

41
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"EXCAVACIONES EN ROCA DEL
ACUEDUCTO PERIFERICO"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

MARCOS HERNANDEZ CRUZ



MEXICO, D.F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

Señor
MARCOS HERNANDEZ CRUZ
Presente.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-040/95

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. LUIS CANDELAS RAMIREZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

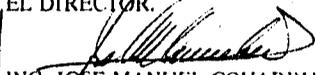
"EXCAVACIONES EN ROCA DEL ACUEDUCTO PERIFERICO"

- INTRODUCCION**
- I. DESCRIPCION DEL ACUEDUCTO PERIMETRAL**
 - II. EXCAVACION A CIELO ABIERTO DE LA PLATAFORMA DE LA DERIVACION # 4**
 - III. EXCAVACION SUBTERRANEA CON EL METODO CONVENCIONAL PARA LA DERIVACION # 4**
 - IV. EXCAVACION CON MAQUINA TUNELERA (TOPO) PARA EL TUNEL # 5**
 - V. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 18 de septiembre de 1995
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*nlI

**Hijo mio no te olvides de mi ley,
Y tu corazón guarde mis mandamientos;
Por que largura de dias y años de vida
Y paz te aumentarán.
Nunca se aparten de tí la misericordia y la verdad;
Atalas a tu cuello,
Escribelas en la tabla de tú corazón;
Y hallarás gracia y buena opinión
Ante los ojos de Dios y de los hombres.**

**Fiate de Jehová de todo tu corazón,
Y no te apoyes en tu propia prudencia
Reconócelo en todos tus caminos,
Y él enderezá tus veredas.
No seas sabio en tu propia opinión;
Teme a Jehová, y apártate del mal;
Porque será medicina a tu cuerpo,
Y refrlgerio para tus huesos**

BIBLIA ; PROVERBIOS 3:1-8.

**Y a Jesucristo que es poderoso para guardarnos sin calda, y presentarnos sin
mancha delante de su gloria con gran alegría, al único y sablo Dios, nuestro Salvador,
sea gloria y majestad, Imperio y potencia, ahora y por todos los siglos . Amén.**

BIBLIA ; JUDAS 24-25.

AGRADECIMIENTOS

Agradesco a mi director de tesis el Ingeniero Luis Candelas Ramírez su ayuda y apoyo para la realización de este trabajo, a la dirección general de construcción y operación hidráulica, al Ing. Santiago Jauregui, al Arq. Jorge Alberto Aguilar Zenteno y a servicios de supervisión en la obra (Acufónico, derivación #4, Túnel #5) los cuales estaban a cargo del Ing. Raúl Cabrera, Ing. Federico Dovalí, Ing. Eduardo Samaniego y demás colaboradores, gracias por todo el apoyo brindado para el desarrollo del presente trabajo.

GRACIAS

INDICE

INTRODUCCIÓN

1

CAPITULO I

"Descripción del acueducto periférico".

1.1	El abastecimiento de agua potable en el Distrito Federal	3
1.2	Acueducto Periférico (Ramal Sur)	7
1.2.2	Trayecto del ramal sur (Primera Etapa)	8

CAPITULO II

"Excavación a cielo abierto de la plataforma de la derivación #4".

2.1	Derivación número cuatro	10
2.1.1	Geología de la plataforma	10
2.1.2	Equipo para la construcción de la plataforma	11
2.1.3	La plataforma de la cuarta derivación como acceso a la máquina perforadora de túneles (topo)	11
2.2	Portal de la cuarta derivación	11
2.3	Revestimiento primario	11
2.3.1	Aditivos acelerantes de fraguado	12
2.3.2	Resistencia especificada del concreto lanzado	13
2.3.3	Normas de calidad para los materiales	14
2.4	Anclaje estructural	14
2.5	Apertura del portal (Apertura del túnel en la cuarta derivación)	15

CAPITULO III

"Excavación subterránea con el método convencional para la derivación #4".

3.1	Generalidades	16
3.2	Geología del túnel en la cuarta derivación	16
3.3	Sistema de excavación de sección completa por el método convencional	16
3.3.1	Trazo	17
3.3.2	Barrenación	17

3.3.3	Carga y conexión	18
3.3.3.1	Explosivos	18
3.3.3.2	Compuestos químicos usados en los explosivos	19
3.3.3.3	Aditamentos que se utilizan para la detonación de los explosivos	19
3.3.4	Retiro de equipo y personal	20
3.3.5	Voladura	21
3.3.6	Rezagado	21
3.3.7	Soporte primario	21
3.3.7.1	Anclas	22
3.3.7.2	Marcos metálicos	22
3.3.7.3	Concreto lanzado con y sin refuerzo	22
3.3.8	Instalaciones complementarias	23

CAPITULO IV

"Excavación con máquina túnelera (topo) para el túnel #5".

4.1	Historia de las máquinas túneleras	24
4.2	Generalidades de las máquinas túneleras	25
4.3	El túnel #5 del acueducto periférico	27
4.4	Descripción general del túnel #5	28
4.5	Características geotécnicas en la zona de la excavación subterránea del túnel #5	28
4.6	Diseño de la máquina túnelera para solución de los problemas que presentara la escoria durante la excavación	30
4.7	Características principales de la máquina perforadora de túneles	31
4.8	Tren de equipo auxiliar	33
4.9	Proceso de perforación en roca de la máquina túnelera (Topo)	35
4.10	Rezaga	35
4.11	Ventilación	36
4.12	Energía	36
4.13	Instalaciones y equipos auxiliares fuera del túnel en excavación	36
4.14	Soporte para la escoria	36
4.15	Fabricación de dovelas	37
4.16	Uso de dovelas	38
4.17	Dovelas y marcos metálicos	39

CONCLUSIONES	40
---------------------	-----------

ANEXO FOTOGRAFICO	42
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	
---------------------	--

INTRODUCCIÓN

En este tiempo de crecimiento urbano es importante poner atención a las condiciones de vida que se establecen continuamente y para ello es necesario que la Ingeniería Civil contribuya con varias opciones de planeación para encontrar soluciones a los diferentes problemas que se presentan en esta ciudad de México.

Una necesidad a satisfacer y que afecta a todos los sectores de la ciudad es el abastecimiento de agua potable. El crecimiento acelerado de la población provoca una demanda mayor de agua lo cual hace necesario extender la infraestructura del sistema de abastecimiento ocasionando la reducción de su eficiencia, por lo complejo de la operación y afectando su vida útil. La explotación de los mantos acuíferos en el valle de México, provoca hundimientos en el terreno que afectan el funcionamiento de la infraestructura hidráulica y se provocan daños a las edificaciones. Los asentamientos humanos son irregulares y se ubican en las partes altas, lo que dificulta la ampliación del sistema y con costos elevados en inversión, operación y mantenimiento, ya que entre otros aspectos, se requiere del empleo del bombeo escalonado para dotar estos servicios.

La ubicación geográfica de las fuentes actuales del abastecimiento de agua, se encuentran fundamentalmente en el poniente, norte y sur del Distrito Federal, lo cual a originado una distribución irregular del vital líquido, afectando de manera importante la calidad del suministro a los habitantes de la zona oriente, que es la zona donde se prestan las mayores irregularidades afectando el servicio de abastecimiento de agua. En la zona Metropolitana se debe atender la demanda de agua potable y evitar la sobre explotación de los mantos acuíferos, por lo cual es necesario realizar proyectos que permitan la importación de aguas de cuencas externas para que ayuden a satisfacer la creciente demanda de agua potable.

El Departamento del Distrito Federal tiene a su cargo la construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de un gran sistema hidráulico que proporcionará agua potable a la ciudad de México, y este sistema hidráulico está formado por 259 tanques de almacenamiento y regulación, con capacidad conjunta de aproximadamente 1.57 millones de m³; 490 km de líneas de conducción; 183 plantas de bombeo; 690 km de red primaria, con diámetros entre 0.50 y 1.23 metros; 16 plantas potabilizadoras de las cuales 12 son a pie de pozo, 356 dispositivos de cloración; y 23 estaciones instrumentadas para la medición en tiempo real del agua recibida en bloque.

Es importante mencionar que el Ingeniero Civil desempeña una labor muy grande en la planeación, construcción, operación y mantenimiento de estas obras, por lo cual en este trabajo se describe un proceso constructivo, donde se realizara la excavación en roca, para la construcción del Acueducto Periférico (Acuífero, Derivación #4, Túnel #5) usando primero el método convencional, y posteriormente se usara una máquina túnelera (Topo); y después

el túnel que se construirá servirá como acueducto para el almacenamiento en tanques y distribuir el agua potable.

En el primer capítulo de este trabajo se menciona como está distribuida la red de agua potable en el Distrito Federal y el proyecto del Acuaférico. El segundo capítulo describe el proceso constructivo de la plataforma en la derivación #4 y la abertura del portal para el túnel. El capítulo tres nos presenta los diferentes pasos y secuencia del método convencional, para la construcción del túnel que se une a la derivación #4. En el cuarto capítulo se menciona las características de la máquina túnelera, su proceso de excavación en roca y la colocación del recubrimiento primario, para el túnel #5.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL ACUEDUCTO PERIFÉRICO

1.1 EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO FEDERAL

En esta ciudad tan grande se presenta la necesidad de proveer agua a miles de habitantes que diariamente convivimos, originando nuevas ideas para suministrar el vital líquido que todos necesitamos.

Anteriormente el agua que ha abastecido al Distrito Federal se extraía del acuífero del Valle de México pero con el paso del tiempo fue aumentando la necesidad de mayor captación por lo cual se buscaron otras fuentes para satisfacer la demanda que se exigía, por lo que se tomaron otros recursos naturales como el acuífero del valle de Lerma y el río Cutzamala que contribuye al abastecimiento del agua potable.

Para dotar y distribuir el agua a los habitantes del Distrito Federal se han creado diferentes obras hidráulicas que permiten la captación de agua en las fuentes superficiales y subterráneas, así como su conducción, regulación y distribución a través de líneas, acueductos, plantas potabilizadoras y de bombeo, tanques y redes de distribución. Y en general las dependencias responsables de las instalaciones del sistema hidráulico y de traer agua de cuencas externas son la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal que tiene la responsabilidad del sistema Lerma, Chiconautla, y el sistema del Distrito Federal, y la otra dependencia es la Comisión del Agua del Valle de México el cual capta, opera y hace entrega de aguas procedente de los sistemas Norte, Sur y Cutzamala. En seguida se presenta la distribución del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Federal a cargo de las dependencias mencionadas anteriormente.

COMISIÓN DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO (C.A.V.M.)

SISTEMA NORTE: Este provee y distribuye agua al Distrito Federal por medio de los Sistemas Barrientos y Risco; El sistema Barrientos lo forman 120 pozos y el agua extraída es transportada a tanques de distribución que abastece al Estado de México y Distrito Federal. El sistema Risco está constituido por 16 pozos y el agua que se obtiene se lleva a otros lugares por medio de líneas de conducción.

SISTEMA SUR: Este sistema está formado por dos ramales dentro del Distrito Federal uno de ellos es el Ramal Sur el cual tiene 33 pozos, y el otro es el Ramal Nezahualcóyotl el cual lo constituyen 28 pozos ubicados a lo largo del canal de Chalco y abastece al Estado de México y el Distrito Federal.

SISTEMA CUTZAMALA: Es el primer sistema que suministra agua a la zona Metropolitana de la ciudad de México pero que utiliza agua superficial la cual es proporcionada por siete presa de almacenamiento y derivación que pertenecen a la cuenca alta del río Cutzamala. La ejecución del proyecto Cutzamala, se inició en 1976 programándose en tres etapas constructivas. La primera etapa entró en operación en 1982 donde el agua de la presa Villa Victoria se aprovecho favorablemente. La presa Valle de Bravo formó parte de la segunda etapa y entró en operación en el año de 1985. La tercera etapa se encuentra en construcción y permitirá captar agua procedente de las presas Tuxcan y Bosque

"DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRAULICA"

SISTEMA NORTE: Es integrado por las Delegaciones Azcapotzalco y Gustavo A. Madero y su abastecimiento proviene del sistema Chiconautla que tiene 39 pozos los cuales se encuentran en el Estado de México, además cuenta con 35 pozos municipales.

SISTEMA CENTRO: Aquí se encuentran parte de las Delegaciones Magdalena Contreras, Coyoacán, Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo, y en su totalidad Benito Juárez y Cuauhtemoc. El abastecimiento de agua para este sistema es proporcionado con las aportaciones provenientes de diferentes fuentes y además se cuenta con 114 pozos municipales.

SISTEMA PONIENTE: En este sistema se ubican parte de las Delegaciones Miguel Hidalgo, Alvaro Obregón, Magdalena Contreras y Cuajimalpa contribuyendo al suministro de agua que proviene de los sistemas Lerma y Cutzamala. Además se aprovechan 23 pozos y parte de los 60 manantiales que existen en el Distrito Federal; para distribuir el agua se hace por medio del Acuífero a través de los Ramales Norte y Sur. El Ramal Norte tiene por objetivo abastecer los tanques Dolores y Aeroclub, por lo que en el Ramal Sur se derivan las líneas Plateros, Santa Lucia, Aguilas, las Torres y la derivación Picacho, lograndose así que se distribuya el agua en la zona poniente del Distrito Federal.

SISTEMA SUR: La localización de este sistema se encuentra al Sureste del Distrito Federal y lo constituyen parte de las Delegaciones Coyoacán, Iztapalapa, Tlacuache y en su totalidad las Delegaciones Tlalpan, Xochimilco y Milpa Alta. En la actualidad existen 168 pozos de los cuales su aportación se lleva a los Acueductos de Chalco-Xochimilco y Xochimilco en donde este último está conectado a la planta de bombeo Xotepingo que se une con el tanque Dolores por medio de dos líneas de conducción y otra línea de conducción que se dirige al centro de la ciudad

SISTEMA ORIENTE: Cuenta con 47 pozos y el agua que se obtiene se almacena en 17 tanques de distribución y también se tiene tres plantas potabilizadoras. Parte de las Delegaciones Venustiano Carranza, Iztacalco, Tlahuac e Iztapalapa pertenecen a este sistema.

SISTEMA LERMA: La localización de este sistema se encuentra en el Estado de México y lo forman 256 pozos distribuidos en 16 ramales suministrando a cuatro acueductos, que llevan el agua al túnel Atorrasquillo de Ríos, y al final del túnel se tiene la trifurcación el venado, de donde surgen tres tuberías, de las cuales una de ellas sirve como desfogue y a las dos tuberías restantes se les conoce como Ramal Norte y Ramal Sur. El Ramal Norte lo componen 15 túneles que alimentan a los tanques Dolores y también existen dos líneas que se conectan a los tanques de almacenamiento en Aeroclub. El Ramal Sur está compuesto por cinco líneas que derivan agua con dirección al oriente.

" SUMINISTRO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE "

Considerando el sistema de abastecimiento de agua potable que se tiene desde 1991, en el Distrito Federal se distribuyen en promedio 35.4m³/seg., de los cuales el 69% provienen de fuentes subterráneas (55% del acuífero del valle de México y 14% del Lerma), en tanto que el 31% restante corresponde a fuentes superficiales, básicamente de la cuenca del río Cutzamala. El Departamento del Distrito Federal junto con la Comisión de Aguas del Valle de México han logrado que se tenga una dotación promedio de 380 l/hab./día.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CAUDALES EN LOS CINCO SISTEMAS REGIONALES A CARGO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN HIDRAULICA

SISTEMA NORTE: La D.G.C.O.H. proporciona 2.9m³/seg. y la C.A.V.M. entrega 2.8m³/seg. dando un total de 5.7m³/seg. cifra que se maneja en el año de 1991 y se obtuvo una cobertura total de abastecimiento de agua en las Delegaciones Azcapotzalco y Gustavo A. Madero las cuales forman el Sistema Norte

SISTEMA CENTRO: En la zona centro se proporciona el agua por los pozos localizados en sus límites, de esta manera se obtiene un gasto de 2.7m³/s en el año de 1991 y también otros sistemas contribuyen para suplir necesidades de abastecimiento en el sistema centro.

SISTEMA PONIENTE: En este sistema el abastecimiento de agua suministra a la ciudad de México utilizando el sistema Lerma y Cutzamala aportando en el año de 1991 un

gasto promedio de 4.32 m³/s y 7.6m³/s; también se cuenta con un gasto adicional que se obtiene de los pozos municipales que aportan 0.532m³/s.

SISTEMA SUR: El caudal proveniente de los pozos internos que operan en el sistema sur proveen un gasto de 11.47m³/s. desde el año de 1991. En la parte Sur-Oriente de la Delegación Coyoacán se tiene pozos auxiliares de Xotepingo, de los conductos del C.A.V.M., y del acueducto Xochimilco-Chalco. En las Delegaciones de Iztapalapa y Tlahuac, el acueducto Xochimilco-Chalco abastece esta zona en donde también existen pozos que se conectan al acueducto Xochimilco.

SISTEMA ORIENTE: Los pozos que existen en este sistema, producen un caudal promedio de 1.356m³/s. en el año de 1991, y reciben aportaciones del sistema Norte y Sur. La localización geográfica de esta zona y el crecimiento urbano han hecho poco favorables las condiciones para la distribución y abastecimiento de agua potable en todo el sistema

1.2 ACUEDUCTO PERIFÉRICO (RAMAL SUR)

La zona Metropolitana cuenta actualmente con más de 17,263 millones de habitantes, dentro de las dieciséis delegaciones y municipios conurbados del Edo. de México, los cuales consumen un promedio de 59m³/s de agua potable, mismos que provienen de varios sistemas operados por el Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica y por la Comisión de Aguas de Valle de México, organismos que se les dificulta cada vez más, el dotar de servicio de agua potable a la ciudad de México debido a los altos índices de crecimiento demográfico y de inmigración que experimenta la zona Metropolitana, es por ello que el Gobierno Federal por medio de sus dependencias construye infraestructura hidráulica con la cual se pretende reforzar el abastecimiento de agua potable de la gran Metrópoli.

En el año de 1982 entró en operación la primera etapa del sistema Cutzamala con una aportación de 4m³/s; y en 1985 la segunda etapa del Cutzamala que inició su operación con un gasto adicional de 7m³/s, dentro de las obras ya terminadas se encuentra el túnel Analco-San José de los cuales se derivan los Ramales Norte y Sur que a su vez se ha denominado "Acueducto Periférico" (ACUAFÉRICO) que será una red primaria alrededor de la ciudad de México con el fin de reforzar y mejorar la distribución del vital líquido, dicho conducto quedara interconectado con algunas de las instalaciones actuales.(Figura 1.1)

El acueducto se ha construido por diferentes etapas, en donde el Ramal Sur forma la primera etapa de esta obra que su ubicación se encuentra en el poniente de la ciudad entre el portal San José y el Cerro del Judío. La primera etapa del Ramal sur tiene una longitud de 11 Kilómetros y 4 metros de diámetro, este túnel entro en operación en el año de 1988 y el método de excavación fue el convencional. En las Delegaciones Cuajimalpa y Magdalena Contreras se encuentra localizada una parte de la primera fase de esta obra en construcción. El Ramal Sur También esta constituido por una segunda etapa el cual está formada por una longitud de 33 Kilómetros y llegara a los límites de Milpa Alta, de los cuales están en construcción 11 Kilómetros y posteriormente se construyen 22 Kilómetros en un mediano plazo.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.) tiene el compromiso de construir la primera etapa del Acueducto Periférico del Distrito Federal denominado "Acuaférico", el cual comienza desde el túnel Analco- San José hasta dividirse en tres Ramales del Cerro del Judío. En la segunda etapa el proyecto "Acuaférico" recorre las colonias de San Bernabé, Ocotepec, Vista Hermosa, El Rosal Alto, El Rosal Bajo, Potrerillo, La Carbonera, El Ejido de Topolopan, Pedregal de Chichicarpa, Dos de Octubre, Cuchilla de Padierna, Lomas de Belvadere, y también cruza los cauces de los ríos Texcalatlaco, Providencia y Magdalena.

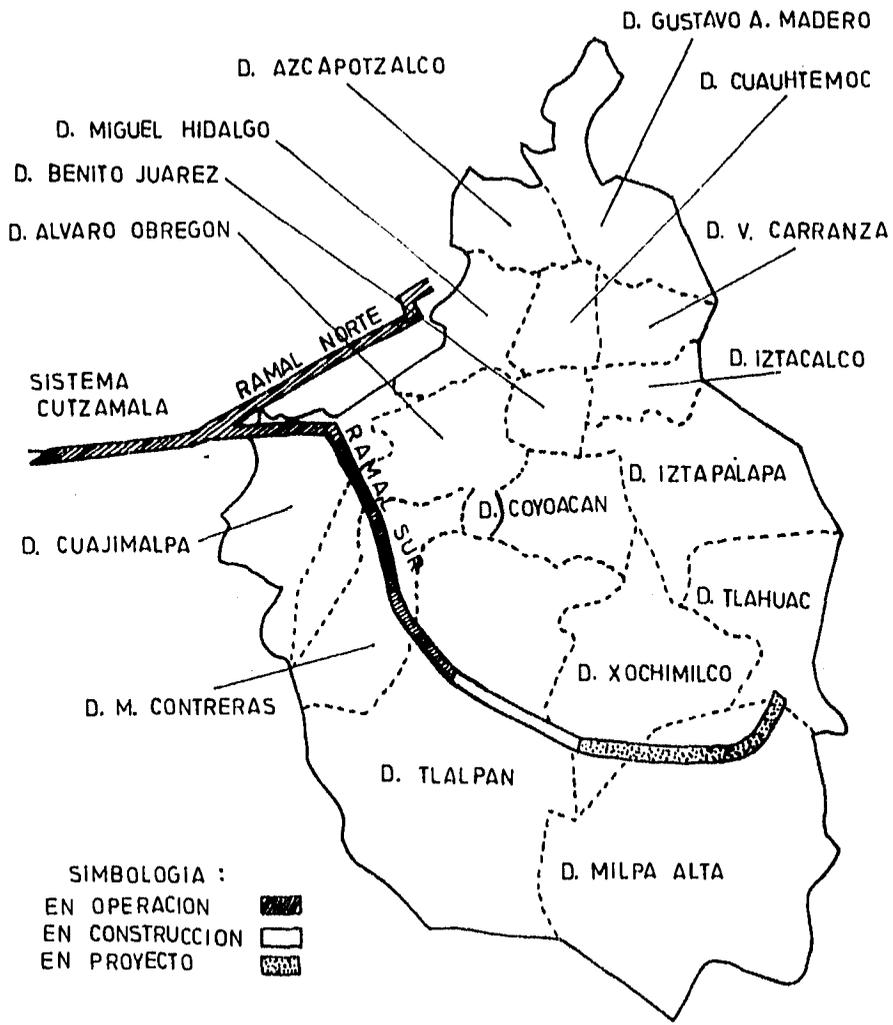


FIGURA 11 ACUAFERICO DE LA CIUDAD DE MEXICO

1.2.2 TRAYECTO DEL RAMAL SUR (PRIMERA ETAPA)

El proyecto inicia con el trazo que se origina en el portal de la salida del túnel "Plateros-Crucero 2-Cerro del Judío", el cual se encuentra localizado en río Texcalatlaco, y este mismo delimita las Delegaciones Alvaro Obregón y Magdalena Contreras, con un sifón de 88.54m de longitud integrado por dos tuberías de acero de 2.51m de diámetro, los cuales conducirán un gesto de $Q=10.678 \text{ m}^3/\text{s}$; las entradas al sifón tienen una elevación de 2567.47 msnm. en un tramo de 3m. de longitud se tiene un diámetro de 2.03m. para garantizar el sello del acceso; en otros tramos se usaran ampliaciones con un diámetro de 2.52m. con el fin de mantener una distancia de un metro entre los paños de ambas tuberías; El sifón tendrá su salida en la estación 0+105.24 con una elevación de 2565.5 msnm, y teniendo un gasto total de $Q_t=21.363 \text{ m}^3/\text{s}$.

En la estación 0+115.24 con una elevación de 2566.486m se encuentra el portal de entrada del "túnel 1" con una longitud de 2939m, atravesando el Cerro del Judío con un conducto de sección circular de 4m de diámetro; La salida se ubica en la estación 3+054.24 con una elevación de 2563,541 msnm.

En este mismo lugar empieza la estructura distribuidora de gastos en la ladara Sureste del Cerro de las tres cruces, en donde surge la derivación línea Picacho. La estructura distribuidora de gastos tiene las siguientes características :

El diseño de la estructura es de 4m de altura en donde la transición de la sección circular tiene un diámetro de 4m y pasa a una sección rectangular de 4m de ancho de plantilla, en una longitud de cuatro metros. Es necesario que se tenga acceso a los conductos del sifón, por lo cual se diseño una ampliación parabólica que en una distancia de 3m proporcionara una plantilla con un ancho de 6.56m.

Para que se tenga acceso a la derivación de 1.524m de diámetro, y al desfogue de 1.219m de diámetro, (estos serán controlados por compuertas deslizantes), se tuvo que disponer de la sección máxima alcanzada a una longitud de 2m. La entrada a los conductos del sifón será por dos secciones rectangulares de 2m de ancho de plantilla en una longitud de 6m (esto hará posible la instalación de compuertas radiales de 2m por 3m para control) habrá una separación por una pila de 1m de ancho. La estructura tendrá una longitud de 15m y el piso será horizontal, y se localiza entre las estaciones 3+054.24 y 3+069.24 a una elevación de 2563.547msnm.

La entrada al "túnel 2" se ubica en la estación 3+377.24 con elevación de 2562.14 msnm. El portal de salida está en la estación 4+055.00 y la elevación de 2561.456 msnm.

Para la distribución de gastos en la salida del "túnel 2", se usara una estructura similar a la del "túnel 1".

El planteamiento del "Sifón 1" se considero tipo, el mismo diseño se aplicara al "Sifón 2", el cual inicia en la estación 3+069.24 a una elevación de 2663.547 msnm. Y termina en la estación 3+367.24 con una elevación de 2562.151 msnm.

La entrada del "túnel 3" comienza en la estación 4+283.91 a la elevación de 2560.37 msnm, con una longitud de 2720.53m, y termina en la estación 7+004.44 con una elevación de 2557.373msm. La localización se encuentra en el Ejido de San Nicolás Topolapan, delimitado por las Delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan.

La estructura del "Sifón 3" es igual a la del "Sifón 1 y 2". El "Sifón 3" inicia en la estación 4+055.00 con una elevación de 2261.461msnm y termina en la estación 4+280.00 a la elevación de 2557.654msnm.

Se encuentra una lumbrera de sección circular de 8m de diámetro, y con altura de 67m en la estación 7+008.94 la cual se ubica en la colonia ejidal "El pedregal", también hay una liga de longitud de túnel con una lumbrera de 9m de diámetro entre las estaciones 7+004.44 a 7+013.00 cuyo piso esta con la elevación de 2555.50msnm. Para la estructura del túnel se tendrá una media caña de 4m de diámetro, que a su margen derecha se ira tendiendo hasta ser plana para dar lugar a un carcamo de sección cuadrada por 2m x 2m x 2m de profundidad para que posteriormente se instalen bombas para el abastecimiento de las zonas altas.

El "túnel 4" inicia en la estación 7+013.44 a la elevación de 2557.629 msnm y termina en la estación 10+595.19 a una elevación de 2504.04 msnm, la longitud del túnel es de 3580.86m, y su ubicación se encuentra en la colonia ejidal "El Pedregal" y el Parque Nacional del Ajusco. La estructura anterior servira para suministrar los tanques 1 y 2 de la línea de conducción superficial del Acuférico, también los tanques 3 y 4 de la primera derivación serán aprovisionados, en cuya capacidad de almacenamiento total es de 100,000m³.

En los tanques 1 y 2 comienza la línea de conducción superficial del Acuférico con una tubería de concreto de 1.83m de diámetro, y un tanque de almacenamiento de 25,000m³ de capacidad con una línea de 1.22m de diámetro, aguas abajo de este tanque; esta línea tiene una longitud de 2,936.411m.

CAPITULO II

EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO DE LA PLATAFORMA DE LA DERIVACIÓN # 4

2.1 DERIVACIÓN NÚMERO CUATRO

En el cadenamamiento 21+046.5 a partir del túnel Analco-San José fue necesario construir una derivación ya que el proyecto así lo requiere y la construcción del túnel, es de suma importancia. La derivación tiene una longitud de 268m y en el cadenamamiento 20+954 se ha considerado que termina la cuarta derivación y comienza el trazo del túnel # 5 el cual en este frente se excava con la máquina túnelera avanzando hacia el noroeste hasta llegar a la lumbrera 2-A que servirá como acceso de salida a la máquina perforadora.(Figura 2.1)

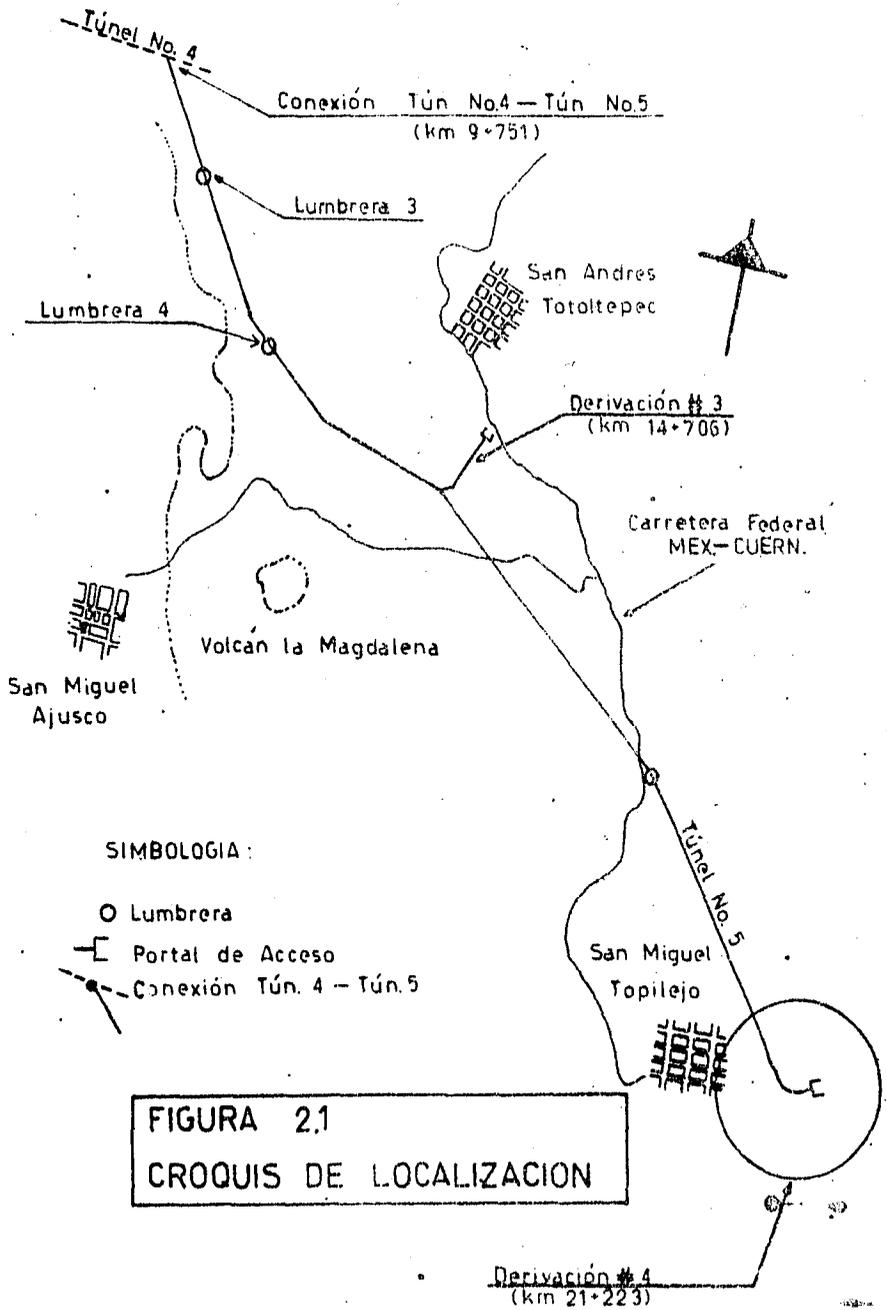
En la cuarta derivación se ha construido una plataforma que tiene instalaciones y diferentes utilidades las cuales se nombran a continuación :

- a) Camino de acceso con superficie de rodamiento.
- b) Instalación de subestación para suministro de energía eléctrica al topo (M.P.T.), así como sus servicios.
- c) Almacén de refacciones del topo (M.P.T.), sistema de apoyo, cortadores y piezas eléctricas.
- d) Taller mecánico-eléctrico para mantenimiento y reparación del topo.
- e) Planta dosificadora para el mezclado del concreto lanzado
- f) Planta para la fabricación de dovelas.
- g) Deposito de agua con capacidad para 7500 litros de agua para suministro al topo.
- h) Instalación de una estructura la cual es un volteador de vagonetas de rezague.

La plataforma de trabajo de esta derivación es de 6000m²; el acceso al túnel es por medio de un corte de cajón, el cual está desplazado hacia el sureste. Las pendientes laterales que se presentan en el corte de cajón son de 1:3 y en la frontal de 1:2, los anchos de corte en los hombros varían desde 16m en su parte más angosta frente a la plataforma de trabajo y 25m de ancho arriba del portal de entrada; el ancho de plantilla es de 6m

2.1.1 GEOLOGIA DE LA PLATAFORMA

Esta plataforma se encuentra sobre basalto andesítico los cuales son derrames de basalto andesítico escoriáceos cuaternarios de la sierra Chichinautzin, y en estos se han formado suelos de poco espesor, por lo cual se considera roca en su totalidad aunque el



60% de ella es escoria y 40% es de basalto con un espesor en esta capa con una variación de 70 a 250m.

2.1.2 EQUIPO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA

El material escoriáceo fue disgregado con martillo de impacto; pero el basalto necesito de una voladura sistemática; el material excavado se recogio con un cargador frontal de neumáticos y colocado en camiones de volteo para transportarlo a otro lugar.

2.1.3 LA PLATAFORMA DE LA CUARTA DERIVACIÓN COMO ACCESO A LA MÁQUINA PERFORADORA TÚNELES (TOPO)

La cuarta derivación sirve como acceso a la máquina túnelera armada y se ha colocado por sus propios medios de impulso, hasta el cadenamamiento donde inicia su avance. La sección final de la cuarta derivación tiene un diámetro de 3.6m y un soporte temporal de 0.10m en el caso de basalto ó de 0.20m en el caso de escoria en la bóveda.(Foto 2.1)

2.2 PORTAL DE LA CUARTA DERIVACIÓN

El portal de la cuarta derivación quedo dentro de un tajo ó corte en cajón, y con esto proceso se abate un 70% del volumen de excavación de la plataforma, se tuvo el minimo de problemas de estabilidad ya que se abaten las alturas de los cortes de la plataforma hasta llegar a la parte más alta que es de 6m en el talud frontal (el del portal), el eje del túnel ha sido el centro para un corte en cajón con plantilla de 6m de ancho.(Foto 2.2)

2.3 REVESTIMIENTO PRIMARIO

Al realizar la excavación de la plataforma, se empleo un soporte temporal el cual consiste en un sello de concreto lanzado de $f'c=200\text{kg/cm}^2$ de 0.04m de espesor en donde también se colocó una malla electrosoldada para que posteriormente se aplicará otra capa de concreto semejante a la primera. El soporte temporal sirvió como ayuda para terminar de una manera muy rápida los taludes en la plataforma y el corte frontal (el del portal).(Foto 2.3)

El concreto lanzado es una mezcla seca que consiste en combinar el cemento, arena, grava, y aditivo los cuales se colocan en un deposito que tiene aspas en forma de agitador y se mantienen en movimiento, el material cae hacia el estrechamiento del depósito como un reloj de arena. En el estrechamiento está un conducto por el cual penetra el aire a presión elevada, el cual sopla a través de la caída del material y lo empuja hacia la salida (Figura 2.2). El aire que alimenta la lanzadora debe estar seco y libre de aceites. La presión normal de aire a la salida de la lanzadora es generalmente entre 240 y 280 kN/m². mientras que la presión de alimentación es 550 a 700 kN/m². Las presiones de funcionamiento están relacionadas con la longitud de la manguera y la altura de la boquilla arriba de la lanzadora.

La manguera para el material es de alta presión y generalmente se requieren aproximadamente 30m como longitud mínima para producir una "alimentación" confiable en la boquilla. El suministro de agua llega a una válvula instalada en la boquilla a través de una línea ligera flexible de alta presión, el funcionamiento de la boquilla es convertir la corriente entrante de material mezclado en seco, en mortero humedecido que transite a suficiente velocidad para ser dirigido con exactitud a un punto específico, a cierta distancia, el cual producirá un impacto sobre la superficie y se quedara ahí pegado. El mezclado del material y el agua en la boquilla se conoce en la rama del concreto lanzado como "hidratación". La boquilla retiene un dispositivo básico para suministrar un flujo variable de agua orientada radialmente, este dispositivo envolverá la mezcla en un chorro de agua de tal manera que el lanzador pueda regular fácil y rápidamente el flujo de agua (Figura 2.3).(Foto 2.4)

La aplicación del concreto lanzado fue sobre una superficie húmeda para facilitar la adhesión del concreto, la posición de la boquilla de lanzado con respecto a la superficie en donde se aplicó el concreto fue a una distancia de 2m, al terminar de lanzar el concreto se observo un aspecto denso y uniforme no existiendo desprendimientos entre las capas lanzadas. Cuando fue necesario colocarse más de una capa de concreto lanzado, se esperó un tiempo hasta que la capa anterior endureció lo suficiente para no afectar su integridad y adhesión.(Foto 2.5)

Los materiales utilizados para la elaboración del concreto lanzado fueron cemento normal, arena y grava las cuales se obtuvieron de bancos naturales y por trituración de rocas, el agua la cual es potable y se aplicó un aditivo acelerante llamado "Fraguasil". La dosificación del cemento fue por peso ó sacos enteros, el aditivo por peso ó volumen y para dosificar los agregados finos y gruesos fueron por volumen.

Cuando las condiciones de humedad del concreto lanzado fueron satisfactorias no fue necesario curar el concreto aplicado, pero cuando las condiciones fueron secas fue necesario aplicar agua por medio de mangueras, a partir de 6hrs. después de haber sido lanzado el concreto y se mantuvo húmedo durante un período no menor de 4 días.

2.3.1 ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUADO

Los aditivos se emplean morteros ó concretos de fraguado rápido, adecuados para operaciones de concreto lanzado, para sellado de filtraciones o para otros fines especiales. Entre estos aditivos empleados para producir "fraguado rápido" se encuentran sales férricas, el fluoruro de sodio, el cloruro de aluminio, el aluminato de sodio, y el carbonato de potasio. Sin embargo muchas fórmulas patentadas son mezclas de acelerantes. Estos compuestos patentados se encuentran disponibles en forma líquida o en polvo para mezclarse con cemento. Pueden obtenerse tiempos de fraguado tan cortos como de 15-30 segundos. También existen mezclas "listas para usarse" de cemento, arena y acelerante que tienen un fraguado inicial de 1 a 4 minutos y fraguado final de 3 a 10 minutos.

FIGURA 2.2
LANZADORA ALIMENTADA
POR GRAVEDAD

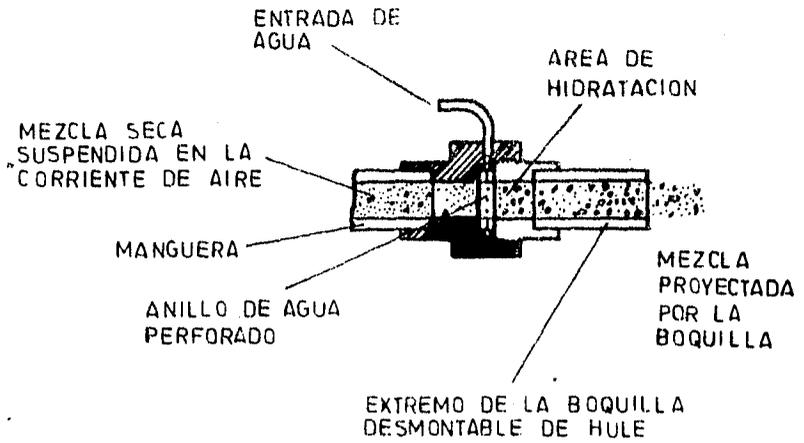
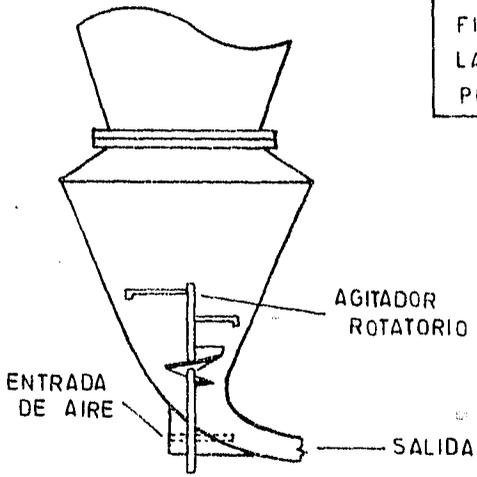


FIGURA 2.3
BOQUILLA TIPICA DE
MEZCLADO SECO

El acelerante que se uso en el concreto lanzado para soporte temporal en la excavación de la derivación #4, fue un editivo llamado "Fraguasil" el cual garantiza que el concreto lanzado obtenga una resistencia de 90kg/cm² a las 24 horas.

- a) Tiempo de fraguado inicial (máximo) 3 minutos.
- b) Tiempo de fraguado final (máximo) 12 minutos.
- c) Resistencia a la compresión simple de la pasta, a una edad de 8 horas, en cubos de 0.05m es de 60kg/cm² (mínimo).

2.3.2 RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado ya colocado alcanzó la resistencia a la compresión especificada en el proyecto, que es de 200kg/cm² a los 28 días de edad. Cuando se obtengan resistencias a edades diferentes a la de los 28 días se utilizaran los siguientes valores como indicativos de la variación esperada de la resistencia con el tiempo :

EDAD	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
24 HRS	90 kg/cm ²
3 Días	120 kg/cm ²
7 Días	150 kg/cm ²
28 Días	200 kg/cm ²

Las resistencias del concreto lanzado se obtienen del ensaye de corazones de 3 pulg. de diámetro como mínimo, cuyos resultados serán corregidos por el factor de esbeltez para una relación 2:1 (altura diámetro) de acuerdo con la norma ASTM-C-42.

El concreto lanzado se considera adecuado en resistencia, cuando el promedio de tres corazones ensayados a una edad de 7 días es por lo menos igual a 85% de la resistencia especificada, y ningún corazón tiene ninguna resistencia menor a 75% de dicha resistencia. Además de un control estadístico, se acepta el concreto lanzado que cumple con los siguientes requisitos :

- a) No más del 20% del número de pruebas de resistencia tendrán valores inferiores a las resistencias especificadas.
- b) No más del 1% de las pruebas de resistencia a la edad de 7 días, podrá ser menor a la resistencia especificada de 150kg/cm².

2.3.3 NORMAS DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES

AGUA: El agua como es usual para su utilización con el cemento, deber estar libre de sedimentos, así como de materia orgánica ó impurezas.

CEMENTO: Se utiliza cemento normal ó tipo I.

ARENA: Los agregados finos serán naturales, no producto de trituración, libre de materia orgánica. Los agregados finos tienen un tamaño con limites especificados y deben cumplir con los siguientes requisitos de la tabla 2.1.

TABLA 2.1

MALLA NUM.	PORCENTAJE QUE PASA :
10	100 %
30	50-85 %
50	20-25 %
100	10-30 %

GRAVA: El agregado grueso se obtendrá de piedra triturada y no debe tener materiales que perjudiquen la mezcla provocando expansiones excesivas del mortero ó concreto. El agregado grueso tendrá un tamaño máximo de 3/4".

ADITIVOS: A veces es necesario determinar si un aditivo es el mismo que se probó anteriormente, o que los lotes o embarques subsecuentes son los mismos. Entre las pruebas que pueden utilizarse para identificar los aditivos se encuentran las de contenido de sólidos, de densidad, de espectrofotometria infrarroja para materiales orgánicos, contenido de cloruros, ph y otros. Los fabricantes de aditivos pueden recomendar las pruebas mas adecuadas para sus aditivos y sus resultados esperados. En la ASTM C 499 se exponen guías para determinar la uniformidad (variabilidad) de los aditivos químicos. La supervisión de obra hace muestras a las entregas de aditivos como parte del control de calidad.

2.4 ANCLAJE ESTRUCTURAL

Los taludes de la plataforma de la cuarta derivación no necesitan anclaje estructural; pero los taludes del corte en cajón si requieren de un anclaje.

El anclaje que se usa esta formado con varillas $f_y = 4200$ del #8, de 3m. de longitud y con mortero $f'_c = 150$ kg/cm²; la dirección será normal a los taludes y con una inclinación

hacia abajo de 15° a 20° con la horizontal. Las varillas de 3m. de longitud se usaran en los taludes laterales y para el corte frontal (el del portal) se colocaron varillas de 6m. de longitud ya que el objetivo a realizarse es el de estabilizar el talud y también formar una capa de roca estructural de tal forma que sustituya la falla del arco natural.

En cuanto al patrón de anclaje, el tres bolillos es de 4m. en los taludes laterales y rectangular en el corte frontal con las mismas dimensiones de separación. Junto con el anclaje, se lanza concreto y se va colocando la malla electrosoldada para posteriormente colocar otra capa de concreto; esto se realizo conforme se bajo la excavación siguiendo el avance de los cortes de la plataforma.

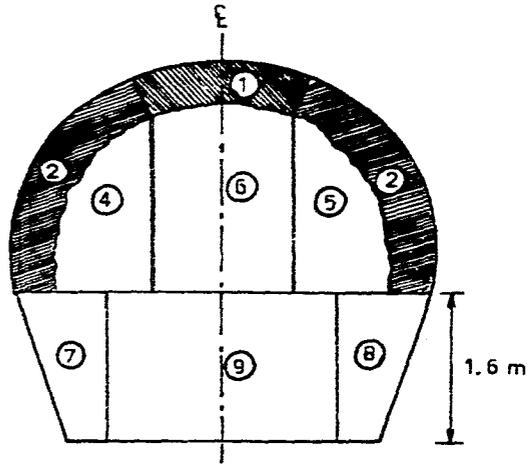
2.5 APERTURA DEL PORTAL (Apertura del túnel en la cuarta derivación)

Terminando el anclaje en el área del portal, se inició una excavación abriendo una ranura con martillo de impacto, dando la forma perimetral del túnel, teniendo como limite exterior la línea A, y un ancho de 0.6m, y de profundidad 0.5m, la ranura se abrió de la clave del túnel hacia las partes inferiores, y se lanzo concreto según se avanzo de tal forma que no prograde la sobre excavación; el concreto fue lanzado en la superficie de la línea A y también contra el frente del túnel; el techo del túnel requirió de un espesor de 0.05m de concreto lanzado, en donde la primera capa fue el sello, terminando la primera fase de la ranura que solamente fue en la sección superior del túnel.

Al terminar la primera fase, se abrió otra ranura en la media sección inferior, es decir en las paredes inferiores del túnel, la ranura tiene las mismas dimensiones que en la sección superior y se le lanzo concreto en la misma forma que en la sección superior; cuando se termino esta fase se coloco la primera nervadura de varillas corrugadas, en la cual se apoya en el piso de plantilla de 0.05m de espesor de concreto (Figura 2.4). Se alinearon las nervaduras de varilla con pequeñas barre-ancias y se lanzó concreto hasta rellenar el volumen interior que forman las varillas y se recubrieron 0.03m de espesor. Se colocaron unos marcos que están formados por cuatro varillas del #6, con estribos a @ 0.03m del #4. los traslapes entre secciones de marcos fueron de 0.45m con amarres de alambre.

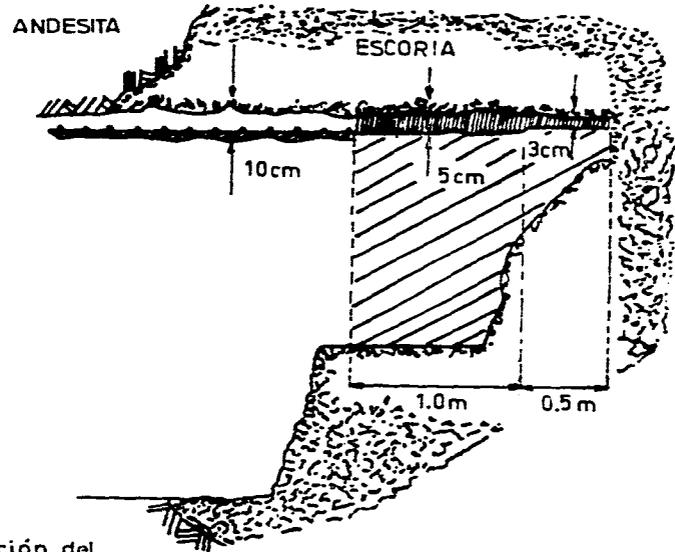
Cuando se termino este marco se lanzo concreto y se llamo nervadura, se procedio a extraer el núcleo central del material que quedo al formar la ranura, de está forma se establecio una zona de protección con el anclaje frontal y con la primera nervadura. Para obtener un avance de 0.50m, se uso la forma de colocación de la primera nervadura, repartíendose el ciclo para darle espacio a la siguiente nervadura, dando a la ranura un ancho de un metro.

El ciclo anterior se repitió cuantas veces fue necesario, para alcanzar una distancia de 15m dentro del túnel; entre las nervaduras se lanzó una segunda capa de concreto de 0.05m de espesor y quedo en forma un soporte temporal. Con el soporte temporal se obtuvo una estabilidad, colocandose así un revestimiento definitivo. La alternativa que se encontro para sustituir la nervadura ó marco de concreto lanzado fue el de un marco metálico.



VISTA FRONTAL

- ①, ②, ③ Ejecución de la ranura y aplicación del concreto lanzado.
- ④, ⑤, ⑥ Rezaga en el núcleo.
- ⑦, ⑧ Ranurado en 1/2 sección.
- ⑨ Baqueo final en sección inferior.



VISTA LATERAL POR E

FIGURA 2.4

CAPITULO III

EXCAVACIÓN SUBTERRANEA CON EL MÉTODO CONVENCIONAL PARA LA DERIVACIÓN #4

3.1 GENERALIDADES

El túnel de la cuarta derivación tiene una longitud de 340m de la cual los primeros 120m son en recta (del cadenamiento 21+223.77 al PT= 21+103.27) después empieza una curva con radio de 100m la cual termina en el cadenamiento 20+954.20 en donde continua en recta el túnel #5, y se continuó la excavación mecanizada con el topo (M.P.T).(Figura 3.1)

3.2 GEOLOGIA DEL TÚNEL EN LA CUARTA DERIVACIÓN.

El túnel inició en un portal excavado con un fondo de corte en cajón con longitud de 45m ; de acuerdo con los estudios geológico que se hicieron se esperaba encontrar andesita basáltica en capas, pero cuando se empezó a excavar se encontró escoria; quedando el portal y el túnel alojados en el material ya mencionado.

La escoria se presenta en fragmentos sub-angulosos de tamaño variable de 0.02m a 0.20m, generalmente se encuentran sueltos, pero por su extrema rugosidad presenta un ángulo de fricción alto (50°), por lo que el ángulo de reposo de este material es de 70° ; esto demuestra que la escoria ocasiona serios problemas de inestabilidad en el frente de excavación.

3.3 SISTEMA DE EXCAVACIÓN DE SECCIÓN COMPLETA POR EL MÉTODO CONVENCIONAL

La excavación es un ciclo ordenado de actividades que forman un proceso constructivo, los cuales varían dependiendo de la geología en la zona y el método que se requiere para que se realice la excavación .

El método se determina por medio de levantamientos geológicos cuyos resultados se muestran por medio del perfil geológico y también intervienen la planeación del proyecto obteniendo información para establecer una secuencia simultanea estableciendo el tiempo

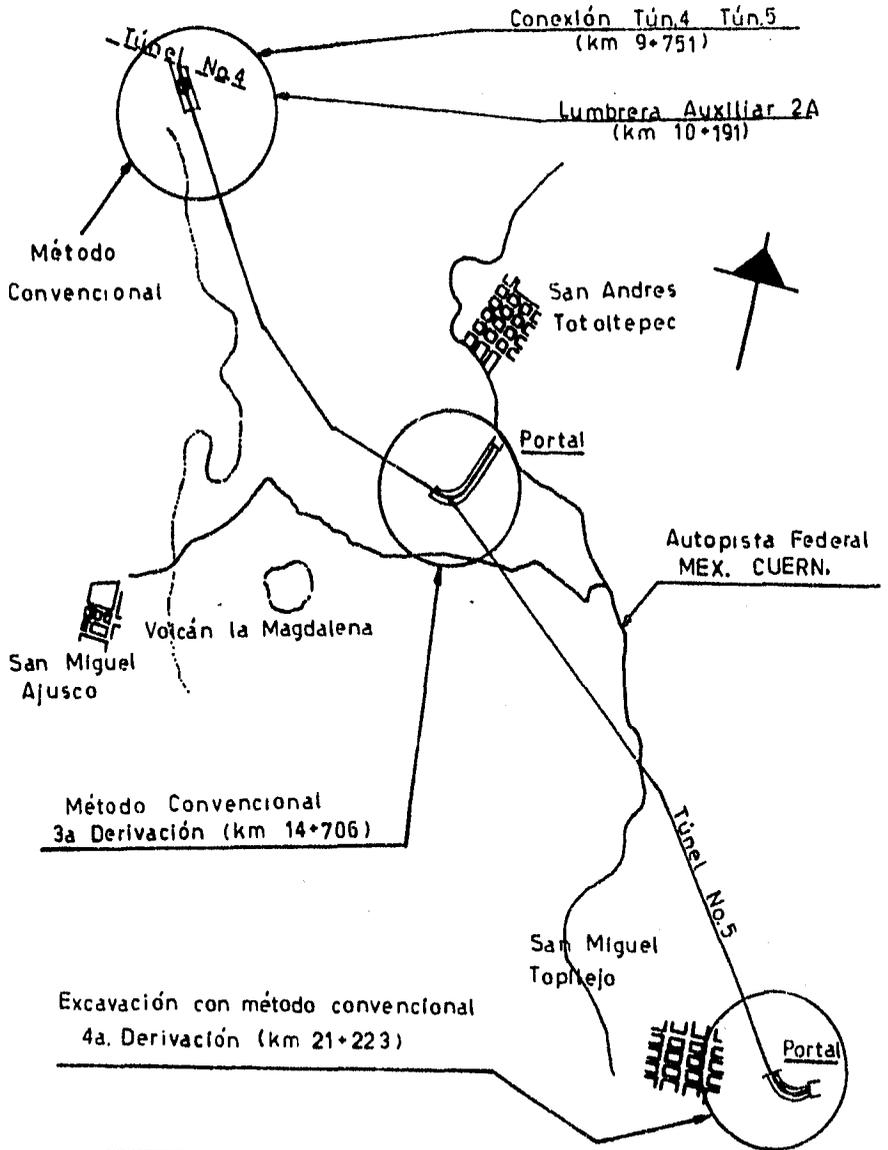


FIGURA 3.1 EXCAVACIÓN CON MÉTODO CONVENCIONAL

de duración del ciclo. El método convencional se utilizó para la excavación del túnel de la cuarta derivación y consta de las actividades que en seguida se mencionan.

3.3.1 T R A Z O

El trazo es un lineamiento y nivel para la voladura siguiente. Esto inicio cuando el topógrafo coloca su aparato y se apoya en las referencias que anteriormente se habían dejado, dando lineamiento y nivel, obteniendo un punto por donde pasa el eje del túnel y su cota, Iniciando la sección a excavar.

3.3.2 B A R R E N A C I Ó N

Es la actividad en la cual se hacen los agujeros ó barrenos en el frente del túnel para que posteriormente sean cargados los explosivos. La barrenación comienza a partir de la primera perforación hasta la ultima que se ha propuesto. Para la barrenación en el túnel de la cuarta derivación se usaron perforadoras de pierna neumática alimentada con aire comprimido el cual llega por medio de una tubería metálica al frente de trabajo. Los barrenos tienen un diámetro de dos pulgadas y una profundidad de 1.20 metros.

Para realizar está actividad se usa la "PLANTILLA DE BARRENACIÓN" la cual es un conjunto de barrenos y su distribución tienen una cierta área. Existen varios factores que influyen para definir ó diseñar una plantilla de barrenación y enseguida se nombran :

- a) Tipo de roca.
- b) Dimensión de la obra.
- c) Capacidad de equipo de rezagado y acarreo.
- d) Diámetro de la barrenación.
- e) Tipo de explosivos utilizados.

La plantilla de barrenación esta constituida principalmente de la siguiente manera :

Barrenos de cuña: Son barrenos en pares los cuales se encuentran en el fondo de la perforación en "V" ; estos barrenos de cuña hacen una abertura, formando un espacio vacío que permite la expansión y fragmentación de la roca.(Figura 3.1-A)

Barrenos ayudantes: Sirven para desalojar el material del centro de la sección.

Barrenos de contomo: Desalojan y fragmentan el material de la sección en excavación.

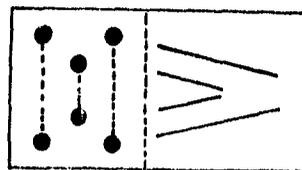
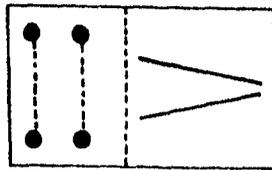
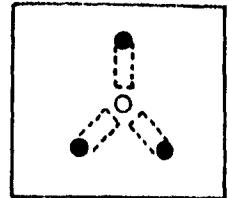
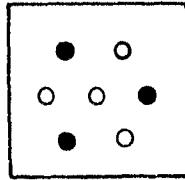
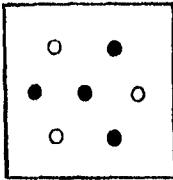
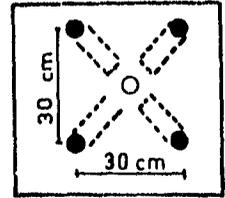
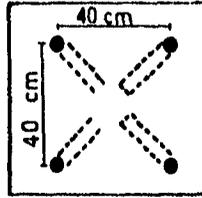
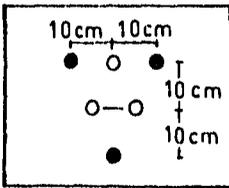
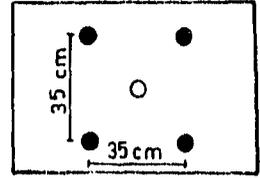
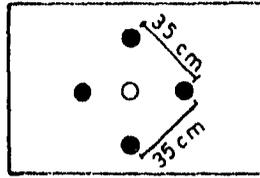
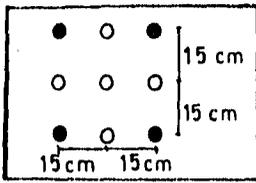


FIGURA 3.1-A Algunas cuñas típicas de barrenación para obras subterráneas

Barrenos de radio: Nos ayuda para delimitar la sección, dando forma a la sección del proyecto.

Barrenos levantadores: Tienden a desalojar el material de la plantilla de la sección en excavación.

Diagrama de barrenación (Figura 3.2).

Después de hacer los barrenos es necesario limpiarlos y esto consiste en sopletear las perforaciones una vez terminadas con el objeto de que no se encuentren recortes intermedios y agua principalmente, pues esto evitaría la eficiencia de los explosivos cargados en la barrenación.

3.3.3 CARGA Y CONEXIÓN.

Una vez hecha la perforación en roca se coloca dentro del barreno los bombillos, y se retacan los barrenos con un elemento confinante (en este caso mexamón) para que se evite la disipación de la energía al exterior del barreno; posteriormente se hace la conexión de todos los barrenos para efectuar la detonación.

El material en el cual se va excavar nos indica la carga y longitud de los barrenos, en esta excavación se utilizan hidrogeles tovox 100, tovox 300, y el número de bombillos utilizados para cada barreno depende del material.(Foto 3.1;Foto 3.2)

3.3.3.1 EXPLOSIVOS

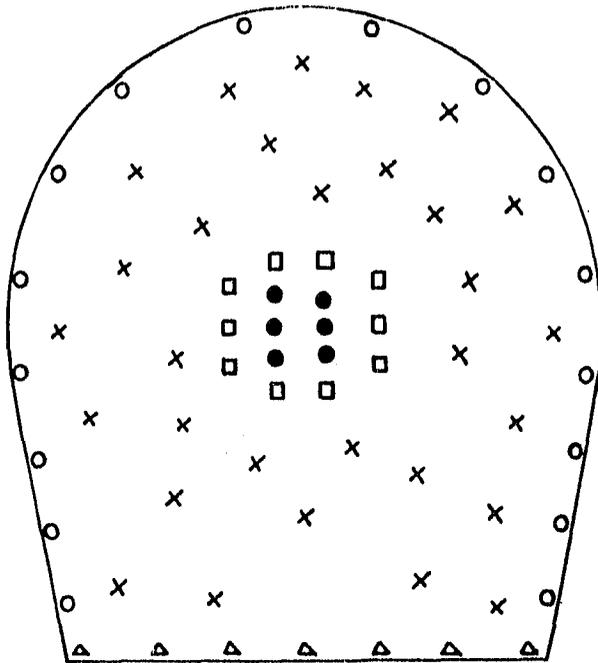
Los explosivos es un compuesto o mezcla de compuestos químicos que al tener contacto con el calor, la fricción o el impacto producen una violenta descomposición que origina calor y gases, a este proceso se le da el nombre de detonación y los explosivos que estallan así, reciben el nombre de explosivos detonantes. La detonación nos indica una reacción muy rápida ó casi instantánea. Al colocar un explosivo colocado en un barreno, los gases de alta presión que produce la explosión provocan un impacto con las paredes del barreno, los esfuerzos rebasan la resistencia de la roca, lo que ocasiona una ruptura y trituración de la misma.

DIVISION DE LOS EXPLOSIVOS

Los explosivos se dividen en dos tipos :

A) Agentes explosivos (AN/FO): Es un producto explosivo formado por la mezcla que tienen relación con nitrato de amonio en un 94.3% y 5.7% de diesel. AN/OF es la abreviación de las siglas en ingles ammonium nitrate and fuel oil.

B) Altos explosivos (HIDROGEL): Hidrogeles es el termino usado para denominar a los explosivos a base de agua, conocido vulgar mente como gelatinas. A diferencia de otros



- B. Cuña.
- B. Ayudantes.
- × B. Contorno.
- B. Radio.
- △ B. Levantadores.

FIGURA 32 PLANTILLA DE BARRENACION

explosivos, estos contienen en su fase oxidante, agua y en su fase de combustible ingredientes sólidos suspendidos en una solución.

C) Altos explosivos (EMULSIONES): Las emulsiones tienen muchas características poco usuales, la interacción íntima de los combustibles-oxidantes que produce detonaciones de muy alta velocidad.

3.3.3.2 COMPUESTOS QUÍMICOS USADOS EN LOS EXPLOSIVOS

HIDROGELES: Los hidrogeles están formados por :

Sales oxidantes.- Por lo regular es una selección del nitrato de amonio, nitrato de sodio, ó nitrato de calcio.

Combustible.- Aluminio y aceites. Para esta excavación se uso tovox 100 el cual es usado en formaciones de roca media dura, y el tovox 300 el cual es un explosivo encartuchado, diseñado para obras subterráneas pues se usa para el corte en voladuras de sólidos.

MEXAMON: Son gotas de nitrato de amonio que se solidifican mediante un proceso, obteniendo partículas esféricas, las cuales son revestidas con agentes aglutinantes.

3.3.3.3 ADITAMENTOS QUE SE UTILIZAN PARA LA DETONACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS

DISPOSITIVO DE INICIACIÓN : Existen de dos tipos eléctrica y no eléctrica.

SISTEMA NONEL: Es la transmisión de señal no eléctrica y no disruptivo que con seguridad inicia un fulminante con tiempo de retardo seleccionado ó en forma instantánea. El sistema nonel está formado básicamente de la siguiente manera (Figura 3.3) :

a) Tubo nonel: Tubo de plástico laminado que en la superficie interna tiene una pequeña capa de material reactivo la cual a su vez sirve para la conducción de la detonación. El tubo tiene un extremo libre el cual tiene un sello especial que impide la entrada de humedad al interior del tubo (Figura 3.4).

b) Detonador con retardo no eléctrico: Estos detonadores eléctricos con retardo realizan la reacción por medio de ondas que viajan por el tubo nonel.

c) Gancho " J ": Es un gancho de plástico que sirve para la conexión del tubo nonel con la línea troncal del cordón detonante primacord.

d) Etiqueta : Es un código de colores que indica :

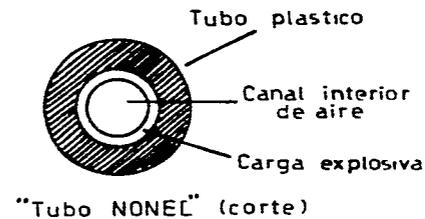
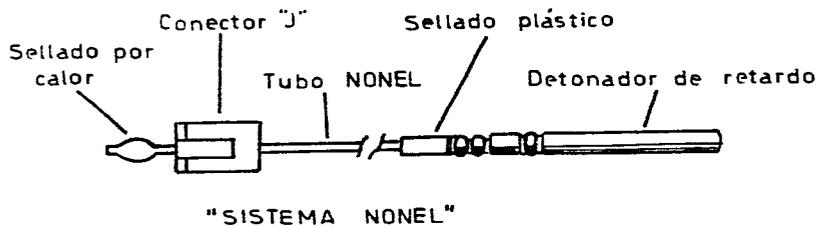


FIGURA 3.3 Ensamblaje del NONEL

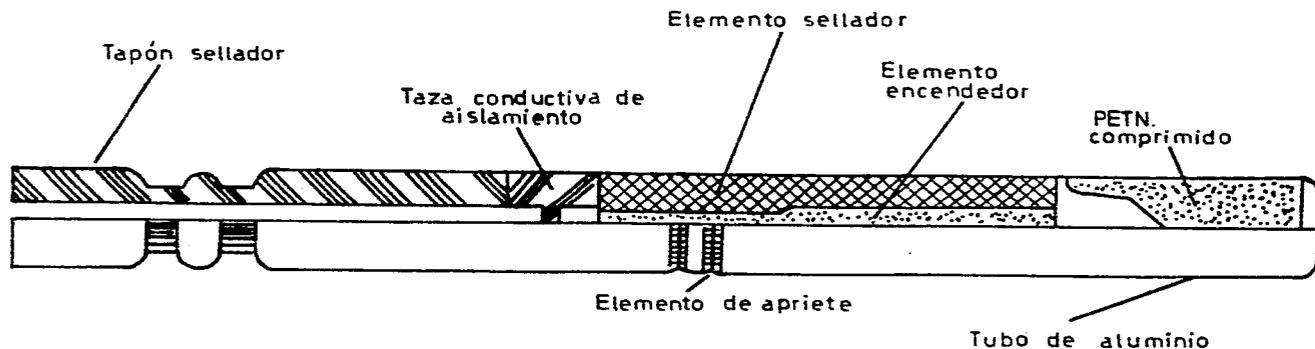


FIGURA 3.4 TUBO NONEL

- d.1) Tipo de retardo.
- d.2) Número de período de retardo.
- d.3) Tiempo nominal de disparo.

FULMINANTE: Es un casquillo de aluminio conteniendo tres cargas (Figura 3.5) :

- a) En el fondo del casco se coloca una carga base de explosivos de alta velocidad.
- b) En parte media del casco una carga media primaria.
- c) En la carga superior del casco una carga de pólvora de ignición la cual asegura la captación de la flama que viene de la mecha.

MECHA DE SEGURIDAD: La mecha tiene en su núcleo pólvora negra, la cual es protegida ó envuelta por una cubierta de materiales la cual cumple las siguientes funciones:

- a) Protección del núcleo contra el agua.
- b) Proteger el núcleo de la abrasión de otros tratos rudos.
- c) Reducir la posibilidad de que las cargas de los explosivos inicie por un chispazo prevlamente de un lado de la mecha.
- d) Evitar el encendido entre los enlaces adyacentes a la mecha.

Cuando arde la mecha, el fuego queda encerrado dentro de la estructura de la misma y sólo emerge en cada extremo como pequeños chorros de flama; el flamazo inicial y final.

CORDÓN ENCEDEDOR (IGNITACORD): El ignitacord es un artefacto para encender mechas. El término ignitacord es una marca registrada y es una concentración de las palabras inglesas "Igniter cord" (Cordón encendedor).

El ignitacord tiene la apariencia de un cordón y consiste en un alambre central cubierto de una composición inflamable que arde progresivamente produciendo una flama corta y de una muy alta intensidad que enciende las mechas que estén conectadas, en un orden determinado de "rotación". El Ignitacord tiene tres presentaciones y diferentes velocidades:

- a) Tipo "A" color verde con una velocidad de 8 a 10 seg.-ft
- b) Tipo "B" color rojo con una velocidad de 16 a 20 seg.-ft
- c) Tipo "c" color negro con una velocidad de 4 seg.-ft

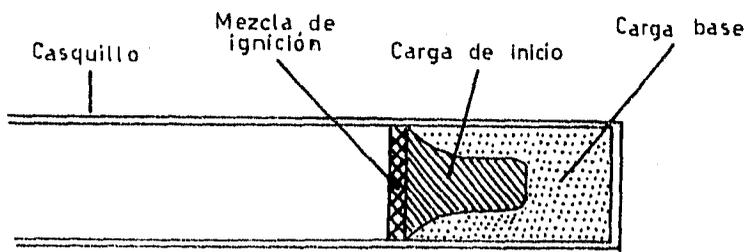
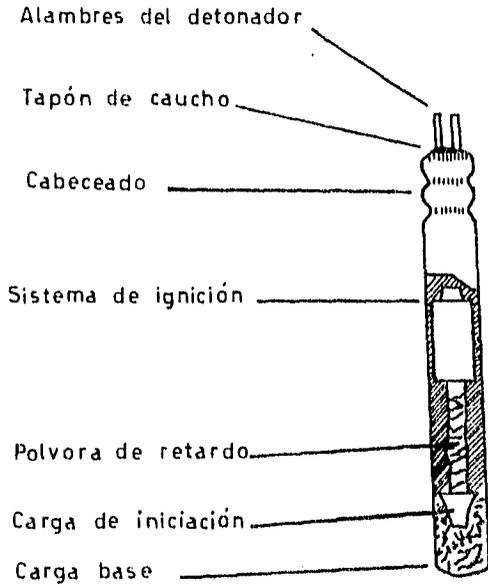


FIGURA 3.5 FULMINANTE

3.3.4 RETIRO DE EQUIPO Y PERSONAL

Es necesario poner en un lugar seguro el equipo de trabajo y el personal que laboran en el frente de trabajo para evitar algún accidente.

3.3.5 VOLADURA

La voladura consiste en activar el sistema por medio del encendido de la mecha, para provocar la explosión.

3.3.6 REZAGADO

El material producto de la explosión es sacado del túnel por medio de un cargador frontal con neumáticos CAT 250, la cantidad de rezaga que se obtenía era un promedio de 14m³ por metro túnel de avance, después de quitar la rezaga se colocaban marcos metálicos y cuando era necesario se lanzaba concreto hidráulico, El desalojo del material se llevo a cabo tratando de utilizar el menor tiempo posible, teniendo intervalos entre 20 minutos y 40 minutos. El material que se saca del frente de excavación se coloca en camiones de volteo para transportarlo a unos tiraderos.

3.3.7 SOPORTE PRIMARIO

En los túneles es muy importante el sistema de soporte el cual puede estar formado por un ademe ó revestimiento que tenga contacto con la superficie interior en una forma continua. Los diferentes tipos de apoyo son :

(A) Soporte temporal ó revestimiento primario; éste se coloca durante la etapa de excavación y lo más utilizado son los segmentos prefabricados de concreto ó acero, los marcos metálicos con ó sin retaque de madera, anclas a base de varillas, concreto lanzado, concreto lanzado con malla electrosoldada en combinación con anclas. La colocación del soporte temporal debe satisfacer ciertos requisitos los cuales son :

- 1.- Suplir la necesidad de confinamiento de las paredes de frente del túnel, el cual se está en construcción.
- 2.- Drenaje de filtraciones.
- 3.- Manejo y colocación de los elementos utilizados como ademe.
- 4.- Proceso de excavación.

Cuando la roca es muy sana no es necesario el soporte primario, pero cuando la roca tiene fracturas se ponen anclas de fricción y se aplica una capa de 0.05m de concreto

lanzado para que después una malla de alambre se solda con las anclas y posteriormente aplicar otra vez una capa de 0.05m de concreto lanzado dando estabilidad a la roca; y si la roca, está muy fracturada ó como el caso del túnel de la cuarta derivación que existe mucha escoria, es necesario poner marcos metálicos y concreto lanzado.

3.3.7.1 ANCLAS

Al encontrar roca poco fracturada en el túnel de la cuarta derivación se colocan anclas las cuales son varillas con diámetro de 1", $f_y=4200$ kg/cm², longitud de 3m y se introduce en la roca por medio de una pistola neumática para posteriormente aplicar concreto lanzado.

3.3.7.2 MARCOS METÁLICOS

Cuando la excavación se realiza por el método convencional los marcos metálicos tienen una gran importancia pues sirve como soporte para suplir las necesidades de confinamiento en las paredes del túnel en construcción y las secciones que más se utilizan son las de "Herradura" ó "Portal", y también las secciones circulares. Para fabricar los marcos metálicos se usan los perfiles estructurales como sección "I", y en algunas la sección "H"; el marco metálico se va formando con segmentos que se ensamblan en el interior del túnel por medio de secciones atornilladas, y el número de segmentos que se requiere para formar el marco metálico dependen de las dimensiones de la sección del túnel. Cuando surgen los empujes laterales fuertes es necesario evitar el cierre de la sección y esto se logra colocando elementos en el piso que se denominan "tornapunta". Un marco metálico esta formado por los siguientes elementos :

- 1.- Postes ó patas, parte inferior del marco metálico (Figura 3.6).**
- 2.- Rastra, apoyo del arco en excavación a media sección y banqueo (Foto 3.3).**
- 3.- Arco parte superior del marco (Foto 3.4).**
- 4.- Separadores, polin de madera.**
- 5.- Tensores redondos de acero roscado en sus extremos.**
- 6.- Retaques de madera que deben ser en forma de cuña (Foto 3.5).**
- 7.- Tornapuntas, elementos de cierre inferior.**

3.3.7.3 CONCRETO LANZADO CON Y SIN REFUERZO

El concreto se transporta en un camión que tiene un deposito de lanzado alimentado por gravedad, la mezcla seca con el agua se convierten en mortero humedecido en la boquilla y se proyecta neumáticamente a una alta velocidad sobre la superficie.

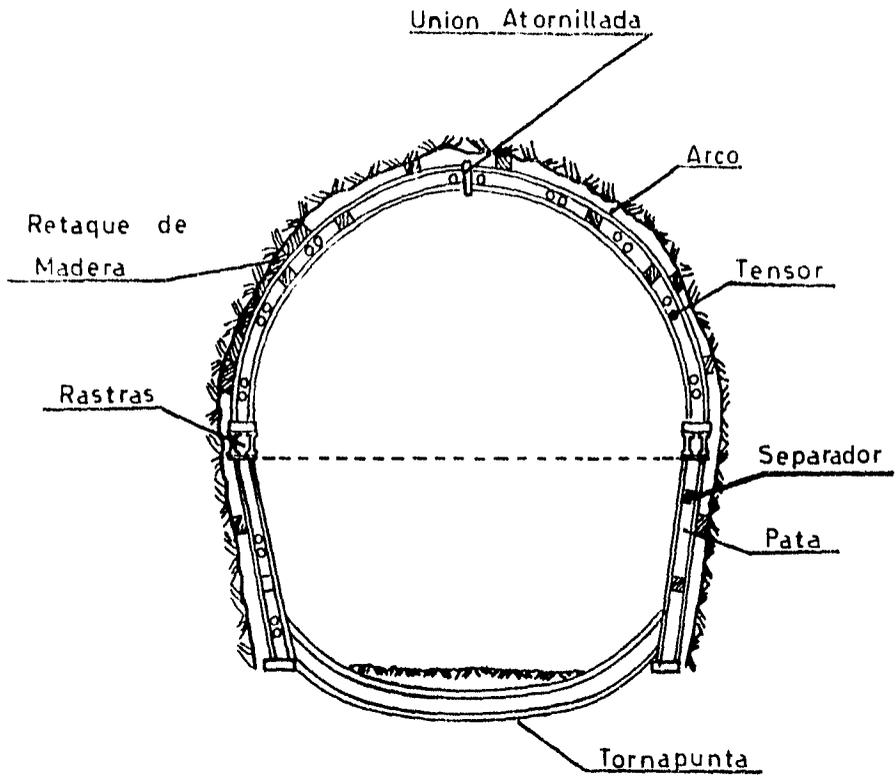


FIGURA 3.6 Marco metálico

El concreto lanzado sirve para proteger la superficie de las paredes del túnel de intemperismo, con los marcos metálicos se da estabilidad al túnel donde se encuentra la escoria.

3.3.8 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

VENTILACIÓN: Junto con la excavación del túnel es necesario una buena ventilación, la cual se fue colocando hasta el frente de trabajo a 50 metros antes de la excavación. La ventilación consiste en hacer circular aire desde portal hasta donde se encuentra el área de trabajo y esto se logra por medio de conductos a los cuales se les instala uno ó mas abanicos eléctricos, el aire se mueve a través de los conductos de ventilación de afuera hacia el frente de trabajo, este método se llama ventilación de entrada. Para tener una buena ventilación se requiere inyectar aire hasta el frente de excavación a razón de 60m³/minuto más lo correspondiente a la ventilación para eliminar los gases producidos por los explosivos de tal forma que se renueve el aire del frente en un máximo de diez minutos. En el túnel hay un ventilador con dos motores, los cuales están colocados en el portal de entrada y cada motor tiene una capacidad de 22,000 pcm, en la entrada del túnel se cuenta con una tubería de 36 pulg. de diámetro de metal en los primeros metros y polivinilico a todo lo largo del túnel hasta llegar 50 metros antes del frente.

LÍNEAS ELECTRICAS: La instalación de líneas eléctricas es para tener iluminación por medio de lamparas en todo el túnel y en el frente de excavación esto con el fin de tener seguridad y acceso sin ningún problema al área de trabajo.

LÍNEAS DE AGUA: Las líneas de agua son tuberías con un diámetro de 2 pulgadas que se instalan a lo largo del túnel, el agua sirve para humedecer las paredes del túnel y posteriormente aplicar el concreto lanzado que también necesita agua.

LÍNEAS DE AIRE COMPRIMIDO: Está línea es una tubería de 4pulg. de diámetro la cual se lleva hasta el frente de trabajo y proporciona aire comprimido que es generado por unos compresores; y el aire comprimido sirve para poner a funcionar las pistolas neumáticas para barrenación, para limpieza de barrenos, para colocación de anclas y conformar la jaula de ardilla.

CAPITULO IV

EXCAVACIÓN CON MÁQUINA TÚNELERA(TOPO) PARA EL TÚNEL #5

4.1 HISTORIA DE LAS MÁQUINAS TÚNELERAS

La primera máquina túnelera para excavar en roca fue diseñada y construida en 1846 por Henri-Joseph Maus, en Italia. A los 100 años de esta primera máquina muchas más fueron diseñadas y varias construidas, pero los éxitos fueron restringidos a túneles en roca blanda(Roca de muy baja resistencia que al aplicar un esfuerzo de 275 kg/cm² ó menos sufre una ruptura esto según especificaciones del Ing. Deerbes).

Los materiales para su construcción no fueron suficientemente resistentes para excavar roca dura y no importo que tan ingenioso fueron los diseñadores, cuando las máquinas se enfrentaron a roca dura fallaron. En los diseños antiguos se puede ver que los creadores tuvieron ideas muy importantes, por que hoy en día las máquinas modernas tienen aplicaciones e ideas que ellos utilizaron originalmente como por ejemplo, desde 1851 se diseño una túnelera con cortadores de disco los que actualmente se usan.

Una de las primeras máquinas con frente totalmente rotatorio fue creada en 1881. El antecesor de las modernas fresas incorporando picos draga en un tambor fue diseñada en 1866. El diseño de la primera túnelera incorporó cinceles con un sistema de levas y resortes para cortar ranuras en el frente; luego con marros y cuñas rompian la roca. Fueron muchas las unidades basadas en la misma idea de iniciar la excavación cortando el perfil del túnel con la máquina túnelera y después usar otros equipos para finalizar el trabajo.

El inicio de las túneleras modernas y la nueva era del progreso tecnológico en la excavación de túneles fue en 1953, con la primera máquina fabricada por Jim Robbins. Aunque esta trabajó en roca blanda, el éxito que tuvo abrió las puertas para futuras máquinas. Esta unidad incorporó picos draga y discos para cortar la roca. Sin embargo, cuando el diseño se repitió en máquinas posteriores, aplicandolás en formaciones de roca diferente y exigiendo mayor eficiencia, fallaron totalmente, teniendo que ser removidas del túnel.

En 1956 Robbins diseño una máquina túnelera para trabajar en Canadá con discos y pico draga, el modelo fue 131-106. Cuando se presentó la ruptura de uno de los picos draga, al principio de trabajo en el túnel, pudieron continuar con los discos cortadores solamente. Si acaso la penetración cayó, la confiabilidad se incremento drásticamente

dando como resultado avances de hasta 30m/día. El caso de la túnelera modelo 131-106 de Robbins, demostró que era factible trabajar en roca semi-dura (Roca de resistencia media que al aplicar un esfuerzo de 550 kg/cm² sufre una ruptura según especificaciones del Ing. Derbees) con estos equipos, también constituyo la primera aplicación exitosa de los cortadores de disco, mostrando el camino al futuro en máquinas túneleras en perforación en roca.

4.2 GENERALIDADES DE LAS MÁQUINAS TÚNELERAS

La excavación de túneles se ha realizado desde tiempos muy antiguos, y la minería a contribuido con técnicas que han ayudado a la tecnología en la excavación de túneles que se aplican para la construcción de obras de alcantarillado, conducción de agua, hidroeléctricas, vialidad urbana, carreteras y ferrocarriles.

La excavación de túneles se presenta actualmente con máquinas perforadoras de túneles (M.P.T) y son llamadas usualmente "Escudos" sobre todo desde hace 50 años a la fecha.

Los escudos proporcionan protección y soporte en los túneles; para el caso de las rocas el cual exige el método convencional y recurriendo a la media sección ó sección completa en donde es necesario barrenar y realizar voladuras, ocasionado que el procedimiento tenga riesgos con avances lentos.

El escudo tiene por objetivo prevenir las deformaciones del terreno hacia el túnel mediante una coraza de metal y también permite una excavación segura y colocar el ademe constituido por dovelas de concreto, las cuales son colocadas con sus propios dispositivos a medida que avanza.

Un escudo está diseñado principalmente de un cilindro de metal, rígido que para fines de diseño puede dividirse en tres secciones:

A) La parte delantera, que se le puede llamar cabeza de corte, varía con los diferentes tipos de material en el cual se necesita excavar. Las brocas montadas sobre brazos radiales pueden ser adecuadas para rocas suaves. Las cortadoras con disco ó las cortadoras de rodillos múltiples son necesarias para rocas mas duras. Dichas cortadoras se montan en una fuerte cabeza de corte y al girar está, las herramientas sucesivas siguen recorridos circulares, donde cortan y dividen la roca de la manera mas económica, aprovechando la configuración del frente de la roca que ha dejado la herramienta anterior.

B) La estructura intermedia sirve para rigidizar la coraza y alojar los sistemas hidráulicos que empujan el escudo, y contrarrestar la rotación de la máquina perforadora, contraria a la dirección de la cabeza, por medio de los arietes ó martinets de impulso laterales y verticales que empujan las zapatas de anclaje contra las paredes excavadas del túnel.

C) La parte trasera que tiene una coraza cilíndrica ó faldón en donde se coloca el mecanismo de instalación de dovelas los cuales son segmentos precolados que constituyen una valiosa alternativa y se pueden instalar fácilmente en una excavación cilíndrica uniforme. También es posible recurrir a los ademes mediante nervaduras, pernos de anclaje y posiblemente concreto lanzado. Pero es preciso diseñar la máquina desde el principio para que tenga la capacidad necesaria para acomodar dichos soportes.

El escudo en sus tres partes debe ser capaz de resistir la fuerza del peso del terreno que actúa sobre él perimetralmente y la del empuje contra las dovelas para poderse encajar en el terreno. Las Máquinas Perforadoras de Túneles se dividen en dos grandes grupos :

1) Escudos de frente abierto .- Son escudos con diversos grados de mecanismo para la excavación y transporte del material excavado, además tienen una plataforma para que se pueda excavar manualmente, también se fabrican con mecanismos de cortadores para realizar la perforación con cucharones tipo draga y pala ó con brazos cortadores giratorios. La disposición del material en el frente puede ser totalmente manual o con mecanismo de giro radial, ó tornillos helicoidales transportadores que depositan el material en una banda transportadora que permita colocar el producto en los medios de acarreo que se usan para llevar el material a lo largo del túnel.

2) Escudos de frente cerrado .- Estos escudos tienen una cabeza al frente que cubre toda el área de la sección y en ella se encuentran los elementos cortadores del terreno mediante el giro de la cabeza y el empuje de la máquina. El material excavado pasa por ranuras, atrás de la cabeza cortadora donde se encuentra el sistema de estabilización del frente que es de diferente índole según el procedimiento aplicado.

En los escudos de frente cerrado, sin presión controlada de estabilización, se tiene detrás de la cabeza cortadora únicamente el sistema colector del producto excavado que lo lleva a los medios de transporte que se ubican en la parte posterior del escudo. Los escudos de frente cerrado cuentan con diferentes sistemas de estabilización en el frente de trabajo y se clasifican de la siguiente forma:

a) Escudos de lodos de bentonitas : Estos escudos tienen un compartimiento que se forma entre la cabeza cortadora y la mampara dispuesta. Y este compartimiento se mantiene a presión mediante la introducción de lodos de bentonita a presión controlada. El material cortado por la cabeza y que se introduce en la cámara se mantiene en suspensión dentro de los lodos bentoníticos gracias a un agitador. El lodo que arrastra el material excavado se extrae de la cámara por bombeo. A la salida de la cámara se efectúa la separación de los materiales de tamaño grande como gravas y trozos aun mayores. El resto del material excavado, en suspensión, se bombea hacia el exterior en donde en una planta especial se realiza la separación del lodo bentonítico para su nueva utilización.

b) Escudos cerrados con cámara de aire comprimido : Los escudos con frente cerrado con presión a base de aire comprimido son los que utilizan la cámara de presión para soportar el frente mediante este sistema, pero se considera de alto riesgo por que

puede fallar el soporte de la presión del aire cuando se presenta una fuga ó se excavan suelos de alta permeabilidad.

c) Escudos cerrados a presión de tierra balanceada : En estos escudos detrás de la cabeza cortadora se forma un compartimiento aislado que puede someterse a presión y ocupa una distancia entre uno y dos metros atrás de la cabeza cortadora; mientras que el resto del escudo y todo el túnel se encuentran a la presión atmosférica. El compartimiento del frente puede someterse a presión utilizando el propio material producto de la excavación como transmisor de la presión ejercida por los gatos de avance que se apoyan en el ademe previamente colocado. Esta presión es la que mantiene en su lugar el terreno del frente que se está excavando. La presión se regula con los gatos de empuje, así el material excavado se extrae mediante tornillos helicoidales y su lugar es ocupado por nuevo material excavado manteniéndose en esta forma la presión contra el frente.

La perforación en material rocoso con escudos ha mejorado en sus dispositivos para su operación obteniendo un buen rendimiento. Anteriormente se habían ideado máquinas en las cuales el cabezal cortador se podía retroceder para que los trabajadores pudieran pasar al frente y cambiar los elementos de corte. Las nuevas máquinas permiten hacer el cambio desde dentro de la misma quedando los hombres resguardados de la caída de las rocas.

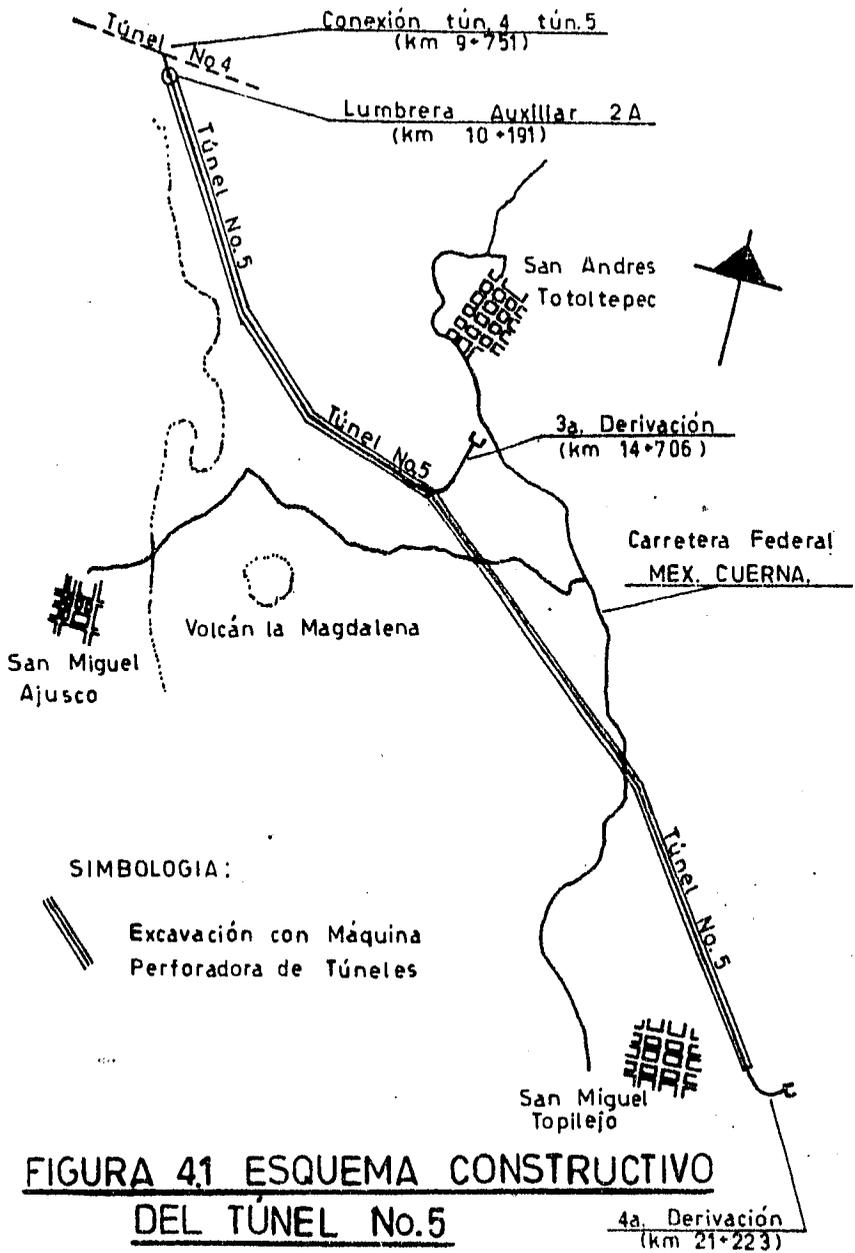
La perforación de roca dura se efectúa por medio de cortadores de disco montados en la cabeza cortadora. Al aplicar fuerza en la cabeza cortadora la máquina perforadora puede tener una carga cortante individual de 11340 a 15875 kg en cada cortador además de las cargas de golpes frontales intermitentes, dos ó tres veces mayores, por medio del tren propulsor eléctrico. La sección de anclaje está en medio y soporta el peso de la máquina mas las fuerzas reactivas del empuje y del par motor mientras perfora; también tiene de seis a ocho patas de fijación ó zapatas agarradoras y un bastidor principal. Estas patas se extienden ó retraen por medio de dispositivos hidráulicos anclando a la máquina perforadora a las paredes del túnel durante la excavación en roca.

4.3 EL TÚNEL #5 DEL ACUEDUCTO PERIFÉRICO

El túnel #5 consiste en un ducto subterráneo con un diámetro interior terminado de 3.6m, en un tramo que inicia en las estribaciones de la sierra del Ajusco y atraviesa a profundidades que varían de 70 a 250m en dirección SW-SE en la Sierra del Chichinautzin en los alrededores del poblado de San Miguel Topilejo, abarcando del cadenamiento 10+191 al 20+980 lo que representa una longitud total de 10.789 km.(Figura 4.1)

El túnel #5 puede ser excavado y revestido simultáneamente de tal manera que la obra quede terminada en una sola operación. Para llevar a cabo la construcción fue necesario adquirir un equipo de excavación integral, que al tiempo que excava coloca las dovelas y marcos metálicos, es decir la obra se construye en un paso.

Si se llegara a utilizar el sistema convencional seria, necesario abrir simultáneamente diez frentes de excavación, considerando que la excavación en zonas difíciles seria



sumamente lenta y en muchos de los tramos se consideran avances promedio de 3m/día. Siendo los avances de un equipo de túneleo integral casi de diez veces mas que el anterior.

El objetivo principal es tener un equipo especializado para simplificar la operación de excavación y revestimiento para atacar la obra por un sólo frente, logrando reducir considerablemente las instalaciones de apoyo como caminos de acceso, instalaciones y servicios para personal tales como oficinas, comedores, almacenes, equipos de transporte y administración.

4.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TÚNEL #5

El túnel #5 forma parte del tramo del "Acuáferico" entre los cadenamientos 10+191 a 20+980 y tiene un diámetro a línea "A" de 3.60m, y un revestimiento primario con dovela y marcos metálicos. Durante el avance la máquina túnelera se empuja con sus gatos hidráulico.

La longitud del túnel #5 es de 10789m y existen dos conducciones de salidas hidráulica que se denominan tercera y cuarta derivación. La tercera derivación se encuentra en el cadenamiento 14+705. En el cadenamiento 10+191 se construirá la lumbrera auxiliar 2-A, la cual deberá ser utilizada para sacar el topo y parte de su tren auxiliar. La cuarta derivación es el portal de entrada del topo y en este sitio fue necesario construir la base de operaciones del sistema constructivo, es decir; las oficinas, almacenes, taller y la planta de dovelas.

La utilización más económica y rápida de construir el túnel #5 en una sola etapa consiste en arrancar por la cuarta derivación en San Francisco Tlanepantla (Xochimilco); cadenamiento 20+980 y sacar la máquina túnelera a 10789m en la lumbrera 2-A con cadenamiento 10+191.

4.5 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS EN LA ZONA DE LA EXCAVACIÓN SUBTERRANEA DEL TÚNEL #5

El área de estudio se encuentra en el eje neovolcánico, y es necesario señalarse que el carácter mineralógico de las rocas es muy heterogéneo, ya que se encuentran rocas ríolíticas andesíticas y basálticas en este orden de antigüedad. En la superficie se aprecian suelos residuales y arenas.

El área de esta zona se encuentra localizada en la base noroeste de la Sierra de las Cruces, y está a su vez está cubierta por los derrames lávicos de la Sierra Chichinautzin.

Hacia el oeste y suroeste de esta zona se reconocen varias elevaciones topográficas de forma cónica, que corresponden a volcanes adventicios de uno mayor, el Ajusco. Estos volcanes generalmente están compuestos por cenizas, tobas, escorias, brechas y lavas de composición básica a intermedia.

Las unidades geotécnicas características de la zona son:

UNIDAD 1 : Andesita basáltica con material escoriáceo el cual es de color rojizo.

UNIDAD 2 : Andesita basáltica de mejor calidad la cual es de color gris oscuro a claro.

UNIDAD 3 : Corresponde a los domos volcánicos y son rocas de composición traquiandesítica-dacítica

UNIDAD 4 : Macizos rocosos de mejor calidad y se trata de traquiandesita y dacitas sanas.

UNIDAD 5 : Roca traquiandesítica y dacitas muy fracturadas.

La unidad que presenta el porcentaje de mayor material de mala calidad es la andesita escoriácea de la Sierra de las Cruces (U-1) mejorándose en la andesita masiva (U-2) que esta considerada como de regular a buena calidad. Siendo de mejor calidad las traquiandesítica y dacitas (U-5)

La distribución a lo largo del túnel de los macizos rocosos de las cruces de Tlalpuente, del Ajusco, del cantil y de topilejo, con sus unidades geotécnicas 1, 2, 3, 4, y 5 es la siguiente:

UNIDAD	LONGITUD TOTAL (Aproximada)	PORCENTAJE HORIZONTAL DE	
		ESCORIA	ROCA MACIZA
UNIDAD - 1	+ - 130m	50%	
UNIDAD - 2	+ - 5599m	30%	
UNIDAD - 3	+ - 90m		100%
UNIDAD - 4	+ - 110m		100%
UNIDAD - 5	+ - 5150m		35%

4.6 DISEÑO DE LA MÁQUINA TÚNELERA PARA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS QUE PRESENTARA LA ESCORIA DURANTE LA EXCAVACIÓN

El material escoriáceo presenta un problema de inestabilidad inmediata durante la excavación, ya que cuando se encuentra en la bóveda tiende a colapsarse, por que siendo de fragmentos sueltos, prácticamente no tiene autoaporte.

Cuando se excava con el método convencional se obliga a realizar avances muy cortos para evitar que el caldo progrese, o bien a media sección utilizando marcos metálicos, rastras y concreto lanzado, ó combinaciones de dos o varios de los métodos anteriores.

Para el caso de la excavación con topo, este debe cumplir con características especiales para que tenga mayor seguridad y rapidez en la zona de escoria, y las características son las siguientes :

A) CABEZAL PLANO : El objetivo es evitar las cargas de material que se generan sobre un cabezal cóncavo, por lo cual es importante el cabezal plano para que la escoria sea cortada en un frente vertical de tal forma que la escoria que grevita desde la media sección hasta la cúpula no cargue sobre el cabezal.

B) ESCUDO : El tipo de material obliga que el topo tenga doble escudo y esto se debe a que los gatos hidráulico laterales se apoyan en las paredes para avanzar y pueden hacer fallar la pared por la existencia de escoria pues son bloques o fragmentos de basalto y matriz arenosa ó granular sin cohesión que pueden reacomodarse por la presión de los gatos de apoyo.

C) CABEZAL CORTADOR DE VELOCIDAD VARIABLE : Se tiene el caso de que el frente del túnel está formado por ciertos estratos de escoria y de andesita basáltica, y su comportamiento será de frente mixto.

El cabezal cortador con velocidad variable hace posible que acelere paulatinamente los cortadores y que no pasen de forma violenta de la escoria a la andesita, ya que en ese contacto el cortador, pasara súbitamente de un cuerpo suave,(en realidad a la escoria no la va a cortar, sino a derrumbar), a una diferencialmente mas duro (andesita basáltica) en forma aleatoria, este cambio súbito puede fracturar ó mellar los cortadores de disco, acortando sustancialmente su vida, por lo tanto el cabezal sera controlado en su velocidad de rotación, de tal forma que en un frente mixto, el operador del equipo pueda aplicar la velocidad y presión mas conveniente.

D) CABEZAL CON ROTACIÓN EN LAS DOS DIRECCIONES : De las unidades 1, 2, 3 y 4 se desprenderán bloques que están en el frente del túnel y el cabezal de corte va a girar en dos direcciones ya que si solamente lo hace en una dirección y lleva un bloque grande y varios atorados puede forzarse el cabezal y atorarse parando las actividades obligando a retroceder el cabezal y que entre personal a remover o fracturar el bloque, pero por seguridad del personal no es recomendable. Es por ello que la M.P.T. tiene una velocidad variable y rotación de cabezal en las direcciones de arranque.

4.7 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA PERFORADORA DE TÚNELES

De acuerdo con las condiciones de la roca que anteriormente se han nombrado la máquina túnelera tiene las siguientes características (Figura 4.2) :

ROBUSTEZ Y RIGIDEZ: Está máquina tiene un diseño robusto y es rígida para resistir las fuerzas necesarias al perforar roca dura. La rigidez también mejora la vida de los cortadores manteniendo el cabezal más estable.

MAYOR EMPUJE: Para poder perforar formaciones masivas y abrasivas de granito ó gnesis y diques intrusivos los niveles de empuje excedan las 23 ton. por cortador.

BALEROS PRINCIPALES: Actualmente se instalan baleros principales de alta capacidad para reaccionar correctamente a la fuerza de presión y soportar el impacto de carga al encontrar roca dura (Foto 4.1).

REVOLUCIONES POR MINUTO: Con objeto de obtener mayor penetración, los fabricantes se han inclinado a darle mayores revoluciones por minuto a la cabeza cortadora.

MAYOR CABALLAJE: Dado que se necesita mayor torque y fuerza de penetración, además de las revoluciones por minuto, la demanda de caballos de fuerza aumenta por lo cual se han colocado cinco motores para que el giro del cabezal tenga mas velocidad.

CONDICIONES AMBIENTALES DE TRABAJO: Se tiene una cabina cerrada, aislada al ruido y con aire filtrado para evitar polvos y altos niveles de ruido (Foto 4.2).

SISTEMAS DE SOPORTE: La máquina túnelera actualmente está equipada con perforadores hidráulicos ó neumáticos para sondeo, instalación de pernos de anclaje ó inyección de concretos.

SISTEMA DE DIRECCIÓN: Para obtener la dirección que se requiere en la M.P.T. se utiliza el sistema estándar de laser y objetivos de dirección que permiten al operador observar el comportamiento real de la máquina, comparandola con el deseado para la mayor parte del trabajo en el túnel y están disponibles los sistemas avanzados de guía como el

"ZER" que se utiliza cuando se requiere exactitud extrema en la perforación. El sistema "ZER" proyecta la localización de la unidad, por medio de rayo laser que se proyecta a una pantalla receptora de laser localizada en el frente del escudo y está a su vez manda la señal a una pantalla en la unidad de control que esta conectada a una computadora personal con caja de distribución y un inclinometro, y por medio de estos instrumentos el operador hará las correcciones para tener un alineamiento conforme al proyecto establecido y cambiar de posición cuando sea necesario (Foto 4.3).

DOBLE ESCUDO: Cuando se habla del doble escudo quiere decir que existe una articulación que permite movimientos parciales de medio cilindro, lo cual es ventajoso cuando existe presión sobre la media sección de la máquina como un caldo de escoria ó material suelto en la zona de falla. También los gatos hidráulico que están en la parte posterior del doble escudo ayudan a empujar el cuerpo del topo.

CABEZAL CORTADOR PLANO: Para que la escoria sea cortada en forma vertical es necesario que el cabezal sea plano de tal forma que el material no se recargue sobre el cabezal. Los cortadores empotrados en el cabezal permiten pasar por terrenos fracturados, limitandose el riesgo de que se traben. El disco está descubierto, permitiendo romper bloques grandes mientras el cabezal los mantiene en su sitio (Foto 4.4).

Empuje máximo	5772 N
Energía del cabezal	Motores eléctricos con embrague hidráulico
Fuerza del cabezal	896 kw (4x224 kw)
Velocidad del cabezal	De 5 a 20 r.p.m

ROTACIÓN VARIABLE: La M.P.T. tiene motores de corriente directa, que pueden hacer rotar paulatinamente el cabezal desde 0 hasta 12 ó más revoluciones por minuto, el cabezal gira en las dos direcciones y también tiene la posibilidad de retroceder (Foto 4.5).

CANGILONES: El mayor problema es el atascamiento cuando se perfora roca fracturada ó en bloques. Ahora los cabezales están diseñados con cangilones de bajo perfil que impiden el paso de grandes pedazos de roca, rompiendolos previamente antes de ser tomados por ellos mismos.

CORTADORES: El diámetro y capacidad de los cortadores de disco ha aumentado con el paso del tiempo desde su introducción. Los discos cortadores que se usan actualmente son de 17pulg. (432mm de diámetro) donde trabajan con cargas arriba de las 23 ton en roca muy dura; el material con los que se fabrican los discos cortadores es carburo de tungsteno y cada uno pesa 150 kg. El número de cortadores que tiene el cabezal son 26, y al cabezal se le pueden hacer cambio de cortadores por la parte interior de la máquina cuando así lo requiera (Foto 4.6).

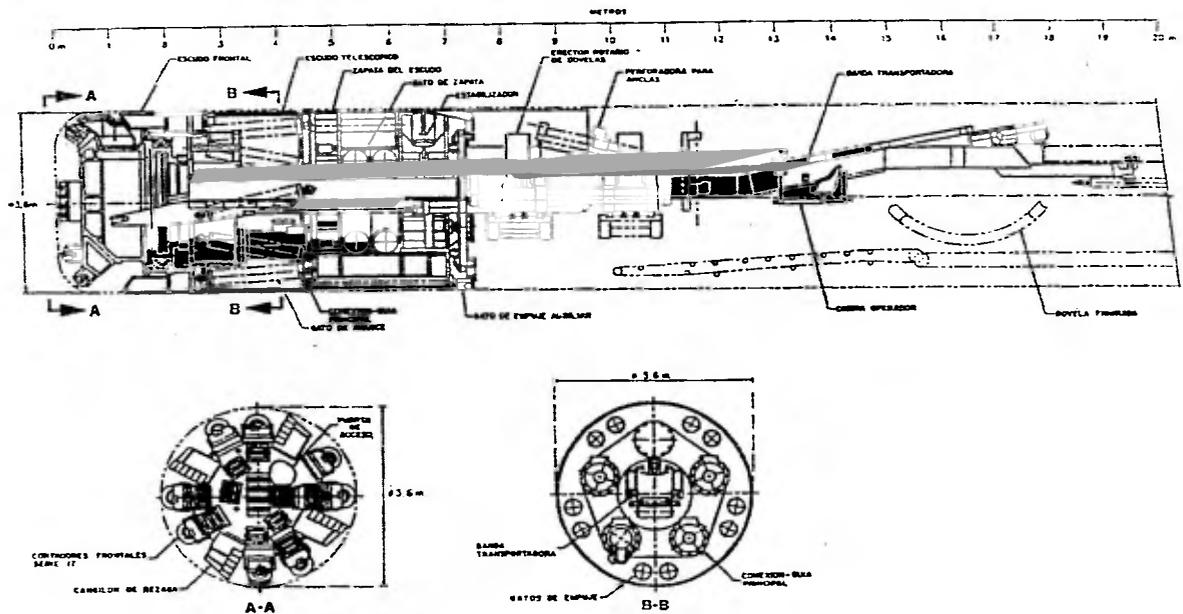


FIGURA 4.2 Máquina Perforadora de Túneleo (TOPO) a utilizar en el Túnel No. 5 del Acuaferico

4.8 TREN DE EQUIPO AUXILIAR

El tren de equipo auxiliar esta formado de una plataforma sobre la cual es colocada una estructura que esta unida al escudo por medio de viguetas y es jalada por la M.P.T. durante su avance, en la plataforma se alojan diferentes equipos para la correcta operación del escudo, así como el sistema de transportadores que descargan el material excavado en las unidades del sistema de transporte que se encargan de retirarlo al portal de salida. El tren de equipo auxiliar está formado de la siguiente forma (Figura 4.3) (Foto 4.7) (Foto 4.8) :

CABINA DE OPERADOR.-De está cabina se pueden controlar los siguientes sistemas:

Sistema de motores de la M.P.T.

El sistema de dirección de la M.P.T.

El sistema de presión de motores y diferentes equipos

El sistema de bandas transportadoras

El sistema de enfriamiento

Se controla el manejo de los gatos hidráulicos como los gripers y estabilizadores

Se maneja la velocidad del giro de la cabeza plana.

UNIDAD DE ENFRIAMIENTO :

Tanque de agua tratada.- El agua tratada sirve para:

- Enfriamiento de los motores
- Enfriamiento del balero cabezal
- Rociamiento de sprite

Scrubber.-Es un extractor de polvo que sirve para purificar el aire que se encuentra en el túnel y en su proceso es necesaria el agua.

Bomba de descarga .- Está bomba sirve para alimentar el sistema de enfriamiento del cabezal.

Línea de agua .- Esta línea de agua se distribuye por una tubería en toda la estructura que esta sobre la plataforma, que llega hasta el escudo para realizar el enfriamiento en las partes que lo requiere.

UNIDAD HIDRAULICA :

Recipiente de aceite hidráulico.- Este aceite sirve para los ocho gatos hidráulico que empujan la cabeza de la M.P.T., y estos gatos de empuje necesitan 800 litros de aceite.

Recipiente de aceite de lubricación del balero de la cabeza la cual necesita 400 litros de aceite. **Recipiente de aceite hidráulico** el cual sirve para la presión del cabezal cortador.

(Foto 4.9)

TRANSFORMADORES :

Existen dos transformadores de 13200 volts para la suministración de la energía eléctrica.

TALLER DE CAMPO :

Está sección es necesaria pues en ella se realizan reparaciones que son urgentes y cuenta con los siguientes aparatos :

- *Tornillo de banco.
- *Cortadora de mangueras.
- *Crimpadora para conexiones de manguera
- *Diferentes tipos y medidas de herramienta.

GABINETE DE EQUIPO ELECTRICO :

Se tiene dos paneles que tiene circuitos conectados a una computadora para que trabajen los motores. Hay dos paneles que tienen circuitos para controlar los motores y válvulas por un dispositivo electrónico (Foto 4.10).

VENTILADOR :

El ventilador es un abanico eléctrico que se encarga de mandar aire limpio al frente de trabajo por medio de un sistema de tuberías que se encuentran distribuido en la plataforma del tren auxiliar.

COMPRESOR DE AIRE :

El compresor tiene una capacidad de 110pies³/min. y sirve para limpiar, conectar martillo neumático y sopletear cuando es necesario.

BANDA TRANSPORTADORA :

La primera banda transportadora tiene una longitud de 72m con vuelta y se encuentra en la parte posterior del escudo. La segunda banda transportadora tiene una longitud de 120m con vuelta a todo lo largo del tren auxiliar, y ambas bandas están sobre rodillos y sirven para sacar la rezaga. La capacidad de cada banda transportadora de rezaga es de 6 m³/min.

SISTEMA DE EMERGENCIA :

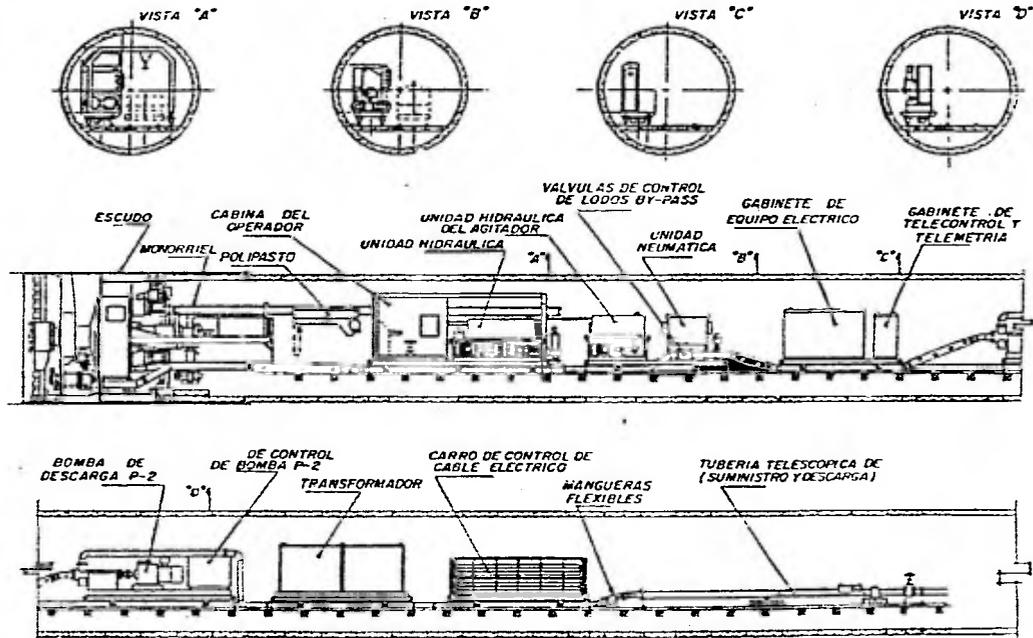


FIGURA 4.3 Tren de Equipo Auxiliar

A esta sistema se le llama paro de emergencia pues en un momento que exista peligro se desactiva la máquina completamente por medio de un mecanismo especial.

4.9 PROCESO DE PERFORACIÓN EN ROCA DE LA MÁQUINA TÚNELERA (TOPO)

La máquina túnelera se atraca contra las paredes de la excavación por medio de gatos hidráulicos en número de dos a cuatro ó mas los cuales se llaman gripers; una cabeza giratoria con un número variable de cortadores en este caso 26; y un sistema de 8 gatos que empujan el cabezal y producen una presión sobre el frente que se esta atacando.

El giro de la cabeza se efectúa por medio de motores eléctricos que se encuentran colocados en la parte posterior del escudo y transmiten el movimiento de rotación a la cabeza,

Al estar atracada la máquina túnelera, el ataque se produce al girar la cabeza que se empuja contra el frente por los gatos correspondientes. Los filos de los cortadores provocan la fractura del material que cae en forma de esquirlas, casi siempre de tamaño reducido las cuales son recogidas por los cangilones ligados a la propia cabeza, que depositan el material sobre una banda transportadora colocada en la parte superior del topo.

Cuando los gatos de empuje han agotado su carrera, se aflojan los gatos de atraque y entonces los gatos de empuje, cambian el sentido del flujo, jala ahora el cuerpo del topo junto con el tren de equipo auxiliar al tiempo que se va cerrando el doble escudo.

La máquina se alinea y nivela mediante un rayo láser que pasa por una pantalla transparente colocada en la parte delantera del escudo y regresa a la cabina del operador en donde esta colocada una pantalla receptora y se controla la dirección con una computadora. Alineada y nivelada la máquina, se atraca mediante los gatos correspondientes y se empieza un nuevo ciclo.

4.10 REZAGA

El sistema de rezaga consiste en una banda transportadora larga, en la que descarga el material la M.P.T., y está banda transportadora es soportada por una estructura bajo la cual pueden entrar las vagonetas que son llenadas. El tren de vagonetas va saliendo a medida de que se llenan y se retiran cuando todas lo están; y su lugar es ocupado por otro que entra en reversa y que ha estado esperando en una plataforma llamada cambio california situado en la parte posterior del tren de equipo auxiliar. El sistema de vías está perfectamente construido para tener las menores pérdidas de tiempo en la extracción de la rezaga. Los trenes se utilizan para introducir diversos materiales hasta el frente de trabajo como dovelas para recubrimientos, marcos metálicos, cortadores, elementos para la prolongación de las líneas eléctricas y ventilación.

4.11 VENTILACIÓN

La ventilación es muy importante y la línea succiona entrando el aire fresco por el túnel en cantidad suficiente para mantener una temperatura adecuada en la zona de operación de la M.P.T.; la ventilación consiste en hacer circular aire desde el portal hasta donde se encuentra el área de trabajo y esto se logra por medio de un conducto el cual es de lona y se va colocando conforme va avanzando la máquina túnelera y se le instalan uno ó mas abanicos eléctricos.

4.12 ENERGÍA

El suministro de energía hasta el frente de trabajo se hace a voltajes elevados, de 4000 a 10,000 voltios, por lo que para reducirlos al de los motores de la M.P.T., que es generalmente de 660v, por lo cual son necesarios los transformadores los cuales se encuentran en el tren de equipo auxiliar.

4.13 INSTALACIONES Y EQUIPOS AUXILIARES FUERA DEL TÚNEL EN EXCAVACIÓN

1.-Es importante mencionar que una planta dosificadora para el mezclado del concreto lanzado fue colocada en la plataforma de la derivación #4 (Foto 4.11).

2.-Se colocó un taller eléctrico y otro taller mecánico para dar mantenimiento y reparar descomposturas de cualquier índole en el área de la maquinaria.

3.-Se construyó una planta especialmente diseñada para la fabricación de dovelas en donde se utilizan moldes ó cimbras metálicas de alta precisión que garantizan la calidad del producto terminado (Foto 4.12).

4.-También se construyó un deposito de agua con una capacidad para 7500 litros y sirve como suministro constante que permite alimentar a la M.P.T. en el frente de excavación.

5.-Se instaló una estructura que es un volteador de vagonetas de rezague (Foto 4.13).

4.14 SOPORTE PARA LA ESCORIA

La escoria, zona de falla y fracturamiento, no tiene auto soporte, el sistema del topo al no hacer un disturbio importante en el entorno del túnel, permite que la roca tenga más tiempo de auto soporte, sin embargo en la escoria, dada su falta de cohesión la inestabilidad se producirá cuando pase el faldón del escudo y en ese momento se necesitara poner el soporte de forma inmediata

El soporte de colocación mas rápido es el de dovelas, ó el de concreto lanzado, sin embargo para utilizar el último, se debora avanzar con los gatos laterales apoyandose en la escoria, lo que ya se ha mencionado no es muy seguro, ya que la escoria permite asentamientos, o fallas en las paredes del túnel.

La M.P.T. al tener doble escudo, para avanzar no necesita apoyarse en los gatos laterales los cuales a su vez se apoyan en las paredes de escoria, sino que pueden apoyarse en las dovelas con gatos longitudinales. Alojados en el faldón ó parte posterior e ir avanzando como cualquier escudo.

Para la colocación de las dovelas la M.P.T. tiene un sistema para ir colocando estos elementos prefabricados. El soporte del túnel #5 consistirá en dovelas, marcos metálicos circulares y donde sea necesario aplicar concreto lanzado.

4.15 FABRICACIÓN DE DOVELAS

El diseño definitivo de dovelas fue realizado en forma conjunta por los fabricantes de la máquina, ya que el sistema erector fue diseñado y automatizado, para cierto tipo de dovelas

Cuando se habla de la geotécnia del terreno se ha establecido que el orden de carga es obtenido por ciertos métodos en donde los resultados nos muestran que es de 7.6 ton/m² hasta 13 ton/m² siendo esta ultima para la escoria y las zonas de falla.

El cálculo de las dovelas y marcos metálicos circulares fue diseñado para una carga de 16 ton/m², como carga radial. La dovola de cubeta tiene una forma especial ya que va colocada en el piso, y la superficie es plana con objeto de apoyar directamente el riel de la vía, que va cargando el tren de equipo auxiliar (Figura 4.4) (Foto 4.14).

La planta para la construcción de dovelas tiene un área de 330m² y en toda su longitud se encuentran 14 cimbras metálicas las cuales siete son de 1.20m de longitud y las otras siete tienen 2.40m de long. por un ancho de 1.30m. También se cuenta con un calentador ó cilindro de calentadores mediante gas el cual se alimenta con agua potable a presión dando origen al vapor y este se distribuye a las cimbras metálicas por medio de tubos galvanizados de 4pulg. para que el proceso del curado del concreto sea a vapor y no se pierdan sus propiedades originales llevando un control de calidad. Cuando se abren las válvulas para que pase el vapor a las cimbras metálicas es colocada una lona especial sobre éstas para conservar una temperatura constante.

En la planta existe una viga carril la cual se encuentra sobre las cimbras metálicas y consta de una viga de sección "I" con un polipasto de 2ton. de carga para transportar las dovelas ya descimbradas a un volteador (Domper) para hacer girar las dovelas a la posición contraria de como se encuentran originalmente. Después las dovelas son acomodadas en una zona especial por un cargador neumático; para que posteriormente sean transportadas en la plataforma y sean llevadas al frente de trabajo y darles su uso (Foto 4.15).

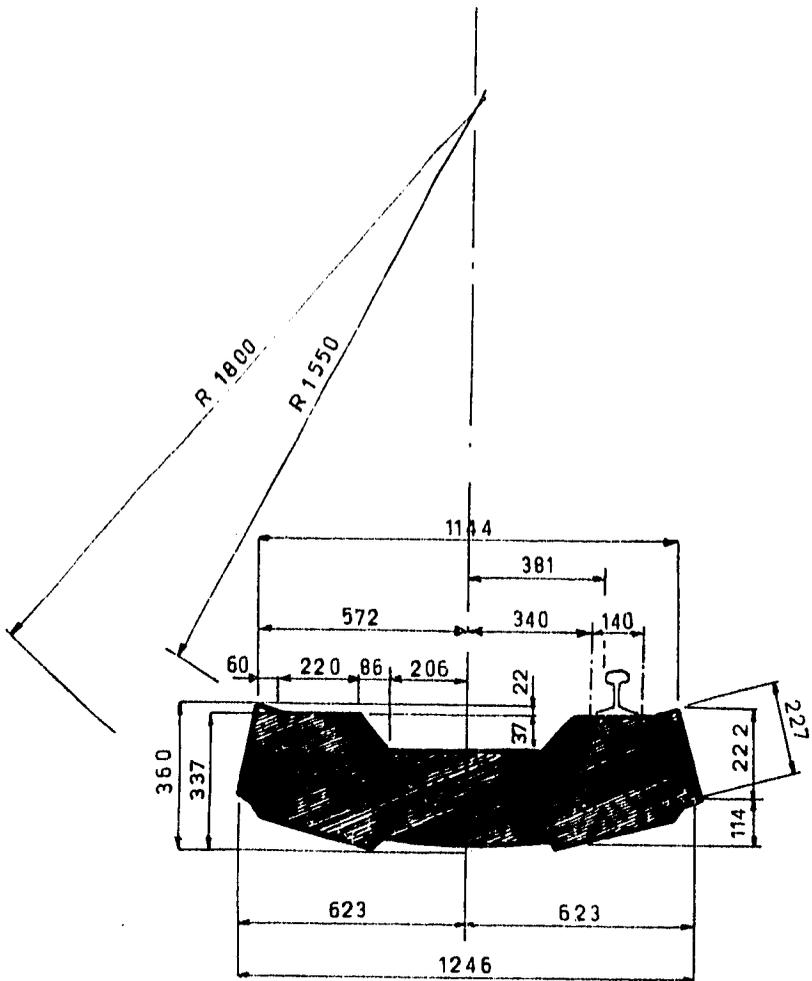


FIGURA 4.4 DOVELA DE PISO PLANO

El proceso de colado de las dovelas es muy importante pues se tiene un control de calidad muy estricto y el proceso consta de la siguiente forma :

LIMPIEZA DE LA CIMBRA METÁLICA : Esta limpieza se realiza en las cimbras con cepillos que tienen cardas metálicas, espátula ó aire a presión.

APLICACIÓN DE DESMOLDANTE EN LA CIMBRA METÁLICA : Consiste en aplicar una sustancia sólida parecida a la manteca dentro de las cimbras con una estopa para evitar que el concreto hidráulico se pegue a los moldes.

COLOCACIÓN DE ANCLAS ADENTRO DE LA CIMBRA : Estas anclas tienen un diámetro de 3/8 de pulg. en donde las anclas sirven para la colocación de los rieles; también se coloca insertos de neopreno ó perno de isaje para que la dovela puede tener movimiento en estos puntos de apoyo sin ningún problema.

COLOCACIÓN DE SEPARADORES Ó SILLETAS : Estos separadores sirven para garantizar el recubrimiento mínimo del concreto sobre el acero de refuerzo.

La cimbra metálica se cierra y se colocan unos pernos para asegurar que no habrá alguna fuga.

Los moldes metálicos tienen unas aberturas en donde es vaciado el concreto premezclado y también entran los vibradores para evitar que existan burbujas de aire.

El concreto premezclado que se usa en el colado de las dovelas tiene $f'c=250\text{kg/cm}^2$ con fraguado normal.

Más tarde se conecta el vapor que se genera para que comience el fraguado; en las primeras dos horas la temperatura de las cimbras es de 18° a 60° y después en las siguientes dos horas se mantiene la temperatura de 60° a 65° en este proceso las cimbras se tapan con una lona especial para mantener la temperatura constante; y con 4m³ de agua se obtiene cinco horas de curado.

Las siguientes dos horas sirven para bajar la temperatura lentamente pues podían afectarse la dovela con un cambio de temperatura muy rápido. Luego mas tarde se descimbran las dovelas.

4.16 USO DE DOVELAS

Las dovelas son transportadas de la planta al frente de excavación por medio de un carro el cual tiene una plataforma especial que es empujada por una máquina eléctrica y las dovelas son llevadas al tren de equipo auxiliar en donde son transportados por un polipasto para ser colocada en el piso y se va uniendo con otras dovelas las cuales se unen con una

junta de neopreno ya después se colocan en las anclas tornillos de 3/4 de pulg. para la colocación de la vía y el tren de equipo auxiliar pueda avanzar.

4.17 DOVELAS Y MARCOS METÁLICOS

La dovela es un elemento ó pieza de concreto precolado que sirve como revestimiento primario. La dovela en este caso ayudo a soportar toda la carga del tren auxiliar a través de vías. El soporte primario de la excavación estará formado por marcos metálicos combinados con dovelas (Foto 4.16).

Cuando las dovelas son colocadas en el piso y fijadas también se colocan marcos metálicos en forma de círculo. Cada marco metálicos está formado por cinco secciones el cual es armado in situ y la separación de los marcos metálicos depende de las condiciones del terreno. Si se encuentra escoria se coloca una malla metálica y sobre los marcos para que después venga un recubrimiento con concreto lanzado con una capa de 0.1m, pero si el terreno es roca sana tan solo se coloca dovela de piso con marco metálicos

CONCLUSIONES

Para distribuir mayor cantidad de agua potable en la ciudad de México fue necesario extender la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable, y la Ingeniería Civil se encarga de la planeación, construcción, operación y mantenimiento de estas obras.

Para la construcción del túnel #5 que tiene una longitud de 10789 metros y es una parte del Acuático, se usó un equipo capaz de construir túneles colocando a su vez el revestimiento primario.

El procedimiento de construcción con el método convencional para el túnel #5, se hubiera requerido abrir simultáneamente diez frentes de excavación aproximadamente; considerando que la excavación en zonas difíciles sería sumamente lenta y en muchos de los tramos se consideran avances promedio de 3 m/día. Siendo los avances de un equipo de túnelo integral casi diez veces mayores.

Por otra parte, para realizar la apertura de nueve frentes en la construcción del túnel #5 es necesario construir tres lumbreras, las cuales son innecesarias con la M.P.T. (Topo), siendo este aspecto de importancia en la economía de la obra.

Los objetivos al construir el túnel #5 con un equipo especializado (M.P.T.) son acortar tiempo de construcción, atacar la obra por un solo frente, reducir considerablemente las instalaciones para apoyo de construcción debido a que solo se contemplan tres accesos para el caso del topo (siendo dos de estas derivaciones obligadas) en comparación a los cinco accesos del método convencional (incluyendo las dos derivaciones), así se hace innecesaria la compra ó expropiación de terrenos para las lumbreras adicionales y se evita la construcción, mantenimiento de caminos de acceso, reduciendo drásticamente las instalaciones y servicios para personal tales como oficinas, comedores, almacenes, equipo de transporte y administración.

La operación y mantenimiento de la M.P.T. requiere de personal capacitado cuyo entrenamiento es relativamente en un tiempo corto, los puntos claves de un sistema con topo son:

El mantenimiento del equipo, principalmente debido a consumo y desgaste de cortadores, y una administración técnica que sea capaz de mantener en operación continua al sistema evitando problemas que van surgiendo y tomar las decisiones adecuadas con la suficiente anticipación de tal manera que los paros de los equipos sea minimizados.

Durante el proceso constructivo del túnel #5 la máquina túnelera tuvo un problema al estar excavando, pues se encontró con una bolsa de ceniza volcánica que a su vez contenía

grandes rocas de escoria y esto, provoco que la máquina túnelera se atascara produciendo un alto total a la obra; la solución que se dio a este problema consta de, los siguientes puntos :

a) Sacando la ceniza volcánica manualmente ocasionando que quedara un gran agujero sobre el topo, y este tuvo que ser reforzado con estructura de acero y concreto lanzado, con el fin de evitar derrumbes de rocas.

b) Se hicieron estudios geológicos con perforaciones en superficie y recuperación de cenizas, encontrando que cien metros adelante del topo existía un material combinado de ceniza volcánica y escoria provocando un cambio al proceso constructivo.

c) El proceso constructivo que se realizó fue un método mixto el cual consiste, en que la parte media superior del túnel se usara el método convencional y la parte media inferior del túnel se excavara con el topo. Este proceso se usará hasta pasar la zona de material combinado.

Al realizar este trabajo encuentre un gran panorama de la Ingeniería Civil observe como se le daba solución a los problemas que surgían en la obra, en varias ocasiones se reunían los Ingenieros y todos daban soluciones de acuerdo a su punto de vista para la solución del problema y después se tomaba la idea en la que todos concordaran para perfeccionarla. También conocí gente que trabajaba en obra y que tenía experiencia en la construcción, uno de ellos era un soldador que le apodaban el "oso" él estuvo trabajando en la presa Zimapán a veces me comentaba acerca de los trabajos que realizaba en aquel lugar los cuales pienso que eran muy interesantes. Llegue a conocer al mecánico que le daba mantenimiento a la máquina túnelera y en varias ocasiones me explicó cosas importantes acerca de su funcionamiento. Al estar en obra uno se da cuenta de la importancia de la Ingeniería y de las responsabilidades que se tienen lo cual me ayudo a entender que tengo que prepararme más.

A N E X O F O T O G R A F I C O

Nota : En el pie de fotografía, el primer dígito indica el número del capítulo en el cual se hace referencia, mientras que el dígito después del punto decimal, indica el número cronológico de la foto de dicho capítulo

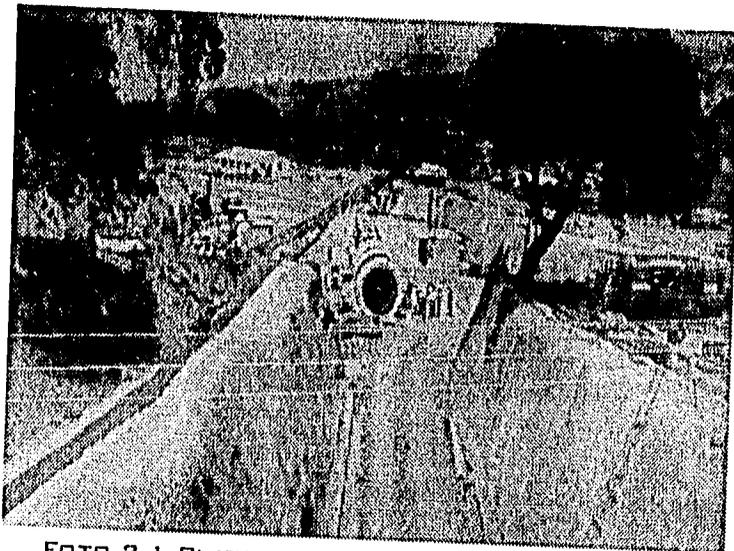


FOTO 2.1 PLATAFORMA DE ACCESO A LA MÁQUINA
PERFORADORA DE TÚNELES.

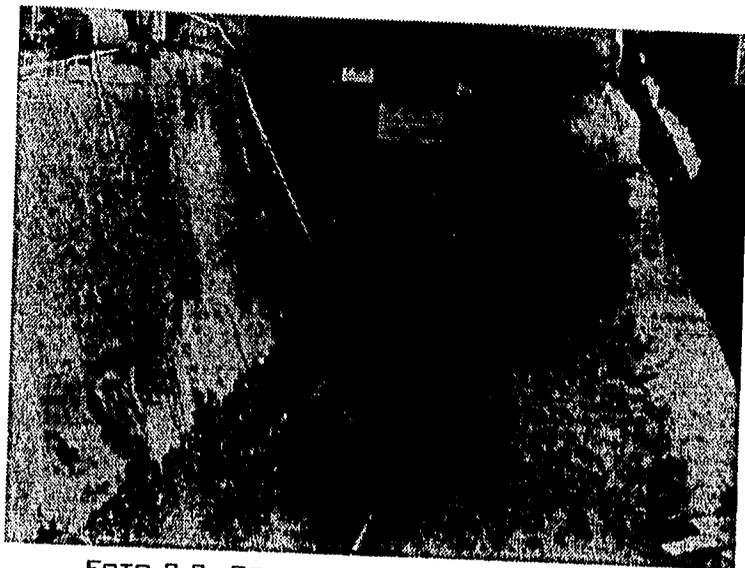


FOTO 2.2 PORTAL DE SALIDA DE LA CUARTA
DERIVACIÓN

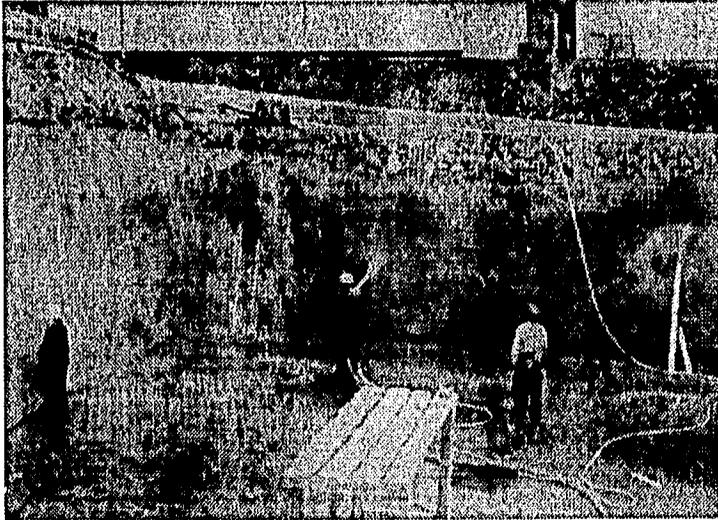
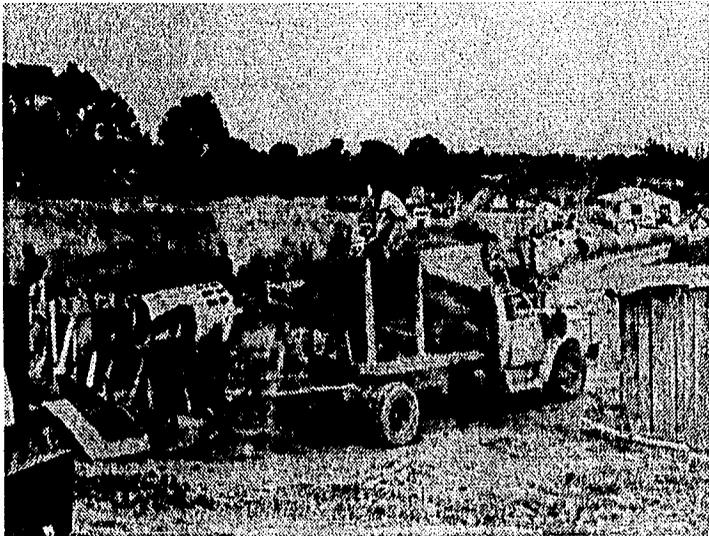


FOTO 2.3 REVESTIMIENTO PRIMARIO.



**FOTO 2.4 CAMIÓN LANZADORA DE CONCRETO CON
TOLVA Y MEZGLADORA INTEGRADA.**

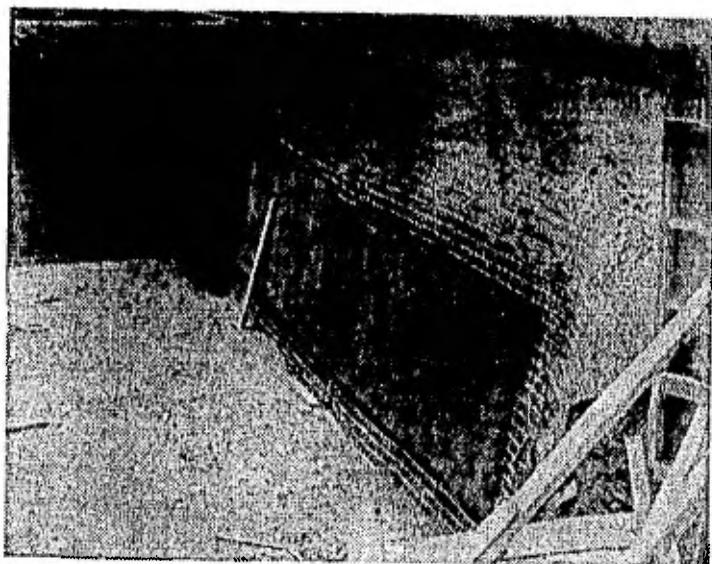


FOTO 2.5 LANZADO DE CONCRETO.



FOTO 3.1 CARGA DE EXPLOSIVOS DENTRO DE LOS BARRENOS.

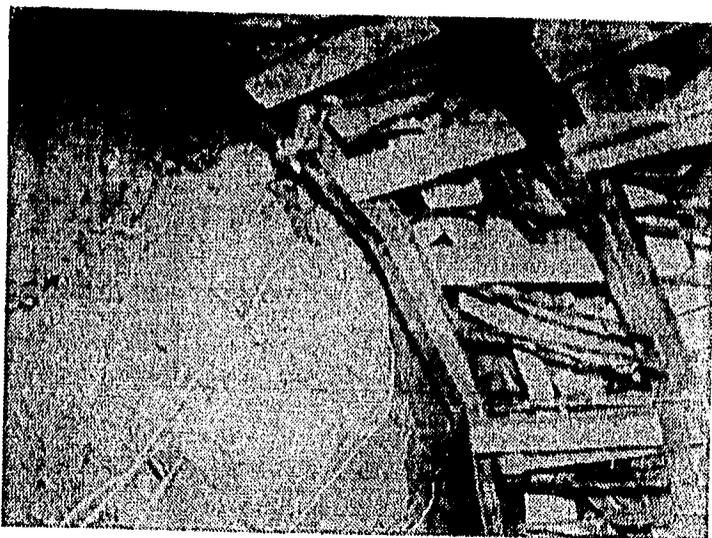


FOTO 3.2 CONEXIÓN DE LOS EXPLOSIVOS.



FOTO 3.3 RASTRA, APOYO DEL ARCO METÁLICO.



FOTO 3.4 ARCO DEL MARCO METÁLICO.



FOTO 3.5 RETAQUE DE MADERA.

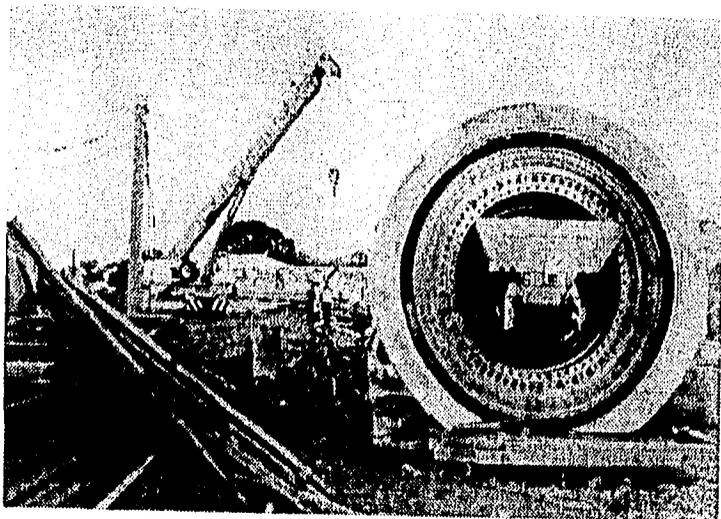


FOTO 4.1 BALERO PRINCIPAL.

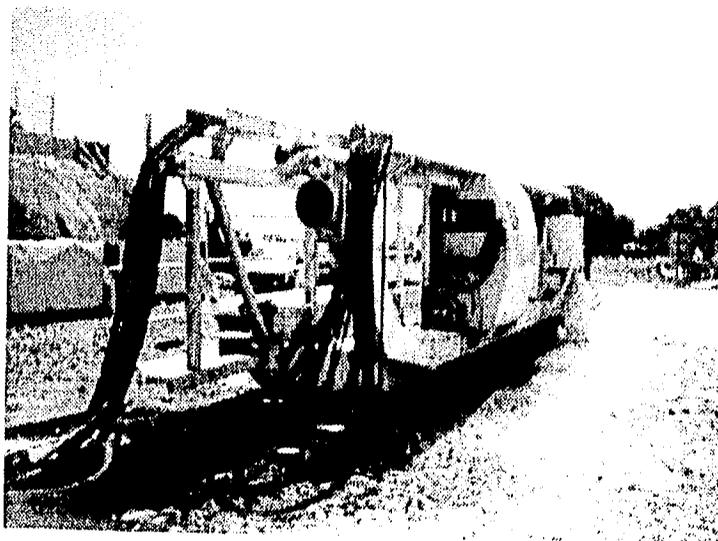


FOTO 4.2 CABINA DE CONTROL DEL LA M.P.T.

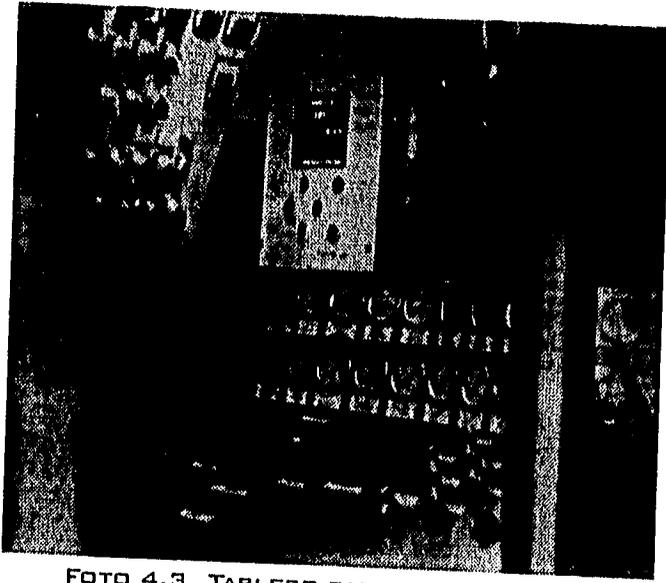


FOTO 4.3 TABLERO PARA CONTROLAR LA DIRECCIÓN DE LA MPT.

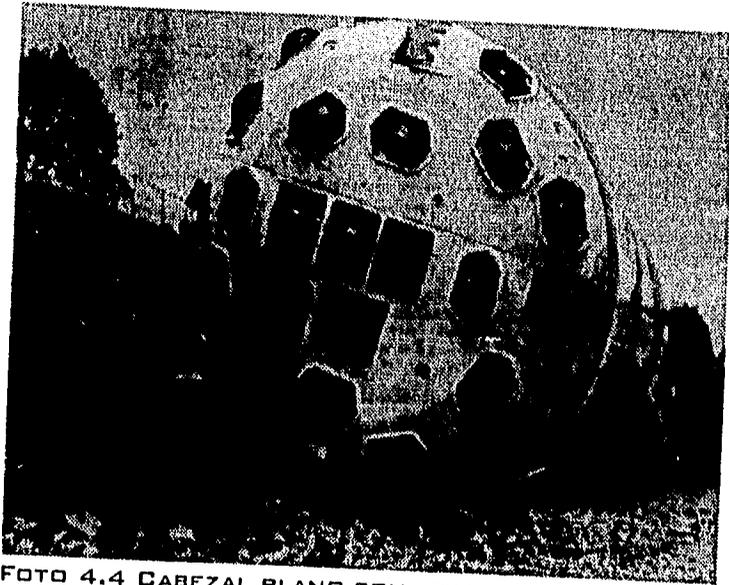


FOTO 4.4 CABEZAL PLANO CON CORTADORES DE DISCO.

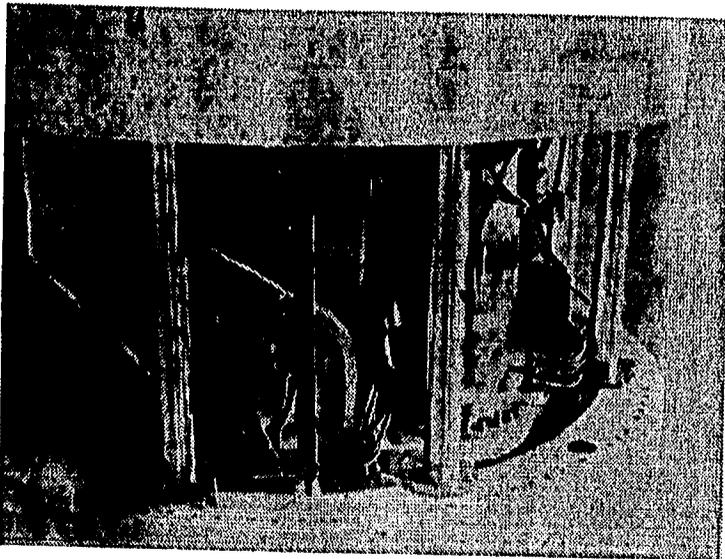


FOTO 4.5 MOTORES CON ROTACIÓN VARIABLE.

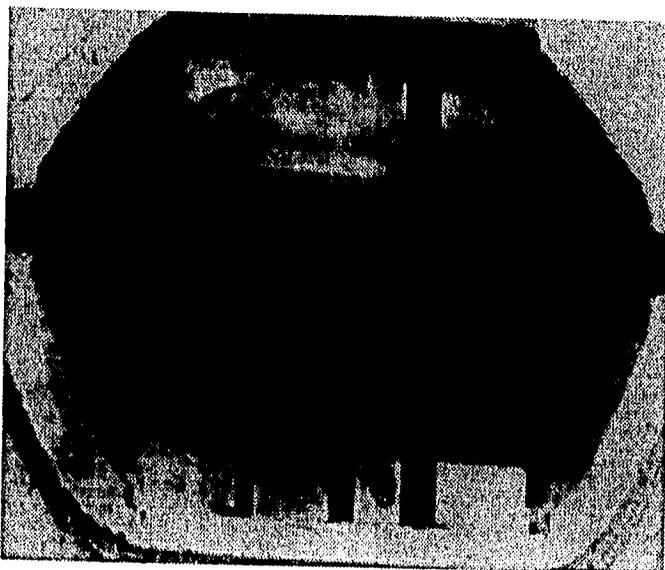


FOTO 4.6 DISCO CORTADOR.

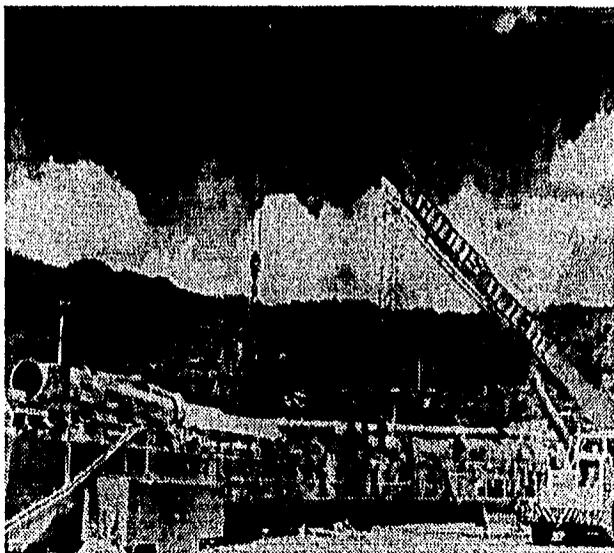


FOTO 4.7 TREN DE EQUIPO AUXILIAR.

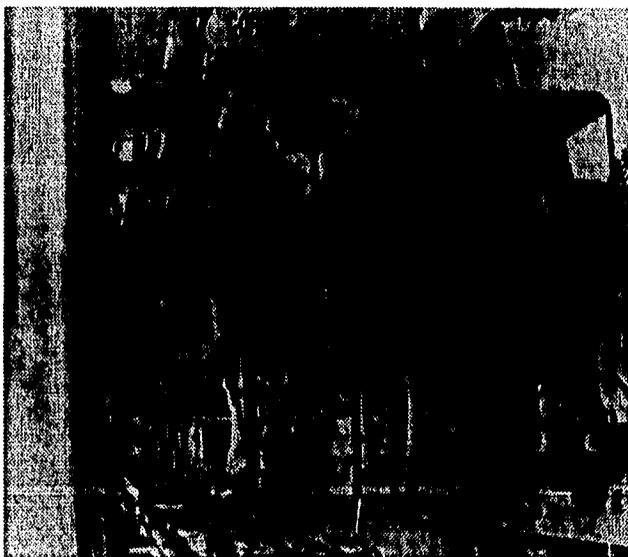


FOTO 4.8 VISTA INTERIOR DEL TREN AUXILIAR.

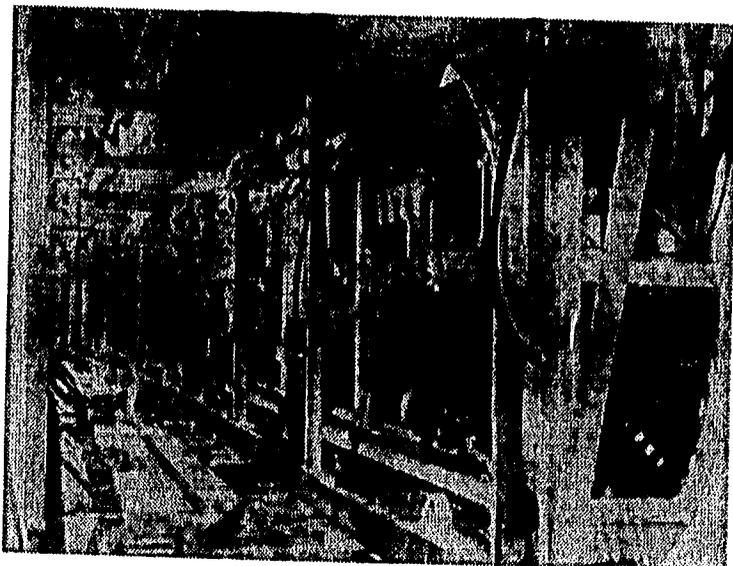
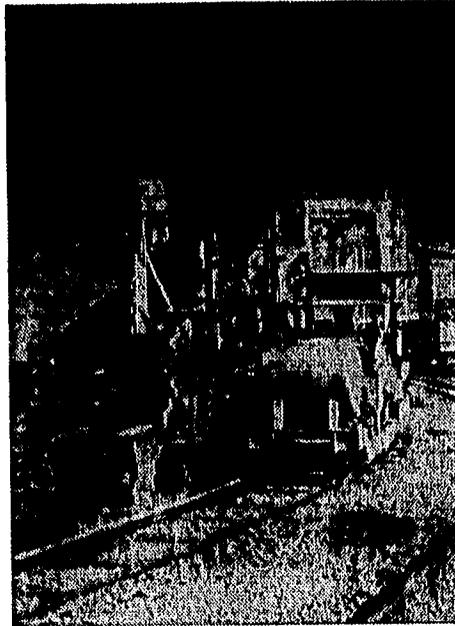


FOTO 4.9 RECIPIENTE DE ACEITE HIDRÁULICO.



FOTO 4.10 GABINETE DE EQUIPO ELÉCTRICO.



**FOTO 4.11 PLANTA DOSIFICADORA PARA
EL MEZCLADO DEL CONCRETO LANZADO**



FOTO 4.12 PLANTA PARA LA FABRICACIÓN DE DOVELAS.



**FOTO 4.13 VOLTEADOR DE VAGONETAS
DE REZAGUE.**



FOTO 4.14 DOVELA DE PISO.

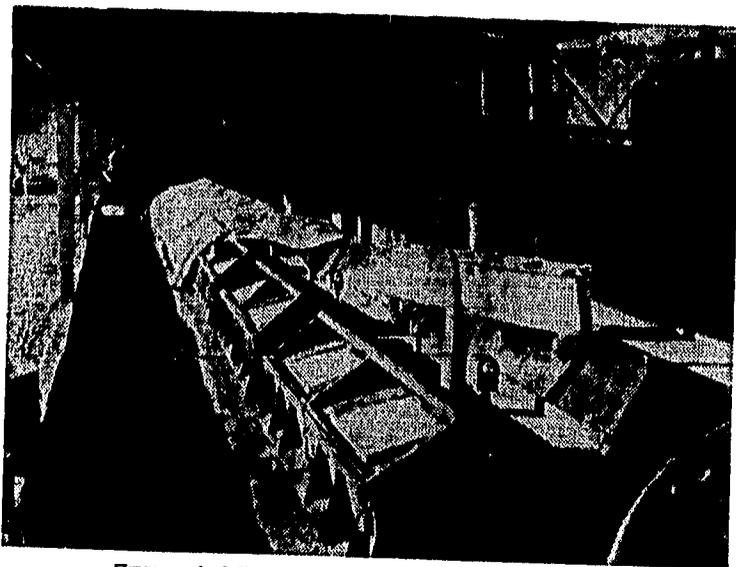


FOTO 4.15 FABRICACIÓN DE DOVELAS.

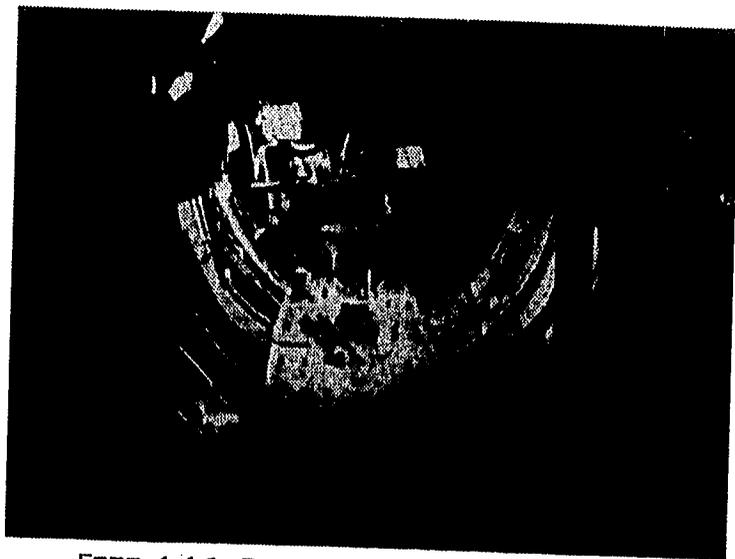


FOTO 4.16 DOVELAS Y MARCOS METÁLICOS.

BIBLIOGRAFÍA

Memoria

Programa de uso eficiente del agua, Octubre de 1994.

D.D.F., Secretaría General de Obras.

D.G.C.O.H.

D.G.C.O.H.

Acueducto Periférico-Ramal Sur.

D.D.F.; México 1984.

Concreto Lanzado

T.F. Ryan

I.M.C.Y.C.

Manual para el uso de explosivos

Du Pont

México 1991

Túneles; Planeación, Diseño y Construcción.

Megan y Bartlett.

Movimiento de Tierras.

Nichols.

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

Escudos y Topos / D.D.F. / México sin año.