

70
rej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**"PROCESO CONSTRUCTIVO DEL
METROPOLITANO, CD. MEXICO,
TRAMO: ZAPATA-VIVEROS"
(SISTEMA CAJON SUBTERRANEO)**

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL
P r e s e n t a:
RAUL GUTIERREZ NOLASCO



México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I = N = D = I = C = E =

CAPITULO I.

GENERALIDADES.

- I.1 ANTECEDENTES.
- I.2. PLAN RECTOR DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DEL D.F.

CAPITULO II.

TRABAJOS PRELIMINARES.

- II.1. TRAZO Y NIVELACION.
- II.2. BREVE DESCRIPCION DEL TRAMO.
- II.3. ESTUDIO DEL SUBSUELO PARA EL DISEÑO DEL METRO.
- II.4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION.

CAPITULO III.

CONSTRUCCION DE MURO MILAN (TABLESTACA).

- III.1. BROCALES.
- III.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL MURO MILAN (TABLESTACA).
- III.3 LODO BENTONITICO.

CAPITULO IV.

EXCAVACION DEL NUCLEO A CIELO ABIERTO.

- IV.1. POZOS DE BOMBEO (ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO).
- IV.2. EXCAVACION Y APUNTALAMIENTO.

CAPITULO V.

CONSTRUCCION DE LOSA INFERIOR.

- V.1. TIPOS DE LOSA INFERIOR.
- V.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

CAPITULO VI.

CONSTRUCCION DE MURO DE ACOMPAÑAMIENTO.

- VI.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

CAPITULO VII.

CONSTRUCCION DE LOSA SUPERIOR CON ELEMENTOS PREFABRICADOS.

- VII.1. TIPOS DE LOSA SUPERIOR.
- VII.2. ELEMENTOS PREFABRICADOS.
- VII.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

CAPITULO VIII.

COLOCACION DE MATERIALES DE RELLENOS.

- VIII.1. MATERIALES PARA RELLENO.
- VIII.2. EQUIPO ACOMODO Y COMPACTACION.
- VIII.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.
- VIII.4. CONTROL DE CALIDAD.

CAPITULO IX.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA .

C A P I T U L O = I

GENERALIDADES .

El metropolitano de la Ciudad de México es el medio de transporte más aceptable por la inmensa mayoría de la población, debido a su capacidad de transportación y su velocidad.

A pesar de los esfuerzos realizados para ampliar -- la capacidad del metro, la demanda de transporte ha superado en algunas líneas a la oferta en horas de mayor movimiento, esto genera frecuentes situaciones de congestión en los trenes y en las propias estaciones principalmente en las líneas 1, 2 y 3.

Por otra parte las condiciones críticas en la vialidad y en los transportes se presentaban generalmente durante las horas de entrada y salida del trabajo. Los desplazamientos simultáneos dentro de un período muy corto de tiempo tornan insuficientes el sistema vial, los medios y las instalaciones del transporte, que por otro lado están subutilizados durante las horas "valle". Todo ello significa cuantiosas pérdidas en tiempo, consumo de energéticos, desgaste de vehículos, aumento de la contaminación ambiental y provoca la consecuente enfermedad generalizada de la población.

Si a lo anterior agregamos la inobservancia de los reglamentos y la insuficiencia de recursos económicos, tendremos una explicación del origen de los problemas que cotidianamente padecen los habitantes de la ciudad en materia de transportación urbana.

Es evidente que las acciones que se aplican en el Distrito Federal y áreas vecinas del Estado de México repercutan en estas, pues se trata de un complejo urbano integrado cuyo crecimiento se ha cuantificado en múltiples estudios, todos los cuales destacan la preocupación por el número de habitantes con que se contará al llegar al año 2000, las proyecciones de la población consideran que en el área metropolitana habitarán entre 35 y 40 millones de personas al finalizar el siglo.

La movilidad de ésta población, requiere de acciones inmediatas apoyadas en un plan que permita a las autoridades ir logrando metas y objetivos en un plazo previsto, para ofrecer a los habitantes de la ciudad y del área metropolitana y específicamente a las clases económicamente débiles, medios de transporte adecuados que proporcionen a la mayoría, la facilidad de disponer de su tiempo con la seguridad de que el transporte no le restará gran parte de sus horas de trabajo y espacio.

I.1.

ANTECEDENTES.

El problema del transporte tiene su origen no solo en la explosión demográfica, se relaciona con el desarrollo económico, con las mejores condiciones de vida de los mexicanos, con los avances en la salubridad y su consecuente elevación del promedio de vida. Así mismo, está íntimamente vinculado con la revolución industrial que provocó la era del automóvil, auspiciada por el aumento del poder adquisitivo de las personas. Desgraciadamente, los resultados negativos no se hacen esperar, el automóvil se convierte en una extrapolación de la personalidad del hombre, en símbolo de su libertad, pues puede usarse en cualquier momento, sin limitaciones de horario o distancias. Debido a esta circunstancia se restringe y regula su uso, se frena su libertad de acción, las calles proyectadas sin prever el crecimiento de este medio de transporte se congestionan, surgen los semáforos, los sentidos en el tránsito y van desapareciendo los espacios libres en las calles, para convertirse en grandes estacionamientos. En esto radica principalmente el problema de transporte en la Ciudad de México.

Fue en 1965 cuando se tomó la decisión de construir el Metropolitano de la Ciudad de México, partiendo de estudios realizados desde 1958. Se analizaron los problemas técnicos, económicos y financieros apoyándose en investigaciones de otras grandes ciudades del mundo con similares problemas y características de la nuestra, y así conocer sus orígenes, desarrollo y experiencias acumuladas, con objeto de definir lo más conveniente para el D.F., adaptándose a sus características propias.

Se analizaron 40 alternativas de trazo propuestas y se seleccionó una que cubriera las necesidades más urgentes de transporte colectivo y solucionara al mismo tiempo de alguna manera los problemas de congestión del primer cuadro de la ciudad.

Se construyeron dos líneas básicas y parte de una tercera línea que vinieron a solventar parte de lo que se pretendía, su procedimiento constructivo fue mixto (superficial y subterráneo) y se pusieron en servicio en los años 1969 y 1970. Con estas primeras líneas se podría transportar un millón quinientos cincuenta mil pasajeros al día como máximo.

Los trazos que pudieran ser los ideales están sujetos a modificaciones que son consecuencia de las condiciones de servicio a determinadas zonas, del tipo de subsuelo, de interferencias con instalaciones subterráneas, monumentos históricos, etc.

En su iniciación una red del metro debe tener dos líneas principales perpendiculares entre sí y desarrollarse mediante la construcción de líneas paralelas, formándose en un futuro una cuadrícula que cubrirá progresivamente el área urbana.

La cuadrícula se liga posteriormente con uno o varios anillos que dará movilidad a los usuarios.

Los principios fundamentales para la estructura de una red de metro son su tránsito, operación y construcción los cuales se describen a continuación.

- Respeto al tránsito las líneas del metro deben:
 - a).- Corresponder a las corrientes de circulación establecidas por las que transitan diariamente grandes volúmenes de pasajeros y cubrir las zonas de mayor densidad demográfica.
 - b).- Dar servicio a las zonas más congestionadas
 - c).- Abarcar los centros de actividades principales del área metropolitana.
 - d).- Permitir a los usuarios un ahorro en tiempo de recorrido por medio de líneas que sean lo más rectas posibles e interconexiones múltiples.
- Respecto a la operación el sistema debe:
 - a).- Obtener el mayor número de pasajeros.
 - b).- Lograr un movimiento regular de pasajeros durante el día.
 - c).- Lograr una velocidad comercial alta mediante un trazo que tenga el mínimo de curvas y estaciones.

- d).- Asegurar el servicio con el menor número de trenes.
 - e).- Permitir la reestructuración progresiva y completa de los transportes superficiales - (autobuses, peseros, taxis, etc) y su coordinación con el metro.
- Respecto a la construcción, el sistema debe considerar:
- a).- El monto de la inversión que corresponde a los diferentes tipos de construcción de las líneas (elevada, superficial, subterránea y tunel profundo).
 - b).- Las molestias y el costo que representan -- los desvíos de tránsito durante la construcción.
 - c).- Las ventajas y desventajas de la solución y tipo de línea elegidas en comparación con otras alternativas de trazo.

Por otro lado para el análisis de las líneas se estudiaron como ya dijimos hasta 40 trazos posibles que obedecían a requerimientos específicos.

- 1.- Por densidad demográfica: El 60% de longitud total corresponde a zonas cuya densidad es de 250 hab/ha., la cual es de las más altas de la Ciudad de México.
- 2.- Por uso del suelo: En un 80% se aprovechan los corredores tradicionales de transporte colectivo, tal es el caso de las avenidas Insurgentes Norte, Cuauhtémoc, Universidad, Inguarán, Río Consulado, Cien Metros, Etc.
- 3.- Por origen y destino: Se comunican grandes núcleos habitacionales e importantes centros de trabajo.

I.2.

PLAN RECTOR DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DEL D.F.

Debido a la magnitud y complejidad de los problemas de transportación y a la necesidad de racionalizar las acciones tendientes a resolverlos, en septiembre de 1977 el Departamento del Distrito Federal creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), la que en primera instancia, procedió a elaborar el Plan Rector de Vialidad y transporte para cumplir con el objetivo de dotar a la población de un sistema integral y coordinado de transportación acorde con el crecimiento urbano y que desalentará el uso del automóvil, como consecuencia del impulso al transporte colectivo.

En mayo de 1980 se dieron a conocer los alcances -- del plan, derivado de una serie de acciones a corto, mediano y largo plazo contenidas en cuatro planes parciales; del metro, de vialidad, de transporte de superficies y de estacionamiento.

De estos, el más importante es el plan del metro debido a que el metro es el único medio de transportación masiva que puede dar servicio a un mayor número de pasajeros en buenas condiciones de servicio que cualquier otro sistema. Y los demás planes deben servir como complementarios para proporcionar un servicio eficiente a los usuarios.

Por otra parte, para la selección de cada uno de -- los tipos de sistemas (cajón, túnel, superficial y elevado), se tomaron en cuenta los siguientes factores en términos generales

1.- Costo de la obra civil por kilómetro construido

El más alto corresponde al de la solución subterránea ya sea túnel o sistema de cajón, en tanto que el costo/km. de la línea superficial es cercano al de la solución elevada.

2.- Tiempos de ejecución de la obra civil:

La velocidad de construcción para la solución subterránea es de orden de 90 a 110 metros por mes, en tanto que la solución elevada es de 70 a 90 metros por mes. Se observa que para la solución subterránea, la velocidad de construcción

es ligeramente mayor que la de la solución elevada. En cambio el rendimiento en la solución superficial es del orden de 130 a 150 metros por mes. (Los rendimientos mencionados son desarrollados por un solo frente de trabajo).

- 3.- En cuanto a la obstrucción de la vía pública durante la construcción, la solución subterránea es la que causa mayores problemas.
- 4.- Las interferencias con instalaciones municipales son totales en el caso del sistema subterráneo, obligando a importantes desvíos de colectores ó redes de distribución de agua. Estos problemas son menores en los sistemas superficial y elevado.
- 5.- Por lo que toca a conservación y mantenimiento el sistema subterráneo presenta mejores condiciones que el sistema superficial y elevado, debido a que los equipos no están expuestos a la intemperie.
- 6.- El paisaje urbano.- Es un factor importante ya que el aspecto estético se altera de acuerdo al tipo de solución elegida. La magnitud de alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la calle. También se debe tomar en cuenta el tipo de zona por la cual atraviesa la línea (industrial, comercial ó residencial), lo mismo que el tipo de usuarios a los que beneficiará.
- 7.- En relación a la futura disponibilidad vial, la solución subterránea no tiene mayores problemas, en tanto que la solución superficial ocupa un ancho equivalente a 3 carriles de circulación y la elevada solamente 2 carriles.
- 8.- Libramientos perpendiculares inducidos, el Sistema Superficial genera problemas en los cruces importantes cuyas soluciones viales repercuten en la construcción de estructuras subterráneas ó elevadas para salvar el obstáculo que representa a la línea.

9.- Selección adecuada del procedimiento.

Para la construcción de un túnel, se necesita hacer estudios geotécnicos para elegir el trazo adecuado de una línea de metro, y seleccionar adecuadamente el procedimiento constructivo y maquinaria a emplear, esto es, excavar el túnel por métodos convencionales ó la posibilidad de utilizar alguna máquina integral de perforación de túneles (escudos). Es muy importante (para una línea profunda del metro) prever algunos aspectos como son: comodidad del usuario, operación, (escaleras mecánicas en las estaciones y adecuados sistemas en caso de alguna falla).

Así mismo los objetivos básicos del plan en cuestión del metropolitano a 30 años son los siguientes:

- a).- Abatir los tiempos de recorrido, mejorando la seguridad y la comodidad.
- b).- Propiciar la reestructuración urbana y el uso del suelo.
- c).- Optimizar el uso de los distintos medios de transporte y de la infraestructura existente
- d).- Evitar que el área central de la Ciudad de México sea la zona obligada de paso, sin olvidar su importancia, preservando además la traza histórico-monumental.
- e).- Tratar de que la infraestructura vial para los medios de transporte con motores de combustión, sea lo más eficiente posible a fin de disminuir la contaminación ambiental.
- f).- Coordinar las obras urbanas que coincidan con los trabajos de vialidad para evitar proyectos con justificación a corto plazo que no tomen en cuenta necesidades futuras.
- f).- Mejorar la accesibilidad, creando más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio para democratizar el transporte.

C A P I T U L O = I I =

TRABAJOS PRELIMINARES.

La topografía juega un papel importante en el proyecto y requiere de una especial atención por parte de los -- que intervienen en ella, una vez que se cuenta con el proyecto en la obra se procede a revisarlo, previamente las brigadas topográficas de ISTME han trazado y referenciado el eje del metro, paso siguiente la residencia de COVITUR solicita a ISTME la entrega física del trazo, en esta recepción intervinieron las partes interesadas COVITUR, ECCN, ISTME y COMETRO (cliente, supervisión, proyectista, contratista ó ejecutora de la obra respectivamente), haciendo un recorrido general, lo calizando cada punto y referencia a través del eje de metro -- chequeando el proyecto; recibido el trazo, el residente de COVITUR debe pedirle a la supervisión y a la constructora, un -- chequeo final a priori a iniciar cualquier actividad, esto es con el fin de estar plenamente seguros de que no existe duda sobre el proyecto.

II.1.

TRAZO Y NIVELACION.

Se compone de las siguientes actividades:

- a).- Plantenamiento preliminar.
- b).- Verificación de la geometría.
- c).- Elaboración del proyecto definitivo y ubicación en el terreno.
- d).- Proyecto de perfil.

A continuación se describen dichas actividades:

a).- PLANTEAMIENTO PRELIMINAR.

Una vez seleccionado el recorrido de la línea del metro, se procede a realizar el planteamiento preliminar del eje de trazo mediante una poligonal gráfica llevada sobre planos fotogramétricos, tratanto de colocar dicho eje en el centro aproximado de la calle o a cierta distancia de los paramentos ,especificada por lo estudios de mecánica de suelos.

b).- Definido lo anterior se procede a ubicar en forma semigráfica la posición de los puntos de apoyo para tangentes del trazo, valor de deflexiones aproximadas, así como el planteamiento de las curvas entre los tramos rectos y de esta manera proceder a la "VERIFICACION DE LA GEOMETRIA PRELIMINAR", que se refiera a localizar en el terreno los puntos obligados del trazo.

c).- Teniendo los datos anteriores se afina el proyecto calculando las curvas reales de acuerdo con las medidas lineales y ángulos verdaderos y de esta manera se procede a la elaboración del "Proyecto definitivo"

d).- PROYECTO DE PERFIL.

Para la realización de esta actividad se lleva a cabo una nivelación de precisión apoyada en los bancos de nivel profundo a lo largo del eje de trazo y sobre-puesta a este, con objeto de conocer los niveles reales del terreno y en base a ésta información iniciar el proyecto de perfil que se apoya en los siguientes criterios.

- a).- Pendientes longitudinales máximas: 7%
- b).- Pendientes longitudinales mínimas: 0.1%
- c).- Relleno sobre la losa superior con valor mínimo de 2.00 mts. se sabe que en este espacio es posible alojar la mayoría de las instalaciones municipales menores, tales como: agua potable, teléfono, atarjeas.

Específicamente para el tramo "Cola Zapata-Viveros" se empleó a la topografía en dos actividades:

- 1.- LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMETRICOS.
- 2.- LEVANTAMIENTOS CONFORME A METODOS TRADICIONALES.

1.- LEVANTAMIENTOS FOTOGRAMETRICOS.

Consiste en la elaboración de un mosaico rectificando a escala 1:2000 siguiendo el eje del trazado y cubriendo 500 mt. hacia ambos lados del eje, para efectuar lo anterior se utilizan fotografías a escala 1:12000 y para la presentación de la información se considera que la escala más adecuada es la 1:500 misma que se emplea para los proyectos del Departamento del Distrito Federal en estos casos. Este tipo de trabajo es muy preciso, por lo tanto la tolerancia que se admite en los planos es del orden de un milímetro a la escala del plano.

2.- LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS CONVENCIONALES.

Las actividades ó trabajos que se realizan son:

- a).- Una poligonal principal de apoyo de alta precisión, cubriendo las distancias con telémetros y efectuando mediciones angulares de un segundo de aproximación; esta poligonal queda apoyada en los verticales Geodésicos del Cerro de Gachupines y el Cerro de la Estrella, mismos que pertenecen a la triangulación de la Cuenca del Valle de México.
- b).- Una poligonal cerrada de lados cortos por cada línea, apoyada en la poligonal principal y -- que sirve de base para determinar el trazado. En este caso las mediciones lineales se realizan a base de doble medición con cinta de acero, y las angulares con tránsito de un segundo de aproximación

Para la nivelación, se realizan los trabajos a lo largo de las poligonales secundarias (del inciso b) en circuito cerrado y doble altura de aparato, así mismo se ubican a lo largo de las líneas bancos de nivel profundo, cuyas cotas son referidas al banco de nivel de Atzacualco (2245.0078SNM) - de la comisión hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

También se efectúan levantamientos planimétricos de alta precisión con objeto de delimitar los terrenos que serán afectados.

Para el levantamiento de secciones transversales - se toman medidas y nivelaciones a intervalos regulares apoyadas en el eje de trazo mismas que sirven como base para la construcción de la vía de circulación de vehículos, de peatones, etc.

II.2.

BREVE DESCRIPCION DEL TRAMO.

El tramo "cola zapata-viveros" se construyó con - el sistema de cajón subterráneo a cielo abierto y tiene una longitud de mil seiscientos cincuenta metros desde Popocatepetl (donde existió un muro tapón) hasta los viveros de Coyocán.

Las obras de ampliación de este tramo se iniciaron el 25 de agosto de 1980, y, se generaron quinientos em - pleos directos y diez mil quinientos empleos indirectos.

El nuevo tramo pasa por importantes lugares de interés general, como son el Centro Bancomer, el Hospital "Adolfo López Mateos", del ISSSTE, Laboratorios Clínicos, Cines, Centros Comerciales, etc.

El tramo consta de:

- a).- Veintiún nichos de Seguridad.
- b).- Dos nichos de Aparato.
- c).- Dos nichos de ventilación (rejillas).
- d).- Una Galería de ventilación.

a).- Los nichos de Seguridad.- Son cajones huecos de largo y ancho variables y con una profundidad de 50 cm. - en ellos caben perfectamente dos personas que pudieran encontrarse en el interior del cajón, efectuando reparaciones electromecánicas ó supervisando la línea, ahí encuentran protección si en el tiempo de estancia vieran venir el tren. Otra función que tienen estos nichos es el de alojar instalaciones de contra incendio. (ver fig. No. II.2.1.)

b).- Los nichos de aparato son elementos en los cuales se alojan los accesorios necesarios para cambio de vías y toda una serie de instalaciones electromecánicas. (ver fig. No. II.2.2).

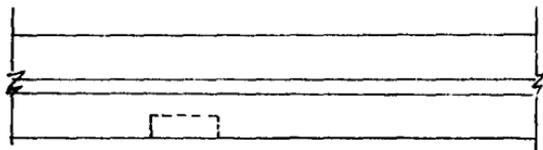
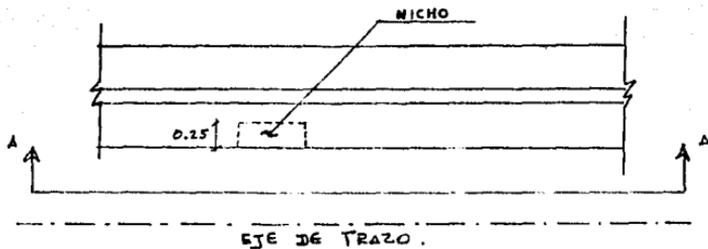
c) y d).- Los nichos y galerías de ventilación -- tienen como función permitir que el efecto de embolo de un tren en marcha, desaloje del túnel el aire recalentado en el interior (fig. No. II.2.3).

(Las especificaciones de ventilación natural señalan 270 M2 de rejilla de ventilación por cada 1,000 M. de Cajón Subterráneo 2 vías).

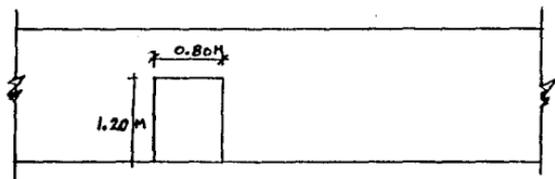
Por otro lado los Galibos del cajón se determinaron en función del sistema de vía, de las dimensiones requeridas por los carros y de las especificaciones que se tienen para el trazo.

El ancho libre en tramo recto es de 6,90 M. compuesto de dos anchos de carro de 2,50 M. cada uno, en espacio intermedio de 0,40 M. y dos andadores laterales de 0,75 M. cada uno. La altura interior tiene 4,80 M. constituidos por 0,40 M. de espesor de balasto, 0,30 M. de durmiente y de pista de rodamiento, 3,60 M. de altura de tren y 0,50 M. de espacio libre sobre el techo del tren.

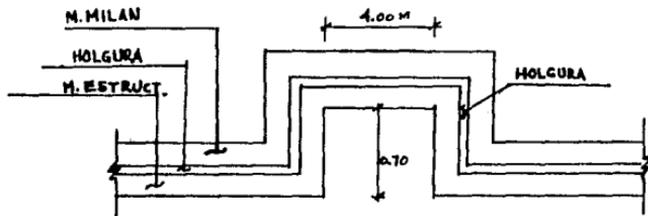
En los tramos curvos ambas dimensiones deben incrementarse por los desplazamientos central y extremo del Carro y por la sobreelevación transversal, que prevee en las curvas. Las dimensiones resultantes para una curva de 150 M. de radio son de 7,40 M. en el sentido horizontal y 5,50 M. en el vertical.



PLANTA.
FIG. II.2.1) NICHOS DE SEGURIDAD.



COORTE A - A
ALZADO.



PLANTA

FIG. II.2.2) NICHOS DE APARATO.

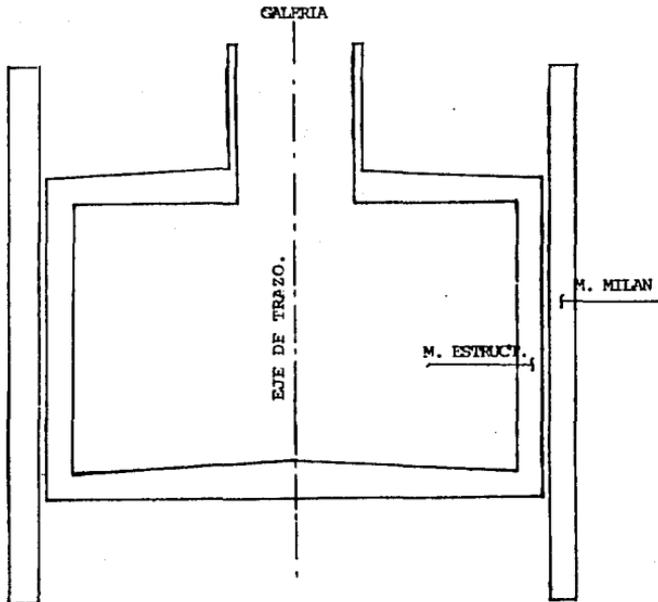


FIG. (II.2.3) GALERIA DE VENTILACION.

La sobre elevación máxima es de 160 mm. dada a razón de 4 mm, por metro sobre una longitud de 40 M. de espiral.

Lo anterior permite una velocidad máxima de 48 km. /hr. en curvas de 150 M. de radio y en las curvas de radio superior a 240 M. la velocidad puede ser igual a la permitida en tramos rectos.

II.3.

ESTUDIO DEL SUBSUELO PARA EL DISEÑO DEL METRO.

Conocer la estratigrafía y propiedades mecánicas - del subsuelo a lo largo del eje de trazo de una línea del metro es factor preponderante para determinar el tipo de estructura que se utilizará.

El estudio del subsuelo consiste en ejecutar una serie de sondeos de exploración y extraer muestras bien sean alteradas ó inalteradas, para determinar posteriormente sus características con diversas pruebas de laboratorio.

MUESTRAS INALTERADAS.

El criterio que se establece para determinar el tipo y la profundidad de cada exploración consiste en realizar por lo menos un sondeo inalterado en los sitios donde se construyen estructuras importantes, como estaciones, edificios, etc. (siempre y cuando la consistencia del subsuelo lo permita).

Este tipo de sondeo se lleva a cabo hincando a presión tubos muestradores de pared delgada, estos tubos (barrenas) son de tipo Shelby de 9 cm. de diámetro, son hincados en el terreno por rotación, el material que la barrena va cortando es retenida por la misma, la cual se saca a la superficie una vez que se llena; con objeto de obtener una muestra con ca

racterísticas tales que conserve la densidad y húmdad naturales del terreno, por lo cual se debe realizar esta prueba con mucha precaución y cuidado, ya que estas muestras nos van a proporcionar datos más cercanos a la realidad y por tanto más confiables.

LAS MUESTRAS ALTERADAS.

Se llevan a cabo con el objeto de determinar con más precisión la estratigrafía del subsuelo, la profundidad de estos es igual que la de los sondeos inalterados ya que de esta manera se pueden correlacionar perfectamente.

Las muestras alteradas, se extraen hincando por percusión tubos muestreadores de pared gruesa con diámetros de 3.5 cm. en el interior y 5 cm. en el exterior; y simultáneamente a cada muestreo alterado se lleva a cabo una prueba de penetración normal.

NOTA: En todos los sondeos el avance y rimado de la perforación se hizo con broca tricónica y para la estabilización y limpieza de la misma se utilizó lodo bentonítico.

Todas las muestras extraídas son clasificadas en el laboratorio, determinándose ahí el contenido de agua del suelo, además se calculan las propiedades de las muestras representativas de cada estrato encontrado, estas propiedades son:

- 1.- Peso volumétrico.
- 2.- Plasticidad de los suelos finos, mediante límites de consistencia.
- 3.- Resistencia al esfuerzo cortante bajo diferentes condiciones de velocidad de carga y drenaje.
- 4.- Corte directo no drenado, en aparatos diseñados especialmente para tal caso.
- 5.- Pruebas de compresión simple.
- 6.- Pruebas de compresión triaxial consolidada no drenada.

7.- Pruebas de compresión triaxial no drenada.

8.- Pruebas de compresibilidad, expansibilidad para conocer los cambios volumétricos del suelo al cargarse ó descargarse, mediante ensayos de consolidación normal y de expansibilidad; estos últimos se hacen de manera que en ellos se representen las condiciones de carga y descarga a que estará sujeto el subsuelo durante la etapa de construcción y después por la descarga que le producirá la sobrecompresión de la estructura.

II.4

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION.

Toda construcción debe basarse en el proyecto y especificaciones de obra, y en la construcción del Metropolitano también existe esta norma, se deben seguir al pie de la letra - todas las especificaciones del procedimiento constructivo y tipo de materiales que los planos indican, estas pueden ser generales ó específicas para cada tramo a construir.

A continuación se describe un ejemplo de las notas-generales que se consideraron en el tramo "Cola Zapata-Viveros"

M A T E R I A L E S :

En Tablestaca(Muro milán).

- 1.- Concreto $f'c=150$ kg/cm².
- 2.- Acero de refuerzo $f_y=4000$ kg/cm².
- 3.- Tamaño máximo del agregado 3/4"

* El recubrimiento libre será como sigue:

- a).- Tablestaca de concreto = 7 cm.
- b).- Inferior en losa de fondo = 5 cm.
- c).- Superior en losa de fondo = 5 cm.
- d).- Superior en losa de techo = 5 cm.

- * Todas las varillas se colocarán en un solo lecho, excepto donde se indique otra cosa, y su distancia libre será como mínimo dos veces el diámetro del refuerzo ó el diámetro máximo del agregado grueso.
- * No se admitirán traslapos en varillas del No. 8 ó mayores.
- * La separación de las varillas de armado longitudinal se empezará a contar a partir del paño interior, colocando la primera a la mitad de la separación especificada, excepto cuando se indique claramente otra medida.

C A P I T U L O - I I I

CONSTRUCCION MURO MILAN (TABLESTACA).

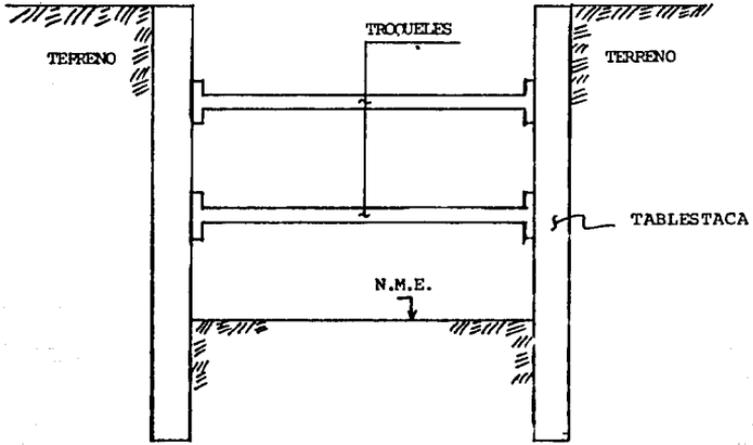
Para elegir la estructura de contención más apropiada debe tenerse presente que no pueden admitirse movimientos excesivos ni filtraciones hacia la excavación que abatan parcialmente el nivel freático exterior, por lo que la estructura elegida deberá tener cierta rigidez e impermeabilidad, y probablemente un muro de concreto colado en sitio sea lo más conveniente. Antes de entrar al proceso constructivo de éste, veremos brevemente la construcción de los brocales que es con lo que realmente inicia el proceso constructivo del muro Milán. (fig. III.1.1)

III.I

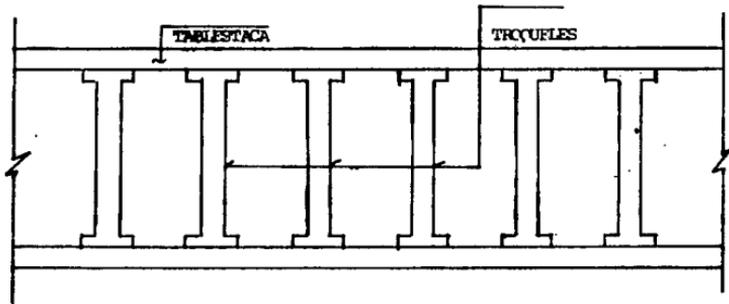
B R O C A L E S .

Los brocales son elementos de concreto armado en forma de ángulo recto, llamando alero a la rama horizontal y faldón a la rama vertical. Básicamente los brocales tienen 3 funciones principales:

- 1.- Contener el terreno en la parte superior y así puedan circular vehículos y personal con seguridad.
- 2.- Detectar a tiempo todas las interferencias subterráneas que se tienen a lo largo del tramo.
- 3.- Servir de guía al equipo que excavará la zanja donde se alojará el muro milán, garantizando la verticalidad de la excavación. Para que se cumpla adecuadamente ésta, se deja un espacio libre de 0.65 M. (en el caso en que se especifiquen muros de 0.60M.- de espesor). 0.85 M. cuando la especificación indi-



CORTE DEL CAJON EXCAVADO



(FIG. III.1.1) PLANTA CAJON.

que que el muro será de 0.80 M. de espesor.

Para la construcción de estos brocales se excava - primero la parte superior de las zanjás donde se van a alojar los muros tablestaca, hasta una profundidad que varía de acuerdo al espesor de los rellenos, profundidad que no debe ser menor de 1.50 M, ni mayor que la profundidad a la que se encuentre el nivel freático

La altura de los brocales en todo el tramo deberá ser la necesaria para que por lo menos exista un traslape de - 0.50 M. con el muro de concreto (muro milán). (fig. III.I.2).

Para colar el faldón se cimbra y apuntala apoyando contra el lado opuesto estos puntales, logrando así tener una superficie regular sin abolsamientos. Estos puntales son polines de madera de 4" x 4" de sección y se colocan en dos niveles en el sentido vertical cuando la altura es de 1.50 M. y en tres niveles cuando es mayor (ver fig. III.I.3) donde se indica también el armado del brocal.

Las ramas horizontales de los brocales (aleros) -- constituyen pequeñas losas sobre las cuales podrán transitar -- las máquinas de excavación, el ancho mínimo de éstas ramas horizontales es de 0.50M. de tal forma que garantice que el brocal quede bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación.

En virtud de que en los dos primeros metros bajo -- la superficie del terreno se encuentran alojadas la mayoría -- de las instalaciones municipales, la excavación en zanja se -- lleva a cabo con precaución, ya sea que se ejecute esta a mano ó con maquinaria, evitando así dañar las instalaciones que se localicen y evitando atrasos y molestias que ocasionaría al -- avance de la obra.

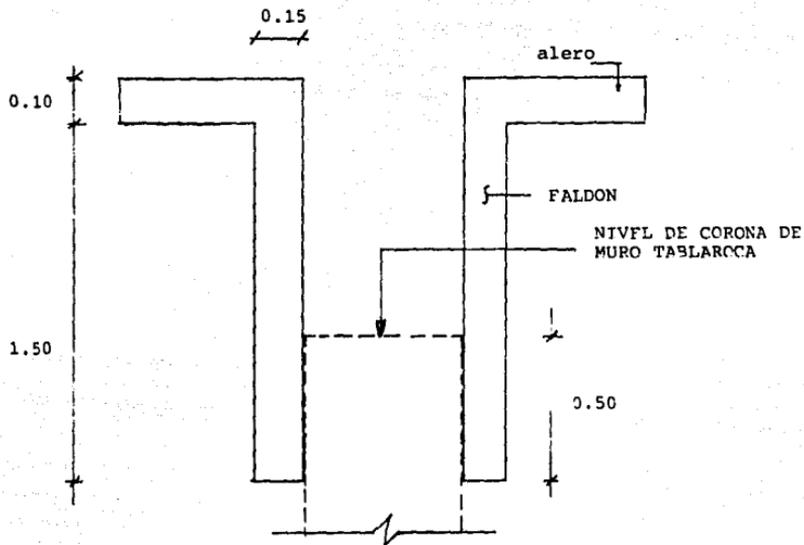


FIG. III.1.2 (BRCAL.. DIMENSIONES).

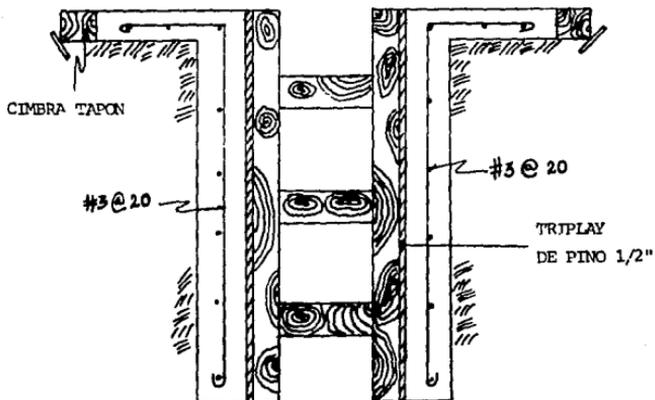


FIG. III.1.3 BROCAL CIMBRA Y ARMADO.



III.2.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL MURO MILAN (TABLAESTACA).

Muro Milán (Tablestaca).- Es una estructura en este caso definitiva, la cual funciona para contener el terreno mientras se hace la excavación a cielo abierto para alojar el cajón del metro.

Una vez construídos los brocales y estando libre de interferencias se procede a aislar una zona de seis metros de longitud (llamado tablero), por medio de compuertas metálicas (macho-hembra), para verter en estas zanjales el lodo bentonítico hasta alcanzar un nivel de 0.80 M. abajo del borde superior del brocal, manteniendo este nivel durante todo el proceso de excavación y colado del muro milán hasta su nivel de desplante.

La excavación para alojar los muros milán deberá -- realizarse con equipo ó maquinaria cuya herramienta de corte -- sea guiada con objeto de ofrecer una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja permitiendo alcanzar sin problema la profundidad media del muro milán indicada en el proyecto. Por ningún motivo debe permitirse la excavación que utilice cucharón de almeja libre ó cualquier otra herramienta no guiada, ya que no se garantizaría la verticalidad de los muros y se provocarían derrumbes durante la excavación (ver fig. III.2.1).

La herramienta de excavación debe deslizarse con -- suavidad, sin chicoteos ni golpes, hincarla sin dejar que caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos ó caídos, meterla y sacarla sin brusquedad para evitar efectos de émbolo con el lodo bentonítico. Cortar a presión sin sacudir ni arrancar de súbito. Siguiendo estas precauciones, conducirá a mejores acabados en los muros, -- ahorrará problemas posteriores de rellena y afinamientos de los muros para cumplir con su verticalidad y alineamiento.

Con el cumplimiento de estas indicaciones conjuntamente con una buena calidad del lodo bentonítico se evitarán -- caídos y deslaves que azolven la zanja y que provoquen socavación de las paredes, evitará movimientos de las propias paredes y del fondo que se pueden difundir hacia el exterior causando -- desplazamientos de las zonas vecinas.

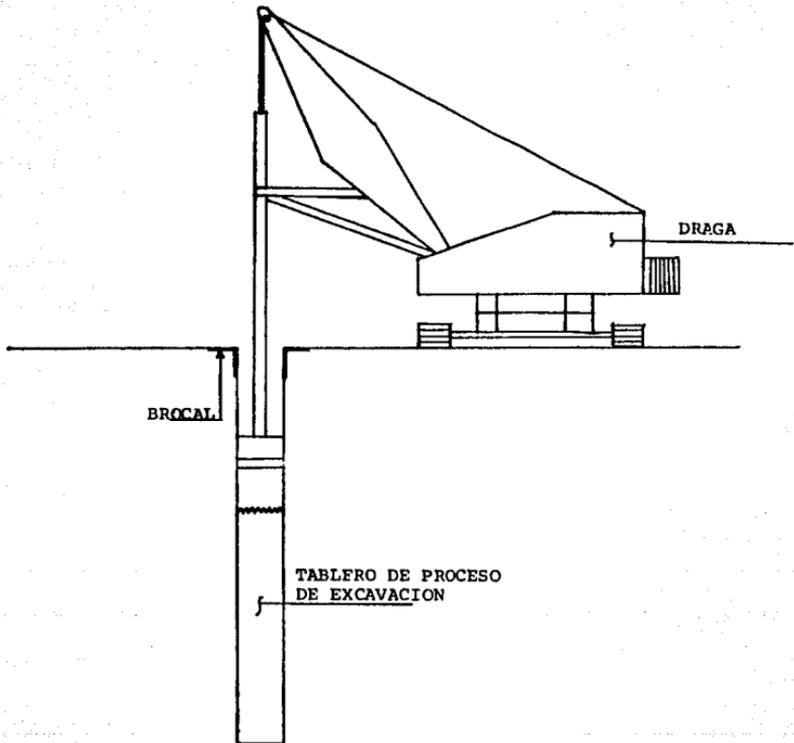


FIG. (III.2.1) EXCAVACION DE TABLESTACAS.

Las excavaciones de las zanjas se harán en forma - alternada, es decir no deberán excarse tableros contiguos en -- forma simultánea. Así mismo, no se excavará ningún tablero hasta que el concreto del tablero contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

La longitud de las zanjas excavadas que alojarán -- los muros del cajón se indicará para cada caso en los planos -- correspondientes a cada tramo, pero en ningún caso excederá seis metros.

La profundidad de la excavación de las zanjas será -- la indicada en el proyecto de perfil o plano topográfico de perfil longitudinal.

Durante la excavación de la zanja se efectúa un control de las propiedades del lodo bentonítico y esto consiste en realizar las pruebas necesarias para confirmar que dicho lodo - cumple con los límites especificados. Se llevarán a cabo cuando menos dos pruebas del lodo por cada tablero, la primera al vaciar el lodo en la zanja antes de iniciar la excavación, y la - segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo si los resultados de la prueba del lodo indican que no - se cumple algunas de las propiedades especificadas, el lodo deberá ser sustituido por lodo nuevo. A medida que se avanza en - la excavación, el lodo bentónico debe mantenerse a 80 cm. abajo del borde superior del brocal, (durante todo el proceso de excavación) garantizando que las paredes laterales de la excavación se contengan.

No deberán excavarse tableros en forma simultánea - esto es, las excavaciones de la zanja se harán en forma alternada, así mismo no se excavará ningún tablero hasta que el concreto del contiguo haya alcanzado su fraguado inicial. (Fig. III.2. 2).

Por ningún motivo debe abatirse el nivel de la bentonita (el cual es de 80 cm. abajo del borde superior de los -- brocales), ya que provocarían succiones y gradientes en el manantial freático, causando derrumbe en las paredes de la excavación - ó succiones en la zanja. (Fig. III.2.3.).

1	4	2	5	3
---	---	---	---	---

- 1.- TABLERO EXCAVADO Y COLADO.
- 2.- TABLERO EXCAVADO SIN COLAR.
- 3.- TABLERO EN PROCESO DE EXVACION.
- 4.- TABLERO SIN EXCAVAR.
- 5.- TABLERO SIN EXCAVAR.

FIG.(III.2.2) PROCESO CONSTRUCTIVO DE TABLEROS.

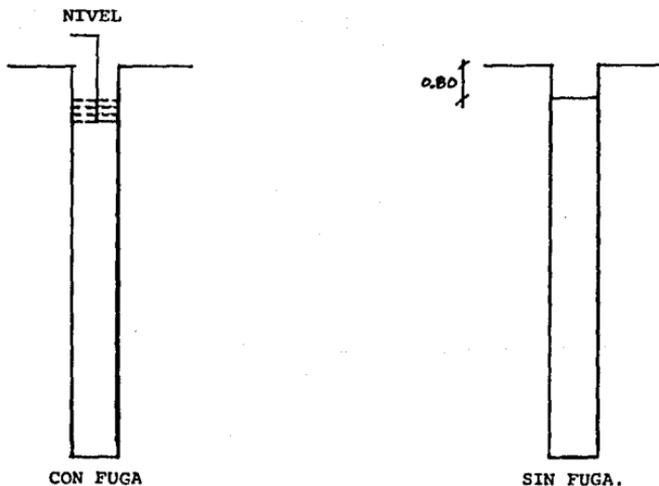
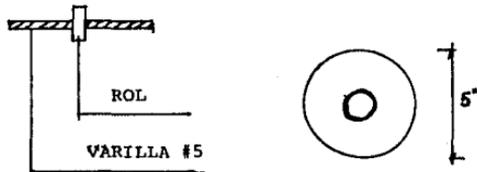
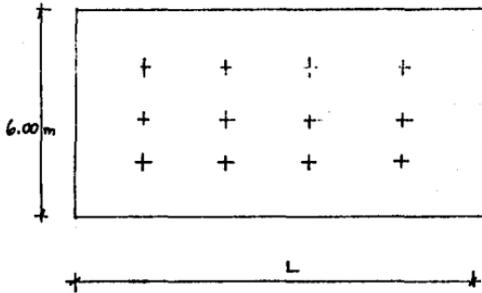


FIG.(III.2.3)LODO BENTONICO (FUGAS).



. FIG. III.2.4. ROLES DE CONCRETO EN
PARILLA.

Por especificación no debe dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con lodo por un tiempo mayor de 24 horas entre el inicio de la excavación del tablero y su colado, asimismo no dejar transcurrir más de 6 horas entre el momento que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado. Los tableros deberán sobre excavarse 20 cm. abajo de la profundidad que marca el proyecto (esto es porque el equipo de corte presenta una forma curva).

Terminada la excavación, con la ayuda de la almeja deberá limpiarse ó desazolvarse el fondo de la zanja (esto se puede hacer también con la ayuda de un tubo evector, esto, se hace para verificar la profundidad del proyecto).

Terminada la excavación, y verificada la profundidad de proyecto, lo mismo que las propiedades del lodo bentonítico, se procede a introducir las juntas metálicas y la parrilla ó armado del muro milán.

Estas juntas son tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular, las cuales dejarán forma hembra en el terminado del tablero donde sea colocado, esta junta también contiene integrada una banda la cual quedará una parte ahogada en el muro ya colado y la otra parte quedará libre en el interior del tubo para ahogarse durante el colado del muro contiguo. Con el fin de extraer más fácilmente la junta metálica, se le aplica una película de grasa, ó poliéster de un mm. de espesor en la parte donde estará en contacto con el concreto.

Después de instaladas las juntas metálicas, se procede a bajar la parrilla ó armado del muro milán dentro de la zanja, la cual se encuentra ademada con lodo bentonítico, la parrilla se encuentra contraventeada con rigidizadores como se indica en los planos estructurales correspondientes y se hará descender por su peso propio por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, alineamiento y profundidad.

Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla y garantizar que permanezca en su lugar, se empujará durante su descenso y una vez colocada en su lugar se instalarán los gatos en la parte superior apoyados contra el brocal, con esto se impide que la parrilla se mueva durante el colado.

Por ningún motivo se permitirá el colado de un tablero si la parrilla se encuentra flotando ó fuera de su posición.

Se utilizarán roles de concreto para garantizar el recubrimiento en los muros, estos serán de 5 pulgadas de diámetro y estarán fijos al acero principal de la parrilla por medio de varillas de 3/4 de pulgada en ambas caras y 3 niveles-- equidistantes en los dos sentidos con 4 roles cada uno de estos (Ver: fig. III.2.4).

Para el paso de las trompas de colado, se dejarán espacios libres de 0.60 x 0.40 M., con varillas verticales que sirven de gufa. Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla se introducen las trompas de colado las cuales deben -- ser herméticas en las uniones a base de coples, esto es con el fin de impedir que la succión de la columna de concreto al bajar, chupe el aire ó lodo del exterior. Al tramo de tubo que sobresale en la superficie, se le conecta una pequeña tolva cu ya boca debe quedar a una altura conveniente para que pueda -- ser descargado el concreto directamente de la olla revolvedora. Todo el conjunto se subirá y bajará durante el colado con el equipo necesario para este movimiento. (El equipo que normalmente utilizarón, fué una almeja loca, la cual usaban como equipo de excavación).

Para evitar la segragación del concreto y una vez introducidas las trompas de colado, hasta estar apoyado en el fondo de la zanja, se colocarán en la boca de la tolva un balón de latex como si fuera un tapón el cual descenderá obligado por el concreto, evitando así la mezcla del concreto con el lodo bentonítico debido a la descarga rápida del concreto, al iniciar el colado se levanta la trompa 30 cm. del fondo, con esto el balón sale a flote y es recuperado.

En este tramo del metro, la especificación nos marca un revenimiento para concretos en muros milán de 18+2 el -- cual no necesita vibrado, es suficientemente fluido y se distribuye uniformemente en todo el tablero. Para que el concreto fluya al inicio del colado debe desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca suficientemente apoyada en el concreto para que no exista contaminación del concreto con el lodo. Conforme avanza el colado -- se irá desplazando el lodo hacia la superficie, por la diferencia de densidades, este lodo desplazado se llenará a un reci--

piente recolector, ó bien al tablero contiguo, pudiéndose también extraerlo con una bomba de lodos. El impulso que lleva la primera mezcla de lodo al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero, dejándolo limpio de lodo. Se debe mantener la columna de concreto en la trompa a una altura conveniente para regular la rapidez de flujo, este flujo debe ser suave y continuo, por lo que no debe tener recesos ó suspensiones mayores de 15 minutos, para programar el suministro de concreto es necesario llevar un registro del colado, anotando las variaciones de nivel y con esto también se observa el momento oportuno de retirar cada tramo ó cople de unión de las trompas.

Para colar un tablero de 6.00 m. se deben utilizar simultáneamente 2 trompas esto está determinado en función de las pendientes que desarrolla el concreto fluido dentro del lodo (éstas 2 trompas iniciándose el colado, no deben desplazar lateralmente dentro del tablero).

El concreto de los muros debe llegar 30 cm. arriba de lo especificado en el proyecto, debido a que este incremento de nivel, se considera contaminado, y no contribuye al trabajo estructural del cajón.

Es recomendable agregar al concreto un retardante debido a que la excavación entre muros. se llevará a cabo aprovechando la rigidez de los mismos y su capacidad de trabajo como tablestacas en el sentido vertical y como losa en el sentido longitudinal. Dicha excavación no podrá iniciarse hasta que hayan transcurrido 14 días de colados los muros (concreto tipo III), ó 28 días (concreto tipo I), y hasta que se tengan colados los muros de ambos lados en una longitud no menor de 30.00M (en el caso de que el muro tablestaca sea el estructural del cajón).

III.3

LODO BENTONITICO.

Las paredes de la excavación que se realiza para - construir los muros de concreto reforzado, no son estables por sí solas, aún cuando se conserve el tirante de agua equivalente al del nivel freático ó mayor. Para evitar que estas paredes se derrumben se deben estabilizar con lodos tixotrópicos, el cual presenta cierta resistencia al corte en reposo.

Propiedades y características que debe cumplir el lodo estabilizador.

El lodo estabilizar deberá ser una suspensión estable, de bentonita sódica en agua. Se dice que es tixotrópico porque como se mencionó presenta cierta resistencia al corte - en reposo, que es cuando actúa como un gel, mientras que en movimiento cuando se agita o bombea es cuando actúa como un sol. El paso de sol a gel es reversible.

El lodo estabilizador deberá tener una densidad -- mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que se ejerza sobre las paredes sea mayor que la del agua. El lodo se deberá 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 excavación que ayude a detenerlas ó mantenerlas estables. El gradiente, además producirá infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes por lo que, deberá controlarse la proporción agua-coloides, con objeto de que dicha infiltración sea mínima. Al producirse la infiltración, se forma en la frontera lodo suelo, una película de pequeño espesor de moléculas de lodo, la cual constituye una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida en la terminología inglesa, como "cake". La tixotropía del lodo al pasar de sol 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, ésta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo, para estabilizar las paredes de los tableros excavados (ver fig. III.3.1).

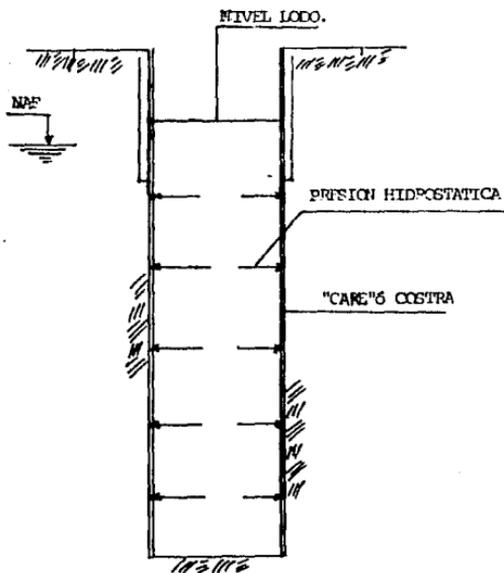


FIG. (III.3.1) PRESION HIDROSTATICA.

La densidad del lodo oscila entre 1.03 y 1.06 gr/cm³ por esta razón es mayor el empuje hidrostático que se ejerce en las paredes de la zanja con respecto a la que ejerce el agua.

Los requisitos necesarios para que el lodo estabilizador cumpla en forma adecuada su función son:

- a) Que forme una película impermeable en la frontera con el suelo, para garantizar esto, el lodo deberá contar con una cantidad importante de bentonita sódica. La no formación de ésta película impermeable trae como consecuencia que el lodo penetre por los poros del suelo y no se logre la estabilización deseada.

Una proporción inicial agua-bentonita que se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo varía entre 12:1 y 15:1 en peso, sin embargo la dosificación definitiva, será aquella que proporcione un lodo cuyas propiedades estén comprendidas en los límites indicados en la tabla No. 1.

- b) Que la suspensión de bentonita sódica en el agua sea estable, es decir, no deberá existir sedimentación ó floculación de las partículas de bentonita. El lodo deberá ser capaz de aceptar que se añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como en caso de la barita, material que permite lograr un lodo de mayor densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones ó sobrecargas que imponen a las paredes de excavación esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su peso propio.

Será necesario también controlar el límite de fluencia del lodo (punto de cambio de la ley de variación del esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación), ya que el radio de penetración del lodo en los poros del suelo, así como el tamaño de las partículas sólidas no coloidales (limo y arena), que puede mantener en suspensión están en función del límite de fluencia

Límites y propiedades del lodo estabilizado.

1.- Viscosidad plástica.	entre 5 y 15 centipoises
2.- Límite de fluencia.	entre 10 y 15 Lb/100 ft ²
3.- Viscosidad Marsh.	entre 35 y 55 seg.
4.- Contenido de arena.	máximo 3.5%
5.- Volúmen de agua filtrada.	máximo 2.5 cm ³
6.- Densidad.	entre 1.03 y 1.07 gr/cm ³ .
7.- Espesor de costra (cake).	entre 1.00 y 2.00 mm.
8.- Potencial hidrógeno (PH).	entre 7 y 10.

T A B L A No. 1.

C A P I T U L O I V

EXCAVACION DEL NUCLEO A CIELO ABIERTO.

IV. I.

POZOS DE BOMBEO (ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO).

El tipo de suelo que se encuentra en este tramo es tá constituido por limos y arcillas, estos suelos presentan problemas de inestabilidad cuando en ellos se realizan excavaciones profundas (ver fig. IV. 1.1.).

En excavaciones de gran altura con talud perime --
tral, se producen deslizamientos que afectan generalmente al --
fondo de la excavación y por consecuencia al avance de la --
obra (ver fig. IV.1.2.) Debido a la baja permeabilidad hidraú --
lica de estos suelos, el caudal de agua que fluye hacia el in --
terior de la excavación es pequeño y se controla fácilmente, --
sin embargo, las fuerzas de filtración que se desarrollan a --
consecuencia de éste flujo, constituye el factor más importan --
te de inestabilidad.

Este fenómeno se presenta generalmente al efectuar
excavaciones en arenas saturadas en las cuales el control de --
dichas fuerzas de filtración mediante bombeo externo acarrea --
un notable incremento en la inestabilidad de los taludes, ade --
más de permitir realizar los trabajos de construcción subse --
cuentes, sin los problemas derivados de la presencia de agua --
en la excavación.

Además el control de las filtraciones mediante el bombeo previo al inicio de la excavación, no solamente permite abatir el nivel freático en la zona por atacar, eliminando al mismo tiempo las fuerzas por filtraciones en los taludes y fondo, sino que, además favorece el desarrollo de las fuerzas capilares en el agua que permanece adherida a las partículas de suelo que antes estaban cien por ciento saturadas; tales esfuerzos capilares se traducen en un incremento temporal de la resistencia al corte y por consiguiente, la estabilidad de la excavación se ve doblemente favorecida por el abatimiento del nivel freático.

Por lo antes descrito, se aplicaron dispositivos de bombeo para controlar las fuerzas de filtración e incrementar temporalmente la resistencia al corte de los limos y arcillas blandas saturadas en este tramo. Fig. Iv.1.3.

Pasos a seguir para la instalación del sistema de bombeo para abatir el Nivel Freático por gravedad mediante pozos con bomba eyectora en los tramos subterráneos de la línea 3 Sur, y concretamente en el subtramo cola zapata-viveros:

- a) Perforación.
- b) Colocación de ademe.
- c) Colocación de filtro.
- d) Colocación de bombas eyectoras.

Los lineamientos que se siguen para la construcción y funcionamiento de los pozos son los siguientes:

1.- Localización.

Los pozos de bombeo se localizan sobre el eje de trazo a una separación de 10.00 m. uno de otro.

2.- Profundidad.

Los pozos de bombeo se perforan 4.00 metros abajo de la profundidad máxima de excavación.

II. Tablestaca.

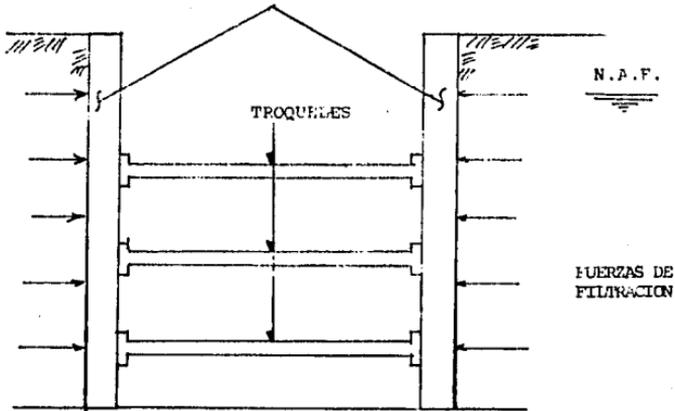


FIG. (IV.I.1) FALLA DE FONDO.

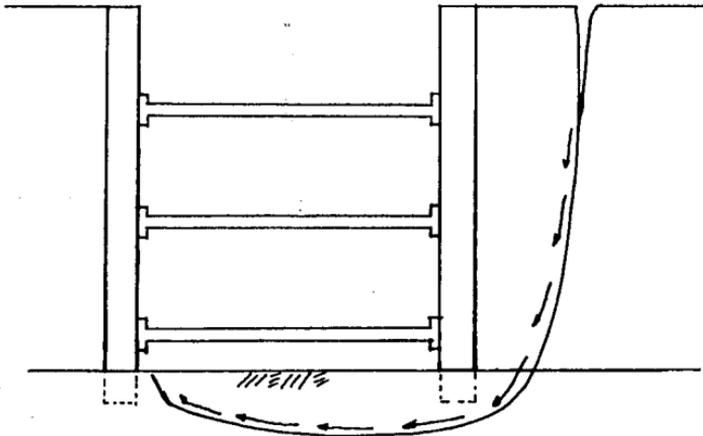


FIG. (IV.1.2) FALLA POR DESLIZAMIENTO.

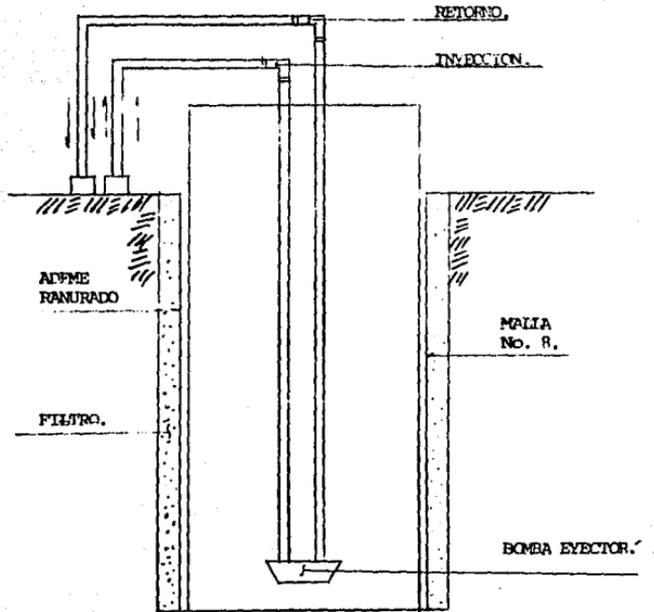


FIG. (IV.1.3) POZO DE BOMBEO.

3.- Perforación.

Para esto se utiliza una perforadora rotatoria, - con diámetro de 30 cm. equipada con broca tricónica o broca - de dientes, se emplea agua a presión para el lavado y limpieza de la perforación con cualquiera de éstas dos herramientas (en ningún caso se utilizará en la perforación herramienta -- que no utilice agua a presión en el lavado, así también por -- ningún motivo debe usarse lodo para hacer la perforación de - los pozos).

4.- Limpieza de las perforaciones.

Para poder instalar el equipo de bombeo dentro de las perforaciones, éstas deben estar limpias y libres de azolve.

Para la extracción de azolve grueso, se emplean - cucharas de percusión, una vez hecho ésto, se lava la perforación con agua a presión, considerándose limpia ésta, cuando -- el agua retorne libre de partículas. Por ningún motivo se ins -- talará el ademe y el filtro en las perforaciones que no cum -- plan este requisito.

5.- Ademe de los pozos.

Para evitar que las paredes se cierren y antes de proceder al ademado, es necesario llenar el pozo de agua hasta rebozar. Los ademes de los pozos de bombeo lo constituyen -- tubos de fierro de 4 ó 6 pulgadas de diámetro, de acuerdo a -- lo que indiquen las especificaciones.

6.- Ranurado de los ademes.

Con objeto de que el agua por bombear penetre libremente al pozo, se ranuran éstos en una longitud de 30 cm. -- por 3 mm. de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor de 3% ni mayor de 5% del área pe -- rimetral del tubo. En este tramo se instalaron tubos ya ranu -- rados de fábrica.

7.- Malla alrededor del ademe.

Para evitar que el filtro pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del No. 8 en su alrededor cuidando de que ésta quede bien sujeta con objeto de que en las maniobras de instalación no se desprenda y cubra perfectamente las ranuras.

8.- Filtro.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se coloca un filtro de arena y grava limpios con una granulometría comprendida entre 1.00 cm. para el máximo y 0.25 cm. para el mínimo, el material empleando deberá contener partículas de todos los tamaños intermedios, y deberá lavarse y cribarse previamente a su colocación para eliminar todos los materiales finos inferiores a 0.25 cm. que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento (fiv. IV.1.3).

9.- Desarrollo de flujo hidráulico.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y con ello hacer más eficaz el bombeo, después de colocar el ademe y el filtro, se agitará el interior del ademe con una cuchara de percusión, si esta operación no resulta suficiente para activar el flujo hidráulico, se arrojará hielo seco al fondo del pozo, esto con el fin de que el monóxido de carbono liberado destape los espacios entre partículas que hayan sido bloqueados.

10.- Bombas.

Se emplean bombas de pozo profundo tipo eyector de 1" x 1" x 1/4" para ademes de 4", y de 1 1/4" x 1.1/2" para ademe de 6" de diámetro.

11.- Profundidad de instalación de las bombas:

Varía para cada uno de los pozos instalados en el tramo. Es un dato que se encuentra en las especificaciones -- del tramo correspondiente.

12.- Presión de operación de las bombas:

Las bombas se operan a una presión de 5kg/cm². -- salvo que en casos particulares se indique otra presión.

13.- Control.

Para el control del abatimiento del Nivel Freático, se registran en cada turno, la presión de operación de -- las bombas, el gasto de extracción y el Nivel dinámico de cada pozo, con éstos datos se elaboran gráficas de tiempo contra presión de operación, tiempo contra gasto extraído y tiempo contra nivel dinámico. Así mismo, en caso de que se instalen piezómetros para registrar el abatimiento del nivel freático, se tomará una lectura diaria, y con los datos obtenidos se elaborarán gráficas de tiempo contra nivel piezométrico.

14.- Tiempo de bombeo.

El bombeo se iniciará 10 días antes de empezar la excavación y se suspenderá en cada pozo después de que se haya colado la losa de fondo correspondiente (a no ser que se -- indique otro criterio, para cada caso particular de cada pozo)

15.- Longitud de bombeo.

Salvo en los casos donde se indique otro criterio, la longitud de bombeo será de 30.00 m. medido a partir del -- frente donde se esté construyendo la losa de fondo.



IV. 2.

EXCAVACION Y APUNTALAMIENTO.

En este subtramo se efectuó la excavación a cielo abierto entre una estructura de contención integrada por muros de concreto colados en sitio (los cuales se mencionaron en el cap. III).

La excavación se efectúa de la manera siguiente:

- 1.- El avance máximo de la excavación será de 10-m. a lo largo del eje del metro para construir tramos de losa de fondo de 5.00 m. de longitud.
- 2.- La excavación, colocación de puntales y colado de la estructura del cajón del metro se hará en etapas de la siguiente manera:

En adelante se considerará como nivel 0.00 la parte más alta del lecho superior de la losa de techo (nivel de extradós).

1ª ETAPA.-

Se excavará desde el nivel del terreno hasta la elevación + 2.70 m., procediendo de inmediato a colocar el primer nivel de troqueles en elevación +3.00 m. como se muestra en la fig (IV.2.1), serán colocadas en pares, separados entre sí 1.00 m de distancia, medidos centro a centro de tal forma que quede simétricamente colocados con respecto a la junta constructiva de los muros, este mismo nivel se llevará también en las zonas de nichos

2ª ETAPA.-

Se excavará hasta la elevación + 0.00 m. y se colocará el 2ª nivel de troqueles en la elevación + 0.30, igual al primer nivel de puntales, este segundo nivel se colocará también por pares.

3ª ETAPA.-

Excavar hasta el nivel -2.80 m. y colocar el tercer nivel de troqueles en el nivel -2.50 m.

4ª ETAPA.-

Excavar hasta el nivel -5.60 m, colocar el cuarto nivel de troqueles en el nivel -5.30 m., y retirar el tercer nivel de troqueles.

5ª ETAPA.-

Se alcanzará la profundidad de proyecto, colando inmediatamente una plantilla de 10 cm. espesor de concreto $f'c=100$ kg/cm², aplicando un aditivo acelerante del fraguado. Donde existan Galería de ventilación dicha plantilla será de 30 cm. con $f'c=100$ kg/cm², dos horas después de colada la plantilla se procederá al armado y colado de la losa de fondo. Es condición necesaria el que la losa de fondo quede colada en las 24 horas a partir de que se alcance la máxima profundidad de la excavación, por lo tanto se preveerá si se atraviesa un fin de semana ó día festivo, el que quede colada la losa de piso, o en su defecto suspender la excavación - 3.00 m. antes de llegar al nivel de la plantilla.

6ª ETAPA.-

Se procede al armado y colado de los muros de acompañamiento y 24 hr. después retirar el 2º nivel de troqueles.

7ª ETAPA.-

Se procederá a la colocación de las losetas precoladas, armado y colado de la losa superior, el colado se hace 24 horas después de retirado el 2º nivel de troqueles.

8ª ETAPA.-

Transcurridas 24 horas de colocada la losa de piso, se podrá retirar el nivel inferior de troqueles.

9ª ETAPA.-

El primer nivel de troqueles se podrá retirar 24 -- hrs. después de colocada la losa de techo o losa -- superior.

10ª ETAPA.-

Para colocar el material de relleno será necesario que transcurra el tiempo adecuado para que la losa superior alcance su máxima resistencia, en este caso es suficiente que transcurran 14 días por lo que se utiliza cemento tipo III, es importante en esta etapa el control y reporte del laboratorio de materiales. El relleno se colocará según lo indicado en las especificaciones.

N O T A : Durante toda la construcción de este tramo deberá - respetarse el talud de corte mostrado en la fig. donde se observa que después de colado un tramo de losa debe existir un talud 1:1 (horizontal-vertical) hasta el nivel del terreno natural. Los Taludes de la excavación son diseñados de acuerdo con las características de los suelos en cada tramo y el fondo es estabilizado (si se trata de suelos finos arcillosos ó limosos) abatiendo el nivel freático previamente a la excavación mediante el bombeo, con objeto de reducir la magnitud de las expansiones de dicho fondo, y por consiguiente mantener el factor de seguridad contra deslizamientos de los taludes.

Notas importantes sobre especificaciones de construcción del núcleo.

- 1.- Ninguna excavación deberá proseguir si ésta ha alcanzado la profundidad donde deberán colocarse los troqueles (antes de proseguir dicha excavación deberá apuntalarse ésta).

- 2.- Todos y cada uno de los troqueles deberán colocarse con una precarga de 30 tons. como mínimo, debiéndose llevar un riguroso control en la aplicación de la misma.
- 3.- Ninguna excavación de núcleo quedará abierta por más de 24 hrs. sin antes haber colado la losa de fondo correspondiente.
- 4.- Dos horas después de haber colado la plantilla, se armará y colará la losa de fondo.
- 5.- La altura de los brocales en todo el subtramo deberá ser la necesaria para que exista un traslape de 50 cm. con el muro tablestaca.
- 6.- Previa a la iniciación de la excavación será necesario efectuar una excavación de 2.00 m. de profundidad medido desde el nivel del terreno natural, manteniendo ésta en una longitud máxima de 30.00 m adelante del frente de ataque (ver fig. IV.2.2).

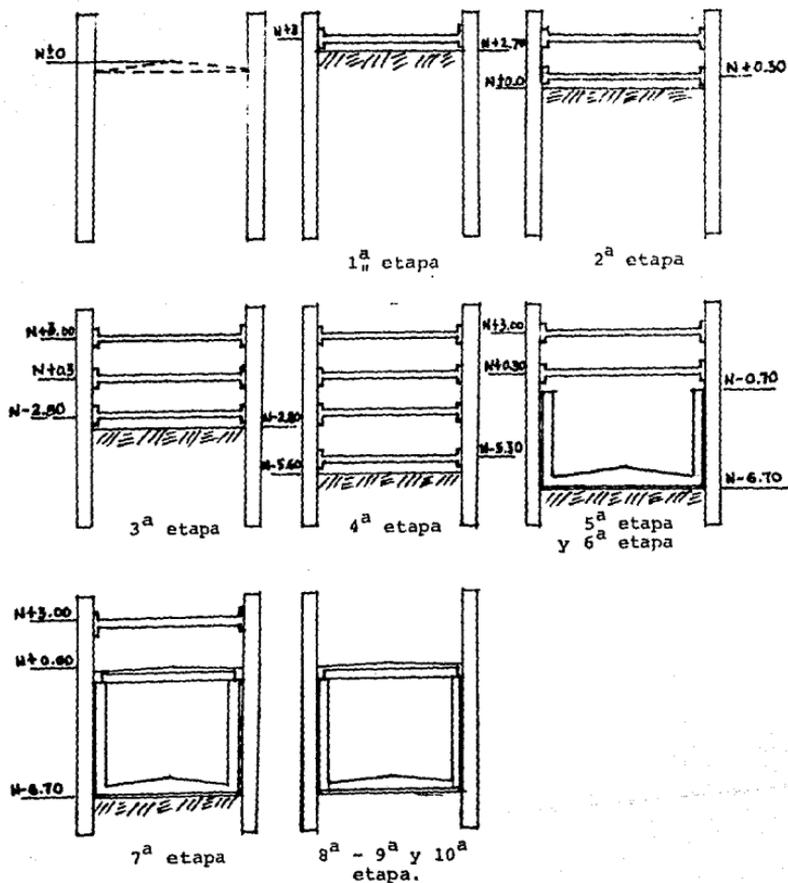


FIG. IV.2.1. PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION PARA ALOJAR EL CAJON DEL METRO

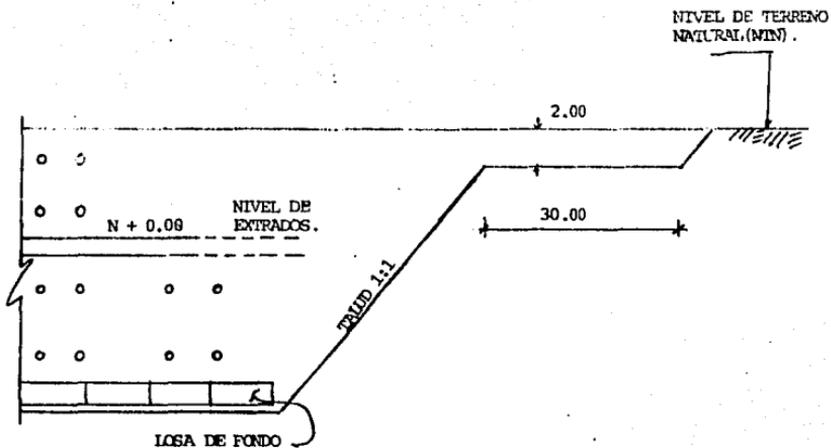
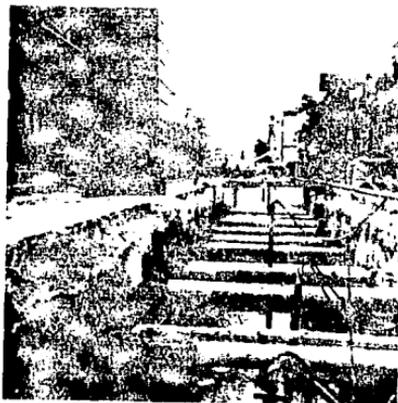


FIG. (IV. 2.2) CORTE LONGITUDINAL DEL CAJON DEL METRO.



ROADWAY CONSTRUCTION

C A P Í T U L O V .

CONSTRUCCION DE LOSA INFERIOR.

V.1.

TIPOS DE LOSA INFERIOR.

Según las necesidades propias de cada tramo, se tienen varios tipos de losa inferior en el metropolitano de la C.D. de México, entre los cuales se encuentran:

- a) Losa inferior en cajón normal.
- b) Losa inferior con cárcamo de bombeo.
- c) Losa inferior con fosa de revisión.
- d) Losa inferior con caja de balasto

A).- LOSA INFERIOR EN CAJON NORMAL.

Este tipo de losa es el más común en el tramo "cola zapata-viveros", prácticamente se han construido en todos los tramos con solución cajón subterráneo; este tipo de losa cuenta con una plantilla de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm² (en algunos casos se especifica plantilla de grava) el espesor de éste generalmente es de 10 cm. y de 30 cm. en zonas de rejillas exclusivamente.

La losa inferior ó losa de fondo es de concreto armado, cuyo espesor, varía de 75 cm. a 100 cm. en la parte más peraltada, en sus extremos el espesor fluctúa entre 60 y 85 cm. siendo su ancho total entre 8.00 m. y 8.60 m. según se indique en los planos correspondientes a cada tramo de losa (fig. V.1.1)

El sistema de drenaje lo constituyen dos tubos de P.V.C. de 20 cm. de diámetro, mismos que van embebidos en los extremos de la losa inferior y unidas a coladeras que se encuentran a cada 10.00 m. y registros separados entre sí 30.00m., este sistema corre a lo largo del cajón y drena directamente a los cárcamos de bombeo con que cuenta el tramo (fig. V.1.2).

B).- LOSA INFERIOR CON CARCAMO DE BOMBEO.

Se encuentra por lo general de 3.00 a 3.5 m. del nivel de la sub-rasante, siendo sus dimensiones 5.10 x 4.10m., encontrándose a un lado del túnel, el cárcamo funciona para almacenamiento del agua escurrida a través del cajón y aguas negras, para instalar la bomba se le acondiciona una losa que es continuación de la losa inferior del cajón y tiene un espesor de 15 cm., mientras que la plantilla es de 50 cm. y la losa inferior de 60 cm. (fig. V.1.3).

C).- LOSA INFERIOR EN FOSA DE REVISION.

Su sección está diseñada fundamentalmente para la reparación, revisión, lubricación y limpieza del equipo rodante del tren, su forma obedece a que en él estarán contenidos los tubos, ductos e instalaciones para la función arriba indicada. (fig. V.1.4).

B).- LOSA INFERIOR CON CAJA DE BALASTO:

Su función principal es de limpieza, siendo la dimensión de la fosa de 3.80 m. x 0.5 m (fig. V.I.5).

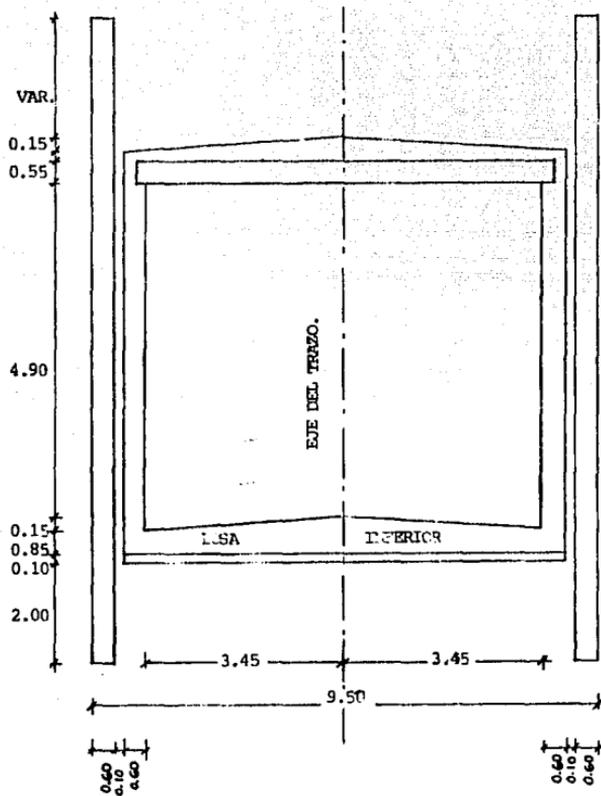


FIG. V.I.I. LOSA INFERIOR EN CAJON NORMAL.

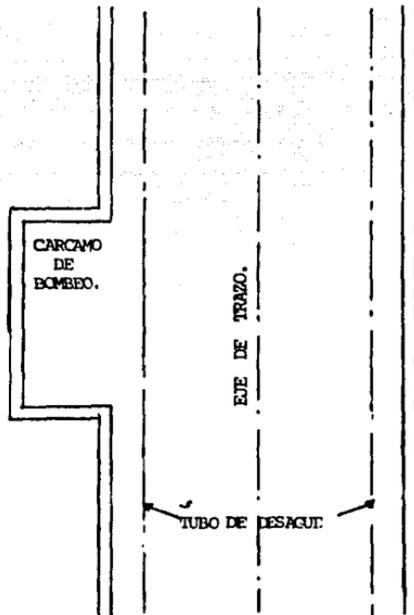
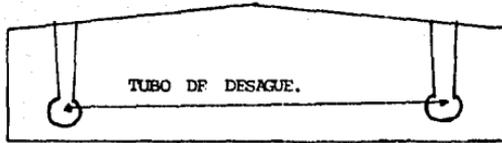


FIG. (V.1.2) DRENAJE INTERIOR DEL CAJON.

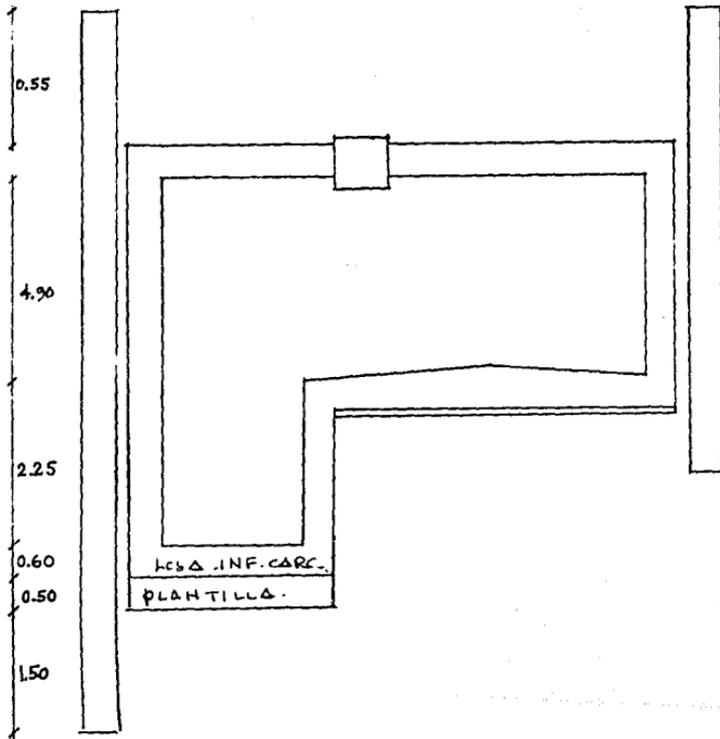


FIG. (V.1.3) LOSA INFERIOR EN CARCAMO DE BOMBEO.

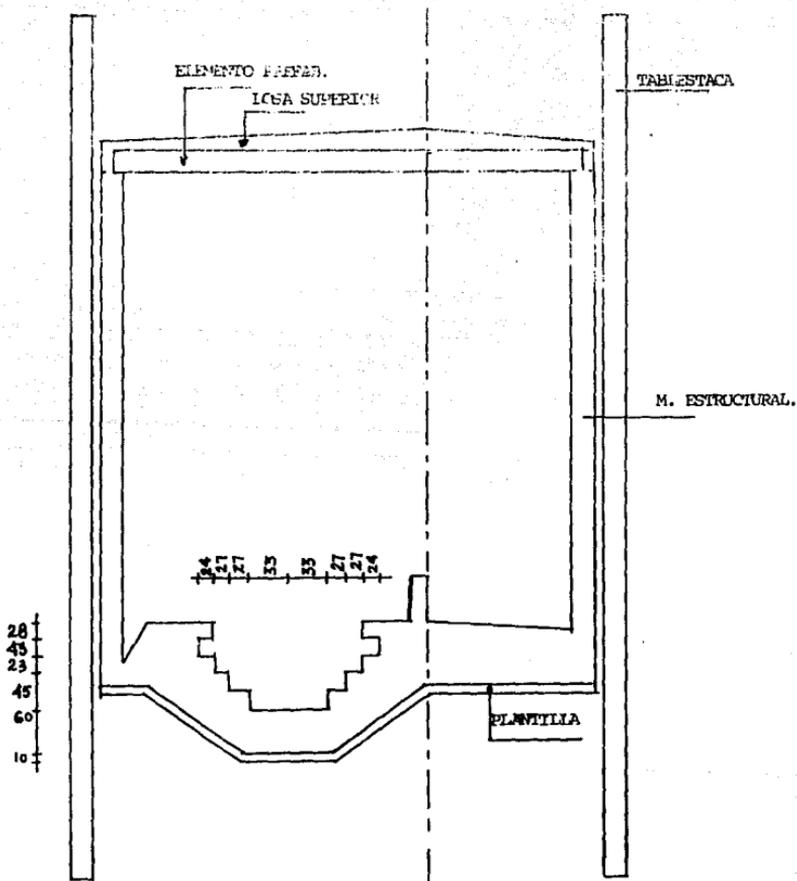


FIG. V.I.4 LOSA INFERIOR FOSA REVISION.

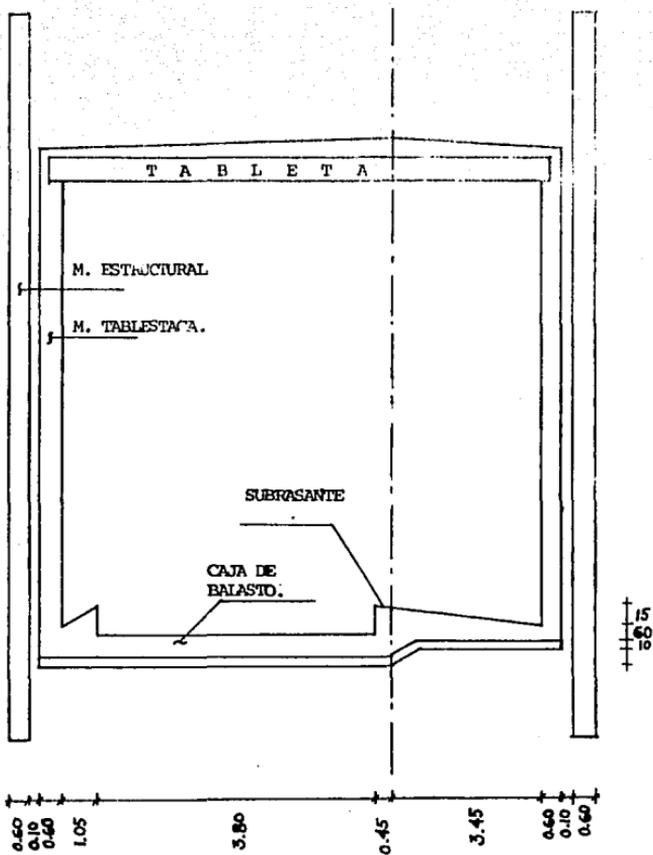


FIG. V.1.5. LOSA INFERIOR CON CAJA DE BALASTO..

V.2.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

El procedimiento constructivo de la losa inferior se puede decir que es el más fácil de todos los elementos que conforman el cajón, pero tiene la desventaja de que debe de realizarse inmediatamente después de terminada la excavación, ya que si esto no se realiza con rapidéz, existe el riesgo de que ocurra una falla de fondo ó hundimiento del terreno, que además de ser peligroso, acarrearía retrasos en tiempo y costo en la ejecución de la obra.

El aspecto de la falla de fondo por flujo plástico se controla mediante la prolongación de la pata o extremo inferior del ademe por debajo del nivel de la excavación, "esto genera por sí solo un cierto nivel de troquelamiento a la altura del fondo, haciendo trabajar el terreno por empuje pasivo"

En la (fig. V.2.1) se representa el empuje sobre un ademe en un suelo constituido por varios estratos con características diferentes.

Mediante redistribuciones convenientes se diseña el troquelamiento que tomará el empuje en el interior de la excavación (fig. V.2.2).

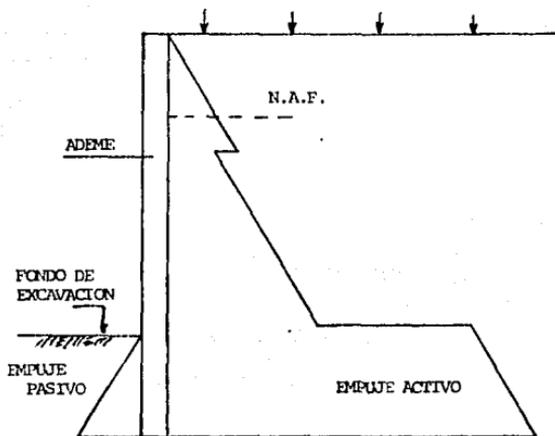
Toda vez que se finaliza la excavación, se inicia el procedimiento constructivo de la losa inferior dejando una superficie limpia y nivelada, donde se colocan reventones para determinar la altura de la plantilla, en seguida se vacía el concreto esparciéndolo de tal manera que no se produzcan abultamientos ni ondulaciones, el acabado de la plantilla debe ser a cuchara y debe estar perfectamente nivelada de acuerdo al proyecto.

Después de colada la plantilla y haber alcanzado su fraguado inicial, se procede al armado de la losa inferior dejando la preparación del acero vertical para los muros estructurales, ya que estos están integrados o nacen en el le-

cho superior del armado de la losa, así mismo se coloca una -- banda de P.V.C. de 22 cm. de ancho precisamente en el lecho superior de la losa y a la mitad de lo que será el ancho del muro estructural, la mitad de ésta banda ahogada en la losa inferior y la otra mitad al colar el muro de acompañamiento ó estructural.

Es necesario checar que el armado esté correctamente colocado y nivelado, una vez hecho ésto entrarán los carpinteros para colocar y alinear la cimbra para tapones que delimitará el tramo a colar, así como la colocación del tubo dren y banda de P.V.C. para el drenaje y corte de colado respectivamente (fig.V.2.3).

Terminado lo anterior, se habilita el equipo de colado (trompas, canalones, etc), al empezar el colado el concreto se esparce con pala y se vibra con objeto de lograr un colado homogéneo, se dá el terminado a la losa con ayuda de reventones y con una regla de madera, dando el último acabado con - cuchara de albañil.



EMPUJES .

FIG. V. 2. 1.

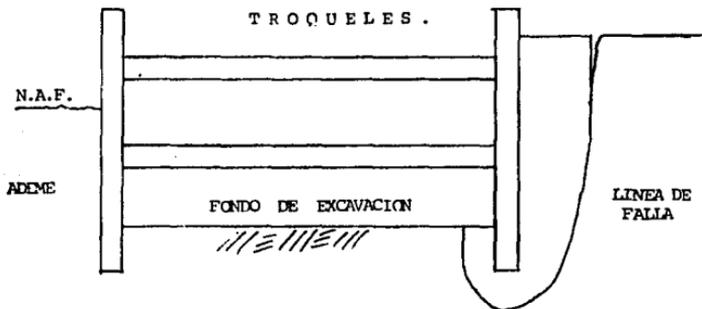
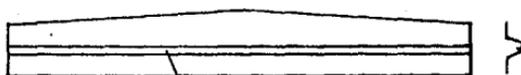
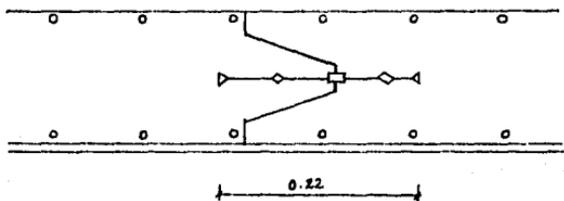


FIG. (V.2.2) TROQUELAMIENTO.



BANDA P. V. C.

FIG. V.2.3.
CORTES DE COLADO O SECCIONES
DE COLADO.

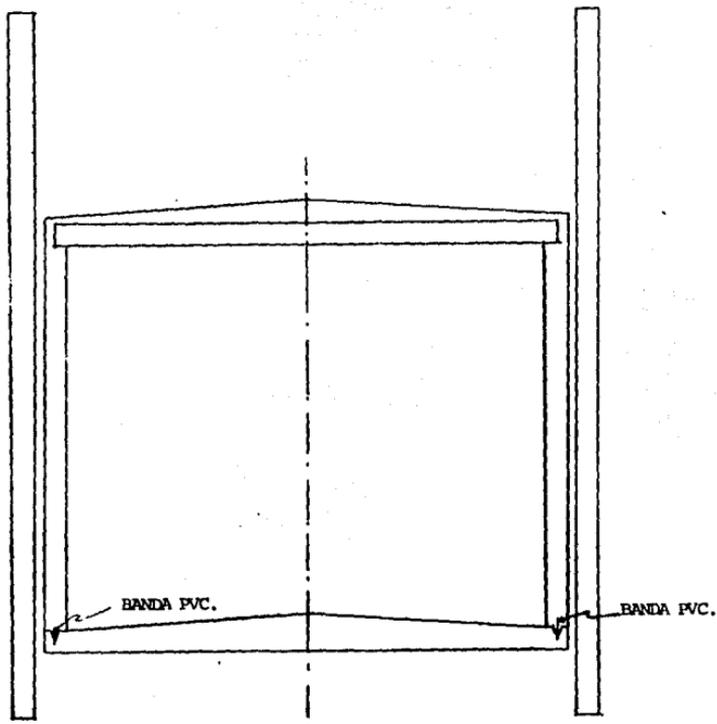


FIG. V.2.4.
JUNTAS DE COLADO.

C A P Í T U L O V I

CONSTRUCCION MURO DE ACOMPAÑAMIENTO.

La solución para construir el muro de acompañamiento ó muro estructural se aplica en casos en que la profundidad de desplante del metro sea tan grande que requiera mayor peso en la estructura para contar así con una cimentación de tipo compensada. La razón principal es que al aumentar la profundidad de perfil, aumenta el volumen de excavación del núcleo, por lo que es necesario compensar peso a dicho volumen agragando este muro de acompañamiento.

VI. 1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Como se comenta en capítulos anteriores, los troqueles se irán retirando conforme lo requiera el avance de la obra.

Para proceder a la construcción del muro estructural se retirará el troquel inferior 24 horas después de haber colado la losa de fondo ó losa inferior (en esta dejarán varillas de preparación para poder armar lo que irá a ser el muro estructural).

Realizado lo anterior se procede a armar el muro estructural en tramos no mayores de 6.00 m, y se arman los dos tableros de frente para aprovechar el uso de una cimbra la cual debe de ser deslizante. Las dimensiones de esta cimbra es de 5.00m. de ancho, una altura de 4.90 m. construida a base de hojas de triplay de 1 1/2" de espesor (ver fig. VI.1.1.). Estas hojas están empotradas sobre perfiles tubulares de acero, formando una armadura suficientemente rígida para que el tablero no tenga movimiento al momento del colado.

El espesor del muro estructural es de 0.60 m. con una holgura entre este y el tablestaca de 0.10 m. En la frontera de la cimbra se colocan tapones de madera perfectamente troquelados plomeados y nivelados.

Después de esto se procede a colocar las trompas y canalones para vaciar lentamente el concreto, evitando que la cimbra se bote.

Al terminar el colado se dará un terminado pulido a la parte superior del muro cuidando que esté bien nivelado -- con respecto al muro de enfrente ya que en esta parte se recibirán las tabletas precoladas.

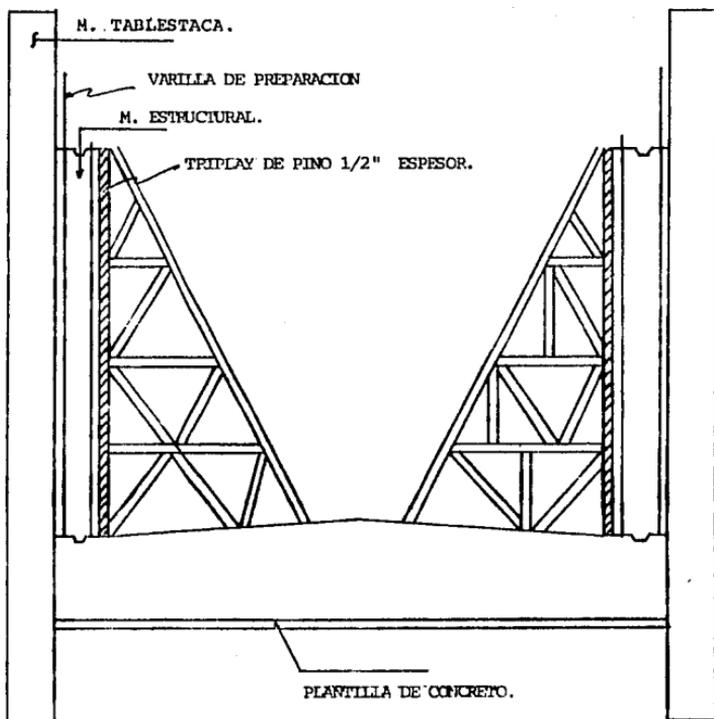
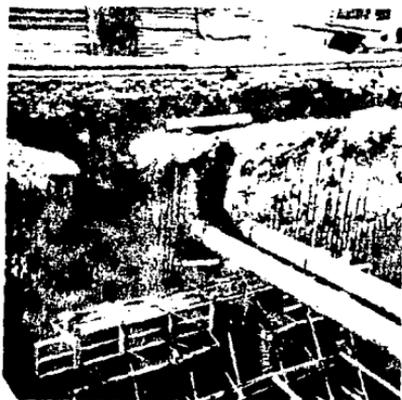


FIG. VI.1.1. Cimbra para colar muro ESTRUCTURAL.



C A P I T U L O VII.

CONSTRUCCION DE LOSA SUPERIOR CON ELEMENTOS PREFABRICADOS.

En este tramo se emplearán tabletas precoladas y concreto armado debido a que si se hubiera colado la losa superior toda de concreto armado, se encarece considerablemente el costo de la obra debido a que se emplearía gran cantidad de cimbra. También causarfa un aumento en el tiempo de ejecución de la obra y posiblemente mayor riesgo de accidentes. En cambio con el procedimiento escogido trae consigo las siguientes ventajas: Ahorro Económico, Avance considerable de la obra y limpieza y seguridad a la obra.

VII.1.

TIPOS DE LOSA SUPERIOR.

Se conocen tres tipos de losa superior mismos -- que se diferencian por su forma y utilización éstos son:

- 1.- Losa superior en cajón normal.(Fig. VII.1.1).
- 2.- Losa superior en cajón con alcancía.(Fig. VII.1.2)
- 3.- Losa superior en cajón con rejilla de ventilación. (Fig. VII.1.3).

A continuación se describe la primera de éstas:

- 1.- La losa superior en cajón normal es la más -- comúnmente empleada en la construcción del -- metropolitano (sistema cajón), se caracteriza por el uso de tabletas precoladas y concreto armado para cerrar el cajón del metro. Esto quiere decir que después de haber colado los elementos prefabricados (tabletas)-

se habilita un emparrillado encima de éstos y así se cuela una losa de concreto armado, proporcionando así continuidad y mayor resistencia a la losa (ver figura VII.1.1).

VII.2.

ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Se optó por empleo de elementos prefabricados de concreto armado debido a la necesidad de construir con rapidez y a un bajo costo un gran volumen de obra (ahorrando la cimbra tiempo y menor riesgo de accidentes).

El elemento prefabricado (llamado en obra tableta precolada) que más se empleó en el tramo es el que aparece en la fig. VII.2.1 la cual tiene de 7.30 a 7.80 m. de longitud.

El concreto empleado es $f'c=250$ kg/cm². acero de refuerzo con $f_y=4000$ kg/cm². en varillas del No. 2.5 ó mayores y $f_y=2,300$ kg/cm². en varillas de #2

VII.3.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Se procede a construir la losa superior cuando -- los muros estructurales han alcanzado la resistencia de proyecto.

Por principio de cuentas antes de colocar las tabletas prefabricadas se limpia perfectamente la parte de muro donde descansará la loseta, se le coloca una lechada de cemento agua 1:3 en la misma zona y la unión entre tableta y tableta (operación conocida con el nombre de calafateo).

Las varillas que quedaron salientes en los muros estructurales se doblan para que sirvan de anclaje con las varillas del armado de la losa (ver fig. VII.3.1.) mismas que sirven para dar continuidad y rigidez.

Enseguida se procede a limpiar bien la zona donde se va a colar (comunmente esto se realiza con soplete), se colocan taponés en la zona de corte de colado, se instalan los canalones y se procede a colar.

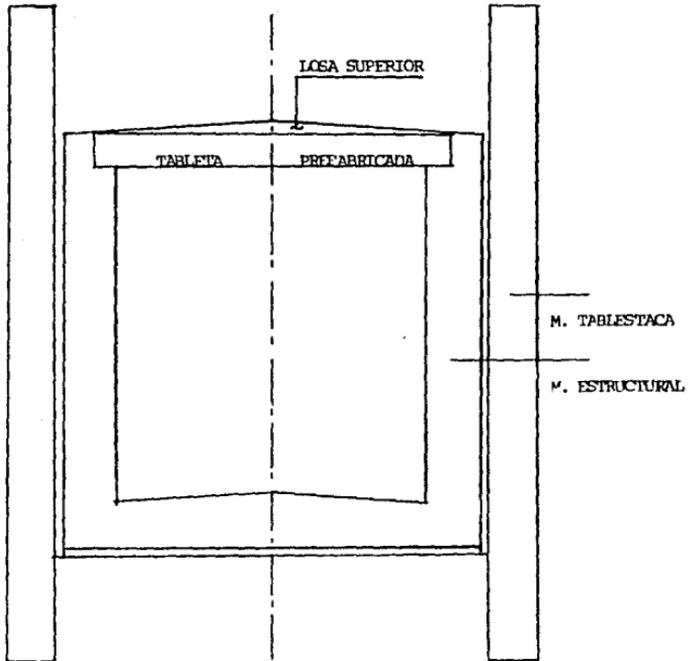


FIG. (VII.1.1) LOZA SUPERIOR EN CAJÓN NORMAL.

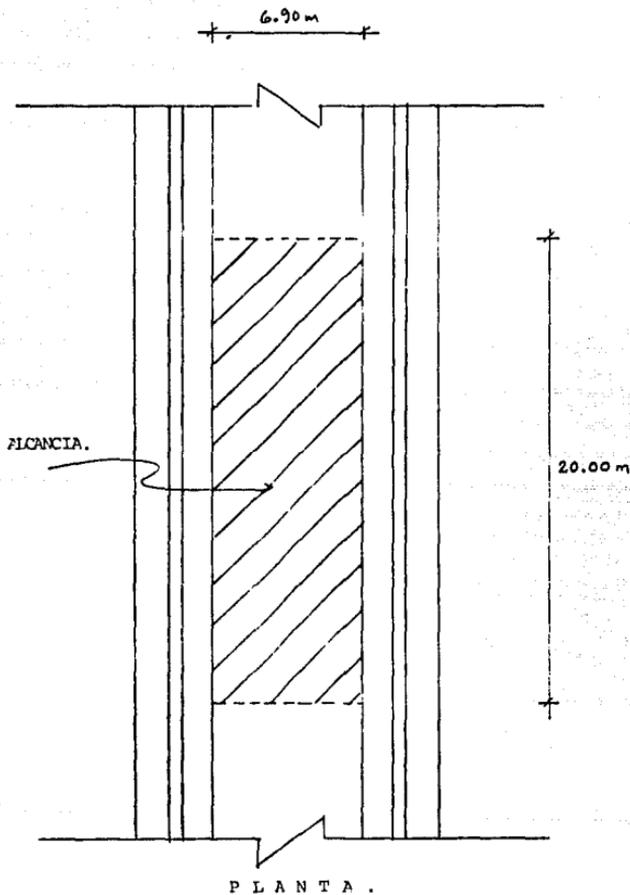


FIG. (VII.1.2) ZONA DE ALCANCIA.

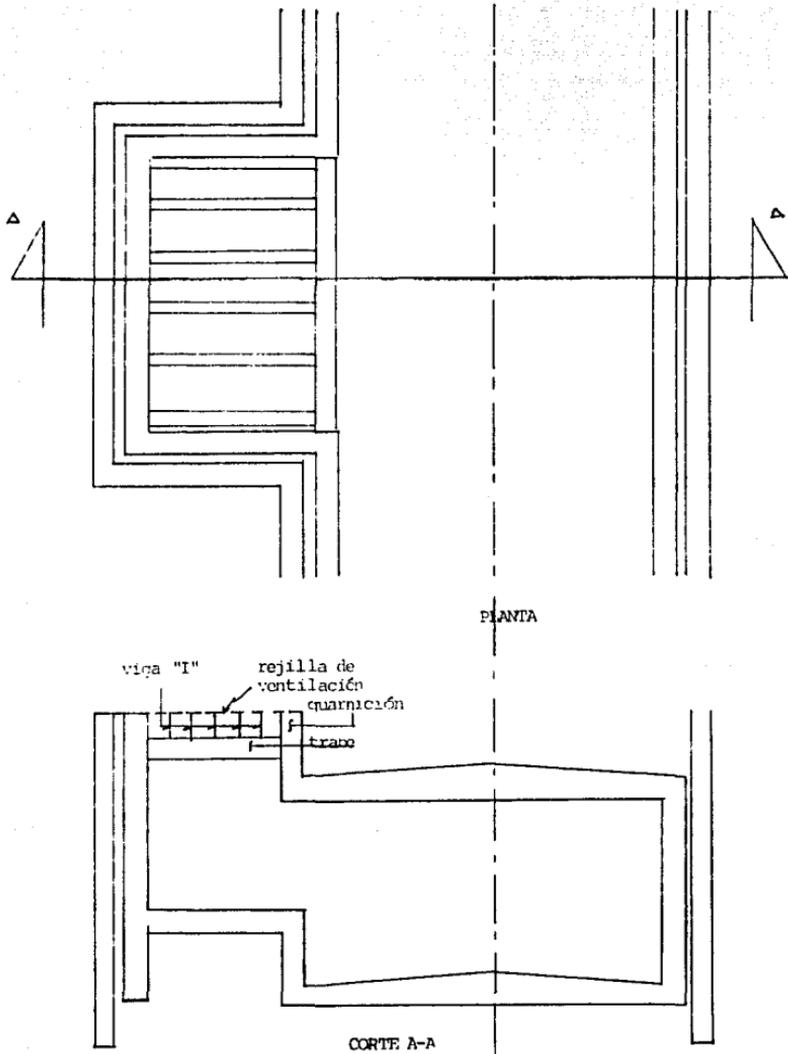


FIG. (VII.1.3) LOSA SUPERIOR CON REJILLA DE VENTILACION.

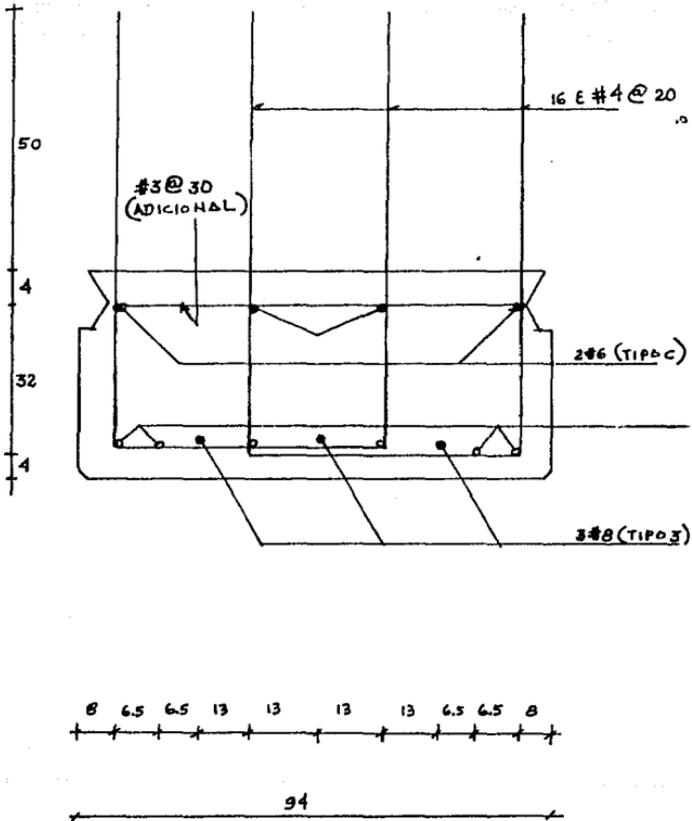


FIG. VII.2.1 ELEMENTO PREFABRICADO O TABLETA PRECOLADA.

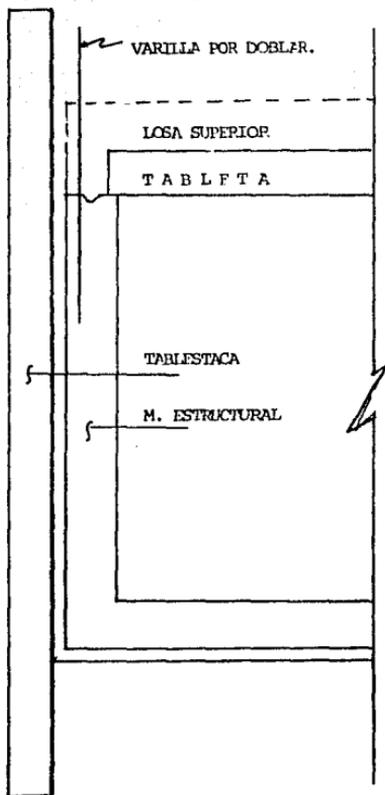
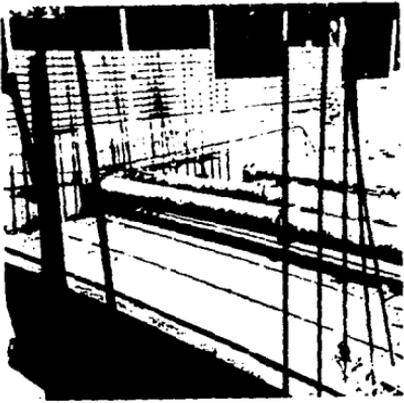


FIG. (VII.3.1) LOSA SUPERIOR (DETALLES).



C A P I T U L O VIII.

COLOCACION DE MATERIALES DE RELLENO.

VIII.1.

MATERIALES PARA RELLENO.

El relleno sobre el cajón subterráneo del sistema de transporte colectivo "metro", deberá efectuarse después de que el concreto empleado en la losa de techo, haya alcanzado su resistencia de proyecto a los 14 ó 28 días, dependiendo del tipo de cemento.

A continuación se describen las especificaciones para la colocación de los rellenos:

I. CALIDAD DEL MATERIAL.

Los materiales que se emplean para formar los rellenos sobre las trabes precoladas del cajón subterráneo del metro, deberán ser aprobadas por la dirección de la obra y se podrán emplear de las siguientes clases respectivamente.

a) Cuando en las especificaciones de los procedimientos constructivos se indique un relleno -- con peso volumétrico menor de 1.6 ton/m³, el material a emplearse deberá ser "tepetate" de la siguiente calidad.

1. Material predominante areno-limoso.
2. No deberá contener troncos, ramas, raíces, etc

y en general estará libre de toda materia orgánica en partes ó cantidades visibles; no contendrá cascajo, fragmentos de materiales extraños ni piedras mayores de 7 cm. de tamaño medio.

3. La contracción lineal máxima admisible será de 3% y un límite líquido máximo del material equivalente a 50%.
 4. El valor relativo de soporte deberá ser como mínimo de 10.00%
 5. El porcentaje de partículas que pasen la malla No. 200, no deberá ser mayor del 50%.
- b).- Cuando en las especificaciones de los procedimientos constructivos se indique un peso volumétrico mayor de 1.6 ton/m³, el material a emplearse podrá ser grava cementada con tepetate y deberá cumplir con los requisitos de calidad que a continuación se enuncian.
1. El tepetate que se emplee para cementar la grava deberá cumplir los requisitos descritos en el inciso A, de éste capítulo.
 2. La grava deberá tener un peso específico (para muestra seca) mayor ó igual a 2.3, permitiendo, una absorción máxima de 6.0% además deberá ser menor de 7.6 cm (3")
 3. La dosificación grava cementada deberá ser tal, que garantice el peso volumétrico "IN-SITU" requerido en cada tramo, según lo indicado en las especificaciones de procedimiento constructivo.

VIII.2.

EQUIPO DE ACOMODO Y COMPACTACION.

El equipo que se utilice para la formación y compactación de las capas del relleno sobre las trabes precoladas del cajón subterráneo deberá cumplir con los siguientes requisitos.

- A) Se podrá emplear cualquier equipo manual para la compactación, pero deberá lograrse el peso volumétrico "IN-SITU" especificado.
- B) El equipo autopropulsado que se emplee para el acomodo y compactación del material podrá ser de rueda neumática ó metálica ó a base de orugas, pero en ningún caso deberá arrojar sobre la losa de techo, una presión mayor de 3.00 ton/m², tomando en consideración el peso del equipo y el peso del material de la primera capa, cuyo espesor compacto no deberá ser menor de 30 cm.
- C) Se deberá contar con el equipo suficiente para compactar las zonas (por ejemplo en las orillas) donde no pueda pasar el equipo voluminoso empleado para la compactación general.
- D) Se podrá utilizar equipo vibratorio autopropulsado después de haber construido la segunda capa de relleno y el peso de éste no deberá ser mayor de 2.0 ton.

VIII.3

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

- A) Tendido del material.
- El tendido de material se realizará con el equipo necesario.

para garantizar una buena incorporación al material férreo, del agua requerida para alcanzar la humedad óptima correspondiente al material empleado. El peso del equipo no será mayor al especificado en el capítulo VIII.2.

B) Compactación del material.

1.- Primera capa.-

La capa que se forme directamente sobre las trabes que techarán el cajón subterráneo, tendrán un espesor compacto no menor de 30 cm. La compactación de la primera capa deberá alcanzar un 90% de su peso volumétrico seco máximo de la norma AASHTO estándar, T99-74 correspondiente al material empleado y además el peso volumétrico húmedo, compactado al 90% deberá cumplir con lo indicado en cada tramo en las especificaciones de procedimientos constructivos.

2.- Después de la primera capa.-

Los rellenos deberán hacerse por capas con espesor compacto, no mayor de 30 cm, en cada capa deberá alcanzarse por lo menos el 90% del peso volumétrico seco máximo de la norma AASHTO estándar T99-74 del material y un peso volumétrico "IN-SITU" indicado en los planos y procedimiento constructivos, correspondientes para cada tramo. Fig. VIII.3.1

3.- Última capa.-

La compactación de la última capa, que hará las veces de sub-rasante, deberá efectuarse al 95% del peso volumétrico seco máximo de la norma AASHTO estándar T99-74 del material.

4.-

Se admitirá una variación del peso volumétrico "IN-SITU" con respecto al peso volumétrico indicado en las especificaciones de procedimientos constructivos de hasta $\pm 5\%$

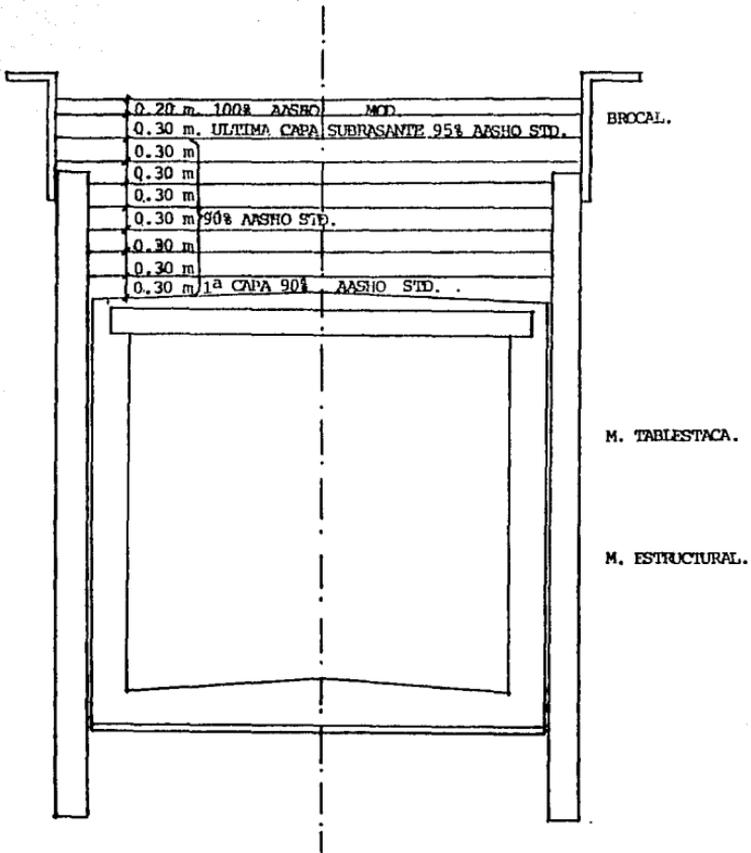


FIG. VIII.3.1 RELLENO EN CAPAS.

CONTROL DE CALIDAD.

VIII.4.

A).- CALIDAD DE LOS MATERIALES.

Se deberá llevar un control de calidad de los materiales a utilizar en los rellenos, mismos que deberán satisfacer los requisitos especificados en el capítulo No. I, lo cual será verificado periódicamente por la supervisión y paralelo será necesario que la contratista encargada de los trabajos de relleno, informe oportunamente por escrito, al personal del laboratorio autorizado por la dirección de la obra, de su intención de ejecutar los rellenos, además la contratista deberá proporcionar las facilidades necesarias para obtener muestras representativas del material de relleno antes de su empleo

La frecuencia con que se realizan estos muestreos dependen del cambio de homogeneidad que se observe en el material del frente de explotación en el banco.

B).- CALIDAD DEL TRAMO CONSTRUIDO.

Se requerirá un mínimo de tres determinaciones -- del grado de compactación y del espesor de la capa compactada, por cada 150 M2. 6 fracción de cada capa tendida y compactada.

C A P I T U L O = I X

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

Los ingenieros están concientes de alto costo y lo problemático que implica el llevar a cabo obras que mejoren la transportación masiva.

Cabe destacar que en buena medida las obras viales y los programas de transporte tuvieron que satisfacer la demanda no solo de la Cd. de México sino también la de los habitantes del Edo. de México, debido a la dependencia de estos con -- respecto al equipamiento y los servicios ofrecidos por el Distrito Federal.

La oferta y la calidad del servicio están por abajo de las necesidades y los deseos de las personas especialmente en lo que se refiere a la cantidad y a la presentación de -- los vehículos, a la velocidad y al comportamiento de los choferes.

Se manifiesta la falta de unidades, la irregularidad y los intervalos de paso de éstas y la reducida velocidad -- que alcanzan los autobuses y trolebuses comparativamente con -- los vehículos particulares en el D.F.

Las mejoras que se incorporan a los sistemas de comunicación y transporte facilita la actividad diaria de los habitantes y amplían las oportunidades de acceso al trabajo, a la educación y a los servicios en general. Entre ellas está principalmente el ahorro en tiempo que puede obtenerse en un adecuado sistema de transporte.

Un eficiente servicio de transporte, contribuye directamente al aumento de la productividad y el bienestar de la comunidad.

Son bien conocidos los efectos producidos por la excesiva concentración de actividades productivas, administrativas, comerciales y de servicio en la zona metropolitana de la Cd. de México, así como su incremento demográfico, por ello es indispensable aplicar medidas de desconcentración para la zona metropolitana de la Cd. de México. El éxito de estas medidas de desconcentración redundan desde luego en un menor crecimiento de la población, en menores exigencias de carácter urgente, tanto de vialidad como transporte; con lo que las acciones y los recursos se canalizarían en mayor proporción a mejorar los niveles de servicio más que ampliar la cobertura de los sistemas.

Finalmente el desarrollo socioeconómico de la población está estrechamente vinculado a las características del crecimiento urbano y al sistema global de los transportes, tan es así que en cualquier acción en uno de ellos repercute necesariamente en los demás.

Esta nos lleva a considerarlos no únicamente como satisfactores de una demanda de movilización, sino como instrumento de reordenamiento ya que contribuyen a la estructura fundamental del desarrollo urbano.

Tal razonamiento contribuye a que los programas de transportación se dirijan en la Cd. de México a estructurar el conjunto de centros urbanos propuestos en el plan director de desarrollo urbano del Distrito Federal, mediante la adecuada comunicación vial y de los sistemas de transporte.

Los beneficios que se logren se harán manifiestos-conforme avancen los programas, incluyendo la creación de empleos durante el proceso de construcción y en la operación misma - de los servicios. Con ellos será factible contribuir en el desarrollo armónico de la Ciudad que por su magnitud es de las mayores del mundo.

Por otro lado en relación al aspecto constructivo es importante conocer el tipo de terreno (estratigrafía) donde se va a desplantar el cajón del metro ya que el terreno puede - tener variaciones de un estrato a otro. Es decir se puede tener un suelo poco compresible en un estrato y en el siguiente estrato otro sumamente compresible; lo cual ocasionaría pérdidas humanas, económicas y atraso en el avance de la obra.

Se podría pensar en la posibilidad de diseñar muros tablestaca (muros milán) prefabricados, así como se diseñar--rón las traveses prefabricadas para construcción de losa superior esto tal vez reduce el costo y a la vez ahorraría tiempo.

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

1.- CURSO DE CIMENTACIONES.

Ing. Ernesto Martínez P.
Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.
Sociedad Mexicana de mecánica de suelos, A.C.
México, D.F., Agosto 1981.

2.- REVISTA OBRAS.

Noviembre 1979.

3.- REVISTA INGENIERIA.

No. 1 1982.

4 INVESTIGACIONES SOBRE EL METROPOLITANO DE LA CD. MEXICO.

Revista U.N.A.M.

5.- COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION.

Suárez Salazar, Editorial Limusa.
México, D.F., 1983.

6.- BOLETINES TECNICOS.

I S T M E .