



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCESO CONSTRUCTIVO Y ANALISIS DE LOS PRECIOS
UNITARIOS DE EXCAVACION Y REVESTIMIENTO DE UN
TRAMO DE TUNEL DE DOS VIAS PARA EL
METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

PASCUAL NAVARRO VELAZQUEZ



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.



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-313

Al Pasante señor PASCUAL NAVARRO VELAZQUEZ,
P r e s e n t e .

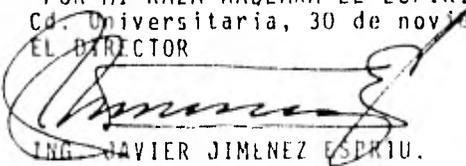
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Fernando Favela Lozoya, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROCESO CONSTRUCTIVO Y ANALISIS DE LOS PRECIOS -
UNITARIOS DE EXCAVACION Y REVESTIMIENTO DE UN --
IRAMO DE TUNEL DE DDS VIAS PARA EL METROPOLITANO
DE LA CIUDAD DE MEXICO"

1. Introducción
2. Proceso Constructivo
3. Elaboración de costos básicos para el análisis de Precios Unitarios
4. Análisis de los Precios Unitarios
5. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A l e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 30 de noviembre de 1981
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU.

I N D I C E

	<u>Página</u>
I) INTRODUCCION	1
II) PROCESO CONSTRUCTIVO	6
A) Preliminares	6
1) Estudios Geológicos	6
2) Estudios Topográficos	6
3) Programación	6
4) Sistemas de Control	7
5) Energía Eléctrica	7
6) Control de Equipo	7
7) Taller Mecánico Central	7
8) Instalaciones Exteriores	8
9) Sistemas de Comunicación	8
10) Contratación de Personal	8
B) Excavación y Revestimiento en Lumbreras	8
1) Prólogo	8
2) Excavación de Lumbreras en Limos y Arcillas	9
3) Excavación en Estratos más resistentes ó rocas	21
4) Revestimiento de Lumbreras con Cimbra Deslizante	31
5) Instalaciones en Lumbreras	31
C) Trabajos Topográficos	36
1) Bajada del Trazo Superficial	36
2) Ubicación del trazo en el interior del Túnel	43
3) Orientación de líneas en el interior del Túnel	43
4) Bajada de Nivel	46
D) Excavación en Túneles	46
1) Métodos de Ataque	46
2) Rezaga del Material Producto de la Excavación	49
3) Proyección del Túnel excavado por medio de Ademe	55
4) Instalaciones en el Túnel	60
E) Revestimiento en túneles	60
1) Concreto	60
2) Bajada de Concreto	60
3) Carga y Transporte en el Túnel	63
4) Colocación definitiva del Concreto en el Cimbra	63
5) Cimbras para revestimiento del Túnel	63
6) Revestimiento de un tramo de Túnel, de dos vías para el Metro	64

	<u>Página</u>
F) Inyecciones entre el Revestimiento y el Terreno Natural	69
III) ELABORACION DE COSTOS BASICOS PARA EL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	70
A) Generalidades	70
B) Precios Unitario	70
1) Elementos del Precio Unitario	71
2) Costo directo por Mano de Obra	72
3) Costo directo por Equipo	74
4) Costo directo por Materiales	77
IV) ANALISIS DE LOS PRECIOS UNITARIOS	79
1) Datos Básicos	79
2) Análisis del Precio Unitario de excavación de un Túnel de dos vías para el Metropolitano de la Ciudad de México	80
3) Análisis del Precio Unitario de revestimiento de un Túnel de dos vías para el Metropolitano de la Ciudad de México	96
V) CONCLUSIONES	103
Bibliografía	104

1) INTRODUCCION

Podemos considerar que el transporte aparece con el hombre y que el intercambio de bienes y servicios originó el desarrollo de la transportación.- Este es un fenómeno económico y social que se ha vuelto sumamente complejo en el Distrito Federal.

Actualmente el Distrito Federal es una de las Ciudades más pobladas del mundo, con un gran incremento demográfico. Además hay que sumar la gente-económicamente activa que no radica en el D. F., sino en zonas adyacentes, que ha ido formando un cinturón en toda su periferia.

También se han estado estableciendo gran número de empresas, todo esto hace que la ciudad crezca en forma acelerada y desordenada, al grado de que ya no se sabe donde termina el D. F. y principia el Estado de México.

Por lo que se presentan graves y crecientes problemas de transporte y con gestionamiento de tránsito, lo que motiva constante preocupación y estudios destinados a encontrar las posibles soluciones.

En un principio los tranvías fueron el medio de transporte más usado en la Ciudad de México.

Posteriormente fueron desolazados y sustituidos por autobuses y trolebuses.

Después llegó el momento en que fueron insuficientes y se complementaron -- con el servicio de peseros.

Cada nuevo servicio de transporte resultó ser un auxilio del problema, pero no logró resolverlo eficazmente.

Por lo tanto se tuvo que estudiar la posibilidad de construir un sistema de transporte de grandes masas, con vía libre, operando con trenes eléctricos y coordinado con los servicios de autobuses, trolebuses, tranvías, y colectivo ó "peseros" para solucionar el problema de transporte y el de congestionamiento de tránsito.

Se tuvo que estudiar, la posibilidad técnica de la obra, el financiamiento para realizarla, los medios existentes de transporte, los problemas de transporte en el futuro, las soluciones que se han dado a problemas similares, en otras ciudades del mundo, cuales eran las necesidades de movimiento actual y futura, de pasajeros, la localización de la población ac-

tiva, los diferentes tipos de equipo, los procedimientos constructivos para túneles profundos, el sistema de construcción subterráneo a baja profundidad con muros colados en el lugar, la construcción a nivel superficial, los costos de todas las soluciones constructivas, financiamiento externo y recuperación de las inversiones por medio de las tarifas.

Después de hacer todos estos estudios se llegó a la conclusión de que el sistema de transporte masivo, que resolvía los problemas de transporte y congestión de tránsito, era el tren subterráneo, con algunos ramales superficiales, abaratando así el costo de la obra.

La construcción del metropolitano tiene como objetivo principal las siguientes metas:

Anorrar tiempo de transporte, reducir el mínimo los transbordos, aumentando la velocidad media de transporte, ya que sólo con rapidéz confort y seguridad se puede competir con los demás medios de transporte y así convencer al automovilista de que use el metro y deje el medio individual de transportación, logrando con esto sustraer un gran porcentaje de tránsito, mejorando el transporte superficial y evitando gran número de accidentes.

Con el metro se busca tener recorridos con perfecta puntualidad, sin los problemas a que está sujeto el tránsito en superficie, ya que mientras el metro tiene una velocidad comercial de 35 km. por hora, los transportes superficiales apenas llegan a 11 km. por hora, además un operador de autobús transporta un promedio de 60 pasajeros, mientras que un operador de un convoy del Metro transporta 1,500 pasajeros.

Las líneas del Metro deben ligarse con las corrientes establecidas de circulación, sobre las que transitan diariamente los mayores volúmenes de pasajeros y cubrir las zonas de mayor densidad demográfica.

Se debe permitir un cercano y fácil acceso a las estaciones del Metro a los usuarios, siendo éstas funcionales para que haya rapidéz en las operaciones que tengan que realizarse y causen el mínimo de molestias al pasajero, por lo tanto deben estudiarse varios factores para construir las "estaciones" del Metro.

Principalmente factores para la localización de una estación

1) Concentraciones humanas.

Es importante tener una estación cerca de centros de importante apor-

tación de usuarios.

2) Transporte superficial

Esto requiere de puntos ó bocas alimentadoras, a las cuales va a llegar el transporte superficial, llevando personas que harán transferencia con el Metro.

3) Espacios para terminales o paraderos de autobuses y estacionamientos

Intimamente ligado con el punto anterior, está el de conseguir a lo largo de la ruta y en determinadas estaciones, las de cabecera principalmente, espacios libres para terminales de autobuses y estacionamiento de automóviles.

4) Promoción de obras viales y de obras arquitectónicas

Se presentan casos, en que la construcción de una estación provoca cambios tales, que se crea la necesidad de tomar las medidas, para propiciar la creación de centros de distribución vial, unidos a centros comerciales, que van haciendo grandiosa la obra por sus beneficios y proporciones.

5) Plano regulador

Es necesario que al localizar una estación, se tomen en cuenta las obras proyectadas en su cercanía, ó aprovechando la estación, proyectar las obras.

6) Uso de la tierra

El valor catastral, la importancia de las construcciones y otros factores semejantes, deben tomarse en cuenta para la construcción de una estación.

7) Espacios disponibles para accesos

Un acceso de estación debe ser lo suficientemente amplio y con la ubicación más cómoda para el usuario.

8) Distancia inter-estación

La distancia operacional y de recursos con que cuenta la Ciudad de México es de 600 a 750 m.

9) Factibilidad Técnica por trazo

La configuración planimétrica de la ciudad y la necesidad de ubicar

el trazo del Metro debajo de arterias existentes, sopena de plantear la necesidad de expropiación, limita el trazo del Metro y la posición de las estaciones.

10) Factibilidad técnica por procedimientos constructivos

Es un factor que puede resultar de peso fundamental para aceptar una u otra alternativa.

11) Afectaciones a instalaciones municipales

Existen muchas de ésta en el sub-suelo de la ciudad, como teléfonos, alumbrado, colectores, red de agua potable, etc. lo que puede ser -- muy costoso desviarlas y complicar el proceso constructivo.

12) Afectaciones temporales

Son las que se realizan sólo durante la construcción de las estaciones.

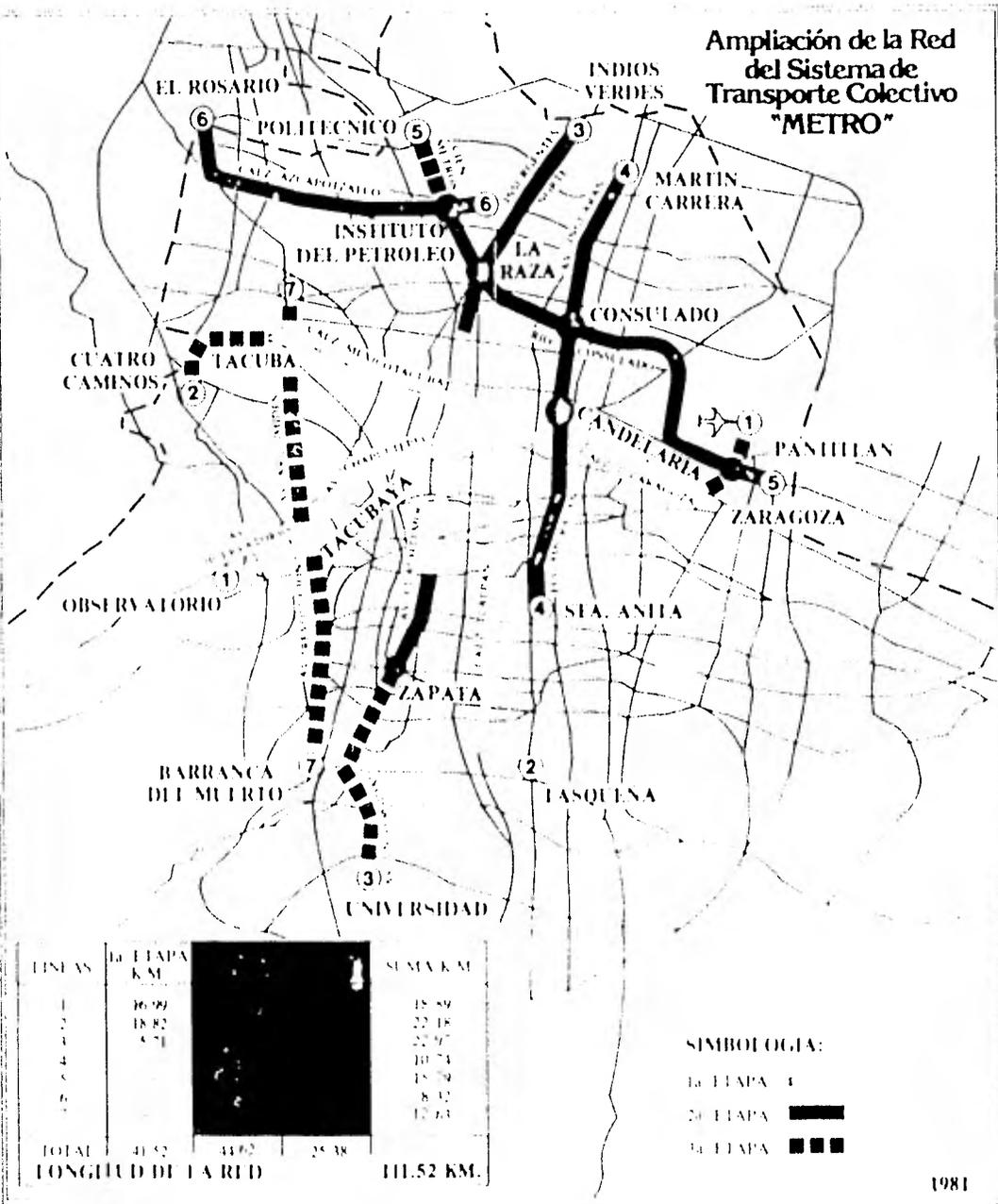
Los trabajos del Metro se iniciaron en Junio de 1967, con una longitud de 41.52 Km. en 3 líneas con 48 estaciones, que transportaban 1'550,000 pasajeros diariamente. La construcción tardó 5 (cinco) años y tuvo un costo de 378'000,000 de dólares. Esta es la primer etapa de la construcción del Metro.

Actualmente hay contruidos 70 Km. en 7 (siete) líneas, con 102 estaciones, que transportan 6'500,000 pasajeros diariamente. En esta segunda etapa se completarán 86.14 Km. de longitud de Metro.

En la tercer etapa se construirán 25.38 Km. que se tiene planeado terminar en 1982, para tener una red de 111.52 Km. de longitud. En la siguiente figura podemos ver el plano de las líneas del Metro.

De estos 111.42 Km. de longitud de líneas del Metro, sólo 14.5 Km. serán -- de túnel profundo.

Ampliación de la Red del Sistema de Transporte Colectivo "METRO"



LINEAS	1a ETAPA K.M.	2a ETAPA K.M.	3a ETAPA K.M.	SUMA K.M.
1	16.99			16.99
2	18.82			18.82
3	8.51			8.51
4				22.97
5				10.74
6				18.79
7				8.32
TOTAL	41.52	41.62	25.38	111.52 K.M.

SIMBOLOGIA:
 1a ETAPA — (thin line)
 2a ETAPA — (thick line)
 3a ETAPA — (dashed line)

11) PROCESO CONSTRUCTIVO

A) Preliminares

Aún cuando éste trabajo trata de la excavación y revestimiento, se hace una breve explicación de todo el proceso necesario para la construcción de un Túnel.

1) Estudios Geológicos

Algo muy importante, en los estudios preliminares en túneles, son las exploraciones geológicas, para así poder determinar las cargas que actúan sobre el túnel. Una vez determinadas las cargas, se deciden el tipo de ademe, sistemas de construcción que serán utilizados y selección de equipo.

2) Estudios Topográficos

En todo tipo de túneles, es indispensable conocer la dirección -- real de los ejes, en que van apoyadas las excavaciones, que posteriormente se deben comunicar.

Con el auxilio de un giróscopo, se procede a encontrar todos los rumbos geográficos, de todas las líneas interlumbreras y posteriormente pasarlas al interior del túnel al iniciarse la excavación.

3) Programación

Para poder hacer un programa, es necesario tener un conocimiento de lo que se va a realizar. Por eso es importante conocer principalmente:

- a) Longitudes por excavar
- b) Tipo de secciones por excavar
- c) Número de lumbreras por excavar
- d) Tipo de suelo por excavar
- e) Rendimientos probables
- f) Equipo por utilizar

g) Estadísticas y experiencias anteriores

Con los datos anteriores se establecen los programas de trabajo.

4) Sistemas de control

Una vez establecidos los programas de trabajo, es necesario mantener una estrecha comunicación, entre la Gerencia y la Obra, para poder comparar los avances reales con los teóricos del programa y si es necesario, tomar las medidas de corrección pertinentes

5) Energía Eléctrica

Como la Energía Eléctrica es indispensable, en éste tipo de trabajos, se requiere que nunca falte. Para esto se solicita a la Compañía de Luz ó se instalan centrales generadoras. Además es necesario tener centrales generadoras de emergencia.

Para el aprovechamiento de la Energía Eléctrica se instalan subestaciones, cerca de cada lumbrera.

Se establecer almacenes de servicio continuo con las debidas existencias, para garantizar el correcto funcionamiento en el sistema de alimentación, distribución, generación y aprovechamiento de la Energía Eléctrica.

6) Control de Equipo

De acuerdo con el programa de trabajo, se verificará si el equipo existente es suficiente, en caso contrario se analizará si es pertinente comprarlo ó rentarlo.

7) Taller Mecánico Central

Como en una obra grande interviene gran número de equipo y de diferentes tipos hay que hacer muchas reparaciones mecánicas que no son posible efectuar en la obra, siendo indispensable un taller mecánico central.

8) Instalaciones Exteriores

Cuando se hace la excavación de un Túnel es necesario hacer varias - instalaciones, cerca de la boca de la lumbrera, como son: casetas para oficinas, baños, vestidores, taller mecánico para reparaciones menores, talleres eléctricos, de soldadura y de carpintería; subestación, torre para el malacate de manteo, silos para cemento y agregados, tanques para agua y aire, malacate neumático, tolvas y algunas otras instalaciones que se requieran.

9) Sistemas de Comunicación

Como es indispensable una buena comunicación entre: frente de ataque y superficie, oficinas y unidades móviles, lumbreras, Gerencias, etc., se requiere de sistemas de comunicación adecuados en toda la obra.

10) Contratación de Personal

Por todos los puntos ya explicados, se verá que se requiere de un número personal y de diferentes especialidades.

Basándose en los programas de trabajo, se calculará aproximadamente el personal que se necesite y en el momento adecuado.

B) Excavación y Revestimiento en Lumbreras

1) Prólogo

Estos accesos llamados lumbreras, sirven para que a través de ellos - se realicen todas las operaciones necesarias para la construcción del Túnel, como son:

- a) Barrenación
- b) Poblado
- c) Tronado
- d) Ventilación
- e) Bombeo
- f) Rezaga
- g) Ademado
- h) Armado

- i) Cimbrado
- j) Revestimiento
- k) Instalaciones Eléctricas de Aire y de Agua
- l) Traslado de Equipo
- ll) Acceso de Personal

El revestimiento de las lumbreras es de concreto armado, con un espesor de 50 cm, $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, cemento tipo 1

En general, se puede decir que los procedimientos de construcción para el ataque de lumbreras, se diferencian según el tipo de terreno donde están construídas. Se pueden dividir en dos grandes grupos:

- a) Procedimientos de construcción para lumbreras en arcillas y limos.
- b) Procedimientos de construcción para lumbreras en estratos más resistente ó rocas.

Existen varios procedimientos y a continuación veremos algunos.

2) Exvación de Lumbreras en Limos y Arcillas

- a) Técnica Solum

Esta técnica comprende tres pasos:

- a-1) Primero se marca en el terreno el centro de la lumbrera y el perímetro del revestimiento, se subdivide el área en seis partes iguales, cada una subtendiendo un ángulo de 60° y se procede a hacer perforaciones de 60 cm. de diámetro hasta la profundidas requerida, en un sector anular. Las perforaciones se separan entre sí 60 cm, siempre dejando una parte del terreno de éste sector sin perforar. Todo es estabilizado por medio de bentonita y una vez terminada la perforación se procede a la extracción del material remanente por medio de una almeja, siempre reemplazando el material extraído por partes iguales de bentonita. Terminado de excavar este primer sector anular, se procede a colar y se continúa el procedimiento de excavación y colado con el Sector II, tal como se muestra en la figura No. 1, y después con el Sector V y así sucesivamente hasta terminar con la excavación y revestimiento de las paredes de la lumbrera.

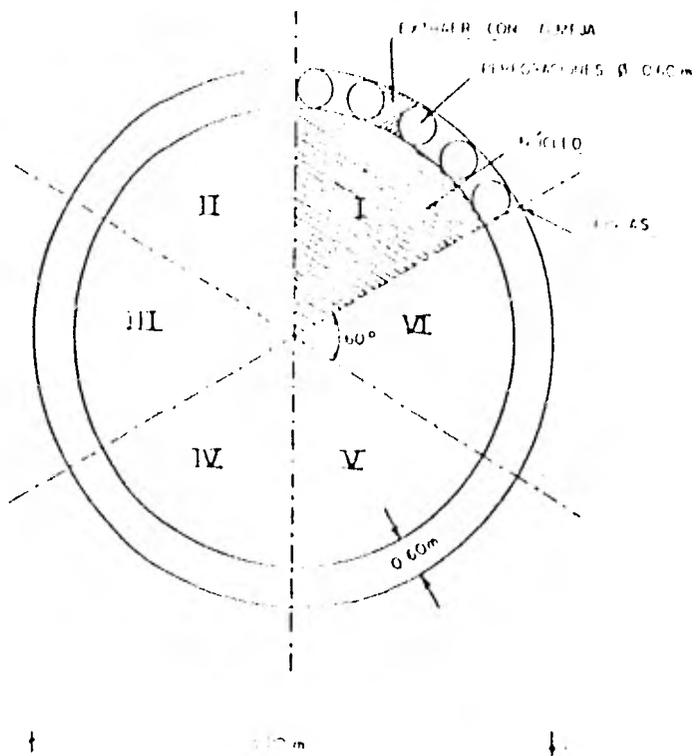


FIGURA NO. 1

- a-2) Para proceder al colado de los sectores anulares, previamente excavados se hace bajando el armado e inyectando concreto desde el fondo a través de un tubo trenie, el cual desplaza al bentonita por diferencia de densidades, posteriormente se excava el núcleo con almeja hasta la profundidad, que de acuerdo con los cálculos de Mecánica de Suelos, no se presentan expansiones en el fondo, debido a la descarga del suelo. Cuando se llega a este nivel, como se ve en la figura 2, se empieza a reemplazar el peso del material excavado por un volumen equivalente de agua, para evitar el bufamiento, se continúa la excavación del núcleo de la lumbrera, extrayendo el material debajo del agua, hasta llegar a la profundidad deseada.
- a-3) Inmediatamente después de terminar la excavación se procede a colar un fondo de concreto, a forma de tapón ó plantilla y se deja fraguar. Posteriormente se limpia el azolve y se baja una parrilla de armado para colar un segundo fondo bajo el agua. Posteriormente se extrae el agua de la lumbrera y se calafatea el tapón de fondo. -- Después se procede a colar el fondo definitivo de concreto armado, perfectamente anclado a los muros de revestimiento de la lumbrera, como se ve en la figura 3.

b) Técnica Estrella

Esta técnica consiste en lo siguiente:

Una vez localizado el centro de la lumbrera se procede a colar dos brocales, uno exterior y otro interior, de menores dimensiones tomando un polígono de 16 lados, tal como se muestra en la figura 4.

El brocal interior es sólo para marcar perfectamente bien los límites del revestimiento y evitar deslaves del terreno. Posteriormente se perfora el material hasta la profundidad requerida, con un diámetro de 45.7 cm. y solamente en las uniones de los lados de la poligonal, hasta completar el círculo. El material que queda entre una perforación y otra era extraído por medio de una almeja y reemplazado por lodo bentonítico, y así sucesivamente hasta completar la excavación en donde posteriormente iría el reves-

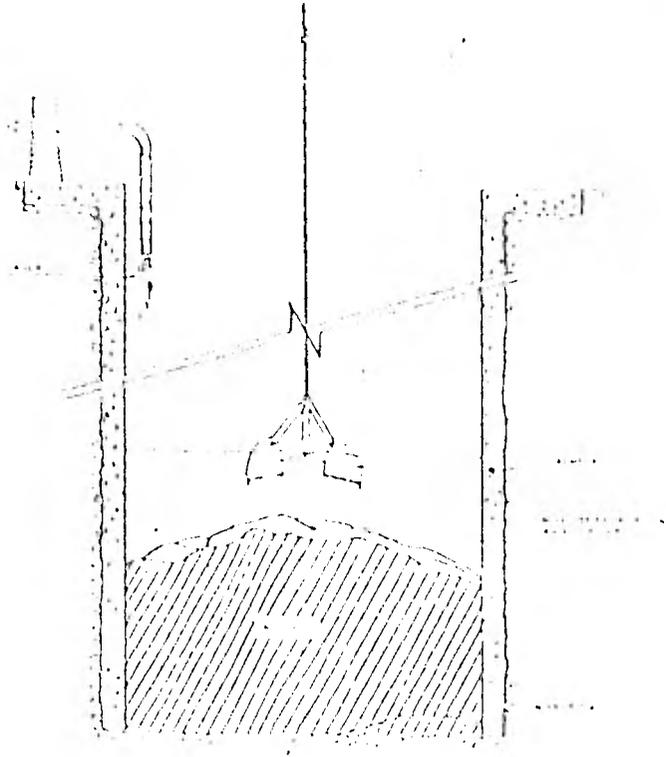


FIGURA NO. 2

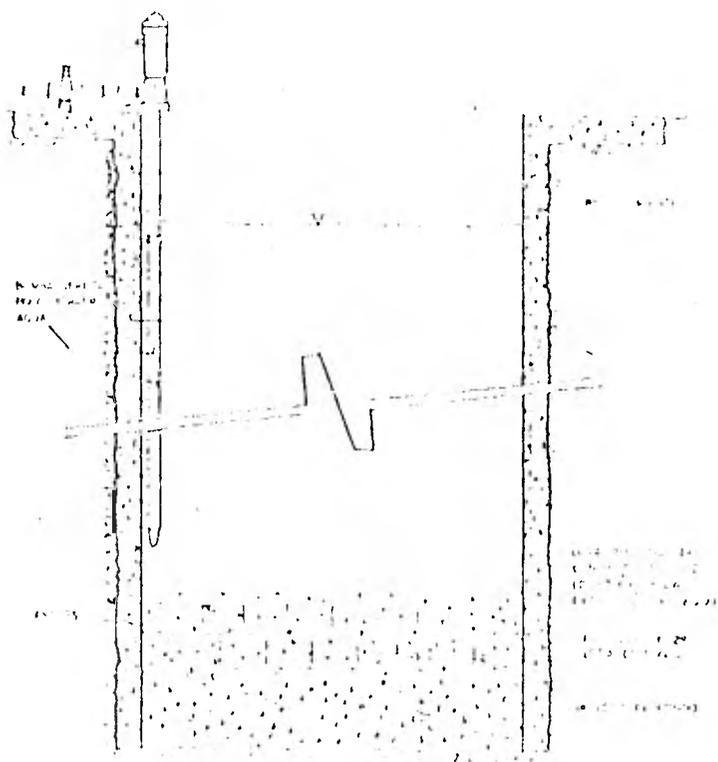


FIGURA NO. 3

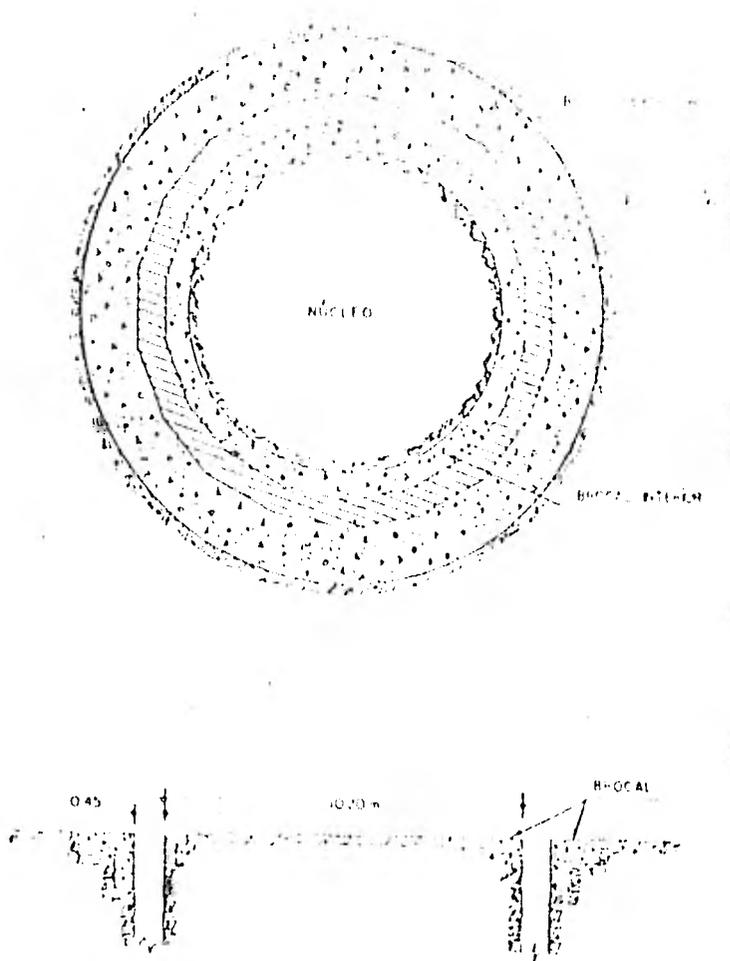


FIGURA NO. 4

timiento. Lo anterior se explica gráficamente en la Figura 5.

Terminada la excavación perimetral se rompe el brocal interior para poder extraer el núcleo mediante el uso de una almeja, estabilizando las paredes con bentonita recirculada y con un contraoal muy riguroso de densidad, como se ve en la Figura 6.

Posteriormente, habiendo completado toda la excavación, se coloca una estructura de acero en forma de tanque cilíndrico invertido, el cual queda perfectamente bien anclado en el brocal de la lumbrera por medio de una ménsula unida con tornillos a ambas partes. Inmediatamente después, se coloca el fondo propiamente dicho de la lumbrera con una forma especial, quedando apoyado el revestimiento sobre la estructura y ésta a su vez, sobre el brocal. La Estructura sirve como cámara de flotación ya que está perfectamente sellado contra fugas y tiene además, unas preparaciones donde se han colocado válvulas para permitir la salida del aire. Todo esto se explica gráficamente en la Figura 7.

La priemra parte del revestimiento es sostenida por la estructura de acero y nivelada por medio de 4 plumas colocadas en el brocal de la lumbrera.

Para ésto se dejan ahogadas en el concreto una anclas de donde se engancha el puntero de la pluma, accionada por medio de un malacate.

Para el proceso de bajar el revestimiento se hace de la siguiente forma: Una vez que se tiene colada la parte inferior del revestimiento, se inyecta aire a presión en la estructura para poder desplazar la lechada de bentonita que se encuentra dentro de la misma y permitir que suba para poder retirar las anclas de soporte, para continuar con el hincado de la estructura y revestimiento por medio de la adición de los tramos de lumbrera y extracción paulatina del aire en el interior de la estructura. Las plumas tiene la función de evitar un deslizamiento incorrecto del revestimiento ya que el descenso del mismo debe ser tal, que éste acorde con el fraguado de las formas anteriores.

Conforme se hinca el revestimiento, la bentonita es desplazada por la holgura que existe entre la pared de la excavación y el paño in-

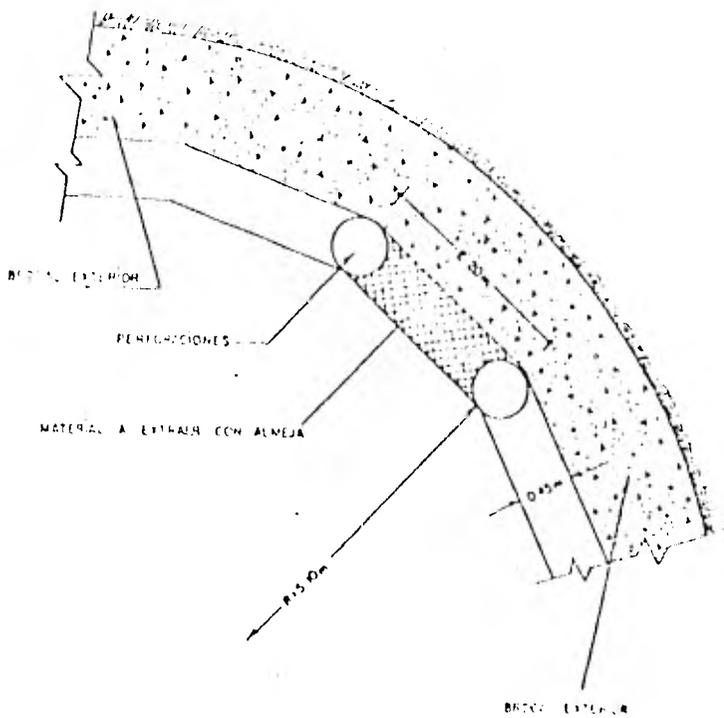


FIGURA NO. 5

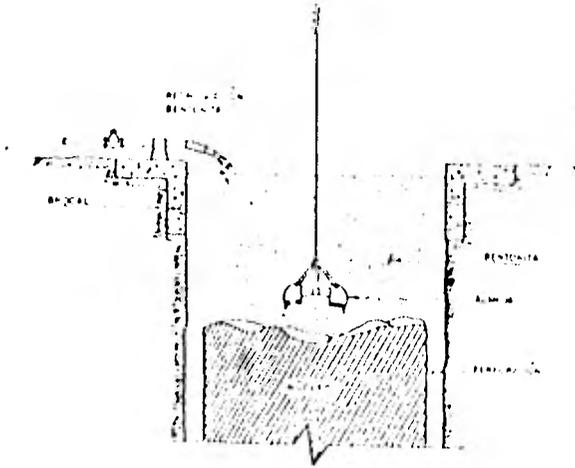


FIGURA NO. 6

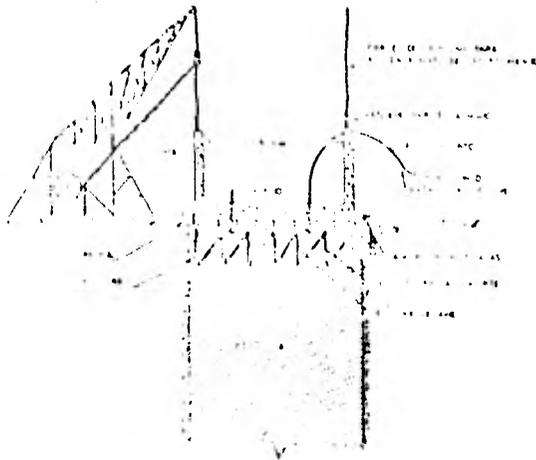


FIGURA NO. 7

terior del revestimiento la que es recolectada por medio de canales construídas en el brocal.

Una vez terminado de hincar todo el revestimiento se inyecta concreto a la estructura por las preparaciones que existían para extracción ó inyección de aire, logrando con esto un mejor asentamiento del fondo de la lumbrera. También el revestimiento se liga al terreno por medio de pilotes horizontales de concreto armado, como se ve en la Figura 9, terminados en punta de sección cuadrada de 30 cm. X 30 cm. X 30 m. de longitud, insertadas en unas preparaciones previamente hechas en el revestimiento, además está unido al brocal por medio de 8 traveses de concreto armado de 70 cm. X 1.50 m. X 12 m. de longitud. En la holgura que queda entre el revestimiento y la pared de la excavación se inyecta suelo-cemento hasta extraer toda la bentonita y dar así mejor rigidez al conjunto.

c) Técnica Túnel

Este procedimiento se ejecuta en limos y arcillas en los cuales no se presenta la falla de fondo, localizado y trazado el eje y radio de la lumbrera, se excava hasta la profundidad de 2 m., procediéndose a armar y colar el brocal de una pieza.

Después de 2 m. se excava con martillos neumáticos. Con ésta herramienta se abre el espacio para que entre una dovela, según Figura 8 y así sucesivamente hasta completar un anillo, de los que van formando el ademe de la lumbrera. Cada anillo de dovelas se va anclando al terreno, y cada 3 anillos se coloca un tapón en el fondo para proceder a la inyección de lechada de cemento y acelerante, llenando las cavidades que existen entre dovelas y terreno.

Para la extracción de rezaga, bajada y colocación de las dovelas se utiliza una grúa.

Si hay filtraciones, previamente a la excavación de la lumbrera, se perforan pozos, cerca del perímetro exterior de la lumbrera, para el abatimiento del nivel freático y control de filtraciones, lográndose así una excavación en seco. Estos pozos funcionan durante to-

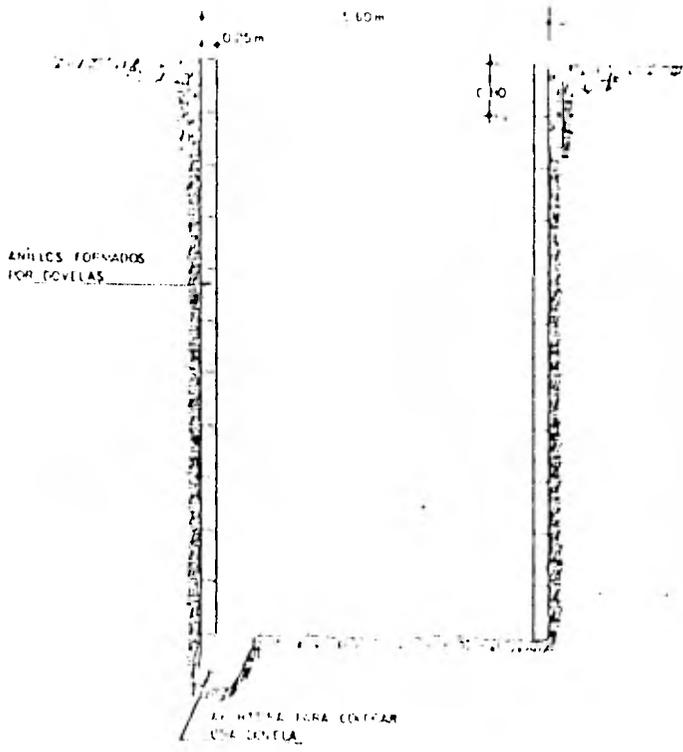


FIGURA NO. 8

da la excavación de la lumbrera.

3) Excavación en Estratos más Resistentes ó Rocas

La excavación de lumbreras en este tipo de material, el procedimiento es similar al del punto anterior y si el material es muy duro se hace necesario el uso de explosivos, usandose varios diagramas de barrenación, dependiendo del grado de fracturación deseado. En las Figuras - 15, 16, 17 y 18 se muestran algunos diagramas de barrenación.

La barrenación se hacer con perforadoras de piso, Figura 19, usando - barras de acero integral de 2.22 cm. (7/8") de diámetro y de 0.80m. 1.60 m. y 2.4 m. de longitud.

En lumbreras excavadas en zona urbana se usa el diagrama de barrenación de la Figura 18. En este diagrama nunca explotan más de 6 estopines al mismo tiempo, equivalente a 2.5 Kg. de dinamita.

La cuñas de "V" nunca se utilizan al inicio de la excavación de las lumbreras, pues a pesar de que se coloca una malla ciclón de 5 X 5 cm. el material de la cuña es capaz de romper dicha protección, para profundidades mayores de 40 m. sí es recomendable el uso de la cuña en "V".

Las cuñas en paralelo no causan éste problema.

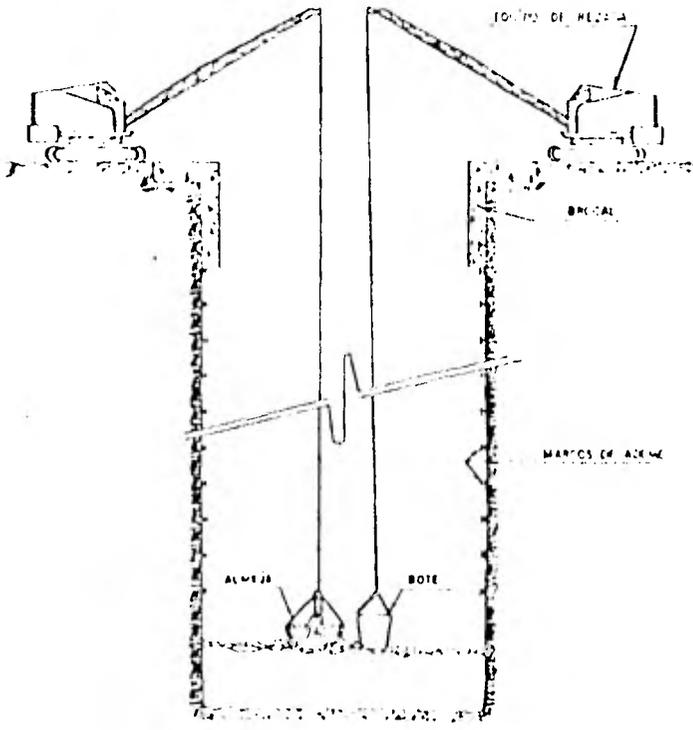
La extracción de la rezaga se usa en los primeros 25 m. con una grúa a partir de ésta profundidad se instala la torre de manteo, tolvas, botes, malacate de manteo y demás accesorios necesarios, como se muestra en las Figuras 10 y 11. Respecto al equipo usado para la carga de la rezaga hay gran diversidad.

A continuación mencionamos algunos:

- a) Carga a mano (FIGURA 12)
- b) Carga con rezagadora (FIGURA 13)
- c) Carga con Burmac, S-180 (FIGURA 14)
- d) Carga con traxcavo, con descarga lateral

Para ademar las lumbreras excavadas con cualquiera de los dos métodos anteriores se siguen dos métodos:

EXCAVACIÓN DE LUMBRERA
1ª ETAPA



REZAGADO CON ALMEJA O BOTE.

FIGURA NO. 10

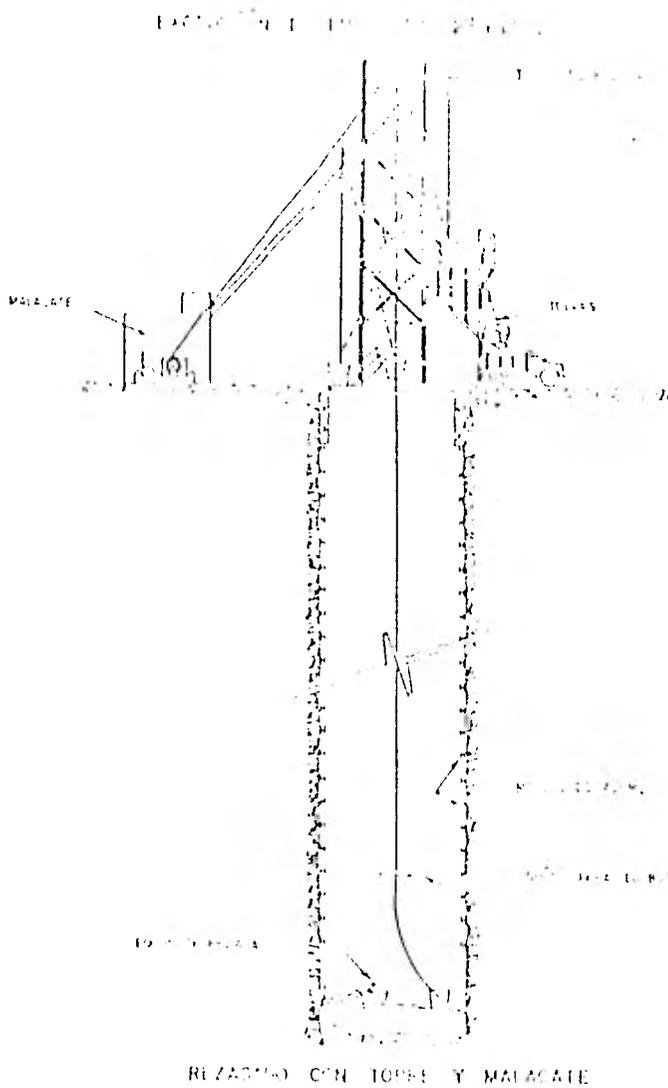


FIGURA NO. 11.

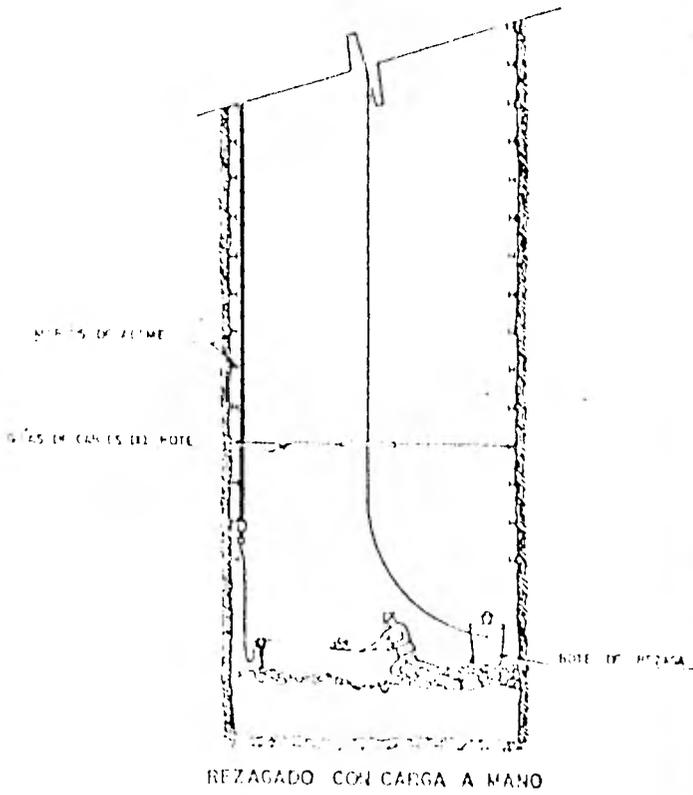


FIGURA NO. 12

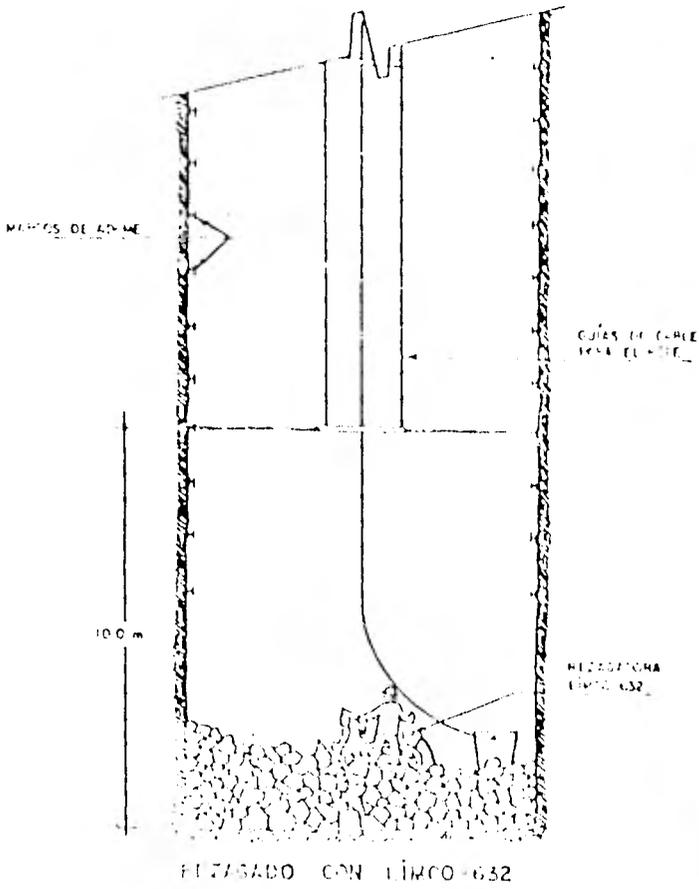
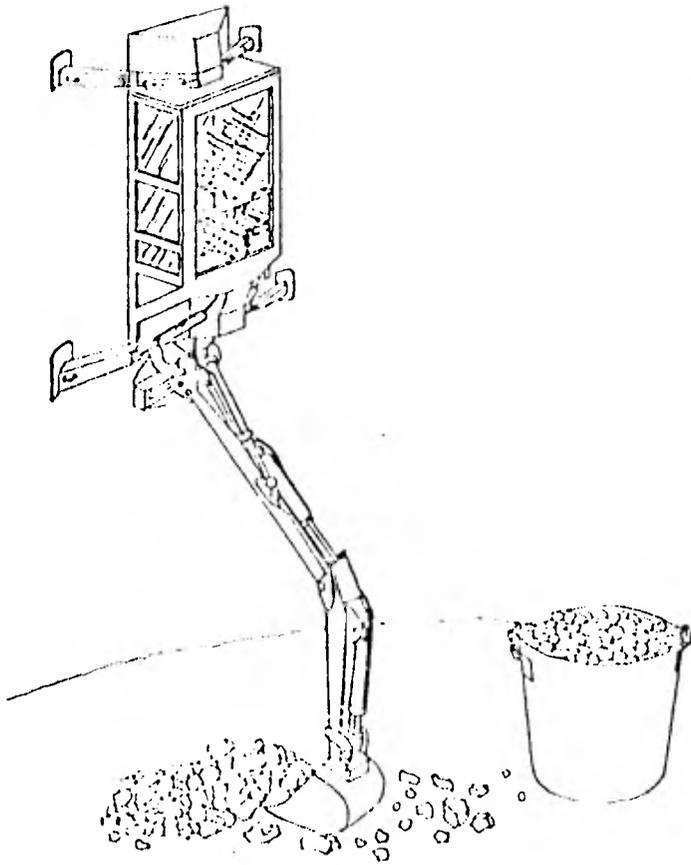


FIGURA NO. 13



REFAGADO CON PERMAC S 160

FIGURA NO. 14 .

DIAGRAMA DE BARRENACIÓN

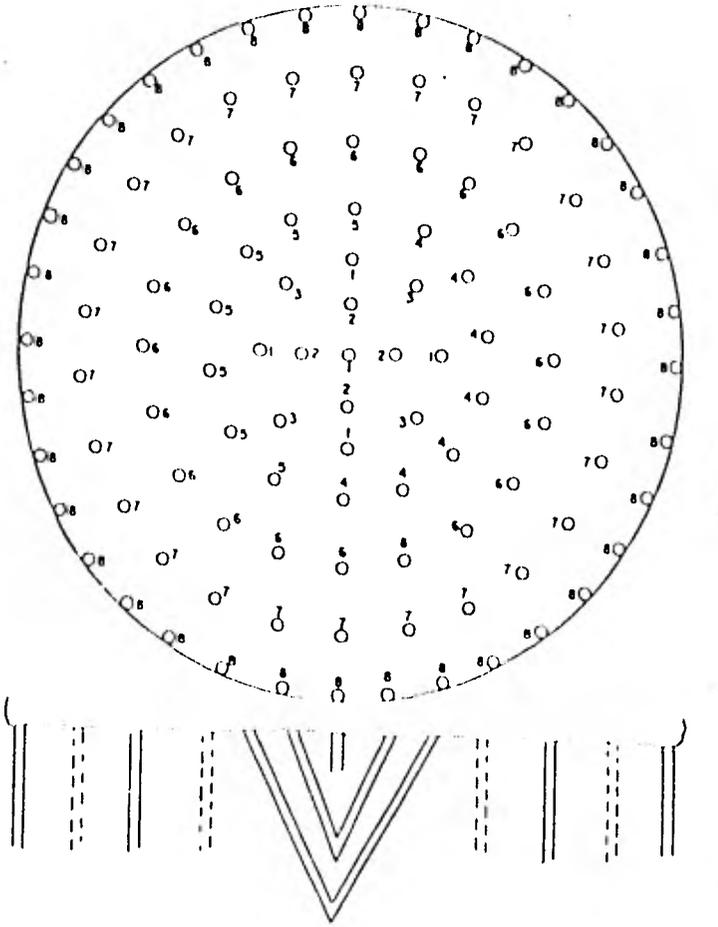


FIGURA NO. 15

DIAGRAMA DE BARRENACIÓN

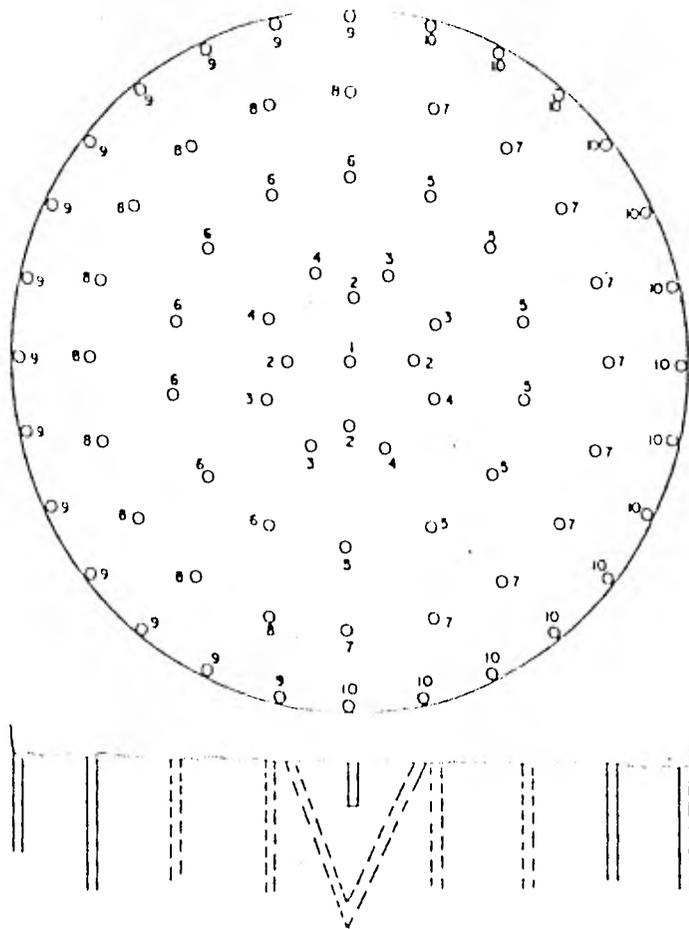


FIGURA NO. 16.

DIAGRAMA DE BARRENACIÓN

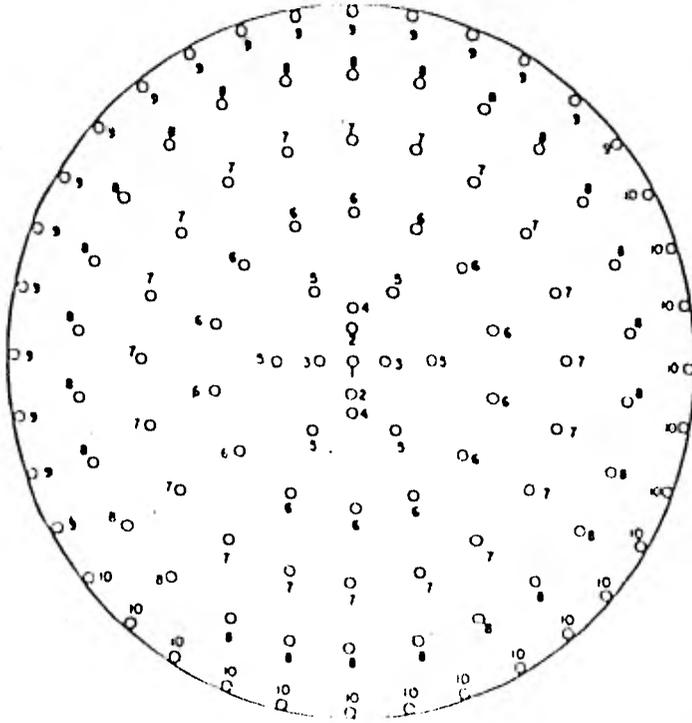


FIGURA NO. 17

DIAGRAMA DE BARRENACIÓN

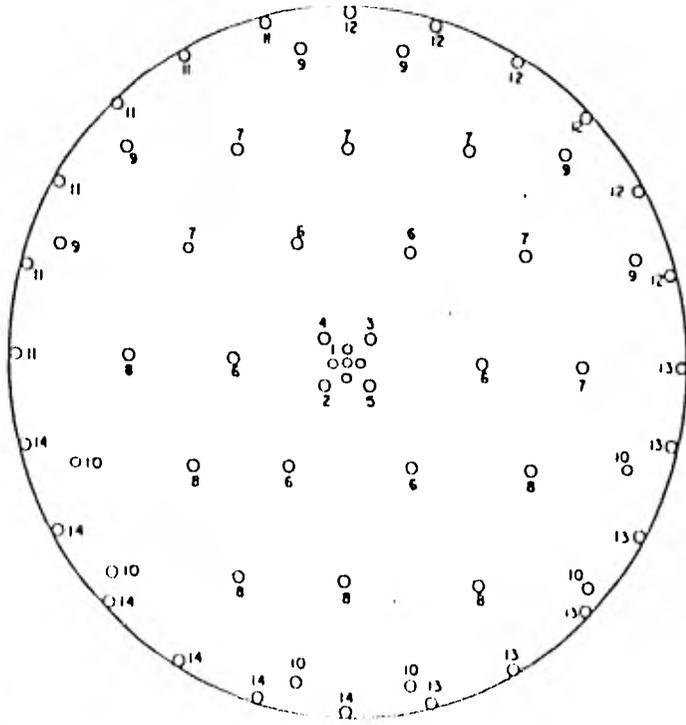


FIGURA NO. 18

a) Marcos de Acero y Madera de Retaque

Este método consiste en colocar anillos, formados por tres piezas de vigueta I de 8", conectados entre sí por tensores, los cuales permiten ademar la pared de la lumbrera colocando el retaque de madera, como se muestra en la Figura 20.

Conforme avanza un ciclo de excavación se coloca el anillo de acero. De cada 10 anillos uno va anclado al terreno, obligando con ello que los tensores que los unen no fallen.

b) Concreto Lanzado y Malla Electro-Forjada

Dicho procedimiento consiste en colocar en cada ciclo de excavación, después de sacar la rezaga, 15 cm. de concreto lanzado en todo el perímetro de la lumbrera, reforzándolo con malla electroforjada del tipo 66-66-1/4", como se ve en la Figura 21.

4) Revestimiento de Lumbreras con Cimbra Deslizante

Para revestir las lumbreras con éste método, se dejan preparaciones en el brocal para colocar ménsulas que soportan las varillas de sostén de la forma. El revestimiento se hace del fondo hacia arriba. Lo anterior se ve en las Figuras 22 y 23.

5) Instalaciones en Lumbreras

Las instalaciones que normalmente se hacen en lumbreras son:

- a) Tubería para agua
- b) Tubería para Conducción de Aire a Presión
- c) Tubería para Conducción de Diesel
- d) Tubería para Bajada de Agragados ó Balasto
- e) Tubería para Bajada de Concreto
- f) Tubería para Ventilación
- g) Tanque Amortiguador para Concreto
- h) Líneas de Alimentación de Energía Eléctrica
- i) Torre para Manteo
- j) Escalera de Emergencia
- k) Elevador de Personal
- l) Guías de Cables de Acero para los Botes de Rezaga
- ll) Guías Rígidas y Sistema de Descarga de los Botes de Rezaga

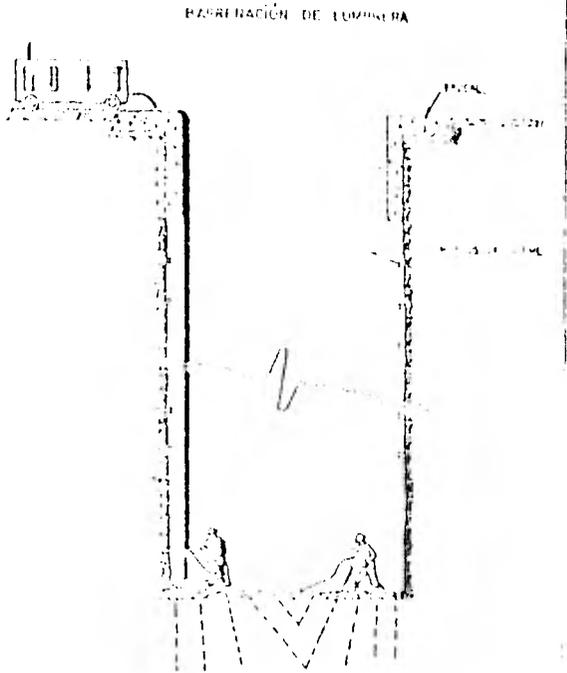


FIGURA NO. 19

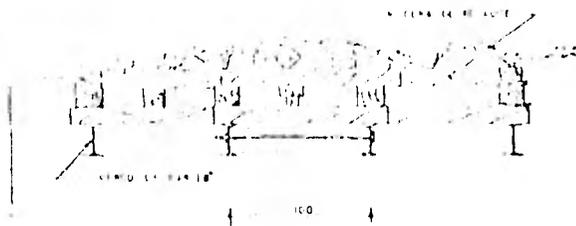


FIGURA NO. 20

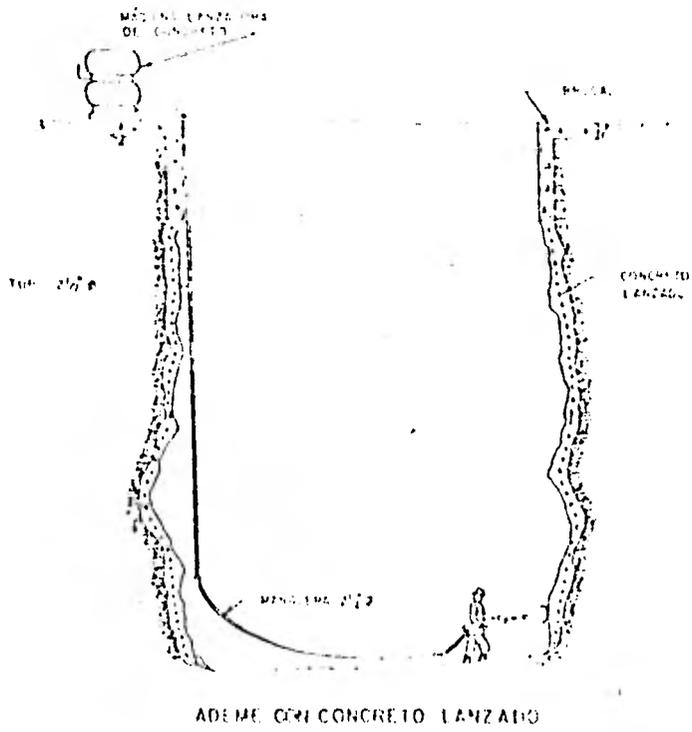


FIGURA NO. 21

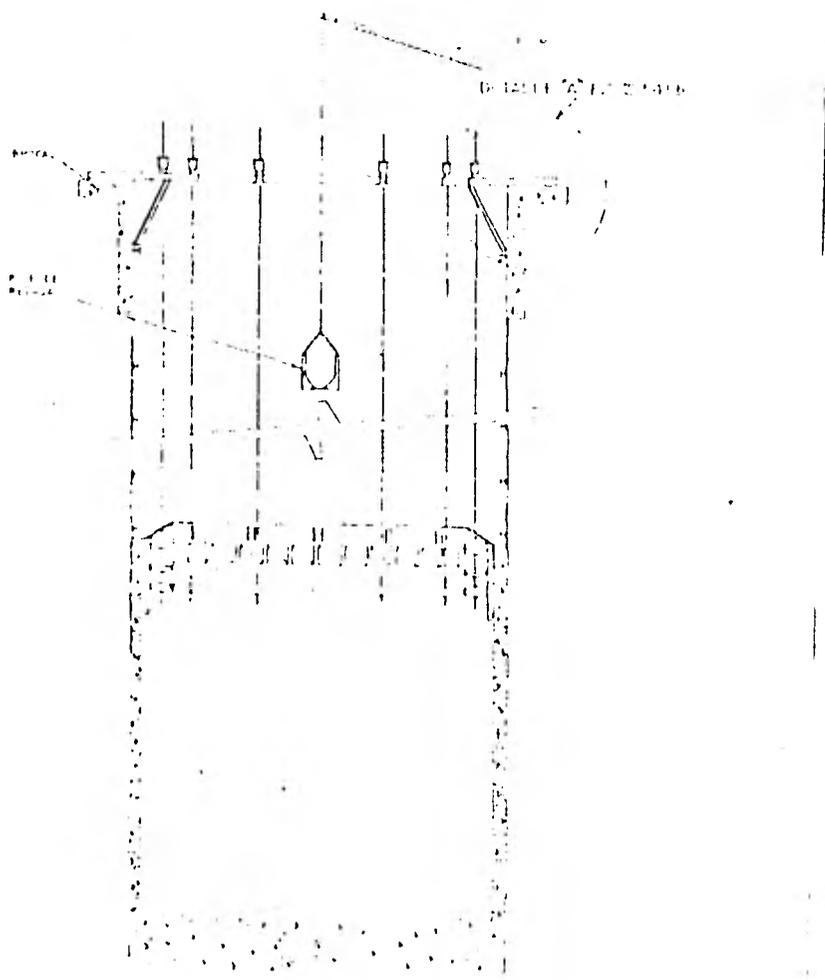


FIGURA NO. 22

m) Gufas para el Elevador de Personal

n) Botes para Rezaga

Todas las instalaciones anteriores se presentan esquemáticamente en las Figuras 24, 25 y 26

c) Trabajos Topográficos

1) Cuando se termina de excavar la lumbrera se fija en su interior el trazo que habrá de seguir el Túnel.

El trazo "bajado" es el superficial y tendrá carácter de provisional, ya que la longitud que se utiliza para efectuar la operación no garantiza una precisión adecuada. A continuación veremos algunos métodos.

a) Método de las Plomadas

En este método se ubican dos puntos del trazo superficial en el interior del de la lumbrera utilizando plomadas de gran peso sumergidas en aceite para evitar el movimiento, debido a su longitud del hilo. La unión de esos puntos son el eje provisional del Túnel. Para materializar esos puntos en el Túnel se auxilia uno de dos teodolitos, los que colocados en distintos puntos, -visan el hilo de una misma plomada, la intersección de los planos que describen los aparatos nos dan el punto. En la figura -27 se ve gráficamente éste método.

b) Método de teodolito con Oculares acodados

Un método efectivo sería bajar la línea con el propio aparato, -pero se presenta el problema de la visual, ya que directamente no es posible hacer la observación por la propia construcción -del aparato, sin embargo existen los oculares acodados, los que se pueden acoplar al teodolito y en ésta forma hacer el visado de un hilo colocado en el brocal de la lumbrera y que representa el trazo superficial, luego mediante aproximaciones sucesivas se hace coincidir la retículo del aparato con el hilo tendido en el brocal y después se ubican puntos el túnel, con esa posición del aparato y así poder colocar el trazo superficial en el interior. La figura 28, nos muestra gráficamente éste método.

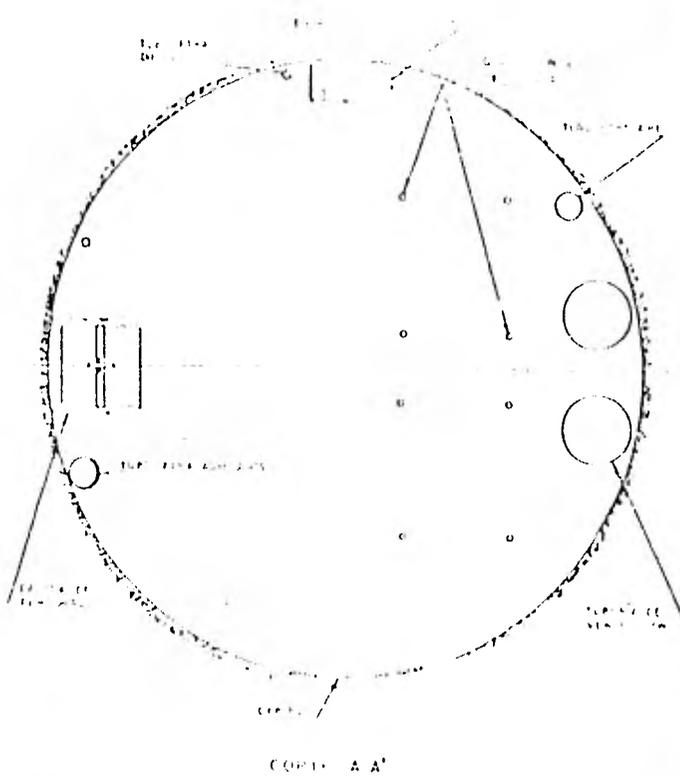


FIGURA NO. 25

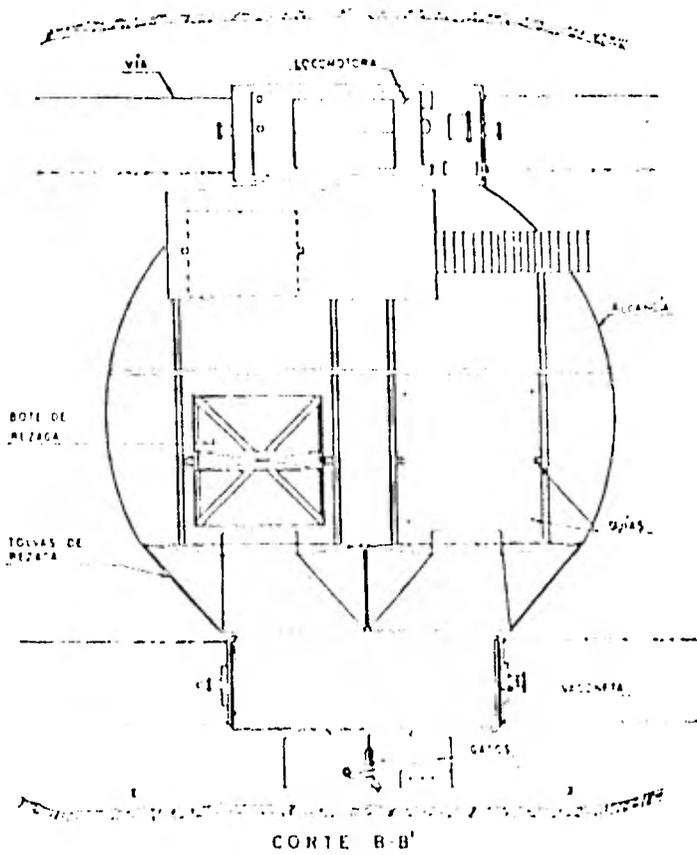


FIGURA NO. 26

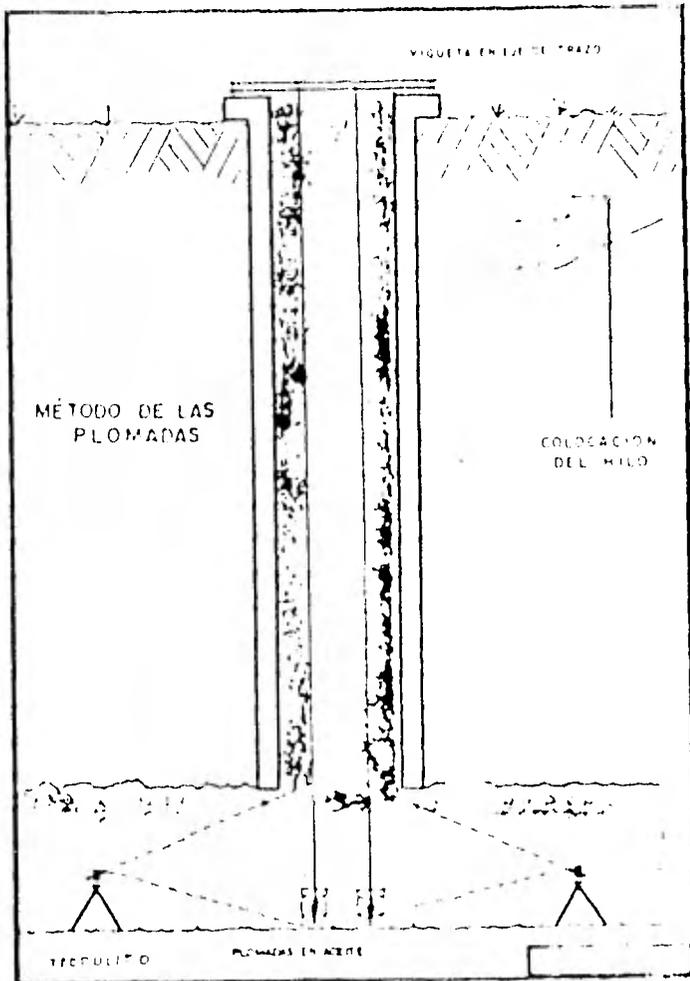


FIGURA NO. 27.

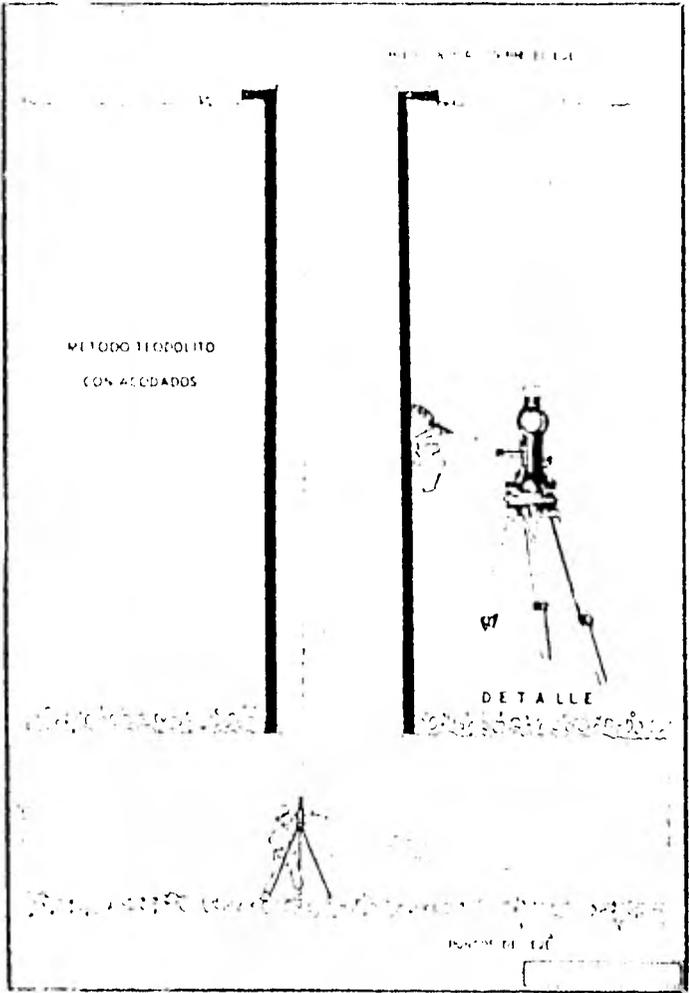


FIGURA NO. 28.

c) Plomadas Ópticas

Consiste en ubicar dos puntos en el Túnel, utilizando la plomada óptica, la cual se puede montar sobre un tripie de teodolito y - en ésta forma hacer el visado a los puntos en el brocal, como se ve en la Figura 29.

El procedimiento es igual al de los acodados, variando únicamente el instrumento, es decir en lugar de buscar una línea se busca un punto.

2) Ubicación del trazo en el interior del Túnel

Después de que se ha bajado el trazo superficial, es necesario ubicar ésta línea , en el interior del túnel, con varios puntos (P.S.T.) para que no se pierda, ya que debido a las actividades de la obra -- puede destruirse algún punto. La forma más conveniente de ubicar el trazo interior es en mojoneras con placa metálica, donde se puntea - el eje. Es necesario que éste trazo quede referenciado a los marcos- ó paredes del Túnel, como se ve en la Figura 30

3) Orientación de Líneas en el Interior del Túnel

Como ya se dijo, las líneas bajadas tienen carácter provisional por- lo tanto hay que garantizar que el trazo sea el correcto.

Mediante un Giróscopo se hace ésta comprobación en la siguiente forma:

- a) Primero se localizan dos puntos de la línea bajada, en los que - se apoyará la orientación. El cadenamiento se determina a partir del centro de la lumbrera.
- b) Esta línea se orienta posteriormente y se le determina un rumbo, que por lo general resulta diferente del encontrado en superfi-- cie, lo que significa que la línea bajada no es exactamente el - trazo superficial.
- c) Con la diferencia de rumbos de la línea superficial y la interior bajada, se calcula por medio de la tangente y la distancia al -- centro de la lumbrera, la desviación que deberán cubrir los pun- tos de apoyo de la orientación.

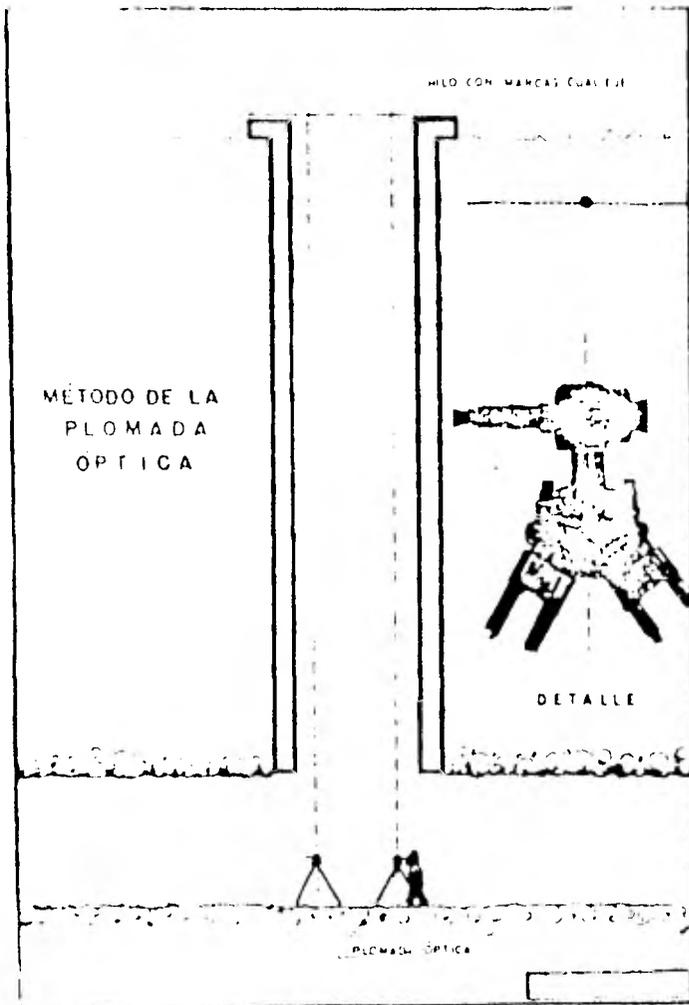
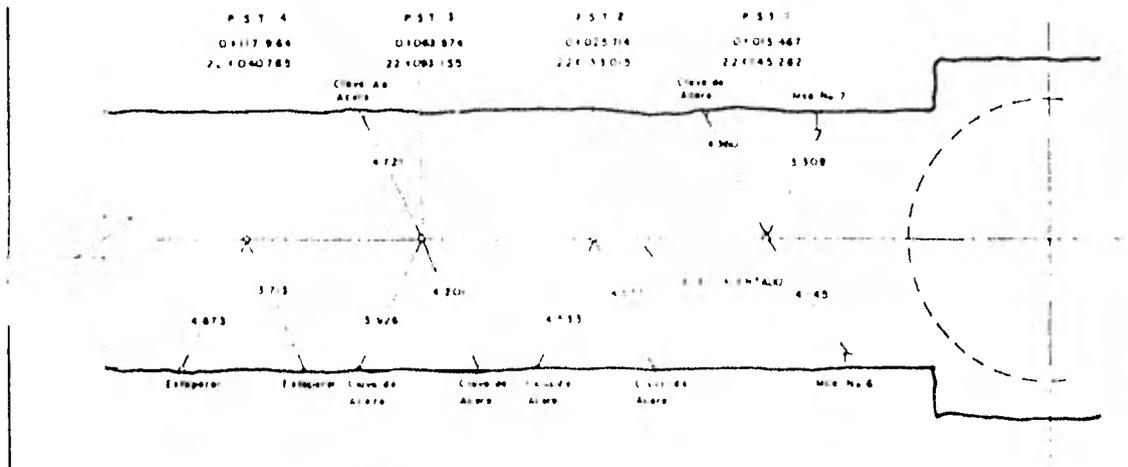


FIGURA NO. 29.



REFERENCIACIÓN DEL EJE ORIENTADO

FIGURA NO. 30.

d) Ya se ha modificado la posición de los puntos de apoyo, se vuelven a efectuar las mediciones y puede suceder que sea necesario otra corrección de la línea. Se repite el proceso hasta que la orientación de los puntos elegidos coincida con la orientación superficial. En la figura 31 vemos la anterior gráficamente.

4) Bajada de Nivel

Apoyados en el banco de nivel, oficial más cercano se corre una nivelación y colocan bancos superficiales en todas las lumbreras.

Cuando ya se ha ubicado el banco de nivel superior, se procede a ubicar el banco de nivel interior, con el cual deberá controlarse el alineamiento vertical de la excavación. Para colocar el banco de nivel interior primeramente se corre una nivelación del banco de nivel superficial.

a) Brocal de la Lumbrera, posteriormente auxiliándose de una cinta y con el aparato colocado en el túnel, se ubica una marca de la cual ya podemos conocer su cota ó nivel. A continuación se localiza el lugar apropiado para colocar el banco de nivel interior, que registra la excavación del túnel y determina la profundidad de la lumbrera.

En la figura 32 vemos lo anterior.

D) Excavación en túneles

1) Métodos de ataque

A lo largo de un túnel son muy variados los tipos de materiales encontrados, por lo tanto son varios los métodos empleados para su ataque a continuación veremos los más comunes:

a) Excavación de túnel por medio de Explosivos

El empleo de este método exige que los tipos de materiales, a excavar sean lo suficientemente capaces de permitir el uso de explosivos y que no arriesguen la estabilidad del terreno. Los pasos que se siguen al emplear este método son los siguientes:

a-1) Barrenación

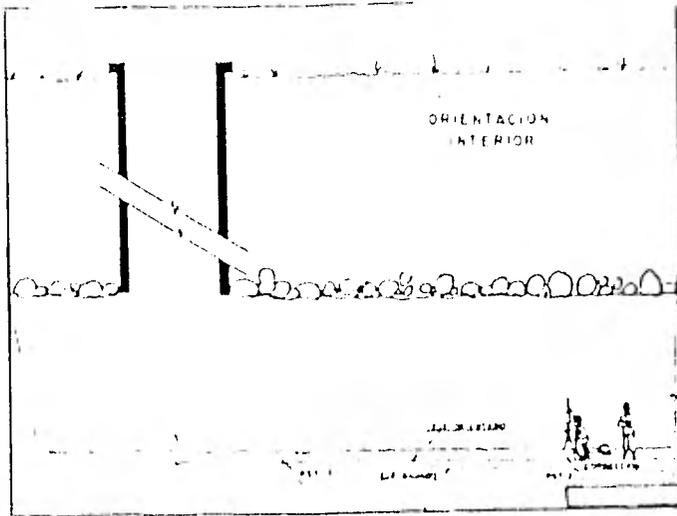


FIGURA NO. 31.

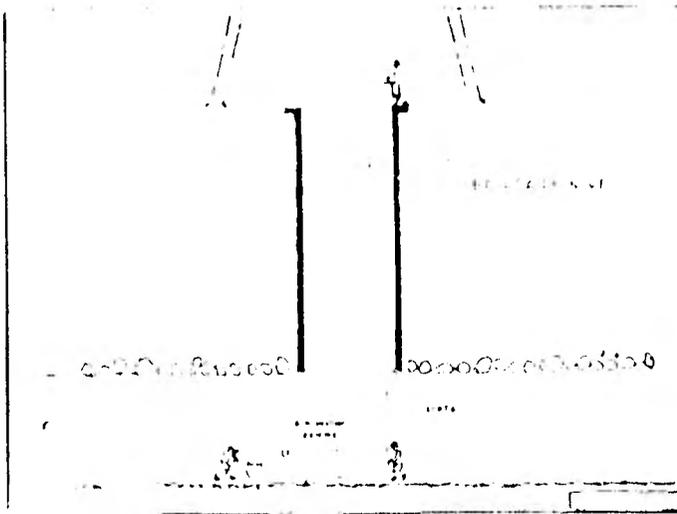


FIGURA NO. 32.

Esta actividad consiste en efectuar las perforaciones necesarias en el frente de trabajo, distribuidas según un diagrama de barrenación previamente elaborado y calculado, para obtener el producto de la voladura con la fragmentación deseada. Un diagrama de barrenación siempre será tentativo y deberá corregirse de acuerdo con el resultado que se obtenga en la práctica.

a-2) Carga con Explosivos y Conexión Eléctrica.

Es muy importante ésta actividad, en éste método y consiste en el manejo de los explosivos hasta que llegan al frente de trabajo, preparación y carga propiamente dichos, de los explosivos en la barrenación, conexión eléctrica, es decir conectar las "guías" de los estopines entre sí.

a-3) Retiro de Equipo, Voladura y Ventilación

Antes de la voladura, se tendrá que retirar todo el equipo, con el cual se llevó a cabo la barrenación a una distancia prudente. Teniendo verificados los circuitos, todo el personal se retira y se hace la voladura con explosor ó con corriente eléctrica.

a-4) Ventilación

Es necesario ventilar el frente de trabajo después de la explosión, por medio de ventiladores. Normalmente se hace inyectando aire desde la superficie hacia el frente de trabajo.

B) Excavación de Túneles por medio de Escudo

La excavación por éste método se hace con un cilindro de lámina de acero rodada a las dimensiones del túnel por excavar. La sección delantera forma el costado, la parte central es donde van montadas las plataformas de operación y la parte posterior o cola del escudo, en donde con el auxilio de unos brazos conectores se arman los anillos formados de segmentos de concreto prefabricados. El escudo tiene en su parte frontal una serie de gatos que se operan a baja presión, para que en conjunto, con tableros de madera poder cubrir todo el frente en un momento dado, además de que sirve de plataforma para efectuar la excava-

ción de arriba hacia abajo, con el auxilio de martillos neumáticos. En la parte posterior del escudo, se alojan los gatos de empuje que impulsan el escudo hacia adelante. En la parte posterior (Zona Central Inferior), existe una compuerta que se levanta durante la erección del anillo, no permitiendo que el producto de la excavación invada la zona de trabajo. Una vez colocado el anillo se abate ésta compuerta y se inicia el proceso de carga del material por medio de un cargador que vacía directamente al medio de transporte de la rezaga. En las Figuras - 33 y 34 vemos gráficamente la forma del escudo.

c) Excavación de Túneles con Rozadoras Westfalia

En la excavación del Túnel, para el metropolitano de la Ciudad de México, se está usando este equipo.

Es una máquina que está montada sobre orugas, con un brazo fresador ó cortador en cuya punta está la cabeza de corte ó picas, éstas picas -- son las que van cortando el terreno, la rezaga producto de la excavación es transportada por una banda al otra extremo de la máquina y depositada en el vehículo que saque la rezaga. Ver Figuras 35 y 36.

Cuando el terreno es muy duro, ó se encuentra roca se recurre a perforadoras con pierna ó rompedro hidráulico como el de la Figura 37.

2) Rezaga del material producto de la Excavación

Esta actividad consiste en la siguiente:

a) Carga del material, producto de la voladura ó excavación a los medios de transporte en el túnel, que normalmente son carros mineros, jalados por locomotoras ó camiones de volteo. Esta carga se hace por medio de rezagadoras, cargadores con descarga lateral, palas mecánicas y bandas montadas sobre la máquina, como es el caso de la rozadora Westfalia.

b) Transporte del Frente hasta la Lumbra

c) Vaciado del material a las tolvas receptoras en la lumbra, es vital que las tolvas para el vaciado, cuenten siempre con compuertas neumáticas ó hidráulicas, a fin de que se puede controlar en un momento dado el paso de los materiales de la tolva a los botes de rezaga, ya que de lo contrario existe el riesgo de tirar el material a la alcancía de la lumbra.

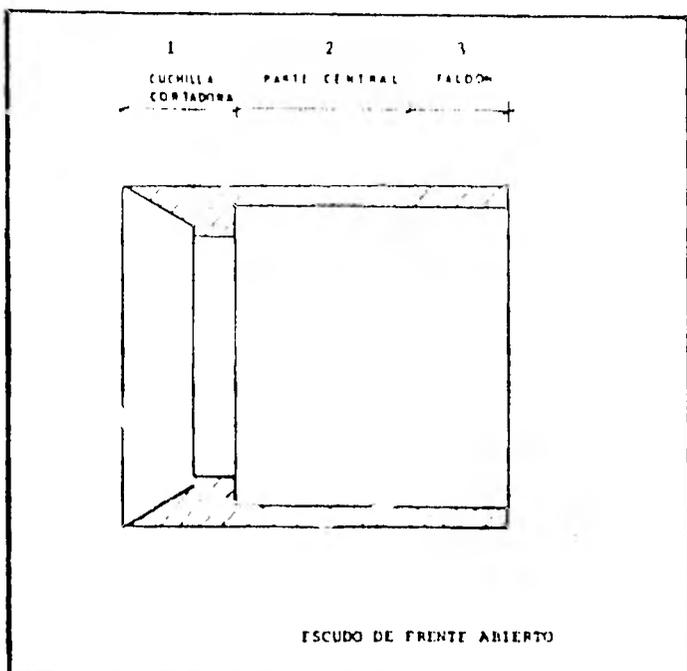
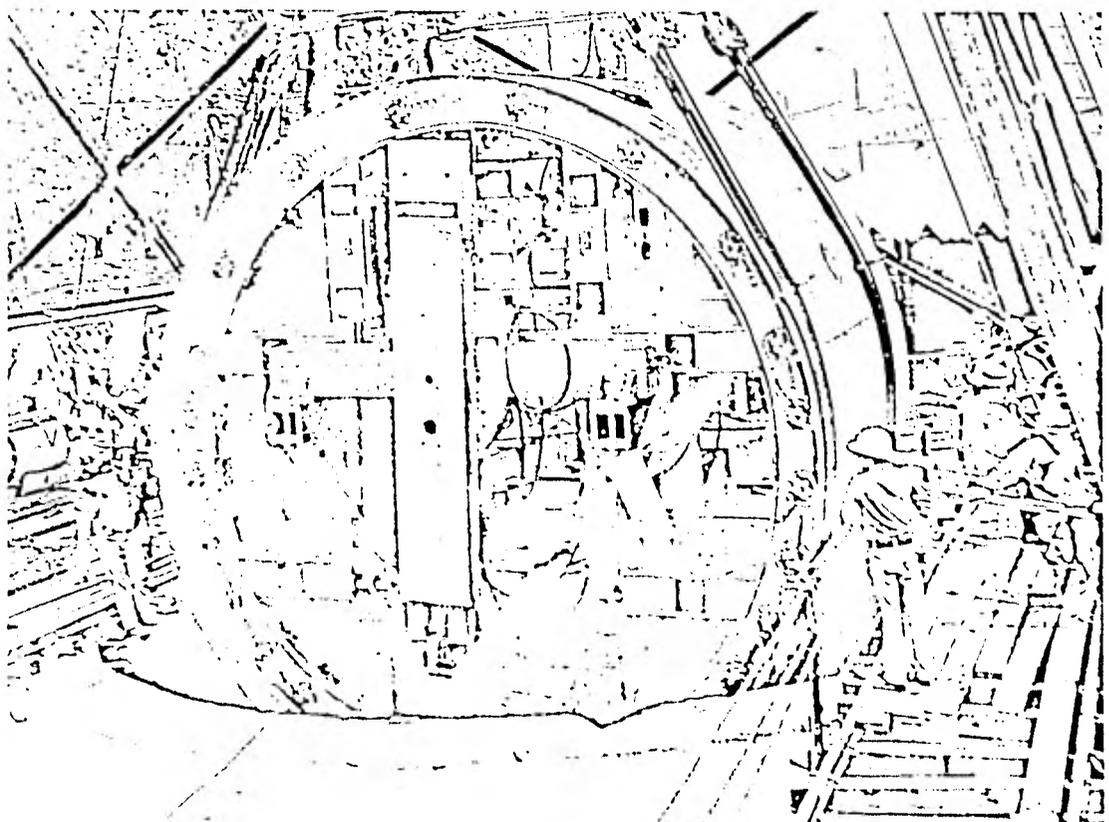


FIGURA NO. 33

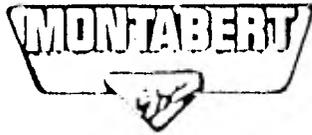


11111111

1111







Los rompe-rocas hidráulicos BRH 250 - BRH 501.L

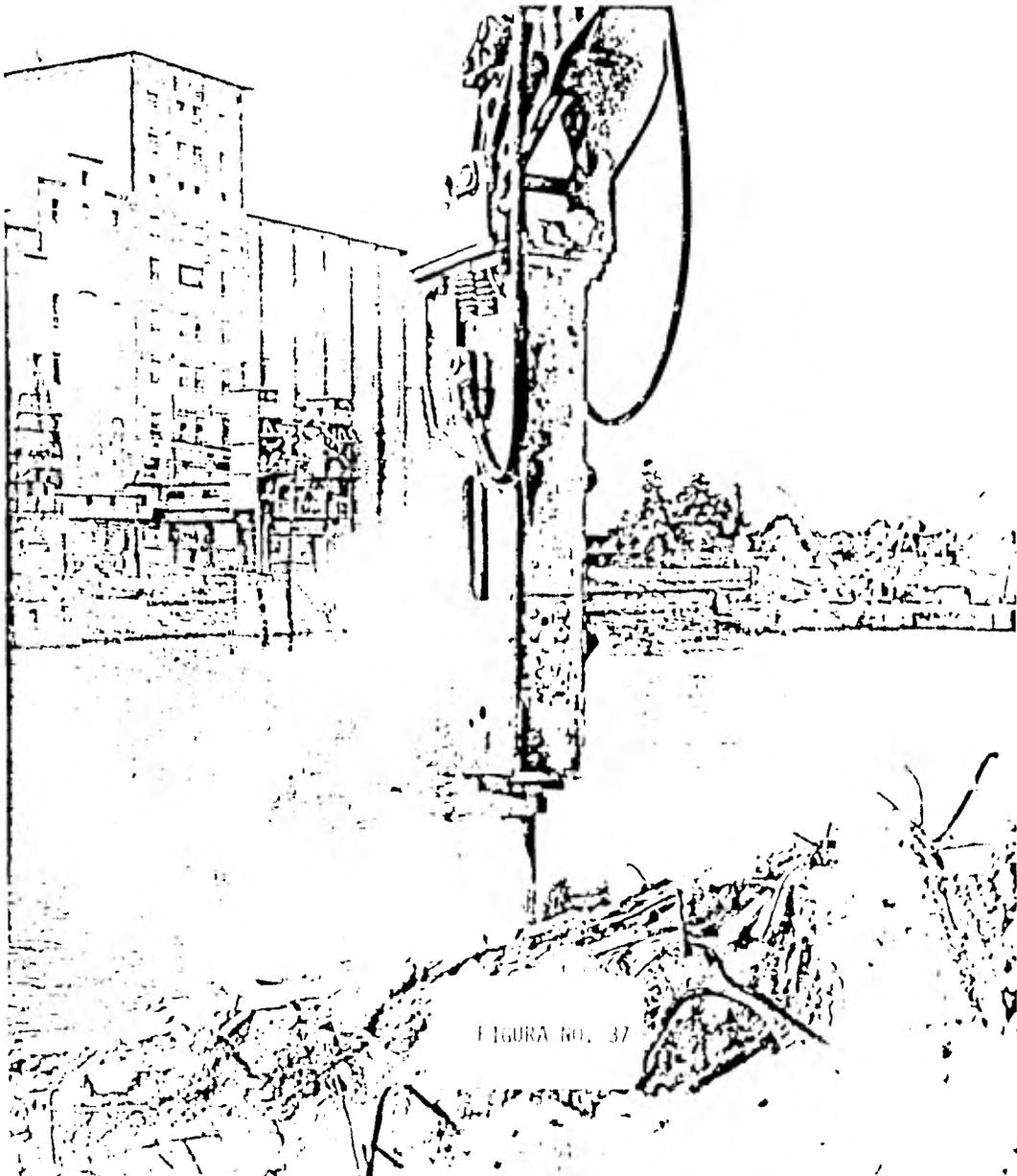


FIGURA NO. 37

d) Alzado del Material, del Fondo de la Lumbreira a la Tolva de Superficie

Se hace a base de malacates de manto con botes especiales de vaciado - automático, llamados Skips.

Otra forma de sacar la rezaga es por medio de grúas.

3) Protección del Túnel Excavado por medio de Ademe

Dependiendo del tamaño del Túnel y de las características de la roca, se decide el tipo de ademe por colocar. En ocasiones se combinan diferentes tipos de ademe. Entre la excavación y ademado debe transcurrir el menor -- tiempo posible.

A continuación veremos los principales tipos de ademe:

a) Marcos Metálicos

En Túneles donde el procedimiento de excavación puede variar de sección completa a Túnel Piloto, es conveniente que los marcos estén formados - de varias partes, de tal forma que se incremente su versatilidad. En -- las Figuras 38 y 39 se indican las partes de que consta un marco de ademe.

Al colocar los marcos es necesario acuarlos con madera contra el terreno, con objeto de lograr que las cargas de la roca se transmitan a la estructura de soporte. En ocasiones es necesario colocar torna-puntas, - si la presión es mucha, para evitar que las patas se "cierren"

b) Anclas

El principio general del anclaje de las rocas, es hacer que éstas formen parte de la estructura de soporte. Para que ésto suceda efectivamente, - las anclas se deberán colocar inmediatamente después de abrir la excavación.

Las anclas se pueden dividir en dos grandes grupos.

b-1) Anclas que tengan un dispositivo de anclaje en un extremo y en el otro - un dispositivo rígido que permita mantener una tensión suficiente para producir un esfuerzo de compresión en la roca intermedia. Generalmente éste dispositivo consiste en una placa y una tuerca.

b-2) Anclas que se encuentran alojadas en barrenos cementados ó inyectados

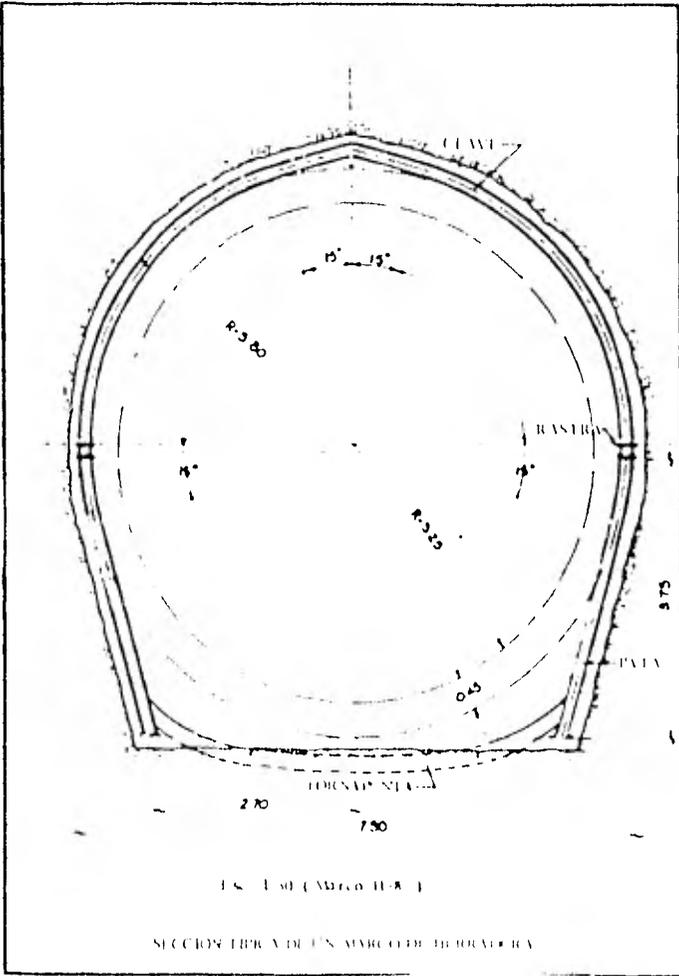


FIGURA NO. 38

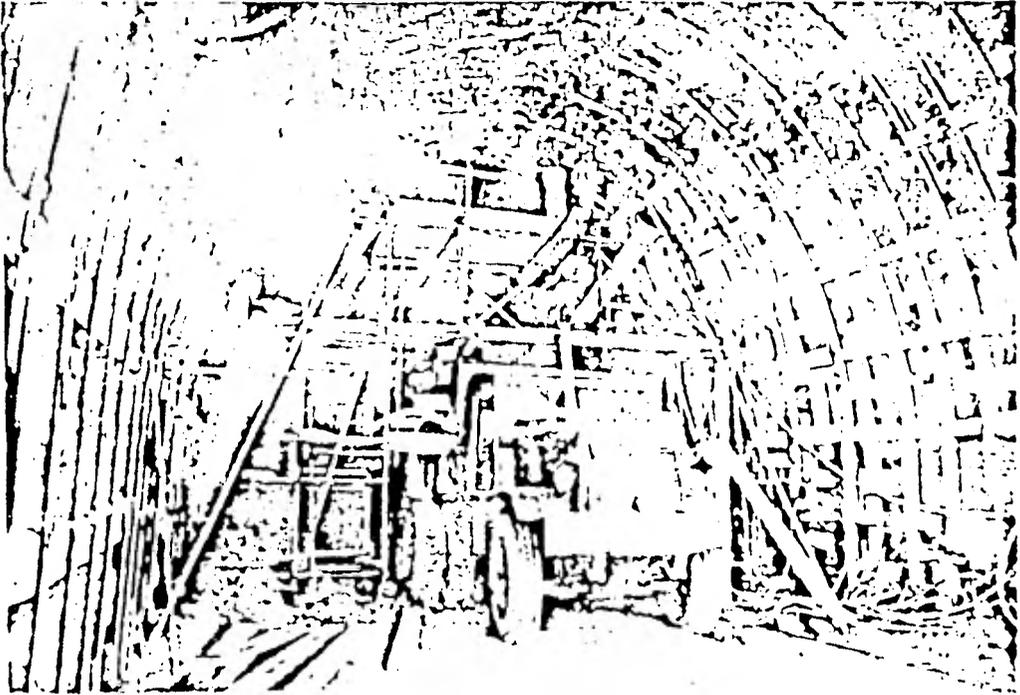


FIGURA NO. 39

cuyo anclaje es proporcionado por la adherencia que se genera entre las paredes del barreno, mortero y ancla. En la Figura 40, vemos algunos tipos de anclas.

c) Concreto Lanzado

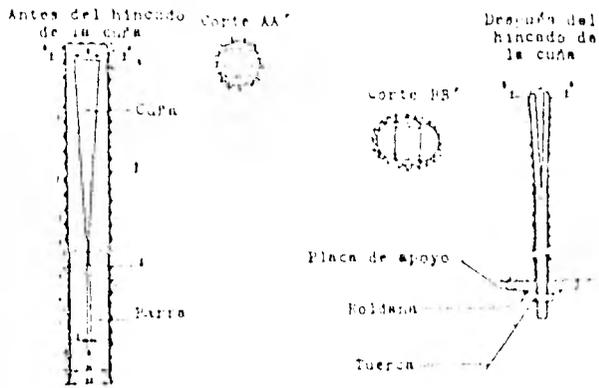
El concreto lanzado consiste en un método que mediante máquinas especiales llamadas "lanzadoras" se aplica el concreto utilizando aire comprimido inyectado a la propia máquina y a través de una manguera y un chiflón, por donde se inyecta el agua para completar la mezcla y así hacer reaccionar el cemento y aditivos acelerantes de fraguado.

En el interior del Túnel, tanto el cemento como los agregados, se cargan a carros especiales de dos compartimentos en forma de tolva para ser transportados al frente. El cierre de los carros tolva está hecho en el fondo con elementos portadores helicoidales, sincronizados de manera que su velocidad sea tal, que a la descarga de agregados corresponda una descarga proporcional del cemento.

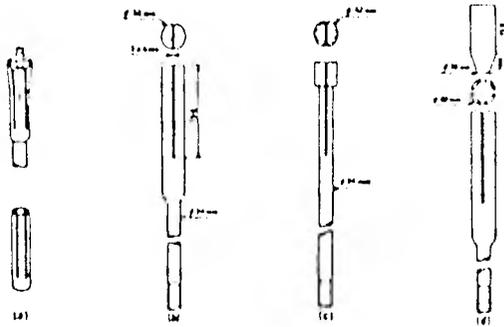
El concreto lanzado ha probado su efectividad en la prevención del aflojamiento de la roca en una gran variedad de condiciones geológicas. Su uso es particularmente útil en rocas blandas.

Las principales funciones del concreto lanzado son las siguientes:

- c-1) El concreto lanzado se introduce con fuerza en las juntas abiertas, las fisuras y las irregularidades de la superficie de la roca, cumpliendo, en ésta forma, la misma función de liga que la del mortero en un muro de mampostería.
- c-2) El concreto lanzado impide la filtración del agua a través de las juntas y de las fisuras de la roca y por lo tanto evita la socavación ó erosión de los materiales de relleno de las juntas, así como el deterioro de la roca por el aire y el agua.
- c-3) La adhesión del concreto lanzado a la superficie de la roca y su propia resistencia al esfuerzo cortante, impiden en una gran medida la caída de los bloques sueltos de roca, desde el techo del Túnel.



Perno de cuña y ranura



Variantes del dispositivo de cuña y ranura

ANCLAS CON DISPOSITIVO DE CUÑA Y RANURA

FIGURA NO. 40

- c-4) Una capa de concreto lanzado, de 15 cm. a 20 cm. constituye un soporte estructural, ya sea en forma de anillo cerrado ó de un elemento fijo en forma de arco.

En el túnel para el Metro se ha usado el concreto lanzado con malla electro-forjada, en combinación con marcos metálicos de viga I-8, para el ademe.

4) Instalaciones en el Túnel

Conforme se va avanzando en el túnel se van colocando las instalaciones - necesarias como son:

- a) Tubería de 2" de diámetro, para agua, con sus derivaciones a cada -- 20 m.
- b) Tubería de 3" de diámetro, para aire, con sus derivaciones a cada -- 20m.
- c) Tubería de 36" de diámetro, para ventilación
- d) Líneas de conducción eléctrica para el alumbrado y máquinas eléctricas.
- e) Instalaciones de: lámparas y filamentos de cuarzo, tubos y balastras, válvulas de globo, bastidores, aisladores, contactos y porta contactos, etc.

E) Revestimiento en Túneles (ya colocado el acero de refuerzo)

1) Concreto

El concreto puede ser producido en la obra y bajado al túnel o puede ser comprado a concretteras, las que lo entregan a la boca de la lumbrera.

2) Bajada del Concreto

El concreto se deposita en tolvas colocadas en la boca de la lumbrera, después por tubos de acero, de 8" ó 10" de diámetro, cae por gravedad a un tanque amortiguador y de aquí también por gravedad, pasa al vehículo de transporte en el túnel. En las figuras 41 y 42 vemos-ésto gráficamente.

Cuando la distancia, entre el lugar de revestimiento y la boca de la

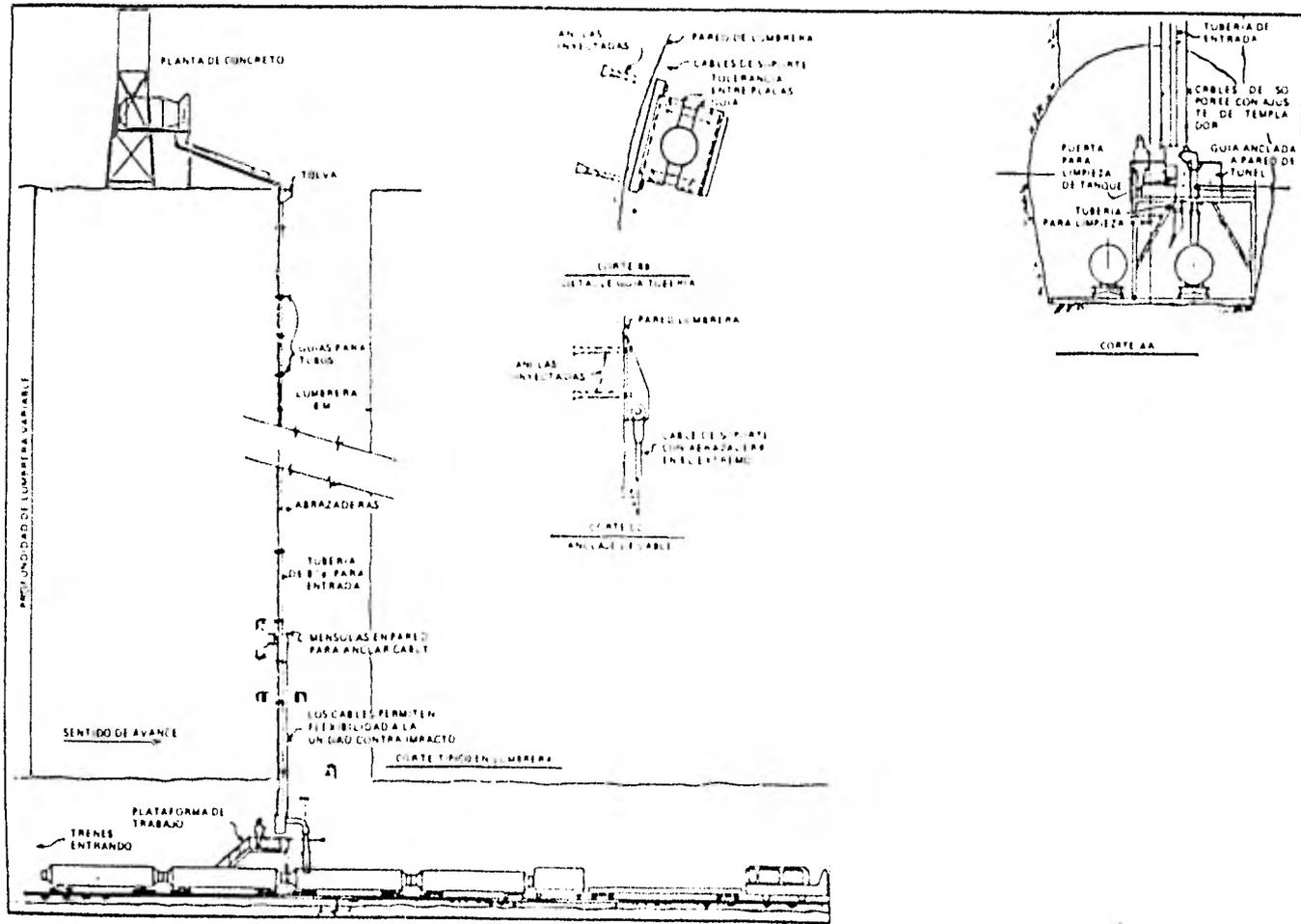
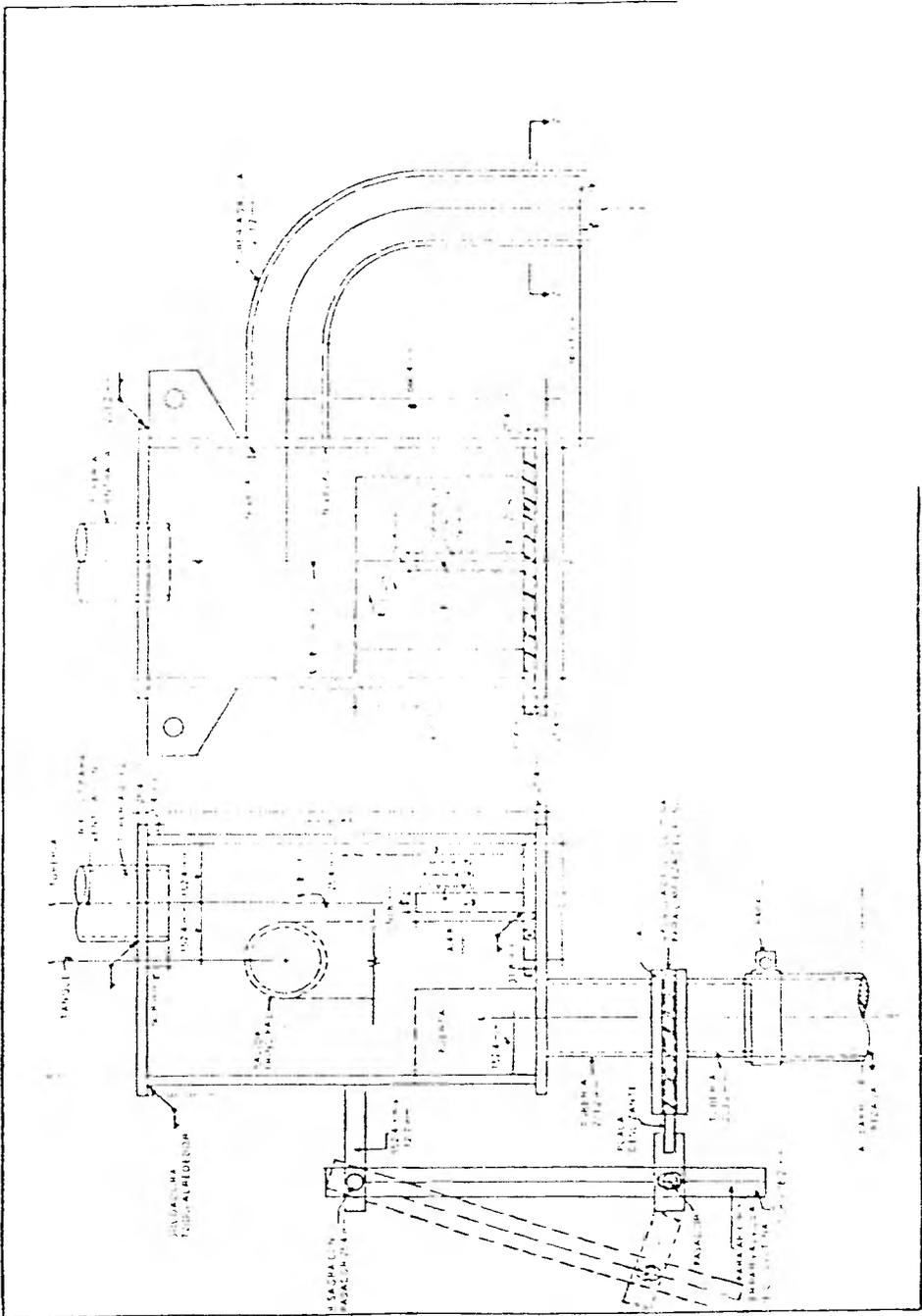


FIGURA 41



lumbreira, es corta se puede bombear el concreto desde la superficie, o para acortar las distancias se perforan pozos, a lo largo del Túnel, para bombear el concreto desde la superficie.

3) Carga y transporte en el Túnel

Como ya se dijo en el punto anterior, el concreto pasa del tanque amortiguador al vehículo transportador ó en otros casos del tanque amortiguador a una tolva, en estación de carga y de aquí al equipo transportador.

El transporte en el Túnel, normalmente, se hace en dos formas:

- a) Con carros agitadores movidos por locomotoras, por lo tanto se requiere vía.
- b) Con Camiones con olla.

4) Colocación definitiva del concreto en la cimbra

La colocación del concreto en la cimbra depende del método de revestimiento que se utilice. En el revestimiento continuo, generalmente se usa el tren de colado. En éste método, el vehículo transportador del concreto, coloca ésta en una Tolva, de aquí por medio de una banda transportadora es llevado a una tolva reguladora, de la tolva pasa a las bombas de concreto y éstas lo colocan en la cimbra.

En el revestimiento monolítico, el vehículo de transporte coloca el concreto en la tolva, de la bomba de concreto y está lo coloca en la cimbra.

5) Cimbras para revestimiento del Túnel

Podemos dividir las en dos grupos:

- a) Cimbra para revestimiento continuo.

Esta cimbra está formada por varios módulos ó secciones de 6 a 7 m. de longitud cada uno, que llegan a cubrir una longitud total de 50 a 70m. Esta cimbra sirve para colar todo el perímetro del túnel de una sola vez.

- b) Cimbra para revestimiento monolítico

El revestimiento monolítico se hace en tres partes:

- b-1) Colado de la guarnición
- b-2) Colado de la clave

b-3) Colado de la cubeta

En las figuras 43 y 44 vemos cada una de estas partes.

En este método solo se requiere cimbra para la clave y cimbra para la guarnición. La longitud de estas cimbras es de 5 a 6 m. y únicamente cuelan -- una parte del perímetro del túnel.

A continuación veremos el procedimiento para revestir el túnel, de un tramo de dos vías del metro.

6) Revestimiento de un tramo de túnel de dos vías para el Metro.

a) Condiciones generales

a-1) La sección interna del túnel ya revestido debe ser de un diámetro de 8.64 m. ver Figura 45.

a-2) Se requieren 17.56 m^3 de concreto por metro lineal, para revestir el túnel.

b) Debido a la urgencia y necesidad de ejecución de la obra de una manera rápida y eficaz, se requiere llevar a cabo la excavación simultánea con el revestimiento. Esta es la condición más importante para el diseño del equipo de colocación del concreto.

c) El avance de revestimiento diario debe ser congruente con el avance de excavación, es decir, se llevarán los dos avances a la misma velocidad, estando el frente de revestimiento a una distancia pertinente, -- de la excavación para tener espacio para la carga de rezaga y ademado del túnel.

d) El equipo de revestimiento deberá permitir el paso al través para los equipos de excavación, rezaga y protección temporal de túnel, debiendo ser lo suficientemente ancho y alto en su interior.

e) Por lo tanto se colocará el túnel en tres etapas:

e-1) Colado de guarniciones laterales para anclaje y rodamiento.

Para el anclaje de las guarniciones se utiliza una cimbra de la misma longitud que la que se utiliza en el arco y paredes laterales de 6.10 m.

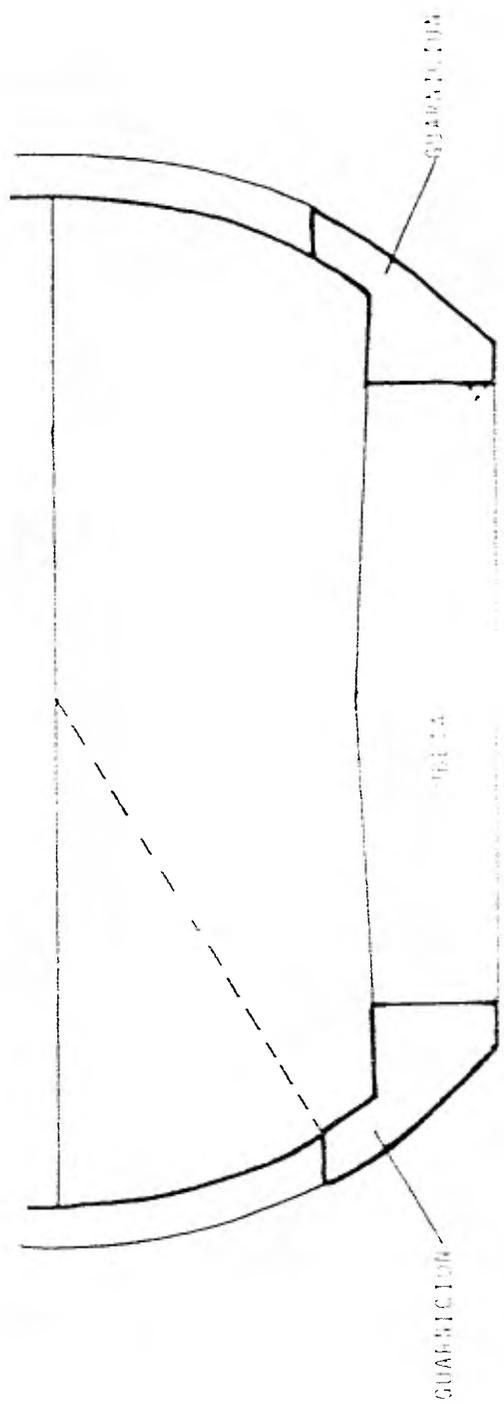
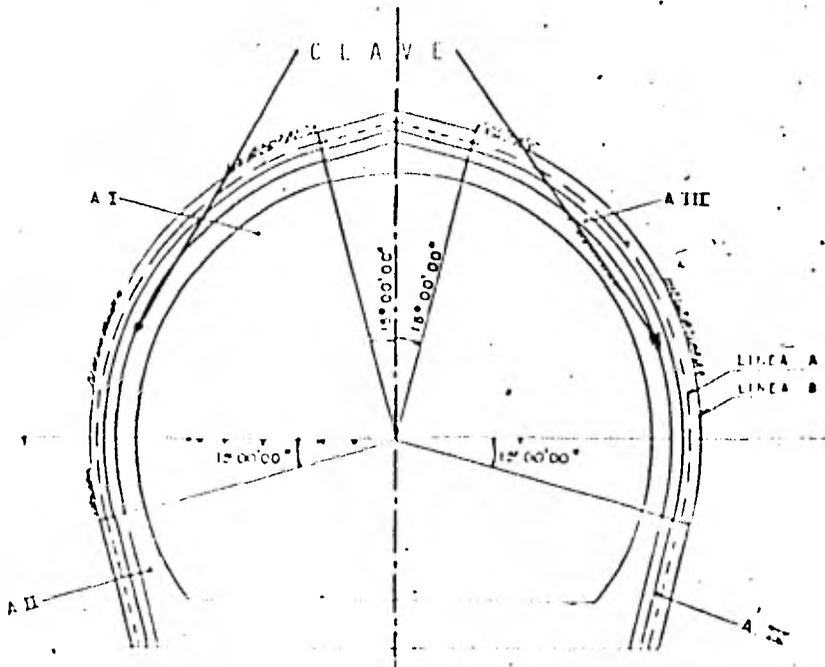


FIGURA 14



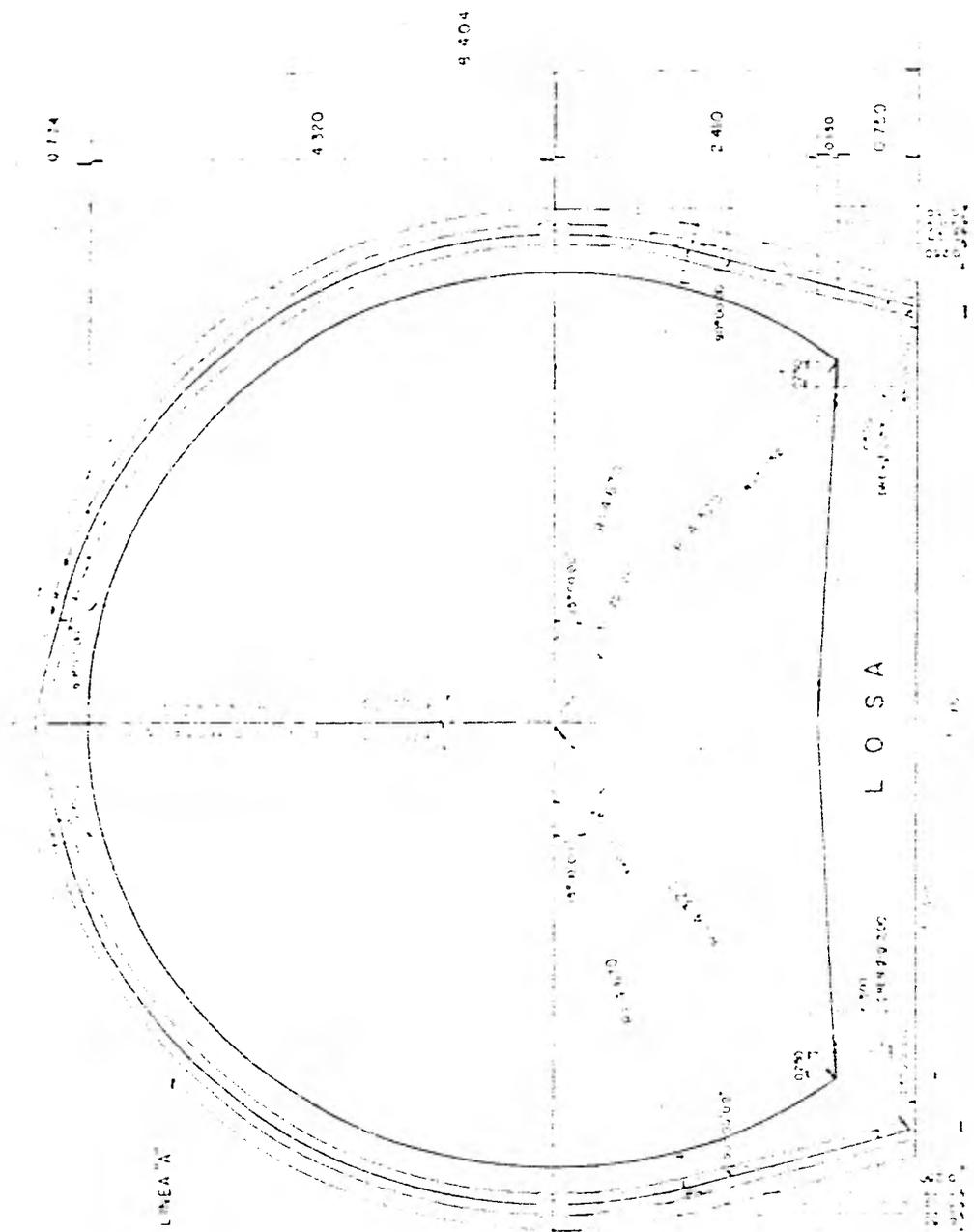
A I = 49.538 m²
 A II = 13.790 m²
 A III = 2.168 m²
 A IV = 3.312 m²

A.T. = A I + A II + A III + A IV = 49.538 + 13.790 + 2.168 + 3.312 = 71.054 m²

AREA A LINEA B = 2.246 + 68808 = 71.054 m²

- 1) - TODAS LAS CURVAS DE LA ESTRUCTURA ESTAN PLANTEADAS COMO CIRCULARES.
- 2) - LOS VALORES MARCADOS CON X ESTAN CALCULADOS CON UNA DISTANCIA DE 0.710m. DE RASANTE A SUÉRASANTE, QUEDANDO UNA TOLERANCIA DE 0.140 m. PARA RENIVELACIONES DE LA VIA.

FIGURA 44



Esta cimbra contará con las facilidades de alineación y nivelación a través de los diferentes mecanismos con que cuenta.

Lo anterior quiere decir que la topografía del Túnel será resuelta en esta etapa, tanto la cimbra de arco y paredes laterales como para la regla de colado para la cubeta.

El colado puede llevarse a cabo con un avance semejante a ambos lados del túnel, siendo aconsejable llevar uno más adelante que el otro, a fin de no reducir el espacio de circulación entre las cimbras.

Este equipo cuenta con los soportes para ir colocando el anclaje, que será utilizado para sujetar la cimbra de clave.

e-2) Colado de clave y paredes laterales

Para realizar esta etapa, se utiliza un equipo formado por una cimbra y un transportador para su movimiento.

La cimbra se compone de un conjunto de tres paneles articulados entre sí, es autoportable para tomar las cargas de concreto, es decir no depende del transportador para tal efecto. Se apoya para nivelación, alineación y anclaje sobre la guarnición previamente colada.

El transportador está diseñado para llevar a cabo los trabajos de desmolde, transporte, alineación y nivelación de la cimbra en su siguiente posición de colado.

El equipo cuenta con cuatro matracas manuales de desmolde para los paneles laterales, cuatro gatos hidráulicos manuales sobre piernas telescópicas para desmolde y nivelación, dos matracas horizontales para alineación de la cimbra, ruedas metálicas de doble ceja para rodar sobre vía y durmientes.

El movimiento longitudinal se hará a través de equipo existente en la obra, como tirfords, malacates, traxcavo, etc.

e-3) Colado de cubeta ó sección inferior del túnel

Esta tercer etapa, se realiza mediante el uso de una regla des

lizante apoyada sobre la guarnición de la primera etapa.

Este equipo cuenta con un deflector delantero para una buena distribución del concreto, una plataforma de trabajo en su parte posterior para apoyo de los obreros, que darán el acabado final. Este equipo podrá lastrarse para evitar su posible flotación, además se pueden instalar dos vibradores de contactos para mejorar el acabado de concreto.

- f) Podemos resumir el revestimiento de túnel, de dos vías para el Metro en la siguiente forma: El concreto, comprado se baja por gravedad por la tubería de 8" de diámetro, cae el concreto al tanque pasa al camión con olla, el camión los transporta en el túnel y lo depósita en la tolva de la bomba de concreto, la bomba lo coloca en su lugar definitivo y con la ayuda de vibradores, de inmersión y de pared, se evita que queden huecos en el concreto

- F) Inyecciones entre el revestimiento y el terreno natural.

Una vez que se ha terminado el revestimiento definitivo del túnel se hacen inyecciones de lechada, por perforaciones que se hacen en el revestimiento, para llenar los huecos que quedan entre el terreno y el revestimiento definitivo.

III) ELABORACION DE COSTOS BASICOS PARA EL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A) Generalidades

Actualmente se acostumbra el sistema de precios unitarios, para otorgar los contratos de obra, tanto públicas como privadas.

Este sistema ha ido desplazando a los usados anteriormente, por ser más completo y racional y el que reúne condiciones más favorables -- tanto para la parte contratista como para la contratante.

Hace algunos años, se acostumbraba el sistema de contrato a "precio-alzado" ó suma global, que consiste en fijar un valor total al trabajo por realizarse, sin hacer un desglose muy detallado de las partes que lo componen, este sistema tiene como desventaja que no pueden modificarse los volúmenes de obra prefijados, cualquiera que sean las condiciones que se presenten durante el desarrollo de los trabajos.

El sistema de contratación "por administración" también ha sido muy-usado, consiste en el pago de todas las erogaciones realizadas por el contratista, afectado por el factor estipulado por indirectos y utilidad. Este sistema puede ser gravoso para el contratante, pues en general el contratista será menos cuidadoso con sus gastos, sabiendo que se le reembolsarán íntegramente.

Cuando se trabajo por el método de precios unitarios, se hace previamente un listado de todos los conceptos de trabajo, conocido como -- "Catálogo de Obra", para cada concepto se analiza un precio unitario.

Por cuidadosa que sea la elaboración del Catálogo de Obra, se tienen algunas actividades difíciles de cuantificar ó de englobar dentro de los conceptos de obra, por ellos en casi todos los contratos a precios unitarios, se permite un margen para trabajos por administración y bajo este sistema se pagan dichas actividades.

B) Precio Unitario

El precio unitario es el medio por el cual el contratista cobra al contratante el valor justo del trabajo que desarrolla, en ésta forma recupera los gastos que ha realizado para la ejecución del trabajo y así mismo obtiene la utilidad que le corresponde.

El precio unitario, es un valor promedio que debe contener las variaciones de los parámetros que lo integran, durante el tiempo de ejecución de la obra. Son variables muy importantes que hay que considerar, el tiempo de ejecución de la obra, los tipos de terreno en que se desarrolla ésta, la accesibilidad del lugar de trabajo, la cercanía de los centros de abastecimiento, etc.

De todo lo anterior se desprende, que de un concienzudo estudio de las condiciones del trabajo y de la valorización correcta de los elementos que lo componen, se obtendrá un precio unitario, vital para el sano desarrollo de la obra.

1) Elementos del Precio Unitario

a) Costos ó cargos directos

Costo directo, es la suma de los costos de los factores que intervienen directamente en la ejecución de un trabajo.

Estos factores son: los materiales empleados, la mano de obra que realiza físicamente el trabajo, la herramienta y el equipo para realizarlo.

b) Costos ó cargos indirectos

Corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de la obra, no incluidos en los cargos directos, que realiza el contratista tanto en sus oficinas centrales como en la obra, y que comprenden entre otros, los gastos de organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, administración, financiamiento, prestaciones del personal directivo y administrativo y las reglas que procedan en su caso, por el uso de patentes.

Para valorizar los cargos indirectos deben considerarse:

b-1) Honorarios, sueldos y prestaciones del personal directivo, técnico y administrativo, pasajes y viáticos, consultorias y asesorías, así como estudios e investigaciones.

b-2) Depreciación, mantenimiento y rentas de oficinas centrales, campamentos, talleres y bodegas, así como de los muebles y enseres que en ellos se usen.

- b-3) Depreciación, mantenimiento y rentas de vehículos e instalaciones especiales en la obra, como laboratorios y otros.
- b-4) Fletes y acarreos de campamentos, equipo, mobiliario, etc.
- b-5) Gastos de oficina tales como: papelería, correos, teléfonos, telegrafos, luz, radio, gas y otros de consumo necesario.
- b-6) Fianzas, financiamientos, intereses, etc.
- b-7) Trabajos previos y auxiliares tales como: caminos de acceso, montaje y desmantelamiento de equipo, etc.

A la suma de todos estos gastos, se les llama gastos ó costos indirectos, se cargan por igual a todas las actividades de la obra, en forma de un porcentaje, que se aplica al costo directo para obtener el precio unitario.

2) Costo directo por Mano de Obra

El cargo por mano de obra se deriva de las erogaciones que hace el contratista para el pago de salarios al personal que interviene exclusivamente y directamente en la ejecución del trabajo. No se considera dentro de este cargo, como ya se explicó, las percepciones del personal -- técnico, administrativo de control, etc. que corresponden a los cargos indirectos.

El cargo por mano de obra se obtiene de dividir la erogación por unidad de tiempo, entre el rendimiento del trabajador o de la cuadrilla, en la misma unidad de tiempo.

La erogación total por mano de obra se calcula, afectando los salarios-base, como un coeficiente de conversión, en cuyo cálculo intervienen -- las erogaciones por vacaciones, aguinaldos, días de descanso obligatorio, cuotas patronales al I. M. S. S.

a) Cálculo del coeficiente de conversión de salarios

Se considera el salario base de los 365 días naturales del año.

Se valorizan los gastos de vacaciones, aguinaldo, cuotas al Seguro Social y otras erogaciones y se convierten en días adicionales pagados.

Por otra parte se restan a los días naturales del año, los domingos, días de descanso obligatorio, vacaciones, etc. y se obtiene el número real de días trabajados.

El cociente que resulta de dividir el número de días pagados entre el número de días trabajados, es el factor de conversión que aplicado al salario base, nos dá el salario corregido, que es con el que se valoriza el cargo por mano de obra.

Además de este factor de conversión con el que se afecta el salario base, deben considerarse otros factores que cubren erogaciones adicionales, debidas a trabajos continuos, trabajo obligatorio en domingos ó días festivos, así como el pago de sobresueldos y bonificaciones, que en muchos casos se otorgan a los trabajadores como aliciente, para lograr mejores rendimientos y calidad en el trabajo.

Los salarios base discuten y se fijan de común acuerdo, entre los representantes de la empresa y de los trabajadores, con base en los tabuladores vigentes en la región donde va a realizarse el trabajo.

Los gastos por herramienta y equipo de seguridad, generalmente se valorizan como un porcentaje de mano de obra.

A continuación veremos el cálculo del factor de conversión, para salario mínimo.

a-1) Días Pagados

Ordinarios y 7 ^o día	365
Prima por vacaciones 0.25×8 días =	2
Aguinaldo	15
	<u>382</u> días

a-2) Impuestos

1% de Impuesto Federal: 0.01 X 382 =	3.82 días
1% de Impuesto Estatal: 0.01 X 382 =	3.82 días
15% de Impuestos Municipal: 0.15 X 3.82 =	0.57 días
I.M.S.S. Patronal: 0.196875 X 385 =	<u>71.86 días</u>
Días pagados al año	462.07

a-3) Días trabajados

Días del año		365
Días no trabajados:		
Domignos	52	
Días Festivos	7	
Enfermedad	4	
Vacaciones	<u>8</u>	
	71	- 71
Días trabajados al año:		294

$$\text{Coeficiente} = \frac{462.07}{294} = 1.572$$

Los impuestos estatales y municipales varían de un estado a otro.

3) Costo directo por equipo

El cargo por equipo ó maquinaria, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los trabajos.

El cargo se integra con los costos directos por hora máquina.

A su vez el costo directo por hora máquina ó costo horario, se compone de cargos fijos, cargos por consumo y cargos por operación. En algunos equipos también existen los cargos por llantas y/o piezas especiales.

El costo horario, es la valorización convencional del costo por cada hora de utilización de la máquina.

El costo horario es un valor promedio que supone una depreciación lineal, del equipo, desde su adquisición hasta el final de su vida útil, igualmente supone un cargo constante para gastos de mantenimiento.

Con base en estudios estadísticos se han fijado: la vida útil de las máquinas, un porcentaje de su valor original como valor de rescate - al final de su vida útil, porcentajes en función de su valor de adquisición, para mantenimiento mayor y menor, así como el procedimiento para calcular los consumos de la máquina.

Con estos valores, los cuales se encuentran tabulados en diferentes publicaciones, se calcula el costo horario convencional. Es necesario aclarar que, en algunos casos especiales, no se puede aplicar este criterio, como los siguientes:

- a) Cuando se tiene un equipo muy especializado, cuyo diseño ó dimensiones se adaptan a las características de un trabajo determinado y por lo tanto su uso posterior es incierto, no debe analizarse con los valores promedio de un manual, que considera valores promedio, sino hacer consideraciones especiales, en cuanto a depreciación principalmente. En este caso debe depreciarse la máquina durante la ejecución del trabajo, cualquiera que sea su duración.
- b) En otras ocasiones, resulta necesario continuar un trabajo con un equipo especializado, que ha agotado su vida útil, para lograrlo deben efectuarse erogaciones importantes en reparaciones mayores y mantenimiento, mismos que tampoco están considerados en los valores promedio que fijan los manuales.
- c) Cuando por razones de programa deban usarse equipos en exceso, que no alcancen a depreciarse y cuyo uso sea muy por debajo de su vida útil, también deberán hacerse consideraciones especiales para su valorización.

Se ha hecho común el uso de formatos elaborados por dependencias públicas.

A continuación se presente uno de dichos formatos y se explicada cada uno de sus componentes.

Cargos fijos.

Los cargos fijos se obtienen con las siguientes fórmulas:

CALCULO DE COSTOS DE OPERACIONES DE MAQUINARIA

CLAVE	EQUIPO	
VALOR ADO (VA)	VALOR RESCATE (VR)	HORAS
VALOR LLANTAS (VLL)	HORAS/MES (HM)	
VALOR NETO (VN)	HORAS/AÑO (HA)	
VALOR RESCATE (VR)	MOTOR	K

CARGOS FIJOS

DEPRECIACION	$D = \frac{V N - V R}{V E}$	\$	/HR
INVERSION	$I = \frac{(V N + V R)}{2 H A}$	\$	/HR
SEGUROS	$S = \frac{(V N + V R)}{2 H A}$	\$	/HR
ALMACENAMIENTO		\$	/HR
MANTENIMIENTO	$M = K D$	\$	/HR
SUMA CARGOS FIJOS			\$ /HR

CONSUMOS

GASOLINA	LT/HR \$	/LT \$	/HR
DIESEL	LT/HR \$	/LT \$	/HR
ACEITE MOTOR	LT/HR \$	/LT \$	/HR
LIQUIDO HIDRAULICO	LT/HR \$	/LT \$	/HR
GRASA	KG/HR \$	/KG \$	/HR
ESTOPA	KG/HR \$	/KG \$	/HR
FILTROS	Do/HR \$	/Do \$	/HR
SUMA CONSUMOS			\$ /HR

LLANTAS	
VIDA LLANTAS	
COSTO LLANTAS	VALOR LLANTAS
	VIDA LLANTAS
	\$ /HR
PIEZAS ESPECIALES	

OPERACION

CATEGORIA	TORNOS/MES	SAL/TURNO	IMPORTE	COSTO HORARIO OPERACION
				\$ IMPORTE OP. / HORAS/MES
SUMA				\$ /HR

PORCENTAJES

OBRA DE MANO	%	CARGOS FIJOS	\$ /HR	INDIRECTOS	Y
MATERIALES	%	CONSUMOS	\$ /HR	UTILIDAD	%
EQUIPO	%	LLANTAS	\$ /HR		\$ /HR
		PIEZAS ESP	\$ /HR	PRECIO UNITARIO	
		OPERACION	\$ /HR		\$ /HR
		COSTO DIRECTO	\$ /HR		

$$\text{Depreciación} = D = \frac{VN - VR}{VE}$$

$$\text{Inversión} = I = \frac{(VN + VR) i}{2 HA}$$

$$\text{Seguros} = S = \frac{(VN + VR) s}{2 HA}$$

$$\text{Almacenamiento} = A = Q \times D$$

$$\text{Mantenimiento} = M = K \times D$$

El significado de las literales es el siguiente:

VN = Valor neto de la máquina

VR = Valor de rescate de la máquina

VE = Vida económica de la máquina, expresada en horas

i = Tasa de interés anual, expresada como fracción decimal.

HA = Número de horas efectivas de trabajo durante el año.

s = Prima anual de seguro, expresada como fracción decimal

Q = Coeficiente calculado ó experimental para valorizar el cargo por almacenaje en función de la depreciación.

K = Coeficiente experimental para valorizar el cargo por mantenimiento en función de la depreciación

Consumos

Para calcular los consumos se siguen diferentes criterios, a continuación veremos uno.

Con las siguientes fórmulas se calcular los consumos de:

$$\text{Gasolina} = 0.227 \times \text{H.P.} \times F_o$$

$$\text{Diesel} = 0.1514 \times \text{H.P.} \times F_o$$

$$\text{Aceite del motor} = \frac{C}{100} + 0.003 \times \text{H.P.} \times F_o$$

$$\text{Grasa} = 0.001 \times \text{H. P.}$$

$$\text{Líquido Hidráulico} = 0.0009 \times \text{H. P.}$$

En estas fórmulas el significado literal es el siguiente:

H.P. = Potencia del motor, en caballos de potencia

C = Capacidad del carter, en litros

Fo = Factor de operación, en el que:

Fo = 0.5 para camiones de motor diesel

Fo = 0.4 para camiones de motor de gasolina

Fo = 0.75 para los demás equipos

LLantas

Para calcular el cargo por llantas, se divide el valor de las llantas entre la vida, en horas, de las mismas, normalmente 3000 horas.

Operación

Para calcular el cargo por operación se multiplican: el total de operadores por los turnos trabajados al mes, por el salario por turno y el resultado de este producto se divide entre las horas trabajadas -- por mes, este cociente es el cargo por operación.

4) Costo directo por materiales

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista, para adquirir todos los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos.

Para conocer los cargos, que deben considerarse por conceptos de materiales, debe hacerse una investigación del mercado para conocer las condiciones más ventajosas, tanto en precios, como en plazos de entrega y disponibilidad oportuna del material en el lugar de su utilización.

El valor que debe considerarse, para el análisis del costo, debe incluir el del material, su acarreo y manejo hasta el lugar de utilización y las mermas y desperdicios razonables que este pueda tener. En algunos casos, de materiales de manejo difícil ó peligroso, deben considerarse además, los cargos adicionales que se tengan para el manejo y vigilancia de dichos materiales. Un caso concreto son la dinamita y estopines que necesitan de almacenamientos, en condiciones muy rigurozas, de seguridad y vigilancia especial.

Para fijar los costos de materiales, en aquellos casos que la duración de la obra sea grande, y por su importancia se requiera de varios proveedores, es necesario promediar valores a lo largo del tiempo y de acuerdo --

con las distintas fluctuaciones de los proveedores.

También es necesario consultar y estudiar las tendencias de incrementos de los precios, a lo largo de la ejecución de la obra.

En el análisis de los cargos por concepto de materiales, debe considerarse si su uso es permanente ó temporal. Los primeros son los que pasan a formar parte integrante de la obra, los segundos son lo que se consumen en uno ó varios usos.

IV) ANALISIS DE LOS PRECIOS UNITARIOS

1) Datos Básicos

- a) La sección por excavar es de 68.43 m^2 a línea "A"
- b) Se requieren aproximadamente, 17.56 m^3 por metro lineal, de concreto, para revestir el túnel.
- d) Se consideran jornadas de 10 horas.
- e) Se considera un rendimiento, en la excavación de 2.39 m. por dos - jornadas de 10 horas.
- f) Los salarios base y costo empresa, fueron tomados de un tabulador de trabajadores.
- g) Los costos horarios fueron calculados en la forma ya explicada, ya que hay varios criterios.
- h) Los costos de materiales fueron tomados de valores en el mercado.
- i) Como el revestimiento es simultaneo con la excavación, el avance - ó rendimiento de revestimiento debe ser igual al de la excavación.

A continuación se analizan los precios unitarios de excavación y revestimiento.

2) ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO DE EXCAVACION DE UN TUNEL DE DOS VIAS PARA
EL METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE MEXICO

A) MATERIALES

1) Materiales en instalaciones dentro del túnel

1) Tuberías, derivaciones y soportes

- a) Tubería de 2" para agua
 $1 \text{ m/m} \times \$ 200.00/\text{m} \times 0.85$ \$ 170.00/m
- b) Tubería de 8" para aire
 Tubo:
 $1 \text{ m/m} \times \$ 1,587.80/\text{m} \times 0.85$ \$ 1,349.63/m
 Cople:
 $0.16 \text{ pza/m} \times \$ 1,062.85/\text{pza}$ \$ 170.06/m
- c) Tubería de ventilación de 36"
 $1 \text{ m/m} \times \$ 1,050.00/\text{m} \times 0.90$ \$ 945.00/m
- d) Derivaciones para tubería de agua a cada 20 m.
 $\frac{1 \text{ Tee } 2" \times 2" \times \$ 225.00/\text{pza} \times 0.85}{20 \text{ m.}}$ \$ 9.56/m
- e) Derivaciones para tubería de aire
 $1 \text{ Tee soldable de } 8" \times 4" \quad \$ 7,050.00/\text{pza}$
 $1 \text{ Reducción Bush, } 4" \times 2" \quad \$ 800.00/\text{pza}$
 $\underline{\$ 7,850.00/\text{pza}}$
 $\frac{1 \text{ jgo.} \times \$ 7,850.00/\text{jgo.} \times 0.85 \text{ (15\% de rescate)}}{20 \text{ m.}}$ \$ 333.63/m
- f) Válvulas de globo 2", 125 lg/p.s.f.
 $\frac{2 \text{ pzas} \times \$ 1,665.25/\text{pza} \times 0.85}{20 \text{ m.}}$ \$ 141.55/m
- g) Alambrión de 1/4" para soporte de tuberías un soporte cada 3 m.
 $\frac{4 \text{ kg/soporte} \times \$ 18.00/\text{kg}}{3.00 \text{ m.}}$ \$ 24.00/m

h) Varilla de 1 1/4" para soporte de tuberfa

2 pzas de 1.50 m cada 3 m.	
<u>2 pzas x 1,5 m x 6,23 kg/m x \$ 16,05/kg</u>	\$ 99.99/m
3.00 m	
S U M A :	\$ 3,243.42/m

i) Materiales en lumbreras e instalaciones - exteriores 30%

0.30 x \$ 3,243.42/m	\$ 973.03/m
S U M A :	\$ 4,216.45/m

2) ALUMBRADO

a) Alumbrado en el túnel

Se coloca una luminaria slim-line de 2 x 74 w en gabinete tipo industrial cada 15 m.

Costo del babinete \$ 1,200.00/pza	
<u>\$ 1,200.00/pza x 0.80</u>	\$ 64.00/m
15.00 m	

Costo de los tubos y balastra \$ 664.00/jgo

Duración 500 hrs.

365 días/año x 24 hrs./día = 8,760 hr/año

suponemos que la obra dura 1 año

<u>8,760 hrs x \$ 664.00/jgo</u>	\$ 775.50/m
500 hrs x 15.00 m	

b) Alumbrado en el frente

Lámpara y filamentos de cuarzo de 500 w con porta lámpara

\$ 825.00/jgo	
<u>8 jgo. x \$ 825.00/jgo</u>	\$ 17.39/m
379.50 m.	

Filamentos de cuarzo de 500 w

Se cambian cada 15 m de avance

<u>8 pzas x \$ 230.00/pza</u>	\$ 122.67/m
15 m	
	\$ 979.61/m

3) MATERIAL ELECTRICO

a) Bastidor de 4 carretes, uno cada 6 m.		
<u>1 pza x \$ 164.00/pza</u>	\$	27.33/m
6.00 m		
b) Aisladores 2" x 2", 4 pzas cada 6 m.		
<u>4 pzas x \$ 16.00/pza</u>	\$	10.67/m
6 m		
c) Cable # 10 para amarres		
<u>0.40 m/carrete x 4 carretes x \$ 10.00/m</u>	\$	2.67/m
6.00 m		
d) Cable para energía eléctrica de 4/0		
4 hilos por metro		
4 m x \$ 260.10/m	\$	1,040.40/m
e) Soportes para cable 4/0		
Varilla de 1", 0.50m cada 2 m		
<u>0.50 m x 3.98 kg/m x \$ 16.05/kg</u>	\$	15.97/m
2.00 m		
f) Poliducto de 2", 1 m/m		
1 m/m x \$ 22.00/m	\$	22.00/m
g) Soldadura y cortes		
0.60 kg/m x \$ 60.40/kg	\$	36.24/m
h) Cable armado 500 m.c.m.		
1.00 m/m 1		
1.00 x \$ 1,118.25/m	\$	1,118.25/m
i) Cinta aislante scotch # 33, un rollo cada 6 m		
<u>a rollo x \$ 40.60/rollo</u>	\$	6.77/m
6.00 m		
j) Cable TW # 10 para alumbrado y contactos		
4 hilos/m		
4 m x \$ 10.00/m	\$	40.00/m

k) Contactos y porta contactos

Costo del juego \$ 960.00 un juego cada 50 m

$\frac{\$ 960.00/\text{jgo}}{50 \text{ m}}$ \$ 19.20/m

S U M A \$ 2,339.50/m

l) Taquetes, materiales varios y lumbreras 15%

0.15 x \$ 2,339.50/m \$ 350.93/m

S U M A \$ 2,690.43/m

l) TOTAL MATERIALES EN INST. \$ 7,886.49/m

II) MATERIALES DE CONSUMO EN EL FRENTE

1) Acero para rompedora

a) Costo de la cuñas \$ 520.00

b) Costo reafilados \$ 550.00

La vida de la cuña, incluyendo reafilados
equivale a 50 m³ de excavación

$\frac{\$ 520.00 + \$ 550.00}{50 \text{ m}^3} = \$ 21.40/\text{m}^3$

Volúmen del túnel = 68.43 m³/m

68.43 m³/m x \$ 21.40/m³ \$ 1,464.40/m

2) Consumo de picas en la máquina rozadora

Costo del block = \$ 12,500.00

Costo de la manga = \$ 12,500.00

\$ 25,000.00

Este conjunto tiene una duración equivalente a 216 m.

$\frac{\$ 25,000.00}{216 \text{ m.}}$ \$ 115.74/m

Picas 64 Pzas. a \$ 3,588.00 c/u.

Duran el equivalente a 72 m.

$\frac{64 \times \$ 3,588.00}{72 \text{ m}}$ \$ 3,189.33/m

II) TOTAL DE MATERIALES DE CONSUMO \$ 4,769.47/m

III) MATERIALES PARA TARANGO

a) Tubo de 4" cédula 40

Se necesitan 109.80 m.

$\frac{109.80 \text{ m.} \times \$ 374.00/\text{m}}{500.00 \text{ m}}$ \$ 82.13/m

b) Conexiones un lote de \$ 22,500.00

$\frac{\$ 22,500.00}{500.00 \text{ m}}$ \$ 45.00/m

c) Anclas de acero cold-rolled del 1 1/2" y 1.50 m

$\frac{10 \text{ pzas.} \times 1.50 \text{ m/pza} \times \$ 400.00/\text{m}}{250.00 \text{ m.}}$ \$ 24.00/m

d) Madera en varias medida 800 p.t.

$\frac{800 \text{ p.t.} \times \$ 24.00/\text{p.t.}}{100.00 \text{ m}}$ \$ 192.00/m

e) Cable de manila de 1/2"

Se consumen 40 kg. por cada 100 m. de avance

$\frac{40 \text{ kg.} \times 66.50/\text{kg.}}{100.00 \text{ m}}$ \$ 26.60/m

III) TOTAL DE MATERIALES EN TARANGO \$ 369.73/m

IV) INSTALACIONES EXTERIORES

1) Tendido de líneas de corriente y alumbrado

a) Madera

15 postes de 6" x 4" x 7.50 m = 738.00 p.t.

30 travesaños de 4" x 2" x 1.50 m = 98.40 p.t.

2 escaleras de 3" x 2" x 12.00 m = 39.36 p.t.

60 travesaños de 2" x 1" x 0.45 m = 14.76 p.t.

Tablero

4 tableros de 1" x 12" x 12' = 48.00 p.t.

4 polines de 4" x 4" x 10' = 53.33 p.t.

991.85 p.t.

COSTO. 991.85 p.t. x 24.00/p.t.

\$ 23,804.40/lote

b) Material eléctrico

Lámparas de cuarzo de 500 x.

Con portalámparas 30 juegos

30 juegos x \$ 825.00/jgo

\$ 24,750.00/lote

c) Alambre TW-12, 450 m.

450 m x \$ 6.39/m

\$ 2,875.50/lote

d) Aisladores de 2" x 2", 30 pzas.

30 pzas x \$ 16.00/pza

\$ 480.00/lote

\$ 51,909.90/lote

e) Materiales varios 10:

\$ 5,190.99/lote

\$ 57,100.89/lote

Como son 17 patios de lumbrera

17 x \$ 57,100.89/lote = total instalaciones exteriores

\$ 79.93/m

12,144.00 m

V) INSTALACION DE UNA SUB-ESTACION ABIERTA DE 500 KW.

1) MATERIALES

<u>D E S C R I P C I O N</u>	<u>CANT.</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
Postes de concreto de 12 m.	10	pza.	9,300.00	93,000.00
Cuchilla tipo alductti 34.5 kv.	3	pza.	140,999.00	422,997.00
Corta circuito s/m-5	3	jgo.	38,716.00	116,148.00
Aparta rayos auto-valvular p/23 kv	3	pza.	2,215.00	6,645.00
Transformador 500 KVA.	1	pza.	375,000.00	375,000.00
Transformador 7.5 KVA.	2	pza.	19,000.00	38,000.00
Cable desnudo semiduro 2/0	250	mts.	83.55	20,887.50
Corta circuitos x s.	9	pza.	2,953.00	26,577.00
Aisladores de paso 3" x 3"	27	pza.	20.00	540.00
Aisladores de retención	30	pza.	336.00	10,080.00
Dados p/poste de concreto mod.69-32	60	pza.	345.00	20,700.00

<u>D E S C R I P C I O N</u>	<u>CANT.</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
Pernos tipo rojo de 5/8" x 240 mm.	30	pza.	80.60	2,418.00
Pernos doble cuerda c/tuerca 5/8" x 400 mm.	168	pza.	85.40	14,347.20
Clemas de tensión 2/0	30	pza.	538.00	16,140.00
Calaveras p/clemas de ojo	30	pza.	153.00	4,590.00
Canal de 6" en separadores	150	kg.	20.50	3,075.00
Rondanas planas de 3/4"	384	pza.	1.22	468.48
Chavetas de 3/16"	64	pza.	2.50	160.00
Canal de 6"	100	mts.	311.60	31,160.00
Tubo de 1 1/2" céd. 40 galvanizado	6	mts.	98.85	593.10
Lámparas tipo sub-estación completas	6	pza.	6,036.00	36,216.00
Malla tipo ciclón cal. 10	15	mts.	200.00	3,000.00
Varilla copper-weld de 5/8" x 10 m.	12	pza.	480.00	5,760.00
Cable desnudo semi-duro 1/0	150	mts.	81.70	12,225.00
Tubo galvanizado de 2" céd. 40	18	mts.	200.00	3,600.00
Conector tipo "I" para cable de 1/0	18	pza.	198.00	3,564.00
Puntas de pararrayos estática	6	pza.	250.00	1,500.00
Bases para pararrayos	6	pza.	230.00	1,380.00
Ganchos de ojo	30	pza.	315.15	6,454.50

\$ 1'277,225.78

MATERIALES VARIOS 10.

127,722.58

\$ 1'404,948.36/lote

2) MANO DE OBRA

Consideramos que este concepto el 35% del
costo de los materiales

\$ 1'404,948.36 x 0.35

\$ 491,731.93/lote

COSTO DE INSTALACION

\$ 1'896,680.29/lote

Longitud de túnel por lumbrera 714.35 m.

Costo por concepto de sub-estación

\$ 1'896,680.29 - Instalaciones sub-estación
714.35 m.

\$ 2,655.11/m

VI) MATERIALES ELECTRICOS

a) Interruptores, arrancadores, estaciones de botones etc.

Lotes por lumbreira \$ 160,000.00
\$ 160,000.00 x 1.00 \$ 421.05/m
 380 m.

b) Fusibles y materiales de consumo 40:

0.40 x \$ 421.05 \$ 168.42/m

VI) TOTAL MATERIAL ELECTRICO: \$ 589.47/m

TOTAL MATERIALES: \$ 16,350.20

B) OBRA DE MANO

CANT. TNO. \$/TNO. IMPORTE

1) SUPERVISION

Cabo de coordinación 2 2 891.01 3,564.04

Rendimiento: 2.39 m/tno

Costo = $\frac{\$ 3,564.04}{2.39 \text{ m/tno}}$ \$ 1,491.23

2) EXCAVACION

Cabo de excavación 1 2 891.01 1,782.02

Perforistas 10 2 764.38 15,287.80

Ayte. perforistas 10 2 685.97 13,719.40

Peón 5 2 631.05 6,310.50

37,099.72

Rendimiento: 2.39 m/tno

Costo = $\frac{\$ 37,099.72}{2.39 \text{ m/tno}}$ \$ 15,522.90/m

3) REZAGA Y MANTEO

Cabo de manteo 1 2 891.01 1,782.02

Gancheros 4 2 685.97 5,487.76

Peón 2 2 631.05 2,524.20

9,793.98

	<u>CANT.</u>	<u>TNOS.</u>	<u>\$/TNO.</u>	<u>IMPORTE</u>	<u>COSTO</u>
Rendimiento: 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 9,793.98}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 4,097.90/m

4) TOPOGRAFIA

Ing. Topógrafo	1	2	1,838.84	3,677.68
Aux. Topógrafo	1	2	891.01	1,782.02
Cadeneros	3	2	685.97	4,115.82
				<u>9,575.52</u>

Rendimiento 2.39 m/tno.					
Costo = $\frac{\$ 9,575.52}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 4,006.49/m

5) MANIOBRISTAS

Cabo de maniobras	1	2	891.01	1,782.02
Maniobristas	6	2	802.29	9,527.48
				<u>11,409.50</u>

Rendimiento 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 11,409.50}{2.30 \text{ m/tno}}$					\$ 4,773.85/m

6) LIMPIEZA DE TUNEL

Cabo	1	2	891.01	1,782.02
Peón de Túnel	6	2	631.05	7,572.60
				<u>9,354.62</u>

Rendimiento 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 9,354.62}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 3,914.07/m

7) SOLDADURA

Cabo	1	2	891.01	1,782.02
Soldadores	2	2	842.98	3,371.92
Ayte. de soldador	2	2	685.97	2,743.88
Peones	2	2	631.05	2,524.20
				<u>10,422.02</u>

Rendimiento 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 10,422.02}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 4,360.68/m

	<u>CANT.</u>	<u>TNOS.</u>	<u>\$.TNO.</u>	<u>IMPORTE</u>	<u>COSTO</u>
8) <u>ELECTRICIDAD</u>					
Cabo	1	2	891.01	1,782.02	
Electricista túnel	2	2	856.28	3,425.12	
Electricista sup.	1	2	856.28	1,712.56	
Ayte. en general	3	2	685.95	4,115.70	
				<u>11,035.40</u>	
Rendimiento 2.39 m/tno.					
Costo = $\frac{\$ 11,035.40}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 4,617.32/m
9) <u>TENDIDO DE TUBERIA</u>					
Cabo	1	2	891.01	1,782.01	
Tuberos	2	2	958.86	385.44	
Ayudantes	2	2	685.97	2,743.88	
				<u>8,361.34</u>	
Rendimiento 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 8,361.34}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 3,498.47/m
10) <u>SERVICIOS</u>					
Telefonista	2	2	685.97	2,743.88	
Señalero	2	2	538.04	2,152.16	
Mecánico Diesel	2	2	858.47	3,433.88	
Mecánico Aire	1	2	858.47	1,716.94	
Chofer emergencia	1	2	925.55	1,851.10	
Carpintero	1	2	858.47	1,716.94	
Ayudante	4	2	685.97	5,487.76	
Peones	4	2	631.05	5,048.40	
				<u>24,151.06</u>	
Rendimiento 2.39 m/tno					
Costo = $\frac{\$ 24,151.06}{2.39 \text{ m/tno}}$					\$ 10,105.05/m
S U M A :					\$ 56,387.96/m
Se le considera un 15% por condiciones peligrosas					\$ 8,458.19/m
Se le considera un 5% por desmantelamiento					\$ 2,819.40/m
TOTAL MANO DE OBRA:					\$ 67,665.55/m

C) MAQUINARIA

- 1) Una máquina rozadora con costo horario de \$ 6,707.50, tiene un rendimiento de 0.15 metros lineales de excavación, para una sección de 64 m² aproximadamente en línea A.

$$\frac{\$ 6,707.50/\text{hr}}{0.15 \text{ m/hr}} = \$ 44,716.67/\text{m}$$

- 2) La sección de excavación debe afinarse -- con rompedora neumática con costo de:

$$\frac{\$ 37.06/\text{hr.} \times 10}{0.15 \text{ m/hr}} = \$ 2,470.67/\text{m}$$

- 3) Para los consumos de aire se tienen los siguientes consumos teóricos

Rompedoras:

$$10 \text{ pzas.} \times 90 \text{ p.c.m./pza} = 900 \text{ p.c.m.}$$

Perforadoras:

$$2 \text{ pzas} \times 200 \text{ p.c.m.} = 400 \text{ p.c.m.}$$

$$\text{Malacate neumático} = \frac{200 \text{ p.c.m.}}{1500 \text{ p.c.m.}}$$

$$\text{Factor de diversidad} = 0.80$$

$$\text{Factor de uso} = 1.10$$

$$\text{Factor de presión} = 1.00$$

$$\text{Factor de fugas} = 1.20$$

Consumo:

$$0.80 \times 1.10 \times 1.00 \times 1.20 \times 1500 \text{ p.c.m.} = 1584 \text{ p.c.m.}$$

3 compresoras de 600 p.c.m.

Estos compresores trabajan 18 hrs/día como promedio

$$\text{Costo horario} = \$ 541.24$$

$$\text{Avance} = 2.39 \text{ m/día}$$

$$\frac{3 \times 18 \text{ hrs/día} \times \$ 541.24/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}} = \$ 12,228.85/\text{m}$$

$$\frac{3 \times 2 \text{ hrs/día} \times \$ 328.92/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}} = \$ 825.74/\text{m}$$

4) Para las operaciones de rezaga, limpieza gruesa del túnel y de la zona de lumbreas se emplea un cargador sobre orugas - mod. 955

$\$ 1,095.70/\text{hr}$
 0.15 m/hr

$\$ 7,304.67/\text{m}$

5) El acarreo de rezaga dentro del túnel se hará con camiones diesel y botes para rezaga de 1 m^3 de capacidad (2 botes por camión)

Necesidad:

3 camiones/máq. rozadora

$\$ 499.72/\text{hr} \times 3$
 0.15

$\$ 9,994.40/\text{m}$

6) Para la elevación de la rezaga se utiliza una draga de 1.50 y d3, con costo horario de $\$ 2,209.67$

Costo = $\$ 2,209.67$
 0.15

$\$ 14,731.13/\text{m}$

7) Camiones de volteo en superficie

Considerando acarreo de 2 km. al tiro

Tiempos:

Acomodos

Carga: 1.00 min.

$6.0 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/hr}$ 26.67 min

$10.00 \text{ m}^3/\text{hr.} \times 1.35$

Recorrido:

Velocidad promedio 10 km/hr

$4 \text{ km (ida y vuelta)} \times 50 \text{ min/hr} = 24.00 \text{ min}$

10 km/hr.

Descarga: 1.00 min

TOTAL CICLO : 52.67 min

Costo camión: $\$ 631.95/\text{hr}$

$52.67 \text{ min} \times \$ 449.72/\text{hr} \times 68.43 \text{ m}^3/\text{m} \times 1.35 = 6,078.32/\text{m}$
 $60 \text{ min/hr.} \times 6.0 \text{ m}^3$

d) Para mantener en buenas condiciones el ambiente del túnel se requieren 3 ventiladores de 44.67/hr cada uno, las 24 horas del día.

$$\frac{24 \text{ hr/día} \times 3 \times \$ 44.67/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}}$$

1,345.17/m

9) Para asegurar la continuidad de la rezaga se instalará en superficie un tolva de 20 m³ con costo de \$ 46.85/hr.

$$\frac{\$ 46.85/\text{hr}}{0.15}$$

312.33/m

10) Para la bajada al interior del túnel de los materiales necesarios para las instalaciones: tuberías, cables, etc., se utilizará un malacate neumático que consideramos que trabajo 16 hrs/día
Costo horario del malacate : \$ 260.88

$$\frac{16 \text{ hrs/día} \times \$ 260.88/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}}$$

1,746.48/m

11) Elevador de personal
Consideramos que trabaja 16 hrs/día

$$\frac{\text{Costo horario} = \$ 695.84}{16 \text{ hrs/día} \times \$ 695.84/\text{día}}{2.39 \text{ m/día}}$$

4,658.34/m

12) Cuando los materiales por excavar son muy duros se considera el auxilio de una retroexcavadora equipada con un martillo rompedor de 4 1/2" de diámetro
La utilización promedio de este conjunto es de:

$$\frac{4 \text{ hrs/día} \times \$ 1,653.42/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}}$$

2,767.23/m

Equipo auxiliar en operaciones diversas

Perforadora c/pierna :

$$\frac{2 \text{ pzas} \times 10 \text{ hrs/día} \times \$ 64.65 \text{ hr}}{2.39 \text{ m/día}}$$

541.00/m

Soldadora de 300 amp.

$$\frac{2 \text{ pzas} \times 12 \text{ hrs/día} \times \$ 92.71/\text{hr}}{2.39 \text{ m/día}}$$

930.98/m

Equipo de corte:

2 juegos x 12 hrs/día x \$ 69.05/hr \$ 693.39/m
2.39 m/día

Camión con grúa Hiab

8 hrs/día x \$ 1,031.73/hr \$ 3,453.49/m
2.39 m/día

Camión volteo en reserva:

20 hrs/día x \$ 254.43/hr \$ 2,129.12/m
2.39 m/día

Perforadora neumática en reserva:

4 pzas x 20 hrs/día x \$ 12.22/hr \$ 409.04/m
2.39 m/día

14) Motogrúa de 20 toneladas para maniobras

4 hrs/día x \$ 1,175.32/hr \$ 1,967.06/m
2.39 m/día

Equipo ocioso:

Perforadora con pierna:

2 x 10 hrs/día x \$ 32.72/hr 634.52/m
2.39 m/día

Soldadora de 300 amp.

2 x 8 hrs/día x \$ 53.11/hr 355.55/m
2.39 m/día

Camión c/grúa hiab

12 hrs/día x \$ 568.37/hr 2,853.74/m
2.39 m/día

Motogrúa 20 ton

16 hrs/día x \$ 1,037.82/hr 6,947.75/m
2.39 m/día

Retroexcavadora con rompedor
hidráulico.

16 hrs/día x \$ 1,134.19/hr 7,592.90/m
2.39 m/día

S U M A	\$ 137,739.08/m
5% por desmantelamiento	<u>6,886.95</u>
TOTAL EQUIPO	\$ 144,626.03/m

R E S U M E N

MATERIALES	\$ 16,350.20/m
OBRA DE MANO	\$ 67,665.55/m
EQUIPO	\$ 144,626.03/m
<hr/>	
COSTO DIRECTO	\$ 228,641.78/m
IND. Y UTILIDAD 33%	\$ 75,451.79/m
<hr/>	
PRECIO UNITARIO	\$ 304,093.57/m
	=====

3) ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO DE REVESTIMIENTO DE UN TUNEL DE DOS VIAS PARA
EL METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE MEXICO

A) OBRA DE MAHO

1) SERVICIOS GENERALES

<u>CATEGORIA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TURNOS</u>	<u>COSTO EMPRESA</u>	<u>IMPORTE</u>	
Sobrestante	1	2	1,176.32	2,352.64	
					<u>2,352.64</u>

2) PERSONAL PARA CONCRETO EN SUPERFICIE

Muestreador	1	1	573.25	573.25	
Telefonista	1	1	573.25	573.25	
Op. tolva concreto	1	1	573.25	573.25	
					<u>1,719.75</u>

3) ESTACION DE CARGA

Op. tanque amortiguador	1	1	573.25		
					<u>573.25</u>

4) COLOCACION DEL CONCRETO

Cabo	1	1	760.65	760.65	
Vibradoristas	6	1	573.25	3,439.50	
Ayte. vibradoristas	4	1	573.25	2,293.00	
Ventaneros	4	1	573.25	2,293.00	
Electricista	1	1	728.19	728.19	
Ayte. Electricista	1	1	573.25	573.25	
Telefonista	1	1	573.25	573.25	
Tuberos	6	1	867.40	5,204.40	
					<u>15,865.24</u>

<u>CATEGORIA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TORNOS</u>	<u>COSTO EMPRESA</u>	<u>IMPORTE</u>
6) TAPADO DE HUECOS Y ACABADO				
Cabo	1	1	760.65	760.65
Albañil	2	1	767.93	1,535.86
Peones de Túnel	3	1	576.02	1,728.06
				4,024.57
			S U M A	28,752.22
		15 % Por condiciones peligrosas.		4,312.83
		3 % Por herramienta.		862.57
				\$ 33,927.62/día

Se tiene un avance de 2.39 m/día

Cargo = $\$ \frac{33,927.62}{2.39}$ /día \$ 14,195.66/m.l.

B) EQUIPO

	<u>NO.</u>	<u>HORAS DIARIAS</u>	<u>COSTO HORARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
Bomba de concreto	1	8	821.03	6,568.24
Tubería para concreto de 8" (30 m)	1	8	24.73	197.84
Tubería para concreto de 6" (100 m)	1	8	57.87	462.96
Tanque amortiguador	1	8	41.43	331.44
Camiones c/olla (Activo)	2	8	845.26	13,524.16
Camiones c/olla (reserva)	1	8	326.36	2,610.88
Compresor de 600 PCM	1	8	550.73	4,405.84
Vibradores de inmersión (activos)	4	8	25.56	817.92
Vibradores de inmersión (reserva)	2	8	9.70	155.20
Vibradores de contacto (activos)	4	8	20.42	653.44

C) MATERIALES Y EQUIPO MENOR

1) Curado del concreto

a) Curaconsa a \$ 15.33/lt. y sirve para 4 m²

$$\text{Cargo} = \$ \frac{15.33/\text{lt.} \times 27.14 \text{ m}^2/\text{m.l.}}{4 \text{ m}^2/\text{lt.}} \quad \$ \quad 104.01/\text{m.l.}$$

b) Un aspersor a \$ $\frac{1,350.00 \times 27.14 \text{ m}^2/\text{m.l.}}{6,000.00 \text{ m}^2}$ \$ 6.11/m.l.

2) Chiflón para limpieza

1 chiflón 900.00

1 Manguera para aire 4,975.00

1 Manguera para agua 2,000.00

\$ 7,875.00

Duración 100 colados

$$\text{Cargo} = \$ \frac{7,875.00}{100 \times 2.39 \text{ m. l.}} \quad \$ \quad 32.95/\text{m.l.}$$

3) Manguera para repartidor de los vibradores

Tramo de \$ 10,500.90 c/u. se usan 2 tramos de 2" Ø
Duración 100 colados

$$\text{Cargo} = \$ \frac{10,500.90 \times 2}{100 \times 2.39 \text{ m. l.}} \quad \$ \quad 87.87/\text{m.l.}$$

4) Material para acabado de túnel se usa cemento y arena para dar acabado y eliminar los quiebres por traslapes y juntas frías.

Se tiene un cargo aproximado de: \$ 50.00/m.l.

b) Para hacer los acabados se usa un andamio con un costo diario de

$$\text{Cargo} = \$ \frac{70.00}{2.39 \text{ m.l.}} \quad \$ \quad 29.79/\text{m.l.}$$

CARGO TOTAL POR MATERIAL Y EQUIPO MENOR \$ 310.23/m.l.

D) INSTALACIONES

1) Bajar y fijar la tubería, en la lumbrera, para el concreto e instalar el tanque amortiguador

a) MANO DE OBRA

<u>CATEGORIA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TURNOS</u>	<u>COSTO EMPRESA</u>	<u>IMPORTE</u>
Sobrestante	1	2	1,176.32	2,352.64
Maniobrista	4	2	662.50	5,300.00
Soldadores	2	2	748.38	2,993.52
Ayte. Soldador	2	2	573.25	2,293.00
Perforistas	2	2	651.80	2,607.20
Ayte. de Túnel	7	2	576.02	8,064.28
S U M A				\$ 25,903.64
15% Por condiciones peligrosas.				3,885.59
3% Por herramienta				777.11
				\$ 30,566.30

b) EQUIPO

	<u>NO.</u>	<u>HORAS DIARIAS</u>	<u>COSTO HORARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
Perforadores c/empujador	2	6	63.71	764.22
Compresor 600 P.C.M. 1	1	8	550.73	4,405.84
Soldadora	2	8	130.20	2,083.20
Elevador de personal	1	8	802.37	6,418.96
Malacate neumático	1	8	191.50	1,532.00
Grúa	1	8	1,961.52	15,690.56
				\$ 30,894.88
T O T A L				\$ 61,461.18

Este trabajo se hace en 6 (seis) días: \$ 61,461.18 x 6 = \$ 368,767.08

c) MATERIALES

Soldadura, acero para anclas, madera, concreto, etc.	\$ 3,000.00
S U M A	\$ 371,767.08

Esta instalación sirve para 12,500.00 m³ y se considera 40% por desmantelamiento

$$\text{Cargo} = \frac{\$371,767.08 \times 1.40 \times 17.56 \text{ m}^3/\text{m.l.}}{12,500 \text{ m}^3} \quad \$ 731.16/\text{m.l.}$$

2) Instalación de teléfonos, de tableros de control, arrancadores e Interruptores: \$ 3.00 por m³

$$\text{Cargo } \$ 3.00/\text{m}^3 \times 17.56 \text{ m}^3/\text{m.l.} \quad \$ \underline{52.68/\text{m.l.}}$$

$$\text{TOTAL DE INSTALACIONES} \quad \$ 783.84/\text{m.l.}$$

E) SUMINISTRO DE CONCRETO

El metro cúbico de concreto, de resistencia 250, puesto en obra cuesta: \$ 2,223.00

Se requieren 17.56 m³ de concreto por metro lineal de Túnel

$$\text{Cargo } \$ 2,223.00 \text{ m}^3 \times 17.56 \text{ m}^3/\text{m.l.} \quad \$ \underline{39,035.88/\text{m.l.}}$$

R E S U M E N

A) MANO DE OBRA \$ 14,195.66/m.l.

B) EQUIPO 13,314.67

C) MATERIALES Y EQUIPO MENOR 310.23

D) INSTALACIONES 783.84

E) SUMINISTRO DE CONCRETO 39,035.88

S U M A : \$ 67,640.23/m.l.

UTILIDAD 30.30 20,495.00

PRECIO UNITARIO \$ 88,135.28/m.l.
=====

NOTA:

Este Precio Unitario solo incluye el suministro de concreto y su colocación, pero no incluye la cimbra ni su manejo.

V) CONCLUSIONES

Considerando que:

Se regularizará la producción de automóviles para lograr un aprovechamiento de combustible y por lo mismo, un gasto cada vez menor de éste en relación con el número de kilómetros recorridos.

En 1985 se tiene planeado dejar de fabricar automóviles de 8 cilindros se planea ahorrar, para 1990, 173,000 barriles de crudo, equivalente a 51,000 barriles de gasolina diariamente.

Se trata de combatir la contaminación ambiental y los autobuses y automóviles producen mucho smog.

Las obras viales que se han hecho, durante su etapa de construcción ocasionan más congestiones, molestias y problemas económicos.

Se ha decidido la ampliación de la red del metro para resolver el problema de transporte masivo.

Se tiene planeado aumentar las líneas del Metro a 21, con una longitud de 444 km.

Existen en México Ingenieros y Técnicos Mexicanos, capaces para realizar la excavación de túneles a grandes profundidades.

Al hacer las líneas del Metro por túnel profundo, no se provocan los problemas viales, tan graves que se ocasiona con los trabajos en superficie.

Por lo antes expuesto, considero que sería conveniente que se hiciese un estudio, de la ampliación de la red del metro por medio de túneles profundos, para resolver los problemas de transporte, congestión y contaminación que hasta la fecha no se han podido resolver.

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

- 1) MEMORIAS DEL DRENAJE PROFUNDO DE LA CIUDAD DE MEXICO
EDITADAS POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, MÉXICO, D. F. 1975.
- 2) COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION
ING. CARLOS SUÁREZ SALAZAR
EDITORIAL LIMUSA, MÉXICO, D. F. 1977
- 3) MANUAL PARA EL USO DE EXPLOSIVOS
COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL, S. A. MÉXICO, D. F. 1979
- 4) SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO DE LA CIUDAD DE MEXICO
PUBLICACIÓN INTERNA DE ISTME, MÉXICO, D. F. 1967
- 5) CONCRETO LANZADO
EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
MÉXICO, D. F. 1976
- 6) CATALOGO DE CARGOS FIJOS DE LA MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION
EDITADO POR LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
MÉXICO, D. F. 1979
- 7) MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIO DE TRABAJOS DE CONSTRUCCION
EDITADO POR LA SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS, MÉXICO, D. F. -
1963
- 8) METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION
R. L. PEURIFOY
EDITORIAL DIANA, S. A. MÉXICO, D. F. 1967