

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS



Biblioteca Central Universitaria

**“PROYECTOS CONSTRUCTIVOS EN OBRA CIVIL PARA
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRANEAS
UTILIZANDO EL SISTEMA DE BARRENACIÓN
DIRECCIONAL EN ZONAS URBANAS (L.T.
PANAMERICANA POTENCIA-HIPÓDROMO)”**



DISERTACIÓN
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
RODRÍGUEZ GARCIA ANGEL

Hermosillo, Sonora.

Junio del 2001.

**PROYECTOS CONSTRUCTIVOS EN OBRA CIVIL PARA LINEAS
DE TRANSMISION SUBTERRANEAS UTILIZANDO EL SISTEMA
DE BARRENACION DIRECCIONAL EN ZONAS URBANAS.
(L.T. PANAMERICANA POTENCIA- HIPODROMO)**

INDICE

- 1. INTRODUCCION**
- 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**
- 3. SONDEO DE MECANICA DE SUELOS**
- 4. ESTUDIO DE INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS**
- 5. BARRENACION DIRECCIONAL**
 - 5.1. INTRODUCCION
 - 5.2. PLANIFICACION DE LA TRAYECTORIA DE PERFORACION
 - 5.3. REVISION DE LOS MATERIALES Y PREPARACION DEL EQUIPO
 - 5.4. PERFORACION
 - 5.5. RETROENSANCHADO
 - 5.6. COLOCACION DE DUCTOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 6" DE DIAMETRO Y 1 1/2"
 - 5.7. SEÑALIZACION Y LIMPIEZA
 - 5.8. BARRENACION DIRECCIONAL EN SUELO ARCILLOSO Y BOLEO
- 6. INTEGRACIÓN OBRA CIVIL**
 - 6.1. CONSTRUCCION DE REGISTRO DE EMPALME Y DEFLEXION
 - 6.2. TRINCHERA EN SUBESTACION HIPODROMO
 - 6.3. MARCO DE TRANSICION
 - 6.4. CIMENTACION DEL POSTE TRONCOCONICO
- 7. OBRA ELECTROMECAÁNICA**
 - 7.1. INSTALACIÓN CABLE
 - 7.2. EMPALMES
 - 7.3. TERMINALES
- 8. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**
- 9. CONCLUSIONES**

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Comisión Federal de Electricidad tiene una serie de proyectos de líneas de transmisión subterráneas de 115 000 Volts que contemplan abatir las deficiencias de las comunidades y complejos industriales, que por su nacimiento y zonas de desarrollo en las ciudades de mayor auge industrial requieren de incrementar la demanda de energía eléctrica, cuidando desde el funcionamiento de las vialidades de acceso a zonas industriales y habitacionales, así como el cruce de avenidas y vías rápidas que por su utilización de usuarios automovilistas no pueden suspender el tráfico en las horas de mayor flujo vehicular.

El presente trabajo desarrolla el tema de Barrenación Direccional que constituye una de las herramientas más actualizadas dentro de la Ingeniería Civil, para realizar obras de infraestructura urbana, que permitan desarrollar nuevos complejos habitacionales e industriales dentro de las ciudades en instalaciones y servicios que datan de varias décadas, sin obstaculizar o dañar zonas que por su funcionalidad, gama de servicios y producción, no pueden suspender sus labores o dejar de recibir suministros y por consiguiente embarcar su producción a los sitios de consumo de la misma ciudad o su exportación a diferentes partes de la nación.

Debido a esto, la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación (CPTT) a través de sus departamentos de líneas de transmisión ha diseñado y conjuntado los trabajos de forma que las acometidas en diferentes subestaciones en lugar de líneas aéreas cambien a líneas con tramos subterráneos en los lugares de mayor conflicto con el tránsito vehicular y acceso a las industrias.

En las líneas de transmisión subterráneas se conforman una serie de actividades complementarias a las líneas aéreas, siendo la innovación en este tipo de trabajos de Barrenación Direccional, que permite ejecutar las actividades sin interrumpir el tráfico y acceso vehicular, tienen una mejor presentación y limpieza en las calles y avenidas por donde se está trabajando; es por ello que ha venido a revolucionar la tecnología en provecho de un mejor servicio a la comunidad, quién a final de cuentas es el cliente a satisfacer.

La Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación (CPTT), es la encargada de la realización de los diseños y construcción de Líneas de Transmisión Aéreo-Subterráneo y Subestaciones Eléctricas que se requieren en el desarrollo de nuestro país.

Estos proyectos se analizan desde las cargas para las diferentes zonas de desarrollo tanto industrial, turístico y urbano, implementando acciones de selección de sitios, diseño, construcción y puesta en servicios de cada uno de los proyectos.

La CPTT requirió realizar la obra LT Panamericana Potencia – Hipódromo tramo subterráneo que se realizó en dos tipos obra: civil y electromecánica, debido a las acciones de urbanización en zona Tijuana.

El municipio de Tijuana solicita que la línea no esté compuesta por estructura de torres ni postes troncocónicos porque la trayectoria que se ha propuesto, cruza por calles muy reducidas y avenidas muy transitadas para el espacio que estos elementos ocupan y además el impacto visual que causa a la modernidad de la ciudad, por consiguiente, CFE hizo la propuesta al municipio que la línea se construiría vía subterránea utilizando el método de barrenación direccional para lo cual el municipio accedió a dicha propuesta.

En la República Mexicana se han construido varias obras de este tipo las cuales se localizan en las siguientes ciudades: Tampico, Veracruz, Cancún, Monterrey, Puebla, Acapulco y Tijuana, B.C.

Se iniciaron a partir de 1974 y a la fecha se encuentra obras en proceso de construcción en Monterrey, Tijuana, Reynosa y Culiacán. Cabe mencionar que la infraestructura para realizar la construcción de este tipo de obras es totalmente nueva.

En lo referente a la Comunicación Social, y tomando en cuenta la zona donde se proyecta la línea LT Panamericana Potencia – Hipódromo Tramo Subterráneo es un lugar habitacional y comercial, aunada a la salida principal de la ciudad de Tijuana hacia el sur Carretera Tijuana – Ensenada, por lo que las principales avenidas de acceso a esta salida confluyen en forma perpendicular y directa desde la Mesa de Otay, Carretera Mexicali – Tijuana, por lo que fue necesario comunicar por medios radiofónicos y periódico a los habitantes de este lugar de los procesos constructivos que se iban a realizar durante seis meses continuos.

El proceso de información requirió de una programación para ver el tiempo que las diferentes calles y accesos iban a ser cerrados o la disminución de carriles y de las posibles desviaciones, el tipo de información fue el spot radiofónico con duraciones de 60 segundos, el del periódico fue mediante un cuadro gráfico indicando las calles y adicionalmente avisos pegados en los postes del alumbrado y bardas en las calles por donde se realizaron las actividades de construcción: En el Anexo "A" se muestra los avisos y señalamiento utilizados durante la obra.

En el capítulo dos, nos describe el levantamiento topográfico, esta actividad es el inicio para las actividades subsecuentes y es la trayectoria a seguir desde el punto de inicio (poste de transición), hasta el punto final (Subestación Hipódromo).

En el capítulo tres, se describe el sondeo de mecánica de suelos, esta actividad se requirió para conocer el tipo de suelo existente, a lo largo de la trayectoria de esta obra.

En el capítulo cuatro, se detalla el procedimiento para llevar a cabo el estudio de las instalaciones subterráneas existentes confirmando sus dimensiones y el tipo de tubería, esto para no afectar las mismas en el proceso de barrenación direccional y en los trabajos de construcción de registros.

En el capítulo cinco, se describe la barrenación direccional, esta actividad consiste en hacer una perforación inicial conocida como inducción de barra piloto, la cual al ir girando penetra en el suelo apoyada por un fluido bentonico (bentonita), una vez introducida la barra piloto, se colocan los retroensanchadores, que estos nos sirven para ampliar la perforación y para posteriormente introducir la tubería de pvc definitiva, la que quedara por debajo de la tierra.

En el capítulo seis, se describe la integración de la obra civil, la cual consistió en la construcción de los registros de empalme y de deflexión, el poste de transición, trincheras de concreto armado y de la construcción del marco de transición, dichas actividades se realizaron a lo largo de la trayectoria de la línea.

En el capítulo siete, se describe la obra electromecánica, la cual consistió en la instalación del cable de potencia definitivo, los empalmes realizados en el cable para la continuidad del mismo, así como de las terminales cuyo objetivo es la del cambio del cable aéreo a subterráneo o viceversa.

En el capítulo ocho, se describe las pruebas y puesta en servicio, que es la parte final en el proceso de energización de esta obra.

CAPITULO 2

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico de la LT Panamericana Potencia – Hipódromo tramo subterráneo requirió de la verificación del proyecto inicial propuesto por la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación en la zona urbana comprendida entre las calles y avenidas del sector la Mesa en Tijuana Baja California Norte.

La ruta propuesta inicia con el poste de transición de la Línea de Transmisión Panamericana Potencia- Hipódromo tramo aéreo y el tramo subterráneo, ubicados en la calle Alba Roja cruce con la Avenida Lázaro Cárdenas.

Este trabajo es el inicio para las subsecuentes actividades y que estos datos se tomen para la ubicación a seguir, cambios de dirección, principalmente para cuantificar las longitudes del cable de potencia en cada uno de los tramos propuestos en proyecto.

PROCEDIMIENTO

LOCALIZACIÓN DEL TRAZO

La base del levantamiento topográfico del eje de una línea de transmisión, es la trayectoria analizada, evaluada y seleccionada por CFE y está formado por cartas topográficas editadas por INEGI.

El censo de instalaciones subterráneas inicialmente se lleva a cabo por medios físicos, levantando cada uno de los registros tomando sus medidas y estableciendo en el sentido en que viajan los ductos de las diferentes dependencias.

Posteriormente se realiza un sondeo con equipo auxiliar de apoyo no preciso, solo con el objeto de corroborar la localización de las instalaciones subterráneas detectadas.

Por otra parte, a través de las distintas dependencias se solicita la información de las instalaciones del sitio para llevar a cabo la verificación con medios físicos y nuevamente apoyados con medios electrónicos y de radar.

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

En este recorrido se estudiarán los accesos, se fijarán los puntos de inflexión (P.I.), los puntos obligados, los puntos de partida (Km. 0+000) y los puntos de destino que serán los marcos estructurales de la subestación o entronques con líneas de transmisión aérea según acuerdos de la CFE.

Además los cruzamientos con vías de comunicación, drenaje, abastecimiento de agua, teléfonos con otras líneas de transmisión, los diversos tipos de vegetación y las posibles fuentes de contaminación.

TRAZO DE LA PLANTA Y CONFIGURACIÓN DEL PERFIL

Se deberá levantar y registrar en planos los siguientes Aspectos:

- Linderos del terreno
- Ríos, escurrimientos pluviales, y canales
- Zonas inundables, y pantanos
- Tipo y uso de suelo
- Instalaciones eléctricas e infraestructura que cruza.

El levantamiento se iniciará en el poste de Transición de dos Circuitos, continuando en el punto de Instalación del Marco de la Subestación Hipódromo, llegando a la Bahía; el cual se denominará la cota del cadenamamiento o el entronque de la Línea de Transmisión según corresponda.

El desmonte de brecha será solo suficiente para permitir el paso del trazo, los árboles frutales y de gran importancia ecológica no se deben derribar y se usarán métodos

indirectos para el alineamiento y medición. Las elevaciones están referidas al nivel medio del mar.

REFERENCIAS NORMATIVAS

Especificaciones de CFE/CPTT/CON-01

REGISTROS

Todos los datos observados en el levantamiento topográfico deberán registrarse en libretas de tránsito.

Los registros contendrán todos los datos necesarios, claros y precisos para que se elaboren planos de perfil y de planta, contemplando las interferencias y/o instalaciones subterráneas que se interfieran a la línea de transmisión a instalar.

En el plano se incluirán las notas necesarias para el reconocimiento de la topografía que se realizó cumpliendo con todas las especificaciones aplicables de CFE.

CAPITULO 3

SONDEO DE MECANICA DE SUELOS

Los sitios localizados por diseño en el proyecto original requirieron conocer las características del suelo y su conformación para evaluar los tipos de carga que deberían de soportar, siendo los principales puntos el del poste troncocónico y los registros de empalme en lugares como la calle Hermosillo y la Subestación Hipódromo.

La CFE requirió hacer la evaluación del tipo de suelo de la trayectoria de la LT Panamericana Potencia – Hipódromo Tramo Subterráneo, debido a las zonas de mantos de boleo con dimensiones mayores a 0.50 metros que se presentaron a lo largo de la Línea de Transmisión, y que comprende la trayectoria en las calles de Alba Roja, calle Hermosillo, avenida de los Pollos, calle Volcanes, avenida Lajas, y avenida Rápida Poniente.

La ubicación de los sondeos se indican en el plano de la ciudad.

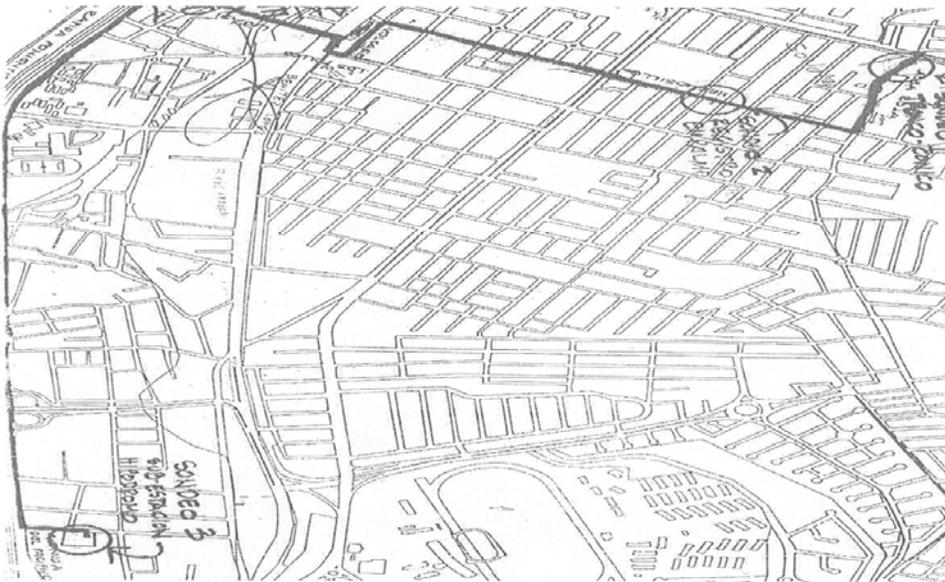


Fig. 3.1 Plano que muestra los sondeos a lo largo de la trayectoria de la línea

RESUMEN DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Antecedentes

La CFE requirió hacer una evaluación de la trayectoria de la LT para lo cual se realizó el Estudio de Mecánica de Suelos para la construcción de la Línea de Transmisión Panamericana Potencia – Hipódromo Tramo Subterráneo, ubicada en la Av. Alba Roja, pasando por calle Hermosillo, Volcanes, Los Pollos, Benites, Lajas y Av. Rápida Poniente y terminando esta en la Subestación Hipódromo, ciudad de Tijuana, B.C.

Los alcances de este estudio comprenden los perfiles estratigráficos, las propiedades mecánicas y la capacidad de carga a partir de las pruebas realizadas.

Localización

El predio motivo de este estudio se localiza al oeste de la canalización del río Tijuana de esta ciudad.

Topografía

La topografía existente en la zona es accidentada con pendientes pluviales de Este a Oeste.

Geología

Consultando la carta geológica y estratigráfica de la región, en el poste troncocónico en el Km. 0+020 y registro de empalme Km. 0+689 esta zona está constituida por depósitos de la formación Otay y en la Subestación Hipódromo aluviales formados por arrastres de las partes altas de las montañas que formaron depósitos fundamentalmente arenosos compactados y naturalmente consolidados.

Consideraciones para el diseño sísmico

En conformidad con el Reglamento de Edificaciones del Estado (Vigente), la Ciudad corresponde a la zona sísmica "C" y el subsuelo se clasifica como tipo II por ser terreno de transición.

Exploración de campo

Basándose en las condiciones generales de la zona y tomando en cuenta el tipo de construcción, se resolvió realizar los siguientes trabajos: para poder establecer el perfil estratigráfico de la humedad y de resistencia se realizaron 2 sondeos tipo pozo a cielo abierto por medios mecánicos (RETRO CASE 580) los cuales fueron suspendidos a profundidades variables y en el poste troncoconico con perforadora a una profundidad de 7.30 m.

PRUEBAS DE LABORATORIO

De clasificación

Para poder clasificar los materiales del suelo, se determinaron los límites de consistencia, distribución granulométrica, contenido de finos y de humedad.

De expansibilidad

La expansibilidad del suelo se evaluó basándose en los límites de consistencia, tomando en cuenta el contenido de finos y de humedad.

De resistencia

En campo se realizaron pruebas de penetración estándar y se obtuvieron los pesos específicos existentes y en el laboratorio se obtuvieron la humedad y los pesos específicos secos suelto y seco máximo con lo cual se determinaron la compacidad relativa (media) y el ángulo de fricción interna.

FORMACIÓN ESTRATIGRAFICA

a).- En poste troncocónico: La formación es heterogénea compuesta por una mezcla de arena limo-arcillosa del 95 % con incrustación de boleos y gravas subredondeadas 5 % hasta 6". Coronada ésta de una capa de 1.20 m de material de escombros.

b).- En registro de empalme: La formación es homogénea compuesta por una mezcla de arena arcillosa del 99 % de color café claro con incrustación del 1 % de grava subredondeada hasta 3/8". Coronada ésta con 11 cm de carpeta asfáltica y hasta 37 cm de material de mejoramiento.

c).- En Subestación hipódromo: La formación es homogénea compuesta por una mezcla de arena limosa del 94 % de color gris claro con incrustación de boleos y gravas subredondeadas 6 % hasta 5". Coronada esta con una capa de 50 cm de material de mejoramiento conglomerados arcillosos que serán retirados para recibir la estructura.

La humedad existente es de baja a media.

Recomendaciones

a).- **Para poste troncocónico:** Se recomienda resolver la cimentación por medio de PILOTE COLADO INSITU desplantado hasta un nivel 6.90 m con un diámetro de 1.80 m.

b).- **Registro empalme Km 0+689:** Se recomienda resolver la cimentación por medio de LOSA DE CIMENTACION desplantada hasta un nivel 2.80 m con un diámetro de 1.80 m.

c).- **Subestación Hipódromo:** Se recomienda resolver la cimentación por medio de ZAPATA CORRIDA desplantada hasta un nivel de cuando menos 1.50 m.

Rellenos

Para los rellenos de las cepas de cimentación se podrá utilizar el material producto de las excavaciones, debidamente homogeneizado, humedecido y compactado en capas no mayores de 30 cm, previamente retirado el boleo tamaño mayor a 4",

Especificaciones de Construcción

Preliminares

Todas las excavaciones existentes y/o que se realicen, se rellenarán con el material producto de las mismas, compactadas al 95 % mínimo (individual), incluyendo plantillas, acostillado y de colchón de tubería.

Se deberá verificar que todos los rellenos queden debidamente compactados aún en los casos difíciles como son: plantillas, acostillados, orillas de zanjas, pozos de visitas, etc.

Aseguramiento de calidad

Es necesario establecer un sistema de calidad, con el cual desde la etapa de planeación se establezcan los procedimientos y responsabilidades con el fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones del proyecto.

Es necesario que el constructor conozca ampliamente este sistema antes del inicio de la obra puesto que deberá comprometerse a cumplir con las especificaciones de los materiales y con los procedimientos de construcción establecidos.

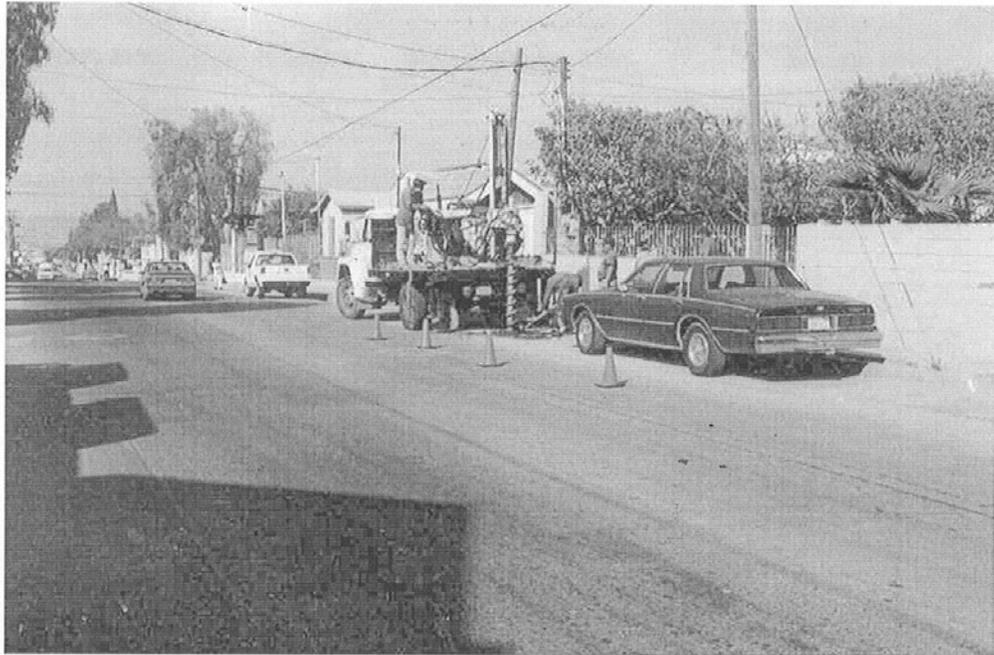


Foto 3.1 Se muestra el sondeo No. 1, ubicado en el registro de empalme No. 2 (km 0 + 330.00).

CAPITULO 4

ESTUDIO DE INSTALACIONES SUBTERRANEAS

Durante los trabajos previos a la construcción de la línea se debe realizar un censo detallado de todas las instalaciones subterráneas a lo largo de la trayectoria de LT Panamericana Potencia- Hipódromo (tramo subterráneo), es necesario contabilizar el tipo de instalaciones que pudiesen ser afectadas en el momento de iniciar los trabajos, así como en el proceso de construcción de registros de empalme y de deflexión ; los servicios que normalmente existen en zonas urbanas son: las tuberías de agua potable, drenajes, instalaciones telefónicas y de gas; que por su utilización no es posible cortar y dejar sin servicio a los diferentes usuarios. Para este fin es necesario que se obtengan planos de los servicios públicos, aunque en la mayoría de los casos las dependencias oficiales encargadas de instalar y de dar mantenimiento a este tipo de servicios, no cuentan con planos a detalle de cada uno de los servicios, por lo que es necesario con la información proporcionada por cada uno de ellos, realizar un levantamiento por medios físicos de cada uno de los diferentes registros de acceso que se presentan a lo largo de la trayectoria, tomando y confirmando sus dimensiones en planos y estableciendo el sentido en que viajan los ductos de entrada y salida de acuerdo a las profundidades en que se instalarán, para no afectar el proceso de la barrenación.

Como complemento de esta actividad se realizó un sondeo, mediante un equipo electrónico (radar), que en sus gráficas permiten observar si existen instalaciones profundas no marcadas en los planos de las dependencias oficiales y corroborando que las mostradas en planos son las únicas que se encuentran en la trayectoria de la línea de transmisión.

La información levantada es complementada con la documentación entregada y plasmada en los planos topográficos en su sección del perfil, ubicando su profundidad y dimensionamiento de sus ductos, para la planificación de la trayectoria de la conformación del banco de ductos.

INSTALACIONES EXISTENTES LOCALIZADAS A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA

TIPO DE LINEA	DEPENDENCIA	PROFUNDIDAD
Alcantarilla Pluvial	Obras Públicas	2.50 mts.
Pozo de Visita	Cespt	3.50 mts.
Líneas de Teléfono	Telnor	1.50 mts.
Tuberías de Gas 6" y 8"	Gas de Tijuana	1.10 mts.
Tubería de Agua 6"	Cespt	1.75 mts
Tubería de Agua 16"	Cespt	2.50 mts
Tubería de Agua 4"	Cespt	1.20 mts
Tuberías de Drenaje	Cespt	3.75 mts.

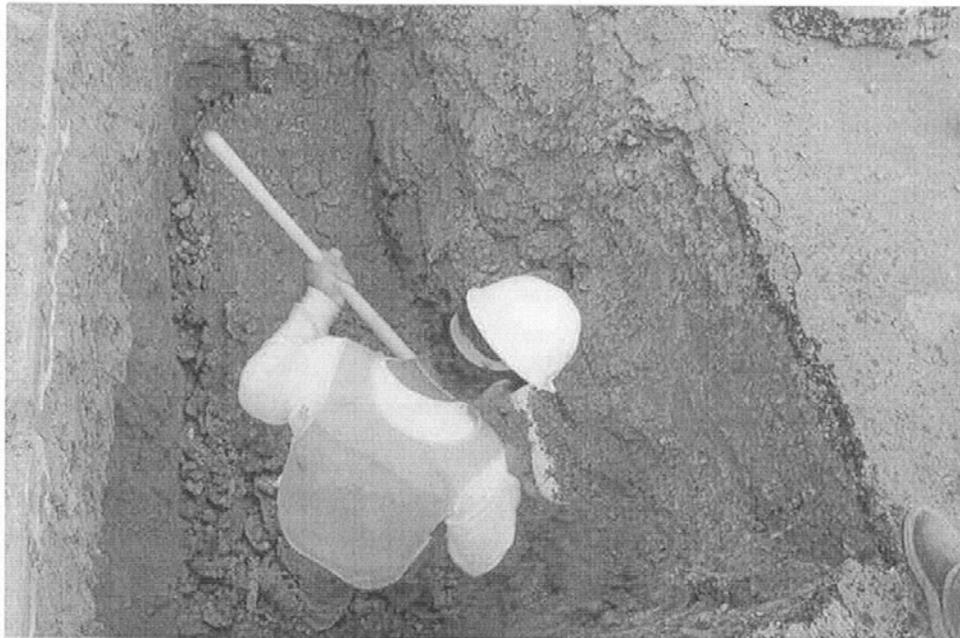


Foto 4.1 Sondeo de localización de instalaciones subterráneas existentes.

CAPITULO 5

BARRENACION DIRECCIONAL

5.1.- INTRODUCCION

- Los métodos de trabajo convencional para la instalación de las líneas de transmisión subterráneas, han sido los de banco de ductos de pvc , que por diseño de transmisión son de 1 o 2 circuitos, cuyas capacidades varían desde 69 kv. hasta 230 kv.

Estos trabajos no han sido aceptados por los municipios porque entorpecen el tránsito vehicular y peatonal, así como el acceso a las diferentes zonas habitacionales e industriales, con el método de la barrenación direccional todo queda eliminado, siendo necesario considerar los siguientes aspectos.



Foto 5.1 Máquina de barrenación direccional, tipo contractor 6510

INFORMACION PREVIA A LA BARRENACION

- Realizar el levantamiento topográfico
- Marcar el trazo de la línea en la superficie
- Realizar sondeos para determinar el o los tipos de suelos por donde se realizaran los trabajos de barrenación
- Realizar sondeos con el fin de localizar instalaciones subterráneas existentes
- Informar del proyecto a las empresas de servicios públicos que tengan cables y tuberías subterráneas en el lugar de la obra.
- Inspeccionar el lugar de la obra y perímetro en busca de evidencias de peligros subterráneos, letreros que avisen la existencia de cables o tuberías enterradas.
- Instalaciones que utilicen servicios públicos sin cables aéreos
- Medidores de gas o de agua
- Cajas de empalme
- Postes de alumbrado
- Tapas de registro
- Marcar la ubicación de todos los cables, tuberías y obstrucciones subterráneas
- Con sonda para localizar metales como pueden ser líneas telefónicas, líneas de transmisión, tuberías de acero, etc.
- Con sonda trazadora para localizar tuberías de concreto de drenaje, etc.
- Control de tránsito

Si se trabaja junto a un camino u otra área de tránsito consultar a las autoridades locales sobre los procedimientos y reglamentos de seguridad.

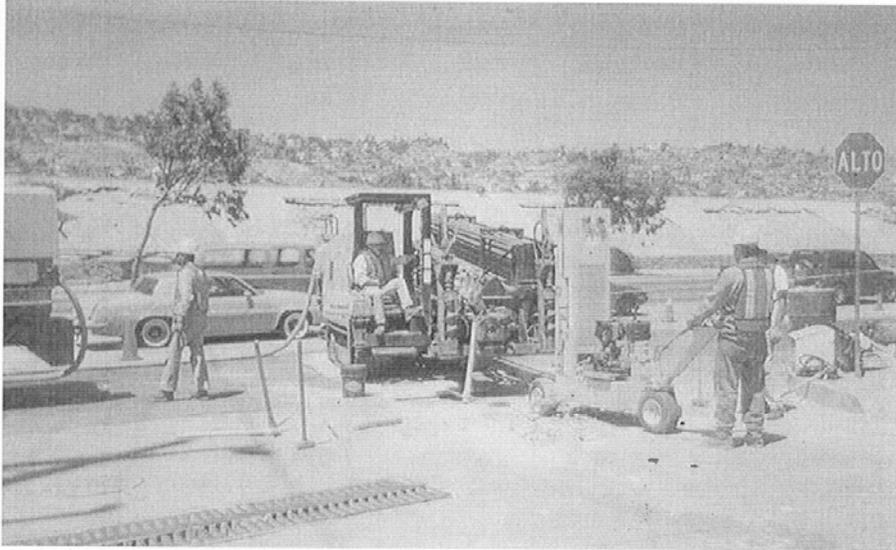


Foto 5.2 Máquina de barrenación direccional, tipo Veermer 6015

5.2.- PLANIFICACION DE LA TRAYECTORIA DE PERFORACION

Se debe planificar la trayectoria de perforación, desde la entrada hasta la salida, antes de comenzar la perforación.

Se debe de tener la siguiente información:

- Cantidad de barrenaciones
- La disposición de los ductos
- Diámetro de los ductos
- Profundidad de proyecto
- Considerar los obstáculos que se deben librar horizontal y verticalmente
- Deflexión horizontal máximas, que dependen de la curvatura que permitan los barrenos

- Inclinación de entrada
- Desplazamiento mínimo
- Longitud de los ductos
- Ubicación de instalaciones subterráneas.

LIMITE DE CURVATURA RECOMENDADO

Los tubos standard tienen un límite o radio mínimo de curvatura recomendado por el fabricante de 48.8 m, lo que significa que un codo de 90° requiere 48.8 m de distancia hacia adelante (no 48.8 metros de tubo).

INCLINACION DE ENTRADA

La inclinación de entrada es de la pendiente de la perforadora comparada con la pendiente del suelo.

La inclinación de entrada puede determinarse de las siguientes dos formas:

1. Colocar el emisor de inclinación sobre el suelo y leer la indicación sobre el suelo y leer la indicación de inclinación. Colocar el emisor de inclinación sobre la perforadora y leer la indicación. Colocar el emisor de inclinación sobre la perforadora y leer la indicación de inclinación. Restar la inclinación del suelo de la inclinación de la perforadora.
- 2.- Medir la altura del suelo al extremo delantero del bastidor (A). Medir la altura del suelo al extremo trasero del bastidor (B). Estos valores son requeridos para obtener la proyección horizontal (C). Dividir la diferencia de alturas entre la proyección horizontal y multiplicar el resultado por 100 para obtener la inclinación.

Una inclinación menos pronunciada permite alcanzar el nivel horizontal más rápidamente y con menos flexión del tubo. El aumentar la inclinación de entrada hace más profunda y larga la trayectoria de perforación.

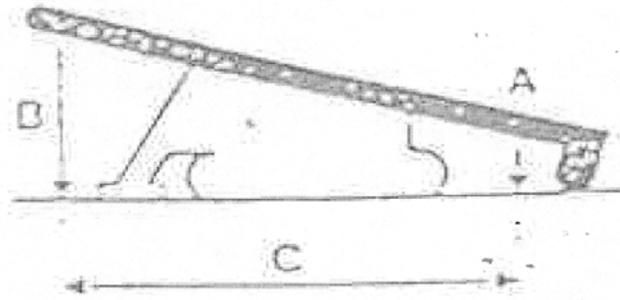


Fig. 5.1 Inclinación de entrada de la barrenación



Foto 5.3 Inclinación de entrada de la barrena

DESPLAZAMIENTO MINIMO

Es la distancia medida entre el punto de entrada y el punto en el cual la perforación se toma horizontal. Si el desplazamiento es demasiado pequeño, se excederán los límites de curvatura y se causarán daños al tubo.

Para determinar el desplazamiento mínimo necesario para la profundidad de perforación: ubicar la inclinación de entrada que se utilizará y el desplazamiento mínimo correspondiente.

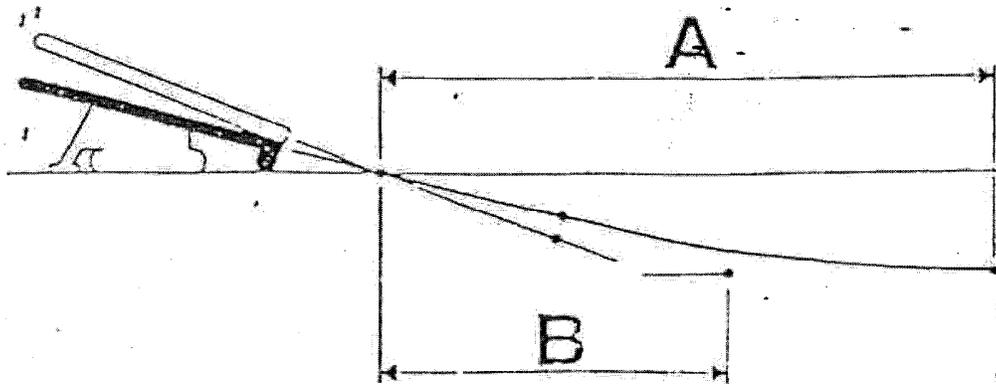


Fig. 5.2 Desplazamiento adecuado para la barrenación direccional

A.- Desplazamiento adecuado

B.- Desplazamiento demasiado corto

PROFUNDIDAD DEL PROYECTO

Debido a que es necesario flexionar el tubo en forma gradual la inclinación de entrada y los límites de curvatura determinan la profundidad a la cual se encontrará el tubo al momento de quedar en posición horizontal.

Para reducir la profundidad, reducir la inclinación de entrada, para aumentar la profundidad, aumentar la inclinación de entrada y el desplazamiento.

Si se desea hallar el desplazamiento y la inclinación de entrada que darán por resultado una perforación de una profundidad dada. Localizar la profundidad mínima se mide en el punto en el cual la perforación adquiere sentido horizontal.

Tabla 5.1. muestra la profundidad de proyecto de la obra.

INCLINACION DE ENTRADA	DESPLAZAMIENTO MINIMO	PROFUNDIDAD MINIMA
18	13.3M	1.6M
20	14.2M	1.9M
22	15.1M	2.2M
24	16.0M	2.5M
26	16.7M	2.8M
28	17.7M	3.1M
30	18.6M	3.4M
32	19.4M	3.8M
34	20.2M	4.1M
36	21.0M	4.5M

INSPECCION DE LA OBRA

En esta inspección es fundamental revisar:

Lo pendiente o lo restante total, cambios en la cota tales como lomas o zanjas abiertas, obstáculos tales como edificios, cruces de ferrocarril o riachuelos, letreros de empresas públicas, rocas salientes y otras evidencias de rocas subterráneas, tránsito acceso, tipo y condición del suelo, suministro de agua, fuentes de obstaculización del localizador (barra de armadura, rieles de ferrocarril, etc.).

Se deben realizar muestras del suelo de varios lugares a lo largo de la trayectoria de perforación para determinar las combinaciones de barreras y retroensanchador a utilizar.

5.3.- REVISION DE LOS MATERIALES Y PREPARACION DEL EQUIPO

- Receptor/transmisor o rastreador con dos juegos de baterías cargadas
- Emisores con baterías nuevas y de repuesto
- Radiocomunicación con baterías nuevas
- Llaves de acople
- Equipo de anclaje y accesorios
- Pernos y llaves aleen (hexagonales)
- Barreras, rejillas, boquillas
- Adaptadores, tubos, cajas de emisores
- Bandera y pintura para marcar
- Agua y mangueras adicionales
- Combustible
- Bore gel/plomero
- Fusibles
- Llaves
- Retroensanchadores, uniones giratorias, aparatos, tractores
- Manguera para lavar y pistola roseadora
- Cintas adhesivas para tubos
- Lubricante aerosol
- Cepillo de alambre
- Esferas de malla metálica y cables
- Libro de notas y lápiz

PREPARACION DEL EQUIPO

- Revisar los niveles
- Combustible
- Fluido hidráulico
- Refrigerante del motor
- Carga de batería

- Verificar la condición y función
- Cadenas impulsoras
- Filtro (aire, aceite, hidráulico)
- Bomba de fluido
- Acopladores
- Neumáticos y orugas
- Válvula de alivio
- Bomba centrífuga
- Mezclador de lodo
- Márgenes y válvulas
- Tanques de agua
- Unión giratoria de agua
- Insertos del cargador de tubos
- Insertos de mordazas de la llave de tubos

EMPLAZAMIENTO

Se debe preparar la unidad de barrenación y la unidad de fluido. Esta parte del proceso esta formada por cinco pasos fundamentales:

Determinación del punto de entrada

Para una exitosa barrenación, el primer tubo deberá estar recto, la perforadora deberá colocarse de tal manera que permita que el tubo entre totalmente recto. Se hace una pequeña excavación de partida para que el primer tramo se perfore en una superficie vertical y asegurar que el tubo inicial no quede torcido.

Selección del sistema de anclaje

Las condiciones del suelo y del sitio de trabajo determinarán la selección de los anclajes. Existen dos sistemas de anclaje: de servicio normal y de servicio severo.

El sistema de servicio normal los sinfines con un motor hincador de estacas de mano. El mismo se usa cuando no es posible elevar el bastidor a la posición vertical o cuando por experiencia se sabe que no requiere capacidad adicional de anclaje.

El sistema de servicio severo utiliza el eje portaherramienta del sistema de perforación y los motores para instalar los sinfines.

Armado de cabeza direccional

Las partes que integran una cabeza direccional son las siguiente:

- a) Caja de emisor de señales
- b) Emisor de señales
- c) Boquilla
- d) Barrera

La boquilla se inserta en la caja de emisor de señales y la barrera se fija a la misma. Después se instala el emisor de acuerdo a las instrucciones del fabricante respecto a la preparación de los anillos, el remplazo de la batería, el sellado y la posición del emisor.

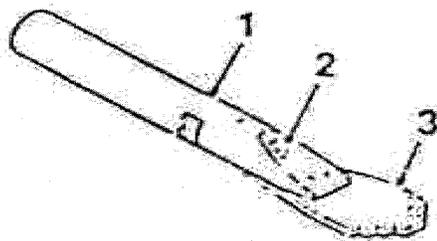


Fig. 5.3 Armado de cabeza direccional

- 1. Emisor de señales
- 2. Boquilla
- 3. Barrera



Conexión del sistema del fluido

En esta etapa del proceso se llena el tanque de agua, se incorpora el producto viscosificante a utilizar (BORE-GEL) y se prepara la mezcla. Una vez realizado esto se conecta el cable eléctrico y la manguera del fluido del sistema a la perforadora.

La cantidad de fluido que se requiere depende de los tamaños de la cavidad, del material que se va a instalar y de las boquillas (se anexa tabla de requerimiento de fluido para perforar).

Tabla 5.2 se muestra tabla de requerimiento de fluido para perforar

Diámetro de retroensanchado	Galón/pie	Diámetro de retroensanchado	Galón/pie	Diámetro de retroensanchado	Galón/pie
¼"	0.01	4"	0.65	8"	2.61
¾"	0.02	4 ½"	0.82	10"	4.08
1"	0.04	5"	1.02	12"	5.88
1 ½"	0.09	5 ¼"	1.11	12 ½"	6.35
2"	0.16	5 ½"	1.24	13"	6.90
2 ¼"	0.21	5 ¾"	1.35	15"	9.18
2 ½"	0.26	6"	1.47		
3"	0.37	7"	2.00		

CONEXION DEL TUBO DE PERFORACION

Para conectar el tubo de perforación se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Arrancar el motor de la perforadora
- b) Quitar los protectores de roscas y colocar el tubo en las tenazas abiertas con el extremo hembra hacia arriba
- c) Mover el tubo de su posición

- d) Conectar la cabeza direccional
- e) Conectar la llave ajustable a las partes planas en la caja del emisor y apretar las juntas

5.4.- PERFORACION

Este proceso consta de dos partes:

Adición de tubos.- A medida que va avanzando en la perforación se van agregando tubos siguiendo un procedimiento similar al mencionado anteriormente en la conexión del primer tubo.

Localización y corrección.- La localización y la corrección de la cabeza direccional son funciones relacionadas, las mismas se basan en detectar e interpretar una señal transmitida desde la cabeza direccional. La localización de la cabeza direccional durante la barrenación es una parte integral del proceso de corrección de la dirección. Para esto se utilizan dos sistemas eléctricos, dependiendo de las condiciones especiales de la obra.

La localización y la corrección de la cabeza direccional son funciones relacionadas, las mismas se basan en detectar e interpretar una señal transmitida desde la cabeza direccional. La localización de la cabeza direccional durante la barrenación es una parte integral del proceso de corrección de la dirección. Para esto se utilizan dos sistemas eléctricos, dependiendo de las condiciones especiales de la obra.

El sistema de localización "WALK-OVER" es el más común y consiste en un emisor de señal operado a batería y montado en la cabeza direccional, y en un receptor de señal ubicado en la superficie. El receptor capta la señal enviada por el emisor e interpreta su información. El receptor provee la lectura de la ubicación de la cabeza direccional, su profundidad, inclinación, temperatura y ángulo de balance del emisor.

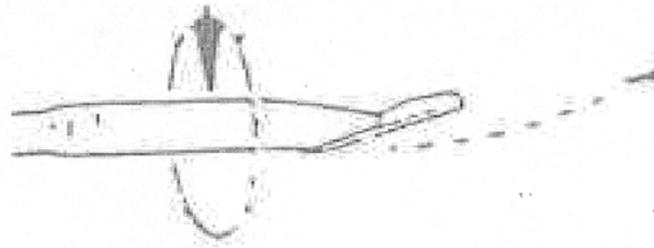


Fig. 5.4 Emisión de señal al sensor



Foto 5.4 Sensor para verificar la profundidad de la barrenación

La corrección de la dirección es una pericia que los operadores adquieren con experiencia y conocimiento del equipo y de las condiciones del suelo. Para rastrear el avance y hacer las correcciones, un miembro de la cuadrilla localiza la cabeza

direccional y envía las instrucciones al operador. Al conocer el operador de la máquina cual es el ángulo de balance del emisor puede decidir hacia donde girar el tubo de control de dirección hasta que el localizador muestre el ángulo de balance apropiado para corregir la dirección de la barrena.

Durante la corrección se deben tomar en cuenta las siguientes reglas básicas:

- La facilidad de maniobra depende de la condición del suelo, de la barrena, cabeza y boquilla utilizados, del ángulo de balance de la cabeza direccional y de la distancia que se empuja sin rotación.
- Todas las correcciones deben hacerse tan gradualmente como sea posible.

Esta información le permite al operador corregir la dirección con un alto grado de exactitud. Este sistema de localización tiene un alcance de hasta 15 m de profundidad.

Cuando la barrenación es mayor al alcance del sistema "walk-over" o en zonas donde existe mucha interferencia en la señal, se utiliza un sistema de localización electromagnética. En este caso el transmisor contiene sensores que envían la información a un microprocesador en la superficie. El microprocesador calcula la posición de la cabeza direccional la cual puede trazarse e imprimirse para documentar el proyecto.

En la mayoría de los sistemas de perforación, la corrección de la dirección se hace apuntando la barrena en la dirección deseada, empujando el tubo y luego girándolo.

El exceso de correcciones causará serpenteo de la tubería, lo que puede dañarla y dificultar la perforación y la tracción.

5.5.- RETROENSANCHADO

Después de terminada la perforación se puede tender el producto o instalar por tracción o agrandar la perforación mediante retroensanchamiento. Ambos procedimientos comprenden la remoción de la tubería. Al tirar las barras hacia atrás el retroensanchador agranda la perforación y el destorcedor impide que el material a instalarse se tuerza al

rotor el retroensanchador. Existe una amplia variedad de tamaños y tipos de aparatos retroensanchadores. El tipo de tierra, el tamaño y tipo de material que se va a instalar y el fluido para perforar afectan la elección del retroensanchador.

El retroensanchamiento requiere de más fluido que la perforación. La calidad del fluido para perforar es un factor clave para el éxito del retroensanchamiento.

APARATOS RETROENSANCHADORES

- a) Unión giratoria conectada al material que se va a instalar a través del aparato tractor, permite que el tubo y cortador giren sin retorcer el material que se está instalando.
- b) Boquilla aumenta la presión del flujo de la tubería a la perforación.
- c) Cono compacta el suelo.
- d) Cortador corta la tierra.

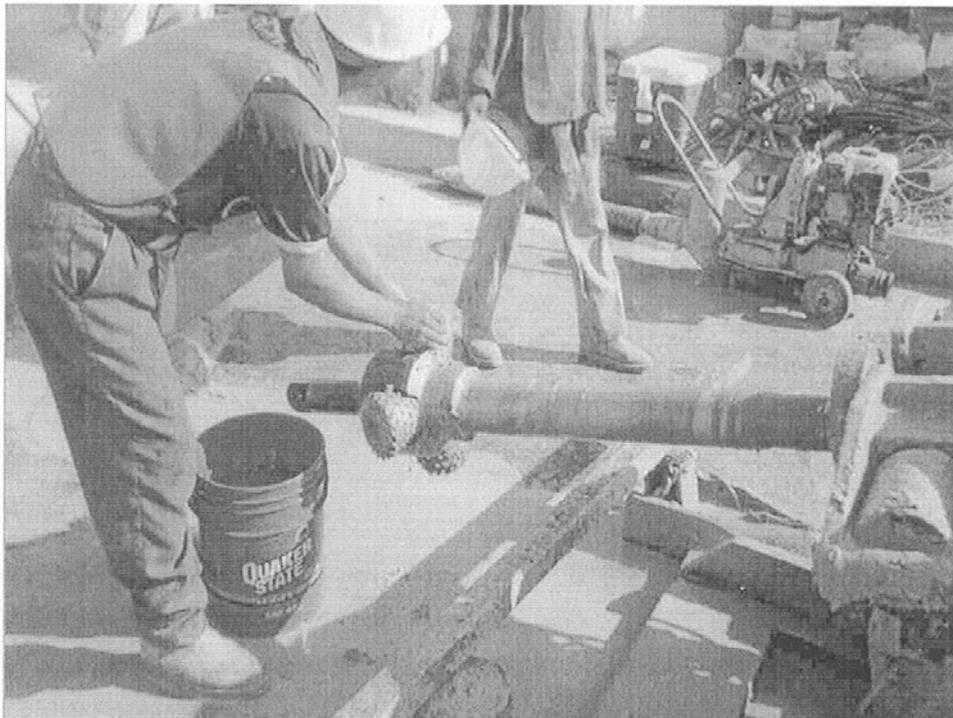


Foto 5.5 Aparato retroensanchador de 14" de diámetro

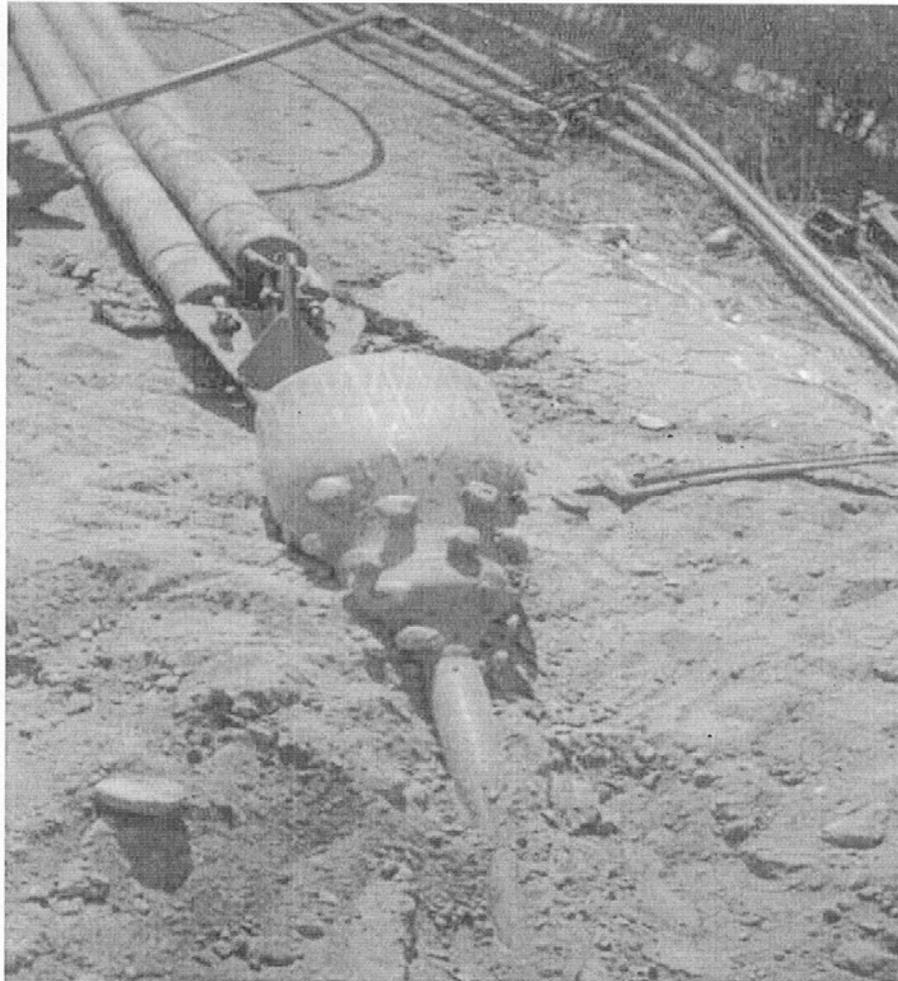


Foto 5.6 Aparato retroensanchador de 18" de diámetro

LUBRICANTE BORE-GEL

Se utilizará bore-gel como lubricante para realizar la barrenación ya que es un líquido biodegradable que reduce el impacto ambiental, Bore-gel es procesado de bentonita sódica de Wyoming de primera calidad, Cuando se mezcla con agua dulce desarrolla una lechada fácil de bombear.



Foto 5.7 Proceso de mezcla de bentonita sódica de Wyoming con agua dulce

Usos y ventajas

- Mejorar la estabilidad del pozo en arenas y gravas mal consolidadas.
- Reduce la tasa de filtración, mejora la estabilidad de arcillas que demuestran sensibilidad al agua.
- Provee mayor viscosidad y fuerza de geles para suspender recortes en lo lechado.
- Minimiza el número de productos requeridos para el fluido de oxidación.
- Fácil de mezclar, reduce costos en tiempo y material.
- Tolerancia bajo pH y dureza moderada, no tóxico, no fermentable.

5.6.- COLOCACION DE DUCTOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 6" DE DIAMETRO Y DE 1 ½"

1. Se colocaran de acuerdo al proyecto y en el lugar que indiquen los planos, previa revisión de los tubos, desechando los que presenten golpes, para evitar tener tropezones en la canalización.
2. Se unirán por medio de termofusión de acuerdo a formas y medidas que indican los planos.
3. Una vez colocados los ductos y efectuado el mandrileo, deberán cubrirse las boquillas para protegerlos de cualquier agente nocivo con un tapón y prevenir la introducción de materiales extraños (roedores, basura, botellas, etc.).



Foto 5.8 Unión de tubería de polietileno de 6" de diámetro unidos por Termofusión

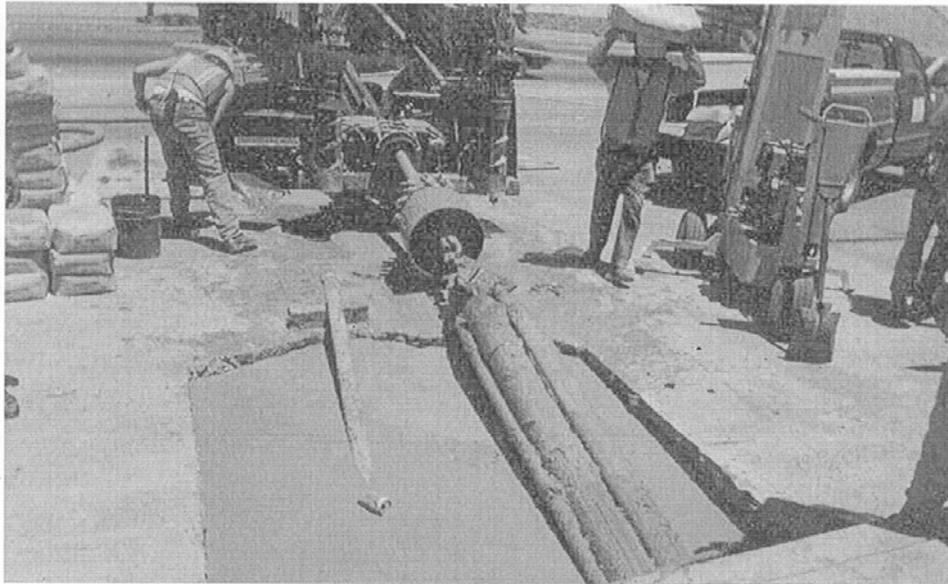


Foto 5.9 Conformación del AS de ductos

5.7.- SEÑALIZACION Y LIMPIEZA

Señalización

Se hará uso del equipo y material de seguridad necesarios tales como: conos, barreras, señalamiento nocturno durante todo el tiempo que permanezcan las maquinas en el proceso de banco de ductos y registros (Anexo carta).

Area de trabajo

Esta abarcará como máximo dos calles (150 m promedio) previo aviso a los vecinos indicando el nombre del responsable de la obra.



Foto 5.10 Introducción del AS de ductos

Limpieza del área de trabajo

Se realizará ese trabajo dejando perfectamente limpio retirándose todo material sobrante y de desperdicio.

REFERENCIAS NORMATIVAS

Especificación CFE/LTS-DBD/280298.- Lineamientos para la construcción de bancos de ductos por medio de barrenación direccional.

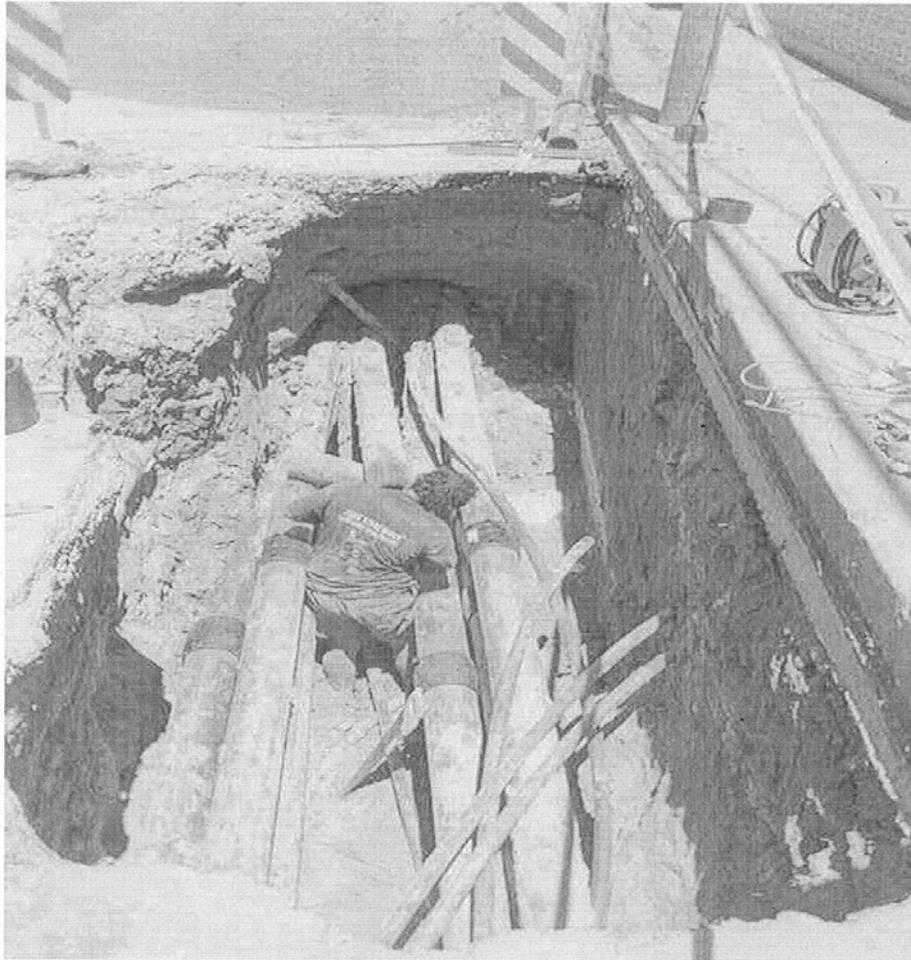


Foto 5.11 Trabajos de electrofusión, los cuales consisten en la unión de la tubería por medio de coples eléctricos

ANEXOS B

En el anexo "B" se muestra los formatos utilizados durante los trabajos de barrenación direccional.

REGISTROS

- a).-Orden de trabajo para barrenación direccional.
- b).-Reporte de inspección por barrenación direccional

6.8.- BARRENACION DIRECCIONAL EN SUELO ARCILLOSO Y BOLEOS

La conformación del terreno desde el inicio de la trayectoria de la LT subterránea, hasta la llegada a la subestación Hipódromo, esta compuesta por dos tipos de suelos, predominando el de la calle Alba Roja hacia el bulevar Federico Benites López (material de arcilla) y del bulevar Benites López hacia la vía rápida fue (material arenoso con mucho boleó), este material (boleó) no permitió tener el rendimiento que la empresa tenía programado para las máquinas de barrenación que se consideraron serían suficientes para la ejecución de los trabajos, la programación de la barrenación se hizo con rendimientos de hasta 800 mts. de vía por mes de cada una de las máquinas modelo DITCH- WITCH 3510.

Al iniciar con los retrasos en los trabajos de las fechas programadas, se tomó la decisión de utilizar máquinas más potentes, del tipo CONTRACTOR 6015, las cuales podrían sustituir a las de tipo 3510 con un rendimiento mayor, de acuerdo a las indicaciones que se dieron de parte del fabricante, hasta de un 250%, los cuales no fueron al planteamiento del fabricante, ya que en ningún momento se obtuvieron ni 300 mts. Vía por semana.

El porque no se dieron los rendimientos esperados, es debido a las condiciones del subsuelo, en los que los accesorios usados para la barrenación, en los dientes de corte después de una perforación quedaban totalmente friccionados y en algunos casos se perdió hasta la base del diente de corte.

Se solicitó la presencia de las compañías especializadas en productos requeridos para perforación así como asesoría técnicas para mejorar el tipo de viscosidad requerido para trabajar en sitios con arenas y boleos. La empresa BAROID vino a la ciudad de Tijuana a dar sus puntos de vista y recomendaciones para aplicar sus productos sin obtener resultados favorables, ya que se tenían dos máquinas dañadas en su caja de engranes (rotarias), por el esfuerzo de tracción a que fueron sometidas, y dos máquinas con los sistemas de enfriamiento totalmente dañados debido a los calentamientos de las máquinas, teniendo hasta lapsos de 15 días o mayores para conseguir las refacciones

adecuadas, aún teniendo cerca los servicios de las empresas especializadas en refacciones de los fabricantes, por la cercanía con la frontera americana.

Derivado a la problemática anteriormente expuesta, que se presentó durante el desarrollo de esta obra, la empresa encargada de estos trabajos realizó los esfuerzos humanos y materiales para lograr avanzar, hasta abatir en tiempo la fecha de terminación de esta Línea de Transmisión Subterránea.

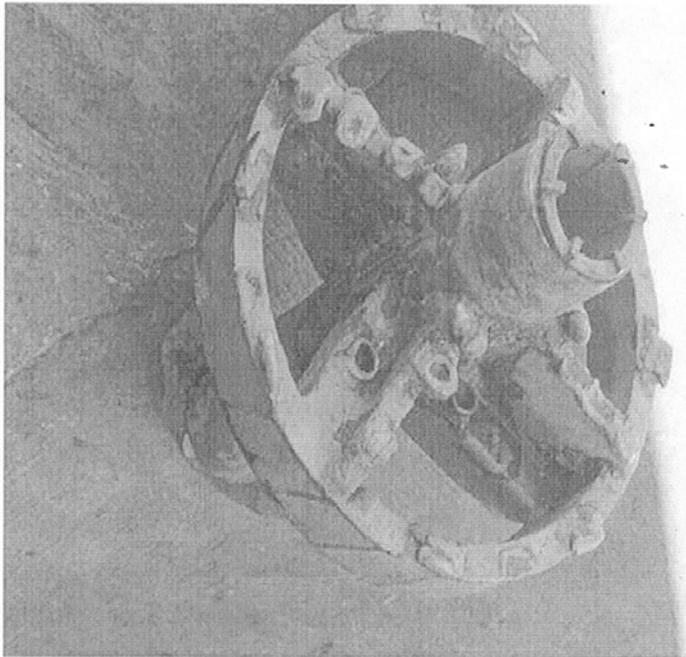


Foto 5.12 En la fotografía podemos apreciar el desgaste que se tiene en este tipo de retroensanchador, por las condiciones del subsuelo, por encontrar boleó.