



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**“CONSTRUCCIÓN DE PILOTES EN AGUA
PARA LA PLATAFORMA DE DESCARGA DE
LA TERMINAL DE LNG (GAS NATURAL
LICUADO) DE ALTAMIRA, TAMAULIPAS”**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
PIC. GABRIEL GARCIA ROMERO

ASESOR DE TESIS:
M.A. RAMIRO SILVA OROZCO

MORELIA MICHOACÁN, JUNIO 2006



INDICE

	PAGINA
Capitulo 1. INTRODUCCION	
1.1 GAS NATURL LICUADO (Liquefied Natural Gas - LNG)	8
1.2 TERMINAL DE LNG DE ALTAMIRA, S. de R. L. de C. V.	9
1.3 PUERTO DE ALTAMIRA	9
1.4 UBICACIÓN DE LA TERMINAL DE LNG	10
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
1.6 TIPOS DE CIMENTACION	11
1.6.1 OBJETIVO	
1.6.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CIMENTACIÓN	
1.6.3 CARGAS	
1.6.4 SUELO	
1.6.5 TÉCNICA Y ECONOMÍA	
1.6.6 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES	
1.7 CIMENTACIONES PROFUNDAS.	12
1.7.1 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS	
1.8 DESCRIPCIÓN DE PILOTES	16
1.9 TIPO DE PILOTES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL MUELLE DE LA TERMINAL DE LNG.	17
1.10 GENERALIDADES Y ESPECIFICACIONES	18
 Capitulo 2. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN PILOTE	
2.1 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24"	21
2.1.1 OBJETIVO	
2.1.2 DEFINICIONES	
2.2 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO	21
2.2.1 SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24".	
2.2.2 LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DE	
2.2.3 SOLDADURA.	
2.2.4 PRECALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE A SOLDA	
2.2.5 APLICACION DE SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24"	
2.2.6 COLADO DE TUBOS DE DIAMETRO DE 24" CON CONCRETO	
2.2.7 COLOCACION DE CENTRADORES Y SEPARADORES	
2.2.8 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	

2.3	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA INTERIOR DE TUBOS DE 36"	29
2.3.1	OBJETIVO:	
2.3.2	INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O REFERENCIAS APLICABLES:	
2.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.	29
2.4.1	LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA	
2.4.2	PRECALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE A SOLDAR (MATERIAL)	
2.4.3	APLICACIÓN DE SOLDADURA INTERIOR	
2.4.4	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	

Capítulo 3. COLOCACIÓN DE ADEMES

3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	44
3.1.1	FABRICACIÓN DE ESCANTILLÓN.	
3.1.2	PLATAFORMAS FLOTANTE Ó BARCAZA.	
3.1.3	TOPOGRAFÍA Y COLOCACIÓN DE ESCANTILLÓN	
3.1.4	IZAJE E HINCADO DE CAMISA METÁLICA DE 40".	

Capítulo 4. PERFORACION

4.1	PROCEDIMIENTO DE INSTALACION DE PILOTES PARA LA TERMINAL DE LNG DE ALTAMIRA TAMS.	53
4.3	IZAJE E HINCADO DE TUBO METÁLICO DE 36".	58
4.4	LIMPIEZA DE BARRENO CON AIR-LIFT.	61
4.5	COLOCACIÓN DE PIN PILE DE 24" (Pilote interior).	63
4.6	PROCEDIMIETO GRÁFICO	65

Capítulo 5. INYECCIÓN

5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	80
5.1.1	DEFINICIÓN:	
5.1.2	MATERIALES.	
5.1.2.1	ALMACENAMIENTO Y MANEJO	
5.1.2.2	EQUIPO	
5.2	INYECCIÓN	83
5.2.1	INSTALACIÓN DE LA TUBERIA DE INYECCIÓN	
5.2.2	MONITOREO	
5.2.3	PLAN DE ENSAYES	
5.3	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	87
5.4	RETIRO DE CAMISAS DE 40".	88
5.5	RETIRO DE ESCANTILLÓN Ó TEMPLETE.	88
5.6	COLOCACIÓN Y COLADO DEL TRAMO SUPERIOR DEL PILOTE	89

Capítulo 6. CONCLUSIÓN

6.1	CONCLUSIÓN	92
	BIBLIOGRAFIA	94

Capítulo 1. INTRODUCCION.

Capítulo 1. INTRODUCCION

1.1 Gas natural licuado (Liquefied Natural Gas - LNG)

El Gas Natural Licuado (LNG – por sus siglas en inglés) es simplemente la forma líquida del gas natural, que fue hecha posible a través de investigaciones que se iniciaron hace casi setenta años. Y el gas natural, por supuesto, es el elemento esencial de muchas comodidades que damos por sentado cada día – las comidas cocinadas en el hogar, las regaderas calientes, y la electricidad para nuestros aparatos electrodomésticos fueron hechas posible gracias a la disponibilidad de esta fuente de energía.

Históricamente, una de las dificultades asociadas con el gas natural era como llevar este producto gaseoso desde un punto hasta otro. En México, el gas natural puede ser explotado y canalizado a través de ducos para llevarlo a su destino final, sin embargo, los ductos no son prácticos a través de los océanos. El proceso para licuar el gas natural en LNG fue desarrollado para atender las necesidades de transporte de grandes cantidades de gas natural a través de los océanos y a otros continentes. El proceso de licuefacción hace esto posible alterando temporalmente el gas natural, de tal manera que este pueda ser transportado como un líquido por medio de un barco (transportadores de LNG) o camión. Como una forma líquida del gas natural, el LNG tiene un volumen substancialmente menor que su equivalente en gas natural. Un transporte cargado de LNG es el equivalente a 600 veces el volumen en su estado gaseoso. (1 m³ de Gas Natural Licuado es aproximadamente igual a 593 m³ de gas natural).

- Para crear el LNG, el gas natural es enfriado hasta que este se condensa en una forma líquida.
- El enfriamiento del gas natural hasta convertirlo en líquido ocurre a menos 160 °C reduciendo tremendamente su tamaño hasta justamente 1/600 de su volumen gaseoso.
- Durante el proceso de enfriamiento, el gas también es purificado, eliminando virtualmente compuestos tales como nitrógeno, bióxido de carbono, ácido, sulfhídrico y otras impurezas, lo cual mejora sus propiedades de quemado limpio.
- El LNG es una energía limpia y segura que es menos peligrosa que la gasolina, el propano o el butano, todos los cuales son combustibles utilizados comúnmente.
- Una vez que llega a su destino, el LNG puede ser convertido nuevamente en gas natural a través de la regasificación, un proceso que lo calienta hasta un punto en que este se convierte nuevamente en gas natural y puede ser distribuido a través de los sistemas de ductos de gas natural.

1.2 TERMINAL DE LNG DE ALTAMIRA, S. de R. L. de C. V.

La Comisión Reguladora de Energía, el 31 de julio de 2003 resolvió otorgar a Terminal de LNG de Altamira, S. de R. L. de C. V. mediante la Resolución número RES/145/2003, el Permiso de Almacenamiento de Gas Natural G/138/ALM/2003.

El objeto del permiso consiste en que Terminal de LNG de Altamira S. de R. L. de C. V. lleve a cabo la actividad de almacenamiento, su depósito y posterior evaporación para la entrega de una cantidad equivalente de gas natural, en uno o varios actos, en un sistema diferente en los términos de Permiso G/138/ALM/2003.

El sistema de almacenamiento contará con instalaciones: portuarias (en dichas instalaciones se basa la tesis, "Construcción de pilotes en agua para la plataforma de descarga de la Terminal de LNG de Altamira, Tamaulipas.") diseñadas para descargar buques de gas natural licuado (LNG) con capacidad de 70,000 m³ a 160,000 m³ y un calado máximo de 13 metros; de recepción diseñadas para descargar el LNG de un buque a un flujo de 10,000 m³/hr; de almacenamiento que incluye tanques (2) de doble pared y techo de concreto, del tipo denominado full containment (contención total) con capacidad de almacenamiento de 150,000 m³ cada uno; de bombeo; de evaporación y entrega de gas natural, que se interconectará al ducto Cactus - Reynosa de 1219mm (48 ") perteneciente al Sistema Nacional de Gasoductos de PEMEX y Petroquímica Básica Ubicado dentro del Parque Industrial de la Administración Portuaria Integral de Altamira, S. A. de C. V.

El permiso tiene una vigencia de 30 años, contado a partir de la fecha de su otorgamiento.

La inversión estimada de este proyecto es de 371 millones de dólares y se espera que la entrada en operaciones se lleve a cabo a finales de 2006.

1.3 PUERTO DE ALTAMIRA

- Es el complejo industrial portuario con mayores perspectivas de crecimiento en México.
- Principal vínculo comercial entre los centros de producción más importantes del país.
- 9 terminales marítimas de diversos tipos.
- Extensión de 10 mil hectáreas.
- Cordón ecológico entre la zona industrial y la zona urbana.

1.4 UBICACIÓN DE LA TERMINAL DE LNG

La Terminal de Almacenamiento y Regasificación de Gas Natural Licuado de Altamira, se ubica en el municipio del mismo nombre, al norte de ciudad Madero y Tampico, en el Estado de Tamaulipas.

La Terminal se ubica en el fraccionamiento de la Administración Portuaria Industrial del Puerto de Altamira y ocupa una superficie de 22 hectáreas.

1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

- ▶ Garantizar el abasto de gas natural a los proyectos de productores externos de energía eléctrica, en el corto y mediano plazo, sustituyendo importaciones provenientes de un importador neto (EUA).
- ▶ Reducir las incertidumbres de los bancos comerciales y de los productores externos relacionados con el abastecimiento de gas natural para las centrales de generación eléctrica en la zona, al tener otra alternativa de suministro de gas.
- ▶ La Terminal refuerza e incrementa la capacidad instalada del suministro de gas natural en el país incrementando su confiabilidad y el margen de reserva para asegurar e impulsar el desarrollo nacional.
- ▶ Liberar recursos para el desarrollo de nueva tecnología en el país, mas atractiva para el medio ambiente.
- ▶ Generación de empleo: Durante la construcción de esta central se están generando 1,300 fuentes de empleo temporal y 50 plazas permanentes para su operación.
- ▶ Megawatts generados con el gas proveniente de la Terminal : 2,500 a 3,000.

1.6 TIPOS DE CIMENTACION

1.6.1 Objetivo:

El objetivo principal de las cimentaciones es transmitir las cargas de una estructura a los estratos resistentes del subsuelo, en forma estable y con asentamientos tolerables durante su vida útil.

1.6.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CIMENTACIÓN

Con el propósito de definir el tipo de cimentación adecuado que cumpla con el objetivo mencionado anteriormente, es indispensable evaluar con precisión las cargas que se transmitirán al subsuelo, realizar un estudio detallado de mecánica de suelos y escoger el procedimiento constructivo que técnica y económicamente sea el más viable.

1.6.3 CARGAS

Para el diseño de la cimentación de cualquier construcción, es necesario evaluar las acciones permanentes (incluyendo el peso propio), las acciones variables (incluyendo la carga viva), y las acciones accidentales (incluyendo sismo y viento), a las que se encontrará sometida.

Una vez conocidas estas acciones, es necesario conocer su distribución y determinar la magnitud de los esfuerzos que serán aplicados al subsuelo.

1.6.4 SUELO

El estudio del suelo en el que se apoyará una estructura es prioritario, ya que su resistencia y comportamiento ante cargas externas definirán el tipo de cimentación adecuado, que garantizará la estabilidad del sistema.

El estudio de mecánica de suelos permitirá determinar la configuración y composición de los diferentes estratos, las propiedades índice y las propiedades mecánicas e hidráulicas del subsuelo. Esta información servirá de base para la correcta selección de los estratos de apoyo y de los elementos que transmitirán las cargas al subsuelo.

1.6.5 TÉCNICA Y ECONOMÍA

Al ser elegido un tipo de cimentación, es necesario definir el procedimiento constructivo que se aplicará considerando los recursos existentes, con el propósito de que su construcción sea viable, respetando las especificaciones geotécnicas y estructurales, considerando también que la solución sea económicamente aceptable y conduzca a tiempos de ejecución reales y convenientes, preservando constantemente la calidad de los elementos de cimentación.

1.6.6 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES

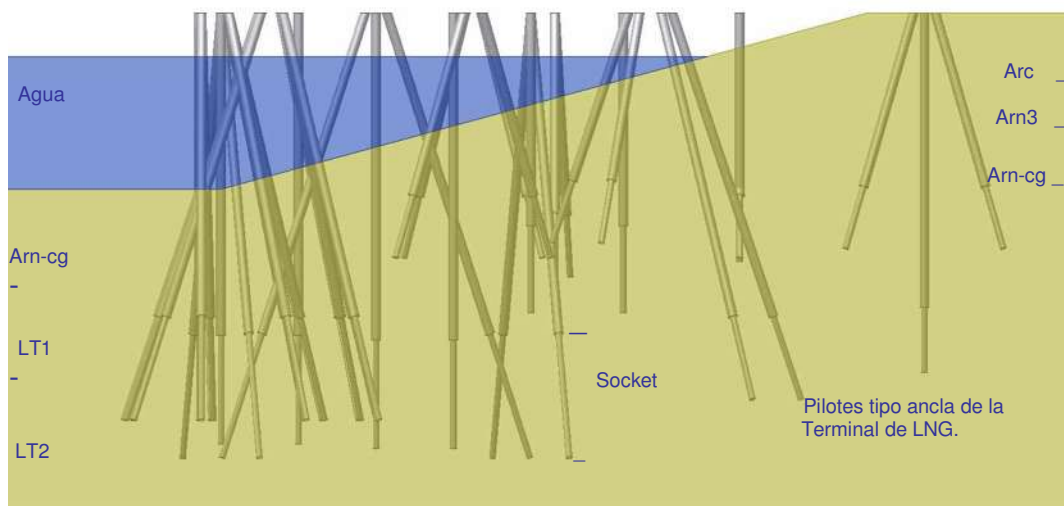
Las cimentaciones pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes criterios, los cuales serán útiles si permiten identificar con precisión los elementos que transmitirán las cargas al suelo así como el mecanismo de falla del suelo de cimentación, para la aplicación del método de cálculo adecuado.

Clasificación de Cimentaciones:

- A) Cimentaciones superficiales.
- B) Cimentaciones compensadas.
- C) Cimentaciones profundas.

1.7 CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Son aquellas que alcanzan estratos profundos que tengan la capacidad de soportar las cargas adicionales que se aplican al subsuelo, utilizándose generalmente procedimientos constructivos y equipos especiales.



1.7.1 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS

Con el propósito de identificar los diferentes elementos de cimentaciones profundas, se propone clasificarlos considerando sus características y condiciones de trabajo, lo que permite facilitar la comunicación técnica entre los consultores y constructores, aplicando los criterios propios de cada actividad, de acuerdo con los siguiente:

1.7.2 Material de fabricación;

Los materiales mas utilizados son los siguientes:

a) Concreto:

- Elementos prefabricados

Los elementos estructurales de cimentación profunda son fabricados en moldes, de acuerdo con las especificaciones, antes de ser instalados en el subsuelo.

- Elementos colados en el lugar

El concreto es depositado directamente en perforaciones realizadas en el subsuelo, por lo que la cimentación es fabricada en el lugar donde quedará ubicada.

b) Acero:

La capacidad de los perfiles de acero estructural en ocasiones es suficiente para transmitir las cargas a los estratos de suelo, siendo la sección “H” la más utilizada; la tubería de acero también puede ser empleada, con la ventaja de que el momento de inercia de su sección es constante en cualquier eje.

c) Mixtos:

La combinación de materiales que con mayor frecuencia se especifica para la construcción de las cimentaciones profundas, es el concreto reforzado con acero, ya sea este último de perfiles estructurales o de varillas de acero.

d) Madera:

La madera ha dejado de emplearse como elemento de cimentación profunda, aunque en algunos trabajos se utiliza como cimentación provisional.

1.7.3 Procedimiento constructivo

El procedimiento constructivo depende de las condiciones del subsuelo, de las especificaciones estructurales, así como de los recursos disponibles, pudiéndose clasificar considerando el desplazamiento del subsuelo generado durante la instalación de los elementos:

a) Con desplazamiento:

- Hincados a percusión, presión o vibración.

Los elementos prefabricados, así como los perfiles y tubería metálica, son instalados en el subsuelo sin realizar previamente una perforación, aplicándoles energía dinámica y presión en suelos blandos, y vibración en suelos predominantemente friccionantes.

b) Con poco desplazamiento:

- Hincado en una perforación previa

En el caso de que las características del subsuelo por su resistencia no permitan la instalación de los elementos de cimentación, se especifica una perforación previa a su hincado.

- Hincado con chiflón

El chiflón de agua es utilizado para hincar elementos precolados o de acero en suelos compuestos por arena suelta, la cual es transportada por el flujo al exterior.

- Sección transversal pequeña

El instalar tubos y perfiles metálicos sin perforación previa, debido a su reducida área transversal, provoca un desplazamiento del subsuelo en ocasiones imperceptible.

c) Sin desplazamiento:

Se considera que el subsuelo no registra desplazamientos, cuando el perímetro de la perforación previa circunscribe a la sección del elemento por instalar, o cuando los elementos son colados en el lugar.

1.7.4 Transmisión de carga al subsuelo

La forma en que las pilas y los pilotes transfieren las cargas al subsuelo, define el tipo de cimentaron, clasificándose de acuerdo al siguiente criterio.

a) Carga vertical:

- Punta

La carga vertical es transmitida al estrato localizado en la punta de los elementos de cimentación profunda.

- Fricción

La transmisión de las cargas al subsuelo se desarrolla a través del contacto de los diferentes estratos con el fuste de los pilotes o las pilas; dependiendo del sentido de los esfuerzos, la cimentaron puede ser de apoyo, o de anclaje.

- Mixta

Se considera mixta la transmisión de la carga vertical descendente al subsuelo, cuando en el diseño de los elementos los esfuerzos son distribuidos en la punta y en el fuste; en la realidad esta condición es la que prevalece, la cual depende de la compatibilidad de los desplazamientos, sin embargo cuando los esfuerzos en la punta o en el fuste son reducidos, en el cálculo se desprecian.

b) Carga vertical y horizontal:

En estructuras que generan cargas horizontales hacia la cimentación, además de las verticales, puede ser recomendable el uso de pilotes inclinados, con el propósito de que la fuerza resultante sea transmitida adecuadamente al subsuelo por la cimentación profunda elegida. En el caso de la ocurrencia de acciones sísmicas, los pilotes inclinados provocan concentraciones de esfuerzos considerables en la losa que se apoya en ellos, lo cual debe ser analizado en su diseño, Si la carga horizontal es moderada, es preferible usar pilotes instalados verticalmente y aprovechar la reacción pasiva del suelo superficial.

1.8 DESCRIPCIÓN DE PILOTES

Los elementos de cimentación profunda más utilizados son los pilotes y las pilas, cuyas características más importantes se describen a continuación:

1.8.1 Pilotes

Los pilotes son elementos esbeltos de cimentación profunda que transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación, con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto.

Los pilotes más utilizados son los precolados de concreto reforzado con varilla corrugada de acero; su sección puede ser cuadrada u octagonal, recomendándose que su área no exceda de 2500 cm^2 (2.7 ft^2) y 3000 cm^2 (3.2 ft^2) respectivamente. La longitud de los tramos de pilotes precolados debe ser definida considerando el esfuerzo resistente de los mismos y las maniobras de levante e izaje a las que estarán sometidos, a fin de preservar la integridad del pilote.

En caso de que se requiera que los pilotes transmitan la carga al subsuelo por fricción, es común elegir secciones menores, por consiguiente más ligeras, y con desarrollo de las caras del fuste de mayor área como en la sección triangular y la sección "H", es importante aclarar que se ha comprobado que los pilotes con sección triangular pierden fácilmente el confinamiento del suelo bajo el efecto de desplazamientos horizontales, debido a la geometría de su sección, disminuyendo su capacidad de carga. Con relación a la sección "H" es común usar el perfil de acero, o bien el pilote prefabricado con concreto y cables de 5mm de espesor pretensado longitudinalmente, cuyo acero transversal es del mismo calibre. Se ha comprobado también respecto a este tipo de pilotes que la fricción se desarrolla en una superficie correspondiente a la envolvente de la sección "H" por lo que la ventaja que representa su mayor perímetro es relativa.

En la mayoría de los casos, el diseño estructural de un pilote es determinado por los esfuerzos a los que estará sometido durante las maniobras de estiba, izado e hincado, ya que por lo general estos son mayores a los esfuerzos que se desarrollan en la transmisión de cargas al subsuelo. Cuando la capacidad estructural de un pilote es superior a la capacidad de carga del estrato resistente, puede transmitirse mayor carga a través del pilote incrementado la sección de su punta con respecto a la del fuste mediante un bulbo.

Para evitar el desplazamiento horizontal de algunas estructuras, en ocasiones se especifican pilote en posición inclinada; el ángulo que se forma entre el eje del pilote con la vertical en estos casos por lo general se especifica de 15° , pudiendo lograrse una inclinación hasta de 45° , dependiendo del martinete y dispositivos empleados.

Algunas estructuras deben ser ancladas en el subsuelo, ya que los esfuerzos predominantes a los que están sometidos serán de tensión, por lo que los pilotes transmiten esfuerzos de fricción negativa al subsuelo.

1.9 TIPO DE PILOTES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL MUELLE DE LA TERMINAL DE LNG.

Para la construcción del muelle de esta Terminal se instalaron 126 pilotes, los cuales están distribuidos de la siguiente manera de acuerdo a los elementos que conforman dicho muelle; Camino de Acceso (Approach Trestle) identificado como: AT-01 de 5 pilotes, AT-02 y AT-03 con 3 pilotes cada uno; 35 pilotes para la Plataforma de Descarga (Unloading Platform, UP); 4 Duques de Atraque (Berthing Dolphins, BD) de 10 pilotes cada uno; 6 Duques de Alba (Mooring Dolphins,) de 6 pilotes cada uno de ellos y 2 Puentes de Acceso (Cat Wald), CB que son los apoyos de los puentes para comunicar los BD con los MD, de 2 pilotes cada uno.

Debido a que el mayor esfuerzo al que estarán sometidos los pilotes es al de tensión, se diseñaron pilotes de acero de sección circular tipo ancla, en su mayoría inclinados. Este tipo de anclaje consiste en una inyección de grout a base de gravedad en el espacio anular entre el pilote interior “pin pile” y la interfaz del subsuelo o socket.

La resistencia a la tensión o extracción está en función de la fuerza cortante lateral generada en la interfaz del terreno y el grout.

1.10 GENERALIDADES Y ESPECIFICACIONES

1.10.1 Alcance

La especificación contempla los materiales, trabajos, la maquinaria, el equipo así como los servicios para la instalación de la tubería de acero y los pilotes de las estructuras marinas. El material para la instalación de los pilotes será proporcionado por ICAFD, y la instalación tendrá que ser completada por el Contratista de las Estructuras Marinas.

1.10.2 Definiciones

“Pilote Inclinado”: Un pilote instalado con una inclinación respecto a la vertical.

“Pilote de Compresión”: Pilote diseñado para resistir una fuerza axial tal que provocaría al mismo penetrar adicionalmente dentro del terreno.

“Nivel de Corte”: Nivel en el cual el pilote debe ir cortado.

“Pilote Preliminar o Inicial”: Pilote instalado antes del comienzo de los trabajos principales de instalación.

“Prueba de Carga”: Carga que se aplica a un pilote en etapa de servicio con objeto de confirmar que es adecuado para dicho nivel de carga para el asentamiento especificado.

“Carga de Trabajo Especificada”: La carga de trabajo especificada aplicada en el extremo superior del pilote señalada en los documentos de construcción.

“Pilote de Tensión”: Pilote diseñado para resistir una fuerza axial tal que causaría que el mismo fuera extraído del terreno.

“Pilote de Prueba”: Cualquier pilote al cual se le somete a una prueba de carga.

“Pilote de Trabajo”: Alguno de los pilotes que forman parte de la cimentación de una estructura.

1.10.3 Tolerancia en Pilotes

Los pilotes deberán de instalarse o colocarse dentro de las siguientes tolerancias:

Ubicación en planta para el nivel de corte del pilote: **75 mm** en cualquier dirección.

Desviación con respecto a la vertical **1 / 75**.

Desviación con respecto a la ubicación de cada pilote **1 / 15**.

Ningún método de corrección forzada será permitido a menos que se demuestre que la integridad, durabilidad y desempeño de los elementos no sea afectado desfavorablemente.

1.10.4 Marcado de Pilotes

Cada pilote deberá ser numerado de forma clara y su longitud deberá marcarse con pintura blanca cerca del extremo superior. Adicionalmente, donde esté contemplado hincar los pilotes, cada uno de ellos deberá ser marcado a lo largo de su longitud en intervalos de 2

Capítulo 2. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN PILOTE.

Capítulo 2. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN PILOTE

2.1 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24"

2.1.1 OBJETIVO:

Establecer en este procedimiento la secuencia lógica de las actividades inherentes de los trabajos de fabricación de pin pile, de la "Terminal de LNG de Altamira, Tamaulipas", con la calidad y seguridad requeridas, de acuerdo al proyecto definitivo, cuidando en todas sus etapas se cumpla con los requerimientos y especificaciones propias, del proyecto, con el fin de garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de los elementos.

2.1.2 DEFINICIONES:

PILOTE.- Elemento de cimentación profunda colado in situ, que transmite el peso y las cargas de la superestructura al subsuelo.

2.2 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

2.2.1 FABRICACION DE PLATAFORMAS DE TRABAJO

La fabricación de los pilotes interiores(pin pile) de 24" se realiza en el terreno de obra asignado por el cliente (5,000 m²). Para la fabricación del pin pile se construyó una plataforma de trabajo para la aplicación de soldadura en espiral. (Fig. 1).



Para el colado de los pin pile también se construyó una plataforma con bancos ó apoyos diseñados para darle un ángulo de inclinación de aproximadamente 10°.

2.2.2 SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24".



Para la aplicación de la soldadura se instalará un dispositivo mecanizado con un motorreductor que hará girar lentamente el tubo de 24". La soldadura se aplicará en espiral con separación a cada 15 cm con un espesor de 6 mm y un ancho de 12 mm, cumpliendo con las especificaciones de proyecto. FIG. 1.

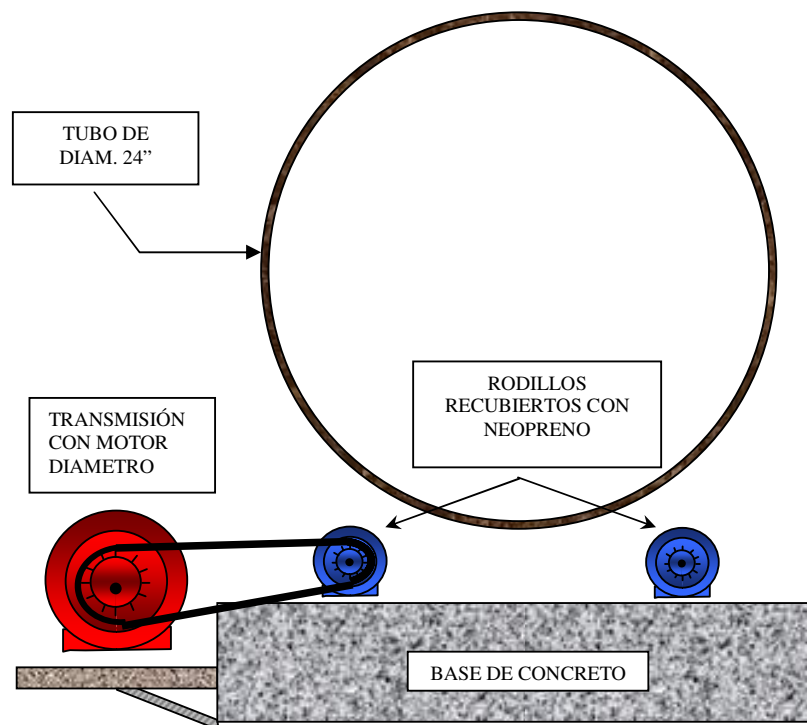


FIG. 1. MECANISMO PARA LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA EN ESPIRAL

2.2.3 LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA.

La limpieza de la superficie a soldar se realiza utilizando: pulidoras con cardas y cepillos de alambre para los detalles. Esta limpieza tiene la finalidad de lograr una correcta unión entre material base y el material de aporte.

2.2.4 PRECALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE A SOLDAR (MATERIAL BASE).

El precalentamiento del material base se requiere a una temperatura aproximada de 65°C. Este precalentamiento se realiza con multiflama, para que éste sea de manera uniforme.

2.2.5 APLICACION DE SOLDADURA EXTERIOR EN TUBO DE 24" SMAW (ELECTRODO SUMERGIDO MANUAL) CON E-7018, DIAM. 5/32".

Se aplica la soldadura con un maneral y electrodos de acuerdo a las especificaciones y medidas de cordón que nos indique el proyecto. La soldadura se aplicará por un solo lado, el material de aporte que se emplea en la actividad se clasifica como E-7018. Se utilizan soldadoras y rectificadoras de 300 a 400 amp. Para la aplicación de la soldadura, se utiliza un equipo mecanizado que hace girar (r.p.m.) de manera pausada acorde a la velocidad de aplicación de soldadura requerida por el soldador (Fig.2). La soldadura aplicada debe cumplir con las dimensiones especificadas en los planos de proyecto.

Se cuenta con un multímetro en obra para verificar regularmente el correcto amperaje y voltaje de los equipos de soldadura.

Para realizar la aplicación de la soldadura en los tubos de diámetro 24", se instalaron casetas ó mamparas para proteger la aplicación de la soldadura del viento, lluvia, humedad y al personal aledaño de los rayos ultravioleta.

La soldadura se mantiene en el almacén, se cuenta con hornos que mantienen la soldadura sin humedad y la temperatura que rigen la especificación. En el sitio de aplicación de la soldadura se utilizan hornos pequeños que mantienen la soldadura en las condiciones idóneas para su aplicación.



2.2.6 COLADO DE TUBOS DE DIAMETRO DE 24" CON CONCRETO.

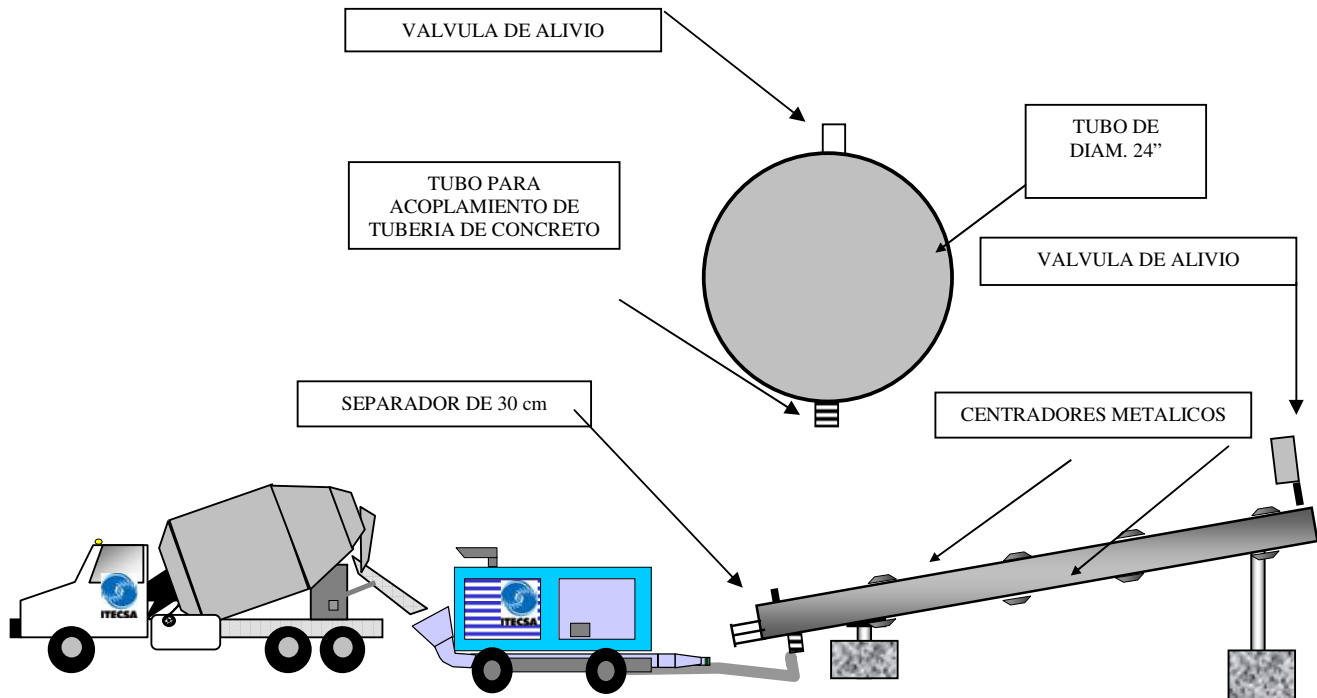


FIG. 2. COLOCACIÓN DE BANCOS PARA APOYAR EL PIN PILE

Una vez terminada la soldadura se realiza la colocación del tubo en una plataforma



Con apoyos en los extremos con un desnivel de aproximadamente 10° . Se lleva a cabo la colocación de tapas en los extremos y una adaptación para acoplar la tubería de la bomba de concreto. Se coloca el concreto por el extremo inferior del tubo hasta que éste derrame por una válvula de alivio

ubicada en el otro extremo, garantizando con ello el llenado completo del tubo. FIG. 2.



Colocación de tapas en los extremos y un codo para acoplar la bomba de concreto.



2.2.7 COLOCACION DE CENTRADORES Y SEPARADORES.

Se colocan separadores metálicos con soldadura, con la finalidad de que el pin pile quede concéntrico con el tubo de 36" (separador de 4") y la perforación de 32". (separador de 3") En la parte

inferior del pin pile se coloca un elemento embebido en el concreto para que este tenga una separación de 50 cm del fondo del barreno. FIG. 3.

Colado de pilote interior o pin pile con concreto de resistencia $f' = 250 \text{ kg./cm}^2$.



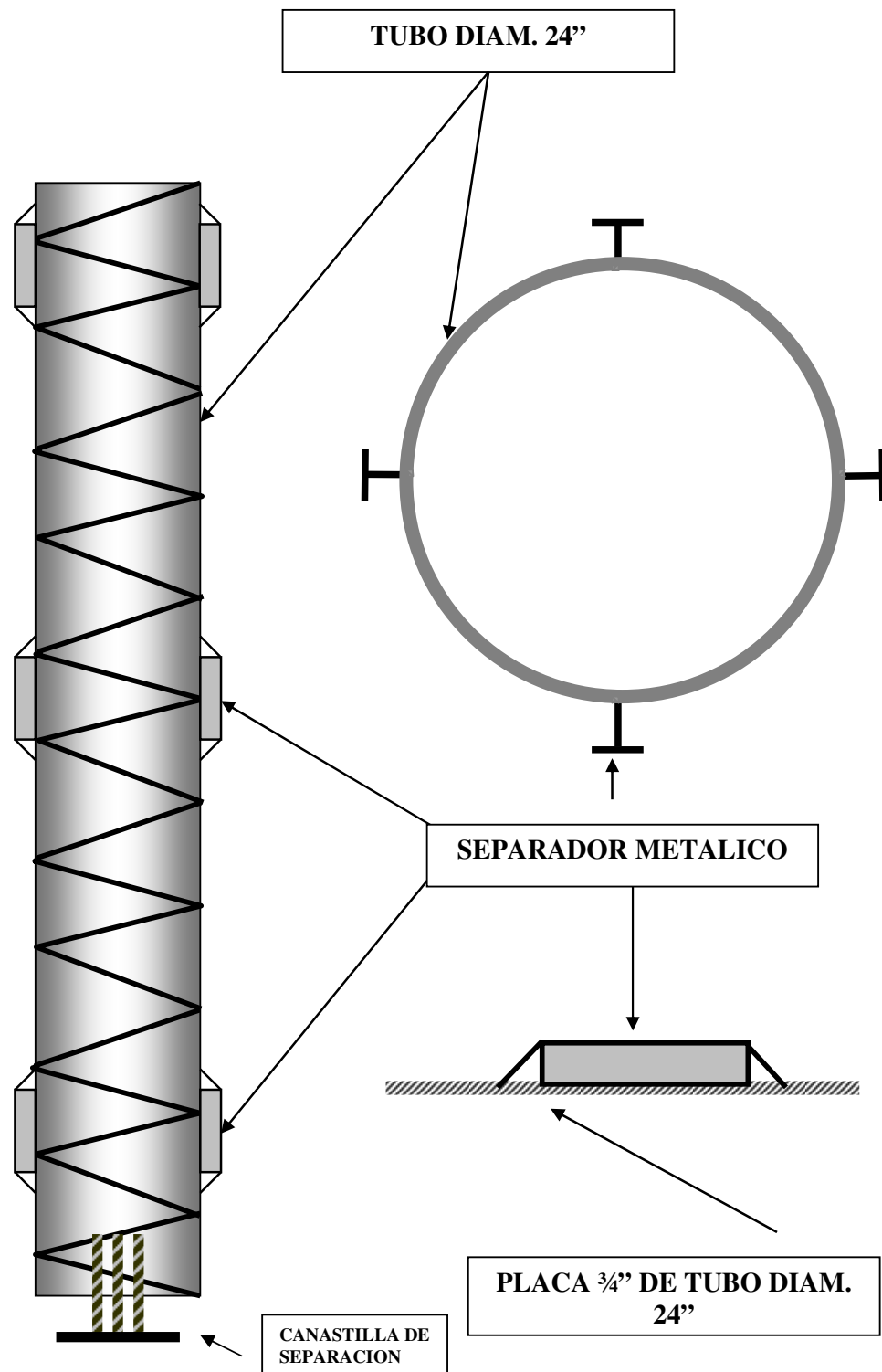


FIG.3. COLOCACIÓN DE SEPARADORES Y CENTRADORES EN PIN PILE.

2.2.8 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Es un requisito del Departamento de Seguridad, para la actividad que refiere este procedimiento, que el personal este capacitado, especialmente sobre los riesgos al cual se puede enfrentar en la actividad que va a desarrollar, como también el uso obligatorio de los elementos de protección personal.
- En lo que se refiere al área de los trabajos, se debe delimitar con cinta amarilla peligro, para evitar cualquier accidente por esta actividad.
- El acceso a esta área deberá ser restringido.
- Se deberá mantener limpias, iluminadas, libre de obstáculos, debidamente señalizada y en condiciones de seguridad, las zonas de trabajo.

2.3 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA INTERIOR (BEAD WELD) DE TUBOS DE 36"

2.3.1 OBJETIVO:

Establecer en este procedimiento la secuencia lógica de las actividades inherentes de los trabajos de soldadura en el interior de los tubos de 36" (bead weld), para la Obra "Terminal de LNG de Altamira, Tamaulipas", con la calidad y seguridad requeridas, de acuerdo al proyecto definitivo, cuidando en todas sus etapas se cumplan con los requerimientos y especificaciones propias, del proyecto, con el fin de garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de los elementos.

2.3.2 INFORMACIÓN TÉCNICA Y/O REFERENCIAS APLICABLES:

Para la correcta ejecución de este procedimiento es necesario conocer y contar con los planos ejecutivos del proyecto aprobados (7276-90214-DW-14-503, 7276-90214-DW-14-507, 7276-90214-DW-14-508 y 7276-90214-DW-14-512), así como la última revisión de las especificaciones para los trabajos de soldadura en el interior de los tubos de 36" (AWS AWS D1.1). Especificación No. AWS A-5.1.

DEFINICIONES:

SOLDADURA. Proceso mediante el cuál se funden y se unen dos metales por medio de corriente directa.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

2.4.1 LIMPIEZA PREVIA DE LA SUPERFICIE PARA LA APLICACIÓN DE SOLDADURA

La limpieza de la superficie a soldar se realiza utilizando; pulidoras con cardas y cepillos de alambre para los detalles. Esta limpieza tiene la finalidad de lograr una correcta unión entre material base y el material de aporte.

2.4.2 PRECALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE A SOLDAR (MATERIAL BASE).

El precalentamiento del material base se requiere a una temperatura aproximada de 65°C. Este precalentamiento se realiza con multifiama, para que éste sea de manera uniforme.

2.4.3 APLICACIÓN DE SOLDADURA INTERIOR SMAW(ELECTRODO SUMERGIDO MANUAL) CON E-7018, DIAM. 5/32".



La soldadura se aplica con un maneral y electrodos de acuerdo a las especificaciones y medidas de cordón que nos indique el proyecto. La soldadura se aplica por un solo lado, el material de aporte que



se emplea en la actividad se clasifica como E-7018. Se utilizan soldadoras y rectificadoras de 300 a 400 amp. Para la aplicación de la soldadura se cuenta con un equipo mecanizado que hará girar(r.p.m.) de manera pausada acorde a la velocidad de aplicación de soldadura requerida por el soldador (Fig.1). La soldadura aplicada debe cumplir con las dimensiones especificadas en los planos de proyecto.

Debido a la posición y al poco espacio del soldador para la aplicación de la soldadura interior (bead welds) del tubo de 36", se lleva a cabo alternando dos soldadores para tener intervalos de descanso y a la vez que se tenga la continuidad requerida de la actividad.

Se cuenta con un multímetro en obra para verificar regularmente el correcto amperaje y voltaje de los equipos de soldadura. Para realizar la aplicación de la soldadura en los tubos de 36", se instalaron casetas ó mamparas para proteger la aplicación de la soldadura del viento, lluvia, humedad y al personal aledaño de los rayos ultravioleta.

La soldadura debe mantener en almacén para protegerla de la humedad. Se debe contar con hornos que mantengan la soldadura sin humedad y la temperatura que rigen la especificación. En el sitio de aplicación de la soldadura se cuenta con hornos pequeños que mantienen la soldadura en las condiciones idóneas para su aplicación.

Pilote en proceso de soldadura interior.



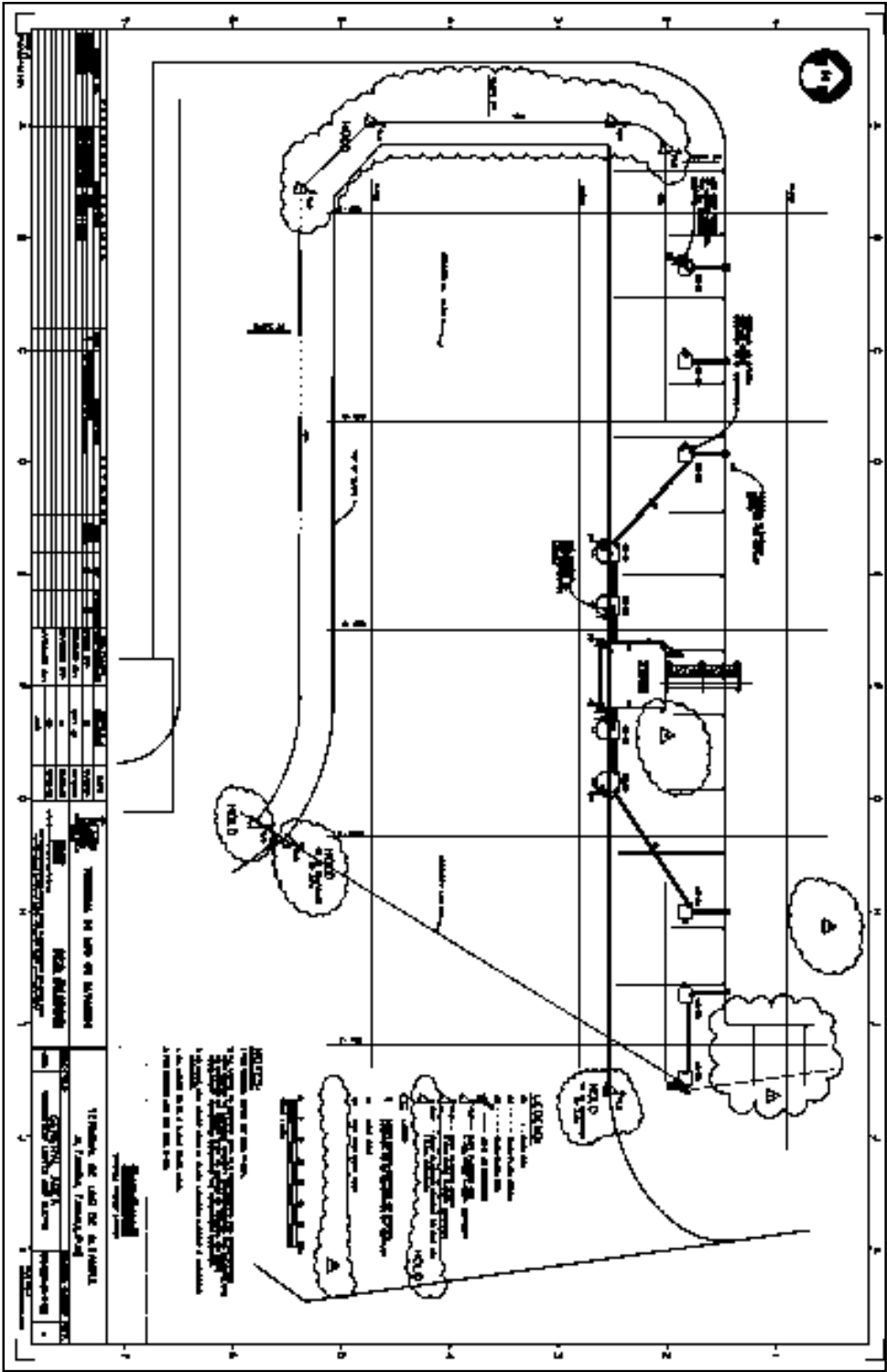
Proceso de soldadura interior de pilote terminado.

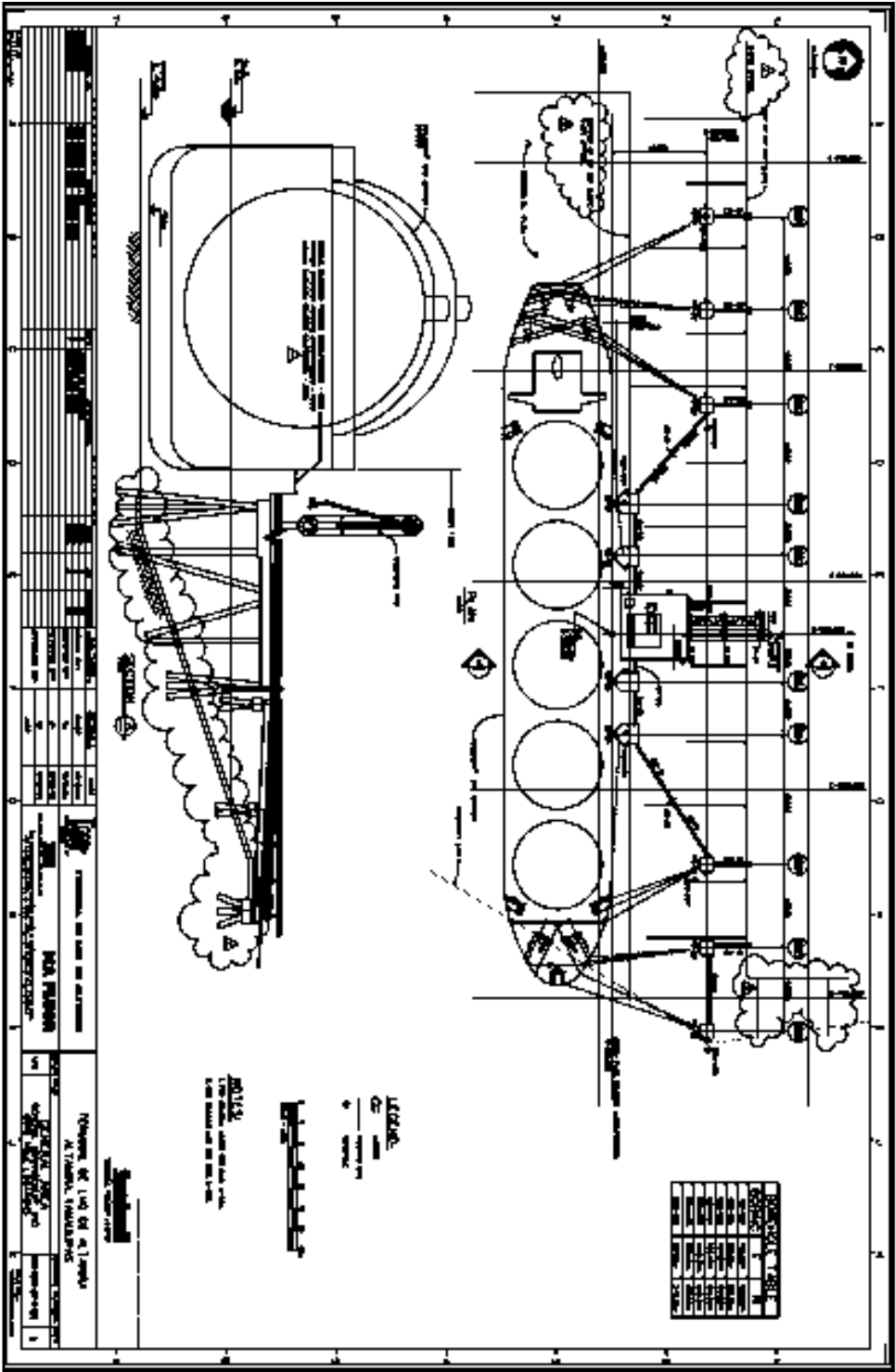


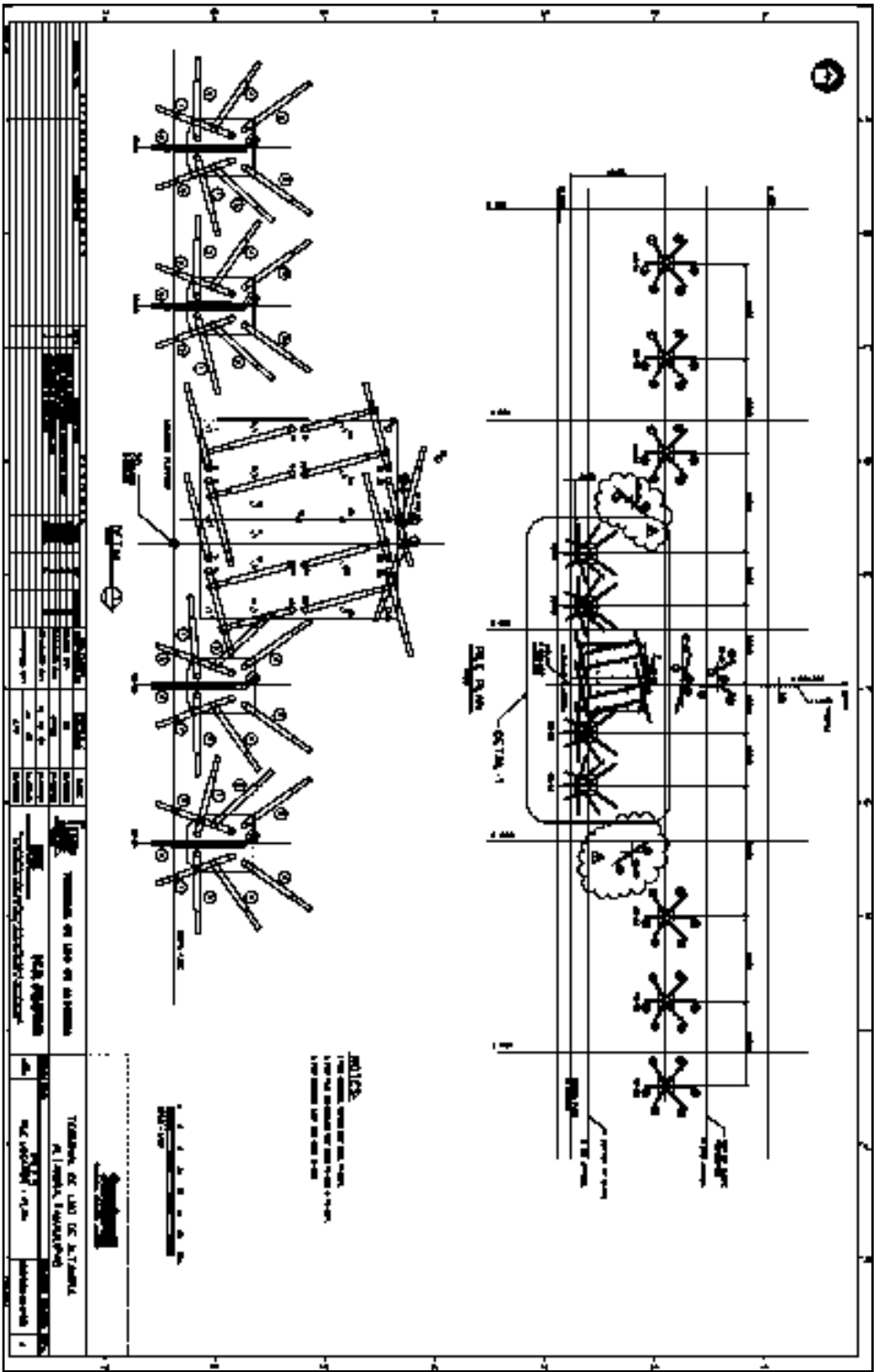
Transporte de pilote terminado hacia el muelle provisional.

2.4.4 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

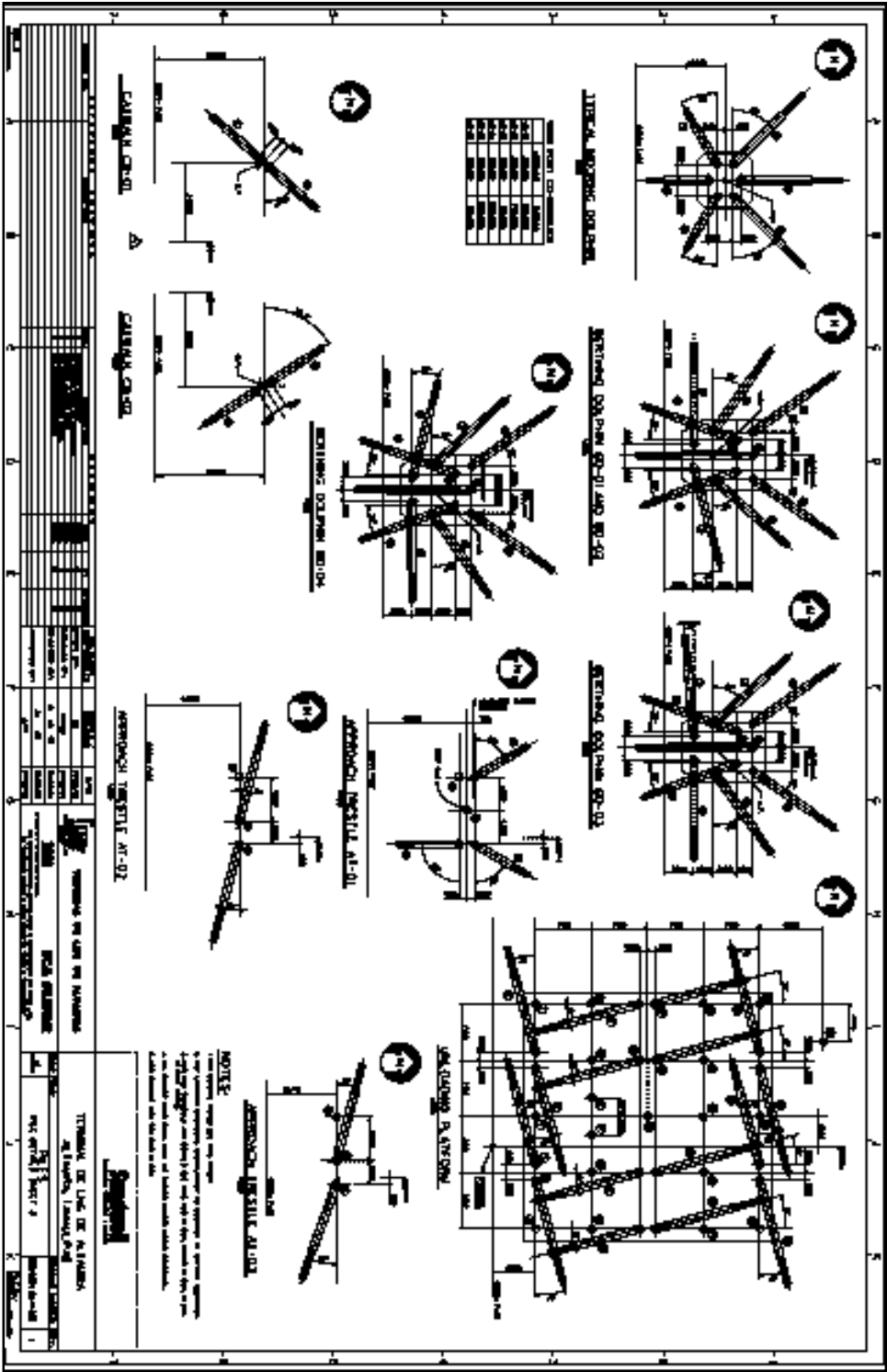
- Es un requisito del Departamento de Seguridad, para la actividad que refiere este procedimiento, que el personal este capacitado, especialmente sobre los riesgos al cuál se puede enfrentar en la actividad que va ha desarrollar, como también el uso obligatorio de los elementos de protección personal.
- En lo que se refiere al área de los trabajos, se debe delimitar con cinta ó cadena amarilla de precaución, para evitar cualquier accidente por esta actividad.
- El acceso a esta área deberá ser restringido.
- Se deberá mantener limpias, iluminadas, libre de obstáculos, debidamente señalizada y en condiciones de seguridad, las zonas de trabajo.
- Durante la aplicación de la soldadura se utilizarán extractores para evitar la concentración e inhalación de humo.
- Para la aplicación de la soldadura se colocarán previamente casetas ó mamparas para evitar la exposición de los rayos ultravioleta.
- El personal que aplica la soldadura así como sus ayudantes deberá contar con protección respiratoria.
- Para la aplicación de la soldadura se colocarán previamente casetas ó mamparas para evitar la exposición de los rayos ultravioleta.

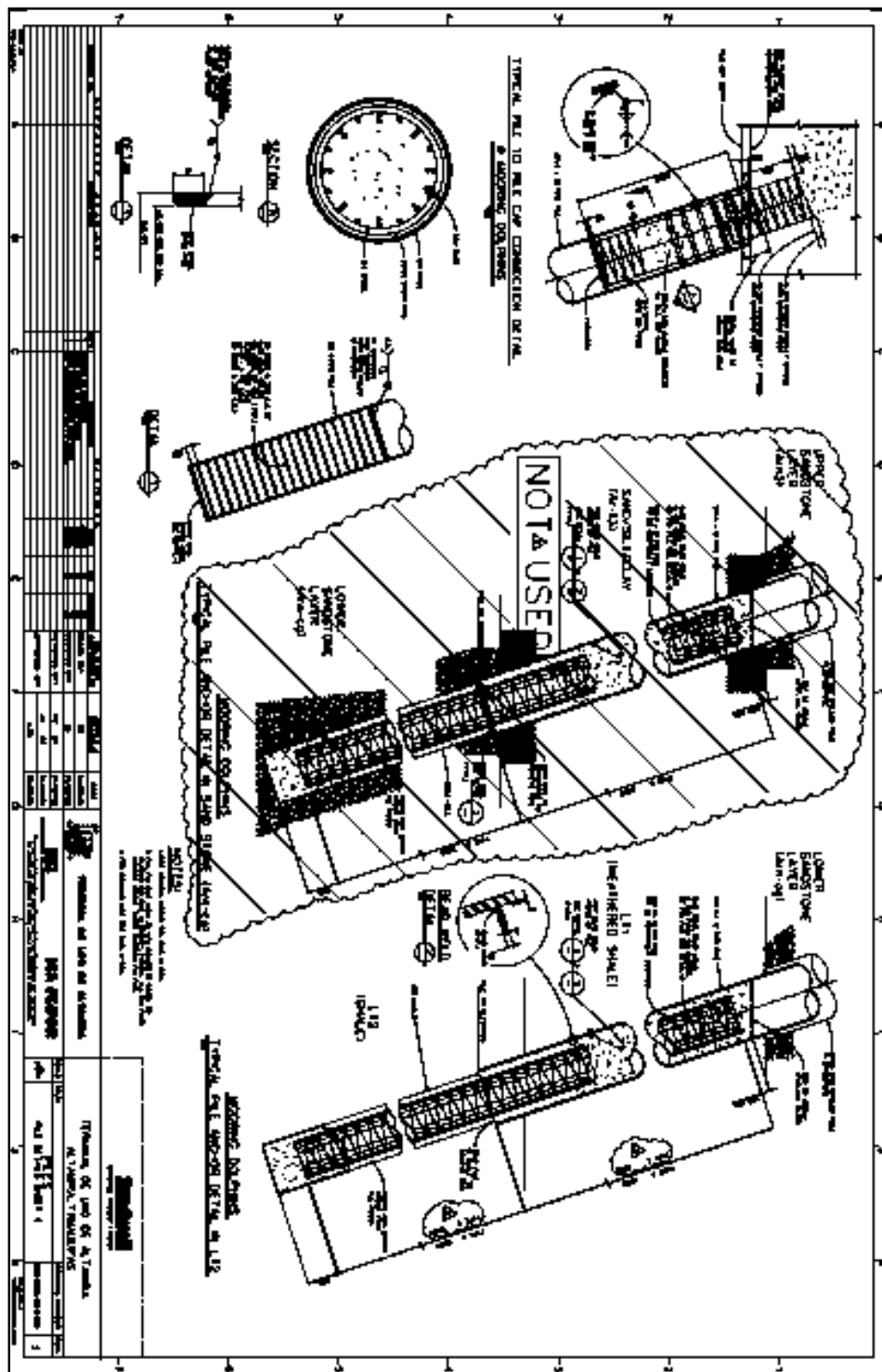


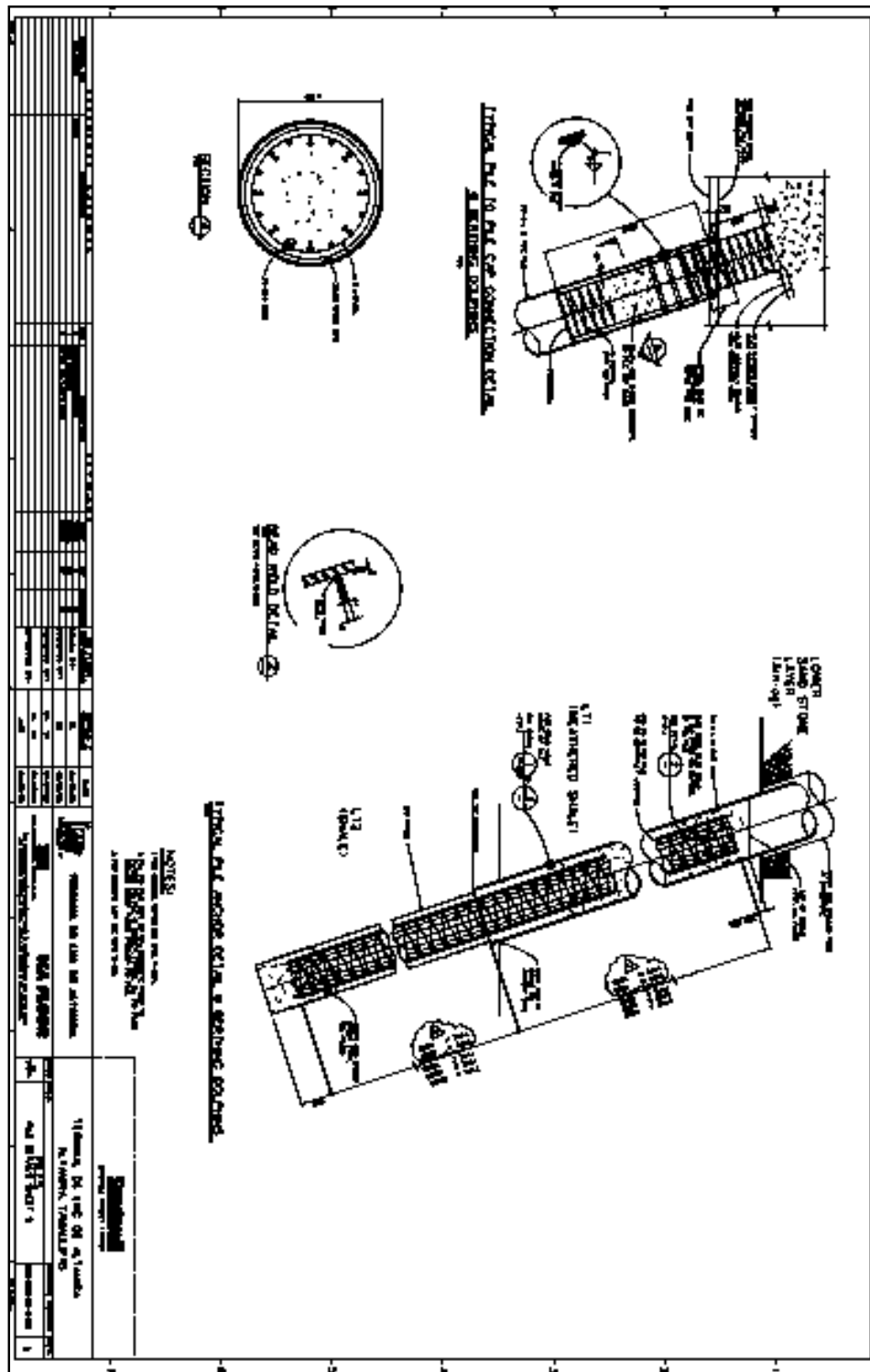


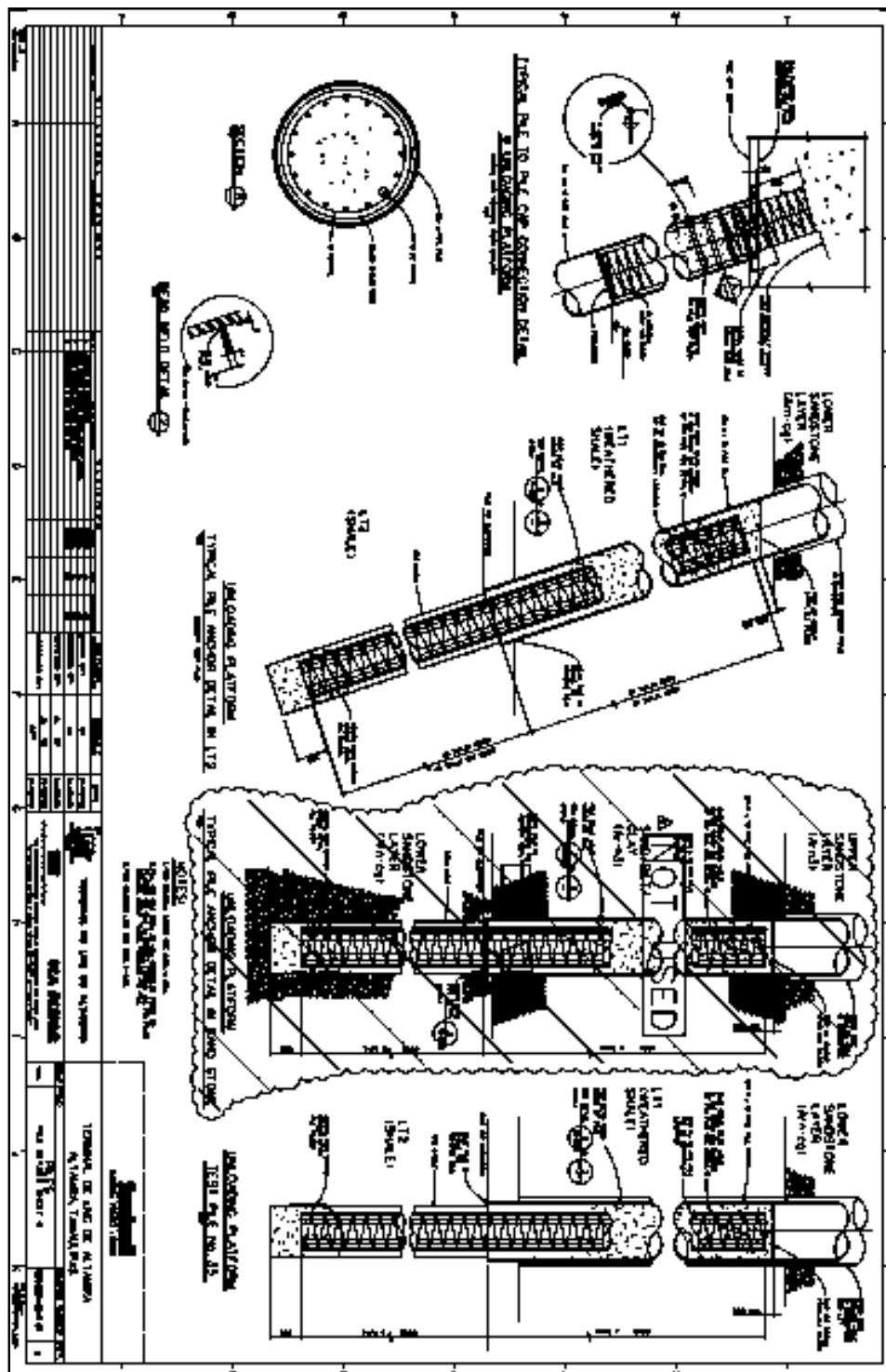


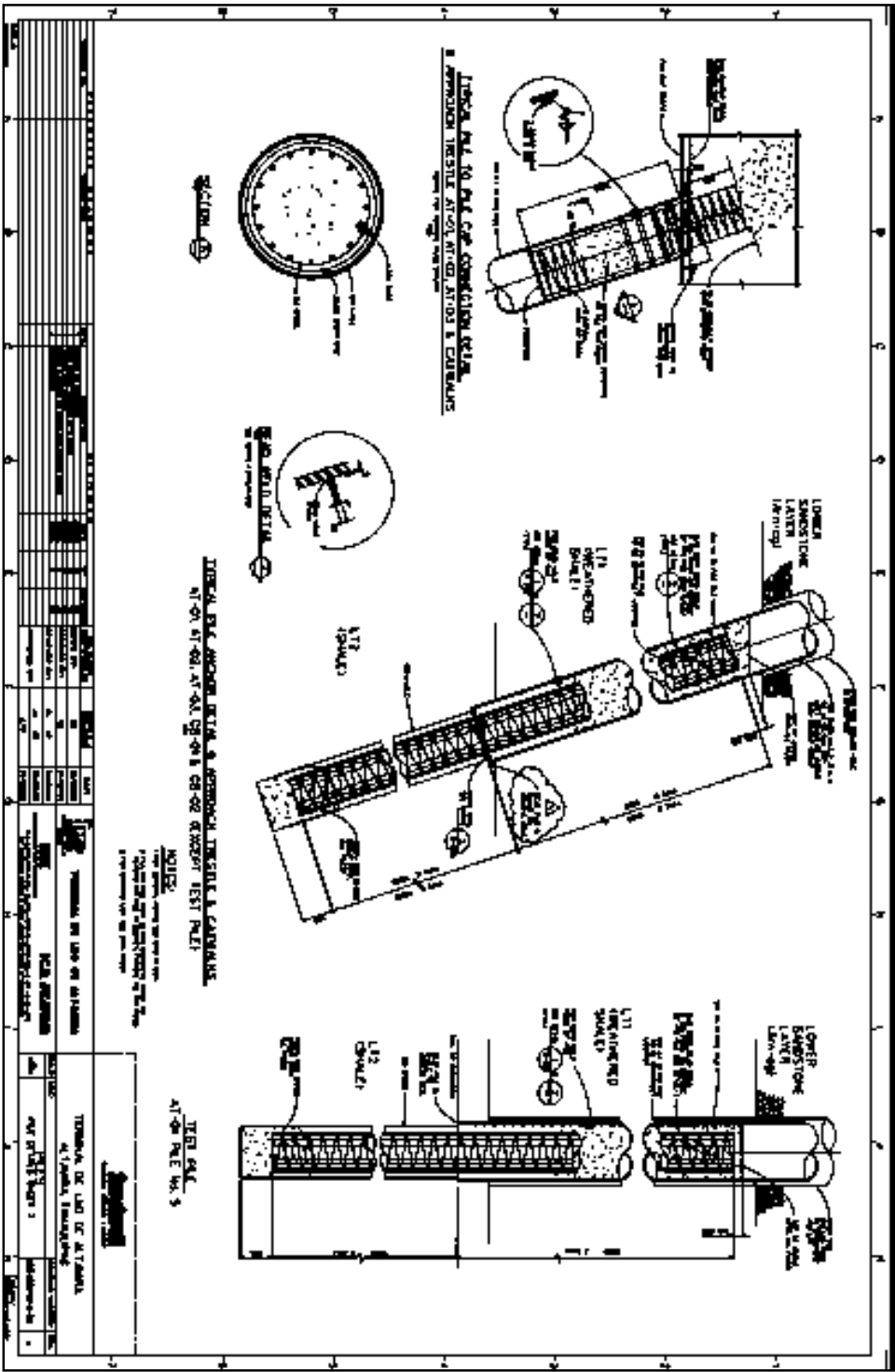
NOTES:
1. 100% H_2SO_4 solution was used.
2. 100% H_2SO_4 solution was used.
3. 100% H_2SO_4 solution was used.













Capítulo 3. COLOCACION DE ADEMES.

Capítulo 3. COLOCACIÓN DE ADEMES

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

3.1.1 FABRICACIÓN DE ESCANTILLÓN.

La fabricación del escantillón se realizó en base a planos estructurales previamente aprobados por el cliente. Para el diseño de esta estructura se hicieron varias

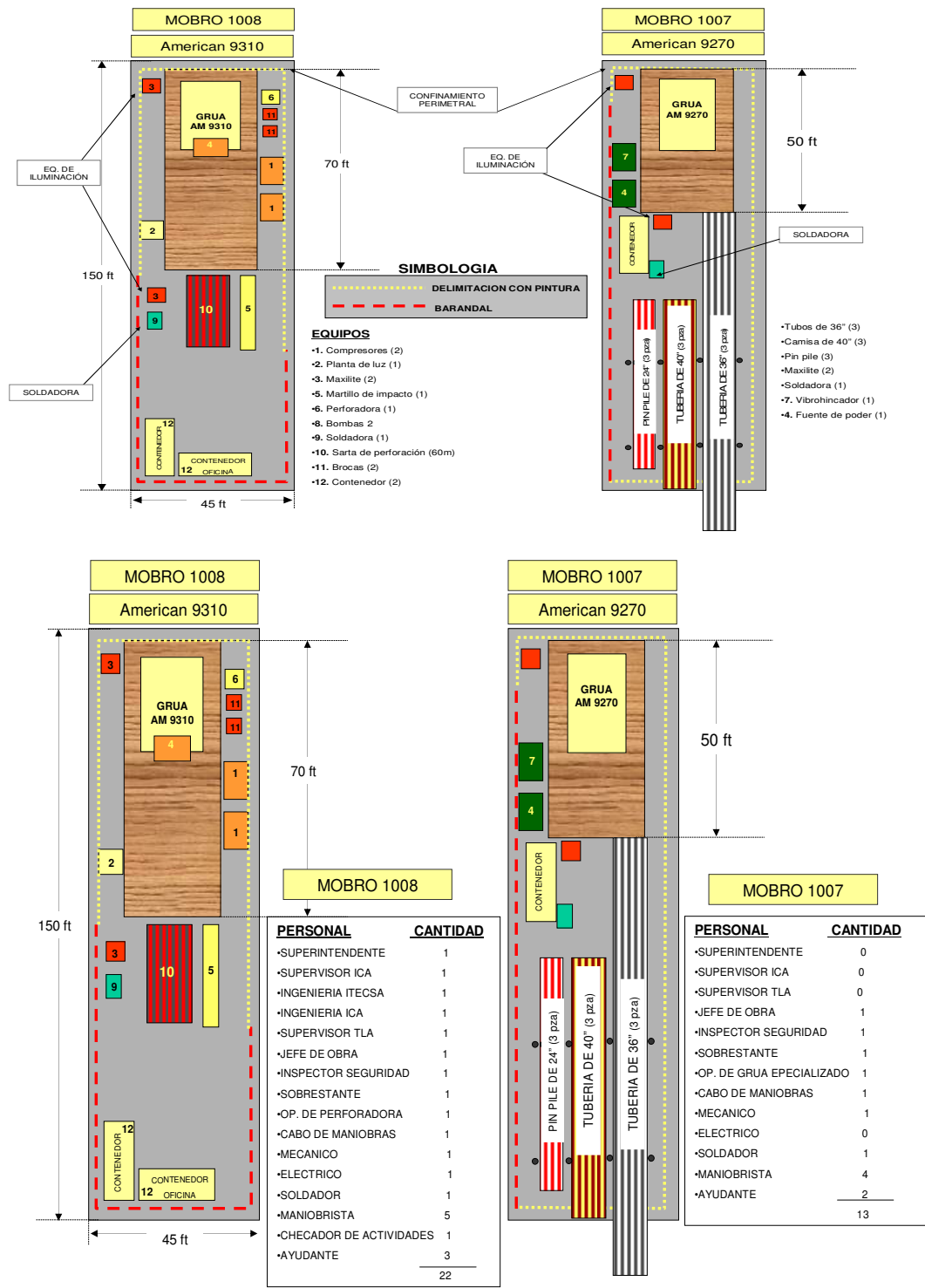


consideraciones como: distribución de los pilotes, fuerzas actuantes sobre la estructura y los zancos ó lápices, estratos de empotramiento, selección de las dimensiones óptimas del escantillón tomando en cuenta el alcance de los equipos y la proyección de los pilotes; además de tomar en cuenta las cargas por viento y marea.

Esta estructura se hizo con un bastidor en la parte superior y otro en la inferior. Estos elementos del bastidor guiarán el pilote con la escalerilla superior e inferior, dándole el ángulo de inclinación vertical y horizontal, así como la posición requerida para cada pilote. En la construcción del escantillón se utilizaron materiales y la aplicación de soldaduras que cumplieron con las especificaciones de la ingeniería del mismo.

3.1.2 PLATAFORMAS FLOTANTE Ó BARCAZA.

Se utilizan barcazas con capacidad de 1000 ton para las actividades correspondientes a la instalación de pilotes, sobre las cuales se encuentran montadas la perforadora, las grúas, camisas, tubos, pin piles etc.



3.1.3 TOPOGRAFÍA Y COLOCACIÓN DE ESCANTILLÓN



El trazo para la ubicación del centro de los lápices se realiza con el apoyo de topografía y lancha, marcando con boyas el punto exacto donde se hincarán los zancos (lápices) de soporte del escantillón.

La plataforma o barcaza que soporta la grúa y el vibrohincador, se coloca al pie del apoyo donde se construirán los pilotes.

Posicionada la barcaza se fija con lápices que se lanzan a través de los portalápices incrustándose en el fondo marino.

Posteriormente los lápices se hincan o penetran más en el fondo marino, utilizando la grúa y un vibrohincador. Para los desplazamientos de las barcazas y/o plataformas se realiza por medio de un remolcador y/o lanchas.



previamente marcado con las boyas, una vez ahí se fija al fondo marino por medio de los lápices que se lanzan e hincan en el fondo marino utilizando la grúa y el vibrohincador.

Se colocan primero los lápices de los extremos opuestos para garantizar la alineación del escantillón y posteriormente se colocan los otros dos. Los lápices cuentan con marcas a cada metro para obtener la profundidad o nivel



de penetración en el fondo marino.

Una vez en posición se procede a izar el escantillón con la grúa con la finalidad de



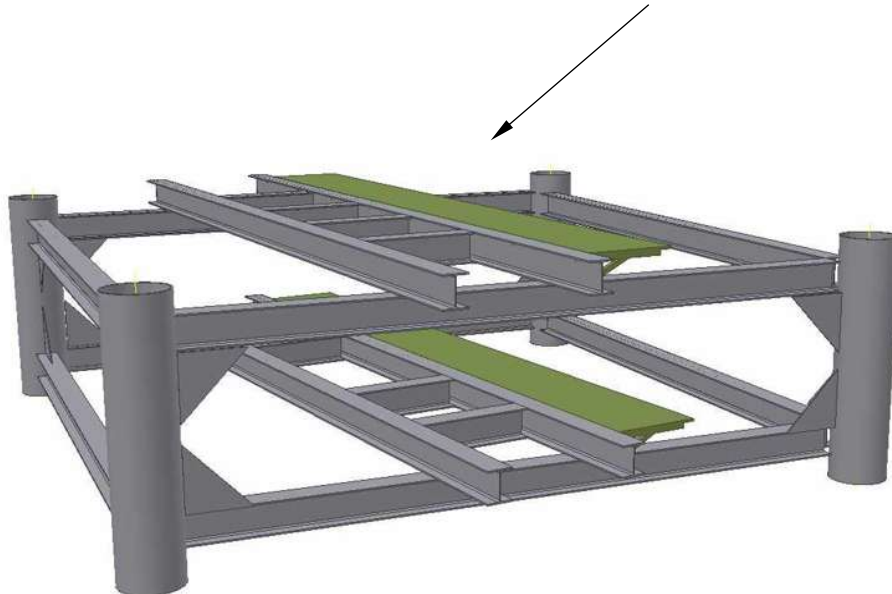
retirar los pontones para posteriormente bajarlo, deslizándose por los lápices a su posición final de trabajo, donde se fijan a los lápices por medio de 4 pernos uno en cada lápiz.

3.1.4 IZAJE E HINCADO DE CAMISA METÁLICA DE 40".

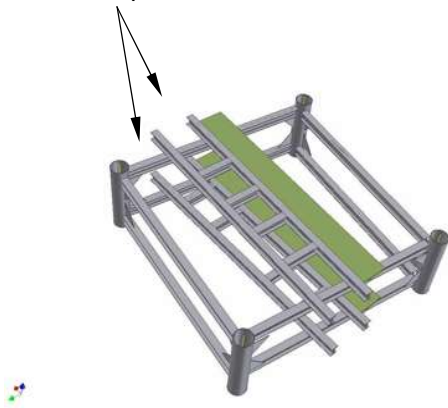
La camisa metálica es de tubo de 40" de diámetro y Esp. 5/8"(16 mm) y cuenta con una longitud entre 20 y 30 m dependiendo de la profundidad del lecho marino y/o talud, además de los estratos firmes de empotramiento ubicados aproximadamente en el nivel -20m.

Con la grúa se sujeta e iza la camisa utilizando eslingas ó estrobos, colocándola en las guías del escantillón que fue previamente fijada con topografía. La guía se debe colocar con la debida precisión para deslizar la camisa metálica a través de ésta, hasta apoyarla en el lecho marino. Las guías se sujetan al escantillón por medio de soldadura.

Guías del escantillón.



Guías para la colocación de ademes.



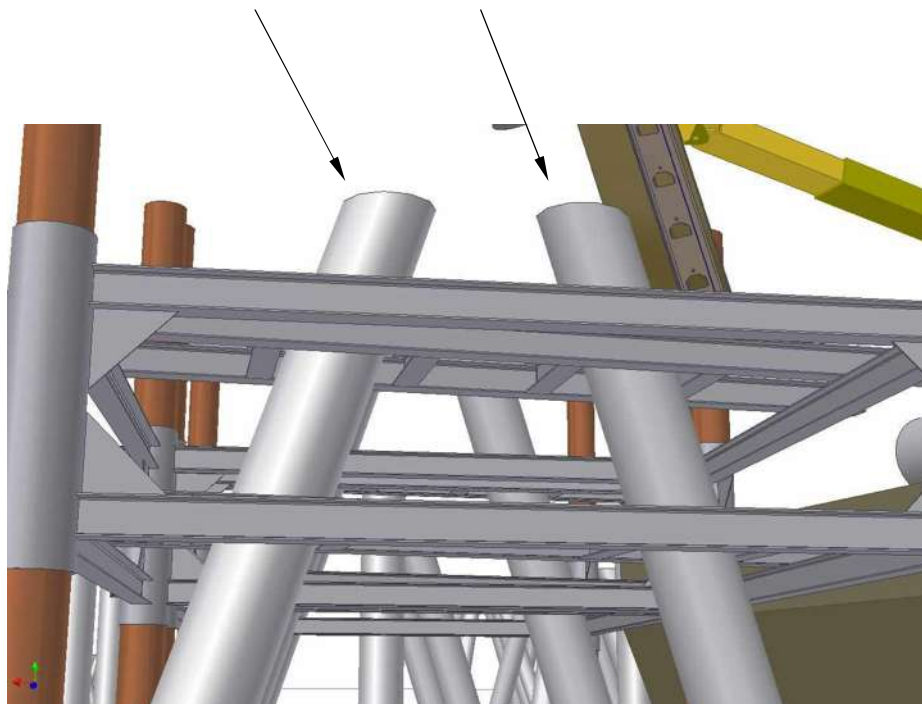
Escantillón montado en sus cuatro lápices.

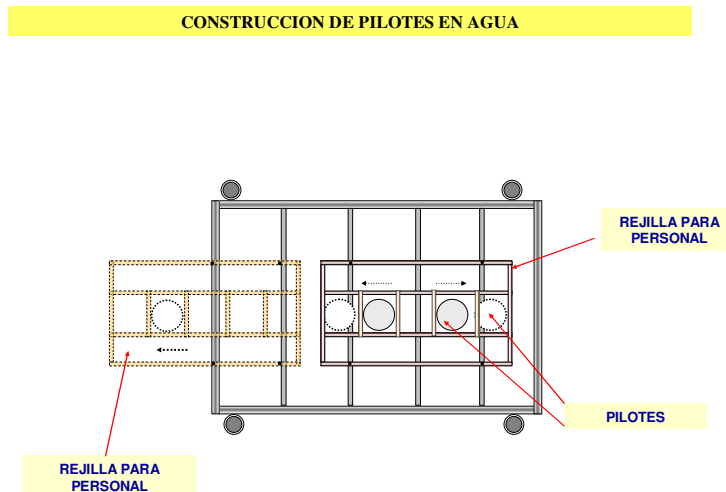
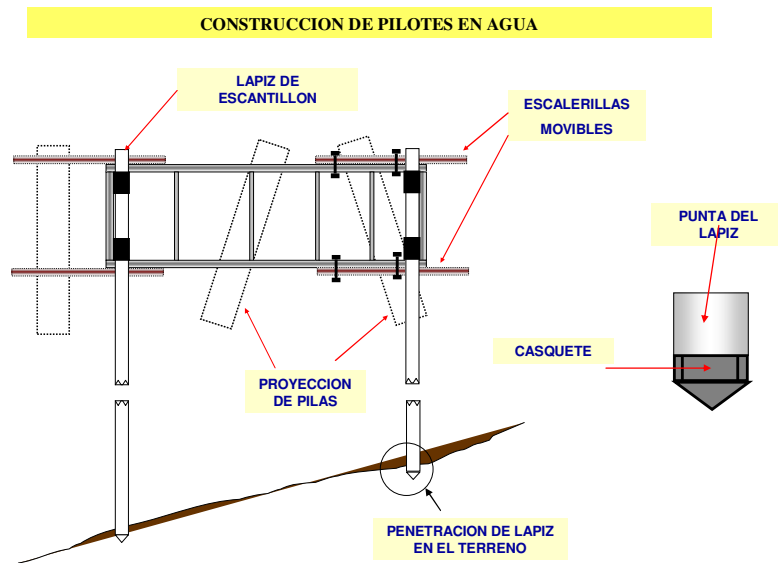


Se verifica la posición, ángulo horizontal y vertical de la camisa metálica con topografía. Una vez verificado se procede al hincado, izando el vibrohincador PTC-25H2, se sujeta la camisa con las mordazas del vibrohincador el cual debe obtener el mismo grado de inclinación en este caso de la camisa para que al activar el vibrohincador las cargas sean completamente axiales y no existan desplazamientos en dicha camisa. El hincado de la camisa será hasta que de un rechazo adecuado y/o hasta desplantarla en un estrato firme, pasando las arenas para garantizar el sello requerido para no perder la columna de agua y evitar posible socavación.

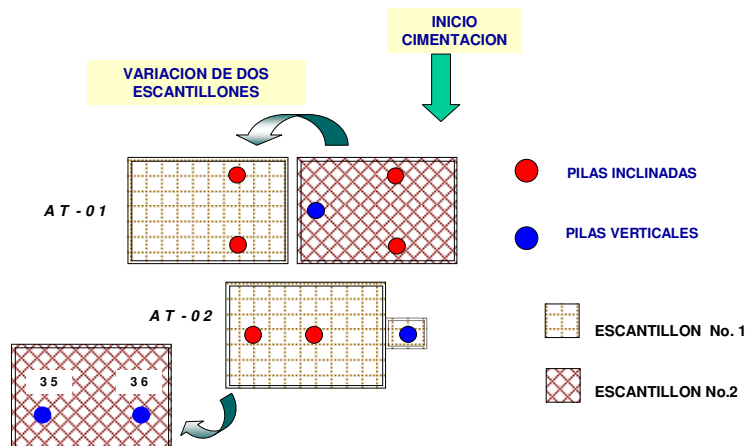
En caso de no lograr la suficiente penetración de la camisa de 40", se utiliza el martillo de impacto Berminghammer B-5505 y si aún así no se lograra el objetivo, se perforará por el interior de la camisa de 3 a 4 m para disminuir la capacidad ó resistencia a la penetración del estrato, para posteriormente volver a vibrohincar la camisa hasta una profundidad deseada.

Ademes colocados en escantillón a través de las guías.

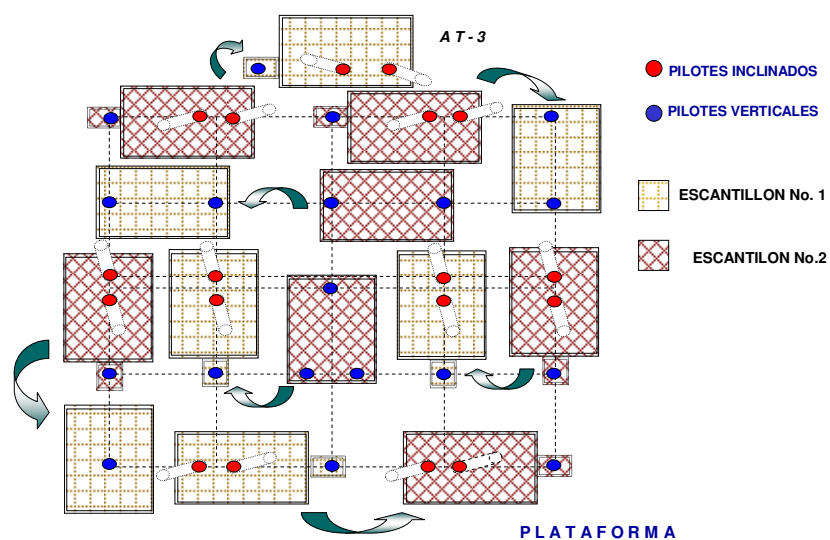




SECUENCIA DE ATAQUE DE PILOTES EN AGUA



SECUENCIA DE ATAQUE DE PILOTES EN AGUA



Capitulo 4. PERFORACION.

Capítulo 4. PERFORACION

4.1 PROCEDIMIENTO DE INSTALACION DE PILOTES PARA LA TERMINAL DE LNG DE ALTAMIRA TAMAULIPAS.

4.2.1 OBJETIVO.

Establecer en este procedimiento la secuencia lógica de las actividades inherentes de los trabajos de cimentación profunda a base de pilotes en agua con la perforadora Berminghammer BHD 60/60, correspondientes al apoyo del Camino de Acceso AT-03 (Approach Trestle AT-03), Plataforma de Descarga (Unloading Platform), Duques de Atraque (Berthing Dolphins), Duques de Amarre (Mooring Dolphins) y Pasarelas de Acceso (Cat Walks), para la obra “Terminal de LNG de Altamira, Tamaulipas”, con la calidad y seguridad requeridas, de acuerdo al proyecto definitivo, cuidando en todas sus etapas se cumplan con los requerimientos y especificaciones propias del proyecto, con el fin de garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de los elementos.

4.2.2 PERFORACIÓN CON BROCA DE 37” A TRAVÉS DE LA CAMISA DE 40” DE DIAMETRO.

La perforación se realiza con una perforadora marca BERMINGHAMMER modelo BHD 60/60, utilizando el método de circulación inversa y sistema vertical de guías. El equipo de perforación esta montada sobre una grúa marca AMERICAN modelo 9310 con capacidad 225 Ton. se coloca la sarta de perforación (barras y cabeza cortadora) en el interior de la camisa de 40”. La maniobra se realiza con una grúa de cap. 136 Ton. marca American modelo 9270.



Se da inicio a la perforación, rompiendo los estratos mediante la rotación de la cabeza cortadora y a la limpieza por medio de la circulación inversa. La perforación se ejecuta con diámetro 37"(94 cm) pasando los estratos Arn-cg (segunda capa de arenisca), hasta encontrar el estrato de Lutita 1 (LT1). En caso de una posible inestabilidad en los estratos de apoyo de la camisa o de la perforación que provoque riesgos y/o taponamientos, se tendrá que sacar la sarta de perforación y re-hincar la camisa de 40"(102 cm). En caso necesario se tendrá que empatar con soldadura un tramo de camisa para posteriormente bajar con el vibrohincador hasta un estrato más firme colocando de nuevo la



sarta de perforación para continuar la barrenación. Para garantizar que la perforación sea concéntrica al tubo de 40", se cuenta con centradores que se le colocan a las barras de perforación. Para el nivel real de perforación, el método que rige es llevando un minucioso control en la longitud de las barras de perforación, colocándole marcas ó referencias.



Manguera de descarga.

4.2.3 PERFORACIÓN CON BROCA DE 32" (81 cm.) A TRAVÉS DE LA CAMISA DE 40" (102 cm.) DE DIÁMETRO.

Para perforar el estrato de Lutita 1 (LT1), se retira del interior de la camisa de 40"(102 cm) la sarta de barrenación y la cabeza cortadora de 37"(94 cm), para colocar la cabeza cortadora de 32"(81 cm). La maniobra se realizará con una grúa de cap. 136 ton. marca American modelo 9270.

Se da inicio a la perforación rompiendo el estrato de Lutita 1 (LT1), hasta llegar a la Lutita 2 (LT2) a una elevación de aprox. -24.5, mediante la rotación de la cabeza cortadora y a la limpieza por medio de la circulación inversa.

Perforación para pilote inclinado, con inclinación 1:3 con respecto a la vertical.



Perforación para pilotes inclinados con la guía de la perforadora en diferentes posiciones.





Perforación para pilotes inclinados con la perforadora BERMINGHAMMER.



4.5 IZAJE E HINCADO DE TUBO METÁLICO DE 36".

El tubo es de diám. $\Phi=36"$ y Esp. $3/4"$ (19 mm) y cuenta con una longitud de aproximadamente de 30 y 34 m, dependiendo de los planos del proyecto ejecutivo. El tubo de 36" se sujeta e iza con eslingas de poliéster ó estrobos de acero cuidando no maltratarlo y es colocado con la grúa en el interior de la camisa de 40", a la cual se le coloca alfombra en la parte superior o boca de la camisa para evitar rayar la pintura anticorrosión de los pilotes o tubos de 36" Φ que fue previamente hincada, deslizándolo hasta depositarlo en el fondo de la perforación. Para bajar el tubo de 36" y este no se maltrate, se le colocarán separadores de cable de seda ó henequen, para que este quede concéntrico a la camisa de 40".





Una vez verificado se procede al hincado izando el vibrohincador PTC 30H-1, se sujeta el pilote con las mordazas de vibro obteniendo el mismo grado de inclinación para que al activar el vibrohincador las cargas sean completamente axiales y no existan desplazamientos en dicho pilote.

El hincado del pilote será hasta desplantarlo a la elevación -25.0.

En caso de que se presente el rechazo en el hincado y no se logre el desplante de proyecto se tendrá que perforar por el interior del tubo de 36" para disminuir la fricción interior y realizar de nuevo el hincado hasta el desplante de proyecto.



Otra opción aceptable es utilizar para el hincado del pilote el martillo de impacto Berminghammer B-5505 hasta el desplante requerido ó hasta el rechazo recomendado (5 golpes/pulg). Las tolerancias permisibles de desplazamiento horizontal, orientación y grado de inclinación, debe cumplir con la especificación 7276-90213-SP-14-508 (En ubicación 7.5 cm y en inclinación 1/75). Se utiliza la de broca diám. 32"(81 cm). Al terminar la perforación se levantará lentamente la herramienta aplicando la circulación inversa para limpiar de recortes y/o azolve en la zona del socket. Para el nivel real de perforación, el método que regirá es llevando un minucioso control en la longitud de kelly bar, colocándole marcas ó referencias. Las tolerancias permisibles de desplazamiento horizontal, orientación y grado de inclinación, deben cumplir con la especificación 7276-90213-SP-14-508.



4.6 LIMPIEZA DE BARRENO CON AIR-LIFT.

En caso de permanecer mucho tiempo abierta la perforación posterior al retiro de la camisa se realizará la limpieza del fondo del barreno con air-lift.





Después de la inyección de los pilotes y después de 24 horas de que se haya realizado la misma se lleva a cabo el labado del pilote con el air lift.



4.7 COLOCACIÓN DE PIN PILE DE 24" (Pilote interior).

El tubo metálico de 24" debe contar con las preparaciones solicitadas en los planos de proyecto descritas en el Capítulo 2. Se colará concreto en su interior. Se colocan separadores metálicos en su exterior para cumplir con el centrado en el interior del tubo de 36"(91 cm), de forma alterna se fijan tuberías de diám. 2" en toda la longitud del tubo de 24" y estas se deben ir acoplando en tramos conforme este baja en el fondo de la perforación; éstas servirán para realizar una correcta inyección en el espacio anular que se forma con el exterior del tubo de 24" con las paredes de la perforación de la zona del socket y el tubo de 36".

Una vez realizadas las preparaciones en el tubo de 24", se coloca en una sola pieza con la grúa, llevando en el extremo inferior un separador de 50 cm. La maniobra de descenso del pin pile de 24" se realizará con la grúa American 9270, para que mediante un dispositivo se desacoplen los estrobos quedando el pin pile depositado en el fondo del barreno. El pin pile debe desplantarse en la elevación de proyecto así como la longitud dentro del pilote de 36" cumpliendo con las tolerancias permisibles.



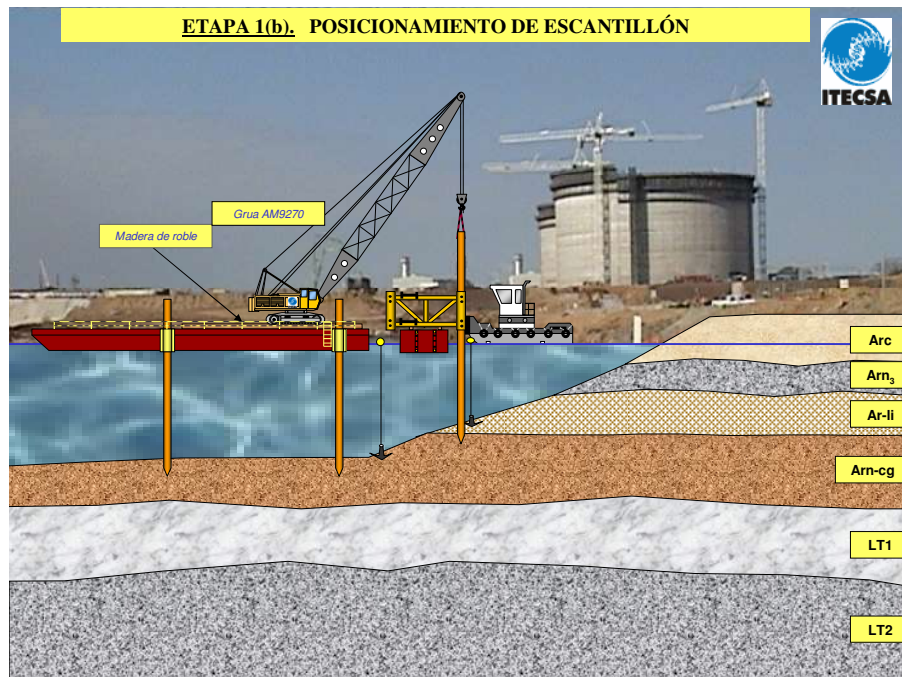
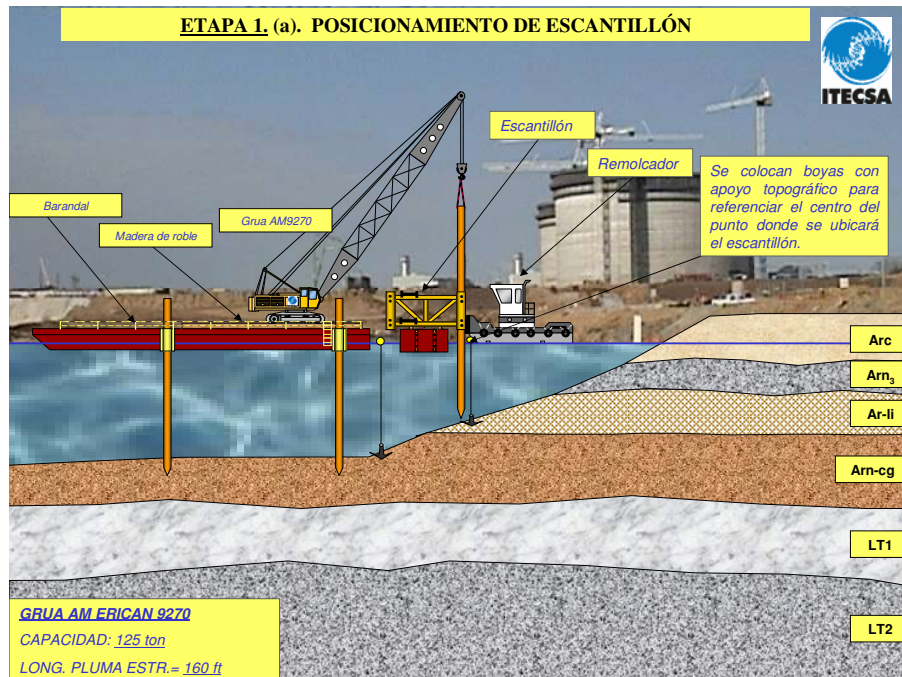
Colocación de pin pile en interior de pilote construido en tierra AT-01

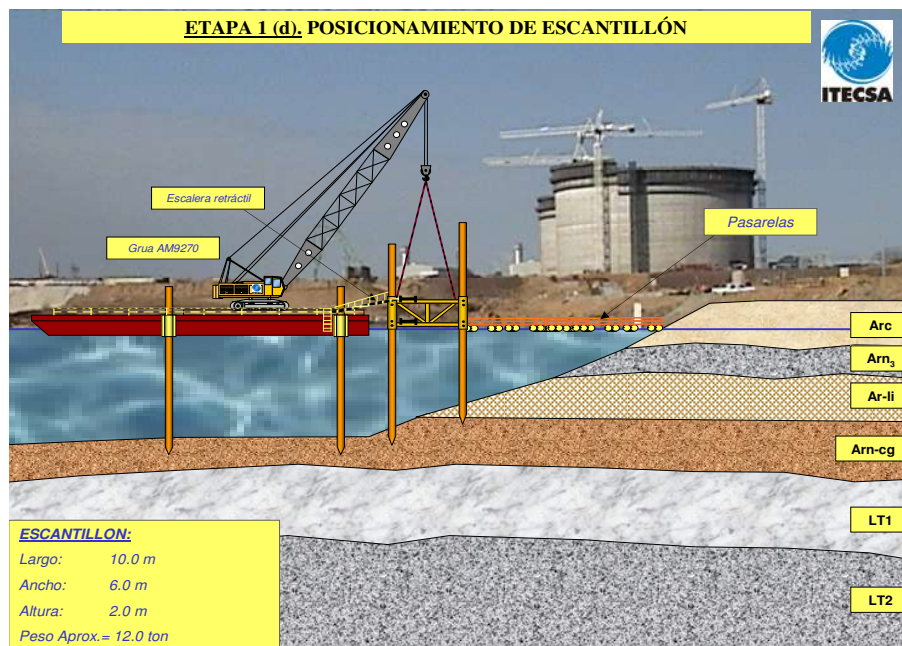
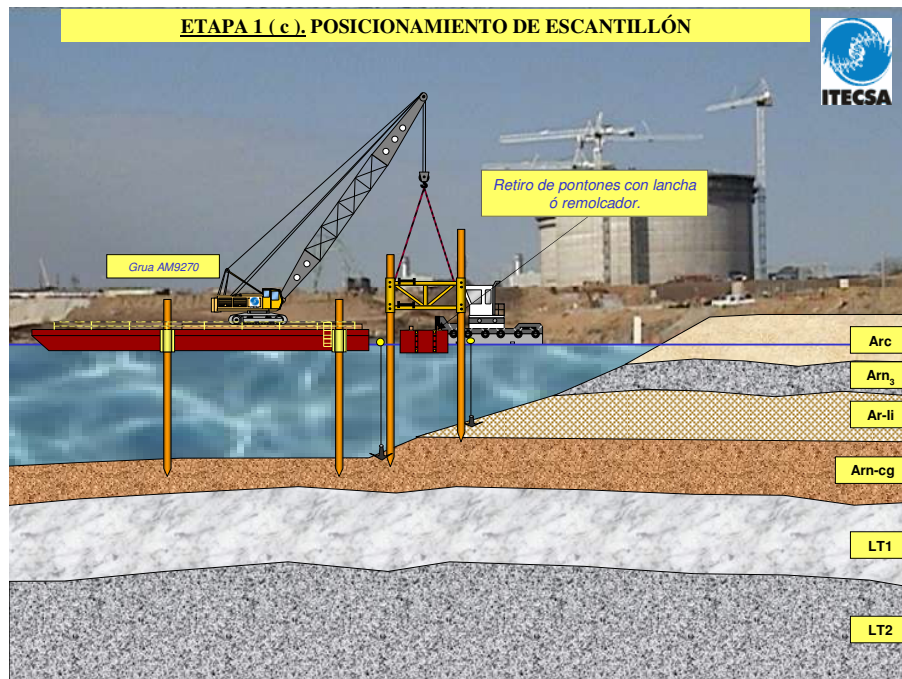


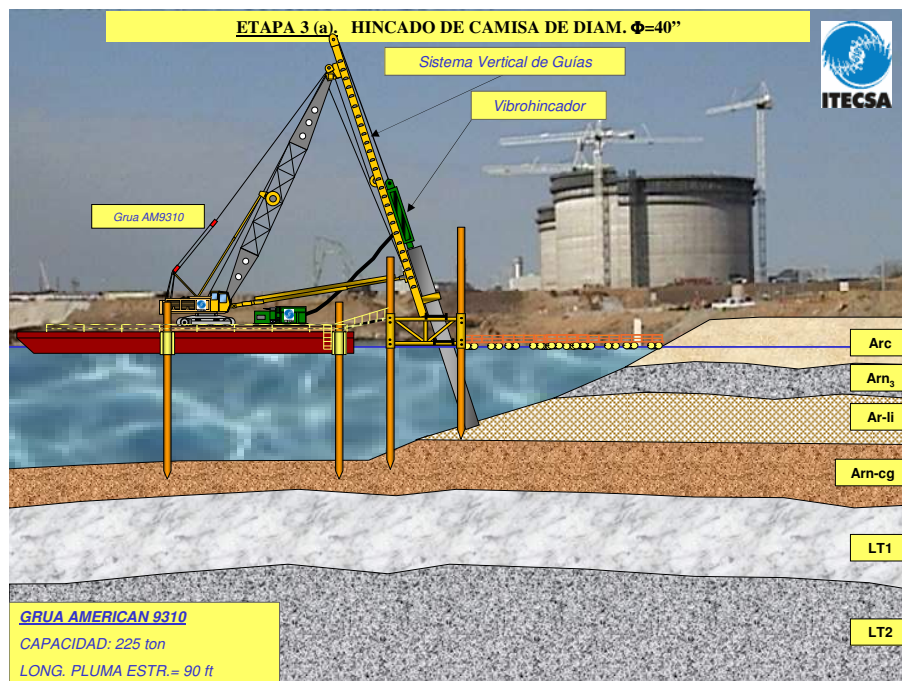
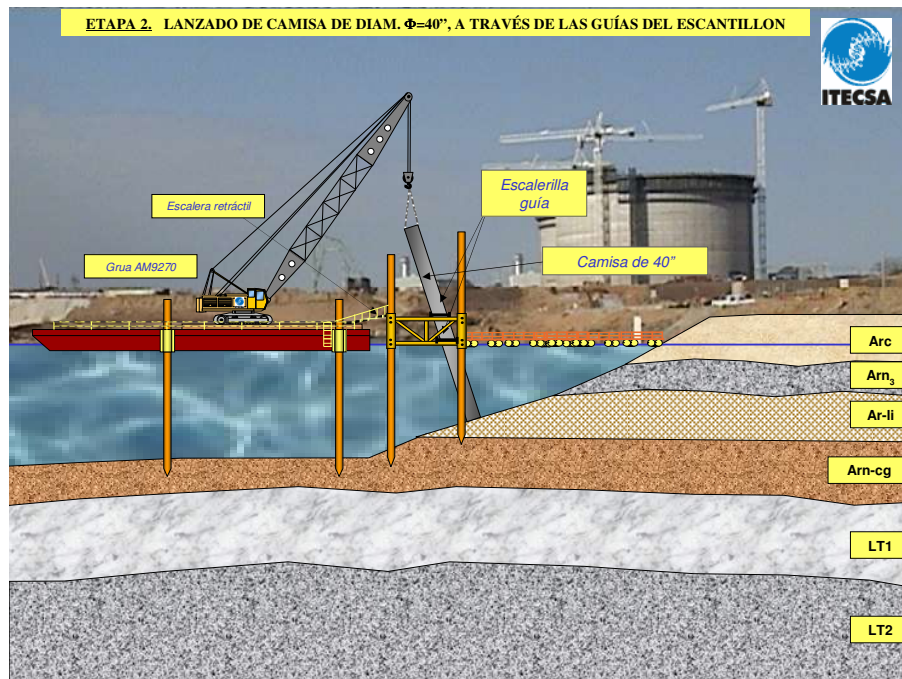
Izaje pin pile en bacaza para su colocación.

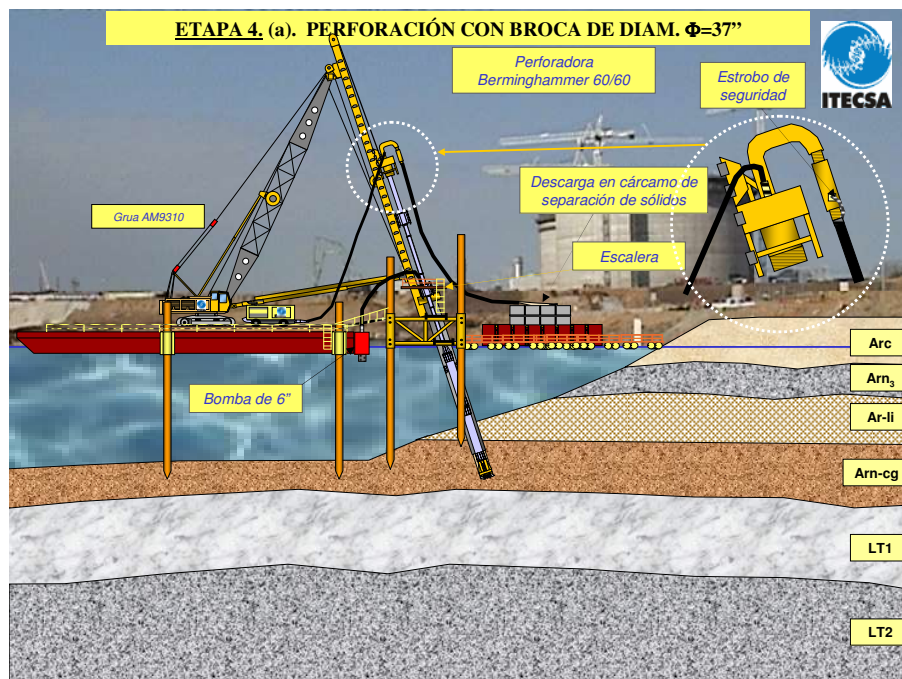
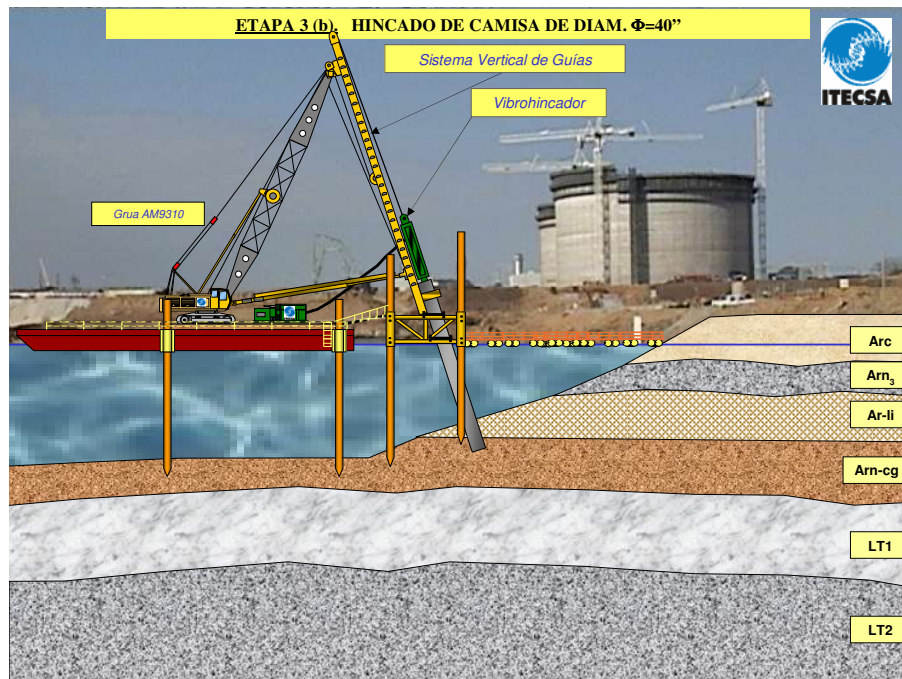


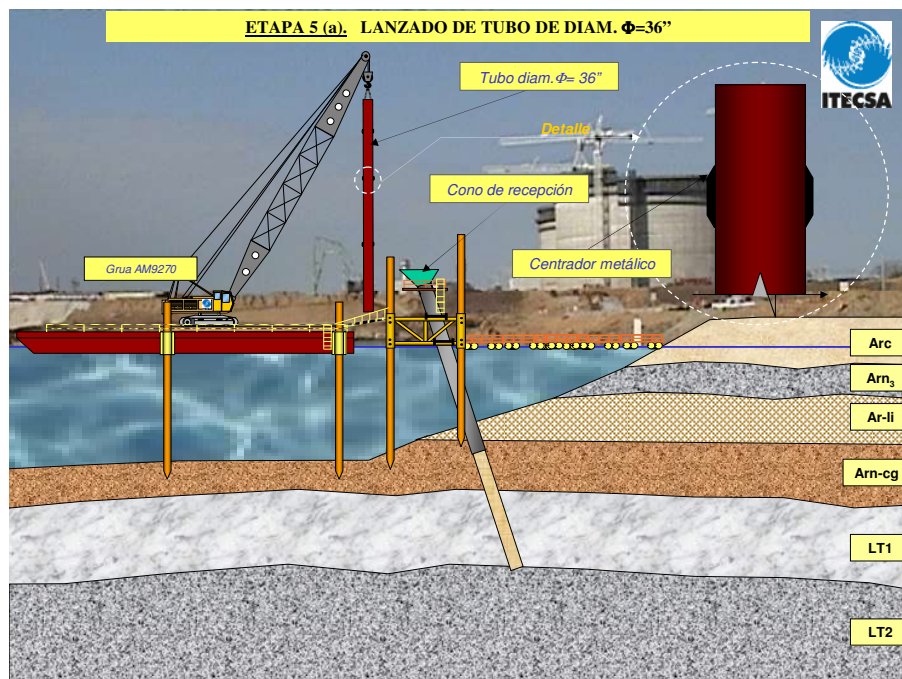
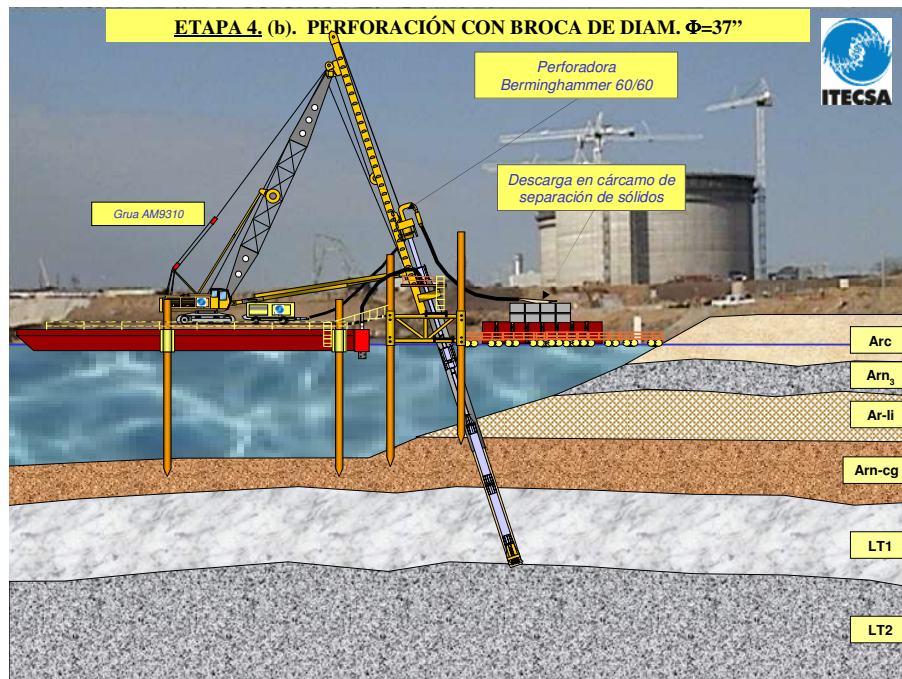
4.8 PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES EN AGUA.

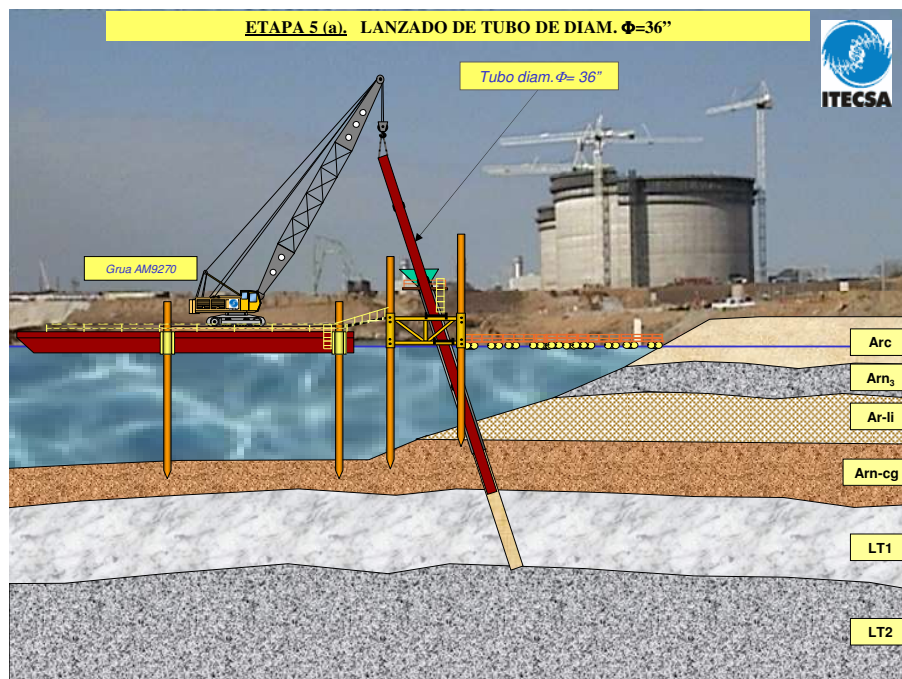
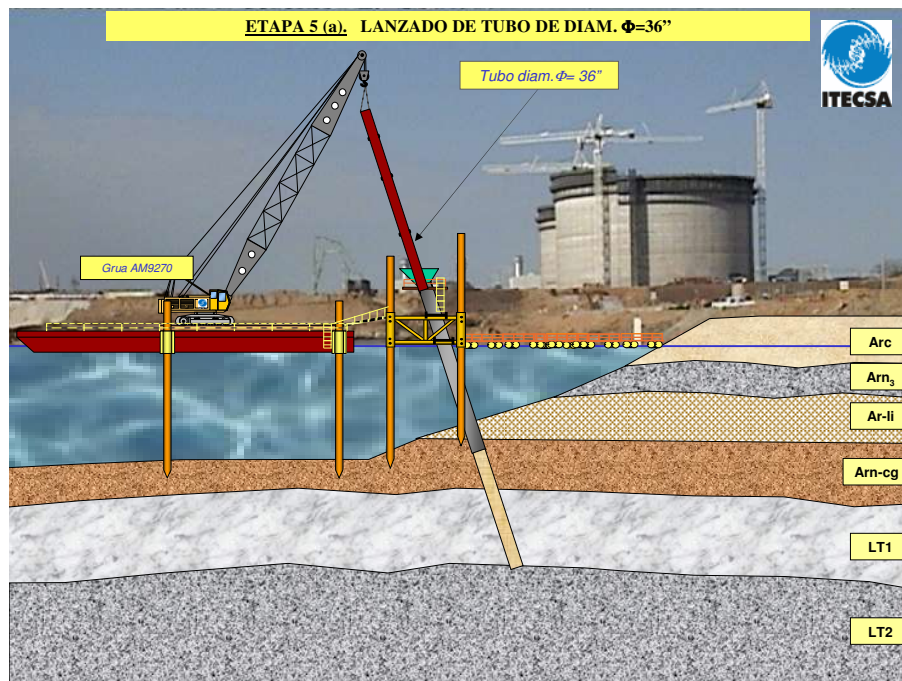


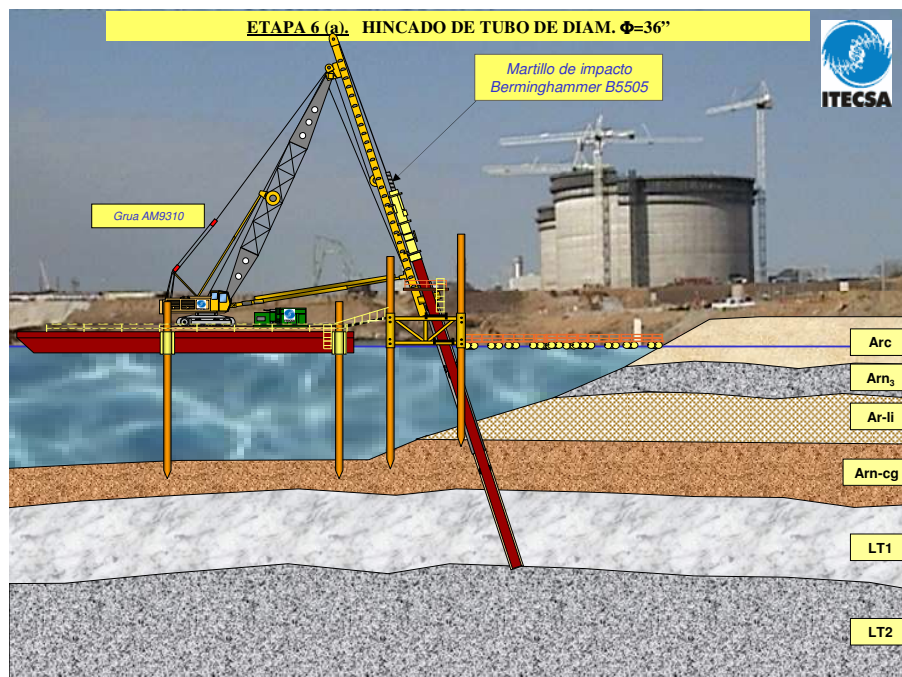
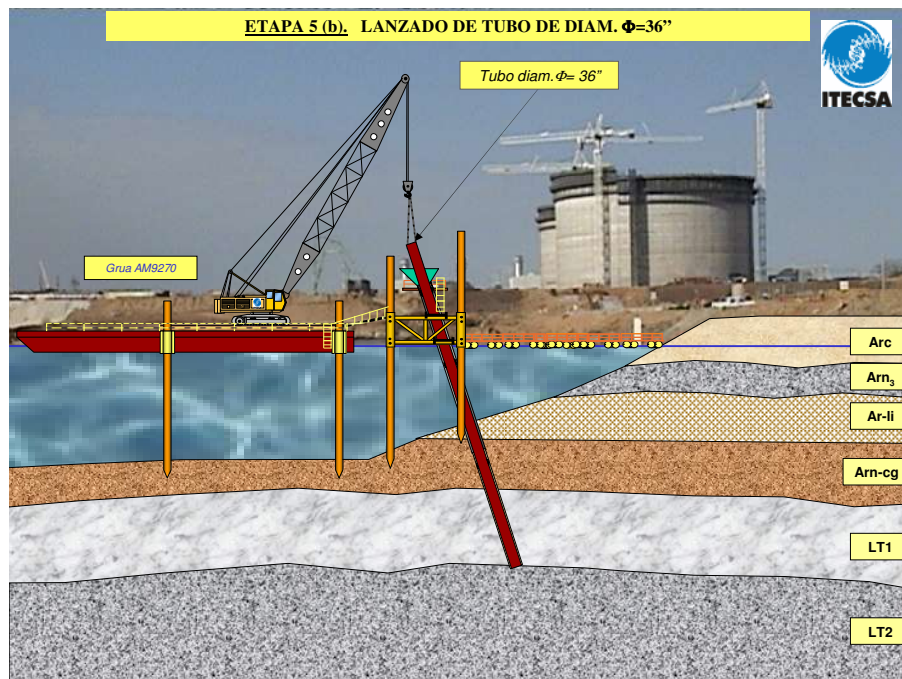


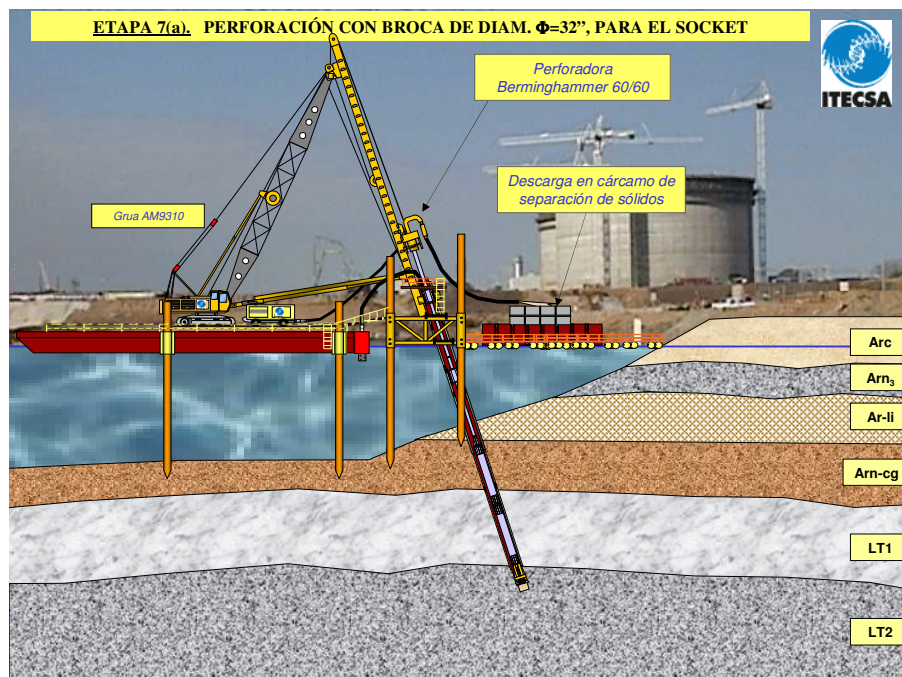
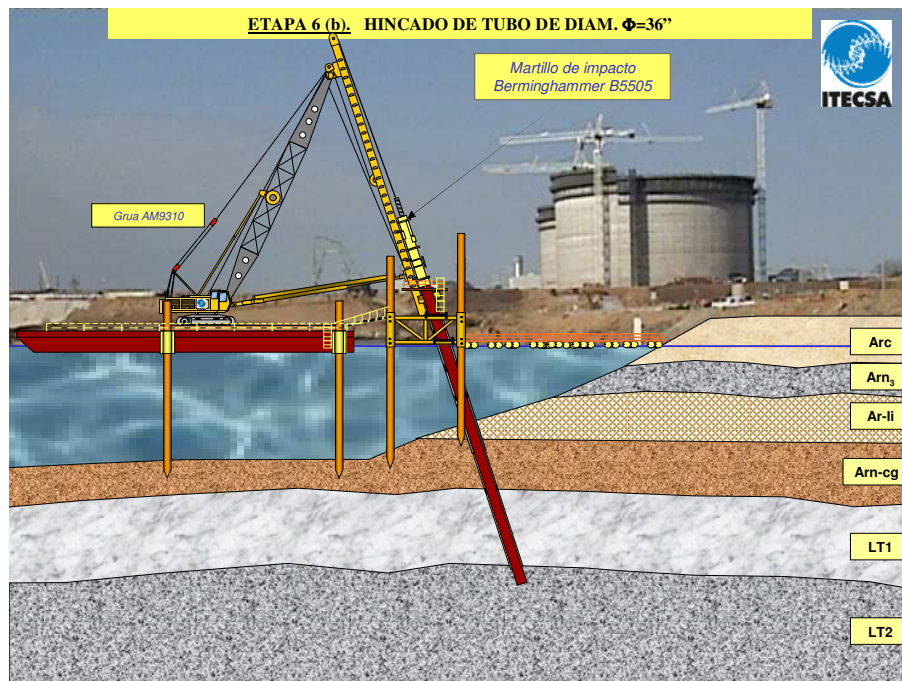


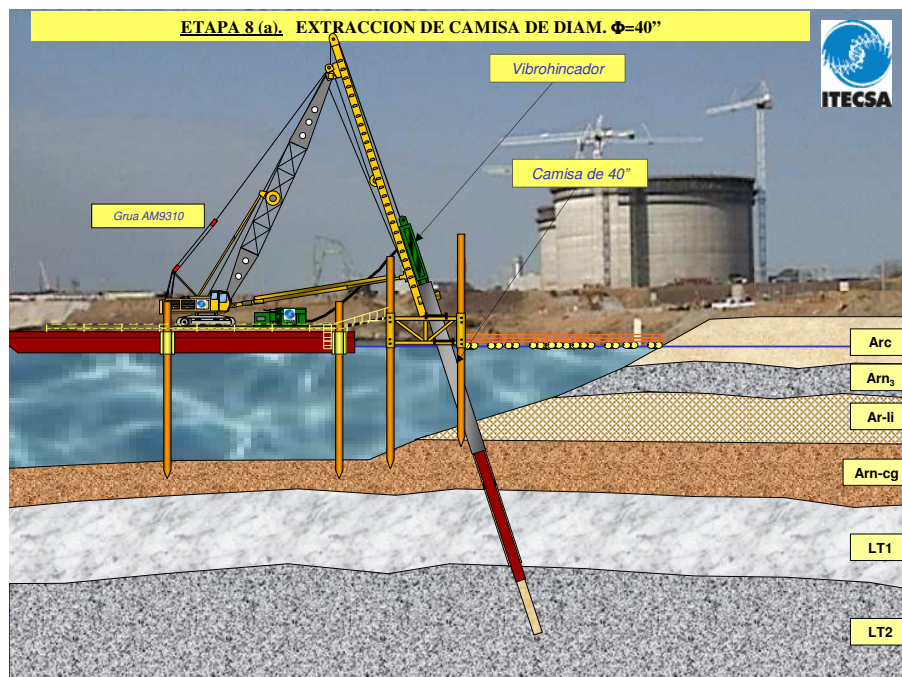
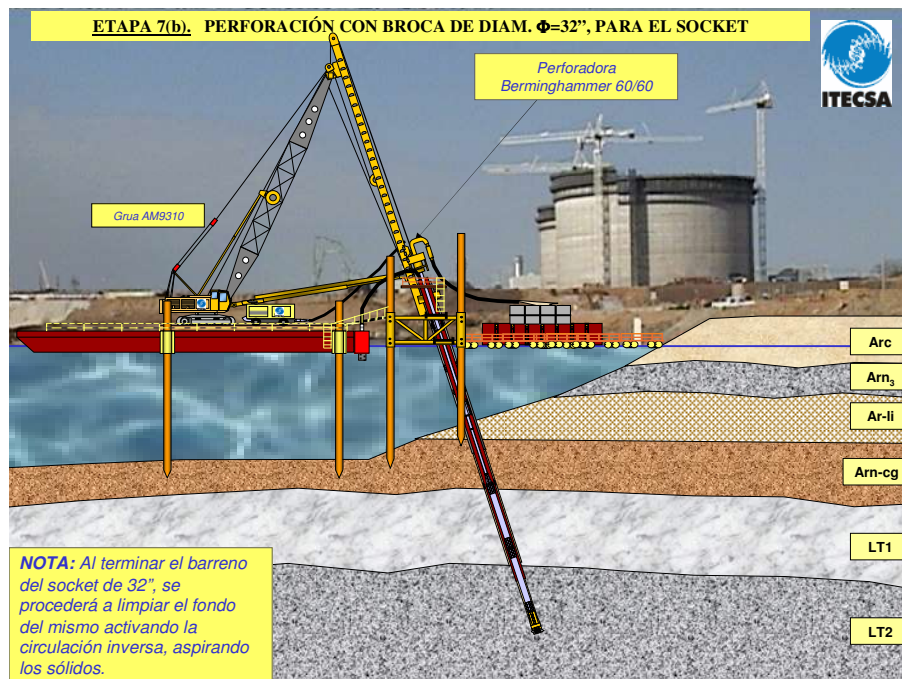


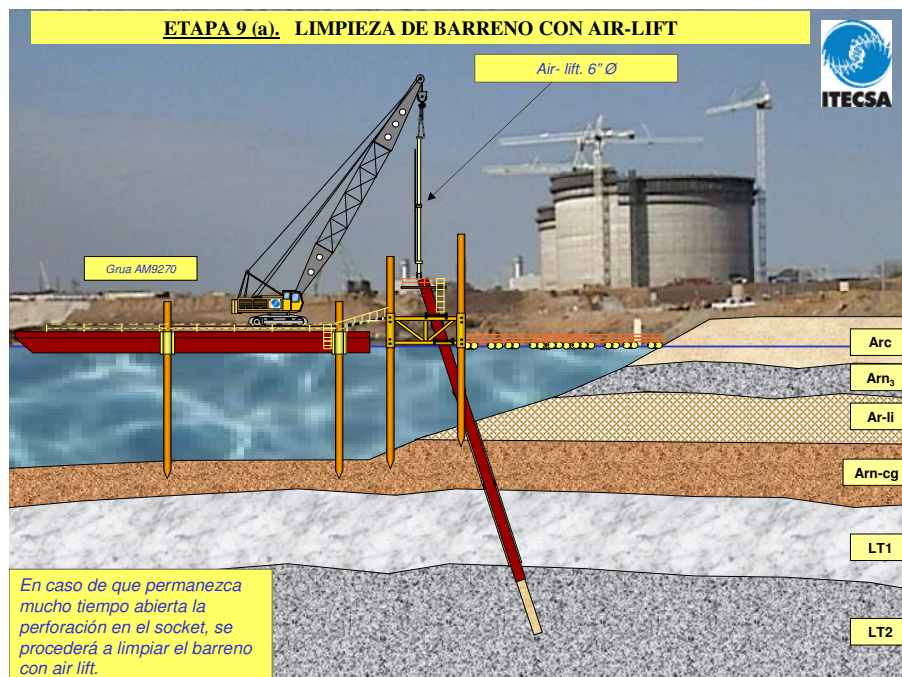
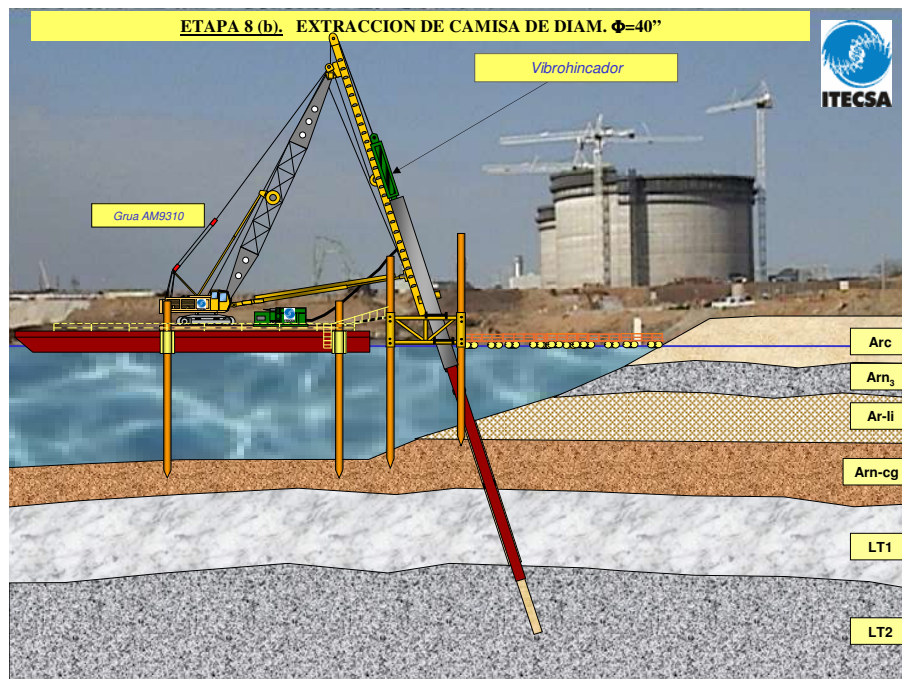


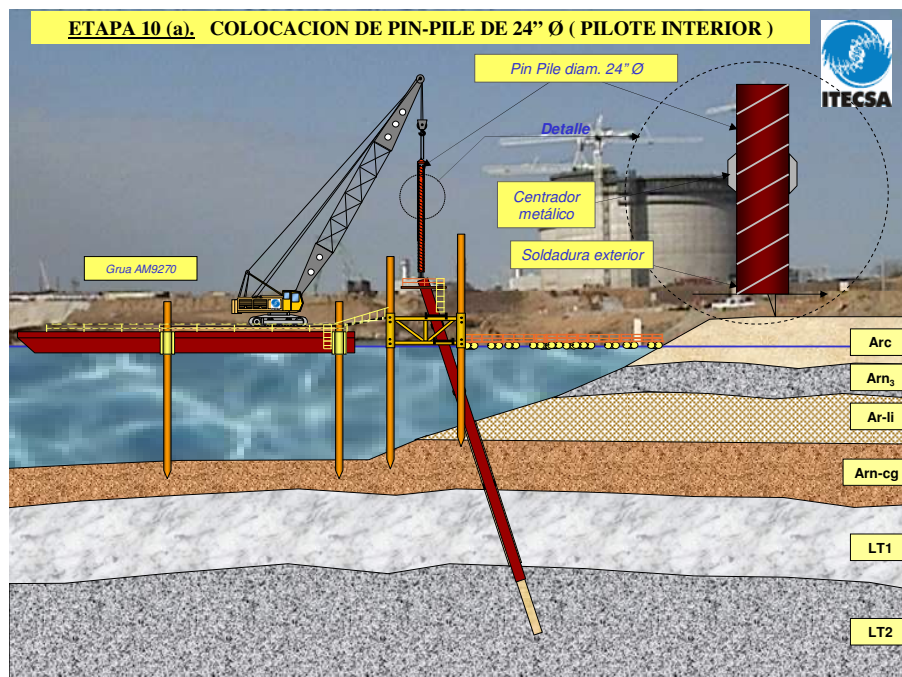
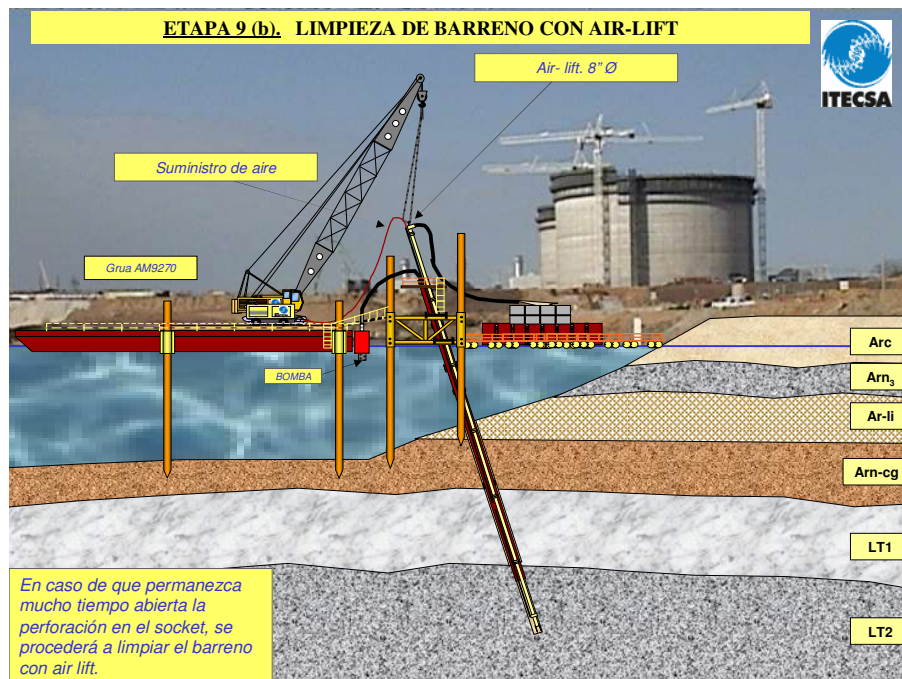


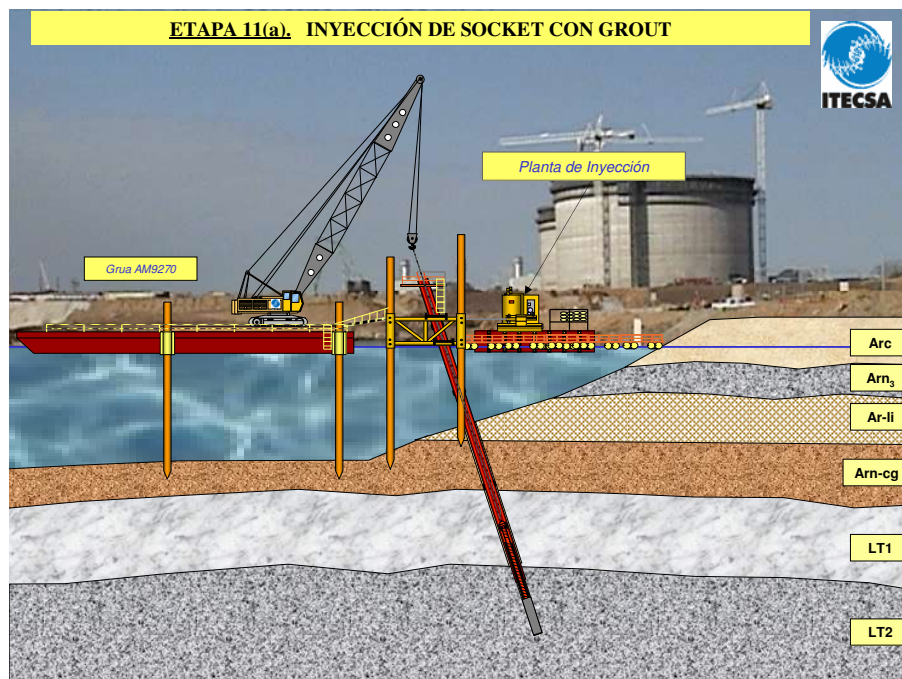
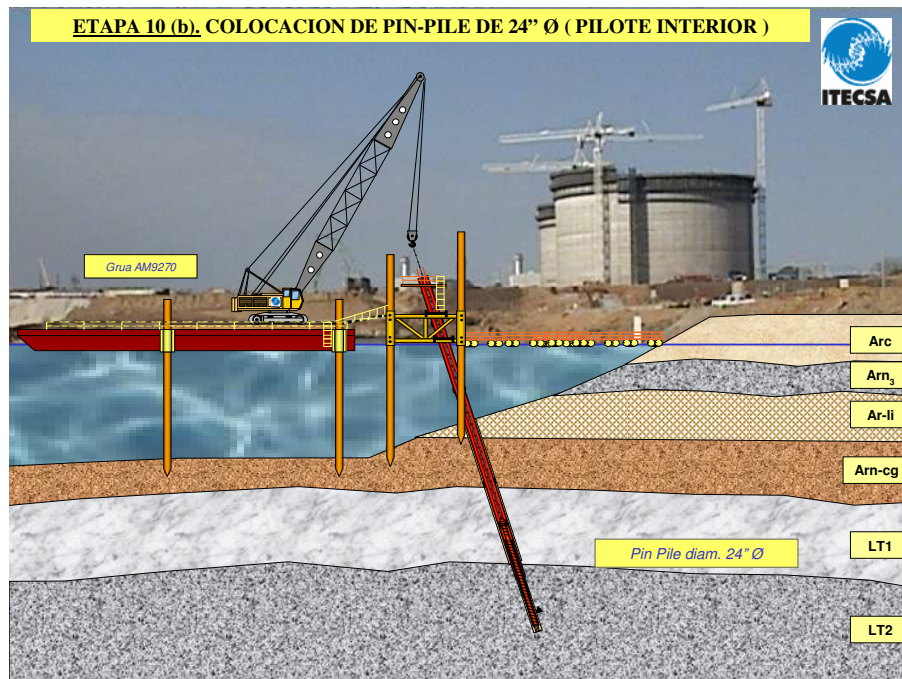


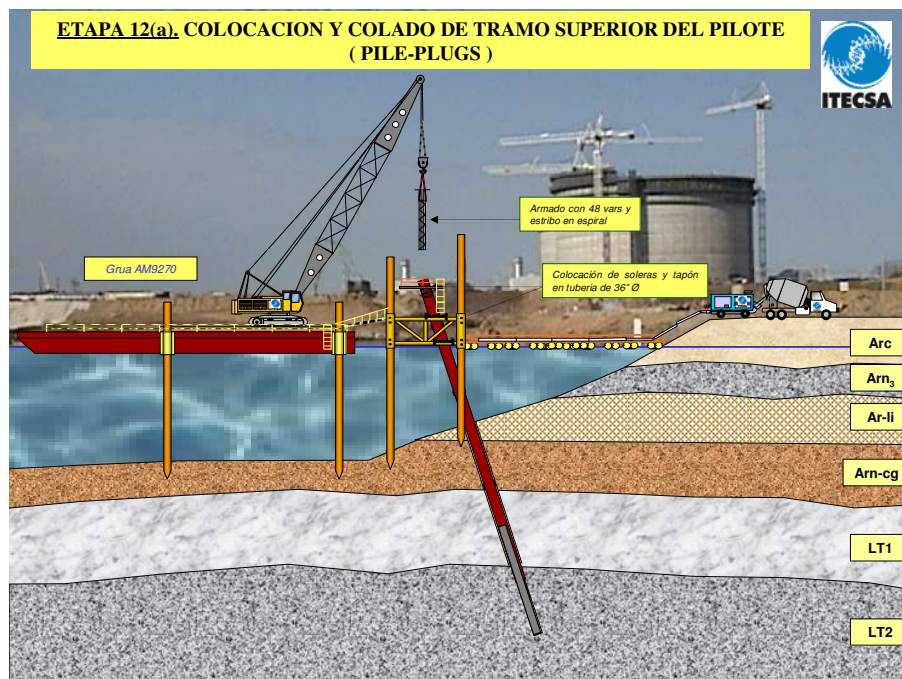
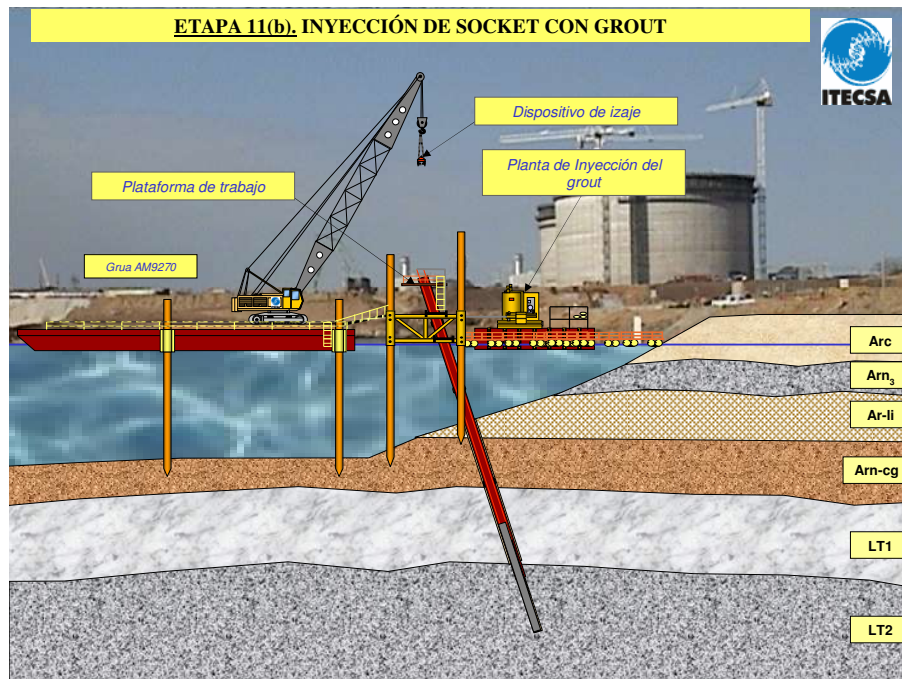


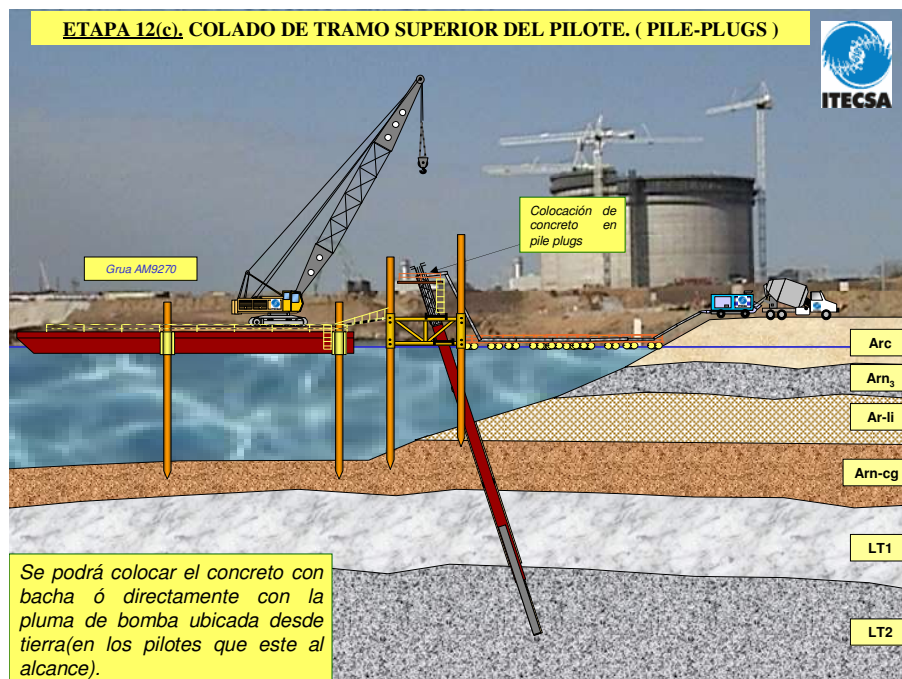
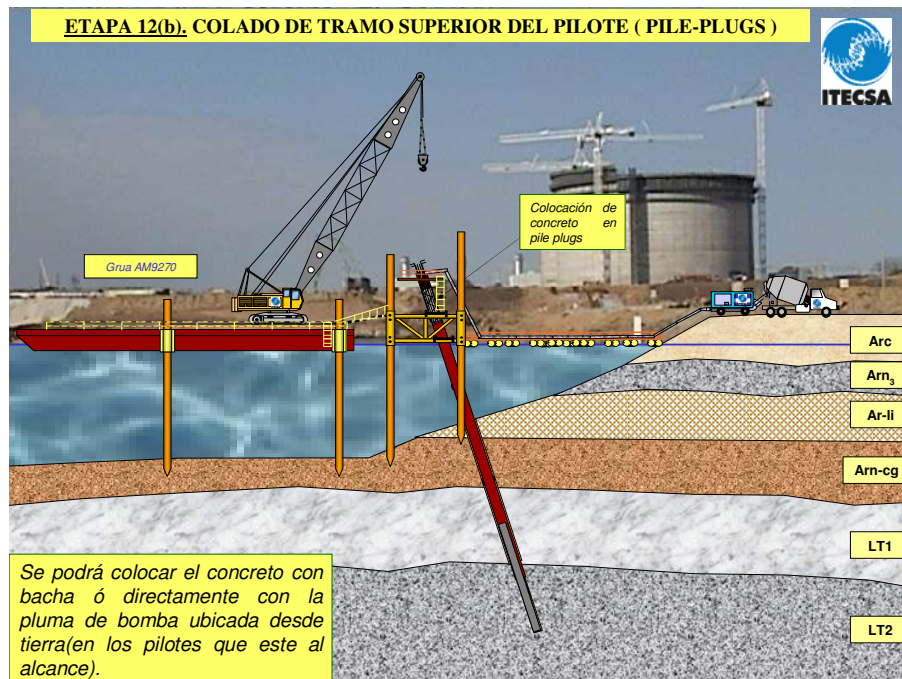












Capítulo 5. INYECCIÓN.

Capítulo 5. INYECCIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

5.1.1 DEFINICIÓN:

Grout; Mezcla de cemento Pórtland, arena fina, agua y material inerte que proporcione las características no contraíbles.

5.1.2 MATERIALES.

Producto premezclado, proporcionado y empaquetado de fábrica que consiste en una mezcla de cemento y agua.

5.1.2.1 Almacenamiento y Manejo

Se almacena el material de acuerdo a las instrucciones del fabricante, por ningún motivo se almacenará grout por más de 6 meses y así mismo se tiene cuidado en no almacenar grout con base de cemento a una temperatura menor de 4.5°C o por encima de 32.2°C . En nuestro caso debido a lo caluroso del clima se instaló aire acondicionado en el almacén para garantizar esta condición.

Equipo de inyección montado sobre una plataforma armada con flexifloat, para su traslado en agua hacia los pilotes que se requiera inyectar.



5.1.3 EQUIPO

Turbo mezclador para la fabricación de la mezcla, un agitador para mantenerla homogénea y una bomba de alta presión para efectuar la inyección a través de la tubería que lleva conectada a las preparaciones del tubo de 24". La inyección debe realizarse y terminarse en un tiempo máximo de 24 hr. después de terminarse la perforación del socket.



Mezclado.-Esta actividad se realiza con un mezclador, un agitador de bajas revoluciones y una bomba de pistón eléctricas con paletas movibles, las mezcladoras de mortero se instalaron en una plataforma especial donde se cuenta con todo el equipo para realizar la inyección.

Es importante señalar que se debe contar con un generador de energía eléctrica de respaldo.

También es importante destacar el cuidado que se debe tener para mantener la temperatura del agua entre 7°C y 18°C hasta justo antes de mezclar como lo marcan las especificaciones.



Transportación.-

El transporte del grout hacia los pilotes se realiza directamente con una bomba de inyección desde una plataforma diseñada para alojar el equipo.

Inyección de construction grout en pilotes construidos en agua.



5.2 INYECCIÓN

La colocación del grout se lleva a cabo por medio de dos líneas de inyección instaladas a la misma profundidad, una de ellas será por la que se realice la colocación del grout y la restante queda como respaldo en caso de tener algún contratiempo, previo al descenso de las líneas se les colocará un tapón en la parte inferior de la tubería con la finalidad de evitar que penetre el agua a través de este en primera instancia y proceder posteriormente a inyectar por el tubo, el tapón nos sirve también para detener la mezcla hasta que se llene todo el carril de inyección y que el grout tenga una caída de menos de 0.50 mts. a la zona de inyección, para evitar segregación (ver fig. 1) Durante el proceso de inyección el mortero desplaza el volumen de agua debido a la diferencia de densidades, el grout se coloca rápida y continuamente para garantizar el relleno anular del pilote. La presión de inyección mínima que se maneja es de 2.0 kg/cm² y la máxima de 6.0 kg/cm²

Una de las plantas de inyección se instaló en tierra con la finalidad de inyectar los pilotes de la estructura del AT-03 y los de la plataforma de descarga. Mediante una conducción de hasta 80 mts. que consistió en una manguera de AP (alta presión) de 2" de diámetro que se sujetó por un extremo de la planta de inyección y por el otro lado en el pilote que se este inyectando, esta manguera se sumerge en el agua , con la finalidad de reducir la temperatura provocada por la longitud de la conducción y la fricción entre la mezcla y la manguera.

La segunda planta de inyección está montada sobre una plataforma de 12.0 m. x 9.0 m. y la cual se desplaza sobre el agua con el apoyo del remolcador hasta el punto donde se requiera inyectar el pilote, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

5.2.1 INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE INYECCIÓN

La instalación de la tubería se realizará en el patio de habilitado para los pilotes construidos en tierra y sobre la barcaza para los pilotes en agua, y esta se adosa al pin pile cercano a sus centradores, los tubos se descenden conjuntamente con el pin pile y son de tramos de de 3.2m. de longitud unidos mediante coples para facilitar su manejo los tramos se van acoplando conforme se baja el pin pile.

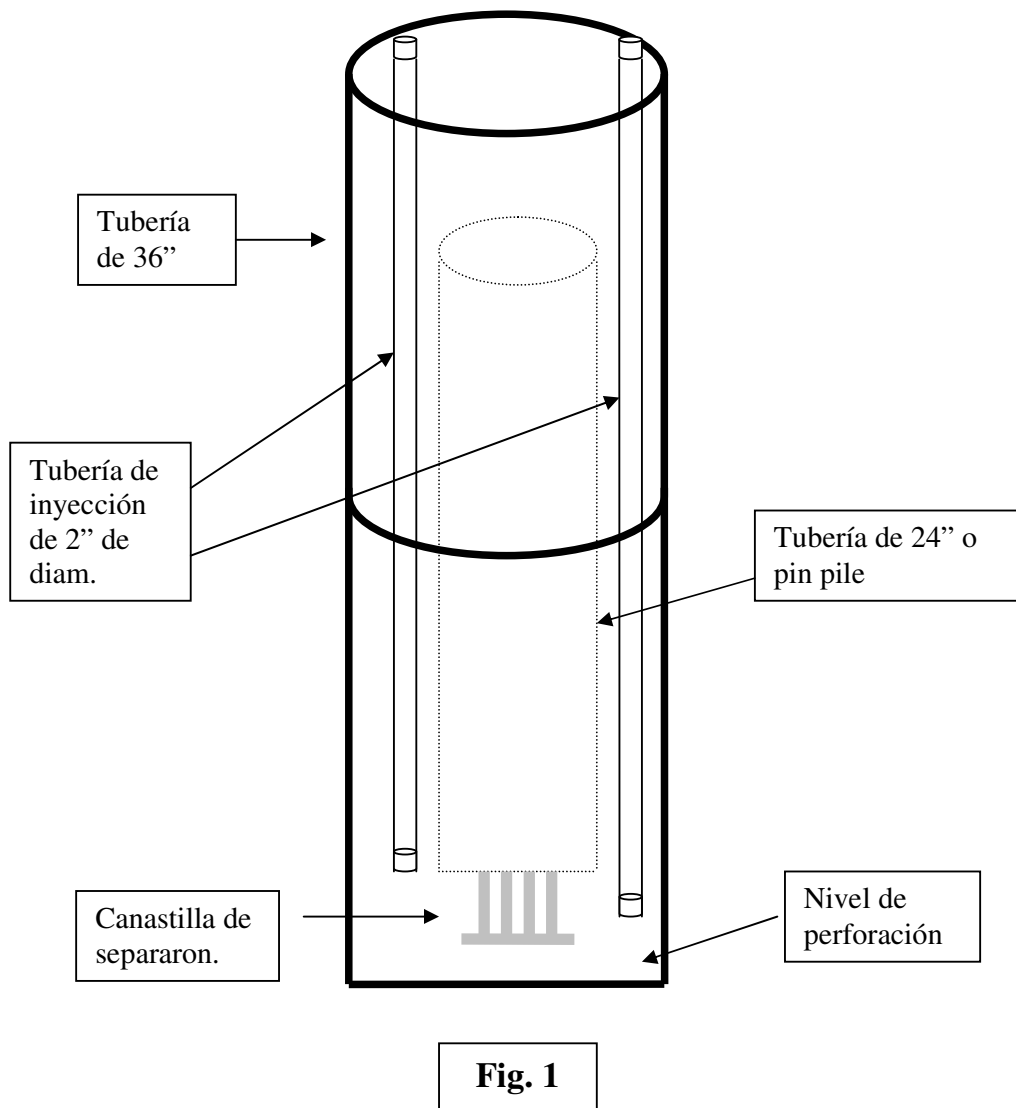


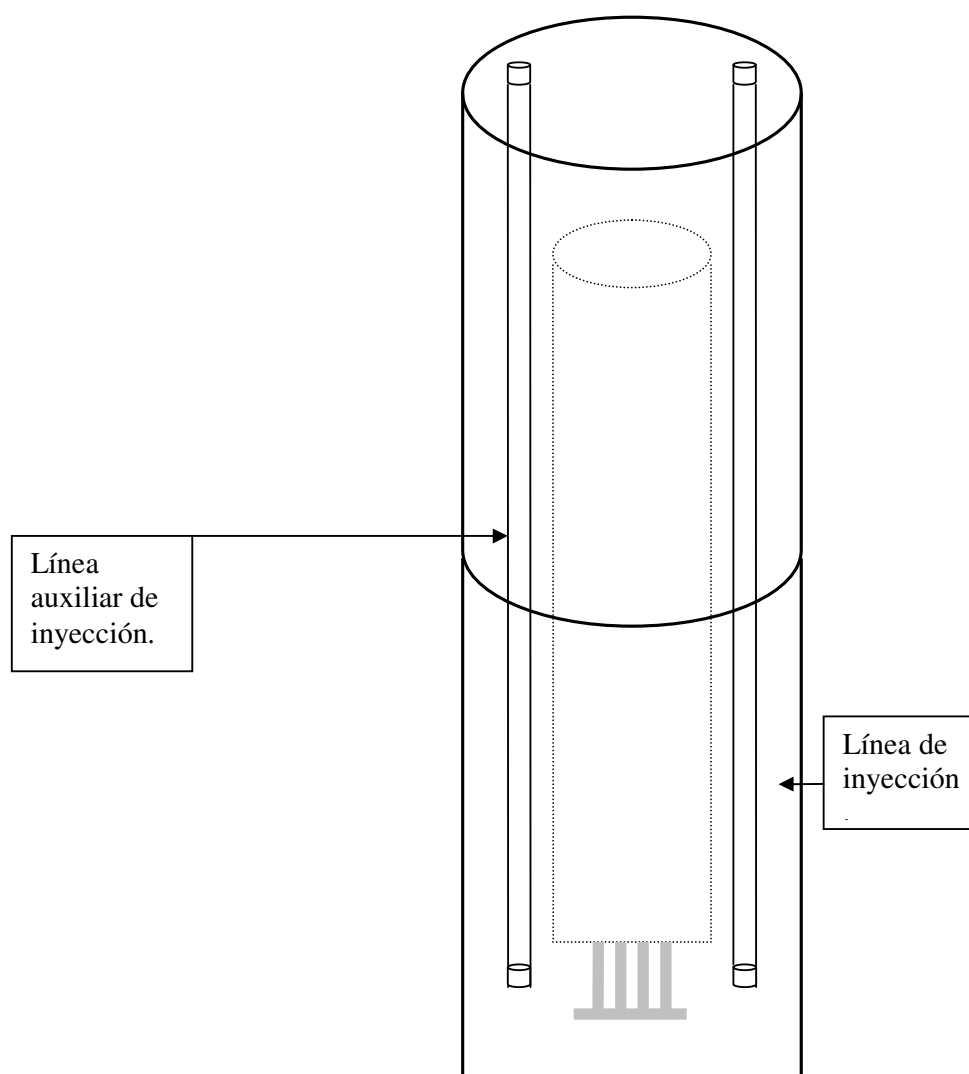
5.2.2 MONITOREO

Para llevar a cabo el monitoreo del volumen de inyección en el espacio anular, se hace mediante el cálculo del volumen teórico afectado por un porcentaje para garantizar el nivel requerido de proyecto, una vez realizada la inyección y cuando hayan pasado 24 horas aproximadamente, se verifica mediante una sonda para determinar el nivel real de la inyección.

5.2.3 Plan de Ensayes.- La mezcla se verifica para medir la fluidez, para la verificación de la resistencia se toman como mínimo tres muestras de cada pilote realizado.





**Fig. 2**

5.3 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Es un requisito del Departamento de Seguridad, para la actividad que refiere este procedimiento, que el personal este capacitado, especialmente sobre los riesgos al cual se puede enfrentar en la actividad que va ha desarrollar, como también el uso obligatorios de los elementos de protección personal.
- En lo que se refiere al área de los trabajos, se debe delimitar con cinta amarilla peligro, para evitar cualquier accidente por esta actividad.
- El acceso a esta área deberá ser restringido.
- Se deberán mantener limpias, iluminadas, libres de obstáculos, debidamente señalizada y en condiciones de seguridad, las zonas de trabajo.

5.4 RETIRO DE CAMISAS DE 40".

Después de 12 hrs. de fraguado de la inyección de grout, se procederá a retirar las camisas de 40" con el vibrohincador PTC 30H-1 ó similar. Las camisas se alojarán sobre las barcasas.



5.5 RETIRO DE ESCANTILLÓN Ó TEMPLETE.

Una vez repetido el proceso anterior en cada uno de los pilotes en una posición del escantillón, se procede a desarticular la escalerilla para retirar la estructura y poder ser utilizado en otra posición. Para el retiro del escantillón se estroba y sujeta con la grúa American 9270, se extraen los pernos de fijación y se realiza el izaje de la estructura para apoyarla en los pontones flexifloat, para posteriormente retirar los lápices.

5.6 COLOCACIÓN Y COLADO DEL TRAMO SUPERIOR DEL PILOTE (PILE PLUGS).

Se procede a realizar la colocación con soldadura de los cuatro aros metálicos de placa rolada de 30 X 60 mm en la parte superior de la tubería de 36".



Para la aplicación de la soldadura de estos aros se coloca una canastilla para alojar al soldador de manera segura. Este tramo de tubería cuenta en la parte superior con un tapón metálico a 2.5 m ó lo que indiquen los planos de proyecto,

para posteriormente colocar el acero de refuerzo y desde tierra se descargará el concreto en el interior del pilote por medio de una bomba estacionaria, bomba de pluma o bacha.





Colocación de armado de acero en la parte superior de los pilotes para su posterior llenado con concreto.

Capítulo 6. CONCLUSION.

Capítulo 6. CONCLUSION

La apertura de los comercios a nivel mundial, han propiciado que los diversos países incrementen su infraestructura con el fin de ser competitivos en los diferentes sectores económicos para satisfacer las necesidades que esto demanda.

El sector de la contracción en nuestro país ha entendido que se requiere una renovación en los métodos y procesos constructivos para cumplir con los sistemas de calidad mundial que exigen los países desarrollados que invierten en México.

El proyecto de la Terminal de LNG de Altamira Tamaulipas, representa la primer planta en su tipo en México, con inversión extranjera, misma que exigió que la basta experiencia de los constructores mexicanos en lo que se refiere a la construcción geotécnica, se sometiera al reto de construir un proyecto de cimentación profunda diferente a lo experimentado y nuevo en su tipo en nuestro país, Lo que llevo a realizar innovaciones en los procesos constructivos con equipos de vanguardia a nivel mundial.

El concepto de un pilote metálico desplantado a un nivel profundo bajo el lecho marino sobre todo con grados de inclinación diferentes a los comúnmente diseñados en nuestro país y con la colocación en su interior de otra tubería concéntrica que funciona como la liga de este con el subsuelo, vino a representar un enriquecimiento a nuestra experiencia en el ramo.

El proceso de inyección del espacio anular entre ambas tuberías basado en un grout que requería cumplir con las especificaciones de diseño, que implicaban calidad, manejabilidad y resistencia diferentes a las conocidas obligaron también a la innovación de estos procesos.

El haber cumplido en el tiempo de ejecución del proyecto requerido por el inversionista y con el sistema de calidad que este requería, y con rendimientos de colocación de pilotes superiores a los realizados por los fabricantes de estos equipos en sus países de acuerdo a datos registrados por ellos mismos, nos da como conclusión que la ingeniería civil en México y la mano de obra especializada para ejecutar este tipo de proyectos se encuentra a la altura de cualquiera de los países desarrollados en el mundo, cabe mencionar que si bien el proyecto fue diseñado por una firma extranjera el proceso general de la construcción del muelle para esta Terminal fue desarrollado por ingenieros mexicanos. Sin duda el enfrentar con éxito este tipo de retos elevará la confianza de las diferentes empresas extranjeras que están invirtiendo en México en infraestructura evitando así que estas empresas fijen su objetivo en los grandes consorcios constructores de su país de origen.

De allí la importancia que los constructores mexicanos estemos en una constante investigación de los equipos modernos en el mercado para cada una de las especialidades en los diferentes ramos de la construcción que permitan una renovación continúa de estos procesos.

Si a esto le sumamos la basta experiencia que se tiene en la construcción geotécnica en nuestro país producto del conocimiento de los diferentes tipos de suelo que se encuentran en nuestro territorio, y de la cual carecen muchos de estos consorcios extranjeros seguramente aumentarán las posibilidades de la apertura de los mercados no solo en nuestro país sino en el extranjero, es decir, siendo competitivos.

Es también importante destacar que las empresas constructoras mexicanas implementen los sistemas estándar de calidad mundial y consigan su certificación ya que esto genera confianza en los inversionistas, eficientizan los procesos constructivos garantizan la calidad de los procesos, la seguridad laboral y la protección del medio ambiente. Aunado a esto se tiene un mejor control de los procesos constructivos y se es más eficiente en estos debido al estudio detallado de los ciclos de trabajo. La suma de todos estos factores serán parte determinante para que la ingeniería civil en México tenga un crecimiento acorde con el desarrollo de la infraestructura moderna que requieren los mercados.

El proyecto de la Terminal de LNG de Altamira Tamaulipas representa no solo la primera planta industrial de su tipo en México, si no también una fuente importante de enriquecimiento a la experiencia de la construcción industrial y Civil en México.

BIBLIOGRAFIA

“MANUAL DE CIMENTACIONES PROFUNDAS”
SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE SUELOS A.C.

“PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES”
BRAJA M. BAS
INTERNATIONAL THONSO EDITORES
CUARTA EDICION

TRADUCCION:
JOSÉ DE LA CERA ALONSO
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, AZCAPOTZALCO.