



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
Facultad de Ingeniería

---

# PERFORACIÓN DIRECCIONAL HORIZONTAL

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A:  
**JAIME RAÚL MARTÍNEZ CONTRERAS**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ.**

---

### Agradecimientos y dedicatorias:

A la Universidad Nacional Autónoma de México mi alma mater por la oportunidad de terminar mis estudios.

A todos y cada uno de los profesores que tuve la suerte de encontrar en mi camino, gracias por su interés, paciencia y ese gran afán empeñado en el día a día para con cada uno de los alumnos.

A mis padres Lilia y Francisco por su amor y apoyo en los momentos difíciles, confianza y por creer en mi.

A mi hija Alejandra por ser un pilar de luz, amor, amistad, comprensión y fortaleza, ayudándome a convertirme en el ser que soy.

Especialmente agradezco y dedico este trabajo a Clara Madrigal Kim por su impulso, su amor y por haber sido para mí un remanso en el mar agitado de mi vida y sobre todo por haber cedido incondicionalmente un tiempo que nos pertenecía a ambos para la terminación de mis estudios y la realización de este trabajo.

A mi abuela, hermanos, cuñados y sobrinos por su apoyo y amistad.

Al ingeniero Jesús Camarena García por su enseñanza y ayuda para la realización de este trabajo.

A la memoria de las siguientes personas con las cuales desgraciadamente no tendré más la oportunidad de estrechar sus brazos;

- ▣ Doña Catalina Bedoy Espinosa, por la profunda huella de amor dejada en mí.
- ▣ Doña Guadalupe Contreras Merino, por haber sido para mi un ejemplo de alegría y amor.
- ▣ Doña Delia Lee Kim, por su confianza y aceptación, a todas ellas gracias por el recuerdo dejado en mí, me fortalece.

**Un maestro afecta a la eternidad; nunca se sabe dónde termina su influencia.**

Henry Adams.

# **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PERFORACIÓN DIRECCIONAL HORIZONTAL.**

## **INDICE.**

### **I.- ESTUDIOS PREVIOS.**

- I.1.- Levantamiento físico.
- I.2.- Estudios de mecánica de suelos.

### **II.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.**

- II.1.- Antecedentes.
- II.2.- Descripción del procedimiento constructivo.
- II.3.- Método de Perforación Direccional por Rotación.
- II.4.- Método de Perforación Direccional por Percusión.
- II.5.- Términos Asociados al Procedimiento Constructivo.
- II.6.- Método de Perforación con topo.

### **III.- MAQUINARIA, EQUIPO NECESARIO Y TIPOS DE TUBERIAS RECOMENDADAS.**

- III.1.- Especificaciones de las Perforadoras Direccionales modelos 24x40 y 24a
- III.2.- Accesorios varios.
- III.3.- Tuberías recomendadas.

### **IV.- SISTEMA DE PERFORACIÓN DIRECCIONAL VS SISTEMA TRADICIONAL DE CEPA ABIERTA.**

- IV.1 Sistema de perforación direccional.
  - IV.1.a.- Presupuesto.
  - IV.1.b.- Análisis de precios unitarios.
  - IV.1.c.- Costos horarios.
  - IV.1.d.- Listado de insumos.
  - IV.1.e.- programa de obra.
- IV.2 Sistema tradicional de cepa abierta.
  - IV.2.a.- Presupuesto.
  - IV.2.b.- Análisis de precios unitarios.
  - IV.2.c.- Costos horarios.
  - IV.2.d.- Listado de insumos.
  - IV.2.e.- Programa de obra.

### **V.- ESTUDIOS DE CASO.**

- V.1.- PROYECTO METEPEC.
  - V.1.a.- Descripción del proyecto Metepec.
  - V.1.b.- Estudios previos.
  - V.1.c.- Resumen de costos y programa.
- V.2.- PROYECTO PERISUR.
  - V.2.a.- Descripción de la zona.
  - V.2.b.- Descripción del proyecto Perisur.
  - V.2.c.- Estudios previos.
  - V.2.d.- Resumen de costos y programa.
  - V.3.e.- Registro actual de máxima longitud de Perforación.

### **VI.- CONCLUSIONES.**

### **BIBLIOGRAFIA.**

## INTRODUCCIÓN:

En este trabajo explicaré el sistema constructivo de Perforación Direccional Horizontal (HDD por sus siglas en ingles)<sup>1</sup> como una opción viable basada en la hipótesis de que este método es económicamente justificable y operativamente eficiente. Esto implica que a la vez que se reducen costos se necesita menos tiempo para la construcción de canalizaciones subterráneas para servicios de distinta índole.

Cabe mencionar que en nuestro país durante mucho tiempo se han estado realizando los trabajos de canalizaciones subterráneas por el método tradicional. El método en estudio es una alternativa tecnológica importante pues reduce las molestias ocasionadas a los distintos usuarios; ya sea que se trate de una obra pública o privada permitiendo el uso de las instalaciones y servicios existentes durante la construcción de canalizaciones nuevas. Resulta pues interesante el conocer este tipo de tecnología utilizada frecuentemente en países desarrollados, los cuales cuidan bastante los aspectos de funcionalidad, seguridad y el cuidado de la comodidad para los usuarios. En este trabajo abordaré el tema de la siguiente manera:

El capítulo I, se refiere a los estudios previos necesarios para la ejecución de un trabajo de Perforación Direccional Horizontal, siendo éstos básicamente los levantamientos físicos de instalaciones y servicios existentes y los de mecánica de suelos.

A continuación, en el capítulo II haré una breve introducción general al sistema HDD haciendo referencia a los antecedentes de dicho método así como la descripción del procedimiento constructivo de perforación direccional horizontal tanto para el sistema de rotación como para el de percusión así como el sistema de perforación con topo y explicaré los términos asociados al proceso constructivo.

En el siguiente capítulo describiré brevemente el equipo de la perforadora direccional Navigator D24x40, y D24x40a y accesorios necesarios así como los distintos tipos de tuberías utilizadas.

El capítulo IV presentará un comparativo de costos entre el sistema de Perforación Direccional vs el sistema tradicional de cepa abierta. Para cada uno de estos sistemas constructivos se presentarán: presupuesto de obra, algunos análisis de precios unitarios representativos de cada método, costos horarios, listado de insumos y programa de obra.

Posterior a la explicación tanto del sistema como del equipo necesario de perforación direccional, en el capítulo V titulado "Estudios de caso" se hará la descripción de dos proyectos de perforación: uno por el método de rotación y el segundo por el método de percusión. Ambos proyectos se realizaron para proveer las canalizaciones necesarias para automatizar la operación del estacionamiento en dos centros comerciales en uso continuo.

Como resultado final de este estudio presentaré los índices que demuestran la viabilidad de un proyecto de perforación direccional horizontal.

---

<sup>1</sup> Para fines de este trabajo, cada vez que se mencione el término HDD se referirá al método de perforación direccional horizontal.

## **I. ESTUDIOS PREVIOS:**

Antes de iniciar cualquier trabajo de perforación direccional horizontal, se deben tomar ciertas medidas para asegurar que el proyecto sea lo más eficaz posible, por lo tanto, es necesario contar con información de la zona de trabajo, principalmente el tipo de suelos que se va atacar así como las interferencias existentes.

Estos estudios sirven además para planear y trazar las trayectorias y profundidades en cada una de las líneas de proyecto esquivando perfectamente los obstáculos e interferencias existentes, así como para la selección de la maquinaria a utilizar en cada frente de trabajo. Del análisis de la información anterior se determinan los costos aplicables al proyecto; para obtener la información necesaria del suelo y sus características utilizamos principalmente los siguientes estudios:

### **I.1- LEVANTAMIENTO FÍSICO DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES.**

Este estudio es básico e indispensable ya que refleja la posición actual de los servicios existentes. Sí bien podemos suponer que las distintas direcciones de las dependencias gubernamentales deben contar con la información de sus respectivos sistemas, esto es una utopía, ya que regularmente es obsoleta, no se encuentra actualizada y la gran mayoría de las veces no existe tal información en ese tipo de fuentes, por tal motivo el levantamiento físico de las instalaciones es una parte del proyecto que por ningún motivo se puede dejar de realizar. Este estudio se basa en el reconocimiento físico del sitio para la elaboración de un levantamiento con la totalidad de las instalaciones existentes en el lugar registrando cada una de las tapas o registros existentes, verificando diámetros y pendientes así como el tipo de uso de cada línea encontrada, pudiendo ser estas: drenaje sanitario, pluvial, instalación eléctrica, telefonía, riego, agua potable, fibra óptica, sistemas de cable, gas natural, etc.

Se debe de tener especial cuidado con la localización de instalaciones principales como acometida eléctrica, agua potable y telefonía por representar mayores riesgos ya sea por seguridad o para evitar molestias a los usuarios.

Una vez realizado el levantamiento físico de campo, se pasa a gabinete y se dibuja el plano correspondiente indicando el tipo de instalación, profundidad y diámetro encontrado, de esta manera y teniendo el censo respectivo de instalaciones existentes se trazan las líneas de proyecto y se proponen las profundidades de cada tramo o sub-tramo según las necesidades e interferencias de cada caso.

### **I.2- ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.**

Estos estudios son importantes para saber que tipo de suelo es el que se desea atacar y en base a esto se determina el tipo de maquinaria a utilizar, ya sea el método de rotación o percusión, este estudio es básico para evitar costos y demoras innecesarias en la obra. Cuando estos estudios no existen es recomendable realizarlos o bien recurrir al banco de datos para determinar el tipo de suelo y hacer la elección correcta del tipo de maquinaria, reduciendo de esta manera la incertidumbre al atacar un frente de trabajo.

Estos estudios son encargados a una empresa especialista en mecánica de suelos y la cual deberá de presentar sus resultados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), para nuestros fines será necesario contar exclusivamente con estudios preliminares suficientes del suelo en cuestión, información que con ayuda de pruebas de clasificación como granulometría y límites de plasticidad, permita tener una idea clara del tipo de suelo.

A continuación se mencionaran algunos de los métodos de exploración preliminar utilizados para la determinación del tipo de suelo y se explicarán brevemente los más utilizados.

- **Pozos a cielo abierto.-** consiste en excavar un pozo con dimensiones suficientes para que un ingeniero especialista en mecánica de suelos pueda bajar directamente y examinar visualmente los diferentes estratos del suelo en su estado natural y darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo, las propiedades mecánicas se evalúan en laboratorio por medio de las muestras tomadas en campo sean estas alteradas o inalteradas.
- **Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.-** Se obtienen muestras alteradas pero representativas del suelo. Las herramientas utilizadas son barrenos helicoidales o posteadoras, como los mostrados en la siguiente figura.

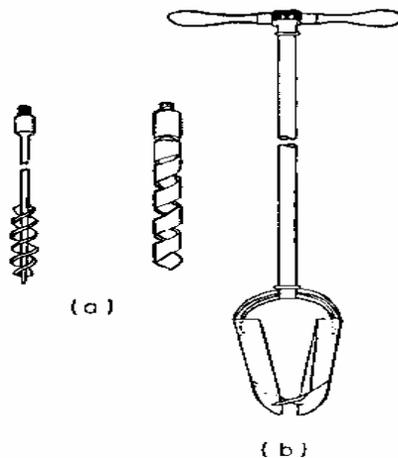


Fig.1 Herramientas para sondeos exploratorios por rotación a) Barrenos b) Posteadoras

Un principio es que para suelos arenosos el paso de la hélice debe ser muy cerrado y para suelos plásticos es muy abierto.

Las posteadoras se hacen penetrar al terreno ejerciendo manualmente presión y por medio de un giro sobre el maneral adaptado al extremo superior de la tubería de perforación esta va penetrando o hincándose en el terreno, la operación de aplicado de presión y giro se repite tantas veces sean necesarias como la profundidad en estudio lo requiera. Las herramientas se conectan al extremo de una tubería de perforación, y se van añadiendo tramos de la misma longitud hasta alcanzar la profundidad necesaria. Para arenas localizadas abajo del nivel freático se utilizan cucharas de extracción.

- **Métodos de lavado.-** Consiste en inyectar agua a presión por medio de una tubería previamente hincada dentro de un ademe metálico, al inyectar el agua, ésta hace que se suspenda el material localizado entre el ademe y la tubería de inyección. Una vez fuera el material es recogido y colado para analizarse, este procedimiento es muy económico y rápido y sirve para conocer aproximadamente la estratigrafía del suelo, aún con el inconveniente de que las fronteras de la estratigrafía se pierden, por lo cual solo sirve como estudio previo a trabajos más detallados y por ningún motivo deben ser consideradas como suficientemente representativas para realizar ninguna prueba en laboratorio. Existen ocasiones en que es conveniente colocar una cuchara toma

muestras en el fondo de la tubería y así obtener una muestra del fondo no tan alterada.

- **Método de penetración estándar.-** Corresponde al estudio que mejores resultados ofrece al especialista, ya que proporciona mayor y más útil información del subsuelo. Consiste en hincar en el terreno por medios mecánicos un penetrómetro estándar (cuyas dimensiones y accesorios están perfectamente establecidas en la normativad respectiva). El penetrómetro es montado en un tripie y es golpeado por medio de un martinete con peso de 63.50 kg desde una altura establecida en 76 cm, estos golpes se cuentan hasta registrar el número que provoca una penetración de 30 cm, a cada 60 cm. es retirado el penetrómetro el cual es hueco y generalmente de media caña (para facilitar el retiro de la muestra) y de este último se retira la muestra inalterada. Una vez retirada la primera muestra, se limpia el pozo con una posteadora o con una cuchara de extracción para introducir nuevamente el penetrómetro libre de obstáculos y al tocar el fondo de la muestra anterior, se hinca 15 cm, a partir de ese momento se registran el número necesario de golpes para hincar el penetrómetro otros 30 cm y a partir de este momento el procedimiento es repetido tantas veces como sea necesario para alcanzar la profundidad de estudio. Posteriormente en laboratorio se establecen correlaciones entre las muestras realizadas en campo y las ensayadas en laboratorio (muestras inalteradas), para diversos tipos de suelos. Las relaciones que se pueden obtener son: La compacidad, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), en arenas y el valor de resistencia a la compresión simple,  $q_u$ , en arcillas, para las correlaciones se utiliza el número de golpes necesarios en el suelo en estudio para que el penetrómetro estándar entre los 30 cm especificados.
- **Método de penetración cónica.-** Consiste en hacer penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece. Existen dos procedimientos dentro de este estudio, el hincado estático que utiliza un gato hidráulico con su respectivo manómetro para su hincado y el método dinámico que se hace por medio de golpes con un martillo que cae. Las alturas y pesos se hacen coincidir con las del método de penetración estándar, aunque ha diferencia del método de penetración estándar no existen las correlaciones mencionadas, por lo cual los resultados por el método de penetración cónica son de dudosa interpretación.
- **Perforaciones en boleos y gravas.-** Se utilizan para atravesar estratos de voleos y gravas que presentan grandes dificultades para ser perforados con los métodos preliminares descritos anteriormente; utiliza herramienta y equipo generalmente más pesado que las pruebas anteriores como barretones, taladros de acero con dureza suficiente, los cuales se elevan y dejan caer para provocar la perforación del estrato en estudio.
- **Método Geoeléctrico resistivo.-** Basado en que cada suelo dependiendo de su composición presenta distinta resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida en su medio y por medio de la comparación con valores medidos en laboratorio se pueden inducir los resultados.

El estudio detallado de cada uno de estos métodos queda fuera del alcance de este trabajo.

## **II.- Procedimiento Constructivo.**

### **II.1.- Antecedentes**

El sistema constructivo de HDD surge como una necesidad para ejecutar obras de canalización y cruces de vías principales sin necesidad de obstaculizar dichas vías sean estas carreteras, vías férreas, canales, ríos, o incluso calles y avenidas de una zona completamente urbanizada. La virtud principal del procedimiento es permitir la operación de la infraestructura existente mientras el o los nuevos servicios se instalan, reduciendo de esta forma las molestias a los usuarios eliminando además los costos asociados por retraso de los usuarios a sus centros de trabajo.

El método constructivo emplea la perforación direccional la cual es un sistema de construcción que consiste en la instalación de servicios subterráneos sin necesidad de excavar cepa.

La perforación direccional horizontal constituye una excelente alternativa de los métodos tradicionales de instalación de servicios. A diferencia del trabajo manual, la apertura de zanjas o la excavación, el proceso de Perforación Direccional Horizontal es especialmente idóneo en zonas urbanas o lugares en los que existan obstáculos sobre la superficie cuya modificación resulte costosa, inconveniente o imposible para la instalación de un nuevo servicio. Las máquinas para la HDD instalan servicios subterráneos debajo de obstáculos tales como carreteras, ríos, arroyos, edificios y autopistas con un impacto mínimo o inexistente para la superficie al descubierto.

Existen diferentes tamaños de perforación direccional horizontal. Independientemente del tamaño de la máquina, ésta tiene tres funciones:

- Rotación/ percusión
- Empuje
- Retirada y flujo de líquidos de perforación.

Las máquinas de HDD perforan por debajo de obstáculos o alrededor de los mismos ya que la finalidad es evitar éstos. Después de haberse planificado la trayectoria a seguir, se realiza una perforación guía generalmente de 3 ½" de diámetro utilizando una serie de barras de perforación conectadas a un cabezal o barreno. Una vez finalizada, se acopla una broca de ampliación a las barras de perforación que ensancha la trayectoria efectuada para introducir el producto o servicio que se desea a instalar.

Existen varios factores que determinan el sistema a utilizar en una obra, en nuestro país siempre hablamos del factor económico sobre todo en el sector gubernamental, pero para este método novedoso deberá de evaluarse siempre la reducción de molestias que ocasionan de tiempo, de riesgos asociados al trabajar en la vía pública, así como la limpieza de obra y la reducción de costos asociados al proceso como por ejemplo la casi nula interferencia en el tránsito vehicular, disminuyendo así los cargos por horas hombre, combustible, emisiones contaminantes e interferencias de tránsito ocasionados a los usuarios.

En la iniciativa privada es bastante común buscar una relación de costo beneficio que justifique la decisión de optar por determinado proceso constructivo y es precisamente en este sector donde actualmente se ve mayor apertura y disposición de trabajo, un ejemplo claro resultan los proyectos realizados en centros comerciales donde los estacionamientos no pueden dejar de operar por la instalación de nuevos servicios; en estos casos se trató de automatizaciones de estacionamientos a base de fibra óptica. Otro claro ejemplo se tiene en las nuevas líneas de conducción de gas natural construidas recientemente en las principales avenidas de la Ciudad de México D. F.

Para otros casos tales como las ciudades coloniales que actualmente han sido catalogadas como patrimonio de la humanidad o ciudades simplemente turísticas donde la imagen debe ser cuidada con esmero este tipo de procedimientos deberían ser utilizados frecuentemente.

## II.2.- Descripción del Procedimiento Constructivo.

El procedimiento consiste en la perforación horizontal de un túnel subterráneo que es capaz de modificar su dirección y profundidad a voluntad, de acuerdo a la necesidad de evitar obstáculos o interferencias de servicios instalados con anterioridad, o bien, por un diseño específico de la obra, además de ser factible de aplicar en casi cualquier tipo de terreno.

Existen dos métodos de perforación direccional los cuales dependen básicamente de la estratigrafía del terreno, estos métodos son:

- Para el caso de materiales considerados como tipo I o II<sup>1</sup>, el método constructivo utilizado es por rotación.
- Para el caso de material tipo III<sup>2</sup> el método constructivo es por percusión.

Para tal efecto, se utiliza maquinaria especializada de perforación direccional horizontal, en cuyo cabezal de perforación lleva una sonda electrónica de posición que transmite una señal de radio frecuencia, la cual es detectada por un localizador en la superficie del terreno y por otro en el tablero de instrumentos del operador de la máquina perforadora, lo cual permite a éste saber siempre la dirección y profundidad del cabezal, dependiendo de la dureza del terreno, longitud y diámetro de la perforación, varía la potencia necesaria para realizar un túnel, lo anterior se debe de tomar en cuenta para la selección correcta del equipo.



Fotografía No.1  
Muestra un corte frontal donde se aprecia la posición de la máquina, dirección de perforación, localización del cabezal y barras de ensamble.

---

<sup>1</sup> De acuerdo a la clasificación dada por la clasificación de obras del Distrito Federal, material tipo I es aquel que se puede retirar con el uso exclusivo de una pala; el material tipo II requiere de pico y pala.

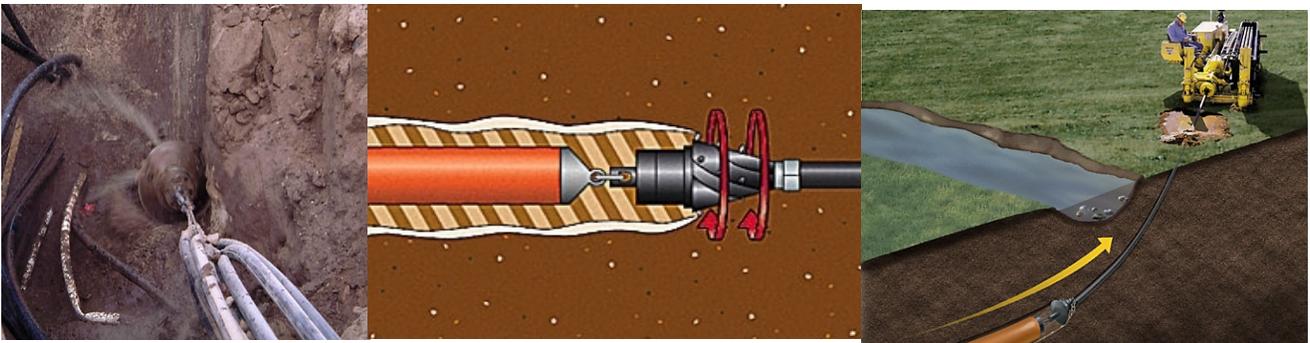
<sup>2</sup> De acuerdo a la clasificación dada por la clasificación de obras del Distrito Federal, material tipo III es aquel que requiere el uso de maquinaria especializada o incluso explosivos.

## II. 3- Perforación direccional horizontal por el método de rotación:

- Este método es aplicable en cualquier tipo de terreno a excepción de la roca.
- Una vez planeada la ruta que seguirá el túnel, y considerando las interferencias existentes entre los puntos de inicio y terminación se excavan dos ventanas o trincheras de 1.00x 1.00x1.00 m, una de ingreso y otra en el extremo opuesto o de salida del barreno piloto.
- Se identifican físicamente las interferencias detectadas en el levantamiento.
- La máquina de perforación es colocada en posición y anclada al terreno por medio de dos pequeñas perforaciones de 0.10 metros de diámetro cada una y aproximadamente 0.40 metros de profundidad. Este anclaje es necesario ya que con esto se soportan los empujes de perforación y que ocasiona la instalación de las tuberías en el jalado de las mismas. El ángulo de la broca en la trinchera de entrada puede variar entre los 20 y 25° evitando forzar en exceso las barras de perforación. El ángulo de salida deberá de ser de al menos 8° para facilitar las maniobras de cambios de accesorios e introducción del tubo.
- Prueba y calibración de equipo de transmisión y recepción (Digitrack) sonda de radio transmisión de frecuencia el cual nos indicará en cada momento datos de temperatura, profundidad, inclinación en grados y posición de la barrena de rotación.
- Instalación de barras de perforación y cabezal al frente.
- Instalación de las tuberías provenientes del sistema de lodos de acuerdo al terreno existente.
- Conexión de equipo a sistema de tierra, esta acción se realiza por seguridad y consiste en hincar en el terreno una varilla coperwell de ½” la cual está a su vez conectada al equipo de perforación.
- Inicio de Perforación. Conforme avanza la broca de perforación se van colocando las barras o extensiones las cuales son de acero flexible y tienen una longitud de 3.10 m cada una. Estas barras se van ensamblando de acuerdo al avance de la perforación; son huecas y por ellas es por donde se bombea el fluido de perforación a base de agua, bentonita y polímeros, el cual tiene las funciones de enfriar el cabezal de perforación, ir sellando y lubricando el barreno, sirviendo también como ademe para evitar su colapsamiento.
- Una vez que el barreno piloto sale por la trinchera opuesta, se quita el cabezal de perforación y se coloca un ampliador o rima del diámetro que permita el ingreso de la tubería que se va a instalar, la cual se une al ampliador y así se inicia (operando en sentido contrario al de perforación) el proceso de jalado e instalación de la tubería hasta que sale por la ventana de entrada. Algunas veces es conveniente realizar la ampliación en más de una etapa pero el principio es el mismo.
- Registro de datos. Conforme se avance en la perforación se lleva el registro de datos obtenidos por medio del Digitrack y posteriormente ya en gabinete se traza el túnel “as built”.
- Diámetro final de la perforación. Dependiendo del equipo seleccionado puede variar desde 3 ½ hasta 18”, obviamente las ampliaciones van incrementándose de forma gradual.



Fotografía No. 2  
Operación del Digitrack para control de perforación tanto en dirección, como en longitud y profundidad.



Fotografía No. 3  
Operación de jalado e instalación de nuevas canalizaciones. Nótese que el sentido de esta operación es inverso al de la perforación.

Este método está siendo cada vez más utilizado en todo el mundo, pues es confiable, seguro, y más económico, si tomamos en cuenta su velocidad de avance y la disminución de “costos sociales”, es decir, aquellos asociados con las molestias al público por causas derivadas de los procedimientos de excavación de cepas a cielo abierto.

## II.4.- Perforación direccional horizontal por el método de Percusión:

Este sistema es aplicable exclusivamente a materiales tipo III, rocas de cualquier tipo y clase. Por el principio de perforación es lógico pensar que mientras más sano y resistente sea el terreno mayor facilidad de perforación.

En este procedimiento se utiliza la misma maquinaria de perforación la cual es complementada con equipo de percusión. Este equipo se compone de un compresor, un dosificador de mezcla aire –agua- aceite y un martillo con cabeza de diamante, el cual consiste en un pistón equipado con la misma sonda radio transmisora de profundidad y dirección que el rotación, El martillo es impulsado por el aire comprimido que recibe a través de las barras huecas descritas anteriormente; por las mismas barras recibe además el agua y aceite necesarios para la lubricación del equipo y del terreno. Ambos líquidos serán expulsados por el cabezal, lo cual inicia justo en el momento que el martillo de perforación encuentra la resistencia necesaria del terreno para trabajar. Es necesario enfatizar que el martillo trabajará al encontrar resistencia del terreno, no antes, confirmando el hecho de que mientras más sano y duro sea el terreno mejor trabajará el martillo.

El procedimiento de trabajo se puede resumir como sigue:

- Una vez planeada la ruta que seguirá el túnel y considerando las interferencias existentes entre los puntos de inicio y terminación se excavan dos ventanas o trincheras de 1.00x 1.00x1.00 m, una de ingreso y otra en el extremo opuesto o de salida del barreno piloto.
- Se identifican físicamente las interferencias detectadas en el levantamiento.
- La máquina de perforación es anclada al terreno por medio de dos pequeñas perforaciones de 0.10 metros de diámetro cada una y aproximadamente 0.40 metros de profundidad. Este anclaje es necesario ya que con él se soporta el empuje de la perforación así como el que ocasiona la instalación de las tuberías en el jalado de las mismas. El ángulo de la broca en la trinchera de entrada puede variar entre los 20 y 25° evitando forzar en exceso las barras de perforación. El ángulo de salida deberá de ser de al menos 8° para facilitar las maniobras de cambios de accesorios e introducción del tubo.
- Prueba y calibración de sonda de radio transmisión de frecuencia. Nos indicará en cada momento datos de temperatura, profundidad, inclinación en grados y posición de la barrena de percusión.
- Instalación de barras de perforación y martillo al frente.
- Interconexión del sistema Power Pack. Nos dará una mezcla apropiada de aire, agua y polímero a la máquina perforadora de acuerdo al tipo de roca.
- Conexión de equipo a sistema de tierra. Esta acción se realiza por seguridad y consiste en hincar en el terreno una varilla copperwell de ½” la cual está a su vez conectada al equipo de perforación.
- Inicio de Perforación. Conforme avanza la broca de perforación se van colocando las barras o extensiones las cuales son de acero flexible y tienen una longitud de 3.10 m cada una. Estas barras se van ensamblando de acuerdo al avance de la perforación; este ensamble se da por medio de conexiones roscadas y se realiza automáticamente en la máquina. Las barras son huecas y por ellas es por donde se bombea el fluido de perforación a base de agua, aceite y polímeros. Dicho fluido tiene las funciones de enfriar el cabezal de

perforación, ir sellando y lubricando el barreno, sirviendo también como ademe para evitar su colapsamiento.

- Una vez que el barreno piloto sale por la trinchera opuesta, se quita el cabezal de perforación y se coloca un ampliador o rima del diámetro que permita el ingreso de la tubería que se va a instalar, la cual se une al ampliador y así se inicia (operando en sentido contrario al de perforación) el proceso de jalado e instalación de la tubería hasta que sale por la ventana de entrada. Algunas veces es conveniente realizar la ampliación en más de una etapa pero el principio es el mismo.
- El barreno piloto varía según las necesidades de cada caso y puede ir desde 2 hasta 5 1/4”.
- Registro de datos. Conforme se avance en la perforación se lleva el registro de datos obtenidos por medio del Digitrack o equipo localizador y posteriormente ya en gabinete se traza el túnel “as built”.
- El diámetro ampliado de la perforación, dependiendo del equipo seleccionado, puede variar desde 5 1/4 hasta 24”, igual al método de rotación los diámetros de ampliación van aumentando en forma sucesiva para evitar colapsamiento en el túnel.

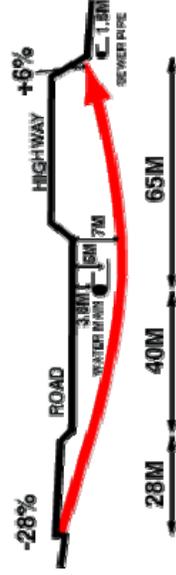
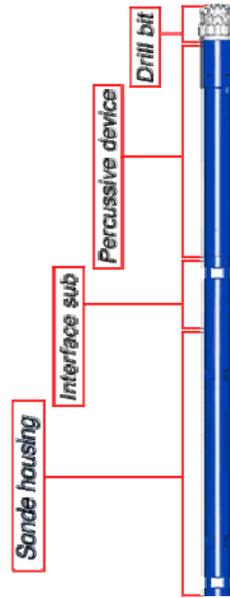


Fotografía No. 4  
Máquina perforadora iniciando los trabajos de perforación en roca.



tel kom

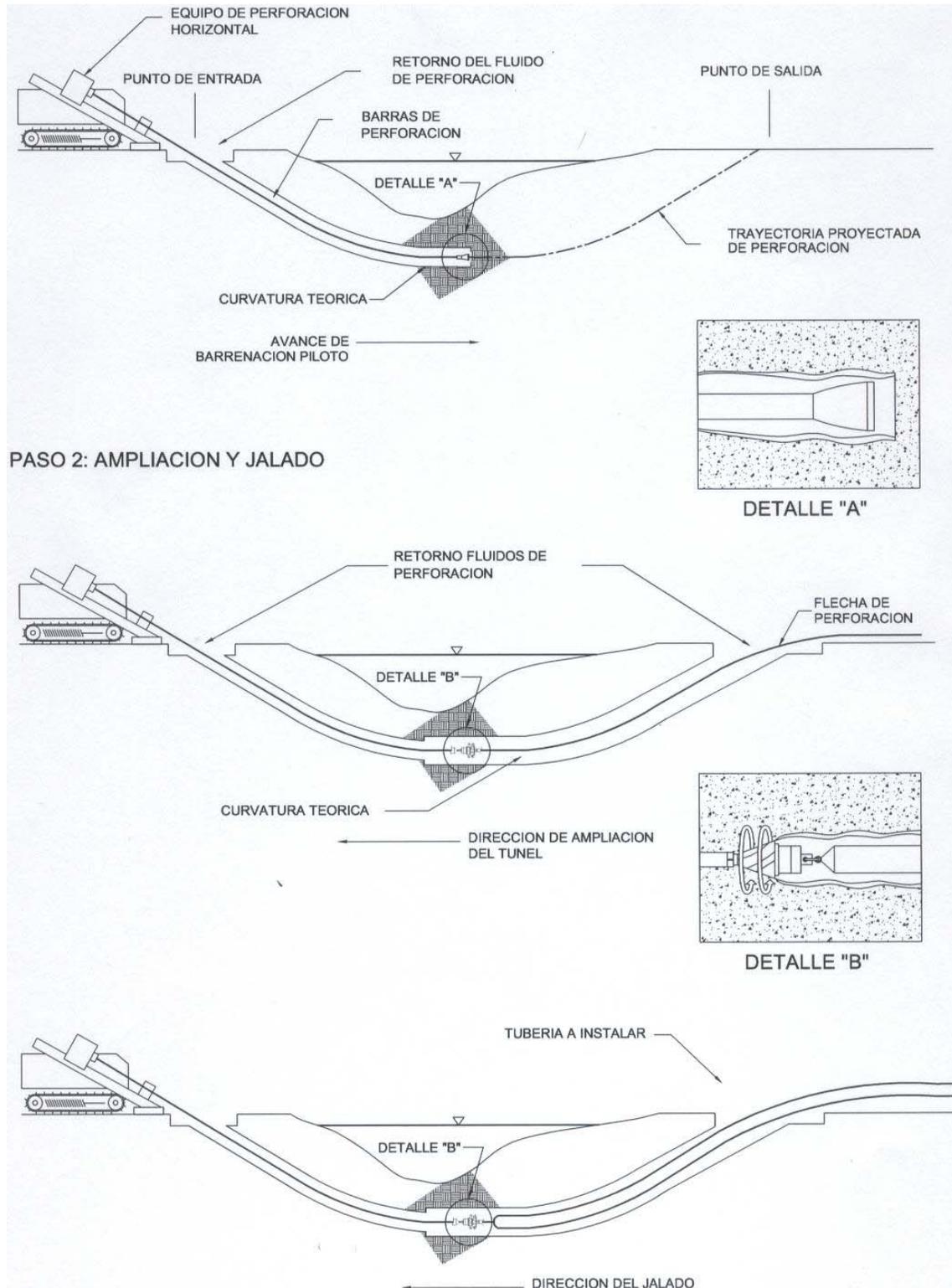
### SISTEMA DE PERFORACION EN ROCA HALCO STORM 500



Fotografía No. 5  
Accesorios y equipo complementario para perforación en roca, estos son adicionales a la perforadora direccional.

En la figura No. 6 se describen las tres acciones básicas de la perforación direccional horizontal.

- Rotación/ percusión.
- Empuje
- Retirada y flujo de líquidos de perforación.



## **II.5.- Términos Asociados al Proceso Constructivo.**

### **II.5.1 Dirección.**

La dirección se refiere al control del sentido de la trayectoria de perforación. La forma de la broca en el cabezal o barreno permite al operador cambiar la trayectoria de perforación durante la misma. Imaginemos una carátula de un reloj, entonces, cuando el operador apunta la broca de perforación hacia abajo, a la posición de las 6 en punto, y empuja el cabezal o barreno hacia adelante, el cabezal gana profundidad. Cuando la broca adopta la posición de las 12 en punto, el cabezal sube. Si se empuja a la posición de las 9 en punto, el cabezal se desplaza a la izquierda. Si se empuja a la posición de las 3 en punto, el cabezal se desplaza a la derecha. Si no se necesita cambiar la trayectoria, el cabezal o barreno y la barra giran mientras se empujan.

### **II.5.2 Inclinación.**

La inclinación del cabezal o barreno puede ser expresada tanto en grados como en porcentaje de pendiente. Si la inclinación es cero el cabezal o barreno estará en posición horizontal. Si la inclinación es negativa, la orientación del cabezal estará orientada hacia abajo. La inclinación positiva indica que el cabezal o barreno está orientado hacia arriba. Conociendo la inclinación del cabezal se puede calcular el incremento de la profundidad, así mismo la longitud necesaria para obtener la profundidad requerida.

### **II.5.3 Localización.**

Antes de empezar una perforación, se equipa el cabezal o barreno con un transmisor que envía señales a un receptor en la superficie durante la perforación. Durante una perforación se debe rastrear la situación de la cabeza del barreno para proporcionar información sobre su dirección al operador de la máquina de HDD.

### **II.5.4 Ampliadores.**

Cuando se haya finalizado una perforación guía, el cabezal o barreno se reemplaza por un ampliador. Usando el líquido de perforación y la serie de barras de perforación, se tira del ampliador al mismo tiempo que se va rotando por la trayectoria para ensancharla y poder introducir el producto o servicio que se desea instalar. Algunas veces se realiza una ampliación previa para ensanchar por etapas la pared del micro túnel. A continuación se acopla el servicio a ser instalado a la serie de barras de perforación y se tira de él hasta colocarlo en su lugar. Se dispone de muchos estilos y tamaños de ampliadores para diferentes condiciones de terreno y tamaños del producto.

### **II.5.5 Tipos de Suelos.**

Esta clasificación es aplicable única y exclusivamente al proceso de perforación direccional por la simplicidad que implica y no intenta contraponerse a clasificaciones más complejas y desarrolladas como por ejemplo el sistema único de clasificación de suelos (SUCS).

La clasificación de interés desde el punto de vista de la perforación direccional es en dos categorías generales: suelos gruesos consistentes en gravas y arenas y suelos finos

incluyendo arcillas y pizarras. Los suelos gruesos no pueden compactarse y permiten que el agua circule libremente perdiéndose en el subsuelo. Por otro lado los suelos finos normalmente impiden que el agua circule hacia el subsuelo y tienen una gran tendencia a ponerse pegajosos y a expandirse cuando se mezclan con agua. Además en la naturaleza regularmente se encuentran suelos formados con las características de los dos tipos de suelo antes mencionados. Cuando el terreno donde se desarrollará una perforación direccional es roca, nuestro principal interés será determinar el tipo de roca y el grado de fracturación que ésta presente, pues es determinante para establecer el grado de mezcla agua- aire- polímero necesario para que el fluido de perforación no se pierda en el subsuelo.

### II.5.6 Aditivos de fluidos.

Dependiendo de las condiciones del terreno en el lugar de trabajo, deben mezclarse ciertos aditivos con el líquido de perforación.

- Se añade bentonita al líquido de perforación que se vaya a usar en suelos de tipo grueso. La bentonita forma una costra de lodo alrededor de la pared de perforación para evitar que el fluido de perforación se disipe hacia el subsuelo.
- Se usan polímeros y agentes tensioactivos en los suelos finos. Los polímeros reducen la expansión del suelo y lubrican la trayectoria de perforación para reducir la fricción en las barras de perforación y el servicio a instalar.

### II.5.7 Volumen de retirada.

La cantidad de fluido de perforación que se usa en un proyecto de HDD es de igual importancia que el tipo de fluido que se usa. Su objetivo es tener suficiente fluido para permitir que las partículas removidas salgan de la trayectoria de perforación a medida que son desplazadas hacia afuera por el servicio que se está instalando. Debe tenerse en cuenta el tamaño de la perforación y las condiciones del terreno a la hora de determinar el volumen de líquido o lodo de perforación a ser utilizado. Para determinar la cantidad de líquido en la trayectoria de perforación debe usarse la siguiente fórmula:

Sistema métrico:

Diámetro del amplificador en centímetros cuadrados dividido entre 2 = litros por metro.

$$\left[ \frac{D_a^2}{2} \right] \quad (\text{lt/m})$$

$D_a$  = diámetro del amplificador en cm.

Litros por metro multiplicados por metros de la trayectoria de perforación = litros de líquido en la trayectoria de perforación.

$$\left[ \frac{D_a^2}{2} \right] * L = \text{volumen en trayectoria.} \quad (\text{lt/m})$$

L= Longitud total de perforación en metros.

Sistema inglés:

Diámetro del amplificador al cuadrado dividido entre 24,5 = galones por pie.

$$\left[ \frac{D_a^2}{24.5} \right] \quad (\text{Gal/ft})$$

$D_a$  = diámetro del amplificador en inch.

Galones por pie multiplicados por pies de la trayectoria de perforación = galones de líquido en la trayectoria de perforación.

$$\left[ \frac{D_a^2}{24.5} \right] * L = \text{volumen en trayectoria en (gal).}$$

L= longitud de perforación en (ft).

**Se necesita añadir suficiente lodo de perforación a la trayectoria para crear un fluido eficiente.** Por regla general, la cantidad mínima de fluido que se necesita producirá una relación 1:1 de líquido de perforación durante la trayectoria. En ciertas condiciones de terreno (secos o arcilla expansiva), se necesita una mayor proporción de líquido o lodo de perforación con relación a otros tipos de suelos.

La razón más frecuente de perforaciones que fallan o se atascan es el uso de una cantidad insuficiente de líquido de perforación. La fórmula del volumen de retirada le ayudará a planear cuánto líquido de perforación se necesitará en el lugar de trabajo.

### **II.5.8 Velocidad de retirada.**

La instalación del producto con paciencia y el uso de suficiente líquido de perforación contribuirán enormemente a asegurar una instalación sin problemas. Después de determinar cuánto fluido de perforación por metro (pie) se va a usar, es conveniente multiplicar esta medida por la longitud de la barra de perforación que se vaya a usar para determinar el volumen de líquido necesario para cada barra. Al dividir el volumen total por barra por el volumen de líquido bombeado por minuto se obtendrá el tiempo de retirada mínimo para esa barra.

En algunos casos, la capacidad de bombeo de una unidad podría en teoría reducir el tiempo de retirada a un mínimo. Es muy importante que la instalación sea lo suficientemente lenta como para permitir que el fluido de perforación y el suelo se mezclen apropiadamente en la trayectoria de perforación.

### **II.5.9 Tipos de herramientas.**

Las herramientas son un componente esencial del proceso de HDD, ya que están sujetas a desgaste. Piezas como los cabezales o barrenos, brocas de corte y ampliadores están sujetos a mayor deterioro y por lo tanto deberán de reemplazarse con mayor frecuencia, por este motivo son considerados como consumibles.

### **II.5.10 Barra de perforación.**

La barra de perforación está diseñada para empujar los cabezales o barrenos y tirar de los ampliadores y del nuevo producto a través de la trayectoria de perforación. Están fabricadas con un hueco en el centro para permitir que el líquido de perforación circule a través de las mismas hasta el cabezal de perforación o ampliador y salga hacia el micro-túnel. La barra de perforación tiene un radio de curvatura permisible que determina cuánto se puede maniobrar para producir la trayectoria deseada. El radio de curvatura es específico para cada longitud y diámetro de barra. La barra de perforación FIRESTICK® de Vermeer tiene un diseño forjado de una sola pieza para una mayor productividad durante el ciclo de vida.

### **II.5.11 Cabezal de perforación.**

El cabezal o barreno se conecta al extremo de la barra de perforación y contiene el transmisor de localización y la broca de corte. Los cabezales o barrenos también transfieren el fluido de perforación de la barra a la broca. Los cabezales o barrenos pueden conectarse a la barra de perforación usando un sistema de conexión Splinelok™ o de collar hexagonal. Se

dispone de una variedad de cabezales o barrenos para ser utilizados en diferentes aplicaciones y condiciones del terreno.

- Cabezal o barreno estándar — Para condiciones de terrenos normales.
- Cabezal o barreno TriHawk™ — Para condiciones que van desde suelos normales a formaciones rocosas blandas.
- Sistema de perforación neumática para rocas AS6 RockFire™ — Para uso corto a intermedio en formaciones de rocas macizas.
- Cabezal o barreno desarmable de tres piezas — Para perforaciones profundas y largas en las que se deben utilizar transmisores o sondas alimentadas por cable.

### **II.5.12 Brocas de perforación.**

Las brocas se acoplan al cabezal o barreno y realizan la acción de corte durante una perforación. Se dispone de muchas brocas de perforación para diversas condiciones de suelos. Vermeer ofrece una gran variedad de brocas, entre las que se incluyen brocas estándar para suelos normales y brocas con punta o fragmentos de carburo de tungsteno para suelos más duros y abrasivos.

### **II.5.13 Ampliadores.**

Se dispone de una gran variedad de ampliadores para diversas condiciones de terreno. La función primordial de todos los ampliadores es preparar la trayectoria de perforación cortando, cizallando y mezclando la tierra y el líquido de perforación para convertirlos en una sustancia denominada lodo. Al instalar el producto, el tamaño del ampliador debe ser mayor que el diámetro exterior del servicio a ser instalado para que quede una capa de lodo entre la pared del micro-túnel y el servicio instalado.

### **II.5.14 Accesorios para instalar tuberías.**

Se usan accesorios para instalar tuberías a fin de aumentar el rendimiento de la instalación del servicio y la eficacia del proyecto. Entre algunos de los accesorios usados más comúnmente se incluyen:

- Placas giratorias, las cuales evitan que la tubería a instalar gire mientras esta siendo colocada.
- Instaladores de tuberías (incluidas empuñaduras, instaladores ahusados expansibles e instaladores tipo zanahoria). Permiten instalar la(s) tuberías en la trayectoria de perforación.

### **II.5. 15 Digitrack.**

El tipo de localizador que se usa más comúnmente en la perforación direccional horizontal es un sistema de rastreo, el cual se compone de un transmisor (sonda) que se instala en el cabezal de perforación y un receptor (digitrack). Este sistema permite que el operador del digitrack camine sobre la superficie por encima del barreno y el aparato interprete las señales emitidas constantemente por el transmisor, las cuales se muestran en una pantalla tanto del receptor como en la máquina de perforación. De esta manera podemos tener el control al ciento por ciento de la posición del barreno, obteniendo información como inclinación, dirección, profundidad; este sistema aunado a un sistema de intercomunicación entre el jefe de cuadrilla, el operador del digitrack y el operador de la máquina perforadora garantiza el control de la perforación.

### **II.5.16 Líquido de perforación.**

El fluido de perforación es un componente importante en el proceso de la HDD. Dicho fluido se mezcla en una planta portátil de lodos ubicada en la superficie del terreno (la mezcla generalmente para terrenos tipo I y II, es básicamente agua y bentonita y para el caso de terrenos tipo III la mezcla es aire, agua y polímeros). Dicha mezcla al ser bombeada es conducida por la máquina y a través de las barras de perforación pasando por el cabezal hasta salir por la broca o ampliador que se este utilizando en ese momento, al salir el lodo dentro de la perforación se mezcla con la tierra en la trayectoria de perforación y crea una circulación de lodo que se desplazará por el micro-túnel a medida que se tira de la tubería a ser instalada. El flujo de lodo tiene varias funciones importantes en el proceso pues enfría la caja de la sonda transmisora que se encuentra dentro del cabezal de perforación, lubrica las barras de perforación, suspende las partículas para evitar que la tubería del producto se atasque durante la perforación, lubrica y sella las paredes del micro-túnel para evitar que este colapse, así mismo evita la pérdida del lodo de perforación, disminuyendo la fricción generada entre las paredes del micro-túnel y las paredes de las tuberías a instalar.

Existen también diferentes aditivos para los lodos de perforación, según se necesite aumentar el peso específico de la mezcla para transportar los cortes, o un mejor elemento para el sellado de la pared del túnel, o bien un lubricante más efectivo para compensar la resistencia abrasiva del terreno.

Para seleccionar el tipo de lodos a utilizar normalmente se recurre al proveedor de aditivos para determinar que elemento o combinación de elementos es más conveniente de acuerdo al tipo de suelo que se vaya a atacar.

Lo más común en usarse es la bentonita y algún polímero. Ocasionalmente con cierto tipo de arenas se usan componentes espumosos, los cuales tienen la función de mantener las arenas en suspensión hasta su retiro.

**II.5.17 Unidad de poder (Power Pack).**- Esta unidad es el equivalente a la planta de lodos bentoníticos utilizada en el método de rotación. Su función es mezclar los tres componentes del fluido de perforación (agua-aceite-polímero) para el sistema de percusión.

Con el sistema de perforación direccional horizontal, se obtienen las siguientes ventajas:

La probabilidad de daño a instalaciones es mínima.

Colocar dentro del túnel uno o múltiples ductos de polietileno de alta densidad (hdpe por sus siglas en ingles), sin necesidad de camisa protectora.

El tiempo de ejecución de la obra es menor y con disminuye las molestias para el público.

Con el sistema de túnel con perforación direccional horizontal, se evita:

Daño a instalaciones superficiales o edificios en la ruta del túnel.

La demolición de banquetas o pavimentos y su reposición.

Acarreo de materiales producto de las demoliciones y excavaciones a cielo abierto.

Posibles asentamientos por mala compactación de la cepa.

Riesgo de ruptura de tomas domiciliarias de agua potable, drenaje o de otros servicios públicos.

Obstrucción de entrada y salida de cocheras durante la ejecución del trabajo.

Riesgo de accidente entre los transeúntes.

Costo social por congestionamientos de tránsito en horas pico, entre otros:

- Horas hombre perdidas.
- Contaminación por combustible.

Accidentes viales.

Deterioro en las relaciones con los vecinos por molestias durante la construcción de la obra.

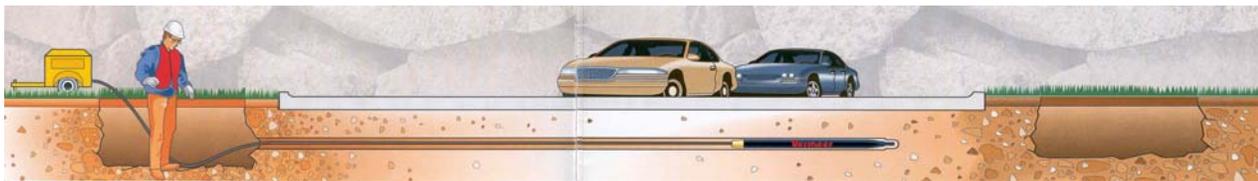
## II.6.- Sistema de Perforación con topo.

Es un procedimiento de canalización subterránea en base a la perforación de un túnel horizontal con un equipo de percusión neumático (topo), en donde se instalarán los servicios bajo tierra sin necesidad de excavar cepa.

La maquinaria que se utiliza es el perforador horizontal neumático, comúnmente conocido como “topo” (ver fotografía 7). El cual es un cilindro en forma de bala y en cuyo interior corre un mecanismo accionado por aire comprimido que es un martillo de percusión, el cual literalmente va “introduciendo” el topo en el terreno de un extremo a otro de la ruta planeada.



Fotografía No. 7  
Corte longitudinal del perforador horizontal de pistón neumático.



Fotografía No. 8  
Corte esquemático del proceso de perforación con topo.

Este procedimiento es parecido al del método de perforación direccional de percusión, las diferencias son: que es utilizado para diámetros pequeños, utiliza mucho menos equipo, se recomienda utilizarlo para longitudes cortas (menores a 40 metros) y la perforación no es dirijible; por lo tanto depende de que no existan obstáculos o material que por sí mismos desvíen la trayectoria planeada.

El sistema consiste en la perforación horizontal recta de un túnel bajo el suelo, determinado por la necesidad de construir por debajo de instalaciones superficiales (edificios, puentes, calles, etc.) que no pueden ser dañadas o modificadas al encontrarse en la trayectoria de construcción de algún servicio subterráneo.

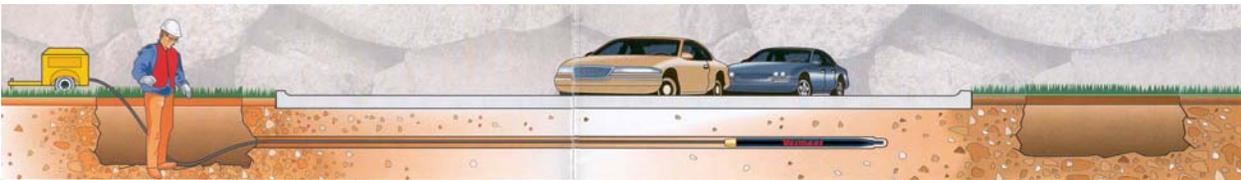
El procedimiento constructivo es simple: una vez establecida la ruta que seguirá el túnel, se excavan dos ventanas o trincheras: una de ingreso y otra en el extremo opuesto de salida. El topo es colocado en la ventana de entrada perfectamente nivelado y apuntado hacia donde se pretende salir, y se inicia el proceso alimentando aire comprimido para que avance, clavándose en el terreno, y conforme avanza se origina el túnel donde se instalará la tubería.

Este sistema está siendo cada vez más utilizado, pues es confiable, seguro, y económico si tomamos en cuenta el costo de la demolición de instalaciones superficiales con los procedimientos de excavación de cepas a cielo abierto.

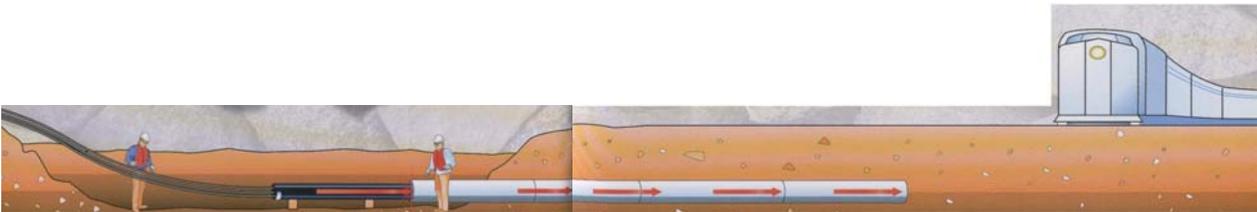
Existen tres tipos de procedimiento constructivo con topo:

- a.- perforación / jalado de ductería "pipe pulling" (ver fotografía 9)
- b.- hincado de tubería de acero "pipe ramming" (ver fotografía 10)
- c.- reventamiento de tubería rígida "pipe bursting" (ver fotografía 11)

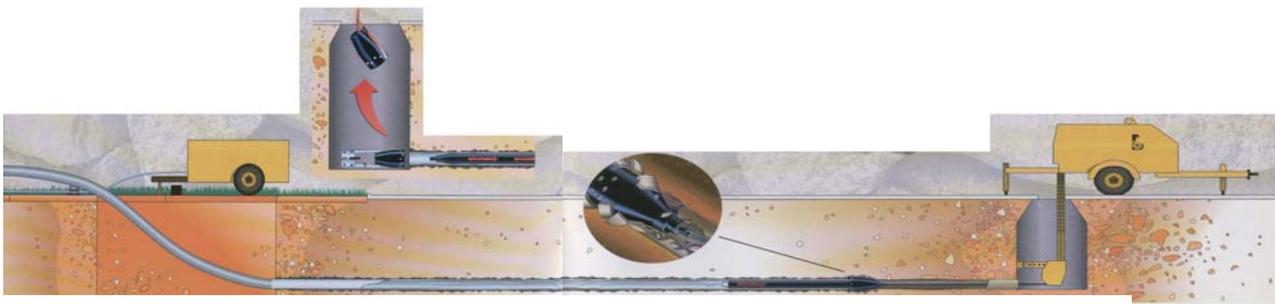
Este último es utilizado para sustituir tubería instalada, deteriorada y/o construida con materiales obsoletos, por tubería plástica.



Fotografía No. 9  
Perforación / jalado de ductos (pipe pulling)



Fotografía No. 10  
Hincado de tubería de acero (pipe ramming)



Fotografía No.11  
Reventamiento de tubería rígida (pipe bursting)

Las ventajas de perforación con topo vs. Cepa a cielo abierto es que se evita el:

- daño a instalaciones superficiales en la ruta del túnel,
- la demolición de banquetas o pavimentos y su reposición,
- posibles asentamientos por mala compactación de la cepa y
- riesgo de accidente entre los transeúntes.

Obteniéndose ventajas como el:

- cruce de vialidades sin interrupciones de tránsito,
- colocación dentro del túnel uno o múltiples ductos de polietileno de alta densidad (hdpe), sin necesidad de camisa protectora y
- el tiempo de ejecución de la obra es considerablemente menor y con menores molestias o complicaciones para el público.

### III.- Maquinaria, equipo necesario y tipos de tuberías recomendadas.

- Perforadora direccional.- Con la cual se realizarán los micro- túneles necesarios.
- Trailer cama baja.- Sirve para el transporte de la perforadora direccional y además en éste se monta la planta de lodos portátil.
- Planta de lodos.- En ella se realizan las mezclas de agua y bentonita usadas como fluido de perforación.
- Camión pipa.- Sirve para abastecer el agua necesaria para la fabricación de lodo de perforación.
- Camioneta de 31/2 ton.- En ésta se transporta todo el equipo y herramienta menor así como los accesorios necesarios de seguridad y señalamiento vial.

**Perforadora  
Vermeer**



**Direccional  
navigator D24a**

Fotografía No. 12  
Perforadora direccional horizontal trabajando. Obsérvese la planta de lodos montada sobre camión y el señalamiento vial y peatonal utilizado.



Fotografía No. 13

Cantidad mínima de lodo bentonítico que es extraído en el proceso constructivo.

### III.1.a.- Especificaciones de las perforadoras direccionales modelos D24x40a y D24a

	<b>D24x40a</b>	<b>D24a</b>
Tipo de máquina	Perforadora direccional	Perforadora direccional
Marca	Vermeer	Vermeer
Modelo	D24x40a	D24a
Motor	Cummins diesel	Cummins diesel
Modelo del motor	4BTA 3.9	6BT 5.9
Potencia del motor (h.p.)	125	140
Accionamiento	Totalmente Hidrostático	Totalmente hidrostático
Potencia de empuje	17,900 lbs, (8,119 kg)	17,900 lbs, (8,119 kg)
Potencia de jalado	23,800 lbs, (10,796 kg)	23,800 lbs, (10,796 kg)
Diámetro barreno piloto (“)	3.5 (8.89 cm)	3.5 (8.89 cm)
Diámetro máximo ampliador (“)	18 (45.72 cm)	18 (45.72 cm)
Profundidad máxima de localización	50', (15.24 metros)	50' (15.24 metros)

### III.1.b.- Especificaciones del equipo adicional para perforación método de percusión.

	<b>Compresor</b>	<b>Martillo</b>
Marca	Ingersoll Rand	Halco
Modelo	XHP 900 W	Strom 500
Motor	Caterpillar	
Modelo del motor	3406 TA	
Potencia (h.p.)	400	
Capacidad	900 PCM	2000 golpes/ min.
Presión (PSI)	350	350
Control Direccional	-----	4 a 14% @ 5 metros.
Diámetro del barreno piloto	-----	5 ¼ “
Diámetro del ampliador	-----	14 a 24”
Velocidad de perforación	-----	17 metros/hr.

### III.2 ACCESORIOS VARIOS.

En las siguientes imágenes se muestran una serie de accesorios utilizados durante la perforación direccional:



Fotografía No. 14  
Planta de lodos portátil, montada sobre la superficie del terreno.



Fotografía No. 15  
Planta de lodos portátil montada sobre camión de 3.5 ton con plataforma.



Fotografía No.16  
En esta fotografía se muestra la conexión de la planta de lodos a la máquina perforadora.



Fotografía No. 17  
Instalación de sonda de transmisión en cabezal estándar.



Fotografía No. 18  
Instalación de sonda trasmisora y calibración de la misma, este cabezal es más robusto y se utiliza para perforaciones guía de 3 ½" de diámetro.



Fotografía No. 19  
Muestra el proceso de transmisión y recepción de datos entre la sonda trasmisora (localizada en el cabezal de perforación) y el digitrack.



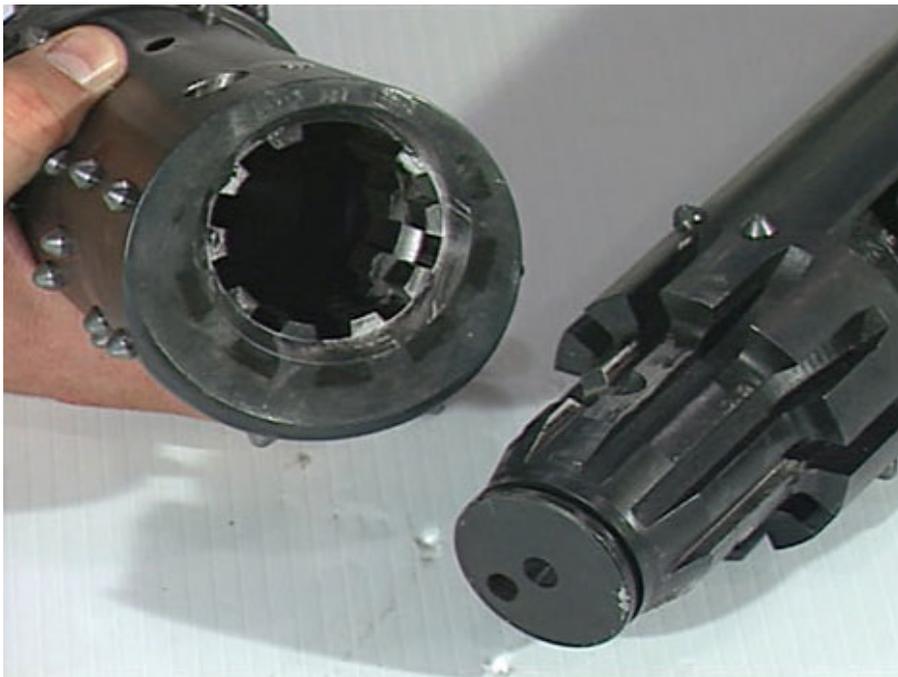
Fotografía No. 20  
Digitrack montado sobre ruedas y conectado a la computadora portátil, la cual procesa información como profundidad, dirección, inclinación, temperatura del terreno al nivel de perforación y permite comparar por medio de un programa sofisticado la trayectoria planeada contra la realmente perforada.



Fotografía No. 21  
Muestra el cabezal y la broca en posición así como la salida del fluido de perforación.



Fotografía No. 22  
Imagen que muestra la cuerda cónica exterior de una barra de perforación hueca, la cual se ensamblará posteriormente a otra barra con contra cuerda interior.



Fotografía No. 23  
Esta imagen muestra el tipo de conexión cónica utilizado para ensamblar las distintas piezas de un cabezal de perforación



Fotografía No. 24  
Distintos tipos de brocas de perforación utilizadas para trabajo en terrenos tipo I y II.  
Los “dientes” que se observan en el modelo Shark Bit son de carburo de tungsteno para  
Terrenos tipo II altamente cementados.



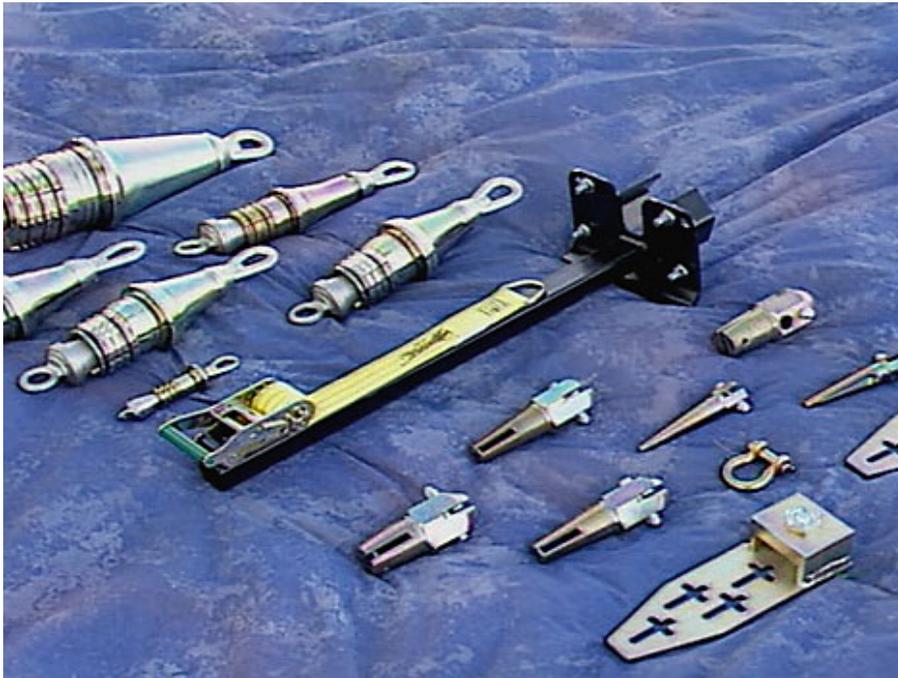
Fotografía No. 25

Brocas y ampliadores de distintos tipos y diámetros.



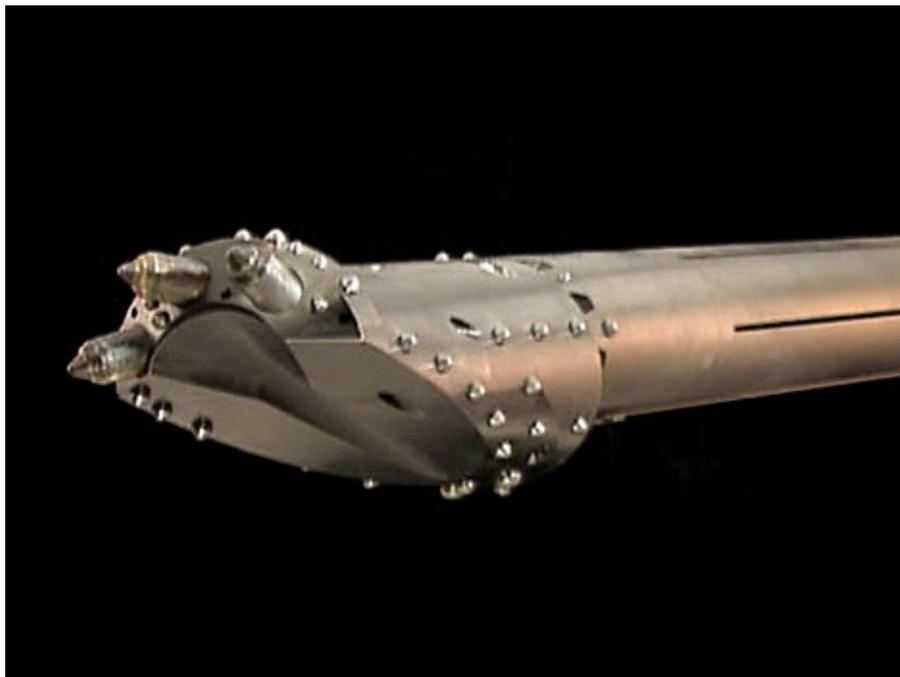
Fotografía No. 26

En el mercado existen ampliadores para las perforadoras direccionales horizontales considerando diámetros mayores de hasta 24”.



Fotografía No. 27

Algunos tipos de jaladores utilizados con la maquinaria para instalar las tuberías de polipropileno de alta densidad.



Fotografía No. 28  
Cabezal de perforación ya armado con broca para terreno tipo II ( alta dureza y Cementado). También puede ser utilizado para rocas blandas, terreno tipo III.



Fotografía No. 29  
Esta imagen muestra las acciones de tensado y arreglo para iniciar inmediatamente la ampliación e instalación de tuberías. Nótese la perforación

piloto.



Fotografía No. 30  
Inyección del lodo de perforación, ampliación e instalación así como el número de servicios a instalar en una sola acción de jalado.



Fotografía No 31  
En esta imagen observamos un jalador tipo empuñadura instalando un solo servicio.



Fotografía No. 32  
En esta imagen se muestra un jalador tipo zanahoria

### III.3.- Tubería recomendada para Canalización por túnel.

En perforación direccional se pueden instalar tuberías que podemos clasificar en dos grupos: rígidas y flexibles.

Las tuberías rígidas como el acero al carbón tienen la resistencia mecánica que las hace adecuadas para algunas obras de conducción de fluidos a presión y temperatura extrema, pero requieren recubrimientos anticorrosivos para prolongar su vida útil a causa de la oxidación, así mismo las soldaduras de unión requieren un alto grado de calificación del personal, y un riguroso control de calidad.

Otra alternativa cada vez más utilizada es la tubería flexible de polietileno de alta densidad (hdpe), un plástico poliolefínico que fue inventado en la década de los 50's. Este material, además de flexibilidad, ofrece otras ventajas como menores costos de instalación y mantenimiento, resistencia a la corrosión por humedad y de algunos agentes químicos, y una vida más larga.

En los trabajos donde se colocan tuberías para canalización de instalaciones a base de conductores de energía o para comunicaciones, ya sean de cobre o fibra óptica, el polietileno de alta densidad (hdpe), cumple más que satisfactoriamente con los requerimientos de una instalación subterránea de larga vida, resistencia a la corrosión y bajo mantenimiento, con la ventaja de que en diámetros hasta 4" se puede fabricar en rollos tipo manguera de 500 ft de longitud (150 metros). En diámetros mayores viene en tramos de 12.20 mts., que se unen mediante proceso de termofusión.



Fotografía No. 33

Muestra la tubería de polietileno de alta densidad. Es importante destacar la facilidad de manejo de la misma por ser ésta flexible. Existen en el mercado gran variedad de diámetros y colores para identificar los distintos tipos de servicios de acuerdo a códigos de construcción; por ejemplo: para agua color negro, gas-amarillo, instalaciones eléctricas-rojo.

#### **IV.- Sistema de Perforación Direccional VS Sistema Tradicional de cepa Abierta.**

Para hacer este comparativo se plantea el siguiente ejercicio:

Supóngase que se requiere instalar un nuevo servicio para fibra óptica a base de una canalización subterránea de 4" de diámetro.

La longitud, interferencias y las dimensiones de las mismas se indican en el plano del identificado como anexos A y B, en éstos se reflejan los datos obtenidos en campo mediante el levantamiento físico correspondiente. El terreno está conformado por tepetate altamente cementado y el sitio se encuentra ubicado en zona urbana con tráfico intenso y alta densidad de población y servicios. Por lo mismo es importante analizar el método constructivo y evaluarlo de manera tal que los nuevos servicios entren en operación a la brevedad y los vecinos, usuarios y el tráfico vehicular se vean lo menos afectado posible. Trabajaremos este ejemplo a costo directo en ambos casos.

Los costos asociados son vigentes a los meses de Abril – Mayo del 2006.

Se realizará este ejercicio con dos métodos;

- Perforación direccional horizontal.
- Sistema tradicional de cepa abierta.

De este ejemplo podemos esperar que el método de perforación direccional muestre sus bondades, como lo son: la disminución drástica en tiempo de ejecución, un costo razonablemente aceptable (no necesariamente menor que el método tradicional de cepa abierta), y una mayor certidumbre en la seguridad de las operaciones. Así mismo al ejecutar los trabajos en menor tiempo, la instalación de servicios es más rápida y finalmente la recuperación del inversionista inicia con antelación.

Otro aspecto que es importante resaltar es que al reducir las molestias a los usuarios estamos evitando un costo asociado a las obras. En cualquier tipo de infraestructura en vía pública, la operación de la misma se vuelve conflictiva produciendo en el menor de los casos embotellamiento vehicular con el consecuente aumento de consumo de combustible y por lo tanto incremento de los niveles de contaminantes emitidos, así como horas hombre desperdiciadas.

Sí bien podemos pensar que el concepto de horas hombre perdidas en el tráfico vehicular en las grandes ciudades como la Ciudad de México no es importante, esto resulta ser totalmente falso, ya que en un país en vías de desarrollo como el nuestro uno de los principios básicos generales y aplicables a cualquier campo de conocimiento es el de "productividad", por lo tanto para ser productivos deberíamos evitar al máximo las pérdidas de tiempo, ya sea en traslados o en el propio sistema de producción cualquiera que éste sea. En las aplicaciones mencionadas en los incisos VI. 1 y VI.2 bastará decir que en un momento dado la ejecución de estos proyectos se puso en duda; es decir, los negocios asociados a las plazas comerciales de referencia no podían aceptar que el estacionamiento de dichos centros dejara de funcionar aunque fuera parcialmente, ya que obligadamente los clientes potenciales se retirarían al no encontrar las condiciones de comodidad en el estacionamiento para realizar sus compras con los niveles de seguridad necesarios. Por este motivo, al promover los servicios de construcción con estos clientes tuvimos la oportunidad de saber en primer término las necesidades específicas de éste y posteriormente dar a conocer el servicio de perforación direccional horizontal, el cual fue aceptado al permitir la rutina normal de cada uno de los comercios existentes a la vez que se mantuvo la operación del estacionamiento al 100% de su capacidad instalada, lo cual ejemplifica claramente la principal virtud de este procedimiento constructivo.

## IV.1.- Sistema de perforación Direccional.

### IV.1.a.- Presupuesto Sistema de Perforación Direccional.

Página: 1 de 1

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

Fecha: 2006/04/27

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 18-May-2006

#### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Partida	Concepto	Importe
A	<b>MET. PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL</b>	
A01	PRELIMINARES	\$12,902.27
A02	PERFORACION	\$223,601.15
A03	REGISTROS Y PAVIMENTACION	\$62,444.90
	<b>Total MET. PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL</b>	<b>\$298,948.32</b>
	<b>Total del Presupuesto:</b>	<b>\$298,948.32</b>
15% I.V.A.		<b>\$44,842.25</b>
		<b>\$343,790.57</b>

(\* TRESCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL SETECIENTOS NOVENTA PESOS 57/100 M.N. \*)

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

Fecha: 2006/04/27

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 18-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
<b>A</b>	<b>MET. PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL</b>					
<b>A01</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
PRE-001	LEVANTAMIENTO FISICO DE INTERFERENCIAS Y NIVELES TOPOGRAFICOS EN AREA DELIMITADA PARA LOS TRABAJOS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	3,422.00	\$3.39	\$11,600.58	3.88%
PRE-002	TRAZO TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE PERFORACION MARCANDO NIVELES Y REFERENCIAS TOPOGRAFICAS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	118.00	\$4.56	\$538.08	0.18%
PRE-003	CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO CON HERRAMIENTA MECANICA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	ML	22.40	\$23.04	\$516.10	0.17%
PRE-004	DEMOLICION MANUAL DE PAVIMENTO ASFALTICO SOBRE AVENIDA EN ZONA URBANA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	7.84	\$31.57	\$247.51	0.08%
	<b>Total: PRELIMINARES</b>				<b>\$12,902.27</b>	<b>4.32%</b>
<b>A02</b>	<b>PERFORACION</b>					
PERF-001	SUMINISTRO E INSTALACION DE CANALIZACION SUBTERRANEA DE 4"	ML	295.00	\$757.97	\$223,601.15	74.80%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

Fecha: 2006/04/27

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 18-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	A BASE DE PERFORACION DIRECCIONAL EN MATERIAL II-A, EN ZONA URBANA E INSTALACION POR MEDIOS MECANICOS DE POLIETILENO EXTRUIDO ALTA DENSIDAD PEAD-SDR-13.5 (9.13 KG/CM³) DE 4". EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.					
	<b>Total: PERFORACION</b>				<b>\$223,601.15</b>	<b>74.80%</b>
<b>A03</b>	<b>REGISTROS Y PAVIMENTACION</b>					
INST-002	SUMINISTRO Y COLOCACION DE REGISTRO PREFABRICADO DE 1.20x1.20x1.20 M A BASE DE FIBRA DE VIDRIO REFORZADA DE 40 KG, MARCO DE CONCRETO POLIMERICO, TAPA DE ACERO VACIADO DE 127 KG CON LOGOTIPO DE SERVICIO PARA FIBRA OPTICA, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	PZA	4.00	\$14,961.31	\$59,845.24	20.02%
EXC-001	EXCAVACION POR MEDIOS MECANICOS DE 0 A 2 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL II-A, ZONA URBANA, EN SECO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3	7.49	\$96.21	\$720.61	0.24%
PAV-001 <sup>a</sup>	SUMINISTRO Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA DE 15 CMS. DE ESPESOR PROMEDIO EN AREA DE REGISTROS PREFABRICADOS, CON UN RIEGO DE IMPREGNACION A RAZON DE 0.5 LTO/M², RIEGO DE LIGA A RAZON DE 1 LTO/M², CARPETA ASFALTICA, Y SELLO CON CEMENTO GRIS A RAZON DE 0.250 KG/M². EL PRECIO UNITARIO	M2	3.32	\$242.51	\$805.13	0.27%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

Fecha: 2006/04/27

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 18-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.					
EXC-003	CARGA MECANICA Y ACARREO A PRIMER KILOMETRO DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3	7.49	\$94.55	\$708.18	0.24%
EXC-004	ACARREO EN CAMION KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO EN ZONA URBANA, DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES, HASTA EL TIRO AUTORIZADO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3-KM	142.31	\$2.57	\$365.74	0.12%
	<b>Total: REGISTROS Y PAVIMENTACION</b>				<b>\$62,444.90</b>	<b>20.89%</b>
	<b>Total: MET. PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL</b>				<b>\$298,948.32</b>	<b>100.00%</b>
	<b>Total del Presupuesto sin IVA:</b>				<b>\$298,948.32</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

## IV.1.b.- Análisis de Precios Unitarios.

27-Abr-2006

Página: 4 de 10

Dependencia:

Fecha: 2006/04/27

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

Lugar: MEXICO DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 18-May-2006

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A03	Análisis No.: 10					
<b>Análisis:</b>	<b>INST-002</b>	<b>PZA</b>		<b>4.00</b>		
SUMINISTRO Y COLOCACION DE REGISTRO PREFABRICADO DE 1.20x1.20x1.20 M A BASE DE FIBRA DE VIDRIO REFORZADA DE 40 KG, MARCO DE CONCRETO POLIMERICO, TAPA DE ACERO VACIADO DE 127 KG CON LOGOTIPO DE SERVICIO PARA FIBRA OPTICA, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>MATERIALES</b>						
MAAGR007	TEPETATE	M3	\$120.00	1.000000	\$120.00	0.80%
MAPRE-001	REGISTRO F. VIDRIO, MANHOLE 4x4x4'	PZA	\$12,413.37	1.000000	\$12,413.37	82.97%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$12,533.37</b>	<b>83.77%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
MOCUA008	OF. ALBAÑIL+AYTE. DE ALBAÑIL	JOR	\$577.83	0.550000	\$317.81	2.12%
%MO001	MANDO INTERMEDIO	%MO	\$535.11	0.100000	\$53.51	0.36%
%MO002	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$535.11	0.030000	\$16.05	0.11%
MOCUA002	2 PEONES (acarr.elab.mezcl.elev.limp.)	JOR	\$399.16	0.544400	\$217.30	1.45%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$604.67</b>	<b>4.04%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQDI21	RETROEXCAVADORA MCA. POCLAIN MOD. 90 CLB EQUIPADA CON MARTILLO HID TABE MOD. 1300	HR	\$874.61	2.000000	\$1,749.22	11.69%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$1,749.22</b>	<b>11.69%</b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>						
EXC-005	PLANTILLA DE ARENA	M2	\$32.91	2.250000	\$74.05	0.49%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>				<b>\$74.05</b>	<b>0.49%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$14,961.31</b>	

(\* CATORCE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UN PESOS 31/100 M.N. \*)

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

**Dependencia:****Fecha:** 2006/04/27**Concurso No.****Obra:** METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 18-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A02	Análisis No.: 10					
<b>Análisis:</b>	<b>PERF-001</b>	<b>ML</b>		<b>295.00</b>		
SUMINISTRO E INSTALACION DE CANALIZACION SUBTERRANEA DE 4" A BASE DE PERFORACION DIRECCIONAL EN MATERIAL II-A, EN ZONA URBANA E INSTALACION POR MEDIOS MECANICOS DE POLIETILENO EXTRUIDO ALTA DENSIDAD PEAD-SDR-13.5 (9.13 KG/CM <sup>3</sup> ) DE 4". EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>MATERIALES</b>						
MASEG001	TRAFITAMBOS (SEÑALAMIENTO VIAL)	PZA	\$420.00	0.002000	\$0.84	0.11%
MARENTA	TRAILER CAMA BAJA 42 TON	HR	\$562.50	0.084200	\$47.36	6.25%
MAADIT01	BENTONITA CALCICA	KG	\$5.90	5.500000	\$32.45	4.28%
MATUBESP03a	TUB. POLIETILENO EXTRU. HDPE-SDR-13.5 2"	ML	\$179.55	1.120000	\$201.10	26.53%
MAAGR005	AGUA	M3	\$100.00	0.550000	\$55.00	7.26%
MASEG001	TRAFITAMBOS (SEÑALAMIENTO VIAL)	PZA	\$420.00	0.002000	\$0.84	0.11%
MASEG002	CINTA SEGURIDAD "LEYENDA PRECAUCION"	ML	\$1.35	3.500000	\$4.73	0.62%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$342.32</b>	<b>45.16%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
MOCUA056	CUADRILLA DE PERFORACION	JOR	\$6,516.83	0.011500	\$74.94	9.89%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$74.94</b>	<b>9.89%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQPER003	PERFOR. DIREC. VERMEER/ HALCO, D24x40	HR	\$3,164.18	0.084200	\$266.42	35.15%
EQPER006	CAMION PIPA	HR	\$482.45	0.084200	\$40.62	5.36%
EQTE03	CAMIONETA PICK-UP DE 3.5 TON.	HR	\$399.90	0.084200	\$33.67	4.44%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$340.71</b>	<b>44.95%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$757.97</b>	

(\* SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE PESOS 97/100 M.N. \*)

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

## IV.1.c.- Costos Horarios.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

### ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA

#### DATOS GENERALES

CODIGO:	EQCO07		
MAQUINA:	CORTADORA DE CONC. TARGET 12 HP 14"		
MODELO:		INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:	
CAPACIDAD:		Cetes	
PRECIO DE ADQUISICION:	\$18,500.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	10.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$0.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	0 Hrs	POTENCIA NOMINAL	12 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	6.56 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$18,500.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 % \$1,850.00	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	9.60
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	1.20
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$0.00	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.2271
SALARIO POR OPERACION(So):	\$0.00	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):		CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	1.10
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	100	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

#### ACTIVA

#### CARGOS FIJOS

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 18,500.00 - 1,850.00 / 10,000.00 =	1.67
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (18,500.00 + 1,850.00) * 0.42 / 2 * 1,000.00 =	4.27
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (18,500.00 + 1,850.00) * 0.04 / 2 * 1,000.00 =	0.36
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 1.20 * 1.67 =	2.00

**SUMA CARGOS FIJOS 8.30**

#### CONSUMOS

a).- COMBUSTIBLE..... Co = Fc * Po * Pc = 0.2271 * 9.60 * 6.56 =	14.30
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0035 * 9.60) + 1.1 / 100] * \$42/Lt. =	1.87
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$0.00 / 0.00 =	0.00
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =	0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$16.17**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$24.47**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO: EQDI110  
 MAQUINA: RODILLO VIBRO-COMPACTADOR AR-18  
 MODELO: AR-18, MOD. 2004 INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:  
 CAPACIDAD: 1375 KG(PESO DE OPERACION Cetes

PRECIO DE ADQUISICION:	\$89,565.22	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	5.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$0.00	HORAS POR AÑO (Hea):	2000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	0 Hrs	POTENCIA NOMINAL	18 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	6.56 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$89,565.22	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 % \$8,956.52	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	14.40
PRIMA DE SEGUROS (s):	5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	5.00
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$40.34	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.1514
SALARIO POR OPERACION(So):	\$242.03	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6.4	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	2.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	200	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 89,565.22 - 8,956.52 / 10,000.00 = 8.06  
 b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) \* i/2Hea = (89,565.22 + 8,956.52) \* 0.42 / 2 \* 2,000.00 = 10.34  
 c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) \* S/2Hea = (89,565.22 + 8,956.52) \* 0.05 / 2 \* 2,000.00 = 1.23  
 d).- MANTENIMIENTO....M = Ko \* D = 5.00 \* 8.06 = 40.30

**SUMA CARGOS FIJOS 59.93**

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE..... Co = Fc \* Po \* Pc = 0.1514 \* 14.40 \* 6.56 = 14.30  
 b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 \* 0 = \$0 0.00  
 c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa \* Po) + CC/Ca] \* Pa = [(0.0035 \* 14.40) + 2 / 200] \* \$42/Lt. = 2.54  
 d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$0.00 / 0.00 = 0.00  
 e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 = 0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$16.84**

**OPERACION**

SALARIO TURNO (So) \$242.03  
 HORAS TURNO Ht = t \* Fr = 6.4 \* 1 = 6.4  
 OPERACION Po = So / (Ht) = \$242.03 / 6.4 \$37.82

**OPERACION \$37.82**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$114.59**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO: EQDI21  
 MAQUINA: RETROEX C/MART. MCA. POCLAIN MOD.90CLB  
 MODELO: INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:  
 CAPACIDAD: Cetes

PRECIO DE ADQUISICION:	\$1,345,000.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	10.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$42,536.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	1000 Hrs	POTENCIA NOMINAL	82 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$135,698.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	5.38 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	2000 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$1,166,766.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 % \$116,676.60	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	65.60
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	0.80
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$154.62	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.4151
SALARIO POR OPERACION(So):	\$927.73	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.01
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6,4	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	70.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	200	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 1,166,766.00 - 116,676.60 / 10,000.00 =	105.01
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (1,166,766.00 + 116,676.60) * 0.42 / 2 * 1,000.00 =	269.52
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (1,166,766.00 + 116,676.60) * 0.04 / 2 * 1,000.00 =	22.46
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 0.80 * 105.01 =	84.01
<b>SUMA CARGOS FIJOS</b>	<b>481.00</b>

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE.....Co = Fc * Po * Pc = 0.4151 * 65.60 * 5.38 =	146.50
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA.....: = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0054 * 65.60) + 70 / 200] * \$42/Lt. =	29.58
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$42,536.00 / 1,000.00 =	42.54
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$135,698.00 / 2,000 =	67.85
<b>SUMA DE CONSUMOS</b>	<b>\$286.47</b>

**OPERACION**

<b>Op. DE EQUIPO PESADO</b>	<b>JOR</b>	$Po = So / (Ht) = \$486.13/6.4$	<b>\$75.96</b>
PEON (ACARR. ELAB.MEZCL.LIMP)	JOR	$Po = So / (Ht) = \$199.58/6.4$	\$31.18
OPERACION			\$107.14
<b>OPERACION</b>			<b>\$107.14</b>
<b>COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA</b>			<b>\$874.61</b>

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$874.61**

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO: EQPER003  
 MAQUINA: PERFORADORA DIRECCIONAL  
 MODELO: NAVIGATOR D24x40a INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:  
 CAPACIDAD: 17,900 LBS (8119) Cetes  
 EMPUJE

PRECIO DE ADQUISICION:	\$5,489,635.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	10.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$0.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	0 Hrs	POTENCIA NOMINAL	125 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	5.38 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$5,489,635.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	20 % \$1,097,927.00	FACTOR DE OPERACION (Fo):	84.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	105.00
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	1.95
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$266.21	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.2000
SALARIO POR OPERACION(So):	\$1,597.27	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6.4	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	30.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	100	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 5,489,635.00 - 1,097,927.00 / 10,000.00 = 439.17  
 b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) \* i/2Hea = (5,489,635.00 + 1,097,927.00) \* 0.42 / 2 \* 1,000.00 = 1,383.39  
 c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) \* S/2Hea = (5,489,635.00 + 1,097,927.00) \* 0.04 / 2 \* 1,000.00 = 115.28  
 d).- MANTENIMIENTO....M = Ko \* D = 1.95 \* 439.17 = 856.38

**SUMA CARGOS FIJOS 2,794.22**

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE.....Co = Fc \* Po \* Pc = 0.2 \* 105.00 \* 5.38 = 112.98  
 b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 \* 0 = \$0 0.00  
 c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa \* Po) + CC/Ca] \* Pa = [(0.0030 \* 105.00) + 30 / 100] \* \$42/Lt. = 25.83  
 d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$0.00 / 0.00 = 0.00  
 e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 = 0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$138.81**

**OTROS CONSUMOS**

BROCAS DE PERFORACION JGO \$126,532.00 / 1,000.00 \$126.53

**OTROS CONSUMOS \$126.53**

**OPERACION**

SALARIO TURNO (So) \$669.54  
 HORAS TURNO Ht = t \* Fr = 6.4 \* 1 = 6.4  
 OPERACION Po = So / (Ht) = \$669.54 / 6.4 \$104.62

**OPERACION \$104.62**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$3,164.18**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO:	EQPER006	INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:	
MAQUINA:	CAMION PIPA DODGE 8 TON	Cetes	
MODELO:			
CAPACIDAD:			
PRECIO DE ADQUISICION:	\$634,590.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	5.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$25,000.00	HORAS POR AÑO (Hea):	2000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	1000 Hrs	POTENCIA NOMINAL	220 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	5.38 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$609,590.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 % \$60,959.00	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	176.00
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	1.50
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$347.23	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.1514
SALARIO POR OPERACION(So):	\$2,083.39	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	6.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	100	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 609,590.00 - 60,959.00 / 10,000.00 =	54.86
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (609,590.00 + 60,959.00) * 0.42 / 2 * 2,000.00 =	70.41
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (609,590.00 + 60,959.00) * 0.04 / 2 * 2,000.00 =	5.87
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 1.50 * 54.86 =	82.29

**SUMA CARGOS FIJOS 213.43**

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE..... Co = Fc * Po * Pc = 0.1514 * 176.00 * 5.38 =	143.36
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0030 * 176.00) + 6 / 100] * \$42/Lt. =	24.70
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$25,000.00 / 1,000.00 =	25.00
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =	0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$193.06**

**OPERACION**

SALARIO TURNO (So)	\$486.12	
HORAS TURNO	Ht = t * Fr = 6.4 * 1 = 6.4	
OPERACION	Po = So / (Ht) = \$486.12 / 6.4	\$75.96

**OPERACION \$75.96**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$482.45**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO:	EQTE01		
MAQUINA:	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. ACTIVO		
MODELO:	2005	INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:	
CAPACIDAD:	7 M3	Cetes	

PRECIO DE ADQUISICION:	\$355,415.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	10.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$15,000.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	10000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	900 Hrs	POTENCIA NOMINAL	140 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	5.38 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$340,415.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 % \$34,041.50	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	112.00
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	1.50
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$403.20	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.1514
SALARIO POR OPERACION(So):	\$2,419.19	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	7.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	100	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 340,415.00 - 34,041.50 / 10,000.00 =	30.64
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (340,415.00 + 34,041.50) * 0.42 / 2 * 1,000.00 =	78.64
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (340,415.00 + 34,041.50) * 0.04 / 2 * 1,000.00 =	6.55
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 1.50 * 30.64 =	45.96

**SUMA CARGOS FIJOS 161.79**

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE.....Co = Fc * Po * Pc = 0.1514 * 112.00 * 5.38 =	91.23
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA.....: = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0035 * 112.00) + 7 / 100] * \$42/Lt. =	19.40
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$15,000.00 / 900.00 =	16.67
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =	0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$127.30**

**OPERACION**

SALARIO TURNO (So)	\$335.80	
HORAS TURNO	Ht = t * Fr = 6.4 * 1 = 6.4	
OPERACION	Po = So / (Ht) = \$335.80 / 6.4	\$52.47

**OPERACION \$52.47**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$341.56**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: METODO PERFORACION

Fecha: 2006/04/27

**ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA**

**DATOS GENERALES**

CODIGO:	EQTE03		
MAQUINA:	CAMIONETA PICK-UP DE 3.5 TON.		
MODELO:		INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:	
CAPACIDAD:		Cetes	
PRECIO DE ADQUISICION:	\$350,000.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	8.00
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$15,000.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	8000 Hrs
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	1000 Hrs	POTENCIA NOMINAL	114 HP
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	6.56 /Lts
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs		
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$335,000.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts
VALOR DE RESCATE (Vr):	20 % \$67,000.00	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):	42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	91.20
PRIMA DE SEGUROS (s):	3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	1.50
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	\$459.17	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.2271
SALARIO POR OPERACION(So):	\$2,754.99	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.00
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	6.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	200	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

**ACTIVA**

**CARGOS FIJOS**

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 335,000.00 - 67,000.00 / 8,000.00 =	33.50
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (335,000.00 + 67,000.00) * 0.42 / 2 * 1,000.00 =	84.42
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (335,000.00 + 67,000.00) * 0.04 / 2 * 1,000.00 =	7.04
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 1.50 * 33.50 =	50.25

**SUMA CARGOS FIJOS 175.21**

**CONSUMOS**

a).- COMBUSTIBLE.....Co = Fc * Po * Pc = 0.2271 * 91.20 * 6.56 =	135.87
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0030 * 91.20) + 6 / 200] * \$42/Lt. =	12.75
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$15,000.00 / 1,000.00 =	15.00
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =	0.00

**SUMA DE CONSUMOS \$163.62**

**OPERACION**

SALARIO TURNO (So)	\$335.80	
HORAS TURNO	Ht = t * Fr = 6.4 * 1 = 6.4	
OPERACION	Po = So / (Ht) = \$335.80 / 6.4	\$52.47

**OPERACION \$52.47**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA \$391.30**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

## IV.1.d.- Listado de Insumos.

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/04/27

Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

DOCUMENTO

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 18-May-2006

### LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>1</b>	<b>MATERIALES</b>						
ACEITE	ACEITE Y LUBRICANTES.	LTO	27-Abr-2006	45.1720	\$42.00	\$1,897.22	0.63%
DIESEL	DIESEL	LTO	27-Abr-2006	1,473.4405	\$5.38	\$7,927.11	2.65%
GASOLINA	GASOLINA	LTO	27-Abr-2006	523.3878	\$6.56	\$3,433.42	1.15%
LLDI21	LLANTAS PARA POCLAIN 90B	JGO	27-Abr-2006	0.0090	\$42,536.00	\$384.91	0.13%
LLPER006	LLANTAS CAMION PIPA DODGE 8 TON	JGO	27-Abr-2006	0.0248	\$25,000.00	\$620.98	0.21%
LLTE01	LLANTAS P/CAMION DE VOLTEO DE 7	JGO	27-Abr-2006	0.0029	\$15,000.00	\$42.81	0.01%
LLTE03	LLANTAS CAMIONETA PICK-UP DE 3.5	JGO	27-Abr-2006	0.0248	\$15,000.00	\$372.59	0.12%
MAACE004	CLAVOS DE 1 1/2"A 3"	KG	27-Abr-2006	3.7760	\$10.50	\$39.65	0.01%
MAADIT01	BENTONITA CALCICA	KG	27-Abr-2006	1,622.5000	\$5.90	\$9,572.75	3.20%
MAAGR001	ARENA DE MINA	M3	27-Abr-2006	0.9900	\$130.00	\$128.70	0.04%
MAAGR005	AGUA	M3	27-Abr-2006	162.2500	\$100.00	\$16,225.00	5.43%
MAAGR007	TEPETATE	M3	27-Abr-2006	4.0000	\$120.00	\$480.00	0.16%
MACEM002	CALHIDRA	TON	27-Abr-2006	0.1180	\$960.00	\$113.28	0.04%
MACONSU01	DISCO DE CORTE DE 20" PARA	PZA	27-Abr-2006	0.0448	\$1,395.00	\$62.50	0.02%
MAIMP001	ASFALTO FM-1 RL (RIEGO DE	LT	27-Abr-2006	3.9840	\$2.60	\$10.36	0.00%
MAIMP003	EMULSION FR-3 (RIEGO DE LIGA).	LT	27-Abr-2006	3.4860	\$2.45	\$8.54	0.00%
MAIMP009	MEZCLA ASFALTICA ELAB. EN PLANTA	TON	27-Abr-2006	1.1620	\$395.00	\$458.99	0.15%
MAMAD001	MADERA DE PINO DE 3ra.	P.T.	27-Abr-2006	12.5906	\$23.50	\$295.88	0.10%
MAPIN016	PINTURA DE ESMALTE COMEX	LT	27-Abr-2006	0.4720	\$54.50	\$25.72	0.01%
MAPRE-001	REGISTRO F. VIDRIO, MANHOLE 4x4x4'	PZA	27-Abr-2006	4.0000	\$12,413.37	\$49,653.48	16.61%
MARENTA	TRAILER CAMA BAJA 42 TON	HR	27-Abr-2006	24.8390	\$562.50	\$13,971.94	4.67%
MARTILLO	MARTILLO TABE MOD. 1300	JGO	27-Abr-2006	0.0045	\$135,698.00	\$613.90	0.21%
MASEG001	TRAFITAMBOS (SEÑALAMIENTO VIAL)	PZA	27-Abr-2006	1.1800	\$420.00	\$495.60	0.17%
MASEG002	CINTA SEGURIDAD "LEYENDA	ML	27-Abr-2006	1,032.5000	\$1.35	\$1,393.88	0.47%
MATUBESP03a	TUB. POLIETILENO EXTRU.	ML	27-Abr-2006	330.4000	\$179.55	\$59,323.32	19.84%
MQEQPERF01	BROCAS DE PERFORACION	JGO	27-Abr-2006	0.0248	\$126,532.00	\$3,142.93	1.05%
<b>Total: MATERIALES</b>						<b>\$170,695.46</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/04/27

Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

DOCUMENTO

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 18-May-2006

LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>2</b>	<b>MANO DE OBRA</b>						
%MO001	MANDO INTERMEDIO	%MO	27-Abr-2006	0.0000	\$0.00	\$2,257.99	0.76%
%MO002	HERRAMIENTA MENOR	%MO	27-Abr-2006	0.0000	\$0.00	\$677.16	0.23%
MOMM001	AYUDANTE GENERAL	JOR	27-Abr-2006	2.9841	\$242.03	\$722.24	0.24%
MOMM017	AYTE. DE TOPOGRAFO	JOR	27-Abr-2006	13.7824	\$246.90	\$3,402.87	1.14%
MOMM032	OF. ALBAÑIL	JOR	27-Abr-2006	2.9841	\$335.80	\$1,002.06	0.34%
MOMM061	MANIOBRISTA MONT. EQPO.	JOR	27-Abr-2006	27.1400	\$358.54	\$9,730.78	3.26%
MOMM066	CADENERO	JOR	27-Abr-2006	13.7824	\$242.03	\$3,335.75	1.12%
MOMM069	TOPOGRAFO	JOR	27-Abr-2006	13.6880	\$358.54	\$4,907.70	1.64%
MOMM070	OP. DE EQUIPO LIGERO	JOR	27-Abr-2006	0.0803	\$242.03	\$19.45	0.01%
MOMM072	CHOFER DE CAMION	JOR	27-Abr-2006	4.2824	\$335.80	\$1,438.03	0.48%
MOMM079	OP. DE EQUIPO PESADO	JOR	27-Abr-2006	8.6874	\$486.12	\$4,223.14	1.41%
MOMM080	OF. LOCALIZADOR	JOR	27-Abr-2006	3.3925	\$486.13	\$1,649.20	0.55%
MOMM081	OPERADOR ESPECIALIZADO	JOR	27-Abr-2006	3.8811	\$669.54	\$2,598.55	0.87%
MOMM082	JEFE CUADRILLA	JOR	27-Abr-2006	3.3925	\$725.38	\$2,460.85	0.82%
MOMM083	JEFE DE OPERACION	JOR	27-Abr-2006	3.3925	\$1,201.16	\$4,074.94	1.36%
MOSM001	PEON	JOR	27-Abr-2006	7.6091	\$199.58	\$1,518.63	0.51%
<b>Total: MANO DE OBRA</b>						<b>\$44,019.34</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/04/27

Obra: METODO PERFORACION DIRECCIONAL HORIZONTAL

DOCUMENTO

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 18-May-2006

LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>3</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
CFCO07	CORTADORA DE CONC. TARGET 12 HP	HRS	17-May-2006	3.5840	\$8.30	\$29.75	0.01%
CFDI110	RODILLO VIBRO-COMPACTADOR AR-18	HRS	17-May-2006	0.5142	\$59.93	\$30.82	0.01%
CFDI21	RETROEX C/MART.MCA.POCLAIN	HRS	17-May-2006	9.0486	\$481.00	\$4,352.38	1.46%
CFPER003	PERFORADORA DIRECCIONAL	HRS	17-May-2006	24.8390	\$2,794.22	\$69,405.63	23.22%
CFPER006	CAMION PIPA DODGE 8 TON	HRS	17-May-2006	24.8390	\$213.43	\$5,301.39	1.77%
CFTE01	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. ACTIVO	HRS	17-May-2006	2.5685	\$161.79	\$415.55	0.14%
CFTE03	CAMIONETA PICK-UP DE 3.5 TON.	HRS	17-May-2006	26.0586	\$175.21	\$4,565.73	1.53%
CFTO01	NIVEL P/MEDICION K-E	HRS	17-May-2006	1.9659	\$1.64	\$3.22	0.00%
CFTO02	TRANSITO P/MEDICION K-E	HRS	17-May-2006	1.9659	\$3.58	\$7.04	0.00%
<b>Total:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$84,111.51</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS.

#### IV.1.e.- Programa de obra perforación direccional horizontal

ID	Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	14 mayo 2006					
				D	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
1	Perforación direccional horizontal	4 días	lun 15/05/06						
2	Preeliminarios	1 día	lun 15/05/06						
3	Levantamiento físico de interferencias	1 día	lun 15/05/06						
4	Trazo topográfico	1 día	lun 15/05/06						
5	Registro A-B	1 día	mar 16/05/2006						
6	Corte de pavimento registro A y B	1 día	mar 16/05/2006						
7	Demolición de pavimento A y B	1 día	mar 16/05/2006						
8	Perforación A-B	1 día	mar 16/05/2006						
9	Perforación direccional de 4" Ø	1 día	mar 16/05/2006						
10	Registro y repavimentación A	1 día	mar 16/05/2006						
11	Registro prefabricado A	1 día	mar 16/05/2006						
12	Excavación con máquina	1 día	mar 16/05/2006						
13	Reposición de pavimento	1 día	mar 16/05/2006						
14	Acarreo en camión primer km	1 día	mar 16/05/2006						
15	Acarreo en camión km subsecuentes	1 día	mar 16/05/2006						
16	Registro B-C	1 día	mié 17/05/2006						
17	Corte de pavimento asfáltico "C"	1 día	mié 17/05/2006						
18	Demolición de pavimento "C"	1 día	mié 17/05/2006						
19	Perforación "B-C"	1 día	mié 17/05/2006						
20	Perforación direccional de 4" Ø	1 día	mié 17/05/2006						
21	Registro y repavimentación "B"	1 día	mié 17/05/2006						
22	Registro prefabricado "B"	1 día	mié 17/05/2006						
23	Excavación con máquina	1 día	mié 17/05/2006						
24	Reposición de pavimento	1 día	mié 17/05/2006						
25	Acarreo en camión primer km	1 día	mié 17/05/2006						
26	Acarreo en camión km subsecuentes	1 día	mié 17/05/2006						
27	Registro C-D	1 día	jue 18/05/2006						
28	Corte de pavimento registro "D"	1 día	jue 18/05/2006						
29	Demolición de pavimento "D"	1 día	jue 18/05/2006						
30	Perforación "C-D"	1 día	jue 18/05/2006						
31	Perforación direccional de 4" Ø	1 día	jue 18/05/2006						
32	Registro y repavimentación "C-D"	1 día	jue 18/05/2006						
33	Registro prefabricado "C-D"	1 día	jue 18/05/2006						
34	Excavación con máquina	1 día	jue 18/05/2006						
35	Reposición de pavimento	1 día	jue 18/05/2006						
36	Acarreo en camión primer km	1 día	jue 18/05/2006						
37	Acarreo en camión km subsecuentes	1 día	jue 18/05/2006						

## IV.2.a.- Presupuesto Método Tradicional.

**Dependencia:**

**Concurso No.**  
**Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

**Fecha:** 2006/05/02

**Lugar:**

**Ciudad:** MEXICO, DISTRITO FEDERAL

**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

<b>Partida</b>	<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
<b>A</b>	<b>MET. TRADICIONAL EXC. CEPA CIELO ABIERTO</b>	
A01	PRELIMINARES	\$32,294.00
A02	EXCAVACIONES Y RELLENOS	\$63,257.28
A03	INSTALACIONES	\$125,432.59
A04	PAVIMENTACIONES	\$23,739.24
A05	LIMPIEZA	\$37,736.40
A06	SEGURIDAD	\$10,332.48
	<b>Total MET. TRADICIONAL EXC. CEPA CIELO ABIERTO</b>	<b>\$292,791.99</b>
	<b>Total del Presupuesto:</b>	<b>\$292,791.99</b>
15% I.V.A.		\$43,918.80
		<b>\$336,710.79</b>

(\* TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS ONCE PESOS 00/100 M.N. \*)

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Fecha: 2006/05/02

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 31-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
<b>A</b>	<b>MET. TRADICIONAL EXC. CEPA CIELO ABIERTO</b>					
<b>A01</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
PRE-001	LEVANTAMIENTO FISICO DE INTERFERENCIAS Y NIVELES TOPOGRAFICOS EN AREA DELIMITADA PARA TRABAJO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	3,422.00	\$3.39	\$11,600.58	3.96%
PRE-002	TRAZO TOPOGRAFICO DE LAS CEPAS MARCANDO NIVELES Y REFERENCIAS TOPOGRAFICAS, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	118.00	\$4.56	\$538.08	0.18%
PRE-003	CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO CON HERRAMIENTA MECANICA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	ML	590.00	\$23.04	\$13,593.60	4.64%
PRE-004	DEMOLICION POR MEDIOS MECANICOS DE PAVIMENTO ASFALTICO SOBRE AVENIDA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	118.00	\$41.27	\$4,869.86	1.66%
PRE-005	CARGA MECANICA Y ACARREO EN CAMION PRIMER KILOMETRO DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES, EN ZONA URBANA. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, MANO	M3	11.80	\$94.55	\$1,115.69	0.38%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPAS ABIERTAS

Fecha: 2006/05/02

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 31-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, ASÍ COMO LOS DESPERDICIOS CORRESPONDIENTES. PUOT.					
PRE-006	ACARREO KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO EN ZONA URBANA DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICION. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3-KM	224.20	\$2.57	\$576.19	0.20%
	<b>Total: PRELIMINARES</b>				<b>\$32,294.00</b>	<b>11.03%</b>
<b>A02</b>	<b>EXCAVACIONES Y RELLENOS</b>					
EXC-001	EXCAVACION POR MEDIOS MECANICOS DE 0 A 2 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL II-A, ZONA URBANA, EN SECO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3	123.20	\$96.21	\$11,853.07	4.05%
EXC-002	EXCAVACION MANUAL DE 0 A 2 METROS DE PROFUNDIDAD EN CRUCES DE SERVICIOS, EN MATERIAL II-A, ZONA URBANA, EN SECO, SOPORTANDO CON MADERA Y CUERDA MANILA LAS TUBERIAS DE CADA CRUCE. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3	6.60	\$652.94	\$4,309.40	1.47%
EXC-003	CARGA MECANICA Y ACARREO A PRIMER KILOMETRO DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU	M3	129.80	\$94.55	\$12,272.59	4.19%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Fecha: 2006/05/02

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 31-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.					
EXC-004	ACARREO EN CAMION KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO EN ZONA URBANA, DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES, HASTA EL TIRO AUTORIZADO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3-KM	2,466.20	\$2.57	\$6,338.13	2.16%
EXC-005	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PLANTILLA DE ARENA DE 10 CM. DE ESPESOR. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	112.24	\$32.91	\$3,693.82	1.26%
EXC-006	SUMINISTRO Y COLOCACION DE RELLENO CON TEPETATE COMPACTADO EN CAPAS DE 30 CMS, AL 90% PROCTOR STANDART. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M3	106.20	\$233.43	\$24,790.27	8.47%
	<b>Total: EXCAVACIONES Y RELLENOS</b>				<b>\$63,257.28</b>	<b>21.60%</b>
<b>A03</b>	<b>INSTALACIONES</b>					
INST-001	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE POLIETILENO EXTRUIDO ALTA DENSIDAD PEAD-SDR-13.5 (9.13 KG/CM <sup>3</sup> ) DE 4". EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	ML	295.00	\$222.33	\$65,587.35	22.40%
INST-002	SUMINISTRO Y COLOCACION DE REGISTRO PREFABRICADO DE 1.20x1.20x1.20 M A BASE DE FIBRA DE VIDRIO REFORZADA DE 40 KG,	PZA	4.00	\$14,961.31	\$59,845.24	20.44%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Fecha: 2006/05/02

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 31-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	MARCO DE CONCRETO POLIMERICO, TAPA DE ACERO VACIADO DE 127 KG CON LOGOTIPO DE SERVICIO PARA FIBRA OPTICA, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.					
	<b>Total: INSTALACIONES</b>				<b>\$125,432.59</b>	<b>42.84%</b>
<b>A04</b>	<b>PAVIMENTACIONES</b>					
PAV-001	SUMINISTRO Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA DE 10 CMS. DE ESPESOR CON UN RIEGO DE IMPREGNACION A RAZON DE 0.5 LTO/M², RIEGO DE LIGA A RAZON DE 1 LTO/M², CARPETA ASFALTICA, Y SELLO CON CEMENTO GRIS A RAZON DE 0.250 KG/M². EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	118.00	\$201.18	\$23,739.24	8.11%
	<b>Total: PAVIMENTACIONES</b>				<b>\$23,739.24</b>	<b>8.11%</b>
<b>A05</b>	<b>LIMPIEZA</b>					
LIM-001	LIMPIEZA GRUESA DURANTE EL PROCESO DE OBRA DEL AREA DELIMITADA PARA LOS TRABAJOS, MANTENIENDO LIBRE DE OBSTRUCCIONES Y DESPERDICIOS EL AREA DE TRABAJO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	M2	2,360.00	\$11.48	\$27,092.80	9.25%
LIM-002	LIMPIEZA FINA DEL AREA	M2	2,360.00	\$4.51	\$10,643.60	3.64%

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.  
Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Fecha: 2006/05/02

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006

Fin Obra: 31-May-2006

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
	DELIMITADA PARA LOS TRABAJOS. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.					
	<b>Total: LIMPIEZA</b>				<b>\$37,736.40</b>	<b>12.89%</b>
<b>A06</b>	<b>SEGURIDAD</b>					
SEÑ-001	PERSONAL DE SEGURIDAD BANDEREROS PARA DESVIO DE TRAFICO Y CRUCE DE PEATONES. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.	JOR	48.00	\$215.26	\$10,332.48	3.53%
	<b>Total: SEGURIDAD</b>				<b>\$10,332.48</b>	<b>3.53%</b>
	<b>Total: MET. TRADICIONAL EXC. CEPA CIELO ABIERTO</b>				<b>\$292,791.99</b>	<b>100.00%</b>
	<b>Total del Presupuesto sin IVA:</b>				<b>\$292,791.99</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

## IV.2.b.- Análisis de Precios Unitarios.

02-May-2006

Página: 1 de 18

**Dependencia:**

**Fecha:** 2006/05/02

**Concurso No.**  
**Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

**Lugar:** MEXICO, DISTRITO FEDERAL

**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A02	Análisis No.: 10					
<b>Análisis:</b>	<b>EXC-001</b>	<b>M3</b>		<b>123.20</b>		
EXCAVACION POR MEDIOS MECANICOS DE 0 A 2 METROS DE PROFUNDIDAD, EN MATERIAL II-A, ZONA URBANA, EN SECO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQDI21	RETROEXCAVADORA MCA. POCLAIN MOD. 90 CLB EQUIPADA CON MARTILLO HID TABE MOD. 1300	HR	\$874.61	0.11000	\$96.21	100.00%
<b>SUBTOTAL:</b>					<b>\$96.21</b>	<b>100.00%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$96.21</b>	
(* NOVENTA Y SEIS PESOS 21/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

**Dependencia:****Fecha:** 2006/05/02**Concurso No.**  
**Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Importe</b>	<b>%</b>
Par: A02	Análisis No.: 30					
<b>Análisis:</b>	<b>EXC-003</b>	<b>M3</b>			<b>129.80</b>	
CARGA MECANICA Y ACARREO A PRIMER KILOMETRO DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQDI21	RETROEXCAVADORA MCA. POCLAIN MOD. 90 CLB EQUIPADA CON MARTILLO HID TABE MOD. 1300	HR	\$874.61	0.030000	\$26.24	27.75%
EQTE01	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. MARCA FORD F-600 CON MOTOR DE GASOLINA DE 140 H.P.	HR	\$341.56	0.200000	\$68.31	72.25%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$94.55</b>	<b>100.00%</b>
	<b>Costo Directo:</b>				<b>\$94.55</b>	
(* NOVENTA Y CUATRO PESOS 55/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

**Dependencia:****Fecha:** 2006/05/02**Concurso No.****Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Código</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Importe</b>	<b>%</b>
Par: A02	Análisis No.: 40					
<b>Análisis:</b>	<b>EXC-004</b>	<b>M3-KM</b>		<b>2,466.20</b>		
ACARREO EN CAMION KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO EN ZONA URBANA, DEL MATERIAL PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES, HASTA EL TIRO AUTORIZADO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQTE01	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. MARCA FORD F-600 CON MOTOR DE GASOLINA DE 140 H.P.	HR	\$341.56	0.007522	\$2.57	100.00%
<b>SUBTOTAL:</b>					<b>\$2.57</b>	<b>100.00%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$2.57</b>	
(* DOS PESOS 57/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

**Dependencia:****Fecha:** 2006/05/02**Concurso No.**  
**Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A02	Análisis No.: 60					
<b>Análisis:</b>	<b>EXC-006</b>	<b>M3</b>		<b>106.20</b>		
SUMINISTRO Y COLOCACION DE RELLENO CON TEPETATE COMPACTADO EN CAPAS DE 30 CMS, AL 90% PROCTOR STANDART. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR: MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>MATERIALES</b>						
MAAGR005	AGUA	M3	\$80.00	0.050000	\$4.00	1.71%
MAAGR007	TEPETATE	M3	\$120.00	1.300000	\$156.00	66.83%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$160.00</b>	<b>68.54%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
%MO002	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$39.92	0.030000	\$1.20	0.51%
MOCUA0022	PEONES (acarr.elab.mezcl.elev.limp.)	JOR	\$399.16	0.100000	\$39.92	17.10%
%MO00	1MANDO INTERMEDIO	%MO	\$39.92	0.100000	\$3.99	1.71%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$45.11</b>	<b>19.32%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQDI08	COMPACTADOR MANUAL DE PLACA VIBRATORIA MARCA DYNAPACK MODELO GAS-CH13 CON MOTOR DE GASOLINA DE 5 H.P. No. DE SERIE BAG-5.	HR	\$28.32	1.000000	\$28.32	12.13%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$28.32</b>	<b>12.13%</b>
	<b>Costo Directo:</b>				<b>\$233.43</b>	
(* DOSCIENTOS TREINTA Y TRES PESOS 43/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

**Dependencia:****Fecha:** 2006/05/02**Concurso No.**  
**Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEP A ABIERTA**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A03	Análisis No.: 10					
<b>Análisis:</b>	<b>INST-001</b>	<b>ML</b>		<b>295.00</b>		
SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE POLIETILENO EXTRUIDO ALTA DENSIDAD PEAD-SDR-13.5 (9.13 KG/CM <sup>3</sup> ) DE 4". EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>MATERIALES</b>						
MATUBESP03a	TUB. POLIETILENO EXTRU. HDPE-SDR-13.5 2"	ML	\$179.55	1.030000	\$184.94	83.18%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$184.94</b>	<b>83.18%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
%MO002	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$33.09	0.030000	\$0.99	0.45%
MOCUA0075	PEONES (acarr.elab.mezcl.elev.limp.)	JOR	\$997.90	0.021000	\$20.96	9.43%
MOCUA008	OF. ALBAÑIL+AYTE. DE ALBAÑIL	JOR	\$577.83	0.021000	\$12.13	5.46%
%MO001	MANDO INTERMEDIO	%MO	\$33.09	0.100000	\$3.31	1.49%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$37.39</b>	<b>16.83%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$222.33</b>	
(* DOSCIENTOS VEINTIDOS PESOS 33/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

**Dependencia:****Fecha:** 2006/05/02**Concurso No.****Obra:** COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA**Lugar:** MEXICO DISTRITO FEDERAL**Inicio Obra:** 15-May-2006 **Fin Obra:** 31-May-2006**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
Par: A04	Análisis No.: 10					
<b>Análisis:</b>	<b>PAV-001</b>	<b>M2</b>			<b>118.00</b>	
SUMINISTRO Y REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA DE 10 CMS. DE ESPESOR CON UN RIEGO DE IMPREGNACION A RAZON DE 0.5 LTO/M², RIEGO DE LIGA A RAZON DE 1 LTO/M², CARPETA ASFALTICA, Y SELLO CON CEMENTO GRIS A RAZON DE 0.250 KG/M². EL PRECIO UNITARIO INCLUYE LOS CARGOS POR; MATERIALES, DESPERDICIOS, ACARREOS EXTERNOS HASTA EL LUGAR DE COLOCACION, ACARREOS INTERNOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y EQUIPO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN, PUOT.						
<b>MATERIALES</b>						
MAIMP001	ASFALTO FM-1 RL (RIEGO DE IMPREGNACION).	LT	\$2.60	1.200000	\$3.12	1.55%
MAIMP003	EMULSION FR-3 (RIEGO DE LIGA).	LT	\$2.45	1.050000	\$2.57	1.28%
MAIMP009	MEZCLA ASFALTICA ELAB. EN PLANTA	TON	\$395.00	0.233500	\$92.23	45.84%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MATERIALES</b>				<b>\$97.92</b>	<b>48.67%</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
MOCUA008	OF. ALBAÑIL+AYTE. DE ALBAÑIL	JOR	\$577.83	0.067500	\$39.00	19.39%
%MO001	MANDO INTERMEDIO	%MO	\$53.97	0.100000	\$5.40	2.68%
%MO002	HERRAMIENTA MENOR	%MO	\$53.97	0.030000	\$1.62	0.81%
MOCUA001	PEON (acarr.elab.mezcl.elev.limp.)	JOR	\$199.58	0.075000	\$14.97	7.44%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>\$60.99</b>	<b>30.32%</b>
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
EQDI110	RODILLO VIBRO-COMPACTADOR AR-18	HR	\$114.59	0.154879	\$17.75	8.82%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>				<b>\$17.75</b>	<b>8.82%</b>
<b>FLETES</b>						
MAFLE001	FLETE DE CARPETA ASFALTICA	TON	\$105.00	0.233500	\$24.52	12.19%
<b>SUBTOTAL:</b>	<b>FLETES</b>				<b>\$24.52</b>	<b>12.19%</b>
<b>Costo Directo:</b>					<b>\$201.18</b>	
(* DOSCIENTOS UN PESOS 18/100 M.N. *)						

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

## IV.2.c.- Costos Horarios.

Dependencia:

Concurso No.

Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL

Fecha: 2006/05/02

### ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA

#### DATOS GENERALES

CODIGO:	EQDI08			
MAQUINA:	COMPACTADOR MANUAL DE PLACA VIBRATORIA			
MODELO:	INDICADOR ECONOMICO DE REFERENCIA:			
CAPACIDAD:	Cetes			
PRECIO DE ADQUISICION:	\$30,240.00	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	5.00	
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$0.00	HORAS POR AÑO (Hea):	1000 Hrs	
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve):	5000 Hrs	
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS:	0 Hrs	POTENCIA NOMINAL	6 HP	
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$0.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc):	6.56 /Lts	
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	0 Hrs			
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$30,240.00	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE	42 /Lts	
VALOR DE RESCATE (Vr):	10 %	\$3,024.00	FACTOR DE OPERACION (Fo):	80.00 %
TASA DE INTERES (i):		42 %	POTENCIA DE OPERACION (Po):	4.80
PRIMA DE SEGUROS (s):		3.5 %	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	0.35
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):		\$0.00	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0.2840
SALARIO POR OPERACION(So):		\$0.00	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0.02
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):		6.4	CAPACIDAD DEL CARTER (CC):	1.00
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):		150	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1

#### ACTIVA

#### CARGOS FIJOS

a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve = 30,240.00 - 3,024.00 / 5,000.00 =	5.44
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea = (30,240.00 + 3,024.00) * 0.42 / 2 * 1,000.00 =	6.99
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea = (30,240.00 + 3,024.00) * 0.04 / 2 * 1,000.00 =	0.58
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D = 0.35 * 5.44 =	1.90

**SUMA CARGOS FIJOS** **14.91**

#### CONSUMOS

a).- COMBUSTIBLE..... Co = Fc * Po * Pc = 0.284 * 4.80 * 6.56 =	8.94
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 * 0 = \$0	0.00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa = [(0.0167 * 4.80) + 1 / 150] * \$42/Lt. =	3.65
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn = \$0.00 / 0.00 =	0.00
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =	0.00

**SUMA DE CONSUMOS** **\$12.59**

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA** **\$27.50**

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

## IV.2.d.- Listado de Insumos.

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/05/02

Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 31-May-2006

### LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>1</b>	<b>MATERIALES</b>						
ACEITE	ACEITE Y LUBRICANTES.	LTO	11-Abr-2006	74.7977	\$42.00	\$3,141.50	1.07%
DIESEL	DIESEL	LTO	11-Abr-2006	2,234.5388	\$5.38	\$12,021.82	4.10%
GASOLINA	GASOLINA	LTO	11-Abr-2006	400.0810	\$6.56	\$2,624.53	0.90%
LLDI21	LLANTAS PARA POCLAN 90B	JGO	12-Abr-2006	0.0126	\$42,536.00	\$536.68	0.18%
LLTE01	LLANTAS P/CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. ACTI	JGO	11-Abr-2006	0.0901	\$15,000.00	\$1,352.10	0.46%
MAACE004	CLAVOS DE 1 1/2"A 3"	KG	11-Abr-2006	3.7760	\$10.50	\$39.65	0.01%
MAAGR001	ARENA DE MINA	M3	11-Abr-2006	13.3364	\$130.00	\$1,733.73	0.59%
MAAGR005	AGUA	M3	11-Abr-2006	5.3100	\$80.00	\$424.80	0.15%
MAAGR007	TEPETATE	M3	11-Abr-2006	142.0600	\$120.00	\$17,047.20	5.82%
MACEM002	CALHIDRA	TON	11-Abr-2006	0.1180	\$960.00	\$113.28	0.04%
MACONSU01	DISCO DE CORTE DE 20" PARA CONCRETO	PZA	11-Abr-2006	1.1800	\$1,395.00	\$1,646.10	0.56%
MAIMP001	ASFALTO FM-1 RL (RIEGO DE IMPREGNACION).	LT	11-Abr-2006	141.6000	\$2.60	\$368.16	0.13%
MAIMP003	EMULSION FR-3 (RIEGO DE LIGA).	LT	11-Abr-2006	123.9000	\$2.45	\$303.56	0.10%
MAIMP009	MEZCLA ASFALTICA ELAB. EN PLANTA	TON	11-Abr-2006	27.5530	\$395.00	\$10,883.44	3.72%
MAMAD001	MADERA DE PINO DE 3ra.	P.T.	11-Abr-2006	12.5906	\$23.50	\$295.88	0.10%
MAPIN016	PINTURA DE ESMALTE COMEX VEL-MAR.	LT	11-Abr-2006	0.4720	\$54.50	\$25.72	0.01%
MAPRE-001	REGISTRO F. VIDRIO, MANHOLE 4x4x4'	PZA	11-Abr-2006	4.0000	\$12,413.37	\$49,653.48	16.95%
MARTILLO	MARTILLO TABE MOD. 1300	JGO	12-Abr-2006	0.0105	\$135,698.00	\$1,426.73	0.49%
MATUBESP03a	TUB. POLIETILENO EXTRU. HDPE-SDR-13.5 2"	ML	11-Abr-2006	303.8500	\$179.55	\$54,556.27	18.63%
<b>Total:</b>	<b>MATERIALES</b>					<b>\$158,194.63</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/05/02

Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEP A ABIERTA

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 31-May-2006

## LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>2</b>	<b>MANO DE OBRA</b>						
MOMM001	AYUDANTE GENERAL	JOR	06-Abr-2006	37.7093	\$242.03	\$9,126.78	3.12%
MOMM017	AYTE. DE TOPOGRAFO	JOR	06-Abr-2006	13.7824	\$246.90	\$3,402.87	1.16%
MOMM032	OF. ALBAÑIL	JOR	06-Abr-2006	37.7093	\$335.80	\$12,662.78	4.32%
MOMM066	CADENERO	JOR	06-Abr-2006	13.7824	\$242.03	\$3,335.75	1.14%
MOMM069	TOPOGRAFO	JOR	06-Abr-2006	13.6880	\$358.54	\$4,907.70	1.68%
MOMM070	OP. DE EQUIPO LIGERO	JOR	06-Abr-2006	2.8556	\$242.03	\$691.14	0.24%
MOMM071	BANDERERO DE SEGURIDAD	JOR	06-Abr-2006	48.0000	\$215.26	\$10,332.48	3.53%
MOMM072	CHOFER DE CAMION	JOR	06-Abr-2006	12.6759	\$335.80	\$4,256.56	1.45%
MOMM079	OP. DE EQUIPO PESADO	JOR	06-Abr-2006	4.9284	\$486.13	\$2,395.86	0.82%
MOSM001	PEON	JOR	06-Abr-2006	204.8409	\$199.58	\$40,882.15	13.96%
<b>Total:</b>	<b>MANO DE OBRA</b>					<b>\$91,994.07</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS

Dependencia:

Concurso No.

Fecha: 2006/05/02

Obra: COMPARATIVO METODO TRADICIONAL CON CEPA ABIERTA

Lugar:

Ciudad: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

Inicio Obra: 15-May-2006 Fin Obra: 31-May-2006

## LISTADO DE INSUMOS QUE INTERVIENEN EN LA INTEGRACION DE LA PROPUESTA

Código	Concepto	Unidad	Fecha	Cantidad	Precio	Importe	%Incidencia
<b>3</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>						
CFCO07	CORTADORA DE CONC. TARGET 12 HP 14"	HRS	13-May-2006	94.4000	\$8.30	\$783.52	0.27%
CFDI08	COMPACTADOR MANUAL DE PLACA VIBRATORIA	HRS	13-May-2006	106.2000	\$14.91	\$1,583.44	0.54%
CFDI110	RODILLO VIBRO-COMPACTADOR AR-18	HRS	13-May-2006	18.2757	\$59.42	\$1,085.94	0.37%
CFDI21	RETROEX C/MART.MCA.POCLAIN MOD.90CLB	HRS	13-May-2006	31.5420	\$481.00	\$15,171.70	5.18%
CFTE01	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3. ACTIVO	HRS	13-May-2006	81.1256	\$161.79	\$13,125.32	4.48%
CFTO01	NIVEL P/MEDICION K-E	HRS	13-May-2006	1.9659	\$1.64	\$3.22	0.00%
CFTO02	TRANSITO P/MEDICION K-E	HRS	13-May-2006	1.9659	\$3.58	\$7.04	0.00%
<b>Total:</b>	<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					<b>\$31,760.18</b>	

JAIME RAUL MARTINEZ CONTRERAS



Al resumir algunos de los datos importantes que arroja el comparativo de nuestro ejercicio tenemos:

<b>Sistema constructivo</b>	<b>Costo Directo.</b>	<b>Duración (días).</b>	<b>Mano de Obra (jornales).</b>
Perforación Direccional	\$ 298,948.32	4	109.06
Tradicional cepa a cielo abierto	\$ 292,791.99	16	389.97
Relación P.D. / Tradicional.	1.0210	0.25	0.2797

La tabla anterior muestra que:

- El costo de la perforación direccional es del 2.1% mayor al del método tradicional.
- En cuanto al tiempo de ejecución para la misma obra la perforación direccional utiliza solo el 25% del tiempo que se lleva el método tradicional.
- La mano de obra utilizada en la perforación direccional es solo del 27.97% comparada con el método tradicional.

## V.- Estudios de caso.

Los sistemas de perforación direccional son muy eficientes y utilizados principalmente en los países desarrollados para efectuar cualquier tipo de cruces en vías que se encuentren en servicio, y puede ser utilizado en los siguientes casos;

- Construcción de Sistemas de Agua potable.
- Construcción ó reemplazo de sistemas de alcantarillado sanitario.
- Cruce para instalaciones bajo canales ó ríos.
- Sistemas de abastecimiento domiciliario de gas natural.
- Sistemas de gasoductos.
- Sistemas de distribución de energía eléctrica.
- Sistemas de distribución de líneas de fibra óptica.
- Sistemas de distribución de redes telefónicas.

A continuación se describen dos proyectos de líneas de distribución para fibra óptica y energía eléctrica para automatizar dos centros comerciales en uso continuo e intenso.

### V.1.- Proyecto Metepec.

**Ubicación:** Metepec, Estado de México.

#### V.1. a.- Descripción del proyecto:

Este proyecto consistió en la automatización del estacionamiento de un centro comercial en operación continua desde las 6:00 a.m. y hasta la 1:00 a.m. del día siguiente, proveyéndolo de un sistema totalmente automatizado de cajeros automáticos, barras de control y sistema de video, para el control total del estacionamiento.

Para lo anterior fue necesario implementar una red de fibra óptica con topología en estrella para el sistema de control de estacionamientos con voz y datos, además de la red del sistema eléctrico de luz y fuerza para el funcionamiento de los mismos, así como la canalización necesaria para el sistema de video.

La canalización de estos servicios se realizó con una perforación direccional horizontal y se instaló una tubería de polipropileno de alta densidad de 4", por esta tubería se abastecen los tres servicios requeridos en cada uno de los puntos solicitados siendo estos, cada uno de los accesos y cajeros instalados dentro del centro comercial (estaciones de pago).

Por especificaciones y necesidades propias de los proveedores de la fibra óptica, la distancia máxima entre los registros fue de 90 metros.

Los registros de estos servicios son de concreto reforzado con impermeabilizante integral, cuentan con unas dimensiones de 1.20 X1.20X1.20m y se encuentran aterrizados por medio de una varilla cooperwell de ¾" de diámetro.

A continuación se presentan un resumen de los principales conceptos relacionados con la perforación direccional de este proyecto.

<u>Concepto</u>	<u>Cantidad</u>
La longitud total de perforación direccional	1,465.00 metros.
La tubería total instalada de 4"	1,465.00 metros.
Registros de concreto reforzado	22.00 piezas.

## V. 1.-b.- Estudios previos:

Por parte del cliente fue proporcionado el estudio de mecánica de suelos del cual se desprende que en la zona existe el siguiente material:

Profundidad (m)	Descripción	Clasificación de acuerdo al SUCS
0.00-1.00	Capa vegetal a base de arcilla limosa Con arena fina, color café oscuro, de Consistencia inicial blanda.	CL-ML
1.00-2.50	Arcilla limosa con arena fina, color Café claro de consistencia inicial firme.	CL-ML
2.50-3.00	Arena fina, con grava fina poco limosa Color gris oscuro, de alta compacidad.	SP-SM
2.50- 4.80	Arcilla limosa, color café grisáceo con Poca arena fina, consistencia inicial Muy firme.	CL-ML
4.80- 8.00	Arena fina color café claro y gris claro, Con grava fina, poco limosa, uniforme De alta compacidad.	SP-SM
8.00-11.00	Arcilla limosa con poca arena fina y Con grava fina aislada, color café grisáceo, De consistencia inicial muy dura.	CL-ML

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos para el Centro Comercial Metepec, realizado por la empresa Geovisa S. A. de C. V, México 1997.

Nota:

Aunque el referido estudio indica una profundidad total de 28.80 metros, los resultados aquí resumidos se presentan solo para la profundidad de interés de la perforación direccional horizontal.

La conclusión a la que se llegó una vez estudiada la información anterior es que para fines de la perforación se atacaría un suelo tipo fino.

Se realizó el levantamiento físico de las interferencias presentes, el sistema utilizado fue censando cada uno de los registros existentes dentro del estacionamiento y en las banquetas perimetrales al centro comercial, resultados que se plasman en el plano respectivo y que sirven de base para el planteamiento de las rutas de cada uno de los micro-túneles construidos (ver plano siguiente página).

Maquinaria y equipo utilizado:

Se utilizó una perforadora direccional horizontal marca Vermeer, modelo D24X40a, cama baja con planta de lodos portátil, una pipa marca Ford para el transporte de agua necesaria para la perforación y limpieza del área de trabajo y retiro de lodos bentoníticos excedentes. Una camioneta de 3.5 toneladas necesaria para el transporte de personal y accesorios de perforación así como el equipo de seguridad como son trafitambos y conos para la señalización y aislamiento del área de trabajo conforme se va avanzando.



### V.1.c.- Resumen de costos y programa.

A pesar de que este trabajo busca comparar la viabilidad del método de HDD y no necesariamente comparar los costos, es indispensable contar con cierta información básica respecto a los mismos. En la siguiente tabla se presentan datos numéricos que muestran los beneficios del método HDD.

<b>Sistema constructivo</b>	<b>Costo Directo.</b>	<b>Duración (días).</b>
Perforación Direccional	\$2,025,436.42	15
Tradicional cepa a cielo abierto	\$1,921,546.46	80
Costos adicionales, jardinería y señalamiento vial	\$1,468,461.15	
Relación HDD / Tradicional.	1.05406	0.1875
Relación HDD/ Tradicional + costos adicionales	0.5975	

Como podemos observar, para el caso del método HDD se ocupa solo el 18.75% del tiempo que se requiere para efectuar la misma obra con el método tradicional de cepa abierta.

El costo directo de la HDD es mayor en solo un 5.406 % comparado con el método tradicional. Sin embargo, al considerar los daños que se ocasionarían al estacionamiento con el método tradicional y en particular en la red de riego computarizada así como al señalamiento vial, resulta que el costo del sistema HDD ahora es menor y representa solo el 59.75%.

El punto que no se debe perder de vista es que la operación del estacionamiento no se ve interrumpida en forma alguna y por lo tanto los comercios y usuarios del centro comercial utilizan el servicio sin ningún riesgo o incomodidad.

## V.2.- Proyecto Perisur.

**Ubicación:** Al sur de la Ciudad de México, Distrito Federal.

### V.2.a Descripción de la zona.

La cuenca que nos ocupa está constituida por una estructura geológica con afloramientos de rocas de origen ígneo, siendo las rocas ígneas extrusivas las que ocupan una mayor extensión. Las más representativas datan del Triásico (las metamórficas) y del Cuaternario (representado por rocas ígneas de composición basáltica, así como por depósitos lacustres y aluviales). Las principales estructuras geológicas que se presentan, son los aparatos volcánicos, que originan asociaciones con fracturas y fallas regionales, como consecuencia a los fenómenos de vulcanismo y mineralización.

### V.2. b. Descripción del proyecto.

El proyecto consistió en la perforación direccional horizontal de 1,154.57 metros en diferentes diámetros en material tipo III (roca basáltica), la perforación se realizó para la automatización del estacionamiento del centro comercial, el cual presenta operación continua desde las 6:00 a.m. y hasta la 1:00 a.m. del día siguiente. Las tuberías instaladas según requerimientos del proyecto son; red de fibra óptica con topología en estrella para sistema de voz y datos, instalación eléctrica de luz y fuerza y sistema de video.

Los registros utilizados en este proyecto fueron prefabricados a base de fibra de vidrio con dimensiones de 1.20x1.20x1.10 metros con tapa de hierro vaciado.

A continuación se presenta un resumen de los principales conceptos relacionados con la perforación direccional de este proyecto.

<u>Concepto</u>	<u>Cantidad</u>
Perforación direccional de 5" de diámetro	16.77 metros.
Perforación direccional horizontal de 8" de diámetro	588.86 metros.
Perforación direccional horizontal de 10" de diámetro	198.04 metros.
Registros prefabricados	31.00 piezas.
Instalación de tubería HDPE de 1"	924.58 metros.
Instalación de tubería HDPE de 2"	1,509.39 metros.
Instalación de tubería HDPE de 4"	2,106.62 metros.

Maquinaria y equipo utilizado.

Se utilizó una perforadora direccional horizontal marca Vermeer, modelo D24X40a, cama baja con planta de lodos portátil, compresor marca Ingersoll Rand, modelo XHP 900W con capacidad de 900 PCM (pies cúbicos por minuto), potencia de 400 H.P., martillo marca Halco, modelo Storm 500 de 2000 golpes por minuto, una pipa marca Ford para el transporte de agua necesaria para la perforación y limpieza del área de trabajo y retiro de lodos excedentes. Una camioneta de 3.5 toneladas necesaria para el transporte de personal y accesorios de perforación así como el equipo de seguridad como son trafitambos y conos para la señalización y aislamiento del área de trabajo conforme se va avanzando.

Estos trabajos se realizaron en horario nocturno en el periodo comprendido entre el 7 de Enero y el 28 de Febrero del 2004.

Resumen del equipo:

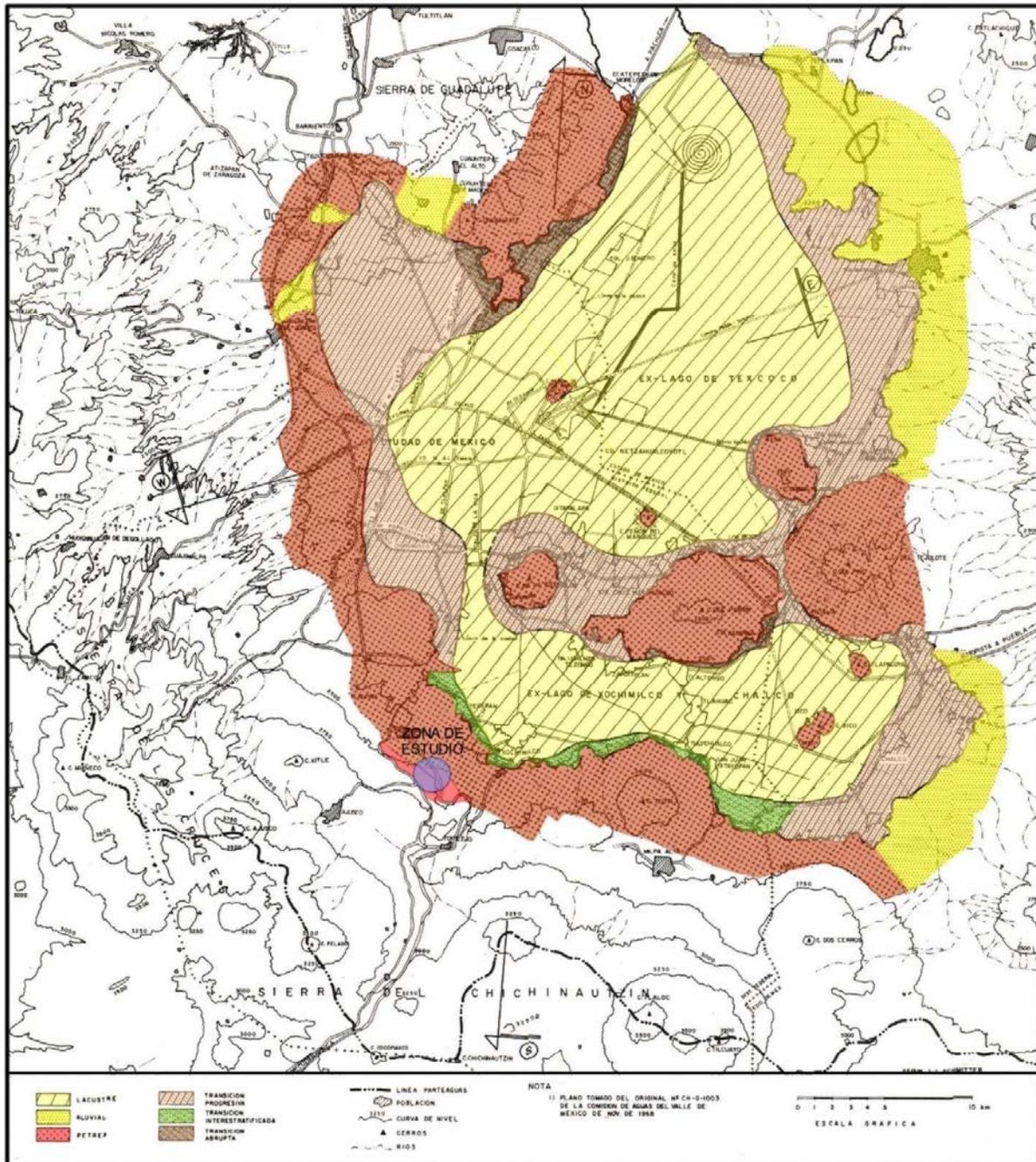
Equipo	Compresor	Martillo
Marca	Ingersoll Rand	Halco
Modelo	XHP 900 W	Storm 500
Motor	Caterpillar	
Modelo del motor	3406 TA	
Potencia (h.p.)	400	
Capacidad	900 PCM	2000 golpes/ min.
Presión (PSI)	350	350
Control Direccional	-----	4 a 14% @ 5 metros.
Diámetro del barrenado piloto	-----	5 ¼ "
Diámetro del ampliador	-----	14 a 24"
Velocidad de perforación	-----	17 metros/hr.

### V.2.c.- Estudios Previos.

Se realizó a través de una empresa especialista en estudios de mecánica de suelos (en particular en estudios no agresivos por requerimiento del centro comercial) un estudio geoelectrico resistivo para determinar el tipo de suelo de relleno en la zona, pues por comentarios y referencias verbales se nos indicaba que dicha zona había sido rellena sin control alguno, dejando incluso enterradas grandes cantidades de acero de refuerzo, por lo anterior y como una medida primeramente técnica y de protección a los equipos utilizados se realizó el estudio referido, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Geología:** La zona se localiza dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico (según Raisz) o Faja Volcánica Transmexicana (según Mosser). Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todo tipo, en donde se dieron acumulaciones en innumerables y sucesivos eventos volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario (hace unos 35 millones de años) que continúan hasta el presente, tal es el caso del volcán Popocatepetl, que a la fecha de los estudios presenta una actividad importante en emisión de nubes constituidas con gases y arenas finas, que han alcanzado alturas hasta de 10 km y un radio de expansión hasta de 80 km. Tal Provincia ésta integrada por grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos formando una especie de enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arenas, cenizas y escorias similares extendidas en las llanuras. Dichas manifestaciones volcánicas corresponden a la cadena de grandes estrato-volcanes que originaron lo que hoy se denomina Eje Neovolcánico. Otro rasgo esencial de la Provincia es la presencia de las amplias cuencas cerradas, ocupadas por antiguos lagos, como son el de México, Texcoco, Chalco y Xochimilco dentro de los más importantes. Ésta fisiografía da lugar a diversos llanos o planicies que se han formado como consecuencia al bloqueo debido a los derrames lávicos como el del Xitle, que se localiza al sur del Centro Comercial Perisur, que han cambiado los drenajes originales debido a los fallamientos o fenómenos tectónicos.

Del Cuaternario existen depósitos lacustres y aluviales que rellenan los antiguos lagos de la cuenca de México, rodeada por los aparatos volcánicos formados por conos ceniéricos, ver plano No.2 y figura No.1 <sup>4</sup>.



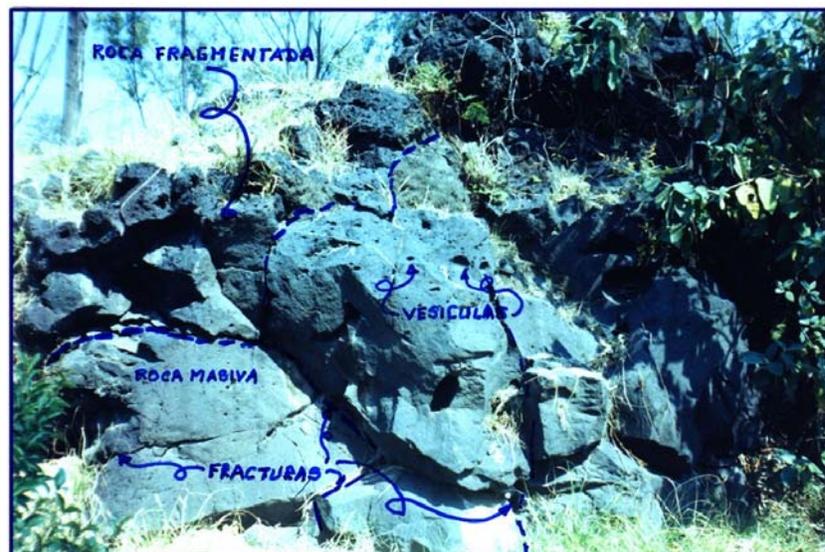
ESTUDIO GEOFISICO PARA CONOCER LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LA ESTRATIGRAFIA DEL SUBSUELO EN EL TRAZO DONDE SE COLOCARA CABLE DE FIBRA OPTICA EN EL CENTRO COMERCIAL PERISUR.

ZONIFICACION DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO.

ESCALA:	FECHA:	FIGURA:
GRAFICA	DICIEMBRE 2003	1



En la etapa Terciaria se constituyó una gran actividad en donde se originaron grandes mantos de rocas volcánicas de composición ácida e intermedia, como son las andesitas Xochitepec, la Formación Las Cruces y la Formación Chichinautzin (al sur del proyecto) que dieron origen a la configuración de serranías que cortaron o bordearon los valles, los cuales eran antiguamente cuencas endorreicas, en donde se depositaron grandes volúmenes de materiales granulares y piroclásticos (roca muy fragmentada; ver fotografía No. 34<sup>1</sup>). Otras son de tipo tezontle, altamente vesicular (ver fotografía No. 35<sup>2</sup>), tal es el caso de la Formación Tarango y Chichinautzin. Este conjunto de fenómenos dieron lugar a la dinámica propia del ambiente tectónico regional, en donde se generó la formación de extensas fallas y un denso sistema de fracturamiento (ver fotografía No. 34) que afecta a toda la secuencia estratigráfica.



<sup>1</sup> Fotografías tomadas del informe presentado por la empresa "Investigaciones Electrofísicas de la Tierra S. A. de C. V.

<sup>2</sup> Fotografías tomadas del informe presentado por la empresa "Investigaciones Electrofísicas de la Tierra S. A. de C. V.

Fotografía No. 34



Fotografía No. 35  
Muestra la granulometría de los materiales encontrados en base y sub-base de terracerías.

**aga**

AGA ASOCIADOS S.A. DE C.V.

**SIMBOLOGIA:**

- LAJADO
- SUPERPOSTE
- PECERA
- LAJAZO
- PAJADO DE VISTA
- REGISTRO SANITARIO
- LANE DE PASO
- TOMA DE AGUA TRATADA
- TOMA DE TIERRA FISCA
- LUZ Y FUERZA
- TELEFONOS DE MEXICO
- VERTICE
- TRAYECTORIA DE PERFORACION
- REGISTRO TERMINAL
- REGISTRO DE PASO Y DISTRIBUCION
- CAJERO DE PREPAZO PLANTA ALTA
- CAJERO DE PREPAZO PRIMER NIVEL

PROYECTO:  
RAUL MARTINEZ CONTRERAS

NOMBRE DEL PROYECTO:  
PERFORACION DIRECCIONAL

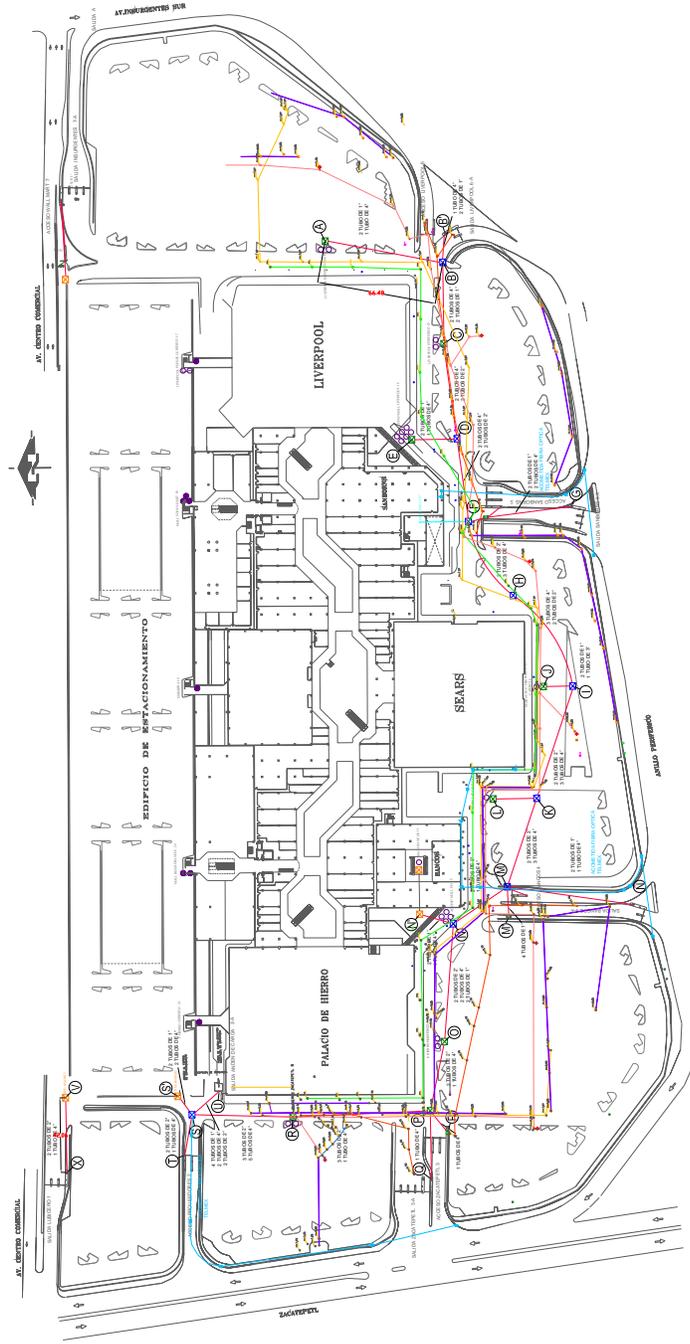
DIRECCION:

PROPIETARIO:

PLANO:  
COMPARATIVO

FECHA:  
ABRIL/11/2006

ESCALA: 1:100  
 COTAS:  
 MAAH  
 CRQS.  
 NUMERO DE PLANO:



ESTACIONAMIENTO SERVICIOS EXTERIORES  
 CENTRO COMERCIAL GALERIAS PERISUR

Plano de interferencias existentes y trayectorias propuestas de perforación.

#### V.2.d.- Resumen de costos y programa.

De igual manera que en el caso de Metepec, es importante contar con información básica respecto al sistema HDD vs el método tradicional.

<b>Sistema constructivo</b>	<b>Costo Directo.</b>	<b>Duración (días).</b>
Perforación Direccional	\$4,510,951.41	24
Tradicional cepa a cielo abierto	\$ 5,159,003.58	102
Costos adicionales, jardinería y señalamiento vial	\$1,538,955.00	
Relación HDD / Tradicional.	0.8743	0.2352
Relación HDD/ Tradicional + costos adicionales	0.6735	

Como podemos observar, para el caso del sistema HDD se ocupa solo el 23.52% del tiempo que se requiere para efectuar la misma obra con el método tradicional de cepa abierta.

El costo directo del procedimiento HDD es menor en un 12.57 % comparado con el método tradicional. Sin embargo, al considerar los daños que se ocasionarían al estacionamiento y en particular en la red de riego computarizada así como al señalamiento vial resulta que el costo del sistema HDD es menor y representa solo el 67.35% del costo del de cepa abierta y sus adicionales, lo cual implica un ahorro del 32.65%. Además se tiene la ventaja de que el servicio del estacionamiento no se ve interrumpido en forma alguna y por lo tanto los comercios y usuarios del centro comercial utilizan el servicio sin ningún riesgo y con comodidad además de evitar de esta forma pérdidas importantes en sus negocios.

### **V.3.- Registro actual de máxima longitud perforada a nivel internacional.**

La empresa Vermeer preocupada por la difusión, control y comunicación de los proyectos en que intervienen sus equipos de perforación se encarga a través de sus concesionarios de dar seguimiento a los distintos proyectos a nivel internacional registrando el tipo de obra y servicio requerido así como las especificaciones generales de los proyectos, es así como se tiene registrado el siguiente trabajo catalogado a la fecha como el de mayor longitud en una sola operación.

**Máxima longitud ejecutada a la fecha:** 5 kilómetros.

**Tubería instalada:** acero de 6" para gas.

**Lugar:** Sonda de Currituck County, en Carolina del Norte.

**Terreno:** cruzamiento bajo cuerpo de agua.

**Profundidad:** 10 / 26 m.

**Ejecución:** perforación en dos secciones con un empate bajo el agua a medio camino.

**Inmersión:** dos secciones de tubo jaladas en la misma dirección con un empate soldado.

**Equipo:** un Hércules 1200 ( 1'200,000 lbs de potencia, y un Atlas 840 ( 840,000 lbs ).

**Lingada:** dos secciones de 2.5 Kms con un peso total de 203,850 kg.

**Arrastre:** cada sección por encima de varios caminos, soportada por contenedores; otros, por debajo con camisas, para no interrumpir el tráfico.

**Tiempo de ejecución:** 19 días de perforación, 40 operadores, 14 unidades de trabajo y 49 horas de jalado.

**Clima:** menos 10.5 grados centígrados de temperatura, 10 cm de nieve y viento de 50 km/hr

## VI. Conclusiones.

Reproduciendo la tabla del ejercicio desarrollado tenemos que algunos de los datos importantes que arroja el comparativo de nuestro ejercicio tenemos:

<b>Sistema constructivo</b>	<b>Costo Directo.</b>	<b>Duración (días).</b>	<b>Mano de Obra (jornales).</b>
Perforación Direccional	\$ 298,948.32	4	109.06
Tradicional cepa a cielo abierto	\$ 292,791.99	16	389.97
Relación P.D. / Tradicional.	1.0210	0.25	0.2797

La tabla anterior muestra que:

- El costo de la perforación direccional es del 2.1% mayor al del método tradicional.
- En cuanto al tiempo de ejecución para la misma obra la perforación direccional utiliza solo el 25% del tiempo que se lleva el método tradicional.
- La mano de obra utilizada en la perforación direccional es solo del 27.97% comparada con el método tradicional.

De acuerdo a los resultados de este trabajo, la hipótesis presentada en la introducción es corroborada. De tal manera que el método de perforación direccional horizontal aún representando un mayor costo, reduce en un 75% la duración de la obra; justificando con esto el incremento en su precio. Es decir, la eficiencia en operación es más que proporcional al aumento de gasto.

Imaginemos el mismo ejemplo analizado pero cambiando solo una de las condiciones dadas inicialmente, es decir, en lugar de considerar que en el terreno exista tepetate altamente cementado ahora existe roca ígnea.

Sin demostrarlo con el análisis presupuestal propio para este caso<sup>1</sup> y por sentido común, basta decir que el tiempo de ejecución para el método tradicional se incrementaría (considerando 45 días para la ejecución) y por lo tanto también lo harían los costos asociados por concepto de mano de obra ya que los rendimientos de la misma son muy distintos para el caso de roca. Por otro lado la perforación direccional horizontal mantendría su tiempo de ejecución en los cuatro días propuestos inicialmente, por lo tanto los índices de efectividad crecerían (por ejemplo la duración sería de  $4/45 = 8.88\%$ ), evidenciando aún más las virtudes del proceso de perforación direccional horizontal respecto al método tradicional de cepa abierta, así mismo aunque los costos asociados para este caso se incrementan el alza para el caso de cepa abierta es bastante mayor que el de la perforación direccional horizontal, y por lo tanto es muy probable que en este ejercicio resultase que el costo por metro lineal de perforación direccional sea menor comparado con el método tradicional de cepa abierta.

Es importante situarnos en nuestro contexto, es decir, respecto al costo, este tipo de maquinaria es de importación por lo tanto las refacciones y la capacitación son pagadas en moneda extranjera (generalmente dólares americanos) lo cual encarece el costo al ser

---

<sup>1</sup> No se hace el desarrollo de dicho presupuesto por considerarlo ajeno a la hipótesis de este trabajo, al no ser ésta demostrar que el costo entre un método y otro sea menor.

nuestra moneda dependiente del tipo de cambio a la fecha de la operación.

En cuanto al tiempo de ejecución sabemos que nuestro país cuenta con abundantes recursos de mano de obra, por lo tanto política y socialmente las obras que se realizan con fondos provenientes del gobierno (federal y estatal) siempre procuran incentivar el uso de los recursos locales, sobre todo la mano de obra sacrificando muchas veces la eficiencia en el proceso constructivo, lo cual no es necesariamente negativo, pero creo que solo existe una forma de crecer económicamente y ésta es capacitándonos para tener acceso a mayores niveles de salario.

Sabemos que los precios de cualquier producto los determina la oferta y la demanda, y al ver que en nuestro país este tipo de servicios solo los pueden ofrecer cuando mucho diez empresas, entendemos el porqué los costos pueden elevarse dependiendo del criterio de cada empresa. En el caso de la perforación direccional al ser tecnología de punta podemos pensar que mientras más empresas sean capaces de acceder a ella, los precios por situación del mercado tenderán a disminuir, al igual que cualquier producto o servicio hasta llegar a un equilibrio.

## VII. Bibliografía.

Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez, Alfonso. *Mecánica de Suelos*, tomo I, tercera edición. México: Ed. Limusa.

Investigaciones Electrofísicas de la Tierra S. A. de C. V. *Estudio Geofísico Para Conocer las Características Físicas del Subsuelo en el Centro Comercial Perisur. Informe No. 236*. México, 2003.

Geovisa S. A. de C. V. *Estudio de Mecánica de Suelos para el Centro Comercial Metepec*, México, 1997.

López Ramos Ernesto. *Geología General y de México*. Ed. Trillas, México, 1993.

Halco Direccional Drilling Products. *Storm 500*, 2006.

En: <http://www.hddp.net/pages/navset.html>

Vermeer Manufacturing Company. *Vermeer University Read Me File (CD- ROM)*, 2000.

**aga**

AGUA ASOCIADOS S.A. DE C.V.

REGISTROS

CASA DE VALVULA A.P.

DRENAJE

AGUA POTABLE 4" Ø

DESCARGAS DOMICILIARIAS (DRENAJE)

CONEXION DOMICILIARIA (A.P.)

PROYECTO  
RAUL MARTINEZ CONTRERAS

NOMBRE DEL PROYECTO:  
PERFORACION DIRECCIONAL

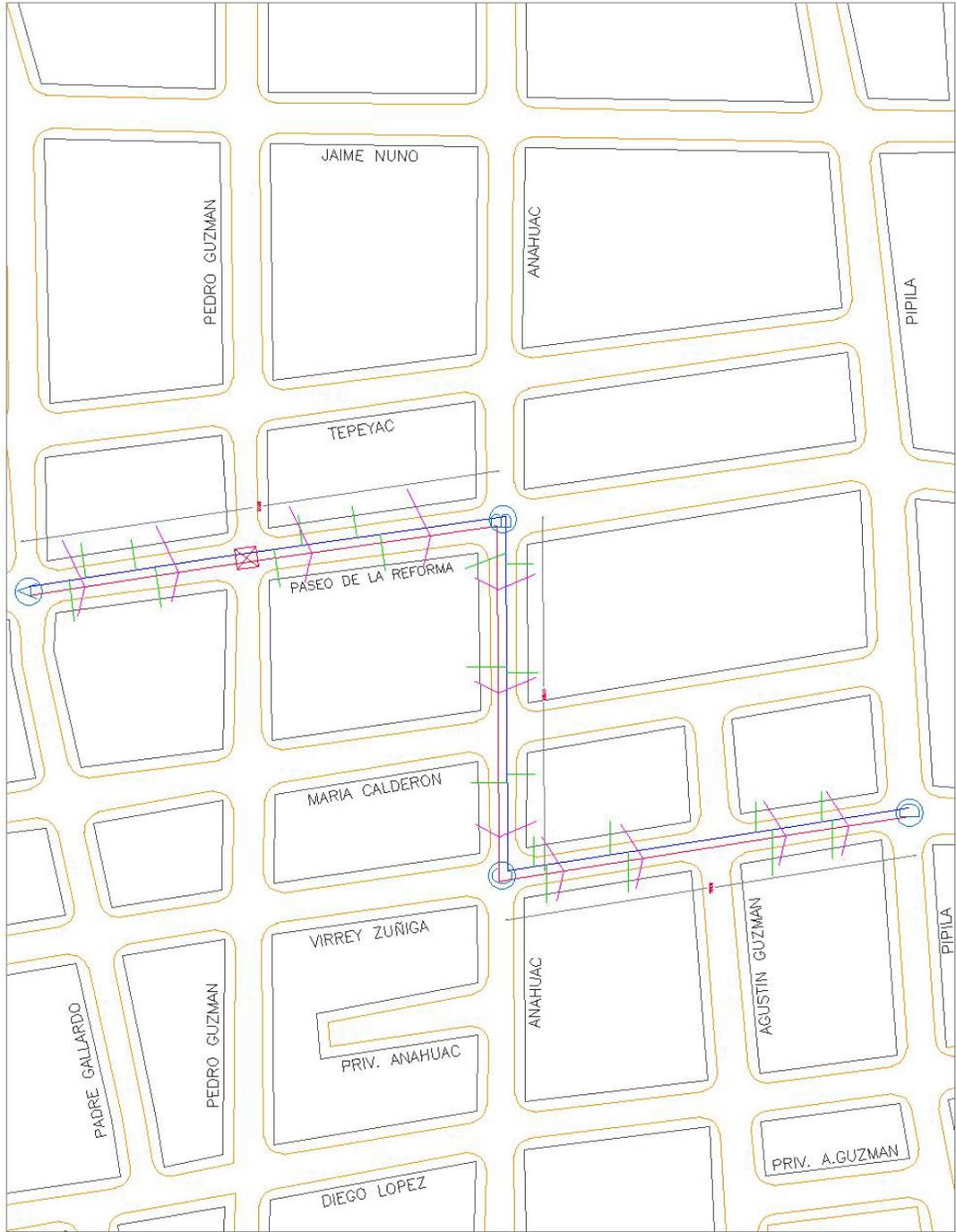
DIRECCION:  
.....

PROPIETARIO:  
.....

FUNDO:  
CONPARATIVO

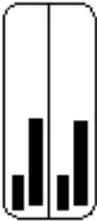
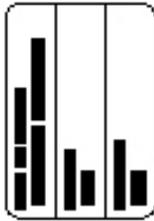
FECHA:  
ABRIL /11/ 2005

PROYECTO  
LEVAN  
01





AGUAS AEREADES S.A. DE C.V.



LEVANT.	02
---------	----

