

227  
2010



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

Línea "A" Pantitlan-La Paz

T E S I S  
Que para obtener el Título de:  
INGENIERO CIVIL  
P r e s e n t a n  
J. Fausto Chombó Ronquillo  
Edwin Martínez Soto



Director Tesis: Miguel Morayta Martínez

México, D. F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-109/92

Señores

**FAUSTO CHOMBO RONQUILLO**

**EDWIN MARTINEZ SOTO**

Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ** que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**" LINEA A PANTITLAN-LA PAZ"**

**PROLOGO**

**INTRODUCCION**

- I. RESEÑA DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MEXICO**
  - II. PROYECTO TREN LIGERO LINEA "A" PANTITLAN-LA PAZ**
  - III. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS SECCIONES TIPO**
  - IV. ESTACION TIPO**
  - V. NAVE DE DEPOSITO**
- CONCLUSIONES**

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

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

Atentamente

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cd. Universitaria, a 8 de diciembre de 1993.

**EL DIRECTOR.**



**ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS**

16.  
JMCS/RCR\*nil

**A MIS PADRES:**

**JUAN CHOMBO GARCIA Y  
MARIA DEL P. RONQUILLO MONDRAGON.**

Gracias por la comprensión y paciencia que me brindaron, dándome la oportunidad de poder culminar un sueño que es tan suyo como mío. ya que cuando estaba vacilante ustedes me dieron la fuerza para seguir adelante.

**A MIS HERMANOS:**

**DAVID, FELIPE AURORA, ISAIAS, MARGARITA, JUAN Y  
BLANCA.**

Por el apoyo incondicional que me brindaron durante mis años de estudiante.

**A MI ESPOSA:**

**CAROLINA MARTINEZ DE LA ROSA.**

Por su amor, cariño y tenacidad, que puso para que yo pudiera terminar mi tesis y así poder titularme, cumpliendo de esta manera una de tantas metas que nos hemos propuesto.

**A MI PEQUEÑO HIJITO :**

**URIEL.**

Gracias a ti Uriel, ya que eres la personita por la cual lucho en la vida y todos mis logros siempre estarán dedicados a ti.

**A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:**

Por su apoyo incondicional, por su amistad y compañerismo como estudiantes, por la competitividad que alienta para seguir adelante, ahora en la vida profesional.

**J. Fausto Chombó Ronquillo.**

**A DIOS.**

*Por permitirme llegar a culminar, uno de mis más grandes anhelos, dándome la paciencia, la cordura y la capacidad para poder terminar mi licenciatura en forma satisfactoria.*

*Existen tantas cosas que agradecerle, como conservarles la salud a mis padres y hermanos, dándome la gracia de conformar mi propia familia, dándome la bendición de un hijo.*

**J. Fausto Chombó Ronquillo.**

**A MIS PADRES:**

**RAFAEL MARTINEZ GABRIEL Y  
DELIA SOTO HERNANDEZ.**

*Como un testimonio de agradecimiento por el apoyo moral y por haberme brindado la oportunidad de realizar mi carrera profesional que es para mí la mejor de las herencias.*

**A MIS HERMANOS:**

**OSCAR, MIRNA, IRMA Y HUMBERTO**

*Como muestra de respeto y por crear en mí el deseo de seguir adelante.*

**A MI ESPOSA:**

**AMALIA SANTIAGO SANTIAGO.**

*Por su amor, cariño y comprensión, sentimientos fundamentales en el ser humano para seguir adelante y no mirar atrás, porque supo tener paciencia al estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi carrera.*

**A MI PEQUEÑA HIJITA :**

**MARIELA ITZEL.**

*Porque eres el pilar de todos mis logros y gracias a ti podré seguir adelante.*

**A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:**

*Por su apoyo incondicional y por su valiosa compañía en los momentos difíciles.*

**Edwin Martínez Soto.**

**A LA UNAM. Facultad de Ingeniería:**

*Gracias por recibirnos con los brazos abiertos, dándonos con ello la oportunidad de convertirnos en profesionistas, para poder servir a nuestro pueblo y a nuestra gente.*

*Gracias a todos nuestros profesores por transmitirnos sus conocimientos, pidiendo a cambio solamente que los asimilemos y apliquemos con honestidad.*

**A NUESTRO DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ.**

*Gracia por transmitirnos su sabiduría y tolerancia ya que sin esta no podríamos haber llegado a este final.*

**J. Fausto Chombó Ronquillo.  
Edwin Martínez Soto.**

# **LINEA "A" PANTITLAN-LA PAZ**

## **CAPITULO 1**

### **RESEÑA DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MEXICO.**

- 1.1.- Antecedentes.....
- 1.2.- Primera etapa del Metro.....
- 1.3.- Plan maestro del Sistema de transporte  
Colectivo de transporte Metro.....
- 1.4.- Actualización del plan Maestro.....
- 1.5.- Proyecto Metro año 2010.....
- 1.6.- Prpyecto tren Ligero.....

## **CAPITULO 2**

### **PROYECTO TREN LIGERO LINEA "A" PANTITLAN-LA PAZ.**

- 2.1.- Información general sobre la línea.....
- 2.2.- Características especiales de la línea.....
- 2.3.- Terminales Pantitlan y la Paz.....
- 2.4.- Estaciones de paso.....
- 2.5.- Talleres.....
- 2.6.- Características de los trenes.....
- 2.7.- Colonias beneficiadas.....

## **CAPITULO 3**

### **PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS SECCIONES TIPO.**

- 3.1.- Tramo superficial.....
- 3.2.- Tramo subterráneo.....

## **CAPITULO 4**

### **ESTACION TIPO.**

- 4.1.- Cimentación.....
- 4.2.- Subestructura de vía.....
- 4.3.- Fijación de vía.....
- 4.4.- Andenes.....
- 4.5.- Zona de servicios.....
- 4.6.- Fabricación y montaje de estructura metálica.....



## CAPITULO 5

### NAVE DE DEPOSITO.

- 5.1.- Localización.....
- 5.2.- Obras inducidas.....
- 5.3.- Cimentación.....
- 5.4.- Estructuración de muros.....
- 5.5.- Subestructura de vía.....
- 5.6.- Fosa de revisión y carcamo de bombeo.....
- 5.7.- Andadores.....
- 5.8.- Cimentación para fosa de transición en accesos
- 5.9.- Drenaje pluvial.....
- 5.10.-Zona de servicios.....
- 5.11.-Subestación.....
- 5.12.-PCI.....
- 5.13.-Fabricación y montaje de estructura metálica..
- 5.14.-Fijación de vía.....
- 5.15.-Instalaciones.....

.-CONCLUSIONES.

## **P R O L O G O**

La Ciudad de México desde tiempos memorables, ha tenido problemas de transporte, por lo que se han planteado varias alternativas en las ultimas décadas, y de estas ultimas surge, El Plan Maestro Del Metro. Dentro del cual se contempla la necesidad de comunicar, a las zonas conurbadas con el Distrito Federal, todo esto debido al alto índice de población que entra de estas zonas a sus áreas de trabajo dentro del Distrito Federal. Así es como surge línea "A".

La necesidad de crear nuevos medios de transporte para solucionar el tránsito en la Ciudad de México, trae consigo la innovación, de cada vez nuevas y más modernas soluciones viables.

En las ultimas décadas el Metro se ha convertido en la columna vertebral del Sistema de Transporte en la Ciudad de México y es por esto que la creación de nuevas líneas se hace indispensable.

El Plan de Desarrollo, considerando las alternativas más viables del Plan Rector del Sistema Colectivo Metro, lo cual da la pauta para la construcción de nuevas líneas, de esta manera aparece la línea Pantitlan-La Paz "A", la cual abre sus puertas a la modernización creando una nueva modalidad en su género

*(Metro Ligero), por su alimentación eléctrica a base de pantógrafos y catenarias y su tránsito por ruedas metálicas.*

*El Metro Ligero Pantitlan-la Paz (Línea "A"), liga fronteras en dos Entidades Federativas: el Distrito Federal y el Estado de México, creando un lazo de comunicación entre sus habitantes, lo que hace llamativo el proyecto, tanto por la manera en que se dan, fenomenos tan importantes, en la construcción de un proyecto como este, por su forma de financiamiento, negociaciones politicas y los fenomenos sociales que se dan, ya que esta línea fundamentalmente beneficia a las clases populares de las zonas conurbadas al Distrito Federal.*

*La finalidad de desarrollar este trabajo es la de dar a conocer las características generales de construcción de la Línea "A" Pantitlan-la Paz. Los problemas que implican la creación de nuevas líneas, así como la infinidad de múltiples beneficios que trae consigo.*

*Después de leer este trabajo, se podran dar cuenta que la construcción de cada linea del Metro, implica un esfuerzo muy grande por parte de todos, ya que en la planeción de cada línea se ven afectadas muchas personas, por el trazo, se afectan casas , se bloquean avenidas, ductos de agua potable, alcantarillado, luz eléctrica etc. Pero el mayor esfuerzo es el de la ciudadanía*

*completa, porque gracias al pago de sus impuestos se pueden llevar acabo este tipo de obras. Vale la pena hacer un reconocimiento a la gente que labora las 24 horas del día en la construcción de las obras Metro, con la finalidad de llevar el beneficio de un transporte rápido y eficiente a sus habitantes.*

## *I N T R O D U C C I O N*

*El futuro de la Ciudad de México, una de las más pobladas del mundo, requiere de decisiones socio-políticas que contemplen cabalmente el futuro del desarrollo urbano de la ciudad capital, primordialmente en relación al proceso de industrialización y desarrollo urbano del país.*

*La problemática en el sistema de transporte, que se a estado dando en las ultimas décadas, ha requerido que se esten realizando análisis bastantes profundos, los cuales han arrojado los siguientes datos:*

*De los años sesentas a la fecha, se ha incrementado en un 4000% el numero de automóviles, lo cual a causado que en la Ciudad Capital, se tengan grandes congestionamientos en las horas pico.*

*De la población que radicaba en la Ciudad de México, que en los años sesentas era aproximadamente de cinco millones de habitantes, considerando la gente que entraba a trabajar al D.F, por lo que a la fecha se a observado una considerable llegada de gente de diferentes puntos de la República Mexicana, por lo cual ahora la gente que entra diario al D.F, a realizar alguna actividad es de aproximadamente 14 millones.*

*Se plantearon soluciones, como la construcción de los ejes viales, la creación de un Plan Maestro del Sistema Colectivo Metro, el cual consiste en la construcción de 15 líneas antes del año 2010, pero estas líneas solo contemplan al D.F; Así que se tuvo que crear un plan de desarrollo urbano para tener una conexión con las áreas de la zona metropolitana y zonas conurbadas de la ciudad capital; se tenía que buscar un sistema de transporte económico y eficiente, llevando con esto a lo que ahora se conoce como tren ligero, siendo el primero, en el tramo Tasqueña-Xochimilco, retomando la estructura de este se llega a la creación de Línea "A", la cual retomando características del tren ligero, pero acompañando ha estas con los mayores avances tecnológicos con los que cuenta la Ingeniería en México, se llega a la creación de lo que se denomina Metro Ligero, que por sus características lo hacen un sistema de transporte rápido, económico y eficiente.*

*Algunas de las características especiales de Línea "A" , es su alimentación por medio de pantografos, su dinámico proceso constructivo, su rapidez, ya que alcanza velocidades superiores a las del Metro del D.F por sus sistema de rodamiento a base de ruedas de acero, ya que siendo este por medio de neumáticos no puede alcanzar velocidades muy altas porque estos sufren calentamientos considerables debido a la fricción con los rieles.*

## C A P I T U L O 1

### **Reseña del Problema de Transporte en la Ciudad de México.**

#### **1.1.- Antecedentes.**

Históricamente, los sistemas de transporte han representado un importante papel en la magnitud y características en que se va dando el crecimiento en la Ciudad de México.

En el año de 1521, los españoles quedaron impresionados con el medio de transporte que utilizaban los indígenas, el cual era a base de barcas y canoas; de esta manera se resolvía el problema de movilidad en la Ciudad de Tenochtitlán y los poblados aledaños conformados por chinampas, debido a que la comunicación entre el núcleo central integrado por la gran Tenochtitlán y Tlaltelolco con las poblaciones cercanas, se efectuaba forzosamente por agua.

Más tarde, con la conquista de la ciudad y la ganancia de tierra a las aguas, trajo como consecuencia un cambio en los medios de transportación, creándose nuevas vías de comunicación terrestres para el uso de carrozas y carretas.

En el siglo XVIII se construyeron las primeras calles empedradas; posteriormente, en el siglo XIX, surgió un nuevo medio de transporte:

El ferrocarril, el cual puso en servicio su primer tramo, entre la Villa y el Centro de la Ciudad.

En los albores del presente siglo, una nueva imagen del sistema de transporte se da con la construcción de los tranvías, movidos por energía eléctrica, los cuales pasaban a ser en esa época la columna vertebral del sistema de transporte de sus habitantes.

Para 1918, ya con algunos problemas en los medios de transporte, aparecieron los autobuses, los cuales generalmente seguían los mismos recorridos que los tranvías. Esta situación se prolongó y fue hasta 1922 que se agrupó el sistema de autobuses con 29 líneas, existiendo en el año de 1945, 1957 unidades y para el año de 1985, se contaba con 6543 unidades distribuidas en 200 rutas.



Surge posteriormente, el taxi en 1950, el cual tenía recorridos variables, como consecuencia se forma un nuevo medio de transporte llamado "pesero" (de ruta fija) en 1958. El crecimiento de este medio de transporte fue explosivo, al grado de que en 1925 ya circulaban 18,000 unidades; en 1945, 45,000 unidades y en 1985, el número era inaudito: 2,000,000 de automóviles aproximadamente.

En base a esto, la ampliación de la red vial obedeció al gran crecimiento de vehículos automotores, esto trajo como consecuencia la ampliación sistemática de la red vial, fundamentalmente en las siguientes vías de comunicación:

- . Anillo Periférico
- . Circuito Interior
- . Viaducto Miguel Alemán
- . Calzada de Tlalpan
- . Aquiles Serdán
- . San Joaquín.

Entre otras arterias importantes de la ciudad. Cabe considerar que en 1978 se asignó una nueva función de dicha red con la construcción de los ejes viales, donde disponían carriles preferenciales e incluso en contrasentido para el uso de transportes colectivos como lo fueron los autobuses y los trolebuses.

Ahora bien, el Metro hace su aparición como respuesta a la situación crítica del transporte en la década de los 60's; todo esto a los frecuentes congestionamientos que se presentaban en la Ciudad de México, lo cual forzó la implantación de un transporte masivo capaz de absorber los fuertes volúmenes de viajes en algunos corredores, fue así como en 1967 se inició la construcción de las primeras 3 líneas con 41.5 kms. del Sistema de Transporte Colectivo Metro, el cual se convirtió en la columna vertebral del transporte en la Ciudad de México; contando en la actualidad con 141.5 kms. en 9 líneas; de este modo el Metro pasa a ser la solución práctica y rápida de la transportación de pasajeros en nuestros días.

## **1.2.- Primera Etapa del Metro.**

La primera etapa de construcción del Metro, fue realizada entre 1967-1970, con una red de 41.5 kms. de longitud distribuidos a lo largo de las líneas 1,2 y un tramo de la línea 3. En 1978 se inició la segunda etapa, con la ampliación de la línea 3 en su parte norte, de la estación Tlaltelolco a Indios Verdes y de Hospital General a la estación Zapata, en el sur; así como la construcción de las líneas 4,5 y 6, con lo cual se llegó a tener una longitud de 88.4 kms.

Tanto la magnitud y las características del problema del transporte, como la urgente necesidad de hacerles frente, motivaron la creación de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), en Septiembre de 1977, dicho organismo que elaboró el plan rector de vialidad y transporte, el cual consideró la problemática que existía en ese momento y tomó las acciones necesarias para minimizarla. Los avances consistieron en la implantación de los planes como:

- Metro.
- Vialidad.
- Transporte colectivo de superficie.
- Estacionamientos y acciones complementarias.

En 1978, las metas del plan maestro consistían en la construcción de 378 kms. y 807 trenes para cubrir 24 millones de pasajeros/día. En 1980, una nueva revisión modificó los alcances del plan a 444 kms. de la red y 882 trenes para una capacidad de 26.3 millones de pasajeros/día.

Así, la cobertura de la red se amplió de la siguiente manera:

- .- Al suroeste hasta Ciudad Universitaria, con la extensión de la línea 3.
- .- La línea 2 se prolongo hacia el nor-poniente hasta Cuatro Caminos.
- .- La línea 1, hacia el nor-oriente, hasta la estación Pantitlán.

La línea 7, se prolongo hacia el sur, hasta Barranca del Muerto y al norte, hasta el Rosario.

Asimismo, se construyeron las siguientes líneas:

- . La línea 6 a Martín Carrera - Santa Anita.
- . La línea 9, de Pantitlán - Tacubaya.

### 1.3.- Plan Maestro del Sistema Colectivo de Transporte Metro.

El incremento demográfico y urbano del Distrito Federal, en los últimos años, provocó grandes cambios en su fisonomía, ya que en un lapso de 25 años evoluciono de un asentamiento humano de 5 millones de habitantes en una área de 316 kms<sup>2</sup>., a 10 millones, distribuidos en un espacio urbano de 600 kms<sup>2</sup>., por lo cual aumentó la demanda de servicios, siendo insuficiente la infraestructura existente.

Es por ello que el gobierno de la Ciudad de México, ha venido implementando programas que prevean la demanda de servicios, y dentro de ellos se encuentra, el Programa

Maestro Del Metro, el cual está encaminado a resolver problemas actuales de transporte y prever los que pudieran presentarse en el futuro.

El Plan Maestro del Metro, como parte del plan rector de vialidad y transporte, elaborado por el Departamento del Distrito Federal, viene a constituir lo que se ha llamado la columna vertebral del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México.

El Sistema de Transporte Metro, con sus grandes ventajas por si solo no resuelve el problema del transporte urbano, forma parte de un todo constituido por el transporte de superficie:

- Autobuses.
- Trolebuses.
- Taxis.
- Peseras.
- Tren ligero.

Fue en 1965, cuando el presidente Gustavo Díaz Ordaz, tomó la decisión de construir el Metro de la Ciudad de México, partiendo de estudios iniciados en 1958; Analizándose los problemas técnicos económicos y financieros, apoyados en una investigación colectiva de otras ciudades para conocer sus orígenes y experiencias acumuladas, se realizó todo esto con el objeto de definir que era lo más conveniente para el Distrito Federal, adaptándolas a sus características propias.

Después de analizar 30 propuestas de trazo, se seleccionó aquella que cubriera las necesidades más urgentes de transporte colectivo, que solucionara al mismo tiempo los problemas de congestión del primer cuadro y zona central de la ciudad.

En 1978, se actualizó el Plan Maestro del Metro, considerando el incremento de la población en la Ciudad de México hasta el año 2010, proyectando para la demanda a futuro una red de 378 kms. de longitud en la que operarían, 807 trenes en 21 líneas y con intervalos máximos de 100 seg's en las horas de máxima demanda, teniendo una capacidad de transportación de 24 millones de pasajeros al día.

Sin embargo se ha visto la conveniencia de aumentar los alcances del Plan Maestro del Metro a construir sistemáticamente 15 km/año para conformar una red de 444 kms. que estaría acorde con las expectativas de desarrollo de la Ciudad Capital, especialmente en la zona poniente; desarrollándose este de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de México.

**a.- Objetivos del Plan Maestro del Metro.**

- .- Definir una política de ampliación de las líneas que induzca a la utilización del transporte masivo.
  
- .- Definir las reservas territoriales asignadas a las edificaciones necesarias para una adecuada operación del sistema y preservar los derechos de vía.
  
- .- Proporcionar la reestructuración urbana y el ordenamiento del uso del suelo.
  
- .- Disminuir la contaminación ambiental.
  
- .- Crear más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio.



- .- Impulsar el desarrollo de la tecnología y de la industria nacional, relacionados con la operación del sistema a fin de sustituir importaciones y generar empleos.
  
- .- Elaborar una planeación económica y financiera que equilibre la operación y administración del sistema.

El propósito del Plan Maestro del Metro es tener una base de ordenación de área urbana que sea el punto de partida del desarrollo ininterrumpido, que resuelva por una parte, la deficiente transportación y que por otra, plantee acciones a mediano y largo plazo, adaptándolas a la dinámica de una urbe que se perfila como la más grande del mundo, en razón de su crecimiento demográfico, económico y social.

**b.- Estado de la Red, Programa Actual.**

A efecto de continuar la ampliación de la red de Sistema Colectivo Metro de la Ciudad de México, en 1977 se procedió al análisis y actualización de los problemas de vialidad y transporte, tomando en cuenta el crecimiento demográfico territorial y el número de vehículos acaecidos

de 1965 a 1977, así como también las obras viales realizadas durante ese período. Se estableció así un diagnóstico de la problemática urbana que se puede resumir de la siguiente forma:

- .- Crecimiento incontrolado de la mancha urbana.
  
- .- Desplazamiento de la población a lugares cada vez más alejados entre sí, debido a la segregación de la vivienda, los lugares de trabajo y los de servicio.
  
- .- Escasez de áreas verdes.
  
- .- Inmigrantes que se acumulan en la periferia de la ciudad.
  
- .- Densidades de población inadecuada que provocan sobre o subutilización de la infraestructura urbana.

Con base en estos puntos y contando con la experiencia obtenida en la construcción y en los años de operación de las líneas iniciales del Metro y a la vista del Plan

Maestro, se da la selección de las líneas de la segunda y tercera etapas, la cual se definió en base a los siguientes principios:

- .- Cubrir las zonas con mayor densidad demográfica y de escasos recursos económicos.
  
- .- Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de nuevas rutas e interconexiones.
  
- .- Intercomunicar los principales centros de actividad.
  
- .- Permitir la reestructuración progresiva de los transportes de superficie en coordinación con el Metro.
  
- .- El trazo de las líneas no debe perjudicar o anular la vialidad existente.

.- En donde el ancho de la avenida permita la integración de la solución vial con el Metro, que se debe estudiar la factibilidad de que se pueda construir .

.- El trazo de las líneas debe dar servicios en los lugares donde la demanda sea mayor de 10 mil pasajeros por hora.

.- Evitar la entrada de autobuses foráneos y suburbanos al centro de la ciudad.

.- Posibilidades físicas para la construcción de las estructuras.

#### **1.4.- Actualización del Plan Maestro.**

A medida que pasan los años, la capital metropolitana ha tenido que enfrentar infinidad de problemas ocasionados por el crecimiento acelerado de su mancha urbana, problemas que han sido atacados sin que hasta la fecha haya sido posible una solución efectiva.

Ahora, si hablamos de satisfacer las grandes y variadas necesidades que demanda la población, el transporte es un servicio que destaca predominantemente.

Por esta razón, es elemento fundamental del servicio de transporte la construcción del "Metro" que desde su inicio, se planteo como la realización de una obra permanente. Por ello su planeación responde a las necesidades no sólo actuales sino futuras de los habitantes de la Ciudad de México.

Para lograr este objetivo, se ha elaborado la versión 1985 del "Programa Maestro del Metro" que representa la segunda revisión; el primer Plan Maestro Del Metro, se llevó a cabo en 1978 y en 1982 se realizó su primera revisión.

Este programa, para ser válido, debe contar con revisiones periódicas, que permitan mantenerlo actualizado, ya que, como herramientas de planeación, se debe proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones, en la ampliación del sistema y su articulación con otro sistema de transporte, tanto del Distrito Federal como de

los municipios conurbados del Estado de México, siendo además el punto de partida para cualquier línea del Metro.

De la información obtenida en el estudio origen-destino de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la información del Anuario de Transporte 1984, se procedió a revisar la vigencia del Plan Maestro del Metro, el cual contempla tres horizontes:

- A corto plazo 1988.
- A mediano plazo 1994.
- A largo plazo 2010.

Planea estrategias de ejecución por etapas, para el desarrollo armónico de las instalaciones urbanas de la Ciudad bajo los siguientes objetivos:

- .- Proporcionar un servicio de transporte colectivo eficiente y satisfactorio de acuerdo a la demanda, basándose en los lineamientos del plan y desarrollo urbano, transporte y vialidad, tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México.

.- Obtener el máximo beneficio social en la asignación de inversiones de acuerdo al entorno económico del país, realizándolas en la forma, lugar y momento más conveniente para atender las necesidades de la población.

.- Apoyar las acciones de reordenamiento de la estructura urbana definida en los programas correspondientes.

.- Ofrecer un servicio de transporte colectivo que reduzca el uso intensivo del automóvil particular, disminuya sensiblemente los índices de contaminación y reducir notablemente las horas/hombre, invertidas en transporte.

.- Coadyuvar a los programas de mejoramiento ecológico.

.- Incorporar la opinión de la población en el proceso de planeación del Metro y los sistemas de transporte de capacidad intermedia.

.- Conformar la red del Metro, como alimento estructurador del sistema de transporte metropolitano y su conexión con los sistemas interurbanos.

.- Lograr el equilibrio del sistema Metro, para evitar la congestión y subutilización de las líneas.

.- Incrementar las opciones de traslado hacia los centros de trabajo, servicios y recreaciones.

.- Facilitar la sustitución de medios de transporte en los corredores cuya demanda futura requerirá una línea de Metro.

.- Generar normas y especificaciones que propicien el desarrollo de la tecnología en la industria nacional, así como la sustitución de importaciones y la generación de empleos.

#### 1.5.- Proyecto Metro Año 2010.

Según la última versión del Plan Maestro Del Metro, realizada en 1985.



Para el horizonte de planeación en el año 2010, se tiene estimado que la Ciudad de México deberá contar con una red de Metro que le garantice atender la demanda pronosticada en ese plazo. Desde el punto de vista físico la red que se tendrá en el año 2010, tendría una extensión de 315.34 km; Con un total de 15 líneas, 274 estaciones y 838 trenes que atenderán la demanda pronosticada de 13.23 millones de viajes/día, siendo la oferta de HMD (hora de máxima demanda ) de 2.99 millones de viajes. (ver plano 1.1).

#### 1.6.- Proyecto Tren Ligero.

El Departamento del Distrito Federal, a través de la Secretaría General de Obras, ordeno a COVITUR la planeación, proyecto y construcción de la línea "A" del Metro Pantitlán-La Paz.

Existieron algunas premisas del programa; las afectaciones deberían reducirse al máximo, la obra debería ser una estructura muy ligera que no transmitiera esfuerzos importantes al suelo, ya que este tiene características especiales, entre ellas, baja capacidad de carga. Tenía que ser concebido como un sistema de capacidad intermedia con



características de transporte suburbano, ya que la densidad de población es mas baja que en el centro de la ciudad, de manera regional, no concentrarse a la capital local, sino que, a través de sus vialidades transversales, pudiera incrementar su cobertura para aumentar la población beneficiada, tanto en el Distrito Federal, como en la zona conurbada.

Así nace la primera línea del metro ligero, localizada en el eje de la Calzada Ignacio Zaragoza, en la cual se trabajo con dos tipos de secciones superficial y subterránea, estaciones muy ligeras de gran colorido, teniendo como objetivo el dar una nueva imagen a la calzada, con intersecciones de 1.5 a 2.2 kms. de distancia entre ellas, característica que hizo proponer otro tipo de material rodante del que se venía usando y fue la rueda metálica, debido a la longitud que recorre el Metro ligero entre cada estación, porque las llantas neumáticas se quemaban e incendian debido a las altas velocidades que desarrolla entre estaciones, lo cual sería contraproducente y no daría efectividad a lo esperado del proyecto, y la alimentación por catenaria y pantógrafo con el fin de tener una mayor velocidad de cruce.

## CAPITULO 2

### PROYECTO TREN LIGERO PANTITLAN-LA PAZ

#### 2.1.- Información General sobre la Línea.

Para dar a conocer el proyecto Metro Ligero y hacerlo una realidad, la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) inicio los trabajos de construcción de la primera línea del Metro ligero de la ciudad de México, que corre de la estación Pantitlán, de triple correspondencia con las líneas 1, 5 y 9 del Metro con solución subterránea y superficial, entroncando con Calzada Ignacio Zaragoza y siguiendo por vía superficial a través de esta, hasta la zona denominada entronque Santa Martha, donde concluye la prolongación de la Calzada Ermita Iztapalapa, la carretera federal libre de Puebla y la Calzada Ignacio Zaragoza. Continúa por solución subterránea en donde libra el cruce de la Calzada Ignacio Zaragoza y emerge por vía superficial para dirigirse hacia el pueblo de los Reyes.

Como se observa, el proyecto se ubica en el oriente de la zona metropolitana de la Ciudad de México, sobre un corredor de gran demanda de transporte urbano que es la Calzada Ignacio Zaragoza tiene su origen en el centro urbano de Pantitlán, en la Delegación Iztacalco y se desplaza hacia

el oriente, pasando por el norte de la Delegación Iztapalapa para dirigirse hacia el Municipio de la Paz, en el Estado de México.

Esta obra favorece en gran medida el sector estudiantil y obrero, que se asienta en los municipios de:

- . Netzahualcóyotl
- . Chimalhuacán
- . Los Reyes
- . Iztapaluca
- . Texcoco
- . Valle de Chalco

De esta manera coadyuva a que los gastos que inviertan los habitantes de esta zona, en transporte se reduzcan considerablemente al contar con un vía de comunicación directa, rápida y económica entre el Distrito Federal y el Estado de México, asimismo, esta obra de gran envergadura ayudara a descongestionar el tránsito vehicular que actualmente se produce en la Calzada Ignacio Zaragoza, además de ser una fuente creadora de empleos para muchos ciudadanos.

*Línea "A" Pantitlan-La Paz.*  
*J. Fausto Chombo R./ Edwin Martínez S.*

Con la introducción del Metro Ligero, la Calzada Ignacio Zaragoza se convierte en una vialidad de acceso controlado al no tener cruces a nivel, por la ejecución de 6 puentes vehiculares elevados en los principales cruces como son:

- . Avenida Javier Rojo Gómez
- . Canal de San Juan
- . Avenida Telecomunicaciones
- . Avenida Crisostomo Bonilla
- . Avenida República Federal
- . Avenida Octavio Paz.

Asimismo, la línea incluye la construcción de puentes peatonales que refuerzan el servicio de los ya existentes.

La ampliación tiene una extensión de 17 kms. de los cuales 13 km están dentro del Distrito Federal y 4 kms. en el Estado de México, distribuidos en diez estaciones:

- . Pantitlán
- . Agrícola Oriental
- . San Juan

- . Tepalcates
- . Guelatao
- . Peñón Viejo
- . Acatitla
- . Santa Martha
- . Los Reyes
- . La Paz

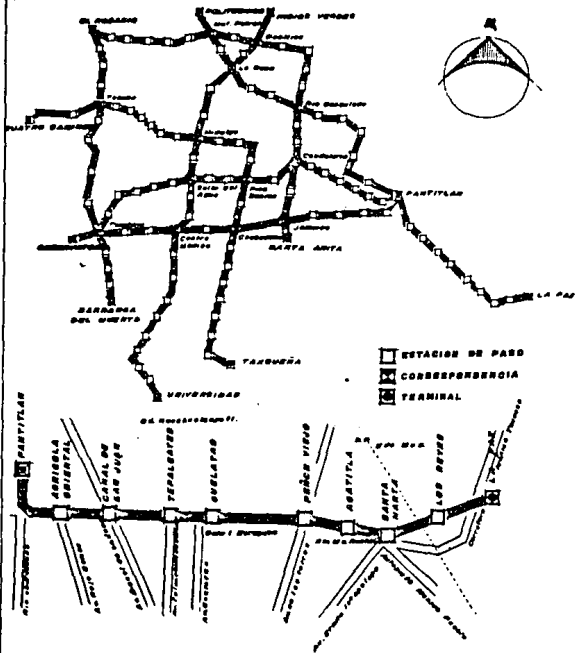
De estas diez estaciones se tiene un enlace en Pantitlán con las líneas 1, 5 y 9 de la actual red del Sistema de Transporte Colectivo. (ver plano 2.1).

Se determinó la construcción del Metro Ligero a lo largo de la Calzada Ignacio Zaragoza, partiendo de múltiples encuestas de origen - destino, movilidad de usuarios, características urbanas de la zona, interferencias que pudieran afectar su trazo, factibilidad técnica, etc.

## 2.2.- Características Especiales de la Línea.

La longitud de la Línea es de 17 kms. de los cuales 13 se ubican en el Distrito Federal y 4 en el Estado de México, este proyecto consta de 10 estaciones de las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

**RED ACTUAL DEL  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO**



**LINEA 4ª PANTITLAN - LA PAZ**

**PLANO No. 21**



2 terminales, Pantitlán en solución subterránea y de transbordo con las líneas 1, 5, 9 funcionando en la actualidad. La Paz de tipo superficial, del proyecto Metro Ligero.

3 estaciones de correspondencia a futuro:

- . Canal de San Juan
- . Acatitla
- . Santa Martha

Cinco estaciones de paso las cuales son:

- . Agrícola Oriental
- . Tepalcates
- . Guelatao
- . Peñón Viejo
- . Los Reyes.

Su trazo se inicia en la estación Pantitlán, en el cruce del Eje 1 con la Avenida Río Churubusco, continúa en dirección sur paralelo a Río Churubusco al orden de un km., en donde cambia de dirección para situarse sobre uno de los camellones de la Calzada Ignacio Zaragoza recorriendo el

orden de 11 kms. hasta llegar a la zona denominada entronque Santa Martha, en donde se intersecta la Avenida Ermita Iztapalapa, la carretera federal y libre de Puebla y la calzada Ignacio Zaragoza. Continúa en la misma dirección por el derecho de vía del ferrocarril México-Cuautla, cruza la población de Los Reyes y la carretera México-Texcoco, hasta terminar al sur, frente a la estación Los Reyes del ferrocarril México.

Al iniciar la operación se contaba con 25 trenes de seis vagones cada uno, con ellos se tendría una capacidad de transportación del orden de 26 mil pasajeros-hora/sentido, con lo cual se espera atender en forma adecuada la demanda que se estima sea del orden de 500 mil viajes-personas/día.

A medida que la demanda sea mayor, se podrá incrementar la capacidad del sistema, al aumentar tanto el número de trenes como el de vagones, que puede llegar hasta 9 por tren, con ello se podrá lograr una capacidad máxima del orden de 60 mil pasajeros-hora/sentido.

La longitud entre las estaciones es de 1500 mts. aproximadamente teniendo estas una longitud de 150 mts.

Es importante mencionar, además algunas características particulares, las cuales las agrupamos de la siguiente manera:

.- **Obra civil.**

La obra comprende dos tipos de secciones, una subterránea y otra superficial:

.- La solución subterránea se logra a base de un túnel falso de sección rectangular, construido con muro tabla estaca y estructurales, losa de piso y techo (cajón clásico del Metro de la Ciudad de México).

.- La solución superficial es a base de una estructura de concreto hidráulico en forma de cajón abierto, se integra por una losa de fondo apoyada directamente en el terreno natural, dos muros laterales que, además, sirven de confinamiento y un muro central de seguridad; la solución subterránea se aplica en dos tramos, el primero de 1600 mts. de longitud aproximadamente desde Pantitlán hasta la Calzada Ignacio Zaragoza, para poder cruzar por debajo de la línea 5 y los

carriles norte de la Calzada Ignacio Zaragoza y el segundo tramo, de 500 mts. de longitud, se construyó entre Acatitla y Santa Martha, a fin de cruzar y librar la vialidad de la propia calzada, la solución superficial se aplicó en el resto de la línea.

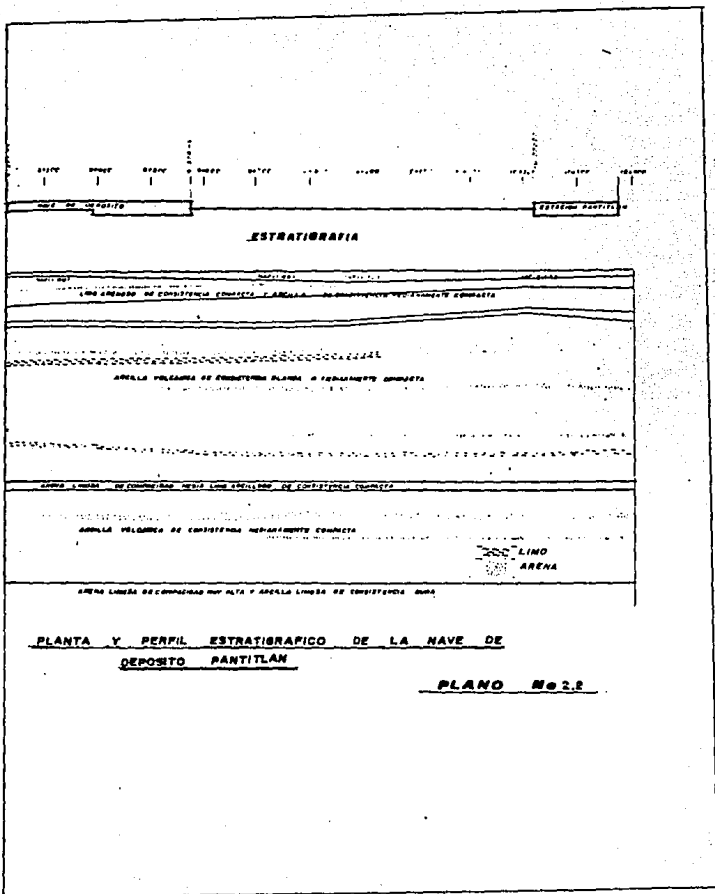
.- Estudio de Mecánica de Suelos.

Para llegar a conocer las características del terreno donde se situara el Metro Ligero, se seleccionaron sitios en los cuales se realizaron sondeos y en base a estos se obtuvo información acerca de la estratigrafía del subsuelo, niveles freáticos, niveles piezométricos y hundimientos regionales de la zona. (ver plano No. 2.2).

En base a la información de cada sondeo se pudieron precisar las siguientes constantes:

.- La profundidad del NAF, (Nivel de Aguas Fréaticas) de cada sondeo.

.- Resistencia al esfuerzo cortante en los estratos necesarios para calcular la capacidad de carga y establecer la magnitud de los empujes de tierra,



además de las condiciones de estabilidad de las excavaciones y de los taludes.

.- Los pesos volumétricos de los diferentes materiales para evaluar su sobre compensación en los tramos subterráneos.

.- La deformabilidad por consolidación de las arcillas que subyacen a las estaciones subterráneas y superficiales para ver su comportamiento a hundimientos o expansiones del subsuelo a corto y largo plazo.

.- A partir de esta información se determinan los problemas que el subsuelo presenta para cada tramo o estación, con ello se determinaron los procedimientos constructivos, la vigencia de su ejecución y las especificaciones generales de diseño para cada tipo de solución.

**.- Determinación del Tipo de Sección.**

.- Una vez definido un trazo y perfil preliminar, el proyecto de cada tramo queda condicionado por las características del subsuelo en la zona por la que

correrá el Metro ligero, la gran complejidad y sus características superficiales y regulares hacen necesario una estructura que asegure que no se presenten hundimientos diferenciales bruscos que afecten la operación futura del Metro, sobre todo teniendo en cuenta que el hecho de utilizar ruedas metálicas lo hacen especialmente sensible a este tipo de deformación.

.- Las características de la sección establecida en el tramo se obtienen de un análisis de interacción suelo-estructura que permite evaluar las deformaciones del suelo en función de la rigidez de dicha sección, proporcionando los elementos mecánicos de diseño.

.- Solución Superficial .

.- Para este caso, se estudian los hundimientos del terreno y su evolución, con el objeto de predecir las variaciones de pendientes en la vía y su influencia en la operación y mantenimiento del sistema.

.- Solución Subterránea.

.- Para este caso se calculan los empujes de tierra sobre estructuras temporales, deformaciones y se fijan especificaciones generales para su construcción. Se calcula la profundidad crítica de la excavación para evitar fallas de fondo y expansiones excesivas.

.- Se estudian efectos de descarga por excavación, flotación y la influencia que estos factores pueden tener en el comportamiento futuro de las estructuras.

.- Se analiza en esta solución el valor de la compensación del cajón, las expansiones que se esperan a largo plazo, la estabilidad de los taludes de avance durante la excavación y los problemas que ocasionan las interferencias, así como los problemas que puedan producir el hundimiento local y general de la zona.

.- En las estaciones se determinan los problemas debidos a su localización, en planta y profundidad y las dimensiones estructurales apropiadas para los fenómenos de flotación y descarga, para que no tengan efectos nocivos en el comportamiento futuro de las obras y de las construcciones vecinas.



.- Se elaboran planos y especificaciones que muestran el orden de las etapas de excavación, el tiempo y la ubicación de pozos de bombeo, las inclinaciones y el apuntalamiento necesario durante las excavaciones.

.- Todos los estudios y análisis sirven para fijar normas de diseño y las especificaciones generales que deben cumplirse en el proceso de construcción.

.- Instalaciones.

.- El sistema de vías que se utilizó para la circulación de trenes en el Metro ligero Pantitlán-La Paz, fue de largo riel soldado, denominado vía elástica, a base de dos rieles de 115 libras, los cuales se fijaron a durmientes de concreto en lugares donde existen rectas, y de madera, donde existen curvas o zonas de aparato.

.- Para la alimentación de energía eléctrica, la Compañía Luz y Fuerza del Centro, alimenta 17 subestaciones de rectificación de 2,500 kw. cada una, mediante líneas subterráneas desde sus propias subestaciones en 23,000 voltios.

.- Estas subestaciones de rectificación transforman la corriente a 750 voltios para alimentar por medio de líneas subterráneas la catenaria instalada sobre postes arriba de las vías, a fin de que el tren reciba la energía mediante un pantógrafo replegable, instalado en su parte superior.

.- Para hacer eficiente la operación y lograr la mayor seguridad, la línea cuenta con sistemas de pilotaje automático, señalización, mando centralizado, telecomunicaciones y telefonía de trenes.

.- En las estaciones, además de las instalaciones normales de una edificación de este tipo, se implementaron los sistemas de señalización para usuarios, contra incendios, taquillas, torniquetes, relojes y sonido.

.- En las inmediaciones de la estación Guelatao, se construyó el puesto central de control de la línea, desde donde se controla la operación de la misma. Asimismo, se ha previsto un puesto emergente computarizado en la estación Santa Martha, a fin de respaldar

al puesto central en caso de que falle. La intercomunicación entre ambos es a través de transmisión por fibra óptica.

Al norte de la estación Pantitlán, se construyó una nave de depósito para mantenimiento menor de los trenes, a base de muros de block, columnas y estructura metálica cubierta de lámina acanalada.

d).- Vialidad.

El aspecto vial en la construcción del Metro ligero es de particular importancia, ya que con su introducción, la Calzada Ignacio Zaragoza se convierte en vía de acceso controlado al no tener cruces a nivel desde la Avenida Río Churubusco hasta su entronque con la carretera de cuota México-Puebla, en aproximadamente 11 kms. de longitud. De manera adicional, se contempla la construcción de la vialidad coincidente entre Zaragoza y Pantitlán, como la del tramo entre Santa Martha y La Paz, Estado de México.

Se construyeron arroyos laterales a lo largo de la Calzada Ignacio Zaragoza y bahías de transporte colectivo de superficie, cercanas a las estaciones del Metro que

permiten el intercambio modal entre los diferentes sistemas de transporte colectivo.

Para que esta vialidad opere como vía rápida, es importante realizar estructuras adecuadas y geométricas, así como el mejoramiento de la estructura de los pavimentos, a fin de lograr el funcionamiento adecuado de la circulación vehicular, también se realizaron obras viales tales como:

- Puentes viales a desnivel en los principales cruces, dichos puentes son:

- . Rojo Gómez
- . Canal de San Juan
- . Telecomunicaciones
- . Crisóstomo Bonilla
- . República Federal
- . Amador Salazar.

Estos puentes se construyeron con estructura metálica soportada en tirantes de cables de acero.

- 22 puentes peatonales

- Reurbanización de 11 kms. de la Calzada Ignacio Zaragoza.
- Construcción de 6 kms. de vialidad coincidente.
- Bahías para autobuses en las estaciones de paso.
- Paradero para autobuses en La Paz.
- Obras viales en el cruce de la Carretera Federal México-  
Texcoco.

Por otra parte, el Estado de México requiere construir las obras viales necesarias para alimentar el Metro con usuarios procedentes de las carreteras Texcoco Federal y Cuota de Puebla.

Con la implantación de este Proyecto Vial se atienden los siguientes problemas:

- Solución al tráfico de la Calzada Ignacio Zaragoza, entre Santa Martha y Churubusco. Esta avenida es uno de los principales accesos a la ciudad y de los de mayor volumen de tránsito de la zona Metropolitana.
- Descongestiona de tráfico la supercarretera México-Puebla de Chalco - Santa Martha.

- Agiliza el acceso en la zona oriente de la Ciudad de los vehículos provenientes de Tlaxcala, Puebla y Chalco.

- Favorece el cruce de la Zona Metropolitana a los vehículos que, provenientes del oriente, tengan como destino Toluca, Querétaro y Pachuca.

- Mejora la imagen urbana a lo largo de esta calzada.

- Disminuye indirectamente, la problemática de vialidades como Ermita Iztapalapa y Pantitlán.

e).- Factibilidad Técnica.

Se mencionan a continuación algunos de los aspectos importantes que hicieron posible su construcción:

Sirve a zonas de bajos ingresos.

La distribución de los estratos económicos de la población demuestra que la ampliación atiende preferentemente a los sectores desfavorecidos económicamente, teniendo como origen de usuarios el 62% en el Estado de México y 38% en el Distrito Federal, beneficiando la Zona Metropolitana, particularmente la que

vive en los Municipios de Netzahualcóyotl, Chimalhuacán, Iztapaluca y Chalco.

- Requiere de afectaciones mínimas, la construcción del Metro ligero sobre la Calzada Ignacio Zaragoza no requiere afectaciones importantes, puesto que existe una franja central en la Calzada que permite alojar la línea del mismo.

Es importante mencionar para la construcción de las diferentes partes que integran el Metro ligero, hubo la necesidad de afectar predios, para ubicar tanto el trazo de la línea, estaciones, depósitos y talleres, además de sus obras complementarias como paraderos, bahías, intercambio de medios, puentes vehiculares, puestos de control, puestos de ratificación, etc.

En el caso de esta línea, los tramos superficiales no causan afectaciones, ya que se puede aprovechar un camellón de la Calzada Ignacio Zaragoza, pero debido al tramo subterráneo, puentes vehiculares y obras complementarias, se afectaron 30,000 mts.2, aproximadamente.

También es importante recalcar que la línea en todo su desarrollo, no encuentre interferencias que provoquen obras inducidas de significación.

**- Soluciona Problemas Viales .**

El trazo y la construcción de la línea incluye la ejecución de pagos a desnivel que solucionan los problemas de cruce transversal sobre la Calzada Ignacio Zaragoza, haciendo de esta arteria una vía rápida de tránsito continuo.

**Disminuye el Transporte de Superficie.**

El Metro ligero toma mayor participación del total de viajes que actualmente se distribuyen en autobuses y taxis, se reordenan éstos y por tanto, se mejora la circulación vehicular.

**Disminuye el Índice de Accidentes y Contaminación.**

Soluciona el problema más grave de la Ciudad en cuanto a accidentes de tránsito y además, reduce los índices de contaminación sobre esta avenida, al reducir las necesidades de autobús y peseros.



- Sobreposición futura de un ferrocarril regional según Programa de Desarrollo.

#### Urbano.

Las características constructivas del Metro ligero, pueden evolucionar de acuerdo con los programas de Desarrollo Urbano, incluyen el cambio a una línea de ferrocarril suburbano.

#### No Afecta Zonas Históricas .

En su trazo no se encontraron zonas históricas que pudieran modificar su desarrollo.

#### Existe la Tecnología Adecuada .

Se cuenta con la tecnología necesaria para resolver los problemas que presenta el tipo de suelo existente en la zona.

#### Fuente Generadora de Empleos.

Su construcción generó 16 '000 empleos anuales; en la situación actual uno de los programas mas necesarios es la creación de empleos, en este sentido, la construcción es un detonador de empleo directo e indirecto.

### 2.3.- Terminales Pantitlan y La Paz.

#### Terminal Pantitlan.

Es una terminal subterránea de dos vías-dos andenes, cada andén tiene un ancho mínimo de cuatro metros, que se ensancha en la zona de escaleras. Estas comunican a un vestíbulo de salida así como la zona de acumulación de usuarios que se encuentra localizada a un metro bajo el nivel medio de la calle, correspondiendo con la planta baja de la terminal Pantitlán de la línea 9 del "Metro". De esta zona se sube a unas pasarelas, las cuales, atravesando las vialidades existentes, llevan a los usuarios hacia el paradero de autobuses y colectivos, así como la red de circulaciones subterráneas que comunican entre sí a las diferentes líneas del Metro.

La estructura del edificio es de concreto armado, con una cubierta diseñada para permitir iluminación y ventilación natural, los muros y columnas de las áreas en contacto con el público, se revisten con cerámica esmaltada de color y los pisos, dado el intenso tránsito esperado son de mármol.

#### Terminal La Paz.

Esta estación es de tipo superficial, cuenta con un paradero de autobuses que recibe el transporte de superficie de la carretera de Chalco y de la Federal a Puebla; esta estación, además, está preparada para recibir a futuro las pasarelas de conexión a la terminal del suburbano a Cuautla, que piensa instalar ferrocarriles, completando la carga que ya existe.

#### 2.4.- Estaciones de Paso.

Son estaciones tipo que cuentan con dos vías y un andén central que se encuentra a 1.3 m. del nivel de la calle. Este andén con un ancho constante de 6.45 m. tiene en sus extremos los locales técnicos y subestaciones requeridos, según el proyecto electromecánico.

Las escaleras localizadas aproximadamente a 2 tercios de la longitud total del andén comunican con el vestíbulo central que contiene:

- . Torniquetes de acceso
- . Taquillas

- . Local para el jefe de estación
- . Area de primeros auxilios
- . Sanitarios para el personal.

Este vestíbulo se comunica con las zonas de intercambio de medios y a la calle por un puente peatonal de acceso y salida el cual es elevado, toda la estación está abierta hacia el exterior con ventilación de iluminación natural, la cubre una techumbre de lámina autoportante de 1.50 m de longitud soportada mediante una estructura metálica con traveses perimetrales y columnas que se desplantan sobre una estructura de concreto armado, forrada de tabique esmaltado.

La estructura del entrepiso es a base de armaduras metálicas, ligadas a las columnas y losa de lámina de acero con una pequeña capa de compresión de concreto. Los pisos, tanto en el andén, como en el vestíbulo son de mármol, debido a la intensidad de tránsito esperada; asimismo cabe destacar como un aspecto importante en el diseño de estas estaciones el uso del color en los elementos mecánicos (Columnas, Traveses, Barandales etc) dan un atractivo visual a la Calzada Ignacio Zaragoza.

La Arquitectura predomina en estas estaciones, ya que la techumbre simula una bóveda de cañón.

#### Estación de Transbordo.

Tiene las mismas características de las estaciones tipo de paso. Se diferencia de estas únicamente en la longitud del andén, pues es ahí donde se da la correspondencia con la futura línea del Metro, por lo tanto, el andén tendrá en su etapa final, una longitud aproximada de 150 m. en cuyos extremos, al igual que las estaciones de paso, se localiza el local técnico y la subestación eléctrica.

#### 2.5.- Talleres.

En base a las necesidades de mantenimiento menor y mayor de los trenes, se contemplo la construcción de talleres para atender los requerimientos de esta línea y tres más a futuro.

Al oriente de la estación terminal La Paz, se construyeron los talleres generales para operación y mantenimiento, que cuentan con las siguientes partes:

*Línea "A" Pantitlan-La Paz.  
J. Fausto Chocho R./ Edwin Martínez S.*

- Depósito para trenes ( 20 posiciones en primera etapa).
- Nave de mantenimiento menor con 5 fosas.
- Torno Rodero.
- Taller de Pantógrafos.
- Talleres de Vías.
- Taller de Catenaria.
- Taller Eléctrico.
- Grupo Compresor.
- Planta para Tratamiento de Aguas Residuales.
- Edificio de Servicios Generales.
- Puesto de Maniobras.
- Reserva para Taller de Mantenimiento Mayor.
- Vía de Pruebas.

Dentro de estas instalaciones, se encuentra, además, con fosas de mantenimiento, vías de lavado, sopleteado y de rectificación de ruedas; así como fosas de vía elevada, zona para revisión de bloques, partes neumáticas y componentes eléctricos; zona de accesorios, oficinas de control, depósitos de basura, etc.

En su primera etapa, el mantenimiento mayor se hará en los talleres Zaragoza, para lo cual se construyó una vía de conexión y se hicieron las mínimas adecuaciones necesarias a las instalaciones existentes.

#### **2.6.- Características de los Trenes.**

Para aprovechar la tecnología adquirida por la Constructora

Nacional de Carros de Ferrocarril, se determinó que para los nuevos carros de Metro ligero, se substituya la utilización de llantas neumáticas por ruedas metálicas; además, que tengan una velocidad máxima de 90 km./hora y sean aptas para recorrer interestaciones de más de un kilómetro con una velocidad comercial de 40 km./hora. Se alimenta a través de energía eléctrica que es transmitida por medio de un pantógrafo aéreo.

#### **2.7.- Colonias Beneficiadas.**

Este nuevo medio de transporte beneficia principalmente

a la población que reside en el D.F. de las Delegaciones:

- . Iztacalco
- . Iztapalapa

En el Estado de México los Municipios:

- . Netzahualcóyotl
- . La Paz
- . Chimalhuacán
- . Chicoloapan
- . Iztapaluca
- . Chalco

Poblaciones cuyos ingresos son de uno a tres salarios mínimos.

Se estima en esta línea una captación de 500 000 usuarios/día, en el primer año de operación y 700 000 usuarios/día a futuro, correspondiendo el 60% al Estado de México y el 40% al Distrito Federal. Esta obra sirve de apoyo a la reordenación urbana del Valle de Chalco.

Con la habilitación de este proyecto, se disminuyen las molestias a los automovilistas procedentes del oriente del País, básicamente:



*Línea "A" Pantitlan-La Paz.*  
*J. Fausto Chombo R./ Edwin Martinez S.*

- . Puebla
- . Tlaxcala
- . Veracruz.

Esta obra tiene un participación importante en la integración del sistema de transporte de pasajeros en el área metropolitana en Pantitlán con las líneas 1, 5 y 9.

### C A P I T U L O 3

#### CARACTERISTICAS ESPECIALES DEL PROYECTO.

##### ( SECCIONES TIPO )

#### 3.1.- TRAMO SUPERFICIAL.

##### a).- Interferencias (Obras Inducidas )

Llamamos obras inducidas al conjunto de actividades programadas, las cuales son relativas a dar solución a todas aquellas interferencias que se presentan para llevar a cabo la construcción de una determinada obra, como es en este caso especial de la construcción del Metro, las cuales se pueden desarrollar en forma independiente o paralela a la ejecución de la obra.

Entre las instalaciones que pueden representar una interferencia existen postes de alumbrado, ductos de telefonos, redes de agua potable, alcantarillado, predios, afectados etc.

Este tipo de obras se deben reubicar antes ó durante el transcurso de la obra y mediante indicaciones de las autoridades correspondientes.

En el caso de la Línea "A", hubo afectaciones en predios, colectores, líneas eléctricas, ductos de TELMEX y redes de agua potable, los cuales se atacaron de acuerdo a las especificaciones elaboradas por ISME, y aprobadas por COVITUR.

.- Especificaciones Generales para la Extracción y Taponamiento de Tuberías que se Ponen Fuera de Servicio con la Construcción de la Línea "A".

Con el fin de eliminar la interferencia que causan las tuberías que se encuentran fuera de servicio tanto de agua potable como colectores y atarjeas en la construcción de la Línea fue necesario que dicha tubería se extrajera y taponara de acuerdo a los lineamientos que se exponen a continuación:

I.- Las tuberías que se encuentren a 1.50 mts. de profundidad se extraerán y taponaran mediante la excavación a cielo abierto entre paredes verticales.

Se extraerá el tramo de tubería que quede comprendido dentro de la zanja, para lo cual se muestra en las figuras 3.1 y 3.2, los casos generales, el taponamien

to y relleno de la zanja se realizara conforme a lo indicado en los incisos V y VI.

II.- Las tuberías que se encuentren entre 1.50 y 3.00 mts., de profundidad, se extraerán y taponaran mediante una excavación a cielo abierto entre taludes de 0.50:1.00 (horizontal y vertical).

Se deberá tener en cuenta que el talud derramado por la excavación no se interrumpa por algún obstáculo como construcciones o vialidades importantes, en su caso la excavación se realizara entre una estructura de contención a base de pclines y tablonos de acuerdo a lo indicado en el inciso III.

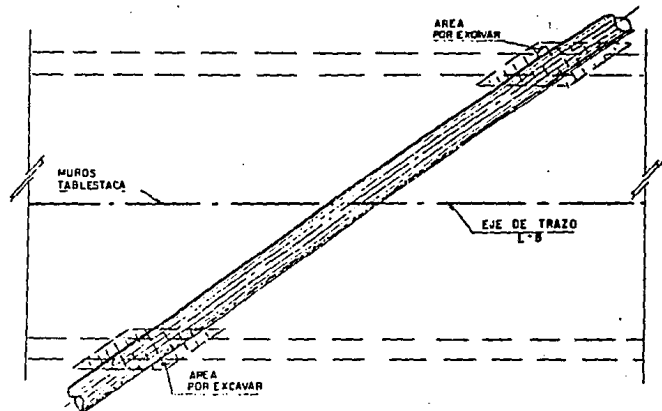
Las dimensiones de las zanjas para la extracción y taponamiento de tuberías se muestran en las fig's 3.1 y 3.2 de manera esquemática.

Se extraerá el tramo de tubería comprendido dentro de la zanja, el taponamiento y relleno se realizara de acuerdo a los incisos V y VI.

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA .

FIGURA NO. 8.1

92-HS-500800-  
III-33-373-E.



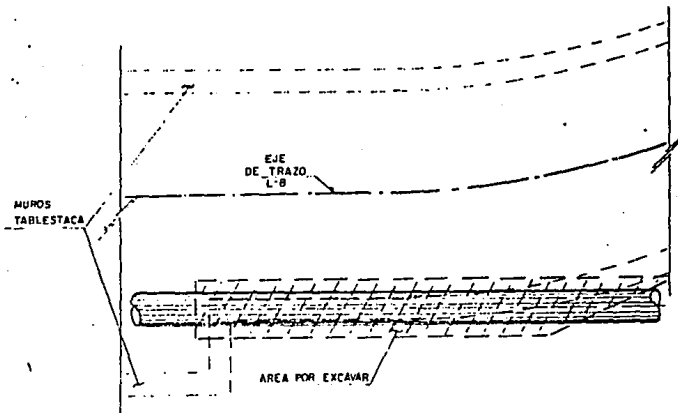
PLANTA DE EXCAVACION

BIJUDO ESQUEMATICO

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
Y TABONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
QUE INTERIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA .

FIGURA NO. 38

92-S-500800-  
III-33-373-E.



PLANTA DE EXCAVACION

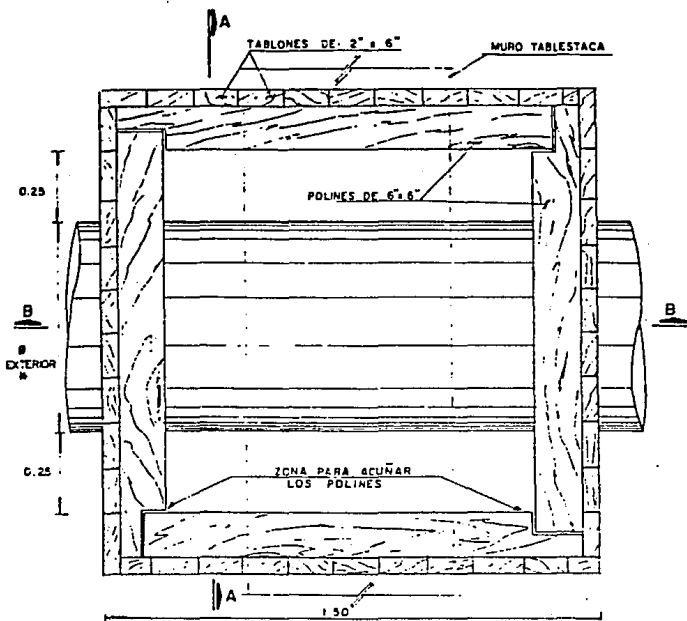
GRUPO ESQUEMATICO

III.- Las tuberías que se encuentren fuera de servicio a una profundidad entre 1.50 mts., y 3 mts., con diámetro máximo de 76 cms., que no se puedan extraer entre taludes por algún obstáculo o interferencia se extraerán mediante una estructura de contención a base de polines y tablones de acuerdo con lo siguiente:

Con el fin de cubrir la tubería se deberán realizar excavaciones en las interferencias de las tuberías con los muros tabla-estaca de acuerdo a lo indicado en los esquemas de las fig's 3.1 y 3.2 Las excavaciones se ademaran con polines y tablones de madera de acuerdo a las siguientes especificaciones:

.- Se iniciara la excavación a partir del terreno natural hasta alcanzar una profundidad de 10 cms., por debajo de donde se colocara el primer nivel de apuntalamiento, procediendo a colocar los tablones y polines que queden arriba de este nivel, según lo que se muestra en las Fig's 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6.

.- Concluido lo anterior se iniciara la excavación hasta una profundidad de 10 cms., abajo del tercer nivel de polines, colocando de inmediato estos elementos así como los tablones respectivos.



PARA TUBERIAS DE Ø MAX: 76 cm

PLANTA DE APUNTALAMIENTO  
DISTRIBUCION DE POLINES Y TABLONES

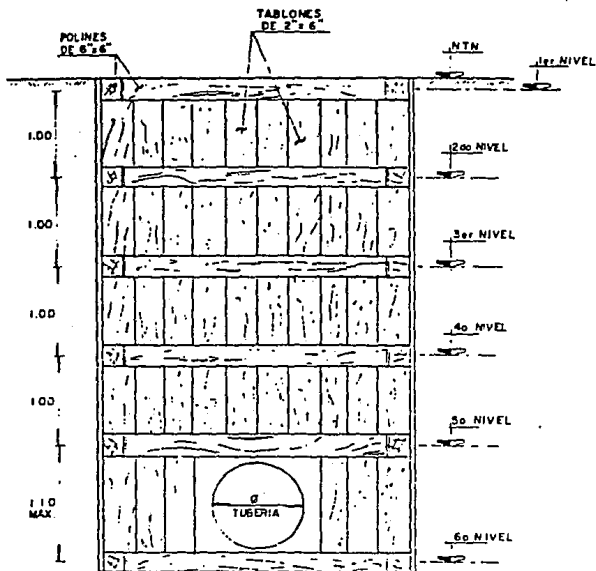
DIBUJO EJECUTIVO  
 EN METROS

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
 Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
 QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
 DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO  
 DE LA LINEA

92-MS-500800-  
 III-33-373-E.

FIGURA No. 88





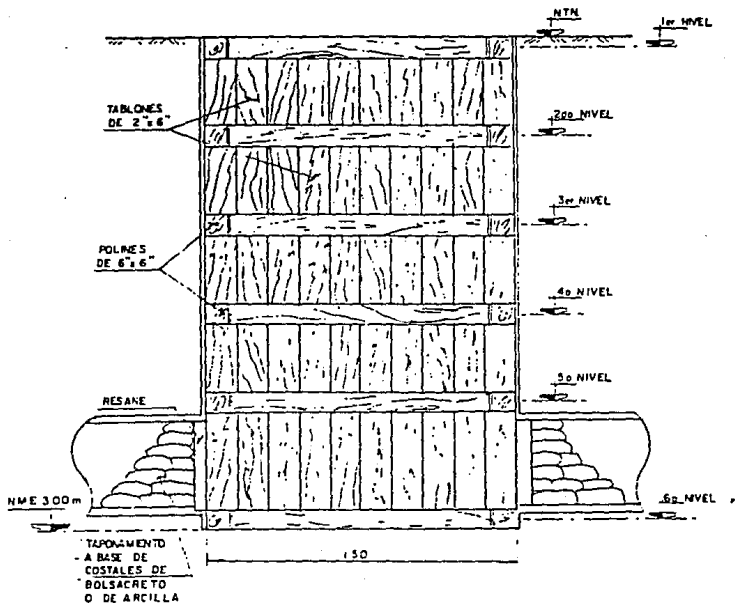
C O R T E   B - B

DIBUJO ESQUEMATICO  
ACCT. EN METROS

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS HUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA

92-MS-500800-  
III-33-373-E.

FIGURA No. 8A



CORTE A - A

DIBUJO GEO. ENAT. EC  
4 OCT EN METROS

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO DE LA LINEA

92-MS-500800-  
III-33-373-E.

FIGURA No. 3.8



La secuencia de excavación y apuntalamiento se aplicara consecutivamente hasta descubrir la tubería, indicando la demolición y extracción de ésta.

IV.- Las tuberías de cualquier diámetro que se encuentren desplantadas a una profundidad entre 1.50 mts., y 3.00 mts., con diámetro  $> 76$  cms., se excavarán entre una estructura de contención a base de viguetas hincadas, polines y tablones de acuerdo con lo siguiente:

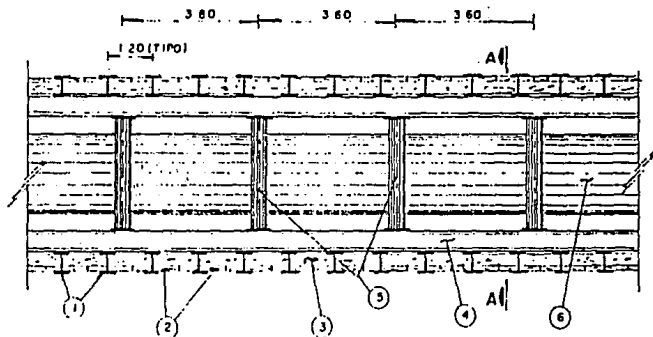
Se realizarán excavaciones con las dimensiones requeridas para extraer la tubería de acuerdo con lo indicado en las fig's 3.1 y 3.2. partiendo del nivel de la superficie de rodamiento hasta descubrir por completo la tubería. Estas excavaciones deberán ser ademadas con viguetas, polines y tablones de madera, de acuerdo con lo indicado a continuación:

.- Una vez definida el área a excavar se hincaran en el terreno las viguetas con una separación de 1.20 mts. o menor según sean las dimensiones de la excavación. En las Fig's (3.7, 3.8, 3.9 y 3.10). se muestran esquemáticamente la distribución de elementos.

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS HUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA

FIGURA No. 27

92-MS-500800-  
III-33-373-E.

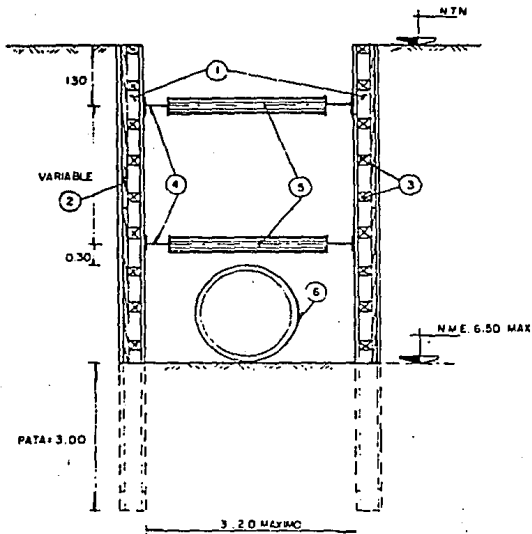


- (1) VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 3870 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- (2) TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- (3) POLINES DE 6" x 6" (2 100 m DE PROFUNDIDAD.
- (4) VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR 12" x 6" DE 445 kg/m FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
- (5) PUNTALES TUBULARES DE Ø 6" CEDULA 40
- (6) TUBERIA Ø = 2 13 m MAXIMO

ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN

P L A N T A

DRUJO ESQUEMATICO  
ACOT EN METROS



- ① VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 327 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLINES DE 8" x 6" a 1.00m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR 12" x 6" DE 445 kg/m FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES DE Ø = 6" CEDA 40
- ⑥ TUBERIA 6" x 2 x 2.13m

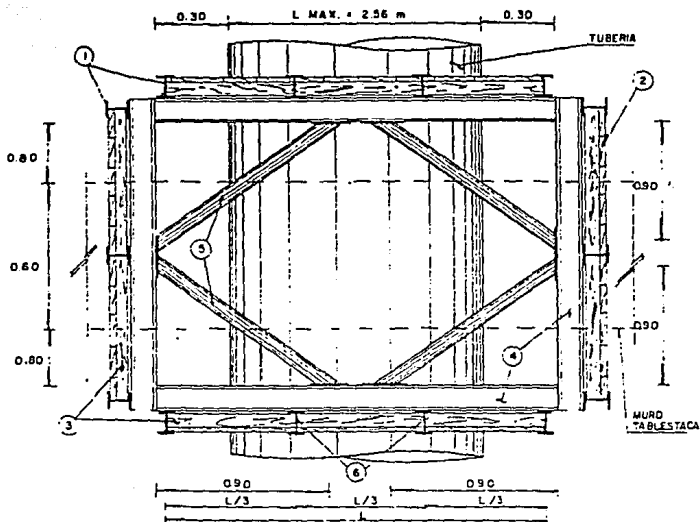
**ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN**  
**C O R T E A - A**

S.C. 1/100  
S.C. 1/100

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION  
Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS  
QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA

2-MS-500800-  
II-33-373-E.

FIGURA No. 3.0



- ① VIGETAS DE ACERO IR 12"x6" DE 38.7 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLNES DE 6"x6" @ 100 m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGETAS DE ACERO PERFIL IR (2 NIV. VER CORTE) FUNCIONANDO COMO VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES DE Ø=6" CEDULA 40
- ⑥ VIGETAS DE ACERO IR 8"x4" DE 150 kg/m

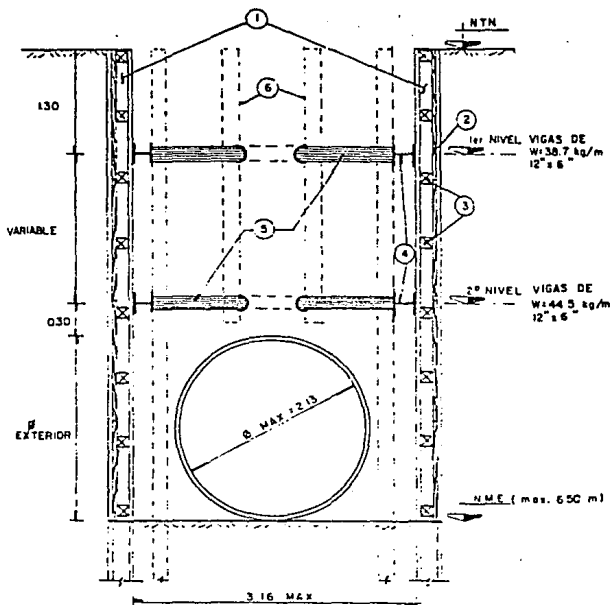
**ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN**  
**PLANTA**

DIB. JO. ESCOBAR  
ACP EN METROS

ESPECIF. GENERAL PARA LA ENTRACCIÓN  
Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE  
QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION  
DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO  
DE LA LINEA

92 MS-506800  
III-33-373-E.

FIGURA No. 8.9



- ① VIGUETAS DE ACERO IR 12" x 6" DE 387 kg/m HINCADAS EN EL TERRENO
- ② TABLONES DE 2" DE ESPESOR
- ③ POLINES DE 6" x 6" a 100 m DE PROFUNDIDAD
- ④ VIGUETAS DE ACERO PERFIL IR FUNCIONANDO COM VIGAS MADRINAS
- ⑤ PUNTALES TUBULARES 8" x 6" CEDULA 40
- ⑥ VIGUETAS DE ACERO IR 8" x 4" DE 150 kg/m

**ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN**  
**CORTE**

D.R. JC ESQUEMATICO  
ACC EN METROS

ESPECIF. GENERAL PARA LA EXTRACCION Y TAPONAMIENTO DE TUBERIAS QUE INTERFIEREN CON LA CONSTRUCCION DE LOS MUROS TABLESTACA A LO LARGO DE LA LINEA

92-515-500800-  
111-33-373-E.

FIGURA No. 81b



.- Se realizara una perforación previa para hincar las viguetas, en el caso de que la extracción se realice cerca de construcciones pesadas la perforación deberá llevarse hasta la profundidad de desplante.

.- Las viguetas deberán engrasarse antes de hincarlas con la finalidad de recuperarlas, una vez realizada la extracción y taponamiento.

.- Se iniciara la excavación desde el nivel del terreno natural, colocando los tablonés y polines conforme se profundice la excavación, hasta alcanzar 20 cms.; por abajo de donde se ira colocando el primer nivel de apuntalamiento; en dicha profundidad se colocaran las viguetas madrina y puntales.

.- Concluido lo anterior se reiniciará la excavación desarrollándola hasta 20 cms., por abajo del segundo nivel de puntales, colocando de inmediato las viguetas madrina y puntales respectivos.

.- La secuencia de excavación y ademada mediante tablonés y polines se continuara hasta descubrir la tubería, iniciando la demolición y extracción de la tubería comprendida en la zanja excavada.

#### V.- Taponamiento de la Tubería.

Una vez que la tubería ha sido demolida y extraída a través de las excavaciones se estará en condiciones de efectuar el taponamiento. Este evento se realizara mediante la colocación de costales de arcilla producto de la excavación o bolsacreto en las caras de la tubería que hayan quedado descubiertas de tal forma que se cubra toda la sección de las tuberías.

Una vez colocados los costales, se procederá a recubrirlos con una capa de mortero cemento-arena con una relación 1:3, de 3.0 cms., de espesor.

#### VI.- Colocación del Relleno.

Concluido el taponamiento se iniciara la colocación del material de relleno el cuál deberá ser arenolimoso, tepetate colocado hasta el nivel subrasante, en capas de 30 cms. compactadas al 90% según normas de la AASTHO T99-74. Una vez alcanzado el nivel de subrasante se procederá a efectuar la excavación de las zanjas para los muros tablestacas de acuerdo a las especificaciones correspondientes.

#### Notas Generales.

Para las tuberías que cruzan sobre los muros tablestaca se deberá tener en cuenta lo siguiente:

.- La excavación en el sentido longitudinal a la tubería se realizara en forma continua sin exceder longitudes de avance de 10 mts.

.- El ancho de las excavaciones estará en función del diámetro de la tubería a extraer y de la forma de cruce con los muros tablestaca.

.- El talud de avance en el frente de la excavación será de .050 : 1.00 para profundidades hasta de 3 mts. y de 1:1 para profundidades mayores de 3 mts.

.- La colocación de la estructura de contención se realizara a medida de la excavación y avance.

.- El agua producto de las filtraciones que se presente durante la excavación se controlara mediante carcamos de bombeo rellenos de grava para evitar el arrastre de finos, contenidos en el perimetro de la

*Línea "A" Pantitlan La Paz.  
J. Fausto Chombo R./Edwin Martínez S.*

excavación desde los cuales se extraerá el agua mediante bombas autocebantes.

.- La extracción del agua se deberá realizar con un numero de bombas suficientes de tal manera que el fondo de la excavación permanezca seco.

**Notas Importantes.**

.- La extracción de cajas, válvulas o cajas seccionadoras se indica para cada caso en especificaciones particulares.

.- Los puntales deberán colocarse inmediatamente después de que la excavación descubra sus puntos de aplicación, no debiendo continuar con esta si los puntales no han sido colocados en la forma antes mencionada.

**Especificaciones para cambio de cableado eléctrico.**

El cambio de cableados así como la cancelación de estos, se realiza conforme a las especificaciones de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y de la C.F.E. (Comisión Federal

de Electricidad). Este cambio de cableado se da solo bajo condiciones que entorpezcan la construcción de la obra, de acuerdo a las siguientes especificaciones.

.- Antes de proceder a cortar el cableado que ocasiona la interferencia en la obra se realiza un cableado para desviar la corriente eléctrica.

.- Se cortara el suministro de energía momentáneamente para poder realizar las conexiones, previo cableado y desvío de energía, con la finalidad de que la población afectada por la obra, no se quede sin el suministro de la misma.

.- En el caso de que solo sea una interferencia que no afecte bastante en el procedimiento constructivo, se realizara el cambio del cableado sin crear obras complementarias, por lo cual se realizara el cambio del cableado en el instante que se requiera.

Estas obras son realizadas por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro.

b).- Trazo

La sección del tramo superficial se manifiesta a través del trazo del Metro Ligero, en una longitud aproximada de 15 kms. Este tipo de sección estructural se conforma básicamente como una estructura de concreto hidráulico en forma de cajón abierto, integrada por una losa de fondo, dos muros laterales que sirven de contención y un muro central de seguridad (Ver Fig. No. 3.12).

c).- Excavación de Núcleo A Cielo Abierto.

Primera Etapa.

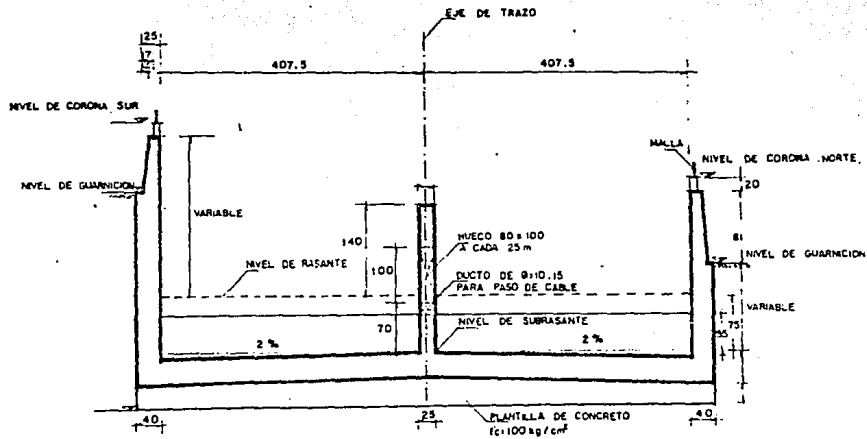
La excavación para alojar la sección estructural del tramo superficial, se llevó a cabo con equipo mecánico hasta un nivel de 15 cms., por arriba de la cota de desplante de plantilla, con un cargador frontal o similar. Los últimos 15 cms. se excavaron con equipo manual, con el objeto de obtener una superficie uniforme.

La excavación se realizó mediante avances longitudinales de 25 mts. en las zonas comprendidas entre las estaciones del Metro y mediante avances longitudinales de 10 mts., en las zonas denominadas "zonas de transición" en dichas zonas, las excavaciones se ejecutaron con retroexcavadora

*Línea "A" Pantiflan La Paz.  
J. Fausto Chombo R./Edwin Martínez S.*

y se límite a ambos lados, por taludes temporales en  
relación 1:2 (1 horizontal x 2 vertical).

(ver Fig. 3.13).



Aplicaciones en cm

**SECCION DE CAJON (SUPERFICIAL)**

**FIGURA N° 3.12**



El talud se afino con equipo manual (pala-pico) y en caso de que el mismo comenzara a erosionarse y tuviera caído, se cubriría con un entortado de mortero arena-cemento en proporción 1:4 de un espesor de 3 cms.

El ancho de la excavación es variable, entre 9.95 y 10.55 mts, e incluye las áreas laterales para alojar los tubos de drenaje. En esta etapa dichas áreas se excavaron parcialmente hasta el nivel de desplante ó plantilla.

En caso de encontrar depósitos de suelos orgánicos o basura en el nivel de desplante de la plantilla, fue necesario sustituir dichos materiales por un material arcillo-limoso (tepetate) en un espesor no mayor de 80 cms.

Alcanzando el fondo de la excavación se llevó a cabo un proceso de compactación con dos pasadas y media rueda de un rodillo liso, cuyo peso es del orden de 8 ton. con el fin de mejorar y uniformizar el terreno donde se desplanto la plantilla.

La compactación del terreno debió concluir a más tardar 6 hrs. después de que se hubo terminado la excavación.

**d).- Colado de Plantillas.**

**Segunda Etapa.**

Se realizó el colado de las plantillas, máximo 24 hrs. después de terminado el afine del terreno y dejando el talud preparado, esta fue colada con concreto pobre de una resistencia de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , y un revenimiento de 12 cms.

El espesor es variable de 12 a 18 cms., formando una pendiente transversal del 2% del eje de trazo hacia las orillas.

**e).- Armado y Colado de Losa de Fondo**

**Tercera Etapa**

Consistió en el armado y colado de la losa. Siendo el armado de la sección de acuerdo a los planos y especificaciones estructurales correspondientes, junto con la losa se colaron los primeros 10 cms., de los muros laterales. Esta actividad pudo iniciarse en el momento en que la plantilla alcanzara el 40% de su resistencia de proyecto (aproximadamente un día de edad) y debió terminarse a más tardar 72 hrs. después de que la plantilla fue colada. Se realizó esto bajo el procedimiento siguiente:

.- Se procedió a hacer el armado, en el cual debe darse la unión, amarrando el armado con la preparación de varillas que se deben dejar de la losa colada en el tramo subsiguiente, el armado se hace en un tiempo no mayor de 3 hrs. ya que el acero fue previamente cortado y doblado en el campo de habilitación.

.- Se realiza un cimbrado o encachetado para evitar que se saiga el concreto, poniendo una junta unión la cual servirá para dar continuidad de la siguiente losa.

.- Se procede al colado de la losa con concreto de resistencia de  $f'c = 150$  kg. en tramo y de  $f'c = 250$  kg. en estación, para obtener un colado uniforme se da un vibrado durante todo el tiempo de colado, utilizando vibradores eléctricos, dispersando el concreto con herramienta manual.

.- Al llegar la losa a un 45% de fraguado se continua con la excavación.

**f).- Armado y Colado de Muros Estructurales.**

**Cuarta Etapa**

Consistió el armado y colado de muros de la sección estructural, siguiendo las especificaciones marcadas en los planos. Los trabajos referentes a esta actividad, debieron iniciarse a más tardar 4 días después de que la losa de fondo fue colada.

Para llevar a cabo el colado de los muros estructurales se realizó primero el armado del acero de refuerzo, el cual va amarrado con varillas salientes de la losa de fondo de una longitud no menor de 1.50 mts., previamente preparadas estas, para con ello posteriormente recibir el acero estructural de los muros, para con ello obtener una estructura monolítica. La distribución del acero se da con un armado doble a cada 20 cms., de separación en la dirección vertical y en la dirección horizontal a cada 25 cms., de acuerdo a las especificaciones de proyecto. Terminado el armado se procede a cimbrar el muro con cimbra de madera o cimbra metálica deslizante, para posteriormente apuntalarla con troqueles de acero. Terminada esta maniobra se llega al vaciado del concreto, este se lleva a cabo de la siguiente manera:

.- Para este caso en especial, al ser muros superficiales tienen una cierta elevación con respecto al nivel de piso, por lo tanto el concreto se coloca por bombeo, el concreto para estos muros tiene una resistencia de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y un revenimiento de 12 cms., con tolerancias de  $\pm 2.5$  cms. de acuerdo con las especificaciones de proyecto la llegada de las ollas debe darse con una frecuencia no mayor de 90 min. conforme se va dando el vaciado se realiza el vibrado del mismo el cual se da durante el tiempo que dura el colado.

g).- Construcción de Columnas de Piquetaje o Postes de Catenaria para la Alimentación.

#### Quinta Etapa

Paralelamente a la construcción de los muros estructurales, se tuvieron que colar la columnas que reciben el nombre de postes de catenaria. En estas columnas se dejaron las preparaciones para el montaje de los mismos. La ubicación de estos postes se verificó en los planos y especificaciones correspondientes. Dicha estructura sujeta los pantógrafos de alimentación, los cuales se ubicaron a lo largo de la línea en ambos sentidos.

ESTA TESIS NO PUEDE SALIR DE LA BIBLIOTECA

## h).- Construcción del Drenaje Pluvial.

### Sexta Etapa

Se procedió a profundizar la excavación a los lados para alojar los tubos de drenaje. La excavación se efectuó con equipo manual y llegando a la profundidad que marcan las especificaciones expuestas en los planos de proyecto de obras de drenaje. Ampliándose la sección por excavar para la construcción de registros, las zanjas laterales no permanecieron abiertas por más de 24 hrs. Esto se hace con la finalidad de que el suelo no pierda sus propiedades y de esta manera evitar caídos (derrumbes).

Una vez lograda la profundidad a la cual debe ir alojada la tubería, se coloca una cama de tezontle de 10 cms., de espesor, de esta manera la zanja esta en condiciones de recibir el tubo de drenaje, enseguida se coloca el relleno que cubrirá la tubería hasta el nivel de la losa de la sección estructural.

Después de colados los muros estructurales y cuando éstos alcanzaron la resistencia de proyecto, que se da aproximadamente 7 días de edad, se procedió a rellenar la parte superior de las zanjas laterales, hasta el nivel de guarnición actual. Cuando fue necesario restituir el pavimento,

el relleno se colocó hasta el nivel de 67 cms. por abajo del nivel superior de la carpeta asfáltica existente, inmediatamente después se efectuó la construcción de la nueva estructura de pavimento, de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones de restitución de pavimentos.

### 3.2.- Tramo Subterráneo .

#### a).- Trazo.

Para llevar a cabo el trazo del tramo subterráneo se configuró una cuadrilla de topografía integrada por un ingeniero topógrafo, un auxiliar, dos cadeneros y un estadalero, los cuales con el equipo adecuado (teodolito estadales plomadas etc) trazaron el ancho del cajón de acuerdo al proyecto; para esto se marcó con cal el límite de las zonas y etapas de construcción, para tener con ello puntos referenciados, ya sea en la vialidad o en estructuras cercanas para que por medio de estos, se tuvieran establecidos todos los puntos necesarios para llevar una continuidad en el trazo de la línea y no se presentaran errores.

b).- Bombeo.

Localización de pozos de bombeo.

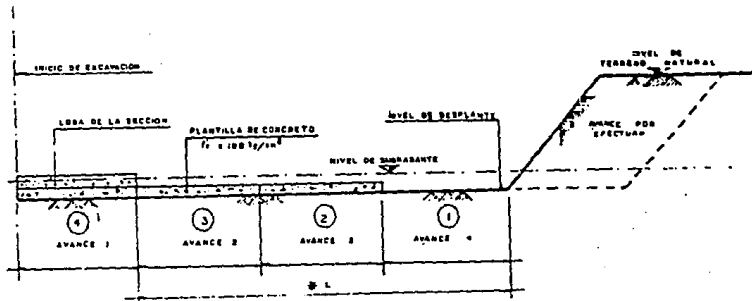
Se sitúan en el eje de trazo a todo lo largo dentro del tramo subterráneo, con una ubicación equidistante a cada 8 mts. con el fin de abarcar el área necesaria para desalojar del subsuelo las aguas freáticas y así poder llevar a cabo la excavación del núcleo con menos problemas o posibles fallas de taludes. (ver Fig. No. 3.13).

Perforación de Pozos de Bombeo.

Para llevar a cabo la perforación de los pozos de bombeo se utilizó el siguiente equipo:

- .- Perforadora montada en camioneta 350, con equipo de perforación deslizante.
- .- Broca triconica.
- .- Tubos extensión de 2.5 mts., para darle la profundidad de proyecto a la perforación.
- .- Carcamo metálico con agua, para inyectarla a la perforación, con la finalidad de hacer más fácil la misma así como para evitar caídos. (se usa como estabilizador).
- .- Una cuadrilla de 4 gentes.





LOS NUMEROS ENCERRADOS EN CIRCULO INDICAN LA ETAPA EN EJECUCION EN EL TRAMO  
 LA LONGITUD MAXIMA SIN COLADO DE LOSA SERA LA QUE DEFINAN 3 AVANCES DE EXCAVACION

SECUENCIA PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
DEL TRAMO SUPERFICIAL

FIGURA No. 343

El procedimiento constructivo de pozos de alivio y abatimiento del Nivel Freatico, es mediante la instalación de un sistema con el cual se alivia la presión hidrostática en los estratos permeables, evitando así las fallas por supresión y mejorando las condiciones de trabajo durante la excavación, así como las condiciones de estabilidad de la misma.

La perforación consiste basicamente:

.- Se usa una broca triconica y conforme se va avanzando en la perforación se llena de agua la misma con la finalidad de facilitar el trabajo de la broca así como de evitar los caídos dentro de la perforación, antes de la colocación del tubo ranurado. Para darle la profundidad de proyecto se le añaden tramos de tubo. Las perforaciones se hacen de un diámetro de 20 cms.

.- Se colocan los tubos en la perforación previamente hecha. Los tubos consisten básicamente en un tubo ranurado de un diámetro de 11 cms. dentro del cual se colocan 2 tubos, de un diámetro de 1", uno que será el que bombee el agua y otro el que la inyecte, estos se

dejaran preparados con sus respectivas mangueras y conectados a alguna de las espigas, que se dejan preparadas dentro del sistema de bombeo.  
(ver Fig. 3.14).

#### Sistema de bombeo.

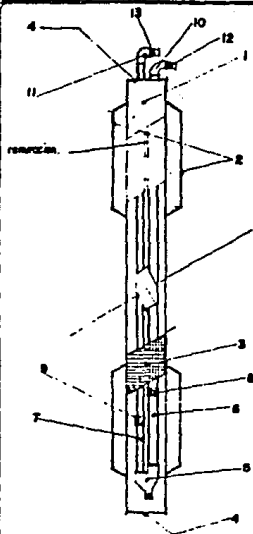
Consiste básicamente en:

.- Un sistema de tuberías con las preparaciones para conectar las mangueras que se encargaran de mantener el nivel de agua en el subsuelo de acuerdo a las especificaciones de proyecto (espigas). Las tuberías deberán ir conectadas a un carcamo con agua y una motobomba.

.- Un carcamo metálico, en el cual se almacenara el agua que se succiona, la misma que será inyectada por la otra tubería.

.- Los conductos que succionan e inyectan el agua al N.A.F (Nivel de Aguas Freaticas). cumplen con las siguientes características:

DIBUJO ESQUEMATICO



N.	C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	O B S E R V A C I O N E S
1	TUBO DE 4" Ø DE ACERO AL CARBON. ( Ranurado.)			FALTA CONSIDERAR SOLDADURA.
2	VARILLA DE Ø 3/4"			
3	MALLA MOSQUITERO			
4	TAPA CIEGA SOLDABLE DE ACERO AL CARBON DE 4" Ø.			
5	BOMBA EYECTORA.			
6	TUBERIA Fg.Ga. DE SUCCION DE 1 1/4"			
7	TUBERIA Fg.Ga. DE INYECCION DE 1"			
8	COPEL Fg.Ga. PARA TUBERIA DE SUCCION 1 1/4" X 10cm.			
9	COPEL Fg.Ga. PARA TUBERIA DE INYECCION 1" X 10cm.			
10	CODO DE 90° DE Fg.Ga. DE 1 1/4" PARA TUBERIA DE SUCCION.			
11	CODO DE 90° DE Fg.Ga. DE 1" PARA TUBERIA DE INYECCION.			
12	NIPLE VASTAGO PARA TUBERIA DE SUCCION Ø 1 1/4"			
13	NIPLE VASTAGO PARA TUBERIA DE INYECCION DE Ø 1"			
14	GRAVA DE 0.25 HASTA 10cm Ø			
				NOTA: TODAS LAS CANTIDADES SON POR POZO.

El 1er tubo que es el de succión extrae un gasto  $Q=5$  Lts/min. el cual debe mantener este ritmo de trabajo ó en su diferencia (+.2 y -.1 lts/min.)

La segunda tubería inyecta el agua con una presión de 5.5 kg/cm<sup>2</sup>, manteniendo esta presión  $\pm 1$  kg/cm<sup>2</sup>.

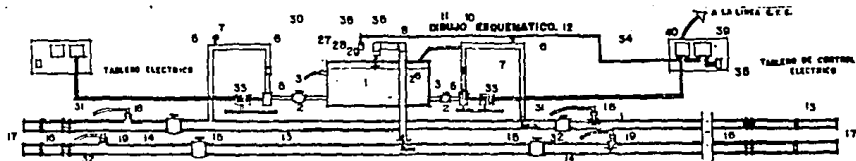
ver Fig. (3.15)

c).- Bombeo de Aguas Freaticas.

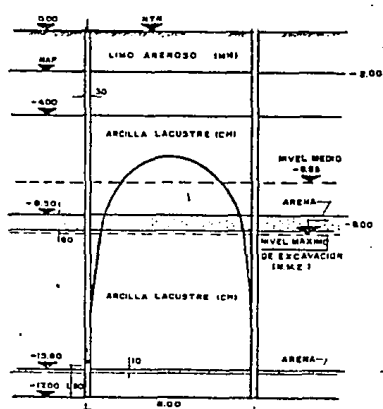
La operación de los pozos se inicio con diez días de anticipación a la ejecución de la excavación. Antes de iniciar esta se verifica la presión media en los estratos permeables, instrumentados mediante piezómetros, para que no excediera a la indicada en la Fig. (3.16) De no ocurrir lo anterior, debía esperarse el tiempo suficiente para que la presión se abatiera por el efecto del bombeo.

Finalmente los pozos quedan colocados en el eje longitudinal del cajón y la separación entre ellos es de 8 mts. La profundidad de desplante de los pozos es de 17 mts. abajo del nivel del terreno natural y el nivel de operación se mantiene de 1.2 mts. a 1.5 mts. por arriba de la profundidad máxima del pozo.

# SISTEMA DE BOMBEO

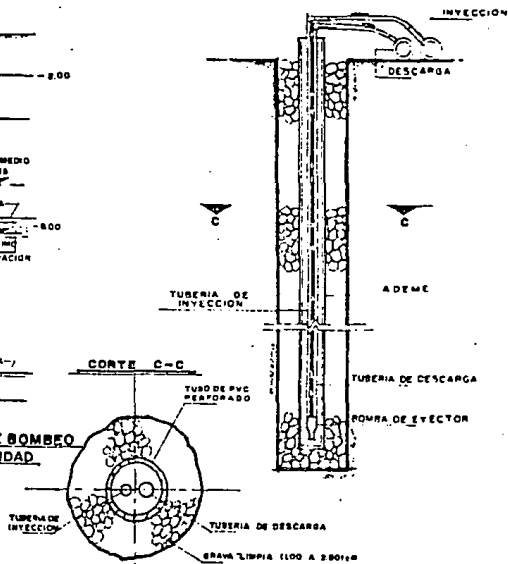


No.	CONCEPTO	UNIDAD/CANTIDAD	No.	CONCEPTO	LIBRO/CANTIDAD	OBSERVACIONES
1-	Carcasa		23	Tapa para tubería de succión inc. copla acrobólica de 1 1/2" y tapa tipo macho de cobre de 1 1/2"		
2-	Valvula de compuerta de 0.4" con bridas B tornillo.		24	Codo de 90° de 0.6" de F.G.O.		
3-	Bridas de 0.4" B tornillo.		25	Codo de 90° de 0.6" de acero al carbon tipo macho en cobre		
4-	Bridas de 0.25" 4 tornillos.		26	Orza hexada con flange de 0.6" en acero		
5-	Tubería de 0.4" de acero al carbon.		27	Valvula para filtro en caracasa de p.º		
6-	Codo de 90° de F.G.O. de 0.4" de 0.		28	Grava para filtro.		
7-	Manometro		29	Mucho erizo para filtro de carbón.		
8-	Tubería de verticales de F.G.O. de 2"		30	Manometro para devitago de 3"		
9-	Copla soldada de acero al carbon de 2"		31	Manometro para lectura de inyección de 1"		
10-	Valvula tipo macho de cobre de 2"		32	Manometro para lectura de succión de 1 1/2"		
11-	Copla de F.G.O. de 2" x 10cm.		33	Banco 220 voltios 50HP.		
12-	Codo de F.G.O. para manometro de 1 1/2"		34	Cable del No.12		
13-	Tubería de acero al carbon de 0.6"		35	Sub.º		
14-	Valvula macho de 0.6"		36	Faco de 70 watts.		
15-	Bridas acrobólicas de 0.6" de acero al carbon.		37	Cable de una línea 3 x 2		
16-	Juntas O-Ring de 0.6" ancho para y juntas.		38	Estacion de bombas		
17-	Tapa para compuerta de 0.6" de acero al carbon de 2 1/2"		39	Interrupcion de succión tipo nuevo		
18-	Espigas para lectura de inyección inc. copla acrobólica de succión al carbon 1" 2 espigas de F.G.O. de 0.25" x 20cm. una varilla tipo macho de cobre de 1" un codo de F.G.O. de 1" de 90° y un varbago de 1"		40	Arreacador		
19-	Espigas para lectura de succión inc. copla soldada de acero al carbon 0.1" 2 espigas de F.G.O. de 1 1/2" x 20cm. una varilla tipo macho de cobre 1" un codo de 90° de F.G.O. 1 1/2" y un respe ystago 1 1/2"		41	Pulmas de 4"x4"x		
20-	Tapa para lectura de inyección. inc. copla soldada de 1" de succión al carbon y tubo tipo de F.G.O. 1" x 10cm.		42	Talon de 2 x 0.25		
21-	Tapa para lectura de succión inc. copla soldada de 1 1/2" de acero al carbon y tubo tipo de F.G.O. 1 1/2" x 10cm.		43	Cable de acero.		
22-	Tapa para lectura de inyección inc. copla soldada de 1" y respe tipo macho de cobre de 0.6"		44	Abanico		
			45	Sub.º		
			46	Sub.º		
			47	Sub.º		



**ABATIMIENTO GENERADO POR DOS POZOS DE BOMBEO  
LLEVADOS HASTA 17m DE PROFUNDIDAD  
Y SEPARADOS 6m**

FIGURA No. 316



**INSTALACION DE UN POZO**

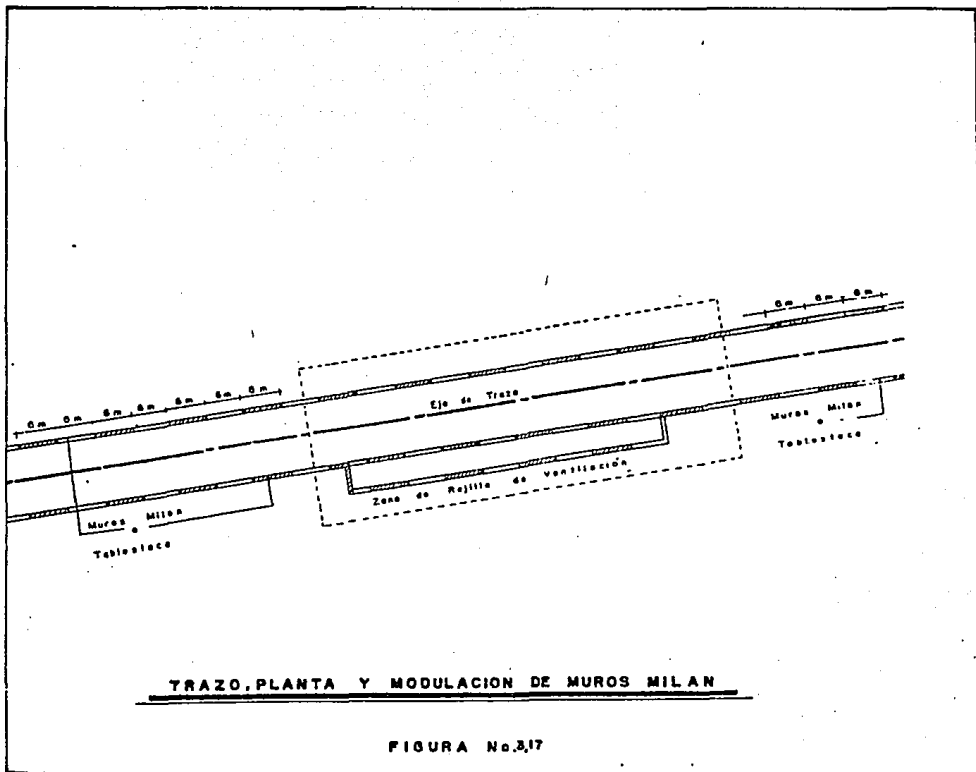
El número mínimo de pozos en operación es de 5, en la disposición que vaya teniendo el avance de la obra; para cada dos etapas de excavación que se inicien, previamente deberá entrar en operación el bombeo de un nuevo pozo. Eventualmente, cuando el peso de la estructura y los rellenos de etapas anteriores ya construidas es suficiente para producir una presión mayor de 7.4 ton/m<sup>2</sup>. Se pueden ir clausurando los pozos de dichas etapas. Cuando se suspenda la excavación por los días de descanso o cualquier otro motivo, el bombeo deberá seguir operando.

**d).- Trazo de Muros Milán.**

El trazo se realizó utilizando una cuadrilla de topografía la cual se guía por los planos de proyecto.

La ubicación de cada muro se marcó con cal en el suelo, llevando una modulación para cada uno de 6 mts. de longitud e indicando la construcción de los muros en forma alternativa. ver Fig. (3.17).





**e).- Construcción de Muros Milán.**

**Excavación.**

Un muro milán es, un muro tablaestaca, se le denomina de esta manera por las características especiales que presenta en su construcción:

Se procedió inicialmente a la construcción de los brocales, para ésto se realizo la excavación de zanjas de 1.60 m. de profundidad por 95 cms., de ancho, de acuerdo con el trazo marcado para el Muro Milán. El nivel inicial de la excavación corresponde al nivel del terrero natural.

Determinando el tramo de muro que se va a construir se inicia la excavación de las zanjas hasta el nivel de desplante de los muros, manteniéndose siempre al nivel de lodo bentonítico a 2 mts., abajo del nivel del borde superior de los brocales, para esto se requirió de un equipo o maquinaria cuya herramienta de corte fuera guiada, con la finalidad de obtener una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja, teniendo presente que en el proyecto por ningún motivo se permitió que la excavación se realizara con cucharón de almeja libre o cualquier maquinaria que no fuera guiada o

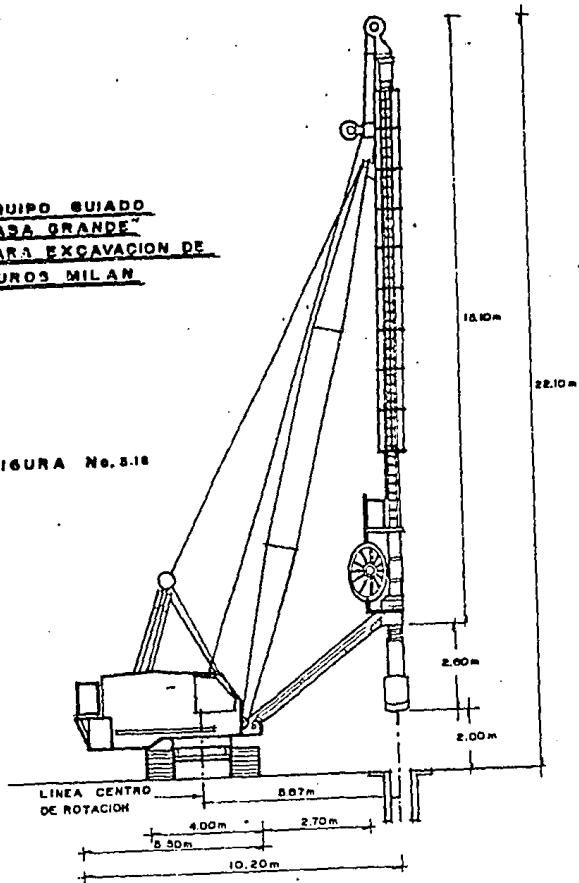
cumpliera con las características antes descritas. La herramienta de excavación debe manejarse con suavidad, evitando los chicoteos o golpes, hincarla sin dejar que choque o que caiga libremente contra el lodo bentonítico o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídos, lo cual conduce a mejores acabados de los muros, a un colado limpio y ahorro de problemas posteriores de rellenos o demoliciones.

Se realiza la excavación con la maquina denominada de Casa-Grande, estabilizando la excavación con lodo bentonítico. ver Fig. (3.18).

El proceso de construcción se llevó a cabo en forma de tableros alternados, asimismo, no se excava ningún tablero hasta que el tablero contiguo haya alcanzado el fraguado inicial ó que deban transcurrir como mínimo 24 hrs. del colado del muro contiguo, ya que de no hacerse de esta manera se pueden tener desgajamientos del muro ya colado Durante la excavación se debe tener un control del lodo bentonítico; la primera, al vaciar el lodo en la zanjas antes de iniciar la excavación y la segunda, inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo, a la excavación.

EQUIPO GUIADO  
'CASA GRANDE'  
PARA EXCAVACION DE  
MUROS MILAN

FIGURA No. 5.18



El lodo bentonítico debe cumplir con ciertas características como son:

- .- Se debe realizar una mezcla en el lodo de 15 lts. de agua por un kg de polvo.
- .- El agua con la que se va hacer la mezcla debe ser lo más pura posible, de preferencia potable.
- .- Al lodo bentonítico se le podrán dar como máximo tres usos siempre y cuando este en condiciones, para lo cual se realizan pruebas de laboratorio. (reciclarlo de una zanja a otra).

#### Acero y Concreto.

No se puede dejar una zanja totalmente excavada y ademada con lodo por mucho tiempo, por lo que no deben pasar más de 24 hrs. entre el inicio de la excavación de un tablero y el colado del mismo. Asimismo no deben transcurrir más de 6 hrs. entre el momento en que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado.

Una vez concluida la excavación y verificada su verticalidad y profundidad de proyecto en la zanja así como las propiedades del lodo, se introdujeron las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo, las cuales se hacen descender por su propio peso siendo estas izadas por una grúa de brazo telescópico.

.- Se arma la parrilla afuera en un patio de habilitado, para después ser colocada por una grúa GROVE-1500 (Grúa telescópica con capacidad de 20 ton.)

.- Para que se de el vaciado del concreto se deberá tener la preparación siguiente:

.- La zanja deberá estar debidamente excavada.

.- Las propiedades del lodo bentonítico deberán estar debidamente verificadas.

.- La parrilla deberá estar colocada, y debidamente habilitada con roles de concreto de 5" de diámetro localizadas en ambas caras de la parrilla en tres niveles en sentido vertical y cuatro en sentido horizontal.

.- Las portajuntas metálicas deberán estar colocadas, estas son unas barras de acero laminadas que sirven como cimbra vertical. Si el colado se realiza entre un muro ya colado y una parte que no este colada llevara una sola portajunta, si es entre dos muros no llevara portajuntas y si es un muro inicial llevara portajuntas por ambos lados.

.- Deberán estar colocadas las lingadas. Estas son una especie de embudos metálicos con extensión de tubos, los cuales deberán alcanzar una profundidad de 1 m. arriba del nivel más bajo de la excavación. Esto se hace con la finalidad de que el concreto no se contamine con el lodo bentonitico y no exista segregación de materiales en el momento del vaciado. Estos son colocados en medio de la parrilla a una distancia no mayor de 1.5 mts., de los extremos de la excavación, estas son cuadradas en la parte superior teniendo una longitud por lado de 1.20 mts., los tubos extensión que se colocan al embudo tienen un diámetro de 20 cms., colocandose un tubo que se conecta al embudo o tolva la cual debe estar a una altura conveniente para

realizar el vaciado desde la olla revolvedora de manera directa.

.- Deberán estar preparada la grúa para que realice el chaqueteo de las lingadas, (Es un movimiento que consiste en subir y bajar la lingada para que el concreto fluya a lo largo de la zanja).

ver Fig. (3.19).

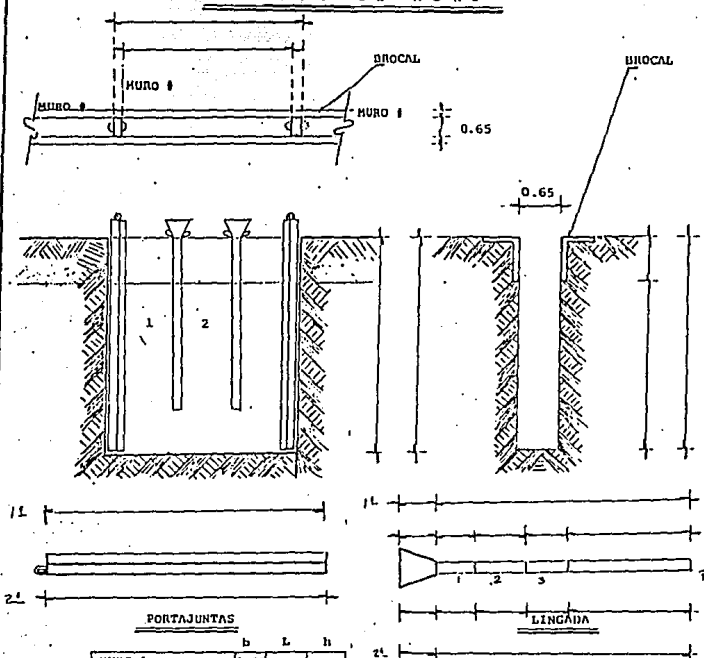
.- Así como la motobomba que ira sacando el lodo bentonítico, trasladandolo a otra zanja en excavación o en su direfencia, cargándolo en un carro tanque para ser nuevamente utilizado o llevarlo al lugar de tiro si es que ya se le dieron los 3 usos o ya no cumple con las propiedades que especifica el proyecto.

.- De la misma manera debera estar preparada una cuadrilla que no deberá ser menor de 5 gentes, la cual debera estar conformada de la siguiente manera:

.- un cabo que es el que lleva el colado independientemente que se encuentre el sobrestante de



# COLADO DE MURO



## PORTAJUNTAS

	b	L	h
MURO 1	0.65		
PORTAJUNTAS	1		
	2		
LINGADA	1		
	2		
PARRILLA			
VOLUMEN COLADO	0.65		

FIG. 8.19

tramo y el jefe de frente o jefe de obra, los dos últimos deben ser Ingenieros. las otras 3 gentes pueden ser ayudantes generales u oficiales.

.-Las ollas deberán llegar en intervalos no mayores de 1.5 hrs. El concreto debiera cumplir con las siguientes especificaciones:

.-El concreto de  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup> en tramo y  $f'c=250$ kg/cm<sup>2</sup>.

.-El revenimiento deberá ser de  $18\pm 2.5$  cms., siendo como mínimo de 15.5 cms., y como máximo de 21.5 cms., para muros de tramo y de  $f'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup>, para cruces de puentes de avenidas de alta vialidad o muros de estación así como 3 muros antes de llegar a la estación, siendo el revenimiento de  $10\pm 2$  cms., ó sea que como mínimo de 8 cms., y como máximo de 12 cms.

.-El tiempo que transcurra entre el momento de iniciar el colado y el fin del mismo, es de 4 hrs, 15 min, el colado del muro se inicia a mas tardar una hora despues de introducido el armado, con el objeto de

garantizar el recubrimiento de los muros; después de colocados los roles en la parrilla y de estar nivelada y centrada esta se colocan las lingadas. No se permitirán interrupciones en un colado mayores de 15 min.

Así mismo no se podrá tener ninguna otra actividad en el muro mientras no se alcance el fraguado de proyecto que es de 14 días, ya que los muros no aceptan empujes del terreno ni de troqueles mientras no llegue a esta edad, razón por la cual la excavación de núcleo no comienza sino hasta después de 20 días de haberse colado los muros.

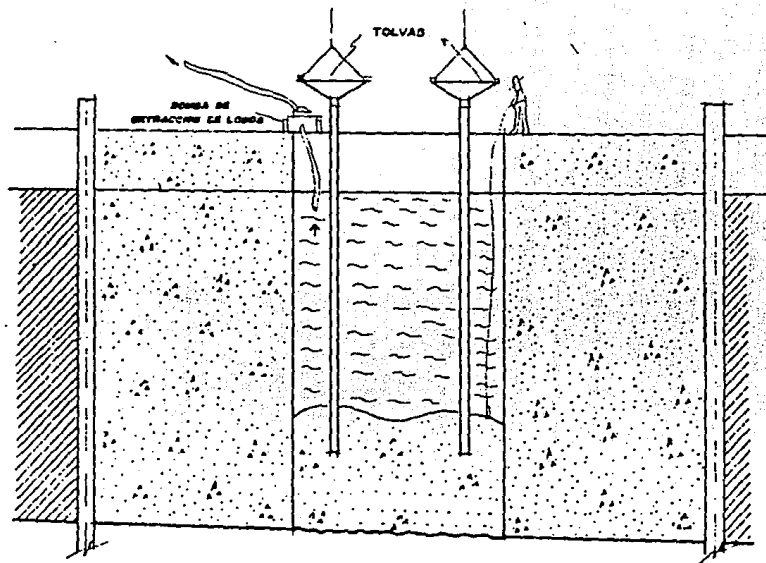
f).- Excavación de Núcleo.

La excavación para alojar el cajón del metro ligero fue a cielo abierto, usando muros milán y muros estructurales superficiales, como estructura de contención, el sistema de apuntalamiento de los muros consistía en troqueles tubulares de acero los cuales van colocados de lado a lado del cajón, a los cuales se les somete a una precarga o presión durante todo el tiempo que duren las diferentes etapas de la obra.

La excavación trajo consigo la utilización de maquinaria operada desde superficie, de modo que fuera posible realizar las maniobras en forma segura entre los troqueles ya colocados, La maquinaria fue del tipo Draga de almeja libre, auxiliándose en el fondo de personal con equipo manual que coloco el material inaccesible para la maquinaria en posición de ser desalojado.

La excavación requirió avances longitudinales de 4.00 m. llevando un talud en el frente de avance de excavación con una inclinación de 45 grados y bermas en los niveles indicados en la Fig (3.20). considerando no colocar sobrecargas ni en la corona ni en las bermas.

Previamente a la iniciación de cada avance de la excavación se hizo un descopete de 2 mts., de profundidad en la corona del talud, con la finalidad de realizar de manera más accesible la colocación de las tabletas, ya que estas descansan sobre los muros talaéstaca. Dejando 8 mts., de muro milan que es aproximadamente la profundidad de proyecto para esta obra en especial.



COLADO DE MURO MILAN

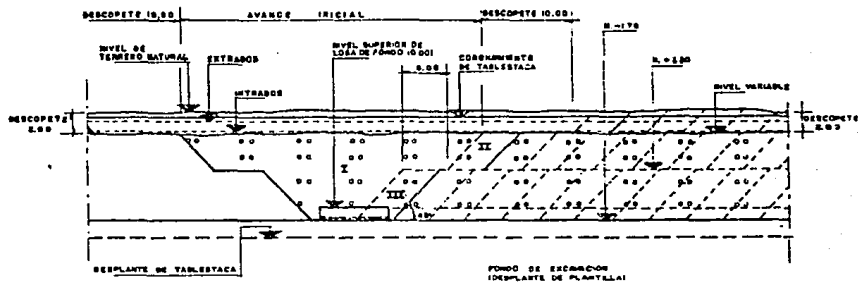
FIG. 320

Los avances de excavación se realizaron en etapas verticales, en cada una de las cuales se debían ir colocando, los diferentes niveles de troqueles.

A la terminación de la excavación correspondiente, si por algún motivo el talud permanecía más tiempo del indicado era necesario proteger la superficie inclinada con una capa de mortero con un espesor de 3 cms., si la suspensión rebasaba el límite de una semana, era necesario tender los taludes a una inclinación de 1.5:1 y proteger la superficie, tal y como se indico antes, reforzando esta con una tela de gallinero e inclusive, en las superficies horizontales de la bermas y descopete.

g).- Apuntalamiento con Troqueles.

El sistema de apuntalamiento del Muro Milán está formado por troqueles en cuatro niveles a lo largo de toda la excavación, los cuales están indicados en la Fig. (3.21). - y fueron colocados uno a uno en las diferentes etapas de excavación.



**CORTE LONGITUDINAL DE AVANCES DE EXCAVACION EN EL TRAMO**

**FIGURA No. 3.21**

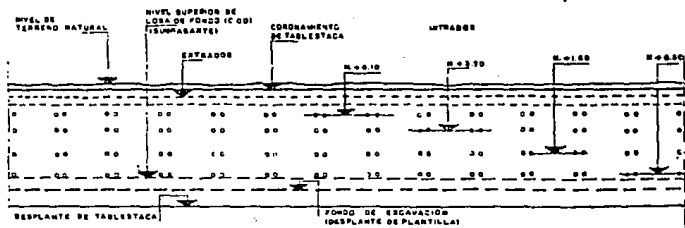
Los troqueles deben estar provistos en sus extremos de apoyos especiales para transmitir la carga de los muros, así como para alojar el gato hidráulico, mediante el cual se les da la precarga. El detalle de los apoyos se indica en la Fig. (3.22).

Adicionalmente los troqueles deben estar sujetos en los extremos con elementos que permitan asegurar el troquel mediante un amarre al armado de la tablestacas (estrobos) dichos elementos se indican en la Fig. (3.23). e inmediatamente se procede a aplicar la precarga de 30 ton. como mínimo para el primer nivel de troqueles y de 60 ton. para los demás niveles.

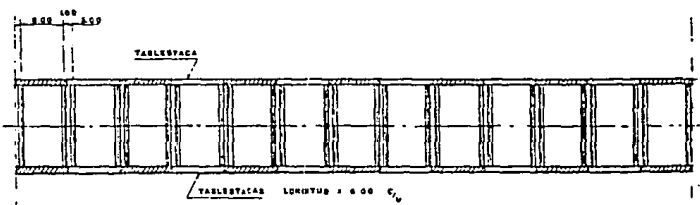
La modulación debe respetarse con el fin de mantener las dovelas del Muro Milán en condiciones estables durante todas las etapas de la excavación, los troqueles fueron colocados en distancias de 50 cms., tomando como centro la junta constructiva entre los Muros Milán.

El número de troqueles necesarios para la ejecución de la excavación, está limitado a la zona comprendida entre el



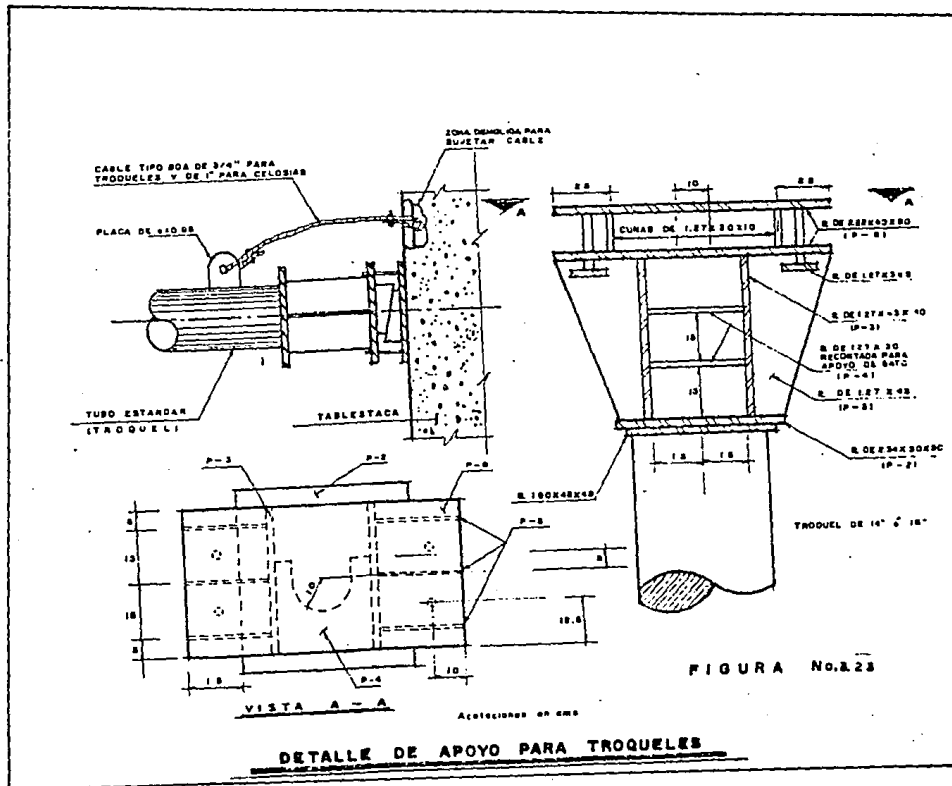


**CORTE LONGITUDINAL DE POSICION DE TROQUELES**



**PLANTA DE DISTRIBUCION DE TABLESTAS Y TROQUELES.**

**FIGURA No. 22**



frente de excavación y la estructura terminada del cajón, siendo indispensable que ésta permaneciera siempre a este nivel de ejecución en el antepenúltimo avance, en el cual se haya colocada la losa de fondo.

h).- Bombeo de Achique

Consiste en la extracción del agua que se acumula en el fondo de la excavación debido al volumen que se genera por nivel de aguas freáticas, que se encuentra a pocos metros del nivel de terreno natural y debido a éste fenómeno, no es posible realizar la construcción en forma satisfactoria, por lo cuál es necesario desalojarla, permitiendo así maniobrar en seco; este trabajo requiere atacarse a través de carcamos de bombeo con la ayuda de un canal a todo lo ancho del cajón donde termina la última etapa de la excavación, es decir, hasta el fondo de la misma. Se hace necesario la construcción de carcamos de bombeo auxiliados por canales a los lados de los muros estando colocado el carcamo en el lado extremo del muro milán, donde se coloca una bomba eléctrica sumergible de 4" de diámetro la cual extrae el agua y la saca del cajón por medio de una manguera del mismo diámetro y la transporta a los pozos de visita

del alcantarillado más cercano; esta operación se controla a intervalos de tiempo no definidos, ya que depende del nivel de agua que se encuentra en el cajón, la cuál es controlada desde la superficie por un operador.

**i).- Afine del Terreno con Equipo Mecánico.**

El afine del terreno se llevo a cabo desde la superficie con ayuda de una draga y en el fondo con ayudantes generales con palas, ya que había material que la misma draga, por el ancho de la almeja, no podía sacar, considerando también el material que se encuentra bajo los troqueles, el cual fue necesario mover y acomodar para que la draga lo sacara, así mismo depositarlo en los camiones de carga para ser transportado al sitio de tiro; el afine fue realizado con mucho cuidado para así evitar posibles sobreexcavaciones y rellenos con tepetate.

**j).- Colado de Plantillas.**

Alcanzado el limite especificado de la excavación, se procedió al colado de la plantilla de concreto pobre, con una resistencia de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ . con un aditivo acelerante, esto es con la finalidad de dar más velocidad de

fraguado a la construcción de la plantilla del cajón; el procedimiento que se llevo a cabo para el colado, consistió primero en hacer un canalón formado por tambos de lamina cortados a la mitad y a los cuales se les soldan varillas de 5/8" para rigidizar la lamina y hacer el canalón más resistente para que pudiera soportar el peso del concreto, ya que la longitud del canalón es de 10 mts., y así poder darle varios usos.

Para realizar el colado, se coloco el canalón en uno de los extremos de la parte superior del cajón, al nivel del terreno natural, sujetado a los troqueles con cuerdas y el otro extremo casi hasta el fondo de la excavación, ya que al llegar las ollas revolvedoras vacían el concreto al canalón y por medio de éste es transportado hasta el fondo en buen estado, evitando con ello la segregación de los agregados petreos.

**k).- Colado de Losa de Fondo.**

Dos horas después de terminado el trabajo anterior, se procedió al armado de la losa de fondo, paralelo al del muro estructural, ya que las varillas verticales se anclan

en la losa para rigidizar la estructura del cajón, obteniendo con esto una estructura monolítica. El colado de la losa de fondo, se realizó a todo lo ancho de la excavación con avances longitudinales de 5 mts., como máximo. Se colocó una cimbra tapón a base de polines en sus extremos, dejando preparaciones para los traslapes de la varillas del avance siguiente. El vaciado del concreto se realizó de la misma manera que en el colado de la plantilla, solamente que aquí si se vibró el concreto para obtener mejor calidad y acomodo de éste. La resistencia del concreto con que se colaron las losas de fondo fue, llegando a la estación, así como en esta,  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y en el tramo con,  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . ver fig's. (3.24 y 3.25 ).

1).- Muro Estructural.

Después de 24 hrs. de coladas las losas de fondo, se procedió al armado, cimbrado y colado del muro estructural del cajón, paralelamente al armado y colado de la losa de fondo del avance subsecuente.

Una vez concluido el armado del muro y habiendo dejado las preparaciones necesarias de traslapes para el siguiente

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL**  
**TRAMO SUBTERRANEO EN CAJON**

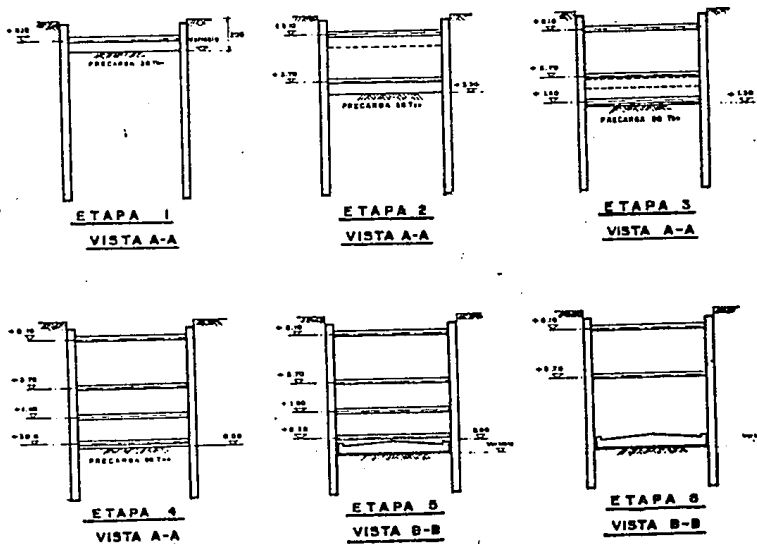


FIGURA No. 8-24





avance, se procedió a cimbrar tanto el muro del lado poniente, como el del lado oriente, esto con la finalidad de dar mejor apoyo a las cimbras, las cuales estan formadas por tableros hechos de triplay reforzado o de lámina de acero reforzada con ángulos, con llantas metálicas abajo, para que funcione como cimbra deslizante, en las cuales se colocan troqueles de acero de 4" de diámetro de lado a lado de las cimbras para que quedaran fijas y apuntaladas; ya que hubieran plomeado las cimbras, colocadas las bandas, así como los tapones, se procedió a introducir unas lingadas en forma de embudos, para que por éste conducto fuera vaciado el concreto de las ollas revolvedoras, haciéndolo despacio y pausadamente, para que el peso y fuerza del concreto no fuera a botar las cimbras, así como el evitar la contaminación del concreto ya que éste es colado en lodo bentonítico. Este lodo se bombeo durante el colado, el vibrado se lleva a cabo con el chaqueteo que se le da a las lingadas. Una vez alcanzada la resistencia y fraguado, se procedió a retirar los tableros y enseguida a detallar el muro, de los caidos que se hayan provocado durante la excavación del mismo ver Fig's. ( 3.24 y 3.25 ).

m).- Colocación de Tabletas.

La colocación de tabletas se realiza tomando las especificaciones marcadas en un plano, que nos indica el despiece, su colocación se llevo a cabo con una grúa Grove con capacidad de 20 ton. y 12 mts. de alcance, con la cual se levantan las tabletas previamente sujetas con estrobos (cables de acero), el cuál se coloca en el izaje de las tabletas, para ser colocadas en el cajón, esto se hace con la ayuda de maniobristas; las tabletas se asientan en un mortero colocado en la parte superior del muro estructural, previamente trazada su colocación por la brigada de topografía. ver Fig. (3.24 y 3.25).

n).- Armado y Colado de Firme de Compresión.

Una vez colocadas las tabletas, se procedió a desdoblar las varillas que sobresalen de las tabletas presforzadas, para iniciar el armado del firme con las varillas que se dejaron previamente preparadas de los muros estructurales y de esta forma cerrar el cajón.

El colado del firme se llevó a cabo con la ayuda de las ollas revolvedoras y un canalón más pequeño del mencionado

con anterioridad y claro esta que también con la participación de la gente de campo, haciendo el traspaleo debido del concreto, así como el vibrado correspondiente para dar una mejor calidad y resistencia del colado. Las losas de compresión se trabajaron con diferentes espesores los cuales dependían del tipo de tableta que se usaba, con espesores que varían entre  $e = 75$  cms., a 30 cms., ver Fig. (3.26 ).

**o).- Construcción de Rejillas de Ventilación.**

Las rejillas de ventilación, son zonas especiales donde el cajón requiere ventilación, su construcción es a base de columnas y trabes. ver Fig. (3.26).

**p).- Descabece de Muros Milán.**

El descabece de Muros Milán es un requerimiento que se llevó a cabo en los muros del tramo que sobresalen o rebasan el nivel del firme de compresión, el descabece no es más que una demolición de concreto, así como el corte del armado con soplete de oxiacetileno. La demolición se llevo a cabo con una maquina poclairn equipada con martillo, la cual a base de golpes, tritura el concreto en pequeñas



partes, siendo estas acarreadas y depositadas en camiones de carga con la ayuda de un cargador frontal, para ser llevadas al lugar de tiro.

q).- Construcción del Dren para Cajón.

El drenaje del cajón se construyó simultáneamente con la losa de fondo, en la cual previamente a su colado, se colocan tubos de P.V.C. de 8" de diámetro, paralelos a los muros estructurales y a una distancia de 30 cms., este drenaje del cajón, es construido tanto del lado poniente como del lado oriente, dejando a cada 20 mts., huecos para registros de 60x90 cms., Finalmente, una vez concluida la construcción del cajón, se hicieron las cubiertas precolladas, llamadas tortugas, las cuales se colocaron junto a los muros estructurales; estos elementos tienen la función de detener el balasto cuando este ya es colocado y de esta manera ya nada más pasa el agua que se filtra, la cual es captada por los registros y transportada por los tubos de P.V.C, hasta un pozo de bombeo que saca el agua del cajón al drenaje superficial o al que se encuentre en la vialidad. Los registros y cubiertas son hechos de concreto con malla electrosoldada 6-6, 10-10 y varilla del número 3.

## C A P I T U L O 4

### ESTACION TIPO

#### 4.1.- CIMENTACION

##### a.- Etapas de Construcción en la Cimentación.

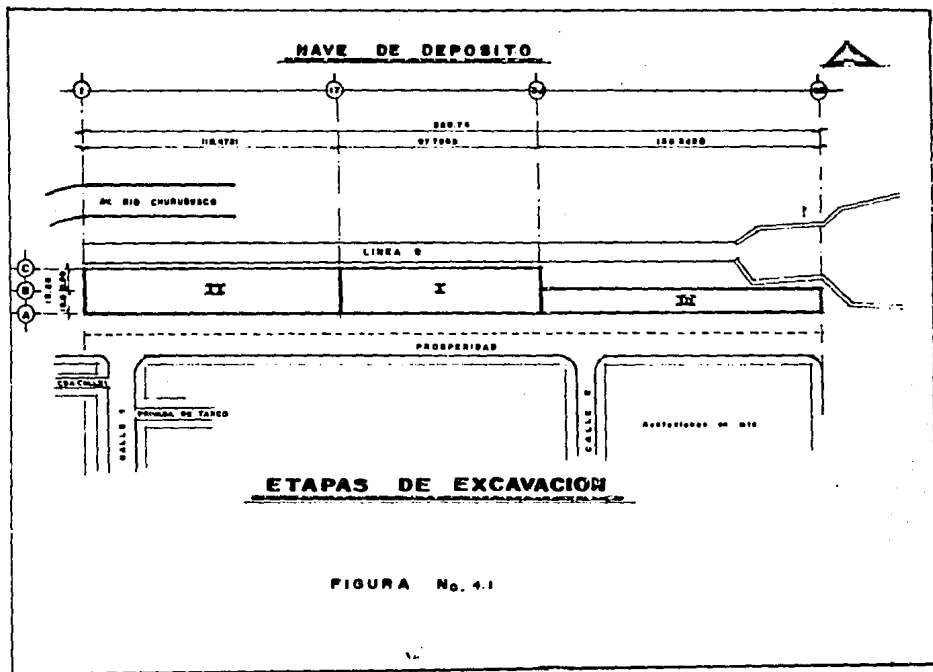
##### .- Excavación.

Antes de iniciar los trabajos de excavación fue necesario efectuar los trabajos preliminares de trazo, nivelación y desplante del terreno, retirando las capas de pavimento, los restos de banquetas y cimentaciones superficiales en toda el área de construcción de la estación.

##### .- Excavación de Núcleo.

Consistió en la excavación para alojar la subestructura de vía. Esta se efectuó con avances longitudinales por etapas para evitar una descompensación en el terreno y así poder evitar asentamientos importantes. Las etapas de excavación se ilustran en la fig. 4.1.

Para llevar a cabo la excavación y construcción de este tipo de subestructura se utilizó para su ejecución equipo



de tipo mecánico. Como es el caso de la retroexcavadora, la cual fue excavando hasta el nivel 15 cms., arriba del nivel de proyecto, el resto de la excavación o afine del terreno se realizó mediante equipo manual. (pico y pala ). Para poder iniciar la excavación de un nuevo avance en la subestructura de vía, se colocó la capa de subrasante en el avance anterior.

.- **Mejoramiento con tezontle.** En caso de que al efectuar la excavación del núcleo la superficie excavada presentara remoldeo del terreno natural o cuando el nivel de desplante de la capa de subrasante se encontrara por arriba de la configuración excavada del terreno natural, o bien, se presentaran rellenos heterogéneos de mala calidad como basura, cascajo, etc., se retirarían estos materiales y se sustituirían por una capa de tezontle en greña.

La sobreexcavación se inició conforme a los procedimientos utilizados en la excavación del núcleo formando una caja, hasta retirar en un espesor máximo de 80 cms., del material remoldeado, colocando enseguida el material de mejoramiento. El material de mejoramiento se colocó en una capa de 30 cms., de espesor compacto.



Los equipos utilizados en esta etapa fueron un tractor sobre orugas para colocación del material y un rodillo vibrocompactador para reacomodarlo.

- Zapatas Aisladas.

Las excavaciones para alojar las zapatas aisladas y corridas, se realizaron con equipo manual hasta el nivel de desplante de plantilla y en caso de haber encontrado depósitos de suelo orgánico o basura en el fondo de las excavaciones, fue necesario sustituir dichos materiales por suelo arenolimoso (tepetate). (Ver fig. 4.2).

El armado de estas fue realizado en el sitio, teniendo una distribución de acero de acuerdo a las especificaciones de proyecto, ya que estas fueron determinadas por el tipo de suelo del lugar. Se utilizó varilla de 5/8" , 1/2" , 3/4" y 1". Para la distribución del acero se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Una separación de 25 cm. en el sentido transversal.
- Una separación de 15 cm. en el sentido longitudinal.

**FALTA PAGINA**

No.

120

Aunque se tomaron estos dos criterios fundamentalmente, el armado fue diferente en casi todas las estaciones, difiriendo en los dobleces, ganchos y diámetros del acero de refuerzo en la zapata.

Todas las zapatas coladas en estación, fueron con un concreto de resistencia  $f'c=250$  kg/cm.2, con un revenimiento de 12 cm., este con tolerancias de  $\pm 2.5$  cm.

#### .-Trabes de Liga

La excavación para la trabe de liga se desarrolló con las mismas observaciones, una vez alcanzado el 40% de la resistencia de las zapatas, después de terminada se procedió a la construcción de la siguiente etapa.

Así como las zapatas estas fueron armadas en el sitio con varilla de 1'', 3/4'' y 1/2'' de diámetro. Estas fueron previamente cortadas y con los dobleces respectivos en el campo de habilitado de acero, lugar donde se corta y dobla la varilla de acuerdo a las especificaciones de proyecto.

El cimbrado se realizo con cimbra metálica o de madera colocando a esta listones, los cuales cumplen la función de separadores, y para dar control de calidad en el colado.

Las trabes de liga fueron coladas con un concreto de resistencia  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>., y un revenimiento de 12, este con una tolerancia de  $\pm 1.5$  cm.

.- Colado de Plantillas.

Terminada y afinada la excavación, se colaron las plantillas, para lo cual se utilizó un concreto pobre  $f'c = 100$  kg/cm.<sup>2</sup> y revenimiento de 12 cm. con tolerancias de  $\pm 1.5$  cm. el espesor fue de 6 cm. para zapatas, esta etapa debió terminarse 24 horas después de que la excavación fue afinada.

.- Armado y Colado de Elementos de Cimentación.

Una vez que el colado de la plantilla alcanzó el 40% de su resistencia inicial (24 horas) se iniciaron los trabajos de armado y colado de los elementos de cimentación tales como zapatas aisladas, zapatas corridas y trabes de liga, tomando en cuenta que la trabe de liga se colaría después de haberse colado las zapatas y haber iniciado su excavación. (Ver fig. 4.2.).

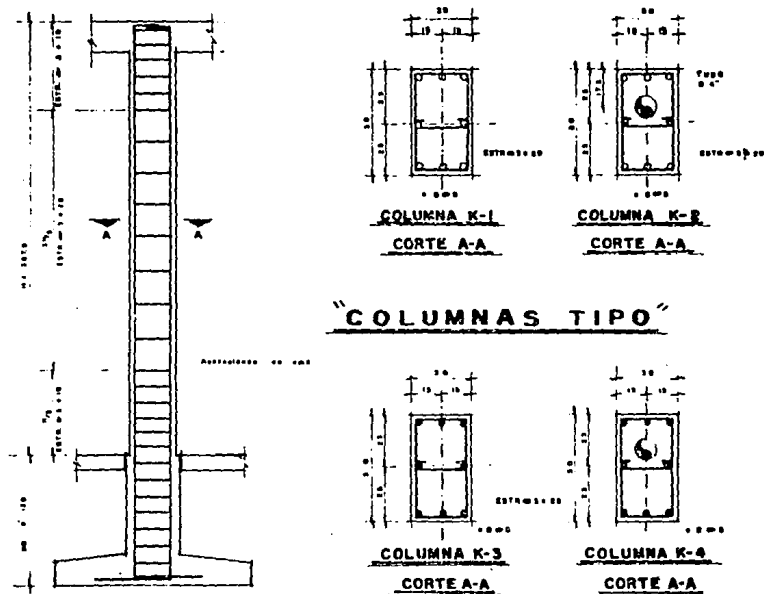
Es importante no olvidar que se dejaron en el armado las preparaciones necesarias para la continuación de las columnas y muros perimetrales.

b.- Estructuración de Muros.

Una vez terminadas las actividades de cimentación, se desplantaron los muros laterales, los cuales son conformados por los siguientes elementos: (Ver fig's 4.3 y 4.4.).

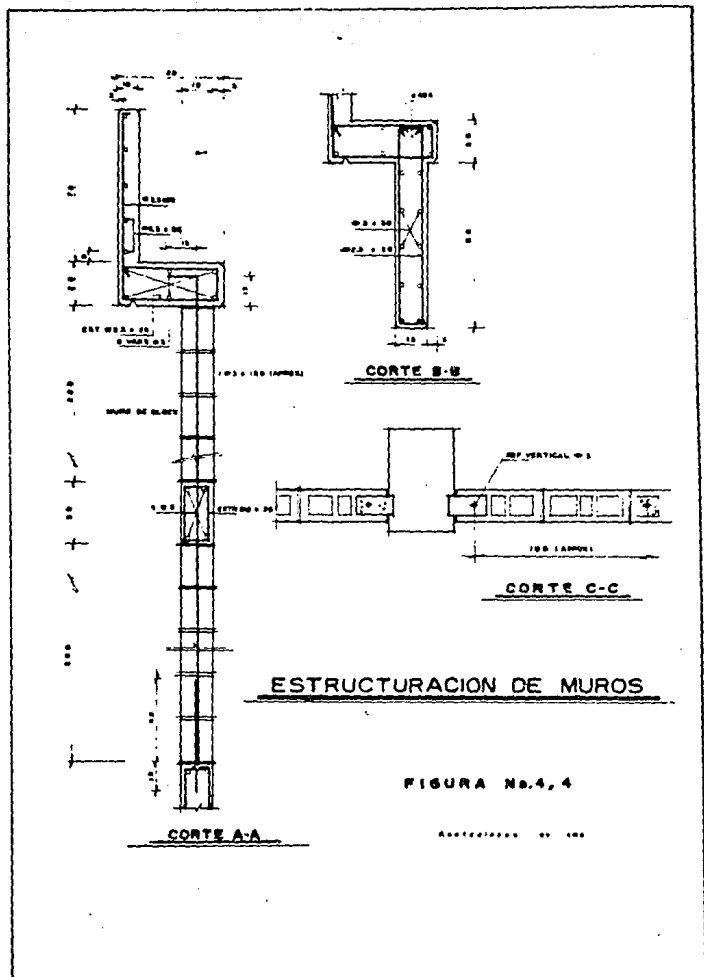
- .- Murete estructural.
- .- Muro de block.
- .- Columnas.
- .- Dala intermedia.
- .- Trabe superior y faldón.
- .- Muros de concreto en accesos.

Teniendo colada la trabe de liga y zapatas con sus preparaciones correspondientes se inició el armado y colado de las columnas y la construcción de los muros perimetrales, sobre los cuales se empezó el desplante de los muros de block en la estación.



**"COLUMNAS TIPO"**

FIGURA No. 43



Así, consecutivamente, se fueron construyendo los niveles de columnas, dallas y muros de block hasta llegar al nivel del faldón, donde fue necesario auxiliarse de una obra falsa para su cimbrado y armado, y en el caso del colado fue necesario el uso de poleas para poder transportar el concreto a pie de colado.

El colado de muros de concreto en los accesos se efectuó una vez que en cada uno de los 3 accesos alcanzaron los dos niveles de columnas y muros de block vidriado.

Se tuvo cuidado en dejar ahogadas en las columnas las tuberías que desalojan las aguas pluviales de la techumbre y las anclas que recibieron a las armaduras.

.- Armado y colado de losa de fondo y muros.- Esta etapa comprende el armado y colado de la losa de fondo, colocándose al mismo tiempo el dren longitudinal que quedó ahogado en la losa. Se tuvo especial cuidado en dejar las preparaciones para el armado de los muros, los cuales se armaron y colaron paralelamente.



En el carcamo de bombeo se coló la losa inferior dejando preparaciones para los muros laterales, colados éstos, se llevó a cabo el armado, cimbrado y colado de la losa tapa.

#### 4.2.- Subestructura de Vía.

Se describe el procedimiento constructivo y los requisitos de calidad de los materiales que conforman las terracerías en la subestructura de vía, a lo largo de la Línea "A" tanto en tramo como en las estaciones.

La subestructura de vía estuvo conformada por los siguientes elementos constructivos:

CAPA	ESPESOR
MEJORAMIENTO DE TEZONTLE	30 cm.
SUBRASANTE	30 cm.
SUB-BALASTO	20 cm.
BALASTO	55 cm.

.- Terracerías. Una vez concluidos los trabajos referentes a la construcción de las zapatas y muros perimetrales, comenzaron los trabajos de la construcción

de la subestructura de vía para lo cual fue necesario iniciar los trabajos de excavación del núcleo e ir formando las terracerías con las capas mencionadas anteriormente. (Ver fig. 4.5).

Las indicaciones que se siguieron para excavación y la colocación de cada capa se describe a continuación:

a.- Subrasante.

Una vez realizada la excavación y la colocación del material de mejoramiento, se formaron las capas de sub-rasante, con dos secciones de 15 cms. de espesor compacto, la cual se colocó en todo el ancho de la estación.

El material tuvo humedad cercana a la óptima, en el número de capas necesarios para alcanzar el espesor de proyecto, estas capas se compactaron con rodillo vibratorio hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M. de acuerdo a las pruebas realizadas (proctor estandar).

La subrasante está formada por material areno-limoso (tepetates clasificados). que cumplieron los requisitos de calidad y especificaciones de proyecto.

# TERRACERIAS

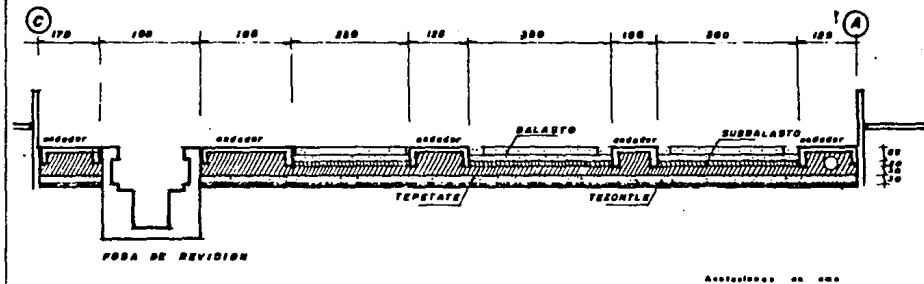


FIGURA No. 4.3

Los equipos utilizados en esta etapa fueron:

- Motoconformadora para tendido y afine del material.
- Pipa para humectación del material.
- Rodillo vibratorio para compactación del material.

Tolerancias en subrasante.

- 1) Nivel de superficie  $\pm 1$  cm.
- 2) Pendientes, diferencia con respecto a proyecto  $\pm 1/2\%$
- 3) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3.0 m. de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción 1.5 cm.

- 4) Compactación obtenida pruebas  
proctor estandar ≥ 90%

b.- Sub-balasto.

Terminada en su totalidad la construcción de los andadores, se colocó la capa de sub-balasto, debiéndose confirmar además que la capa de subrasante estuviera terminada dentro de las tolerancias fijadas. (Ver fig. 4.6).

La capa de sub-balasto tuvo un espesor de 20 cm. y se formó con una sola sección, colocada con humedad cercana a la óptima, y compactada al 95% de su peso volumétrico seco, según prueba proctor, utilizando para tal fin un rodillo vibratorio.

.- Tolerancias en sub-balasto.- Para dar por terminada la construcción de esta capa se verificó el alineamiento, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

**FALTA PAGINA**

No.

132

- 1.- Nivel de superficie ± 1 cm.
- 2.- Pendiente con respecto a las de proyecto ± 1/2 cm.
- 3.- Profundidad de las depresiones observadas en forma paralela y normal al eje de construcción 1.5 cm.
- 4.- Compactación ≥ 90 %

5.- Espesores en capas de sub-balasto

$$(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2 < 0.12 e^2$$

$$(e_r - e) \leq 0 \text{ o } e$$

en el 90% de los casos como mínimo.

en donde:  $e_1, e_2, \dots, e_n =$

Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos,

$$e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

Espesor real promedio

---

n

n = número de sondeos

El equipo utilizado en esta etapa se compone de: un tractor sobre neumáticos para traslado y colocación del material:

- Una pipa para humedecer el material.
- Un rodillo vibratorio para la compactación.

**c.- Balasto.**

La construcción de esta capa se inició cuando la capa de sub-balasto estuvo terminada dentro de las tolerancias fijadas, para ésto se colocó una subcapa, la cual se compactó. El balasto de la subcapa tuvo una altura de 10 cm. debajo del nivel definitivo inferior de los durmientes, permitiendo así la nivelación final por calzado.

Después, de colocados los durmientes y armada la vía, se colocó el balasto y se efectuó el alzamiento, la alineación, el ajuste y el bateado de la vía.



Para el abasto de balasto a la vía utilizó para su distribución vehículos especializados (trenes de servicio). La descarga en la vía se efectuó comenzando por las cabezas de los durmientes.

Los alzamientos para el bateado de la vía se ejecutó en operaciones sucesivas, entre cada alzamiento de 10 cm. como máximo, una nueva capa de balasto fue descargada.

Los equipos utilizados para la primera subcapa fueron:

- Un tractor sobre neumáticos para colocación del material.
- Un rodillo vibratorio para compactación.

d.- Requisitos de Calidad de los Materiales.

.- Mejoramiento.- El material utilizado para realizar la sustitución de materiales de mala calidad y para alcanzar los niveles de desplante de la subrasante fueron procedentes de los bancos de tezontle aprobados por COVITUR los cuales de acuerdo a las especificaciones de proyecto deberían tener un tamaño máximo de 6" por ser material en greña.

.- Material de capa subrasante.- Los materiales que se utilizaron para la formación de la subrasante fueron procedentes de bancos de tepetate aprobados con tamaño máximo de 7.6 cms., (3"), límite líquido no mayor de 30%, cantidad de finos no mayor de 30%, además debieron haber tenido un valor relativo de soporte del 10% y expansión menor de 5%.

.- Materiales para sub-balasto.- La capa de sub-balasto, por sus funciones estructurales y drenantes, constituye la capa más importante de la subestructura de vía, por lo que se cumplieron estrictamente los siguientes requisitos de calidad.

- La curva granulométrica quedó comprendida totalmente en la región sombreada de la figura No. 36 que corresponde a un material drenante.

- El material debió tener menos de 5% en peso de partículas menores que la malla 200. (0.074 mm. de abertura).

- En lo referente al límite líquido, contracción lineal y equivalente de arena, debió cumplirse con los siguientes valores.

Límite líquido	3% máximo
Contracción lineal	4.5 máximo
Equivalente de arena	50% mínimo

- Valor relativo de soporte mínimo fue de 30%.

.- **Materiales para balasto.**- Las características y control de calidad de este material fueron las aprobadas por los bancos seleccionados por COVITUR.

**Cimbrado.**- La cimbra de todos los miembros que forman la estructura debe estar proyectada para cumplir los siguientes requisitos:

La forma debe cumplir con las dimensiones de los elementos indicados en los planos, no se permiten deformaciones importantes como flechas en trabes y losas o desplome en columnas y muros.

Línea "A" Pantitlan-La Paz.  
J. Fausto Chocho R./Edwin Martínez S.

Armado de trabes.- Para llevar acabo el armado de trabes pueden usarse paquetes hasta de 3 varillas amarrando correctamente las varillas que forman los paquetes siempre y cuando cumpla este con el espesor establecido por las normas de proyecto.

- La separación mínima entre superficies de varillas o paquetes es de 2.5 cms. o el diámetro de la varilla mayor.

- El recubrimiento de las varillas principales medida a su superficie externa es de 2.5 cms. en trabes de estructura y 5 cms. en trabes de cimentación.

- El primer estribo se coloca a 5 cms. del paño de columna o trabe a que se ligó y posteriormente se sigue el armado conforme a lo indicado en los planos y especificaciones estructurales.

- Los dobleces o ganchos de las varillas se realizan en frío y mediante pernos con radio no mayor de 2.5 cm. de diámetro para varillas no mayores a 5/8", de 3 diámetros para varillas mayores. No se permite ningún doblez de alguna varilla embebida en concreto.

- Las varillas que lleguen a los extremos de la trabe se anclarán doblándolas a 90 grados con una prolongación de 30 diámetros como mínimo.

**Mezclado.-** En ningún caso se permite mezclado a mano.

El mezclado mecánico debe hacerse de acuerdo con las proporciones aprobadas, cuando se usen concretos premezclados, éstos deben seguir las normas correspondientes a ellos.

**Transporte.-** En ningún caso se permiten revolturas cuyo tiempo de transporte sea superior a 45 minutos, así como los tiempos de llegada entre una olla y otra no deben exceder de 60 minutos como máximo, esto con la finalidad de que no se pierdan las propiedades físicas.

sicas y químicas de los concretos, en caso contrario deberá aplicarse un aditivo, el equipo de transporte debe ser capaz de proporcionar el abastecimiento del concreto al sitio de colocación sin segregación de los agregados y sin interrupciones que propicien la pérdida de plasticidad entre colados sucesivos.

**Colado.**- Se procede a colar, una vez aprobadas la cimbra y los armados, el transporte del concreto hasta el sitio del colado se hace de manera que no se segreguen los materiales.

No debe permitirse el movimiento del concreto en caída libre mayor de 1.20 mts.

La distribución del concreto debe hacerse por capas horizontales no mayores de 30 cm. el concreto debe protegerse con lonas en caso de lluvia.

**Juntas de colado.**- Las juntas de colado quedan localizadas en general cerca de la mitad de los claros de trabes y losas, en columnas en el lecho inferior de la trabe.

**Vibrado.**— Todo el concreto debe ser compactado por medio de vibración, utilizando equipos de inmersión de cimbra o superficiales (reglas vibratorias), los vibradores deben insertarse con separaciones entre 45 y 75 cms. durante periodos cortos de 5 a 10 segundos sin llegar a provocar segregación de los materiales petreos en el concreto.

**Curado.**— El concreto en todos los elementos estructurales debe mantenerse en forma húmeda durante un periodo no menor de 7 días para cemento normal y 3 días para cemento de fraguado rápido.

**Decimbrado.**— Toda la cimbra lateral de trabes puede ser removida con el concreto ya fraguado pero no antes de 48 horas, la cimbra de losas y trabes no se puede quitar hasta que hayan pasado 7 días después del colado y una vez que el concreto haya alcanzado su resistencia.

**Pruebas de concreto.**— El concreto de todos los elementos colados deben contar con una resistencia,  $f'c$ , o

mínima, de acuerdo a las especificaciones, para cada tipo de concretos se fabricarán grupos de cinco cilindros.

Se forman parejas de cilindros y se prueba la primera a 7 días, la segunda a 14 y una tercera a 28 días, el resultado de las tres pruebas promediadas debe ser igual o mayor a la especificada, además de esa prueba se realizan otras pruebas que se enlistan a continuación:

Uniformidad, cada 10 revolturas.

Temperatura, cada 10 revolturas.

Masa de unidad por volumen, cada 10 revolturas.

Revenimiento, cada revoltura.

#### 4.3.- Fijación de Vía

Las principales etapas en que se lleva a cabo la implantación de los trabajos de vía son las siguientes:



- Implantación de la vía y colocación de las marcas de referencia.
- Espaciamiento eventual del balasto en subcapas.
- Colocación de la vía. (rieles y durmientes).  
Colocación del balasto, ajuste, nivelación por calzado, alineación.

Una vez obtenido el banco de referencia, se implantaron las marcas de referencia, las cuales marcaron tanto nivel como alineación de los elementos de vía.

- Para realizar la nivelación inicialmente se fijaron marcas en los muros a una altura constante arriba del nivel del plano de rodamiento. Estas marcas fueron espaciadas a cada 10 metros en sentido horizontal y en pendiente uniforme.
- En la alineación se utilizaron marcas que materializaron el eje de la entrevía o de cada vía, éstas estuvieron marcadas y separadas una distancia de 20 mts., una de otra, en forma recta.

Es importante observar que antes del despiece de los durmientes fue necesario la colocación de subcapas de balasto las cuales se mencionan en el tema de terracerías.

a).- Despiece de Durmientes.

Antes de comentar acerca del despiece de los durmientes, mencionaremos algo acerca del desmontaje de los mismos.

Los durmientes se almacenaron en un entablado hasta una altura de 15 camas como máximo con interposición entre cada capa de listones o polines de madera con sección rectangular.

El despiece se realizó por medio de equipo mecánico y con la utilización de pinzas especiales que permiten alojar al durmiente cerca de su posición definitiva.

b).- Colocación de Durmientes.

Una vez que el durmiente quedó cerca de su posición final, se prosiguió con el armado de una vía provisional que permitió el calzado de los mismos.

Teniendo una vía provisional se introdujo el balasto por medio de vehículos especializados, iniciando la descarga por las cabezas de los durmientes, donde se bateó (reacomodo del balasto utilizando vibradores de placa) para reacomodarlo.

Los alzamientos para el bateado de la vía se ejecutaron en operaciones sucesivas entre cada alzamiento, de 10 cms., como máximo, una nueva capa de balasto fue descargada.

La alineación y nivelación de los durmientes fue paralela al tendido de vía.

**c).- Fijación de Vías.**

El riel de rodamiento utilizado fue de calibre 115 el cual va sujeto a durmientes de concreto, mediante fijaciones elásticas; la longitud de los rieles es de 18 metros.

Para realizar la fijación de la vía fue necesario seguir el siguiente procedimiento:

- Abastecimiento y distribución de balasto, rieles, durmientes, sillas, fijaciones y armaduras acanaladas de hule.

- Armado, calzado y primer ajuste de la vía.

- Soldadura de los rieles.

- Ajuste definitivo de la vía.

Distribución de rieles.- El transporte de los rieles se efectuó a través de plataformas equipadas con grúas, la descarga y la carga se ejecutaron forzosamente mediante deslizadores, auxiliándose de la utilización de pinzas.

Los rieles almacenados no se descansaron directamente en el suelo, el primer lecho quedó aislado mediante tablonos o polines.

Ubicación de la vía, ajuste y nivelación por calzado y nivelación.- Frente a las marcas, las vías fueron llevadas por desplazamientos transversales-rápidos a la posición más cercana de su localización definitiva.

Los rieles se instalaron extremo con extremo, dejando solo la holgura necesaria para la realización de las soldaduras aluminotérmicas. Dicho hueco quedó materializado mediante una cuña en forma de "te", la cual permite el paso de trenes que se apoyan en la superficie de rodamiento del riel.

En espera de la soldadura, las extremidades de los rieles quedaron empalmadas entre sí por planchuelas sujetas mediante "ces" de apriete, (prensas).

Después del armado de la vía, es menester surtir el balasto y efectuar el alzamiento, la alineación, el ajuste y bateado de esta vía. El ajuste geométrico completo se realizó en dos fases:

Primera fase: Alzamiento y alineación a las cotas prescritas con respecto a las marcas, las soldaduras de los rieles se efectuaron antes del segundo ajuste.

Segunda fase: Nivelación y alineación final con respecto a las cotas ya rectificadas.

Durante esta última operación, se colocaron las vías a su altura definitiva, esta altura es de 0.02 metros encima de la rasante de proyecto para compensar la compactación debido a la circulación del material rodante al principio de la operación.

**Fijación en durmientes de concreto.**- La sujeción se realiza por medio de dos pernos tirafondo, en los cuales se arman las sujeciones elásticas y grapas. Una almohadilla acanalada de hule de 6.0 mm de espesor es interpuesta entre el riel y el área de apoyo del durmiente.

El atornillamiento de las fijaciones se efectuó mediante máquinas con limitador (torquímetro).

#### **4.4.- Andenes.**

Los andadores son estructuras que permitirán el flujo de personas dentro de la estación, por lo cual se situaran a lo largo de toda la estación.

a).- Guarniciones.

Sobre la capa de subrasante se trazaron los andadores para posteriormente iniciar el colado de las plantillas que alojaron a las guarniciones, cada andador abarca dos guarniciones, las cuales se colaron armando parrillas a lo largo de dos frentes de trabajo de la estación. Su procedimiento constructivo consiste en el armado, cimbrado y colado de líneas de 50 mts. dejando juntas constructivas a cada 25 mts.

b).- Rellenos.

Una vez coladas las guarniciones (paredes del andador) se introdujo el relleno al cuerpo del andador con tepetate compactado al 95% de su P.V.S.M. en capas de 20 cms. de espesor compacto, utilizando para ello un apisonador manual de impacto.

c).- Banquetas.

Una vez terminados los trabajos de relleno en los andadores, fue necesario efectuar el colado de banquetas, colocando una malla electrosoldada en los extremos de los andadores centrales y acero de refuerzo.

Se tuvo especial cuidado en el colado de banquetas, en la zona de accesos, puesto que los andadores se comunican a las losas de transición en forma de rampas con una ligera pendiente.

#### 4.5.- Zona de Servicios.

La zona de servicios constituye el espacio en el cual se instalará el personal que labore dentro de la estación.

Su construcción requirió de etapas constructivas, las cuales se mencionan a continuación:

- 1.- Excavación.
- 2.- Cimentación.
- 3.- Rellenos y firmes.
- 4.- Muros y columnas.
- 5.- Trabes y losa de azotea.
- 6.- Instalaciones (eléctricas, hidráulicas y sanitarias).
- 7.- Acabados.

La excavación, al igual que en tramo, se efectuó con equipo manual, preparando la superficie para el colado de la



plantilla con concreto pobre  $f'c = 100 \text{ kg/cm.}^2$  Colada la plantilla se realizó el armado y colado de los elementos de cimentación. Se formaron, posteriormente, los rellenos hasta el nivel donde se coló el firme de la planta baja. Una vez concluido el firme, se continuó con los trabajos de desplante de los muros de block y el colado de las columnas y trabes, dejando las preparaciones necesarias para poder colar la losa de azotea.

Se debió tener especial cuidado en el colado de las losas, ya que existen instalaciones tanto eléctricas como hidráulicas que quedaron ahogadas dentro de las mismas.

La etapa de acabados abarcó la colocación de azulejo en baños y la colocación de ventanas, puertas, pintura y muebles sanitarios, torniquetes, casetas de boletaje, escaleras, barandales, así como los acabados en los pisos, que en su mayor parte fueron de celosía.

#### .-Instalaciones.

Las principales instalaciones que se utilizaron en lo que corresponde a obra civil dentro del depósito son las siguientes:

**Instalación hidráulica.-** Esta red se utilizó para la alimentación de la zona de servicios, en los hidrantes ubicados en la zona de andadores, como también los sanitarios y oficinas.

**Instalación eléctrica.-** Se utiliza a lo largo de toda la estación para iluminación interior y exterior a lo largo de esta, así como para la red eléctrica de la zona de servicios.

**Instalación sanitaria.-** Se empleó para desagüe de la zona de servicios y para la colocación de los muebles sanitarios, así como la zona drenante a lo largo de la estación en ambos sentidos.

#### **4.6.- Fabricación y Montaje de Estructura Metálica.**

La fabricación de la estructura metálica siguió estrictamente todos y cada uno de los lineamientos marcados por las especificaciones y los planos de proyecto.

Frente a la zona de servicios y mediante su mismo procedimiento constructivo, en los puentes de cruce de estación.

Para llevar acabo el montaje de las armaduras que forman la cubierta, de las estaciones, se utilizaron grúas de 20 y 40 ton. Estas fueron soldadas con soldadura eléctrica, y en los casos de uniones importantes se utilizo autógena, así como otro tipo de soldadura especial, si así lo requieren las especificaciones.

Una vez montadas las estructuras metálicas que dan forma a la estación fue colocada la techumbre, la cual fue fijada con tornillos con tuerca. Una vez terminada esta solo quedo por realizar los trabajos de pintura y trabajos de edificación, como también la limpieza.

## C A P I T U L O 5

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA NAVE DE DEPOSITO.

#### 5.1.- Localización.

El depósito Pantitlán del Metro ligero, se construyó al norte de la estación Pantitlán y se localiza sobre la Avenida Prosperidad entre las Calles Uno y Tres. Su longitud es de 350 metros y su superficie de construcción es del orden de 5,300 m<sup>2</sup>.

La nave de depósito Pantitlán es una edificación cuya función primordial es la de dar mantenimiento menor a los trenes, cuenta con una fosa de revisión, una zona de servicio y una subestación eléctrica, tiene capacidad para alojar 6 trenes.

La estructura es a base de zapatas aisladas, dadas y columnas de concreto, muros de block y estructuración metálica, cubierta de lámina acanalada.

#### 5.2.- Obras Inducidas.

Se presentaron problemas de alcantarillado, por lo cual, para garantizar la continuidad del servicio, se tuvieron

que terminar los trabajos referentes al desvío antes de suspender el servicio del colector existente.

a.- Características del Desvío.

La excavación para alojar el colector, se realizó a cielo abierto, mediante el uso de un ademe provisional, constituido por viguetas de acero verticales hincadas con el auxilio de una perforación previa y tablonés verticales, apoyados sobre polines, los cuales se apoyaron sobre el patín interior de las viguetas. Las viguetas hincadas se apuntalaron mediante troqueles, los cuales recibieron la carga del ademe con auxilio de viguetas horizontales que trabajaron como madrinas.

La excavación dejó un ancho libre para la instalación del tubo de drenaje de 2.80 mts., esta dimensión se midió a partir del paño interior de las madrinas horizontales. La profundidad de la zanja es de 20 cms., por debajo del nivel de desplante del tubo y el fondo lleva la misma pendiente especificada para el tubo, de esta manera la profundidad de la zanja respecto al nivel del terreno natural varió entre 4.20 y 4.35 mts.

En la pared de la excavación fue necesario colocar los tablonces que conformaron el ademe, teniendo cuidado de que éstos quedaran en contacto con terreno firme.

La excavación avanzó 4.4 mts., longitudinalmente, de esta manera fue posible la colocación de dos tramos de tubo cuya longitud es de 2.2 mts., dichos tubos se introdujeron a la excavación a través de los puntales en posición horizontal utilizando una grúa para su izaje, debiendo tener cuidado durante esta operación con el objeto de no golpear ningún elemento de soporte del ademe, la separación horizontal entre puntales fue de 3.4 mts., y 1 m., alternadas.

En el frente de la excavación se formaron taludes de avance con inclinación 1:1 desarrollándose desde la profundidad máxima hasta el nivel de 4 mts., donde se dejó una berma de 2.2 mts., de longitud.

La tubería se desplantó sobre una plantilla de material granular compactado, cuyo espesor "e" es de 5 mts. acostillándose el tubo con material granular igual al de la plantilla, hasta alcanzar una altura de 36 cms., arriba del nivel máximo de excavación.

A los costados de la tubería y en capas de 30 cms., hasta el nivel correspondiente a 20 cms., abajo del nivel de subrasante, se colocó material areno-limoso (tepetate) compactado al 90% de su P.V.S.M.

b.- Desvíos de tuberías de agua potable, con diámetros de 4'', 12'' y 20''.

Para la construcción del depósito Pantitlán, fue necesario realizar el desvío de líneas de agua potable. Su construcción se inició mediante excavaciones de paredes verticales ademadas con tablonés y polines de madera que hicieron la función de estructura de contención a base de puntales y madrinás.

El procedimiento constructivo que se siguió fue el siguiente:

#### Primera etapa.

Excavación y Apuntalamiento.- La excavación se realizó en forma continua y mediante avances longitudinales que no excedieran de los 20 mts., El ancho de la excavación fue en función del diámetro de la tubería

El talud de avance en el frente de la excavación fue de 0.75:1.

Una vez indicado el trazo de la excavación, la primera etapa consistió en excavar hasta el nivel -1 m., con equipo manual, presumiendo la existencia de instalaciones municipales. Se atacó entonces la excavación con equipo de tipo retroexcavadora, hasta 15 cms., arriba de la profundidad de proyecto. A medida que la excavación avanzó, se fueron colocando los tablonés, las vigas maderas y los puntales que conformaron la estructura de contención.

El primer nivel de puntales se colocó 60 cms., abajo del nivel de terreno natural; el segundo nivel a L/2 y el tercero, a 30 cms., arriba del tubo. La separación de los puntales en el sentido longitudinal, era de 2 mts.

#### Segunda etapa.

Plantilla y colocación de tubería.- La excavación se continuó por medios manuales, hasta alcanzar la profundidad de proyecto, colocándose inmediatamente en el fondo una plantilla de grava o tezontle con espesor



de 10 cms. la cual fue compactada manualmente con pisón metálico. Colocada la cama de la tubería se introdujo y colocó la tubería, la cual estuvo perfectamente alineada y nivelada.

#### **Tercera etapa.**

**Relleno y retiro del ademado.-** Ya instalada la tubería se relleno con material areno-limoso, tipo tepetate, hasta 20 cms. arriba del lomo del tubo, dejando pendiente la zona de coples. La tubería se sometió a las pruebas; hidrostáticas de presión y desinfección. Ya realizadas las pruebas se continuaron los rellenos en capas de 20 cms., hasta el nivel de subrasante con compactación hasta el 90% de su P.V.S.M.

Conforme se avanzaba el relleno se fueron extrayendo todos los elementos que integran la estructura de ademe, estos elementos se retiraron cuando el relleno alcanzó sus puntos de aplicación.

**Control de filtraciones.-** El agua producto del NAF que se presentó durante la excavación, se controló por medio de carcamos de bombeo a lo largo de toda la

excavación, de los cuales se extrajo el agua con la utilización de bombas sumergibles autocebantes.

Una vez tendida la tubería y colocado el relleno, se prosiguieron los trabajos para efectuar el junteo de las tuberías donde se instalaron las piezas especiales con sus respectivos atraques.

c.- Alcantarillado, atarjea 30" y 38".

La construcción de las atarjeas exteriores a la nave de depósito se llevó a cabo siguiendo el mismo procedimiento constructivo utilizado en el desvío de las líneas de agua potable.

El procedimiento vario únicamente en los avances longitudinales de excavación, que fueron de 10.0 metros y en la construcción de pozos de visita, localizados a cada 25 mts.

d.- Ubicación de Puentes Peatonales, Calle Uno y Calle Tres.

Fue necesario para la construcción de la obra, la reubicación de los puentes peatonales de Calle Uno y Calle Tres con el fin de que éstos pudieran librar el área del depósi

to, su reubicación requirió la construcción de nuevas cimentaciones y cambio de dirección de las rampas, además uno de ellos requirió de una trabe pre-colada que se colocó por encima de la nave de depósito.

**e.- Desvío de Líneas Telefónicas.**

Dentro de la construcción del colector, así como en la ejecución de la nave de depósito fue necesario el desvío de tuberías de telefonía, pertenecientes a Teléfonos de México, para esto se estudiaron diversidad de opciones posibles, para no afectar las actividades de construcción del depósito.

Las soluciones encontradas fueron que la excavación del colector deberían puentear los cables de telefonía a base de dos viguetas de acero que soportarían los cables para después recubrirlos de madera y protegerlos de agentes externos. Más tarde, ya concluidas las actividades de relleno en el colector, se optó por la creación de galerías, las cuales tienen la función de proteger los cables de telefonía, tanto en la vialidad como en el interior del depósito.

f.- Desvío de Postes de Luz.

Fue necesario también, realizar la reubicación de los postes de luz en la calle de Prosperidad, ya que interferían con las actividades de construcción del colector 0. 1.83 mts.

La reubicación se debió a la peligrosa maniobra que debía realizar la draga para realizar el hincado de viguetas a pie de colector. La dificultad de hincar viguetas de 8 mts., de longitud verticalmente, traía consigo una arriesgada maniobra debajo de cables de alta tensión, así como bajos rendimientos en los recursos tanto humanos como de equipo, esto acarrearía un excesivo costo de la obra.

Estos postes fueron reubicados por medio de la Compañía de Luz y Fuerza, siguiendo con los planos de proyecto de la vialidad de la calle Prosperidad.

5.3.- Cimentación.

Se mencionan a continuación algunos de los materiales que se utilizaron para la construcción de la nave de depósito, especificando algunas características primordiales que

deben cumplir para asegurar la buena calidad de la obra, así como sus propiedades y control de calidad que se les aplica.

**a.- Especificaciones de los materiales utilizados.**

**Cemento.**

El cemento debe ser de tipo II, de reconocida calidad, no deberá presentar síntomas de humedecimiento, contaminación o endurecimiento y deberá mostrarse para verificar su calidad antes de utilizarlo.

El cemento envasado en sacos deberá almacenarse en bodegas que lo protejan de la humedad, pero al mismo tiempo éstas deben tener ventilación para permitir su aireamiento y disipación de temperatura.

El piso de estas bodegas deberá ser de madera y estar separado del firme una distancia de 25 cms.

**Agregados.**

El agregado grueso es grava proveniente de la trituración de roca sana densa, de origen basáltico y no debe tener forma de laja, el tamaño máximo de la grava debe ser de 3.8 cms., pero, en ningún caso, mayor a un quinto de la separa

ción menor entre los lados de la cimbra del miembro por colar ni mayor a tres cuartas partes del espaciamiento libre entre varillas.

El material que constituya la arena, debe provenir de depósitos de origen piroclásticos pluvial o de la trituración de roca basáltica sana y densa.

La arena debe pasar por la malla de 1/4" y no debe contener arcilla o materia orgánica, los finos que pasen la malla número 100 no excederán de 1%.

Para almacenarlas, se requerirán lugares especiales que cuenten con una plantilla sobre la que se depositarán los agregados, a efecto de evitar la contaminación al ser recogidos, asimismo, la plantilla deberá contener pendiente para facilitar el drenado de agua que escurra a través de los agregados y propiciar la uniformidad del contenido de humedad.

#### Agua.

El agua que se utilice para la elaboración de concreto, debe ser limpia y estar exenta de aceite, limo, materia

orgánica, ácidos, alcalis, sales y cualquier otra sustancia que pueda deteriorar la calidad del concreto.

**Aditivos.**

El suministro, manejo, almacenamiento y utilización de los aditivos, así como de sus resultados dependerá del constructor, el cual podrá disponer de ellos apegándose a las especificaciones del fabricante. Los aditivos autorizados son de los siguientes tipos:

- a).- Tipo F, inclusor de aire.
- b).- Tipo D, retardante de fraguado.
- c).- Tipo A, reductor de agua  
(fluidificante).
- d).- Tipo E, acelerante de fraguado (resistencia rápida).

Estos se agregan a las necesidades que la obra vaya requiriendo.

#### Acero de refuerzo.

El acero de refuerzo indicado para los elementos estructurales, debe satisfacer las normas correspondientes al acero para refuerzo de lingote y ser de una marca de calidad reconocida.

Las características fundamentales del mismo deberán tener un esfuerzo mínimo de fluencia no menor de  $4200 \text{ kg/cm}^2$  (alta resistencia), exceptuando las varillas de  $1/4"$  de diámetro que serán de acero de grado estructural  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ .

Para comprobar su calidad se tomaron varillas al azar de cada diámetro, en ellas se verificó el diámetro, su grado de fluencia, alargamiento, esfuerzo de ruptura, doblado y características de corrugaciones.

#### b.- Cimentación.

Especificaciones para elementos de concreto reforzado.

Estas especificaciones constructivas se refieren a los elementos de concreto reforzado que forman parte de la nave de depósito Pantitlán y que se utilizaron tanto en su superestructura, así como en su cimentación.



**Trazos y medidas.**- No se permitió colar ningún elemento estructural si no se verificaron sus niveles, dirección, localización y refuerzo.

#### **Cimbrado.**

La cimbra de todos los miembros que forman la estructura debe estar proyectada para cumplir los siguientes requisitos:

La forma debe cumplir con las dimensiones de los elementos indicados en los planos, no se permiten deformaciones importantes como flechas en trabes y losas o desplome en columnas y muros.

#### **Armado.**

**Armado de trabes, cimbrado.**- Pueden usarse paquetes hasta de 3 varillas amarrando correctamente las varillas que forman los paquetes.

- La separación mínima entre superficies de varillas o paquetes es de 2.5 cm. o el diámetro de la varilla mayor.

- El recubrimiento de las varillas principales medida a su superficie externa es de 2.5 cm. en trabes de estructura y 5 cm. en trabes de cimentación.

- El primer estribo se coloca a 5 centímetros del paño de columna o trabe a que se ligue.

- Los dobleces o ganchos de las varillas se realizan en frío y mediante pernos con radio no mayor de 2.5 cms., de diámetro para varillas no mayores a 5/8", de 3 diámetros para varillas mayores. No se permite ningún doblez de alguna varilla embebida en concreto.

- Las varillas que lleguen a los extremos de la clave se anclarán doblándolas a 90 grados con una prolongación de 30 diámetros como mínimo.

#### Armado de losas de superestructura.

- El espesor de las losas se dará de acuerdo a los planos.

- El recubrimiento de las varillas medidas a partir de su superficie externa será de 1.5 cms.

- Todas las varillas llevarán gancho estándar excepto los bastones del lecho superior, cuyos extremos se doblarán a 90 grados para apoyarse en la cimbra.

**Armado de columnas y castillos.**

- El recubrimiento de las varillas longitudinales medido a su superficie externa será de 2.5 cms., o el indicado en los planos.

- Las varillas principales, se colocan en las esquinas si la columna es rectangular o cuadrada y el resto se distribuye según diseño.

- Adicionalmente a los estribos especificados para las columnas en la zona común de columna y trabe, se colocan estribos del mismo diámetro con separaciones de 10 cms.

- El refuerzo longitudinal se ancla en la cimentación, prolongándolo hasta el lecho superior de la misma.

- El último nivel del armado longitudinal, se ancla en el lecho superior de la losa, doblándolo a noventa grados con una prolongación de 20 diámetros.

#### Refuerzo adicional.

Se dejan preparaciones para elementos de concreto que tengan que ir ligados previamente a anclas en castillos, dadas, ventanas y todas las varillas que para fijar elementos se requiera.

#### Empalmes.

Los empalmes de varilla de una pulgada y menores pueden ser traslapados proporcionando una longitud de traslape de 40 diámetros, para varillas mayores de una pulgada se utilizará soldadura.

#### Mezclado.

En ningún caso se permite mezclado a mano. El mezclado mecánico debe hacerse de acuerdo a las proporciones aprobadas, cuando se usen concretos premezclados, éstos deben seguir las normas correspondientes a ellos.

#### Transporte.

En ningún caso se permiten revolturas cuyo tiempo de transporte sea superior a 45 minutos, el equipo de transporte debe ser capaz de proporcionar el abastecimiento del concreto al sitio de colocación sin segregación de los agregados y sin interrupciones que propicien la pérdida de plasticidad entre colados sucesivos.

#### Colado.

Se procede a colar, una vez aprobadas la cimbra y los armados, el transporte del concreto hasta el sitio del colado se hace de manera que no se disgreguen los materiales.

No debe permitirse el movimiento del concreto en caída libre mayor de 1.20 mts.

La distribución del concreto debe hacerse por capas horizontales no mayores de 30 cms., el concreto debe protegerse con lonas en caso de lluvia.

#### Juntas de colado.

Las juntas de colado quedan localizadas en general cerca de la mitad de los claros de trabes y losas, en columnas en el lecho inferior de la trabe.

#### Vibrado.

Todo el concreto debe ser compactado por medio de vibración, utilizando equipos de inmersión de cimbra o superficiales (reglas vibratorias), los vibradores deben insertarse con separaciones entre 45 y 75 cms., durante períodos cortos de 5 a 10 seg., sin llegar a segregarse el concreto.

#### Curado.

El concreto en todos los elementos estructurales debe mantenerse en forma húmeda durante un período no menor de 7 días para cemento normal y 3 días para cemento de fraguado rápido.

#### Descimbrado.

Toda la cimbra lateral de trabes puede ser removida con el concreto ya fraguado pero no antes de 48 horas,

la cimbra de losas y trabes no se puede quitar hasta que hayan pasado 7 días después del colado y una vez que el concreto haya alcanzado su resistencia.

#### Pruebas de concreto.

El concreto de todos los elementos colados deben contar con  $f'c$  mínima, de acuerdo a las especificaciones, para cada tipo de concretos se fabricarán grupos de cinco cilindros.

Se forman parejas de cilindros y se prueba la primera a 7 días, la segunda a 14 y una tercera a 28 días, el resultado de las tres pruebas promediadas debe ser igual o mayor a la especificada, además de esa prueba se realizan otras pruebas que se enlistan a continuación:

- Uniformidad, cada 10 revolturas.
  
- Temperatura, cada 10 revolturas.
  
- Masa de unidad por volumen, cada 10 revolturas.
  
- Revenimiento, cada revoltura.

**Tolerancia dimensionales.**

- En posición de ejes de columnas de 0.8 cm.
  
- En posición de trabes con respecto a columnas 0.3 cms.
  
- En dimensión de la sección o peraltes de los miembros más 1 cm. menos 0.5 cms.
  
- En colocación de refuerzo, losas y zapatas 5.0 cms. vertical y 3 cms., horizontal, respetando el número de varillas por metro.
  
- En desplomes de columnas 0.4 cms.
  
- En niveles de losas 0.3 cms.
  
- En espesor de formas 0.5 cms.
  
- En dimensiones exteriores de tabique o block 3.0 cms.
  
- En espesor de relleno 1.0 cms.
  
- En área transversal del acero menos 4%



**Etapas de construcción en cimentación.**

La construcción del depósito Pantitlán, se dividió en avances longitudinales de excavación, los cuales conforman 3 zonas: Zona I, Zona II y Zona III.

En cada una de estas zonas se llevó a cabo un procedimiento por medio del cual se realizó la construcción del depósito, estas etapas se mencionan a continuación:

- Cimentación.
- Estructuración de muros.
- Subestructura de vías.
- Fosa de revisión.
- Andadores.
- Atarjeas y rellenos.
- Fabricación y montaje de estructura metálica.

Dentro de lo que es la cimentación, a su vez hay una división:

**Excavación.**- Antes de iniciar los trabajos de excavación fue necesario efectuar los trabajos preliminares de trazo, nivelación y desplante del terreno, retirando las

capas de pavimento, los restos de banquetas y cimentaciones superficiales en toda el área que abarca el depósito.

**Zapatatas .-** Las excavaciones para alojar las zapatas aisladas y corridas, se realizaron con equipo manual hasta el nivel de desplante de plantilla y en caso de haber encontrado depósitos de suelo orgánico o basura en el fondo de las excavaciones, fue necesario sustituir dichos materiales por suelo areno-limoso (tepetate).

**Trabes de liga.-** La excavación para la trabe de liga se desarrolló con las mismas observaciones, una vez alcanzado el 40% de la resistencia de la zapatas.

**c.- Colado de Plantillas.**

Terminada y afinada la excavación, se colaron las plantillas, para lo cual se utilizó un concreto pobre  $f'c = 100$  kg/cm.<sup>2</sup> y revenimiento de 12 cms.,  $\pm 1.5$  cms. el espesor fue de 6 cms., para zapatas y para las trabes de liga, esta etapa debió terminarse 24 horas después de que la excavación fue afinada.

d.- Armado y colado de elementos de cimentación.

Una vez que el colado de la plantilla alcanzó el 40% de su resistencia inicial (24 horas) se iniciaron los trabajos de armado y colado de los elementos de cimentación tales como zapatas aisladas, zapatas corridas y trabes de liga, tomando en cuenta que la trabe de liga se colaría después de haberse colado las zapatas y haber iniciado su excavación.

Es importante no olvidar que se dejaron en el armado las preparaciones necesarias para la continuación de las columnas y muros perimetrales.

5.4.- Estructuración de Muros.

Una vez terminadas las actividades de cimentación, se desplantaron los muros laterales, los cuales son conformados por los siguientes elementos:

- Murete estructural.
- Muro de block.
- Columnas.
- Dala intermedia.
- Trabe superior y faldón.
- Muros de concreto en accesos.

Teniendo colada la trabe de liga y zapatas con sus preparaciones correspondientes se inició el armado y colado de las columnas y la construcción de los muros perimetrales, de los cuales se empezó el desplante de los muros de block.

Así, consecutivamente, se fueron construyendo los niveles de columnas, dadas y muros de block hasta llegar al nivel del faldón, donde fue necesario auxiliarse de una obra falsa para su cimbrado y armado, y en el caso de su colado fue necesario el uso de poleas para poder transportar el concreto a pie de colado.

El colado de muros de concreto en los accesos se efectuó una vez que en cada uno de los 3 accesos alcanzaron los dos niveles de columnas y muros de block. Estos tipos de muros fueron de concreto debido al peso de las cortinas que soportan.

Se tuvo cuidado en dejar ahogadas en las columnas las tuberías que desalojan las aguas pluviales de la techumbre y las anclas que recibieron a las armaduras.

### 5.5.- Subestructura de Vía.

Se describe el procedimiento constructivo y los requisitos de calidad de los materiales que conforman las terracerías en la subestructura de vía del depósito Pantitlán.

La subestructura de vía estuvo conformada por los siguientes elementos constructivos:

CAPA	ESPESOR
MEJORAMIENTO DE TEZONTLE	30 cm.
SUBBRASANTE	30 cm.
SUB-BALASTO	20 cm.
BALASTO	55 cm.

#### a).- Terracerías.

Una vez concluidos los trabajos referentes a la construcción de las zapatas y muros perimetrales, comenzaron los trabajos de la construcción de la subestructura de vía para lo cual fue necesario iniciar los trabajos de excavación del núcleo e ir formando las terracerías con las capas mencionadas anteriormente.

Las indicaciones que se siguieron para excavación y la colocación de cada capa se describe a continuación:

b.- Excavación de Núcleo.

Consistió en la excavación para alojar la subestructura de vía. Esta se efectuó con avances longitudinales por etapas para evitar una descompensación en el terreno y así poder evitar asentamientos importantes.

La excavación para la construcción de la subestructura utilizó para su ejecución un equipo de tipo mecánico. En este caso una retroexcavadora, excavando hasta el nivel 15 cms., arriba del nivel de proyecto y después se afinó con equipo de tipo manual.

Para poder iniciar la excavación de un nuevo avance en la subestructura de vía, se colocó la capa de subrasante en el avance anterior.

c.- Mejoramiento con tezontle.

En caso de que al efectuar la excavación del núcleo la superficie excavada presentara remoldeo del terreno natural o cuando el nivel de desplante de la capa de subrasante se encontrara por arriba de la configuración excavada del terreno natural, o bien, se presentaran rellenos heterogéneos de mala calidad como basura, cascajo, etc., se retira

rían estos materiales y se sustituirían por una capa de tezontle en greña.

La sobreexcavación se inició conforme a los procedimientos utilizados en la excavación del núcleo formando caja, hasta retirar en un espesor máximo de 80 cms., el material remoldeado, colocando enseguida el material de mejoramiento. El material de mejoramiento se colocó en una capa de 30 cms., de espesor compacto.

Los equipos utilizados en esta etapa fueron un tractor sobre orugas para colocación del material y un rodillo vibrocompactador para reacomodarlo.

#### d.- Subrasante.

Una vez realizada la excavación y la colocación del material de mejoramiento, se formaron las capas de sub-rasante, con dos secciones de 15 cms., de espesor compacto, la cual se colocó en todo el ancho del depósito.

El material tuvo humedad cercana a la óptima, en el número de capas necesarios para alcanzar el espesor de proyecto, estas capas se compactaron con rodillo vibratorio hasta

alcanzar el 95% de su P.V.S.M. según pruebas proctor estandar.

La subrasante está formada por material areno-limoso (tepetates clasificados). que cumplieron los requisitos de calidad.

Tolerancias en subrasante.

- Nivel de superficie + - 1 cm.
- Pendientes, diferencia con respecto a proyecto + - 1/2%
- Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de 3 mts., de longitud, en forma paralela y normal al eje de construcción 1.5 cm.
- Compactación obtenida pruebas proctor estandar  $\geq$  90%



e.- Sub-balasto.

Terminada en su totalidad la construcción de los andadores, se colocó la capa de sub-balasto, debiéndose confirmar además que la capa de subrasante estuviera terminada dentro de las tolerancias fijadas.

La capa de sub-balasto tuvo un espesor de 20 cms., y se formó con una sola sección, colocada con humedad cercana a la óptima, y compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo, según prueba proctor, utilizando para tal fin un rodillo vibratorio.

Tolerancias en sub-balasto.

Para dar por terminada la construcción de esta capa se verificó el alineamiento, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- Nivel de superficie	± 1 cm
- Pendiente con respecto a las de proyecto	± 1/2 cm
- Profundidad de las depresiones observadas en forma paralela y normal al eje de construcción	1.5 cm
- Compactación	≥ 90 %
- Espesores en capas de sub-balasto	

$$(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2 < 0.12 e$$

$$(e_r - e) \leq 0 \text{ z e}$$

en el 90% de los casos  
 como mínimo.

en donde:  $e_1, e_2, \dots, e_n =$

Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos,

$$e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$$

Espesor real promedio

n =

número de sondeos

#### f.- Balasto.

La construcción de esta capa se inició cuando la capa de sub-balasto estuvo terminada dentro de las tolerancias fijadas, para esto se colocó una subcapa, la cual se compactó. El balasto de la subcapa tuvo una altura de 10 cms., debajo del nivel definitivo inferior de los durmientes, permitiendo así la nivelación final por calzado.

Después, ya colocados los durmientes y armada la vía, se colocó el balasto y se efectuó el alzamiento, la alineación, el ajuste y el bateado de la vía.

El abasto de balasto en la vía utilizó para su distribución vehículos especializados (trenes de servicio). La descarga en la vía se efectuó comenzando por las cabezas de los durmientes.

Los alzamientos para el bateado de la vía se ejecutó en operaciones sucesivas, entre cada alzamiento de 10 cms., como máximo, una nueva capa de balasto fue descargada.

#### **Material de capa subrasante.**

Los materiales que se utilizaron para la formación de la subrasante fueron procedentes de bancos de tepetate aprobados con tamaño máximo de 7.6 cms., (3"), límite líquido no mayor de 30%, cantidad de finos no mayor de 30%, además debieron haber tenido un valor relativo de soporte del 10% y expansión menor de 5%.

#### **Materiales para sub-balasto.**

La capa de sub-balasto por sus funciones estructurales y drenantes, constituye la capa más importante de la subestructura de vía, por lo que se cumplieron estrictamente los siguientes requisitos de calidad.

- La curva granulométrica quedó comprendida totalmente en la región sombreada de la figura No. 36 que corresponde a un material drenante.
- El material debió tener menos de 5% en peso de partículas menores que la malla 200. (0.074 mm. de abertura).
- En lo referente al límite líquido, contracción lineal y equivalente de arena, debió cumplirse con los siguientes valores.

Límite líquido	3% máximo
Contracción lineal	4.5 máximo
Equivalente de arena	50% mínimo

- Valor relativo de soporte mínimo fue de 30%.

#### Materiales para balasto.

Las características y control de calidad de este material fueron las aprobadas por los bancos seleccionados por COVITUR.

#### 5.6.-Fosa de Revisión y Carcamo de Bombeo.

La fosa de revisión es una estructura cuya función primordial es dar mantenimiento menor a los trenes, así como el revisar el funcionamiento de cada una de sus partes. Esta fosa se comunica a un carcamo de bombeo. (Ver fig. 5.1).

##### a.- Excavación.

La excavación de la fosa de revisión se inició una vez que se hubo terminado y entregado la capa de subrasante. Para esta excavación se implementó la utilización de equipo mecánico, el cual fue de tipo retroexcavadora, y los últimos 15 cms., se excavaron con equipo manual con el objeto de obtener una superficie uniforme, evitando de esta manera sobre-excavaciones y remoldeo en el fondo. Las excavaciones estuvieron limitadas por cortes verticales, siempre que estas tuvieran una altura menor a 2.5 mts., Las paredes de la excavación se protegieron por una mezcla de mortero para evitar la erosión y el desprendimiento.

La excavación de la fosa de revisión se limitó a la ejecución de etapas alternadas, dejando pendientes las zonas del ancho de las zapatas, las cuales se excavaron

# ARENEROS

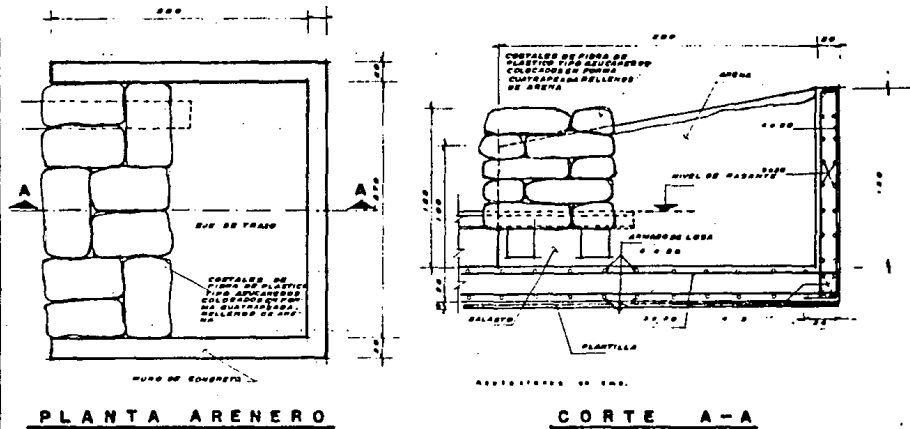


FIGURA No. 5.1

cuando los muros de las excavaciones continuas hubieron sido colados.

La excavación del carcamo se efectuó de la forma antes citada y con la protección sobre las paredes. Es importante mencionar que el NAF (nivel de aguas freáticas) fue abatido por bombas sumergibles que permitieron trabajar en seco.

Una vez terminada la excavación se prosiguió al colado de la plantilla con concreto pobre  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y revenimiento de 12 cms., Esta etapa se terminó 24 horas después de que la excavación estuvo terminada.

b).- Armado y colado de losa de fondo y muros.

Esta etapa comprende el armado y colado de la losa de fondo, colocándose al mismo tiempo el dren longitudinal que quedó ahogado en la losa. Se tuvo especial cuidado en dejar las preparaciones para el armado de los muros, los cuales se armaron y colaron paralelamente.

En el carcamo de bombeo se coló la losa inferior dejando preparaciones para los muros laterales, colados éstos, se llevó a cabo el armado, cimbrado y colado de la losa tapa.

### 5.7.- Andadores.

Los andadores son estructuras que permitirán el flujo de personas dentro del depósito por lo cual se situaran a lo largo de toda la nave de depósito.

#### a.- Guarniciones.

Sobre la capa de subrasante se trazaron los andadores para posteriormente iniciar el colado de las plantillas que alojaron a las guarniciones, cada andador abarca dos guarniciones, las cuales se colaron armando parrillas a lo largo de dos frentes de trabajo nave chica y nave grande. Su procedimiento constructivo consiste en el armado, cimbrado y colado de líneas de 50 mts., dejando juntas constructivas a cada 25 mts.

#### b.- Rellenos.

Una vez coladas las guarniciones (paredes del andador) se introdujo el relleno al cuerpo del andador con tepetate compactado al 95% de su P.V.S.M. en capas de 20 cms., de espesor compacto, utilizando para ello un apisonador manual de impacto.



Para evitar que el empuje del relleno pudiera abrir la separación entre guarniciones fue necesario el colado de grapas, las cuales son banquetas de 1 m., de longitud con separación de 15 mts.

**c.- Banquetas.**

Una vez terminados los trabajos de relleno en los andadores, fue necesario efectuar el colado de banquetas, colocando una malla electrosoldada en los andadores centrales y acero de refuerzo en los andadores pegados a la fosa de revisión.

Se tuvo especial cuidado en el colado de banquetas, en la zona de accesos, puesto que los andadores se comunican a las losas de transición en forma de rampas con una ligera pendiente.

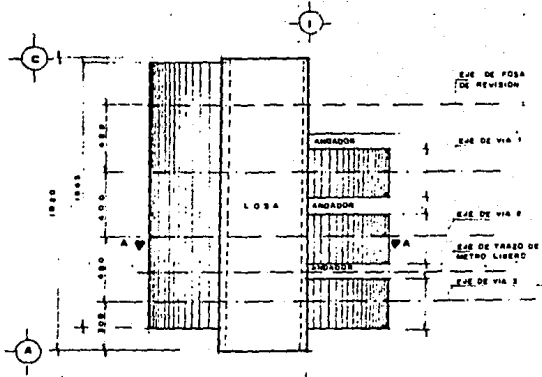
**5.8.- Cimentación para Losas de Transición en Accesos.**

En el interior del depósito existen losas rígidas de concreto hidráulico, las cuales se ubican en cada uno de los accesos. En estas losas las vías van ahogadas y sujetas mediante anclas de fijación.

Se debe garantizar en este caso un cambio gradual entre la zona de pavimento flexible y la franja de pavimento de concreto hidráulico, para lo cual se construyeron rampas formadas por losas de concreto que deberán colarse monolíticamente a la franja de concreto.

En el caso del acceso 1 en la zona de transición la rampa se construyó en el ancho de toda la sección, mientras que en la nave las rampas se colaron únicamente en la zona de vías, como se observa en la (fig. 5.2.) Estas rampas van cubiertas por balasto, el cual alojará a los durmientes.

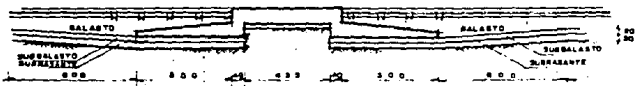
En el área de construcción de las rampas y la losa se realizó una substitución de la plantilla de concreto simple por sub-balasto, debiéndose tender las capas de sub-balasto y subrasante en el área que abarcan las rampas, aumentándose para tal efecto la profundidad de desplante de dichas capas en una longitud de 13 mts., a cada lado de la losa rígida (5.0 m en rampa y 8 mts., en la franja de aproximación). Para poder colar la losa y las rampas se tuvo especial cuidado en ir siguiendo los lineamiento de los planos estructurales. (Ver fig. 5.3).



800 315 900

ZONA DE PAVIMENTO FLEXIBLE    ZONA DE TRANSICION    ZONA DE PAVIMENTO RIGIDO    ZONA DE TRANSICION    ZONA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

**PLANTA ZONA DE TRANSICION**



**CORTE A-A**

**LOSA DE TRANSICION TIPO  
EN ACCESOS**

FIGURA No. 8.2



#### 5.9.- Drenaje Pluvial.

Terminados los trabajos referentes al tendido de la capa subrasante de las terracerías, se iniciaron las actividades relacionadas al relleno para alojar a las tuberías de aguas pluviales y aguas negras. (Ver Plano No. 5.1).

Las tuberías de aguas pluviales reciben la aportación de las bajadas ubicadas en las columnas y la aportación de los hidrantes.

Las tuberías de aguas negras, comunican al drenaje de la Zona de Servicios con el alcantarillado de la calle a través de un pozo de visita.

Las tuberías de aguas pluviales se localizan alrededor de toda la nave de depósito en sus orillas y tienen localizados registros a cada 15 mts.

##### a.- Procedimiento.

Una vez tendida y compactada la capa subrasante se colocó una plantilla de grava a tezontle con espesor de 10 cms., el cual se compactó manualmente con ayuda de un pisón metálico, posteriormente, se instalaron y se juntaron las

secciones de los tubos. Inmediatamente después se comenzó el relleno con tepetate en capas de 20 cms., con un grado de compactación de 90%, paralelamente se fueron construyendo registros de tabique rojo que recibieron la aportación de las columnas y que están situados sobre los andadores.

#### 5.10- Zona de Servicios.

La zona de servicios constituye el espacio en el cual se instalará el personal que labore dentro del depósito. (Ver Plano No. 5.2).

Su construcción requirió de etapas constructivas, las cuales se mencionan a continuación:

- Excavación.
- Cimentación.
- Rellenos y firmes.
- Muros y columnas.
- Trabes y losa de azotea.
- Instalaciones (eléctricas, hidráulicas y sanitarias).
- Acabados.

La excavación, al igual que la de la nave se efectuó con equipo manual, preparando la superficie para el colado de la plantilla con concreto pobre  $f'c = 100 \text{ kg/cm.}^2$ . Colada la plantilla se realizó el armado y colado de los elementos de cimentación. Se formaron, posteriormente, los rellenos hasta el nivel donde se coló el firme de la planta baja. Una vez concluido el firme, se continuó con los trabajos de desplante de los muros de block y el colado de las columnas y trabes, dejando las preparaciones necesarias para poder colar la losa de azotea.

Se debió tener especial cuidado en el colado de las losas, ya que existen instalaciones tanto eléctricas como hidráulicas que quedaron ahogadas dentro de las mismas.

La etapa de acabados abarcó la colocación de azulejo en baños y la colocación de ventanas, puertas, pintura y muebles sanitarios.

#### 5.11.- Subestación.

La subestación eléctrica se construyó paralelamente a la zona de servicios y mediante su mismo procedimiento cons

tructivo, a excepción de la construcción de las trincheras, por medio de las cuales se alimentará la planta eléctrica que dará alimentación al depósito. (Ver Plano No. 5.2).

#### 5.12.- PCI

Esta estructura se construyó al mismo tiempo en que se realizaron las actividades dentro de la zona de servicios y subestación. Su construcción requirió de una cisterna estructurada a base de concreto armado y de muros perimetrales de concreto que se desplantaron sobre zapatas corridas.

En su segundo nivel se efectuó el colado de una losa de entrepiso y el desplante de los muros de block hasta el nivel inferior de las trabes que se colaron monolíticamente con la losa de azotea. (Ver fig. 5.4).

#### 5.13.- Fabricación y Montaje de Estructura Metálica.

La fabricación de la estructura metálica siguió estrictamente todos y cada uno de los lineamientos marcados por las especificaciones y los planos de proyecto. (Ver Plano No. 5.3).





Línea "A" Pantitlán-La Paz.  
J. Fausto Chocho R/Edwin Martínez S.

Todo el material empleado en la obra fue del tipo DSN-B254-1973 CASTM A-36 y debió contar con las siguientes características:

- Resistencia a la tensión en  $\text{kg/cm}^2$  4060 a 5600
- Límite de fluencia mínimo en  $\text{kg/cm}^2$  1520
- Alargamiento mínimo en 200 mm de longitud calibrada % 20
- Alargamiento mínimo en 50 mm de longitud calibrada en placas y barras 23
- Perfiles 21

Cuando se use soldadura manual con electrodos recubiertos, los electrodos serán de las series E60 xx ó E70xx (AWS A5.1) si se emplea soldadura automática con electrodos, se utilizarán combinaciones de electrodo y fundente.

a.- Armaduras.

Una vez que las armaduras estuvieron perfectamente fabricadas y alineadas se iniciaron las maniobras para su montaje.

Este montaje se realizó mediante un equipo especializado, el cual garantizaba la mayor seguridad posible durante la carga, transporte, descarga y durante el montaje en sí.

El montaje de estas estructuras incluyó una revisión previa a las anclas ubicadas en las columnas, las cuales serían las que recibirían a la misma estructura.

Es importante observar que durante el montaje, los diferentes elementos que constituyen la estructura debieron sostenerse individualmente o ligarse entre sí por medio de tornillos o pernos; se tuvo especial cuidado en la colocación de una estructura de contraventeo provisional que resistiera los efectos producidos bajo la acción de cargas muertas, viento o sismo.

b).- Elementos de fijación.

Para poder ligar entre sí todas y cada una de las armaduras nos auxiliamos de algunos elementos de fijación que se englobaron de la siguiente manera:

**Montenes.**- Son canales estructurales que se colocaron de armadura a armadura y son los que rigidizan a las estructuras, su fijación se realizó por medio de soldadura.

**Largueros.** - Estos van distribuidos alternativamente en claros con los sag-rods e irán fijados a las placas de las armaduras en forma cruzada. Su fijación fue atornillada y su función será trabajar como contraventeo.

**Sag-rods.**- Estos elementos se colocaron alternadamente con los largueros, montados de montén a montén en la parte superior de las armaduras.

c.- Colocación de canalón.

Posteriormente a la colocación de los elementos de

fijación, se colocó perimetralmente en la nave un canalón de lámina galvanizada, cuya función es la de desalojar los escurrimientos producidos por aguas pluviales captadas por la techumbre.

Este canalón debe estar perfectamente sellado y con las pendientes necesarias para escurrir el agua hacia las tuberías pluviales de las columnas.

Su fijación fue a través del faldón y de los montenes laterales.

d.- Techumbre.

La colocación de la techumbre requirió láminas pintro R-101 cal. 26, opacas alternadas con láminas translúcidas acrílicas para permitir iluminación en el interior del depósito. Su fijación se realizó por medio de remaches en cada uno de los montenes superiores.

e.- Ventilador.

El ventilador fue fabricado con lámina pintro y se colocó a lo largo de toda la nave en la cresta de las armaduras.

Este quedó perfectamente fijado a la techumbre y su función primordial es permitir el flujo de aire en el interior del depósito.

#### 5.14.- Fijación de Vía.

Las principales etapas en que se lleva a cabo la implantación de los trabajos de vía son las siguientes:

- Implantación de la vía y colocación de las marcas de referencia.
- Espaciamiento eventual del balasto en subcapas.
- Colocación de la vía. (rieles y durmientes).
- Colocación del balasto, ajuste, nivelación por calzado, alineación.

Una vez obtenido el banco de referencia, se implantaron las marcas de referencia, las cuales marcaron tanto nivel como alineación de los elementos de vía.

- En nivelación se fijaron marcas en los muros a una altura constante arriba del nivel del plano de rodamiento. Estas marcas fueron espaciadas a cada 10 metros en sentido horizontal y en pendiente uniforme.

- En alineación se utilizaron marcas que materializaron el eje de la entrevía o de cada vía, éstas estuvieron marcadas y distantes 20 metros en forma recta.

Es importante observar que antes del despiece de los durmientes fue necesario la colocación de subcapas de balasto las cuales se mencionan en el tema de terracerías.

a.- Despiece de durmientes.

Antes de comentar acerca del despiece de los durmientes, mencionaremos algo acerca del desmontaje de los mismos.

Los durmientes se almacenaron en un entablado hasta una altura de 15 camas como máximo con interposición entre cada capa de listones o polines de madera con sección rectangular.

El despiece se realizó por medio de equipo mecánico y con la utilización de pinzas especiales que permiten alojar al durmiente cerca de su posición definitiva.

b.- Colocación de durmientes.

Una vez que el durmiente quedó cerca de su posición final, se prosiguió con el armado de una vía provisional que permitió el calzado de los mismos.

Teniendo una vía provisional se introdujo el balasto por medio de vehículos especializados, iniciando la descarga por las cabezas de los durmientes, donde se bateó (reacomodo del balasto utilizando vibradores de placa) para reacomodarlo.

Los alzamientos para el bateado de la vía se ejecutaron en operaciones sucesivas entre cada alzamiento, de 10 cms., como máximo, una nueva capa de balasto fue descargada.

La alineación y nivelación de los durmientes fue paralela al tendido de vía.



c.- Fijación de vías.

El riel de rodamiento utilizado fue de calibre 115 el cual va sujeto a durmientes de concreto mediante fijaciones elásticas; la longitud de los rieles es de 18 metros.

Para realizar la fijación de la vía fue necesario seguir el siguiente procedimiento:

- Abastecimiento y distribución de balasto, rieles, durmientes, sillas, fijaciones y armaduras acanaladas de hule.
- Armado, calzado y primer ajuste de la vía.
- Soldadura de los rieles.
- Ajuste definitivo de la vía.

Distribución de rieles.- El transporte de los rieles se efectuó a través de plataformas equipadas con grúas, la descarga y la carga se ejecutaron forzosamente mediante deslizadores, auxiliándose de la utilización de pinzas.

Los rieles almacenados no se descansaron directamente en el suelo, el primer lecho quedó aislado mediante tablonos o polines.

d.- Ubicación de la vía, ajuste y nivelación por calzado y alineación.

Frente a las marcas, las vías fueron llevadas por desplazamientos transversales-rápidos a la posición más cercana de su localización definitiva.

Los rieles se instalaron extremo con extremo, dejando solo la holgura necesaria para la realización de las soldaduras aluminotérmicas. Dicho hueco quedó materializado mediante una cuña en forma de "te", la cual permite el paso de trenes que se apoyan en la superficie de rodamiento del riel.

En espera de la soldadura, las extremidades de los rieles quedaron empalmadas entre sí por planchuelas sujetas mediante "ces" de apriete, prensas.

Después del armado de la vía, es menester surtir el balasto y efectuar el alzamiento, la alineación, el ajuste y bateado de esta vía. El ajuste geométrico completo se realizó en dos fases:

**PRIMERA FASE:** Alzamiento y alineación a las cotas prescritas con respecto a las marcas, las soldaduras de los rieles se efectuaron antes del segundo ajuste.

**SEGUNDA FASE:** Nivelación y alineación final con respecto a las cotas ya rectificadas.

Durante esta última operación, se colocaron las vías a su altura definitiva, esta altura es de 0.02 metros encima de la rasante de proyecto para compensar la compactación debido a la circulación del material rodante al principio de la operación.

**e.- Fijación en durmientes de concreto.**

La sujeción se realiza por medio de dos pernos tirafondo, en los cuales se arman las sujeciones elásticas y grapas. Una almohadilla acanalada de hule de 6.0 mm de espesor es interpuesta entre el riel y el área de apoyo del durmiente.

El atornillamiento de las fijaciones se efectuó mediante máquinas con limitador (torquímetro).

#### 5.15.- Instalaciones.

Las principales instalaciones que se utilizaron en lo que corresponde a obra civil dentro del depósito son las siguientes:

##### a.- Instalación hidráulica.

Esta red se utilizó para la alimentación de la zona de servicios, en los hidrantes ubicados en la zona de andadores y a lo largo de la fosa de revisión.

##### b.- Instalación eléctrica.

Se utiliza a lo largo de toda la nave para iluminación interior y exterior en la fosa de revisión, así como para la red eléctrica de la zona de servicios.

##### c.- Instalación sanitaria.

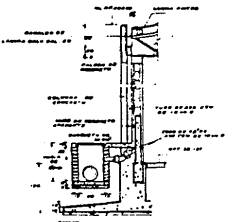
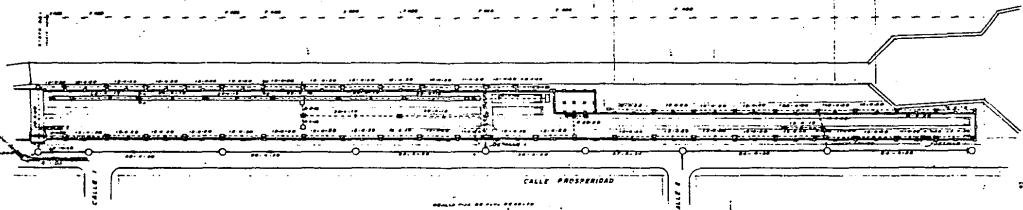
Se empleó para desagüe de la zona de servicios y para la colocación de los muebles sanitarios.

##### d.- Instalación de tierras.

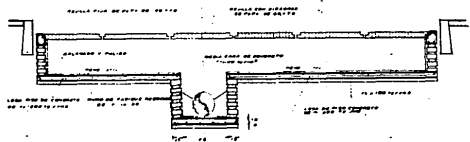
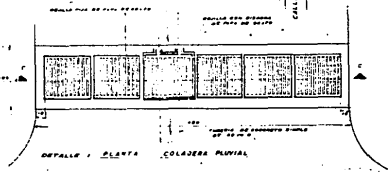
Fue necesario también emplear un sistema de tierra dentro del depósito, el cual permite que se pueda electrificar el sistema de alimentación del pantógrafo, para poder transmitir corriente a los trenes.

# DRENAJE PLUVIAL

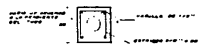
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45



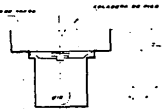
**CORRECTOR DE NIVEL DE AGUA CON REGISTRO**  
CORTE B-B



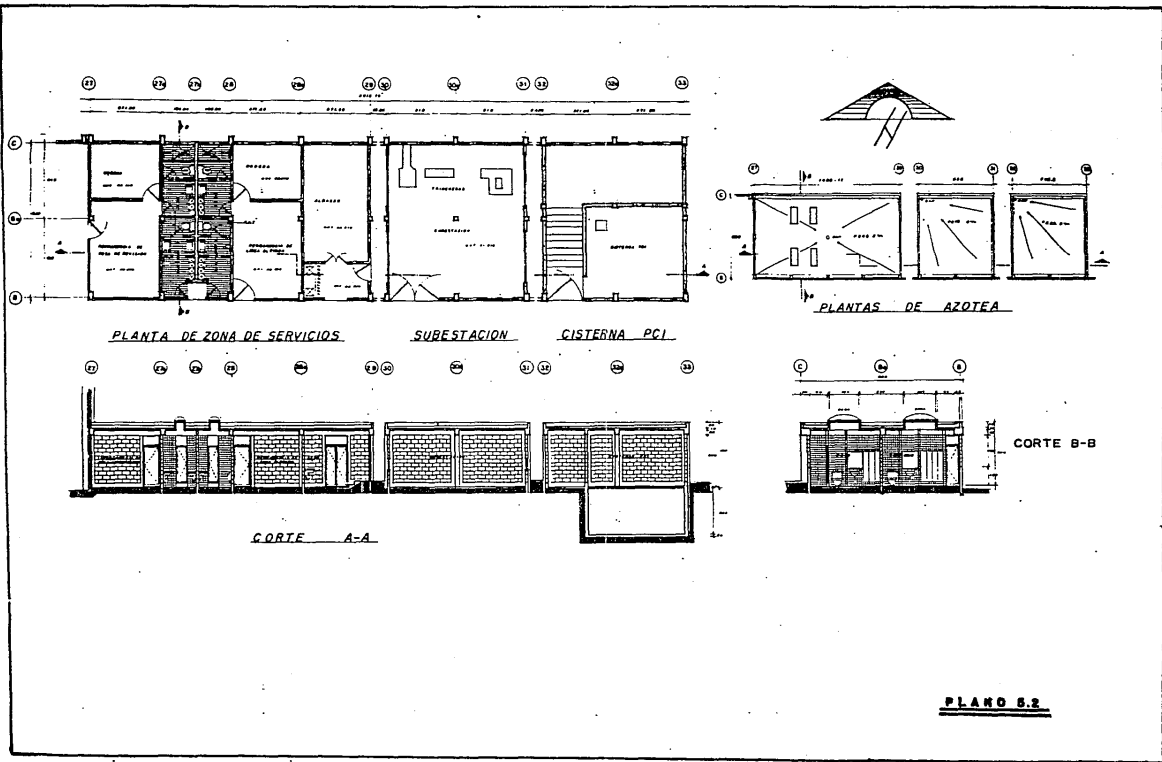
**CORTE C-C**



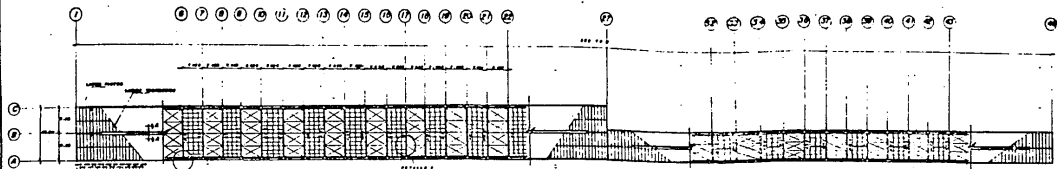
**ENCARISADO DE TUBERIA**  
**DE CONCRETO**



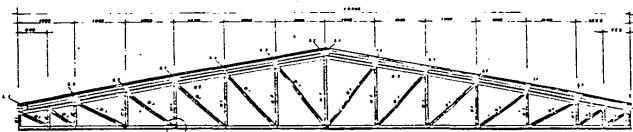
**DETALLE DE REGISTRO EN POSA DE REVISION**  
CORTE D-D



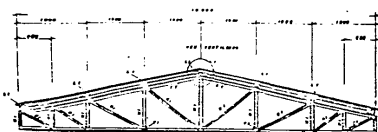
PLANO 5.2



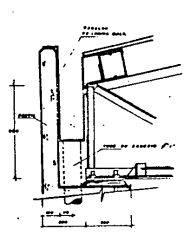
PLANTA DE CUBIERTA



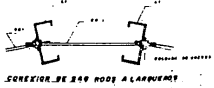
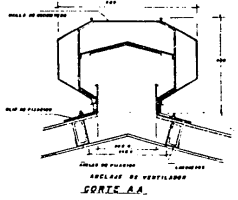
ARMADURA TIPO AR 1 Y AR 5



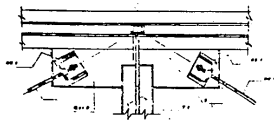
ARMADURA TIPO AR 2



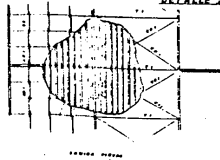
DETALLE I



SORTEO DE 200 NODOS A LAZAROS



DETALLE 2



DETALLE CUBIERTA

MARCA	ARMADURA AR 1	ARMADURA AR 2	ARMADURA AR 3
AR 1	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 2	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 3	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 4	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 5	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 6	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 7	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 8	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 9	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 10	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 11	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 12	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 13	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 14	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 15	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 16	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 17	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 18	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 19	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0
AR 20	22 - 212.0	22 - 212.0	22 - 212.0

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

*Como se puede observar, la capital Metropolitana ha tenido que enfrentarse a una variedad de problemas bastante complejos, debido a la incontrolada expansión de la mancha urbana. Esto trae consigo que se planteen soluciones prácticas para tratar de resolver estos problemas.*

*El Tránsito en sí, forma parte de uno de los principales problemas y es por esto que se da la creación de un sistema de transporte como solución, en este caso, el Metro.*

*Es así, como la creación del Metro forma parte de la columna vertebral del sistema de transporte en la ciudad de México.*

*La línea "A" como ya sabemos es la primera línea del tren ligero, la cual se da como solución para interconectar la zona Metropolitana y la zona conurbada de la ciudad de México, la cual es una prolongación de las líneas 1, 9, . De la misma forma se construirán otras líneas de tren ligero que alivien a descongestionar el tránsito de la zona conurbada ha esta Ciudad Capital del Distrito Federal.*

*La idea del desarrollo de este trabajo es tratar de dar ha conocer la información necesaria acerca de los trabajos que deben realizarse para poder llevar acabo una línea del Metro, y en este caso en especial la Línea "A" Pantitlan la Paz.*



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

- PROGRAMA MAESTRO DEL METRO.  
VERSION 1985.
- BOLETIN INFORMATIVO DEL METRO LINEA "A"  
PANTITLAN-LA PAZ  
(COVITUR).
- ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION  
DEL DEPOSITO PANTITLAN.  
COLINAS DE BUEN.
- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE OBRA METRO.  
COMETRO.
- ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL METRO  
EN LA CIUDAD DE MEXICO.  
ISME.
- FIJACION DE VIAS EN OBRA MESTRO.  
ELECTROMETRO.
- MANUAL TECNICO Y ESPECIFICACIONES DEL METRO.  
ICA TRANSPORTE.