

61A  
2ej

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería



**CONSTRUCCION DE LA LINEA DE RED PRIMARIA  
DE AGUA POTABLE DE 48" DE DIAMETRO  
"PICACHO-MIGUEL ANGEL DE QUEVEDO"**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO CIVIL**

**P r e s e n t a :**

**Rodrigo Goitia Sotelo**

México, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

1.	INTRODUCCION.....	4
1.1	ANTECEDENTES DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CD. DE MEXICO.....	5
1.2	PLANEACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA ACTUAL DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.....	8
1.3	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PUBLICO DE AGUA POTABLE.....	10
1.3.1	Captación y toma de agua.....	11
1.3.1.1	Captación y toma de agua subterránea.....	11
1.3.1.2	Manantiales superficiales.....	12
1.3.2	Conducciones principales y secundarias.....	13
1.3.3	Tratamiento o depuración.....	14
1.3.4	Depositos de distribución.....	16
1.3.5	Redes de distribución.....	16
1.3.6	Estaciones elevadoras.....	17
1.4	DESCRIPCION DE LA OBRA.....	17
2.	DATOS DEL PROYECTO.....	18
2.1	UBICACION DE LA OBRA.....	19
2.2	DATOS TOPOGRAFICOS.....	20
2.3	DATOS GENERALES.....	20
2.4	CONCEPTOS DE TRABAJO.....	23
3.	CONSTRUCCION DE LA LINEA.....	27
3.1	CONDICIONES DE TRABAJO.....	28
3.2	SECUENCIA DE TRABAJO.....	29
3.2.1	Instalación de bodega y oficina de campo.....	29
3.2.2	Trazo y nivelación.....	29
3.2.3	Banco de Tiro.....	29
3.2.4	Trazo del inicio de tramo.....	30
3.2.5	Excavaciones.....	30
3.2.6	Retiro del material.....	32
3.2.7	Bombeo.....	34
3.2.8	Cama de tezontle.....	34
3.2.9	Instalación del tubo de 48" ø.....	35
3.2.10	Relleno de la cepa.....	36
3.2.11	Cruceros (Cajas de válvulas, deflexiones o atraques).....	36
4.	PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y ANALISIS DE CONVENIENCIA PARA EXCAVAR EN ROCA.....	38
4.1	JUSTIFICACION DEL ANALISIS.....	39
4.2	METODO MANUAL.....	40

4.2.1	Cuña y marro.....	40
4.3	MÉTODOS MECANICOS.....	45
4.3.1	Equipo neumático.....	45
4.3.2	Darda.....	50
4.3.3	Martillo hidráulico.....	52
4.3.4	Líquido expansor.....	57
4.4.	COMPARACION DE COSTOS.....	68
4.4.1	Cuña y marro.....	70
4.4.2	Compresor y pistolas rompedoras.....	71
4.4.3	Martillo hidráulico montado sobre retroexcavadora.....	72
4.4.4	Líquido expansor.....	74
4.4.5	Tabla comparativa.....	77
5.	MANEJO E INSTALACION DE LA TUBERIA.....	80
5.1	DESCRIPCION.....	81
5.2	ENTREGA Y DESCARGA.....	82
5.3	PREPARACION DE LA JUNTA.....	83
5.4	INSTALACION DE TUBO.....	85
5.4.1	Instalación con gato de cadena.....	86
5.4.2	Instalación por tensión del cable suspensor.....	87
5.4.3	Instalación por medio de empuje.....	87
5.4.4	Revisión de la correcta instalación....	87
5.4.5	Junteo.....	89
5.5	INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES.....	90
5.5.1	Deflexiones y curvas.....	91
5.5.2	Atraques.....	92
	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	93
	BIBLIOGRAFIA.....	95
	A N E X O S.....	96

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

## 1.1 ANTECEDENTES DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Debido a las condiciones hidrológicas del valle de México y que desde la época de los aztecas se convirtió en el centro de población más importante de la región; la Gran Tenochtitlan, hoy Ciudad de México, fue necesario responder con obras de gran envergadura a situaciones de abundancia o escasez de agua, con lo cual se sucedían inundaciones y epidemias, sequías y hambrunas. El sistema de agua potable actual es producto 660 años de acciones realizadas, a partir de la fundación de México-Tenochtitlan.

En la época prehispánica y colonial el abastecimiento de agua provenía de manantiales y era conducida por el acueducto de Chapultepec hasta la ciudad, el cual fue construido por Netzahualcōyotl, rey de Texcoco.

Después de la conquista de México, consumada por los españoles en 1521, las autoridades coloniales siguieron utilizando los acueductos para el abastecimiento de agua.

En el siglo XIX resultaba ya insuficiente el agua proporcionada por los manantiales, por lo que se empezaron a perforar pozos someros; en 1847 existían casi 500 pozos y más de 1 000 en 1886. Esto posiblemente provocó que empezará el hundimiento de la ciudad y además, disminuyó

la presión en el acuífero a causa de la extracción y, en consecuencia, también se redujo el caudal de los manantiales de Chapultepec.

La extracción de los pozos se incrementó poco hasta el año de 1936, posiblemente gracias a que se terminó en 1913 el acueducto que captaba las aguas de los manantiales de Xochimilco, con un gasto de 2.6 m<sup>3</sup>/s. De 1936 a 1944 se advierte una deficiencia en las fuentes de agua para satisfacer la demanda de una población que iba en constante incremento, y en este lapso el gobierno inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos.

El déficit para abastecer de agua a la ciudad, hizo que en 1942 se iniciaran las obras para captar los manantiales del río Lerma en el valle de Toluca. Estas obras se retrasaron hasta 1951, año en el que todavía se perforaron otros 10 pozos profundos. Pero en el año de 1947 se hizo conciencia de los hundimientos que se presentaban en la ciudad, esto fue por un trabajo técnico presentado por el Ing. Nabor Carrillo en el que, con datos cuantitativos señalaba que debido principalmente al abatimiento de las presiones en el acuífero que se encuentra debajo de la ciudad se presentaban dichos hundimientos, con esto se suspendieron en 1954 los permisos para perforar pozos particulares. No obstante, en 1955 hubo necesidad de perforar unos 10 pozos y, a pesar de que en 1957 se inauguró

el acueducto de los pozos de Chiconautla con un gasto de 3 m<sup>3</sup>/s, y en 1958 el de los pozos del Peñón, con un gasto de 1 m<sup>3</sup>/s, y entre 1960 y 1967 se perforaron alrededor de otros 50 pozos, en esta ocasión alejados del centro de la ciudad, pero muchos de ellos situados en zonas arcillosas, gracias a esto los hundimientos en el centro se redujeron notablemente entre 1960 y 1970.

Aunque se hicieron muchas obras y se empezó a reutilizar el agua, con su debido tratamiento para actividades que no fuera indispensable la potabilidad, la demanda de la ciudad no quedó satisfecha. Los manantiales de Xochimilco se agotaron por lo cual fue necesario, en 1964, perforar en esa zona baterías de pozos para suplir el gasto perdido; en 1967 se incrementó la aportación del Lerma en 4 m<sup>3</sup>/s mediante nuevas baterías de pozos; en el año de 1973 se perforaron más pozos en el área de Xochimilco; para 1977 se perforaron varios pozos en el sur de la ciudad (a lo largo del Anillo Periférico y en Tláhuac-Nezahualcóyotl) y al norte del valle (en la zona Los Reyes-Teoloyucan), los cuales entraron a la red de abastecimiento y aportan al área metropolitana 3.0 m<sup>3</sup>/s y 6.5 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

En el momento actual las principales fuentes de captación de agua se obtiene de transferencias desde cuencas lejanas como la que se efectúa en el proyecto Cutzamala.



## 1.2 PLANEACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA ACTUAL DE DISTRIBUCION DEL AGUA POTABLE.

El principal problema al que se ha venido enfrentando la Ciudad de México es el crecimiento acelerado y desorganizado de la población lo cual exige la ampliación del servicio de agua potable, este problema plantea grandes retos, y los esfuerzos que se realizan con la planeación urbana y demográfica que antes no se había realizado, ocasiona la reorganización y ampliación de la infraestructura de las redes de distribución de agua potable, además debe lograrse que estas redes adquieran la flexibilidad necesaria para manejar los gastos disponibles en forma eficiente, estar en condiciones de recibir gastos de agua en bloque en diferentes puntos y enfrentar situaciones de emergencia si ocurren fallas en alguna fuente de abastecimiento.

Según pronosticos demográficos, la población del Distrito Federal aumentará en gran proporción en esta última década del siglo, y si se mantienen los patrones de consumo de agua, la demanda se incrementará hasta 72 m<sup>3</sup>/s en el año 2000. Para satisfacer esa demanda se requiere, por un lado, aumentar considerablemente los caudales que se traerán al D.F. desde otras cuencas, y por el otro, es necesario expandir la red de distribución. Como se plantea en la planeación que haya varios puntos donde el agua puede

ingresar en bloque. Para asegurar la flexibilidad requerida en el manejo del agua bajo condiciones normales de operación, se considera necesario completar la red actual con un conducto periférico y, además, hacer las modificaciones necesarias para que el agua pueda distribuirse y controlarse a nivel de cada delegación del D.F. Esto implica que para el año 2000 habría que instalar 71 km de tubería de conducción y extender la red primaria, de 540 km, a 654 km a fines del siglo; además, la red secundaria crecería de 11 700 km a 14 160 km. Estos incrementos pequeños en las longitudes de las redes de distribución obedecen a que en los planes de desarrollo urbano del D.F. se ha previsto que muchas zonas se densificarán y que el crecimiento horizontal será reducido; sin embargo, habrá que reforzar las redes en las zonas que se densifiquen. La capacidad de almacenamiento aumentará de 1.5 a 2.0 millones de m<sup>3</sup>, en esas condiciones, la operación mejoraría, pues se reducirá la extensión de las zonas con baja presión y crecerá la zona de la ciudad que tendrá presiones entre 40 m y 60 m de columna de agua.

### 1.3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PUBLICO DE AGUA POTABLE

#### DEFINICION.-

Es el conjunto de obras, estructuras, equipos y servicios que tienen como finalidad el abastecimiento de agua potable a una comunidad para el consumo doméstico, servicios público, consumo industrial y otros usos. El agua suministrada por el sistema debe ser, siempre que sea posible, de las siguientes características: cantidad suficiente y de la mejor calidad desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

Un sistema de abastecimiento público de agua esta formado de diferentes elementos o unidades como lo son:

Captación, obra de toma.

Conducciones principales y secundarias

de agua cruda

de agua depurada o tratada

Depuración o tratamiento

Almacenamiento

Tanques de almacenamiento enterrados

Tanques de almacenamiento semienterrados

Tanques de almacenamiento apoyados

Tanques de almacenamiento elevados

Distribución

Estaciones de bombeo (cuando es necesario)  
de agua cruda  
de agua depurada o tratada

### 1.3.1 Captación y toma de agua.

Estas obras son las encargadas de introducir el agua al sistema y esta puede ser obtenida de varias fuentes o lugares, en diferentes condiciones, como lo son de aguas subterráneas o superficiales.

#### 1.3.1.1 Captación y toma de agua subterránea.

-De fuentes o nacimientos de agua ( agua aflorante)

Este tipo de fuente provee poco gasto y esta constituida por un tanque receptor y acumulador, de este tanque el agua es conducida a la estación de depuración para después ser llevada a la distribución.

-Del nivel freático a sub-superficial

Este generalmente es hecho en los fondos de los valles o en sus inmediaciones, también en esta condición se obtiene relativamente poco caudal. Dicho aprovechamiento puede ser hecho através de un sistema de drenaje colector compuesto de tubos perforados conectados entre sí y encargados de

reunir el agua colectada en un único punto de donde la misma es conducida para su aprovechamiento, esto de forma horizontal, o también verticalmente mediante la perforación de pozos poco profundos, obras que cuentan con uno o más pozos perforados verticalmente y por lo general revestidos. Normalmente el agua del pozo es llevada por bombeo hasta puntos en donde es depurada y luego distribuida.

**-De nivel profundo artesiano.**

Este nivel se encuentra generalmente entre dos capas impermeables de suelo, que le sirven de protección contra la contaminación. La extracción del agua a este nivel se realiza mediante la perforación de pozos tubulares profundos. Estos pozos generalmente son revestidos internamente con tubos de acero a fin de evitar la entrada de agua indeseable y de no permitir el desmoronamiento de capas inestables de terreno que fueron atravesadas en la perforación.

**1.3.1.2 Manantiales superficiales.**

Los manantiales superficiales están constituidos por arroyos, ríos, lagos y depósitos artificiales creados para

garantizar un volumen determinado para los fines del abastecimiento público.

Generalmente los elementos componentes de este tipo de captación son:

- Represas de acumulación o derivadoras, éstas para garantizar el gasto requerido en la época de sequía o para facilitar su manejo y obtención.
- Obras de toma debidamente protegidas con el fin de eliminar partículas en suspensión (gradas, tanques desarenadores, etc.)
- Mecanismos de control de entrada del agua.
- Tuberías y dispositivos accesorios.
- Carcaso de bombeo.
- Casa de bombas.

En el caso de lagos y ríos de gran profundidad donde se registren grandes cambios en el nivel del agua, es conveniente la construcción de torres de toma o tuberías al lado o en las proximidades de la margen.

### 1.3.2 Conducciones principales y secundarias

Este elemento del sistema esta constituido por tuberías que tienen como fin conducir el agua entre las unidades de un sistema público de abastecimiento y que anteceden a la red de distribución. Estas conectan la captación y toma de

agua de la planta de tratamiento y ésta a los tanques de almacenamiento del sistema.

Cuando existen derivaciones de la línea de conducción principal destinadas a conducir agua hasta otro punto del sistema, a estas se les denomina tuberías secundarias.

### 1.3.3 Tratamiento o depuración

Los sistemas públicos de abastecimiento de agua potable debe proveer a la comunidad agua de buena calidad bajo un punto de vista físico, químico, biológico y bacteriológico. Para lograr esto y en función de las características cualitativas del agua que se obtiene de los manantiales se somete a un tratamiento en unas estaciones denominadas plantas de tratamiento o depuración. El análisis químico y los exámenes físicos y bacteriológicos a los que se somete el agua obtenida de los manantiales determina o no la necesidad de someter a la misma a procesos correctivos con el fin de que alcance una buena calidad y la seguridad. El tratamiento del agua debe realizarse cuando su necesidad sea efectivamente comprobada y ésta comprenderá sólo los procesos necesarios para la obtención de la calidad deseada para los fines de el abastecimiento público. En algunos casos sólo es necesario efectuar una cloración preventiva y eventualmente la fluorización.

Es importante hacer notar que la calidad del agua potable es determinada por los patrones de potabilidad internacionales aceptados.

Los principales procesos de tratamiento del agua normalmente adoptados son:

**Aereación.**- Tiene como fin la remoción de gases disueltos en exceso en las aguas, de sustancias volátiles o la introducción de oxígeno.

**Coagulación o floculación.**- Este proceso busca aglomerar impurezas que se encuentran en suspensión fina o en estado coloidal en partículas sólidas que puedan ser removidas por decantación o filtración. Las partículas se juntan, agrupándose en formaciones gelatinosas inconsistentes, denominadas flóculos, para que suceda esto se le agregan reactivos al agua.

**Decantación.**- La decantación o sedimentación es un proceso dinámico de separación de partículas sólidas suspendidas en el agua. Estas partículas, siendo más pesadas que el agua, tienden a caer al fondo, verificándose entonces la separación mencionada. Esto sucede en tanques donde se trata de evitar al máximo la turbulencia, denominándose a los mismos decantadores o recipientes de sedimentación.



Filtración.- Este es un proceso de purificación del agua que consiste en hacer atravesar el agua por capas porosas capaces de retener las impurezas. El material comunmente utilizado como medio filtrante es la arena, pero se pueden utilizar otros.

Desinfección.- Este procesos debe ser considerado como medida obligatoria para el abastecimiento público y se obtiene agregando al agua sustancias desinfectantes como lo es el cloro.

#### 1.3.4 Depositos de distribución.

Son estructuras destinadas a compensar las variaciones horarias de gasto y garantizar la alimentación de la red de distribución en casos de emergencia, proveyendo el agua necesaria al mantenimiento de presiones en la red.

#### 1.3.5 Red de distribución.

Es el elemento del sistema que conduce el agua a los lugares de consumo. Esta constituida por un conjunto de tuberías y piezas especiales dispuestas convenientemente a fin de garantizar el abastecimiento de las unidades componentes de la localidad abastecida. Los conductos de la red pueden ser primarios y secundarios.

Los primarios o principales son aquellos de mayor diámetro, responsables de la alimentación de los conductos secundarios.

Los secundarios, de menor diámetro son encargados del abastecimiento directo a las casas.

#### 1.3.6 Estaciones elevadoras o de bombeo.

Estas existen ya sea para la captación de aguas superficiales o subterráneas, para bombearlas a puntos distantes o más altos o para el aumento de gasto de las líneas de conducción principal. Estas estaciones están formadas por obras civiles, equipo electro-mecánico y por tuberías.

#### 1.4 DESCRIPCION DE LA OBRA

La línea de red primaria de agua potable Picacho - Miguel Angel de Quevedo, es una línea de conducción que tiene como finalidad reforzar la red primaria de la delegación Coyoacán, va del tanque Picacho en Alvaro Obregón hasta la línea existente de 48 pulgadas en la avenida Miguel Angel de Quevedo. Esta línea beneficiará a un 40 % del total de la población de Coyoacán y su construcción ya concluyó.

## **CAPITULO 2**

### **DATOS DE PROYECTO**

## 2.1. UBICACION DE LA OBRA.

La obra esta ubicada en las siguientes calles:

La línea empieza en el tanque Picacho IV que esta en la calle de Picacho casi esquina con el Periférico, de ahí va por la avenida Camino a Santa Teresa por la parte que tiene circulación Oriente-Poniente, hasta su entronque con la lateral del Periférico posteriormente sigue por la lateral hasta llegar a la calle de Zacatepetl donde baja para conectarse con un tanque, después vuelve a subir a la lateral del Periférico y continua por ella hasta llegar a la Avenida de los Insurgentes en donde toma la cuchilla que conecta a esta avenida con el Periférico y al llegar a la avenida la cruza, posteriormente toma la Avenida del Imán en la parte que tiene circulación Poniente-Oriente hasta llegar a la avenida Prolong. Dalias en donde da vuelta hacia el Norte y continúa por ésta hasta llegar a la avenida de Las Torres, donde da vuelta y toma la dirección oriente, y al llegar a la Avenida Cerro del Agua da nuevamente vuelta, esta vez para tomar dirección Norte para continuar por la calle de Melchor Ocampo en donde al llegar a la Avenida Miguel Angel de Quevedo se conecta a una línea de 48" existente en dicha avenida.

## 2.2. DATOS TOPOGRAFICOS.

La Línea en su arranque tiene los siguientes datos:

Cad. 0 + 000

Cota de Terreno Natural: 2399.37

Cota de Plantillas: 2391.20

Al conectarse con la línea de Miguel Angel de Quevedo:

Cad. 10 + 085

Cota de Terreno Natural: 2249.30

Cota de Plantillas: 2244.90

La línea de agua potable en toda su longitud va descendiendo salvo en algunos tramos de pocos metros en donde existe pequeñas sinuosidades.

## 2.3. DATOS GENERALES.

La tubería que se colocó fue de 48"  $\phi$  (1220 mm) de concreto presforzado para una presión de 50 m.c.a., fabricada bajo normas de calidad internacional, que permite su instalación libre de fugas. Funciona con carga estática producida por la diferencia de elevaciones entre el tanque y la línea a la que se conecta en Miguel Angel de Quevedo, dicho tanque tiene una capacidad de 2,900 m<sup>3</sup>.

Los 10,085 m de la línea se dividieron en 20 tramos de aproximadamente la misma longitud cada uno, los cuales fueron contratados por medio de concursos en licitaciones públicas durante varios años, pues los primeros tramos se asignaron en 1986 y los últimos en 1989. Los trabajos se iniciaron de aguas abajo hacia aguas arriba, dicho de otra manera, comenzó desde Miguel Angel de Quevedo.

En general a lo largo de toda la línea, la tubería tiene una profundidad más o menos constante que es de aproximadamente 2.60 m, esto es, medido desde la superficie o cota del terreno natural hasta la plantilla o lecho bajo del tubo.

Se construyeron 152 cruceros de los cuales 112 fueron deflexiones, 28 cajas de válvulas y 12 combinados (caja de válvulas con deflexión), para estos cruceros se usaron piezas especiales como:

Tubo corto de 2 o 3 m de longitud aprovechable (CxE)

Adaptador campana (C) x brida (B).

Carrete de acero.

Adaptador campana (C) x extremo liso (E.L.).

Adaptador extremo liso (E.L.) x espiga (E).

Codo bisel o medio bisel de espiga (E) x campana (C)

Codo bisel o medio bisel de extremo liso (E.L.) x campana (C).

Válvula de Mariposa.

Reducción campana (C) x espiga (E).

Registro de inspección y desague.

Válvula de admisión y expulsión de aire (V.A.E.A.).

Salida radial sencilla.

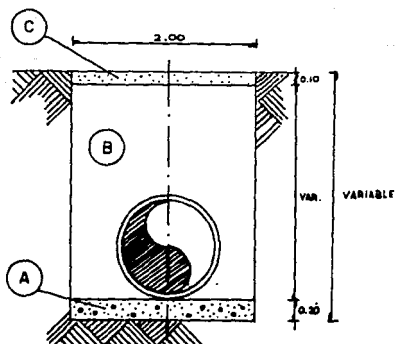
Silleta de derivación con brida (B).

Junta mecánica.

Se construyeron atraques horizontales o verticales en todas las deflexiones iguales o mayores de 7° 30.

Las características de las cepa donde se colocó el tubo y que sirven de base para hacer un análisis de la obra son las siguientes:

Ancho:	2.00 m	
Profundidad:	variable ( $\approx$ 2.60 m)	
Cama de tezontle:	0.20 m	(A)
Carpeta de asfalto:	0.10 m	(B)
El relleno se hizo con tepetate compactado al 90% proctor.		(C)



**SECCION TIPO**

#### **2.4. CONCEPTOS DE TRABAJO**

Según las especificaciones y las condiciones de trabajo en cada tramo se puede considerar que los conceptos de trabajo que se presentan son los siguientes:

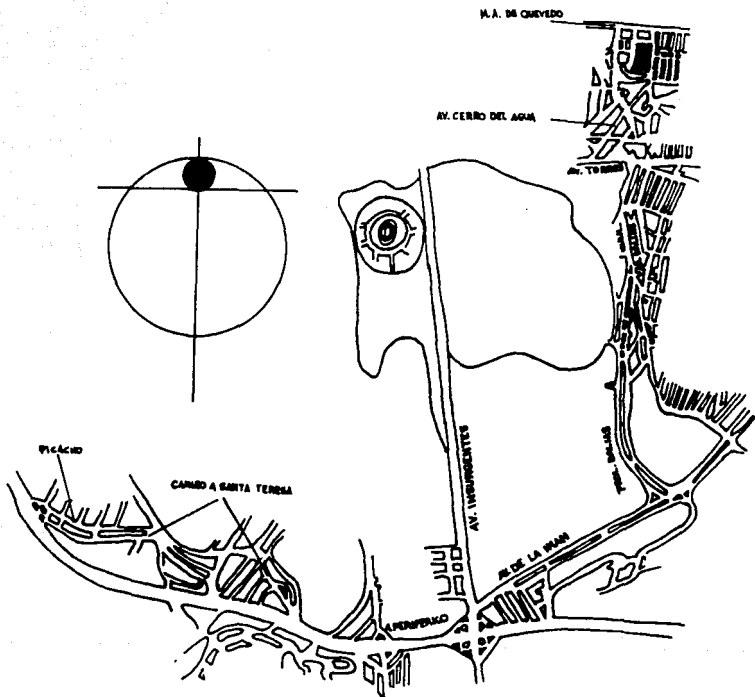
- Trazo y nivelación para la construcción de la línea.
- Cortes con sierra en pavimento de concreto asfáltico.
- Cortes con sierra en banqueta de concreto hidráulico.
- Demolición de pavimento de concreto asfáltico.
- Demolición de banqueta de concreto hidráulico.



- Excavación en cepa en todas las zonas, material clase II-A, de 0.00 a 2.00 m de profundidad.
- Excavación en cepa en todas las zonas, material clase II-A, de 2.00 a 4.00 de profundidad.
- Excavación en cepa en todas las zonas, material clase III, de 0.00 a 2.00 m de profundidad.
- Excavación en cepa en todas las zonas, material clase III, de 2.00 a 4.00 m de profundidad.
- Excavación en cepa en todas las zonas, material clase III, de 4.00 a 6.00 m de profundidad.
- Cama de Tezontle en cepas para tuberías de concreto preesforzado.
- Relleno de capas para la construcción de línea de red primaria de agua potable, en capas de 20 cm.
- Suministro y colocación de base de grava cementada, controlada, compactada al 98% de su P.V.S.M.
- Colocación de tubería de concreto preesforzado Lock-Joint o similar S.P. 12 para agua potable de 48"φ.
- Colocación de piezas especiales para agua potable de concreto preesforzado Lock-Joint o similar.
- Bacheo con mezcla asfáltica de 19 mm. (3/4") con asfalto PA-5 P.V.S.M.
- Acarreo del material producto de la excavación o demolición en camión con carga mecánica.
- Concreto simple fabricado con cemento normal para cajas de válvulas y atraques  $F'c=200 \text{ kg/cm}^2$ .

- Cimbra común en cajas de válvulas y atraques.
- Costales llenos de tepetate para retención del material de relleno, colocados a cualquier profundidad.
- Plantilla de 8 cm de concreto simple  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$   
T.M.A. de 40 mm.
- Bombeo de achique en excavaciones con bombas de 3" o 4" de diámetro
- Suministro, colocación y retiro de ademe recuperable de madera en cepa, para apuntalar sobre talud.
- Banquetas de concreto simple, premezclado o fabricado en obra  $f'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ .
- Guarniciones de concreto simple de  $f'c= 200 \text{ kg/cm}^2$   
con T.M.A. 40 mm.

LÍNEA PICACHO - MIGUEL A. DE QUEVEDO



CROQUIS DE LOCALIZACION

## **CAPITULO 3**

### **CONSTRUCCION DE LA LINEA**

### 3.1 CONDICIONES DE TRABAJO.

En este inciso se hablará de las condiciones de trabajo que son desfavorables y que se encontraron al trabajar en la excavación con martillo hidráulico (en el siguiente capítulo se justificará el uso de este método).

- A) Calles con un ancho promedio de 12 metros de guarnición a guarnición.
- B) Cepa de 2.00 metros (proyecto) de ancho, para tubo de 1.22 metros de diámetro interior.
- C) Instalaciones de tubería, desde 4" hasta 12" de ø; longitudinales y transversales a lo largo de la línea. Presencia de tomas domiciliarias.
- D) Instalaciones aéreas de alta y baja tensión, instalaciones de acometidas eléctricas domiciliarias, instalaciones de líneas telefónicas.
- E) Intenso tráfico peatonal.
- F) Cruce de avenidas de gran importancia de tráfico automovilístico.
- G) Trabajo sobre avenidas de gran importancia y por consiguiente la necesidad de desviar temporalmente el tráfico de la misma.

Basándonos en estas condiciones de trabajo, se planteará una secuencia de trabajo, suponiendo que únicamente se cuenta con dos accesos al tramo; un acceso se

utilizará para sacar el material producto de la excavación fuera de la obra; el otro acceso para introducir e instalar el tubo y para meter el material a emplear para la cama de la tubería (tezontle) y el material de relleno de la cepa (tepetate).

### 3.2 SECUENCIA DE TRABAJO

#### 3.2.1. Instalación de bodega y oficina de campo.

Es conveniente ubicarla lo más próximo al centro de gravedad del tramo.

#### 3.2.2. Trazo y nivelación.

La supervisión marcará el trazo del eje de la tubería, los centros de las cajas de conexión, así como los bancos de nivel auxiliares que se usarán. También es conveniente sacar un perfil del tramo para que comparándolo con los datos de proyecto se pueda sacar de antemano la profundidad de los cortes a lo largo de todo el tramo.

#### 3.2.3. Banco de tiro.

Se deberá checar el kilometraje al banco oficial donde se tirará el producto de excavación.

### 3.2.4.- Trazo del inicio de tramo.

Este puede o no, coincidir con una caja de válvulas.

### 3.2.5. Excavación.

Una vez determinado el trazo de la tubería y el de la(s) caja(s), se puede iniciar los trabajos de excavación, los cuales comprende:

- Corte y demolición de pavimento.
- Excavación en cualquier material que no sea roca.
- Excavación en material III (roca).

Siempre que sea posible es conveniente empezar a excavar en un crucero (caja de válvulas ó cambio de dirección). Generalmente los tramos van de un crucero a otro, y no es bueno que se empiece a excavar por meter tubo y luego se regrese la máquina a excavar en la caja.

Esto suele suceder al empezar la obra, generalmente se quiere instalar tubo de inmediato, y se piensa que lo importante en ese momento es bajar el tubo; que la construcción de la caja como sea después se hace.

Es preferible perder unos días en la excavación de la caja y después colocar el tubo. El hecho de perder tiempo en

la excavación de la caja es sólo una idea que se tiene ya que en realidad no lo es, porque generalmente al dejarse esta actividad para después ocasiona mayor gasto de tiempo y al tener el tubo ya colocado, el hecho de tener que hacer una excavación junto a él requiere mucho más cuidado, lo cual repercute directamente en tiempo. Además al tener esta costumbre se van dejando tramos terminados y no se quedan problemas que al final ocasionan "dolores de cabeza".

Es importante tener bien trazada la caja, para poder excavar las paredes de la roca correctamente y no tener problemas a la hora de instalar el tubo. Suele suceder que se mete el tubo y éste queda muy pegado a la pared de la roca, por lo que no quedaría espacio para hacer el muro de la caja, si llegara a pasar esto, se tendría que sacar el tubo y excavar en las paredes que lo necesite. El problema es mayor cuando al suceder esto y el brazo de la máquina no alcanza, se tiene que utilizar otro método como el de cuña y marro, para afinar las paredes y construir la caja.

La excavación en roca se puede dividir en dos partes:

- A) Excavación bruta.
- B) Afine de paredes y piso.

Una vez que se ha ejecutado la excavación bruta, quedan salientes de roca que impiden la instalación del tubo, por lo que se tienen que quitar éstas.



El rendimiento de la excavación de afine es mucho menor que el de la excavación bruta, ya que al estar afinando (cortando salientes), la pulceta del martillo hidráulico no cuenta con un apoyo firme y se resbala constantemente.

La excavación bruta consiste en ir banqueando la roca, por lo que, siempre va a tener apoyo la pulceta del martillo.

#### 3.2.6. Retiro del material.

Ya que la máquina ha empezado a excavar, tiene que rezagar (retirar) de inmediato el material de la zanja.

Para esto si la calle tiene un ancho que permita depositar el producto de excavación a un lado de las zanja el cual será retirado de la obra con la ayuda de un cargador frontal que carga a camiones, otra posibilidad, que es la más conveniente, es que la máquina retire el material de la zanja y directamente lo deposite en el camión de volteo, esto sólo es posible cuando hay espacio suficiente para todas las maniobras que esto implica, colocándose el camión a un lado de la excavación o también atrás de la máquina y que ésta realice un giro de 180° cada vez que vaya a cargar al camión, con esto se ahorra el uso del cargador frontal. No siempre es posible tener los camiones disponibles todo el tiempo por lo cual se deposita el material a un lado, además

es importante señalar que como la ejecución de la excavación es muy tardada (en el siguiente capítulo se explica esto ampliamente), se convierte en la actividad crítica de la obra por lo cual de ninguna manera es conveniente detenerla por falta de camiones, siempre y cuando el material que se acumule a un lado de la excavación no sea demasiado.

En caso de que la retroexcavadora no pueda girar a 180° y que la calle sea muy angosta, se tienen que realizar los siguientes movimientos:

1. Una vez terminado el picado, se traspalea horizontalmente dentro de la cepa el material hasta el extremo de la excavación.
2. El equipo tiene que retroceder y dejar el espacio suficiente para poder depositar el material entre la máquina y la excavación.
3. Se traspalea verticalmente para depositar el material enfrente de la máquina.
4. La retroexcavadora tiene que esperar hasta que se le retire el material que tiene enfrente y poderse acercar a la excavación repitiendo nuevamente el proceso.

El material, es sacado de la zona de trabajo de la retroexcavadora, para que después sea cargado a camiones de volteo.

### 3.2.7. Bombeo.

En el caso de que se presente el nivel freático dentro de la zanja, se debe instalar el equipo de bombeo, encauzándose el agua a la alcantarilla más cercana.

Para encauzar el agua se recomienda utilizar tubería flexible de plástico liso, para evitar fugas que molestarían a los vecinos.

### 3.2.8. Cama de Tezontle.

Una vez que se ha checado que se tiene piso para colocar el tubo, se procede a colocar la cama de tezontle. El tezontle debe ser sobreacarreado al pie de la cepa, cada vez que se vaya a colocar tubo, ya que de lo contrario estorbaría con las actividades que se realizan después.

Es conveniente buscar lugares dentro del tramo donde se puedan forrar bancos de material para que cuando haga falta se vaya usando éste y donde no interfiera con las actividades posteriores.

Una vez puesta la cama es bueno checar su cota con el nivel y dejarla dos o tres centímetros arriba para que posteriormente al colocar el tubo y presionarla con el peso

del mismo tubo, el acomodo del tezontle haga llegar al tubo a la cota correcta.

### 3.2.9. Instalación de tubo de 48" de ø.

La tubería es suministrada por la D.G.C.O.H. y, antes de empezar a trabajar en los tramos, es suministrada y colocada a un lado de la banqueta o en los camellones centrales, cerca de donde se va a colocar cada tubo esto para evitar al máximo los acarrees, hay que recordar que el tamaño de los tubo va de 4.88 a 7.00 m de longitud y un peso de entre 5 y 7 toneladas por tubo, dependiendo de la marca.

El tubo es movido y colocado por una grúa PH-2 de 20 toneladas ó similar, después de haber acarreado el tubo hasta el punto de proximidad máxima que permitan las circunstancias pero, lo suficientemente alejada para no estar en situación de peligro y que pueda maniobrar, se coloca a un lado de la excavación y descolgándolo con cables de acero se baja hasta el fondo de la zanja, posteriormente se lubrica la junta del tubo, se le coloca la liga y se conecta (posteriormente se hablará con detalle de la maniobra en el cap.5).

Los movimientos del tubo durante la maniobra se controlan con cuerdas.

### 3.2.10. Relleno de la cepa.

El relleno se debe ir haciendo inmediatamente de colocar el tubo para no tener grandes tramos de excavación abiertos y con esto tener peligro de que ocurra algún accidente. Además se debe ir compactando correctamente en capas de 20 cm de espesor.

Cuando se desea interrumpir de manera vertical el relleno, debido a la presencia de cruceros o por otros motivos, se coloca un muro seco a base de costales rellenos de tapetate, a este muro se le debe dar un pequeño talud para evitar que con el peso pueda llegar a fallar.

### 3.2.11. Cruceros (Cajas de válvulas, deflexiones o atraques).

Como se mencionó en el inciso de excavación, es muy importante tener bien trazada la caja que se va a construir, para evitar contratiempos posteriores.

Una vez que se ha armado se puede colar la losa de fondo, posteriormente si ya no hay problemas se pueden colar los muros y muretes de apoyo para las piezas especiales y finalmente se cuelan la losa tapa, ésta se constituye de varios elementos los cuales son armados y colados fuera de

la caja y posteriormente colocados, comumente reciben el nombre de marimbas.

## **CAPITULO 4**

### **PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS Y ANALISIS DE CONVENIENCIA PARA EXCAVAR EN ROCA**

#### 4.1 JUSTIFICACION DEL ANALISIS

En la zona sur de la Ciudad de México existen partes del suelo que están compuestas de roca basáltica producida ésta por la actividad volcánica de la sierra del Chichinautzin y de forma más específica en donde la roca basáltica aflora en la superficie es a consecuencia de erupción más reciente del Xitle.

En la zona antes mencionada está ubicada la línea de agua potable que nos interesa, lo cual nos plantea un problema en la ejecución de la obra, que es la presencia de roca a lo largo de toda la línea además de que ésta se presenta casi desde la superficie del terreno natural en la mayor parte de la longitud de la línea.

Al presentarse un material como la roca en el suelo el método más utilizado para la excavación, por su alto rendimiento y bajo costo, es el de explosivos, pero debido a que en la zona urbana de la Ciudad de México está prohibido su uso por la "Ley de uso de explosivos y armas de fuego" se analizará el uso de otros métodos constructivos que sean convenientes para la obra, ya sea por la seguridad que brinden al ejecutarlos y/o que sean técnica y económicamente efectivos.



Para realizar el análisis de los diferentes métodos de excavación en zanja, se tomará como base los siguientes datos:

Longitud de tramo =	500.00	m
Ancho de cepa =	2.00	m
Profundidad =	2.60	m
Volumen =	2,600.00	m <sup>3</sup>

Como se podrá ver la actividad de excavación es la crítica dentro del proceso de ejecución de esta obra, pues es muy tardada y todas las demás actividades dependerán del avance de esta.

#### 4.2. METODO MANUAL

##### 4.2.1 Cuña y Marro.

Este método es el más elemental para la excavación en roca el cual se realiza con cuña y marro, y es ejecutado completamente a mano por lo cual no se utiliza ninguna máquina, sólo se requiere de un gran número de trabajadores que tengan experiencia en este tipo de obra.

En la ejecución de este método se requiere de los siguientes recursos:

a) Mano de Obra :

- Canteros especializados.
- Peones.

b) Herramienta :

- Marros.
- Cuñas.
- Lainas.
- Barretas.
- Picos.
- Palas.

4.2.1.1. Procedimiento.

Consiste en ir buscando las partes frágiles de la roca y aprovecharse de ellas para romperla, esto es, colocar la cuña en las grietas o fallas de la roca, para que al golpear a ésta con el marro se provoque un esfuerzo de tensión el cual no soporta la roca pues tiene una falla y esto provoca que se extienda la grieta hasta lograr que se afloje un trozo de roca, para después desprenderla con la barreta.

El personal que se utilice para realizar estos trabajos debe tener la suficiente práctica para saber el lugar en donde se coloque la cuña, pues en el caso de que la ponga en

un lugar equivocado puede pasarse varias horas golpeando la roca, sin llegar a fracturarla. En el caso de que la roca este sana, se perforan unos barrenos también a mano, los cuales se hacen con un barrenador que van golpeando y girando después de cada golpe hasta lograr una perforación de por lo menos 20 cm donde posteriormente se colocan unas laines y entre ellas se pone la cuña que al ser golpeada produce también una grieta, que propicia el desprendimiento de un trozo de roca.

Se colocan dos canteros a cada 5.00 metros considerando que el ancho de la zanja es de 2.00 metros y se requiere de espacio suficiente para almacenar la rezaga. El rendimiento promedio obtenido por experiencia es de 0.24 m<sup>3</sup>/jor/cantero.

**Producción semanal por cantero**

$$0.24 \text{ m}^3/\text{jor} \times 5.5 \text{ jor/sem} = 1.32 \text{ m}^3/\text{sem}$$

considerando una eficiencia del 90 %

**Rendimiento semanal por cantero:**

$$= 1.32 \text{ m}^3/\text{sem} \times 0.90 = 1.19 \text{ m}^3/\text{sem}$$

Para avanzar un metro lineal de la zanja, un cantero tarda:

$$\text{Volumen por metro lineal} = 2.00 \times 2.60 \times 1.00$$
$$= 5.2 \text{ m}^3/\text{m.l.}$$

$$\text{Por lo tanto: } \frac{5.2 \text{ m}^2/\text{m.l.}}{1.19 \text{ m}^2/\text{sem}} = 4.37 \text{ sem/m.l.}$$

$$\text{Esto es: } \frac{4.37 \text{ sem/m.l.}}{4.50 \text{ sem/mes}} = 0.97 \text{ mes/ m.l.}$$

Un cantero avanza un metro lineal en 1 mes aproximadamente. Por lo general este trabajo se realiza por parejas siempre y cuando no se estorben, lo cual todavía no sucede con un ancho de 2.00 m; por lo cual cada 2 canteros avanzan un metro lineal en 0.50 de mes, equivalente a 2.25 semanas.

Para construir el tramo de 500 metros lineales se colocan 20 cuadrillas de 2 canteros cada una, avanzando 20.00 m.l. en 2.25 sem.

Por lo tanto:

$$\text{Producción} = \frac{20.00 \text{ m.l.}}{2.25 \text{ sem}} = 8.89 \text{ m.l./sem}$$

El tramo analizado es de 500 m.l.

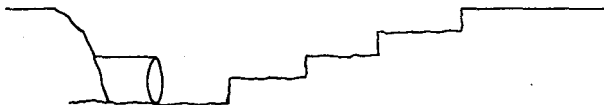
$$\frac{500.00 \text{ m.l.}}{8.89 \text{ m.l./sem}} = 56.24 \text{ sem}$$

Duración de la obra:

$$\frac{56.24 \text{ sem}}{4.5 \text{ sem/mes}} = 12.5 \text{ meses}$$

Es importante tomar en cuenta el factor rezaga el cual generalmente aumenta los costos conforme se va avanzando en profundidad pues se dificulta poner el material al borde de la zanja, además de que se vuelve peligroso, y también se hace más lento.

También es importante explicar que la excavación en este método se va haciendo por etapas o más bien haciendo bancos de ataque a lo cual se le llama banqueo. Esto explica el porque no se puede almacenar material dentro de la zanja.



Banqueo.

El producto de excavación no puede quedar almacenado en la calle pues estorba al tránsito de coches o si la calle esta cerrada, no permite el tránsito peatonal, y cualquiera de estos dos casos es muy denso.

El producto de la excavación debe ser acarreado inmediatamente después de que se extrae.

Para aumentar el rendimiento de este método se puede complementar con el uso de un equipo neumático, haciendo barrenos de aproximadamente 0.50 a 0.80 metros de profundidad en puntos donde el cantero indique, para que como antes se comentó, ayudados por lanas hechas de acero y colocadas en el barreno, abran la roca.

El uso de este equipo ayuda a elevar el rendimiento.

#### 4.3. METODOS MECANICOS

##### 4.3.1. Equipo Neumático

En este método, como su nombre lo indica, el equipo que se utiliza funciona por medio de aire comprimido.

Para realizar la excavación con este método se requiere de los siguientes recursos:

- a) Equipo :
  - Compresor de aire.
  - Pistolas rompedoras.
  - Pistolas perforadoras.

- b) Mano de Obra:
  - Perforistas.
  - Peones.
  
- c) Herramientas:
  - Pulquetas.
  - Barrenas.
  - Cufas.
  - Barretas.
  - Palas.
  - Picos.

El método consiste en colocar al compresor cerca de donde se va realizar la excavación, puesto de tal manera que los perforistas tengan posibilidades de moverse con cierta libertad; cada perforista toma su pistola rompedora con dos pulquetas, teniendo siempre un ayudante que va retirando las piedras que se van extrayendo, esto es, si es necesario con un pico o barreta desprenderlas una vez que ya están flojas.

El rendimiento que se obtiene en este método depende, de la habilidad y experiencia que tenga el perforista, pues su trabajo no sólo consiste en colocar la rompedora en la roca y que por sí sola se rompa la roca; de manera similar que en el método antes analizado se debe colocar la pulqueta en grietas o fallas para aprovechar estas imperfecciones y con esto facilitar el trabajo, de lo contrario, si se coloca

en un lugar inadecuado, lo único que se logra es pulverizar la roca en una pequeña zona.

#### 4.3.1.1. Procedimiento:

Sabemos que el ancho de nuestra zanja es de 2.00 metros, entonces se pueden poner a 2 rompedoras en una misma sección trabajando, a cada 3 metros.

Para aprovechar al máximo la renta de un compresor y poder atacar el mayor número de frentes posibles, además de que su rendimiento es mayor, los compresores que se utilicen serán de preferencia de 6 pistolas de capacidad cada uno.

Si tenemos un tramo de 500 metros de longitud, se cuentan con 3 compresores, de 6 pistolas de capacidad cada uno; se tiene el siguiente análisis:

El rendimiento promedio de un perforista, trabajando con una eficiencia ideal del 100% es de 0.20 m<sup>3</sup>/hr.

Por experiencia se ha visto que el trabajo que realiza un perforista es sumamente agotador debido a la gran vibración y al ruido ensordecedor que producen las pistolas, tales condiciones ocasionan que la eficiencia de los perforistas sea menor y se puede considerar del 60%.



Por lo tanto el rendimiento es:

$$0.20 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.60 = 0.12 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

Su producción semanal será:

$$0.12 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hrs/jor} \times 5.5 \text{ jor/sem} = 5.28 \text{ m}^3/\text{sem}$$

Si la sección de la zanja es de 2.00 metro (ancho por 2.60 metros (prof.), un perforista tarda 1 semana de trabajo para avanzar 1 metro lineal. Esto es:

$$\text{Vol.} = 2.00 \times 2.60 \times 1.00 = 5.2 \text{ m}^3/\text{ml}.$$

$$\frac{5.2 \text{ m}^3/\text{ml}}{5.28 \text{ m}^3/\text{sem.}} = 0.98 \text{ sem/ml.} \approx 1 \text{ semana/ml.}$$

Es conveniente tomar en cuenta algunos imprevistos como falla en el equipo, lluvias, etc., con esto tenemos un rendimiento de aproximadamente 1.2 semanas por metro lineal.

Otro factor que afecta al rendimiento, es el ocasionado por la incomodidad que tienen los perforistas al trabajar conjuntamente, y con esto llegan a estorbarse ligeramente. El rendimiento entonces sería de 1.7 sem/ml.

Para el tramo de 500 metros, se cuentan con 3  
compresores de 6 pistolas cada uno, con lo que el tiempo de  
ejecución de la obra es:

Con 18 perforistas se hacen 18 ml. cada 1.7 semanas.

Por lo que:

$$\text{Producción total: } \frac{18 \text{ ml.}}{1.7 \text{ sem.}} = 10.60 \text{ ml/sem}$$

$$\text{Tiempo ejecución: } \frac{500 \text{ ml/tramo.}}{10.60 \text{ ml/sem}} = 47.17 \text{ sem/tramo}$$

$$\frac{47.17 \text{ sem/tramo}}{4.50 \text{ sem/mes}} = 10.48 \text{ meses/tramo.}$$

#### 4.3.2. Darda.

Este método debe su nombre al equipo utilizado y que sirve también para romper roca.

Este equipo consiste principalmente de una bomba hidráulica a la cual están conectados, por medio de mangueras de alta presión, uno o dos cilindros hidráulicos. Cada cilindro acopla a dos lengüetas alojadas en el barreno; al descender el pistón, empuja una cuña entre las lengüetas y las presiona ocasionando que se separen con gran fuerza. Esto ocasiona que se ejerza una tensión en la roca lo cual favorece la formación de grietas o fisuramientos en la misma. La presión máxima de trabajo del sistema hidráulico es de 500 kg/cm<sup>2</sup>. La unidad va montada sobre un carretón ligero de tubo de acero.

Los recursos que se requieren en este método son:

- a) Equipo.
  - Darda.
  - Compresor con perforadora.
  
- b) Mano de obra:
  - Canteros.
  - Peones.
  - Perforistas.

c) Herramientas:

- Picos.
- Palas.
- Barretas.
- Cufas.
- Marro.

4.3.2.1. Procedimiento

Consiste en perforar un barreno de aproximadamente 60 cm de profundidad y de 1" de diametro para lo cual se necesita un compresor y una pistola. Dentro de este barreno se sitúa el dispositivo de cuña el cual debe estar lubricado, posteriormente se le aplica la presión hidráulica. La cuña alojada en el cilindro es expulsada hacia abajo lo cual ocasiona que se expandan las lengüetas que a su vez presionan hacia afuera sobre las paredes del barreno, con una fuerza rompedora de 365 toneladas.

Una vez que se ha fracturado la roca se procede a extraerla con el método manual, esto es, con cuña, marro, barreta y picos.

Como se puede ver este método se puede considerar como un mejoramiento del método manual. Desgraciadamente como este método no es muy común en la excavación de zanjas el fabricante no cuenta con datos referentes al rendimiento que

se puede obtener en este tipo de trabajo. Este equipo es más usado en minería. Pero no dejamos de mencionarlo porque es una alternativa posible.

#### 4.3.3. Martillo Hidráulico.

Para poder trabajar con este método es necesario hacer ciertas modificaciones en el sistema hidráulico de una retroexcavadora y colocar los aditamentos necesarios para el funcionamiento del martillo; consiste casi en colocar mangueras y desviaciones del flujo de aceite.

Los recursos necesarios para la excavación con este método son:

- a) Equipos:
  - Retroexcavadora.
  - Martillo hidráulico.
  
- b) Mano de obra:
  - Operador de retroexcavadora.
  - Ayudante.
  
- c) Herramientas:
  - Llave steelson No. 18 (2)
  - Marro.

Al excavar con este método se divide el trabajo en dos etapas; la primer etapa es la excavación bruta, esto es, romper la roca para abrir la zanja, y después se hace un afine de las paredes.

Tanto la excavación bruta como el afine se realiza con el martillo hidráulico montado sobre la retroexcavadora, en la primera de estas actividades el rendimiento que se obtiene es de 1.5 m<sup>3</sup>/hr, sobre todo en los dos primeros metros de profundidad, y conforme las profundidades son mayores este rendimiento va disminuyendo.

Habiendo fracturado cierta cantidad de roca, se cambia el martillo por el bote; esto es, se desmontará el martillo de la retroexcavadora para ponerle el cucharón original, en este cambio se utiliza el marro para quitar y poner los pernos que sujetan al martillo y al bote con el brazo de la retroexcavadora y la llave steelson se usa para desconectar las mangueras, hecho el cambio se rezagará material suelto. Este material no es conveniente ponerlo junto a la excavación pues se interferiría el tránsito, por lo cual es necesario que la máquina de un giro de 180° y deposite el material en la parte posterior de esta para después retirarlo de la obra. También es posible que la máquina cargue directamente al camión y con esto ahorrarse la actividad de carga.

En el caso de que la máquina no pueda girar por la presencia de instalaciones aéreas, postes o construcciones se deben realizar los siguientes movimientos:

- La máquina coloca el material lo más cerca posible dentro de la cepa.
- Se aleja la máquina del frente de la excavación, sólo hasta el punto en donde todavía tenga alcance dentro de la excavación, dejando un espacio libre.
- Extrae el material que está dentro de la cepa colocándolo en el espacio que antes dejó libre.
- Espera a que sea retirado el material que tiene enfrente, para posteriormente realizar el mismo proceso y continúe con la excavación.

El problema antes mencionado no se presenta comúnmente pero cuando se presenta, toda esta serie de movimientos disminuyen el rendimiento de la máquina. A lo largo de la línea el ancho de la calle casi siempre permitió el giro de 180°.

Cuando ya se ha terminado la excavación bruta y el rezago de la misma en un pequeño tramo, se procede al siguiente paso de la excavación: el afine de las paredes de

la excavación. Como ya se mencionó la excavación bruta deja muchas salientes que de no quitarse, no permitirían la correcta colocación de los tubos y en algunas ocasiones ni siquiera permiten su introducción en la zanja.

En este paso el rendimiento de la máquina disminuye casi en un 50%, esto es ocasionado por la falta de apoyo firme de la pulseta lo cual produce constantes resbalamientos de la misma en el momento de picar la piedra.

Al terminarse el afino se rezaga el material excavado, el cual constituye un volumen mucho menor que el producido por la excavación bruta.

Dependiendo del alcance que tenga el brazo de la retroexcavadora a la que se le instale el martillo, durante el ciclo se pueden avanzar entre 4 y 7 metros lineales.

El uso de este equipo y con dicho procedimiento da como resultado un rendimiento promedio de 1.2 m<sup>3</sup>/hr (según datos del fabricante). La eficiencia que se alcance depende en gran medida de la habilidad y experiencia que tenga el operador de la máquina, pues si no se utiliza adecuadamente, esto es, dando la inclinación adecuada a la pulseta y aplicando la presión correcta, además de que si se buscan grietas o fallas que ayuden a su trabajo, éste podrá extraer piedras de hasta 1 m<sup>3</sup> que al estar sueltas resulta más fácil



partirlas para agilizar la rezaga; de lo contrario, si se ataca un banco sano y con la inclinación inadecuada, al atacarlo directamente se pulveriza la roca, haciendo un hoyo del diámetro de la pulceta.

Otra ventaja de este método es que se puede trabajar con tirantes de agua freática de hasta 50 centímetros sin que esto ocasiona una disminución en el rendimiento.

Para hacer que el tiempo de ejecución sea menor y como este método requiere poco personal, se pueden tener dos frentes de ataque, los cuales pueden iniciar en cualquiera de los cruceros que se presentan a lo largo de la línea, que como ya sea ha visto son muchos y no están muy distanciados uno del otro.

Considerando que se usarán dos máquinas, el rendimiento es de 1.2 m<sup>3</sup>/hr y, el tiempo de ejecución del tramo de 500 m es:

**Producción semanal:**

$$1.2 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/jor} \times 5.5 \text{ jor/sem} = 52.8 \text{ m}^3/\text{sem}$$

Considerando que se usarán 2 máquinas y una eficiencia del 85 % por fallas en el equipo, se tiene:

$$\text{Rendimiento: } 52.8 \text{ m}^3/\text{sem} \times 2 = 105.6 \text{ m}^3/\text{sem}$$

$$105.6 \text{ m}^3/\text{sem} \times 0.85 = 89.76 \text{ m}^3/\text{sem}$$

Si el volumen por metro lineal es 5.2 m<sup>3</sup>, en una semana se avanza:

$$\frac{89.76 \text{ m}^3/\text{sem}}{5.20 \text{ m}^3/\text{ml}} = 17.26 \text{ ml/sem}$$

Tiempo de ejecución:

$$\frac{500.00 \text{ ml/tramo}}{17.26 \text{ ml/sem}} = 28.97 \text{ sem/tramo}$$

$$\frac{28.97 \text{ sem/tramo}}{4.50 \text{ sem/mes}} = 6.44 \text{ meses/tramo}$$

#### 4.3.4. Líquido Expansor.

En este método el producto que se utiliza es un seguro y silencioso agente desmoldador, el cual no ocasiona que las rocas puedan salir volando, ruido, vibraciones del suelo, gas, polvo o cualquier otro agente contaminante.

Los recursos que se necesitan son los siguientes:

- a) Equipos:
  - Compresor con perforadoras.
  
- b) Mano de obra:
  - Perforista.
  - Peón.

c) Materiales:

- Líquido expansor.

Este producto al mezclarlo con una cantidad adecuada de agua, se endurece y expande, por tal motivo al colocarlo dentro de un barrenado hecho en la roca, produce grietas y fracturas lo cual ayuda a nuestra tarea.

El producto parte la roca y la fractura de tal manera que facilita el trabajo de extracción, el cual puede ser realizado con: pico, rompedoras neumáticas, retroexcavadoras, etc., según sea el caso.

El producto tiene 4 presentaciones o tipos que dan 4 diferentes grados y están diseñados según la temperatura del material a demoler; la reacción química depende de la temperatura.

Algunas de las propiedades de este producto son:

- Es un polvo que consiste en un compuesto inorgánico, a base de silicatos; y un compuesto orgánico. No contiene ningún componente nocivo a la salud.
- El esfuerzo expansivo que produce llega a ser mayor a 6,000 ton/m<sup>2</sup>.

- Entre mayor es el diámetro del barreno, el esfuerzo expansivo será mayor.
  
- Hay poca variación en el esfuerzo expansivo cuando la proporción de agua es al 30%; pero el esfuerzo es menor cuando se aumenta o disminuye la proporción.

El producto trabaja de la siguiente manera:

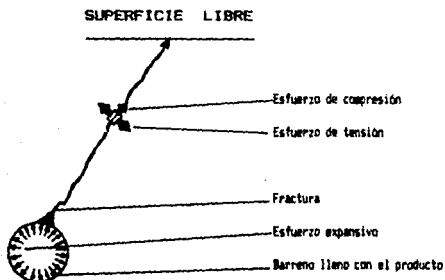
Ya que se ha vaciado dentro de los barrenos, el esfuerzo expansor se incrementa gradualmente con el tiempo y alcanza más de 6,000 ton/m<sup>2</sup> a la temperatura correcta y después de 24 horas.

Una vez que se empieza a generar el esfuerzo expansivo, la roca sigue el siguiente proceso:

- 1) Iniciación de la ruptura.
- 2) Propagación de las fracturas.
- 3) Incremento en la extensión de las fracturas.

En el mecanismo de ruptura la fractura se inicia desde la superficie interna del barreno, causada por esfuerzos de tensión que es tangente a la superficie del barreno y que esta en ángulo recto con el esfuerzo de compresión producido también por la fuerza expansiva del producto. La fuerza expansiva continúa aún después de la aparición de las

fracturas, que se propagan y otras se inician continuamente durante el proceso, esto se puede ver en la siguiente figura.



Lo que generalmente sucede es que en cada barreno se inician y propagan de 2 a 4 fracturas. Cuando existe una superficie libre, la fractura es expulsada principalmente por el esfuerzo cortante y una fractura secundaria crecerá desde el fondo del barreno y en dirección de la superficie libre.

Cuando varios barrenos son hechos a una distancia apropiada (esto depende del material del cual está constituida la roca) unos de otros y son llenados con el producto, las fracturas de un barreno se propagan para conectarse con los barrenos vecinos.

Con el comportamiento antes descrito, es posible determinar previamente la forma en que se llevará a cabo la ruptura de la roca, de tal manera que al planear un arreglo de la separación y profundidad de los barrenos, obtengamos fragmentos de roca que faciliten y convengan a nuestra tarea de extracción de la misma.

El diseño de la fragmentación depende de las propiedades de la roca, volumen a extraer, fracturas secundarias, equipo de extracción y periodo de trabajo. La siguiente tabla nos sirve para determinar que tipo de ruptura podemos diseñar.

\*  
TIPO DE RUPTURA

T I P O	EXTRACCION COMPLEMENTARIA
Fragmentación	Martillos, retroexcavadora.
Formación de fracturas	Rompedoras de mano, retroexcavadora rompedora hidráulica.
Precorte	Combinación de rompedoras mecánicas o dinamita.

En cuanto a la forma en que se realice la barrenación , esta puede ser de forma inclinada y hasta horizontal pues estas dan buen resultado, pero la forma más conveniente es la vertical. Para planear la forma en que se hace un arreglo existe la siguiente tabla:

MATERIAL A FRACTURAR	ESPACIAMIENTO BARENDOS					
	CM	20	40	60	80	100
	PIES	1	2	3		
Roca dura sana						
Roca suave sana						
Precorte rocas						

Para la barrenación por lo general, el diámetro más apropiado va de 40 a 50 mm (1½" a 2").

El producto se prepara por ejemplo en un bote de 20 litros; las proporciones que se usan son un saco del polvo (5kg) y 1.5 litros de agua revolviéndolos hasta tener fluidez y que el liquido sea manejable. Si llegará a faltar algo de fluidez se le puede agregar más, siempre y cuando esta no exceda el 34 % la proporción de agua.

Si se desea obtener mayores cantidades del líquido es conveniente usar una revoladora.

En la siguiente tabla se indica la relación entre la cantidad del producto usada y el diámetro del barreno.

---

DIAMETRO DEL BARRENO	MM	36	38	40	42	44	46	48	50
----------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

---

PRODUCTO	KG/ML	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2
----------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

---

Para la colocación del producto esta debe hacerse sin dejar pasar más de 10 minutos, pues de lo contrario este pierde su fluidez, la cual ya no se puede recuperar, pues al agregarle más agua pierde su fuerza en gran medida.

Los rendimientos que nos da el producto en cuanto a sus proporciones, al trabajar en roca sana es:

Rendimiento = 5 kg del producto/m<sup>3</sup> de roca.

Una limitante que presenta la utilización de este método es que el tiempo requerido para la formación de fracturas o grietas en un material depende de la temperatura del mismo con lo cual obtenemos que a 20° es de 10 a 20



horas y mientras más baja es la temperatura es mayor el tiempo de fracturación.

La extensión que pueden alcanzar las grietas es de 10 a 30 milímetros después de varios días y sobre todo dependiendo de las superficies libres con que se cuenten.

Cuando se cuenten con niveles freáticos elevados no existe ningún problema pues con solo colocar un saco de polietileno del diámetro del barreno dentro de éste se inserta una vara de madera en el saco, se puede llenar éste y el producto trabajará normalmente, desalojando el agua que se encuentre en el barreno.

El rendimiento de este método depende principalmente del procedimiento que se utilizará para la extracción complementaria que se elija, con lo cual se puede ver que la utilización del líquido sólo es parte de un proceso más complejo.

La forma de atacar con este método se puede ver más claramente a continuación:

A) Extracción de roca sana.

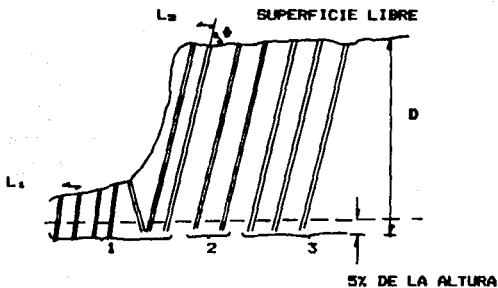
$d = 44.51 \text{ mm} = 1. \frac{1}{4}'' - 2''$

$L_1 = 30 - 40 \text{ cm} = 1' - 1'4''$

$L_2 = 60 - 90 \text{ cm} = 2' - 3'$

$D = \text{Aumentar } 5\% \text{ de la altura}$

$\theta = 80 - 90^\circ$



Siendo:  $d = \text{Diámetro del barreno}$

$L_1 = \text{Distancia entre barrenos para formar banco}$

$L_2 = \text{Distancia entre barrenos en el banco}$

$D = \text{Altura total entre barrenos}$

$\theta = \text{Ángulo de inclinación del barreno respecto superficie del terreno}$

B) En zanjas y tuneles.

$$d = 38 - 51 \text{ mm} = 1 \frac{1}{2}'' - 2''$$

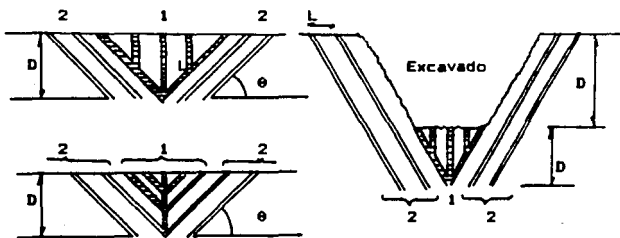
$$L = 30 - 60 \text{ cm} = 1' - 2'$$

$$D = 1 - 1.8 \text{ m} = 3' - 6'$$

$$\theta = 45 - 60^\circ$$

Barrenos de alivio  
Necesarios cuando la  
zanja es profunda

Repetir el mismo procedimiento  
para casos más profundos



Llenar los barrenos 1 y después de un retardo los barrenos 2

Siendo:  $d$  = Diámetro

$L$  = Separación entre barrenos

$D$  = Altura total a excavar

$\theta$  = Ángulo de inclinación entre los barrenos

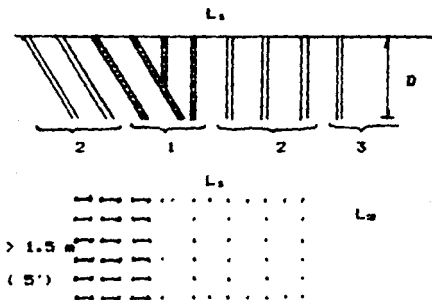
C) Cortes en V

$$d = 38.51 \text{ mm} = 1 \frac{1}{2}'' - 2''$$

$$L_1 = 40 - 60 \text{ cm} = 1'4'' - 2'$$

$$L_2 = 30 - 40 \text{ cm} = 1' - 1'4''$$

$$D = 1 - 1.8 \text{ m} = 3' - 6'$$



Llenar barrenos 1, después de un retardo, barrenos 2 y 3

Siendo:  $L_1$  = Distancia entre barrenos  
(longitudinales)

$L_2$  = Distancia entre barrenos  
(transversales)

#### 4.4. COMPARACION DE COSTOS ENTRE LOS METODOS DE ATAQUE EN ROCA.

Esta comparación se hace con el fin de ver las diferencias en costos que existe entre los diferentes métodos de ataque en roca, sin tomar en cuenta el método de explosivos pues éste no es posible utilizarlo en la Cd. de México, con esto es posible tomar decisiones en cuanto a la conveniencia del uso de los métodos.

El análisis de costos de excavación en material III (roca), se hará en base a 1 m<sup>3</sup> excavado de 0.00 a 2.00 metros de profundidad.

Los métodos que se analizarán son:

- A.- Cuña y marro.
- B.- Compresor, pistolas rocedoras.
- C.- Martillo hidráulico.
- D.- Líquido expansor.

#### NOTA:

- Los salarios (D.F.) y los costos de los equipos corresponden al mes de diciembre de 1990.
- En los anexos de la tesis se encuentran los análisis de los costos horario.

- Los costos horarios están calculados conforme al forato que pide la ley de obras públicas, pero eliminando en la parte de consumos la sección de llantas pues ninguno de los equipos que se analizan las requieren.

4.4.1. CUSA Y MARRO.

I. MANO DE OBRA:

Costo de cuadrillas:

Cantero: 1 x \$ 27,157.13 = \$ 27,157.13/jor

Peón: 1 x \$ 18,599.70 = \$ 18,599.70/jor

Cabos: 0.2 x \$ 35,344.90 = \$ 7,068.98/jor

---

\$ 52,825.81/jor

Se considera un rendimiento promedio por cuadrilla de  
 $0.24 \text{ m}^3/\text{jor} \times 0.9 \text{ (eficiencia)} = 0.216 \text{ m}^3/\text{jor}.$

COSTO =  $\frac{\$ 52,825.81/\text{Jor}}{0.216 \text{ m}^3/\text{jor}} = \$ 244,563.93/\text{m}^3$

II. HERRAMIENTA:

Se considera un 3% de la mano de obra.

COSTO = \$ 244,563.93 X 0.03 = \$ 7,336.92/m<sup>3</sup>

RESUMEN:

I. MANO DE OBRA.....\$ 244,563.93/m<sup>3</sup>

II. HERRAMIENTA.....\$ 7,336.92/m<sup>3</sup>

---

COSTO DIRECTO.....\$ 251,900.85/m<sup>3</sup>

#### 4.4.2. COMPRESOR, PISTOLAS ROMPEDORAS

##### I. MANO DE OBRA

Costo de cuadrillas:

Perforistas: 3 x \$ 26,782.00 = \$ 80,346.00/jor

Peóns: 3 x \$ 18,599.70 = \$ 57,799.10/jor

Cabos: 0.16 x \$ 35,344.90 = \$ 5,655.18/jor

---

\$ 143,800.28/jor

Rendimientos: El rendimiento promedio por perforista es de 0.96 m<sup>3</sup>/jor por lo que el rendimiento de la cuadrilla es de 2.88 m<sup>3</sup>/jor., por lo tanto:

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 143,800.28/\text{jor}}{2.88 \text{ m}^3/\text{jor}} = \$ 49,930.65/\text{m}^3$$

##### II. EQUIPO:

Compresor Gardner-Denver SP600

1 x \$ 41,434.00/hr = \$ 41,434.00/hr

Rompedora Atlas Copco Tex-42

3 x \$ 1,963.00 = \$ 5,889.00/hr

---

\$ 47,323.00/hr

Rendimiento por cuadrillas: 0.36 m<sup>3</sup>/hr.



$$\text{COSTO} = \frac{\$ 47,323.00/\text{hr}}{0.36 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 131,452.78/\text{m}^3$$

### III. HERRAMIENTAS:

Se considera un 3 % de la mano de obra:

$$\text{COSTO} = \$ 49,930.65/\text{m}^3 \times 0.03 = \$ 1,497.92/\text{m}^3$$

### RESUMEN:

I. MANO DE OBRA.....	\$ 49,930.65/m <sup>3</sup>
II. EQUIPO.....	\$ 131,452.78/m <sup>3</sup>
III. HERRAMIENTA.....	\$ 1,497.92/m <sup>3</sup>

---

COSTO DIRECTO.....\$ 182,881.35/m<sup>3</sup>

#### 4.4.3. MARTILLO HIDRAULICO MONTADO SOBRE RETROEXCAVADORA.

En este método sólo se utiliza equipo como lo indica su nombre, por lo tanto:

Retroexcavadora.....	\$103,244.00/hr
Martillo hidráulico.....	\$ 31,491.00/hr
<hr/>	
Retroexcavadora + Martillo..	\$134,735.00/hr

a) EXCAVACION BRUTA:

Sabemos que el rendimiento promedio de la excavacion bruta es de aproximadamente  $1.5 \text{ m}^3/\text{hr}$  y se obtiene el 79 % del volumen de excavación.

b) AFINE DE LAS PAREDES.

En este proceso el rendimiento que se tiene es de  $0.75 \text{ m}^3/\text{hr}$  y se obtien el 21 % del volumen de excavación.

Por lo tanto:

Sacando el promedio ponderado obtenemos.

Excavación bruta:	$1.5 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.79$	$= 1.185 \text{ m}^3/\text{hr}$
Afine de las paredes:	$0.75 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.21$	$= 0.1575 \text{ m}^3/\text{hr}$
Rendimiento promedio:		<u><math>1.3425 \text{ m}^3/\text{hr}</math></u>

Por las maniobras y eficiencia se le aplica un factor de 0.80, de tal manera que:

$$\text{Rendimiento} = 1.3425 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.8 = 1.074 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 134,735.00/\text{hr}}{1.074 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 125,451.58/\text{m}^3$$

$$\text{COSTO DIRECTO} = \$ 125,451.58/\text{m}^3$$

#### 4.4.4. LIQUIDO EXPANSOR

Para este método se analizarán las siguientes actividades para lograr una eficiente excavación.

- I.- Barrenación.
- II.- Aplicación del producto.
- III.- Rezaga.

##### I.- Barrenación.

El diámetro de los barrenos es de 2".

##### a) Equipos

- Compresor Gardner-Denver Sp-600

Costo Horario \$ 41,434.00/Hr.

- Perforadora Atlas-Copco 6L

Costo Horario \$ 2,412.00/Hr.

RENDIMIENTO POR PERFORADORA = 1 ml/hr.

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 41,434.00/\text{hr} + (2412.00 \times 6)/\text{hr}}{6 \text{ ml/hr}}$$

$$= \$ 9,317.67/ \text{ml}$$

Siendo el rendimiento del producto 0.64 m<sup>3</sup>/ml. (Según datos del fabricante).

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 9,317.67/\text{ml}}{0.64 \text{ m}^3/\text{ml}} = \$ 14,558.86/\text{m}^3$$

b) Mano de obra:

6 perforistas x \$ 26,782.00/jor = \$ 160,692.00/jor

0.6 cabo 12 x \$ 35,344.90/jor = \$ 21,206.94/jor

---

= \$ 181,898.94/jor

RENDIMIENTO = 48 ml/jor x 0.64 m<sup>3</sup>/ml = 30.72 m<sup>3</sup>/jor

COSTO =  $\frac{\$ 181,898.94/\text{jor}}{30.72 \text{ m}^3/\text{jor}}$  = \$ 5,921.19/m<sup>3</sup>

II.- Aplicación del producto:

a) Materiales:

El costo del producto en polvo es de \$ 52,298.00/kg, la proporción es de 3.2 kg/ml, para obtener 0.64 m<sup>3</sup>/ml, por lo que:

COSTO =  $\frac{\$ 52,298.00/\text{kg} \times 3.2 \text{ kg/ml}}{0.64 \text{ m}^3/\text{ml}}$  = \$ 261,490.00/m<sup>3</sup>

b) Mano de obra

La colocación del producto se hará en los barrenos, en dos partes, esperando 6 horas entre una y otra. Por lo que en un día sólo se puede fracturar una línea, que produce 2.5 metros cúbicos.

La cuadrilla a utilizar es:

1 oficial x \$ 27,157.13/jor =	\$ 27,157.13
1 ayudante x \$ 18,599.70/jor =	\$ 18,599.70
0.2 de cabo 12 x \$ 35,344.90/jor =	\$ 7,068.98
	<hr/>
	\$ 52,825.81/jor

Dura 20 horas el proceso de fracturación, por lo que tarda un día completo ( 24 horas) en fraturar los 2.5 m<sup>3</sup>.

RENDIMIENTO = 2.5 m<sup>3</sup>/jor

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 52,825.81/\text{jor}}{2.50 \text{ m}^3/\text{jor}} = \$ 21,130.32/\text{m}^3$$

### III.- Rezaga

Desprendimiento de la roca

#### 1.- Equipo:

- Compresor Gardner-Denver SP-600  
Costo Horario \$ 41,434.00/hr
- Pistola rompedora Atlas Copco Tex-42  
Costo Horario \$ 1,963.00/hr

RENDIMIENTO = 2.5 m<sup>3</sup>/jor = 0.31 m<sup>3</sup>/hr

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 41,434.00 + (1,963.00 \times 3)/\text{hr}}{0.31 \text{ m}^3/\text{hr}}$$
$$= \$ 152,654.84/\text{m}^3$$

2.- Mano de obra:

3 perforistas x \$26,782.00/jor = \$ 80,346.00/jor

0.6 cabo de 12 x \$ 35,344.90/jor = \$ 21,206.94/jor

---

\$ 101,552.94/jor

RENDIMIENTO = 2.5 m<sup>3</sup>/jor

COSTO =  $\frac{\$ 101,552.94/\text{jor}}{2.5 \text{ m}^3/\text{jor}}$  = \$ 40,621.18/m<sup>3</sup>

RESUMEN

I.- Barrenación.....\$ 20,480.05/m<sup>3</sup>

II.- Aplicación del producto....\$ 282,620.32/m<sup>3</sup>

III.- Rezaqa.....\$ 193,276.02/m<sup>3</sup>

---

\$ 496,376.39/m<sup>3</sup>

COSTO DIRECTO ..... \$ 496,376.39/m<sup>3</sup>

4.4.5. TABLA COMPARATIVA DEL COSTO DE EXCAVACION EN ZANJA DE 1m<sup>3</sup> DE RDCA, DE 0.00 A 2.00 METROS DE PROFUNDIDAD.

PROCEDIMIENTO	COSTO DIRECTO
Cuña y Marro	\$ 251,900.85/m <sup>3</sup>
Compresor, pistolas rompedoras	\$ 182,881.35/m <sup>3</sup>
Martillo hidráulico	\$ 125,451.58/m <sup>3</sup>
Líquido expansor	\$ 496,376.39/m <sup>3</sup>

Se han analizado 5 diferentes formas de excavar en roca; se demostró que el método más conveniente por su rapidez para trabajar es el de martillo hidráulico.

Otra ventaja que tiene este método es que requiere de muy poca gente para realizar la excavación y también para la rezaga del material, esto facilita el control de la obra, ya que se debe cuidar un sólo recurso y todo estará basado en las necesidades de la máquina para que cumpla con su ciclo de trabajo adecuadamente.

El método de la cuña y marro es bueno, pero necesita de un control de avance y personal, muy meticulado, definitivamente con este método se debe usar el sistema de destajo y dar algunos alicientes a la producción, pero esto aumenta muy poco el rendimiento; además requiere de un tiempo muy largo para realizar el trabajo, y esto en base a la ubicación de la obra no es conveniente, tampoco es posible su desarrollo con tirantes de agua mayores de 20 ca.

El método neumático, como el anterior, tiene la limitante del agua y el rendimiento que se obtiene es bajo.

Lo mismo sucedería con la darda. En cuanto al líquido expansor su costo es demasiado alto comparado con los otros

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

métodos, además de que podría presentarse un gran desperdicio del material.

Concluyendo, el método del martillo hidráulico montado sobre retroexcavadora es el que más se adecúa al problema de la excavación en roca. Presenta un buen rendimiento aún con tirantes de agua hasta de 50 cm.

El principal problema que presenta este método es que los martillos no son tan comunes todavía y es muy difícil conseguir uno rentado, por lo cual requiere de una inversión inicial para adquirir el equipo. No se fabrica en México y es difícil conseguir refacciones. Se debe estar seguro de poder depreciar el equipo ya que al ser este un trabajo muy específico puede darse el caso de utilizarlo pocas veces y tenerlo mucho tiempo parado.



## **CAPITULO 5**

### **MANEJO E INSTALACION DE LA TUBERIA**

## 5.1. DESCRIPCION

El tipo de tubería utilizada en la construcción de la línea tiene algunas características que la hacen diferente a la que comunmente se utiliza para agua potable, además de que requiere un cuidado especial en su manejo y colocación, por tal motivo dedico un capítulo de esta tesis para describirla y explicar, de una manera a veces general o también particular, la forma en que se maneja e instala este tipo de tubería.

La tubería que constituye a la línea es de tres diferentes fabricantes: ICHSA, TEPESA y COMECP. Estas compañías produjeron los tubos y piezas especiales de la misma; el tipo de conexión y estructura de estas tres marcas es muy similar. Para los fines que arriba mencioné, tomaremos los datos obtenidos de la compañía ICHSA.

La tubería esta hecha de concreto presforzado con un cilindro de acero ahogado en el núcleo de concreto con especificación ICHSA-Lock Joint. La alta calidad del concreto usado, protege contra la corrosión del acero de refuerzo.

**Características generales:**

El diámetro es de 48" ( 1219 mm).

Espesor del Núcleo es de 3" ( 76 mm)

Espesor del recubrimiento es de 1 1/2 " ( 38 mm)

Peso 1.05 ton/mi ( 5.1 ton/tubo de t. ICHSA)

Longitud aprovechable:

ICHSA y TEPISA 4.88 m

COMECOP 7.32 m

Capacidad de presión es de 50 m.c.a.

Este tipo de tubería se transporta normalmente en camión o en ferrocarril. Por las características de la obra se determinó que el transporte disponible y más económico era el camión.

**5.2. ENTREGA Y DESCARGA**

Todos los tubos son inspeccionados en la planta antes y en el momento de ser embarcados. Antes de descargar los tubos, el personal de instalación y de recepción en campo por parte de la contratista, debe inspeccionar cuidadosamente los mismo para determinar si ocurrió algún daño en tránsito, para posteriormente reportarlo a la compañía fabricante.

El equipo para descarga varía con el método de transporte usado y con las facilidades disponibles en el

lugar de la obra. Se pueden utilizar grúas de suficiente capacidad, provistas de cables de acero, bandas y otros medios de diseño especial para la carga y descarga de la tubería, independientemente del método de transporte utilizado.

La forma más frecuente de descargar la tubería consiste en alinear los tubos a lo largo de la zanja. En casos especiales los tubos de 48" de diámetro o menores, pueden estibarse en dos lechos (superpuestos), cuando las condiciones no permitan colocarlos a lo largo de la zanja.

Es importante mencionar que a pesar de que el tubo de concreto es un producto excepcionalmente resistente, es necesario manejarlo con precaución para evitar golpearlo y causarle daños.

### 5.3. PREPARACION DE LA JUNTA

En la junta se utilizan unos paquetes de hule de sección circular son anillos fabricados precisamente para cada diámetro de tubo, estos deben ser inspeccionados para verificar que sean los correctos.

Antes de bajar el tubo a la zanja, tanto la campana como la espiga deberán limpiarse perfectamente con cepillo de alambre e inspeccionarse cuidadosamente. Cualquier rebaba

se limará hasta obtener una superficie lisa. Toda clase de abolladura deberán ser reparadas a satisfacción, antes de instalar el tubo o pieza especial, bajo la supervisión del fabricante. Previamente a la introducción del empaque en la ranura de la espiga, éste deberá lubricarse completamente, sumergiéndolo en una solución espesa de jabón. La campana del tubo ya instalado, también deberá limpiarse y lubricarse con jabón.

Inmediatamente antes de instalar el tubo, el empaque ya lubricado deberá ser colocado en la ranura de la espiga. Bajo ningún motivo debe permitirse que el jabón en el empaque se seque antes de efectuar el enchufe. Es esencial para la introducción de la espiga en la campana y para asegurar el sello de la junta, que la distribución del empaque en la ranura de la espiga sea uniforme a lo largo de toda la circunferencia.

Esto se logra mediante la inserción de un objeto liso de diámetro pequeño (un desarmador, por ejemplo) entre el empaque y la ranura, el cual se correrá una vuelta completa alrededor de la espiga en una dirección, seguida de otra vuelta en dirección opuesta.

Es conveniente amarrar un lado de la manta de instalación a la campana del tubo previamente instalado. Una vez que se instala el otro tubo, se desdobra el otro lado de

la manta sobre la junta y se amarra a la espiga del tubo que acaba de instalarse.

#### 5.4. INSTALACION

Para la instalación de tuberías mediante el uso de grúa, se acostumbra excavar con anticipación una longitud de zanja considerable para permitir el uso eficiente de este tipo de equipo. Para enchufar el tubo, éste es suspendido en la zanja, se alinea con el tubo al cual se va a enchufar y se procede a su inserción mientras manualmente se guía la espiga hasta la base del chaflán de la campana. Luego se baja el tubo hasta alinear los ejes horizontales de ambos tubos. En este momento, el operador avanza el brazo de la grúa para efectuar el enchufe. Una vez que se haya verificado la correcta posición del espague el operador procede a completar el enchufe avanzando más el tubo.

Como la fuerza ejercida por la máquina para realizar el enchufe a veces resulta insuficiente o produce movimientos laterales no deseados, se realiza el enchufe con otros métodos, los cuales no producen estos movimientos y serán descritos a continuación. Independientemente del método a usarse, las herramientas empleadas para el enchufe deben tener una capacidad de tracción de por lo menos 9 kilogramos por centímetro de circunferencia (perímetro) de la junta.

#### 5.4.1. Instalación con gato de cadena.

Dentro de la tubería instalada, colóquese un muerto tres juntas atrás del tubo que va a instalarse (estos tubos deben estar acostillados). Con el tubo a instalarse suspendido por la grúa, se atraviesa diametralmente un larguero en su campana, el cual se conecta al muerto por medio de cables provistos con un gato de cadena. Una vez que la espiga está dentro del chaflán de la campana, se procede a enchufar los tubos mediante la tracción del gato de cadena.

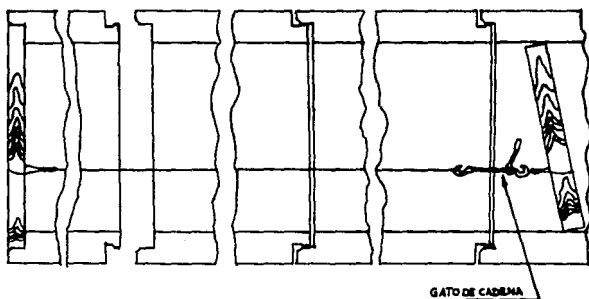


FIG 1.- Método de instalación con gato de cadena

#### 5.4.2. Instalación por tensión del cable suspensor.

Dejando el cable de acero alrededor del último tubo instalado, se aproxima la espiga del tubo por instalarse a la campana del tubo tendido. Se afloja el cable que suspende el tubo por instalar y se conecta, mediante una cadena, más corta que la distancia entre el cable de suspensión y el cable del tubo previamente instalado. El acoplamiento se efectúa tensionando el cable suspensor, verificando que el enchufe se realice de manera uniforme.

#### 5.4.3. Instalación por medio de empuje.

En Tuberías de gran diámetro, donde las zanjas son suficientemente amplias para que entre un bulldozer o un cargador frontal, se coloca una viga de acero estructural o de madera a través de la campana y, mientras el tubo está suspendido, se procede a recargar el bulldozer o el cargador, contra la viga para efectuar el enchufe.

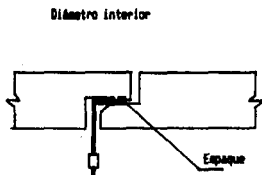
#### 5.4.4. Revisión de la correcta instalación

El enchufe de la tubería debe verificarse desde el interior del tubo, esto se hace insertando un escantillón dentro del chaflán de la campana y se recorre todo el perímetro de la junta para comprobar que el empaque no está fuera de su ranura. El avance de la espiga se controla

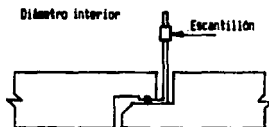


mediante tres toques de acero colocados en el asiento de la campana a 120° de separación. Estos espaciadores deben tener por lo menos 19 mm (3/4") de espesor. Una vez removidos los espaciadores, se procede a verificar la posición del empaque por medio del escantillón, el cual detecta irregularidades en la posición del empaque en cualquier lugar de la circunferencia del enchufe. Si se encuentra que el empaque está fuera de sitio, es necesario desenchufar el tubo y examinar el empaque para cerciorarse que no presente cortadas o mordeduras. Si no hay evidencia de daños, el empaque puede volver a emplearse, siempre y cuando, tanto éste como los anillos de la junta hayan sido cuidadosamente limpiados y lubricados.

Ocasionalmente, a causa de deflexiones en las juntas, no es posible insertar el escantillón a lo largo de toda la circunferencia interior. En estos casos se hace necesario verificar estas porciones desde la parte exterior de la manera descrita anteriormente.



Verificación exterior



Verificación interior

#### 5.4.5. Junteo

Se debe colocar la manta de instalación alrededor de un lado de la junta, amarrándola firmemente con un alambre de acero inserto en sus bastillas.

En la parte inferior de la tubería se hace una cuna de arena o material similar a la cama del tubo, con el objeto de dar apoyo inferior y lateral a la manta de instalación para evitar su ruptura. Se mezcla un mortero compuesto de una parte de cemento Portland por dos de arena con suficiente agua para permitir su fluidez. Viértase el mortero en el interior de la junta, comenzando por un lado del tubo hasta que el mortero alcance suficiente altura para derramar por el lado opuesto. Terminese la parte superior del junteo con una mezcla más seca de mortero. El interior de las juntas debe ser llenado con una mezcla de mortero con iguales partes de cemento y arena. Este mortero debe ser emparejado, mediante llana, al diámetro interior del tubo. El junteo interior se debe efectuar después de rellenar la zanja para evitar desprendimientos del mortero causado por posibles movimientos.

## 5.5. INSTALACION DE PIEZAS ESPECIALES

La instalación de piezas especiales puede efectuarse de cualquiera de las maneras indicadas en la sección "Instalación".

En el caso de codos, sin embargo, es necesario el uso de dos gatos de cadena. Los gatos de cadena, uno de cada lado del tubo instalado, se colocan firme por medio de un cable de acero ceñido alrededor del tubo. Cada gato de cadena se engancha a otro cable de acero ceñido alrededor del codo. La espiga del codo se introduce en la campana del tubo mediante tracción simultánea de los gatos. Si la entrada de la espiga no es uniforme, se aplica tensión adicional a uno de los gatos para corregir el ángulo de entrada. Una de las ventajas del método de doble gato de cadena es la manera en que los gatos mantienen el codo firmemente en posición hasta que el siguiente tubo ha sido instalado.

Para lograr que la entrada de la espiga en codos de diámetros grandes, sea uniforme deben usarse bloques de madera en forma de cuña durante la instalación.

Si el equipo de instalación tiene capacidad para manejar el tubo unido al codo u otras piezas especiales,

tanto en peso como en tamaño, éstos pueden enchufarse a orilla de zanja antes de proceder a su instalación.

#### 5.5.1. Deflexiones y curvas

En las tuberías se puede efectuar cambios de dirección, mediante aberturas controladas de las juntas. La tubería debe ser instalada con las juntas a tope y después se efectúa la separación deseada. Cuando se requieren deflexiones mayores a las recomendadas para tubos rectos, se debe recurrir a adaptadores biselados. Las curvas de gran radio pueden realizarse mediante el uso de tubos rectos con juntas abiertas, y combinaciones de tubos rectos y biseles con o sin juntas abiertas. Generalmente no es importante el uso de tubos cortos para mantener el P.C. (Principio de curva), ni el P.T. (terminación de la Curva). Las aberturas controladas de las juntas permiten compensar las pequeñas variaciones de la curva en el campo, con respecto a la curva teórica y que generalmente resultan del empleo de tubos de longitud estándar. En estas condiciones se puede obtener una deflexión de 1° entre dos tubos.

### 5.5.2. Atragues

Los cambios de dirección de flujo tomadas con codos o piezas especiales requieren el uso de atraque de concreto, tomando en consideración las condiciones de presión interna, ángulos de deflexión y características del terreno, en forma individual o combinada. Los atraques tienen el propósito de evitar el desenchufe de las piezas, mediante el aumento de fricción y superficie de apoyo contra el terreno. Estos atraques deben colocarse contra el terreno no alterado de la zanja para asegurar un soporte confiable. El concreto debe ser colocado solamente en la proyección de la pieza especial, dejando libres las juntas adyacentes para asegurar su flexibilidad.

En terminos generales esta son algunas recomendaciones y cuidados que se deben tener con la tubería y sus piezas especiales, pero dado el caso de presentarse otros problemas en la instalación y en donde las medidas de control exigidas por el fabricante y las especificaciones no se puedan cumplir es indispensable consultar con el fabricante para que sus técnicos den solución al problema en base a su amplia experiencia con el manejo de este tipo de tubería.

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Como ya fue mencionado con amplitud en la introducción las características de la Ciudad de México hacen que cada día se tenga que ampliar las líneas de agua potable para la distribución de la misma en lugares más apartados ó donde las condiciones del suelo planteen problemas adicionales a los que en si misma implica una obra de este tipo. Así mismo es necesario aumentar el caudal de las líneas existente para garantizar que siempre se cuente con el agua suficiente para las actividades humanas e industriales. Por tales motivos es de gran importancia el buscar y desarrollar procedimientos para la construcción y con esto continuar con esta labor optimizando los recursos con que se cuentan.

El método de construcción óptimo para el tipo de obra analizado es en definitiva el uso de explosivos, pero existe en el Distrito Federal restricciones de seguridad que prohíben su utilización.

En este trabajo nos enfocamos a la construcción de una línea de red primaria de agua potable y se analizaron con detalle dos problemas principales como lo son el excavar económicamente en roca y el manejo de la tubería.

En el primer punto, una vez analizados otros procedimientos constructivos para la excavación en roca, se

obtuvo como resultado que el método que técnicamente y económicamente cumple con los objetivos planteados, es el martillo hidráulico montado sobre retroexcavadora.

Este método nos da mayor rendimiento por metro cúbico de excavación, que cualquiera de los otros vistos. Además de que en terminos económicos es el más barato y conveniente.

En cuanto al manejo de la tubería se presentaron algunas recomendaciones y cuidados que son muy importantes para trabajar con ella y también se presentan algunas de las cualidades que ofrece.

## B I B L I O G R A F I A

- D.G.C.O.H. "Plan Hidráulico Delegación Coyoacan".  
México D.F., 1988.
- D.G.C.O.H. "Plan Hidráulico Delegación Alvaro Obregon."  
México D.F., 1988.
- D.G.C.O.H. "Cronología de obras hidráulicas en la Cd. de México." D.D.F. D.G.C.O.H.
- D.G.C.O.H. "Plan Maestro de agua potable", D.G.C.O.H. D.D.F.  
México D.F., 1982
- D.G.C.O.H. "Sistema Hidráulico del Distrito Federal"  
D.G.C.O.H. D.D.F., México D.F., 1982
- Azevedo y Acosta "Manual de Hidráulica" Ed. Maria  
6a. Edición. México D.F., 1976.
- Robert Leroy Peurifoy "Construction, Planning, Equipment and Methods". Ed McGraw Hill Book, 1979
- R.L. Peurifoy "Estimating Construction Cost". Ed. McGraw Hill Book, 1975.



**ANEXOS**

## COSTO HORARIO 1

## COSTO HORA MAQUINA

Maquina: Retroexcavadora	Hoja No.1(uno)	Fecha:	3/12/90
Modelo: Yumbo 640	Calculo:		
Datos Adicionales: sobre orugas			

## DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$429,240,000	Fecha cotización:	3/12/90
Equipo Adicional:	Vida económica (Ve):	5
	Horas por año (Ha):	2000
	Motors de Hp:	116
Valor inicial (Va): \$429,240,000	Potencia oper. Hp:	116
Valor rescate (Vr): \$85,848,000	Factor operación:	1
Tasa interés (i): 25	Coef. almacen (K):	0.03
Prima de seguros (s): 5	Factor mant. (Q):	0.6

## CARGOS FIJOS

A) Depreciación: $D=(Va-Vr)/Ve$	34339.2
B) Inversión: $I=(Va+Vr)/2Ha$	32193
C) Seguros: $S=(Va+Vr)/2Ha$	6438.6
D) Almacenes: $A=KD$	1030.176
E) Mantenimiento: $H=QD$	20603.52

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA: 994,604

## CONSUMOS

A) Combustible: $E=ePc$		
Diesel: $E=0.20 \times 116 \text{ Hp.op.} \times \$635.00/\text{lt}$		125
Gasolina: $E=0.24 \times \text{Hp.op} \times \$$	/lt=	
B) Otras fuentes de energía:		
C) Lubricantes: $L = aPc$		
Capacidad carter (C):	17 litros	
Cambios aceite (t):	100 horas	
$a = C/t + 0.0035 \times$	116 Hp.op. =	0.576 lt/hr
0.0030		
$L =$	0.576 lt/hr x \$4200/lt=	2419.2

SUMA CONSUMOS POR HORA: 92,544

## COSTO HORARIO 1

## OPERACION

Salarios : S		
Operadores	36864	
Ayudantes	11900	
Sal/tur.proce.	48764	
Horas/turno-proce. (H):	8	
H= 8 hrs x	1 (factor rendimiento)=	8
Operación: O =S/H=	6095.5	
SUMA OPERACION POR HORA:		\$6,096

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA :	\$103,244
------------------------------	-----------

## COSTO HORARIO 2

## COSTO HORA MAQUINA

Maquina:	Martillo Hidráulico	Hoja No.1(uno)	Fecha:	3/12/90
Modelo:	Montabert BRH501-LC	Calculo:		
Datos Adicionales: con pulseta				

## DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$121,180,000	Fecha cotización:	3/12/90
Equipo Adicional:		Vida económica (Ve):	5
		Horas por año (Ha):	2000
		Motor:	de Hp: 0
Valor inicial (Va):	\$121,180,000	Potencia oper. Hp:	0
Valor rescate (Vr):	\$24,236,000	Factor operación:	1
Tasa interés (i):	25	Coef. almacén (K):	0.02
Prima de seguros (s):	5	Factor mant. (Q):	1.05

## CARGOS FIJOS

A) Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$9,694
B) Inversión:	$I=(Va+Vr)/2Ha$	\$9,089
C) Seguros:	$S=(Va+Vr)/2Ha$	\$1,818
D) Almacenaje:	$A=KD$	\$291
E) Mantenimiento:	$H=QD$	\$10,179

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA: \$31,071

## CONSUMOS

A) Combustible:	$E=aPc$		
	Diesel: $E=0.20 \times$	Hp.op. x \$635.00/lt=	60
	Gasolina: $E=0.24 \times$	Hp.op x \$ /lt=	
B) Otras fuentes de energía:			
C) Lubricantes:	$L = aPc$		
	Capacidad carter (C):	10 litros	
	Cambios aceite (t):	100 horas	
	$a = C/t + 0.0035 \times$	0 Hp.op. =	0.1 lt/hr
	0.0030		
	L=	0.1 lt/hr x \$4200/lt=	\$420

SUMA CONSUMOS POR HORA: \$420

## COSTO HORARIO 2

## OPERACION

Salarios : S		
Operador:	\$0	
Ayudante:	\$0	
Sal/tur.prom.	\$0	
Horas/turno-prom. (H):	8	
H= 8 hrs x	1 (factor rendimiento)=	8
Operación: D =S/H=	\$0	
SUMA OPERACION POR HORA:		\$0

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA :	\$31,491
------------------------------	----------

## COSTO HORARIO 3

## COSTO HORA MAQUINA

Maquina: Compresor	Hoja No.1(uno)	Fecha:	3/12/90
Modelo: Gardner Denver SP600	Calculo:		
Datos Adicionales: con 6 pistolas			

## DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$73,000,000	Fecha cotización: 3/12/90
Equipo Adicional:	Vida económica (Ve): 5
	Horas por año (Ha): 2000
	Motor: de Hp: 135
Valor inicial (Va): \$73,000,000	Potencia oper. Hp: 135
Valor rescate (Vr): \$14,600,000	Factor operación: 1
Tasa interés (i): 25	Coef. almacen (K): 0.03
Prima de seguros (s): 5	Factor mant. (Q): 1.05

## CARGOS FIJOS

A) Depreciación: $D=(Va-Vr)/Ve$	\$5,840
B) Inversión: $I=(Va+Vr)/2Ha$	\$5,475
C) Seguros: $S=(Va+Vr)/2Ha$	\$1,095
D) Almacenes: $A=KD$	\$175
E) Mantenimiento: $H=QD$	\$6,132

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA: \$18,717

## CONSUMOS

A) Combustible: $E=aPc$	
Diesel: $E=0.20 \times 135 \text{ Hp.op.} \times \$635.00/\text{lt}=\$16,875$	\$16,875
Gasolina: $E=0.24 \times \text{Hp.op.} \times \$$ /lt	
B) Otras fuentes de energía:	
C) Lubricantes: $L = aPc$	
Capacidad carter (C): 20 litros	
Cambios aceite (t): 100 horas	
$a = C/t + 0.0035 \times 135 \text{ Hp.op.} = 0.6725 \text{ lt/hr}$	
$L = 0.6725 \text{ lt/hr} \times \$4200/\text{lt} = \$2,825$	\$2,825

SUMA CONSUMOS POR HORA: \$19,700

## COSTO HORARIO 3

## OPERACION

Salarios : S

Operador:

Ayudante: \$24,137

Sal/tur.prom. \$24,137

Horas/turno-prom. (H): 8

H= 8 hrs x 1 (factor rendimiento)= 8

Operación: D =S/H= \$3,017

SUMA OPERACION POR HORA:

\$3,017

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA :

\$41,434

## COSTO HORARIO 5

## COSTO HORA MAQUINA

Maquina: Perforadora	Hoja No.1(uno)	Fecha:	4/12/90
Modelo: Atlas Copco 6L	Calculo:		
Datos Adicionales: con manguera			

## DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$7,300,000	Fecha cotización:	3/12/90
Equipo Adicional:		Vida económica (Ve):	3
		Horas por año (Ha):	2000
Valor inicial (Va):	\$7,300,000	Motor:	de Hp:
Valor rescate (Vr):	\$1,460,000	Potencia oper. Hp:	
Tasa interés (i):	25	Factor operación:	1
Prima de seguros (s):	5	Coef. almacen (K):	0.03
		Factor mant. (Q):	0.6

## CARGOS FIJOS

A) Depreciación:	$D=(Va-Vr)/Ve$	\$973
B) Inversión:	$I=(Va+Vr)/2Ha$	\$548
C) Seguros:	$S=(Va+Vr)/2Ha$	\$110
D) Almacenaje:	$A=KD$	\$29
E) Mantenimiento:	$H=QD$	\$584

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA: \$2,244

## CONSUMOS

A) Combustibles: $E=ePc$		
Diesel: $E=0.20 \times 116 \text{ Hp.op.} \times \$635.00/\text{lt} =$		0
Gasolina: $E=0.24 \times \text{Hp.op} \times \$$	/lt=	
B) Otras fuentes de energía:		
C) Lubricantes: $L = aPc$		
Capacidad carter (C):	4 litros	
Cambios aceite (t):	100 horas	
$a = C/t + 0.0035 \times$	0 Hp.op. =	0.04 lt/hr
0.0030		
$L =$	0.04 lt/hr x \$4200/lt=	168

SUMA CONSUMOS POR HORA: \$168



## COSTO HORARIO 4

## OPERACION

Salarios : S		
Operador:	0	
Ayudante:		
Sal/tur.prom.	0	
Horas/turno-prom. (H):	8	
H= 8 hrs x	1 (factor rendimiento)=	8
Operación: O =S/H=	0	
SUMA OPERACION POR HORA:		80

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA :	\$1,963
------------------------------	---------

## COSTO HORARIO 4

## COSTO HORA MAQUINA

Maquina: Rompedora	Hoja No.1(uno)	Fecha: 4/12/90
Modelo: Atlas Copco Tex-42	Calculo:	
Datos Adicionales: con manguera		

## DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$5,840,000	Fecha cotización: 3/12/90
Equipo Adicional:	Vida económica (Ve): 3
	Horas por año (Ha): 2000
Valor inicial (Va): \$5,840,000	Motor: de Hp:
Valor rescate (Vr): \$1,168,000	Potencia oper. Hp:
Tasa interés (i): 25	Factor operación: 1
Prima de seguros (s): 5	Coef. almacen (K): 0.03
	Factor mant. (Q): 0.6

## CARGOS FIJOS

A) Depreciación: $D=(Va-Vr)/Ve$	\$779
B) Inversión: $I=(Va+Vr)/2Ha$	\$438
C) Seguros: $S=(Va+Vr)/2Ha$	\$88
D) Almacenaje: $A=KD$	\$23
E) Mantenimiento: $H=QD$	\$467

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA: \$1,795

## CONSUMOS

A) Combustible: $E=ePc$		0
Diesel: $E=0.20 \times 116 \text{ Hp.op.} \times \$635.00/\text{lt}$		
Gasolina: $E=0.24 \times \text{Hp.op} \times \$$ /lt		
B) Otras fuentes de energía:		
C) Lubricantes: $L = aPe$		
Capacidad carter (C):	4 litros	
Cambios aceite (t):	100 horas	
$a = C/t + 0.0035 \times 0.0030$	0 Hp.op. =	0.04 lt/hr
$L = 0.04 \text{ lt/hr} \times \$4200/\text{lt}$		168

SUMA CONSUMOS POR HORA: \$168

## OPERACION

COSTO HORARIO 5

Salarios : S		
Operador:	0	
Ayudante:		
Sal/tur.prom.	0	
Horas/turno-prom.(H):	8	
H= 8 hrs x	1 (factor rendimiento)=	8
Operación: 0 =S/H=	0	
SUMA OPERACION POR HORA:		80

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA :

\$2,412