotécnico

El estudio geotécnico debe proporcionar al menos la siguiente información:

- a) Tipo de cimentación.
- b) Profundidad de desplante.

⁸ “El concreto masivo”, Ing. Luis Candelas Ramírez, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, UNAM, enero 2008.

- c) Capacidad de carga admisible, limitada por la resistencia al corte del suelo y asentamientos tolerables para cargas permanentes y para su combinación con cargas vivas y accidentales.
 - d) Distribución de presiones en el contacto subestructura-suelo.
 - e) Empuje de tierras en muros de contención.
 - f) Tipo, separación y forma de distribución de pilas o pilotes, en su caso.
 - g) Orden de magnitud de asentamientos totales y diferenciales que pueden ocurrir.
- IV. Elaboración de recomendaciones específicas para el diseño estructural y construcción de la cimentación.

Las Normas Técnicas Complementarias vigentes señalan los aspectos de diseño y proceso constructivo, incluyendo excavaciones, método de abatimiento del nivel freático y procedimiento constructivo para diferentes tipos de cimentaciones. Es importante como constructor conocer, al menos en forma general, los resultados de campo y ensayos de laboratorio realizados en el estudio geotécnico.

V. Aspectos a considerar durante y después de la construcción

Entre los aspectos que deben tomarse en cuenta están:

- a) Verificación durante la construcción. Corroborar que los suelos encontrados corresponden a los reportados por el estudio geotécnico. Es muy importante la verificación continua de los materiales encontrados para ratificar o por el contrario, solicitar al especialista se realicen, en su caso, los ajustes necesarios en el diseño y/o proceso constructivo.
- b) Observación después de la construcción. La observación del comportamiento de una estructura a lo largo de su vida útil, constituye un expediente que garantiza la seguridad, da a conocer su comportamiento y permite ajustar los métodos de análisis desarrollados o formular nuevos modelos geotécnicos. El desarrollo de esta fase implica básicamente la ejecución de programas de instrumentación y monitoreo. Usualmente algunas obras terminan con un adecuado comportamiento, pero en otras se presentan comportamientos inesperados que obliga a continuar la observación. Independientemente de lo anterior, el capítulo 8 de las NTCDDC vigentes, señalan la obligación de la observación del comportamiento de la cimentación, fundamentalmente mediante nivelaciones.

Conclusión capitular

Se señala la importancia que tienen las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones (NTDCC) del Reglamento para la Ciudad de México vigente al diseñar una cimentación con pilas coladas en sitio. Es necesario conocer con un estudio geotécnico de cimentaciones (estudio de mecánica de suelos) en qué tipo de suelo se realizarán, las condiciones ambientales (hundimiento regional, sismicidad), colindancias y cualquier otro aspecto relevante relativo a este tipo de cimentación. Durante la construcción es importante verificar las recomendaciones del estudio geotécnico y las especificaciones de proyecto y de construcción, así como cualquier variación del subsuelo y de sus condiciones hidráulicas determinadas en piezómetros, ya en que muchas ocasiones no se les dan la importancia requerida o se pasan por alto.

Si se hace un adecuado estudio de mecánica de suelos, ejecuta un buen procedimiento constructivo y realizan las mediciones recomendadas, se logrará una cimentación de calidad. Todo va de la mano: estudio, diseño y construcción.

Capítulo II. Mantos colgados de agua

En este capítulo se trata el origen de los mantos colgados de agua que se presentan en la Ciudad de México, y como afectan en el diseño y construcción de cimentaciones a base de pilas coladas en el lugar. Se describen ejemplos de edificaciones en las cuales su cimentación ha sido a base de pilas en presencia de mantos colgados de agua, citando cuál ha sido su diseño y proceso constructivo. Se realiza una recopilación en que zonas de la Ciudad de México se pueden presentar estas características.

2.1. Origen

Se conoce como “manto colgado de agua” el fenómeno que ocurre cuando el agua subterránea libre se encuentra confinado por una capa arcillosa o una formación de reducida permeabilidad, bajo la cual no existe agua. Es decir, los mantos colgados se refieren a acumulaciones de agua subterránea de escasa continuidad lateral, situadas por encima del manto continuo principal. Geológicamente son frecuentes en formaciones de origen aluvial y/o fluvial en las que se pueden encontrar depósitos de materiales poco permeables como son las arcillas y limos plásticos.

En la Ciudad de México el origen de los mantos colgados proviene de la explotación del agua subterránea, específicamente en la zona de transición⁹. Al presentarse una estratigrafía compuesta por capas y lentes de suelos arenosos aluviales, intercalados con arcilla lacustre, se presentan estos cuerpos de agua colgados, atrapados por las capas arcillosas impermeables, cuando el nivel continuo de agua desciende debido a la explotación de acuíferos. Para su detección se requiere realizar investigaciones piezométricas.

2.2. Implicaciones en el diseño y construcción geotécnica

La detección de un manto colgado de agua tiene las siguientes implicaciones:

En diseño:

- Si la presión de agua es proporcional a la profundidad (condición hidrostática) y no existe manto colgado de agua, la presión vertical efectiva en los suelos es igual a la presión vertical total menos la presión del agua y tiene valores reducidos. En esas condiciones la capacidad de carga del suelo para un cimiento profundo se calcularía con la presión vertical efectiva en condiciones hidrostáticas, dada por el diagrama de esfuerzo efectivo $\bar{\sigma}$ de la Figura 2.2 con la línea roja.
- Si existe manto colgado, la presión vertical efectiva aumenta en la parte inferior, donde no hay agua, como muestra con línea azul punteada en el diagrama de esfuerzo efectivo $\bar{\sigma}$ de la Figura 2.2, al estar abatida la presión de poro, y por tanto la capacidad de carga del suelo para el cimiento profundo es mayor.

En construcción:

- En ausencia de manto colgado, la construcción de las pilas sería bajo agua, y por tanto estaría obligado el uso de lodos.
- En presencia de manto colgado, puede confinarse la zona donde existe agua con un ademe metálico y avanzar en el resto de la perforación de la pila en seco, permitiendo además la construcción de ampliaciones en su base (campanas).

⁹ Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica A.C., *Manual de construcción geotécnica II, México 2002*

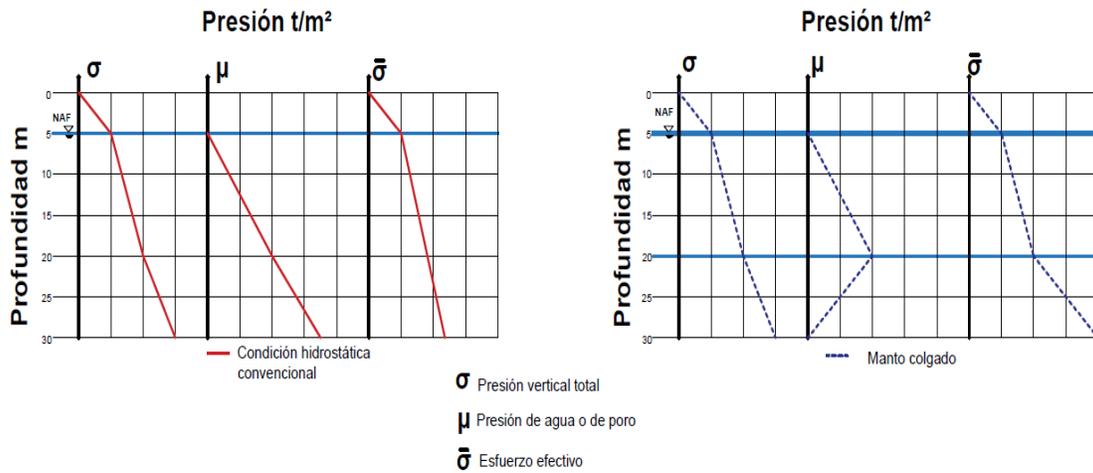


Figura 2.1. Esfuerzos efectivos en condición hidrostática convencional y en presencia de manto colgado.

Como ejemplo, se comenta el caso de un predio localizado en la Colonia del Valle, cerca de Insurgentes, donde se construiría una torre de oficinas de 20 niveles con ocho sótanos para estacionamiento.

El sitio se encuentra en la zona de transición, con un espesor de suelo compresible menor de 20 m. De la exploración del subsuelo se concluyó que existía un manto colgado de agua entre 2.9 y 16.0 m de profundidad. La solución de cimentación fue base de pilas apoyadas a 50 m de profundidad respecto del nivel de banqueteta.

La Figura 2.2 muestra el perfil estratigráfico del sitio, la presión de agua en condición hidrostática y la real. La presión de poro aumenta desde donde está localizado el manto colgado, pero disminuye cuando se termina. Se recomendó que las pilas puedan hacerse en seco.

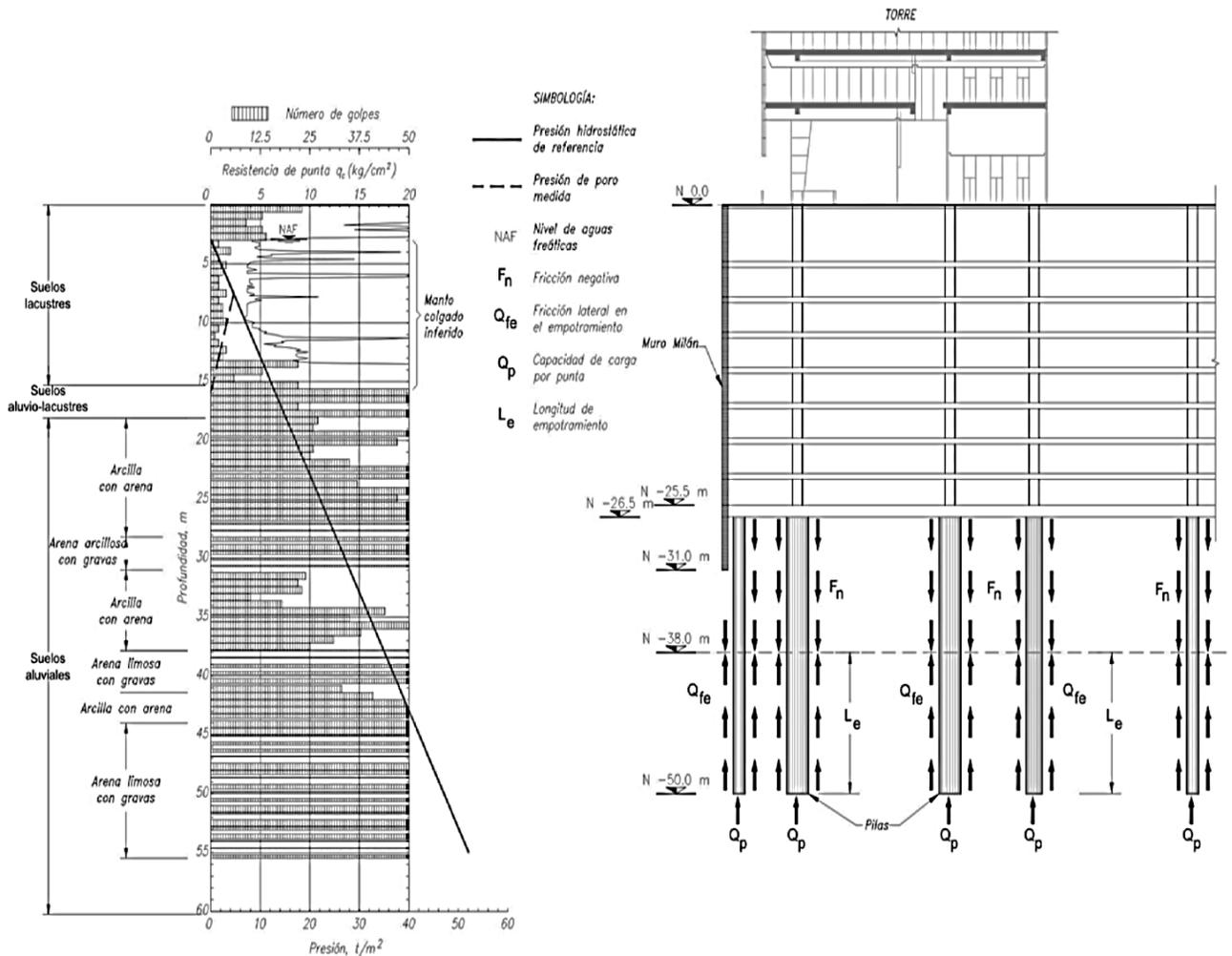


Figura 2.2. Estratigrafía y condiciones piezométricas, Av. Insurgentes y Torres Adalid.

Un segundo ejemplo es de un edificio de 12 niveles ubicado en la colonia Polanco¹⁰, también en zona de transición o zona II.

La estratigrafía del subsuelo consta de rellenos de 0 m a 1.0 m de profundidad; arcillas arenosas, limos arenosos y arenas aluviales limosas con gravas entre 1.0 a 13.0 m; tobas limo-arenosas, arcillo limosas y arenosas de 13.0 a 19.2 m, y tobas areno-limosas con intercalaciones de arena pumítica de 19.2 a 25.0 m. El nivel de agua superficial se detectó a 3.8 m de profundidad. Se conocía la existencia de un manto colgado de agua en la zona entre 3.8 y 10.0 m de profundidad, por lo que para conocer la presión de poro se instalaron piezómetros abiertos.

La cimentación consistió en pilas apoyadas a 21 m de profundidad respecto al nivel de banqueta, ya sea de fuste recto o con ampliación en su base, coladas en seco, con capacidad

¹⁰“Estudio geotécnico para la construcción de un edificio de doce niveles en el predio ubicado en Arquímedes No. 205, Colonia Polanco, delegación Miguel Hidalgo, CDMX”, Ing. Gabriel Álvarez Bautista, FES Aragón 2005

de carga determinada conforme a las NTCDC del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

La construcción de pilas se realizó hincando un ademe metálico para confinar el manto colgado de agua, y evitar la entrada de agua en las perforaciones, así como para evitar cualquier riesgo del estrangulamiento de las pilas, permitiendo la perforación en seco hasta alcanzar al nivel de desplante.

En la Figura 2.3 se muestra como en una corta distancia puede existir o no un manto colgado de agua, y la importancia que tiene realizar suficiente exploración del subsuelo. En esa figura los puntos EP 4 y EP5 son estaciones piezométricas. Las capas permeables bajo los estratos impermeables no tienen nivel de agua, lo que implica condición diferente a las impuestas por un nivel original de agua continua y por lo tanto, la forma de analizar y construir una cimentación profunda es diferente en un caso con respecto a otro. Así la presencia de mantos de agua colgados permite la aplicación del “método seco” para construir pilas, evitando filtraciones de dicho manto a la perforación¹¹.

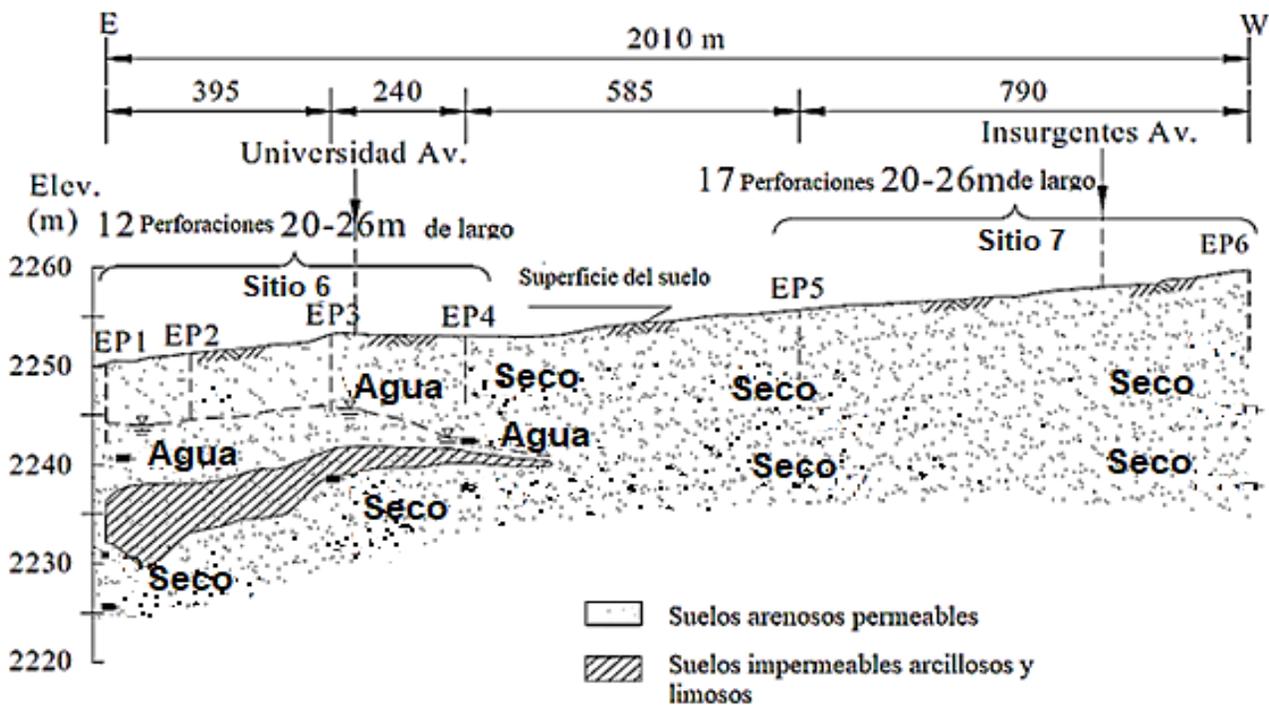


Figura 2.3. Perfil longitudinal en zonas de transición¹¹

¹¹ Enduring subsoil changes with large bore piles in México City, Guillermo Spingall, Geotec, México

2.3. Zonas con mantos colgados

Las zonas donde se conoce la existencia de mantos colgado de agua ha sido principalmente en la Zona II o de transición (Figura 2.4.) aunque en años recientes se han encontrado también en la Zona III o lacustre, en su vecindad con la Zona II. Estas zonas corresponden a las alcaldías Azcapotzalco, parte de Miguel Hidalgo, Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Xochimilco, Tláhuac y parte de Iztapalapa.

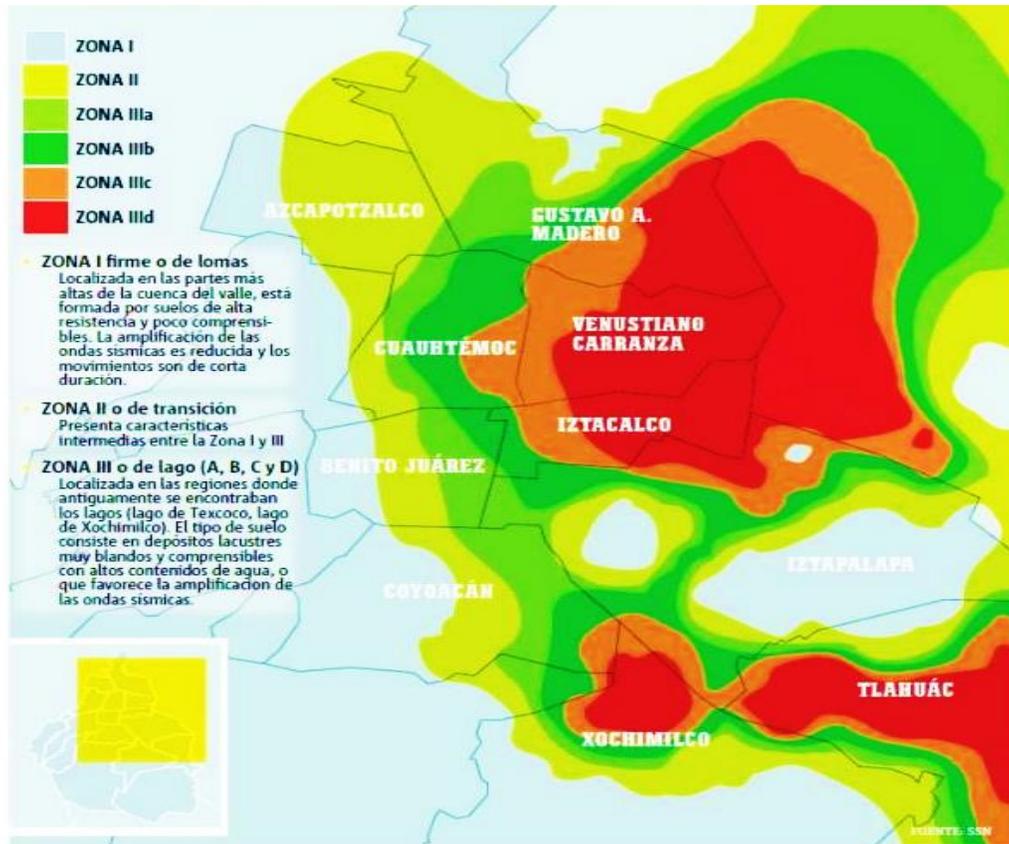


Figura 2.4. Zonas geotécnicas de la CDMX.

Los cambios en las condiciones hidráulicas del subsuelo en la ciudad de México, implican la necesidad de llevar a cabo investigaciones piezométricas detalladas las cuales deben ser consideradas como una parte indispensable de las campañas de exploración del subsuelo. Estas investigaciones también deben realizarse en sitios donde el fenómeno de manto de agua colgado está avanzando. Como ya se dijo, en la ciudad de México se extiende desde los cinturones de transición que rodean los lagos hacia su interior¹².

¹² *Enduring subsoil changes with large bore piles in México City, Guillermo Spingall, Geotec, México.*

Conclusión capitular

El conocimiento de la existencia de un manto colgado en el subsuelo al diseñar y construir una obra de cimentación es muy importante. En diseño geotécnico los esfuerzos efectivos difieren en presencia de mantos colgados de agua, y pueden cambiar el procedimiento constructivo e implicar una diferencia en costo. Por ello es necesario determinar la presencia de esos mantos, que son frecuentes en la Zona II de la Ciudad de México, pero que también ya se están encontrando en la Zona III en la vecindad con la Zona II. Se reitera la importancia de un buen estudio de mecánica de suelos, ya que un simple cambio en las condiciones hidráulicas del subsuelo puede modificar el tipo de cimentación y su procedimiento constructivo, así como en el costo.

Capítulo III. Pilas coladas en presencia de mantos colgados de agua

En este capítulo se presentan los aspectos generales de un proyecto, los planos que son importantes considerar antes de la construcción de la cimentación y las características de una pila. Además, se indican los elementos que son importantes tener en cuenta, y los diferentes métodos que existen para su construcción, de los cuales se tratan solamente dos: método seco y método con ademe metálico, que son los que se utilizan cuando existe un manto colgado de agua.

Se tratan los diferentes equipos de construcción que existen para la correcta ejecución de pilas, y se da el ejemplo del método constructivo propuesto, en el cual se emplea ampliación de base (campana).

3.1. Aspectos generales de proyecto y construcción de pilas

En cualquier obra nueva, previamente a su ejecución, es importante que se conozca con el mayor detalle posible los proyectos arquitectónico y estructural. A continuación se cita la información básica que debe tener un proyecto y que debe ser de conocimiento del constructor.

Planos

Son la información gráfica que contiene los datos principales y complementarios, totales y parciales de ubicación, situación, forma, aspecto, disposición, y dimensiones de las partes constitutivas de las obras. Puede agruparse en:

- *Topográficos*. Muestran las principales características morfológicas del terreno.
- *Arquitectónicos*. Son las que rigen en el proyecto y representan gráficamente la obra y los detalles de espacios.
- *Estructurales*. Depende de los planos arquitectónicos y representan gráficamente los detalles estructurales de la edificación, incluyendo cimentación.
- *Instalaciones*. Describen los recorridos, diámetros y secciones, lugares de paso, ubicación y características de equipos y artefactos.

Memoria descriptiva

Indica los antecedentes y detalles del proyecto, dejando constancia de las consideraciones y circunstancias que llevaron a las soluciones adoptadas. Así mismo, los propósitos de la construcción y las investigaciones y estudios realizados para dar idea cabal de la factibilidad del proyecto. La información que comprende es muy variada, pero debe contener al menos los siguientes puntos.

- Croquis de localización y descripción del predio.
- Normatividad.
- Descripción del proyecto en su conjunto.
- Descripción estructural.

Memoria de cálculo

Permite comprender la concepción del proyecto estructural, sobre todo en el caso de cualquier duda respecto a alguna solución o que requiera introducirse alguna modificación en obra. De todos modos, esto debe hacerse con la participación del Director Responsable de Obra quien, si lo considera necesario, realizará la consulta al estructurista.

Estudios

Geotécnicos. Los estudios geotécnicos (de mecánica de suelos) para cimentaciones tienen por objetivo conocer la estratigrafía y propiedades del subsuelo y definir la opción de cimentación más conveniente. En ellos se señalan los trabajos de campo efectuados para la investigación del subsuelo, como pozos a cielo abierto, sondeos de penetración estándar, de muestreo inalterado, de cono, etc., indicando el número y profundidad de los mismos, así como las condiciones hidráulicas. También se incluyen los ensayos de laboratorio realizados para determinar las propiedades índice (contenido de agua, límites de consistencia, granulometría, densidad de sólidos, relación de vacíos, peso volumétrico y grado de saturación), y mecánicas (resistencia al corte, deformabilidad y permeabilidad) de los suelos. A partir de los resultados obtenidos en la exploración se efectúan los análisis necesarios que permitan concluir sobre el tipo de cimentación conveniente y proporcionar recomendaciones para su diseño y construcción.

Sísmicos. Permiten conocer el espectro de sitio para diseño sísmico de una estructura a partir de las velocidades de onda al cortante.

3.2. Construcción de pilas

Una pila es un elemento estructural que tiene la función de transmitir la carga a un estrato capaz de soportarla, sin peligro de que falle ni de que sufra un asentamiento excesivo.

Las pilas se fabrican directamente en perforaciones verticales realizadas en el subsuelo utilizando concreto premezclado vertidas en ellas (colado en el lugar), previa colocación del refuerzo formado por varillas de acero corrugado. La sección transversal más utilizada es la circular, cuyo diámetro no debe ser menor a 80 cm, y que puede llegar hasta 300 cm. Pueden tener ampliaciones en su base (campanas), cuando las condiciones del suelo lo permitan (suelos con cohesión y sin presencia de agua), en diámetro no mayor de tres veces el del fuste de la pila y con ángulo respecto a su horizontal no menor de 60° (Figura 3.1). No se permiten campanas de bajo el nivel de agua, ya que es imposible garantizar su geometría dentro de las especificaciones requeridas¹³.

La presencia del agua freática dificulta la construcción de pilas y encarece su construcción. Las filtraciones, aún en pequeñas cantidades, pueden requerir de algún tipo de sostenimiento con lodos o ademes, para permitir el avance de la perforación sin derrumbes de suelo, así como para evitar dificultades en el colado.

3.2.1. Características de una pila

- Acero de refuerzo

El armado de acero de refuerzo debe ser lo suficientemente robusto para su manejo, izaje y descenso dentro de una perforación o barreno, sin que sufra deformaciones o

¹³ NTCDC, *Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones*, México, CDMX, 2017

desplazamientos. Las varillas no deben estar armadas con demasiada densidad, a fin de permitir que el concreto fluya libremente entre ellas.

El recubrimiento tiene por objetivo proteger al acero de refuerzo de los agentes adversos, atmosféricos o químicos del ambiente en el que va a estar trabajando el elemento de concreto. Si las pilas se construyen en un ambiente inocuo, el recubrimiento debe ser de un espesor mínimo de 7.5 cm, y si se encuentra en un ambiente agresivo el espesor debe tener al menos 10 cm.

Para dar el recubrimiento a los armados en las pilas, se utilizan guías construidas de acero de refuerzo soldadas al armado o espaciadores (roles) de concreto o plástico (Figura 3.2).

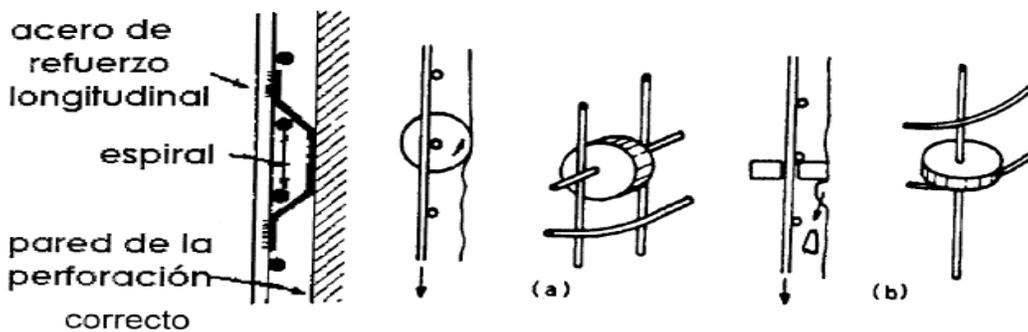


Figura 3.1 Elementos espaciadores para recubrimiento en pilas¹⁴

Al acero de la pila se le debe colocar refuerzo adicional para formar una armadura que permita su manejo y traslado, siempre cuidando que no presente alguna deformación (Figura 3.2 a). Cuando se extraiga un ademe, ser debe tener cuidado en la maniobra para evitar que el armado se deforme (Figura 3.2 b).

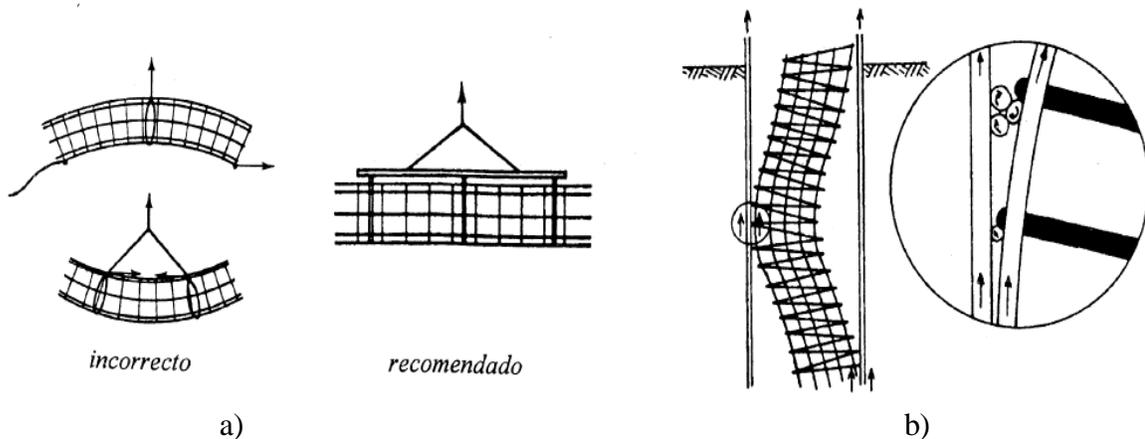


Figura 3.2. a) Izaje de armados de pilas, b) Ejemplo de deformación del acero ante una deficiente extracción del ademe¹⁴

¹⁴ Manual de cimentaciones profundas, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos SMMS, 2001

• **Concreto**

Se han desarrollado mezclas de concreto y métodos de colado especiales para la construcción de pilas. Se utilizan diferentes tipos de aditivos para que el concreto fluya con facilidad entre el acero de refuerzo y mezclas de concreto de alto revenimiento, auto-compactables. Usualmente se manejan resistencias del concreto comprendidas entre 250 kg/m² y 400 kg/m², con revenimientos mayores a 15 cm.

El agregado del concreto debe pasar libremente entre los intersticios del acero de refuerzo, para que ocupe todo el volumen de la pila. Se debe asegurar un colado que evite juntas frías.

Debe asegurarse que antes del colado de una pila, se haga una limpieza en el fondo de su perforación, eliminando los azolves o recortes sedimentados.

Para el vaciado del concreto se utiliza el tubo Tremie, que es un tubo de acero, roscado en tramos de 1 a 6 m, con uniones herméticas. Arriba de la tubería se acopla una tolva para recibir el concreto. Este procedimiento busca colocar el concreto a partir del fondo de la perforación (Figura 3.3). Durante el vaciado del concreto, el ademe metálico, en caso de usarse, se va extrayendo poco a poco.

El concreto debe rebosarse por arriba del nivel de proyecto de su cabeza en alrededor de 0.5 a 1.0 m, para expulsar el posible concreto contaminado. Al utilizar mezclas de concreto auto-compactante, no es necesario vibrar el concreto en el barreno durante un colado. No se debe utilizar vibrador dentro del ademe, ya que puede afectar la estabilidad del suelo circundante.

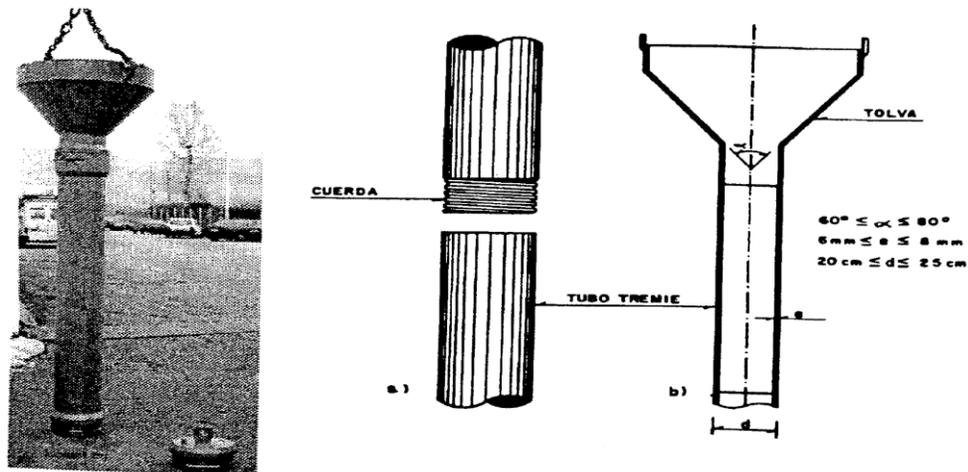


Figura 3.3. Tubería Tremie¹⁵

¹⁵ Manual de cimentaciones profundas, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos SMMS, 2001

- **Aditivos**

Los aditivos son aquellos ingredientes del concreto que, además del Cemento Portland, el agua y los agregados, se adicionan inmediatamente antes o durante el mezclado¹⁶.

De acuerdo a sus funciones, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire).
- Aditivos reductores de agua.
- Plastificantes (fluidificantes).
- Aditivos aceleradores (acelerantes).
- Aditivos retardadores (retardantes).
- Aditivos de control de la hidratación.
- Inhibidores de corrosión.
- Reductores de retracción.
- Inhibidores de la reacción álcali-agregado.
- Aditivos colorantes.
- Aditivos diversos: para mejorar la trabajabilidad y la adherencia, impermeabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumantes y auxiliares de bombeo.

La Norma ASTM C494/C494M-11 reconoce 8 tipos de aditivos:

- Tipo A: Reductores de agua.
- Tipo B: Retardador de fraguado.
- Tipo C: Acelerador de fraguado.
- Tipo D: Reductor de agua y retardador.
- Tipo E: Reductor de agua y acelerador.
- Tipo F: Reductor de agua de alto rango (plastificantes).
- Tipo G: Reductor de agua de alto rango y retardador.
- Tipo S: Aditivos con características especiales.

Recomendaciones:

- Usar la cantidad de aditivo recomendada por el fabricante o la cantidad óptima de aditivo determinada por medio de ensayos de laboratorio.
- Siempre que sea posible, comparar el costo de cambiar la mezcla básica de concreto, contra el costo adicional de emplear un aditivo.
- Tener presente que ningún tipo de aditivo ni en cualquier cantidad se podrá considerar como sustituto de una práctica correcta en la tecnología del concreto.
- La efectividad del aditivo depende de factores como tipo, marca y cantidad de cemento contenido de agua, la forma, granulometría y proporciones de los agregados, el tiempo de mezclado; revenimiento y las temperaturas del concreto y del aire.

¹⁶ “El concreto masivo”, Ing. Luis Candelas Ramírez, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, UNAM, enero 2008

3.2.2. Métodos de construcción de pilas

En la construcción de pilas influye la existencia y profundidad a la que se localiza el nivel freático. Existen cuatro métodos constructivos convencionales de pilas coladas en el lugar.

1. Método seco.
2. Método con ademe metálico.
3. Método con lodo bentonítico desplazado.
4. Método empleando polímeros.

Se describen únicamente los dos primeros métodos dado que son los que se utilizan en presencia de un manto colgado de agua.

Método seco

Se emplea en suelos arcillosos homogéneos y firmes, arenas compactas cementadas y rocas blandas que se encuentren por arriba del nivel freático. En algunos casos puede aplicarse en suelos con presencia de nivel freático, pero siempre y cuando su permeabilidad sea reducida.

Proceso constructivo

- Perforación que alojará a la pila hasta la profundidad establecida en el proyecto, asegurando su verticalidad, así como la del equipo. Cuando la pila tenga campana en su base, se utilizan ensanchadores. Se realiza la correcta limpieza del fondo de la perforación.
- Colocación del acero de refuerzo de proyecto, también asegurando su verticalidad e integridad, vigilando que no sufra daños durante su instalación. Deben colocarse separadores para su centrado.
- Vaciado de concreto con ayuda del tubo Tremie, para evitar que el concreto se segregue, y con auxilio de una pelota de látex (diablo) llevando el colado hasta la superficie.
- Descabece en la superficie del tramo de las pilas que se anclará en la subestructura.

Método con ademe metálico

Se emplea cuando por las condiciones del suelo pueden ocurrir derrumbes o deformaciones, y cuando se presentan suelos granulares o cohesivos con lentes granulares, que en presencia del nivel freático o manto colgado, generan filtraciones y arrastres de partículas de suelo. El ademe puede emplearse con o sin ayuda de lodos (bentoníticos o poliméricos).

Proceso constructivo

- Perforación para la pila en la posición señalada por el proyecto. Se debe verificar su verticalidad y la del equipo. Una vez atravesado el suelo inestable, perforar un tramo de longitud suficiente en el suelo de baja permeabilidad para alojar al ademe metálico.

- Una vez colocado el ademe, continuación de la perforación hasta alcanzar el terreno de apoyo que señala el proyecto y, en su caso, ensanchamiento de la base con bote ampliador.
- Limpieza de fondo de la excavación y colocación del acero de refuerzo, garantizando la verticalidad e integridad de éste y evitando su daño.
- Colado de la pila con el tubo Tremie, al tiempo que se recupera el ademe, cuidando que su extracción se realice con el mayor cuidado.

3.3. Equipo de construcción

La elección del equipo requerido para la construcción de pilas depende de la estratigrafía y propiedades del subsuelo, determinadas en el estudio geotécnico, así como de las especificaciones de construcción. Entre los puntos importantes que deben tomarse en cuenta en la elección de equipo están:

- *Estratos que atravesarán las perforaciones.* Esto influye directamente en los rendimientos.
- *Profundidad de las perforaciones.* Todos los equipos tienen cierta capacidad que depende del alcance físico de la herramienta de ataque y del tipo de material perforado.
- *Diámetro de perforación.* Los equipos y herramientas de perforación existentes para la perforación de pilas tienen diámetros límites máximos, los cuales son indicados por el fabricante.
- *Área o espacio disponible en el lugar de ejecución.* Las máquinas de perforación, necesitan de espacio de maniobra para operar correcta y eficazmente.
- *Recursos económicos.* Existen en el mercado muchos equipos de perforación; no obstante, no todos tienen las mismas características de calidad y precisión, con el consecuente costo.

3.3.1. Perforadoras rotatorias

Las perforadoras rotatorias son las más utilizadas en la construcción de pilas, al ser aplicables a la mayoría de suelos.

- Perforadora con sistema “Kelly” o barretón.

La perforación con sistema Kelly se utiliza en la construcción de pilas con diferentes diámetros y profundidades. El Kelly está acoplado al mástil o torre, sobre el cual se desliza. Este mástil está firmemente unido a la perforadora y, en conjunto con las poleas, malacates y cables, proporcionan la fuerza necesaria para llevar a cabo su función.

Con este equipo de perforación se corta y remueven los suelos mediante la aplicación de un empuje vertical y al mismo tiempo una rotación (torque). Existen equipos de perforación con máquina portante propia, montados sobre grúas o sobre camiones. Las más utilizadas son las de máquinas portantes sobre orugas (Figura 3.4), pues tienen la mayor capacidad de torque y robustez.

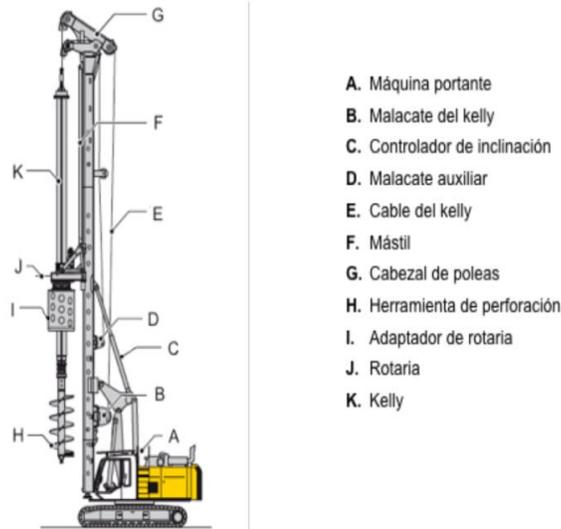


Figura 3.4. Perforadora con sistema Kelly o barretón sobre orugas¹⁷.

- Perforadoras con hélice continua

Las perforadoras con hélice continua poseen un tornillo sin fin (Figura 3.5), de longitud equivalente a la de la profundidad por perforar. El tornillo va unido a la rotaria, y ésta, al deslizarse a lo largo del mástil con fuerzas de empuje vertical y rotación simultáneas, introduce la hélice en el subsuelo hasta la profundidad de proyecto. La extracción de la hélice se hace sin giro alguno, de manera cuidadosa, ya que el mismo concreto es introducido a través de su alma, de manera que el hueco dejado por ésta y el suelo extraído, se rellena con el concreto. Todas las fuerzas de tensión, compresión y torsión que se presentan a lo largo del proceso deben ser disipadas o absorbidas por el mástil; es por ello que para este método de perforación se necesitan máquinas considerablemente robustas y pesadas.

Este método es aplicable en estratos conformados por suelos blandos o sueltos. Sus limitantes principales son el diámetro y la profundidad, las cuales están determinadas siempre por las dimensiones y capacidades de la perforadora.

¹⁷ “Construcción de pilas de cimentación con perforadoras rotatorias con sistema Kelly y hélice continua”, Herrera Gómez Uriel, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México 2011



Figura 3.5. Perforadora con hélice continua¹⁸.

3.3.2. Grúas

Las grúas son máquinas que sirven para el levantamiento y manejo de objetos pesados, contando para ello con un sistema de malacates que acciona a uno de los varios cables montados sobre una pluma y cuyos extremos terminan en gancho. Pueden ser fijas o móviles. Cuando la grúa es móvil, puede trasladarse por sí misma, sobre orugas o ruedas dispuestas para tal fin.

El tipo de grúa más utilizado en la construcción de cimentaciones profundas son las móviles de pluma rígida (Figura 3.6). Para su elección se tomar en cuenta lo siguiente:

- *Longitud de pila y densidad de acero.* La longitud del armado de una pila de cimentación es la variable primordial en la elección de la grúa. La razón no sólo reside en la capacidad de la grúa para soportar o cargar el peso del armado, sino las dificultades que pueda representar su manejo sin deformarlo o romperlo.
- *Espacio disponible para movilidad.* Las grúas necesitan de un espacio libre para maniobrar, como radios de giro, radio de izaje de la pluma, alcances, ancho de orugas, altura de cabina y plataformas de trabajos estables y capaces de soportar el peso del equipo completo más la carga.

¹⁸ “Construcción de pilas de cimentación con perforadoras rotatorias con sistema Kelly y hélice continua”, Herrera Gómez Uriel, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México 2011



Figura 3.6. Grúa móvil de pluma rígida¹⁹.

3.3.3. Ademes

Los ademes metálicos son herramientas auxiliares de perforación en suelos no cohesivos o bajo agua (Figura 3.7). Son insertados en el suelo mediante martinets, vibrohincadores u osciladoras. Pueden hincarse en el suelo a una profundidad somera para proteger el inicio de la perforación de la pila (brocal), o bien en parte o toda la longitud de la pila. El espesor de la pared del tubo es función de los esfuerzos a que estará sometido durante su hincado y extracción. Los ademes metálicos pueden ser recuperables y se extraen a medida que se realiza el colado de la pila.



Figura 3.7. Ademe metálico

¹⁹ “Construcción de pilas de cimentación con perforadoras rotatorias con sistema Kelly y hélice continua”, Herrera Gómez Uriel, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México 2011

3.3.4. Botes campana

Estas herramientas solo se ocupan para proyectos que requieran una base de pila en forma de campana. La campana puede ser de diferentes formas. La más común es la estándar, con ángulos mayores o iguales a 60° respecto a la horizontal, y diámetros máximos de campana hasta de 3 veces el diámetro del fuste. El mecanismo funciona básicamente ejerciendo fuerza vertical y torque al mismo tiempo con el Kelly, estando el bote en el fondo de la perforación. Los brazos contienen dientes adecuados para el corte del material.

La construcción de una campana puede ser un proceso lento comparado con la perforación el fuste, dado que sólo una pequeña cantidad de suelo puede ser retirado en cada ciclo.



Figura 3.8. Bote campana²⁰.

3.3.5. Vibrohincadores

Los vibrohincadores son equipos diseñados para hincar o extraer ademes metálicos en el suelo (Figura 3.9) con la acción dinámica de un generador de vibraciones. El procedimiento para el hincado de un ademe metálico inicia cuando el martillo vibrohincador se amordaza a los bordes superiores del mismo. Después de que las mordazas hidráulicas lo tienen asegurado, se posiciona verticalmente sobre el sitio indicado y comienza la vibración y la penetración hasta la profundidad de proyecto. El hincado se realiza por medio de la vibración, el peso propio del ademe y el peso propio del martillo vibrohincador²⁰.

²⁰ “Construcción de pilas de cimentación con perforadoras rotatorias con sistema Kelly y hélice continua”, Herrera Gómez Uriel, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México 2011



Figura 3.9. Vibrohincador

3.3.6. Osciladoras

Las osciladoras (Figura 3.10), son un accesorio que se utiliza especialmente para el manejo de ademe metálico. Poseen una capacidad de torque y de fuerzas de empuje/extracción mucho mayores que las de las perforadoras. Se utilizan por lo general, cuando la capacidad de las perforadoras no permite manejar los ademes a la profundidad que el proyecto requiere.

Constan de en dos aros de gran robustez, uno superior y otro inferior; en el superior existen unas mordazas que aprisionan al ademe mediante “gatos” hidráulicos. A este collar o anillo se le producen oscilaciones alternadamente, hacia la derecha e izquierda, por medio de dos gatos hidráulicos ubicados horizontalmente uno a cada lado del collar. Otros dos gatos hidráulicos verticales que unen los dos aros, superior e inferior, actúan simultáneamente produciendo grandes fuerzas de empuje o extracción.

Existen dos tipos de osciladoras: unas para conectarse a grúas tipo celosía, trabajar con perforadoras montadas en ella o utilizando almejas cilíndricas; y otras que se conectan a las perforadoras rotatorias²¹.

²¹ “Construcción de pilas de cimentación con perforadoras rotatorias con sistema Kelly y hélice continua”, Herrera Gómez Uriel, Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México 2011

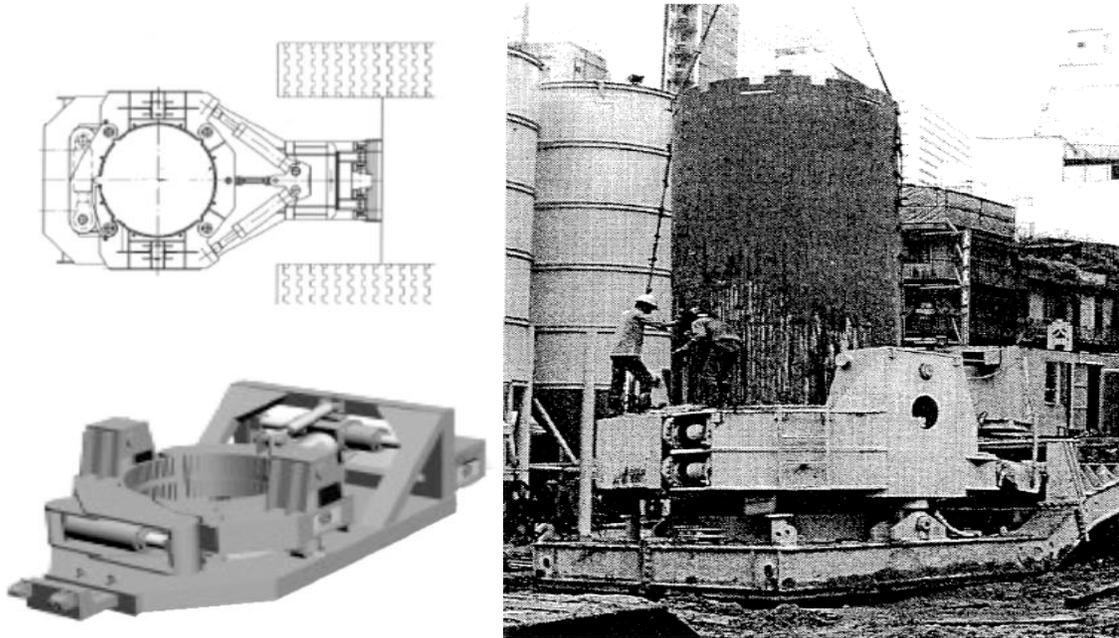


Figura 3.10. Osciladora

3.4. Proceso constructivo de pilas en presencia de mantos colgados

El proceso constructivo de pilas circulares en presencia de manto colgado, puede resumirse en las siguientes etapas:

Etapas 1. Perforación

El equipo de perforación se coloca en los puntos de pilas que señale el proyecto, asegurando su verticalidad y por lo tanto la de la perforación. Respetando el diámetro que esté señalado en los planos, tomar en cuenta que las perforaciones deben ser de un diámetro de 10 cm mayor que el diámetro exterior de ademe, y el diámetro interior de éste debe ser igual al de las pilas.

Se utiliza un equipo de perforación con sistema Kelly o barretón, que se lleva hasta penetrar más de 2 m en el estrato de arcilla, vertiendo lodos bentoníticos o poliméricos o batiendo los suelos arcillosos suaves, que funcionan como un agente estabilizador antes de instalar el ademe.

Se debe verificar la posición del centro de la pila como los marcan las NTCDDC vigentes. En la localización de las pilas se aceptará una tolerancia del 10 por ciento de su diámetro. La tolerancia en la verticalidad será de 2 por ciento de su longitud hasta 25 m de profundidad y de 3 por ciento para mayor profundidad.

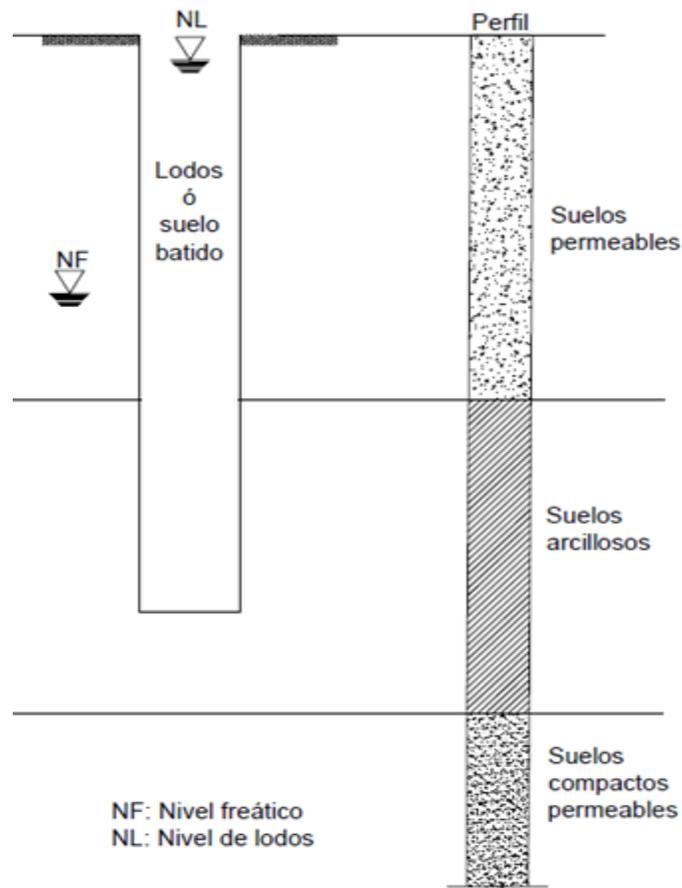


Figura 3.11. Perforación, hasta atravesar suelos permeables

Etapa 2. Hincado del ademe metálico

Una vez concluida la primera parte de la perforación de la pila se procede a hincar el ademe metálico (Figura 3.12), penetrando por debajo del tramo de perforación realizada. El ademe tiene la función de sellar las capas de suelos permeables para evitar filtraciones de agua al interior de la perforación. Su instalación se puede hacer a golpes con martinete o con equipo vibratorio y que también servirá para su extracción. El ademe debe ajustarse al diámetro de la perforación. Al terminar el hincado se extrae el lodo de estabilización y azolves alojados en su interior, dejando completamente limpia la primera parte de la perforación

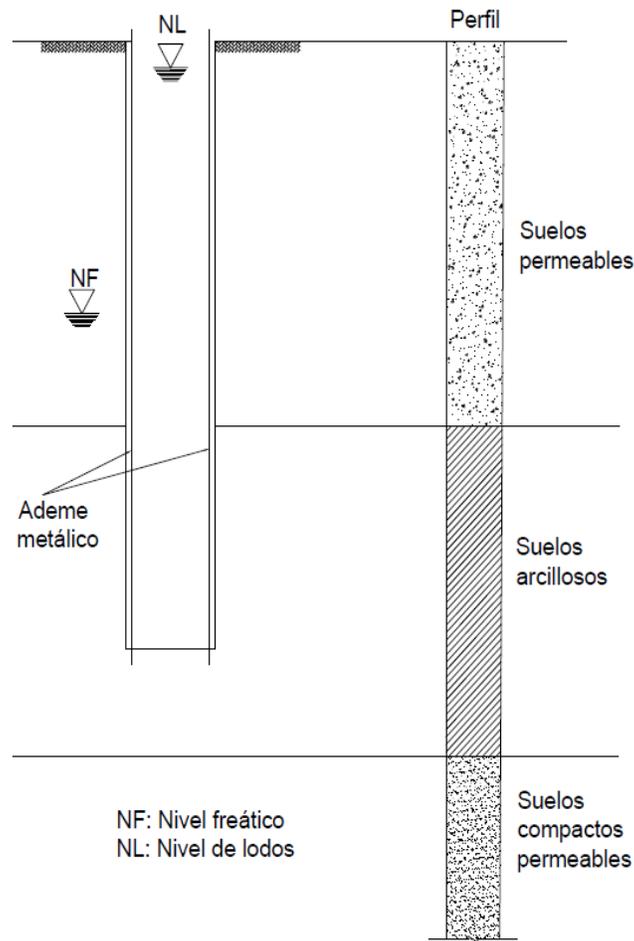


Figura 3.12. Ejemplo de perforación con ademe

Etapa 3. Continuación de la perforación en seco

Una vez colocado el ademe, se continúa con la perforación en seco (Figura 3.13), hasta llegar a la profundidad de desplante de las pilas que indique el proyecto. Enseguida, si el proyecto así lo contempla, se amplía el fondo de la perforación en forma de campana, utilizando un bote ampliador (Figura 3.8).

Se debe efectuar la completa limpieza de fondo de la perforación para evitar cualquier asentamiento posterior no previsto en el diseño o que contamine el concreto. Los ingenieros constructores y supervisores deben comprobar la profundidad de desplante de cada pila y la ampliación de campana en la fase de perforación.

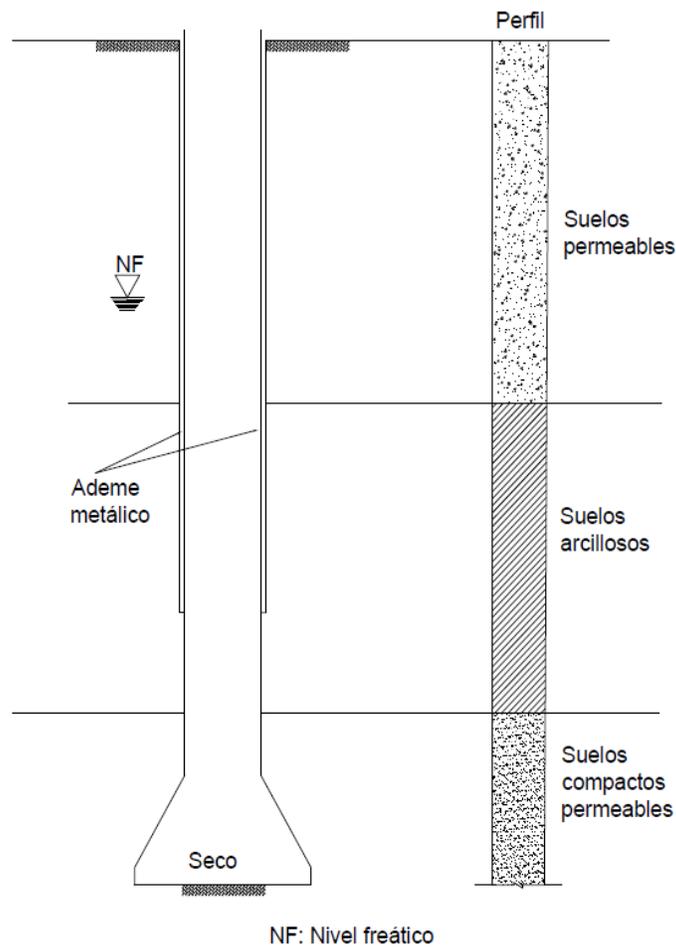


Figura 3.13. Ejemplo de perforación en seco y ampliación de campana

Etapa 4. Colocación del armado, colado y retiro de ademe

Se coloca el acero de refuerzo con una grúa (Figura 3.14), verificando la verticalidad de éste, sin que sufra ninguna deformación. Además, debe asegurarse el recubrimiento mínimo de acero y el centrado del mismo mediante separadores cilíndricos (rodetes). Se debe revisar antes de su colocación que el acero este limpio, libre de lodo, aceite, que afecten la adherencia con el concreto, y quede completamente fijado al terreno.

A continuación se procede a la colocación del concreto de la pila, mediante tubería Tremie. El diámetro interior del tubo no será menor de 15 cm (6") cuando el agregado máximo del concreto sea de 20 mm (3/4"), y no menor de 20 cm (8"), cuando el agregado máximo sea de 40 mm (1 1/2"). Se debe verificar que las uniones de los tubos sean herméticas. Enseguida, se vacía el concreto dentro del tubo Tremie, con ayuda en la superficie de una tolva donde las ollas descargarán el concreto. El tubo Tremie debe quedar a unos 30 cm del fondo, y mientras se esté colando el extremo inferior del tubo siempre estará embebido en el concreto, al menos 1.5 m. Al inicio se emplea un balón de látex (diablo) que ayuda a que el concreto no baje rápidamente al fondo, evitando su segregación. El transcurso de tiempo

entre el inicio de la perforación y el colado no debe ser mayor a 24 horas, ni más 6 horas en que se alcanzó el fondo final y el inicio del colado.

El ademe se extraerá medida que se realiza el colado, manteniéndolo siempre ahogado en el concreto.

Al término del colado se permite que el concreto sobresalga del piso de trabajo unos 30 cm, que puede estar contaminado con azolves o caídos.

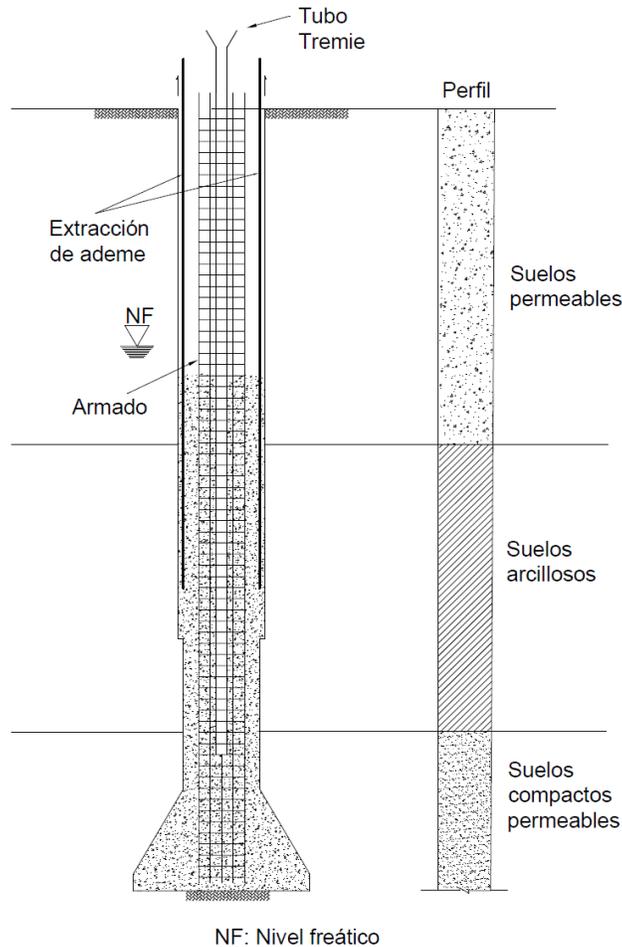


Figura 3.14. Ejemplo de colado con tubo Tremie

Etapa 5. Pila terminada

La pila terminada y descabezada, con ampliación de campana en el fondo, es del tipo de la mostrada en la Figura 3.15.

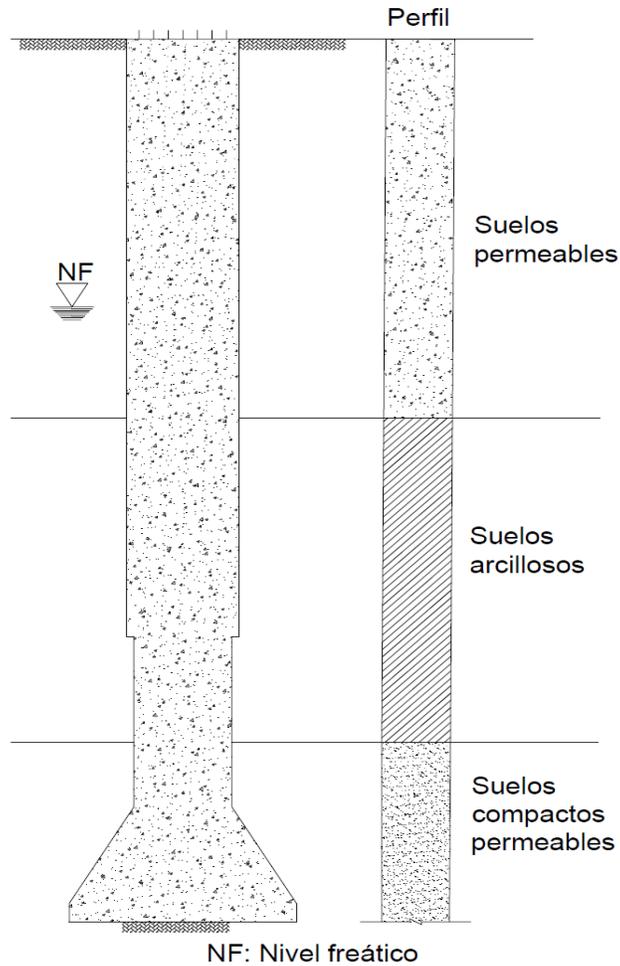


Figura 3.15. Pila terminada

Para las dimensiones de la campana se tienen que tomar en cuenta la normatividad vigente, la cual señala que debe formar con la horizontal un ángulo no menor de 60 grados y que su peralte sea por lo menos de 500 mm (Figura 3.16); además, que no deben construirse campanas bajo agua o lodos, ya que los sistemas empleados para esta operación no garantizan la colocación de concreto sano en esta zona que es donde se desarrollará la capacidad de carga²².

²² NTCDC, Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones 2017

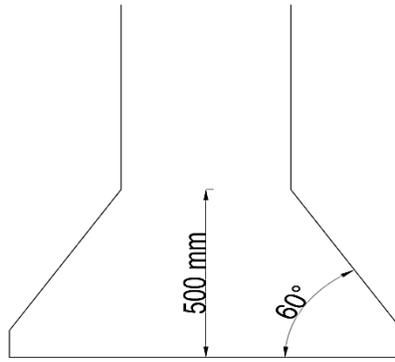


Figura 3.16. Dimensiones de la campana²³.

²³ NTCDC, Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones 2017

Conclusión capitular

Siempre será necesario el adecuado conocimiento del proyecto. Por ello se hace énfasis en todos los planos y memorias de cálculo que se deben tomar en cuenta. Se tratan dos métodos constructivos: método seco y método con ademe metálico, para la construcción de las pilas.

Se enfatiza la importancia de un adecuado procedimiento constructivo de pilas en presencia de mantos colgados de agua, así como del equipo necesario y materiales para su construcción. Las dimensiones del predio y el tiempo de construcción de las pilas deben tomarse en cuenta en el proceso de construcción, por lo que es necesario elaborar un programa de obra que evite retrasos y perjudique aspectos de costo-tiempo.

Capítulo IV.

Seguridad y calidad en la obra

Este capítulo señala la importancia de la seguridad en la obra y los pasos que se recomiendan seguir para el cuidado del personal, de la obra, de los peatones, etc. Se describe cómo debe implementarse un plan de seguridad, así como el equipo de protección personal y de confinamiento de la obra. Se indican las leyes, normas y reglamentos que se deben tomar en cuenta y la labor de la supervisión en la obra.

4.1. Sistema de seguridad en la obra

La seguridad se entiende como el conjunto o grupo de técnicas y normas que permiten detectar, evaluar, controlar y/o eliminar, todas aquellas condiciones y acciones, que pueden generar riesgos de trabajo. Su objetivo es prevenir, en la medida de lo posible, todos los accidentes y enfermedades a que se expone el trabajador, permitiendo la realización del trabajo sin contratiempos o interrupciones.

La seguridad comprende las siguientes ramas:

- Personal: Conjunto de normas que tiene el individuo, adquiridas en el medio familiar y con base en experiencias propias, las cuales están en relación al medio en el cual se desenvuelve y son de aplicación personal.
- Social: Conjunto de normas e instituciones que protegen al individuo contra las contingencias de la vida (nacimientos, enfermedades, etc.)
- Urbana: Normas dirigidas a la ubicación o establecimiento del lugar de residencia del elemento humano.
- Vial: Normas y reglamentos cuyo propósito es evitar accidentes de tránsito en la vía pública.
- Pública: Normas dirigidas a salvaguardar la integridad del elemento humano, ante la sociedad.
- Industriales: Normas y técnicas que permiten evitar los accidentes mediante el control y aplicación de reglas específicas en el trabajo

4.1.1. Estudio y plan de seguridad

En todo tipo de obra se debe realizar un estudio y plan de seguridad; entre más compleja sea la construcción, éste debe ser más detallado. Un estudio de seguridad debe contener un análisis de riesgos, una memoria descriptiva estableciendo soluciones y medidas preventivas correspondientes, así como un pliego de condiciones, planos y estudios económicos correspondientes al sistema de seguridad. El constructor debe establecer un plan de seguridad, de manera que planifique y haga realidad las medidas consideradas en el estudio, en las diferentes etapas de construcción.

4.1.2. Estudio de seguridad

En el estudio se consideraran las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra, así como a los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento.

El documento debe contener:

- Memoria informativa. Datos generales de la obra incluyendo tipo, ubicación, terreno, características meteorológicas, suministro de agua y saneamiento, y autor del estudio de seguridad.

- Memoria descriptiva. Datos de maquinaria y equipo, personal que va a laborar en la obra, instalaciones provisionales, medios de protección personal, medicina preventiva y de primeros auxilios, formación preventiva.
- Pliego de condiciones. Normativa legal de aplicación, obligaciones de las partes implicadas, responsabilidad y atribuciones en materia de seguridad e higiene, empleo y mantenimiento de los medios y equipo de protección, programas de actuación de medicina preventiva y en formación preventiva.
- Mediciones y presupuesto. Es importante contemplar en el presupuesto de cada obra el equipo de protección e instalaciones necesarias para la seguridad e higiene del personal, primeros auxilios e instalaciones de salubridad.
- Documentación gráfica. Plano de ubicación de servicios públicos, plano de vallado, señalización, accesos y circulación del personal y vehículos de obra, planos de implantación de obra, incluyendo instalación de salubridad, almacenes, talleres, emplazamientos de máquinas fijas y planos-esquemas de la instalación eléctrica provisional.

4.1.3. Plan de seguridad

El constructor será el principal encargado de elaborar un plan de seguridad e higiene de la obra, en el que se implementen las previsiones contenidas en el estudio antes mencionado, adecuándolo con respecto a sus necesidades.

Este plan puede contener los siguientes puntos:

- Introducción. Objetivo del plan, ámbito de aplicación, descripción de la obra, comunicaciones existentes (carreteras, transporte), suministros (agua, electricidad, teléfono, drenaje), fecha de inicio y duración estimada, número de trabajadores y categorías, sustancias y materiales peligrosos, vehículos, máquinas y medios auxiliares a utilizar.
- Distribución de la obra de servicios de salubridad para el personal. Instalaciones provisionales de obra, centrales y plantas, talleres y almacenes, zonas de trabajo, centros de asistencia para el caso de accidentes²⁴.

4.1.4. Equipo de protección

Los equipos de protección personal son el conjunto de aparatos y accesorios fabricados especialmente para ser usado en diversas partes del cuerpo, con el fin de impedir lesiones y enfermedades causadas por los agentes a los que están expuestos los trabajadores. Sin embargo se debe tomar en cuenta que dicho equipo no puede proporcionar una seguridad

²⁴ “Seguridad en el trabajo”, Manuel Bestratén Belloví - Xavier Guardino Solá - Yolanda Iranzo García - Tomás Piqué Ardanuy - Luís Pujol Senovilla - Montserrat Solórzano Fábrega - José M^o Tamborero del Pino - Emilio Turmo Sierra - Isabel Varela Iglesias, Instituto de seguridad e higiene en el trabajo, edición 2011

total al trabajador y que es necesario en primera instancia controlar los agentes nocivos desde su origen, después en el ambiente y por último en el hombre²⁵.

- *Equipo de protección personal*

Casco. Diferentes tipos de cascos de protección pueden ser requeridos en una misma obra. Esta información debe estar disponible para trabajadores y participantes en la obra, así como en manuales, avisos y demás medios de comunicación y capacitación, de tal manera que los trabajadores utilicen el equipo adecuado en cada caso.

La norma oficial mexicana NOM-115-STPS-2009, seguridad-equipo de protección personal-cascos de protección-clasificación, especificaciones y métodos de prueba²⁶, establece los requisitos mínimos que deben cumplir los cascos de protección.

De acuerdo con la misma norma, los cascos de seguridad, según su nivel de desempeño²⁷, se clasifican en:

Clase G (General): Deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída libre y el peligro de contacto con conductores energizados a baja tensión eléctrica de hasta 2200 V (fase tierra).

Clase E (Dieléctrico): Deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída libre y el peligro de contacto con conductores energizados a alta tensión eléctrica de hasta 20 000 V (fase tierra).

Clase C (Conductor): Deben reducir la fuerza de impacto de objetos en caída libre. Esta clase no provee protección contra el contacto con conductores eléctricos.

- Botas. Los trabajadores de la construcción deben utilizar zapatos o botas de trabajo con suelas resistentes a resbalones y perforaciones. El calzado con punta de metal es usado para prevenir que los dedos de los pies queden aplastados cuando se trabaja alrededor de equipo pesado u objetos que caen.
- Guantes. Están diseñados para proteger los dedos, la mano y el antebrazo, su construcción es tal que permite libertad de movimiento. Los trabajadores deben usar los guantes correctos para el trabajo que van a hacer, como ejemplos guantes de goma de alta resistencia para trabajos con concreto, guantes de soldar para soldaduras, guantes y mangas con aislamiento cuando se esté expuesto a riesgos eléctricos.
- Gafas. Las gafas de seguridad se usan siempre que las operaciones en el trabajo puedan causar que objetos extraños entren a los ojos. Por ejemplo, cuando se esté soldando, cortando, puliendo, clavando o cuando se esté trabajando con concreto y/o químicos peligrosos o expuesto a partículas que vuelan. Así mismo cuando se esté expuesto a cualquier riesgo eléctrico, incluyendo el trabajar en sistemas eléctricos energizados (vivos).

²⁵ *Prácticas seguras en la industria de la construcción - Equipos de protección personal, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, PA – 07*

²⁶ <https://www.grainger.com.mx/blog/conoce-tu-equipo-de-proteccion-personal>

²⁷ <http://todoferreteria.com.mx/cascos-de-seguridad-normatividad-y-clases/>

- Cinturón de seguridad. Se usan en el tronco del cuerpo humano ante los riesgos de caídas, a diferente nivel: cinturón de correa, arnés para el pecho, arnés para el cuerpo y arnés de suspensión.
- Careta para soldador. Está diseñada y construida para proteger conjuntamente los ojos, la cara, el cuello y las orejas, y tiene la propiedad de absorber las radiaciones ultravioleta e infrarrojas. Su cuerpo u armazón puede ser de fibra, vulcanizada, plástico, fibra de vidrio y otro material resistente al calor.
- Protección en la obra
 - Vallas de protección
 - Señalización de riesgo
 - Pasillos de Seguridad
 - Mallas
 - Redes
 - Plataformas de trabajo, de acceso y de manutención

4.1.5. Instrucciones de seguridad durante la construcción de pilas

La construcción de pilas en el lugar, como otras especialidades de la construcción, requiere de medidas de seguridad particulares durante su desarrollo en campo. La elección adecuada del procedimiento constructivo y el equipo por utilizar, elimina en gran medida la posibilidad de error humano durante las maniobras, garantizando un importante beneficio económico y el buen comportamiento de la cimentación que se construye.

Tener un control de seguridad en la obra, tanto en el personal como en la maquinaria, logra disminuir el riesgo al que se someten y representa un factor importante económicamente. Como cada obra de cimentación tiene sus diferentes formas de proceso constructivo, se señalan recomendaciones aplicables a esta tesis.

Antes de iniciar cualquier operación, es necesario conocer y revisar el lugar donde se desarrollarán los trabajos, poniendo especial atención en los obstáculos terrestres o aéreos que correspondan a instalaciones eléctricas. Debe contarse con accesos firmes y seguros, ya que se utiliza maquinaria pesada para la construcción de la cimentación. Es importante que el equipo no golpee accidentalmente construcciones vecinas a la zona de trabajo durante de las maniobras y evitar cualquier daño en ellas.

En las maniobras de perforación y colocación de acero, es muy importante dar especial atención a los cables de la grúa, en su colocación, utilización, mantenimiento y revisión de accesorios.

Es necesario contar con un programa de ejecución de las perforaciones, para implantar oportunamente señalizaciones en los sitios en donde se encuentren perforaciones abiertas. El retiro del material producto de las perforaciones debe ser fuera del área de trabajo, ya que puede llegar a ser inestable o resbaladizo.

Debe tenerse especial cuidado en el almacenamiento y traslado del ademe a los sitios de perforación.

En el acero de refuerzo de la pila se debe verificar su habilitado y características mecánicas. Antes de introducirlos en las perforaciones se debe revisar que los estribos o zunchos estén debidamente amarrados para evitar que se desprendan durante la maniobra. También se revisa que no queden desperdicios de acero ni herramientas de habilitado.

En el colado de la pila, se deben verificar las conexiones del tubo Tremie.

Desde el inicio de la perforación, es importante colocar el tramo ademe metálico inicial (brocal) que garantice la seguridad del personal durante la construcción de la pila. En la etapa de colado es necesario que el personal esté junto a la perforación para manejar correctamente el tubo Tremie, por lo que se deben prever las medidas necesarias que minimicen riesgos de accidentes.

4.2. Seguridad e Higiene

La Seguridad e Higiene en el trabajo se refiere al conjunto de normas y procedimientos que buscan asegurar la integridad física y mental de los empleados, evitando riesgos de salud inherentes al ambiente físico en que se encuentran y a las tareas que les corresponden.

Es muy importante resaltar que el arma principal para evitar accidentes es la información, por lo que será prioritario mantener informados a los trabajadores de los riesgos que corren al realizar sus labores, así como de las medidas básicas de prevención que pueden emplear. La estructura de responsables de la seguridad y salud en el trabajo deberá corresponder al número de trabajadores que simultáneamente laboran en la obra, el análisis de riesgos y el grado de complejidad de la misma.

En las obras de 100 o más trabajadores y en aquellas de alta complejidad y riesgo, se deberá formar una estructura de organización dedicada exclusivamente a la administración de la seguridad y salud en el trabajo. Ésta contará con las instalaciones, medios humanos y materiales necesarios para la realización de sus actividades²⁸.

Los responsables de la administración de la seguridad y salud en el trabajo deberán vigilar que el sitio de la obra cuente con:

- Rutas de evacuación y salidas de emergencia y que se mantengan libres de obstáculos.
- Señalizaciones, advertencias e instrucciones necesarias para la seguridad y salud laborales de la obra.
- Condiciones tales como iluminación, temperatura y ventilación de acuerdo a las disposiciones legales.
- El mantenimiento adecuado de los campamentos o instalaciones provisionales, incluyendo accesos, puertas y sanitarios.

²⁸ <https://www.gestion.org/seguridad-y-higiene-empresarial/>

- El orden y limpieza en el sitio para evitar obstáculos y distracciones que comprometan la seguridad.

Las funciones de la estructura organizacional encargada de implementar la seguridad y salud laborales en las obras serán las siguientes:

- Prever y gestionar los recursos para contar con los equipos, implementos y medios y requeridos para la seguridad y salud en la obra.
- Conocer y difundir los elementos pertinentes y/o relevantes expresados en el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo de la obra, a los diversos participantes de los trabajos internos y externos que inciden en la misma.
- Establecer los mecanismos y formas de comunicación necesarias para apoyar la función de seguridad y salud laborales en la obra.
- Realizar la coordinación entre las funciones de seguridad y salud en el trabajo y las de otra naturaleza que afectan a la obra.
- Realizar las actividades de seguimiento y control requeridas para cumplir el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Contar con manuales y documentos de consulta que sirvan como referencia y guía para la implementación de la seguridad y salud laborales en la obra.
- Prever, formular y realizar los programas de capacitación en seguridad y salud en el trabajo observando que se apliquen para todos los involucrados.
- Organizar actividades adicionales complementarias para mantener la obra sin obstáculos o circunstancias que afecten la seguridad y salud de los trabajadores (orden, limpieza, mantenimiento).
- Verificar que se cuente con los medios de protección colectiva y personal en condiciones de servicio cuando sean requeridos.

4.3. Entorno legal de la seguridad y calidad en las obras

El Ingeniero debe estar consciente de los principales lineamientos que condicionan la ejecución de sus obras, y que son estipulados por la normatividad vigente. Se mencionarán los principales aspectos de cada uno:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (CPEUM)²⁹

Artículo 123. Título sexto “Del trabajo y de la previsión social”

Fracción	Contenido
I	Duración máxima de una jornada
II	Las jornadas nocturnas
III	Restricciones de menores como fuerza de trabajo
XIII	Capacitación de los trabajadores

²⁹ Constitución política de los estados unidos mexicanos que reforma la de 5 de febrero de 1857, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, actualizada por última vez 24/12/2020.

XIV	Responsabilidad de los empresarios ante los accidentes de trabajo
XV	Responsabilidad del patrón sobre seguridad e higiene
XXIX	Composición de la Ley del Seguro Social

Ley Federal del Trabajo³⁰

Titulo Noveno “Riesgos de trabajo”

Artículo	Contenido
473	Definición de riesgo de trabajo
474	Definición de accidente de trabajo
475	Definición de enfermedad de trabajo
477,478,479,480	Consecuencias de los riesgos de trabajo
483 al 486, 491 al 496, 500 al 503	Pago de indemnización en caso de accidentes
487	Derechos del trabajador accidentado
488	Excepciones del patrón a los casos del artículo anterior
489	Razones que no liberan al patrón de auxiliar al accidentado
490	Faltas inexcusables del patrón
498-499	Reposición del empleo
504	Obligaciones especiales del patrón
506	Obligaciones de los médicos de empresa
508	Comprobación de causa de muerte
509-510	Establecimiento de las comisiones de Seguridad e Higiene
511	Atribuciones y deberes de los inspectores de trabajo
512-D	Modificaciones para la seguridad por parte del trabajador
513	Tabla de enfermedades de trabajo
514	Tabla de valuación de incapacidades permanentes

Ley del Seguro Social³¹

Titulo Segundo-Capítulo Tercero “Del seguro de riesgos de trabajo”

Artículo	Contenido
41	Concepto de riesgo de trabajo
42	Concepto de accidente de trabajo
43	Concepto de enfermedades de trabajo
46	Causa no considerada como riesgo de trabajo
48	Producción intencional del riesgo de trabajo
49	Consecuencia del riesgo de trabajo por falta inexcusable del patrón
51	Aviso de accidente
52	Sanciones al patrón
55	Consecuencias de los riesgos de trabajo

³⁰ Ley Federal del trabajo, actualizada en el 2019 en el Diario Oficial de la Federación

³¹ Ley del Seguro Social, actualizada en el 2020 en el Diario Oficial de la Federación

59	Pensión en caso de incapacidad permanente total
61	Duración de la pensión por incapacidad permanente
64,65,66	Pensión en caso de muerte
67	Límite de la pensión por dos o más incapacidades

4.3.1. Normatividad

Normas de seguridad³²:

NOM-002-STPS-2010	Prevención y protección contra incendios
NOM-004-STPS-1999	Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria
NOM-005-STPS-1998	Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas
NOM-006-STPS-2014	Manejo y almacenamiento de materiales
NOM-009-STPS-2011	Trabajos en altura
NOM-027-STPS-2008	Soldadura y corte
NOM-029-STPS-2011	Mantenimiento de instalaciones eléctricas
NOM-033-STPS-2015	Trabajos en espacios confinados
NOM-034-STPS-2016	Acceso y desarrollo de actividades de trabajadores con discapacidad

Normas de Salud³²:

NOM-011-STPS-2001	Ruido
NOM-014-STPS-2000	Presiones ambientales anormales
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones
NOM-025-STPS-2008	Iluminación

Normas de Organización³²:

NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal
NOM-018-STPS-2000	Identificación de peligros y riesgos por sustancias químicas
NOM-019-STPS-2011	Comisiones de seguridad e higiene
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad
NOM-028-STPS-2012	Seguridad en procesos y equipos con sustancias químicas
NOM-030-STPS-2009	Servicios preventivos de seguridad y salud

Normas Específicas³²:

NOM-031-STPS-2011	Construcción
-------------------	--------------

³² Normas Mexicanas vigentes

4.4. Reglamento de seguridad

Reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo³³

TITULO PRIMERO. DISPOSICIONES GENERALES Y OBLIGACIONES DE LOS PATRONES Y TRABAJADORES

1. Disposiciones generales.
2. Obligaciones de los patronos.
3. Obligaciones de los trabajadores.

TITULO SEGUNDO. CONDICIONES DE SEGURIDAD

1. Edificios y locales.
2. Prevención, protección y combate e incendios.
3. Del equipo, maquinaria, recipientes sujetos a presión y generadores de vapor y caldera.
4. De las instalaciones eléctricas.
5. De las herramientas.
6. Manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, materiales y sustancias químicas peligrosas.

TITULO TERCERO. CONDICIONES E HIGIENE

1. Ruido y vibraciones.
2. Sustancias químicas contaminantes sólidas, líquidas y gaseosas.
3. Iluminación.
4. Ventilación.
5. Equipos de protección personal.
6. Ergonomía.
7. De los servicios para el personal.
8. Del orden y limpieza.

TITULO CUARTO. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

1. Disposiciones generales.
2. De las Comisiones de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
3. Avisos y estadísticas de accidentes y enfermedades de trabajo.
4. Programas de seguridad e higiene en el trabajo.
5. Capacitación.
6. Servicios preventivos de medicina de trabajo.
7. Servicios de seguridad e higiene en el trabajo

TITULO QUINTO. DE LA PROTECCIÓN DEL TRABAJO DE MENORES Y DE LAS MUJERES EN PERÍODO DE GESTACIÓN Y DE LACTANCIA

1. Del trabajo de las mujeres gestantes y en periodo de lactancia.
2. Del trabajo a menores.

³³ Reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo, 1997

TITULO SEXTO. DE LA VIGILANCIA, INSPECCIÓN Y SANCIONES ADMINISTRATIVAS

Art. 161 Vigilancia.

Arts. 162 y 163 Inspección.

Arts. 164 al 168 Sanciones administrativas.

4.5. Supervisión

La supervisión de obra puede ser un factor determinante, tanto para el éxito, como para el fracaso de un proyecto. El profesional que desempeña el trabajo de supervisor de obra se enfrenta no sólo a problemas de carácter técnico, sino también a conflictos generados por la interacción humana. Además de las competencias necesarias para afrontar los problemas de carácter técnico y humano, el supervisor debe contar con un conjunto de valores y actitudes positivas para un adecuado desempeño de su labor. Para el cumplimiento de sus objetivos, la supervisión debe hacer uso correcto de los medio de comunicación a su alcance, principalmente de la bitácora de obra.

La supervisión es responsable de que el tiempo de ejecución y la calidad correspondan con los planeados; tiene una responsabilidad legal y moral sobre la seguridad y la higiene del personal técnico y obrero asignado a la obra, y sobre el impacto que los procesos constructivos tengan sobre el medio ambiente.

Para desempeñar exitosamente la supervisión de una obra es necesario realizar una serie de actividades programadas, ordenadas y sistematizadas. Estas actividades deben tener una orientación principalmente preventiva para evitar trabajos que se ejecutan por segunda vez, que incrementan tanto el costo, como el tiempo de ejecución, y probablemente también afecten la calidad. Las acciones preventivas están orientadas a la revisión de los requisitos de ejecución de las actividades antes que estas se ejecuten.

Una de las partes importantes en las que se debe estar capacitado tanto el constructor o contratista y el supervisor, es en lo referente a seguridad e higiene. Como se mencionó el principio de este capítulo, el constructor debe realizar un plan de seguridad para la obra, y el supervisor deber tener conocimiento de dicho plan, para observar que se lleve adecuadamente, así como para proponer ideas que lo puedan mejorar.

Aparte de las competencias técnicas que tiene que cumplir para hacer su trabajo, deberá tener o tratar de adquirir los siguientes rasgos:

- Intelectuales. Sensatez, capacidad de razonamiento abstracto, aptitud para persuadir y convencer, capacidad de síntesis y análisis, aptitud para hablar.
- Operativas. Sentido de responsabilidad, capacidad de planificación y organización, capacidad de reacción ante los imprevistos, serenidad ante las situaciones difíciles.
- Personalidad. Interés por las personas, confianza en sí mismo (sin perder el interés por asesorarse), interés por el trabajo en equipo, capacidad de dialogo, flexibilidad, diplomacia, habilidad social.

Además, deberá observar que se cumplan con las normas de seguridad en cuanto a la utilización correcta de los materiales, herramientas y equipos y verificar el empleo correcto de los dispositivos de protección. Por lo anterior, es muy conveniente crear un manual de seguridad e higiene³⁴.

Conclusión capitular

Como en toda obra, por pequeña sea, se debe contar con un sistema de seguridad organizado. Los ingenieros constructores tienen la obligación del cuidado del personal, así como de la calidad en la obra, lo cual se predica con el ejemplo. La ejecución en la obra de pilas coladas en sitio debe tener una logística adecuada, que garantice la seguridad y permita obtener la mejor calidad posible.

³⁴ *Supervisión de la obra, Rómel G. Solís Carcaño, Ingeniería 2004*

Capítulo V. Costos directos de construcción de pilas circulares

Se presenta un parámetro económico en el que se proponen diámetros del fuste de pilas de sección constante y también de pilas con ampliación en la base (campana), utilizando el proceso constructivo indicado en el capítulo 3. Con esta comparativa en costo directo, se obtiene una gráfica en la que se muestra el cambio significativo en el precio. El análisis se realizó considerando diferentes tipos de suelo.

5.1. Consideraciones generales para los costos

La correcta selección de los insumos que se requieren en la ejecución de un trabajo es indispensable para conformar un precio adecuado. Sin embargo, las diferencias más importantes se presentan al determinar los rendimientos, que en la construcción de cimentaciones profundas son una variable muy compleja si consideramos que la eficiencia de los recursos depende de las características del subsuelo donde se instalarán los elementos de cimentación.

En los siguientes puntos se indican las consideraciones del catálogo de costos directos para la construcción de pilas de cimentación en presencia de mantos colgados³⁵.

- a) Los costos de los insumos correspondientes a fletes, materiales, mano de obra y equipo, incluyendo sus consumos, se refieren al área metropolitana de la Ciudad de México.
- b) El factor del salario real se calculó con las actuales Leyes del Seguro Social y Federal del Trabajo. Los porcentajes referentes a los Sistemas de Ahorro para el Retiro y al Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores están incluidos en el factor mencionado.
- c) Los viáticos y pasajes del personal no se incluyen, ya que dependen de las zonas donde se desarrollarán los trabajos.
- d) El cálculo de los costos horarios se basa en parámetros estadísticos y en las fórmulas establecidas en el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.
- e) Los consumos correspondientes a cables y accesorios no están considerados en ninguna partida, por lo que se toman como un porcentaje sobre el importe de maquinaria en cada concepto analizado, y cuyo valor se encuentra entre un 5% y 10%, ya que su durabilidad varía en función de la actividad que se realiza, como es el caso de la perforación, donde éstos tienen un desgaste mayor que en el hincado.
- f) Los costos correspondientes a botes, brocas, dientes, y en general a toda la herramienta de perforación, no están integrados en ningún concepto por depender su desgaste de los estratos del subsuelo por perforar, situación que no permite generalizar su vida útil. En este caso, su valor se considera entre el 10% y 15% del costo correspondiente al importe de maquinaria de cada concepto analizado.
- g) En este catálogo se incluyen los análisis de costos horarios de perforadoras hidráulicas consideradas de nueva generación; sin embargo, no se han integrado en las matrices de costos unitarios ya que al aplicar su costo en función del rendimiento que ofrecen, no modifican en forma importante los costos de perforación analizados.
- h) Con el propósito de calcular los costos de perforación relacionados a las características de los estratos del subsuelo, se decidió identificarlos de acuerdo con la clasificación que se basa en el número de golpes de la prueba de penetración estándar tanto en arcillas como en arenas, por lo que cuando la composición de los estratos sea heterogénea, los rendimientos deberán ajustarse con base en la experiencia.

³⁵ *Cimentaciones Profundas, Centro Nacional de Ingeniería de Costos, Catalogo de Costos de Directos, Rodríguez Suárez Manuel Alejandro - López Alanís Omar Josué, Cámara Mexicana de la Industria de la construcción (CMIC), 2019*

Tipos de suelo	Consistencia	Numero de golpes
I y IV	Arcilla muy blanda a blanda	0 – 4
	Arena muy suelta a suelta	0 – 10
II y V	Arcilla firme a consistente	4 – 16
	Arena medianamente densa	10 – 30
III y VI	Arcilla muy firme a dura	>16
	Arena densa a muy densa	>31

- i) Ningún concepto incluye factores de indirectos y utilidad, ya que su valor depende de las características de la obra por realizar, así como de la organización y estrategia de cada empresa.
- j) A fin de evitar el incremento de los precios por duplicidad de los costos indirectos, y lograr una coordinación eficiente en el desarrollo de los trabajos al definir las responsabilidades de las partes que intervienen, es práctica común que el cliente proporcione a la empresa que construirá las cimentaciones profundas lo siguiente, razón por la cual en éste catálogo su análisis no se ha incluido:
- Terreno sensiblemente a nivel, libre de obstáculos terrestres y/o aéreos.
 - Plataformas de trabajo y accesos amplios, firmes y seguros para el equipo de cimentación profunda, incluyendo su mantenimiento, tomando en consideración que se trata de maquinaria pesada, montada sobre orugas y/o neumáticos.
 - En caso necesario, el desvío del río y todos los trabajos requeridos para garantizar la integridad del personal y equipo durante la ejecución de la obra.
 - Suministro del agua necesaria, incluyendo su depósito, para lavar el tubo Tremie y elaborar el lodo bentonítico.
 - Toma, suministro y consumo de corriente eléctrica trifásica para el funcionamiento de caldera de vapor (en su caso) y dosificadora de bentonita, en el lugar donde se realizarán los trabajos.
 - Área suficiente para llevar a cabo eficientemente las actividades que se realizarán en la construcción de la cimentación profunda.
 - Descabece de las pilas, para ser unidos al resto de la estructura.
 - Rellenos en perforaciones abiertas.
 - Retiro y/o acarreo del material producto de las perforaciones.
 - Control de calidad de los materiales.
 - Trazo y localización en función de los requerimientos del avance de los trabajos de cimentación.
 - Supervisión continúa durante el tiempo de duración de la obra.
 - Licencias de construcción o permisos correspondientes ante las autoridades ecológicas, gubernamentales y/o sindicales de la localidad.

5.2. Costos directos de pilas de cimentación en presencia de mantos colgados

Para ejemplificar el costo de construcción de pilas en un terreno con mantos colgados de agua, en el presente catalogo se analizan cuatro diferentes tipos de pilas, construidas en suelos mixtos, con diferentes diámetros y con o sin ampliación en la base (campana).

En la integración de los costos directos de una pila se consideran los siguientes conceptos:

1. Perforación de pilas.
 - a) Perforación con lodos bentoníticos hasta 16 m (donde se define el manto colgado).
 - b) Ademe metálico estructural para confinar el manto colgado.
2. Habilitado de acero.
3. Concreto premezclado.
4. Elaboración de lodos bentoníticos.
5. Retiro de lodos bentoníticos.
6. Perforación para ampliar la base de las pilas (campana).

5.2.1. Insumos

En la construcción de pilas de cimentación se manejan los siguientes insumos:

- a) Materiales

Clave	Materiales
MAT-05	Ademe metálico estructural con diámetro de 81.28 cm, espesor de 1.27 cm y longitud de 16.50 m.
MAT-10	Ademe metálico estructural con diámetro de 101.6 cm, espesor de 1.59 cm y longitud de 16.50 m.
MAT-15	Ademe metálico estructural con diámetro de 142.24 cm, espesor de 2.22 cm y longitud de 16.50 m.
MAT-20	Ademe metálico estructural con diámetro de 162.56 cm, espesor de 2.54 cm y longitud de 16.50 m.
MAT-AG10	Agua en pipa (capacidad de suministro de 10 m ³).
MAT-ALB18	Alambre recocido de acero calibre 18, clave 1201.
MAT-BN50	Bentonita sódica tipo Perfobent C, saco de 50 kg.
MAT-CON2250	Concreto premezclado $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ Rev. 14 - 28 D.
MAT-VAR42	Varilla de acero corrugado, grado 42 de cualquier diámetro.

Análisis en Anexo 4. Listado de materiales

b) Mano de obra

Clave	02 Mano de Obra
MO1	Ayudante oficial
MO2	Cabo de maniobras (cimentación profunda)
MO3	Cabo de oficios
MO4	Maniobrista
MO5	Oficial herrero
MO6	Operador (cimentación profunda)
MO7	Operador equipo de bentonita

Análisis en Anexo 1. Cuadrillas de trabajo y Anexo 2. Factor de salario real

Anexo 1. Cuadrillas de trabajo

c) Equipo y herramienta

Clave	Equipo y herramienta
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 t
EQ1035	Mezcladora de bentonita de lodos "SOILMEC" 10-12 capacidad 10m ³ /hr
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m
EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m
2406-02-49	Tubo Tremie de 20 m de longitud
EQ2000	Pipa para retiro de lodos bentoníticos (incluye mano de obra)

Análisis en Anexo 3. Listado de costos horarios, equipo y herramienta

5.3. Procedimiento de pilas sin y con campana, usando lodos bentoníticos y ademe recuperable.

Se indican los precios unitarios para la fabricación de pilas de cimentación en presencia de mantos colgados, de 80, 100, 140 y 160 cm de diámetro, sin campana, así como, en las dos primeras, con campana de 140 y 160 cm de diámetro. Se profundidades de 22 m y 27 m para cada uno de los diámetros, a fin de evaluar su impacto en costos.

5.3.1. Pilas de 140 cm y 160 cm de diámetro, sin campana

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	P. Unitario
PU-001	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 140 cm y longitud de 22 m, en diferente tipo de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m ³ de concreto.	pza.	1	\$520,935.56
PU-002	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 140 cm y longitud de 27 m, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m ³ de concreto.	pza.	1	\$641,942.77
PU-003	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 160 cm y longitud de 22 m, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m ³ de concreto.	pza.	1	\$663,938.36
PU-004	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 160 cm y longitud de 27 m, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m ³ de concreto.	pza.	1	\$701,545.27

5.3.2. Pilas de 80 y 100 cm de diámetro, con campana de 140 cm y 160 cm

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	P. Unitario
PU-005	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 80 cm y longitud de 22 m, con campana de 140 cm de diámetro, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m^3 de concreto.	pza.	1	\$173,447.22
PU-006	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 80 cm y longitud de 27 m, campana de 140 cm de diámetro, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m^3 de concreto.	pza.	1	\$213,415.19
PU-007	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 100 cm y longitud de 22 m, con campana de 160 cm de diámetro, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m^3 de concreto.	pza.	1	\$271,356.37
PU-008	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 100 cm y longitud de 27 m, con campana de 160 cm de diámetro, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m^3 de concreto.	pza.	1	\$327,315.14

5.3.3. Precios unitarios para pilas sin campana, con diámetros de 140 cm y 160 cm, para 22 y 27 m de longitud.

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Partida:	P01			Análisis No.	10	
PU-001	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 140 cm y longitud de 22 m en diferente tipo de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$ 520,935.56	\$ 520,935.56	
	Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
	PFP-500	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	22	\$14,425.34	\$317,357.39
	CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	4.064	\$24,501.76	\$99,574.27
	CAC004	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 140 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	33.866	\$2,165.87	\$73,350.12
	FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	25.400	\$656.85	\$16,683.91
	FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	25.400	\$550.00	\$13,969.88
				SUBTOTAL		\$520,935.56

(QUINIENTOS VEINTE MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO PESOS 56/100 M.N.)

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Partida:	P01			Análisis No.	20	
PU-002	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 140 cm y longitud de 27 m, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$641,942.77	\$641,942.77	
	Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
	PFP-600	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 27 m en diferentes tipos de materiales.	m	27	\$14,780.13	\$399,063.59
	CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	4.988	\$24,501.76	\$122,204.78
	CAC004	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 140 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	41.563	\$2,165.87	\$90,020.61
	FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	25.400	\$656.85	\$16,683.91
	FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	25.400	\$550.00	\$13,969.88
				SUBTOTAL		\$641,942.77

(SEISCIENTOS CUARENTA Y UN MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 77/100 M.N.)

Capítulo V

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Partida:	P01			Análisis No.	30	
PU-003	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 160 cm y longitud de 22 m en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$663,938.36	\$663,938.36	
	Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
	PPF-700	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 22 m en diferentes tipos de materiales.	m	22	\$18,560.49	\$408,330.68
	CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	5.308	\$24,501.76	\$130,056.19
	CAC005	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 160 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	44.234	\$2,145.38	\$94,897.71
	FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	25.400	\$656.85	\$16,683.91
	FBT003	Retiro de lodos bentoníticos	m ³	25.400	\$550.00	\$13,969.88
					SUBTOTAL	\$663,938.36

(SEISCIENTOS SESENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS 36/100 M.N.)

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
Partida:	P01			Análisis No.	40	
PU-004	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 160 cm y longitud de 27 m en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$701,545.27	\$701,545.27	
	Clave	Conceptos	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
	PPF-800	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	27	\$19,565.24	\$528,261.54
	CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	6.514	\$2,145.38	\$13,975.85
	CAC005	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 160 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	54.287	\$2,369.90	\$128,654.10
	FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	25.400	\$656.85	\$16,683.91
	FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	25.400	\$550.00	\$13,969.88
					SUBTOTAL	\$701,545.27

(SETECIENTOS UN MIL QUINIENTOS CUARENTA Y CINCO PESOS 27/100 M.N.)

5.3.4. Precios unitarios para pilas con campana de 140 cm y 160 cm de diámetro, con y fuste de 80 cm y 100 cm, para 22 y 27 m de longitud.

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P02				Análisis No.	10
PU-005	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 80 cm y longitud de 22 m, con campana de 140 cm de diámetro, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m³ de concreto.	pza.	1	\$173,447.22	\$173,447.22
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
PFP-100	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 80 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	22	\$4,699.60	\$103,391.13
PAP001	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 140 cm, en material tipo II y tipo V.	m ³	0.584	\$1,121.37	\$655.26
CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	1.327	\$24,501.76	\$32,514.05
CAC002	Suministro y colocación de concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² , con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 80 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	11.341	\$2,369.90	\$26,877.39
FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	8.294	\$656.85	\$5,447.81
FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	8.294	\$550.00	\$4,561.59
				(CIENTO SETENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE PESOS 22/100 M.N.)	SUBTOTAL \$173,447.22

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P02				Análisis No.	20
PU-006	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 80 cm y longitud de 27 m, con una base (campana) de diámetro de 140 cm, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm² y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m³ de concreto.	pza.	1	\$213,415.19	\$213,415.19
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
PFP-200	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 80 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	27	\$5,089.00	\$137,402.89
	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 140 cm, en material tipo II y tipo V.	m ³	0.584	\$1,121.37	\$655.26
CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	1.327	\$24,501.76	\$32,514.05
CAC002	Suministro y colocación de concreto premezclado de $f'c=250$ kg/cm ² , con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 80 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	13.854	\$2,369.90	\$32,833.60
FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	8.294	\$656.85	\$5,447.81
FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	8.294	\$550.00	\$4,561.59
				(DOSCIENTOS TRECE MIL CUATROCIENTOS QUINCE PESOS 19/100 M.N.)	SUBTOTAL \$213,415.19

Capítulo V

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida:	P02			Análisis No.	30
PU-007	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 100 cm y longitud de 22 m, con una base (campana) de diámetro de 160 cm, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$271,356.37	\$271,356.37
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
PFP-300	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 100 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	22	\$7,754.27	\$170,593.99
PAP002	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 160 cm, en material tipo II y tipo V.	m ³	0.811	\$1,121.37	\$908.91
CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	2.073	\$24,501.76	\$50,803.20
CAC003	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 100 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	17.618	\$2,215.96	\$39,040.87
FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.	m ³	8.294	\$656.85	\$5,447.81
FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	8.294	\$550.00	\$4,561.59
				(DOSCIENTOS SETENTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS PESOS 37/100 M.N.)	SUBTOTAL \$271,356.37

CLAVE	CONCEPTO GENERAL	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida:	P02			Análisis No.	40
PU-008	Fabricación de pilas de cimentación con diámetro de 100 cm y longitud de 27 m, con una base (campana) de diámetro de 160 cm, en diferentes tipos de materiales, utilizando ademe de lodo bentonítico dosificado al 10.00%, con concreto premezclado de f'c=250 kg/cm2 y revenimiento de 20 cm, considerando 120 kg de acero de refuerzo por m3 de concreto.	pza.	1	\$327,315.14	\$327,315.14
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
PFP-400	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 100 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	27	\$8,068.54	\$217,850.71
PAP002	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 160 cm, en material tipo II y tipo V.	m ³	0.811	\$1,121.37	\$908.91
CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.	t	2.073	\$24,501.76	\$50,803.20
CAC003	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 100 cm, utilizando sistema Tremie.	m ³	21.545	\$2,215.96	\$47,742.92
FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico sin recuperación dosificación al 10.00%.	m ³	8.294	\$656.85	\$5,447.81
FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.	m ³	8.294	\$550.00	\$4,561.59
				(TRESCIENTOS VEINTISIETE MIL TRESCIENTOS QUINCE PESOS 14/100 M.N.)	SUBTOTAL \$327,315.14

5.4. Comparativa de costos

Se presenta una comparativa económica entre una pila que no tiene campana y otra que sí la tiene.

A continuación se presentan las tablas con los costos de cada una de las pilas, con los diferentes diámetros manejados y las profundidades. Los tipos de materiales en donde se son construidas, son de diferentes tipos.

Tabla 5.1. Pilas fabricadas sin campana con diferentes diámetros y profundidades.

Profundidad m	Costo	
	Pilas sin campana (diámetro 140 cm)	Pilas sin campana (diámetro 160 cm)
22	\$520,935.56	\$663,938.36
27	\$641,942.77	\$701,545.27

Tabla 5.2. Pilas fabricadas con campana con diferentes diámetros y profundidades.

Profundidad m	Costo	
	Pilas con campana (diámetro fuste 80 cm y campana de 140 cm)	Pilas con campana (diámetro fuste 100 cm y campana de 160 cm)
22	\$173,447.22	\$271,356.37
27	\$213,415.19	\$327,315.14

Los análisis de los costos directos a detalle se presentan en Anexo 5. Análisis de precios unitarios.

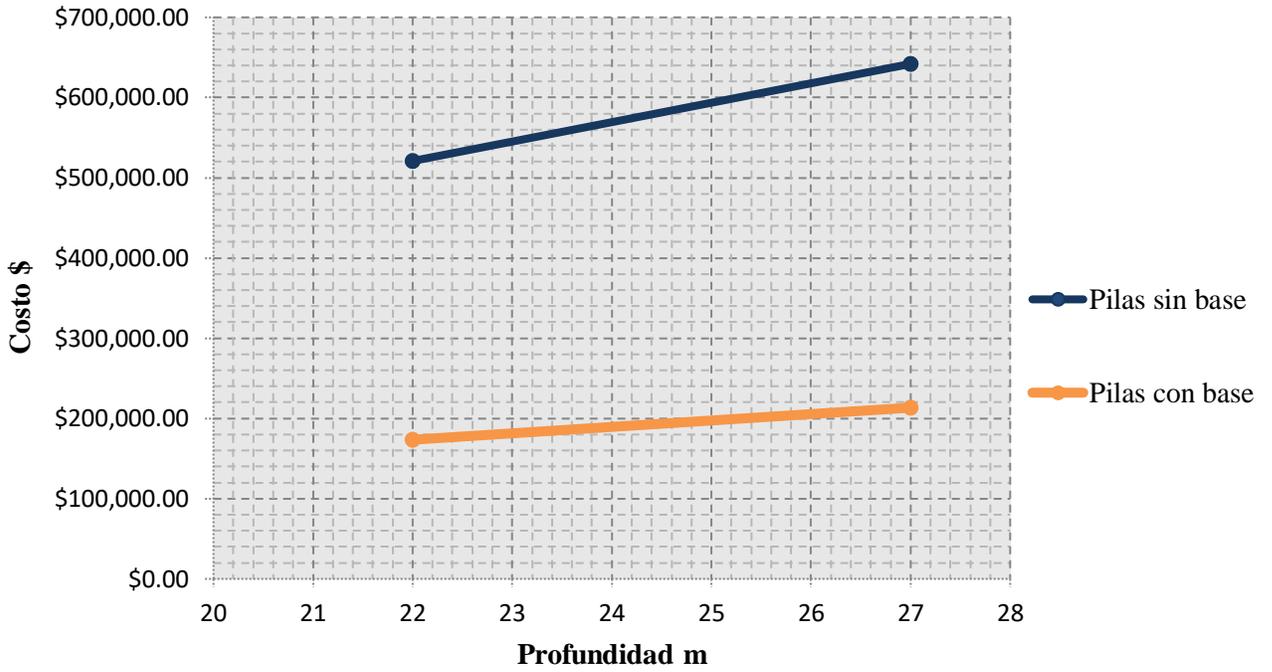


Figura 5.1. Comparación económica de pilas sin base (diámetro 140 cm) y pilas con base (fuste 80 cm y campana 140 cm), a dos profundidades de 22 m y 27 m cada una.

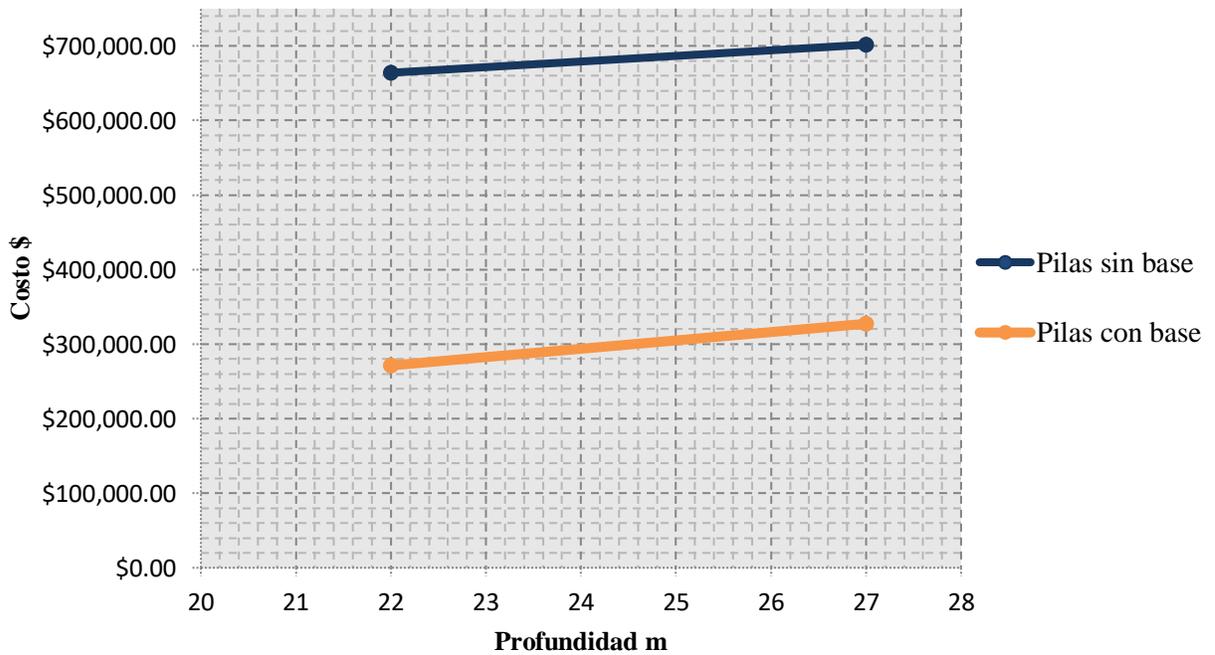


Figura 5.1. Comparación económica de pilas sin base (diámetro 160 cm) y pilas con base (fuste 100 cm y campana 160 cm), a dos profundidades de 22 m y 27 m cada una.

Conclusión capitular

En cuanto al aspecto económico de la construcción de pilas coladas en sitio, se elaboró un catálogo de costos del proceso constructivo cuando existan mantos colgados de agua, con empleo de ademe metálico. Se analizan pilas sin campana y con campana a diferentes profundidades.

Se observa que el costo se incrementa cuando las pilas no tienen campana, dado que su diámetro es constante en toda la profundidad, y para una capacidad dada requerirían de diámetros mayores en comparación otras con campana. La diferencia de una pila sin campana a otra con campana puede ir de un 33 % a un 47%, dependiendo de su profundidad. Este costo se eleva por el costo de la perforación, ya que dependiendo del diámetro será la herramienta que se ocupe y su rendimiento, lo que impacta en los costos de construcción de las pilas.

Capítulo VI. Conclusiones

- Es importante conocer los señalamientos de las *Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Cimentaciones* de la Ciudad de México al diseñar una cimentación y al construirlas, en especial las pilas coladas en sitio, así como las recomendaciones sobre un estudio adecuado de mecánica de suelos, que permita conocer la estratigrafía y propiedades del subsuelo y la existencia o no de un manto colgado de agua. El diseño de cimentación puede variar con respecto al tipo de suelo que se presente, así como su proceso constructivo, cuando existen mantos colgados de agua.
- Se hace hincapié en la utilización de piezómetros, señalando los de uso más común, y la necesidad de ocuparlos en la Ciudad de México. Esto es importante que el ingeniero constructor lo tenga presente en las obras que ejecute.
- Los mantos colgados de agua son unos aspectos cada vez más relevante en la Ciudad de México, particularmente en la zona II y en la vecindad con la zona III, ocasionados por la intensa explotación de agua subterránea. Es muy probable que en el sigan proliferando estas condiciones en el subsuelo, por lo que el cambio en el diseño y construcción de cimentaciones tendrá ajustes.
- El ingeniero constructor vigila que la obra se realice en tiempo y forma, pero en ocasiones desconoce que la seguridad es un factor vital y no le procura la debida importancia. En muchas ocasiones desconoce las leyes, normas y reglamentos existentes en México que deben tomarse en cuenta. Un plan de seguridad, es indispensable para evitar contratiempos y costos. En esta tesis se hacen recomendaciones de seguridad e higiene en la obra, y lo mínimo que debe conocerse para un buen confinamiento.
- El papel que juega la supervisión en la obra es muy importante y debe tomarse con la debida seriedad. El ingeniero a cargo debe tener la suficiente experiencia en obra para que su ejecución se lleve de la mejor manera posible, y con los lineamientos requeridos.
- Se analizan dos tipos de pilas para obtener el costo directo de construcción. Se concluye que existe mayor costo de construcción de pilas de diámetro constante y sin ampliación de base (campana) comparadas con las que sí la tienen. Cuando existan mantos colgados, el proceso constructivo más conveniente, en costo, es el de pilas con ampliación de base, siempre y cuando el diseño así lo considere.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- A. Esta tesis se enfocó en analizar el procedimiento constructivo de pilas en presencia de mantos colgados de agua, estabilizando las perforaciones inicialmente con lodos bentoníticos y luego confinando el manto colgado con ademe metálico para concluir la pila en seco y ampliando su base. Una futura línea de investigación consideraría el uso de polímeros en vez de lodos bentoníticos, y una comparativa en costo con estos dos tipos de materiales.

- B. Otra línea de investigación sería realizar un programa de obra y comparar pilas con campana y sin ella, mediante el mismo procedimiento constructivo, y con los materiales antes mencionados (polímero y bentonita), determinando la diferencia de tiempos que existirían entre uno y otro.

Bibliografía

1. Tesis o tesinas

Ramos Sánchez Julio Cesar, “Proceso constructivo en pilas de 2.50 metros de diámetro con una longitud de 32.00”, Tesina de grado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2015.

Construcción de cimentaciones profundas con el procedimiento Starsol, Salvador Martínez Ramírez, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería UNAM, 2009.

“Construcción de una cimentación profunda y su afectación al entorno vecino el caso torre mayor”. Beatriz Rivas Arévalo - Juan Armando García Nava, Tesis de grado, CMIC, ITC.

2. Manuales

XXV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Volumen 2, Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (SMIG), 2010.

Exploración e Investigación del subsuelo, Capítulo 1, Luis Alberto Cáceres – Oscar Ramírez, apuntes de clase.

3. Web

<https://www.nueva-iso-45001.com/2017/02/tecnicas-de-seguridad/>

<https://www.osha.gov/Publications/3260-09N-05-Spanish-07-05-2007.html>

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/alcazar_z_jp/capitulo2.pdf

<https://www.osha.gov/Publications/3260-09N-05-Spanish-07-05-2007.html>

<http://www.ngenespanol.com/naturaleza/ecosistemas/17/09/28/delegaciones-de-la-cdmx-con-mayor-y-menor-riesgo-en-un-sismo/>

Anexo 1. Cuadrillas de trabajo

Clave	Descripción	Unidad	Costo
MOC-05	Cuadrilla Bentonita	jor	\$1,926.22
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	\$2,360.05
MOC-15	Cuadrilla Habilitado de Acero	jor	\$1,461.48
MOC-20	Cuadrilla Perforación	jor	\$2,885.25

Clave	Mano de Obra	Unidad	Costo
MO1	Ayudante oficial	jor	\$366.35
MO2	Cabo de maniobras (Ciment. Prof.)	jor	\$623.60
MO3	Cabo de oficios	jor	\$752.42
MO4	Maniobrista	jor	\$469.01
MO5	Oficial fierrero	jor	\$546.32
MO6	Operador (Ciment. Prof.)	jor	\$1,216.11
MO7	Operador equipo de bentonita	jor	\$584.96

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
MOC-05	Cuadrilla Bentonita	jor			
	MANO DE OBRA				
	Operador equipo de bentonita	jor	1	\$584.96	\$584.96
	Ayudante oficial	jor	3	\$366.35	\$1,099.05
	Cabo de oficios	jor	0.2	\$752.42	\$150.48
					SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$1,834.49
	EQUIPO Y HERRAMIENTA				
	Herramienta de mano	%mo	0.03	\$1,834.49	\$55.03
	Equipo de seguridad	%mo	0.02	\$1,834.49	\$36.69
					SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$91.72
					COSTO DIRECTO: \$1,926.22

MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor			
	MANO DE OBRA				
	Operador (Ciment. Prof.)	jor	1	\$1,216.11	\$1,216.11
	Maniobrista	jor	2	\$469.01	\$938.02
	Cabo de maniobras (Ciment. Prof.)	jor	0.15	\$623.60	\$93.54
					SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$2,247.67
	EQUIPO Y HERRAMIENTA				
	Herramienta de mano	%mo	0.03	\$2,247.67	\$67.43
	Equipo de seguridad	%mo	0.02	\$2,247.67	\$44.95
					SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$112.38
					COSTO DIRECTO: \$2,360.05

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
MOC-15	Cuadrilla habilitado de Acero	jor			
	MANO DE OBRA				
	Oficial herrero	jor	1	\$546.32	\$546.32
	Ayudante oficial	jor	2	\$366.35	\$732.70
	Cabo de oficios	jor	0.15	\$752.42	\$112.86
					SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$1,391.88
	EQUIPO Y HERRAMIENTA				
	Herramienta de mano	%mo	0.03	\$1,391.88	\$41.76
	Equipo de seguridad	%mo	0.02	\$1,391.88	\$27.84
					SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$69.59
					COSTO DIRECTO: \$1,461.48

MOC-20	Cuadrilla Perforación	jor			
	MANO DE OBRA				
	Operador (Ciment. Prof.)	jor	1	\$1,216.11	\$1,216.11
	Maniobrista	jor	3	\$469.01	\$1,407.03
	Cabo de maniobras (Ciment. Prof.)	jor	0.2	\$623.60	\$124.72
					SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$2,747.86
	EQUIPO Y HERRAMIENTA				
	Equipo de seguridad	%mo	0.02	\$2,747.86	\$54.96
	Herramienta de mano	%mo	0.03	\$2,747.86	\$82.44
					SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$137.39
					COSTO DIRECTO: \$2,885.25

Anexo 2. Factor de salario real

Datos básicos para el análisis del factor del salario real

DICAL	DÍAS CALENDARIO	365.00
DIAGI	DÍAS DE AGUINALDO	15.00
PIVAC	DÍAS POR PRIMA VACACIONAL Prima Adicional	1.50
Tp	TOTAL DE DÍAS REALMENTE PAGADOS AL AÑO	SUMA: 381.50
DIDOM	DÍAS DE DESCANSO OBLIGATORIO	52.00
DIVAC	DÍAS DE VACACIONES	6.00
DIFEO	DÍAS FESTIVOS POR LEY	7.00
DIPEC	DÍAS PERDIDOS POR CONDICIONES DE CLIMA (LLUVIA Y OTROS)	3.00
DIPCO	DÍAS POR COSTUMBRE	4.00
DIPEN	DÍAS POR PERMISOS Y ENFERMEDAD NO PROFESIONAL	3.00
DINLA	DÍAS NO LABORADOS AL AÑO	SUMA: 75.00
TI	TOTAL DE DÍAS REALMENTE LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA)	290.00
Tp / TI	DÍAS PAGADOS / DÍAS LABORADOS	1.315520
FSBC	FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACIÓN (Tp / DICAL) para cálculo de IMSS	1.045210

NO.	CATEGORÍAS	Salario Nominal Diario "Sn"	Salario Base de Cotización	Tp / TI	Ps	Fsr= Ps (Tp/TI)+ (Tp/TI)	SALARIO REAL Sr = Sn * Fsr
1	Ayudante oficial	\$214.33	\$224.02	1.31552	0.29933	1.709295	\$366.35
2	Cabo de maniobras (Ciment. Prof.)	\$373.13	\$390.00	1.31552	0.27043	1.671276	\$623.60
3	Cabo de oficios	\$452.52	\$472.98	1.31552	0.26393	1.662725	\$752.42
5	Maniobrista	\$277.85	\$290.41	1.31552	0.28314	1.687996	\$469.01
7	Oficial herrero	\$325.50	\$340.22	1.31552	0.27585	1.678406	\$546.32
8	Operador (Ciment. Prof.)	\$738.30	\$771.68	1.31552	0.25211	1.647176	\$1,216.11
9	Operador equipo de bentonita	\$349.31	\$365.10	1.31552	0.27296	1.674604	\$584.96

***Anexo 3. Listado de costos
horarios, equipo y
herramienta***

Clave	Mano de Obra	Unidad	Costo
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	\$1,292.97
EQ1035	Mezcladora de bentonita de lodos "SOILMEC" 10-12 capacidad 10m3/hr	h	\$409.06
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	\$1,202.76
EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	\$1,152.05
2406-02-49	Tubo Tremie de 20m de longitud	h	\$55.27
EQ2000	Pipa para retiro de lodos bentoníticos (incluye mano de obra)	m ³	\$550.00

EQ1045

Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m

Costo de la máquina (Cm) =	\$3,482,941.02
Valor de las llantas (Pn) =	0.00
Valor de las piezas especiales (Pa) =	0.00
Valor de la máquina (Vm) =	3,482,941.02
Horas efectivas al año (Hea) =	2,000.00
Vida Económica (V)=	7.00
Tasa de Seguro (s)=	3.00
% de Mantenimiento(Ko)=	80.00
% de Rescate (r)=	10.00
Tasa de Interés (i)=	16.00
Vr = Vm * r	= 348,294.10
Ve= V * Hea	= 14,000.00

CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$	223.90
b) Inversión:	$Im = (Vm + Vr) * i / 2 * Hea$	153.25
c) Seguros:	$Sm = (Vm + Vr) * s / 2 * Hea$	28.73
d) Mantenimiento:	$Mn = Ko * D$	179.12

TOTAL DE CARGOS FIJOS: 585.00

CONSUMOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Diésel	l	26.8000	\$18.63	\$499.28
Aceite lubricante para motor SAE 25	l	0.9600	\$70.59	\$67.77

TOTAL DE CONSUMO: \$567.05

TOTAL DE COSTO HORARIO: \$1,152.05

EQ1015

Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas

Costo de la máquina (Cm) =	\$6,887,734.31
Valor de las llantas (Pn) =	0.00
Valor de las piezas especiales (Pa) =	0.00
Valor de la máquina (Vm) =	6,887,734.31
Horas efectivas al año (Hea) =	1,500.00
Vida Económica (V)=	15.00
Tasa de Seguro (s)=	3.00
% de Mantenimiento(Ko)=	77.00
% de Rescate (r)=	24.00
Tasa de Interés (i)=	16.00
Vr = Vm * r	= 1,653,056.23
Ve= V * Hea	= 22,500.00

CARGOS FIJOS

a) Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$	232.65
b) Inversión:	$Im = (Vm + Vr) * i / 2 * Hea$	455.51
c) Seguros:	$Sm = (Vm + Vr) * s / 2 * Hea$	85.41
d) Mantenimiento:	$Mn = Ko * D$	179.14

TOTAL DE CARGOS FIJOS: 952.71

CONSUMOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Diésel	l	17.4000	\$18.63	\$324.16
Aceite lubricante para motor SAE 25	l	0.2280	\$70.59	\$16.09

TOTAL DE CONSUMO: \$340.26

TOTAL DE COSTO HORARIO: \$1,292.97

EQ1040 Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m

Costo de la máquina (Cm) =	\$3,784,761.14		
Valor de las llantas (Pn) =	0.00		
Valor de las piezas especiales (Pa) =	0.00		
Valor de la máquina (Vm) =	3,784,761.14		
Horas efectivas al año (Hea) =	2,000.00	CARGOS FIJOS	
Vida Económica (V)=	7.00	a) Depreciación: $D = (Vm - Vr) / Ve$	390.92
Tasa de Seguro (s)=	3.00	b) Inversión: $Im = (Vm + Vr) * i / 2 * Hea$	278.62
% de Mantenimiento (Ko)=	80.00	c) Seguros: $Sm = (Vm + Vr) * s / 2 * Hea$	52.24
% de Rescate (r)=	10.00	d) Mantenimiento: $Mn = Ko * D$	293.19
Tasa de Interés (i)=	16.00		
$Vr = Vm * r$	= 378,476.11		
$Ve = V * Hea$	= 14,000.00	TOTAL DE CARGOS FIJOS:	635.71

CONSUMOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Diésel	l	26.8000	\$18.63	\$499.28
Aceite lubricante para motor SAE 25	l	0.9600	\$70.59	\$67.77
			TOTAL DE CONSUMO:	\$567.05
			TOTAL DE COSTO HORARIO:	\$1,202.76

2406-02-49

Tubo Tremie de 20m de longitud

Costo de la máquina (Cm) =	\$105,293.82		
Valor de las llantas (Pn) =	0.00		
Valor de las piezas especiales (Pa) =	0.00		
Valor de la máquina (Vm) =	105,293.82		
Horas efectivas al año (Hea) =	1,600.00	CARGOS FIJOS	
Vida Económica (V)=	2.00	a) Depreciación: $D = (Vm - Vr) / Ve$	32.90
Tasa de Seguro (s)=	2.00	b) Inversión: $Im = (Vm + Vr) * i / 2 * Hea$	5.26
% de Mantenimiento (Ko)=	50.00	c) Seguros: $Sm = (Vm + Vr) * s / 2 * Hea$	0.66
% de Rescate (r)=	0.00	d) Mantenimiento: $Mn = Ko * D$	16.45
Tasa de Interés (i)=	16.00		
$Vr = Vm * r$	= 0.00		
$Ve = V * Hea$	= 3,200.00	TOTAL DE CARGOS FIJOS:	55.27

CONSUMOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
			TOTAL DE CONSUMO:	\$0.00
			TOTAL DE COSTO HORARIO:	\$55.27

EQ1035 Mezcladora de bentonita de lodos "SOILMEC" 10-12 capacidad 10m3/hr

Costo de la máquina (Cm) =	\$407,198.45		
Valor de las llantas (Pn) =	0.00		
Valor de las piezas especiales (Pa) =	0.00		
Valor de la máquina (Vm) =	407,198.45		
Horas efectivas al año (Hea) =	1,800.00	CARGOS FIJOS	
Vida Económica (V)=	5.00	a) Depreciación: $D = (Vm - Vr) / Ve$	38.46
Tasa de Seguro (s)=	3.00	b) Inversión: $Im = (Vm + Vr) * i / 2 * Hea$	20.81
% de Mantenimiento (Ko)=	80.00	c) Seguros: $Sm = (Vm + Vr) * s / 2 * Hea$	3.90
% de Rescate (r)=	15.00	d) Mantenimiento: $Mn = Ko * D$	30.77
Tasa de Interés (i)=	16.00		
$Vr = Vm * r$	=		
	61,079.77		
$Ve = V * Hea$	=		
	9,000.00	TOTAL DE CARGOS FIJOS:	93.94

CONSUMOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Diésel	1	4.6000	\$18.63	\$85.70
Aceite lubricante para motor SAE 25	1	3.2500	\$70.59	\$229.42
			TOTAL DE CONSUMO:	\$315.12
			TOTAL DE COSTO HORARIO:	\$409.06

Anexo 4. Listado de materiales

Clave	Material	Unidad	Costo
MAT-05	Ademe metálico estructural para manto colgado, de diámetro de 81.28 cm, espesor de 1.27 cm y longitud de 16.5 m.	t	\$1,065.26
MAT-10	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 101.6 cm, espesor de 1.59 cm y longitud de 16.5 m.	t	\$1,065.26
MAT-15	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 142.24 cm, espesor de 2.22 cm y longitud de 16.5 m.	t	\$1,065.26
MAT-20	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 162.56 cm, espesor de 2.54 cm y longitud de 16.5 m.	t	\$1,065.26
MAT-AG10	Agua en pipa (capacidad de suministro de 10 m3).	m ³	\$129.31
MAT-ALB18	Alambre recocido de acero calibre 18, clave 1201.	kg	\$26.70
MAT-BN50	Bentonita sódica tipo Perfobent C, saco de 50 kg.	t	\$2,160.00
MAT-CON2250	Concreto Pmz fc=250 kg/cm2 Rev. 14 - 28 D.	m ³	\$1,462.00
MAT-VAR42	Varilla de acero corrugada, grado 42 de cualquier diámetro.	kg	\$16.79

Anexo 5. Análisis de precios unitarios

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	10	
PFP-100	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 80 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$4,699.60	\$4,699.60

CUATRO MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 60/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	20	
PFP01	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.	m			

MATERIALES

MAT-05	Ademe metálico estructural para manto colgado, de diámetro de 81.28 cm, espesor de 1.27 cm y longitud de 16.5 m.	ton	3.63	\$1,048.60	\$3,805.38
--------	--	-----	------	------------	------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$3,805.38

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02068	\$2,885.26	\$59.67
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$59.67

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.1933	\$1,152.05	\$222.65
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1933	\$1,292.96	\$249.88
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$472.54	\$47.25
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$472.54	\$56.70

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$576.49

COSTO DIRECTO: \$4,441.54

CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN PESOS 54/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	30	
PFP02	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.	m			

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00432	\$2,885.26	\$12.47
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$12.47

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.03572	\$1,152.05	\$41.16
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03572	\$1,292.96	\$46.19
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$87.35	\$8.73
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$87.35	\$10.48

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$106.56

COSTO DIRECTO: \$119.03

CIENTO DIECINUEVE PESOS 03/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	40	
PFP03	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 4 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00923	\$2,885.26	\$26.63
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$26.63
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.03691	\$1,202.76	\$44.40
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03691	\$1,292.96	\$47.73
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$92.13	\$9.21
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$92.13	\$11.06
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$112.40
COSTO DIRECTO:					\$139.02

CIENTO TREINTA Y NUEVE PESOS 02/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	50	
PPF-200	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 80 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$5,089.00	\$5,089.00

CINCO MIL OCHENTA Y NUEVE PESOS 00/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	60	
PPF04	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.		m		

MATERIALES

MAT-05	Ademe metálico estructural para manto colgado, de diámetro de 81.28 cm, con un espesor de 1.27 cm y longitud de 16.5 m.	ton	3.63	\$1,048.60	\$3,805.38
--------	---	-----	------	------------	------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$3,805.38

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02068	\$2,885.26	\$59.67
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$59.67

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.19327	\$1,152.05	\$222.65
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.19327	\$1,292.96	\$249.88
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$472.54	\$47.25
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$472.54	\$56.70

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$576.49

COSTO DIRECTO: \$4,441.54

CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN PESOS 54/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	70	
PPF05	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.		m		
Partida: P03			Análisis No:	70	
	MANO DE OBRA				
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.0040193	\$2,885.26	\$11.60

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$11.60

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.0357242	\$1,152.05	\$41.16
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.0357242	\$1,292.96	\$46.19
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$87.35	\$8.73
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$87.35	\$10.48

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$106.56

COSTO DIRECTO: \$118.16

CIENTO DIECIOCHO PESOS 16/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	80	
PFP06	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 80 cm y profundidad a 9 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.01945305	\$2,885.26	\$56.13
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$56.13
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.15540	\$1,202.76	\$186.91
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.15540	\$1,292.96	\$200.93
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$387.84	\$38.78
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$387.84	\$46.54
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$473.17
COSTO DIRECTO:					\$529.30

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	90	
PF300	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 100 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$7,754.27	\$7,754.27

SIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO PESOS 27/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	100	
PF07	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.		m		

MATERIALES

MAT-10	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 101.6 cm, espesor de 1.59 cm y longitud de 16.5 m.	ton	6.46	\$1,048.60	\$6,774.21
					\$6,774.21

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02293	\$2,885.26	\$66.15
					\$66.15

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.1834	\$1,152.05	\$211.26
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1834	\$1,292.96	\$237.10
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$448.37	\$44.84
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$448.37	\$53.80

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$547.01

COSTO DIRECTO: \$7,387.37

SIETE MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE PESOS 37/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	110	
PF08	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.		m		

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00432	\$2,885.26	\$12.47
					\$12.47

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.03453	\$1,152.05	\$39.79
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03453	\$1,292.96	\$44.65
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$84.44	\$8.44
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$84.44	\$10.13

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$103.01

COSTO DIRECTO: \$115.49

CIENTO QUINCE PESOS 49/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	120	
PFP09	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 4 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00923	\$2,885.26	\$26.63
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$26.63
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.07383	\$1,202.76	\$88.80
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.07383	\$1,292.96	\$95.46
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$184.26	\$18.43
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$184.26	\$22.11
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$224.79
COSTO DIRECTO:					\$251.42

DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN PESOS 42/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	130	
FFP-400	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 100 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$8,068.54	\$8,068.54

OCHO MIL SESENTA Y OCHO PESOS 54/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	140	
FFP10	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.		m		

MATERIALES

MAT-10	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 101.6 cm, espesor de 1.59 cm y longitud de 16.5 m.	ton	6.46	\$1,048.60	\$6,774.21
--------	--	-----	------	------------	------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$6,774.21

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02293	\$2,885.26	\$66.15
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

\$66.15

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.1834	\$1,152.05	\$211.26
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1834	\$1,292.96	\$237.10
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$448.37	\$44.84
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$448.37	\$53.80

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$547.01

COSTO DIRECTO: \$7,387.37

SIETE MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE PESOS 37/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	150	
FFP11	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.		m		

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00432	\$2,885.26	\$12.47
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$12.47

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.03453	\$1,152.05	\$39.79
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03453	\$1,292.96	\$44.65
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$84.44	\$8.44
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$84.44	\$10.13

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$103.01

COSTO DIRECTO: \$115.49

CIENTO QUINCE PESOS 49/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P03			Análisis No:	160	
PPF12	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de fuste de 160 cm y profundidad a 9 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02076	\$2,885.26	\$59.91
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$59.91
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.16611	\$1,202.76	\$199.80
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.16611	\$1,292.96	\$214.78
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$414.57	\$41.46
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$414.57	\$49.75
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$505.78
COSTO DIRECTO:					\$565.69

QUINIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 69/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	10	
PFP-500	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 22 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$14,425.34	\$14,425.34

CATORCE MIL CUATROCIENTOS VEINTICINCO PESOS 34/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	20	
PFP13	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.		m		

MATERIALES

MAT-15	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 142.24 cm, espesor de 2.22 cm y longitud de 16.5 m.	ton	12.66	\$1,048.60	\$13,277.31
--------	---	-----	-------	------------	-------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$13,277.31

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02741	\$2,885.26	\$79.07
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$79.07

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.2192	\$1,152.05	\$252.49
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2192	\$1,292.96	\$283.37
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$535.86	\$53.59
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$535.86	\$64.30

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$653.75

COSTO DIRECTO: \$14,010.13

CATORCE MIL DIEZ PESOS 13/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	30	
PFP14	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.		m		

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00491	\$2,885.26	\$14.15
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$14.15

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.03929	\$1,152.05	\$45.27
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03929	\$1,292.96	\$50.81
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$96.07	\$9.61
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$96.07	\$11.53

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$117.21

COSTO DIRECTO: \$131.37

CIENTO TREINTA Y UN PESOS 37/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	40	
PF15	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 4 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.01042	\$2,885.26	\$30.06
					\$30.06
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.08335	\$1,202.76	\$100.25
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.08335	\$1,292.96	\$107.77
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$208.01	\$20.80
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$208.01	\$24.96
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$253.78
COSTO DIRECTO:					\$283.84

DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES PESOS 84/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Importe
Partida: P04		Análisis No: 50	
PFP-600	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 27 m en diferentes tipos de materiales.	m	\$14,780.13

CATORCE MIL SETECIENTOS OCHENTA PESOS 13/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No: 60		
PFP16	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.	m			

MATERIALES

MAT-15	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 142.24 cm, espesor de 2.22 cm y longitud de 16.5 m.	ton	12.66	\$1,048.60	\$13,277.31
--------	---	-----	-------	------------	-------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$13,277.31

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02741	\$2,885.26	\$79.07
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

\$79.07

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.2192	\$1,152.05	\$252.49
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2192	\$1,292.96	\$283.37
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$535.86	\$53.59
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$535.86	\$64.30

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$653.75

COSTO DIRECTO: \$14,010.13

CATORCE MIL DIEZ PESOS 13/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No: 70		
PFP17	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I y IV.	m			

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00491	\$2,885.26	\$14.15
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$14.15

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.03929	\$1,152.05	\$45.27
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.03929	\$1,292.96	\$50.81
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$96.07	\$9.61
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$96.07	\$11.53

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$117.21

COSTO DIRECTO: \$131.37

CIENTO TREINTA Y UN PESOS 37/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	80	
PFP18	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 140 cm y profundidad a 9 m en materiales tipo II y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02344	\$2,885.26	\$67.64
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$67.64
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.18753	\$1,202.76	\$225.56
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.18753	\$1,292.96	\$242.47
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$468.03	\$46.80
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$468.03	\$56.16
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$571.00
COSTO DIRECTO:					\$638.64

SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS 64/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	90	
PFP-700	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 22 m en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$18,560.49	\$18,560.49

DIECIOCHO MIL QUINIENTOS SESENTA PESOS 49/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	100	
PFP19	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I Y IV.	m			

MATERIALES

MAT-20	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 162.56 cm, espesor de 2.54 cm y longitud de 16.5 m.	ton	16.54	\$1,048.60	\$17,341.87
--------	---	-----	-------	------------	-------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$17,341.87

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02962	\$2,885.26	\$85.45
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

\$85.45

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.2370	\$1,152.05	\$273.08
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2370	\$1,292.96	\$306.48
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$579.57	\$57.96
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$579.57	\$69.55

SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$707.07

COSTO DIRECTO: \$18,134.39

DIECIOCHO MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO PESOS 39/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	110	
PFP20	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I Y IV.	m			

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00521	\$2,885.26	\$15.03
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$15.03

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.04167	\$1,202.76	\$50.12
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.04167	\$1,292.96	\$53.88
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$104.01	\$10.40
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$104.01	\$12.48

SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$126.89

COSTO DIRECTO: \$141.92

CIENTO CUARENTA Y UN PESOS 92/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	120	
PFP21	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 4 m en material tipo II Y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.00551	\$2,885.26	\$15.91
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$15.91
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.08811	\$1,202.76	\$105.97
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.08811	\$1,292.96	\$113.92
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$219.89	\$21.99
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$219.89	\$26.39
SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$268.27
COSTO DIRECTO:					\$284.18

DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO PESOS 18/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04				Análisis No: 130	
PFP-800	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 27 m, en diferentes tipos de materiales.	m	1	\$19,565.24	\$19,565.24

DIECINUEVE MIL QUINIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 24/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04				Análisis No: 140	
PFP22	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 16 m en materiales tipo I y IV.		m		

MATERIALES

MAT-20	Ademe metálico estructural para manto colgado, con un diámetro de 162.56 cm, espesor de 2.54 cm y longitud de 16.5 m.	ton	16.54	\$1,048.60	\$17,341.87
--------	---	-----	-------	------------	-------------

SUBTOTAL MATERIALES: \$17,341.87

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02962	\$2,885.26	\$85.45
--------	--------------------------	-----	---------	------------	---------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$85.45

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.2370	\$1,152.05	\$273.08
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2370	\$1,292.96	\$306.48
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$579.57	\$57.96
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$579.57	\$69.55

SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$707.07

COSTO DIRECTO: \$18,134.39

DIECIOCHO MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO PESOS 39/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04				Análisis No: 150	
PFP23	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 2 m en materiales tipo I Y IV.		m		

MANO DE OBRA

MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.21793	\$2,885.26	\$628.78
--------	--------------------------	-----	---------	------------	----------

SUBTOTAL MANO DE OBRA: \$628.78

EQUIPO Y HERRAMIENTA

EQ1045	Perforadora "WATSON" 5000, torque 13,290 kg-m	h	0.04167	\$1,202.76	\$50.12
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.04167	\$1,292.96	\$53.88
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$104.01	\$10.40
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$104.01	\$12.48

SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA: \$126.89

COSTO DIRECTO: \$755.67

SETECIENTOS CINCUENTA Y CINCO PESOS 67/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P04			Análisis No:	160	
PFP24	Perforación para la fabricación de pilas con diámetro de 160 cm y profundidad a 9 m en material tipo II Y V.		m		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla de perforación	jor	0.02481	\$2,885.26	\$71.58
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$71.58
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.19824	\$1,202.76	\$238.44
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.19824	\$1,292.96	\$256.32
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$494.76	\$49.48
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$494.76	\$59.37
SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$603.61
COSTO DIRECTO:					\$675.19

SEISCIENTOS SETENTA Y CINCO PESOS 19/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P05			Análisis No:	10	
CAC001	Suministro, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo en pilas.		t		
MATERIALES					
MAT-VAR42	Varilla de acero corrugada, grado 42 de cualquier diámetro	kg	1100	\$16.79	\$18,469.00
MAT-ALB18	Alambre recocido de acero calibre 18, clave 1201	kg	33	\$26.70	\$881.10
SUBTOTAL MATERIALES:					\$19,350.10
MANO DE OBRA					
MOC-15	Cuadrilla Habilitado de Acero	jor	2.5	\$ 1,461.49	\$ 3,653.73
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	0.1	\$ 2,360.04	\$ 236.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$3,889.73
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.8	\$ 1,292.96	\$ 1,034.37
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$ 1,034.37	\$ 103.44
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$ 1,034.37	\$ 124.12
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA::					\$ 1,261.93
COSTO DIRECTO:					\$24,501.76

VEINTICUATRO MIL QUINIENTOS UN PESOS 76/100 M.N.

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P06			Análisis No:	10	
CAC002	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 80 cm, utilizando sistema Tremie.		m³		
MATERIALES					
MAT-CON2250	Concreto Pmz fc=250 kg/cm2 Rev. 14 - 28 D	m ³	1.15	\$1,462.00	\$ 1,681.30
CONC20	Sobreprecio por revenimiento de 20 cm agregado 3/4"	m ³	1.15	\$114.72	\$ 131.93
SUBTOTAL MATERIALES:					\$ 1,813.23
MANO DE OBRA					
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	0.0325	\$2,360.04	\$ 76.70
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 76.70
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2601	\$1,292.96	\$ 336.30
2406-02-49	Tubo Tremie de 20m de longitud	h	0.2601	\$55.27	\$ 14.38
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$336.30	\$ 129.30
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$ 479.97
COSTO DIRECTO:					\$ 2,369.90

DOS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE PESOS 90/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P06			Análisis No:	20	
CAC003	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 100 cm, utilizando sistema Tremie.		m ³		
MATERIALES					
MAT-CON2250	Concreto Pmz fc=250 kg/cm2 Rev. 14 - 28 D	m ³	1.15	\$1,462.00	\$ 1,681.30
CONC20	Sobreprecio por revenimiento de 20 cm agregado 3/4"	m ³	1.15	\$114.72	\$ 131.93
SUBTOTAL MATERIALES:					\$ 1,813.23
MANO DE OBRA					
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	0.0208	2360.04	\$ 49.09
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 49.09
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1664	1292.96	\$ 215.15
2406-02-49	Tubo Tremie de 20m de longitud	h	0.1664	\$55.27	\$ 9.20
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$215.15	\$ 129.30
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$ 353.64
COSTO DIRECTO:					\$ 2,215.96

DOS MIL DOSCIENTOS QUINCE PESOS 96/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P06			Análisis No:	30	
CAC004	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 140 cm, utilizando sistema Tremie.		m ³		
MATERIALES					
MAT-CON2250	Concreto Pmz fc=250 kg/cm2 Rev. 14 - 28 D	m ³	1.15	\$1,462.00	\$ 1,681.30
CONC20	Sobrepeso por revenimiento de 20 cm agregado 3/4"	m ³	1.15	\$114.72	\$ 131.93
SUBTOTAL MATERIALES:					\$ 1,813.23
MANO DE OBRA					
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	0.017	2360.04	\$ 40.12
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 40.12
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1359	1292.96	\$ 175.71
2406-02-49	Tubo Tremie de 20m de longitud	h	0.1359	\$55.27	\$ 7.51
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$175.71	\$ 129.30
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$ 312.52
COSTO DIRECTO:					\$ 2,165.87

DOS MIL CIENTO SESENTA Y CINCO PESOS 87/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P06			Análisis No:	40	
CAC005	Suministro y colocación de concreto premezclado de f'c=250kg/cm2, con revenimiento de 20 cm, en pilas con diámetro de 160 cm, utilizando sistema Tremie.		m ³		
MATERIALES					
MAT-CON2250	Concreto Pmz fc=250 kg/cm2 Rev. 14 - 28 D	m ³	1.15	\$1,462.00	\$ 1,681.30
CONC20	Sobreprecio por revenimiento de 20 cm agregado 3/4"	m ³	1.15	\$114.72	\$ 131.93
SUBTOTAL MATERIALES:					\$ 1,813.23
MANO DE OBRA					
MOC-10	Cuadrilla Grúa	jor	0.0154	2360.04	\$ 36.34
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 36.34
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.1235	1292.96	\$ 159.68
2406-02-49	Tubo Tremie de 20m de longitud	h	0.1235	\$55.27	\$ 6.83
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$159.68	\$ 129.30
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 295.80
COSTO DIRECTO:					\$ 2,145.38

DOS MIL CIENTO CUARENTA Y CINCO PESOS 38/100 M.N.

Clave	Concepto de partidas	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P07			Análisis No:	10	
FBT004	Suministro y elaboración de lodo bentonítico recuperación dosificado al 10.00%.		m³		
MATERIALES					
MAT-BN50	Bentonita sódica tipo Perfobent C, saco de 50 kg	t	0.13	\$ 2,160.00	\$ 280.80
MAT-AG10	Agua en pipa (capacidad de suministro de 10 m3)	m ³	1.3	\$ 129.31	\$ 168.10
SUBTOTAL MATERIALES:					\$ 448.90
MANO DE OBRA					
MOC-05	Cuadrilla Bentonita	jor	0.04	\$ 1,926.26	\$ 77.05
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 77.05
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1035	Mezcladora de bentonita de lodos "SOILMEC" 10-12 capacidad 10 m3/hr	h	0.32	\$ 409.06	\$ 130.90
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$ 130.90
COSTO DIRECTO:					\$ 656.85
<i>SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS PESOS 85/100 M.N.</i>					

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P08			Análisis No:	10	
FBT003	Retiro de lodos bentoníticos.		m³		
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ2000	Pipa para retiro de lodos bentoníticos (incluye mano de obra)	m ³	1	\$550.00	\$550.00
SUBTOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$550.00
COSTO DIRECTO:					\$550.00
<i>QUINIENTOS CINCUENTA PESOS 00/100 M.N.</i>					

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P09			Análisis No:	10	
PAP001	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 140 cm, en material tipo II y tipo V.	en	m³		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla perforación	jor	0.04115	\$ 2,885.26	\$ 118.73
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 118.73
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.3293	\$ 1,202.76	\$ 396.07
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.3293	\$ 1,292.96	\$ 425.77
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$ 821.84	\$ 82.18
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$ 821.84	\$ 98.62
SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$1,002.65
COSTO DIRECTO:					\$1,121.37
<i>UN MIL CIENTO VEINTIUN PESOS 37/100 M.N.</i>					

Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
Partida: P09			Análisis No:	20	
PAP002	Perforación para ampliar la base de pilas (campana), con diámetro de 160 cm, en material tipo II y tipo V.	en	m³		
MANO DE OBRA					
MOC-20	Cuadrilla perforación	jor	0.03165	\$ 2,885.26	\$ 91.32
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 91.32
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
EQ1040	Perforadora "SOILMEC" RTC/S, torque 10,500 kg-m	h	0.2533	\$ 1,202.76	\$ 304.66
EQ1015	Grúa "LINK BELT" LS-108B 40.5 toneladas	h	0.2533	\$ 1,292.96	\$ 327.51
%EQ001	% sobre maquinaria (cables y accesorios)	%	0.1	\$ 632.17	\$ 63.22
%EQ002	% sobre maquinaria (herramienta de perforación e hincado)	%	0.12	\$ 632.17	\$ 75.86
SUBTOTAL DE EQUIPO Y HERRAMIENTA:					\$ 771.24
COSTO DIRECTO:					\$ 862.56
<i>OCHOCIENTOS SESENTA Y DOS PESOS 56/100 M.N.</i>					