



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28
69

**DESVIO DE COLECTORES QUE INTERFIEREN
CON LA CONSTRUCCION DEL CAJON DEL METRO**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a

RAFAEL FLORES TAKAGUI



México, D. F.

1984



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.

I N D I C E

	Pág.
I. ANTECEDENTES	1
II. INTERFERENCIAS	5
II.1 Elevado	5
II.2 Superficial y Semisuperficial	6
II.3 Cajón Subterráneo	6
II.4 Túnel Profundo	8
III. DESVIOS DE COLECTORES	10
IV CAJAS DE CONEXION Y LUMBRERAS DE ENTRADA Y SALIDA	13
IV.1 Estudio de Mécanica de Suelos (Sifón Morena)	15
IV.2 Procedimiento constructivo de cajas de conexión	26
IV.3 Lumbreras	32
IV.4 Ventajas del sistema de abatimiento del N.A.F.	42
V. DESVIOS DE COLECTORES POR MEDIO DE EXCAVACION A CIELO ABIERTO ENTRE MUROS COLADOS EN SITIO	51
V.1 Procedimiento constructivo del desvfo	51
V.2 Muros colados en el sitio	59
VI. DESVIO DE COLECTORES POR MEDIO DE TUNELES	74
VI.1 Escudo	74
VI.2 Revestimiento primario	83
VI.3 Inyección de contacto	85
VI.4 Revestimiento definitivo	90
VI.5 Control Topográfico	94
VII CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99

CAPITULO I

ANTECEDENTES.-

La Ciudad de México al igual que muchas de las grandes capitales del mundo sufren un incremento de población muy alto, debido a la explosión demográfica (3.5% anual), inmigración de todos los estados de la provincia (en busca de mejores oportunidades de vida) etc. Por este motivo las autoridades de la ciudad se ven en la necesidad de ampliar los servicios municipales como son: agua potable, drenaje, transporte, pavimentación, etc.

Uno de los problemas más críticos que se presentan en la actualidad es el del transporte masivo de personas, el cual presenta las siguientes características:

- 1.- La población actual del D.F. es de 9.5 millones de habitantes.
- 2.- 1.99 millones de vehículos, incluyendo los que provienen de otras entidades, principalmente del Estado de México.
- 3.- 18.4 millones de viajes/persona/día (VPD)
- 4.- Del total de vehículos de la Ciudad de México el 3% corresponde al transporte colectivo que moviliza al 79% de pasajeros; mientras que los vehículos particulares constituyen un 97% pero movilizan tan solo el 21% de los V.P.D.
- 5.- Los autobuses son el medio de transporte más importante, ya que participan con el 50.8% del total de VPD, no obstante que su servicio y la comodidad que ofrecen son muy deficientes.
- 6.- Dadas las condiciones existentes de vialidad, algunas zo-

nas urbanas tienen escasa accesibilidad e insuficiente -- transporte colectivo.

- 7.- Existe un alto déficit de estacionamientos, que provoca - violaciones a los reglamentos de tránsito; y por ende los carriles destinados a la circulación de vehículos se encuentran obstruidos por los autos estacionados.

Con base en el panorama actual de vialidad y conocidas -- las tasas de incremento poblacional y vehicular, ha sido posible pronosticar las condiciones de la vialidad y el - transporte para el año 2000 siguiendo 2 tendencias:

- a) Tendencia Histórica.
- b) Tendencia Inducida.

La tendencia histórica se refiere a que en caso de que el crecimiento urbano se verificara en condiciones similares a las -- que hasta ahora han prevalecido y no se aplicaran las medidas - correctivas, en el año 2000 habría en el D. F. 17.3 millones de personas, 11.5 millones de vehículos y se generarían 43.1 millones de viajes diariamente, de los cuales el 31.8% se efectuarían en vehículos particulares y el 68.2% en transportes colectivos. El consumo de gasolina se elevaría de 3,200 millones de - litros anuales (1979) a 33,500 millones y los vehículos dispondrían solamente de 20 m² para circular y estacionarse con lo -- que casi se llegaría a la paralización total.

La tendencia inducida es la que prevee que si desde ahora se ponen en práctica las medidas de regulación que se proponen en el Plan Rector de Vialidad y Transporte se tendrían al final del siglo 14.3 millones de personas, 5.4 millones de vehículos, de los cuales únicamente cerca de 1 millón circularían dentro de la ciudad ya que los transportes colectivos absorberían el 94.4% de los

35.6 millones de viajes/persona, generados diariamente. A los vehículos particulares correspondería sólo el 5.6% de los - - - V.P.D., el consumo de gasolina se reduciría a cerca de 1,400 millones de litros anuales y además las condiciones de circulación no presentarían los congestionamientos actuales.

Para alcanzar el objetivo, el Plan se ha subdividido en cuatro capítulos básicos que son:

- a) Plan de Vialidad
- b) Plan de Transporte de Superficie
- c) Plan de Estacionamientos
- d) Plan Maestro del Metro que habrá de llevarse a cabo a corto, mediano y largo plazo hasta cubrir una longitud de 440 km. de extensión, con 21 líneas en el D.F. y tres más en el Estado de México, capaces de alcanzar una oferta de transportación de 24 millones de pasajeros día.

Teniendo el problema del transporte planteado y sabiendo que -- una de sus soluciones es el Metro, mencionaremos a continuación las modalidades constructivas más usuales que son:

- a) Elevado
- b) Superficial
- c) Semi-superficial
- d) Cajón Subterráneo
- e) Túnel profundo

Las características que presentan son las siguientes:

- a) Elevado.- Es una alternativa que se empezó a utilizar en la línea 4 del Metro en la cual no es necesario realizar obras extraordinarias.

- b) Superficial.- Esta solución se ha utilizado en la línea 2 del Metro, aprovechando la infraestructura ya existente, - como es:

La zona central de Calz. de Tlalpan que se utilizaba para la circulación de tranvías, así como también los pasos a - desnivel y a nivel creados para personas y vehículos.

- c) Semisuperficial.- Se requiere para su realización una - - franja de terreno al centro de una arteria con la cual se forma una barrera, esta solución es poco usual.
- d) Cajón Subterráneo.- Es una solución que se ha venido realizando con mayor continuidad ya que al quedar en funcionamiento nos permite disponer de la superficie sobre la cual quedó construido el cajón del Metro.
- e) Túnel Profundo.- Nos presenta la cualidad que para su -- construcción, así como para su funcionamiento, no se altera la vida normal de la población, ya que dada su profundidad no interfiere con obras ya realizadas o por realizarse.

CAPITULO II

INTERFERENCIAS PARA LA CONSTRUCCION DE LAS SOLUCIONES DEL METRO
Sabemos que para poder realizar cualquier construcción en la -- Ciudad de México en las zonas ya habitadas, nos enfrentamos a -- un sinnúmero de obstáculos de todo tipo de características.

La construcción de las líneas del Metro, así como sus ampliaciones, no son la excepción, puesto que éstas están trazadas para dar su servicio a las zonas poblacionales más necesitadas.

A continuación mencionaremos someramente las características -- de cada tipo de solución constructiva usada hasta ahora, sus interferencias y sus obras inducidas correspondientes.

II.1 ELEVADO.

Esta solución se utiliza cuando las dimensiones de las avenidas donde se construye son suficientemente amplias, por lo que las interferencias que existen para su construcción se reducen únicamente a sistemas de cableados aéreos ya -- que es sumamente difícil encontrar otros tipos de estructuras ya construidas que interfieran con la construcción del Metro.

De los inconvenientes que se presentan son: se pierden hasta 2 carriles de circulación por los apoyos de la estructura, impide la visibilidad de los habitantes de la zona (2° ó 3er. nivel de edificios), se sacrifican zonas verdes, se crean posibles focos de insalubridad en los apoyos y zonas cercanas. Esta solución nos crea un mantenimiento y servicio mayor ya que se encuentra expuesta a las inclemencias del tiempo.

Independientemente de estos detalles, es una buena solución porque sus cruces con avenidas, vías de ferrocarril, calles, etc., quedan perfectamente librados ya que la altura mínima que se busca es de 6.50m.

Además nos crea un impacto arquitectónico agradable.

II.2 SUPERFICIAL Y SEMISUPERFICIAL

En la construcción de estas soluciones casi no se encuentran interferencias ni elevadas ni subterráneas.

Su principal inconveniente es que por donde se hace su trazo la circulación transversal queda interrumpida creando una barrera impenetrable y es necesario realizar obras inducidas como pasos a desnivel o elevados tanto para personas y vehículos, así como para otras líneas del Metro.

En la solución superficial se llegan a encontrar principalmente interferencias de líneas telefónicas, líneas eléctricas, las cuales son relativamente sencillas de modificar, también en este caso se forma una barrera impenetrable lo cual obliga a pasos a nivel o desnivel.

En ambos casos se cancelan tres carriles de circulación, restringiendo las áreas verdes.

El mantenimiento y conservación de vías, de líneas y de equipo debe ser mayor puesto que al quedar a la intemperie, los efectos climatológicos afectan más al servicio.

II.3 CAJON SUBTERRANEO

Esta solución se realiza mediante la excavación ya sea a -

cielo abierto o con taludes entre muroademes colados en el sitio, la excavación puede llegar a más o menos 8.0m de profundidad.

A esta profundidad es donde se encuentran el mayor número de interferencias.

Estas interferencias son:

- Drenajes domiciliarios
- Redes de distribución de agua potable
- Redes del sistema de alcantarillado
- Líneas telefónicas
- Líneas eléctricas de alta y baja tensión
- Colectores semiprofundos
- Gasoductos, oleoductos, etc.

Las obras existentes que más fácilmente pueden modificarse sin alterar de una manera importante su funcionamiento son las líneas telefónicas, líneas eléctricas, tomas domiciliarias de agua potable, sistemas de alcantarillado.

De todas estas actividades, su obra inducida se puede desarrollar dadas sus dimensiones sin entorpecer los trabajos para la construcción del cajón del Metro.

Las interferencias de mayor grado de dificultad para su desvío son principalmente:

Colectores semiprofundos que están funcionando como canales, líneas de agua potable (a presión), gasoductos, ya que dadas sus dimensiones requieren de obras más completas para su libramiento.

Por ejemplo, en el caso de las líneas de agua potable se hace su nuevo trazo, se coloca tubería, se prueba y por último se conecta a la red ya instalada, en estos casos, como el sistema trabaja a una presión alta, las líneas pueden o no quedar respetando una pendiente.

En el caso de que se trate del desvío de un colector de aguas negras y sabiendo que estos sistemas trabajan únicamente por gravedad, y que por sus dimensiones no pueden quedar por encima de la losa de techo del cajón del metro, su desvío ya implica que debe pasar por la parte inferior de la losa de piso del cajón del Metro.

Estas obras se pueden realizar antes o durante la construcción del cajón del Metro, "antes" implica mayores interrupciones en la vía pública.

II.4 TUNEL PROFUNDO

Esta solución en su ejecución dada su profundidad, prácticamente no tiene problemas en cuanto a interferencias, sólo que se tope con otros túneles del Drenaje Profundo, o bien de otras líneas del Metro, pero mientras exista espacio disponible se pueden resolver fácilmente.

Dadas las características del subsuelo de la Ciudad de México, el realizar túneles profundos nos lleva a soluciones muy costosas como son: el realizar la excavación con escudos de frente abierto y aire comprimido o la utilización de escudos cortadores de frente presurizado y lodos bentónicos en la zona del lago, donde existen arcillas de muy alta plasticidad y baja resistencia al corte.

Como se ha podido observar, cualquier solución que se in--

tente realizar presenta problemas de obras inducidas e interferencias.

Una de las tendencias de las autoridades actuales es el de darle un uso más racional al espacio, por consiguiente, -- las soluciones más viables son: el cajón subterráneo y el túnel profundo, ya que con éstos se conserva 100% el espacio vial.

CAPITULO III

DESVIOS DE COLECTORES.-

Como vimos anteriormente que es necesario realizar obras inducidas, una de ellas es el desvío de los colectores que interfieren para poder construir el cajón subterráneo del Metro. La solución que se ha utilizado más comúnmente, es la del sifón invertido.

Los sifones invertidos son conductos cubiertos que se diseñan para que funcionen totalmente llenos y a presión para transportar agua por gravedad, en cruces de vías de ferrocarril, caminos, etc.

La forma y el número de los conductos lo determinan las condiciones locales y de economía. Las formas más comunes son la circular y la rectangular.

El tamaño del o de los conductos se determina en función de la carga disponible y la economía.

Sin embargo, cuando el agua acarrea arena u otros materiales, es conveniente limitar la velocidad a un máximo de 3m/seg. y con el objeto de tener el mínimo de obstrucciones y dificultades durante la operación, la velocidad mínima del agua debe ser del orden de 1.5m/seg.

La tubería de presión de concreto precolado y la tubería monolítica de concreto, son los tipos más comunes de conductos circulares para sifones que se usan para cargas hasta de unos 40 ó 50 m. Para cargas mayores se usan tuberías de placa de acero.

El principal problema que presentan los sifones que se constru-

yen para el desvío de colectores es su limpieza y mantenimiento, por lo cual se tienen que dejar pozos de inspección para poder realizar dicha limpieza en épocas de estiaje.

Dentro de las modalidades que encontramos en los sifones, se distinguen dos grupos principales que son:

- a) De caída vertical.
- b) De rampas graduales.

En ambos casos los elementos que los constituyen son: cajas de conexión, cámaras de entrada y salida y una zona central.

El sifón de caída vertical presenta las siguientes particularidades cuando se construye la parte central como túnel.

- 1.- Si se construye mediante la combinación de lumbreras y túnel la parte central del sifón, en la superficie es aprovechada toda el área por donde va el eje del túnel.
- 2.- Se producen un mínimo de problemas a los vecinos, ya que únicamente las lumbreras y cajas de conexión se atacan con excavación a cielo abierto.
- 3.- Usándose túnel en la parte central, se pueden desarrollar longitudes mayores, como el librar avenidas importantes en las cuales no se pueden hacer desvíos en el tránsito vehicular.
- 4.- También se pueden construir utilizando tablaestacado metálico o muros colados in situ para cercar el área de excavación.

Los sifones que se construyen con rampas graduadas pueden reali

zarse con túnel, con excavaciones a cielo abierto, entre una estrutura de contención como es un tablaestacado, muros colados en sitio o con taludes, en función del tipo de suelo y la disponibilidad de espacio.

Como se puede observar, se presenta similitud en el problema -- que se crea para su limpieza y mantenimiento.

Para poder decidir cual solución es la más apropiada, se valoran los siguientes elementos decisorios:

- a) Económico
- b) Tiempo de ejecución
- c) Espacio
- d) Longitud del proyecto
- e) Análisis de mecánica de suelos
- f) Estudios de escurrimientos

Después del estudio de estos factores, se podrá definir el tipo de desvío que sea más conveniente realizar.

Haremos una descripción mas detallada de la construcción de un desvío por medio de cajas de conexión, rampas graduadas y excavación a cielo abierto entre muros colados en el sitio, posteriormente analizaremos y describiremos el procedimiento cons-- tructivo de un desvío por medio de la excavación de un túnel.

CAPITULO IV

CAJAS DE CONEXION Y LUMBRERAS

Las cajas de conexión como las lumbreras son estructuras que -- forman parte de un sistema para desvío de colectores.

Es entre estas cajas donde el colector existente dejará de funcionar para poder eliminarse y así permitir la construcción del cajón del Metro, también en estas cajas o cámaras es donde se inicia y termina el desvío que se construye.

La construcción de estos elementos estructurales, generalmente se realiza con una excavación a cielo abierto con taludes o entre tablaestacados metálicos o de concreto colado in situ.

Para conocer los taludes con los cuales se debe trabajar, presentamos el estudio de mecánica de suelos correspondiente al -- desvío del colector 12-B localizado en las calles de Morena en el cruce de Av. Cuauhtémoc, del cual determinamos el ángulo de inclinación de los taludes de la excavación y además las presiones efectivas y pasivas que se generan en los muros tablaestacas que contienen a la excavación.

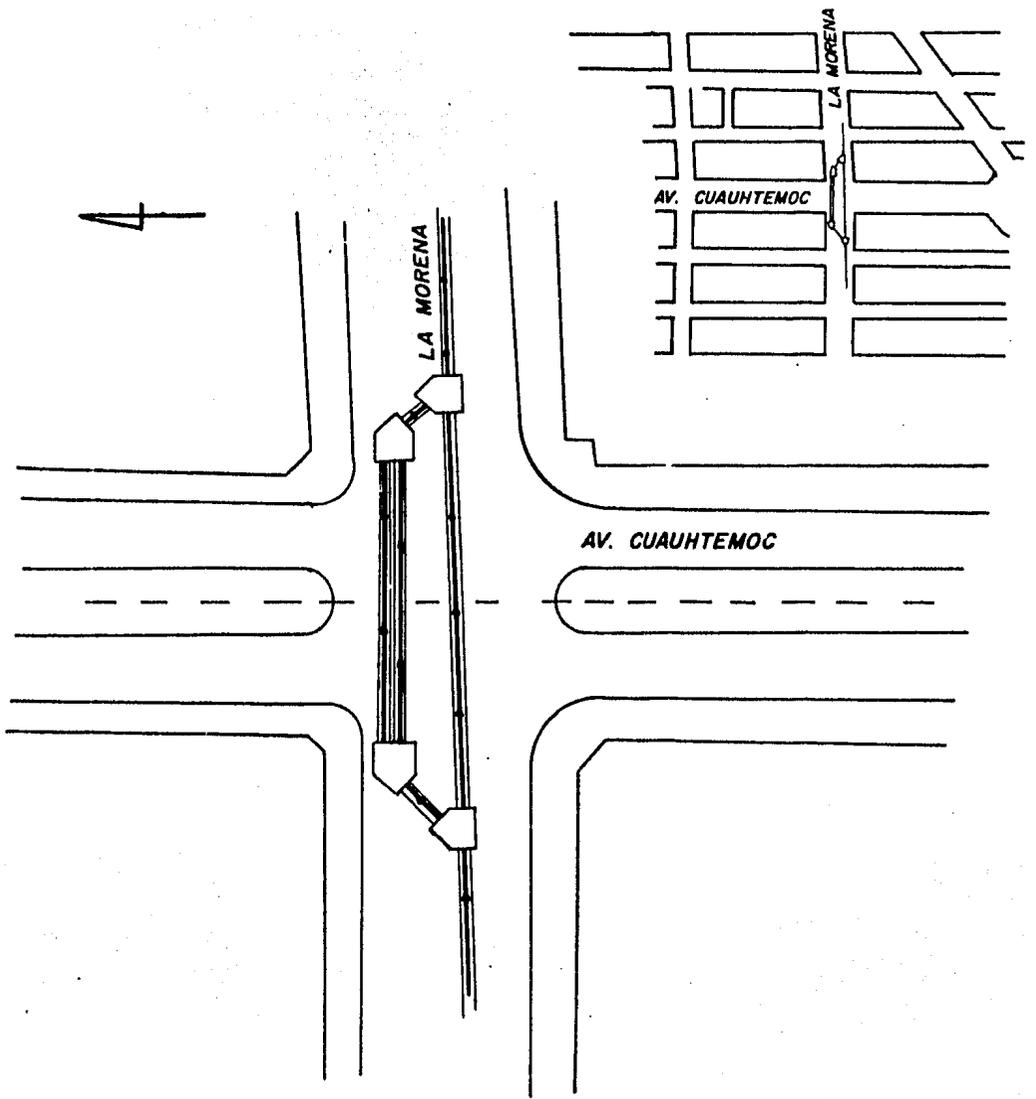


Fig. 1 CROQUIS DE LOCALIZACION DEL SIFON MORENA

IV.1 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (Sifón Morena)

Son ya conocidos en el medio de construcción los problemas que se presentan en las excavaciones profundas, las que se hacen en las arcillas del Valle de México, presentan problemas derivados de la alta plasticidad del material y por lo tanto su notable compresibilidad y expansividad, así como su baja resistencia al corte, aunados a la existencia de aguas freáticas superficiales.

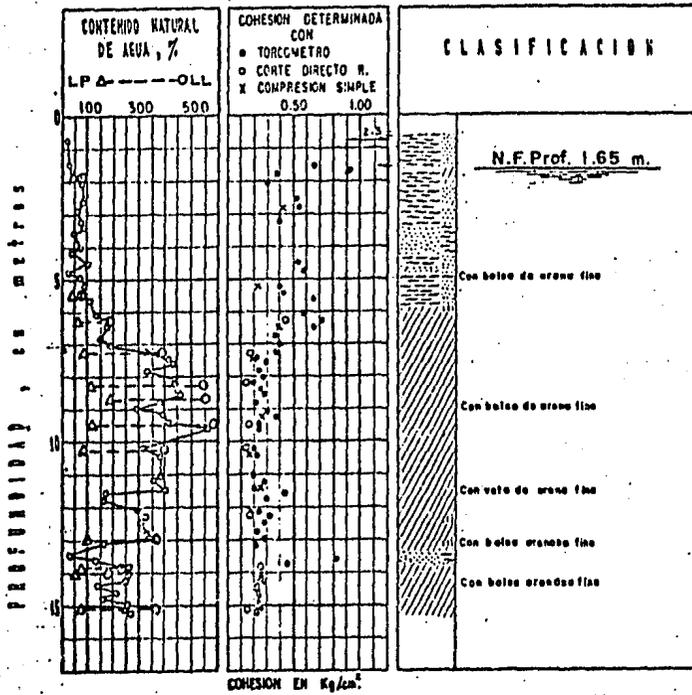
Es por ello que en cualquier excavación que se realice en estas arcillas se pueden presentar en mayor o menor escala, según el área de excavación, su profundidad y el tiempo -- que permanezca descubierta, los siguientes fenómenos:

- a) Expansiones en el fondo
- b) Flujo de agua a través del fondo de la excavación y del talud del avance.
- c) Disminución de la resistencia al corte por causa de las expansiones.
- d) Falla de fondo.
- e) Movimientos importantes durante la construcción de la estructura una vez terminada.

Para determinar hasta que grado se pueden presentar estos fenómenos, es necesario conocer las propiedades mecánicas del subsuelo en el cual se va a construir.

Se realizó un sondeo mixto a 40m de profundidad. En la -- Fig. No. 2 se hace la presentación gráfica de los ensayos.

Para conocer las propiedades mecánicas del subsuelo, se -- efectuaron en el laboratorio pruebas de compresión simple y compresión triaxial-rápida, con las muestras obtenidas -



Simbos convencionales:

- RELLENO
- ARCILLA
- LIMO
- ARENA
- GRAVA
- PEDREGAL
- VIDRIO VOLCANICO

Solum
 geotecnia

VIAS RAPIDAS
 LINEA NARVARTE-LA VILLA
 LA MORENA
 PRESENTACION GRAFICA DE LOS ENSAYES
 México, D.F. de 196 | Fig. 2

del sondeo mencionado anteriormente.

A partir de estas pruebas se obtuvieron los valores del -- ángulo de fricción interna y de la cohesión.

Análisis de mecánica de suelos

Los análisis necesarios para definir los avances de la excavación, el talud del frente de ataque y los niveles de - puntales son los siguientes:

- a) Falla de fondo
- b) Estabilidad de taludes
- c) Empujes horizontales

a) FALLA DE FONDO

Como se mencionó anteriormente, cualquier excavación que - se realice en las arcillas blandas, al rebasar cierta profundidad, el fondo deja de ser estable, representándose en un incremento fuerte en los bufamientos y por consiguiente un flujo ascendente de la arcilla tendiendo a cerrar la ex cavación, para obtener el factor de seguridad en este tipo de falla, se aplicó el criterio de Byerun y Eide.

$$F.S. = \frac{CNC}{\sum \gamma d + q} \geq 1$$

Donde:

C = resistencia al corte promedio de la arcilla situada - por debajo del fondo de excavación, hasta una profun- didad de una vez el ancho.

Nc = Coeficiente que depende de las dimensiones de la exca vación $\frac{Df}{B}$ (SKempton)

$\Sigma d = D_f =$ profundidad de la excavación

$\gamma =$ Peso volumétrico de cada estrato adyacente a la excavación

B = Ancho de la excavación

q = Sobrecargas

Análisis

ESTRATO (m)	h (m)	γ_m (T/m ³)	γ_{mH} (T/m ²)	$\Sigma \gamma_{mH}$ (T/m ²)	C (T/m ²)	ESTRATO	H (m)	C (T/m ²)
0.00-0.60	0.60	1.60	0.96	0.96	0	11.90-13.40	1.50	1.80
0.60-3.30	2.70	1.60	4.32	5.28	3.7	13.40-17.00	3.60	2.0
3.30-5.00	1.70	1.50	2.55	7.83	2.0	17.00-17.80	0.80	3.0
5.00-5.90	0.90	1.35	1.215	9.045	2.5	17.80-18.20	0.40	2.5
5.90-7.00	1.10	1.35	1.485	10.53	4.0	18.20-20.60	2.40	5.0
7.00-11.90	4.90	1.15	5.635	16.165	1.8	20.60-21.50	0.90	4.0
						21.50-21.80	0.30	5.0

$$C = \frac{1.50(1.8) + 3.60(2.0) + 0.80(3.0) + 0.40(2.5) + 2.40(5.0) + 0.90(4.0)}{9.90} = 3.11 \text{ T/m}^3$$

$$C = 3.11 \text{ T/m}^3$$

$$D = D_f = 11.90 \text{ m}$$

$$B = 6.60 \text{ m}$$

$$\frac{D_f}{B} = 1.80$$

$$N_c \text{ para cimiento cuadrado } N_c = 8.1$$

$$N_c \text{ rect.} = [N_c \text{ cuad.} \times (0.84 + 0.16 \frac{B}{L})]$$

Donde B = ancho del cimiento

L = largo del cimiento

$$N_c \text{ rect.} = [8.1 \times (0.84 + 0.16 \frac{6.60}{2.00})]$$

$$N_c \text{ rect.} = 7.231$$

$$F.S. = \frac{C N_c}{\Sigma \gamma H + q} \geq 1$$

supuesto

$$q = 0$$

.../

$$F.S. = \frac{3.11 (7.231)}{16.165} = 1.39 > 1.0$$

b) Estabilidad de taludes

Considerando ahora la estabilidad del talud en el frente - de excavación

Donde de la gráfica de Taylor y como $DH > 3 H$

si $\beta > 53^\circ$ $N_c = 0.181$

$\bar{\gamma} = 1.5 \text{ ton/m}^3$

$\bar{c} = 2.85 \text{ ton/m}^3$

$$F.S. = \frac{\bar{c}}{N_c \bar{\gamma} H + q}$$

$H = 5.74 \text{ m}$

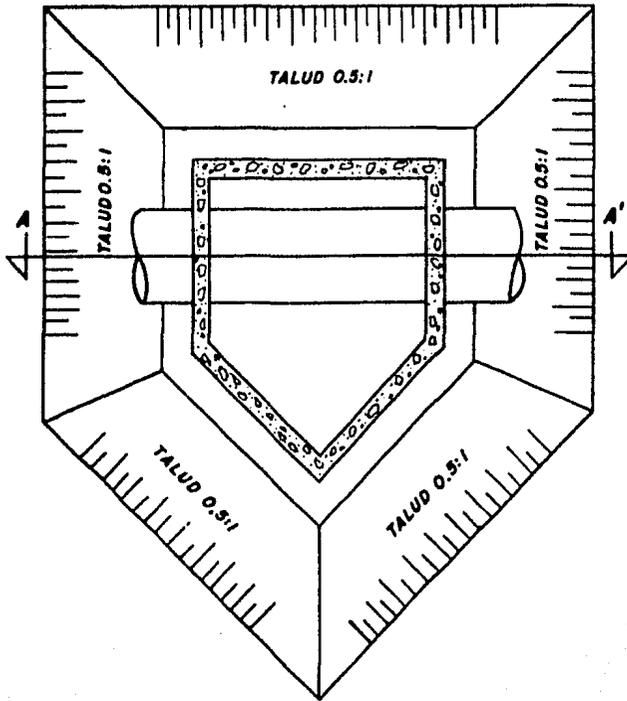
Como $DH > 3 H$

q supuesto = 0

$$F.S. = \frac{2.85}{0.181 \times 1.5 \times 5.74} = 1.83$$

. . . el talud es estable

De acuerdo al proyecto los demás taludes son 1:1 y en el mismo material, por lo que no hay problemas de estabilidad en los taludes, ya que el más crítico de ellos es el que acabamos de analizar.



PLANTA

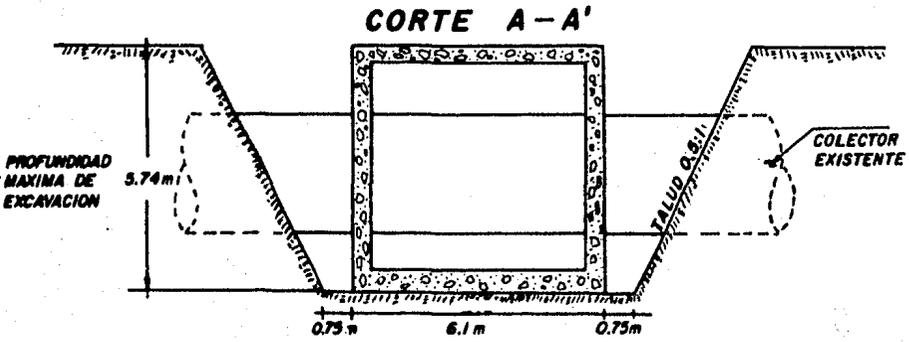


Fig. 3 TALUDES DE EXCAVACION EN CAJAS DE CONEXION

CALCULO DEL EMPUJE ACTIVO

Nivel mínimo de excavación = 10.90

N.A.F. = 1.65m

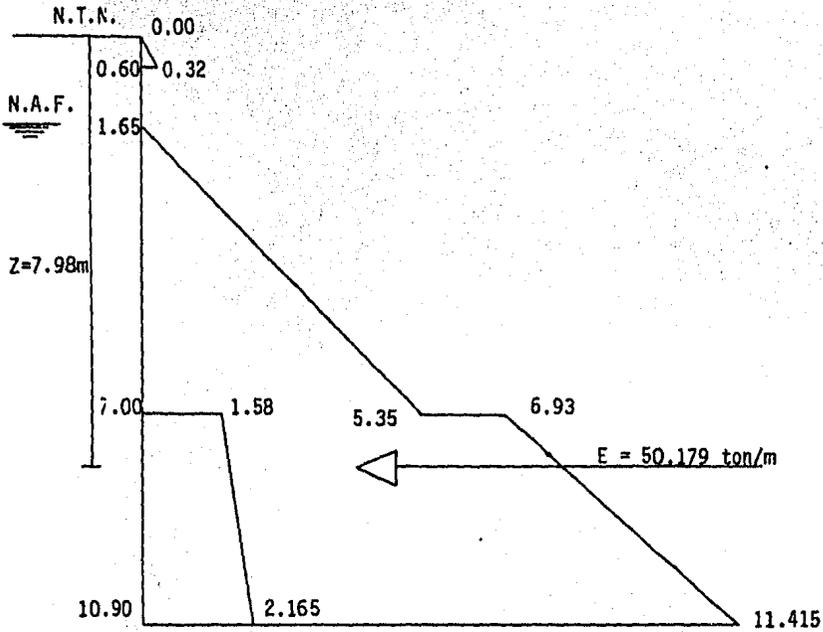
Coef de presión activa = $K_a = \text{tang}^2 (45 - \phi/2)$

ESTRATOS (m)	H (m)	γ_m (ton/m ²)	γ_{mH} (ton/m ²)	$\sum \gamma_{mH}$ (ton/m ²)	c (ton/m ²)	ϕ	K_a	$\sqrt{K_a}$
0.00 - 0.60	0.60	1.60	0.96	0.96	---	30°	0.333	0.577
0.60 - 1.65	1.05	1.60	1.68	2.64	3.7	15°	0.588	0.767
1.65 - 3.30	1.65	0.60	0.99	3.63	3.7	15°	0.588	0.767
3.30 - 5.00	1.70	0.50	0.85	4.48	2.0	30°	0.333	0.577
5.00 - 5.90	0.90	0.35	0.32	4.80	2.5	20°	0.490	0.700
5.90 - 7.00	1.10	0.35	0.38	5.18	4.0	0	1.0	1.0
7.00 -10.90	3.90	0.15	0.585	5.765	1.8	0	1.0	1.0

$$e = \sum \gamma_{mH} (K_a) - 2 (c) (\sqrt{K_a})$$

En H = 0.00m	q = 0.00 ton/m ²	e = 0
En H = 0.60m	q = 0.96 ton/m ²	e = 0.96(0.333)-2(0)(0.577) = 0.32 ton/m ² /m e' = 0.96(0.588)-2(3.7)(0.767) = -5.11 ton/m ² /m
En H = 1.65m	q = 2.64 ton/m ²	e = 2.64(0.588)-2(3.7)(0.767) = -4.12 ton/m ² /m e' = 2.64(0.588)-2(3.7)(0.767) = -4.12 ton/m ² /m
EN H = 3.30m	q = 3.63 ton/m ²	e = 3.63(0.588)-2(3.7)(0.767) = -3.54 ton/m ² /m e' = 3.63(0.333)-2(2.0)(0.577) = -1.10 ton/m ² /m
En H = 5.00m	q = 4.48 ton/m ²	e = 4.48(0.333)-2(2.0)(0.577) = -0.81 ton/m ² /m e' = 4.48(0.490)-2(2.5)(0.70) = -1.30 ton/m ² /m
En H = 5.90m	q = 4.80 ton/m ²	e = 4.80(0.490)-2(2.5)(0.70) = -1.15 ton/m ² /m e' = 4.80(0.490)-2(4.0)(0.70) = -3.25 ton/m ² /m
En H = 7.00m	q = 5.18 ton/m ²	e = 5.18(0.490)-2(4.0)(0.70) = -3.06 ton/m ² /m e' = 5.18(1.0)-2(1.8)(1.0) = +1.58 ton/m ² /m
En H =10.90m	q = 5.765 ton/m ²	e = 5.765(1.0)-2(1.8)(1.0) = +2.165ton/m ² /m

CALCULO DEL EMPUJE ACTIVO



Areas	\bar{y}	$A\bar{y}$
1).- $(0.32 \times 0.60)/2 = 0.096$	0.40	0.0384
2).- $(5.35 \times 5.35)/2 = 14.311$	5.216	74.6462
3).- $(6.93 \times 3.90) = 27.027$	8.95	241.8917
4).- $(3.90 \times 4.485)/2 = 8.745$	9.60	83.952
$\Sigma = 50.179 \text{ ton/m}$		$\Sigma = 400.5283 \text{ ton/m-m}$

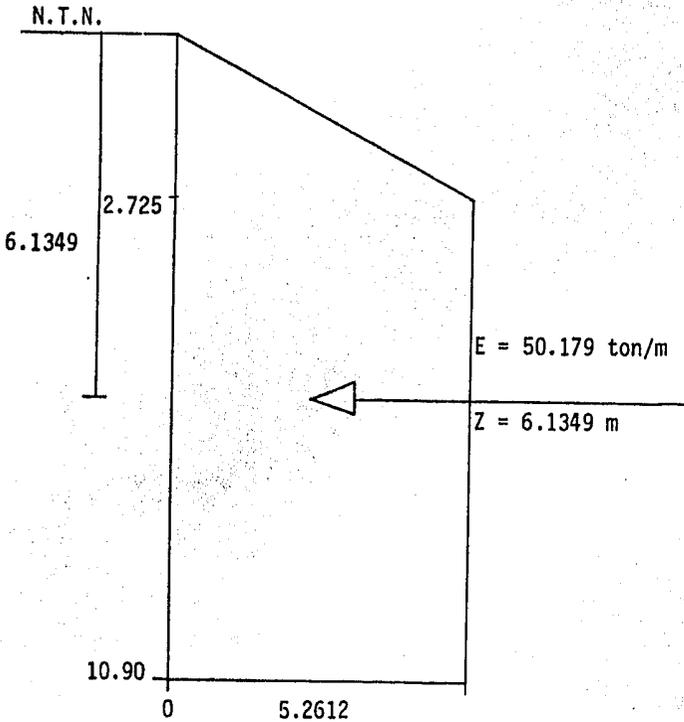
$E = 50.179 \text{ ton/m}$

$Z = \frac{A\bar{y}}{A} = \frac{400.5283}{50.179} = 7.98 \text{ m}$

Cálculo del empuje redistribuido

$$E = \frac{1.75H \times er}{2} \qquad E = 50.179 \text{ ton/m}$$

$$er = \frac{2 E}{1.75H} = \frac{2 \times 50.179}{1.75 \times 10.90} = 5.26 \text{ ton/m}$$



Area	A	\bar{Y}	$A\bar{Y}$
1) $(5.26 \times 2.725)/2 =$	7.169	X 1.8167	14.84062
2) $(5.2612 \times 8.175) =$	<u>43.010</u>	X 6.8125	<u>293.00562</u>
	$\Sigma = 50.179$		$\Sigma = 307.84624$

$$z = \frac{307.846}{50.179} = 6.1349\text{m}$$

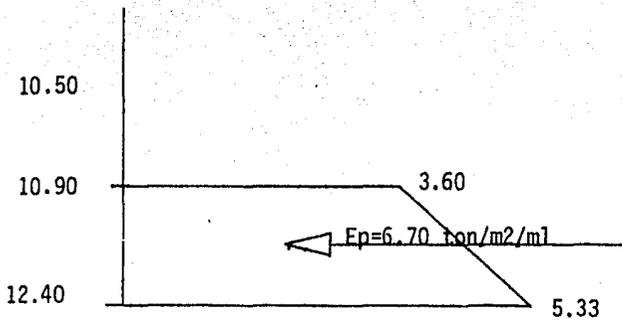
Cálculo del empuje pasivo

ESTRATOS (m)	H (m)	γ_m (ton/m ³)	γ_{mH} (ton/m ³)	C (ton/m ³)	ϕ	Kp	\sqrt{Kp}
10.88 - 12.38	1.50	1.15	1.73	1.80	0°	1.0	1.0

$$Kp = \tan^2 (45 + \phi/2) = 1$$

En H = 10.98 m q = 0 e = 0x1.0 + 2(1.8)(1.0) = 3.6 ton/m²/m¹

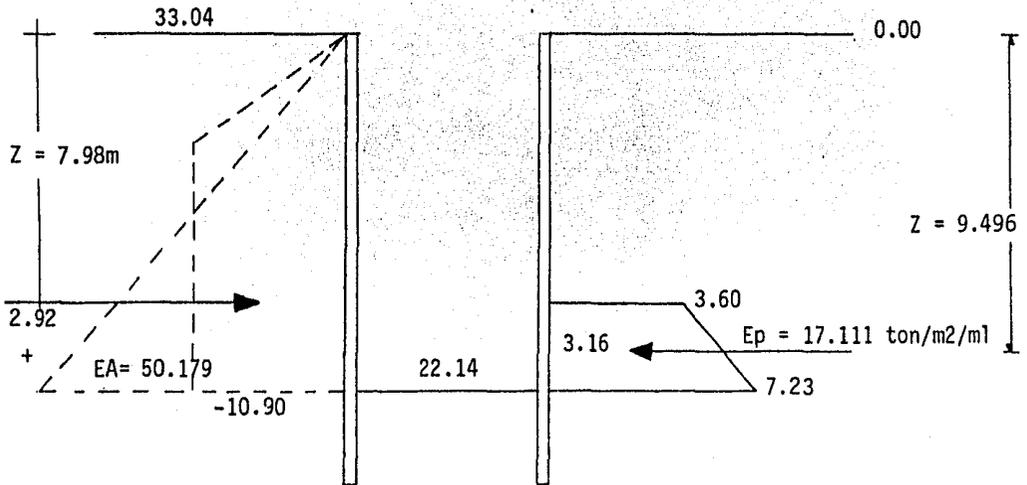
H = 12.40m, q = 1.73 e = 1.73(1.0) + 2(1.8)(1.0) = 5.33 ton/m²/m¹



Area	Area	\bar{Y}	$A\bar{Y}$
3.60 x 1.50	5.40	11.63	62.80
1.73 x 1.50	1.30	11.88	15.44
	$\Sigma = 6.70$ ton/m ² /m ¹		$\Sigma = 78.24$

$$Z = \frac{A\bar{Y}}{A} = \frac{78.24}{6.70} = 11.677 \text{ m}$$

Cálculo del empuje pasivo



ESTRATO	H	δ'_m	δ'_{mH}	$\Sigma \delta'_{mH}$	C	ϕ	Kp	\sqrt{Kp}
7.74 - 10.90	3.16	1.15	3.63	3.63	1.8	0°	1.0	1.0

$$Kp = \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$$

$$e = \Sigma \delta'_{mH} \times Kp + 2C Kp$$

En H = 7.74m $\Sigma \delta'_{mH} = 0.0 \text{ t/m}^2$ $e = 0$

$$e' = 0 \times 1 + 2(1.8) \times 1 = 3.60 \text{ t/m}^2/\text{m}$$

En H = 10.90 $\Sigma \delta'_{mH} = 3.63 \text{ ton/m}^2$ $e = 3.63 \times 1 + 2(1.8) \times 1 = 7.23 \text{ ton/m}^2/\text{m}$

A	\bar{Y}	$A\bar{Y}$
$(3.60 \times 3.16) = 11.376$	9.32	106.02
$(3.63 \times 3.16)/2 = 5.735$	9.85	56.47

$$\Sigma A\bar{Y} = 162.49$$

$Ep = 17.111 \text{ ton/m}^2/\text{m}$

$$Z = \frac{\Sigma A\bar{Y}}{\Sigma A} = \frac{162.49}{17.111} = 9.496\text{m}$$

IV.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS CAJAS DE CONEXION

Durante la excavación y colado de los muros tablaestaca se hizo la instalación del sistema de abatimiento de nivel freático en la zona correspondiente a las cajas de conexión ya que se estableció se realizara un bombeo previo a la excavación de 6 días, para lo cual se instalaron seis pozos de bombeo por cada caja, distribuidos según lo mostrado en la Fig. No. 11.

Más adelante, dentro de este mismo Capítulo detallaremos la importancia e instalación del sistema de bombeo de abatimiento del NAF así como también, el procedimiento constructivo de los muros tablaestaca.

Excavación y Construcción de las Cajas de Conexión

La excavación se realizó a cielo abierto por medio de taludes con una inclinación de 0.5 :1 horizontal a vertical.

Durante la excavación se alcanzaron profundidades máximas de 5.74m y 5.56m para las cajas de conexión 1 y 2 respectivamente.

Como no se sabía en que forma se había construido el colector existente, se plantearon dos soluciones a seguir que fueron:

- a) Si el colector fue construido con armado, cimbrado y colado en el sitio.
- b) Si el colector fue construido por tramos precolados de tubo.

Caso a.- Una vez descubiertas las tres cuartas partes del colector y sabiendo que se construyó con armado y colado en el sitio, se localiza el tercio central del colector --

descubierto en la longitud comprendida entre los paños exteriores de los muros de la caja de conexión, tal como se indica en la Fig. No. 4

Cuando se haya definido el tercio central, se continúa la excavación exclusivamente en este sitio en el sentido -- transversal al eje del colector hasta alcanzar la profundidad máxima de excavación, procediendo de inmediato a colar una plantilla de concreto pobre con aditivo acelerante de fraguado de 10 cm de espesor, posteriormente se colocará el acero de refuerzo y se colará la parte de losa inferior correspondiente.

Veinticuatro horas después de colada la parte de losa inferior, se colocará sobre ésta, el relleno de concreto simple de tal manera que haga las funciones de silleta para sostener el colector.

Setenta y dos horas después de haber colocado el relleno de concreto simple, se iniciará la excavación en ambos lados del tercio central, simultáneamente hasta alcanzar la máxima profundidad de excavación. Al llegar a este nivel se hará un confinamiento del área que ocupará la caja mediante la construcción de un muro de 28 cm de espesor constituido por tabiques, el cual se utilizará como cimbrado durante el colado de los muros de la caja. La altura que deberá tener el muro de tabique será de 2.0m

Una vez construido en su totalidad el muro de tabique, se procederá de inmediato a rellenar el espacio comprendido entre éste y los taludes de la excavación. El material de relleno se colocará en capas de 20 cm con una compactación del 85% hasta una altura de -1.50 m, de esa altura hasta -0.80m se compactará al 90% de la prueba Proctor.

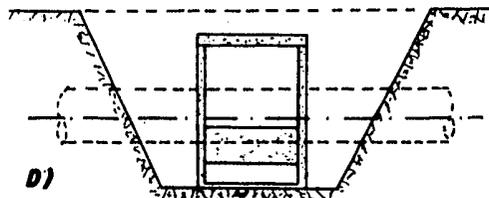
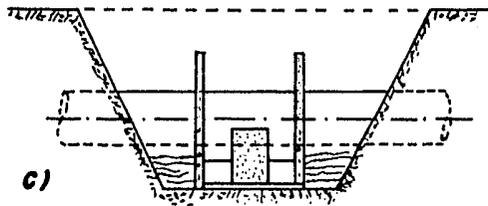
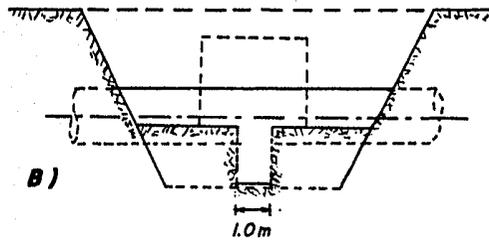
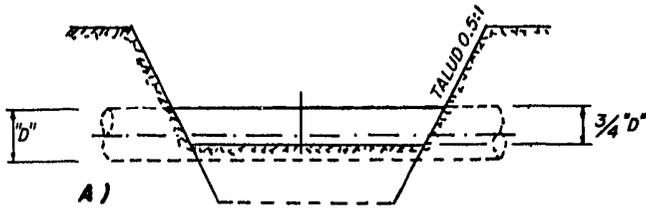


Fig. 4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CAJA EN CASO QUE EL COLECTOR SEA MONOLITICO

Se procederá a colocar la plantilla a ambos lados del tercio central sobre la cual se armará y colará la losa de piso en la misma forma que el tercio central.

Veinticuatro horas después de haber colado la losa de fondo, se armarán y colarán los muros de la caja. Durante la construcción de estos muros es necesario dejar las preparaciones requeridas en las zonas donde las cajas tendrán entrada o salida del colector. Las partes restantes del relleno de concreto simple en el interior de las cajas, se colocará después de haber terminado el colado de los muros.

Para poder colar la losa superior es necesario dejar pasar por lo menos siete días después de haber colado los muros.

Posteriormente podrá continuarse con el relleno y compactación de la parte restante de acuerdo a las especificaciones anteriores. El relleno sobre la losa deberá efectuarse -- hasta que éste haya alcanzado su resistencia específica.

Finalmente, se restituirá el pavimento en las zonas que se hayan afectado por la excavación.

CASO b.- Si resultara el colector construido por tubos -- precolados, se continuará la excavación hasta descubrir -- las tres cuartas partes del diámetro del colector, se procederá a construir zanjas perpendiculares al eje longitudinal de éste, abajo de sus juntas de unión.

Las zanjas deberán tener 1.0m de ancho por 3.53m de longitud y una profundidad de 0.20m abajo de la máxima profundidad de excavación y se ubicarán simétricamente abajo de cada junta según se indica en la figura No. 5

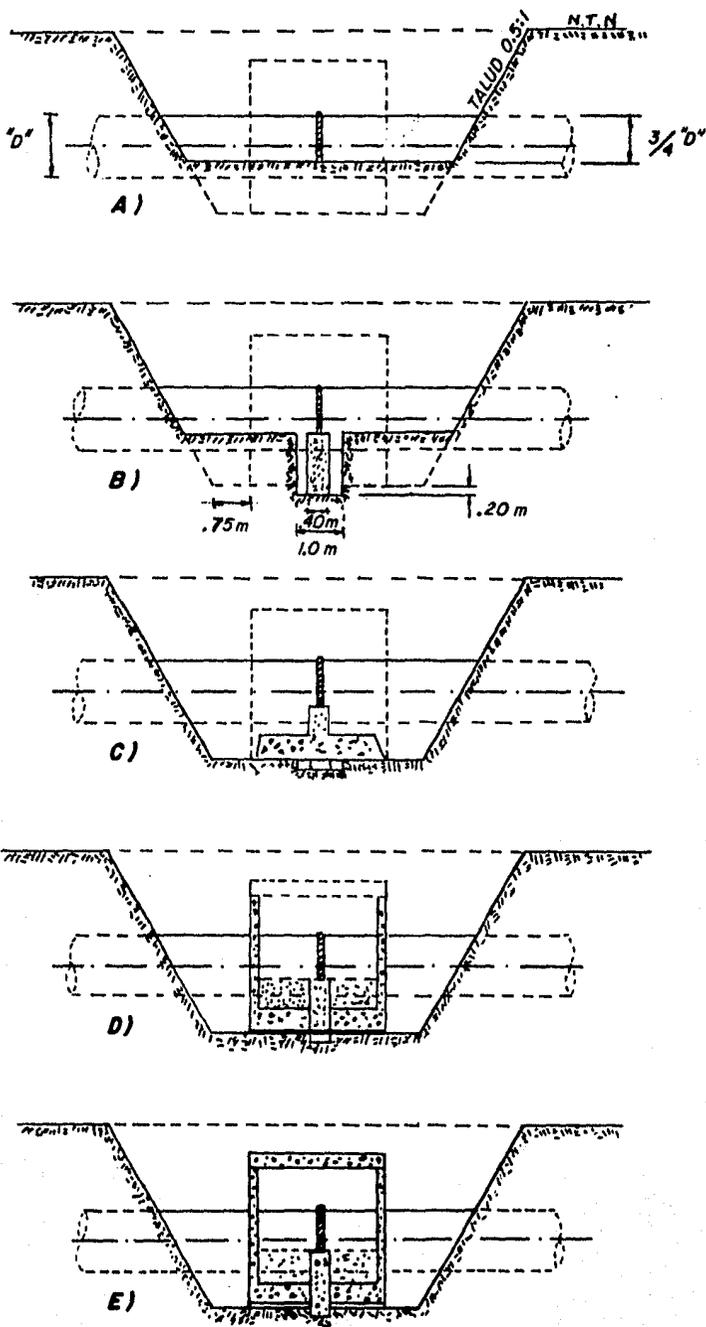


Fig. 5 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CAJA EN CASO QUE EL COLECTOR SEA A BASE DE TUBOS PRECOLADOS

Terminada la construcción de las zanjas, se colocará dentro de ellas, un relleno de concreto pobre con aditivo acelerante, con el fin de formar silletas de concreto que sotengan al colector para poder continuar con la excavación.

Las silletas de concreto deberán tener un ancho de 0.40m y una longitud igual a la de la zanja.

En el caso de que alguna de las silletas se localice en el sitio en que deba construirse algún muro, las silletas deberán construirse a ambos lados de la junta, de tal manera que no se interfiera con la construcción del muro.

Transcurridas 72 horas de coladas las silletas, se continuará la excavación hasta alcanzar la máxima profundidad de excavación. Al llegar a este nivel, se hará un confinamiento del área que ocuparán las cajas mediante la construcción de un muro perimetral de tabique de 28cm de espesor constituido por tabique.

Se continuarán a partir de este punto, las mismas especificaciones que se dictaron para el caso a).

La unión de la losa con las silletas deberá impermeabilizarse para evitar flujo del colector al terreno de cimentación.

En el caso que nos ocupa, nos encontramos con un colector armado y colado en el sitio.

Durante la etapa de excavación del tercio central nos topamos con un flujo bastante considerable de agua que nos - - aportaba un dren de 6" de diámetro localizado en la parte inferior del colector.

Este problema se solucionó al eliminar los tramos del dren que se encontraba en ese tercio y las terminales que aportaban gasto hacia ese tercio fueron taponados con una mezcla yeso - cemento.

El poco flujo que aún escurria, fue canalizado por medio de drenes de grava hacia cárcamos de bombeo, de esta forma se pudo colar el tramo de losa y el relleno de concreto pobre.

Para colar los dos tercios exteriores faltantes, se atacó el problema de la misma manera que en el tercio central.

Las demás etapas para la construcción de las cajas no tuvieron mayor problema y se realizaron de acuerdo a lo antes descrito.

IV.3 LUMBRERAS

Las lumbreras son estructuras que se usan como accesos para la construcción de túneles. Son generalmente de sección circular y profundidad variable. Una vez concluido el túnel, las lumbreras se pueden utilizar como captaciones de otros colectores.

Las lumbreras se pueden construir por métodos diferentes, de los cuales los más usuales son:

- a) Excavación y ademe por medio de secciones precoladas (dovelas).
- b) Excavación y ademe formado por concreto lanzado.
- c) Colado continuo y flotación.
- d) Con nuevos colados en lodo bentonítico y planta de sección circular.

El procedimiento que más se utiliza para el desvfo de colectores es el de excavación y ademe por medio de secciones precoladas, el cual describiremos a continuación:

Las piezas precoladas que se han utilizado pertenecen al D.D.F. y son de dimensiones fijas, las cuales forman una circunferencia cuyo diámetro exterior es de 6.10m y diámetro interior de 5.60m.

Brocal.- Se trazan en el terreno, tres circunferencias -- concéntricas de 8.10m, 6.60m y 5.60m de diámetro y se inicia la excavación de acuerdo con lo ilustrado en la Fig. 6.

Una vez realizada la excavación del brocal (Fig. 6a), se colocan dos anillos formados por dovelas y se le colocan varillas de 1" de diámetro en forma de "L" de 1.0m de longitud para que cuando se cuele el brocal, estas anclas que den ahogadas en el concreto y en el terreno (Fig. 6b).

Después de colocados los anillos se procede a armar el acero de refuerzo y posteriormente se realiza el colado del brocal, quedando como lo muestra la Fig. 6c.

Los anillos de la lumbrera están formados por 9 piezas normales, 2 piezas de cierre y una cuña. El desarrollo de -- las piezas normales y las de cierre es de 31.76° ; la unión de estas dovelas se hace por medio de 24 tornillos de $1\frac{1}{8}$ " de diámetro por 14" de longitud.

Para ligar un anillo con otro se requieren 34 tornillos de $1\frac{1}{8}$ " de diámetro X 14" de longitud.

Después de que haya fraguado el concreto del brocal se prosigue con la excavación de la lumbrera, la que se va realij

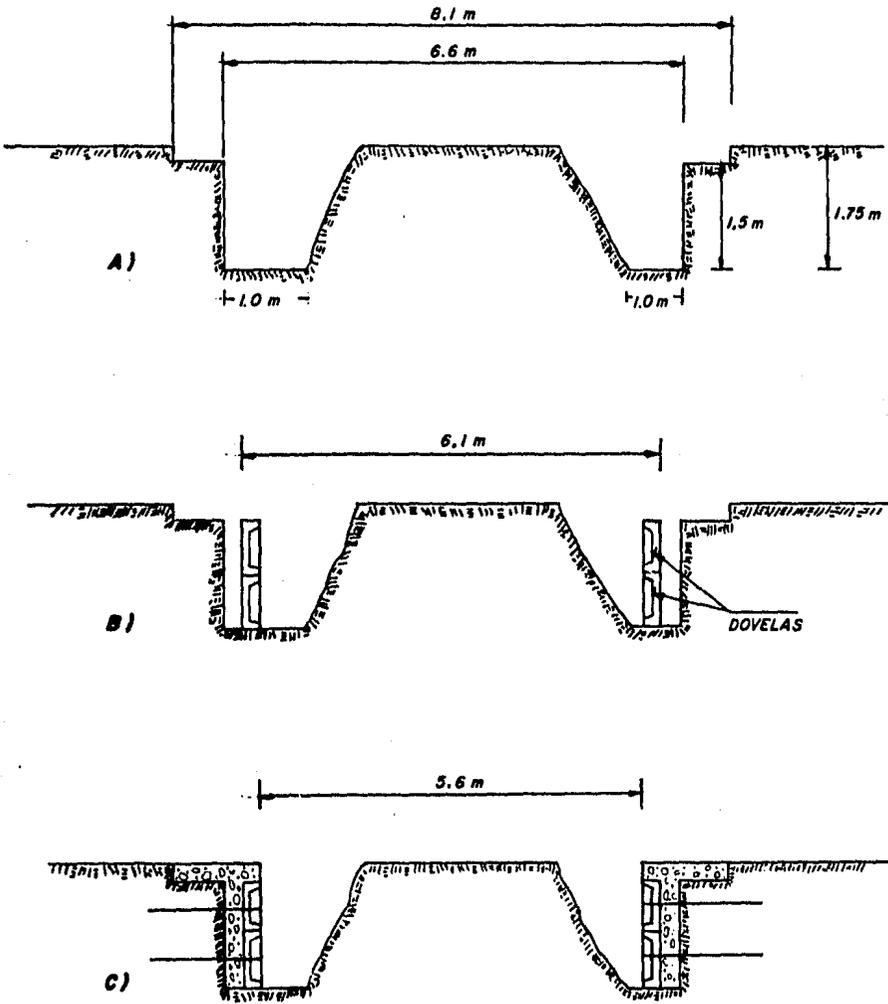


Fig. 6 ETAPAS PARA EL COLADO DEL BROCAL DE LA LUMBRERA

zando de una manera cíclica o sea, se excava la longitud correspondiente a un anillo, 0.75m lineal al paño de los anillos ya colocados, una vez que se completó la excavación a 0.75m, se empieza a excavar la parte inferior del último anillo colocado, hasta dejar el espacio necesario para colocar una dovela, la cual se sujeta inmediatamente por medio de tornillos a las dovelas superiores, se continúa esta operación hasta completar un anillo.

El ciclo se repite hasta llegar a la profundidad de proyecto.

A las dovelas se les hace una o dos barrenaciones antes de colocarlas para que en estas perforaciones se coloquen las anclas de varilla de pulgada de diámetro y en las que se hicieron dos, el barreno que queda se utiliza para la colocación de boquillas para la inyección de contacto.

Una vez terminada la excavación de la lumbrera es de suma importancia el colar inmediatamente la losa de fondo, ya que si se retrasa esta actividad se pueden tener expansiones en el suelo del fondo de la lumbrera. Cuando se cuelga la losa de fondo de una lumbrera en un terreno en el que se hayan presentado expansiones, después del colado de la losa se presentan asentamientos de toda la lumbrera.

Al último anillo colocado, se le hace un mayor número de barrenos, ya que ahí se colocarán varillas en forma de U, las que quedarán integradas a la losa para resistir el empuje del terreno. Además, se busca siempre que el nivel de desplante de la losa quede más abajo del último anillo colocado, para darle un apoyo mayor a la losa de la lumbrera.

En la Fig. 7 se observa el corte de la lumbrera.

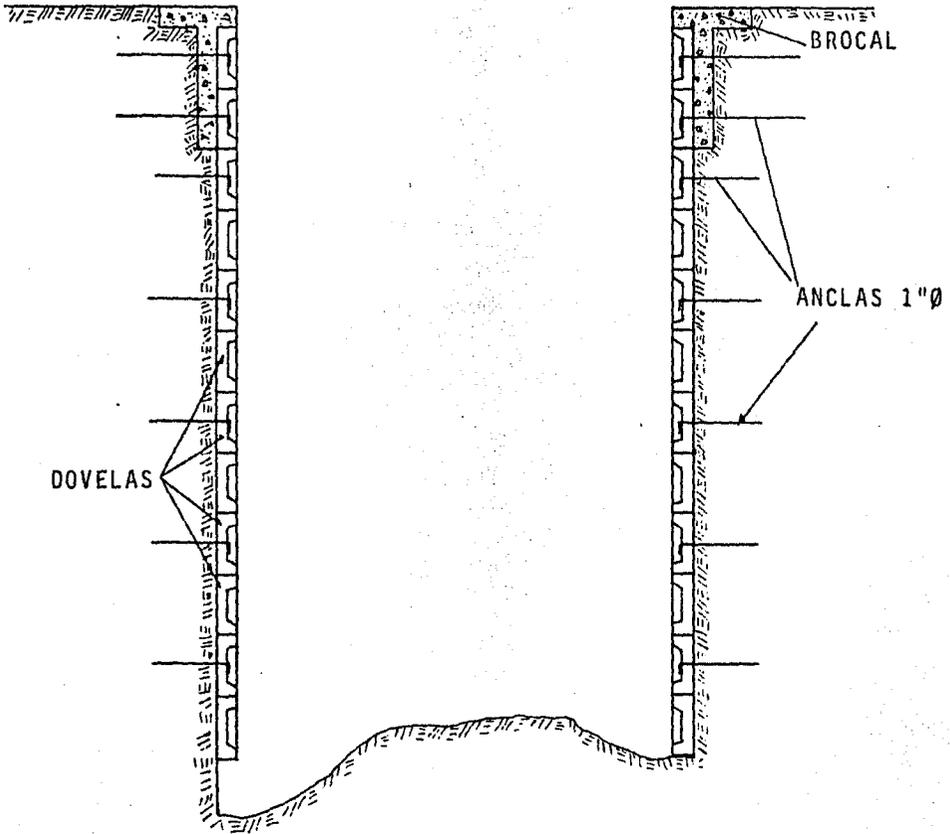


FIG. No. 7 CORTE DE LUMBRERA

Previo al colado de la losa, se dejan las preparaciones ne
cesarias para el armado de refuerzo del revestimiento defi
nitivo.

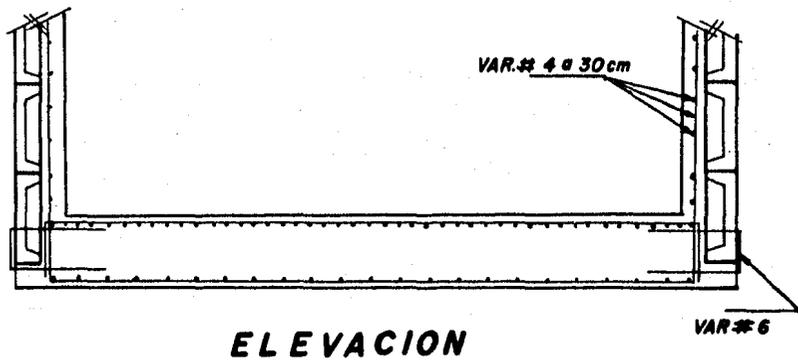
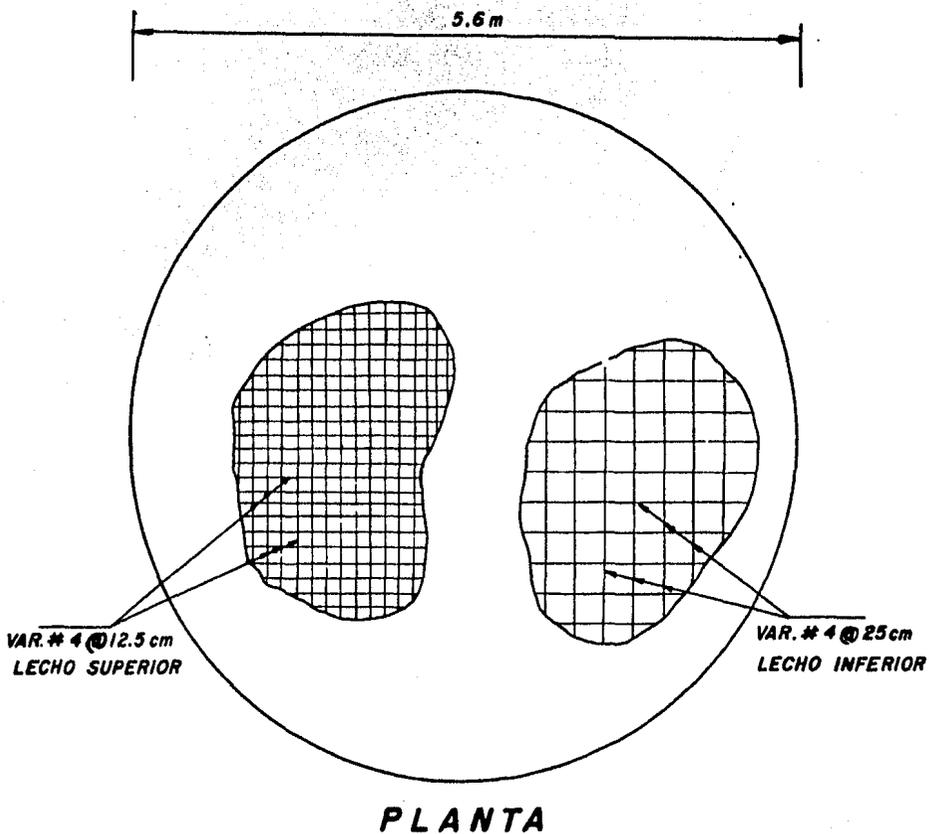


Fig. 8 DETALLE DE ARMADO DE LA LOSA DE FONDO

INYECCION DE CONTACTO DE LA LUMBRERA

Se realiza una inyección de lechada entre el terreno natural y el paño exterior de las dovelas con el fin de evitar filtraciones a la excavación y asentamientos de la lumbrera.

La inyección se realiza en ciclos de cuatro anillos colocados, utilizando para esto las perforaciones que previamente se le hacen a las dovelas, se colocan cuatro boquillas por anillo, cuidando que entre anillo y anillo las boquillas queden a 45°.

La inyección se realiza de abajo hacia arriba, dejando las boquillas superiores como testigos del flujo de la lechada.

Todas las boquillas deben llevar válvula de paso para en un determinado momento se pueda cerrar y purgar el aire y el agua de ese barreno.

Para garantizar que un barreno se encuentra sellado es necesario dejar una presión constante durante cinco minutos a 1 kg/cm².

La dosificación de las diferentes mezclas de lechada la veremos en el capítulo de inyección de contacto de túneles.

REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE LAS LUMBRERAS

Para el tipo de lumbreras construidas a base de dovelas de concreto no es necesario colocarles ningún tipo de recubrimiento adicional ya que la dovela está diseñada para resistir todas las presiones que pueda generar el terreno, pero en los casos como el que presentamos, la lumbrera estará expuesta a la erosión tanto del agua como de los agentes químicos disueltos en ella, motivo por el cual es necesario revestirla de concreto armado.

Una vez colocado el acero de refuerzo de la lumbrera, se coloca una cimbra circular de 5.20m de \varnothing y una altura de 1.20m.

La cimbra está constituida por duela de 1" de espesor por 2" de largo y 1.20m de altura, esta duela va unida entre sí por un machibrado, lo cual permite una mejor unión disminuyendo de esta manera las fugas de lechada, las duelas se apoyan en tablonces de 2" de espesor con una curvatura de 5.15m de \varnothing exterior y finalmente la cimbra se sujeta y rigidiza por una cruceta fabricada de ángulo de 2 1/2".

Una vez que se ha engrasado debidamente la cimbra, se coloca en el fondo de la lumbrera donde es centrada y nivelada, quedando lista para colocarle el sistema de guías e izado.

Las guías que se utilizan consisten en tubos de 1" de \varnothing o varilla del mismo diámetro, las cuales se van soldando al acero de refuerzo de la misma lumbrera para de esta manera disminuir los movimientos de las guías durante el izado de la cimbra. El izado lo realizamos por medio de cables de acero sujetos en uno de sus extremos a la cimbra y en el -

otro a la patesca de la grúa, la cual realizará el izaje.

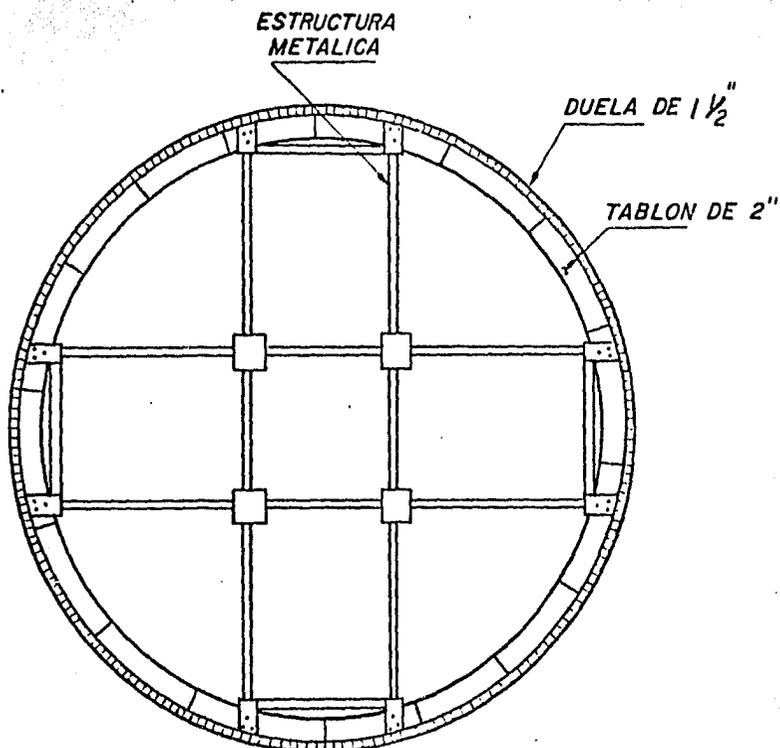


FIG. 9 VISTA EN PLANTA DE LA CIMBRA CON SU ESTRUCTURA

Ya que se encuentra todo el sistema instalado, la cimbra -- nivelada y centrada, se cubre toda el área de la cimbra -- con madera para formar una plataforma de trabajo, ya que -- en ésta se descargará primeramente el concreto para des- -- pués vaciarlo al molde de la cimbra.

El colado se va realizando de abajo hacia arriba, del fon- do al brocal de la lumbrera, después de haber llenado el -- espacio entre la cimbra y las dovelas dejamos pasar de 45 a 60 minutos antes de hacer el primer movimiento de la -- cimbra para evitar que al tener su fraguado inicial, el -- concreto se adhiera a ella, transcurridas dos horas de --

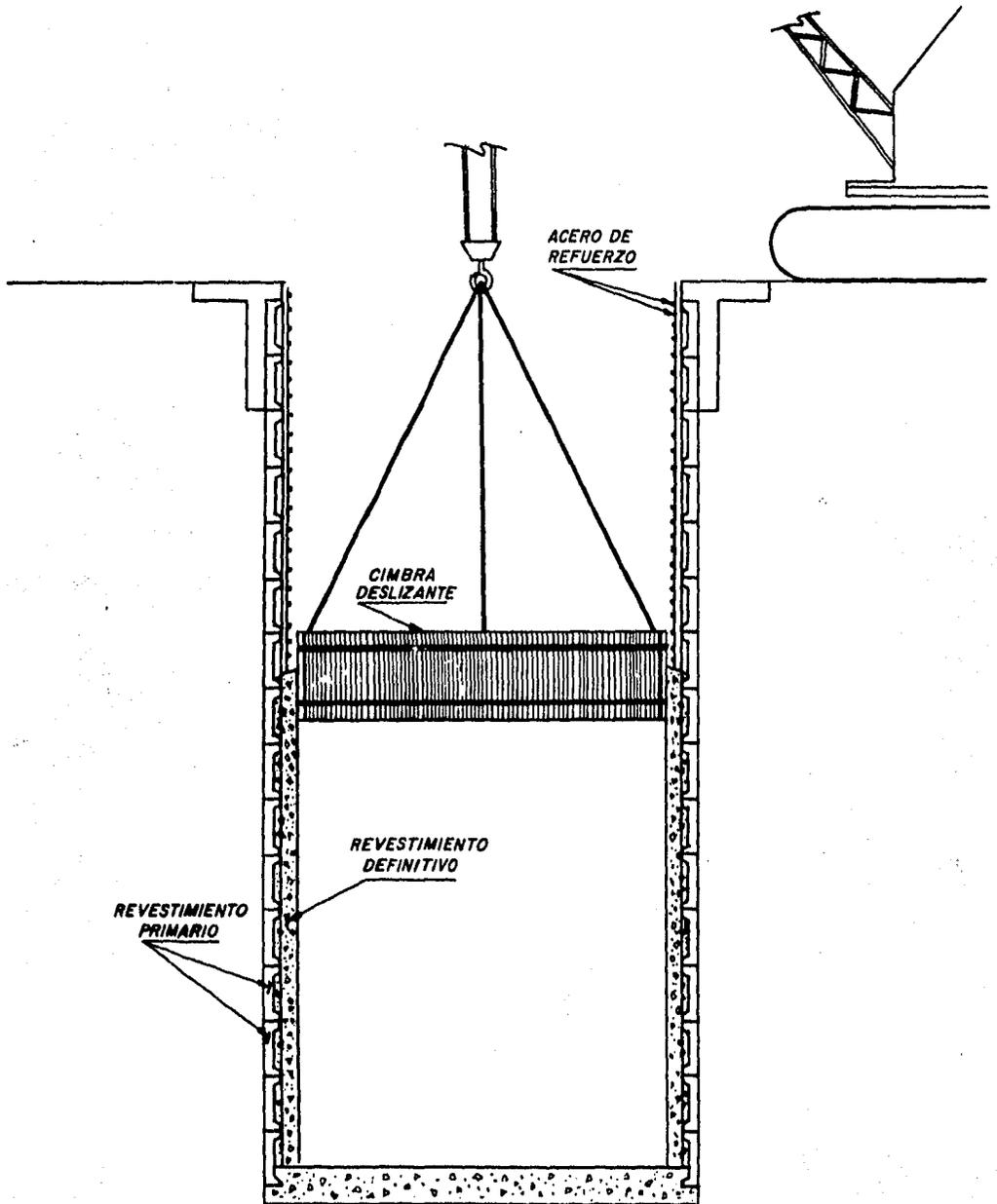


Fig. 10 REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE LA LUMBRERA

haber iniciado el colado, se le da otro movimiento de jálón a la cimbra y se continúa el llenado, de este momento en adelante no se suspenderá el colado del revestimiento hasta no terminarlo. La velocidad de desplazamiento de la cimbra es de aproximadamente 10cm por cada 15 minutos.

El tiempo de colado del revestimiento definitivo de una lumbrera de 12 mts. de profundidad dura de 14 a 16 horas contínuas.

El nivel de la cimbra lo controlamos por mediciones que se hacen en las gufas previamente marcadas a cada 5.00 cm, de esta forma podemos detectar y corregir si es que la cimbra se desnivela.

IV.4 VENTAJAS TECNICAS QUE PROPORCIONA EL USO DEL BOMBEO PREVIO EN EXCAVACION

El principal objeto del abatimiento del N.A.F. en la arcilla es el de disminuir la presión de poro, por lo que los beneficios del bombeo no se pueden estimar a partir del gasto extraído por los pozos

Al disminuir la presión de poro de la arcilla, se provoca un aumento en la presión efectiva que actúa como una sobrecarga a la arcilla subyacente.

Esta sobrecarga compensa en parte los efectos de la descarga originada por la excavación, disminuyendo en esta forma la magnitud de las expansiones inmediatas.

Por la misma razon los movimientos elásticos verticales -

causados en la arcilla al colocar las cargas de la estructura, se reducen importantemente así como los movimientos a largo plazo.

Por otra parte, al reducirse la magnitud de las expansiones, la pérdida de resistencia al corte de las arcillas -- del fondo de la excavación es mínima manteniéndose en esta forma la estabilidad del fondo de la excavación, ya que, -- los factores de seguridad contra esta falla son pequeños.

Al producirse el flujo hacia el pozo, la dirección de las fuerzas de filtración cambia, favoreciendo la estabilidad del fondo de la excavación y la de los taludes del frente de avance.

La ocurrencia de las ventajas anteriores se presenta cuando el período de bombeo previo a la excavación está comprendido por lo menos 6 días antes de iniciar la excavación.

Esta duración de bombeo previo se adoptó considerando el tipo de terreno y el contenido de agua del suelo.

PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE POZOS CON BOMBA EYECTORA PARA ABATIR EL N.A.F. EN CAJAS DE CONEXION Y EN EL SIFON

Para la ejecución se deben seguir los siguientes pasos:

PERFORACION

COLOCACION DE ADEME

COLOCACION DEL FILTRO

COLOCACION DE BOMBAS EYECTORAS

- 1.- La localización de los pozos de bombeo se indica en la figura No. 11, son 6 en la caja de conexión 1, 6 en la caja de conexión 2, 5 en la zona del sifón.
- 2.- La profundidad a la que se perforan los pozos de bombeo es de 4.0m abajo de la máxima profundidad de excavación, tanto en las cajas de conexión como en el sifón.
- 3.- perforación de los pozos de bombeo.

Los pozos tienen un diámetro de 30 cm y se perforan con broca tricónica o broca de dientes.

Con cualquiera de las 2 herramientas que se use, se deberá utilizar en el lavado y limpieza de la perforación exclusivamente agua a presión, no se debe emplear en ningún caso herramienta de perforación que no utilice agua a presión en el lavado, en este caso están los botes de las perforadoras Caldwell y espirales sólidas ya que estas herramientas destruyen en mayor grado la estructura del terreno y tapan los posibles canales de flujo al pozo.

Tampoco se usa lodo bentonítico como ademe de la perforación para evitar de esta manera se sellen los intersticios del flujo.

- 4.- Limpieza de las perforaciones .

Ya realizada la perforación y para la instalación del equipo de bombeo dentro de ellas, deberá desazolvarse el fondo de la perforación.

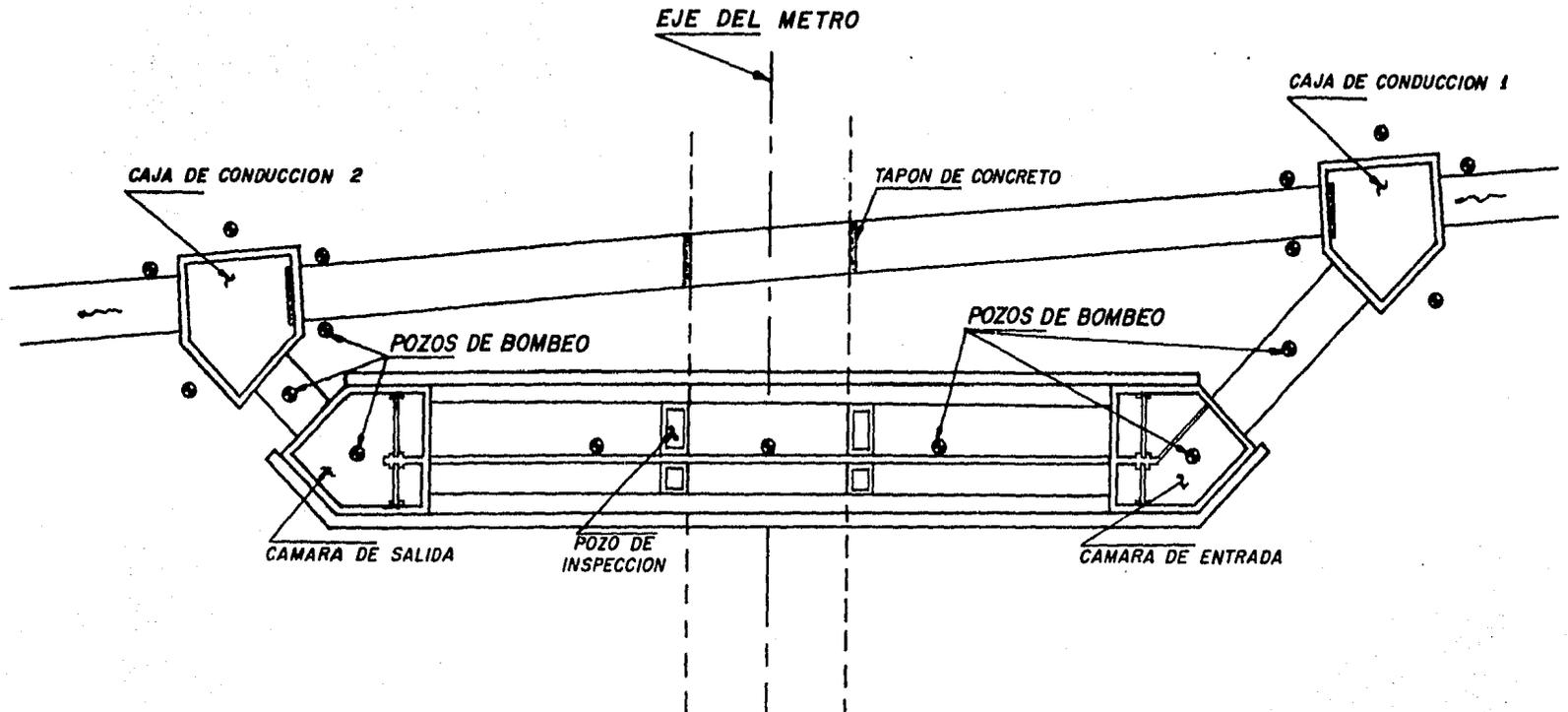


Fig. 11 LOCALIZACION DE POZOS DE BOMBEO

Para la limpieza, se emplean cucharas de percusión - para el azolve grueso y después de terminar esta operación, se lava la perforación con agua a presión.

Se considera que se encuentra limpio un pozo hasta - que el agua retorne libre de partículas.

Si se instala un pozo, el cual no se haya limpiado, - se corre el peligro de que no trabaje, ya que al iniciar la succión lo primero que se succiona será el -- azolve y tatará las bombas.

Es necesario mantener la perforación llena de agua pa - ra evitar que las paredes se cierren.

5.- Ademe de los pozos de bombeo.

Los ademes de los pozos de bombeo son tuberías de - - fierro de 4" \emptyset cédula 40.

6.- Ranurado de los ademes.

Los ademes se ranuran con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente en su interior. Las ranuras son de 30 cm de longitud y 3 mm de ancho.

El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor de 3% ni mayor del 5% del área perime- - tral del tubo.

Se consideran estas medidas en función de los materia - les que puedan azolver el pozo y el grado de permeabi - lidad del terreno.

7.- Malla alrededor del ademe:

Para evitar que el filtro pase a través de las ranuras al interior del ademe, se coloca una malla de tela plástica de mosquitero. La malla queda firmemente sujeta al ademe por medio de alambre recocido, esto es con el objeto de que en las maniobras de instalación no se desprenda dicha malla, ésta deberá cubrir perfectamente las ranuras.

8.- Filtro.

Entre las paredes del pozo y del ademe, se coloca un filtro de arena gruesa y grava fina limpia cuya granulometría está comprendida entre los siguientes tamaños 1.0 cm para el máximo y 0.25 cm para el mínimo. El material empleado tiene o debe tener todos los tamaños intermedios entre dichas medidas, además el -- filtro se lava y criba antes de su colocación para - eliminar todos los materiales finos que contenga y - que pueden obstruir el filtro durante su funciona- - miento.

9.- Desarrollo del flujo hidráulico.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el - pozo y hacer con ello más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro, se agita el inte- - rior del ademe con una cuchara de percusión de 3" Ø si con esto no logramos establecer el flujo hidráuli - co, se arroja hielo seco para que el monóxido de car - bono liberado destape los espacios entre partículas que hayan quedado bloqueadas.

10.- Las bombas que se emplean son de pozo profundo del tipo eyector de 1" x 1 1/4" para ademe de 4"

11.- Profundidad de instalación de las bombas.

La profundidad de instalación de las bombas es de 2.0 mts. abajo del nivel de excavación.

12.- Presión de operación de bombas.

Las bombas se operan a una presión de 5 kg/cm² para dar un gasto aproximado de 0.5 lts/seg.

Los pozos tienen un radio de acción de 5 mts. c/u

Este radio de acción se determina con base a la permeabilidad del terreno.

13.- El control que se lleva en el abatimiento del nivel freático, se basa en el registro de los siguientes - datos:

- a) Presión de operación de la bomba
- b) Gastos de extracción
- c) Nivel dinámico de cada pozo

Con esta información, se elaboran gráficas de tiempo vs. presión de operación, tiempo vs gasto extraído, tiempo vs nivel dinámico.

14.- Se realizaron modificaciones de los ademes en el momento de su construcción como son:

- a) Se dejó en la parte superior e inferior del ade

me 2.00 y 1.50 mts. sin ranura respectivamente, en la parte superior debido a que el N.A.F. se encuentra a más de 2.00 mts. de profundidad y en la parte inferior para que sirviera de depósito de azolve.

- b) Se le colocaron a los ademes 3 juegos de aletas - repartidos que sirven como separadores entre la pared del pozo y el ademe, se armaron con varilla de 3/4" y 1 m de longitud y anillos de radio un poco menor a los 30 cm.

Para el funcionamiento de todo el conjunto, se utilizan bombas centrífugas de 30 H.P.

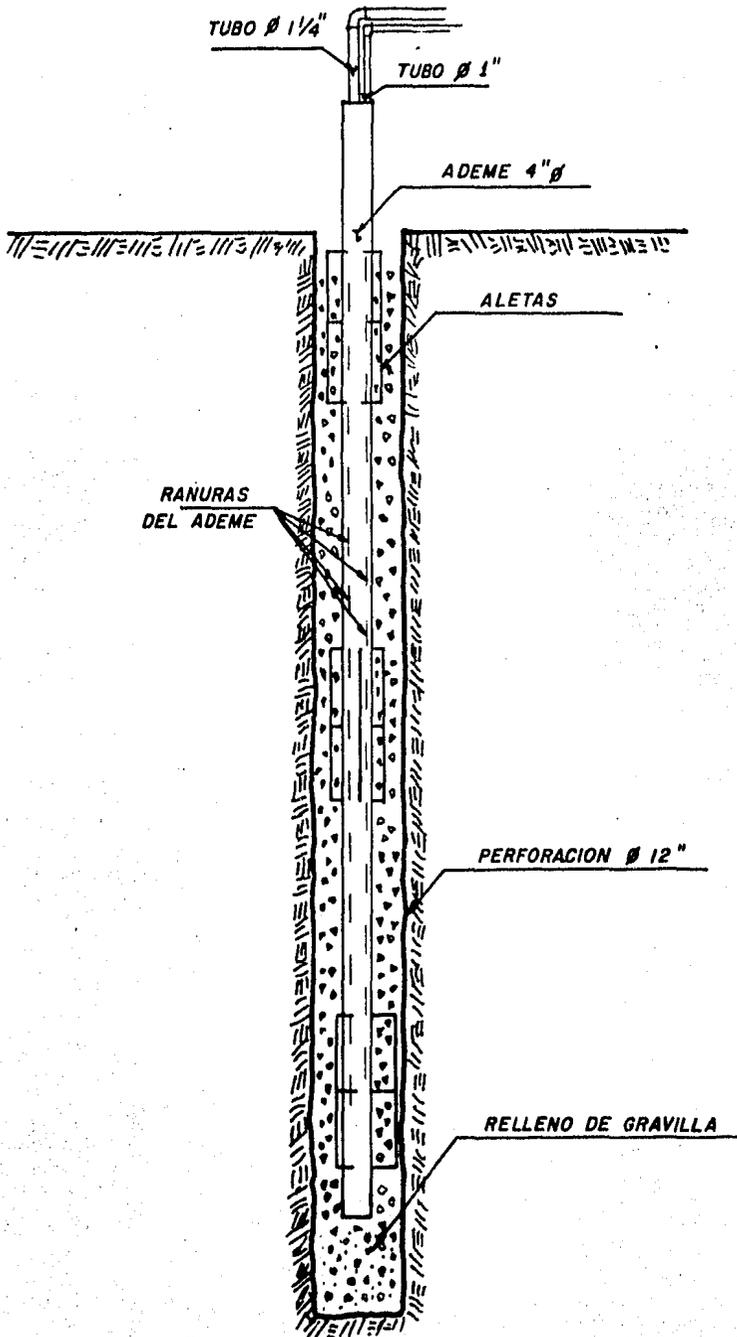


Fig.12 DETALLE DE POZO DE BOMBEO

CAPITULO V

DESVIO DE COLECTORES POR MEDIO DE EXCAVACION A CIELO ABIERTO - ENTRE MUROS COLADOS EN EL SITIO

V.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL DESVIO.

En la construcción del desvío se consideraron las actividades de excavación, apuntalamiento y colocación de tuberías en tres etapas que son:

1a. ETAPA.- Comprende la excavación para la construcción de las cámaras de entrada y salida y de la parte del sifón adyacente a dichas cámaras pudiéndose iniciar indistintamente en cualquiera de las cámaras.

2a. ETAPA.- Excavación y construcción de la zona central del sifón en sus rampas ascendente y descendente de una manera simultánea.

3a. ETAPA.- Excavación y construcción de la zona central del sifón y construcción de los pozos de visita.

Previo a la excavación fue instalado un sistema de abatimiento de nivel freático, del cual su distribución se muestra en la Fig. No. 11

Se excavaron y colaron primeramente los muros ademe del cajón y de las cámaras de entrada y salida para que éstos pudieran obtener la resistencia de proyecto de 150 kg/cm² a los 28 días y no fuera motivo de retraso la falta de resistencia de los muros para el inicio de la excavación del cajón del sifón.

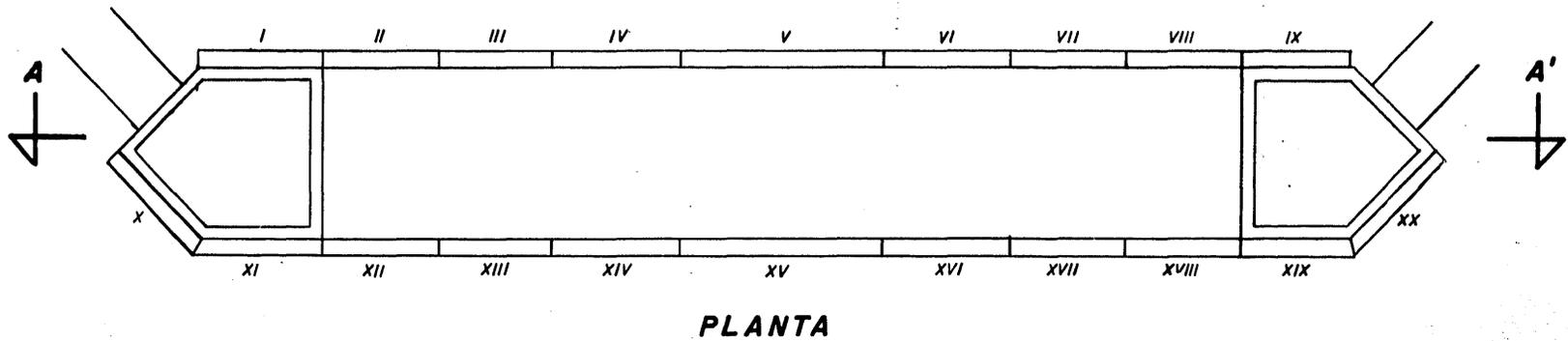
En la tabla siguiente anotamos las características geométricas y los volúmenes de obra de los muros tablaestaca.

TABLERO	D I M E N S I O N E S			VOLUMEN EXCAVACION M3	VOLUMEN CONCRETO M3
	Largo	Prof. Exc.	Espesor		
I	4.95	7.68	0.65	24.71	24.07
II	4.58	6.79	0.65	20.21	19.62
III	4.58	9.39	0.65	27.95	27.35
IV	5.18	11.08	0.65	37.31	36.64
V	8.20	11.08	0.65	59.07	58.00
VI	5.18	11.08	0.65	37.31	36.64
VII	4.58	9.39	0.65	27.95	27.35
VIII	4.58	6.79	0.65	20.21	19.62
IX	4.95	8.02	0.65	25.80	25.16
X	4.55	7.68	0.65	22.71	22.12
XI	4.95	7.68	0.65	24.71	24.07
XII	4.58	6.79	0.65	20.21	19.62
XIII	4.58	9.39	0.65	27.95	27.35
XIV	4.18	4.08	0.65	37.31	36.64
XV	8.20	11.08	0.65	59.06	58.00
XVI	5.18	11.08	0.65	37.31	36.64
XVII	4.58	9.39	0.65	27.95	27.35
XVIII	4.58	6.79	0.65	20.21	19.62
XIX	4.95	8.02	0.65	25.80	25.16
XX	4.55	7.68	0.65	22.71	22.12

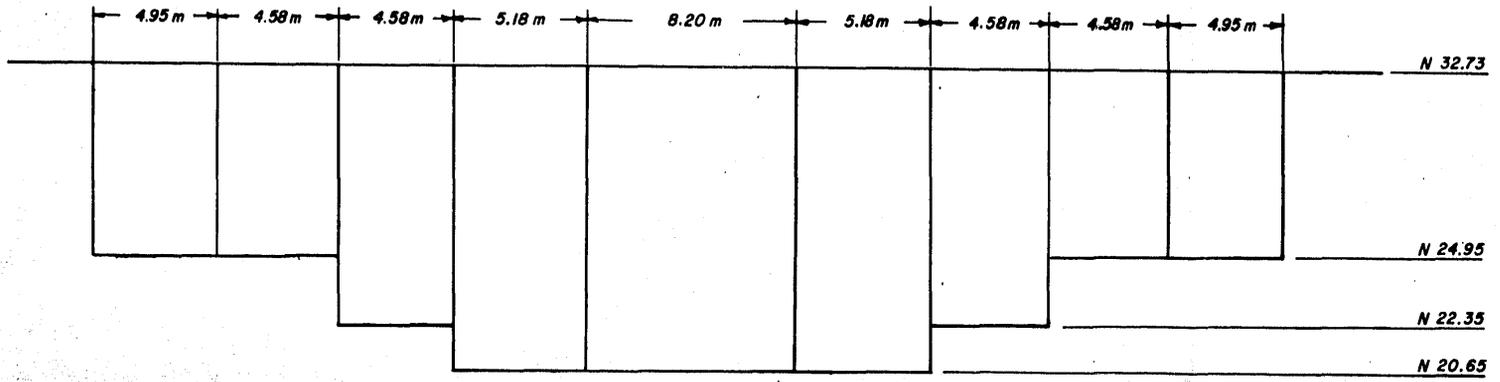
T O T A L

606.46m3

593.14m3



PLANTA



CORTE A - A'

Fig. 13 DISTRIBUCION DE TABLEROS P/EL DESVIO

Fue necesario durante la excavación y construcción del -- sifón cumplir las siguientes indicaciones:

- 1.- Se inició la excavación del sifón en la cámara de entrada y se avanzó en el sentido longitudinal del sifón hasta 5m adelante hacia el extremo opuesto.
- 2.- El talud en el frente de excavación se procuró mantener a una inclinación de 1:1 horizontal a vertical - (45°)
- 3.- Al realizar la excavación en las rampas, éstas se hicieron de tal manera que la superficie del terreno - sobre la que se apoyó la estructura del sifón, quedó con el ángulo especificado en los planos.
- 4.- El apuntalamiento de los muros tablaestaca se realizó por medio de tubos de acero cédula 40 de 12" de diámetro, los cuales se colocaron centrados en las juntas de construcción de los muros.

En la zona central los puntales se colocaron a 0.35m y 1.0m a los lados de la junta de construcción.

Se colocaron 4 niveles de troqueles en las elevaciones que se indican en la Fig. No. 14.

- 5.- Los puntales se colocaron inmediatamente después de haberse descubierto su punto de colocación, en caso contrario la excavación se suspende por motivos de - seguridad.

Además al colocarse los puntales se les aplica una - precarga de 30 ton. para evitar que se caigan.



EXCAVACION Y COLADO DE UN MURO MILAN

6.- Al llegar al nivel máximo de excavación de cada etapa se colocó un firme de concreto pobre con aditivo acelerante de fraguado de 10cm de espesor con la doble finalidad de proteger al terreno natural y la otra el de recibir los tubos precolados que conformaron el sifón.

7.- En la zona central después de haber terminado la excavación y colada la plantilla se procedió a la colocación del acero de refuerzo para la losa de piso sobre la que se colocaron los tubos.

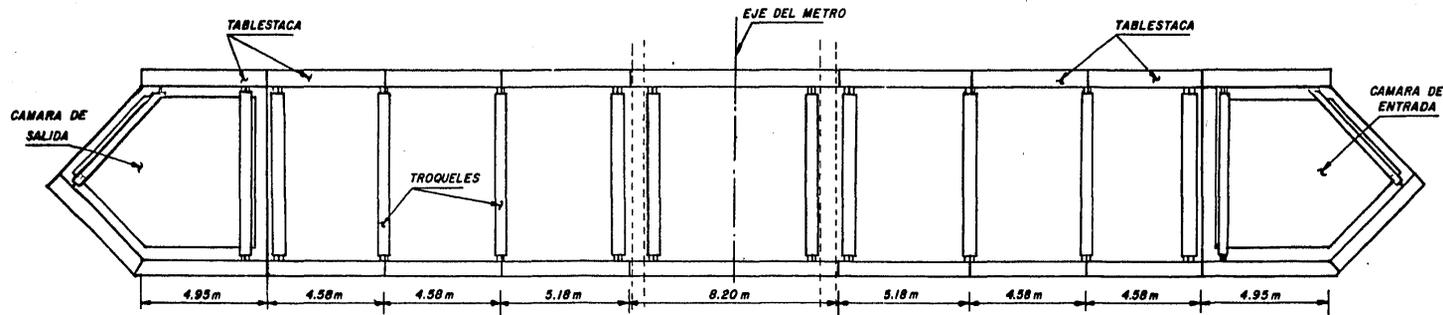
Se tenía previsto el colado de unos muros entre los tubos ya colocados y posteriormente colar una losa sobre dichos tubos.

Lo que se realizó fue colocar el acero correspondiente a los muros y la losa superior y se coló de manera monolítica alrededor de dichos tubos.

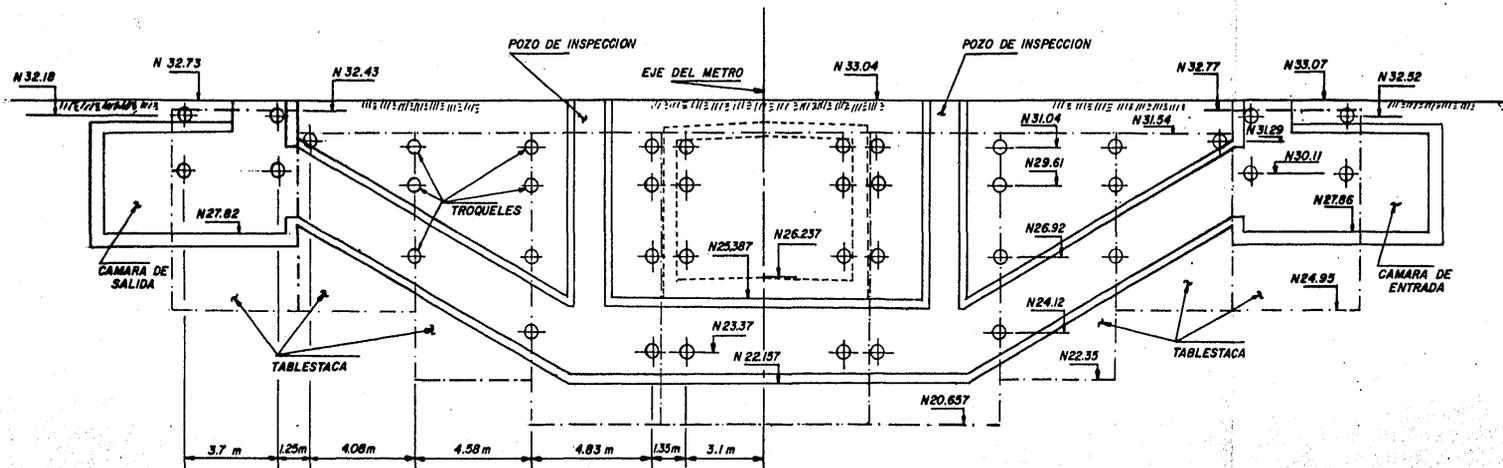
Se dejaron las preparaciones necesarias para proceder de inmediato a la construcción de los pozos de inspección.

Posteriormente se inició el relleno entre los pozos de inspección y las cámaras de entrada y salida con las mismas especificaciones que en la compactación de las cajas de conexión.

8.- El retiro de puntales se efectuó a medida que se avanzó con el relleno de material hasta una altura de 0.50m abajo de sus puntos de aplicación como una medida de seguridad.



PLANTA



ELEVACION

Fig.14 DISTRIBUCION DE TROQUELES EN SIFON DE DESVIO

Los muros tablaestaca localizados en el área del cajón del Metro, se demolieron a medida que la excavación del cajón en los lados norte y sur del sifón -- iba avanzando.

Esta excavación se hizo simultáneamente en ambos lados, respetando siempre la inclinación indicada para el talud en el frente de ataque. Este talud era de 1:1 llevando una berma de 7m a la mitad del talud.

Se evitó la diferencia de niveles en los dos taludes para no provocar un desequilibrio en la estructura.

Los puntales se retiraron a medida que las presiones del terreno al norte y al sur disminuía.

La construcción de las cámaras de entrada y salida - se realizó teniendo en cuenta todas las normas de seguridad antes mencionadas, respetándose además los - tiempos mínimos de fraguado del concreto para poder hacer trabajar las estructuras de los muros y losa - superior.

El desvío en sí del colector se realizó de la siguiente manera:

Se realizaron cortes en el colector existente hasta dejarlo en media sección.

Se colocó una costalera para realizar el desvío del flujo hacia el sifón y en la caja de conexión 2 para evitar se regresaran las aguas del colector.

Finalmente se colaron tapones de concreto para se -

llar el viejo colector y así poder continuar la construcción del cajón del Metro.

V.2 MUROS COLADOS EN EL SITIO

Una vez que se tienen contruidos los brocales y a su vez están ya marcados con los tableros correspondientes a los muros milán, se procede a colocar tapones para el vaciado del lodo bentonítico.

Mencionaremos el porqué de la utilización, características y cuidados del lodo bentonítico.

Las paredes de los tableros que se excavan para construir dentro de ellos los muros de concreto reforzado en el lugar no son estables por si solos, aún cuando se conserve un tirante de agua equivalente al del nivel freático o mayor.

Para evitar que estas paredes se derrumben se deberán estabilizar con lodo tixotrópico.

El lodo estabilizador es una suspensión estable de bentonita sódica en agua.

Se dice que es tixotrópico porque presenta una cierta resistencia al corte en reposo que es cuando actúa como en gel, mientras que en movimiento, cuando se agita o bombea que es cuando actúa como en "sol" no la presenta.

El paso de "sol" a gel es reversible.

El lodo estabilizador debe tener una densidad mayor que la del agua, con el objeto de que el empuje hidrostático

que ejerza sobre las paredes de la excavación sea mayor.

El lodo se debe vaciar en el interior de los tableros excavados hasta alcanzar un nivel superior al nivel freático con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables.

El gradiente además produce infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes por lo que debe controlarse la proporción agua-coloides, con objeto de que dicha infiltración sea mínima. Al producirse la infiltración, se va formando en la frontera lodo-suelo una película de pequeño espesor de moléculas de lodo, que constituye una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida en la terminología como "CAKE". La tixotropía del lodo al pasar de solución a gel y las fuerzas electroquímicas y de tensión capilar que se generan entre lodo y suelo en la frontera de los dos materiales durante el filtrado, contribuyen a la formación de esta película y a la adquisición de su resistencia.

Esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo, para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere que:

- a) Forme una película impermeable en la frontera con el suelo. Si no se forma o si se forma gruesa y poco resistente, el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la estabilización. Para garantizar la formación de la película, el lodo deberá con-

tener una cantidad importante de bentonita sódica.

Las características de la película cambian notablemente - por pequeñas variaciones en el proporcionamiento agua-bentonita o por la contaminación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

La cantidad de bentonita sódica que deberá contener el lodo será tal que la mezcla producida cumpla con las características que se mencionan más adelante. Una tentativa inicial agua-bentonita que se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo varía entre 5% y 6% del porcentaje de bentonita en peso, sin embargo la dosificación definitiva será aquella que dé un lodo, cuyas propiedades queden comprendidas dentro de los límites que se mencionan más adelante.

Se hace insistencia en que el tipo de bentonita a utilizar debe ser bentonita sódica.

b) Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea estable. Es decir, no deberá haber sedimentación o floculación de las partículas de bentonita.

El lodo deberá ser capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como puede ser la barita, material que permite lograr un lodo de mayor densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones o sobre cargas que imponen a las paredes de la excavación esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su peso propio.

En estos muros que construimos no fue necesario añadir barita.

Adicionalmente, es necesario controlar el límite de fluencia del lodo, que es el punto de cambio de la ley de variación del esfuerzo cortante con la velocidad de formación del lodo en los poros del suelo, así como el tamaño de las partículas sólidas no coloidales (limo y arena) que puede tener en suspensión, están en función del límite de fluencia.

Otras propiedades que juegan un papel importante en la calidad de los lodos y por tanto en la utilización más económica son sus características tanto físicas como mecánicas, por lo que adicionalmente deberán controlarse los valores correspondientes a su viscosidad, su contenido de arena, su P.H. y su volumen de agua en pruebas de infiltrado.

Con todo lo anterior los límites dentro de los cuales deberán mantenerse las propiedades de los lodos son los siguientes:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1.- Viscosidad plástica | Entre 10 y 15 centipoises |
| 2.- Límite de fluencia | Entre 5 y 25 lb/100 ft ² |
| 3.- Viscosidad Marsh | Entre 35 y 50 seg. |
| 4.- Contenido de arena | Máximo 3% |
| 5.- Volumen de agua filtrada. | Máximo 20 cm ³ |
| 6.- Densidad | Entre 1.03 y 1.06 gr/cm ³ |
| 7.- Espesor de la costra (cake) | Entre 1.0 y 1.5 mm |
| 8.- P. H. | Entre 7 y 10 |

Estas pruebas deberán realizarse de acuerdo con las normas del A.P.I.

Todas las propiedades se controlan en laboratorio para establecer la relación agua-bentonita recomendable y se verifican periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se utilizan en campo.

El lodo se prepara con un mezclador de chiflón y se bombea a los recipientes de almacenamiento donde deberán permanecer en reposo durante un período de 8 horas. Estos recipientes deberán tener amplia capacidad para satisfacer las necesidades diarias de la obra.

El transporte de la bentonita se hace desde la planta a las zanjas por medio de tubería y/o pipas.

Mediante desarenado o regeneración y recirculación se le puede dar al lodo varios usos. La recirculación puede efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien una batería portátil de hidrociclonas, en este último caso se puede recircular localmente de un tramo de zanja a otro.

El número de usos que se le da al lodo se limita al cumplimiento de las propiedades ya mencionadas, por lo que si un lodo ya perdió sus propiedades debe desecharse.

En todos los casos el nivel del lodo en el tablero no debe ser mayor de 0.8 mts. abajo del borde superior del brocal.

Se requiere que no rebase ese nivel, ya que las presiones activas del terreno a más profundidad son mayores y ponen en peligro la estabilidad de la excavación.

La excavación de los muros se hace con equipo mecánico o

hidráulico, los cuales deben tener herramienta cuya almeja sea guiada, con el objeto de ofrecer una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja y además se permite alcanzar sin problemas la profundidad media de los muros indicados en el proyecto.

Por ningún motivo se debe hacer uso de herramientas que utilicen cucharón de almeja libre o cualquier otro equipo no guiado, ya que de usarse, la excavación no puede garantizar que tenga sus paredes verticales y además, se aumenta el riesgo de provocar caídos y derrumbes durante la excavación.

Siempre hay que tomar en cuenta que la almeja, hidráulica o mecánica debe introducirse con suavidad, sin chicoteos ni golpes, hincarla sin permitir que choque o que caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídas, meterla y sacarla sin brusquedad para eliminar los efectos de émbolo en el lodo, cortar firmemente la arcilla hincando la herramienta a presión sin sacudir ni arrancar de súbito.

Si seguimos estas indicaciones, la excavación será más rápida y se tendrán mejores acabados de los muros, un colado limpio, mayor rapidez en la colocación del armado de refuerzo, ahorrará problemas posteriores de rellenos, rectificaciones o afinaciones de los muros, para cumplir con su verticalidad y alineamiento.

Cumpliendo estas indicaciones, aunado a un buen lodo bentónico, se evitan caídas y deslaves que azolvan la zanja y que provocan socavación de las paredes, evitando también movimientos de las propias paredes y del fondo que -

Por ningún motivo deberá permitirse abatir el nivel, de - 0.80 mts. del borde superior del brocaí, de lodo bentonítico ya que se pueden causar succiones y gradientes en el manto freático que favorezcan la desintegración y el derrumbe de las paredes.

Debemos mencionar que debido a que el lodo bentonítico -- se utiliza una o dos veces nada más y después se desecha, las instalaciones deberán tener tal magnitud para almacenaje, regeneración y preparación para cumplir con todas -- las necesidades de la obra, calculando un exceso del 50% del volumen a utilizar diario para absorber el consumo -- adicional que se tenga por fugas o pérdidas del lodo a -- través de las fisuras y grietas de la arcilla, o de los -- poros en los materiales permeables. Cuando las fugas se noten extraordinarias, se puede usar aserrín en el lo do para rellenar grietas.

No puede dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con lodo bentonítico por mucho tiempo, por lo que no debe rán pasar más de 24 horas entre el inicio de la excava- - ción de un muro y su colado, ya que el lodo bentonítico - pierde sus cualidades de contención y las presiones del - terreno cerrarían la excavación.

En virtud de la forma semicircular que tienen las almejas, debe sobreexcavarse 20cm más de lo indicado en el proyecto, para garantizar la excavación total del pánel.

Terminada la excavación, se procede a la limpieza del - -- azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que se pasa por todo el fondo de la zanja, otra forma de limpieza es recolectar con la almeja el azolve.

A medida que se realiza la excavación es necesario ir midiendo la profundidad de la misma por medio de una sonda. Llegando a la profundidad máxima se verifican las calidades del lodo, se procede a meter las juntas metálicas y la parrilla del refuerzo.

Las juntas son tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular, en una de sus caras tienen la forma -- macho o hembra. Anteriormente se les colocaba una banda de P.V.C., que al retirarse después del colado ya quedaba integrado al muro.

A la cara de la junta que queda en contacto con el concreto deberá aplicársele una película de grasa o de un deseñ cofrante constituido por una resina epóxica o poliéster - de 1mm de espesor para facilitar su extracción posterior.

En el interior del tubo-junta no deberá introducirse el - concreto, por lo que deberá tener sus extremos cerrados y en su parte inferior tendrá una caja metálica que se hincará y asentará firmemente en el fondo de la zanja para evitar que se mueva o deforme durante el colado. Dicha - junta deberá lastrarse para evitar su flotación.

Una vez instaladas las juntas se procederá de inmediato a introducir la parrilla de armado dentro de la zanja ademada con lodo. Las parrillas deberán tener contravientos -- con rigidizadores para evitar al máximo las deformaciones de la parrilla en las maniobras correspondientes a traslados y colocación y se hará descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones - con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla de armado y garantizar que permanezca en su lugar, se empujará durante su descenso y una vez colocada en su lugar se instalarán dos gatos en la superficie apoyados contra el brócal para que impidan que la parrilla se mueva durante el colado. Estos gatos se retirarán hasta que se haya -- terminado el colado. Es muy importante verificar cuidadosamente que la parrilla a pesar de la tendencia de flotación ha quedado en su lugar y por ningún motivo se puede iniciar el colado del muro con la parrilla flotando o fuera de su lugar.

El tiempo máximo que transcurre entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma no debe ser más de 4 horas, períodos mayores favorecen la formación del "cake" y reducen la adherencia concreto-acero. Por esta razón el colado del muro deberá iniciarse inmediatamente después de introducida la parrilla de armado, ya que no es conveniente sacar y meter nuevamente la parrilla de la zanja pues en cada operación se pueden producir caídas indeseables que afectan la estabilidad de la zanja.

Con objeto de garantizar el recubrimiento de los muros, - las parrillas de armado deben habilitarse con roles de -- concreto de 5" de diámetro que van fijados al muro principal de la parrilla por medio de varillas de 3/4" \emptyset localizados en ambas partes o caras de la parrilla y tres niveles equidistantes en el sentido vertical. Cada una de -- las parrillas lleva cuatro roles ubicados también equidistantes en el sentido horizontal (depende del tamaño de la parrilla).

Asimismo es necesario dejar dentro de la parrilla espa- -

cios libres de 60 X 60 cm con varillas verticales de gufa para el paso de las trompas de colado. En algunas ocasiones se dejan cajas protegidas con espuma plástica y tela de gallinero para que después de la excavación esa caja - sirva como muesca de unión con la losa de fondo o losa de techo.

Debe cuidarse en el descenso y colocación de la parrilla, que la caja no se deforme para no perder la posición y el anclaje previsto.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla, se introducirán las trompas de colado por tramos.

Los coples de unión de cada tramo de las trompas deben ser perfectamente herméticos para impedir que la sección de - la columna de concreto, al bajar, chupe aire o lodo del - exterior. Cada tramo es no mayor de 2m de largo y tiene diámetro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresale en la superficie se le conecta un embudo o una tolva. La boca de esta tolva debe quedar a una altura conveniente para - que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolvedoras. Todo el conjunto se sube o baja rápidamente durante el colado, por lo tanto debe contarse con el equipo necesario para efectuar estos movimientos (ya - sean malacates o grúas). Los tramos de tubo deberán ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el ma- nejo.

El extremo inferior de la trompa o boca de descarga, debe quedar apoyada en el fondo de la zanja antes de iniciar - el colado. Una vez introducidas las trompas de colado se coloca, entre la tolva y el tubo un tapón constituido por un balón de látex, el cual descenderá obligado por el pe-

so del concreto vaciado, evitando en esta forma la segregación y contaminación del concreto. También en esta forma se evita la descarga de concreto con mucha energía, que pueda dar lugar a la mezcla del concreto con el lodo.

Para iniciar el flujo de concreto la trompa debe levantarse una distancia de 30 cm. del fondo de la zanja.

El concreto debe ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar nunca ahogada a menos de 1.50m - en el concreto que esté colando. Para ayudar al concreto a fluir cuando se principia, puede desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo vigilando que -- permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto para que no exista contaminación del lodo, en el concreto. A medida que el concreto fluye se agrega mas concreto a la tolva, manteniendo la columna a la altura conveniente para regular la rapidez del flujo, de esta forma el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la diferencia de densidades, prácticamente sin necesidad de mover la tubería. El impulso que lleva la primera mezcla - al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo deja limpio de lodo. Con buen procedimiento de colado el lodo no se mezcla con el concreto, yéndose siempre por delante hasta rebasar, bien sea un recipiente colector o bien un tablero vecino. También puede irse succionando con una bomba de lodos.

El concreto no deberá ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave y continuo, por lo que no debe tenerse recesos o suspensiones mayores de 15 minutos.

Es necesario llevar un riguroso control de colado midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto y anotándolo en un registro, con objeto de poder decidir el retiro oportuno de los tramos de las trompas de colado y programar adecuadamente el suministro del concreto para evitar los recesos.

Dos tuberías de colado de la zanja son suficientes para el colado de 6m de longitud de un tablero debido a las pendientes que desarrolla el concreto dentro del lodo. Las dos tuberías de colado deberán usarse en forma simultánea y una vez iniciado el colado no deberán desplazarse lateralmente dentro del tablero.

Un buen procedimiento de colado representa:

- a) Tener un lodo bajo control que cumpla con todas las características especificadas.
- b) Tener un concreto flúido con revenimiento de \pm 18 cm.
- c) Dejar la tubería de colado ahogada siempre en el concreto, no menos de 1.50m durante el colado y asegurarse de que los coples unión de los tramos de la trompa sean herméticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.
- d) Hacer un colado contínuo, que por ningún motivo sea interrumpido más de 15 minutos.
- e) Evitar todo movimiento brusco de la tubería de colado, evitar vibraciones o picado, ya que ello favorece la mezcla del lodo con el concreto, dando por resultado oquedades y zonas contaminadas con muy baja resistencia en el muro.

- f) Verificar durante el colado el volumen de concreto - que entra en el tablero y el volumen de lodo que se desplaza y compararlos con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero. Si hay diferencias notables puede significar que está habiendo fugas o que hay mezcla de lodo con el concreto. - Estas y otras eventualidades deberán anotarse en bitácora, así como las medidas de emergencia que se hayan tomado para corregir cada caso.

El concreto de los muros debe llegar a su nivel de 30 cm arriba del nivel superior indicado en el proyecto. Estos 30 cm en exceso se consideran contaminados y que no contribuyen al trabajo estructural del cajón.

Se recomienda agregar al concreto un aditivo retardante, cuya dosificación quedará a criterio de la dirección de la obra.

Debido a que la excavación entre muros se lleva a cabo -- aprovechando la rigidez de los muros y su capacidad de -- trabajo como tablaestacas en el sentido vertical y como - losas en el sentido longitudinal, dicha excavación no podrá iniciarse hasta que haya transcurrido por lo menos 14 días de colados los muros (para concreto tipo III) ó 28 - días (para concreto tipo I) y hasta que se tengan colados los muros de un lado y de otro.

Asimismo, el inicio de la excavación también quedará suje to a los tiempos de bombeo que es de 6 días en las especi ficaciones correspondientes al abatimiento del nivel frea tico.

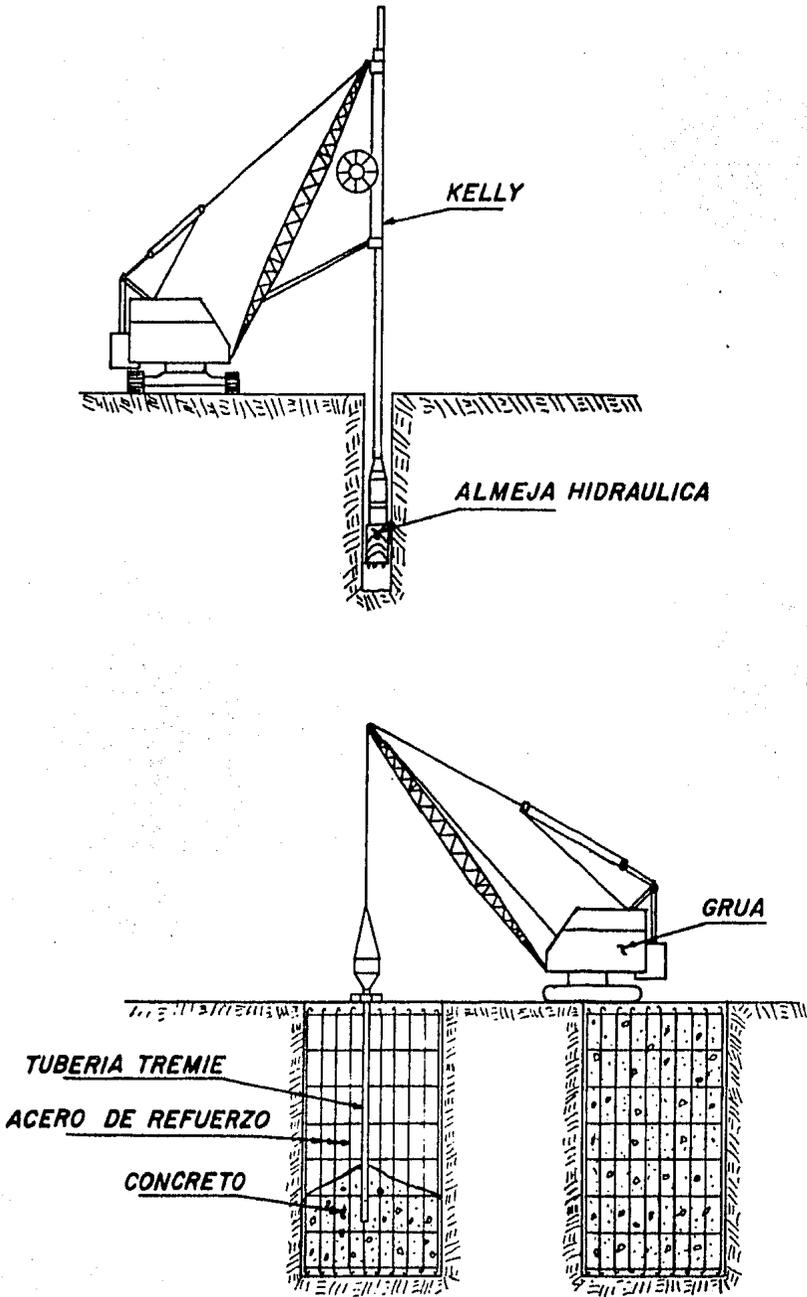


Fig. 15 EXCAVACION Y COLADO DE UN MURO TABLESTACA

CAPITULO VI

DESUDIO DE COLECTORES POR MEDIO DE TUNELES.

Como vimos anteriormente existe la solución de desvfos de colectores utilizando túneles, los cuales nos permiten realizar desvfos de mayor longitud sin necesidad de afectar el espacio de la superficie, el cual puede estar ocupado por avenidas de intenso tráfico, fuentes, glorietas, etc., y además de esta manera se disminuyen casi al mínimo, las molestias a los usuarios.

La construcción de túneles en la Ciudad de México se desarrollan por diferentes métodos los cuales son originados por las características mecánicas de los suelos, el caso que analizaremos corresponde al desvfo del colector 18 de las calles de - - Matías Romero con el cruce de las avenidas División del Norte y Universidad, Glorieta de Francisco Villa. Debido a que trabajaría en suelos arcillosos, la mejor forma de contener el terreno y disminuir los efectos de asentamientos es con la utilización de un escudo y revestimiento primario a base de dovelas metálicas.

VI.1 ESCUDO CORTADOR.

El escudo es una herramienta que se utiliza para la perforación de túneles, tiene una sección geométrica similar al cilindro, está constituido por dos secciones de acero del mismo diámetro exterior, la porción delantera se denomina cuerpo del escudo y la parte trasera faldón.

Además de proporcionarnos protección durante la excavación, el escudo nos brinda un soporte provisional mientras se coloca el revestimiento primario.

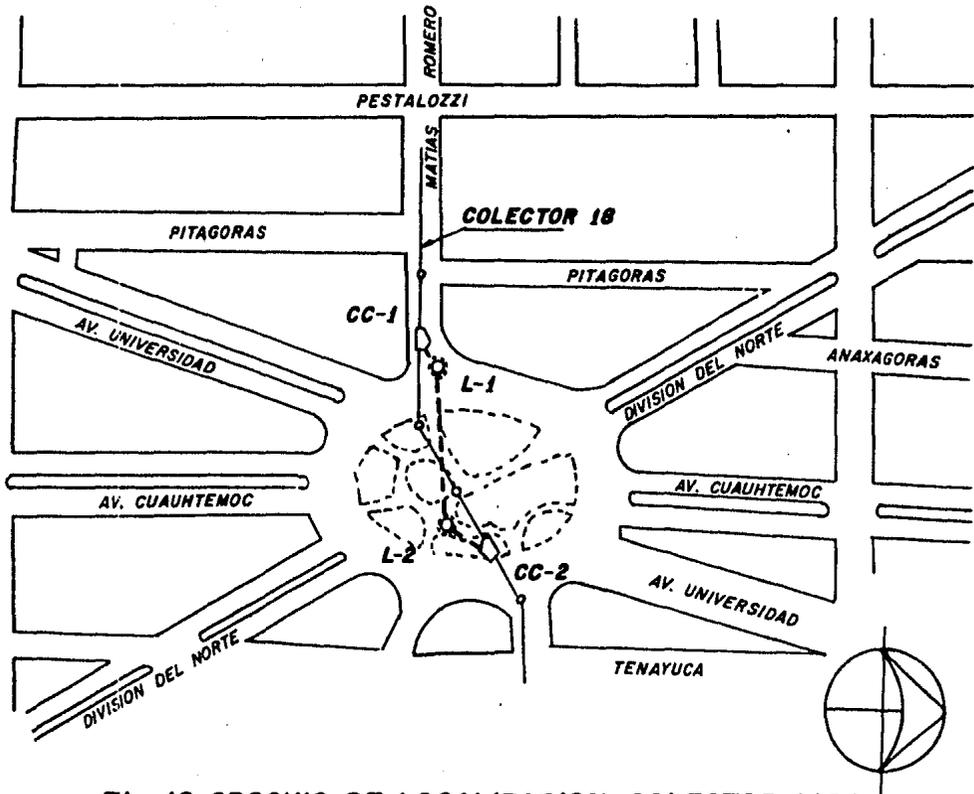


Fig. 16 CROQUIS DE LOCALIZACION COLECTOR (18)

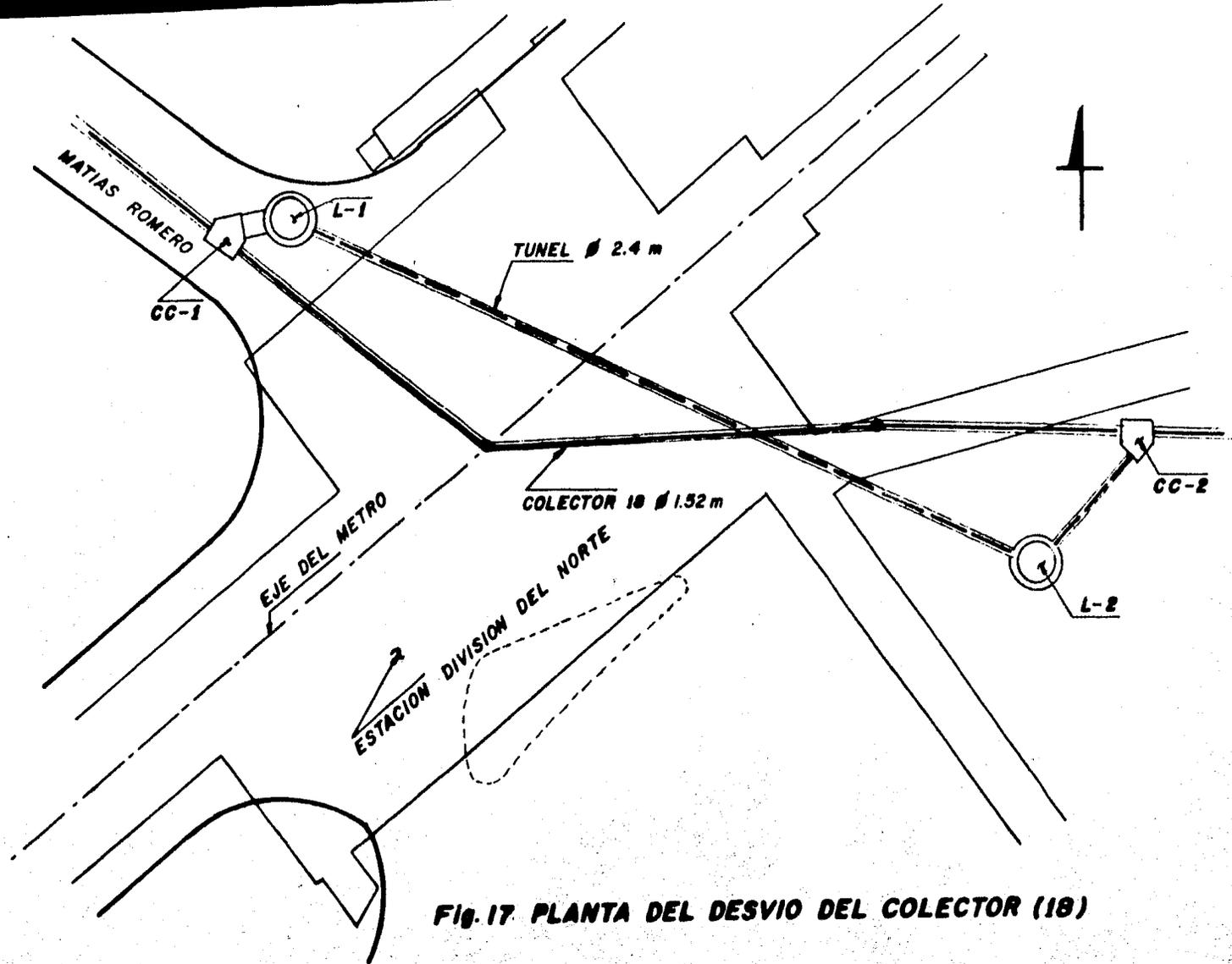


FIG. 17. PLANTA DEL DESVIO DEL COLECTOR (18)

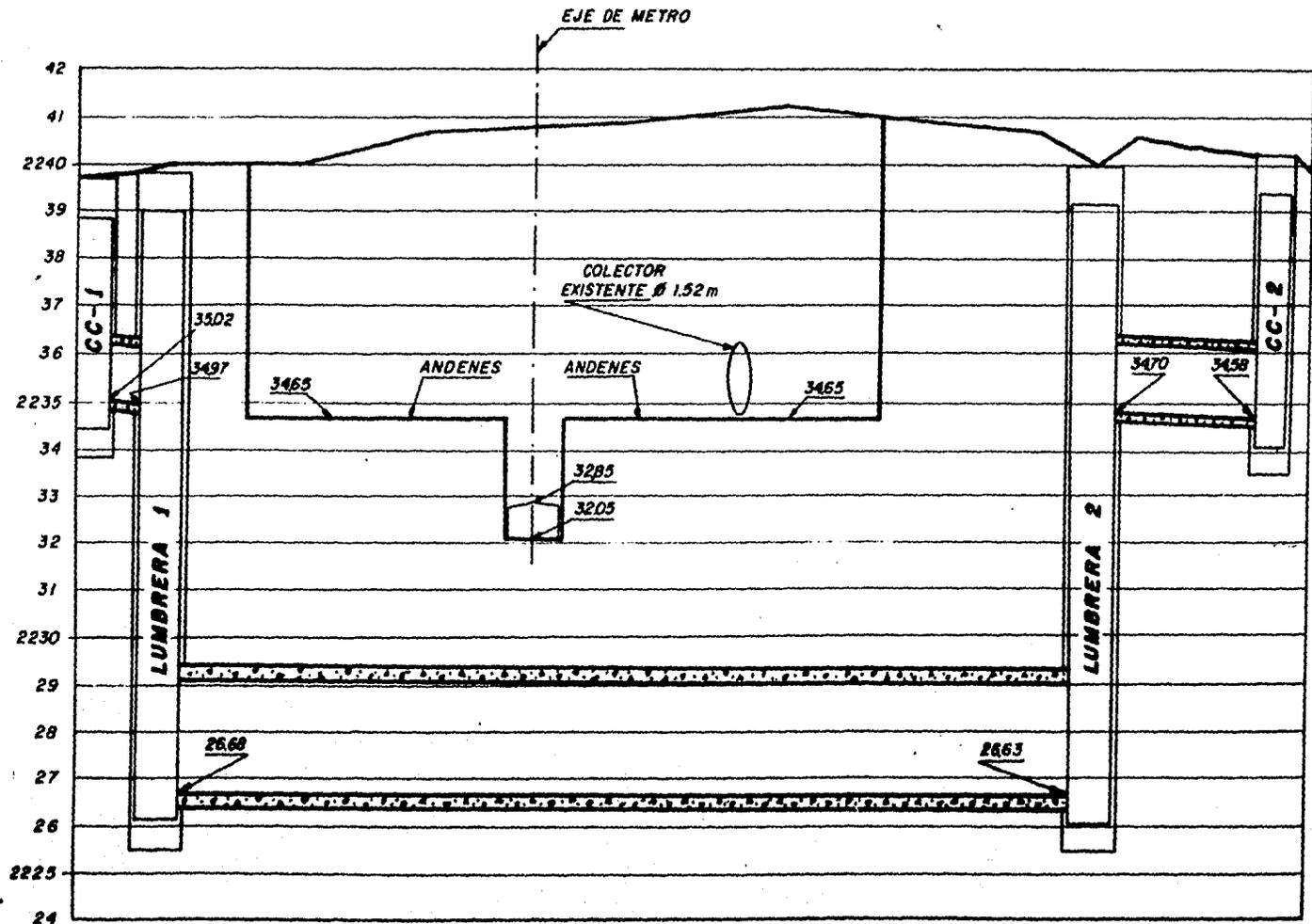


Fig. 18 PERFIL DEL DESVIO DEL COLECTOR (18)

Cualidades del Escudo

- La excavación del túnel puede hacerse a sección completa.
- Ofrece un soporte constante al terreno en todas direcciones.
- Evita deformaciones excesivas del terreno disminuyendo considerablemente los asentamientos en superficie.

El escudo está constituido por cuatro partes esenciales, - las cuales son: funda o coraza, sistema de corte, sistema de empuje y sistema de rezaga.

funda o Coraza

En una placa de acero rolada que constituye en sí el cuerpo del escudo, rigidizado por medio de plataformas, atiesados y columnas de acero.

Sistema de corte

Es del tipo oscilante, a manera de péndulo de reloj, el - cual está accionado por cuatro gatos hidráulicos, se forma por dos grupos de paletas o aspas agrupados de tres en tres colocados en la parte delantera del escudo con una - inclinación de 30° con respecto a un plano vertical perpendicular al eje longitudinal del escudo. Los cortadores se localizan uno en la parte media superior y el otro en la inferior. Las aspas tienen adicionadas una especie de dientes que sirven para ir disgregando el material - cuando son puestas en funcionamiento, debido al movimiento oscilatorio que poseen, el suelo cortado es arrastrado hacia la parte inferior derecha o izquierda, algunos centímetros.

Estos juegos de aspas pueden ser operados de manera inde-

pendiente de acuerdo a las necesidades. El giro máximo - que pueden desarrollar es de 25°. Los gatos que accionan a los cortadores tienen una carrera de vástagos de 55cm.

Sistema de Empuje o Avance

Se forma por un conjunto de 10 gatos de 100 ton c/u y con un avance máximo de 92 cm.

Los gatos son accionados mediante presión hidráulica que es proporcionada por un banco de bombas alimentadas por corriente eléctrica. Los gatos pueden trabajar en bloque o individualmente para que con el uso adecuado de éstos - se pueda llevar el escudo en la dirección que uno desee.

Los gatos tienen la capacidad suficiente para que con un mínimo de ellos se desarrolle la presión necesaria para - vencer las fuerzas de inercia y fricción que se generan - entre el suelo y el escudo.

El escudo viene provisto de un anillo metálico de diáme-- tro exterior ligeramente menor que el diámetro interior -- del faldón, es decir, lo suficientemente amplio para que este dispositivo anular, pueda deslizarse suavemente den-- tro de la camisa del escudo durante el empuje, con la ayu-- da de tres a cuatro gatos, el dispositivo en mención es - retraído con el propósito de dejar el espacio necesario - para la colocación del nuevo anillo de dovelas. Es conve-- niente tener la precaución de que al avanzar el escudo, - el último anillo colocado no quede fuera del faldón ya -- que podría provocarse un flujo de material al interior -- del túnel.

Ciclo de Trabajo

El ciclo de trabajo que se desarrolla en el interior del

túnel es el siguiente:

- a) Excavación y empuje.
- b) Extracción de rezaga.
- c) Colocación del anillo.

a) La excavación y corte del material se realiza mediante el vaivén de las aspas cortadoras y casi simultáneamente se va realizando el empuje o avance del escudo, para la realización del empuje es necesario que se tenga el mayor cuidado posible por parte del Ing. y de las demás personas del turno, ya que si no se realiza correctamente la operación, el escudo no podrá controlarse en su dirección, pendiente y giro.

Otro de los factores en los cuales hay que poner mucha atención durante el empuje, es el control de las presiones que se aplican ya que el descuido de éstas puede ocasionar la deformación del último anillo colocado y más gravemente, la botadura del anillo.

Esto se debe a que durante el empuje, la presión que ejercen los gatos sobre el anillo de empuje y éste al apoyarse en el último anillo colocado del revestimiento primario, y por reacción a la presión que se les aplica a los gatos, esto hace que se realice el movimiento del escudo.

Es importante hacer hincapié en el debido uso de los gatos de empuje, ya que también se pueden ocasionar desperfectos en las conexiones y conductos del aceite hidráulico, así como también en las bombas hidráulicas.

El escudo de 3.0m de \emptyset tiene 10 gatos de empuje los cuales están dispuestos simétricamente a un eje vertical y -

repartidos seis de ellos en la parte inferior y los cuatro restantes en la parte superior. La mayor concentración de gatos en la parte inferior se debe a la tendencia que tienen los escudos, a clavarse en la parte delantera por la mayor concentración de peso.

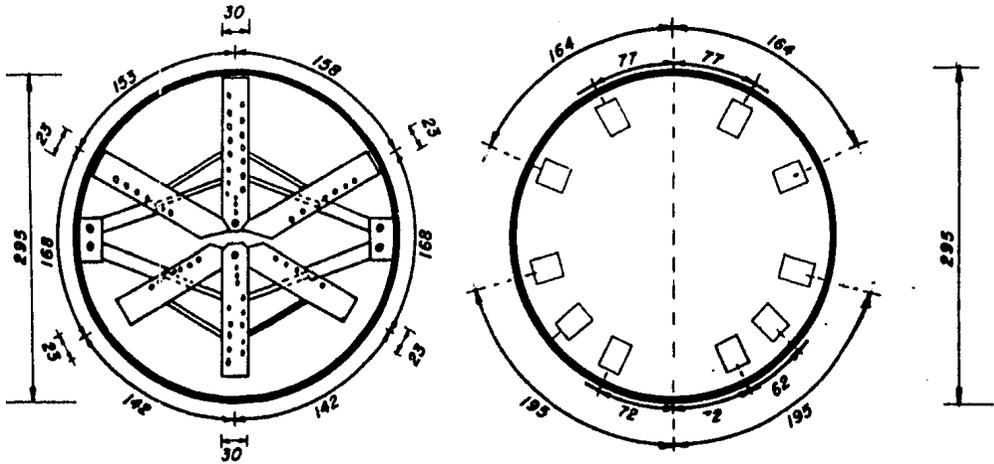
Los gatos de empuje se enumeran del 1 al 5 derechos o izquierdos, partiendo de la parte inferior en su zona central.

Mencionaremos tres casos teóricos para dirigir un escudo.

- 1.- Si se desea un avance horizontal sobre un eje recto, se deberán emplear los gatos 1, 2, 3 y 4 derechos e izquierdos.
- 2.- Si se trata de realizar una curva vertical ascendente se utilizan los gatos 1 y 2 derechos e izquierdos y ocasionalmente los 3 y 4.
- 3.- Para realizar una curva horizontal se usarán los gatos 1, 2, 3 y 4 derechos o izquierdos si se trata de una curva a la izquierda o a la derecha respectivamente.

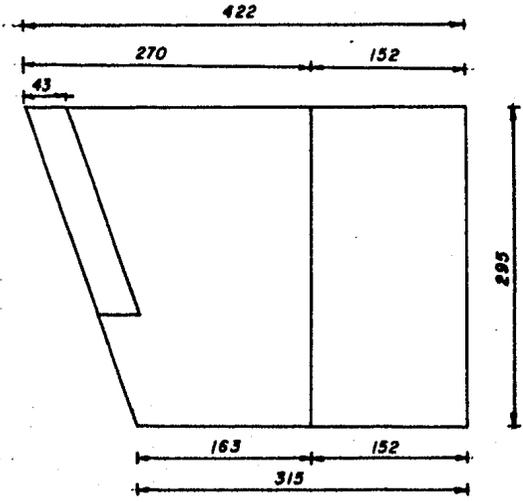
b) Extracción de rezaga.- El material producto de la excavación se extrae mediante una banda de cangilones que se integra al escudo, la cual recoge el material en una pequeña tolva y lo deposita en unos recipientes (botes de rezaga) que van montados en trucks.

Cabe mencionar que cuando el tramo de túnel es pequeño, la rezaga se hace mediante botes o recipientes que pueda transportar una persona hasta depositarlo en un bote de -



VISTA FRONTAL

VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL

Fig. 19 ESCUDO CORTADOR DE 3.0 m Ø

rezaga de mayor capacidad, el cual es manteado a la superficie por medio de grúas hidráulicas o la combinación de malacates y torres de manteo.

A medida que el túnel va creciendo y en cuanto se puede colocar la banda transportadora, la rezaga se realiza con la utilización de los botes de rezaga montados en los trucks, los que se desplazan sobre una vía y se les da movimiento auxiliándose de malacates neumáticos o eléctricos que se instalan en las lumbreras, posteriormente son izados a superficie los botes con rezaga y se descargan en camiones volteo estacionados en el brocal de la lumbrera.

c) Colocación del Anillo.

La colocación del anillo se realiza en forma manual ya que las dimensiones y pesos de las dovelas metálicas así lo permiten.

VI.2 REVESTIMIENTO PRIMARIO

Los anillos son el revestimiento primario del túnel y están constituidos por dovelas de concreto o de acero, a estas últimas también se les llama charolas, sus dimensiones están sujetas a las condiciones del terreno en el cual se colocarán, el número de piezas está sujeto a la clase de material de las mismas.

Para el caso que estamos refiriendo se utilizaron dovelas metálicas de 37 11/16" X 16", nueve piezas y una pequeña llamada cuña de 18 1/4" X 16"

Las dovelas grandes llevan dos refuerzos de ángulo denominados atezadores que le sirven para darle mayor rigidez, la cuña lleva únicamente un atezador.

Cuando se está haciendo un túnel recto, al armar los anillos se recomienda que los anillos que se formen vayan -- traslapándose (las juntas) uno a otro para que de esta manera se le de una mayor resistencia a los anillos cuando estén trabajando en conjunto.

Los anillos de dovelas se diseñan para que siempre trabajen a la compresión, en consecuencia, una mala colocación de los anillos puede ocasionar deformaciones en uno o varios de ellos durante la aplicación del empuje, provocado por una mala distribución de esfuerzos, por consiguiente, pone en peligro la estabilidad del túnel.

Para el caso de curvas horizontales o verticales es necesario colocar dovelas correctivas, las cuales tienen una dimensión mayor que las normales con el objeto de formar mejor la curva, también se puede lograr formar las curvas con la colocación de lamas.

La colocación del anillo se realiza inmediatamente después de que se realiza el empuje o avance, para esto es necesario retraer los gatos de empuje y el anillo de reacción, en el espacio que queda entre el último anillo colocado y el anillo de reacción se empieza a colocar dovela por dovela hasta completar el nuevo anillo.

Las dovelas metálicas vienen provistas de 4 barrenos de $5/8"$ \emptyset para unir anillo con anillo y 2 barrenos para unir dovela con dovela, el tornillo es de $2\ 1/2"$ de largo X $1/2"$ \emptyset

VI.3 INYECCION DE CONTACTO

En la perforación de túneles con escudo siempre se forma una oquedad entre el terreno natural y el revestimiento primario, esta holgura corresponde al espacio que ocupaba el faldón del escudo antes de irse desplazando. A consecuencia de este espacio se producen asentamientos en la superficie y no se transmiten uniformemente los esfuerzos a todo el anillo. Con la inyección de contacto logramos estos dos propósitos, o sea, rellenar el espacio formado para disminuir las deformaciones que se crean en la superficie sobre el eje del túnel y también para transmitir -- los esfuerzos del suelo a todo el endovelado, así mismo -- con la inyección se forma un sello que evita el flujo de agua al interior del túnel.

Previo a la colocación de las dovelas metálicas se les -- suelda a algunas de ellas coples de 1 1/4" de \emptyset los cuales se emplearán para la colocación de las boquillas.

Los barrenos se distribuyen en los anillos formando aureolas con 3 y 2 barrenos según el caso de cada aureola.

A todos los anillos pares le corresponde una aureola.

PERFORACION

Independientemente del barreno que ya tiene la dovela, es conveniente perforar de 0.15m a 0.20m de profundidad en el terreno que circunda al endovelado, medido a partir del -- paño interior de la dovela.

La distribución de los barrenos se presenta en la fig. 20 con el siguiente orden de inyección:

ORDEN DE INYECTADO.

El orden de inyección siempre se inicia en el barreno que se encuentra en el nivel más bajo para que los barrenos - altos sean utilizados como testigos.

Se manejan tres tipos de lechada para inyección que son:

- a) Fase tapón
- b) Fase 1a.
- c) Fase 2a.

Cada ciclo de inyección abarca veinte anillos, de los cuales tres se utilizan para la fase tapón, tres para la fase primera y 4 para la fase segunda.

La inyección debe ir retrasada veinte anillo antes del último colocado, con la finalidad de que la lechada no salga por el frente del escudo.

La inyección de tapón como su nombre lo indica, forma una frontera en la oquedad, la cual nos va limitando la zona de inyectado.

Dosificación de la fase tapón.

MATERIAL	DOSIFICACION	REPORTE
Agua	136 lts	200 lts.
Cemento	250 kg.	250 kg.
Bentonita	67 lts.	8 kg.
Arena	150 kg.	0.15 M3
Aditivo acelerante	3 kg.	3 kg.
	Volumen =	0.363 M3

Dosificación para mezcla de la. fase

MATERIAL	DOSIFICACION	
Agua	136 lts.	
Cemento	250 kg.	
Bentonita	67 lts.	
Arena	150 lts.	Volumen = 0.355 M3

Dosificación para mezcla de 2a. fase

MATERIAL	DOSIFICACION	
Agua	160 lts.	
Cemento	250 kg.	
Bentonita	42 lts.	
		Volumen = 0.285 M3

La lechada de tapón se coloca en tres anillos, que son los que se encuentran a veinte anillos del último colocado.

El espacio que separa de un tapón a otro tapón es de 15 - anillos. En estos quince anillos se inyecta la 1a. y 2a. fases, intercaladas las lechadas y a cada dos anillos. Las lechadas serán de acuerdo a las tablas anteriores.

Si se observa que la admisión de la 2a. fase es franca se cambia a mortero, 1a.fase, siguiendo las mismas especificaciones que para la 2a. fase.

Como mencionamos anteriormente, la fase de tapón nos forma barreras entre ciclo y ciclo y completándose con las fases 1a. y 2a. se logra que las deformaciones en superficie - - sean mínimas.

Como medida auxiliar para rellenar la holgura que se for-

ma entre el endovelado y terreno natural se realiza un relleno a base de gravilla lanzada a presión, este lanzado unido a la inyección de contacto nos puede garantizar el relleno de la oquedad.

Las dimensiones que debe tener la gravilla está comprendida entre 0.2 cm a 0.5 cm evitando en lo posible el uso de partículas alargadas.

Tiene una importancia considerable el hecho de que este lanzamiento de gravilla se realice inmediatamente después de que el anillo ha abandonado el faldón del escudo.

PRESION DE INYECTADO

La presión de inyectado varía en un rango entre 0.5 kg/cm² a 1.0 kg/cm² en cualquiera de las fases, esta presión debe ser leída en un manómetro colocado en la boquilla del barreno.

Se puede variar la presión de inyectado en función del comportamiento del barreno.

Si un barreno ya no admite lechada y se desea sellar, se le aplica una presión de 1.0 kg/cm² durante cinco minutos para el caso de tratarse de lechada y de 10 minutos si se tratara de mortero.

Durante la inyección, los barrenos superiores los utilizamos como testigos del recorrido de la lechada colocándoles llaves de paso en las boquillas, además estos mismos barrenos nos sirven para purgar periódicamente el aire y agua que se encuentran en la oquedad y también comprobamos el recorrido de la lechada.

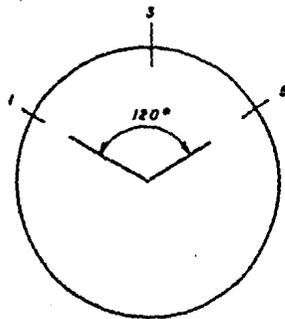
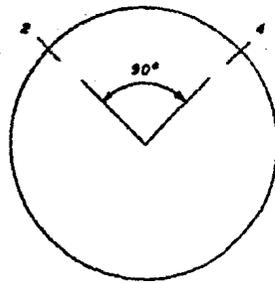
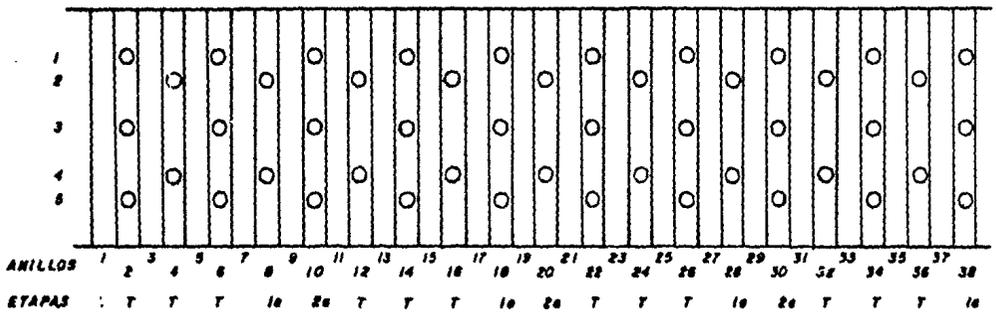


Fig. 20 INYECCION DE CONTACTO DOVELAS TERRENO

EQUIPO

- 1).- Bomba Moyno 3L-10 ó 3L-6
- 2).- Agitador de lechada de 1 m³
- 3).- Compresor de 600 p.c.m.
- 4).- Bomba autocebante de 2" Ø
- 5).- Perforadora de pierna
- 6).- Depósitos para almacenaje de agua y bentonita

VI.4 REVESTIMIENTO DEFINITIVO

El revestimiento definitivo del túnel se realiza con concreto hidráulico después de haberse colocado el acero de refuerzo, el revestimiento se puede efectuar con el uso de cimbra deslizante, fija, de sección completa, de media sección, etc. También se pueden cambiar estos procedimientos en función de su costo, longitud del tramo, espesores de las paredes, disponibilidad de equipos, etc.

La forma más usual para revestir túneles de colectores es el de colar con concreto hidráulico la cubeta o parte inferior del túnel y concreto lanzado en clave y costados del túnel.

Para el colado de cubeta se dejan maestras para dar el acabado definitivo, dependiendo de la longitud del túnel, es el equipo que se emplea para el colado, por ejemplo: - Si se trata de un túnel corto, se coloca la bomba de concreto al pie de la lumbrera o en el fondo de la lumbrera, si es que existe espacio para maniobrar y descargando directamente de camiones revolvedores o de plantas dosificadoras portátiles el concreto para el revestimiento.

Si la bomba se coloca en el fondo de la lumbrera, se hace una estructura que generalmente es de tubería provista de

tanques amortiguadores para bajar el concreto del brocal de la lumbrera a la bomba.

Se puede también bajar el concreto por medio de bachas y un sistema de izaje que puede ser una grúa, un malacate, o una torre de manteo.

Una vez que se suministra el concreto a la bomba, la colocación final se realiza por medio de tubería de aluminio seccionada en tramos de 2 m. El tendido de concreto, se empieza a colocar por ser más cómodo, en el extremo opuesto a la bomba, la distancia está en función de la capacidad y potencia de la bomba, de esta forma, a medida que avanza el colado, la tubería se va recortando. El acabado final se hace con cerchas y albañiles.

COLADO DE CLAVE Y COSTADOS DEL TUNEL

El colado se realiza por medio del sistema de concreto -- lanzado, el cual se define como concreto conducido por un conducto y proyectado a una gran velocidad por medio de -- energía neumática a un sitio determinado.

Se puede emplear este sistema de dos maneras fundamentales, uno de ellos es el de mezcla húmeda y el otro de -- mezcla seca.

El primero de ellos consiste en mezclar cantidades perfectamente dosificadas de material inerte, agua, cemento, la mezcla resultante se deposita en un recipiente y de ahí -- se conduce por una manguera neumáticamente hasta expulsarse por una boquilla hasta el sitio de colocación.

Presenta una ventaja en el sentido de que se lleva un con

trol estricto de la relación agua - cemento.

El equipo que generalmente se usa para este tipo de lanzado tiene capacidad de hasta 9.8mm (3/8") de diámetro, se presentan problemas para el uso de los aditivos acelerantes ya que éstos siendo en polvo o líquido no pueden agregarse a la mezcla antes de ser lanzado, con esto se provoca que no exista una homogeneidad en el producto y de esta forma se generan problemas en su colocación como falta de adherencia, grumos, etc.

Por el mismo motivo de falta de homogeneidad en la mezcla se producen taponamientos en las líneas de conducción.

El procedimiento de mezcla seca como su nombre lo indica, maneja todos los agregados, aditivos en polvo y cemento - en su presentación normal y no es sino hasta que se lanza, que en la boquilla se le agrega el agua para hidratar el concreto, si se trata de aditivo líquido, éste se disuelve en el depósito de agua que se emplea para el lanzado.

Al igual que en el concreto hidráulico normal, los agregados para el concreto lanzado deben cubrir las normas de la ASTM para así obtenerse compactación óptima, máxima densidad, impermeabilidad, resistencia a la compresión y mínimo rebote. Es conveniente evitar en lo posible la utilización de agregados que contengan partículas alargadas y aplanadas o el que contiene elementos astillables, ya que éstos no dan buena compactación y requieren que se hagan correcciones continuas a la relación agua - cemento.

El agregado grueso es el que da la compactación y estructura a la mezcla al martillarse con presiones de 3 a 5 kg/cm².

El contenido de cemento se dosifica en función de la resistencia y del tamaño máximo de agregados.

Si una mezcla no está debidamente balanceada, se presentan problemas de agrietamiento, falta de adherencia, baja resistencia, etc.

Una práctica común es la de utilizar una relación de cemento a agregados de 1 a 4 en promedio (450 kg/m³).

Los agregados se dosifican 40% gravas hasta 19mm y 60% arena.

La dosificación del aditivo varía entre 2% y 6% del peso del cemento.

Es importante hacer notar que la pasta ya aplicada tiene un contenido de cemento relativamente mayor que la mezcla seca y una relación agua - cemento mas baja con el concreto normal, esto es debido al rebote o desperdicio, el cual se forma por partículas gruesas y en menor cantidad por arena y lechada que se desprenden del conjunto por el impacto del choque.

Un fraguado inicial máximo de 1.5 horas y uno final de 12 horas son los que se especifican normalmente.

El aditivo tiende a reducir la resistencia del concreto - hasta en un 20% lo cual resulta normal, mayores porcentajes nos indican que existe incompatibilidad en los componentes de la mezcla.

Es importantísimo mantener la constancia del aire, el agua y el flujo de materiales hacia la máquina lanzadora

y en la boquilla de expulsión.

Las variaciones de presión nos ocasionan taponamientos en las líneas de conducción así como acabados y resistencias no adecuados.

Es recomendable colocar trampas de agua en las líneas del aire para que éste llegue lo más seco posible a la mezcla.

Las presiones recomendadas son de 3.5 a 4.0 kg/cm² para el aire y de 5.0 kg/cm² para el agua.

Si se aumenta la longitud de la manguera de descarga en 15m es necesario aumentar la presión en 0.3 kg/cm² después de los primeros 30m de manguera.

El lanzador debe ubicarse en una posición desde la cual -- pueda lanzar en dirección normal a la superficie y a una distancia entre 1.0 y 1.2m para garantizar una buena compactación y calidad del concreto y con un mínimo de material rebotado (10% al 20%).

El rebote aumenta también con la mala graduación del agregado, deficiencia en la velocidad de descarga, excesiva o insuficiente, pulsaciones o insuficiencia de presión del agua, mala operación general de la máquina.

Esto nos incrementa en un 20% aproximadamente, los índices normales de rebote de material.

VI.5 CONTROL TOPOGRAFICO DEL ESCUDO

De los diferentes métodos para controlar el eje de un túnel, de los más usuales son:

Método convencional (tránsito), sistema de espejos, plomadas con celdas fotoeléctricas, circuito cerrado de televisión y rayo Lasser.

Uno de los más usuales por su economía es el método convencional, el cual utilizamos en este trabajo.

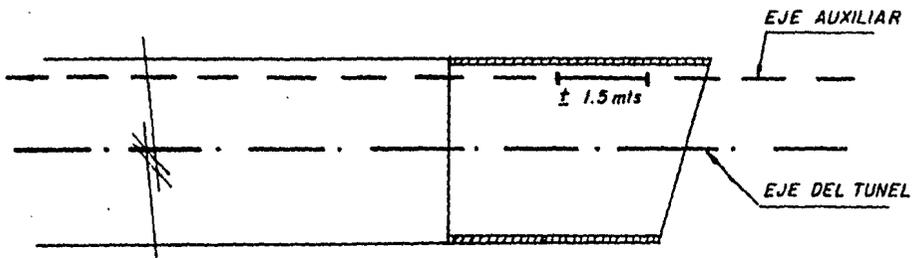
Para llevar el control del eje del túnel, se efectuó bajo dos aspectos, control de dirección y control de pendientes.

Control de dirección. Para realizar este control, se utiliza un tránsito común.

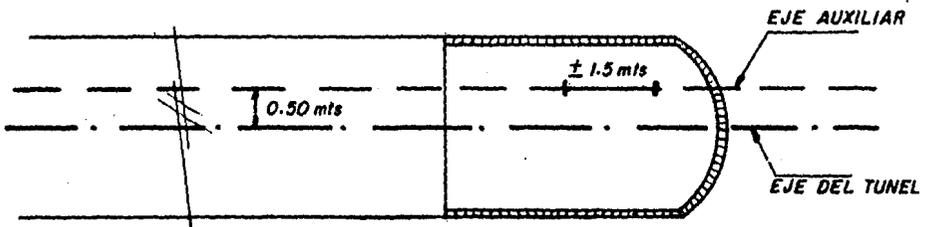
En virtud que el escudo tiene una serie de equipos instalados e implementos de perforación en su interior, la visual es interrumpida muy constantemente, por lo que, no es posible llevar una tabla de datos adecuados, esto nos obliga al trazo de un eje auxiliar paralelo al plano vertical imaginario que pasa por el eje longitudinal del escudo.

El eje auxiliar imaginario se traza aproximadamente a - - 0.50m a la izquierda del plano imaginario en cuestión, -- sin embargo, algunas veces por las dificultades de visibilidad expuestas, se traza hacia la derecha del plano citado.

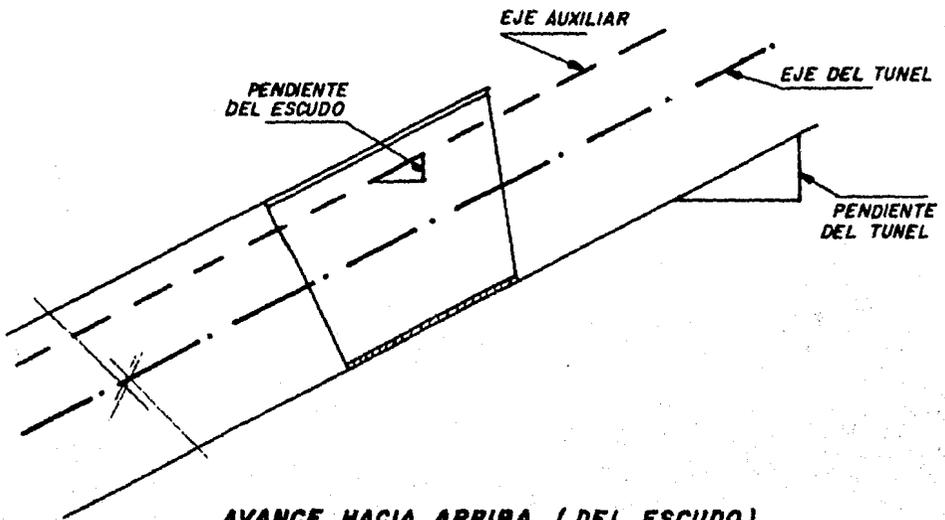
Sobre el eje auxiliar se delimita en la bóveda del escudo un segmento de recta comprendido entre 1.00m y 1.50m de - largo, con el auxilio del segmento de recta mencionado, - es fácil controlar la dirección que va tomando el túnel a medida que el escudo avanza, los esquemas siguientes aclaran la cuestión referida.



PROYECCION VERTICAL DEL TUNEL CON ESCUDO



PROYECCION HORIZONTAL DEL TUNEL CON ESCUDO



AVANCE HACIA ARRIBA (DEL ESCUDO)

Fig. 21 CONTROL TOPOGRAFICO

CONTROL DE PENDIENTES.

Para este control de pendientes se requirió de un eje auxiliar similar al utilizado para el control de dirección del túnel.

Sobre este eje auxiliar se delimita en la bóveda del escudo un segmento de recta de 1.00m de longitud con el propósito de expresar rápidamente la pendiente del túnel en --por ciento, para cada avance del escudo.

La simple comparación de los datos obtenidos y la del proyecto nos indica automáticamente si se encuentra desviado el escudo.

CAPITULO VII

C O N C L U S I O N E S

- 1.- La necesidad de construir nuevas líneas del Metro y ampliar las ya existentes, involucra la construcción de obras inducidas.
- 2.- Las soluciones más comunes para los desvíos, son sifones -
construidos mediante túneles y sifones con excavaciones a
cielo abierto.
- 3.- Los desvíos realizados con túneles son más costosos que -
los realizados con excavaciones a cielo abierto entre mu-
ros colados en el sitio.
- 4.- Se generan mayores problemas de espacio en la construc- -
ción de desvíos realizados con excavación a cielo abierto,
que los hechos por medio de túneles.
- 5.- Se tiene mayor control de filtraciones en la construcción
de sifones hechos con excavación a cielo abierto y bombeo
previo de abatimiento que en el construido por medio del
túnel.
- 6.- Se requiere una mayor preparación del personal que labora
en el túnel, al que labora en una excavación a cielo abier-
to.
- 7.- Valorando los pros y contras de cada método, sugerimos que
es necesario ampliar el uso de túneles para solucionar --
problemas de suministro de agua potable, desalojo de aguas
negras, líneas del Metro, vialidades, etc., ya que el sub-
suelo actualmente es el que nos presenta las mejores con-
diciones de espacio y un mínimo de interferencias.

B i b l i o g r a f í a

- 1.- Marsal R. J. y M. Nazari (1959)
El Subsuelo de la Ciudad de México
Instituto de Ingeniería U.N.A.M.
- 2.- Ben C. Gerwick, Jr.
Colocación de Concreto con Trompa
American Concrete Institute
- 3.- Terzaghi y Peck
"Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica"
- 4.- Tesis Profesional - Pedro Barrero Cobo U.N.A.M.
Procedimiento de Inyección en la Construcción del
Drenaje Profundo de la Ciudad de México.
- 5.- Solum, S. A. Sin Publicar
Memoria del Sifón Obrero Mundial
- 6.- Tesis Profesional - Alejandro García de León A. 1969
Procedimiento Constructivo para el Cajón del Metro-
politano de la Ciudad de México, en el Cruce de la
Av. Cuauhtémoc y Viaducto Miguel Alemán