

7  
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON  
INGENIERIA CIVIL

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B  
EN EL CRUCE CON LINEA 3  
'ESTACION GUERRERO'"

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN:

FRANCISCO BAUTISTA PIMENTEL  
JOSE ARTURO RIOS ISLAS

Asesor de Tesis: Ing. José Mario Avalos Hernández



SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**TESIS**

**COMPLETA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

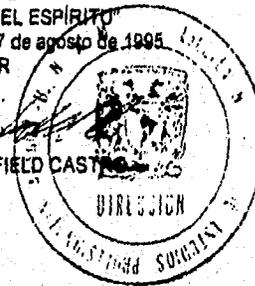
FRANCISCO BAUTISTA PIMENTEL  
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 13 de julio del año en curso, presentada por José Arturo Ríos Islas y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ M. AVALOS HERNÁNDEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 'ESTACIÓN GUERRERO' ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITO"  
San Juan de Aragón, México., 17 de agosto de 1995  
EL DIRECTOR

M. en I. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/ta.

71



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

JOSÉ ARTURO RÍOS ISLAS  
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 13 de julio del año en curso, presentada por Francisco Bautista Pimentel y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ M. AVALOS HERNÁNDEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 'ESTACIÓN GUERRERO'", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México., 17 de agosto de 1995  
EL DIRECTOR

*Mario Claudio C. Merrifield Castro*  
MARIO CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/lla.

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

**AGRADECIMIENTOS  
Y  
DEDICATORIAS**

**A MIS PADRES:** FRANCISCO Y CARMEN

A los que estaré agradecido toda la vida,  
por todo el amor y apoyo que de ellos he recibido,  
por respetar mis decisiones y aceptarme como soy,  
por su apoyo y confianza.

Gracias por haberme dado la vida, su cariño,  
y la dicha de verlos poco a poco envejecer juntos.

Gracias por creer en mí siempre,  
porque cada día me han impulsado a ser mejor,  
ya que este logro no es mío, es nuestro.

Con infinito amor, admiración y respeto.

**A MIS HERMANOS: DANIEL E ISRAEL**

Porque forman parte de mi vida,  
por todos los años de felicidad que hemos vivido juntos,  
Porque los quiero y necesito como hermanos,  
como amigos y como personas.

Porque nunca nadie podrá reemplazar  
a ninguno de ustedes.

Con la firme esperanza de que este trabajo  
pueda servir algún día como estímulo,  
para salir adelante y mejorar su futuro.

**A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:**

Gracias por su apoyo desinteresado que me han brindado.

*Francisco Bañista Dimentá.*

A MIS PADRES:

RAYMUNDO Y GISELLA.

A los que estaré agradecido toda la vida,  
por su amor de padres, apoyo y confianza,  
Porque siempre me han impulsado a ser  
cada día mejor y gracias a ello he logrado una de  
mis más preciadas metas.

Gracias por creer en mí siempre, por iluminarme,  
por enseñarme con cariño y comprensión  
el sendero de la vida,  
a pesar de que algunas veces no lo he merecido.

Gracias a ustedes quienes con entusiasmo,  
crearon en mí un espíritu de lucha,  
ya que este logro no es mío, es nuestro.

Con infinito amor, admiración y respeto.

A MIS HERMANOS: ROXO Y JOHANNA

Porque las quiero y necesito como hermanas,  
como amigas y personas.

Por su cariño y por todos los momentos  
buenos y malos que hemos compartido,  
y que han servido para fortalecer a la familia.

Porque nunca nadie  
podrá reemplazar a ninguna de ustedes.

OMAR.

Por la fe que pusiste en mí en vida,  
Por brindarme siempre tu apoyo,  
he impulsarme en todo momento a terminar esta carrera.

MINERVA Y JAMILLA.

Tesoros invaluable de mi vida,  
dedico a ustedes este trabajo.

Gracias a su ternura y cariño alimentan día con día,  
mi afán de ser cada día mejor.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL:

*Por los importantes consejos que me han brindado siempre.*

*A:*

*Particularmente te agradezco a ti, que posiblemente leídas estas líneas, y que de inmediato te sabrás reconocer. Por su ejemplo, dedicación, estilo y clase, por esa infinita relación que siempre nos mantendrá juntos.*

*J. Arturo Rios Islas.*

**A DIOS:**

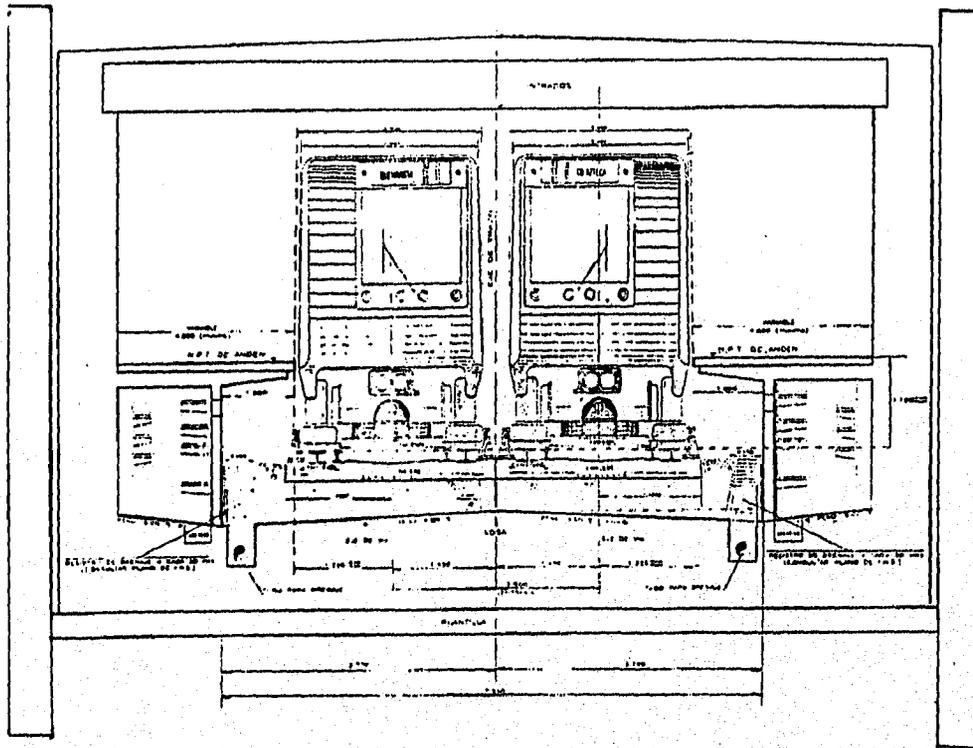
*Por conservar con bien a todos nuestros seres queridos y por  
permíltimos llegar hasta esta etapa de nuestra vida.*

*Un agradecimiento sincero al Ingeniero José Mario Avalos  
Hernández por las facilidades, consejos, asesoría y apoyo para la  
elaboración de este trabajo.*

*J. Arturo Rios y Francisco Bautista*

# METROPOLITANO

## LINEA "B"



**BUENAVISTA - CD. AZTECA**

# INDICE GENERAL

	Pag
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>INTRODUCCION</b> .....	5
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>INSTRUMENTACION</b> .....	10
1.1 Zonificación Geotécnica .....	11
1.2 Instrumentación .....	12
1.3 Objetivo General de la Instrumentación .....	12
1.4 Objetivos particulares de la Instrumentación .....	13
1.4.1 Referencias superficiales de la instrumentación .....	13
1.4.2 Testigos superficiales .....	14
1.4.3 Bancos de nivel semiprofundo .....	14
1.4.4 Inclínómetros .....	16
1.4.5 Piezómetros .....	17
1.5 Información a obtener mediante la instrumentación .....	19
1.6 Frecuencia de lecturas .....	20
1.7 Notas .....	22

	Pag.
<b>CAPITULO 2</b> .....	32
<b>DATOS COMPLEMENTARIOS QUE ATAÑEN A LA ESTACION GUERERO</b>	
2.1 Acero estructural para el Metropolitano Linea B .....	33
2.2 Concreto .....	34
2.2.1 Requisitos de calidad. ....	35
2.2.2 Elaboración. ....	37
a) Proporciones de mezcla. ....	38
b) Dosificación. ....	41
2.2.3 Colocación. ....	42
2.2.4 Colado. ....	45
2.2.5 Vibrado. ....	45
2.2.6 Curado. ....	46
2.2.7 Descimbrado. ....	47
2.2.8 Criterios de calidad. ....	47
a) Resistencia a la compresión. ....	48
b) Curado. ....	48
2.3 Troca: .....	48
2.4 Estabilización de paredes de zanjas, durante la construcción de muros colados en sitio. ....	50
2.5 Excavación de zanjas, introducción de parrillas de armada y colado de muros de concreto para tramo subterráneo. ....	53
2.6 Abatimiento del nivel freático por gravedad en las excavaciones originadas por la construcción del Metropolitano L-B. ....	61
2.7 Como eliminar posibles filtraciones que se puedan presentar a través de los muros tablestoca. ....	65
2.7.1 Tratamiento de sellado de fugas .....	73

	Pag.
<b>CAPITULO 3</b> .....	<b>91</b>
<b>APUNTALAMIENTO Y PREPARACIONES PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL METROPOLITANO LINEA B</b>	
3.1 Soluciones estructurales factibles para el diseño y construcción del cajón. ....	92
3.2 Selección de alternativas. ....	94
3.3 Bosquejo del procedimiento constructivo a seguir en Estación Guerrero. ....	94
3.4 Apuntalamientos y preparaciones para el procedimiento constructivo. ....	99
3.4.1 Anclajes y tirantes. ....	102
3.5 Tipos de puntales. ....	104
3.6 Cálculo del empuje del suelo en un muro lloblestaca. ....	106

	Pag.
<b>CAPITULO 4</b> .....	130
<b>PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL CAJON DEL METRO DE LINEA B Y AREAS ALEDAÑAS</b>	
Conceptos generales. ....	131
4.1 Procedimiento constructivo del cajón del Metro de la Linea B en las áreas aledañas al cruce con la línea 3. ....	131
4.2 Procedimiento constructivo de la pasarela cambio de andén. ....	137
4.3 Procedimiento constructivo de vestíbulos. ....	139
4.4 Procedimiento constructivo de accesos. ....	141
4.5 Procedimiento constructivo del cajón de Linea B y pasarela de cambio de andén bajo la Linea 3 en operación. ....	142
A.- Hincado de los tubos que conforman el ademe lateral durante la excavación. ....	142
B.- Inyección de consolidación del suelo bajo la Linea 3. ....	144
C.- Excavación, apuntalamiento y estructuración del cruce. ....	149
4.6 Notas importantes .....	153
4.7 Abatimiento del nivel de aguas freáticas. ....	154

	Pag.
4.7.1 Localización y profundidad de los pozos de bombeo. ....	155
4.7.2 Perforación y ademe de los pozos de bombeo. ....	155
4.7.3 Costo de agua por bombear. ....	155
4.7.4 Tiempo, longitud y suspensión de las zonas de bombeo. ....	156
4.7.5 Notas. ....	156
4.8 Aplicación del concreto lanzado a utilizar en la construcción de los losas de techo del cajón y pasarelo de cambio de andén. ....	157
4.8.1 Método. ....	157
4.8.2 Dosificación y mezclado. ....	158
a) Agregados ....	158
b) Cemento y agua. ....	158
c) Relación agua-cemento. ....	159
d) Aditivos. ....	159
e) Mezclado. ....	160
f) Tiempo de fraguado. ....	160
g) Densidad de los componentes de la mezcla. ....	160
h) Protección. ....	160
4.8.3 Resistencia. ....	161
4.8.4 Colocación. ....	161
a) Calidad del lanzado. ....	161
b) Presión de lanzado. ....	161
c) Posición del lanzado. ....	162
d) Forma del lanzado. ....	162
e) Espesar de las capas. ....	162
4.8.5 Preparación de la superficie. ....	163
4.8.6 Rebote. ....	163

4.8.7 Control de calidad .....	164
4.9 Instrumentación particular correspondiente al cruce de Linea B con Linea 3. ....	164
4.9.1 Objetivos particulares de la instrumentación. ....	164
1. Referencias superficiales. ....	164
2. Frecuencia de lecturas. ....	166
a) En la Estación Guerrero de Linea 3 (Estructura existente ). ....	166
b) En el cajón subterráneo de la Linea B del Metropolitano (Por construir) .....	166
4.9.2 Valores de deformaciones. ....	167
4.9.3 Notas importantes. ....	168
<b>CAPITULO 5</b> .....	198
<b>CONCLUSIONES</b>	
5.1 Cambios en el proyecto. ....	199
5.2 Conclusiones generales. ....	208
<b>ANEXO FOTOGRAFICO</b> .....	225
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	231

# ANTECEDENTES

## ANTECEDENTES

Para solucionar en parte el grave problema de transporte colectivo de la Ciudad de México, en el año de 1967 las autoridades del Departamento del Distrito Federal (DDF), decidieron construir el Metro. En esa época se determinó su primera etapa, con una longitud de 41.5 km.

En el año de 1977 el DDF creó la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro, que en 1978 se convirtió en la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), organismo entre cuyas funciones está la de continuar con la ampliación del Metro.

La razón más persistente para la implantación del Metro radica en mejorar la calidad del transporte; sobre todo en aquellas ciudades en donde el servicio de autobuses era lento, saturado y poco confortable. La anterior, sumado a la necesidad de incrementar la capacidad de transporte público para atender la demanda esperada de pasajeros; así la razón fundamental para la construcción del Metro puede considerarse como una necesidad de contar con un sistema de transporte mejor y de mayor capacidad.

COVITUR en su afán de buscar nuevas tecnologías que respondan a las necesidades actuales que imperan en la construcción de la red del Metro, se ha dado la tarea de investigar, analizar e instrumentar nuevos procedimientos constructivos y a la aplicación de nuevos materiales que redunden en una economía en la obra.

Simultáneamente con el crecimiento de esta red, se ha continuado y enriquecido una tecnología, muy propia del Metro de la Ciudad de México, que tuvo su origen durante la construcción de la primera etapa en 1967, tecnología que ha sido capaz de

enfrentar con éxito los problemas inherentes del subsuelo, particularmente difícil del Valle de México.

COVITUR se enfrenta cotidianamente a problemas geotécnicos difíciles que lo han obligado a realizar extensas campañas de exploración y muestreo, el trabajo realizado es vasto, el faltante enorme. Surge la necesidad de racionalizar, optimizar y economizar los recursos, tanto humanos como materiales; COVITUR enfrenta este reto con la recopilación y evaluación de la información del subsuelo obtenido de todas las estudios realizados, la adopción de nuevas técnicas para exploración y muestreo, el análisis del comportamiento de las estructuras construidas, la sistematización de los procedimientos de diseño y construcción, la elaboración de manuales y normas, y la investigación y desarrollo de nuevas técnicas para proyecto y construcción.

La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano COVITUR, del Departamento del Distrito Federal es una de las instituciones encargadas de desarrollar el complejo sistema de obras viales que requiere la Ciudad de México; las estructuras que constituye pueden ser tan diversas como líneas de Metro: tanto en cajón como elevadas y en túnel, pasos a desnivel puentes peatonales, subterráneos y elevados, estacionamientos y talleres de mantenimiento. Las condiciones del subsuelo en que se desarrollan estas obras, varían desde las arcillas más blandas y compresibles, a las tobas y los basaltos.

La aplicación de la red del Metro de la Ciudad de México es un reto tecnológico de múltiples campos y facetas; en la rama de la Ingeniería Civil implica desarrollar mejores métodos de diseño y construcción, que manteniendo la seguridad reduzcan los tiempos de construcción y costos de las obras.

El transporte urbano es uno de los problemas de mayor prioridad en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; para resolverlo, se ha buscado la permanente

**Antecedentes - 4<sup>1</sup>**

expansión de la red de su Sistema de Transporte Masivo, acciones que además forman parte de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica.

Cabe aclarar que La Comisión de Vialidad y Transporte Urbano COVITUR en el mes octubre de 1995 pasa a ser Dirección General de Comisión de Obras del Sistema de Transporte Colectivo DGCOSTC.

# INTRODUCCION

## INTRODUCCION

La Ciudad de México es en la actualidad una metrópoli gigantesca que requiere de modernos sistemas de transporte como lo es el Metro, para comunicar las distintas zonas de la urbe.

Avanzar hacia un sistema de tal magnitud, demanda hoy en día, reunir todos los esfuerzos, que puedan iniciar una mejor construcción, conocer de una manera clara y apegada a la realidad los problemas que se deben resolver y aún más importante, optimizar las altas inversiones que es necesario aplicar en el sistema.

En lo que se refiere a la construcción y proyecto de la Red Vial del Metro se diseñó el "Programa Maestro del Metro"(PMM), que es un instrumento de planeación apegado al Plan Nacional de Desarrollo, que rige y marca las pautas en la ampliación sistemática de la red, que es congruente también con las políticas y objetivos de otros programas, con las que se entrelaza el desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la región Centro, el desarrollo urbano del Distrito Federal, y por última, el integral de transporte y vialidad.

Para definir objetivos y metas específicas del programa, intervienen todas las dependencias gubernamentales involucradas, y se recopilaron documentos cuyo contenido se relaciona con el PMM a fin de obtener precisión y congruencia al máximo.

Previamente a la aplicación de la encuesta origen-destinos, se definieron criterios para delimitar y zonificar las áreas de estudio de población, acordándose que se abarcaría las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal y 27 municipios conurbados del

## Introducción - 7

Estado de México con el propósito de darle la máxima representatividad al considerar los 16,342,400 personas que pablaban en ese año el área de estudio.

Otro aspecto que perfila el programa, es la definición de una red del metro equilibrado, es decir, que la oferta de servicios de todas las líneas corresponda con la hora de máxima demanda (HMD), a fin de evitar saturación, según se trate de equipo o instalaciones.

El horizonte de planeación año 2010, fecha en que la red, según el PMM, deberá alcanzar a lo largo de 25 años 315.349 km con un total de 19 líneas, 274 estaciones y 838 trenes que atenderán una demanda, según pronósticos de 13.23 millones de pasajeros diarios y en la HMD 2.99 millones de viajes.

Después de esta labor de conjunto y coordinación se definirán los objetivos generales que tiene el PMM, mismos que se intentan alcanzar a lo largo de las diferentes etapas.

Los primeros objetivos subrayan el aspecto social, que se orienta a brindar un servicio eficiente y satisfactorio, cuyas inversiones se justifiquen plenamente, alcanzando el máximo beneficio social.

La ejecución del programa vigente aspira, así mismo, a conformar la red del metro como elemento estructurador del transporte metropolitano y conectarlo con el interurbano. En este contexto la meta es equilibrar internamente el sistema para evitar congestión de líneas, mismas que de acuerdo al programa, deben incrementar las opciones, y al mismo tiempo, facilitar la sustitución de medios de transporte en los corredores, cuya demanda futuro requiere de una línea del metro.

En el Programa Maestro se determinan las etapas de ampliación de la red:

La primera comprende las obras realizadas entre 1967 y 1970 de la L-1 (Zaragoza-Observatorio), L-2 (Tacuba-Taxqueña) y L-3 (Tlatelolco-Centro Médico).

En 1977 se inicia la segunda etapa que abarca el proyecto y la construcción de la Línea 4 (Martín Carrera-Santa Anita), L-5 (Pantitlán- Politécnica) y L-6 (Instituto del Petróleo-El Rosario), así como también la ampliación de la Línea 3, en su parte norte (Tlatelolco-Indios Verdes) y sur (Hospital General- Zapata).

La tercera etapa da inicio en 1982 que incluye ampliaciones a la Línea 1 Oriente (Zaragoza-Pantitlán), L-2 Poniente (Tacuba-Cuatro Caminos), L-3 Sur (Zapata-Universidad), y el proyecto de línea 7 (Tacuba-Barranca del Muerto).

Finalmente la cuarta corresponde a las ampliaciones de la Línea 6 (Instituto Politécnico-Martín Carrera), y L-7 (Tacuba-El Rosario), además de la construcción de la L-9 (Tacubaya-Pantitlán).

Para 1994, el PMM contempla la ampliación de algunas Líneas y la ejecución completo de la Línea 8 (Garibaldi-Constitución 1917, y la Línea B (Cd. Azteca-Hípódromo), para llegar a un total de 197.9 km a fin de enfrentar una demanda de 6.44 millones de viajes diarios, y la oferta de 2.33 millones de pasajeros en la HMD.

De los distintos modos de transporte destaca el Sistema de Transporte Colectivo Metro, que tiene vital importancia como servicio público por su buen servicio, bajo costo, y además permite tener una relación directa del Distrito Federal con el Estado de México.

El Distrito Federal cuenta actualmente con 10 Líneas que forman el Sistema de Transporte Colectivo, para seguir avanzando es necesario realizar otra Línea más como es el caso de la Línea B del metro, la cual en su primera etapa de construcción será de Buenavista-Cd. Azteca, para posteriormente continuar con Buenavista-Hípódromo.

## Introducción - 9

Esta Línea B se realizará en tres soluciones que serán: Subterránea, Elevada y Superficial. En la primera solución es el tramo Buenavista-Morelos, en la segunda San Lázaro- Océania, en la última es de Bosque de Aragón-Cd. Azteca.

Esta Línea tiene su inicio a finales de 1994 en su primera etapa de construcción subterránea, que se lleva a cabo en el Eje 1 Norte con la Estación Buenavista hasta la Estación Morelas.

Las estaciones que componen a esta línea en su primera etapa son las siguientes:

- En su tramo subterráneo; Buenavista, Guerrero, Garibaldi, Lagunilla, Tepito, Morelas.
- En su tramo elevado; San Lázaro, Gran Canal, Ramero Rubio, Océania.
- En su tramo superficial; Bosque de Aragón, Tesoro, Villa de Aragón, Continentes, Campestre, Río de los Remedios, Muzquiz, Tecnológico, Olímpico, Plaza Aragón, Cd. Azteca.

La línea B durante su trayectoria constructiva tendrá varias cruces (transbordos) con líneas en operación como son:

- Estación Guerrero L-3 (Universidad-Indias Verdes).
- Estación Garibaldi L-8 (Garibaldi-Constitución de 1917).
- Estación San Lázaro L-1 (Pantitlán-Observatorio).
- Estación Océania L-5 (Pantitlán-Politécnico).

En especial el cruce de línea B con línea 3 "Estación Guerrero" es el desarrollo de este trabajo, debido a la gran importancia que presenta dicho cruce, ya que en éste no se proyectaron las preparaciones necesarias para la construcción del cajón debajo de la Línea existente, otro punto importante es la profundidad a la que éste se localiza y también debido a la zona geológica en el que se encuentra ubicado.

# CAPITULO I

INSTRUMENTACION

## 1.1 Zonificación Geotécnica

La zonificación del área urbana basada en las propiedades de compresibilidad y resistencia de los depósitos característicos de la cuenca que forma a la Ciudad de México; se divide en lacustres, aluviales y volcánicas; en la figura 1 se presenta una zonificación actualizada de la ciudad.

Durante el estudio de una línea específica del Metro, esta zonificación debe consultarse para definir en forma preliminar los problemas geotécnicos que se puedan anticipar relacionados con el diseño y construcción de las estaciones y tramos intermedios. La zonificación se completa con información estratigráfica típica, la cual permitirá desarrollar las siguientes etapas iniciales de estudio:

a) Realizar un análisis preliminar de las condiciones de estabilidad y comportamiento de la estructura durante la construcción y funcionamiento de la línea; así podrán identificarse las alternativas de solución factibles a estudiar durante el diseño definitivo.

b) Establecer las técnicas de exploración y muestreo aplicables en cada tramo de la línea.

El cruce de la Estación Guerrero L-B con L-3 (Universidad-Indias verdes), tiene origen en la zona de lago; subzona de lago centro II (fig. 1). Esta subzona corresponde con la antigua troza de la ciudad, desde la historia de cargas aplicadas en la superficie ha sido muy variable; esta situación ha provocado que en esta subzona se encuentren las siguientes condiciones extremas:

a) Arcillas fuertemente consolidadas por efectos de rellenos y grandes sobrecargos de construcciones Aztecos y Coloniales.

b) Arcillas blandas, asociadas a lugares que han alojado plazas y jardines durante largo periodo de tiempo.

c) Arcillas muy blandas en las cruces con antiguos canales en la zona.

Así mismo el intenso bambeo para abastecer de agua a la ciudad, se refleja en el aumento general de la resistencia de los estratos de arcilla por efecto de la consolidación.

Debido a la zona en la que se encuentra el cruce de L-3 con L-B, es necesario tener un control eficaz y confiable para conocer los movimientos de las estructuras aledañas a la obra en construcción; y para ello se empleará la instrumentación de antemano estudiada para conocer los movimientos en ésta zona.

## **1.2 Instrumentación**

En términos generales, la instrumentación se define como la serie de dispositivos y referencias topográficas instaladas dentro y fuera de la obra, en el terreno natural y en las estructuras vecinas. Quedan comprendidas también dentro de éste concepto, todos aquellos trabajos de campo y gabinete, para realizar la toma de lecturas, la interpretación, su aplicación y elaboración de informes.

## **1.3 Objetivo general de la Instrumentación**

De manera general, los objetivos que se persiguen con la implantación de la instrumentación son:

Medir previamente, durante y después de la ejecución de la obra, los movimientos verticales y horizontales, y/o los esfuerzos que se generan en el suelo y edificaciones colindantes, como reflejo de las actividades y proceso de dicha obra, como lo son: construcción de muros tablestaca, bombeo previo de agua freática, excavación del núcleo, colocación y precarga de los puntales, construcción propiamente del cajón y la restitución de la vialidad correspondiente, así como la evaluación de la condición final de compensación.

De lo anterior se desprenden las siguientes acciones particulares, que dadas las características e importancia de la construcción en cuestión, se obtienen de la instrumentación:

a) Controlar posibles daños a terceros, representados por instalaciones municipales, las construcciones vecinas y a la propia obra, Esto implica estar en condiciones de tomar medidas preventivas y otorgar los posibles problemas derivados de esfuerzos y/o deformaciones que se presenten, y que puedan generar posibles mecanismos de falla. De aquí se desprenden las acciones a tomar para cada paso en particular.

b) Deslindar responsabilidades en los que al punto anterior se refiere.

c) Retroalimentación a partir de la información obtenida para llevar a cabo la calibración de las teorías empleadas en el diseño.

#### **1.4 Objetivos Particulares de la Instrumentación**

##### **1.4.1 Referencias superficiales (Puntos de control, "Palmas" y Plomas)**

Medir los posibles movimientos antes, durante y después de la construcción de la estructura del metropolitano: En las zonas y estructuras aledañas a la obra con el fin de tener un control sobre la ejecución del proceso de excavación y estructuración, para adoptar las medidas que propicien la oportuna toma de decisiones, asegurando con ello un comportamiento dentro de los rangos de seguridad previstos tanto a corto plazo como para la condición definitiva, tanto de la obra de ingeniería como de sus colindancias.

La instrumentación consistirá en referencias superficiales ("palomas" y testigos), bancos de nivel semiprofunda, inclinómetros y piezómetros. Dichos elementos permitirán llevar un control sobre la ejecución de los posibles movimientos que se puedan presentar durante la excavación.

**Palomas y plomos:** Para conocer los movimientos que se pudieran presentar en las construcciones localizadas en el perímetro de la estación (Guerrero), se colocan marcas de pintura (palomas) y puntos de desplome en los paramentos de éstas.

Las marcas se colocarán en las colindancias de los edificios a 1.5 m de altura, medido a partir del nivel de banqueteta. La colocación de las palomas será en el perímetro de las predios ubicados sobre Eje 1 Norte y en las localizadas en las calles perpendiculares a ésta avenida, tanto como al norte como al sur de la estación, como se muestra en la figura No. 2.

Se deben marcar puntos de desplome en los edificios, utilizando los botaguas de algunos edificios o fijando ménsulas o perfiles de hierro en las azoteas o en donde lo permita la construcción, ver figura No. 3. Posteriormente se medirán los posibles desplazamientos horizontales que se presenten en cada uno de ellas.

#### 1.4.2 Testigos Superficiales

Se localizan en la superficie testigos de control, los cuales se nivelan a fin de valorar los asentamientos generados por la excavación de la estación.

Los testigos consistirán en colocar clavos metálicos empotrados en el terreno formando una malla alrededor de la estación.

Los testigos superficiales deberán instalarse previamente al inicio de los trabajos de excavación ( ver fig. 2 ).

#### 1.4.3 Bancos de nivel semiprofunda

Su objetivo es medir los movimientos del fondo de la excavación durante el proceso constructivo, para poder rectificar o ratificar la magnitud de las etapas de excavación,

los tiempos de estructuración, así como verificar la oportunidad en la colocación de los lastres temporales, logrando con ello un comportamiento dentro de los rangos de seguridad previstos.

Este consiste en un tubo de hierro galvanizado de 1 pulgada de diámetro, en tramos de un metro unidos con coples, y con una longitud equivalente a la profundidad de instalación del banco, en su extremo superior rematará un tapón de hierro galvanizado sobre el que se apoyará el estado y en su extremo inferior en un muerto de concreto simple, de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , vaciada dentro de un tubo Shelby de 4" de diámetro por 0.30 m de longitud; ver figura No. 4.

Los bancos de nivel semiprofundo servirán para determinar los movimientos verticales causados por las probables expansiones y hundimientos generales en el fondo de las excavaciones a cielo abierto.

Una vez construidos los muros milán se procederá a la instalación de los bancos de nivel semiprofundo como se indica a continuación:

-Se perforará un barreno de 6" de diámetro hasta una profundidad de 1.20 m abajo del nivel máximo de excavación.

-Los paredes de la excavación se deberán estabilizar con lodo bentonítico.

-Previo al inicio de los trabajos se deberá fabricar el muerto o base del banco, dejando el extremo inferior del tubo de 1" de diámetro completamente embebido en toda la longitud del muerto.

-Se introducirá en la perforación el tubo en tramos de un metro, que se irán uniendo con coples a medida que se baje hacia el fondo. Deberá cuidarse que el muerto se apoye por completo en el fondo de la perforación, por lo que se deberá verificar que éste se encuentre libre de azoaves.

-Una vez colocado el banco de nivel semiprofundo en toda la longitud, el espacio anular de la perforación se rellenará con grava suelta.

-Los bancos se irán recorriendo cuidadosamente a medida que avance la excavación; en la zona vecina al ademe de los bancos, la excavación se efectuará a mano con el objeto de no dañarlos.

La ubicación de los bancos de nivel semiprofundo se muestra en la figura No. 5.

#### 1.4.4 Inclinómetros

Su objetivo es medir los movimientos transversales al eje de trazo del subsuelo ubicada detrás de la estructura de contención ( muros tablestacas ) durante la excavación del núcleo y la construcción del cajón de concreto, con el fin de verificar la oportunidad de colocación del apuntalamiento respectivo, ratificando además, el número de niveles y/o la magnitud de las precargas de diseño.

Este consiste en una tubería con cuatro ranuras verticales diametralmente opuestas que sirven de guía a una senda de medición. Los coples que unen los tramos de tubería consisten en dos secciones media caña, que abrazan la tubería con la que tienen un trasape. El cople se envuelve en toda la longitud con cinta adhesivo.

Los inclinómetros nos servirán para determinar los movimientos horizontales que se pudieran presentar debido a la excavación de la estación.

Estos instrumentos se instalarán en perforaciones verticales, limpias de azolves.

El procedimiento de instalación se describe a continuación:

-Se perforará el suelo en un diámetro de 6" usando lodo bentonítico para estabilizar las paredes de la perforación y extraer los recortes de la misma.

-La profundidad de la perforación tendrá el nivel de desplante del muro tablestaca adyacente al inclinómetro correspondiente.

-Simultáneamente con la actividad anterior se procederá a ensamblar los tramos de tubería y los coples para iniciar su instalación tan pronto termine la perforación; deberá cuidarse que las torsiones de la tubería se compensen en segmentos consecutivos. La tubería deberá llevar en su extremo inferior un tapón que se fijará con remaches o pegamento, en función del material constitutivo de la tubería.

-Una vez que se haya alcanzado la profundidad requerida, se limpiará la perforación haciendo circular lodo bentonítico limpio hasta que éste retorne en iguales condiciones a la superficie.

-Concluido lo anterior se bajará la tubería dentro de la perforación cuidando que un par de ranuras diametralmente opuestas sean perpendiculares al eje de la excavación; durante esta etapa, se prepara la mezcla del material que rellenará el espacio anular entre la tubería y la pared de la perforación, que consistirá en una mezcla de

bentonita-cemento-agua, para evitar que frague antes de su inyección; dicha mezcla tendrá la siguiente proporción:

Agua	1.0 m <sup>3</sup>
Cemento	200 kg
Bentonita	65 kg

La mezcla de bentonita-cemento-agua se inyectará a baja presión, desde el fondo de la perforación hasta alcanzar el nivel correspondiente a 30 cm por abajo del terreno natural.

-Se fijará el extremo superior de la tubería con un soporte, y se construirá un muerto de concreto que servirá como registro de protección del inclinómetro.

-Se deberá marcar el instrumento con alguna referencia que lo identifique, y que además señale su profundidad.

-La instalación del inclinómetro se efectúa tomando en cuenta las indicaciones aquí descritas, así como el procedimiento recomendado por el proveedor del equipo.

La ubicación de los inclinómetros se muestra en la figura No. 5.

#### 1.4.5 Piezómetros

Consiste en una celda permeable en su parte inferior y un tubo delgado de PVC de 1/2" de diámetro que comunica la celda con la superficie del terreno.

La celda queda embebida en una capa de filtro de arena de 90 cm de espesor, confinado por un sello de bentonita de 100 cm de espesor; el resto de la perforación se rellena con una mezcla bentonita-cemento-agua, con la proporción descrita anteriormente; el tubo de PVC de 1/2" de diámetro deberá sobresalir 20 cm sobre el terreno natural, también irá acompañado con un ademe de PVC de 2" y un registro de protección.

Los piezómetros servirán para conocer, el estado inicial de esfuerzos en el sitio en estudio, las condiciones de flujo de agua y la influencia del procedimiento constructivo en la presión de poro.

Estos dispositivos se instalarán en perforaciones verticales, limpias de azoles.

El procedimiento constructivo de instalación se describe a continuación:

-Cada estación piezométrica estará constituida por dos piezómetros, los cuales estarán desplazados a las profundidades de 12.65 y 18.45 m que corresponden a las profundidades donde se localizan estratos permeables, además de un pozo de observación del nivel freático constituido por un tubo de PVC de 4" de diámetro, perforado en toda su longitud y desplantado a 5 m de profundidad.

-Se perforará el suelo con un diámetro de 6" hasta las profundidades ya antes mencionadas, utilizando agua como fluido de perforación.

-Se bajará un ademe metálico, de diámetro NW hasta el fondo de la perforación y se hará circular agua limpia, la perforación deberá quedar absolutamente limpia de azolves.

-Mientras se efectúa la perforación se ensamblará la celda permeable con el tubo delgado, de ser posible en toda la longitud de instalación, en tramos de tres metros, para dar tiempo a que el pegamento de los coples pueda endurecer.

-Se levantará el ademe 30 cm y se vaciará lentamente una arena limpia y lavada, graduada entre los mallas No. 4 y No. 40, controlando cuidadosamente el volumen, a fin de no exceder la profundidad de instalación de la celda.

-Se bajará el piezómetro dentro del pozo, comprobando que quede bien asentado en la arena del fondo.

-Se levantará el ademe en tramos de 10 cm, vaciando gradualmente la arena dentro del pozo en cada tramo, hasta 30 cm arriba del bulbo, controlando siempre el volumen de arena que se descarga alrededor; ver fig. No. 6.

-A continuación se levantará el ademe en un tramo de 100 cm y se colocará una capa de bentonita en bolas, previamente preparadas, para sellar alrededor del tubo vertical de 1/2" de diámetro.

-Se rellenará el espacio anular entre el tubo vertical, o el ademe, según el caso mediante una mezcla de bentonita-cemento-agua con la proporción descrita anteriormente y se colocará un registro de protección con tapo, que albergará la cabeza del tubo vertical con su etiqueta de identificación de la profundidad de la celda y su nivel de referencia.

La ubicación de los piezómetros en planta se muestra en la fig. No. 4.

Los puntos de desplome se ubicarán a cada 50 cm de las líneas de colindancia entre construcciones y a 2.0 m de altura medidos a partir del nivel de banqueta.

### 1.5 Información a obtener mediante la instrumentación

Con el fin de unificar los criterios para la toma e interpretación de las lecturas producto de la instrumentación, a continuación se indica para cada aparato o referencia topográfica, los datos o información mínima que deberán contener los registros para su presentación en la construcción de la estación y cruce.

#### **Puntos de control:**

- a) Fecha de toma de lectura.
- b) Croquis de ubicación.
- c) Gráfica de los movimientos verticales contra el tiempo incluyendo los eventos de obra.

#### **Palomas:**

- a) Fecha de la toma de lectura.
- b) Altura y tipo de estructura en cuestión.
- c) Elevación del punto.
- d) Diferencia respecto a la lectura anterior.
- e) Deformación acumulada.
- f) Gráfica de la deformación contra el tiempo incluyendo los eventos de obra.

#### **Plomos:**

- a) Fecha de toma de lectura.
- b) Altura y tipo de estructuración de la construcción.
- c) Desplazamiento horizontal, incluyendo su dirección.
- d) Croquis de ubicación.
- e) Gráficos individuales del desplazamiento horizontal contra el tiempo, incluyendo los eventos de obra.

### 1.5 Información a obtener mediante la instrumentación

Con el fin de unificar los criterios para la toma e interpretación de las lecturas producto de la instrumentación, a continuación se indica para cada aparato o referencia topográfica, los datos o información mínima que deberán contener los registros para su presentación en la construcción de la estación y cruce.

#### **Puntos de control:**

- a) Fecha de toma de lectura.
- b) Croquis de ubicación.
- c) Gráfico de los movimientos verticales contra el tiempo incluyendo los eventos de obra.

#### **Palomas:**

- a) Fecha de la toma de lectura.
- b) Altura y tipo de estructura en cuestión.
- c) Elevación del punto.
- d) Diferencia respecto a la lectura anterior.
- e) Deformación acumulada.
- f) Gráfico de la deformación contra el tiempo incluyendo los eventos de obra.

#### **Plomos:**

- a) Fecha de toma de lectura.
- b) Altura y tipo de estructuración de la construcción.
- c) Desplazamiento horizontal, incluyendo su dirección.
- d) Croquis de ubicación.
- e) Gráficos individuales del desplazamiento horizontal contra el tiempo, incluyendo los eventos de obra.

**Bancos de nivel semiprofundo:**

- a) Profundidad de desplante.
- b) Fecha de la toma de lectura.
- c) Gráfica de movimiento contra tiempo, incluyendo evento de obra.
- d) Historio de los recortes de banco.
- e) Fecha de cancelación.

**Piezómetros:**

- a) Profundidad de desplante.
- b) Fecha de la toma de lecturas.
- c) Profundidad del NAF.
- d) Nivel piezométrico o la profundidad de desplante.
- e) Gráfica de profundidad del espejo de agua contra el tiempo, incluyendo los eventos de obra.
- f) Fecha de instalación, y de la primera lectura.
- g) Lecturas durante el periodo de estabilización de los dispositivos.

**Inclinómetros:**

- a) Fecha de tomas de lecturas.
- b) Fecha de instalación del dispositivo.
- c) Gráfica de la deformación horizontal contra la profundidad, incluyendo los eventos de obra como: excavación de los muros, excavación del núcleo, apuntalamiento, estructuración del cajón, etc.

**1.6 Frecuencia de lecturas:**

La frecuencia de lecturas en las palomas ubicadas en las predias, puntos de control y puntos de desplome, se realizarán de acuerdo a lo siguiente:

- a) Deberá contarse con una primera lectura 15 días antes de iniciar la excavación de cualquier etapa, y una lectura 3 días antes de iniciar el bombeo.

- b) Una vez al día durante el periodo de bombeo y excavación.
- c) Dos veces por semana durante la construcción ( lunes y jueves), hasta la restitución del pavimento.
- d) Una vez restituido el pavimento, las lecturas se realizarán cada dos semanas durante cuatro meses.

• La toma de lectura en los bancos de nivel semiprofundo se realizará de acuerdo a lo siguiente:

a) Se deberá contar con una primera lectura 15 días antes del inicio de excavación, y una segunda lectura 3 días antes de iniciar el bombeo en la etapa donde se encuentre instalado el banco.

b) Una vez al día durante el bombeo y excavación.

c) Una vez colado la losa de piso, las cotas se trasladarán a ésta continuando con las lecturas de la siguiente forma: Dos nivelaciones por semana ( lunes y jueves ) hasta la restitución del pavimento.

d) Una vez restituido el pavimento, las lecturas se continuarán cada dos semanas durante cuatro meses.

• La frecuencia de lecturas de los inclinómetros se realizará de acuerdo a lo siguiente:

a) Se deberá contar con una primera lectura 10 días antes de iniciar la excavación de cualquier etapa, y una lectura tres días antes de iniciar el bombeo.

b) Dos veces al día durante el proceso de bombeo y excavación.

c) Después de retirar el último nivel de puntales del tablero en cuestión, se deberán tomar lecturas una vez al día durante el tiempo en que se realice la estructuración de la celda, hasta alcanzar la construcción de la losa de nivel vestibulo o bien hasta concluir la construcción de la sección estructural en la zona de cabeceras, momento en el cual deberá suspenderse la toma de lecturas.

e Para el caso de los piezómetros, el inicio y terminación de lecturas se realizará de acuerdo a lo siguiente:

- a) Deberá contarse con una primera lectura 15 días antes de iniciar la excavación de cualquier tipo, y una lectura tres días antes de iniciar el bombeo.
- b) Una vez al día durante el período de bombeo.
- c) Una vez suspendido el bombeo las lecturas se toman una vez por semana durante cuatro meses.

### 1.7 Notas

Con relación a la instrumentación de la línea B, en particular en la zona del cruce de la línea existente L-3, la ubicación y la frecuencia será:

Los puntos se ubicarán en la distancia de 100 m a cada lado del eje del cruce de la línea existente ó de proyecto. La distribución será la indicada en la figura No. 7 y 8, colocando puntos tanto en la estructura existente como en la estructura por construir de Línea B.

La distribución consiste en colocar puntos en la siguiente forma:

- a) Un punto central en la zona de cruce.
- b) Se colocarán tres palomas a cada 3 m.
- c) Después de colocar las palomas anteriores se colocarán tres palomas más a cada 8 m.
- d) Finalmente se colocarán cuatro palomas más a cada 16 m.

Esta distribución de palomas se colocarán a cada lado del eje a nivel como se observa en las figuras.

Las palomas ubicadas en el andén se colocarán abajo del andén con el objeto de no dañar los acabados.

La frecuencia de las lecturas será la siguiente:

En la línea existente ( línea 3 ):

- a) Se tomará una primera lectura cuando se inicie la excavación en las zanjas aledañas al cruce ( Tramo Garibaldi-Guerrero y Estación Guerrero ).
- b) Se realizarán nivelaciones semanales durante la excavación de la zona superficial o de vestíbulos del cruce con L-3 .
- c) Después de colocar la losa del primer vestíbulo se iniciará la excavación de la zona profunda, tomando dos lecturas semanales hasta terminada la estructuración de la zona.
- d) A partir del momento en que se inicie la excavación propia del túnel y hasta una semana después de que finalice la excavación del cruce, se tomarán lecturas cada tercer día.
- e) Finalmente se tomarán lecturas semanales durante dos meses.

En el cajón por construir ( Línea B ):

- a) Los puntos de nivelación se colocarán inmediatamente después de descimbrar el muro estructural.

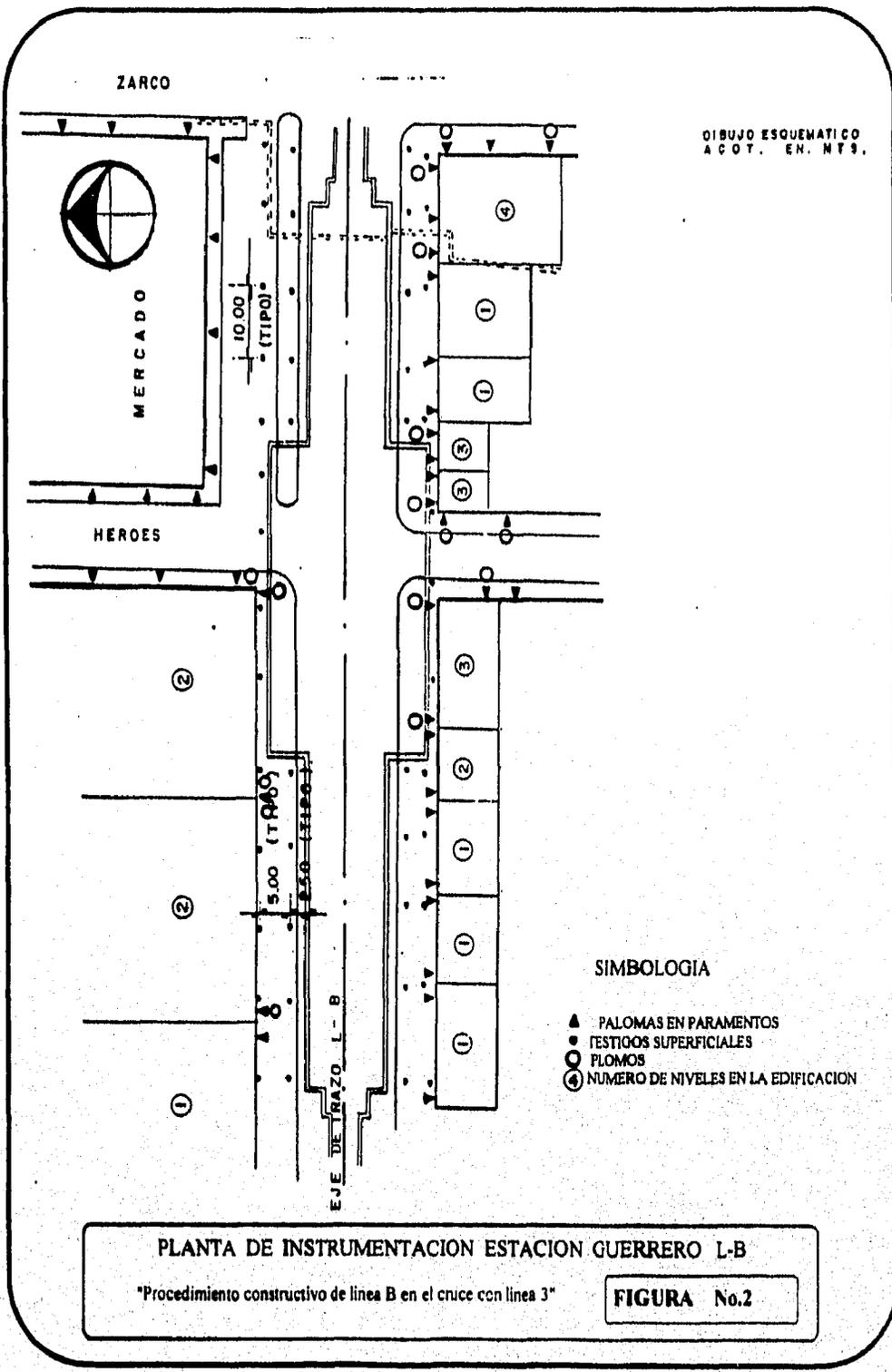
A partir de la primera nivelación, se realizarán mediciones cada tercer día hasta una semana después de haber concluido la excavación del cruce.

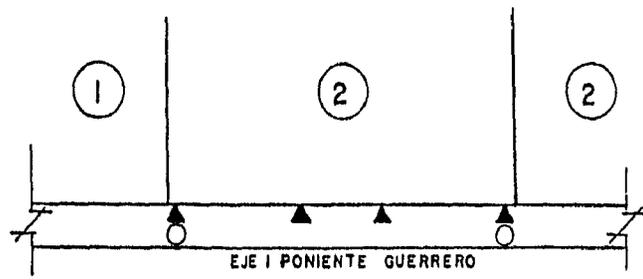
- b) Posteriormente se realizarán nivelaciones semanales durante dos meses.

La nivelación en el cruce deberá hacerse coincidir con el mismo día con objeto de sacar diferencia de ambas comportamientos.

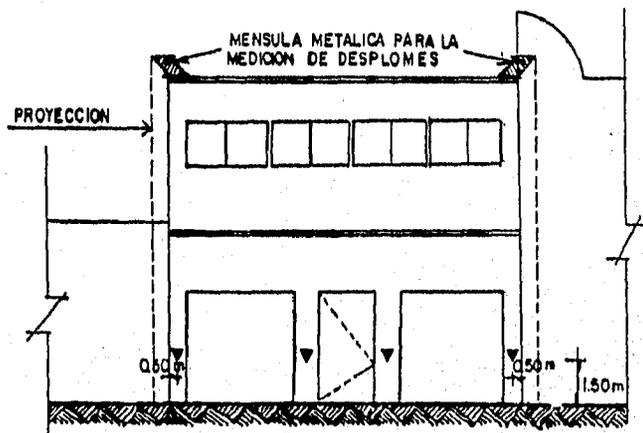
La frecuencia de las lecturas podrá ratificarse o aumentarse, incluso prolongarse en función de los resultados obtenidos en las nivelaciones.







**PLANTA DE LOCALIZACION**



**VISTA FRONTAL**

**SIMBOLOGIA**

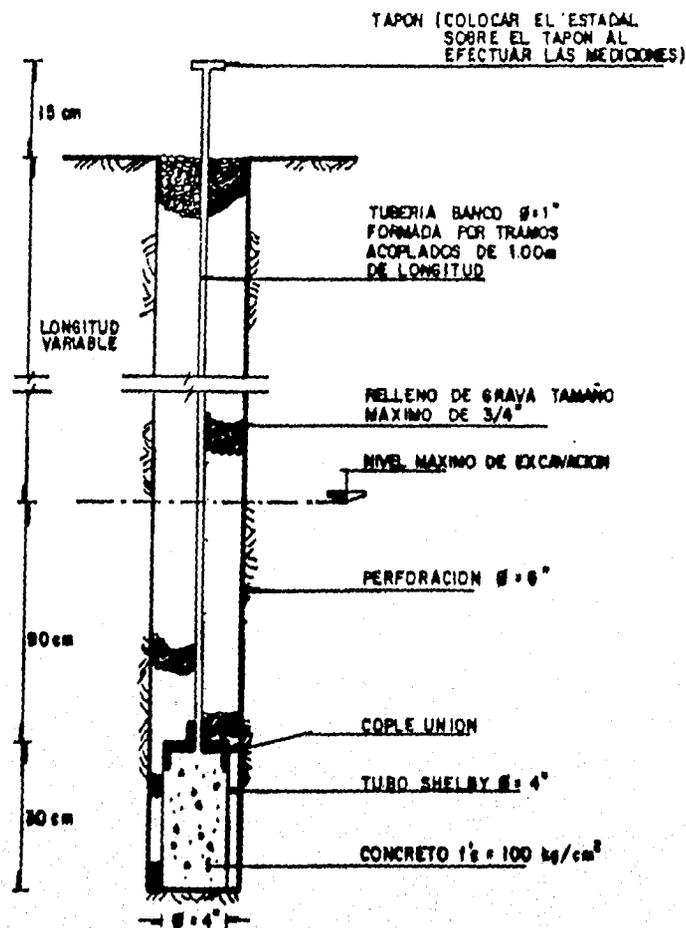
DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT. EN METROS

- ▲ PALOMAS
- PLOMOS
- ⊙ NUM. DE NIVELES

**UBICACION DE PALOMAS Y PLOMOS**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

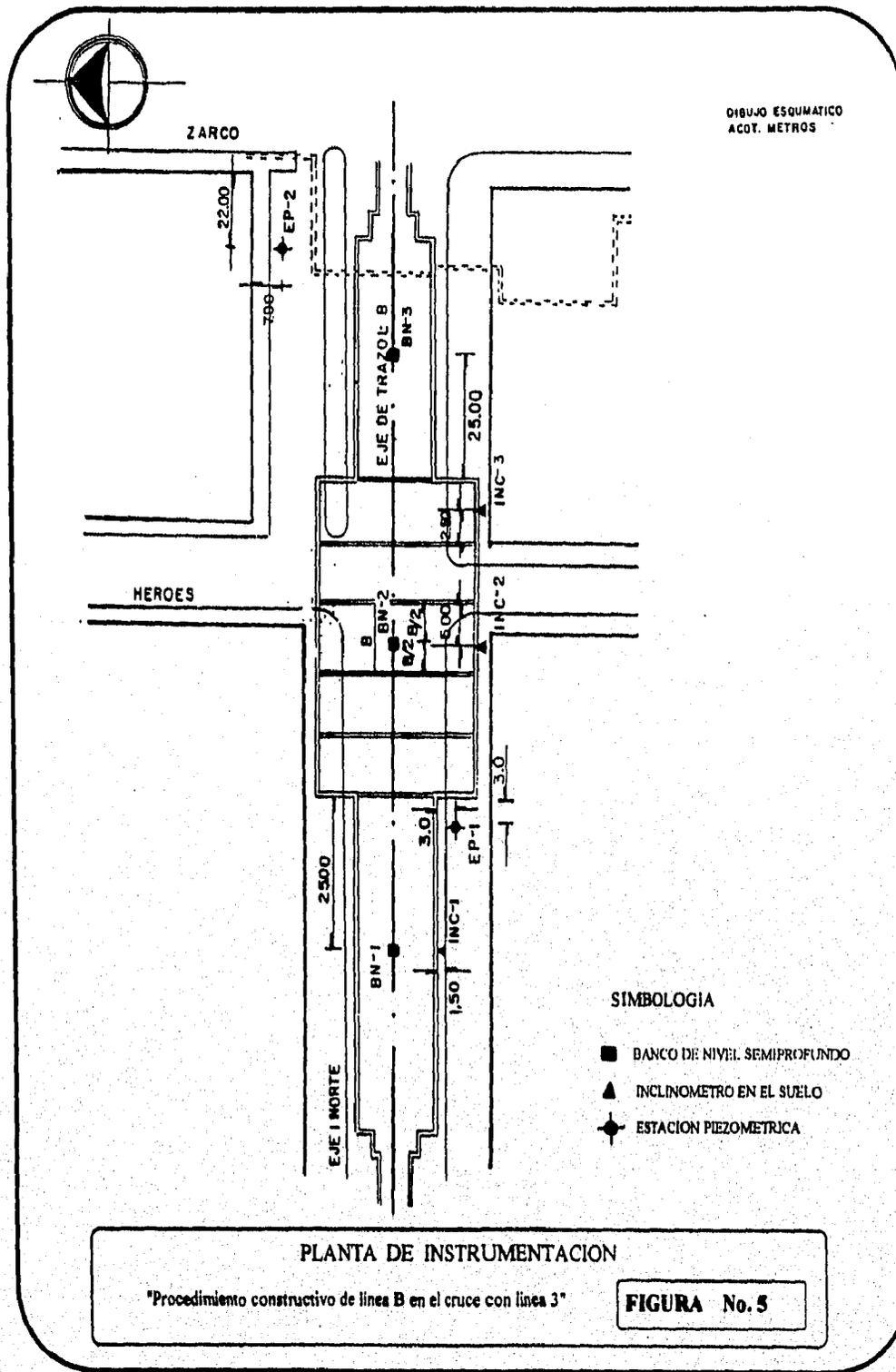
**FIGURA No. 3**



**BANCO DE NIVEL SEMIPROFUNDO**

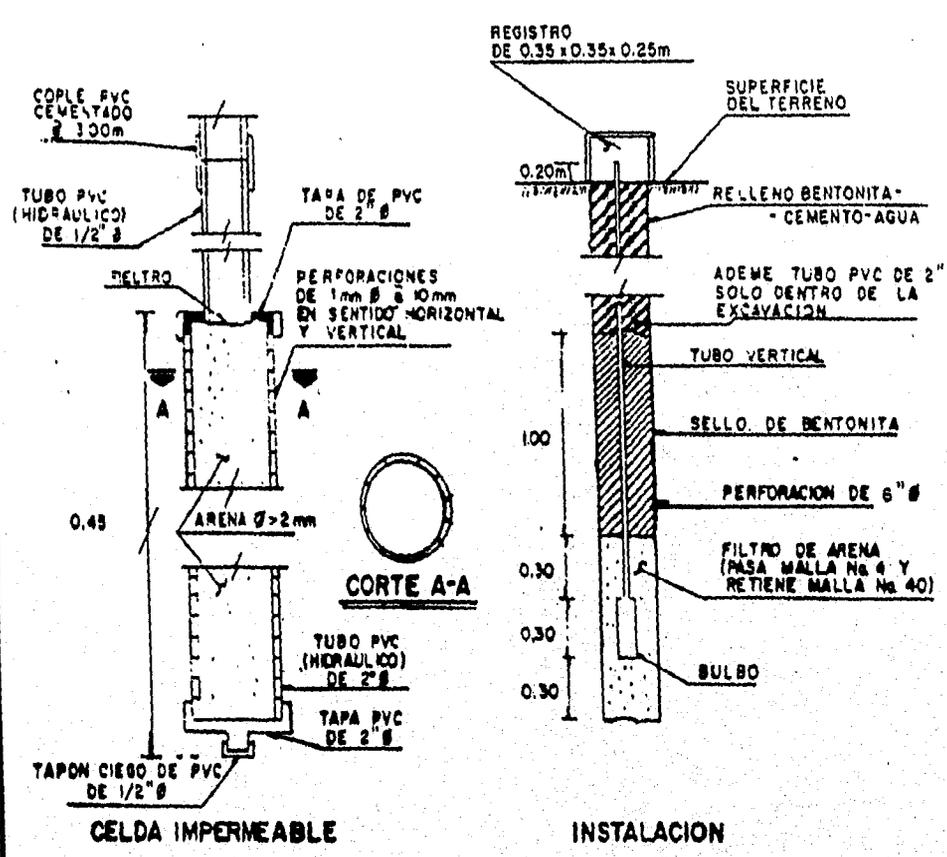
"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 4**



**SIMBOLOGIA**

- BANCO DE NIVEL SEMIPROFUNDO
- ▲ INCLINOMETRO EN EL SUELO
- ◆ ESTACION PIEZOMETRICA

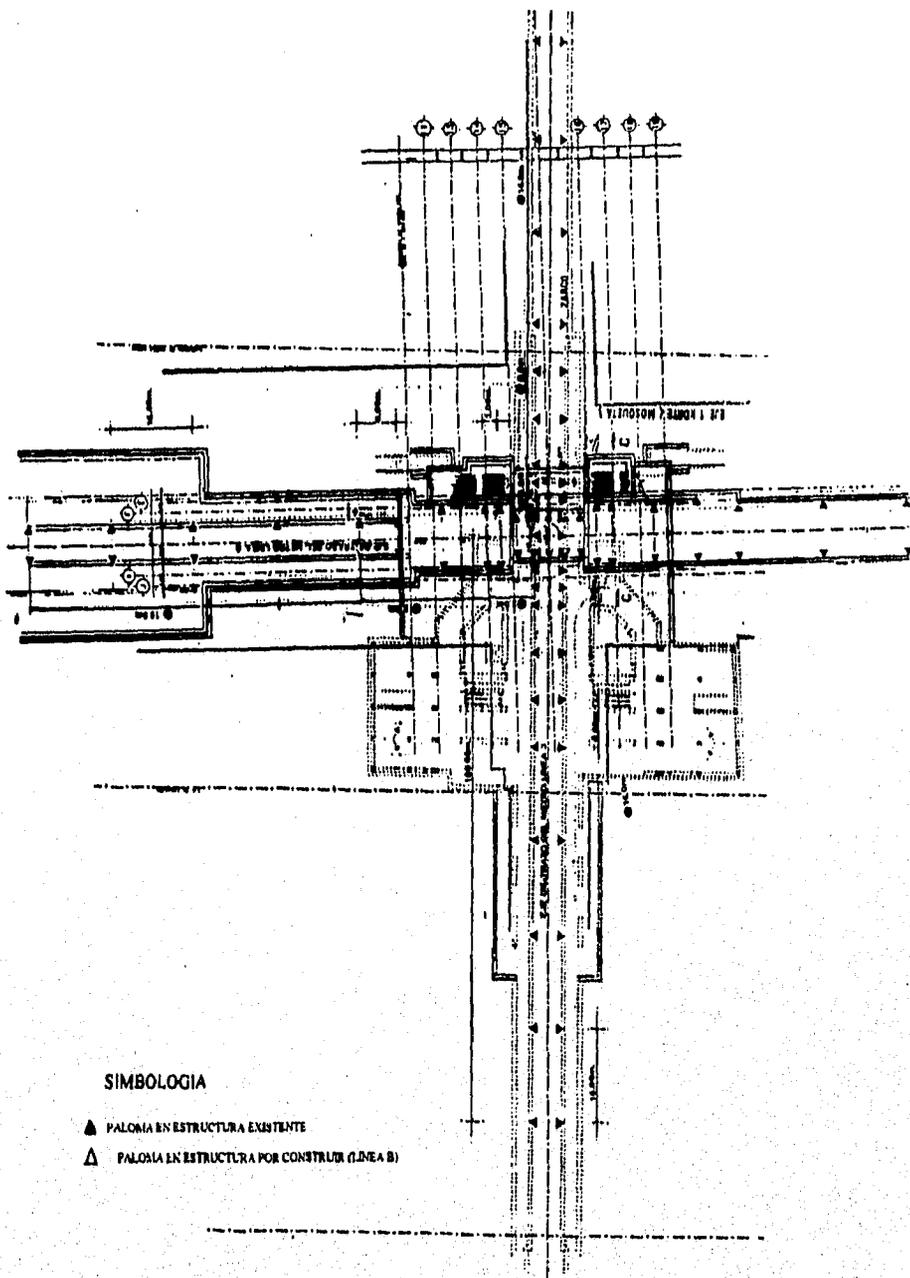


DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT. METROS

**PIEZOMETRO ABIERTO**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 6**



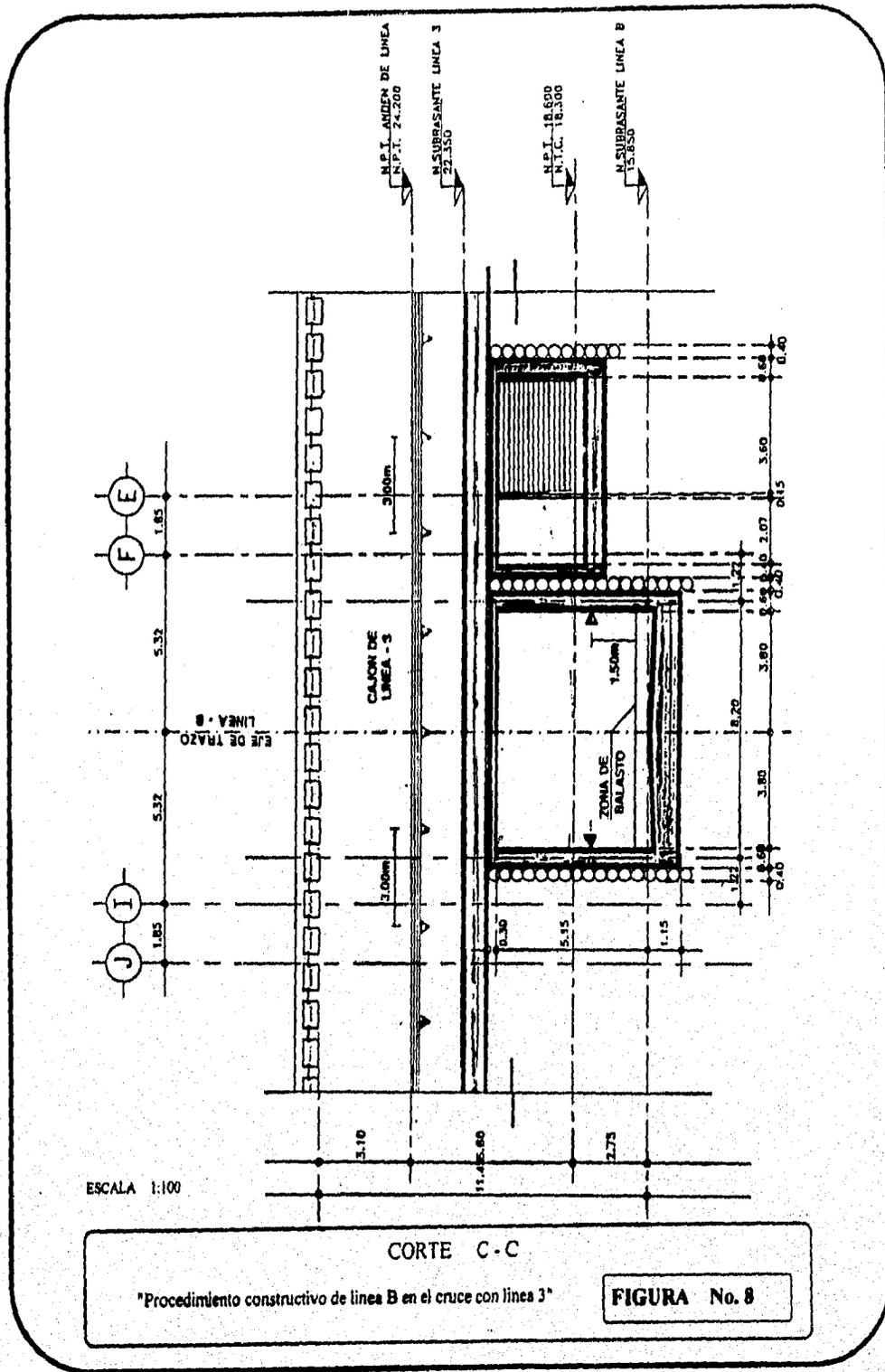
**SIMBOLOGIA**

- ▲ PALOMAS EN ESTRUCTURA EXISTENTE
- △ PALOMAS EN ESTRUCTURA POR CONSTRUIR (LINEA B)

**PROPUESTA DE INSTRUMENTACION "CRUCE"**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 7**



## **CAPITULO 2**

**DATOS COMPLEMENTARIOS QUE ATANEN A LA ESTACION GUERRERO**

## 2.1 Acero estructural para el Metropolitano L-B.

Descripción:

### a) Varilla corrugada:

Barra de acero que se usa para refuerzo de concreto con superficie provista de rebordes o salientes llamadas "corrugaciones" las cuales inhiben el movimiento relativo longitudinal entre la varilla y el concreto que lo rodea.

### b) Varilla lisa:

Barra de acero desprovista de corrugaciones.

### c) Límite de fluencia:

Es el primer esfuerzo, menor que el máximo obtenido a la ruptura, en el cual se incrementa la deformación para un valor constante de refuerzo.

### d) Almacenamiento:

Las varillas almacenadas deberán estar separadas por lotes, diámetros y tamaños, de tal forma que sean fácilmente identificables para su muestreo y localización. En el almacenamiento debe evitarse su contaminación u oxidación.

### e) Identificación:

Las varillas deben marcarse con números, letras o símbolos realzados, que indiquen su procedimiento de fabricación, marca del fabricante, número correspondiente a la designación de la varilla y grado de calidad, la distancia entre marcas de identificación no deberá ser mayor de dos metros.

f) Muestreo:

-Análisis Químico:

Se debe efectuar este análisis en varillas terminadas que representen cada colada de acero, proveniente de horno de hogar abierta, básico al oxígeno u horno eléctrico.

-Pruebas mecánicas:

Debe efectuarse una prueba de tensión y una de doblada por cada lote de 10 toneladas o fracción, y por cada uno de los diferentes diámetros, fabricantes o tipos de acero.

g) Bases de aceptación:

Antes de su aceptación se examinará que las varillas no estén deformadas por golpes, o dañadas por un largo periodo de almacenamiento. La superficie estará libre de aceite, lodo, pintura, u otras materias que impidan o disminuyan la adherencia del concreto.

Se permitirá la presencia de óxido y escamas ligeras, siempre que al limpiar la varilla con cepillo de alambre no se alteren las dimensiones ni el peso mínimo especificado.

## 2.3 Concreto

El *concreto hidráulico*, es la mezcla y combinación de cemento Portland, agregados seleccionados, agua y adicionantes en su caso, en dosificación adecuada, que al fraguar adquiere características previamente fijadas.

El *concreto premezclado* es el concreto hidráulico dosificado y mezclado por el fabricante, que se entrega al comprador para su utilización en estado plástico no endurecido.

El *concreto "hecho en obra"*, es el elaborado en obra, que se emplea únicamente cuando los volúmenes son pequeños, y para lo cual el contratista requerirá la aprobación del representante.

El tipo de cemento que se empleará será Portland Tipo II ó Portland Tipo I, ambos conforme a la resistencia del concreto, y su clase se indica en cada plano en particular. El tipo de cemento que deberá emplearse en los diferentes elementos estructurales, se indica en la tabla siguiente:

Estructura	Tipo de cemento
Bracales	Portland I
Tablestaca de acompañamiento	Portland II
Tablestaca estructural	Portland II
Zapatas y contratrabes	Portland II
Muros colados en sitio	Portland II
Columnas	Portland II
Trabes y lasas	Portland II
Pretilles	Portland II
Elementos prefabricados	Portland II
Dalas y castillos	Portland II
Plantillas y lastres	Portland II

### 2.2.1 Requisitos de calidad.

#### -Elaboración del concreto:

El concreto que se utilice en las diversas obras del Metro, cumplirá con las especificaciones de diseño, y para su elaboración con los requisitos de calidad siguientes:

1. *Proporcionamiento de la mezcla:* los ingredientes que se utilicen se mezclarán adecuadamente para obtener un concreto homogéneo y trabajable que permita una colocación adecuada y los acabados indicados en el proyecto.

1.a) Tamaño máximo del agregado:

El tamaño máximo de los agregados será menor de  $1/5$  de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes;  $1/3$  del espesor de las losas, o  $2/3$  de la separación horizontal libre mínima entre varillas, paquete de varillas o tensores de preesfuerzo.

1.b) Consistencia:

La cantidad de agua empleada en la producción del concreto se regulará para obtener la consistencia apropiada, debiéndose ajustar por cualquier variación en el contenido de humedad o graduación de los agregados, al penetrar la mezcladora.

El revenimiento del concreto empleado deberá ser el especificado por el proyecto, la prueba del revenimiento se efectuará en el sitio de la descarga del concreto, antes de ser colocada y consolidada. Se efectuará ésta, cada vez que el representante lo juzge necesario o por lo menos cada  $5 \text{ m}^3$  de concreto. Cuando el concreto sea colocado por medio de bomba, se deberá proveer una salida en la tubería, para obtener la muestra necesaria y efectuar la prueba del revenimiento a la entrada de la bomba, cada vez que el representante lo juzge necesario.

2. *Dosificación.*

En el concreto hecho en obra y premezclado, la base para medir el concreto será el metro cúbico, al descargar la revolvedora. El volumen del concreto se medirá por el peso de cada revolvedora, dividido entre el peso volumétrico real determinado durante ensayos.

3. *Concreto premezclado.*

Cuando se utilicen camiones revolvedoras, el tiempo de mezclado, se medirá por el número de revoluciones del tambor, que está comprendido entre un mínimo de 60 y un máximo de 100, girando el tambor a una velocidad de 8 a 12 RPM. Una vez completado el ciclo de mezclado, el tambor girará a una velocidad menor de 6 RPM durante un máximo de 30 minutos antes de su colocación.

2.2.2 Elaboración.

La calidad de los materiales componentes deberá verificarse al inicio de la obra, y también cuando exista sospecha de cambio en las características de los mismos, o haya cambio de las fuentes de suministro.

Los concretos clase 1 tendrán una resistencia especificada,  $f'c$  igual o mayor que  $250 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia especificada de los concretos clase 2 será inferior a  $250 \text{ kg/cm}^2$ . En ambos casos deberá comprobarse que el nivel de resistencia del concreto estructural de toda construcción cumpla con la resistencia especificada.

Se verificará que el concreto que se pretende utilizar cumpla con las características de módulo de elasticidad, contracción por secado y deformación diferida especificados a continuación:

CARACTERISTICAS	CONCRETO CLASE 1	CONCRETO CLASE 2
Módulo de elasticidad a 28 días de edad. $\text{kg/cm}^2$ , mínimo	14000 $f'c$	8000 $f'c$
Contracción por secado después de 28 días de secado estándar, máximo.	0.0005	0.0008
Coefficiente de deformación diferida después de 28 días de curado y 28 días de carga en condiciones de secado estándar, al 40% de su resistencia, máximo.	1	1.5
Peso volumétrico del concreto determinado de acuerdo con la NCM C-162	Mayor de $2200 \text{ kg/m}^3$	Entre $1900$ y $2200 \text{ kg/m}^3$

Las características del concreto variarán según su aplicación, y se empleará de acuerdo a la tabla siguiente:

APLICACION	CLASE
Brocal	2
Muros tablestaca de acompañamiento.	2
Muro tablestaca estructural	1
Losas, muros, trabes, contratrabes y columnas de cajones de tramo, estaciones y edificios.	1
Galerías de acometida, cajas electromecánicas, cajas y pozos hidrosanitarios	1
Elementos prefabricados.	1
Dalas y castillas.	2
Plantillas y lastres.	2

a) Proporciones de mezcla.

El diseño de la mezcla de partida, para cada una de las obras será aprobado por la Dirección de la obra. A medida que de inicio la fabricación del concreto, el contratista podrá modificar las proporciones de la mezcla de partida o mezcla base, de acuerdo con la Dirección de obra, para cada clase de concreto especificado. La mezcla obtenida por el contratista será homogénea y trabajable.

a.1) *Tamaño máximo del agregado*.

El tamaño nominal máximo de los agregados, será menor de un quinto de la menor distancia horizontal entre cara de los moldes, un tercio del espesor de las losas, dos

tercios de la separación horizontal libre mínimo entre barras, paquetes de barras, o tensores de prestuerzo. El tamaño máximo de los agregados, en ningún caso será mayor de 38 mm. (1 1/2").

a.2) *Consistencia*.

La cantidad de agua empleada en la producción del concreto, se regulará para obtener la consistencia apropiada, debiéndose ajustar por cualquier variación en el contenido de humedad o graduación de los agregados, al penetrar a la mezcladora. No se permitirá la adición de agua para compensar el endurecimiento del concreto antes de ser colado. Se requerirá uniformidad en la consistencia del concreto, de revoltura. El contratista podrá equipar cada mezcladora con un medidor de consistencia, a satisfacción de la Dirección de la Obra, que proporcione un índice de la consistencia de concreto.

En la tabla siguiente se indican los movimientos que deberán tener las mezclas de concreto, de acuerdo a las diferentes elementos estructurales.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	REVENIMIENTO
Muro los estacos de acompañamiento y Estructura.	16.0
Muros de espesor mayor de 20 cm, trabes y contratraves	10.0
Zapatas y losas	7.5
Lastres y plantillas	8.0

La diferencia máxima permisible entre resultados de pruebas con muestras obtenidas de dos porciones diferentes en la descarga, tomadas al principio y al final de la descarga se indica en la siguiente tabla:

REVENIMIENTO	TOLERANCIA
Comprendido entre 5 y 10 cm	± 2.5
Superior a 10 cm.	± 3.5
Para el caso de tabfestacos de concreto.	± 2.0

Los revenimientos señalados podrán variarse de acuerdo con la Dirección de Obra, para concretos colados con bomba o para condiciones especiales.

No se permitirá el uso de rasario de congilonos, canolones, tolvas u otro equipo que impida la facilidad de manejo y colocación del concreto con revenimientos menores.

La prueba de revenimiento se efectuará en el sitio de la descarga del concreto, antes de ser colado y consolidado; la determinación se hará conforme a la norma NOM C-156. Se efectuará la prueba de revenimiento cada vez que la Dirección de la Obra lo solicite o por lo menos cada 5 m<sup>3</sup> de concreto. Cuando el concreto sea colado por medio de bomba, se deberá prever una salida en la tubería para obtener la muestra necesaria para efectuar la prueba de revenimiento a la entrada de la bomba, cada vez que la Dirección de la Obra lo juzge necesario.

b) Dosificación.

Las cantidades de cemento, agregadas y aditivos, que intervienen en la fabricación del concreto serán determinadas por peso, en forma independiente para cada revoltura de concreto, la cantidad de agua será determinada por peso.

Se usarán tolvas independientes para pesar el cemento, las que estarán equipadas con los aditamentos necesarios para que la descarga del cemento por revoltura sea completa. Cuando el cemento sea suministrado por sacos, la dosificación podrá realizarse, para cada revoltura, por sacos completos de cemento.

La planta dosificadora y la revolvedora, deberán estar lo más cerca posible entre sí; el equipo para transportar los materiales dosificados estará construido y operado de tal forma que no existan pérdidas o contaminación de los materiales ya dosificados. El equipo para manejar el cemento en la planta dosificadora, estará construido y operado de manera que se eviten mermas durante la medición, transporte y descarga.

La dosificadora estará prevista de básculas separadas para el cemento y los agregados, y tolvas medidoras para cada tamaño de agregado. Deberá ser factible seleccionar la mezcla deseada para obtener el proporcionamiento preestablecida, desde la caseta de operación.

La base para medir el concreto será el metro cúbico al descargar la revolvedora. El volumen del concreto fresco se medirá por el peso de cada revoltura, dividido entre el peso volumétrico real determinado mediante ensayos.

## Capítulo 2 - 42

El peso de cada revallura se podrá determinar como la suma del peso de cada material que interviene en la mezcla, incluyendo el agua, agregados y cemento. El peso volumétrico real se obtendrá por el método NOM. C-162 y será determinado diariamente para cada tipo de concreto o cada vez que la Dirección de la Obra lo ordene.

### 2.2.3 Colocación

#### Condiciones:

1. Ninguna porción de concreto será colada hasta que todo el trabajo de cimbras, instalación de partes que estarán ahogadas y preparación de las superficies de colado, hayan sido aprobadas.

2. En caso de estar lloviendo, se podrá colocar siempre y cuando la zona de trabajo se proteja de la lluvia. Si durante el colado se presenta una lluvia que pueda provocar deslaves y/o defectos en el acabado, deberán protegerse convenientemente las superficies de concreto fresco; tampoco se colará en agua corriente ni estará sujeto a su acción, hasta después que haya endurecido.

3. Todas las superficies de la cimbra y materiales ahogados que hayan quedado descubiertos con pegaduras de mortero seco o lechada de concreto, se limpiarán antes de colar el concreto circundante o adyacente.

#### 4. Superficies de desplante y liga de colado.

a) Inmediatamente antes de efectuar el colado, todas las superficies sobre o contra las que se cuele concreto, estarán libres de agua encharcada, lodo o escambros. Además deberán estar limpias de aceite y sustancias objetables. Las superficies absorbentes contra las que se colocará concreto, se humedecerán completamente, previa al colado.

b) Se definen como juntas de construcción, las superficies de concreto endurecido, contra las cuales se hará un nuevo colado, presentando dicha superficie, una rigidez tal que impida incorporar íntegramente ambas zonas coladas y se harán en los lugares y forma fijadas por el proyecto, observándose las siguientes recomendaciones:

\* Las superficies de las juntas de construcción, estarán limpias y humedecidas, al ser cubiertas con concreto fresco. La limpieza consistirá en la remoción de toda nata, concreto suelto o defectuoso, pegaduras, arena, si se usa, o cualquier material extraño. Las superficies de las juntas de construcción, deberán limpiarse con chiflón de arena, se tendrá cuidado de evitar el cortar en exceso los agregados del concreto. Se limpiarán las superficies con agua a presión, el lavado se ejecutará cuando menos 3 hrs. antes del colado del concreto adyacente y se mantendrá humedecidas las superficies continuamente, antes del nuevo colado.

\* En caso de suspender el colado fuera de una junta de construcción, será necesario demoler el concreto hasta llegar a la junta anterior, teniendo la precaución de reajustar las formas, apretándolas bien.

5. En ninguno de los casos se usará revoltura que llegue a su destino después de los 60 minutos siguientes a la iniciación de su mezclada. Tampoco se permitirá que sufran alteraciones las propiedades de la mezcla por falta de limpieza y por condiciones inadecuadas de los medios de transporte. Si la Dirección lo autoriza, se podrá usar un retardante de fraguado.

6. Dentro de los 90 minutos posteriores a la iniciación del mezclado, la compactación y acomodo de la revoltura se hará de manera que llene totalmente los moldes, sin dejar huecos dentro de su masa. Esta se obtendrá con alguno de los procedimientos siguientes:

## Capítulo 2 - 44

a) Mediante el uso de vibradores de inmersión según los elementos estructurales por calar. Deberán emplearse en número suficiente para asegurar un correcto acomodo de la revoltura de acuerdo con el volumen correspondiente a la etapa que deba colarse.

b) Cuando se trate de elementos precolados deberán usarse además, vibradores de molde.

7. Cuando corresponda, los moldes de las cimbras se construirán de acuerdo con lo fijado en el proyecto o bien, previa aprobación, conforme al proyecto que elabore el Contratista. En estos casos se observarán las recomendaciones siguientes:

a) Podrán ser de madera o metálicos y deberán tener la rigidez suficiente para evitar las deformaciones debidas a la presión de la revoltura, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones correlativas al vaciado o que puedan presentarse durante la construcción. Además deberán ser estancos, hasta donde sea posible, para evitar la fuga de la lechada y de las agregadas finas durante el vaciado y la compactación de la revoltura.

b) Los moldes deberán limpiarse perfectamente antes de una nueva utilización. La parte inferior de los moldes recibirá una capa de aceite mineral.

c) Todos los moldes deberán ser construidos de manera que puedan ser quitados sin martillar o palanquear sobre concreto.

d) La remoción de cimbras se hará de acuerdo a los tiempos fijados en el proyecto, pero se podrán variar de acuerdo con la Dirección de Obra.

#### 2.2.4 Colado

En muros estructurales, losas, trabes y columnas, el concreto se depositará en todos los casos, tan cerca como sea posible de su posición final, no se obligará a fluir de manera que el movimiento lateral cause la segregación del agregado grueso, mortero o agua, de la masa del concreto. Los métodos y equipos serán tales que no causen amontonamientos del agregado grueso, separadas de la masa de concreto, si esto ocurre, serán esparcidas antes de vibrar el concreto.

Al calar el concreto en masa, deberá conservarse el área expuesta del concreto fresco al mínimo práctico, calar el concreto en capas sucesivas aproximadamente horizontales en todo lo ancho del bloque y en toda la altura de la hilada, por etapas sucesivas. La pendiente formada por los orillos no retenidos por cimbra, se conservarán tan verticales como sea posible. El concreto a lo largo de estas aristas, no se vibrará hasta que haya sido colado el concreto adyacente .

#### 2.2.5 Vibrado.

En ningún caso se demorará el colado tanto tiempo, que la unidad vibradora no penetre fácilmente por su propio peso en el concreto previamente depositado, al reanudar el colado; el vibrador deberá penetrar en la capa anterior, revibrando el concreto depositado antes de la demora.

La superficie de contacto entre ambos concretos, deberá estar libre de materiales extraños al concreto, cuando se reanude el colado.

El concreto se consolidará hasta la densidad máxima que sea posible alcanzar, de manera que expulse el aire atrapado y que cierre adecuadamente contra todas las superficies

## Capítulo 2 - 46

de los moldes y materiales ahogadas. La consolidación del concreto en diferentes estructuras, se hará con diferentes vibradores de inmersión de acción eléctrica o neumática.

La consolidación de las capas de concreto se ajustará al uso de vibradores que satisfagan los requisitos descritos anteriormente, así como el siguiente procedimiento:

Los vibradores se operarán en posición vertical, por ningún motivo se aceptará introducir al cabezal en posición horizontal. Cuando el concreto se coloque en diferentes capas, la cabeza vibradora deberá penetrar aproximadamente 5 cm en la capa subyacente, la que estará en estado plástica, sin haber alcanzado su fraguada inicial. En las áreas en las cuales se deposite el concreto fresco sobre concreto previamente colocada, se hará una vibración mayor de la usual especialmente cuando se trate de concreto en masa, penetrando la cabeza vibradora como se indicó anteriormente. En toda vibración de concreto en masa, el tiempo de vibrado será aquel, que sin producirse segregación o sangrado, dé al concreto su máxima densidad. No se colocará más concreto en capas superiores hasta que el concreto previamente colado haya sido completamente vibrado, como se especificó. Se tendrá cuidado de evitar contacto de la cabeza vibradora con las superficies de la cimbra. Cuando el concreto se cuele por el procedimiento de capas, en las áreas externas, en las cuales no se haya completado el espesor de la capa, se suspenderá el vibrado hasta que éste haya sido completado.

### 2.2.6 Curado

El curado se mantendrá el tiempo que requiera el concreto para alcanzar la resistencia de proyecto, y no será menor de siete días, cuando se haya utilizado Cemento Portland I à Portland II; debiéndose conservar la humedad superficial mediante alguno de los procedimientos siguientes:

a) Manteniendo húmedas las superficies expuestas al aire, en las moldes, mediante riegos adecuados de agua que se aplique sobre la superficie del concreto, sin que éstos marquen huella en dichas superficies.

b) Aplicando a las superficies expuestas una membrana impermeable que impida la evaporación del agua del concreto.

c) Cubriendo las superficies expuestas con arena, costales o mantas, que se mantendrán húmedas mediante riegos.

### 2.2.7 Decimbrado.

El decimbrado deberá hacerse de tal forma, que logre la completa seguridad de la estructura y cuando ésta se encuentre adecuadamente soportada en puntales.

El descimbrado de los firmes de piso, los lados de las vigas y trabes, las cimbras de columnas y las cimbras verticales similares pueden quitarse después de 24 horas, siempre y cuando el concreto sea lo suficientemente resistente para que no reciba daño. La parte de la cimbra que soporta al elemento estructural sólo se podrá retirar hasta que dicho elemento tenga el 70% de su resistencia.

### 2.2.8 Criterios de calidad.

Todo el concreto que se emplee en la construcción del cajón y estaciones subterráneas del Metropolitano Línea B, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

a) Resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto a compresión se determinará mediante cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las normas NOM C-159 y NOM C-83.

Cuando la mezcla de concreto se diseña para obtener la resistencia especificada a los catorce días, las pruebas anteriores se efectuarán a esta edad; de lo contrario, las pruebas deberán efectuarse a los 28 días de edad.

Para el concreto Clase I, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada,  $f'c$ , si ninguna muestra de cilindros da una resistencia media inferior a  $f'c=35 \text{ kg/cm}^2$ , y además, los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores de  $f'c$ .

Para el concreto Clase II, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada,  $f'c$ , si ninguna muestra de cilindros da una resistencia media inferior a  $f'c=35 \text{ kg/cm}^2$ , y además, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas, pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que  $f'c=17 \text{ kg/cm}^2$ .

b) Curado.

La calidad del curado se determinará siguiendo los lineamientos especificados en el inciso 2.6 de este capítulo.

### **2.3 Brocal.**

Los brocales tienen la finalidad de retener el material de relleno suelto localizado superficialmente, y de servir de guías a las herramientas de excavación de los muros colados

del cajón. Para cumplir con esta última función es necesario que exista un espacio libre entre bracales de 65 cm ( para muros de 60 cm de espesor ).

Para construir estos bracales habrá que excavar primero la parte superior de las zanjas donde se va alojar a los muros, hasta una profundidad variable de acuerdo con el espesor de los rellenos, pero no menor de 1.50 m. (Ver figura 2.0)

En virtud de que dentro de los dos primeros metros bajo la superficie, se encuentran la mayoría de los tubos y ductos de los servicios municipales, la excavación de las zanjas guía deberá hacerse con precaución, ya sea a mano o con maquinaria, para no dañarlos. Los bracales son piezas en forma de ángulo recto o "delantales" de concreto, colados en el lugar.

Para colocar los ramas verticales o faldones del brocal, se tiene que cimbrar. La cimbra de un lado se apoyará contra la del otro por medio de puntales, de una manera que se eviten las irregularidades o los abolsamientos. Los puntales serán polines de madera de sección cuadrada de 10 x 10 cm y se colocarán a cada 2.0 m de separación horizontal. En el sentido vertical se colocarán en dos niveles cuando la altura del brocal sea de 1.50 m, y en tres niveles cuando sea mayor.

Las ramas horizontales de los bracales, constituyen pequeñas losas sobre las cuales rodarán las máquinas de excavación. El ancho mínimo de estas ramas horizontales será de 0.50 m, pero podrá modificarse a criterio de la supervisión, de acuerdo con las condiciones que presente el terreno de apoyo, de tal manera de garantizar siempre que el brocal quede bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación.

Una vez que se han colado los bracales y las zanjas han quedado libres de estorbos, se deberán colocar compuertas de madera o de acero para aislar tramos de zanja guía correspondientes a la longitud del tablero del muro que se va a construir.

En caso de presentarse filtraciones de agua durante el proceso de excavación de los brocales, éstas se controlarán por medio de pequeños cárcamos de bombeo, rellenos con grava para evitar el arrastre de las finas, construidas a lo largo del eje longitudinal de la excavación, desde los cuales se extraerá el agua mediante bombeo de achique. Estos cárcamos tendrán 30 x 30 x 30 cm. y se construirán a cada 10 m. de separación.

#### **2.4 Estabilización de paredes de zanjas, durante la construcción de muros colados en sitio.**

Las paredes de los tableros que se excavarán para construir dentro de ellos los muros de concreto reforzada colados en el lugar, no son estables por sí solas, aún cuando se conserve un tirante de agua, equivalente al nivel freático o mayor. Para evitar que éstas paredes se derrumben se deberán estabilizar con lodo tixotrópico.

El lodo estabilizador podrá ser una suspensión estable de bentonita sódica o de arcilla del Valle de México en agua. Se dice que es tixotrópico porque presenta una cierta resistencia al corte en reposo, que es cuando actúa como un gel, mientras que en movimiento cuando se agita o bambea, es cuando actúa como un sol y no presenta esta resistencia. El paso del sol a gel es reversible.

El lodo estabilizador deberá tener una densidad mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que ejerza sobre las paredes sea mayor que el de ésta. el lodo se deberá vaciar en el interior de los tableros excavados hasta alcanzar un nivel freático, con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables.

## Capítulo 2 - 51

El gradiente además producirá infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes, por lo que deberá controlarse la proporción agua-coloides, con objeto de que dicha infiltración sea mínima. Al producirse la infiltración, se va formando en la frontera lodo-suelo, una película de pequeño espesor de moléculas de lodo, que constituye una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida en la terminación inglesa como "CAKE".

La litotropía del lodo al pasar de sol a gel y las fuerzas electromecánicas y de tensión capilar que se generan entre lodo y suelo en la frontera de los dos materiales durante el filtrado, contribuyen a la formación de esta película y a la adquisición de su resistencia. Esta resistencia se suma a la presión hidrostática del lodo para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

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

a) Debe formar una película impermeable en la frontera con el suelo. Si no se forma o es muy gruesa y poco resistente, el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la estabilización. Para garantizar la formación de la película, el lodo deberá contener una cantidad importante de bentonita sódica. Las características de la película cambian notablemente con pequeñas variaciones en el proporcionamiento agua-bentonita o por la contaminación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

b) Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea estable, es decir, no deberá existir sedimentación o floculación de las partículas de bentonita. El lodo será capaz de aceptar que se añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como puede ser la barita, un material que permite lograr un lodo de mayor densidad.

En los casos donde se requiera añadir barita al lodo estabilizador para lograr una mayor densidad, se indicará claramente en las especificaciones correspondientes al procedimiento constructivo.

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

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

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

<b>Viscosidad plástica</b>	<b>Entre 10 y 15 Centipoises</b>
<b>Límites de fluencia</b>	<b>Entre 5 y 25 lb/100 ft<sup>2</sup> *</b>
<b>Viscosidad Marsh</b>	<b>Entre 30 y 55 seg.</b>
<b>Contenido de arena</b>	<b>No mayor de 10%</b>
<b>Densidad</b>	<b>Mayor de 1.03 gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>P.H.</b>	<b>Entre 7 y 10</b>

\* En caso de que se presenten asolves en las zanjas, será necesario utilizar límites de fluencia no menores de 12 lb/ft<sup>2</sup>.

Todas las propiedades deberán controlarse en el laboratorio para establecer la relación agua-bentonita recomendable, y además verificarse periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se estén manejando en el campo. Este control se hará con equipo especializado para estos fines.

El lodo se preparará con un mezclador de chilón y se bombeará a los recipientes de almacenamiento que tendrán amplia capacidad para las necesidades diarias de la obra. De los recipientes se trasladará el lodo a las zanjas con una bomba para lodos.

El número de usos que se de al lodo, estará limitado al cumplimiento de las propiedades ya mencionadas, por lo que cuando el lodo haya perdido dichas propiedades deberá desecharse y utilizar un lodo nuevo. Por ningún motivo se utilizarán lodos que no cumplan con las propiedades enlistadas en párrafos anteriores.

En todos los casos el nivel del lodo en la zanja o tablero estabilizador deberá guardar -1.00 m. como máximo a partir del nivel del terreno. En ningún caso deberá aumentarse esta distancia.

#### **2.5 Excavación de zanjas, introducción de las parrillas de armado y colado de muros de concreto para tramo subterráneo.**

Una vez definido el trazo de la zona donde se construirán los muros, se realizará la construcción de los bracos de acuerdo con lo indicado en el punto 2.3 correspondiente.

Realizado lo anterior se iniciará la excavación de las zanjas que alojarán a los muros de concreto colados en el sitio. Dicha excavación debe hacerse con equipo o maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de ofrecer una amplia garantía

en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja, así mismo el equipo deberá alcanzar sin problemas, la profundidad de los muros indicada en el proyecto.

Para poder cumplir con las características anteriores, la herramienta de excavación deberá cumplir con las recomendaciones siguientes:

- a) Se deslizará con suavidad sin chicoteos ni golpes.
- b) Se hincará evitando que choque o caiga libremente contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídas.
- c) Se deberá meter y socar sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo.
- d) Cortará firmemente el material hincándola a presión sin sacudirlo repentinamente.

Por ningún motivo deberá emplearse para la excavación de las zanjas, maquinaria que utilice cucharón de almeja libre o cualquier herramienta no guiada, ya que dicha equipo además de no cumplir con las características antes mencionadas (verticalidad, alineamiento, etc.), podrá provocar derrumbes durante la excavación.

El cumplimiento de estas indicaciones conjugado con el uso de un lodo estabilizador de buena calidad, evitará caídas y deslaves que asolven la zanja y provoquen socavaciones de las paredes, así mismo evitará movimientos de las propias paredes y del fondo que se pueden difundir hacia el exterior causando desplazamientos de las zonas vecinas.

Las excavaciones de las zanjas se harán en forma alternada, es decir, no deberán excavar los tableros contiguos simultáneamente, de igual manera, no se excavará la zanja para un tablero hasta que el concreto del contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

Durante la excavación deberá efectuarse un control de las propiedades del lodo estabilizador; éste control se llevará a cabo cuando menos dos pruebas del lodo por cada tablero, la primera al vaciar el mismo en la zanja y la segunda inmediatamente antes de introducir la parrilla de refuerzo.

El nivel del fluido dentro de la zanja deberá quedar a  $-1.00$  m. como máxima a partir del nivel de terreno, evitando variaciones con respecto al mismo.

Por ningún motivo deberá permitirse abatir el nivel arriba indicado del lodo estabilizador, ya que se podrían causar succiones y gradientes en el manantial freático que favorezcan la desintegración y el derrumbe de las paredes.

No podrá dejarse una zanja totalmente excavada y adormada con el lodo estabilizador por mucho tiempo, por lo que no deberán pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un tablero y el inicio de su colado. Así mismo, no deberán transcurrir más de 6 horas entre el momento que se alcance la máxima profundidad de excavación y el inicio del colado.

Terminada la excavación, deberá procederse a la limpieza del azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que pasará por todo el piso de la zanja. Otra alternativa consiste en la recolección del azolve con la almeja.

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las propiedades del lodo estabilizador, se procederá a introducir las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

Las juntas deberán ser tubos metálicos huecos de forma semicircular o rectangular que en una de sus caras tendrán la forma macho a hembra ( ver figura 2.1 ).

A la cara del tubo-junta que quedará en contacto con el concreto, deberá aplicarse una película de grasa o un desencofrante constituido por una resina epóxica (primer de compound) à poliéster de un milímetro de espesor para facilitar su extracción posterior.

Una vez instalados los tubos-junta se procederá de inmediato a introducir la parrilla del armado dentro de la zanja con el lado estabilizador, cabe aclarar que la parrilla deberá contar con una banda de polietileno sujeta a la misma, en la posición y con las características que indique el proyecto estructural correspondiente. Las parrillas irán contraventeadas con rigidizadores como se indica en la figura 2.2, y se harán descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad.

No se permitirá que la parrilla flote, y se deberá garantizar que permanezca en su lugar; se introducirá en la zanja, y una vez colocada en su posición definitiva, se deberá fijar contra el braco para impedir su movimiento durante el colado. Es muy importante verificar cuidadosamente que la parrilla a pesar de la tendencia a la flotación haya quedado en su lugar, y por ningún motivo se permitirá el colado del muro con la parrilla flotando o fuera de su sitio.

En caso que durante la introducción de la parrilla y debido a la densidad del lado, se dificulte el desplazamiento vertical, se recurrirá a los mecanismos necesarios para garantizar la presión necesario para su introducción, cuidando evitar movimientos violentos que afecten la estabilidad de la zanja.

El tiempo máximo que transcurra entre el momento de introducción de la parrilla en la zanja y el colado de la misma será de cuatro horas, periodos mayores favorecen la formación del CAKE y reducen la adherencia concreto-acero, por esto razón el colado del

muro deberá iniciarse inmediatamente después de introducir la parrilla de armado, ya que no es conveniente sacar y meter nuevamente la parrilla de la zanja, pues en cada operación se pueden producir caídas indeseables que afectan la estabilidad de la zanja.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla, se introducirán las trompas de colado por tramos, los coples de unión de cada tramo de las trompas deberán ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto al bajar, chupe aire o lado del exterior. Cada tramo será de no más de 2 m de larga y tendrá un diámetro no menor de 30 cm. Al tramo que sobresalga en la superficie se le conectará un embudo o una tolva. La boca de esta tolva deberá quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolvedoras.

Toda el ducto se subirá o bajará durante el colado, por lo tanto deberá contarse con el equipo necesario para efectuar esos movimientos. Las tramas del tubo deberán ser lo suficientemente resistentes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior de la trompa o boca de descarga, deberá quedar apoyada en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado. Una vez introducidas las trompas de colado se colocará entre la tolva y el tubo, un tapón constituido por un balón de latex, el cual descenderá obligado por el peso del concreto vaciado, evitando de esta forma la segregación y contaminación del concreto. En esta forma se evitará la descarga del concreto con mucha energía que pueda dar lugar a la mezcla del concreto con el lado. Para iniciar el flujo de concreto, la boca de la trompa se descarga deberá levantarse a una distancia de 30 cm a partir del fondo de la zanja.

El concreto deberá ser suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero. La boca de descarga de la trompa no deberá quedar nunca ohogada menos de 1.50 m en el concreto que se esté colando. Para

ayudar al concreto a fluir al principio, podrá desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo, vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogado en el concreto para que no exista contaminación del lodo en el concreto. A medida que el concreto fluya, se agregará más concreto a la tolva, manteniendo la columna a una altura conveniente para regular la rapidez del flujo, en esta forma el lodo de la zanja será desplazado hacia la superficie por la adherencia de las densidades prácticamente sin la necesidad de mover la tubería. El impulso que lleve la primera mezcla al salir por la boca de descarga producirá un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo dejará limpio de lodo.

Con un buen procedimiento de colado, el lodo no se mezclará con el concreto, si no que éste lo llevará siempre por delante hasta rebosar a un recipiente colector, también podrá irse succionando por medio de una bomba de lodos.

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

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

Se deberán utilizar dos trompas para el colado de tableros mayores de 3.5 m de longitud, debido a las pendientes que desarrolla el concreto dentro del lodo estabilizador, y una vez iniciado el colado no deberá desplazarse totalmente dentro del tablero.

Un buen procedimiento de colado representa:

a) Tener un lodo estabilizador bajo control, que cumpla con todas las características especificadas.

b) Tener un concreto fluido.

c) Dejar la trampa ahogada siempre en el concreto: no menos de 1.50 m durante el colado, y asegurarse de que los coples de unión de los tramos de la trompa sean herméticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.

d) Hacer un colado continuo que por ningún motivo sea interrumpido más de 15 minutos.

e) Evitar todo movimiento brusco de la trompa y todo vibrado y picado, ya que ello favorece la mezcla de lodo bentonítico con el concreto, dando por resultado oquedades y zonas contaminadas de muy baja resistencia en el muro.

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

**Nota importante:**

Una vez que el concreto del muro alcance su fraguado inicial se deberá retirar el tubo junta, el cual se deberá mover mediante el empleo de un equipo guiado que garantice la extracción en forma vertical, para evitar daños en la junta.

A lo largo de la estación y cruce de la estación Guerrero L-B, se tendrán que realizar desvíos de colectores y/o atarjeas, tuberías de agua potable y en general instalaciones municipales ( alumbrado, telecomunicaciones, etc.), por lo cual al construir los muros se deberá tener en cuenta lo siguiente:

1. Antes del inicio de la construcción de los muros deberán realizarse los desvíos de las instalaciones municipales correspondientes.

2. Una vez realizada el desvío, se deberá taponear y retirar la instalación que quedará fuera de servicio, antes de llevar a cabo la excavación de la zanja del muro tablaestaca faltante, no debiendo por ningún motivo dejar la zona sin construir en las estructuras de contención (ventana).

3. En caso que durante la construcción de los muros tablaestaca se encuentren restos de cimentaciones o cualquier estructura u obstáculos que interfiera o impida seguir adelante con esta actividad, se deberá hacer un levantamiento de éstos y enviarse al proyectista para que se genere la solución correspondiente y poder continuar.

4. Con el fin de no dejar ventanas durante la excavación para alojar los muros tablaestaca en las zonas de cruce con instalaciones municipales, donde no se haya previsto el desvío de las mismas, dicha excavación deberá efectuarse por sus costados introduciendo la almeja en la zanja lo más cercana al ducto y en posición cerrada, abriéndola por debajo de la interferencia de tal manera de ampliar la excavación; ver figura No. 2.3

**Nota importante:**

En el sitio donde los muros tablaestacas cruzarán bajo los ductos de alta tensión de la Compañía de Luz y Fuerza (C.L.F.), deberá realizarse el tratamiento de protección siguiente; aclarando que durante todo momento y a partir del inicio de los trabajos en esta zona, será necesario la presencia del personal de C.L.F. para la supervisión de los mismos.

## **2.6 Abatimiento del nivel freático por gravedad en las excavaciones originadas por la construcción del Metropolitano L-B.**

En este subcapítulo se indican los pasos que se deben seguir para la instalación del sistema de bombeo, mediante pozos con punta eyectora para abatir el nivel freático por gravedad en las excavaciones originadas por la construcción; ver figura No. 2.4

Para la ejecución de cada pozo deben seguirse los siguientes pasos:

1. Perforación.
2. Colocación del ademe
3. Colocación del filtro
4. Colocación de bombas eyectoras

### *Perforación de los pozos de bombeo*

Los pozos tendrán un diámetro de 30 cm, debiéndose tener en cuenta que durante la perforación de éstos, se utilice exclusivamente agua a presión. Por ningún motivo se deberá utilizar lodo para hacer la perforación de los pozos.

Para la perforación de los pozos se deberá utilizar broca de aletas o escalonada.

### *Limpieza de las perforaciones*

Para tener la perforación en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, éstas deberán estar limpias y libres de asolve, para la limpieza se emplearán cucharas de percusión con objeto de extraer el asolve grueso, y después de terminar esta operación, se lavará la perforación con agua a presión. Se considerará limpia esta hasta que el agua retorne libre de partículas. Por ningún motivo se instalarán el ademe y el filtro dentro de las perforaciones que no se hayan limpiado.

*Ademe de los pozos de bombeo.*

Antes de ademar la perforación, como se explica posteriormente, será necesario mantenerlo lleno de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren. El diámetro de los ademes de los pozos de bombeo deberá adecuarse al equipo por utilizar para extraer el gasto indicado en las especificaciones del procedimiento constructivo de la estructura correspondiente.

Los ademes estarán provistos de tres aletas formadas por varillas de 3/4" cuyo diámetro circunscrito se deberá ajustar en puntos equidistantes a lo largo del ademe, tal como se indica en la figura 2.4.

*Ranurado de los ademes.*

Los ademes se ranurarán con objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán de 30 cm de longitud y 3 mm de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor del 3% ni mayor de 5% del área perimetral del tubo.

*Malla alrededor del ademe.*

Para evitar que el filtro de arena pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del número 8 alrededor del mismo.

La malla deberá quedar sujeta firmemente al ademe con objeto de que no se vaya a desprender durante las maniobras de instalación y deberá cubrir perfectamente las ranuras.

*Filtros.*

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocará un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, cuya curva granulométrica deberá quedar comprendida dentro de la zona que se presenta en la figura 2.5, y adoptar una forma similar a las curvas que limitan dichas zonas. El material empleado deberá cribarse y lavarse previamente a su colocación para

eliminar todos los materiales finos que contenga y que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento.

#### Desarrollo del flujo hidráulico

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

#### Bombas

Las bombas que se emplearán deberán ser capaces de extraer el gasto indicado en cada proyecto, debiéndose instalar sistemas de ataramiento, con objeto de verificar los volúmenes extraídos.

#### Profundidad de instalación de las bombas

La profundidad de instalación de las bombas se especificará en cada caso en particular.

#### Control

Para el control del abatimiento del nivel freático, el contratista registrará cada 12 horas el gasto de extracción y el dinámico de cada pozo, y con los datos registrados deberá elaborar de manera individual y para cada batería de pozos en cuestión, gráficas tiempo-gasto y nivel dinámico. Estas gráficas deberán incluir un croquis, nomenclatura y ubicación de todos y cada uno de los pozos de bombeo. Así mismo en cada caso de que se instalen en el tramo piezómetros para registrar el abatimiento del nivel freático, se tomará una lectura diario y con los datos obtenidos se elaboran gráficas tiempo-nivel piezométrico

para cada profundidad con presión medido por los instrumentos, y correlacionados con los eventos de la obra.

Las gráficas individuales y de grupo que muestren los resultados de funcionamiento del sistema de bombeo, así como de los contratos piezométricos, deberán enviarse con la información mínima necesaria ya mencionada, al representante de COVITUR en la obra, a la empresa de supervisión y al proyectista para su intervención correspondiente.

Adicionalmente la información anterior se complementará con la indicación del sitio del que se trate; tramo o estación, profundidades de desplante, fecha de instalación, fecha de inicio de bombeo, del inicio de cada pozo en cuestión, observaciones sobre el funcionamiento del sistema de bombeo, fecha de su cancelación y la ubicación en fechas de los diferentes eventos constructivos de la zona adyacente.

Previo al inicio del sistema de bombeo, el contratista deberá someter a consideración del representante de COVITUR en la Obra, los instrumentos a utilizar para llevar el control de éste.

#### *Tiempo de bombeo.*

Salvo que se indique otro criterio en cada caso en particular de cada tramo, el bombeo se iniciará 24 horas antes de empezar la excavación y se suspenderá en cada pozo después de que se haya colado la plantilla en la etapa correspondiente.

Una vez suspendido el bombeo en cualquier etapa de excavación, el pozo deberá cartarse al nivel de desplante de la losa de piso y rellenarse con un mortero cemento-arena, con una relación 1:3 en peso del cemento.

*Longitud de bombeo.*

Salvo que se indique otro criterio en el caso particular de cada tramo, la longitud de bombeo será de 10 m, medida a partir del hombro del talud de la etapa que se esté excavando, siempre y cuando estén coladas las muros tablestaca en una longitud no menor a 30 metros a partir del hombro de dicha talud.

*Piezómetros.*

Se deberán instalar piezómetros dentro del núcleo de la excavación, para verificar el abatimiento del Nivel de Aguas Freáticas (NAF), los cuales se ubican de acuerdo a lo mencionado en el capítulo No. 1 "Instrumentación", de este trabajo.

**2.7 Como eliminar posibles filtraciones que se puedan presentar a través de los muros tablestaca .**

Aquí se indicará el procedimiento que deberá seguirse para llevar a cabo el sellado de humedades y filtraciones que pueden presentarse en los tramos y estaciones de la Línea B del metro, a través de los muros tablestaca

**Conceptos Generales.**

A continuación se mencionan los sitios más probables, de los muros tablestaca donde se pueden detectar filtraciones o humedades de acuerdo a lo observado en Obra:

*Juntas .*

En este tipo de filtraciones se presenta generalmente a causa de una contaminación parcial o en la junta o por asoves en el fondo de la zanja durante el colado del muro.

Cuerpo del muro tablestaca .

La causa de este tipo de humedad o filtración obedece a la contaminación del concreto durante el colado, dejando un elemento con fisuras o porosidades por donde se filtra el agua.

Solución para cada caso:

Previo al inicio de cualquier tratamiento, se deberá limpiar la zona por tratar, de tal forma que no exista material contaminado con lodo estabilizador, previo a la aplicación del tratamiento.

A continuación se describe cada uno de las soluciones, así como en qué caso deberá aplicarse cada uno de los tratamientos.

El tipo de tratamiento a utilizar dependerá del sitio donde quede ubicado la filtración, así como la magnitud que presente ésta.

Con el objeto de poder clasificar la filtración en cuánto o su magnitud, se utilizará la siguiente nomenclatura:

H-F Humedades pesadas .

Tienen apariencia viscosa en el área afectada, y además una ligera capa de agua perceptible al tacto.

H-M Humedades medias .

Son aquellos que se perciben visualmente y presentan una apariencia brillante, en el área afectada.

H-L Humedades ligeras.

Son humedades sólo perceptibles al tacto.

***F-F Filtraciones fuertes.***

Tienen apariencia brillante en la superficie y un escurrimiento intenso en la zona.

***F-M Filtraciones medias.***

La superficie presenta una apariencia brillante y escurrimiento ligero.

***F-L Filtraciones ligeras.***

Tienen una apariencia brillante en la superficie y un escurrimiento apenas perceptible.

Una vez ubicada el sitio de la filtración y clasificado ésta de acuerdo con su magnitud, se deberá aplicar el tratamiento correspondiente de acuerdo con lo que a continuación se indica:

***1. Casa "A".***

Para los casos donde la filtración quede ubicada en el cuerpo de los muros tableros, con una magnitud correspondiente al **F-L** o **H-F**.

a) Una vez localizada la zona por donde se introduce el agua al cojón del Metro, se procederá a realizar cortes en el concreto, ya sean sesgados o cuadrados, como se indica en la figura No. 2.6a.

b) Para llenar el espacio de los cortes realizados en el concreto se deberá utilizar un mortero hidráulico de fraguado instantáneo y expansivo al contacto con el agua, llamado en lo sucesivo de este escrito "mortero". El mortero que se utilice deberá garantizar una resistencia igual o menor que la del concreto constituyente del muro. Su requerimiento mínimo de resistencia deberá ser:

	20 minutos	1 Día	3 Dias	7 Dias	28 Dias
Tensión *	155	249	265	291	351
Compresión *	1250	2919	3700	4053	6225

\* Ensayes de laboratorio ASTM C-109.

Además, A 1 día 100 kg/cm<sup>2</sup>

A 28 días 300 kg/cm<sup>2</sup>

Este mortero se deberá preparar en un recipiente semierérico de superficie lisa en cantidades no mayores de 150 gramos.

Se deberá humedecer con agua limpia hasta obtener una mezcla para que el ducto no pierda sus propiedades; hecha la mezcla se deberá mantener en las monos durante uno o dos minutos hasta que se sienta un ligero calor; procediendo de inmediato a colocar el mortero en las zonas por rellenar, ejerciendo presión, y sin moverla por un espacio de tres minutos, repitiendo la operación hasta llenar por completo los cortes realizados en el concreto.

c) Diez minutos después de aplicado el mortero, se procederá a enrosar la superficie desde el centro y hacia las orillas de la misma en el sentido longitudinal.

d) Concluida lo anterior, se deberá preparar la superficie para recibir un recubrimiento cementoso impermeable definitivo, limpiándola con cepillo de alambre hasta dejar una superficie áspera. El área por limpiar estará limitada de tal manera que cubra hasta 50 cm a cada lado de la humedad producto del efecto de la filtración. Una vez lista la superficie, se deberá humedecer con agua limpia antes de la aplicación del recubrimiento mencionado.

e) El recubrimiento impermeable deberá cumplir con las siguientes especificaciones de laboratorio:

Prueba	Método	Resultado
Compresión	ASTM-109	6000 PSI (28 días)
Absorción	ASTM-C-67	2% (24 horas)
Flexión	ASTM-C-398-617	850 PSI (28 días)
Adherencia		300 PSI (28 días)

f) Cuarenta minutos después de la aplicación del recubrimiento, se deberá humedecer nuevamente la superficie tratada.

g) Después de 6 horas se deberá aplicar una capa de refuerzo integrado por un recubrimiento complementario, solo que en este caso la aplicación se hará con llana; para ésta, se deberá humedecer la superficie y se preparará el material de acuerdo con lo también especificado por el fabricante.

h) Finalmente 45 minutos después de la filtración de la capa de refuerzo, se deberá humedecer nuevamente la superficie.

i) El agua que se utilizará para la elaboración de ambas mezclas no deberá contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivas o perjudiciales a la mezcla.

### 2. Caso "B".

En este caso se aplicará cuando la filtración quede localizada en el cuerpo del muro tablerado, para una magnitud de filtración del tipo **H-M** a **H-L**.

a) Este tipo de sellado consistirá únicamente en la aplicación de las indicaciones descritas a partir del inciso d) del Caso "A", aplicando el recubrimiento y su refuerzo en toda el área por impermeabilizar.

*3. Caso "C".*

Este procedimiento se aplicará a las filtraciones que se localicen en la junta entre muros tablestaca o en el cuerpo de los mismos, cuya magnitud sea **F-F** y **F-M**.

El procedimiento consistirá en calafatear la zona de filtraciones o bien inyectar en la parte posterior del muro, en último caso se realizaría de manera posterior a la construcción del muro estructural.

A continuación se describen los trabajos que deberán realizarse para la ejecución de este tratamiento.

1. Calafateo.

a) Una vez detectada la zona de filtraciones, se procederá a calafatear esta área, para lo cual se deberá hacer una limpieza de la misma hasta dejarla libre de lodo y restos de suelo pegado al concreto.

b) Concluido lo anterior se rellenarán los huecos que se detecten en la junta entre muros, mediante un colado con concreto con aditivo estabilizador de volumen, el cual deberá aplicarse en etapas de colado de 1.00 m de abajo hacia arriba hasta alcanzar el nivel intrados del cajón.

c) Para las zonas donde la filtración se localice en el cuerpo del muro tablestaca, se deberá efectuar una demolición de la parte contaminada del muro y recalocar de acuerdo con lo indicado en el inciso anterior.

d) Una vez que el concreto adquiera su fraguado inicial se procederá a aplicar un tratamiento en la superficie a base de recubrimiento cementoso impermeable de acuerdo con lo indicado en el caso "B".

### 2. Perforación.

Si el tratamiento de calafateo no logra sellar totalmente las filtraciones, se deberá aplicar un tratamiento de inyección en la parte posterior del muro.

Cabe aclarar que la perforación del muro tablestaca y el proceso de inyección podrá realizarse de manera posterior a la construcción del muro estructural, con objeto de interferir lo menos posible con el avance de la construcción de éste último muro. Así mismo y con la finalidad de no tener que barrenar el muro estructural, previo a su construcción, se deberán dejar preparaciones a base de segmentos de tubo de PVC o galvanizados de 2" de diámetro, las cuales se ubicarán de acuerdo con la distribución que se señala para cada solución.

Posteriormente deberán realizarse en el muro tablestaca perforaciones (barrenos) con un diámetro comprendido entre 1" y 2"; las perforaciones deberán penetrar en el terreno 50 cm. contados a partir del paño exterior del citado muro, ver figura No. 2.6 b.

Posteriormente se inyectará la mezcla cuyo proporcionamiento se indica en los párrafos subsecuentes.

### 3. Mezcla de inyección.

La mezcla a utilizar deberá prepararse con los materiales y proporcionamientos siguientes:

Agua-cemento en peso.	3:1
Bentonita.	3% máximo en peso del cemento.
Sika Sigunit (sellador).	2 a 4% en peso del cemento.

Estos materiales deberán cumplir con los requisitos que se indican a continuación:

- El agua no deberá contener materia orgánica o sedimentos que resulten nocivos o perjudiciales.
- La bentonita deberá usarse con una relación bentonita-agua que no exceda del 3% en peso del agua, considerando una relación entre agua y cemento de 3:1 con un tiempo mínimo de hidratación de 8 horas. El cemento a utilizar será Tipo I.

#### 4. Volumen y Presión de inyección.

Se iniciará la inyección de la mezcla especificada y se suspenderá cuando se haya inyectado un volumen máximo de  $1.0 \text{ m}^3$  en cada barrena, o bien cuando se alcance una presión de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  como máximo en cada barreno.

Si después de haber efectuado este proceso de inyección en una determinada zona de filtraciones éstas aún continúan apareciendo, se deberá inyectar un volumen adicional a la mezcla de  $0.25 \text{ m}^3$  por barrena, provista de algún material obturante como mica o similar, cuya proporción estará en función de la magnitud de las filtraciones.

#### 5. Secuencia de inyección.

El proceso de inyección en los barrenos deberá iniciarse, en aquellos que se localizan en la periferia del área de influencia de dichas filtraciones, terminando la inyección en los barrenos del centro de la misma.

Cuando las filtraciones se localicen sobre los muros tablastacas las perforaciones deberán hacerse sobre éstos, de manera que se conforme una cuadrícula al tresbolillo en todo

el área donde se generan dichas filtraciones, la separación entre barrenos será de un metro en ambos ejes de la cuadrícula.

Cuando las filtraciones se localicen en las juntas de calado de los muros, se deberá aplicar el proceso de inyección, tomando en consideración que la separación vertical entre barrenos de un misma mura, será como máximo de 1.0 m; ver figura No. 2.6 b).

### **2.7.1 Tratamiento de sellado de fugas.**

#### **PROBLEMA POR RESOLVER:**

Tapar y eliminar las fugas, lloraderos y humedades que se presentan comúnmente en los muros de concreto de los túneles subterráneos del metro.

#### **SOLUCION PROPUESTA:**

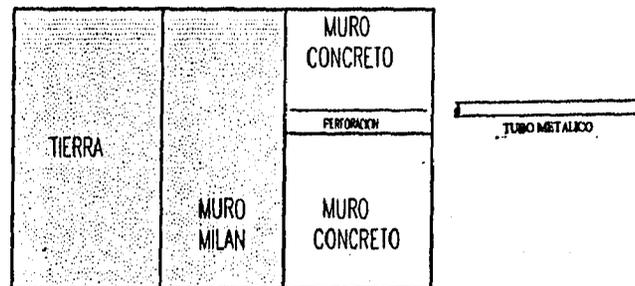
Utilizar producto AQUASEAL, para el sellado de fugas y lloraderos, así como para eliminar definitivamente las humedades presentes.

#### **APLICANDO PRODUCTO AQUASEAL:**

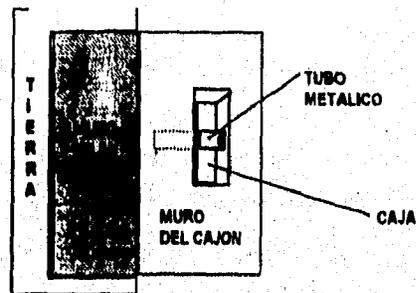
Primero se selecciona la fuga de agua para aplicar el tratamiento de sellado con AQUASEAL.

#### **Procedimiento:**

1. Se determina el punto exacto del origen de la fuga.
2. Se procede a perforar a todo lo ancho del muro, cuidando dejar una ligera inclinación como nos muestra la sig. figura:



3. Con un cincel se abrirá un boquete en el muro, alrededor de la perforación, dándole forma de caja, dejando aproximadamente de 2 a 3 cm de profundidad.



4. Se introducirá dentro del barreno un tubo metálico de un diámetro ligeramente menor al de la perforación y de una longitud también menor, cuidando que uno de los extremos del tubo quedará al ras del muro y que el otro extremo no llegará a hacer el contacto con el muro milón. La finalidad de introducir el tubo es la de canalizar la mayor cantidad de agua a través de él, y así aliviar un poco la presión del agua mientras se sella alrededor del tubo.

5. En seguida se prepara el AQUASEAL dejando una consistencia plástica en el material, para sellar alrededor del tubo, y por último inyectar a través de él un mortero más fluido para que ocupe el cuerpo del tubo y al final colocar un tapón para terminar el sellado más crítico.

6. Por última se procede a sellar las fugas menores desgastando la superficie del muro con el cincel, dándole siempre la forma de caja y colocando el AQUASEAL en su consistencia plástica, para finalizar con un acabado parejo, liso y uniforme hecho con una llana metálica o de madera.

El sellador que se utilizará en la obra para controlar las filtraciones en el cajón de la Línea B es el siguiente:

**MORTERO TAPAFUGAS DE ENDURECIMIENTO INSTANTÁNEO. ( AQUASEAL )**

**Descripción:**

AQUASEAL es un mortero en polvo, de color gris el cual no contiene partículas de hierro y basta con mezclarlo con la parte B para producir un relleno de fraguado y endurecimiento instantáneo, sin contracciones. Se presenta en partes A y B por separado.

**Usos:**

AQUASEAL se utiliza como relleno y sellador instantáneo para sellar fugas de agua, lloraderos, escurrimientos, en: túneles, sótanos, cisternas, cimentaciones, muros en contacto con agua o con nivel freático, juntas de muros prefabricados, filtraciones, etc.

**Propiedades:**

AQUASEAL presenta las siguientes propiedades:

• Al mezclar las partes A y B produce un fraguado y endurecimiento rápido, en unos cuantos minutos ( de 5 a 10 min.).

- \*Alta resistencia al agua, aún contrapresión.
- \*Empaco y estabiliza, no sufre cambio de volumen una vez fraguado.
- \*No contiene partículas de hierro.
- \*No es tóxico, salvo ingestión.
- \*Impermeabiliza.
- \*Sella perfectamente.
- \*No se agrieta ni se autodestruye.
- \*No se oxida (por no ser metálico).

Colocación:

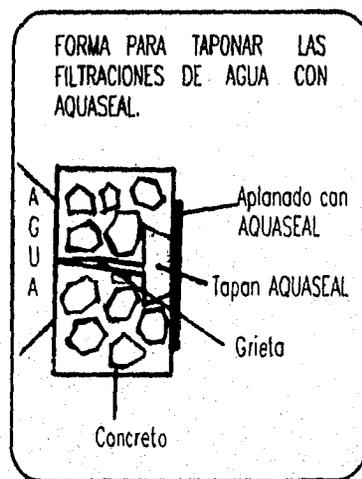
1. *Filtraciones:*

- a) limpie perfectamente la superficie por sellar dejándola libre de lama y partículas sueltas.
- b) Elabore, con un cincel, una "caja" en forma de cuña invertida alrededor o a lo largo de la filtración de, 5 cm de ancho por 3 cm de profundidad y proceda a colocar una manguera de plástico para canalizar la filtración.
- c) Use guantes de hule y goggles para proteger manos y ojos.
- d) En una charola metálica vierta 1 kg de AQUASEAL, haciendo un cráter en el centro y adicione de 200 a 300 ml. de parte B y mezcle vigorosamente hasta formar una masilla homogénea y proceda a rellenar la "caja" alrededor de la manguera con la masilla formada y púlase.

e) Una vez hecho lo anterior, proceda a cortar el sobrante de la manguera, y cuando la masilla de AQUASEAL ( A y B ), empiece a calentarse, forme un tapón con las manos, presionelo fuertemente contra el chorro de agua y mantengalo presionado por un lapso de 5 min.

f) Por último, coloque un aplanado sobre la superficie tratada, aún húmeda, con la masilla de AQUASEAL, ahora rebajando la parte B con agua limpia en una relación de 1 a 1 en volumen

Este aplanado final deberá curarse rociándole agua cada 2 a 3 hrs. durante 48 hrs.



## 2. Inyecciones :

Si se va a inyectar el mortero para anclar, es necesario hacer la inyección lo más rápido posible ya que la velocidad de endurecimiento es en unos cuantos minutos.

## Capítulo 2 - 78

Para obtener la máxima resistencia, se deberá usar la cantidad mas baja de solución sellasil/agua y será necesario confinar el grout.

### Rendimiento:

AQUASEAL tiene un peso volumétrico de aproximadamente 2.28 kg/L

### Presentación:

AQUASEAL se presenta en unidades de 70 kg.

Parte A: Saca de 50 kg y 20 kg. de parte B en cubeto.

### Precaución:

Proteja los ojos con goggles y la piel con guantes de hule. En caso de salpicaduras, lave con abundante agua y acuda al médico.

SELLASIL R  
ENDURECEDOR INSTANTANEO PARA CEMENTO.

### Descripción:

SELLASIL R es un producto químico líquido de color rojo el cual al mezclarse con el cemento produce un fraguado y endurecimiento casi instantáneo ( 5 a 10 min ).

Usos:

SELLASIL R se utiliza principalmente para tapar fugas de agua, floraderos o escurrimientos donde se desean mantener secas las superficies con este tipo de problemas.

Principalmente en túneles, sótanos, cimentaciones bajo el nivel freático, etc.

Propiedades:

\*SELLASIL R tiene como propiedad reaccionar en forma instantánea al mezclarse con el cemento, endureciéndola en unos cuantos minutos. El tiempo de endurecimiento varía de acuerdo al estado y a la marca del cemento así como a la temperatura ambiente: a menor temperatura, mayor tiempo de reacción y viceversa.

\*Impermeabiliza y sella.

Modo de empleo:

1) Coloque guantes de hule para proteger las manos del contacto directo con el cemento y el SELLASIL R.

2) Limpie la superficie por sellar dejándola libre de lama y partículas sueltas.

3) Canalice el agua por medio de una manguera y empiece a sellar alrededor de esto.

4) Agregue SELLASIL R al cemento Portland tipo I y mezclelo inmediatamente hasta formar una masilla plástica con las manos, cuando la masilla de cemento SELLASIL R, empiece a calentarse coláquese sobre la superficie por sellar y presione fuertemente hasta que esta empiece a endurecer.

## Capítulo 2 - 80

### Dosificación:

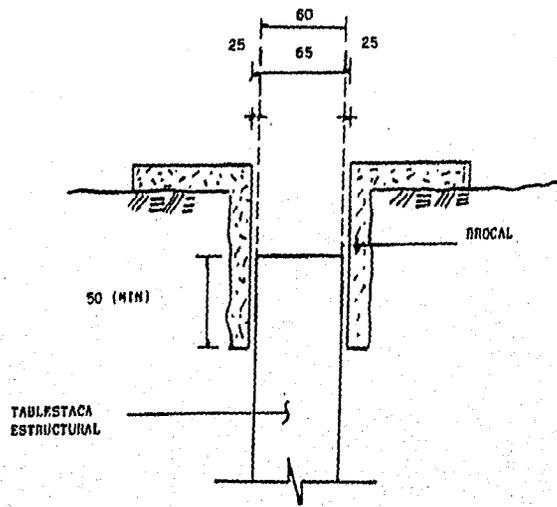
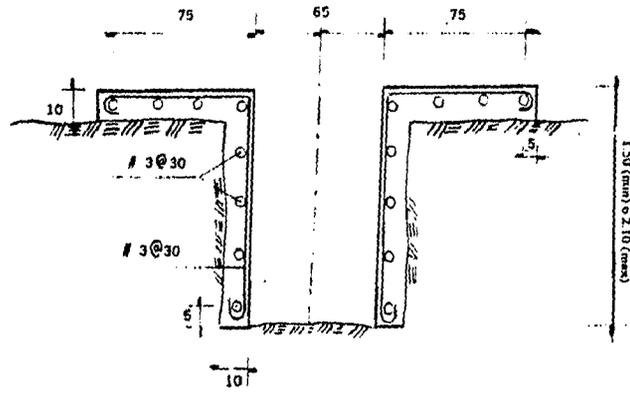
200 a 300 c.c. de SELLASIL R por cada kg de cemento, para obtener una masilla plástica.

### Presentación:

SELLASIL R se presenta en cubetas de 19 litros y tambores de 200 litros netos al envasar.

### Nota:

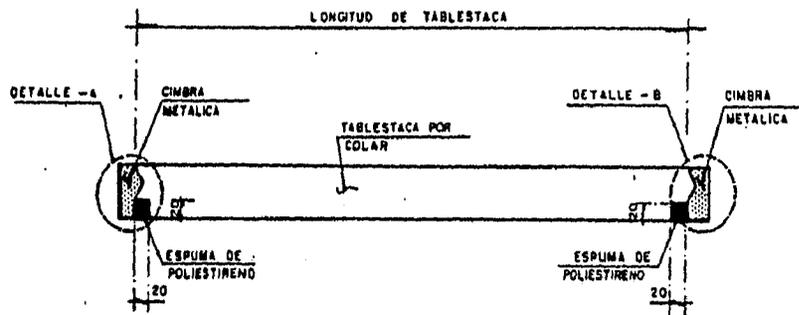
El cemento por usar deberá ser cemento fresco, no hidratado, ya que esto afectaría la velocidad de endurecimiento. En caso de retardo, cambiar el cemento por cemento fresco.



**BROCAL TIPO**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 2.0**



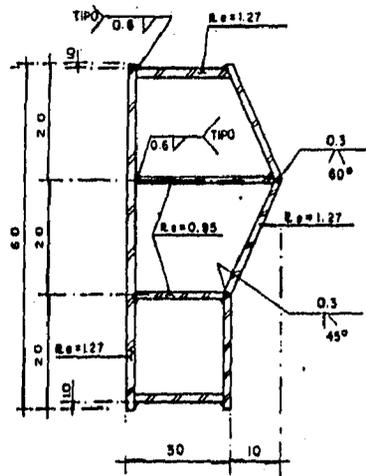
PLANTA

**GUIA METALICA PARA TABLESTACAS**

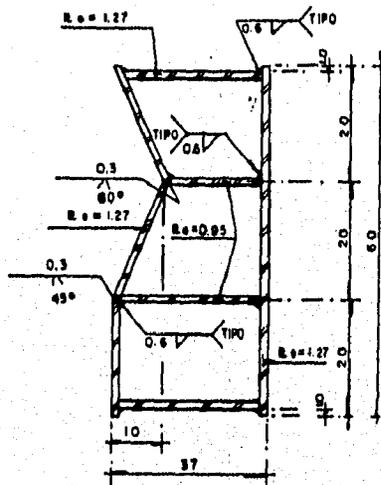
DETALLE DE CIMBRADO

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

FIGURA No. 2.1 (1/2)



DETALLE - A



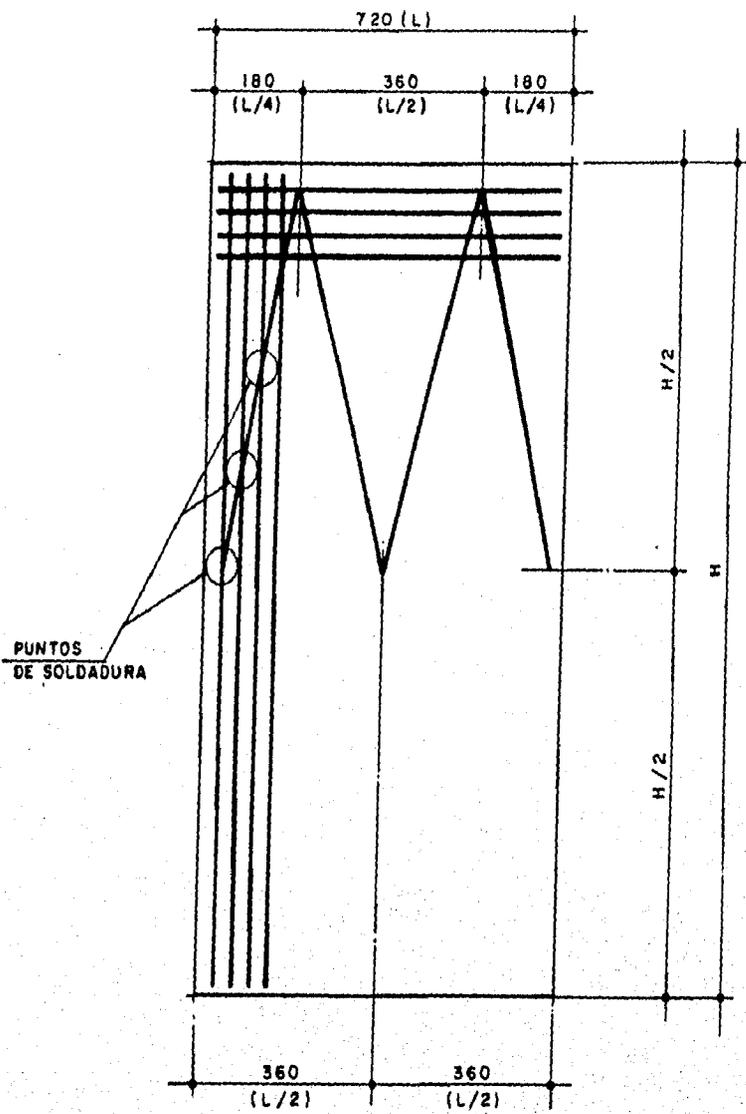
DETALLE - B

**GUIA METALICA PARA TABLESTACAS**

DETALLE A Y B (PLANTA)

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

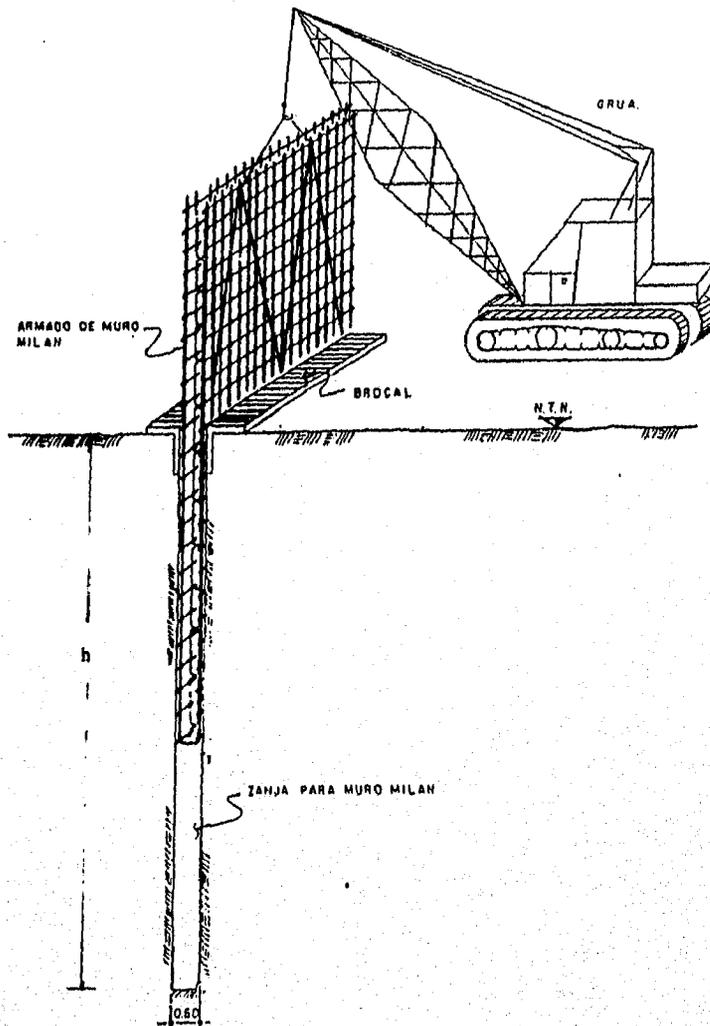
FIGURA No. 2.1 (22)



**DETALLE DE IZADORES**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

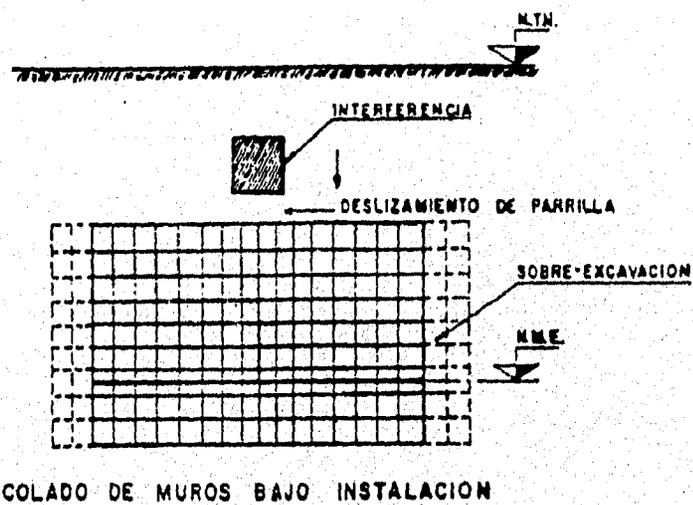
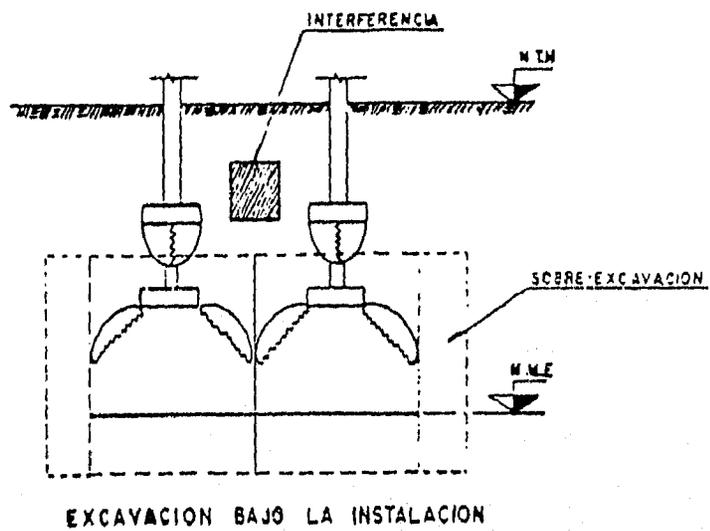
**FIGURA No. 2.2a**



**INTRODUCCION DE PARRILLA DE ARMADO (MURO TABLESTACA)**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

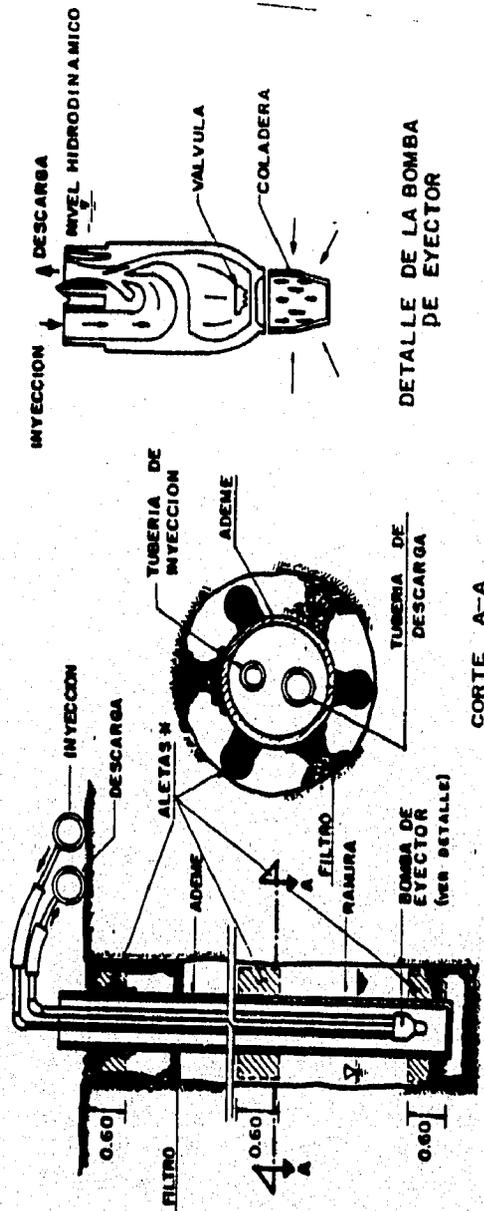
**FIGURA No. 2.2b**



**COLOCACION DE TABLESTACA EN ZONA DE INTERFERENCIA**

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

**FIGURA No. 2.3**



DETALLE DE LA BOMBA DE EYECTOR

CORTE A-A

INSTALACION DE UN POZO

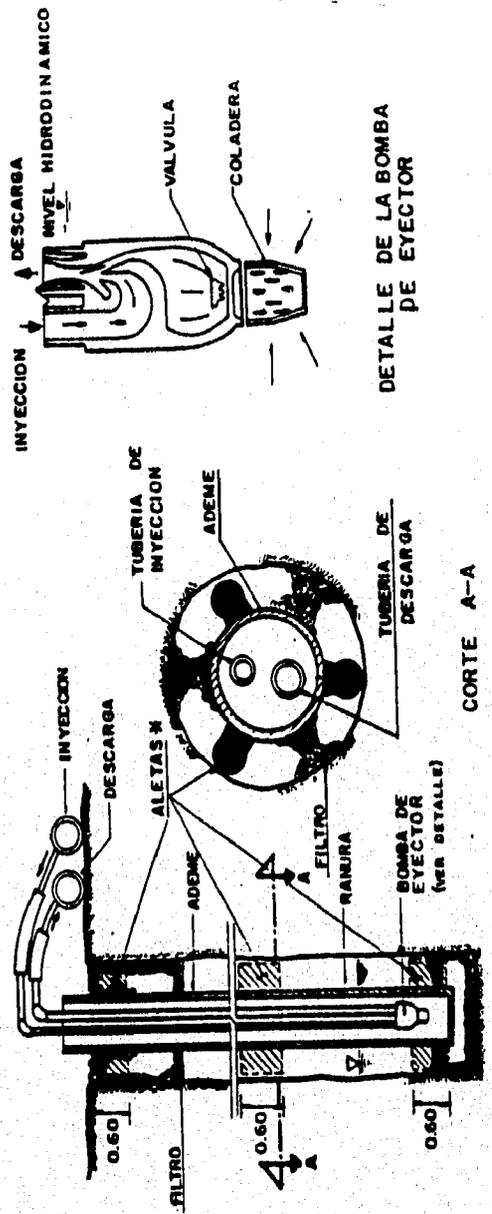
\* VS DEL N° 6 DE 60 CM DE LONGITUD UBICADAS EN LOS EXTREMOS Y AL CENTRO DEL ADEME.

DIBUJO ESQUEMATICO ACOT. EN METROS

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DE UN POZO DE BOMBEO

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

FIGURA No. 2.4



DETALLE DE LA BOMBA DE EYECTOR

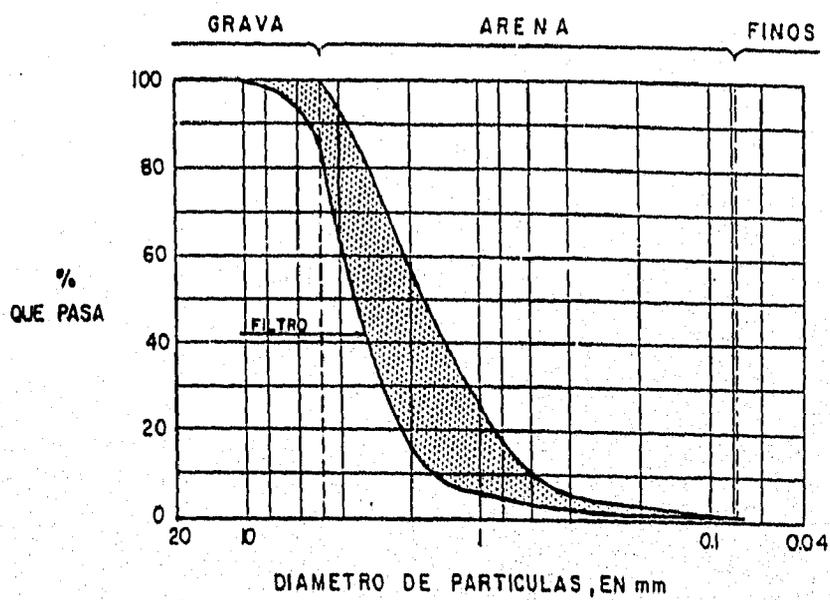
\* VS DEL N° 6 DE 60CM. DE LONGITUD UBICADAS EN LOS EXTREMOS Y AL CENTRO DEL ADEME.

CORTE A-A

INSTALACION DE UN POZO

DIBUJO ESQUEMATICO ACOY. EN METROS

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DE UN POZO DE BOMBEO  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3" **FIGURA No. 2.4**

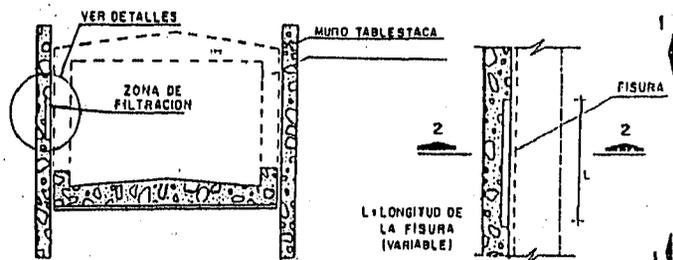


DIBUJO ESQUEMATICO

**GRANULOMETRIA PARA FILTROS DE POZOS**

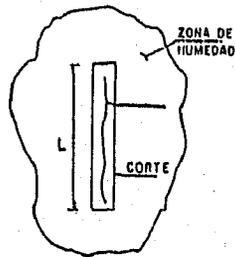
"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 2.5**

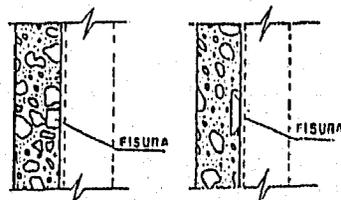


**CORTE TRANSVERSAL**

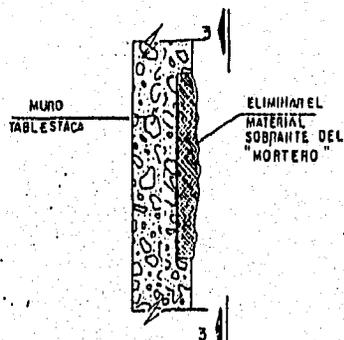
**DETALLE 1**



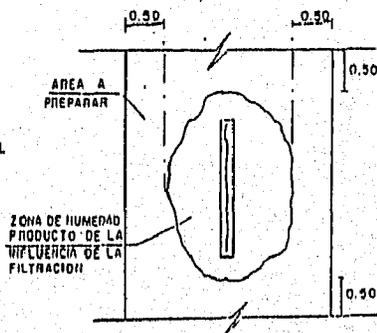
**VISTA FRONTAL 1-1**



**CORTE 2-2**



**DETALLE 2**



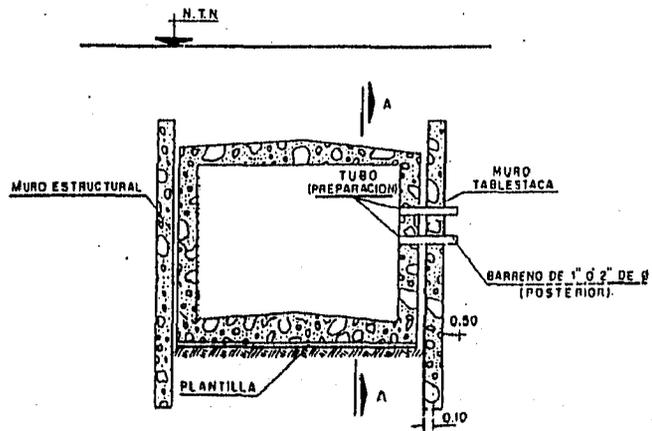
**VISTA FRONTAL 3-3**

DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOF. EN METROS

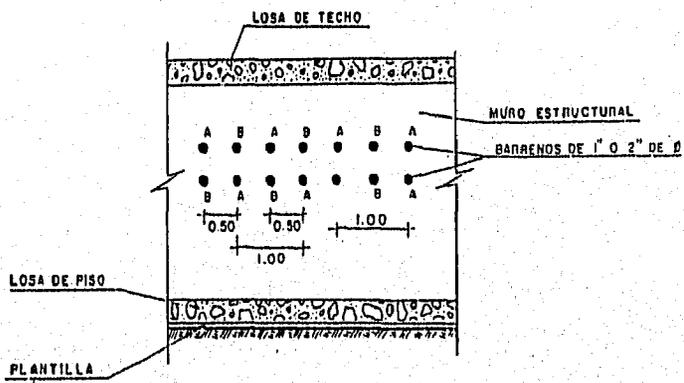
**POSIBLES FILTRACIONES A TRAVES DE MUROS TABLESTACA**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 2.6a**



CORTE TRANSVERSAL



CORTE LONGITUDINAL A-A

DIAGRAMA ESQUEMATICO  
ACOT. EN METROS

**POSIBLES FILTRACIONES A TRAVES DE MUROS TABLESTACA**

"Procedimiento constructivo de linea B en el cruce con linea 3"

**FIGURA No. 2.6b**

## **CAPITULO 3**

**APUNTALAMIENTO Y PREPARACIONES PARA EL PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCTIVO DEL METROPOLITANO LINEA B**

### 3.1 Soluciones estructurales factibles para el diseño y construcción del cajón.

La excavación y construcción de la Estación Guerrero se realizará a cielo abierto entre una estructura de contención constituida por muros tablaestaca de concreto armado y coladas en sitio, definiéndose por sus dimensiones arquitectónicas dos grandes zonas, la denominada zona central y las cabeceras Poniente y Oriente de la estación.

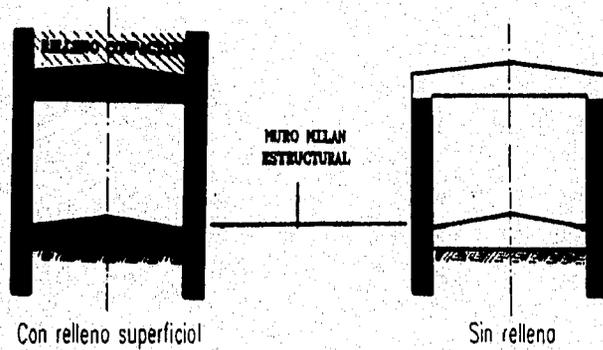
Para la construcción del Metropolitano se encuentran las siguientes soluciones estructurales factibles, que se pueden adoptar para el diseño y construcción del metro en cajón.

Alternativa utilizada actualmente:

#### *Muro milán estructural*

El cajón está formado por muros milán unidos estructuralmente a las losas de fondo y de cubierta; para esta solución se tienen dos alternativas geométricas:

- a) En cajón cubierto con relleno superficial compactado
- b) En cajón con losa de cubierta superficial, que constituye la superficie de rodamiento de vehículos o del paso de peatones. Ver sig. figura:

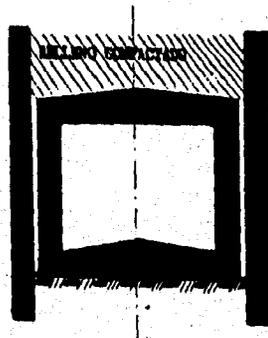


*Muro milón y muro estructural de acompañamiento*

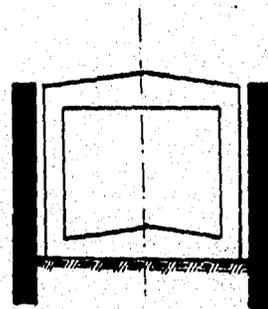
En éste caso el muro milón es un elemento estructural temporal, que únicamente tiene utilidad durante la etapa de excavación; para ésta solución se han desarrollado también dos alternativas:

- a) Con el cajón cubierto con relleno compactado.
- b) con losa de cubierta superficial.

Muro milón y muro estructural de acompañamiento



Con relleno superficial



Con losa de cubierta superficial

Figuras representativas

### **3.2 Selección de alternativas.**

Los factores que influyen en la selección de la alternativa que se adoptará en un cierto tramo, según el orden de su probable importancia son:

- \*Estructurales
- \*Económicos
- \*Constructivos
- \*Geotécnicos

Es decir desde el punto de vista geotécnico cualquiera de las soluciones es admisible.

La constante evolución de los procedimientos constructivos que se pueden adoptar para construir el cajón del Metro, hace necesario revisar con frecuencia los procedimientos que se están utilizando, para detectar las modificaciones constructivas que se justifique incorporar.

Datos para análisis

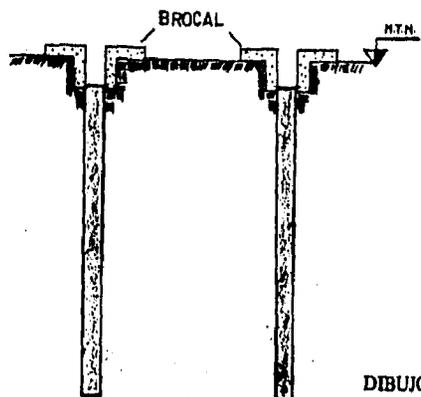
Se consideran los siguientes factores:

- a) Estratigrafía y propiedades mecánicas de los suelos.
- b) La solución estructural.
- c) Distribución y magnitud de sobrecargas en la superficie.
- d) Procedimiento constructivo más conveniente.

### **3.3 Bosquejo del procedimiento constructivo a seguir en la Estación Guerrero.**

El procedimiento constructivo a seguir en las cabeceras se describe a continuación a grandes rasgos por etapas que dan una idea clara y esquemática de cada una para su mejor comprensión:

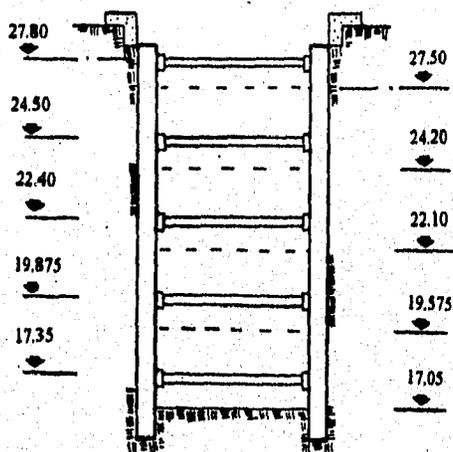
1ª ETAPA: Colar tablestacas



DIBUJO REPRESENTATIVO

2ª ETAPA:

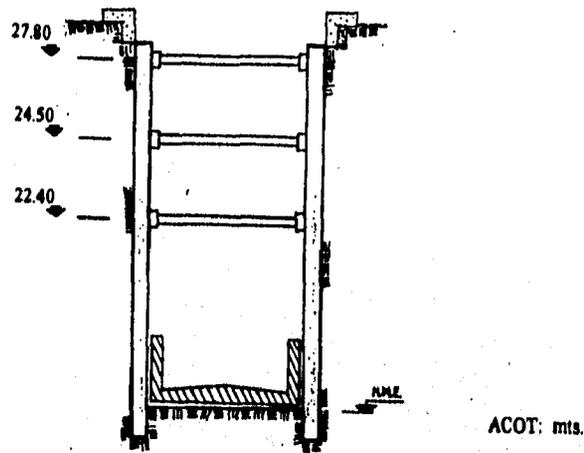
Excavar hasta colocar los cinco niveles de troqueles, deteniendo la excavación momentáneamente 30 cm abajo de cada nivel de troquel, hasta que éste sea colocado en su posición de proyecto, hasta entonces se podrá continuar con la excavación.



ACOT: mts. SIN ESCALA

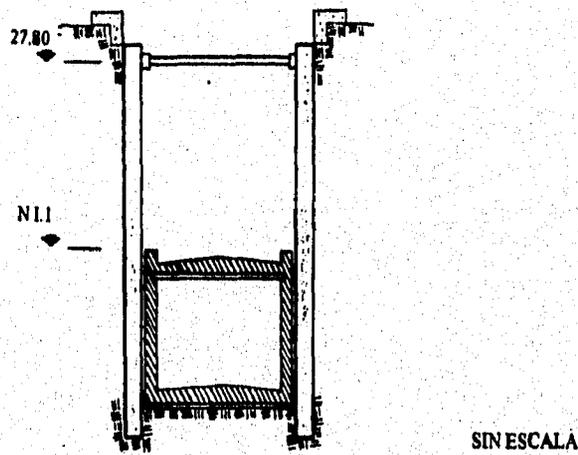
3ª ETAPA:

Excavar hasta el nivel máximo de excavación ( N.M.E.) y colar plantilla, losa y muñones 48 hrs después de retirar el cuarto y quinto nivel de traqueles



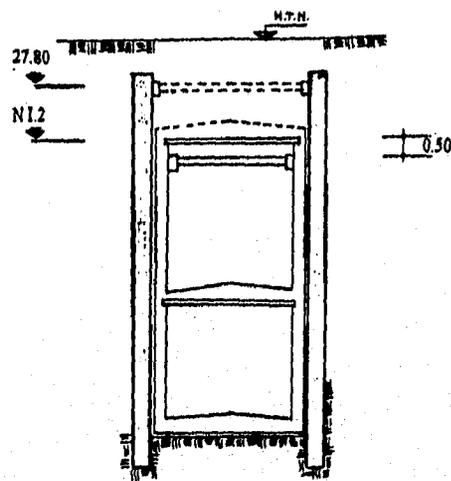
4ª ETAPA:

Colar el muro hasta el nivel intradas ( N.I.I ), 48 hrs después de colocar la tableta prefabricada, habilitar armado de firme, y 72 hrs después de colado el muro se colará el firme, y 48 hrs después, retirar el segundo y tercer nivel de traqueles.



5ª ETAPA:

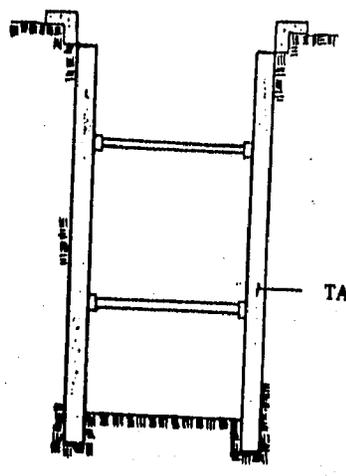
Colar muro hasta nivel intrados ( N. 1. 2 ), 72 hrs después sustituir el primer nivel de troqueles 50 cm abajo del tope de colado de los muros, hasta entonces retirar el primer nivel de troqueles, concluir la construcción de los muros y colocar tableta prefabricada y colar su firme, una vez que el concreto tenga el 70% de resistencia, colocar relleno hasta nivel de proyecto.



Nota:

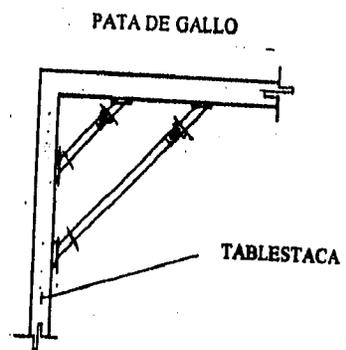
El procedimiento constructivo antes mencionado se describe en especificaciones y planos correspondientes a detalle.

Para la construcción y estructuración del cajón del Metro es necesario la utilización de puntales que tienen la función de contener el empuje generado por el terreno hacia la zona de excavación; éstos puntales pueden ser en pata de gallo, diagonales y tensores:



PUNTA DE GALLO

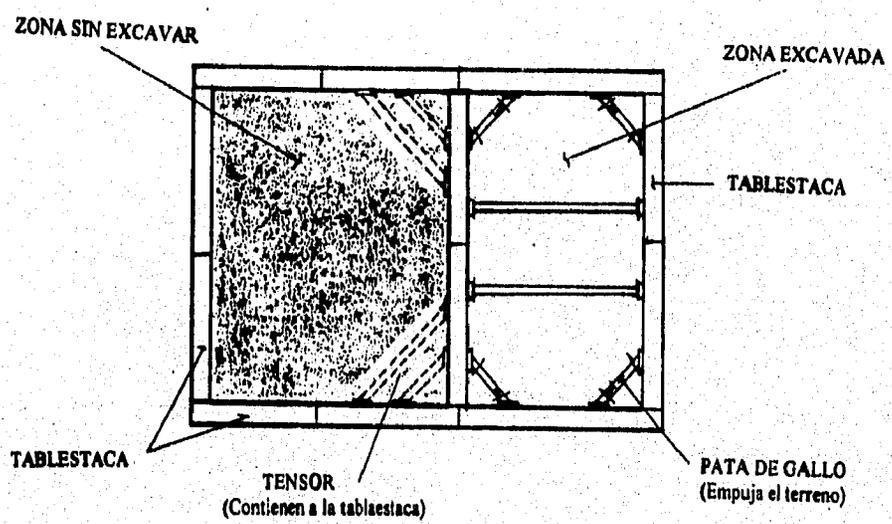
TABLESTACA



PATA DE GALLO

TABLESTACA

VISTA PLANTA



ZONA SIN EXCAVAR

ZONA EXCAVADA

TABLESTACA

TABLESTACA

TENSOR  
(Contienen a la tablaestaca)

PATA DE GALLO  
(Empuja el terreno)

### **3.4 Apuntalamiento y preparaciones para el procedimiento constructivo del Metropolitano L-B.**

Inicialmente se deberá prescindir del uso del primer nivel de puntales para la contención de los muros tablastaca auxiliares que las constituyen ( puntales paralelos al eje de trazo del Metro ), colocanda en lugar de ellos en el respaldo de los siladas muros y sobre las celdas secundarias "Tensores" metálicas.

Será necesario también que dichos puntales se retiren de manera diferente que los puntales colocados en "Pata de gallo", colocándose así mismo, en diferentes niveles.

De manera inicial y manualmente se excavarán las zanjas que alojarán los "tensores" , procediendo a su colocación y ajuste a tope solamente, previa demolición parcial ó ranurada de los muros tablastaca auxiliares por contener.

Hasta alcanzar 30 cm por debajo del primer nivel de los puntales colocados en "pata de gallo", procediendo entonces a su colocación; así mismo y durante ésta colocación parcial se deberá realizar la excavación de la otra mitad de la zona, también hasta colocar el primer nivel de puntales.

Para la colocación de los puntales en "pata de gallo", se utilizarán las preparaciones dejados en los muros tablastaca durante su construcción, consistentes en placas metálicas anclados, a los cuales se soldarán los puntales. Ver figura 3.1

Todos los puntales deberán colocarse inmediatamente después de que la excavación descubra sus puntos de aplicación, y por ningún motivo se permita que la excavación continúe si los puntales no han sido colocados en sus elevaciones correspondientes.

### Capítulo 3 - 100

Inmediatamente después de colocar cada puntal, deberá sujetarse de sus extremos por medio de cables de acero, los cuales se colgarán de las varillas de los muros tablastaca. Ver figura 3.2 y 3.2A

Los puntales se apoyarán sobre concreto sano. Si en los niveles de colocación del apuntalamiento el concreto se encuentra contaminado, se deberá reconstruir dicha zona de tal manera que se garantice la continuidad estructural.

Todos los puntales deberán colocarse con una precarga de 80 toneladas, debiendo llevar un riguroso control en la aplicación y control de la misma, para lo cual el contratista deberá realizar lecturas de verificación de manera aleatoria pero sistemática, por lo menos cada 48 hrs, las cuales tendrá anotados con fecha, hora y precarga leída en un lugar visible en la obra, además de enviarse al proyectista para su revisión y seguimiento correspondiente.

El apoyo de los puntales patas de gallo y tensores, se encuentra ahogado en las estructuras de contención ( tablastaca ), en caso de que no se haya dejado la preparación pertinente en la estructura, se abrirá caja en ellos para su colocación. Ver figura 3.3.

Se elaborarán planos de anclas, de fabricación y de montaje.

En los planos de anclas se indicarán todos los elementos que deberán quedar ahogados en la cimentación o en la estructura de concreto en lo que se apoye la estructura metálica, y que son necesarias para transmitir las acciones que cada una de ellas ejerce sobre la otra.

En los planos de fabricación ( también conocidos como planos de detalle ) se proporciona toda la información necesaria para la ejecución de la estructura en el taller, y en los de montaje se indica la posición de los diversos elementos que componen la estructura, y se señalarán las juntas de campo entre ellos, con indicaciones precisas para su elaboración.

Tanto en los planos de fabricación y de montaje como en los dibujos y esquemas de las memorias de cálculo, deben indicarse las soldaduras por medio de símbolos que representen claramente, y sin ambigüedades, su posición, dimensión, características, preparaciones en el metal base, etc. Cuando sea necesario, esos símbolos se complementarán con notas en el plano. En todos los casos deben indicarse, con toda claridad, los remaches, tornillos o soldaduras que se colocarán en el taller y aquellos que deben instalarse en la obra ya sea por la construcción de la placa o puntal de acuerdo al tipo o sección. Ver figuras 3.1

#### **SOLDADURA:**

El tipo de soldadura aplicable en la construcción metálica es el arco eléctrico con electrodo metálico, aplicado manual, semiautomático o automáticamente.

Se usará el electrodo o la combinación de electrodo y fundente adecuados al material base que se esté soldando, teniendo especial cuidado en aceros con altos contenidos de carbón u otros elementos aleados, y de acuerdo con la posición en que se deposite la soldadura.

El tipo de soldadura a utilizar por proyecto en la Obra del Meropolitano L-B, será de electrodos recubiertos para soldadura de acero, el cual se ajustará a la serie E-70 de las especificaciones para electrodos en soldadura de arco para acero suave.

#### **Preparación del material a soldar:**

Las superficies que vayan a soldarse estarán libres de costras, escorias, óxido, grasa, pintura o cualquier otro material extraño, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que puedan disminuir la eficiencia de la junta soldada.

Este tipo de preparación para soldar es necesario para garantizar un ligaje estructural en el puntal puesto, que éste estará soldado a la placa que previamente se dejó en la tablestaca ( en el caso de puntales, patas de gallo y tensores); en el caso de los

puntales (troqueles) la soldadura tendrá la misma preparación para el habilitado de la pieza, ya sea de menor o mayor longitud, de acuerdo a el claro a apuntalar.

Antes de depositar la soldadura deben revisarse los bordes de las piezas en los que se colocará, para cerciorarse de que los biselés, holguras, etc., sean correctos y estén de acuerdo con los planos.

Una vez realizadas las uniones soldadas deben inspeccionarse acuradamente, y se preparan todas las que presenten defecto aparentes de importancia, tales como tamaño insuficiente, cráteres o sacavación del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse.

Cuando haya dudas en juntas importantes de penetración completa, la revisión se complementará por medio de radiografías y/o ensayos no destructivos de otros tipos. En cada caso se hará un número de pruebas no destructivos de soldadura de taller, suficiente para abarcar los diferentes tipos que haya en la estructura y poderse formar una idea general de su calidad.

En soldaduras de campo se aumentará el número de pruebas, y éstas se efectuarán en todas las soldaduras de penetración en material de más de dos centímetros de grueso y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabeza.

### **3.4.1 Notas generales**

1. Deberá respetarse la secuencia de etapas de excavación indicada en el plano correspondiente. Para iniciar la excavación de cualquier etapa es condición necesaria que todas las instalaciones municipales que interfieran con la estación estén fuera de servicio, tales como: colectores, atarjeas, etc.

### Capítulo 3 - 103

2. Los puntales deberán colocarse tan pronto como la excavación descubra sus puntos de aplicación, no debiendo continuar con esto si dichos puntales no han sido colocados en sus elevaciones correspondientes.

3. La separación entre puntales será de 3.0 m de centro a centro, de tal manera que queden simétricamente colocados con respecto a la junta de construcción de los muros tablaestaca, excepto donde se indique otra distancia.

4. Todos los puntales deberán colocarse con una precarga, cuyo valor para los cinco niveles será de 80 ton para cada uno de ellos, debiéndose llevar un riguroso control en su aplicación y conservación mediante lecturas de verificación por lo menos cada 48 hrs.

5. Todas las puntales deberán apoyarse en concreto sano. Si en los niveles de apuntalamiento el concreto se encuentra contaminado, deberá reconstruirse esta zona, de tal manera que garantice la continuidad estructural.

6. Inmediatamente después de colocar cada puntal deberá sujetarse de sus dos extremos mediante cables de acero a las varillas de los muros tablaestaca. Los cables deberán tener la longitud necesaria para sostener los puntales y evitar que éstos se desplacen.

7. Los puntales deberán removerse y/o retirarse de acuerdo a lo indicado en la especificación de procedimiento constructivo de la estación.

8. Por ningún motivo deberán emplearse puntales cuyo diámetro sea menor al indicado.

**3.5 Tipo de Puntales.**

El tipo de puntal, así como el material para su fabricación, depende principalmente de la profundidad a que trabaje debido al empuje generado por el suelo, su análisis se realiza por el siguiente estudio, que previamente indicado el número de niveles de puntales, así como la precarga de cada uno de ellos y el empuje total del terreno hacia el cajón, dará el tipo de estructuración que se deberá de tener en el muro milán ( Tablestaca ) para su diseño y habilitado en obra. ( Ver planos anexos ).

Los puntales a utilizar durante la excavación de la Estación Guerrero incluyendo el cruce de L-3, se pueden observar en las figuras correspondientes al tipo del puntal indicado en la tabla siguiente, así como en la planta de apuntalamiento de los mismos ( ver plano No. 94-E 010 ).

TIPO DE PUNTALES

PUNTAL	LONGITUD (m)	TIPO	CARACTERISTICAS	PLANO DE REFERENCIA
PT - 1	2.10	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 2	3.45	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 3	3.45	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 4	4.75	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 5	5.40	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 6	5.40	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PT - 7	6.70	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 8	6.70	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 9	8.25	TUBULAR	10" o CED. 40	94-E 006
PT - 10	8.25	TUBULAR	12" o CED. 40	94-E 002
PT - 11	8.25	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 12	8.80	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PT - 13	8.80	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PC - 14	8.80	CELOSIA	4x6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PT - 15	15.00	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004

Continuación:

PUNTAL	LONGITUD(m)	TIPO	CARACTERISTICAS	PLANO DE REFERENCIA
PC - 16	15.0	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PC - 17	15.0	CAJON	4<6" x 3/4" CON P 1/2"(50 x 50)	94-E 009
PT - 18	2.10	TUBULAR	10" o CED. 40	94-E 006
PT - 19	2.10	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PC - 20	2.10	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PT - 21	3.10	TUBULAR	12" o CED. 40	94-E 002
PT - 22	3.10	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PT - 23	4.35	TUBULAR	12" o CED. 40	94-E 002
PT - 24	4.35	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PT - 25	5.05	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 26	5.05	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 27	6.00	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 28	6.00	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PT - 29	6.30	TUBULAR	12" o CED. 40	94-E 002
PT - 30	6.30	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 31	7.00	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PC - 32	7.00	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PT - 33	8.00	TUBULAR	14" o CED. 40	94-E 005
PT - 34	8.00	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 35	8.25	TUBULAR	20" o CED. 30	94-E 004
PT - 36	10.00	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PC - 37	10.00	CELOSIA	4<6" x 3/4" (50 x 50)	94-E 007
PT - 38	11.75	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
PC - 39	11.75	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PC - 40	30.50	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PC - 41	30.50	CELOSIA	4<6" x 5/8" (80 x 80)	94-E 007
PT - 42	13.00	TUBULAR	16" o CED. 40	94-E 001
TE - 43	9.00	TUBULAR	18" o CED. 30	94-E 003
TE - 44	ANULADO	ANULADO	ANULADO	ANULADO
TE - 45	7.60	TUBULAR	18" o CED. 30	94-E 003
TE - 46	2.60	TUBULAR	18" o CED. 30	94-E 003

### 3.6 Cálculo del empuje del suelo en los muros tablestaca.

A continuación se describe el problema que se presenta en los muros tablestaca (ademe) debido al empuje del suelo, ya que éstos deben tener la resistencia suficiente para soportar la fuerza ejercida sobre ellos.

Para dar representación a esto, se procede a calcular el empuje activo del suelo, para así asegurar ( en este caso haciendo la revisión ) si las piezas colocadas de manera estratégica es el indicado, de acuerdo a los resultados obtenidos de éste estudio.

En la práctica ( proyecto ) se indican niveles establecidos de puntales, así como su tipo y sección, para saber si los niveles de puntales, de acuerdo a su precarga de 80 ton, corresponden al empuje total generada por el suelo para cada nivel hasta el NME de la zona en estudio.

#### PROBLEMA

Ejemplo de obra de ademada que se ejecuta en excavaciones para garantizar la estabilidad de las paredes durante el tiempo necesario para la construcción, según la profundidad, deberán afirmarse elementos horizontales (Puntales de acero).

La magnitud y distribución de empujes depende no sólo de las propiedades del suelo, sino también, de las restricciones que el elemento de soporte imponga a la deformación del propio suelo y de la flexibilidad de toda la estructura en general.

Según la excavación prosigue, la rigidez de los puntales ya colocados impide el desplazamiento del suelo en las zonas próximas a los apoyos de éstos puntales. Por otra parte bajo el efecto del empuje, el ademe en las zonas inferiores gira hacia adentro de la excavación de manera que la colocación de los puntales en esas zonas va precedida de un

desplazamiento del suelo que será mayor, en general, cuanto mayor sea la profundidad en la zona considerada.

Los puntales son los elementos de los que más necesita preocuparse el ingeniero proyectista, para lo cual será preciso conocer la magnitud y distribución de empujes del suelo sobre el ademe, el cual tiene las siguientes características:

- Su sección es de 20.50 x 7.20 x 0.60 m.
- Armado Tipo I.
- Nivel de desplante de 22.00 m.
- Nivel de remate de 1.50 m.

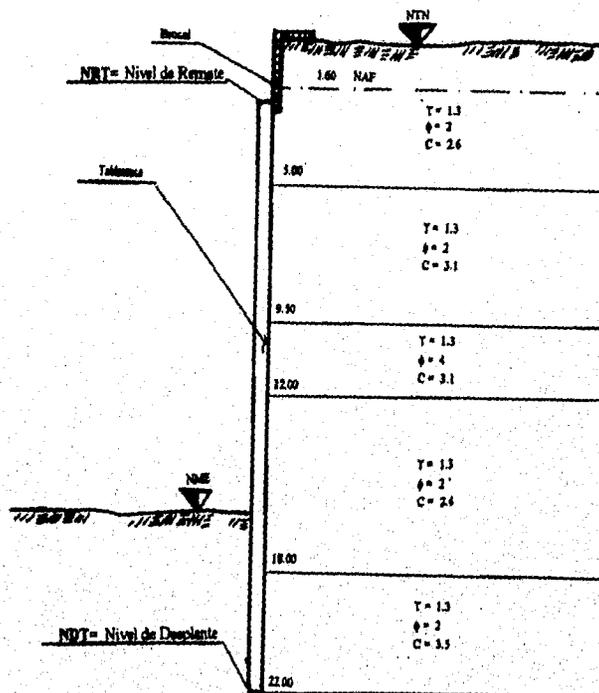
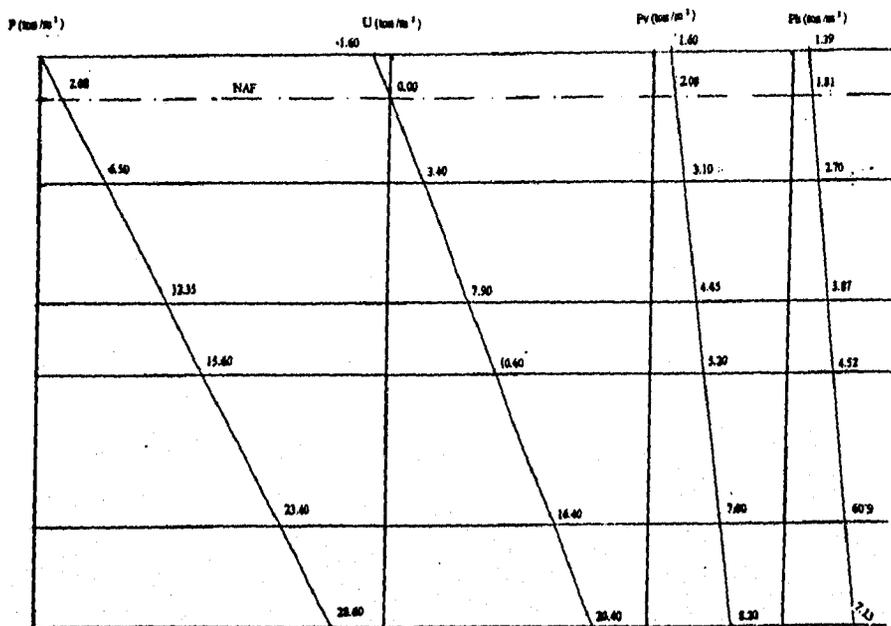


DIAGRAMA DE DISTRIBUCIONES TOTALES,  
EFFECTIVAS Y NEUTRALES



$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$

CALCULO DEL EMPUJE ACTIVO

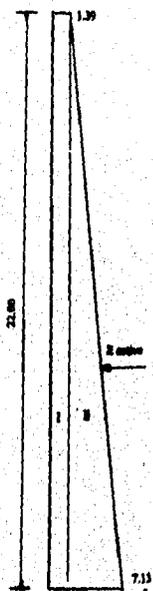


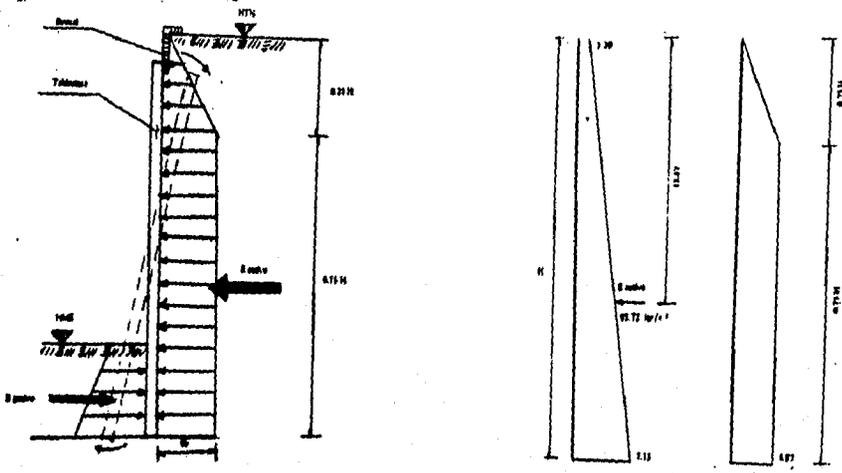
FIGURA	AREA (t/m <sup>2</sup> )	$\bar{y}$ (m)	$A\bar{y}$ (t/m <sup>3</sup> )
I	30.58	11.00	336.38
II	63.14	14.67	926.26
total	93.72		1262.64

Empuje activo = 93.72 t/m<sup>2</sup>

$$\bar{y} = \frac{1262.64}{93.72} = 13.47 \text{ m}$$

ESC.: HORIZONTAL: 1:20  
VERICAL: 1:44.4  
ACOT.: mts

EMPUJE REDISTRIBUIDO



$E_a = 93.72 \text{ ton/m}$   
 ESC. GEOMÉTRICA 1-25  
 ESC. CÁLCULO 1-100  
 A3/11/1974

Cálculo del empuje redistribuido:

$$E_r = 2 (E_{\text{activo}}) / 1.75H = (2(93.72)) / (1.75(22)) = 4.87 \text{ ton/m}$$

EMPUJE REDISTRIBUIDO PARA CADA PUNTA (POR METRO DE ANCHO)

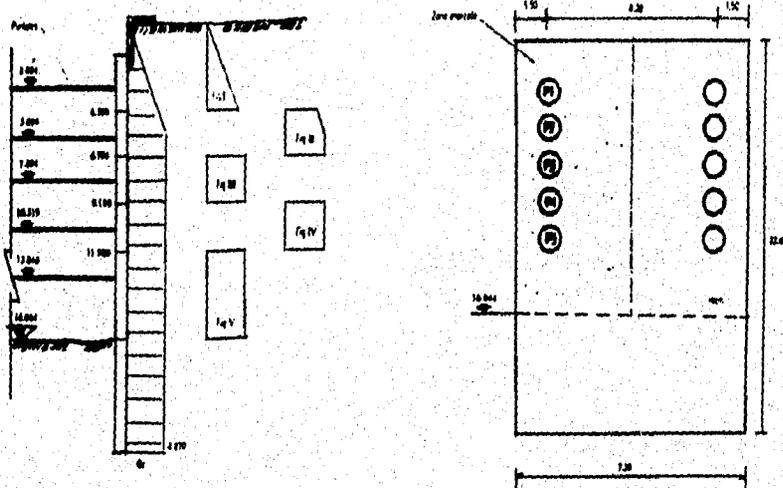
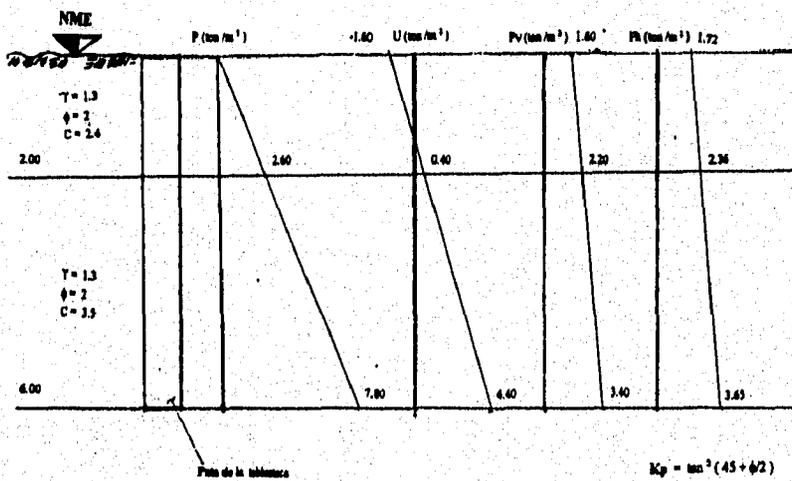


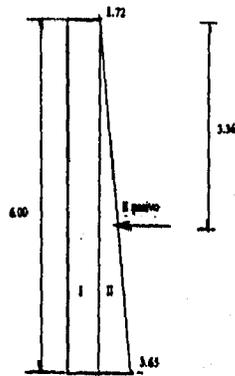
FIGURA	AREA (ton/m <sup>2</sup> )	ANCHO (m)	EMPUJE POR PUNTAL (ton)
I	8.341	3.60	30.028
II	11.113	3.60	40.007
III	11.279	3.60	40.604
IV	12.030	3.60	43.308
V	21.740	3.60	78.264

NOTA:

Debido a los resultados que se muestra en la tabla anterior, se puede deducir, que los empujes generados hacia cada puntal es menor que el de precarga (80 ton), por lo tanto, su ubicación y número de puntales es el adecuado para este tipo de tablestaca en particular.

CALCULO DEL EMPUJE EN LA PATA DEL MURO TABLESTACA





CALCULO DEL EMPUJE PASIVO

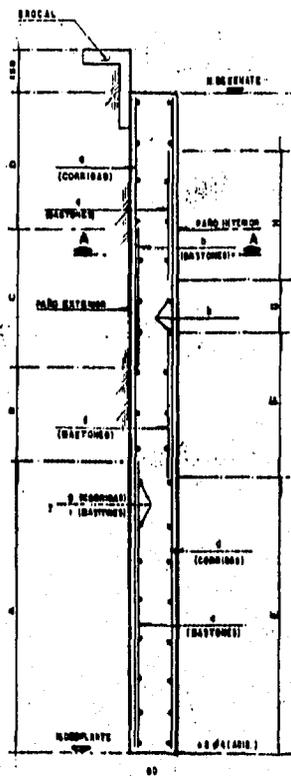
FIGURA	AREA ( $\text{ton/m}^2$ )	y (m)	Ay ( $\text{ton/m}^3$ )
<b>I</b>	10.296	3.0	30.888
<b>II</b>	5.79	4.0	23.16
Total	16.086		54.048

Empuje Pasivo =  $16.086 \text{ ton/m}^2$

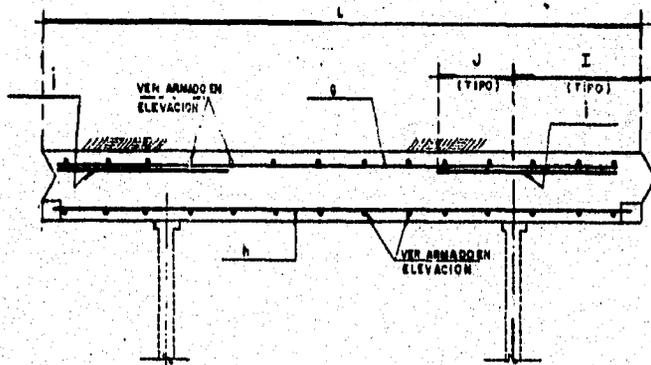
$$y = \frac{54.048}{16.086} = 3.360 \text{ m}$$

A continuación se muestra el tipo de armado utilizado en este tipo de muros milón (tablestaca), así como su longitud de desarrollo y separación ver tabla y figura siguiente:

ARMADO TIPO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
I	8.35	2.60	4.85	4.70	8.05	4.30	2.40	3.55	1.5 o 50(-)	1.00
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
I	#6 a 20	#6 a 20	#6 a 20	#6 a 20	#4 a 20	#4 a 20	#4 a 25	#6 a 25	#4 a 25	

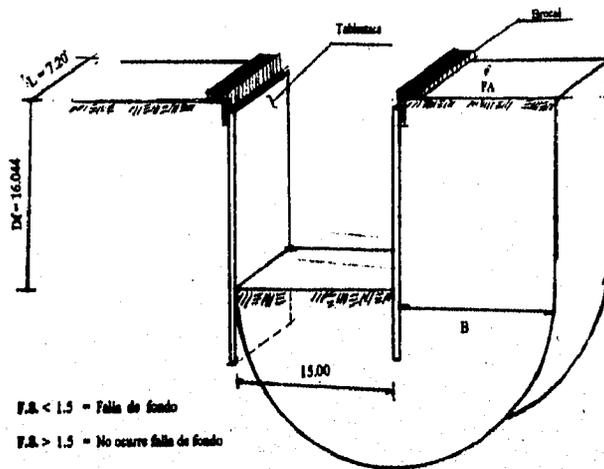


TABLESTACA  
(ELEVACION)



TABLESTACA  
(PLANTA)

REVISION DE FALLA DE FONDO



Desarrolla:

a) Cálculo de promedios pesados:

$$\Sigma \gamma D_f = (5 \times 1.3) + (4.5 \times 1.3) + (2.5 \times 1.3) + (4.044 \times 1.3) = 20.857 \text{ ton/m}^2$$

b) Cálculo del peso del suelo que estará actuando sobre el círculo de falla:

$$W = \text{Base} \times \text{Longitud} \times \Sigma \gamma D_f = 15.00 \times 7.20 \times 20.875 = 2252.556 \text{ ton} = \text{Fuerza actuante } W_s$$

c) Cálculo de Fuerza Resistente:

1. Provocada por caras del cubo:

$$FR_1 = D_f \times B \times C_{pp} \times 2$$

NOTA:

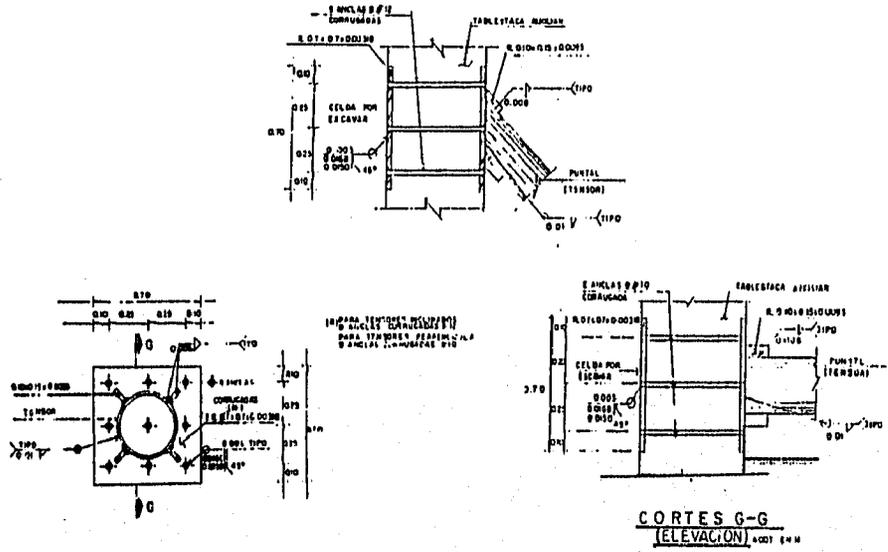
Dependiendo de el tipo de estructuras de contención (ademe), el apuntalamiento deberá llevar o no una precarga con objeto de tratar de igualar los empujes ejercidas por el suelo. Este apuntalamiento deberá colocarse oportunamente, así como también checar los valores de las precargas.

CONCLUSION:

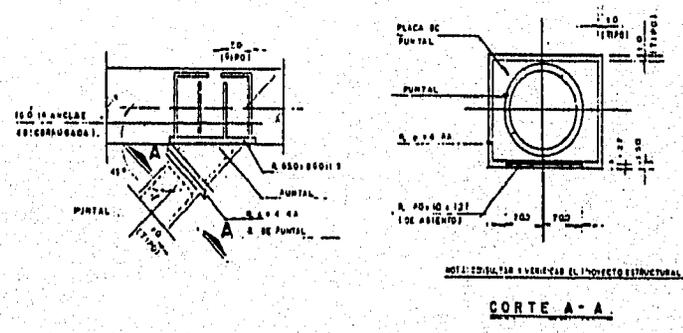
El diseño de excavación de la Ciudad de México, y particularmente en las zonas II y III de transición y lacustre respectivamente, juegan un papel muy importante en la estabilidad de los mismos, y del comportamiento futuro de la construcción en sí, además, de que dicho diseño depende también del adecuado comportamiento de las estructuras y/o instalaciones municipales colindantes, las cuales pueden acarrear gravemente una deficiencia en la secuencia de excavación o en la revisión de la estabilidad de fondo.

El contar con un sistema adecuado de achique, bombeo previo y de excavación y estructuración, además de un buen diseño de la estructura de contención cuando esto se requiera, son la clave para llevar a cabo una excavación segura y sin causar problemas a las colindancias, las cuales en muchas ocasiones en esta Ciudad carecen de una cimentación adecuada.

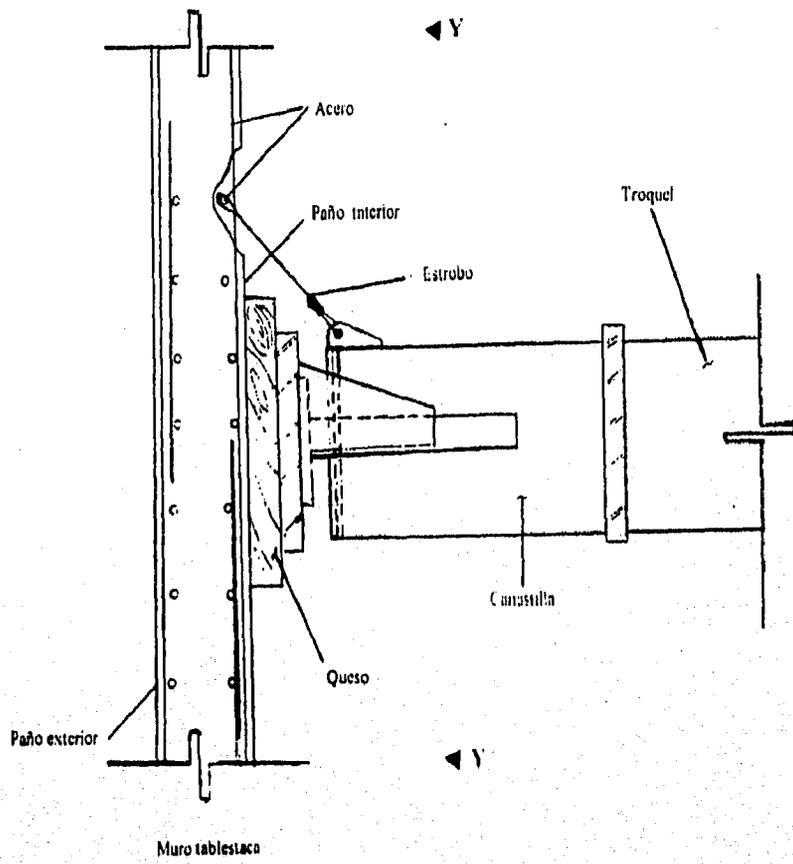
**DETALLE DE PLACA PARA TENSORES  
EN LAS CELDAS SECUNDARIAS (ELEVACION)** ACOT. EN M



**DETALLE DE APOYO DE PUNTALES  
DIAGONALES EN TABLESTACA  
(PLANTA)**



PLACA METALICA ANCLADA EN MUROS TABLESTACA  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"  
**FIGURA No. 3.1**



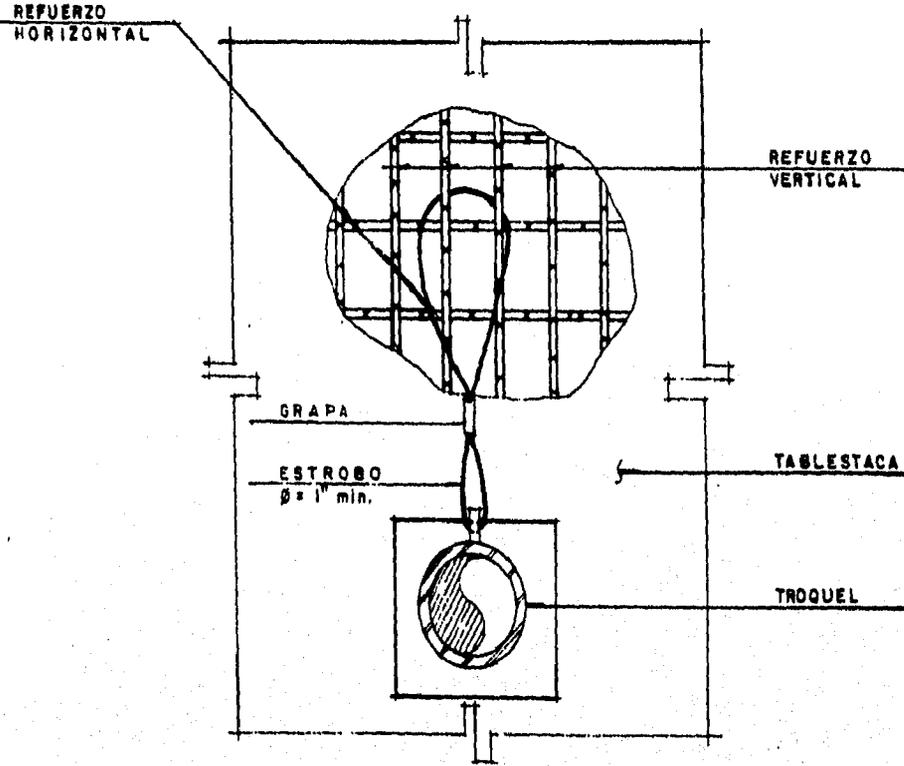
DIBUJO ESQUEMATICO

CABLES DE ACERO PARA SUJETAR EL TROQUEL ( ESTROBOS )

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

FIGURA No. 3.2

CORTE Y-Y

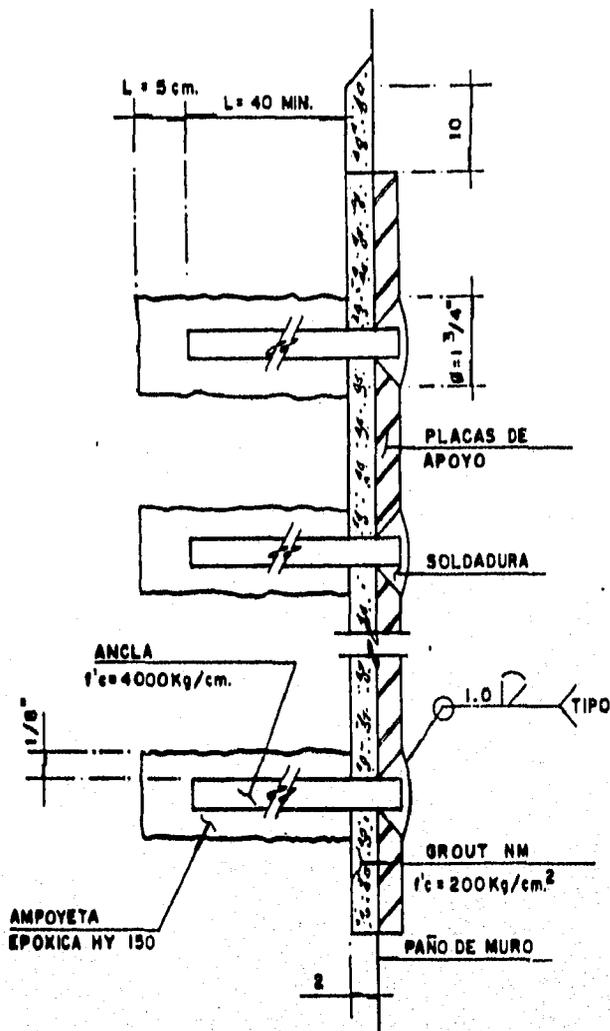


DETALLE PARA SUJETAR  
TROQUELES EN MUROS  
MILAN.

DETALLE PARA SUJETAR TROQUELES

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

FIGURA No. 3.2A

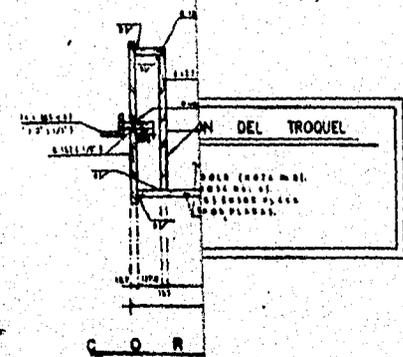
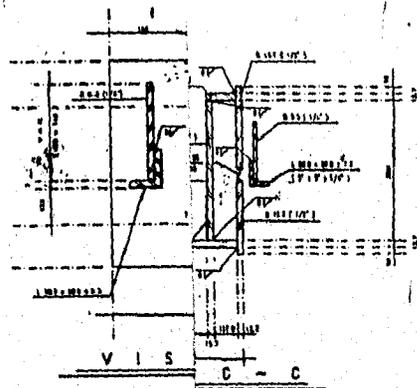
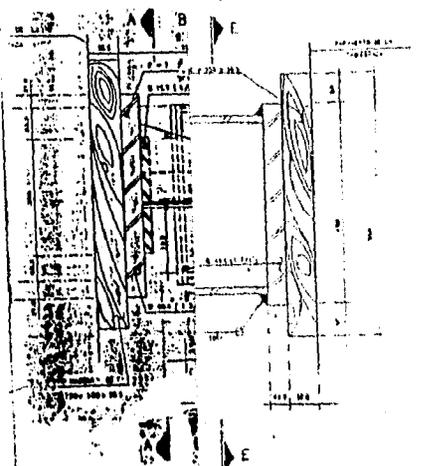


- PROCEDIMIENTO**
- 1: PRESENTAR PLACA, Y HACER LOS BARRENOS EN LA TABLESTACA.
  - 2: SOLDAR LAS ANCLAS A PLACA BASE.
  - 3: COLOCAR LA AMPOYETA HY 150 Y LUEGO COLOCAR LA PLACA BASE CON SUS ANCLAS. (H)
  - 4: COLOCAR GROUTIN ENTRE PLACA Y TABLESTACA.
- (H) VER DATOS DE HLT.

**COLOCACION DE PLACAS CUANDO NO SE DEJE PREPARACION**

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

**FIGURA No. 3.3**



**NOTAS GENERALES**

- 1 - APLICACIONES DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO
- 2 - PARA LA CONSTRUCCION DEL TUBO DE TROQUEL SE EMPLEARAN LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES:
- 3 - EL MATERIAL DE LA CONSTRUCCION SERA LA OVAL DE ACERO LA PLATA DE PROCEDES DEL METALURGICO NACIONAL, EN UNO DE LOS TIPOS DE ACERO MENCIONADOS EN ESTAS ESPECIFICACIONES. EL TUBO DE TROQUEL SERA DE ACERO MENCIONADO EN ESTAS ESPECIFICACIONES. EL TUBO DE TROQUEL SERA DE ACERO MENCIONADO EN ESTAS ESPECIFICACIONES.
- 4 - LAS DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO SE DETERMINARAN EN EL DISEÑO DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.
- 5 - LAS DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO SE DETERMINARAN EN EL DISEÑO DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.
- 6 - LAS DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO SE DETERMINARAN EN EL DISEÑO DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.

- 1 - LAS DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO SE DETERMINARAN EN EL DISEÑO DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.
  - 2 - LAS DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO SE DETERMINARAN EN EL DISEÑO DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.
- MATERIALES**
- 1 - ACERO ESTRUCTURAL A36 - METALURGICO NACIONAL
  - 2 - EL TUBO DE TROQUEL DE ACERO MENCIONADO EN ESTAS ESPECIFICACIONES

**ESPECIFICACIONES**

PARA UN CRUCE DE MATERIALS - CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO. SE EMPLEARAN LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA LINEA B EN EL CRUCE CON LA LINEA 3 EN ESTACION GUERRERO.

DESCRIPCION	UNIDAD	ESPECIFICACIONES
ACERO ESTRUCTURAL A36	TONELADA	METALURGICO NACIONAL
TUBO DE TROQUEL DE ACERO	TONELADA	METALURGICO NACIONAL
MATERIALES Y PRODUCTOS DE ACERO	TONELADA	METALURGICO NACIONAL
MATERIALES Y PRODUCTOS DE ACERO	TONELADA	METALURGICO NACIONAL

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON**

**INGENIERIA CIVIL**

**METROPOLITANO LINEA B**

**TROQUEL TUBULAR**

**DE DIAMETRO  $\phi = 16"$  CEDULA 40**

**ALUMNOS: BALTIMISTA PIMENTEL FRANCISCO RIOS ISLAS JOSE ARTURO**

**No. Plano: 94-E-001**

**NOTAS GENERALES**

1. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
2. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
3. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
4. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
5. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
6. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
7. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
8. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
9. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
10. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.

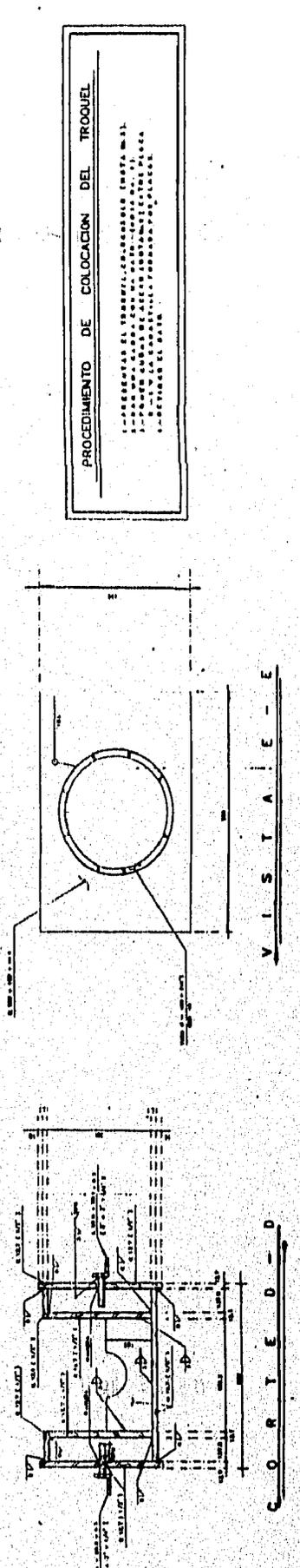
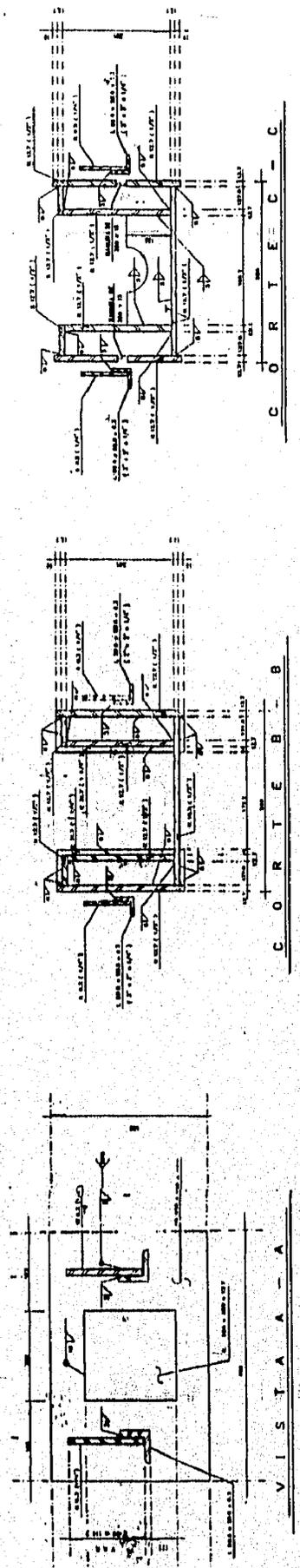
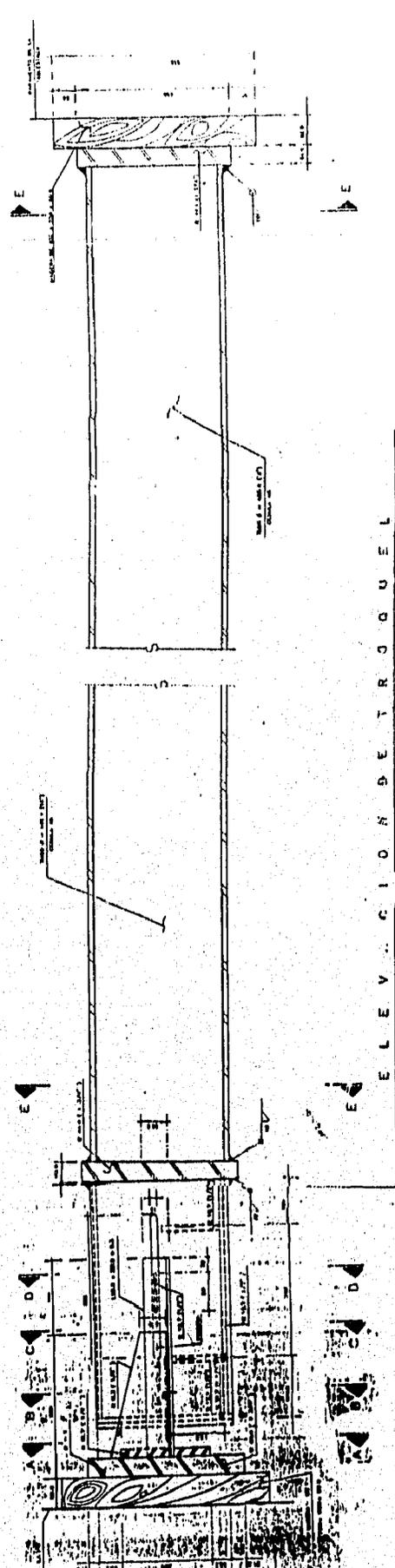
**MATERIALES**

1. Acero estructural, tipo A, de conformidad con las normas vigentes.
2. Cemento, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
3. Arena, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
4. Grava, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
5. Mortero, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
6. Hormigón, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
7. Piedra, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
8. Madera, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
9. Plomo, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.
10. Zinc, tipo I, de conformidad con las normas vigentes.

**ESPECIFICACIONES**

1. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
2. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
3. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
4. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
5. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
6. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
7. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
8. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
9. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
10. El presente proyecto ha sido elaborado en cumplimiento de las normas técnicas vigentes.

PROYECTO	ESTACION GUERRERO
FECHA	1944
PROYECTANTE	BAUTISTA PIMENTEL FRANCISCO



**PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL**

1. Preparar el terreno, asegurando la correcta alineación de los troqueles.

2. Colocar los troqueles en su posición definitiva, asegurando su nivelación.

3. Verificar la correcta colocación de los troqueles, asegurando su funcionamiento.

4. Realizar los trabajos de acabado, asegurando la correcta colocación de los troqueles.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA CIVIL

TROQUEL TUBULAR DE DIAMETRO  $\phi = 16"$  CEDULA 40

METROPOLITANO LINEA B

ALUMNOS: BAUTISTA PIMENTEL FRANCISCO RIOS ISLAS JOSE ARTURO

No. Plano: 94-E-001

**NOTAS GENERALES**

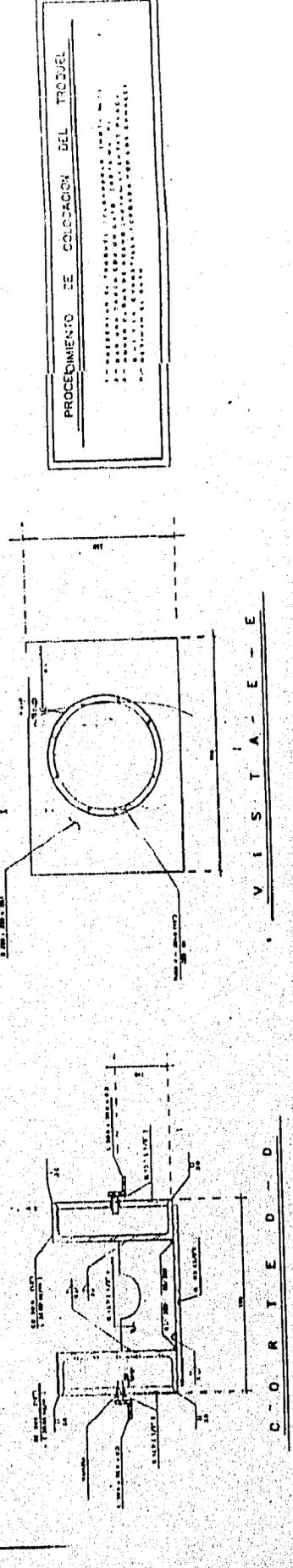
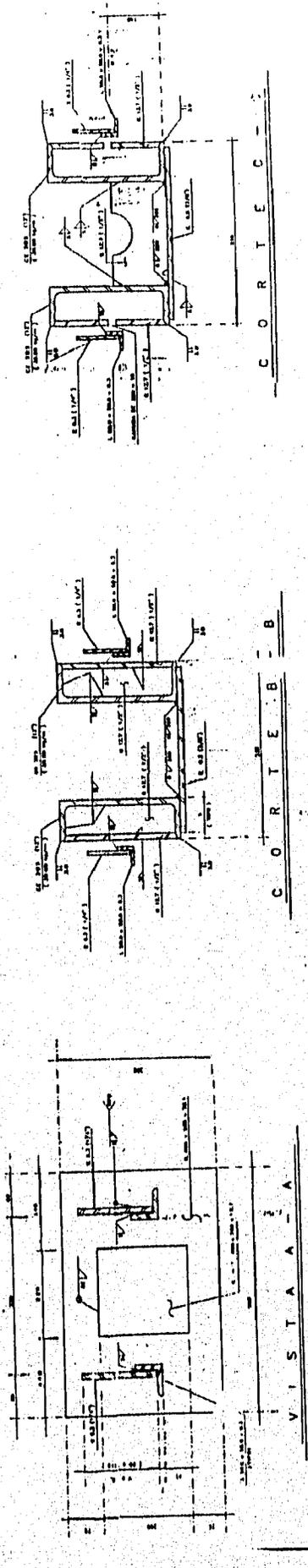
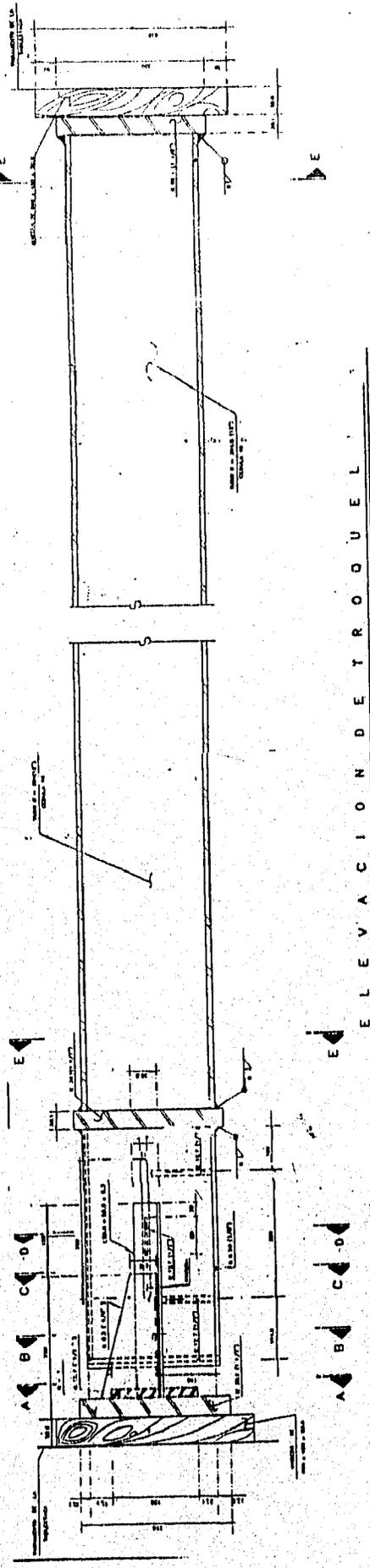
1. Este proyecto se refiere al sistema constructivo de la línea B en el cruce con la línea 3.
2. El sistema constructivo a utilizar será el de tipo "Tubo y Trinquete".
3. El tubo a utilizar será de tipo "Tubo de acero al carbono".
4. El trinquete a utilizar será de tipo "Trinquete de acero al carbono".
5. El sistema constructivo a utilizar será el de tipo "Tubo y Trinquete".
6. El tubo a utilizar será de tipo "Tubo de acero al carbono".
7. El trinquete a utilizar será de tipo "Trinquete de acero al carbono".
8. El sistema constructivo a utilizar será el de tipo "Tubo y Trinquete".
9. El tubo a utilizar será de tipo "Tubo de acero al carbono".
10. El trinquete a utilizar será de tipo "Trinquete de acero al carbono".

**MATERIALES**

ACERO AL CARBONO - SAE 1020  
 TRINQUETE DE ACERO AL CARBONO - SAE 1020  
 TUBO DE ACERO AL CARBONO - SAE 1020  
 TRINQUETE DE ACERO AL CARBONO - SAE 1020

**ESPECIFICACIONES**

1. El tubo a utilizar será de tipo "Tubo de acero al carbono".  
 2. El trinquete a utilizar será de tipo "Trinquete de acero al carbono".  
 3. El sistema constructivo a utilizar será el de tipo "Tubo y Trinquete".



**PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL**

1. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
2. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
3. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
4. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
5. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
6. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
7. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
8. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
9. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.
10. Se debe verificar el nivel del terreno en el lugar de colocación del troquel.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA CIVIL

TROQUEL TUBULAR DE DIAMETRO  $\phi = 12"$  CEDULA 40

METROPOLITANO LINEA B

ALUMNOS: BAUTISTA PINOY, FRANCISCO; REYES, AS. KRISTIANO

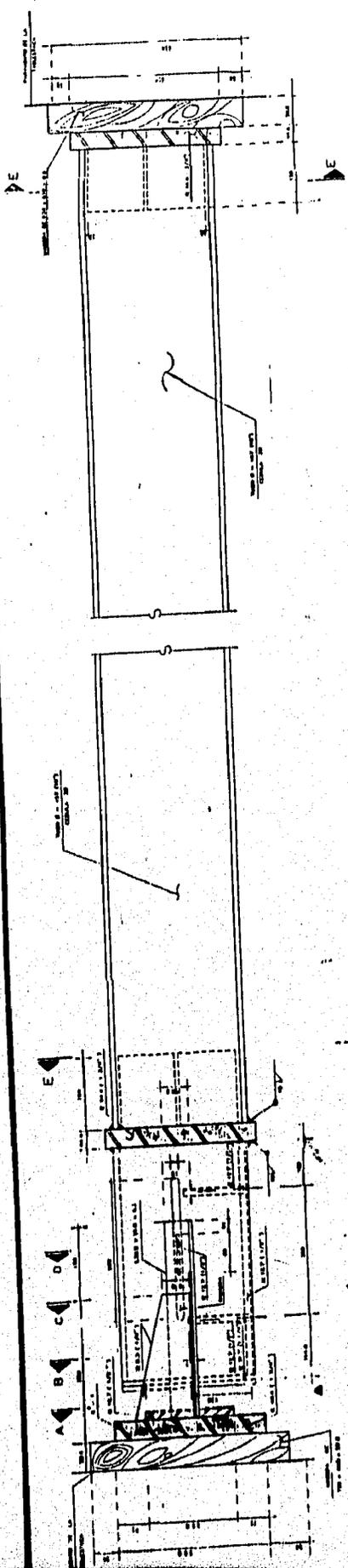
No. Plano: 54-10102

**NOTAS GENERALES**

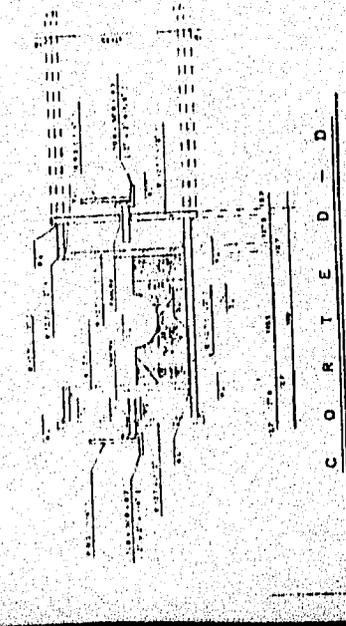
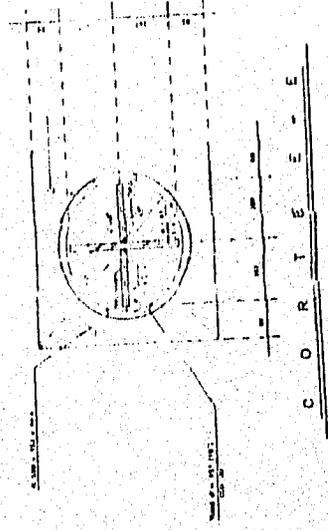
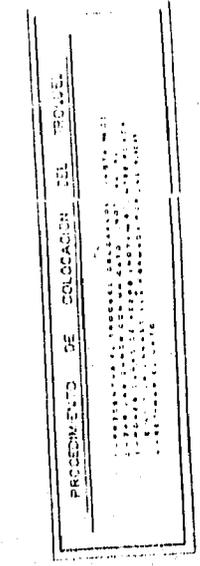
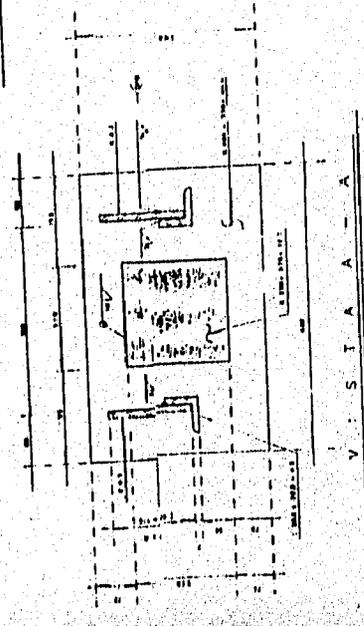
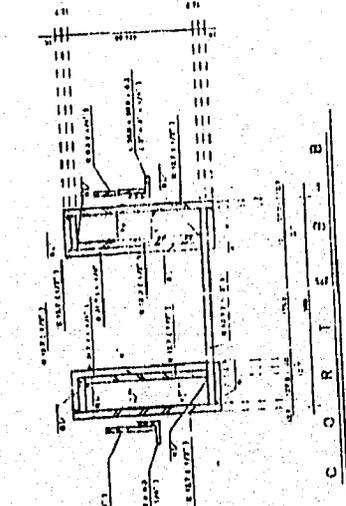
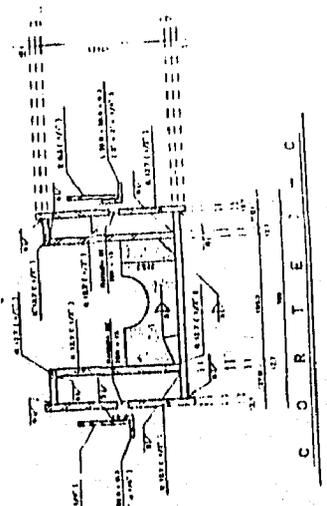
1. El presente proyecto es un estudio preliminar de una estación de metro.
2. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
3. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
4. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
5. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
6. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
7. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
8. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
9. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
10. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.

**ESPECIFICACIONES**

1. El presente proyecto es un estudio preliminar de una estación de metro.
2. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
3. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
4. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
5. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
6. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
7. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
8. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
9. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.
10. El terreno sobre el que se construye esta estación es de propiedad del Estado.



ELEVACION DE TROQUEL



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
DE LINEA B EN EL  
CRUCE CON LINEA 3  
"ESTACION GUERRERO"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
ARAGON

INGENIERIA CIVIL

TROQUEL  
TUBULAR  
DE DIAMETRO  
 $\phi = 18"$   
CEDULA 30

METROPOLITANO  
LINEA B

BATISTA PIMENTEL FRANCISCO  
RIOS ISLAS ROSE ARTURO

No. Plano: 54-E-45

**NOTAS GENERALES**

1. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  2. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  3. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  4. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  5. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  6. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  7. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  8. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  9. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
  10. ESTUDIOS DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.
- MATERIALES**
1. ACERO: ACERO AL CARBONO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
2. HIERRO: HIERRO AL CARBONO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
3. CEMENTO: CEMENTO PORTLAND, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
4. ARENILLA: ARENILLA DE RÍO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
5. AGUJAS: AGUJAS DE ACERO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
6. BARRAS: BARRAS DE ACERO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
7. TUBERÍAS: TUBERÍAS DE ACERO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
8. TUBERÍAS: TUBERÍAS DE HIERRO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
9. TUBERÍAS: TUBERÍAS DE CEMENTO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
10. TUBERÍAS: TUBERÍAS DE PLASTICO, GRUPO A, GRUPO B, GRUPO C, GRUPO D, GRUPO E, GRUPO F, GRUPO G, GRUPO H, GRUPO I, GRUPO J, GRUPO K, GRUPO L, GRUPO M, GRUPO N, GRUPO O, GRUPO P, GRUPO Q, GRUPO R, GRUPO S, GRUPO T, GRUPO U, GRUPO V, GRUPO W, GRUPO X, GRUPO Y, GRUPO Z.
- ESPECIFICACIONES**
1. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

2. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

3. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

4. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

5. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

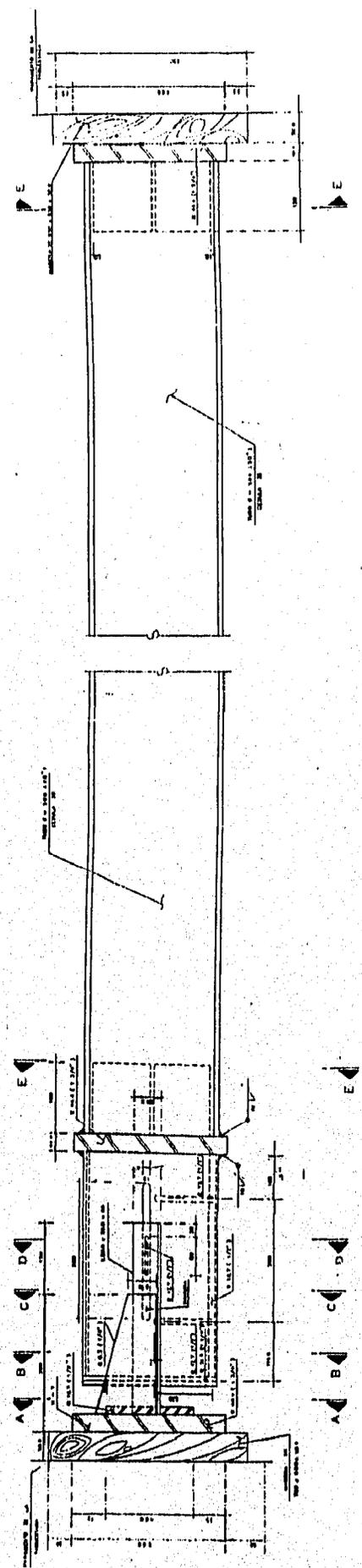
6. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

7. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

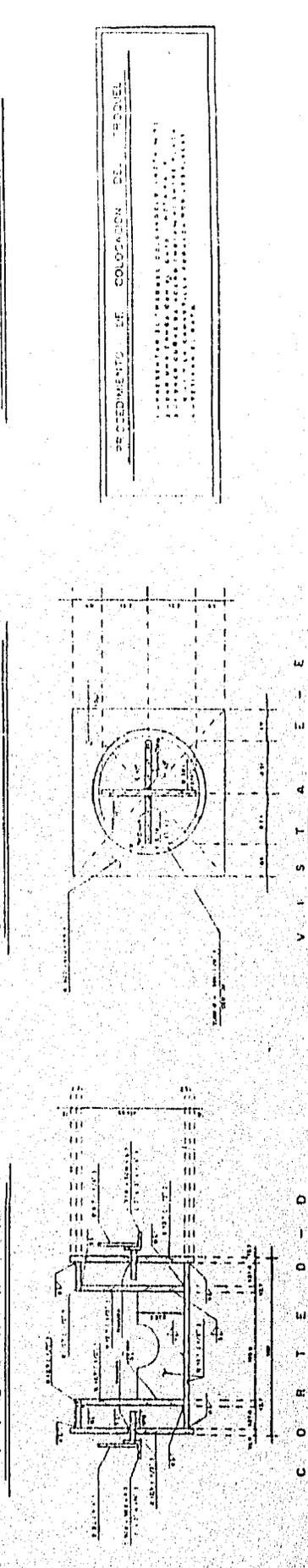
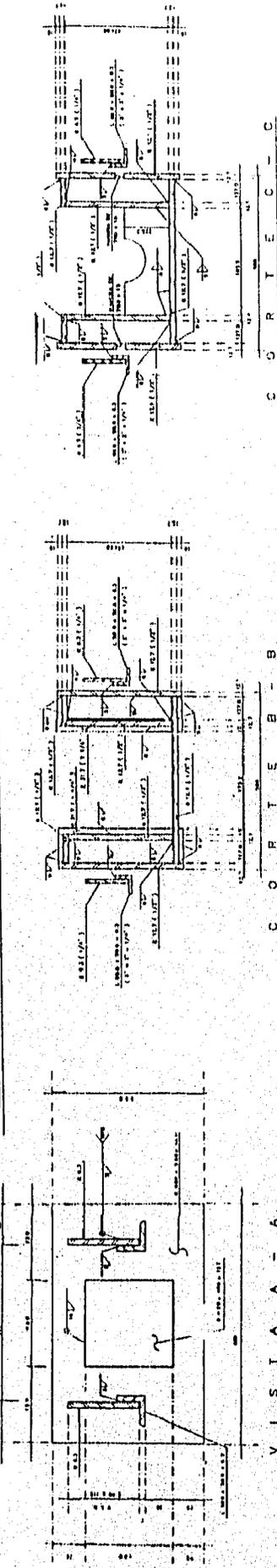
8. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

9. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.

10. EL DISEÑO DE LA OBRA DEBE SER EL RESULTADO DE UN ESTUDIO DE PRELIMINAR EN EL DISEÑO DE LA OBRA.



-E L E V A C I O N D E T R O Q U E L



PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL

1. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

2. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

3. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

4. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

5. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

6. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

7. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

8. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

9. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

10. EL TROQUEL DEBE SER COLOCADO EN EL CENTRO DE LA OBRA.

<b>PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"</b>	
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	
INGENIERIA CIVIL	
METROPOLITANO LINEA B	TROQUEL TUBULAR DE DIAMETRO $\phi = 20"$ CEDULA 30
AUT. TAVAS BAUTISTA PEREZ DE LA HERRERA BOGOTAN, UN. ART. 100	No. Plano 144144

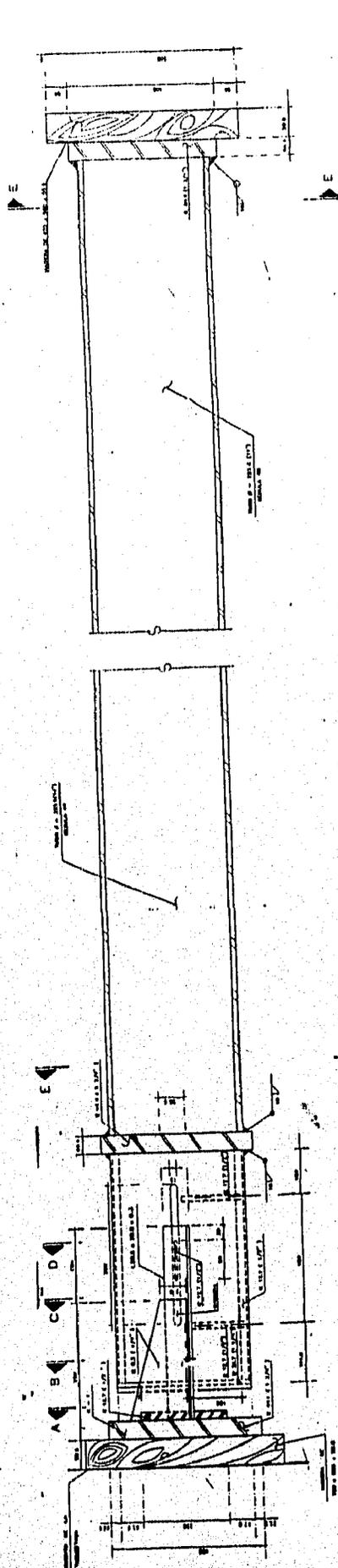
**NOTAS GENERALES**

- 1. Este proyecto de obra ha sido elaborado en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil.
- 2. El autor se reserva todos los derechos de propiedad intelectual sobre esta obra.
- 3. Este proyecto de obra no garantiza ni asegura el cumplimiento de las condiciones de uso que se indican en el mismo.
- 4. El autor no se responsabiliza de los daños o perjuicios que se ocasionen por el uso indebido de esta obra.
- 5. Este proyecto de obra no garantiza ni asegura el cumplimiento de las condiciones de uso que se indican en el mismo.
- 6. El autor no se responsabiliza de los daños o perjuicios que se ocasionen por el uso indebido de esta obra.

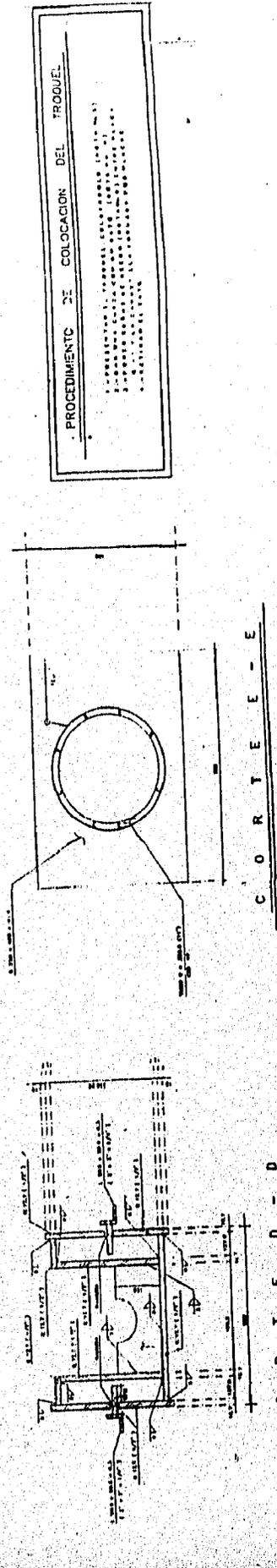
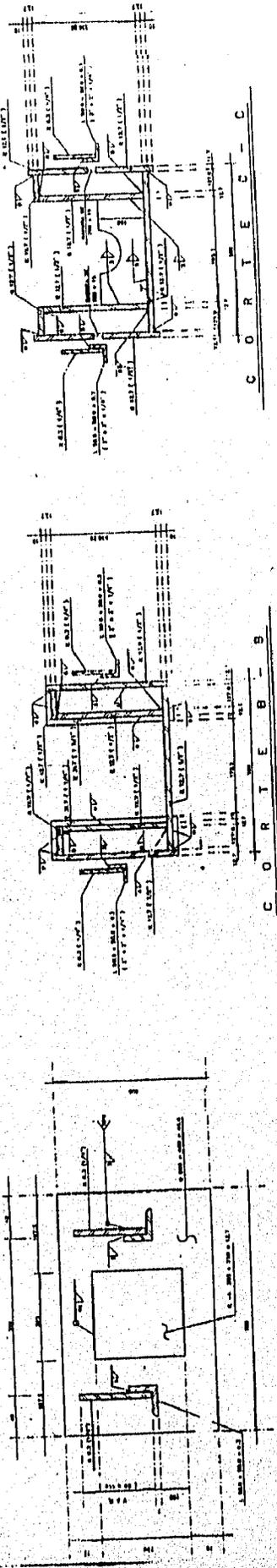
**ESPECIFICACIONES**

- 1. Los materiales que se indiquen en este proyecto de obra serán de primera calidad.
- 2. Los trabajos se ejecutarán de acuerdo con las especificaciones técnicas que se indican en el mismo.
- 3. El autor no se responsabiliza de los daños o perjuicios que se ocasionen por el uso indebido de esta obra.

PROYECTO	ESTACION GUERRERO
FECHA	1945
PROYECTISTA	BALTIMAR PIMENTEL FRANCISCO
PROYECTISTA	RUIZ ISLAS JOSE ARTURO
PROYECTISTA	
PROYECTISTA	



ELEVACION DE TROQUEL



**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA CIVIL

METROPOLITANO LINEA B

TROQUEL TUBULAR DE DIAMETRO  $\phi = 14"$  CEDULA 40

BALTIMAR PIMENTEL FRANCISCO  
RUIZ ISLAS JOSE ARTURO

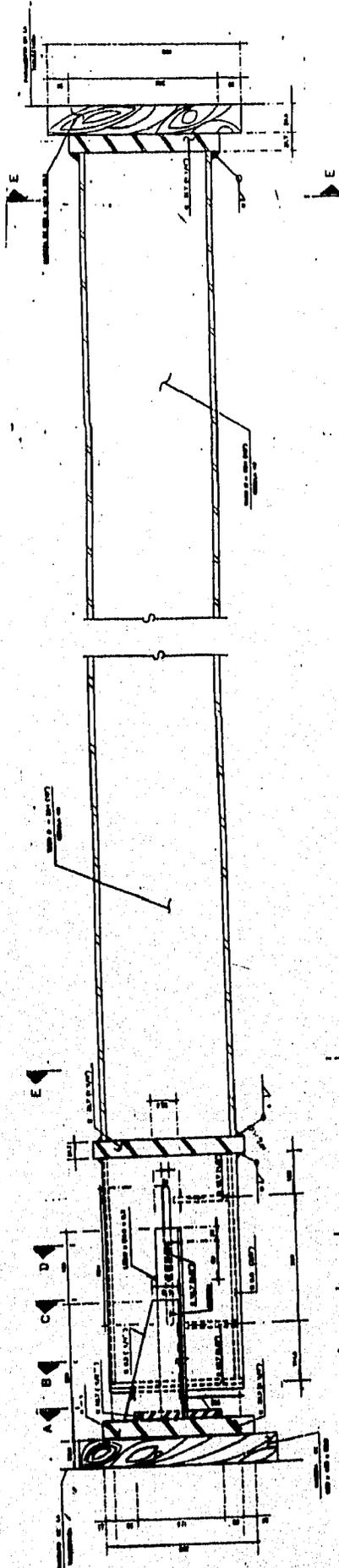
No. Plano: 94-E-105

**NOTAS GENERALES**

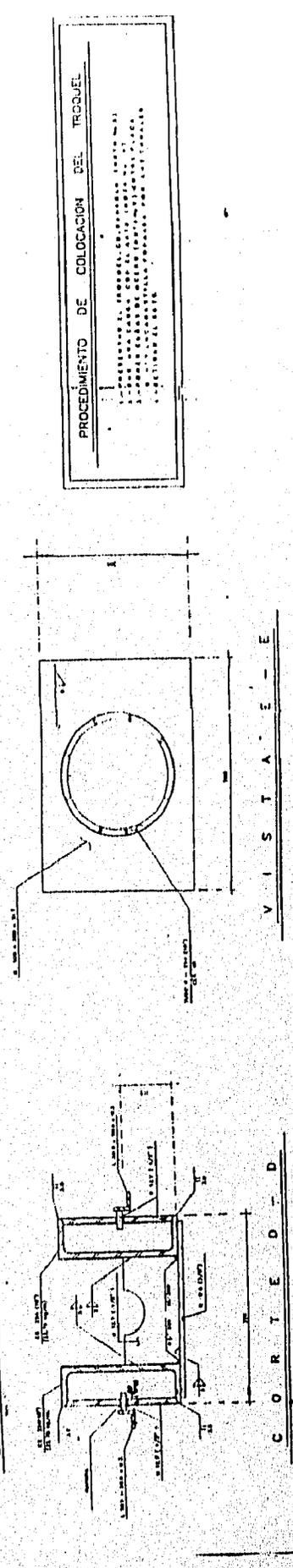
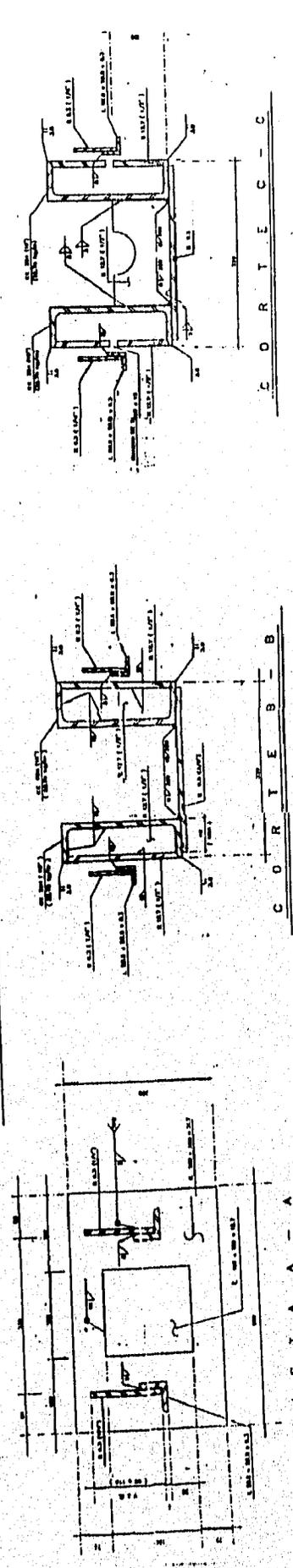
- 1.- Para la construcción de este tipo de troqueles se debe utilizar el acero inoxidable de grado 304.
- 2.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 3.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 4.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 5.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 6.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 7.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 8.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 9.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.
- 10.- El troquel debe ser construido en un taller especializado, con el fin de garantizar la precisión de sus dimensiones.

**ESPECIFICACIONES**

1.- MATERIAL	ACERO INOXIDABLE GRADO 304
2.- TOLERANCIAS	± 0.05 mm
3.- ACABADO	BRUSHED
4.- MANTENIMIENTO	REVISIÓN PERIÓDICA
5.- OTRAS	



**ELEVACION DE TROQUEL**



**PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL**

- 1.- Preparar el terreno de colocación del troquel.
- 2.- Colocar el troquel en el terreno preparado.
- 3.- Verificar la alineación y nivelación del troquel.
- 4.- Realizar los ajustes necesarios para la correcta colocación del troquel.
- 5.- Comenzar la extracción de los troqueles.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

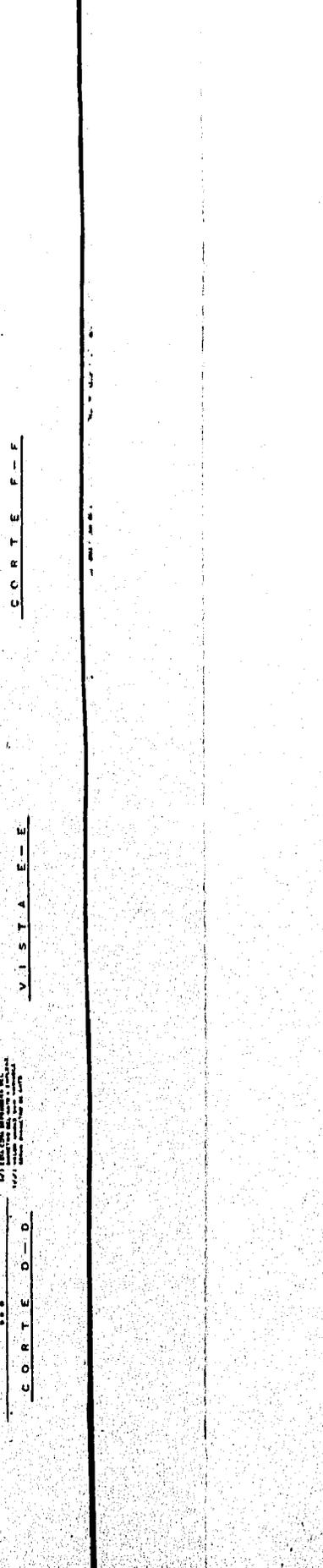
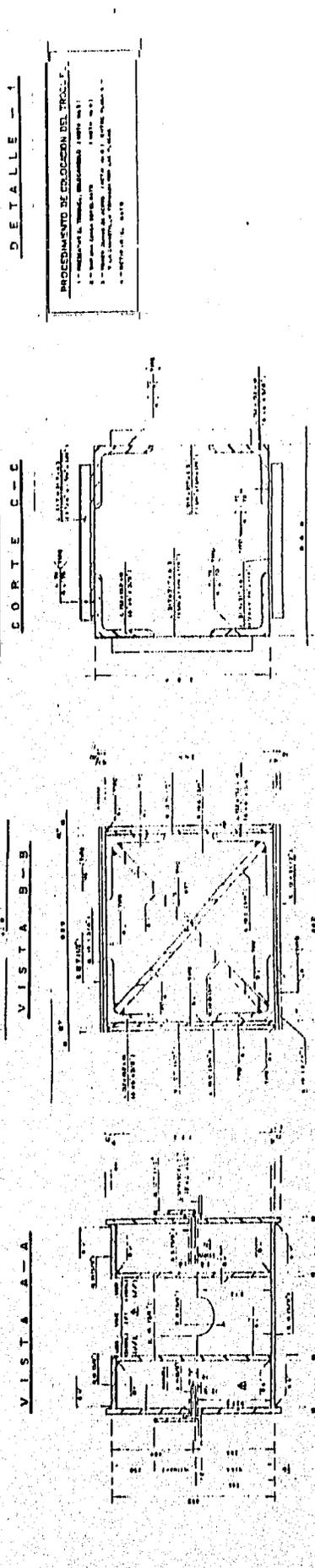
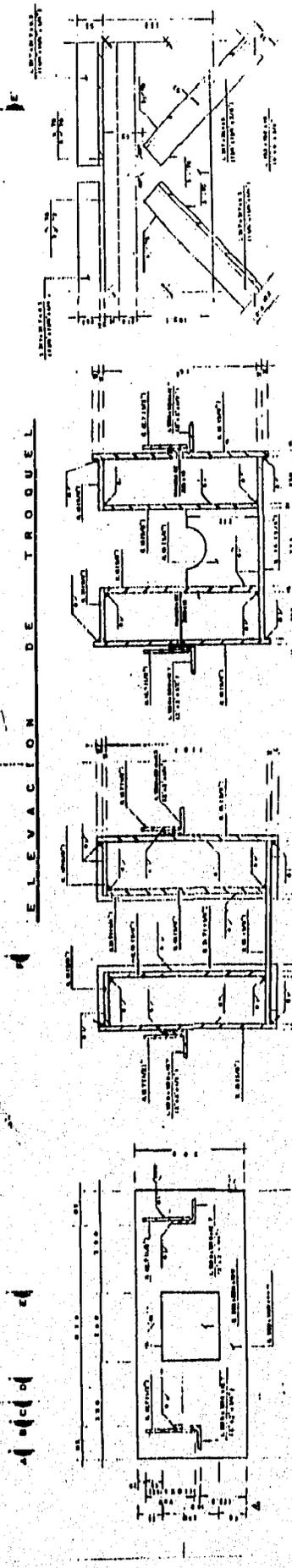
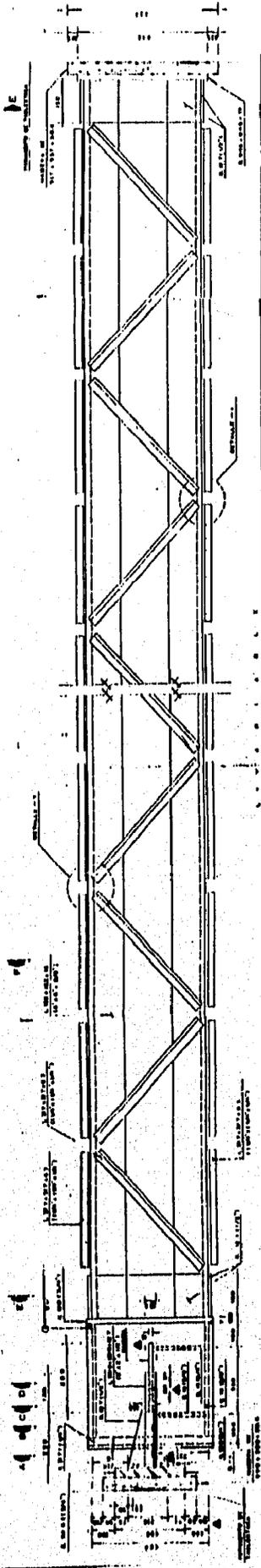
INGENIERIA CIVIL

**METROPOLITANO LINEA B**

TROQUEL TUBULAR DE DIAMETRO  $\phi = 10"$  CEDULA 40

ALUMNOS: BAPTISTAPINTELLI FRANCISCO ROS ISLAS ROSE ARTURIO

No. Plano: 94-F-1066



PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL

1. Se debe tener en cuenta el tipo de truss y el tipo de troquel a utilizar.

2. Se debe verificar el estado de los miembros de la truss antes de colocar el troquel.

3. Se debe asegurar que el troquel quede bien sujeto a los miembros de la truss.

4. Se debe verificar que el troquel no dañe a los miembros de la truss.

NOTAS GENERALES

1. Este proyecto fue elaborado en cumplimiento de las especificaciones de la Empresa de Ferrocarriles de la Provincia de Buenos Aires.

2. Se ha considerado el tipo de truss y el tipo de troquel a utilizar.

3. Se ha considerado el estado de los miembros de la truss antes de colocar el troquel.

4. Se ha considerado que el troquel quede bien sujeto a los miembros de la truss.

5. Se ha considerado que el troquel no dañe a los miembros de la truss.

6. Se ha considerado el tipo de truss y el tipo de troquel a utilizar.

7. Se ha considerado el estado de los miembros de la truss antes de colocar el troquel.

8. Se ha considerado que el troquel quede bien sujeto a los miembros de la truss.

9. Se ha considerado que el troquel no dañe a los miembros de la truss.

10. Se ha considerado el tipo de truss y el tipo de troquel a utilizar.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	INGENIERIA CIVIL	TROQUEL DE CELOSLA TIPO "B" L 6" x 5,8" (80 x 80 cm)	No Plano: 94-19107
METROPOLITANO LINEA B		ALONSO BAUTISTA PIMENTEL FRANCISCO RIOS ISLAS JOSE ARTURO		

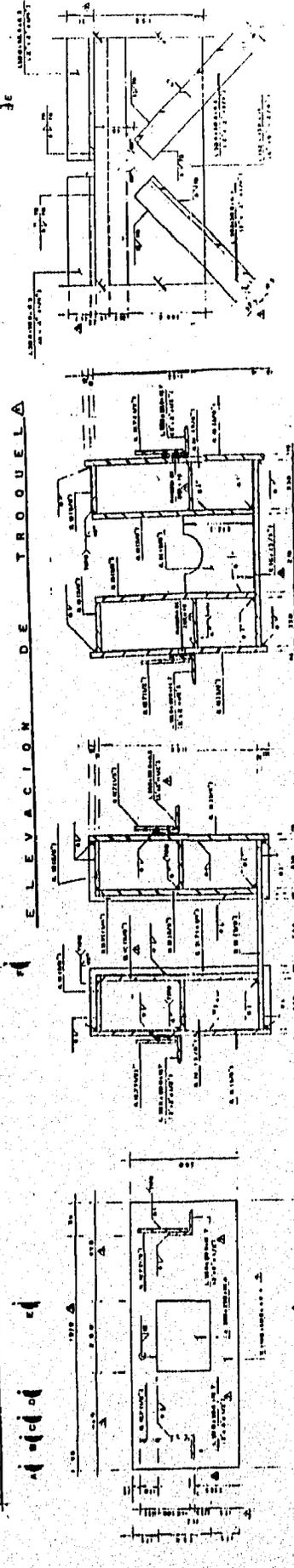
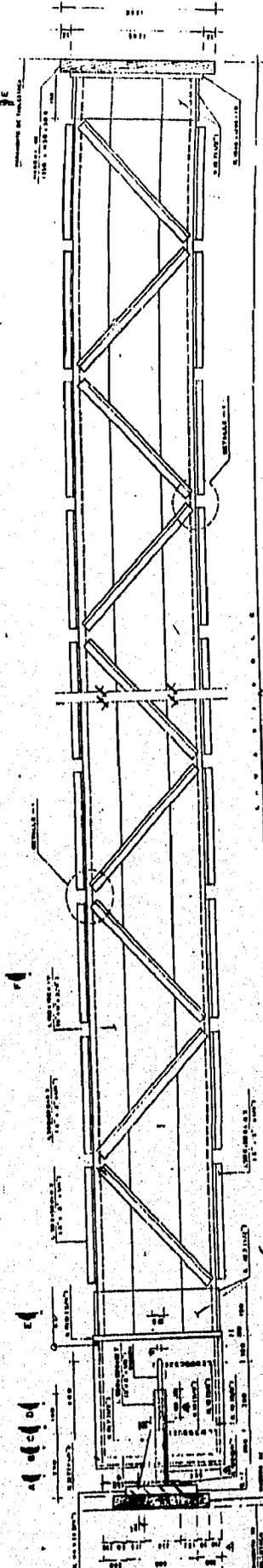
**NOTAS GENERALES**

1. Este proyecto de obra ha sido elaborado en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943.

2. El presente proyecto de obra ha sido elaborado en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943.

3. El presente proyecto de obra ha sido elaborado en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943, y en el Reglamento de Ejecución de Obras de Ingeniería Civil, aprobado por el Real Decreto de 19 de Mayo de 1943.

PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943
PROYECTO DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	FECHA: 1943

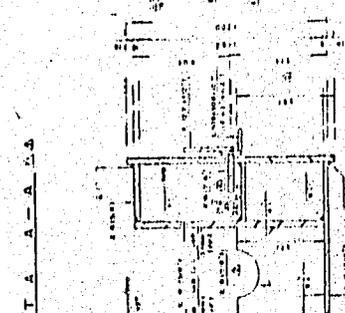
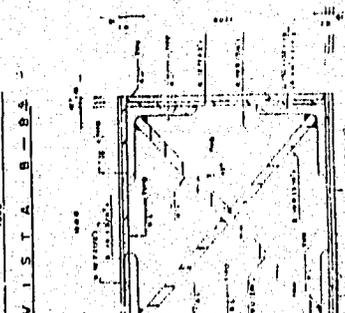
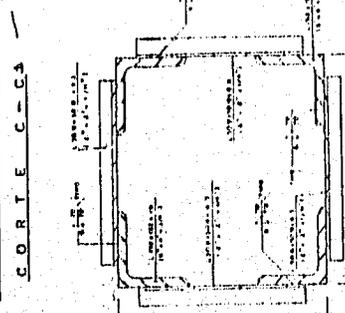
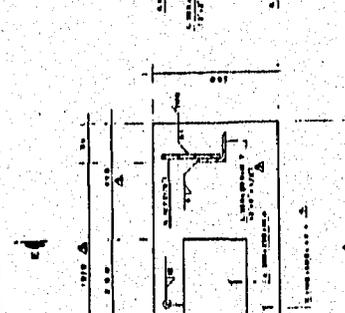
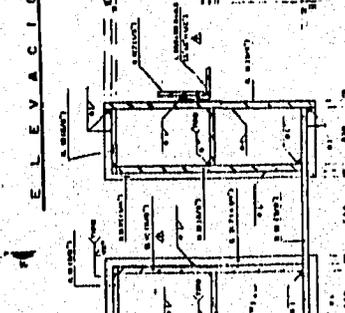
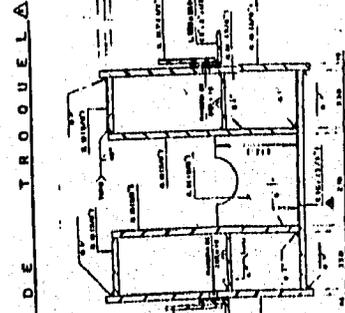


**PROCEDIMIENTO DE COLOCACION DEL TROQUEL**

1. Se colocara el troquel en su posición definitiva.

2. Se colocara el troquel en su posición definitiva.

3. Se colocara el troquel en su posición definitiva.



<b>PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"</b>
<b>ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON</b>
<b>INGENIERIA CIVIL</b>
<b>TROQUEL DE CELOSIA TIPO "C" 1' 6" x 3/4" (100 x 120 cm)</b>
<b>METROPOLITANO LINEA B</b>
ALCANTARILLO BAUTISTA PIMENTEL FRANCISCO RIOS ISLAS JOSE ANTONIO No. Plano: 94-ED/08

**NOTAS GENERALES**

1. Este proyecto de obra está sujeto a las condiciones de ejecución que se establezcan en el momento de la licitación de la obra.

2. El contratista deberá suministrar todos los materiales, mano de obra y equipos necesarios para la ejecución de la obra.

3. El contratista deberá ser responsable de la seguridad de la obra y de la protección del medio ambiente.

4. El contratista deberá cumplir con todas las normas y especificaciones técnicas vigentes.

5. El contratista deberá presentar un programa de ejecución de la obra que sea aprobado por el ingeniero responsable.

6. El contratista deberá mantener informado al ingeniero responsable de los avances de la obra.

7. El contratista deberá presentar un presupuesto detallado de los materiales y mano de obra que se utilizarán en la obra.

8. El contratista deberá presentar un plan de mantenimiento de la obra durante y después de su ejecución.

9. El contratista deberá presentar un plan de seguridad y salud de la obra.

10. El contratista deberá presentar un plan de protección del medio ambiente.

**ESPECIFICACIONES**

1. El troquel deberá ser de acero inoxidable.

2. El troquel deberá tener un espesor de 1/2" (12.7 mm).

3. El troquel deberá tener un ancho de 4'-6" (137.8 cm).

4. El troquel deberá tener un largo de 3'-4" (101.6 cm).

5. El troquel deberá tener un peso de 50 libras (22.7 kg).

6. El troquel deberá tener un diámetro de 1/2" (12.7 mm).

7. El troquel deberá tener un radio de 1/4" (6.35 mm).

8. El troquel deberá tener un ángulo de 45°.

9. El troquel deberá tener un espesor de 1/4" (6.35 mm).

10. El troquel deberá tener un ancho de 1/2" (12.7 mm).

**MATERIALES**

1. Acero inoxidable.

2. Hierro.

3. Cemento.

4. Arena.

5. Grava.

6. Piedra.

7. Mortero.

8. Pintura.

9. Aceite.

10. Otros materiales necesarios para la ejecución de la obra.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	Acero inoxidable	100	LIBRAS
2	Hierro	200	LIBRAS
3	Cemento	500	LIBRAS
4	Arena	1000	LIBRAS
5	Grava	2000	LIBRAS
6	Piedra	500	LIBRAS
7	Mortero	100	LIBRAS
8	Pintura	10	LIBRAS
9	Aceite	5	LIBRAS
10	Otros materiales	100	LIBRAS

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LINEA B EN EL CRUCE CON LINEA 3 "ESTACION GUERRERO"**

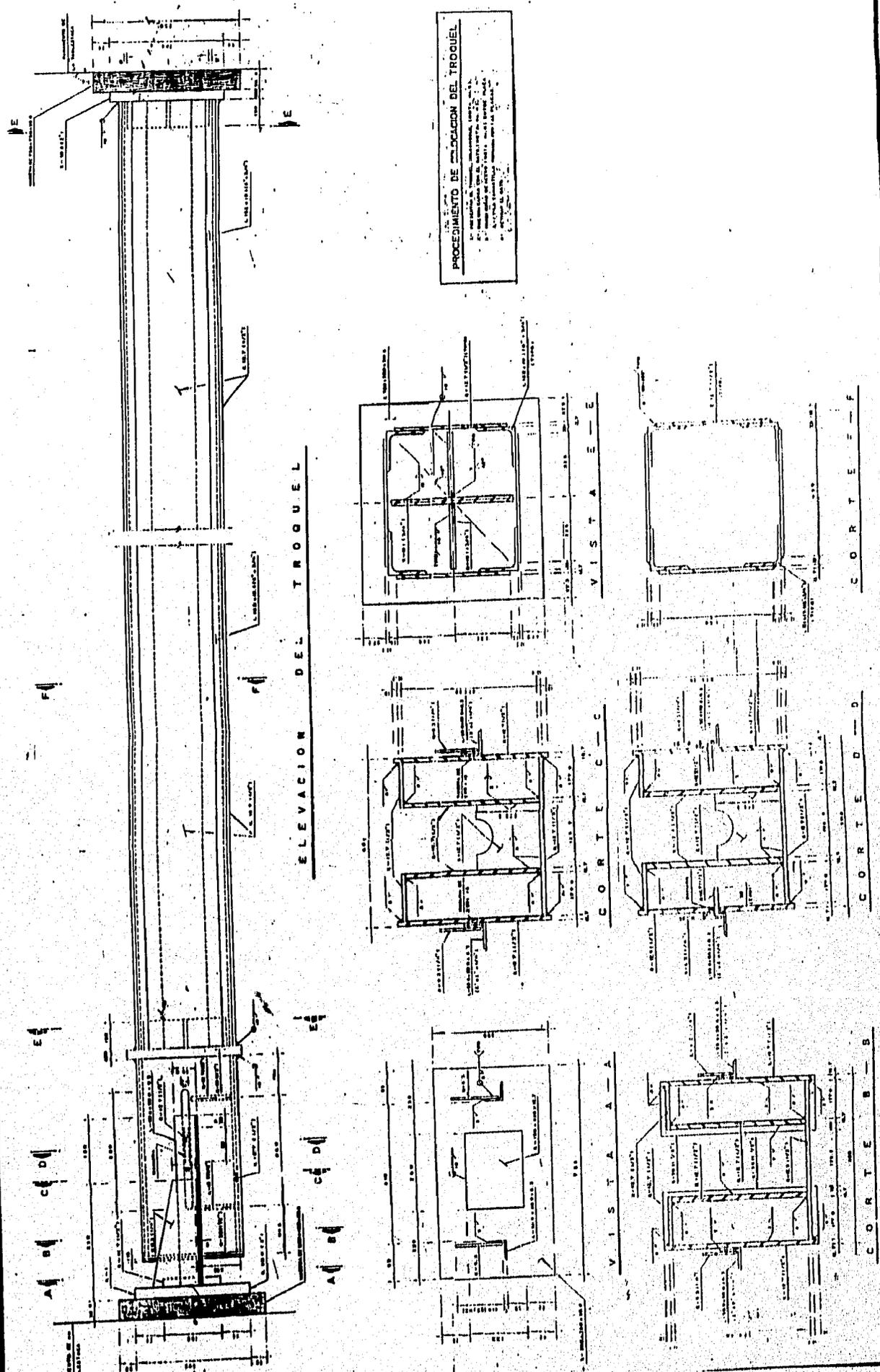
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA CIVIL

**TROQUEL SECCION CAJON**  
4'-6" x 3'-4"  
CON 4 P 1/2"  
(50 x 50cm)

ALUMNOS: BAUTISTA PINHENTEL FRANCISCO ROS ISLAS ROSE ARTURO

No. Plano: 94-E-009



**PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DEL TROQUEL**

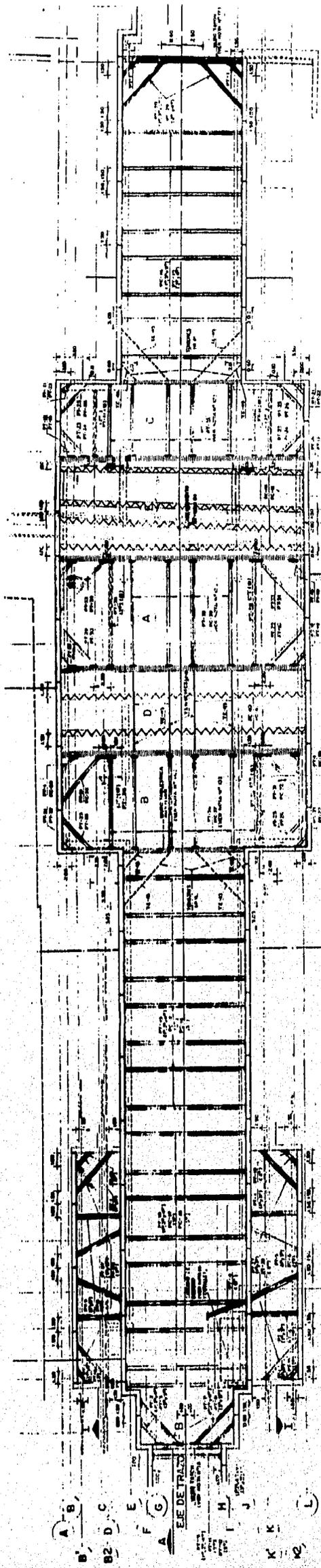
1. Se debe preparar el terreno en el lugar de la obra.

2. Se debe construir el cimiento del troquel.

3. Se debe construir el troquel.

4. Se debe probar el troquel.

5. Se debe utilizar el troquel para la ejecución de la obra.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
DE LINEA B EN EL  
CRUCE CON LINEA 3  
"ESTACION GUERRERO"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES  
ARAGON

INGENIERIA CIVIL

PLANTA DE  
APUNTAMIENTO  
ESTACION  
GUERRERO

ALZADOS  
BAUTISTA PIMENTEL FRANCISCO  
RIKIS ISLAS JOSE ARTURO

No. Plano: 04-10110

HEROES

NOTA: LAS COTAS SON EN M.  
DE LA LINEA DE CERO

NOTA: LAS COTAS SON EN M.  
DE LA LINEA DE CERO

A B  
B' C  
D E  
F G  
A  
EJE DE TRAZO  
H  
J  
K  
L

## **CAPITULO 4**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL CAJON DEL METRO  
DE LINEA B Y AREAS ALEDAÑAS**

Los trabajos en esta zona de cruce será condición necesaria haber concluido con la construcción y estructuración del cajón de Línea B lado poniente y la cabecera de la Estación Guerrero en el oriente, las cuales se describen en los procesos constructivos particulares.

#### Conceptos generales.

Se presentan 5 procesos para la construcción del cruce y áreas aledañas citadas.

1. Proceso constructivo del cajón de línea B perteneciente al tramo Garibaldi-Guerrero, en las zonas inmediatas al cruce.
2. Proceso constructivo de la pasarela de cambio de andén para la estación Guerrero de línea 3.
3. Procedimiento constructivo de vestíbulos de Línea 3.
4. Proceso constructivo de accesos.
5. Excavación y construcción de los cruces del tramo y la pasarela de correspondencia bajo la línea 3 en operación.

#### 4.1 Procedimiento constructivo del cajón del Metro de la Línea B en las áreas aledañas al cruce con la línea 3.

Para construir el cajón de Línea B bajo la Línea 3 se tendrán que afectar las subestaciones existentes de la Estación Guerrero de Línea 3, será necesario que se reubiquen de manera previa a cualquier actividad, los nuevos locales de subestación.

#### Capítulo 4 - 132

Después de reubicar las subestaciones, y restituir su funcionamiento se iniciará la excavación del cajón de la Línea B, en sus zonas aledañas al cruce, esto en zonas 1 y parte superficial de la zona 2 ver figura 4.1, aplicando los siguientes lineamientos:

1. Previo a cualquier trabajo deberán construirse los muros tablestaca de toda la zona a excavar hasta el nivel indicado en el proyecto estructural.

Así mismo deberán estar contruidos los muros tapan chaparros que confinarán el suelo bajo la Línea 3, Ver figura 4.2. Los muros tablestaca de la zona sur del cajón de la Línea B se rematarán hasta el mismo nivel que los del nivel vestibulo, con la finalidad de excavar y estructurar primero el cajón de Línea B junto con los vestibulos adyacentes a las escaleras de acceso ( etapas 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y zona superficial de 2B ).

La parte superior de los muros chaparros indicados en la figura 4.2, una vez contruidas, se rellenará con grava cementada hasta la superficie del terreno.

Será necesario que los muros auxiliares que se ubicarán sobre la estación existente, se construyan al final con objeto de evitar pérdidas de lodo durante el proceso de excavación.

2. Posterior a la construcción de todos los muros tablestaca de la zona, se iniciará el bombeo, con la finalidad de abatir el nivel freático y mantener la zona estanca.

Durante esta primera excavación se pondrán en funcionamiento todas las pozas de la zona par excavar. ( Ver inciso 4.7.1 de éste capítulo ).

3. La excavación se realizará en etapas de 3.00 m de avance y del ancho del cajón de la Línea B, con la secuencia que se indica en la figura 4.2. Inicialmente se excavará el cajón de Línea B dejando un firme de 3 cm de espesor de concreto simple en la zona de las

rampas de la pasarela de cambio del andén ( etapas 2B ), las cuales se excavarán posteriormente.

El talud de la zona profunda presentará una inclinación 1:1 ( horizontal a vertical ) y con una berma como se indica en la figura 4.8.

La ubicación, elevación y tipo de puntales podrá observarse en las plantas de apuntalamiento de las figuras 4.3 y 4.4 así como en las cortes W-W, X-X, Y-Y, Z-Z de las figuras 4.5 a 4.9.

La longitud de puntales se indica en la tabla anexa a este capítulo. ( Ver tablas 1, 2 y 3).

La excavación iniciará a partir del nivel de terreno natural y se detendrá 30 cm abajo de cada elevación de puntales para proceder a su colocación. Durante la excavación se demolerán los muros tapón ubicados en los extremos oriente y poniente del cajón de línea B (Estación Guerrero y tramo Guerrero-Garibaldi), utilizados para confinar los trabajos del área en cuestión.

Durante la excavación se colocarán los puntales " pato de gollo " que apoyarán el muro tapón que confino el suelo bajo la línea 3.

Descubierta la zona de vestíbulos correspondiente al nivel de piso terminado 23.24 m, previa a la colocación del tercer nivel de puntales, se realizará el colado de la plantilla de 1.0 m de espesor, ver corte Y-Y ( fig. 4.6 ), esto sin excavar la zona de rampas de la pasarela cambio de andén.

El tercer nivel de puntales en la zona contigua a las rampas de la pasarela de cambio de andén, podrá colocarse inmediatamente después de colar el firme de concreto.

El proceso de apuntalamiento y excavación continuará; una vez colocados los cinco niveles de puntales descubiertos con la excavación de la primera etapa, se excavará hasta la

#### Capítulo 4 - 134

profundidad requerida para colar la plantilla de 30 cm de espesor, provista con aditivo acelerante de fraguado.

Cinco horas después de iniciar el fraguado del último colado de la plantilla se suspenderá el bombeo, recortando las ademes de los pozos de bombeo y sellondalos de acuerdo a la especificación general ( Ver subcapítulo 2.6 de este trabajo), así mismo se iniciará el armado y colado de la losa de fondo de la etapa en construcción, la cual se colará junta con los muñones o tramos de muros de 1.0 m de altura medida a partir del tope de colado de la losa.

En las zonas extremas de la losa de fondo, donde se hincarán los tubos para el cruce bajo el cajón existente, se construirán trincheras a mayor profundidad, con la finalidad de ademar la altura total de la pared lateral del cruce.

Cuarenta y ocho horas después de colado la losa de fondo se retirará el quinto nivel de puntales e iniciará el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales hasta 30 cm abajo del cuarto nivel de puntales.

En las juntas de colado entre muñon y muro estructural se colocará un material expansivo de sellado ( Tipo super-stop ó similar ) fijandolo a los muñones mediante la colocación de abrazaderas atornilladas, colocadas a cada 2.0 m de separación entre si.

Setenta y dos horas después de colar el muro estructural se colocará un puntal de sustitución en el nivel 18.60 m y se retirará el cuarto nivel de puntales para continuar el colado del muro estructural hasta 30 cm abajo del tercer nivel de puntales. Durante el colado del muro se dejarán las preparaciones para colocar las pèrgolas indicadas en el proyecto estructural.

#### Capítulo 4 - 135

Setenta y dos horas después de colar el muro estructural se colocarán las pérgolas, se retirará el puntal de sustitución del nivel 18.60 m y se colocará en el nivel 21.80 m ; así mismo se retirará el tercer nivel de puntales y se colará el muro estructural faltante hasta el nivel indicado para colocar las tabletas. En cada etapa de excavación se seguirán los pasos indicados anteriormente hasta tener totalmente excavado las áreas aledañas al cruce.

El puntal ubicado en el nivel 21.80 m se retirará hasta que se hayan colocado las tabletas y colado el firme de compresión en las mismas.

Colocadas las tabletas, se colará el firme de compresión en las mismas, uniéndolo a la losa de fondo faltante en el nivel 23.24 m y junto con el tramo de losa ubicado sobre las rampas de la pasarela de cambio de andén.

Veinticuatro horas después de colar el firme de compresión se realizará la construcción de muros estructurales, columnas y trabes del nivel vestibulo de acuerdo al proyecto estructural.

La excavación para la construcción de la pasarela de cambio de andén se podrá iniciar veinticuatro horas después de colar el firme de compresión de todo el cajón de Línea B.

Durante la construcción del cajón de la Línea B se llevará un tren de trabajo o de estructuración de acuerdo con lo siguiente:

- No se realizará una cuarta etapa si en las dos primeras no se han colado los muros estructurales.
- No se excavará una segunda etapa, si en la inmediata anterior no se ha colado la plantilla y la losa de fondo.

#### Capítulo 4 - 136

Para estructurar la zona de vestíbulos y retirar el 1º y 2º nivel de puntales, será necesario que previamente se excave y estructure la pasarela de cambio de andén. ( Ver inciso 4.2)

Una vez estructurada la pasarela de cambio de andén, colando los muros estructurales hasta 30 cm abajo del nivel 23.94 m se retirará el segundo nivel de puntales.

Retirado el segundo nivel de puntales, se estructurarán muros hasta el nivel correspondiente para colar la losa de techo.

Para poder retirar el primer nivel de puntales que interfiere con la construcción de la losa de techo, se colocará un puntal de sustitución en el nivel 26.30 m así mismo será necesario que se realice la excavación de 3.0 m de altura con un talud 0.5:1 en el perímetro de los muros apuntalados ( Norte y Sur ) con objeto de poder estructurar la zona sin el empuje correspondiente, ver cortes X-X, Y-Y, y Z-Z. ( Ver fig. 4.5, 4.6 y 4.7 ).

El puntal de sustitución se retirará setenta y dos horas después de colada la losa de techo de toda la zona excavada, incluyendo pasarela de cambio de andén y vestíbulo sobre el cajón de Línea B.

Cuando el concreto alcance el 80% de su resistencia se podrá iniciar la colocación de lastres y una vez que la losa haya alcanzado su resistencia de proyecto se colocará el relleno.

La excavación de las etapas 3A y 3B se iniciará cuando el concreto de la losa de techo en las zonas I y II alcance la resistencia de proyecto.

#### 4.2 Procedimiento constructivo de la pasarela cambio de andén.

El procedimiento constructivo de la pasarela de cambio de andén será similar al indicado para el cajón de Línea B, tomando en consideración que tanto la rampa Sur como la Norte se excavarán en una sola etapa. Ver fig. 4.2.

Las pozas que tengan influencia en las rampas de la pasarela permanecerán bombeando hasta que se termine la construcción de la plantilla de cada cajón de la pasarela.

La excavación iniciará a partir del nivel de vestibulo demoliendo el firme colocado en la etapa anterior y deteniéndose 30 cm abajo de cada nivel de puntales para proceder a su colocación hasta alcanzar la máxima profundidad de excavación en donde se colara la plantilla de 10 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado.

Cabe mencionar que en la losa de piso en la zona norte alrededor al cruce se construirá una trincherera con la finalidad de permitir el hincado con tubos en toda la pared lateral como se verá en los procesos constructivos de los cruces.

Tres horas después de que inicie el fraguado del último colado de la plantilla, se eliminarán los pozos de bombeo y se sellarán de acuerdo a la especificación del sub capítulo 2.6, así mismo se iniciará la construcción de la losa de fondo.

La rampa poniente de la pasarela se excavará con taludes conformándola de acuerdo con el esquema del corte Z-Z ( figura 4.7 ), realizando en primer lugar el sobregalibo necesario para recibir los tubos del ademe. Después de construir la plantilla, losa de fondo con trincherera y el muro del sobregalibo, se colocará el armado para colar la rampa de la escalera.

#### Capítulo 4 - 138

Las puntales ubicados en los niveles 20.20 y 19.10 m serán sustituidos setenta y dos horas después de colar la losa de fondo en preparaciones que se dejarán durante el colado de la losa, ver cortes W-W y Z-Z en figuras 4.7 y 4.8.

Retirado este último puntal, se iniciará la construcción de muros estructurales hasta 30 cm abajo del nivel 21.74 m; setenta y dos horas después se colocará el puntal de sustitución en el nivel 21.24 y se continuará la construcción del muro hasta 30 cm abajo del nivel 24.74 m uniendo el muro o la losa del nivel 23.24 m.

El proceso de construcción de vestíbulos y retiro de puntales a partir del nivel 24.74 m se indicará en el inciso 4.3.

Setenta y dos horas después de colar los muros estructurales de la zona de rampas se procederá a construir la losa de entripiso de dicho área, dejando un hueco (alcancia) para el rezago del material del cruce bajo la línea 3.

Durante el colado del muro estructural se dejarán las preparaciones para colocar las pérgolas que soportarán las losas de las pasarelas hacia los accesos.

La conformación de la rampa de la pasarela de cambio de andén en las zonas donde se dejó sobregalibo vertical temporal para el hincado de tubos, se realizará una vez concluida la estructuración del cruce bajo la línea 3.

Durante el colado de muros estructurales se construirán las traveses portantes que soportarán la carga del cajón existente.

#### 4.3 Procedimiento constructivo de vestíbulos.

Posteriormente a la construcción del cajón profundo de Línea B y cajón de la pasarela de correspondencia, se realizará la excavación de los vestíbulos adyacentes a la estación, demoliendo durante esta actividad la parte superior de las muras que dividieron estas zonas con el cajón antes citado. así mismo se demolerá la estructura existente indicado en el proyecto y necesaria para la nueva estructuración del andén.

Previo a la excavación de esta zona deberán construirse los muros tablestaca, de acuerdo a lo indicado en el sub capítulo 4.10.

El abatimiento del nivel freático se realizará conforme a lo señalado en el inciso 4.7 y subcapítulo 2.6 generados por separado.

La excavación se realizará en dos etapas 3A y 3B, iniciando por la zona a demoler de la línea 3, de tal manera que se coloquen preparaciones en la lasa de fondo para el apoyo de puntales.

La excavación iniciará a partir del nivel de terreno natural retirando el relleno sobre el cajón existente y demoliendo la estructura indicada en el proyecto estructural. Así mismo se demolerá el muro tablestaca utilizando para confinar la excavación del cajón de línea B.

Durante la excavación se retirarán los puntales de sustitución colocados en el nivel 26.30 m.

El talud tendrá una inclinación 1:1 ( horizontal y vertical ) como se indica en el corte V-V, de la figura 4.9.

#### Capítulo 4 - 140

Eliminada la estructura existente se procederá a colar una plantilla de 10 cm de espesor con un aditivo acelerante de fraguado y tres horas después se realizará el colado de la losa de fondo uniendo el armado nuevo al existente y dejando la preparación para el apoyo de puntales.

Veinticuatro horas después de colar la losa de fondo se iniciará la construcción de columnas y trabes.

Setenta y dos horas después de colar las trabes se construirá la losa de techo de la zona excavada, sin retirar la cimbra de las trabes, la cual se retirará hasta que el concreto tenga la resistencia de proyecto.

Setenta y dos horas después de colar la losa de piso de las etapas 3A, se podrá iniciar la excavación de las etapas 3B.

La excavación se detendrá 30 cm abajo de cada nivel de puntales para proceder a su aplicación. Los puntales se apoyarán sobre la losa de piso de la etapa 3A. Ver fig 4.3 y 4.9.

Alcanzando el máximo nivel de excavación del vestíbulo se detendrá temporalmente la excavación para proceder a construir la plantilla y posteriormente la losa de fondo del nivel vestíbulo, la cual se unirá con la losa de techo del cajón de Línea B.

Veinticuatro horas después de colado la losa de vestíbulo se retirará el segundo nivel de puntales y se iniciará la construcción de muros estructurales, columnas y trabes.

Una vez que las trabes y muros del nivel vestíbulo tengan su resistencia de proyecto, se procederá a sustituir el puntal del primer nivel en el 28.04 m y se colará la losa de techo de todo el vestíbulo.

#### Capítulo 4 - 141

Los puntales de sustitución se retirarán setenta y dos horas después de colada la losa de techo en el vestíbulo.

El relleno sobre la losa de techo del vestíbulo se colocará cuando éste último tenga la resistencia de proyecto.

#### 4.4 Procedimiento constructivo de accesos.

El procedimiento constructivo de los accesos a la Estación Guerrero de Línea 3, se realizará posteriormente a la construcción de vestíbulos.

La excavación se realizará entre muros y taludes con inclinación 0.25:1 (horizontal a vertical) en etapas de 5.00 m de longitud, iniciando por la zona adyacente al cajón del vestíbulo y demoliendo el muro que interfiere con la rampa.

Los escurrimientos que se presenten durante la excavación se controlarán mediante bombeo de achique desde un sistema provisional excavada en la zona profunda de la rampa.

El apuntalamiento se indica en la planta de la figura No. 4.3 y en el corte de la figura No. 4.6.

La losa de fondo de los accesos se colará una vez alcanzada la máxima profundidad de la zona y tres horas después de colada la plantilla de 10 cm de espesor provista de aditivo acelerante de fraguado.

El segundo nivel de puntales se retirará veinticuatro horas después de colar la losa de fondo.

Setenta y dos horas después de colar la losa de fondo se iniciará el colado del muro estructural hasta 30 cm abajo del primer nivel de puntales; setenta y dos horas después de colarlo, se retirará el primer nivel de puntales y se construirá el remate del muro de acuerdo con el proyecto estructural.

#### 4.5 Procedimiento constructivo del cajón de Línea B y pasarela de cambio de andén bajo la Línea 3 en operación.

Para iniciar los trabajos abajo del cruce de Línea 3 del Metro en operación será condición necesaria haber concluido la construcción de las zonas adyacentes indicadas en los procesos constructivos I y II.

En primer lugar se realizará la excavación del cruce de la línea B bajo la Línea 3 y una vez terminado éste, se realizará el cruce de la pasarela de cambio de andén, ver fig. 4.10.

Los procesos constructivos del cruce de Línea B y pasarela de cambio de andén bajo la Línea 3 tendrán las siguientes fases:

- A.- Hincado de los tubos que conforman el ademe lateral durante la excavación.
- B.- Inyección de consolidación del suelo bajo la Línea 3.
- C.- Excavación, apuntalamiento y estructuración del cruce.

##### *A.- Hincado de los tubos que conforman el ademe lateral durante la excavación.*

1. Previo a cualquier trabajo del cruce, se procederá a la colocación de la estructura metálica que formará parte del sistema de ademe lateral, consistente en tubos

metálicos, para ello se ranurarán lateralmente los muros tapón en un espacio suficiente para el paso de los tubos, estos se muestran en la figura 4.10.

Durante este ranurado se deberá demoler también la pata del muro tablestaca estructural del cajón de la Línea 3.

Cabe aclarar que la demolición antes citada deberá realizarse en ambos muros tapón de cada cruce ( oriente y poniente ), para la entrada y salida de los tubos.

Se procederá entonces al hincado de los tubos horizontales, en tres tramos de igual longitud, los cuales deberán soldarse entre sí para atravesar de lado a lado la zona del cruce, ver figuras 4.11 y 4.12. Para llevar a cabo este hincado será necesario una fuerza, la cual deberá proporcionarse mediante gatos hidráulicos, debiéndose colocar por lo tanto las estructuras temporales para la reacción de los gatos, así como para la guía de estos tubos, durante el hincado se deberán utilizar cuñas constituidas por placas metálicas, vigas de madera o cilindros de concreto para acercar el gato. Otra opción para el hincado consiste en hincar los tubos mediante un martinete y reaccionando hacia las zonas laterales del cruce.

Los detalles estructurales de la soldadura de dichos tubos, así como de las estructuras necesarias para la guía y reacción para el hincado de los mismos, deberán consultarse en los planos del contratista y después de la revisión del proyecto correspondiente.

2.- Posteriormente al hincado de la totalidad de los tubos horizontales en cada cruce, ver figuras 4.11 y 4.12, se procederá a efectuar la inyección de consolidación para mejoramiento de las propiedades del suelo, tal como se indica a continuación:

#### Capítulo 4 - 144

##### *B.- Inyección de consolidación del suelo bajo la línea 3.*

Las inyecciones de consolidación de la masa del suelo se efectuarán con el propósito de mejorar la resistencia del suelo y por lo tanto la estabilidad, excavando con taludes casi verticales y soportando la carga del cajón existente.

1.- Los lineamientos que se señalan a continuación son aplicables en la zona de cruce de Línea B con la Línea 3 correspondiente al tramo Guerrero-Garibaldi, así como en el cruce de la pasarela de cambio de andén.

2. Si algún obstáculo impide la realización de uno o más barrenos en los sitios indicados en las figuras 4.13 y 4.14 éstos se reubicarán a una distancia no mayor de 0.5 m con respecto a la posición indicada en las figuras anteriores, o bien, podrán hacerse inclinados, pero se deberá tener cuidado que en la nueva trayectoria no penetre el cajón de la Línea 3.

3. La inyección de cada barrena, deberá efectuarse en progresiones, la longitud de cada progresión se define en párrafos posteriores. El sentido de avance de las progresiones será inverso al de perforación, es decir, la inyección se iniciará a partir de la profundidad máxima del barreno y se hará llegar hasta la boquilla del mismo. Dicho proceso de inyección se efectuará a partir de la mitad del cruce, ver figuras 4.13, 4.15 y 4.16.

4. Para ejecutar los procedimientos constructivos del cruce de Línea B y la pasarela de cambio de andén bajo la Línea 3, es condición necesaria que previamente se hayan efectuado los trabajos de inyección, esto es por lo menos 48 horas antes de que el frente de excavación pase por la zona tratada.

5. El proceso aquí descrito se llevará a cabo en todo el volumen de suelo por excavar, en ambos cruces, cajón y pasarela.

#### Capítulo 4 - 145

6. Será condición necesario para realizar la inyección de consolidación, haber concluido con el hincado de los tubos metálicos que forman parte del sistema de contención de las paredes de la futura excavación, de acuerdo con lo indicado en los párrafos anteriores.

#### PROCEDIMIENTO DE INYECCIÓN.

La inyección se efectuará siguiendo los lineamientos que se describen a continuación:

a) Durante la construcción de los muros "tapón" adyacentes a la Línea 3 del Metro, correspondientes al cajón y pasarela de cambio de andén, se deberán dejar en ellos las preparaciones necesarias para la futura inyección, en los sitios señalados en las figuras 4.14, 4.15 y 4.16, de tal manera que se pueda realizar la barrenación del suelo y su posterior inyección a través de los citados muros. Estas preparaciones consistirán en dejar segmentos de tubo de PVC de 4" de diámetro, rellenos con papel húmedo.

b) Se colocará una escueta debidamente anclada al muro "tapón" en cada uno de los sitios donde se efectuarán los barrenos.

c) Para llevar a cabo la inyección de consolidación, se efectuarán perforaciones horizontales ( barrenos ) en el terreno, de 3" de diámetro con la longitud y distribución indicadas en las figuras 4.14, 4.15 y 4.16, a partir del sitio donde se ubiquen los muros "tapón".

Para garantizar la estabilidad de los barrenos, estos podrán ademarse con ademe metálico, enseguida se procederá a instalar el tubo de inyección (tubo de manguitos).

d) En cada uno de los barrenos se efectuarán tres fases de inyección: La primera fase corresponderá a la inyección de vaina, la cual se hará en progresiones de 1.0 m de longitud cada una, iniciándose desde la profundidad máxima del barreno correspondiente. La segunda fase corresponderá al tratamiento de inyección la cual se efectuará en progresiones de 0.50 m de longitud cada una. La tercera fase será la inyección de bloqueo, que se ejecutará en progresiones de 0.50 m de longitud cada una.

El sentido de avance de las progresiones será a partir de la máxima profundidad del barreno, la cual se indica en las figuras 4.15 y 4.16.

e) Con el fin de conocer la presión de inyección en cada uno de las progresiones, deberán instalarse manómetros en la entrada de cada barreno.

f) Cuarenta y ocho horas después de inyectado el último barreno de ambas frentes, se podrá llevar a cabo el procedimiento constructivo para el cruce de la Línea B y pasarelo de cambio de andén bajo la Línea 3 del Metro, correspondiente al tramo Guerrero-Garibaldi.

#### FASES Y PRESIONES DE INYECCION

A continuación se describe el procedimiento para llevar a cabo la inyección de consolidación, así como las presiones que se deberán aplicar en cada uno de ellas.

##### 1a. Fase: Inyección de vaina

Tiene por objeto fijar el tubo de inyección al terreno, lo cual se realizará con una mezcla estable de cemento-agua ( c/o ) cuya relación será de 0.33, con el 20 % de bentonita ( en peso del cemento ). Esta inyección se efectuará con una bomba neumática o eléctrica.

2a. Fase: Tratamiento de inyección.

Se inyectará una lechada de cemento-agua-bentonita con un proporcionamiento tal que la relación cemento-agua (c/a) sea de 0.57, añadiéndole el 8% de bentonita ( en peso del cemento ) para estabilizar la mezcla. Esta lechada deberá contener un acelerante de fraguado tipo SIKA o similar en proporción del 3% con relación al peso del cemento. El cemento a utilizar será TIPO I.

La presión de inyección para romper la vaina será de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ , si han transcurrido no más de siete días, la cual se aplicará de manera rápida, suspendiéndola inmediatamente.

La segunda fase de inyección se efectuará en un tiempo no mayor de siete días a partir del momento en que se haya concluido la primera fase.

3a. Fase: Inyección de bloqueo.

En esta fase se inyectará una lechada de cemento-agua-bentonita con una proporción cemento agua (c/a) de 0.30, añadiéndole 5.0% de bentonita (en peso del cemento) para estabilizar la mezcla.

En esta fase se deberá agregar un aditivo acelerante de fraguado similar y en la proporción que se indica para la segunda fase.

Las presiones de inyección que se utilizará en la segunda y tercera fase para cada uno de las progresiones, de acuerdo con la elevación a la que se ubique el barreno, serán las siguientes:

TABLA "A"	
(Inyecciones del cruce de la Línea B)	
Nivel de Barrenos	Presión de Inyección (kg/cm <sup>2</sup> )
Primer Nivel	0.75
Segundo Nivel	0.95
Tercer Nivel	1.15

TABLA "B"	
(Inyecciones en la pasarela de cambio de andén)	
Nivel de Barrenos	Presión de Inyección (kg/cm <sup>2</sup> )
Primer Nivel	0.90
Segundo Nivel	1.10

La secuencia de niveles señaladas comienza con el nivel de barrenos más somero y es creciente con la profundidad. El orden de ejecución de los barrenos será de acuerdo con dicha secuencia, es decir, iniciará con los del primer nivel y concluirá con los del tercero.

Los volúmenes máximos por inyectar en cada progresión serán los siguientes:

	Cruce Linea B- Linea 3	Cruce Pasarela
FASE	VOLUMEN m <sup>3</sup>	VOLUMEN m <sup>3</sup>
2a. Fase	2.50	2.50
3a. Fase	1.60	1.60

Después de inyectar cualquier fase, se deberá reperforar y lavar el tubo de inyección.

La inyección de cada progresión y cada fase se considerará concluido cuando se inyecten los volúmenes especificadas cuidando de no rebasar las presiones antes indicadas. Sólo en el caso de que se presenten dificultades para lograr dichas volúmenes, las presiones de inyección podrán incrementarse con un máximo de un 10%.

Cabe aclarar que en caso de introducir los volúmenes indicadas sin haber alcanzado la presión especificada correspondiente, se procederá a inyectar un volumen máxima adicional de 0.5 m<sup>3</sup> ; sin rebasar las presiones establecidas en las tablas "A" y "B" antes señaladas.

*C. - Excavación, Apuntalamiento y Estructuración del cruce .*

Una vez terminada la inyección de consolidación se realizará la colocación del marco de apoyo para las tubas horizontales, cuya geometría y detalles será necesario consultar en planos estructurales correspondientes, así como en las figuras 4.10 y 4.11 para verificar su ubicación.

#### Capítulo 4 - 150

La excavación, ademado y construcción de las secciones del cajón que cruzarán bajo la estructura de la Línea 3, se realizarán por etapas, una vez que se hayan concluido, la construcción de las zonas adyacentes, así como los trabajos previos antes citados, y de acuerdo con lo indicado a continuación:

##### 1a. Etapa.

Se procederá a realizar la demolición del muro tapón y la pata de la tablestaca correspondiente al cajón de la Línea 3. Esta demolición se efectuará en todo su ancho, retirando durante esta actividad los puntales colocados hacia la losa de fondo (ver Fig. 4.3 y 4.5). Se deberá ir formando en el frente de excavación un talud que una vez terminadas dicha demolición y excavación, tenga una inclinación de 0.25:1 (horizontal a vertical) tal como se muestra en figuras 4.18 y 4.19.

Descubierta la trabe portante que soportó los muros del cajón existente colada durante la construcción de las zonas aledañas se colocarán puntales verticales apoyados hacia la losa de piso ya construida. ver figuras 4.20 y 4.21.

##### 2a. Etapa.

Una vez demolido el muro tapón, la "pata" de la tablestaca del cajón de línea 3 y colocadas los puntales verticales, se procederá a realizar la primera etapa de excavación y estructuración. La secuencia de las etapas se indica en las figuras 4.18 y 4.19. Esta primera etapa tendrá como máximo una longitud de 2.50 m. (Ver figuras 4.18 y 4.19).

Durante esta actividad, y una vez que la excavación vaya descubriendo los tubos horizontales hincados, se deberá colocar una viga madrina fijada a los tubos sobre lo que se

apoyarán los puntales horizontales que soportarán el empuje lateral del suelo. Ver fig. 4.20 y 4.21.

Cuando se alcance la profundidad máxima de excavación en la longitud de la etapa se procederá de inmediato al colado de una plantilla de 30 y 10 cm de espesor en toda la etapa del cajón de Línea B y pasarela de correspondencia respectivamente, constituida por concreto simple con un aditivo acelerante de fraguado.

### 3a. Etapa.

Tres horas después de colado la plantilla se efectuará el armado y colado de la losa de piso hasta 50 cm del pie del talud, dejando en este espacio las preparaciones necesarias para su posterior liga estructural con la losa de la etapa siguiente, esta actividad se deberá llevar a cabo en dos horas como máxima.

Cabe mencionar que el colado de la losa de piso se realizará simultáneamente con un muñon de 1.00 m de altura con la finalidad de dejar la junta de colado en esta zona del muro evitando con ello filtraciones.

### 4a. Etapa.

Veinticuatro horas después de terminado el colado de la losa de piso se procederá al armado, cimbrado y colado de los muros estructurales, hasta el lecho inferior de la losa de piso del cajón de la Línea 3 del Metro, aclarando que no se realizará ningún tipo de liga estructural entre ambos elementos. Esta actividad no deberá realizarse en más de 48 horas.

5a. Etapa.

Veinticuatro horas después de colados los muros estructurales se procederá al armado y colado de losa de techo, lo cual se realizará mediante concreto lanzado con las propiedades indicadas en el subcapítulo 4.8

Para la fijación del acero de refuerzo de la losa de techo se colocarán grapas hacia el acero de la losa de piso del cajón existente de acuerdo a los detalles estructurales.

Setenta y dos horas después de colada la losa de techo se colocarán puntales verticales que soportarán la carga del cajón de Línea 3 apoyados en las lasas ya construidas. Así mismo se colocarán puntales horizontales entre los muros ya colados que sustituyan a los apoyados en las vigas modrina. La ubicación de los puntales verticales será 60 cm del paño de la losa colada. Ver figura 4.22.

6a. Etapa.

Una vez establecidos los puntales horizontales y verticales se procederá a realizar la segunda etapa de excavación de 2.50 m de longitud, siguiendo el proceso descrito en las etapas 2a a la 5a.

7a. Etapa.

De manera similar, se realizará la excavación de las 5 etapas del cruce de la pasarela de cambio de andén.

Durante la excavación de la última etapa del cruce de dicha pasarela, cabe aclarar que se deberá demoler el muro tablestaca-tapan colindante con la Estación Guerrero de la

Línea B. Así mismo se colocarán los puntales verticales que soportarán la trabe portante que apoya el cajón de Línea 3.

#### 8a. Etapa.

Finalmente se realizará la unión de los muros estructurales del cajón de la zona de cruce con los de las zonas adyacentes, cuyos detalles deberán verificarse en los planos estructurales correspondientes.

Cuando el concreto de la sección cajón incluyendo losas y muros alcance su resistencia de proyecto, se procederá a retirar los marcos metálicos de apoyo y la parte exterior de los tubos horizontales, para lo cual deberán cortarse, así mismo se retiran los puntales colocados durante el proceso constructivo, cabe aclarar que el tramo restante de los tubos de las paredes extremas quedará perdido al momento de calar contra ellos los muros estructurales de la sección.

Este proceso constructivo será aplicable al cruce de Línea B y pasarela de correspondencia bajo la estructura existente de Línea 3.

#### 4.6 Notas importantes.

1.- Las filtraciones que se presenten durante la excavación de las etapas de estructuración bajo el cajón de la Línea 3, se deberán controlar mediante un bombeo de achique, para lo cual se realizarán zanjas de 0.30 x 0.30 m localizadas en el perímetro de la excavación, las cuales reconocerán hacia cárcamos ubicados en las esquinas de la misma de donde se extraerá el agua por medio de bombas autocebantes de gasolina o eléctricas, las

#### Capítulo 4 - 154

zanjas antes citadas estarán rellenas de grava limpia. Con lo anterior se deberá garantizar que en todo momento la excavación permanezca estanca.

2. Cabe aclarar que las concretos utilizados para la construcción del cajón de Metro bajo la Línea 3 deberán elaborarse con cemento TIPO III (RR), o bien contar con aditivos acelerantes de fraguada. Estas especificaciones, así como su resistencia se deberán consultar en el proyecto estructural correspondiente.

3. Para detalles de armado de losas y muros, así como de toda la estructura metálica a utilizar durante este proceso constructivo del cruce se deberán consultar los planos estructurales correspondientes.

4. En caso de que se presenten filtraciones en muros tablaestaca durante la construcción del cajón, éstas deberán sellarse antes de la construcción de dicho cajón.

#### 4.7 Abatimiento del nivel de aguas freáticas.

Antes y durante las excavaciones para la construcción de la estructura del cajón del Metro, será necesario abatir el nivel de aguas freáticas, con el fin de controlar las fuerzas de filtración, reduciendo las expansiones en el fondo de la excavación y mantener estanca ésta última.

Para realizar el abatimiento del agua freática, se instalarán pozos de bombeo de acuerdo a las recomendaciones que se indican a continuación:

#### 4.7.1 Localización y profundidad de los pozos de bombeo.

La localización de los pozos de bombeo se muestra en la figura 4.23.

La profundidad de desplante de cada pozo será la correspondiente a 1.50 m por abajo del nivel máxima de excavación en el sitio donde quede instalado.

#### 4.7.2 Perforación y ademe de los pozos de bombeo.

Los pozos se perforarán con broca de aletas o escalonada, por ningún motivo deberá utilizarse bentonita o lodo estabilizador en la perforación del pozo.

Antes de colocar el ademe y el filtro a cada pozo, la perforación se deberá lavar perfectamente utilizando agua limpio o presión.

El diámetro de la perforación, colocación y ranurado del ademe, colocación del filtro y colocación de las bombas se realizará conforme a lo descrito en el subcapítulo 2.6.

#### 4.7.3 Gasto de agua por bombear.

El gasto de agua a extraer en cada pozo se deberá ajustar a lo que a continuación se indica:

1. Se extraerá un gasto del orden de 5.5 litros/minuto/pozo.
2. El tipo de bomba a utilizar será a base de puntos eyectoras de diámetro y presiones de operación que garanticen la extracción del volumen indicado.
3. El nivel de succión y el dinámico de las bombas, se ubicarán 0.50 m arriba del nivel de desplante, de cada pozo.

#### 4.7.4 Tiempo, longitud y suspensión de las zonas de bombeo.

Para iniciar la excavación de una determinada etapa, es condición necesaria que exista un tiempo previo de bombeo de 1 día ( 24 horas ), en cada pozo contenido en ella más los pozos localizados en el cuerpo del talud mismo y en todos aquellos localizados a una distancia de 10.0 m contados a partir del hombro del talud de avance de dicha etapa, entendiéndose como hombro del talud a la intersección del talud con el terreno natural.

El bombeo se suspenderá en cada pozo una vez colada la plantilla correspondiente, retirando el ademe de todos y cada uno de los pozos durante este colado.

Los ademes de los pozos de bombeo que quedarán alojados en la plantilla después de suspender el bombeo, se deberán rellenar desde su nivel de desplante hasta el tope de colado de la plantilla, con un mortero cuya relación arena-cemento será 3:1 en peso del cemento, provisto con aditivo estabilizador de volumen.

Previo al bombeo, el contratista deberá someter a consideración del representante de la obra, los instrumentos que se utilizarán para llevar a cabo el control de éste.

#### 4.7.5 Notas.

1. No se podrá iniciar el bombeo hasta que no se tengan construidos todos los muros tablestaca del trasondén.

2. No se podrá iniciar ninguna etapa de excavación si no se ha cumplido con el tiempo de bombeo previo especificado.

## Capítulo 4 - 157

3. Cuando el inicio de la excavación se retrase, el bombeo deberá suspenderse hasta que se conozca la fecha de excavación, debiéndose cumplir con el tiempo previo de bombeo indicado.

4. El bombeo se suspenderá una vez colado la plantilla correspondiente, retirando el ademe de las pozas durante este colado.

5. La ubicación de los pozos de bombeo deberá de ser tal que no interfiera con las instalaciones municipales localizadas en la zona, y cuando esto llegara a suceder, el pozo se reubicará de manera que quede localizado a 50 cm del paño de dicha instalación.

### 4.8 Aplicación del concreto lanzado a utilizar en la construcción de las losas de techo del cajón y pasarela de cambio de andén.

La elaboración y aplicación del concreto lanzado bajo el cajón existente de la Línea 3 en la zona de cruce del cajón y pasarela de correspondencia de la Línea B se indica a continuación:

#### 4.8.1 Método.

El método o procedimiento a utilizar para la aplicación del concreto lanzado será el de mezcla seca. El cual consiste en mezclar perfectamente el cemento y las agregadas, para así introducir la mezcla resultante en un recipiente, y de éste, conducirla neumáticamente a través de una manguera hasta la boquilla de expulsión, añadiendo en la boquilla misma el agua de hidratación inmediatamente antes de lanzar la mezcla.

#### 4.8.2 Dosificación y mezclado.

##### a) Agregados.

El tamaño máximo de los agregados será de 5/8" y su curva granulométrica deberá cumplir con la granulometría que se indica en la figura 4.24.

La humedad natural del agregado ya dosificada y antes de mezclarlo con el cemento deberá estar comprendida entre el 3 y 0%.

La relación cemento- agregados, deberá ser aproximadamente 1:4 ( 400 kg/m<sup>3</sup> ).

##### b) Cemento y agua.

El cemento por emplearse será del TIPO III y deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

###### 1. *Cemento.*

El cemento que se emplee será Portland TIPO III a norma C-2, y deberá cumplir con la calidad especificada en las normas oficiales correspondientes para este material.

###### 2. *Agua .*

El agua que se utilice en la fabricación del concreto lanzado deberá ser potable y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, alcalis, sales, materia orgánica y demás sustancias que puedan ser nocivos para el concreto. Cuando el agua que se pretende usar para el mezclado no sea potable, se elaborarán dos mezclas comparativas de mortera; dichas mezclas serán idénticas, excepto por la procedencia del agua.

## Capítulo 4 - 159

En la mezcla de prueba se usará agua de la fuente de abastecimiento de estudio y en la mezcla testigo, se usará agua destilada. Se considerará que el agua estudiada es aceptable cuando sus especímenes produzcan a los 7 y 28 días, resistencias a compresión mayores de 90% de los correspondientes a los especímenes elaborados con la mezcla testigo y además, que los tiempos de fraguado inicial y final, no difieran en más de 60 minutos.

### c). Relación agua-cemento.

La relación agua-cemento será de 0.56, siendo importante señalar que la relación agua-cemento con la cual se logra la máxima resistencia, se presenta en el punto de máxima densidad. Para lograr esto, el material debe ser colocado con la consistencia estable más húmeda posible, es decir, el punto de abolsamiento o cedencia incipiente. La condición anterior se detecta cuando en la superficie del concreto fresco aparece un lustre de humedecimiento ligero.

### d) Aditivos.

Se deberá agregar a la mezcla un aditivo en polvo del tipo sigunita, rapidur, silicato de sodio, proconsa o similar. El aditivo líquido del tipo rapidur, stabiliorapid o similar. En el caso que se utilice en polvo deberá ser del 2 a 6% del peso del cemento; cuando se utilice líquido deberá ser del 25 a 35 % de volumen del agua.

Si el aditivo a utilizar viene en polvo, se deberá añadir directamente al recipiente de mezclado; si viene líquido, se deberá mezclar con el agua y deberá tomarse en cuenta su volumen para sustituirlo por el volumen correspondiente del agua de mezcla.

Deberán realizarse pruebas para verificar que el aditivo utilizado no reaccione negativamente con el agua a utilizar en las mezclas.

## Capitulo 4 - 160

### e) Mezclada.

Se puede ejecutar por volumen o por peso, en el caso de que se utilice por peso, se mezclarà en una revolvedora adecuada, por un tiempo minimo de 2 minutos. Cuando se mezcle por volumen se utilizarà un mezclador a base de tornillos sin fin del tipo trixer, las velocidades de los tornillos se calibraràn adecuadamente.

### f) Tiempo de fraguado.

El fraguado inicial debe ser de 20 minutos y el final de 10 horas.

### g) Densidad de los componentes de la mezcla.

La densidad de los materiales a emplear en la elaboraciòn de la mezcla serà aproximadamente la siguiente:

MATERIAL	DENSIDAD
Cemento	3.10
Agregado	2.38
Aguo con aditivo	1 a 1.7*

\* Cuando se utilice aditivo en polvo.

### h) Protecciòn.

La mezcla seca deberà protegerse por completo del viento, corrientes de aire, lluvia y luz solar por cualquier medio posible.

## Capítulo 4 - 161

### 4.8.3 Resistencia.

La resistencia a la compresión axial del concreto ( $f'c$ ) a los 7 días deberá ser de  $160 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo.

### 4.8.4 Colocación.

#### a) Calidad del lanzado.

En la colocación del concreto lanzado se empleará personal debidamente capacitado y entrenado.

La constancia en los flujos de aire, agua y agregados-cemento hacia la máquina lanzadora y a través de la boquilla de expulsión de la mezcla, son de suma importancia para lograr una buena calidad del concreto lanzado.

El concreto lanzado deberá presentar una superficie uniforme libre de bolsas, huecos, abolsamientos y otros defectos.

El concreto lanzado que no se adhiera a la losa de piso del cajón de la Línea 3 y al armado, que no cumpla con las características indicadas anteriormente o que sufra daños durante el desarrollo del trabajo, deberá ser retirado y reemplazado por concreto lanzado nuevo. Por ningún motivo se aceptarán reparaciones mediante concreto aplicada a mano.

#### b) Presión de lanzado.

Las presiones de aire y agua deben mantenerse a presiones constantes entre  $2.5$  y  $4 \text{ kg/cm}^2$  en la lanzadora del aire y entre  $4.5$  y  $5.0 \text{ kg/cm}^2$  la del agua. No deberán tener intermitencias los suministros de aire y agua o presión para lo cual deberá contarse con el equipo adecuado y necesario para cumplir con esta condición.

#### Capítulo 4 - 162

La presión de aire deberá aumentarse  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  por cada 15 m de manguera en exceso de los primeros 30 m.

##### c) Posición de lanzado.

La boquilla siempre debe estar ubicada en posición vertical desde la que pueda lanzar en dirección normal a la lasa de piso de la Línea 3, para lo cual deberá contarse con andamios portátiles o equivalentes para evitar posiciones de lanzado inclinadas diferentes a la indicada.

Para garantizar un buen compartimiento y calidad del concreto con un mínimo de rebote, el lanzado deberá efectuarse a una distancia que varíe entre 1.0 y 2.0 m de la lasa de fondo de la Línea 3.

##### d) Forma de lanzado.

El lanzado del concreto se efectuará moviendo rítmicamente la boquilla en una serie de vueltas de lado a lado, con objeto de lograr una capa uniforme durante el lanzado.

##### e) Espesor de las capas.

El concreto lanzado se aplicará en capas, de no más de 15 cm de espesor, de tal manera que se ajuste al nivel intrados del proyecto geométrico correspondiente.

El lanzado se realizará de manera uniforme y en franjas en el ancho del cajón del cruce.

#### 4.8.5 Preparación de la superficie.

Con objeto de lograr una buena adherencia entre la superficie de la losa de piso del cajón de línea 3 y las capas de concreto lanzado, dicha losa deberá estar libre de materias extrañas y de material de rebote del propio concreto lanzado, así misma la superficie que recibirá el concreto lanzado deberá estar húmeda, y haber sido previamente picada manualmente o con algún equipo en un espesor variable, pero mínimamente 1.0 cm.

Para limpiar la superficie picada es recomendable usar la boquilla de la lanzadora conectada a las líneas de aire y agua a presión.

#### 4.8.6 Rebote.

Debe cuidarse que el rebote se mantenga siempre abajo del 40%, por lo que deberá cuidarse los siguientes aspectos que influyen en el incremento del rebote.

- a) Calidad pobre del lanzado.
- b) Mala graduación del agregado.
- c) Ángulo incorrecto de lanzado.
- d) Distancia incorrecta de lanzado.
- e) Presión de aire insuficiente o pulsante.
- f) Mala operación de la máquina lanzadora.
- g) Segregación del agregado de la mezcla.

Nota: Por ningún motivo deberá usarse material de rebote.

#### 4.8.7 Control de calidad.

Deberán efectuarse pruebas de resistencia y calidad de agregados, así como pruebas de resistencia en cilindros elaborados con la mezcla por usar a edades de 3, 7 y 28 días.

#### 4.9 Instrumentación particular correspondiente al cruce de Línea B con Línea 3.

Con objeto de observar los movimientos que pudieran presentarse en el entorno de la construcción del cajón subterráneo de la Línea B, durante su construcción en la zona de cruce con la Estación Guerrero cabecera norte de Línea 3, cuya ubicación se ilustra en la figura No. 4.25, deberá instalarse la instrumentación que se describe o continuación.

##### 4.9.1 Objetivos particulares de la instrumentación.

Medir los posibles movimientos antes, durante y después de la construcción de la estructura del Metropolitano, en las zonas y estructuras aledañas a la obra, con el fin de tener un control sobre la ejecución del proceso de excavación y estructuración para adoptar las medidas que propicien la oportuna toma de decisiones, asegurando con ello un comportamiento dentro de los rangos de seguridad previstos tanto a corto plazo como para la condición definitiva, tanto de la obra de ingeniería, como de sus colindancias.

##### *1. Referencias superficiales (Puntos de control, "Palomos").*

Para conocer los movimientos que pudieran presentarse en el entorno del cajón subterráneo de la Línea B del Metropolitano, en su zona de cruce estación Guerrero cabecera norte existente de Línea 3, se colocarán marcas de pintura ("Palomos") en una distancia igual o

#### Capítulo 4 - 165

100 m a cada lado del cruce del eje de la Línea B con el eje de Línea 3, de acuerdo a la distribución que se indica a continuación y se ilustra en la figura 4.26.

Las palomas se colocarán tanto en la estructura existente como en el cajón de Línea B, después de construirlo, la distribución de estas referencias será la siguiente:

- a) Se colocará un punto central ubicado sobre el cruce del eje de la Línea B con el eje de la Línea 3.
- b) A partir de este punto central se colocarán tres palomas, cada una a cada tres metros de distancia.
- c) Después de colocar las tres palomas anteriores, se colocarán tres palomas más a cada 8.0 m de distancia.
- d) Finalmente se colocarán cuatro palomas más a cada 16.0 m de distancia a partir de las colocadas en el inciso c.

La distribución descrita anteriormente se ubicará a cada lado de los ejes tanto de la Línea B como de la Línea 3, sobre las estructuras existentes y por construir, con los niveles indicados en las figuras 4.25 y 4.26.

Las palomas ubicadas en la Estación Guerrero de la Línea 3, se colocarán preferentemente abajo de las andenes en los muretes, con objeto de no dañar los acabados.

Para la Línea B, la colocación de las palomas será tan pronta como se retire la cimbra de los muros.

## Capítulo 4 - 166

### *2. Frecuencia de lecturas.*

La frecuencia de lecturas para las palomas será la siguiente:

#### a) En la Estación Guerrero de Línea 3, ( Estructura existente ).

1. Se tomará una primer lectura cuando se inicie la excavación de las zonas aledañas al cruce ( tramo Garibaldi-Guerrero y Estación Guerrero L-B ).

2. Se realizarán nivelaciones semanales durante la excavación de la zona superficial o de vestíbulos del cruce con Línea 3.

3. Después de colar las lasas del nivel vestibula, se iniciará la excavación de la zona profunda aledaña al cruce bajo la estación de Línea 3 tomando dos lecturas semanales hasta terminar la estructuración.

4. A partir del momento en que se inicie la excavación propia del túnele y hasta una semana después de que finalice la excavación del mismo, se tomarán lecturas cada tercer día.

5. Finalmente se tomarán lecturas semanales durante dos meses.

#### b) En el cajón subterráneo de la Línea B del Metropolitano ( Por construir ).

1. Los puntos de nivelación se colocarán inmediatamente después de decimbrar el muro estructural.

A partir de su primera nivelación se realizarán mediciones cada tercer día hasta una semana después de haber concluido la excavación del cruce.

#### Capítulo 4 - 167

2. Posteriormente se realizarán nivelaciones semanales durante dos meses.

Las nivelaciones en ambos cajones (Línea B y Línea 3) deberán hacerse coincidir en el mismo día con objeto de sacar diferencias de ambos comportamientos

La frecuencia de las lecturas podrá ratificarse o aumentarse, incluso prolongarse en función de los resultados obtenidos de las nivelaciones.

#### 4.9.2 Valores de deformaciones.

A continuación se proporciona una relación con los ordenes de magnitud de los valores teóricos de deformación esperados, aclarando que dichos valores se ubican dentro de los rangos permisibles, y que fueron calculados tomando en cuenta el proceso constructivo especificado, por lo que cualquier omisión o desviación del orden de ejecución de las actividades que constituyen dicho proceso, puede alterar su magnitud y tendencia esperada.

INSTRUMENTO	CORTO PLAZO (Durante la excavación y estructuración del cajón)	MEDIANO PLAZO
Palomas	+ 3.0 cm	- 5.0 cm

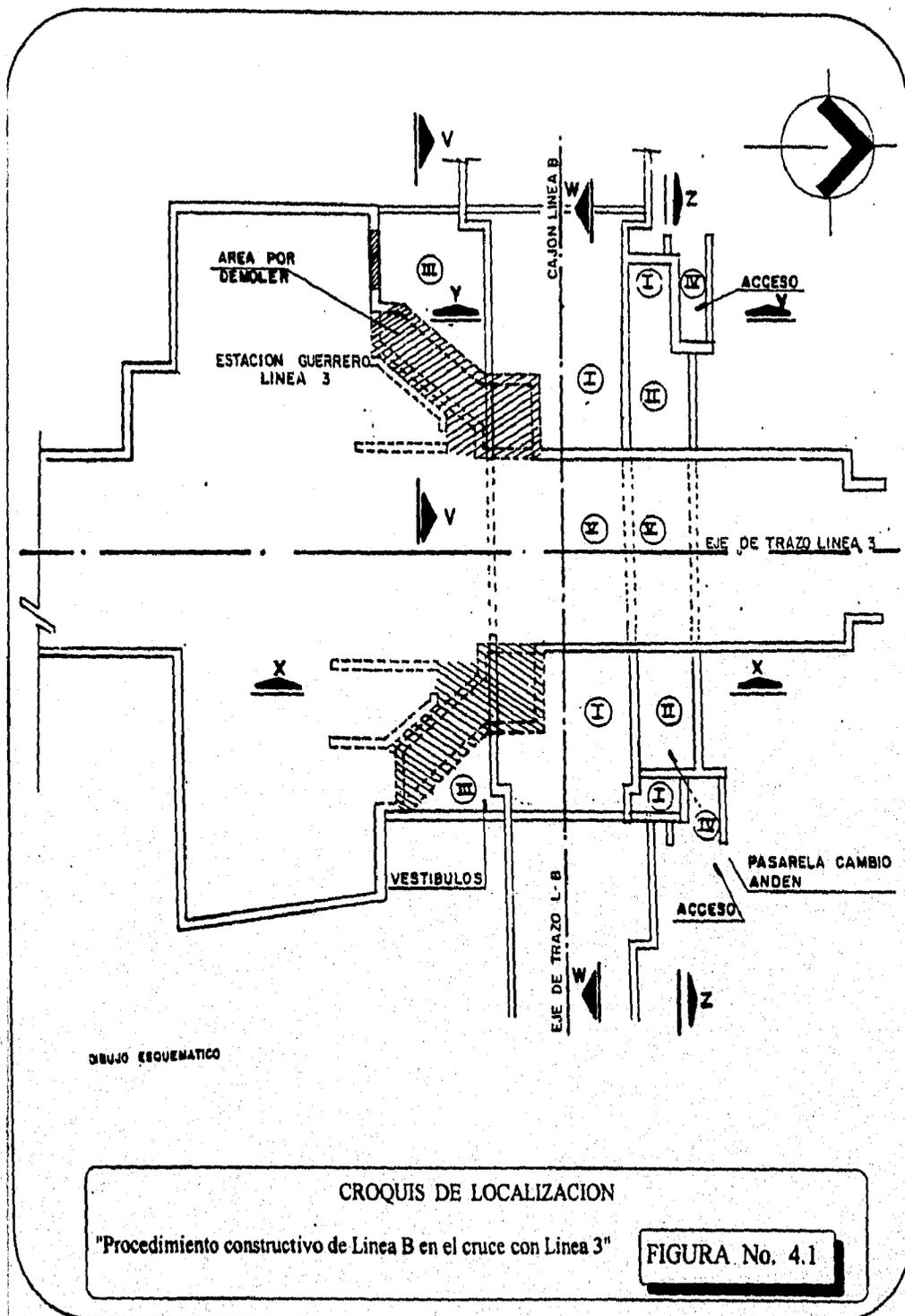
4.9.3 Notas importantes.

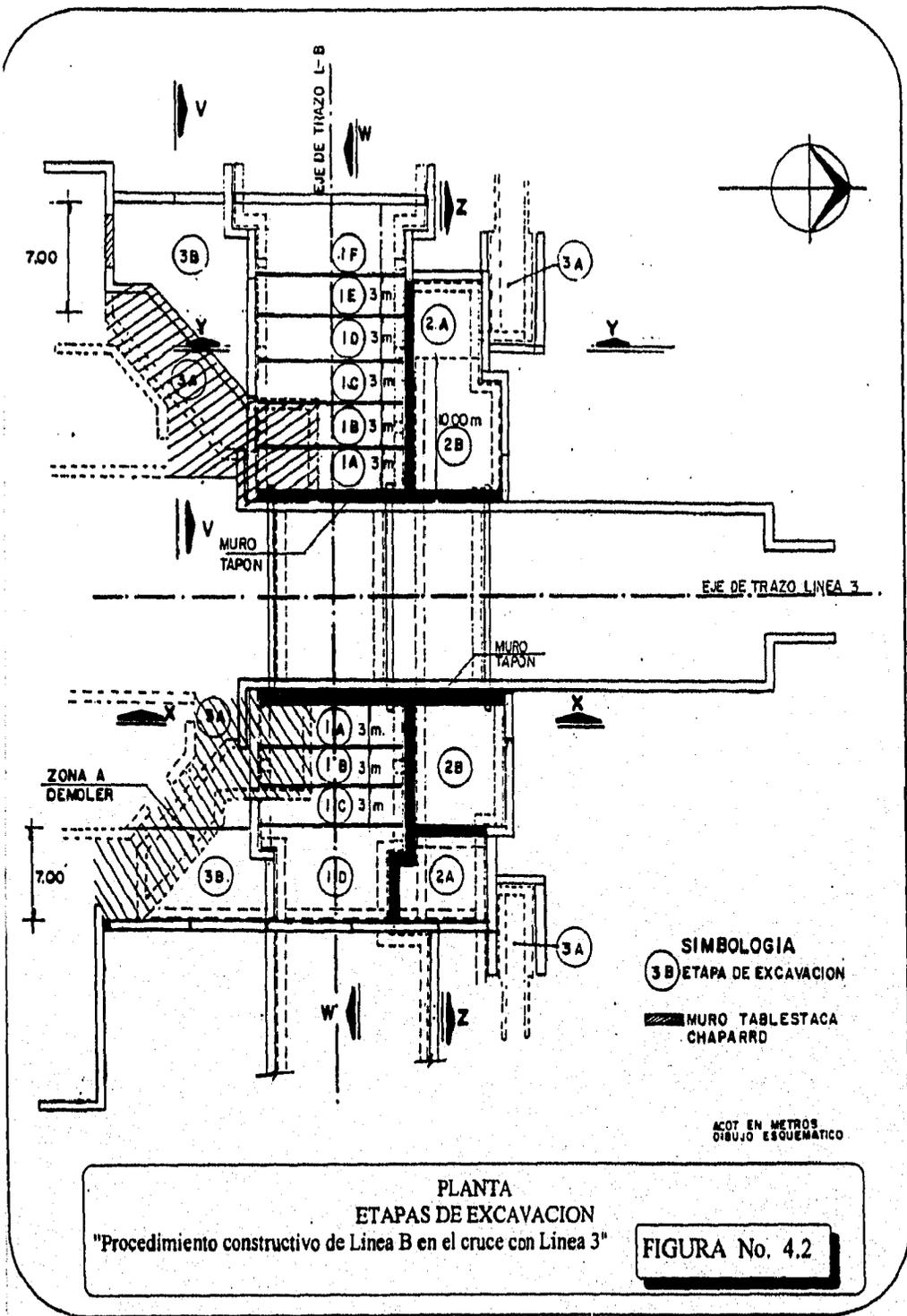
1. Con los resultados obtenidos de las lecturas deberán elaborarse gráficas de movimientos contra tiempo. En las cuales se deberá anexar la historia de la construcción del cajón subterráneo del tramo Guerrero-Garibaldi de la Línea B en las zanjas del cruce, anotando la fecha y hora con que se inicie el bombeo, la excavación, cuando se alcance la máxima profundidad, el colado de la plantilla, colado de la losa de piso, etc.

2. Las gráficas mencionadas se llevarán al día y deberán tenerse en un lugar visible en la obra; del mismo modo, deberán enviarse copias a la empresa proyectista para su interpretación correspondiente.

3. Las nivelaciones en el cruce deberán hacerse coincidir el mismo día, con objeto de obtener un cotejo entre el comportamiento de ellos.

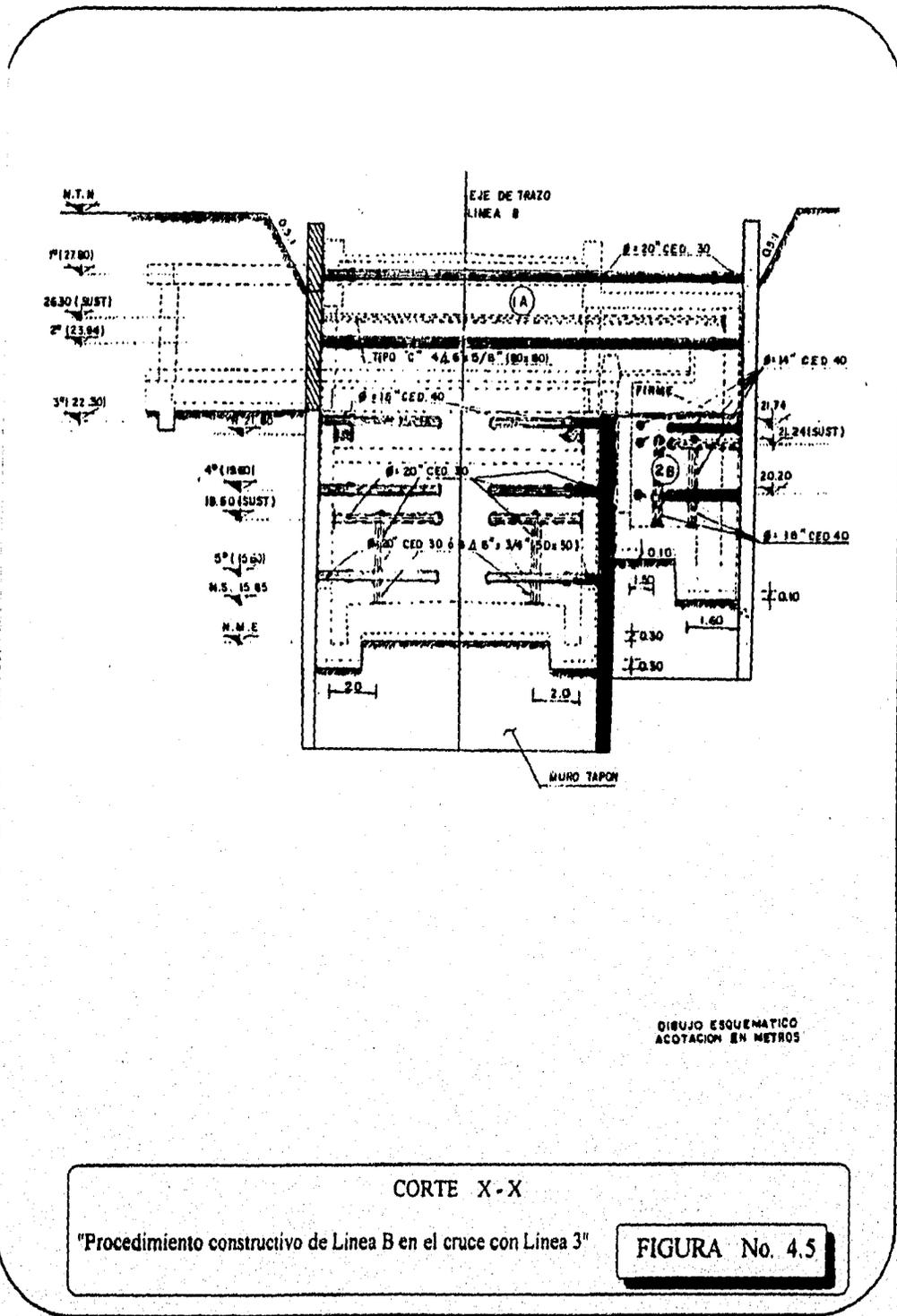
4. Las frecuencias de las lecturas podrá aumentarse e incluso prolongarse en función de los resultados obtenidos de las nivelaciones efectuadas.

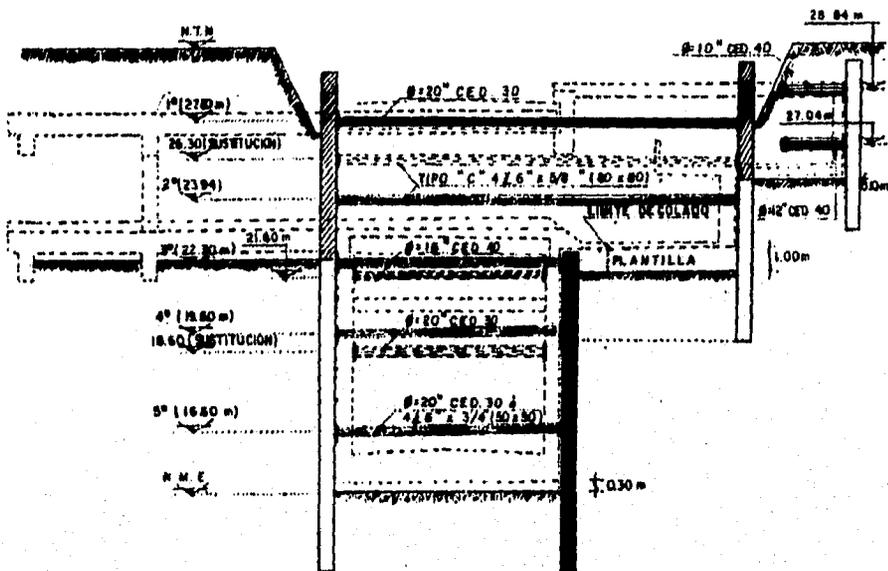










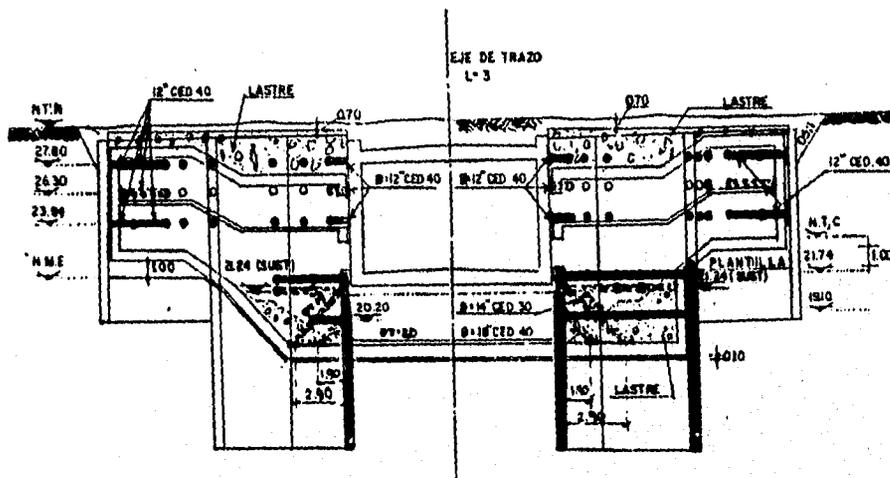


DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOTACION EN METROS

CORTE Y-Y

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

FIGURA No. 4.6



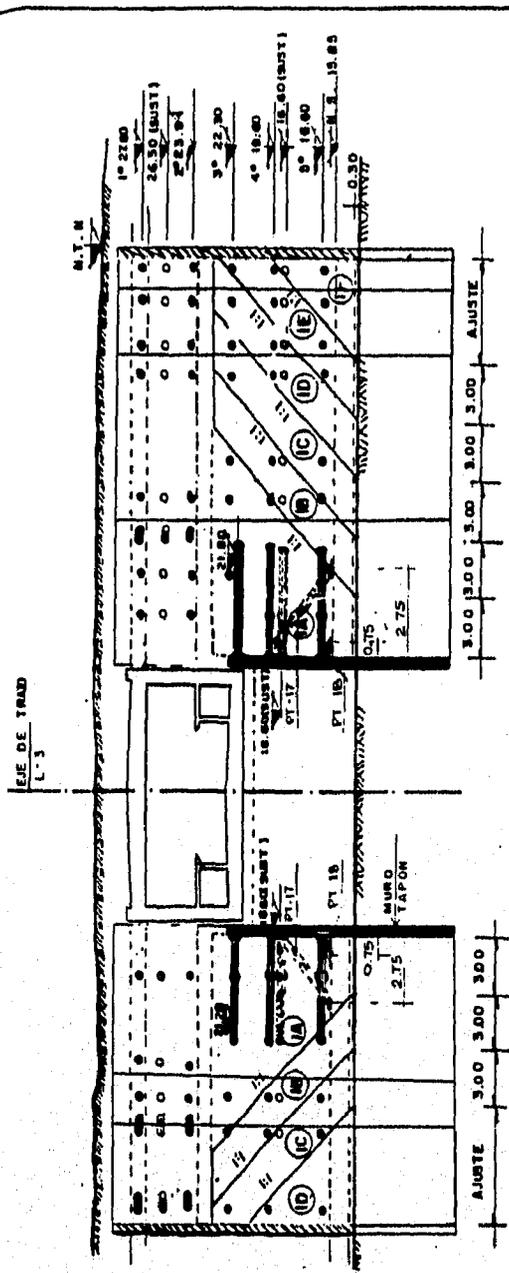
DIBUJO ESTRUCTURAL  
ACOT. EN METROS

NIVEL	TROQUEL
1º (27.80m)	Ø = 20" CED. 30 (EXCEPTO LOS INDICADOS EN EL DIBUJO)
SUST (26.30m)	TIPO "C" 4x 6x 5/8" (80x 80), EXCEPTO LOS INDICADOS EN EL DIBUJO
2º (23.94m)	TIPO "C" 4x 6x 5/8" (80x 80), EXCEPTO LOS INDICADOS EN EL DIBUJO
3º (21.74m)	Ø = 14" CED. 30
SUST (21.24m)	Ø = 14" CED. 30
4º 2020 Y 19.10m	Ø = 18" CED. 40

CORTE Z-Z

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

FIGURA No. 4.7



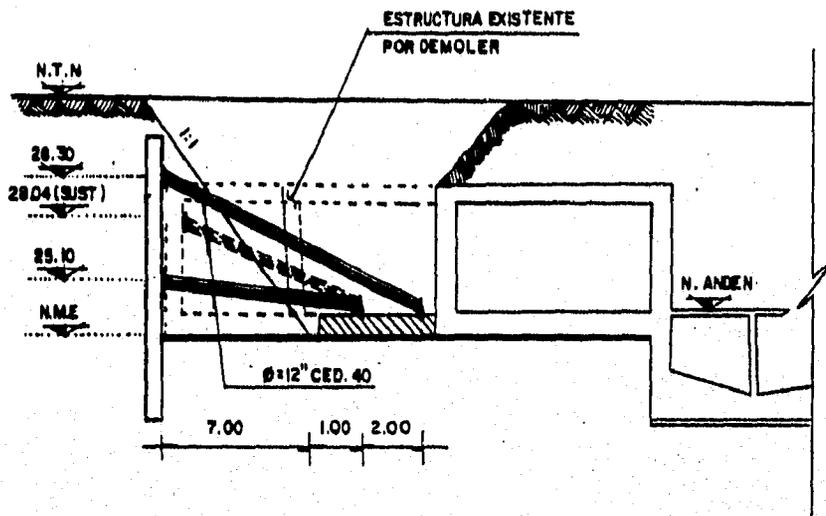
NIVEL	PUNTAL
1° 27.80	Ø = 20" CED. 30
SUST. 26.30	TIPO "C" 4.46" x 5/8" (80x80).
2° 23.94	TIPO "C" 4.46" x 5/8" (80x80).
3° 22.30	Ø = 16" CED. 40
4° 19.60	Ø = 20" CED. 30
SUST. 18.60	Ø = 20" CED. 30
5° 16.60	Ø = 20 CED 30 ó 4 1/2" x 3/4" (30 x 50)

DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT EN METROS

CORTE W - W

"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

FIGURA No. 4.8

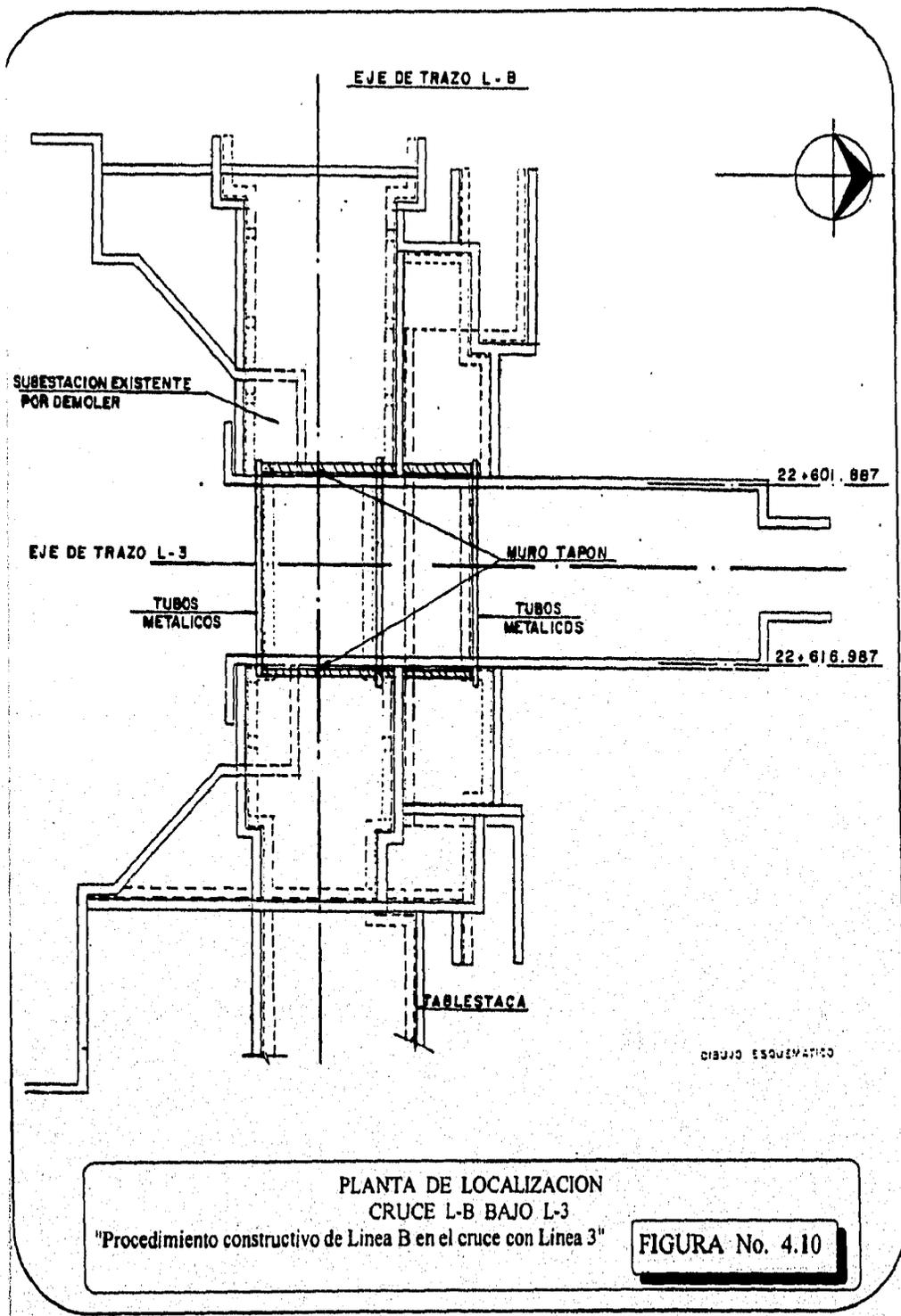


DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT. EN METROS.

CORTE V-V

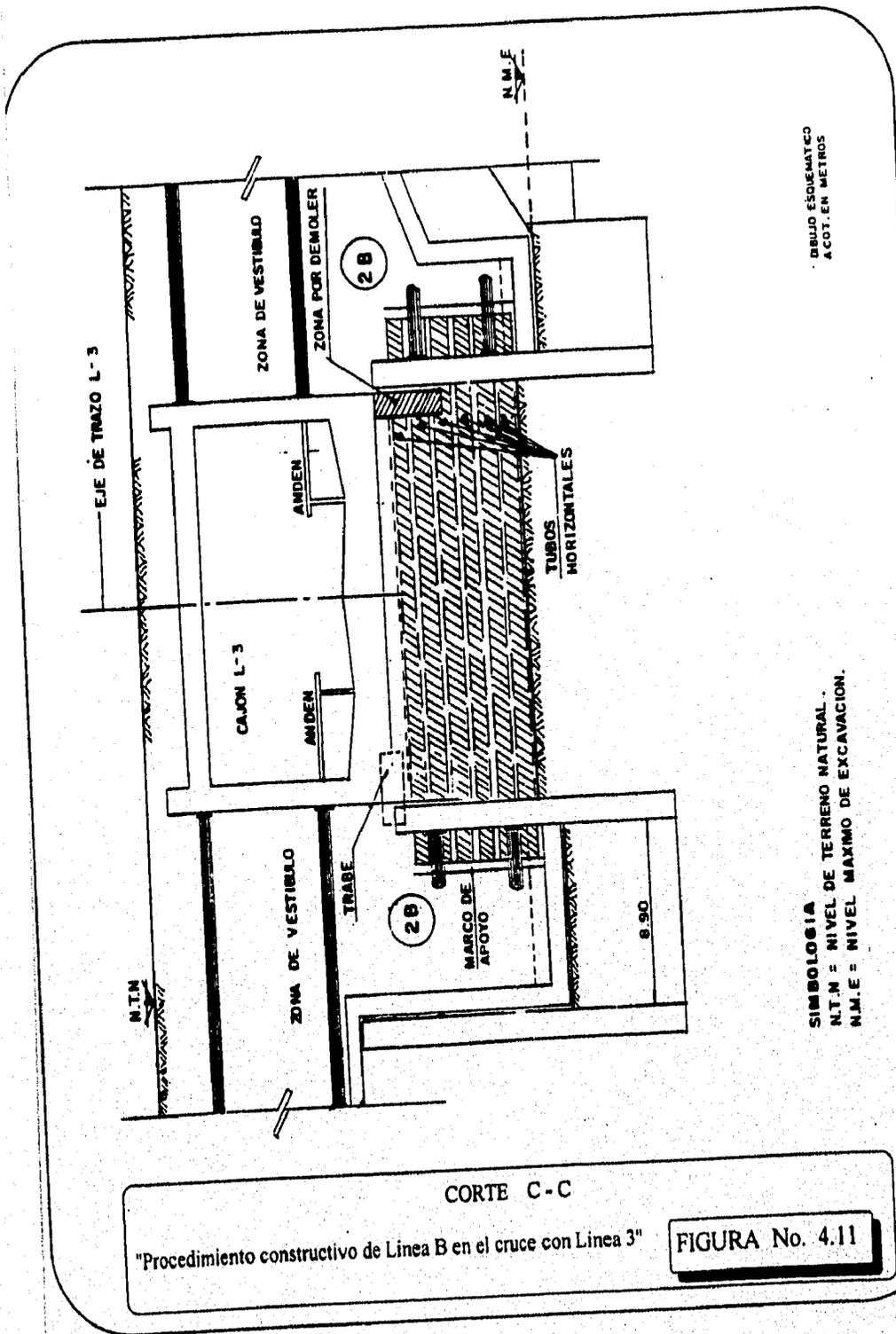
"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

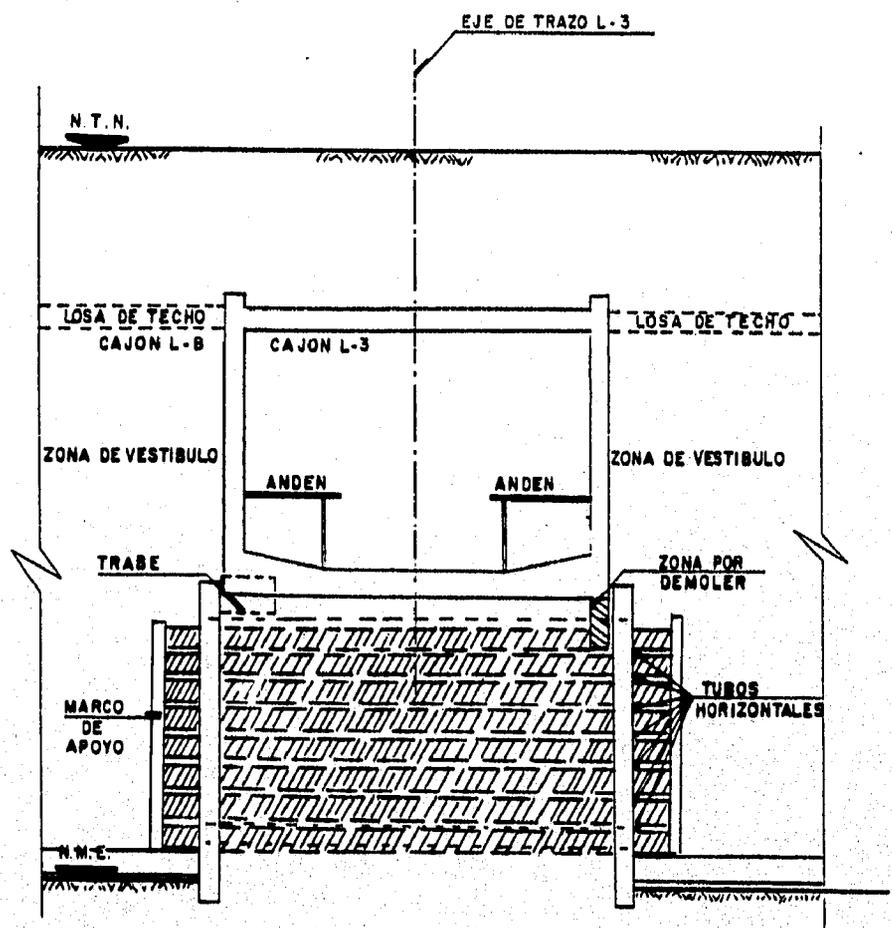
FIGURA No. 4.9



PLANTA DE LOCALIZACION  
 CRUCE L-B BAJO L-3  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

**FIGURA No. 4.10**

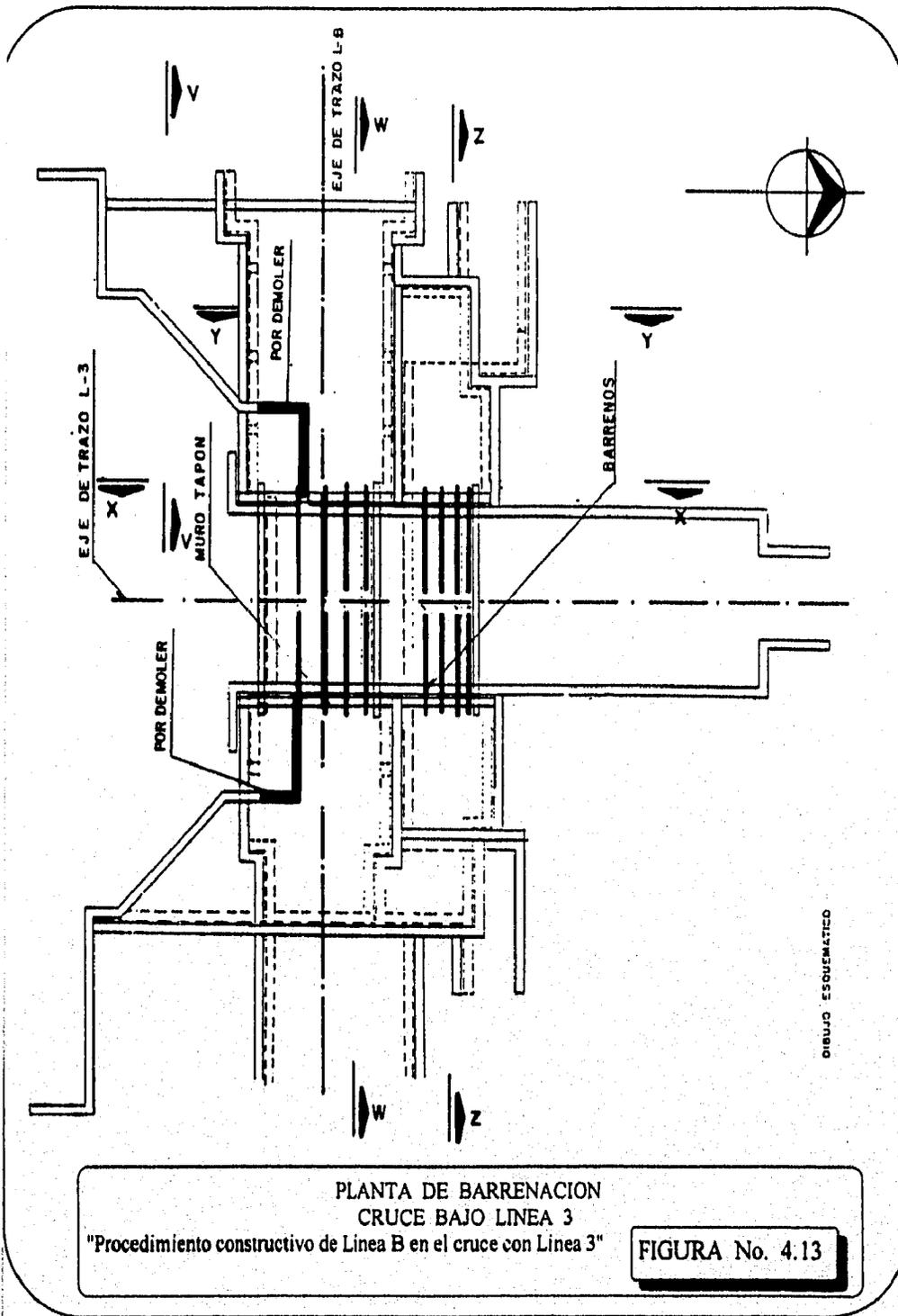


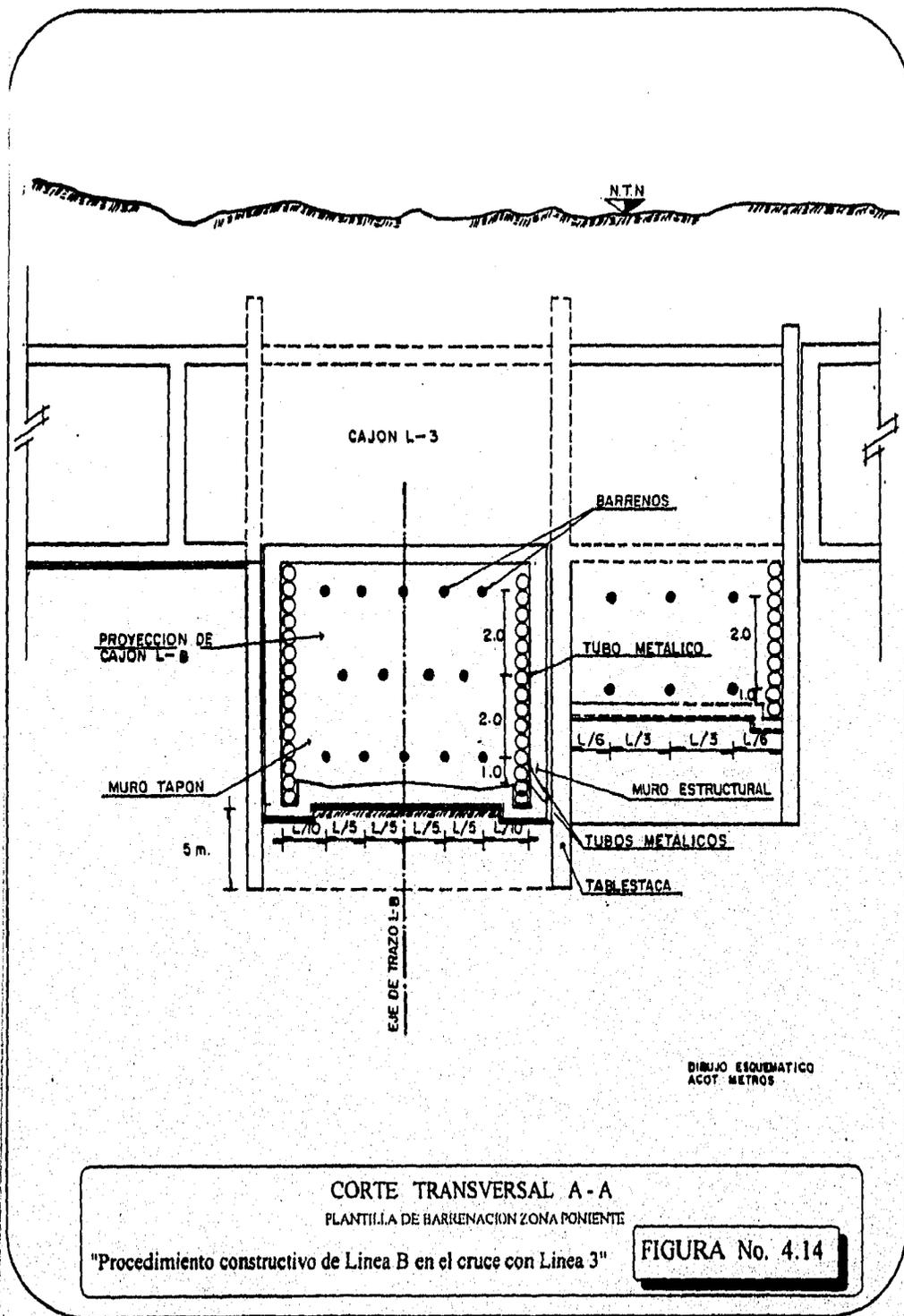


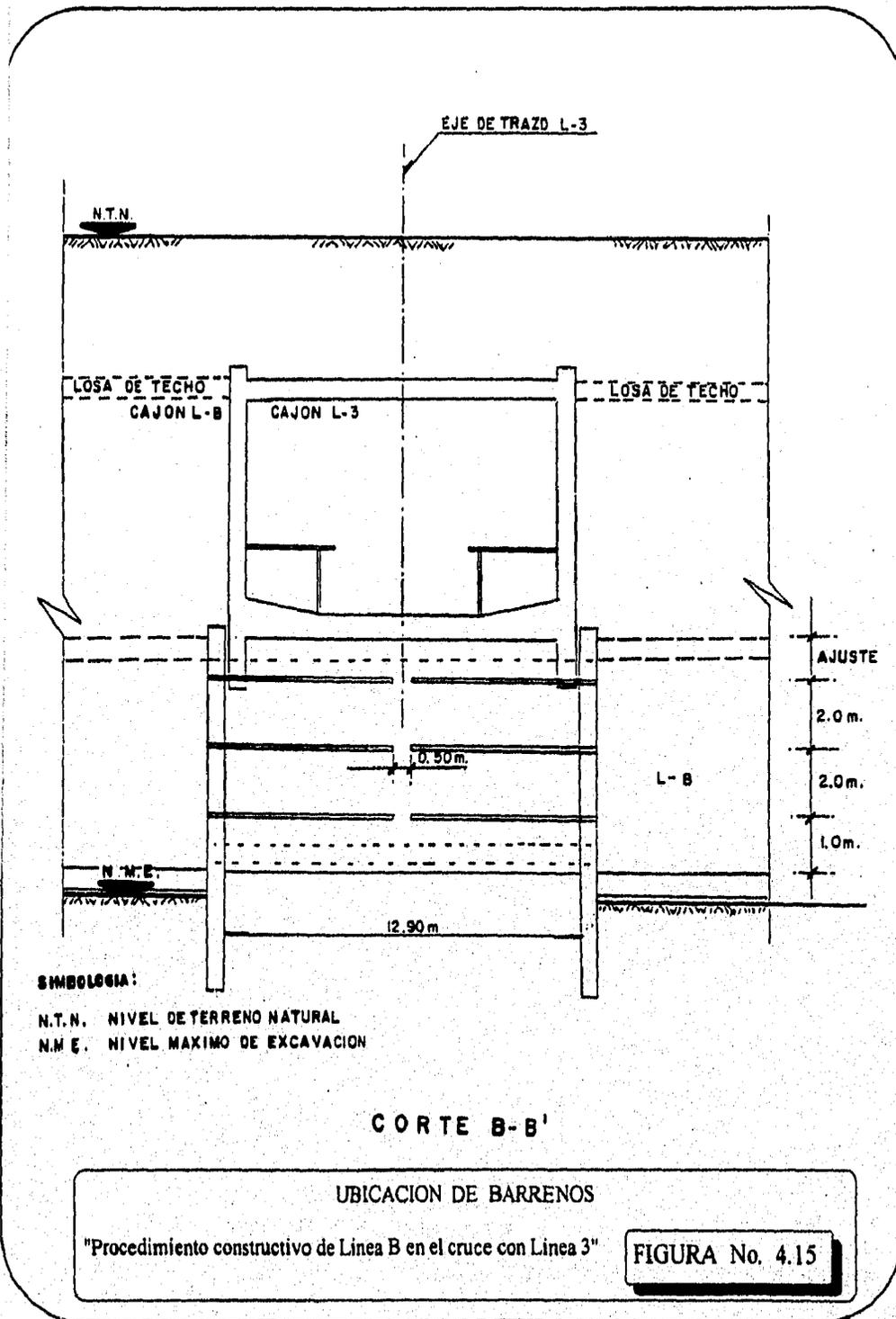
**SIMBOLOGIA:**  
 N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL  
 N.M.E. NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION

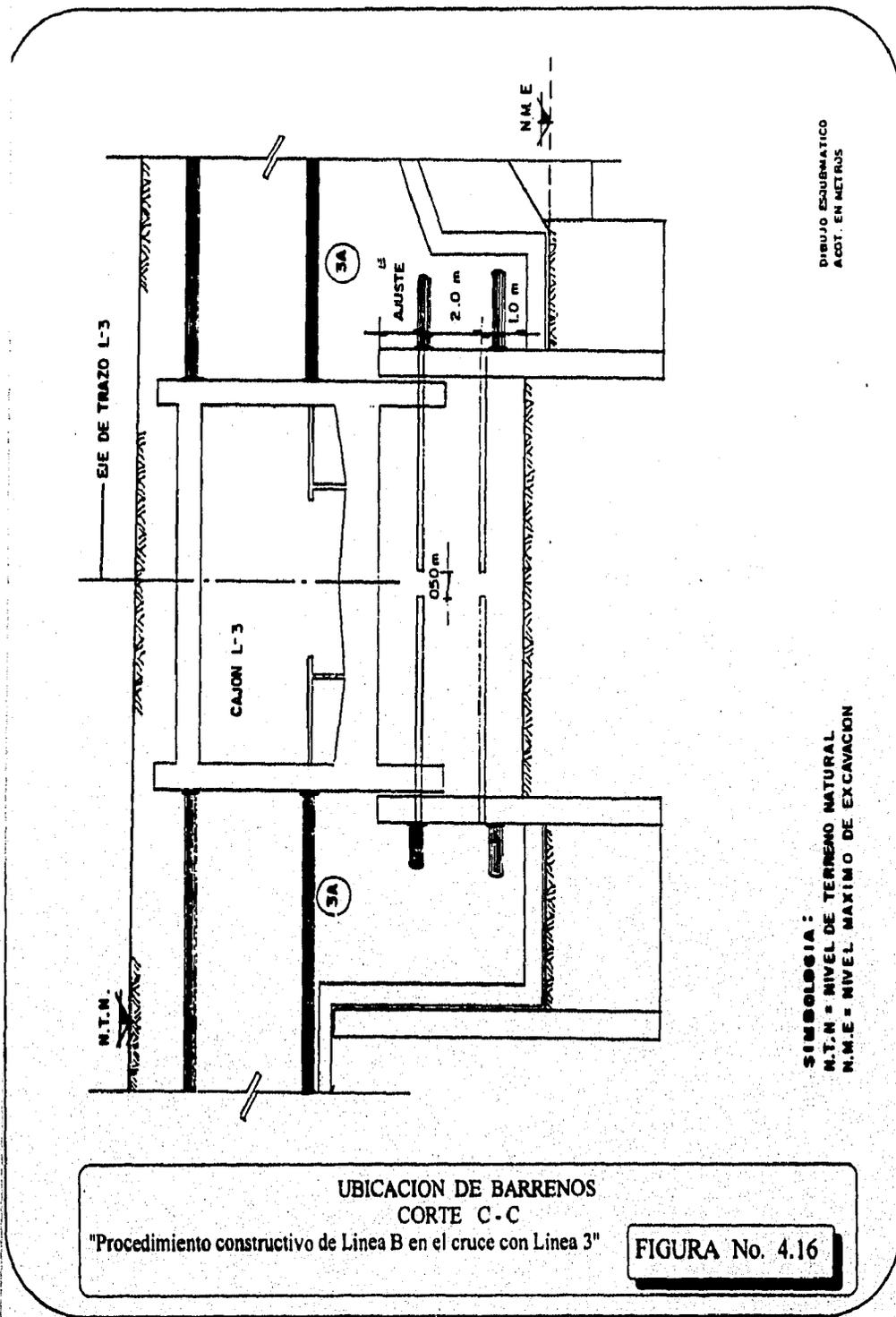
CORTE LONGITUDINAL B - B'

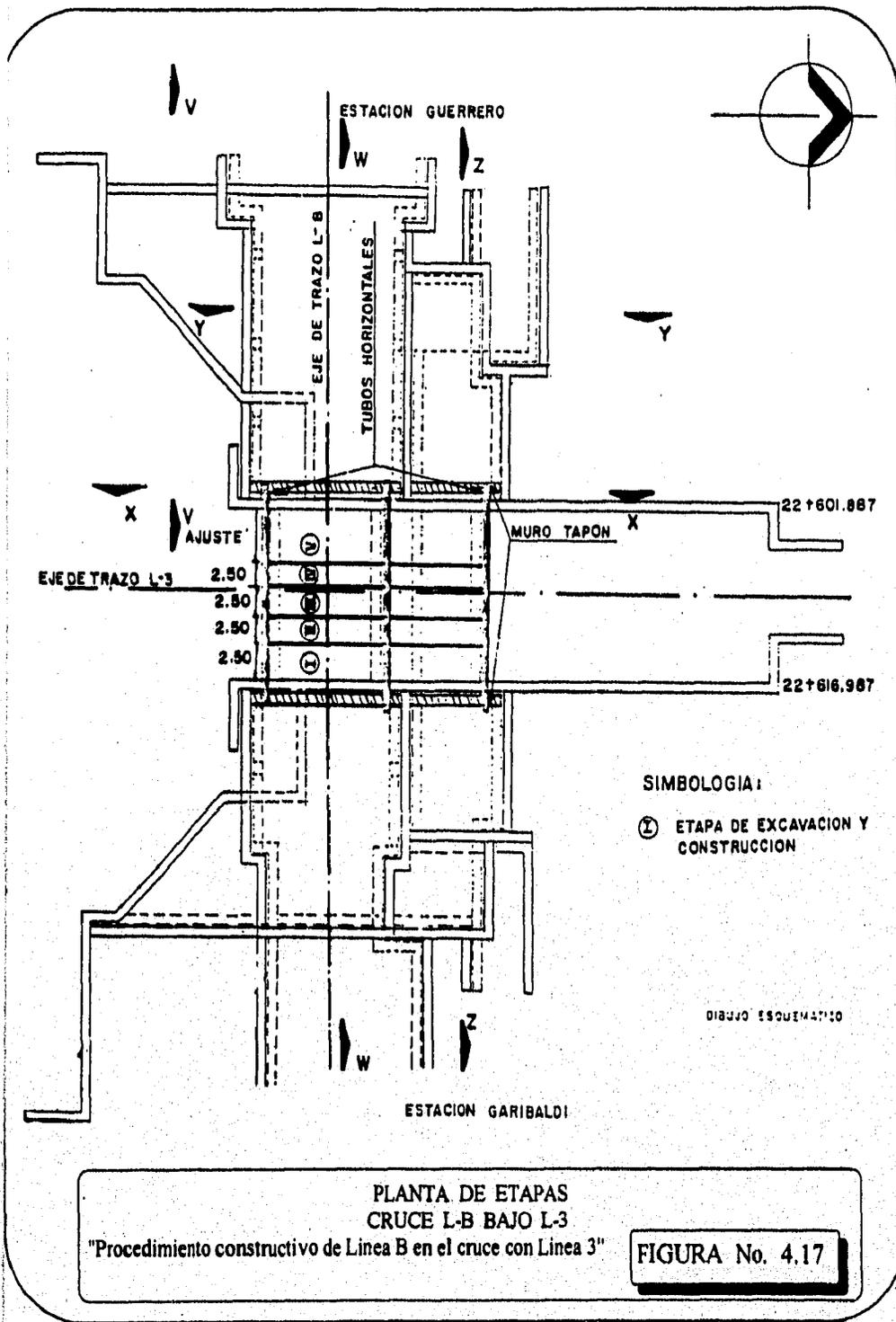
"Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3" **FIGURA No. 4.12**

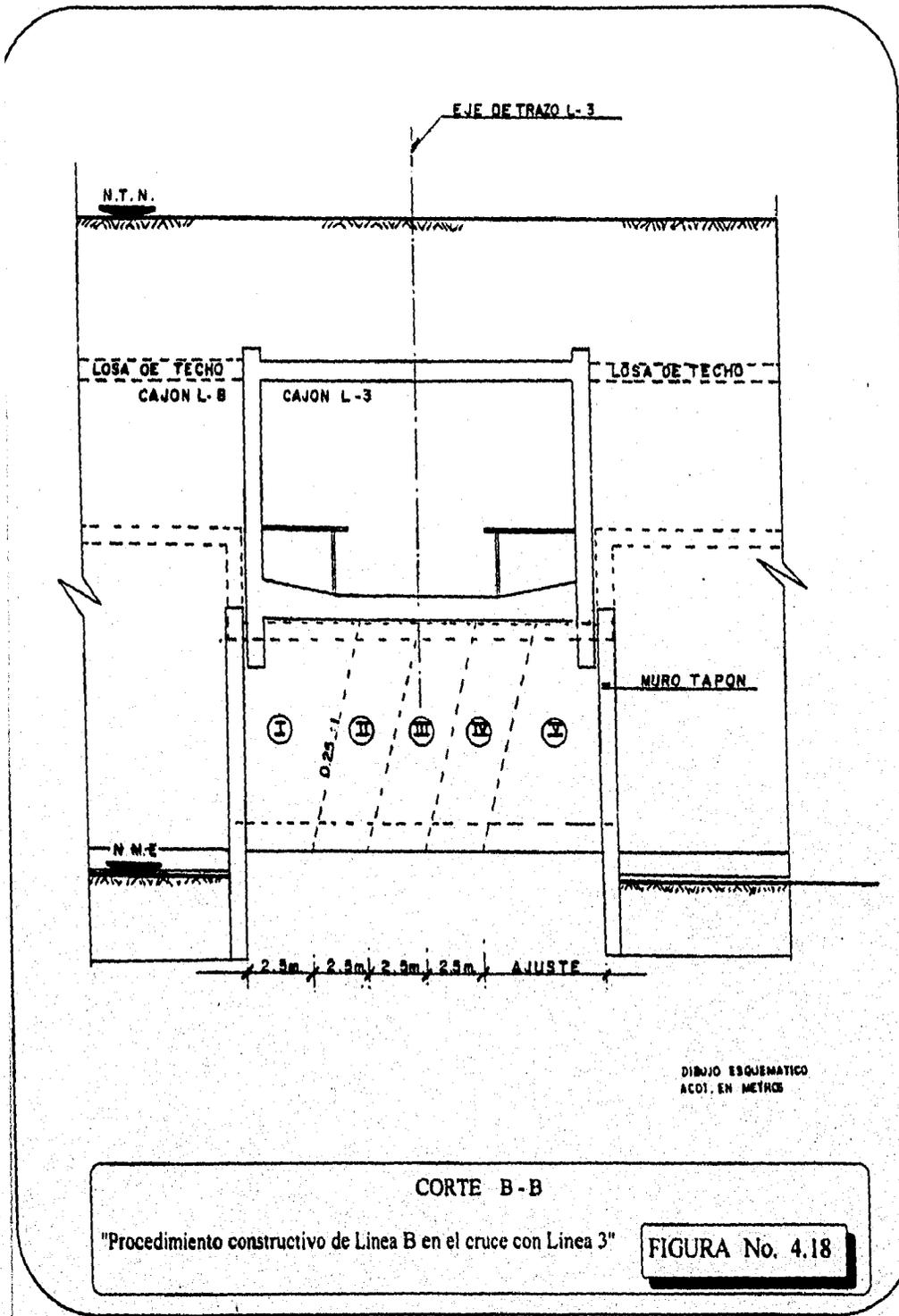


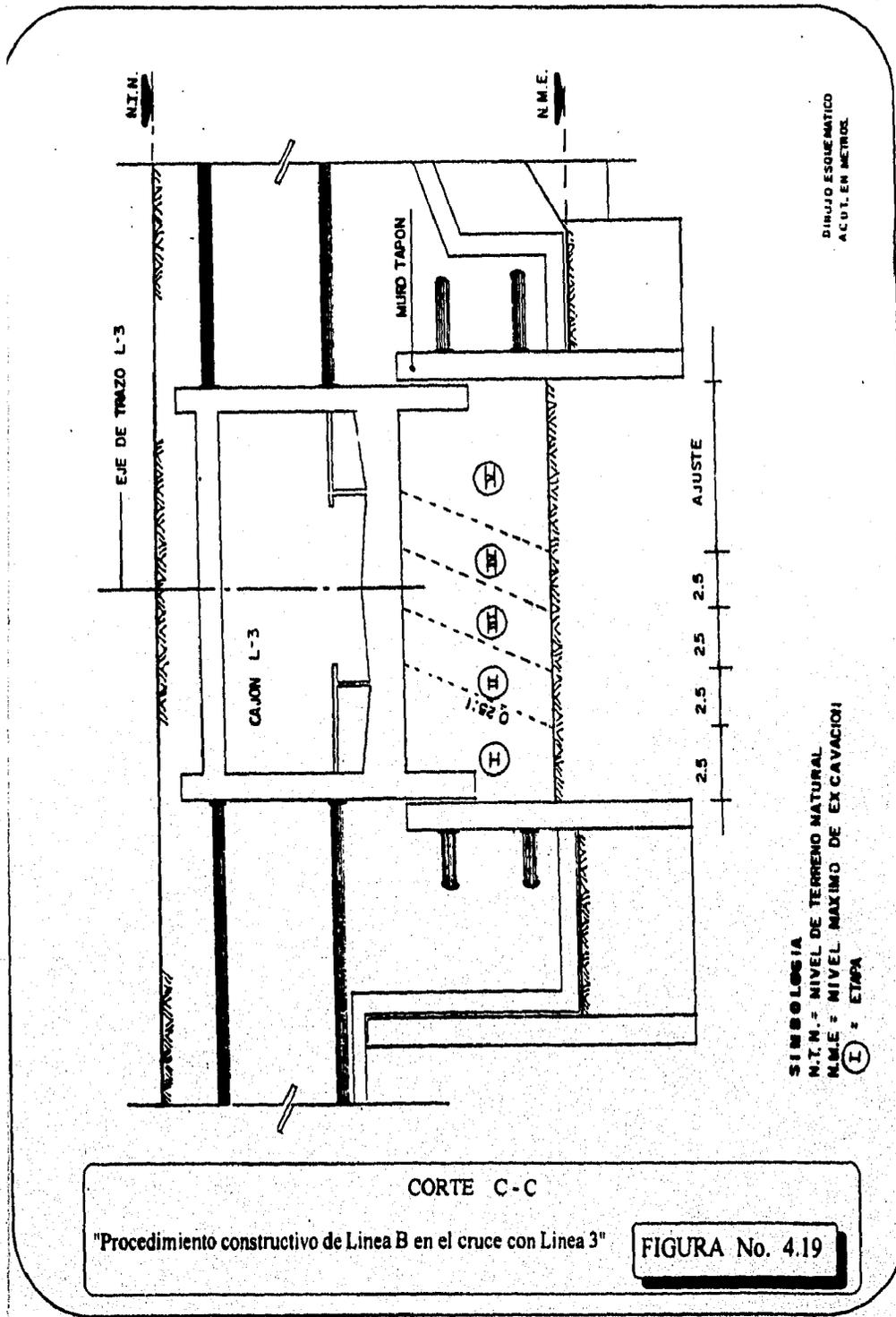






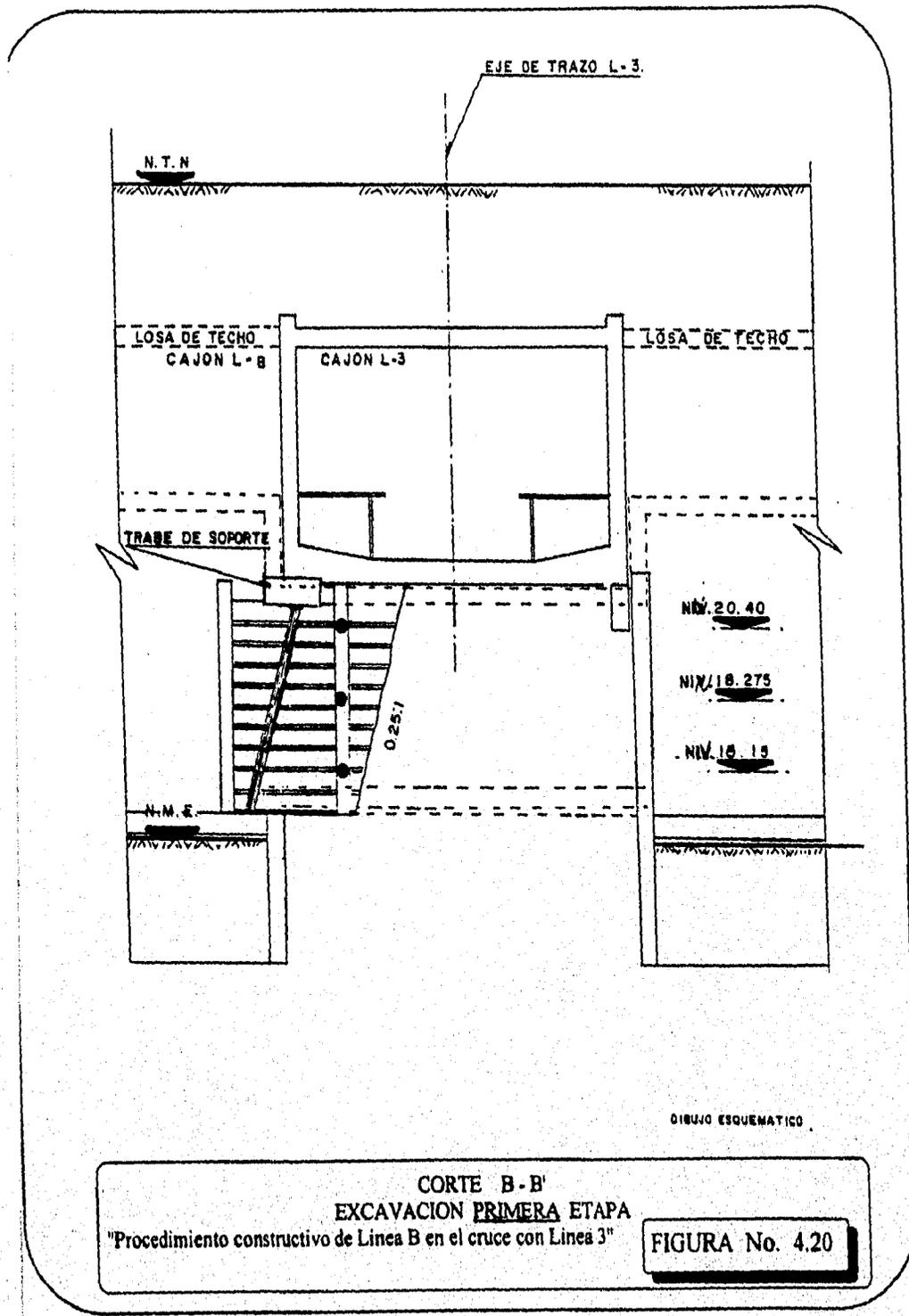






**SIMBOLOGIA**  
 N.I.N. = NIVEL DE TERRENO NATURAL  
 N.M.E. = NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION  
 (I) = ETAPA

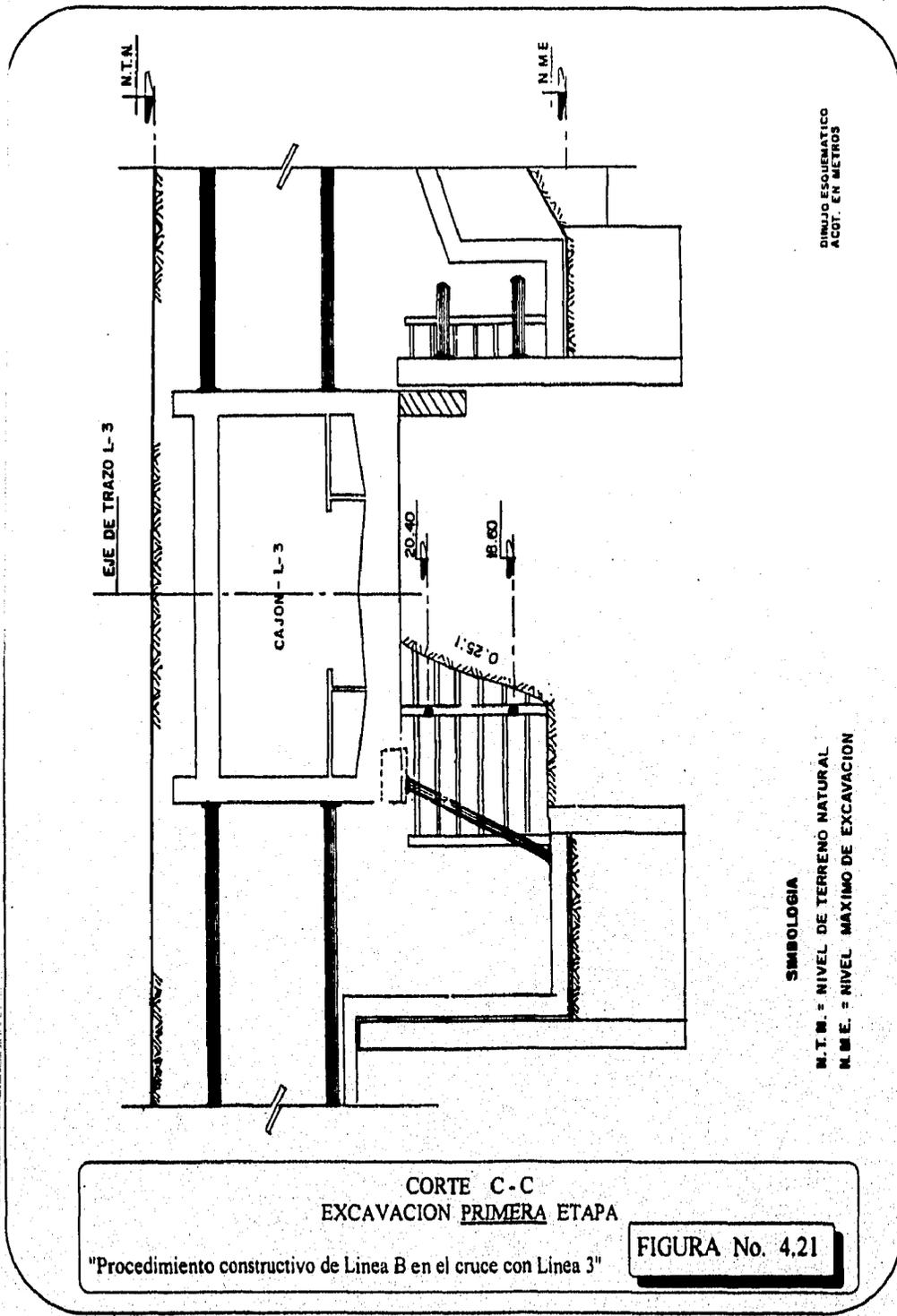
DIBUJO ESQUEMATICO  
 A.C.T. EN METROS



DIBUJO ESQUEMATICO

CORTE B-B'  
 EXCAVACION PRIMERA ETAPA  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

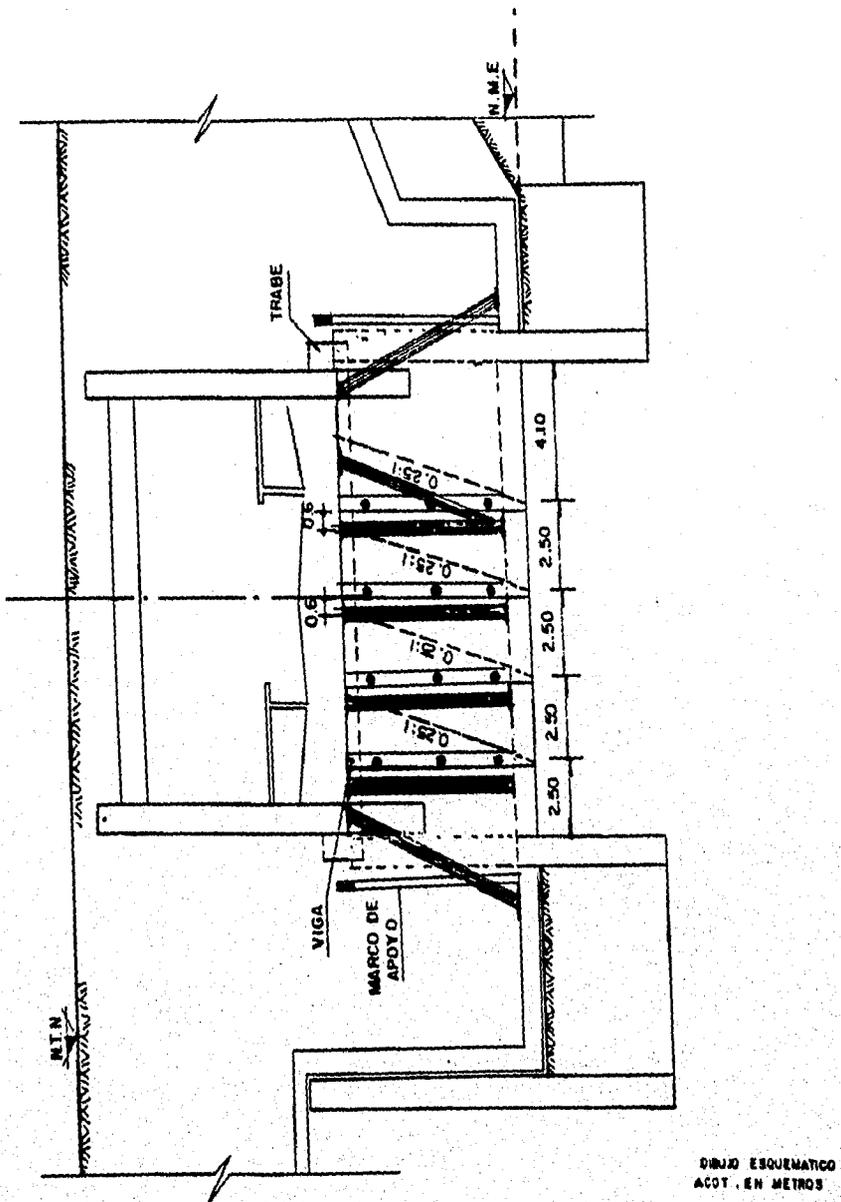
FIGURA No. 4.20



DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOT. EN METROS

**SIMBOLOGIA**  
 N.T.N. = NIVEL DE TERRENO NATURAL  
 N.M.E. = NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION

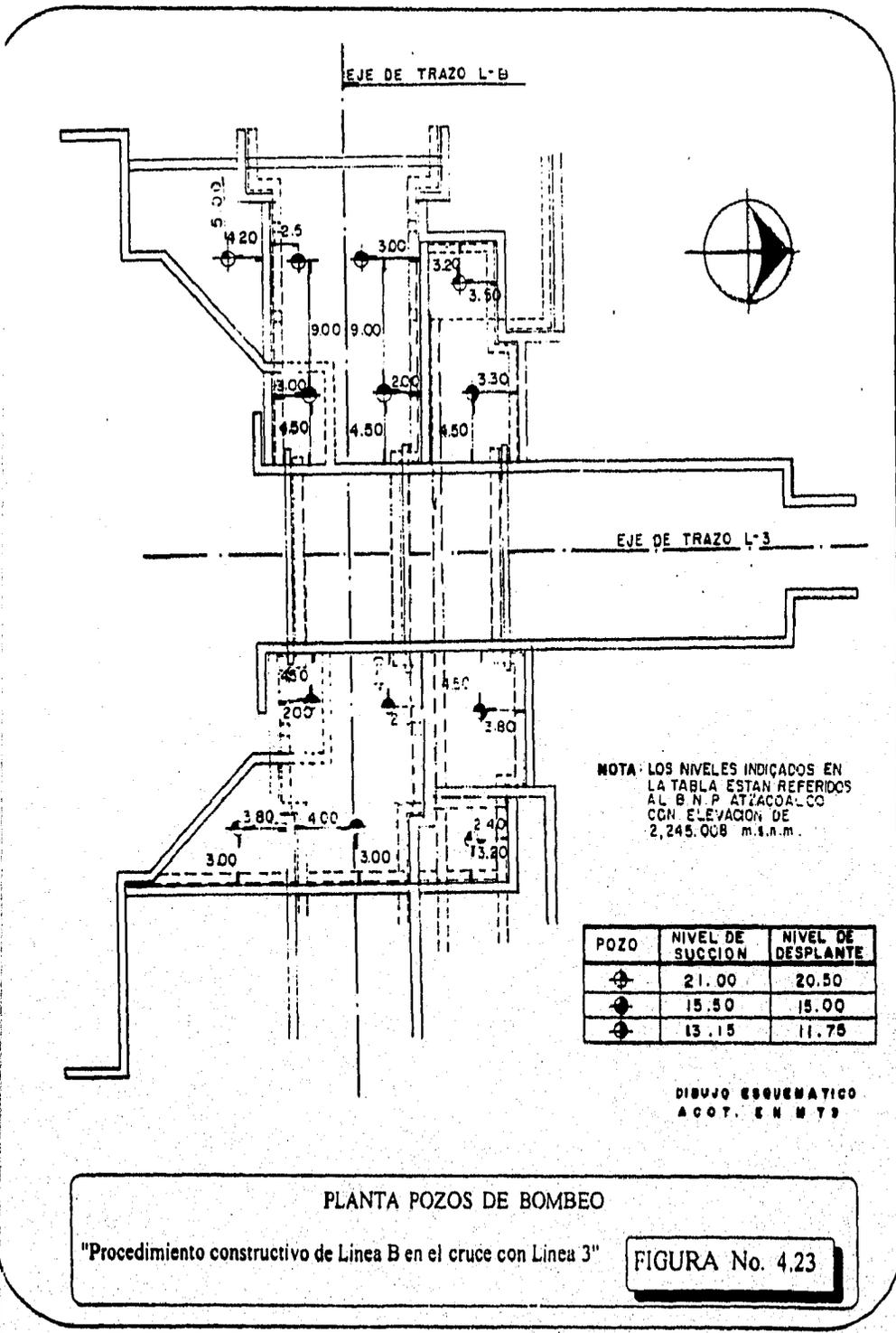
CORTE C-C  
 EXCAVACION PRIMERA ETAPA  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3"

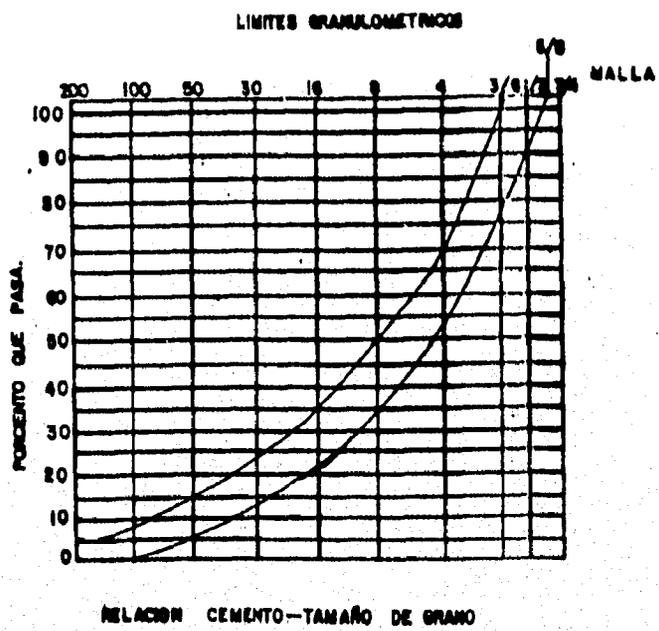


CORTE B-B Y CORTE C-C

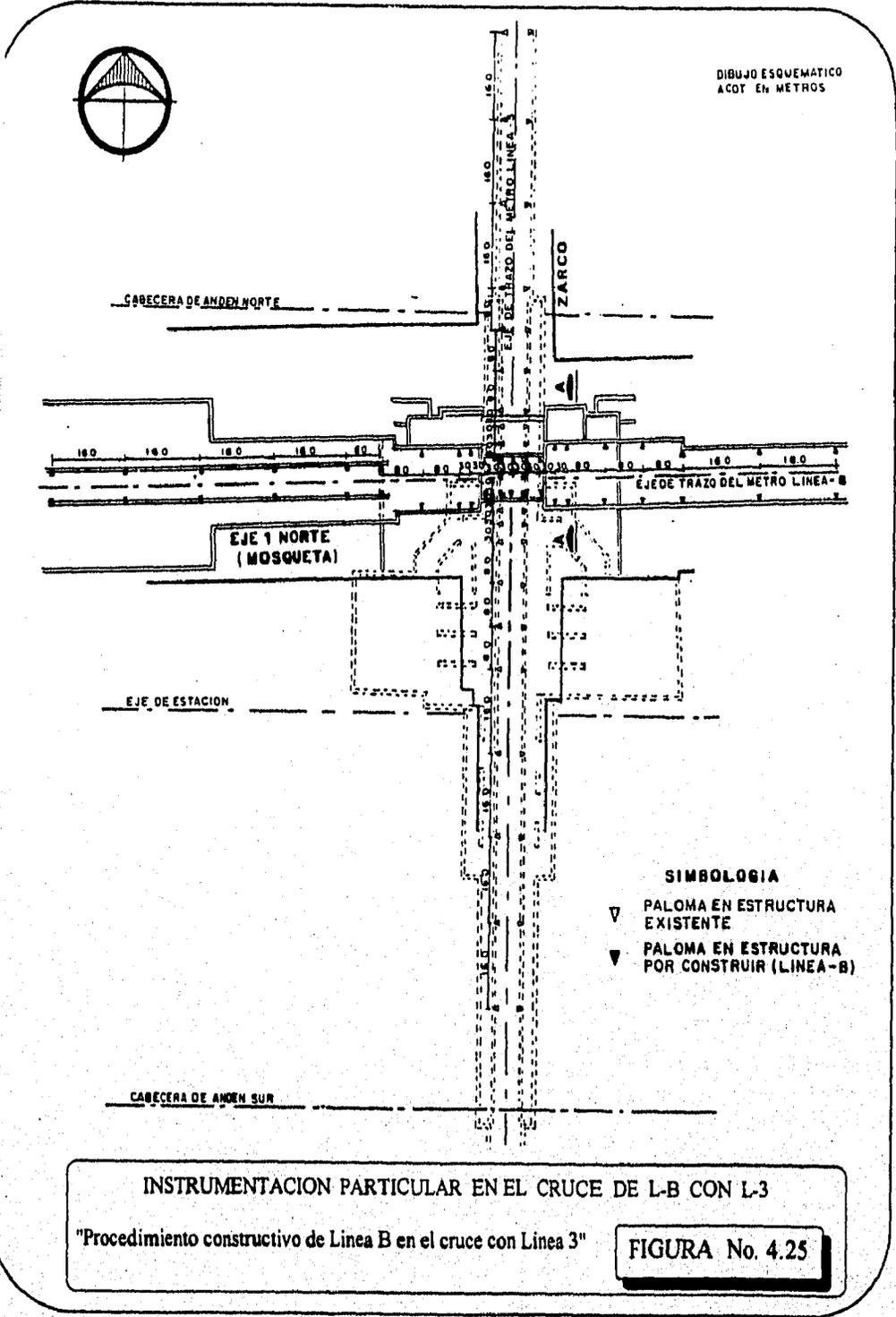
"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

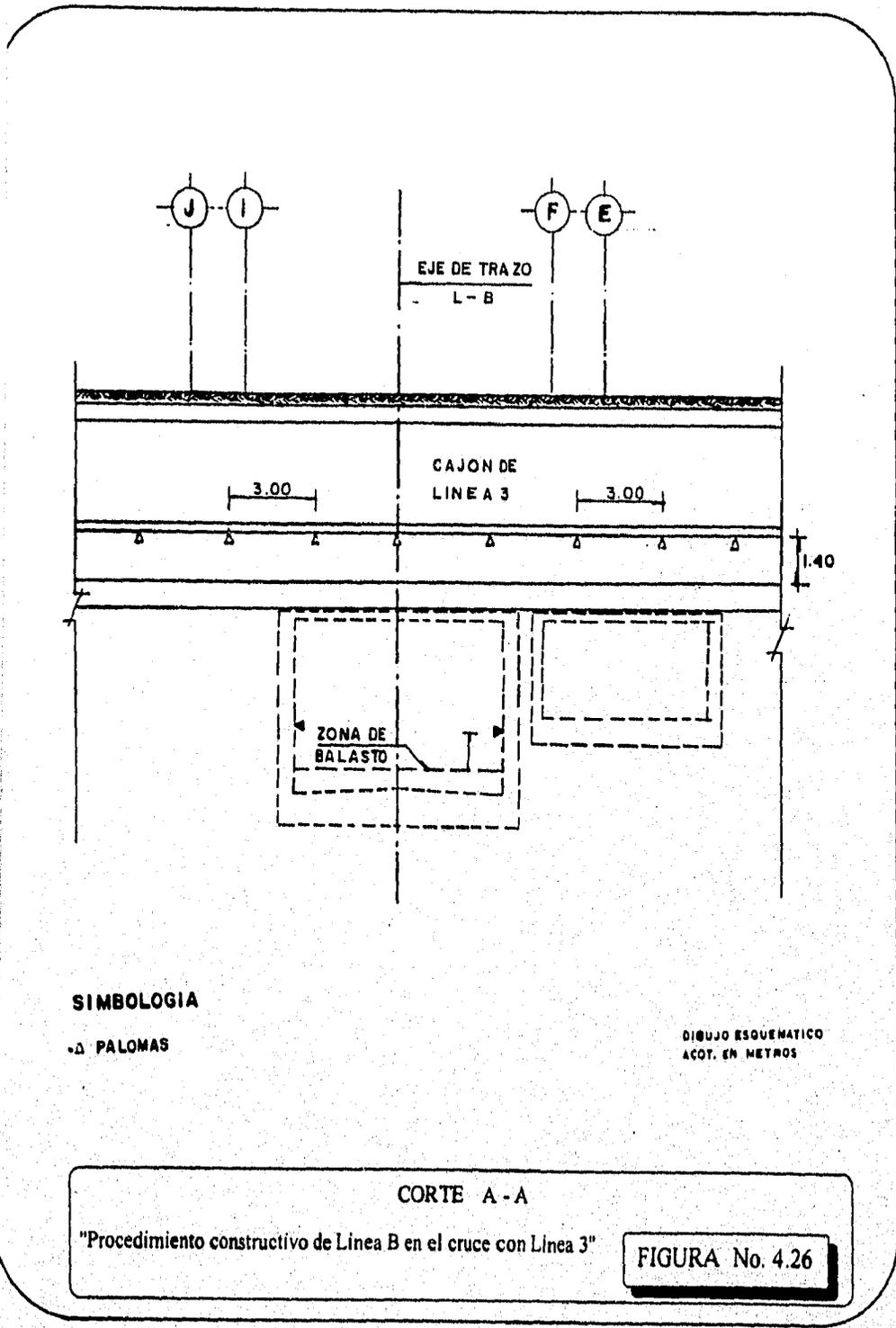
FIGURA No. 4.22





**LIMITES DE GRANULOMETRIA ESPECIFICADOS PARA EL CONCRETO LANZADO**  
 "Procedimiento constructivo de Linea B en el cruce con Linea 3" **FIGURA No. 4.24**





**TIPO DE PUNTALES**

PUNTAL	NIVEL DE PUNTAL	LONGITUD DE PUNTAL
<b>P T - 1</b>		
1ro	27.80 m.	14.75
sustitución	26.30 m.	13.25
2do	23.94 m.	14.75
3ro	22.30 m.	14.75
4to	19.60 m.	14.75
sustitución	18.60 m.	13.25
5to	16.60 m.	14.75
<b>P T - 2</b>		
3ro	22.30 m.	11.0
4to	19.60 m.	11.0
sustitución	18.60 m.	9.75
5to	16.60 m.	11.0
<b>P T - 3</b>		
1ro	27.80 m.	16.50
sustitución	26.30 m.	15.00
2do	23.94 m.	16.50
<b>P T - 4</b>		
1ro	27.80 m.	18.00
sustitución	26.30 m.	16.50
2do	23.94 m.	18.00
<b>P T - 5</b>		
los 5 niveles		1.50
<b>P T - 6</b>		
1ro	27.80 m.	5.75
sustitución	26.30 m.	4.00
2do	23.94 m.	5.75
<b>P T - 7</b>		
1ro	27.80 m.	14.75
sustitución	26.30 m.	13.25
2do	23.94 m.	14.75

**TIPO DE PUNTALES**

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

**TABLA No. 1**

**TIPO DE PUNTALES**

PUNTAL	NIVEL DE PUNTAL	LONGITUD DE PUNTAL
<b>P T - 8</b>		
1ro	27.80 m.	5.50
sustitución	26.30 m.	3.50
2do	23.94 m.	5.50
<b>P T - 9</b>		
1ro	27.80 m.	1.50
2do	23.94 m.	1.50
<b>P T - 10</b>		
1ro	28.30 m.	10.75
sustitución	28.04 m.	8.25
2do	25.10 m.	8.00
<b>P T - 11</b>		
3o	21.74 m.	4.75
sustitución	21.24 m.	2.75
4to	19.10 m.	4.75
<b>P T - 12</b>		
3ro	21.74 m.	2.05
4to	19.10 m.	2.05
<b>P T - 13</b>		
3ro	22.30 m.	7.25
4to	19.60 m.	7.25
sustitución	18.60 m.	5.75
5to	16.60 m.	7.25
<b>P T - 14</b>		
1ro	28.84 m.	3.50
2do	27.04 m.	3.50
<b>P T - 15</b>		
1ro	28.84 m.	1.50
2do	27.04 m.	1.50

**TIPO DE PUNTALES**

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

**TABLA No. 2**

**TIPO DE PUNTALES**

	NIVEL DE PUNTAL	LONGITUD DEL PUNTAL	TIPO
P T - 16			
1ro	28.30	variable	12" ced. 40
sustitución	28.04	variable	12" ced. 40
2do	25.10	variable	12" ced. 40
PT-17 (sust.)	18.60	3.80 m	Ø=20" ced. 30
PT-18 (sust.)	16.60	1 m	Ø=20" ced. 30 6 4x6" X 3/4" (53 X 50)
PT-19 (sust.)	21.24	4.10 m	Ø=14" ced. 30
PT-20 (sust.)	20.20	2.60	Ø=18" ced. 40

**NOTA:**

La longitud indicada ya incluye el espacio correspondiente a los "Quesos" de madera.

**TIPO DE PUNTALES**

"Procedimiento constructivo de Línea B en el cruce con Línea 3"

**TABLA No. 3**

# **CAPITULO 5**

## **CONCLUSIONES**

### 5.1 Cambios en el proyecto.

En el inicio de las primeras etapas en la construcción del cruce, surgieron una serie de imprevistos en la zona por construir, ya que en proyecto se indica un procedimiento constructivo a seguir; el cual, debe de respetarse, así como los tiempos de inicio y término para cada una de las etapas. Si se tomaran en cuenta especificaciones y boletines que el proyectista indica en su oportunidad, no se originarían atrasos en la obra.

A continuación se describen los problemas que se presentaron durante el inicio de actividades de las primeras etapas para el cruce.

1. Debido a la gran cantidad de filtraciones presentadas en las uniones de los muros estructurales en el cajón, tramo o estación, por órdenes de la DGCOSTC, se empezó a implementar una junta de unión de cloruro de polivinilo (PVC), esto con el fin de poderlas disminuir y controlar.

Esta banda de PVC presenta las siguientes características: (Ver figura 5.1)

- 22.86 cm de ancho.
- Uso rudo.
- Estriado con bulbo central.
- Se colocará antes del colado en losas de fondo, de techo y en muros estructurales del cajón del metro.
- La prueba de temperatura de fragilidad se realizará a 236 K (-37°C), dentro de la cual no debe observarse ninguna señal de falla como agrietamiento o astillamiento.

Para su colocación se usará cimbra metálica fabricada con las características que se muestran en la figura 5.2a, y se pondrá en la buña que existe en la cimbra con la finalidad de poderla manejar sin que se presenten dobleces.

## Capítulo 5 - 200

Una vez colocada la cimbra con la banda PVC en la frontera del elemento que se pretende calar, la parte de la banda que queda libre en la cimbra está lista para colocarla en el siguiente muro estructural, rigidizándola por el método de el alambre de acero recacido y separador de plástica, como se indica en la figura 5.2b.

La unión entre bandas deberá ser termosaldado, debiendo quedar sin bolsas de aire, ni huecos, ni rupturas, para así obtener una unión impermeable.

2. En la Zona de Subestación ( Ver figura 5.3a y 5.3b ), dos de los muros que colindan con la zona de Línea 3, por proyecto se indicaban altas hasta el nivel del terreno natural, pero debido a su apuntalamiento y procedimiento constructivo ( excavación, colada y cimbrado ), se propuso por parte del proyectista el hacerlos chaparros para que su apuntalamiento sea al muro estructural más cercano (muro de L-3) que el indicado en proyecto (Ver fig: 5.4a y 5.4b).

3. Como ya se vio que al no respetar las tiempos de excavación, estructuración y colocación de los elementos que se indiquen en proyecto, se crean problemas imputables al contratista por la falta de seguimiento a las especificaciones que éste marca.

Esto fue una causa por la cuál ocurrió un caído de un bragal en una de los muros chaparros del lado sur-poniente (ver figura 5.5). Para darle solución a este tipo de problemas el proyectista de ICA-INGENIERIA , dio cabida a lo siguiente:

En relación con el cruce de Línea 3, en particular con el muro chaparro en el que ocurrió la falla del suelo, se comenta la forma de recuperarla:

Previo al inicio de cualquier trabajo deberá llevarse un control de los edificios aledaños, así como del cajón de la Línea 3 existente.

## Capítulo 5 - 201

El proceso de recuperación consistirá en construir un muro a base de viguetas hincadas con una separación de 90 cm entre ellas intraduciéndolas en la zanja rellena actualmente de grava.

El procedimiento de hincado será tal que se hincen primero las dos viguetas extremas del muro, alternando posteriormente las viguetas faltantes pero partiendo siempre de los extremos hacia el centro (Ver figura 5.6).

Una vez hincadas las viguetas, se procederá a realizar la inyección de consolidación con objeto de mejorar las propiedades del suelo durante la excavación y evitar cualquier falla bajo Línea 3.

- Deberá tenerse cuidado que la trayectoria no choque con las viguetas hincadas.
- La inyección de cada barreno, deberá efectuarse en progresiones. El sentido de avance de las progresiones será inversa al de perforación, es decir, la inyección se iniciará a partir de la profundidad máxima del barreno y se llegará hasta la boquilla del mismo.

Es condición necesaria que previamente se hayan efectuado los trabajos de inyección, esto es por lo menos 48 horas antes de que el frente de excavación pase por la zona tratada.

### *PROCEDIMIENTO DE INYECCION.*

- Se demolerá la losa de Línea 3 en la zona de inyección y se procederá a colar un firme de 5 cm de espesor, con objeto de facilitar el proceso de inyección. Durante la colocación del firme se deberán dejar preparaciones para la futura inyección, de tal manera que se pueda realizar la borrenación del suelo y su posterior inyección. Estas preparaciones consistirán en dejar segmentos de tuba de PVC de 4" de diámetro, rellenos con papel húmedo.

- Se colocará una boquilla debidamente anclada al firme en cada uno de los sitios donde se efectuarán los barrenos.

## Capítulo 5 - 202

- Para llevar a cabo la inyección de consolidación, se efectuarán perforaciones con la inclinación marcada en la figura 5.7, de 3" de diámetro con la longitud y distribución indicadas en la misma figura.

Para garantizar la estabilidad de los barrenos, estas podrán ademarse con ademe metálico, enseguida se procederá a instalar el tubo de inyección (tubo de manguitos).

- En cada uno de los barrenos se efectuarán tres fases de inyección: La primera fase corresponderá a la inyección de vaina, la cual se hará en progresiones de 1.0 m de longitud cada una, iniciándose desde la profundidad máxima del barreno correspondiente. La segunda fase corresponderá al tratamiento de inyección la cual se efectuará en progresiones de 0.50 m de longitud cada una. La tercera fase será la inyección de bloqueo, que se ejecutará en progresiones de 0.50 m de longitud cada una.

El sentido de avance de las progresiones será a partir de la máxima profundidad del barreno.

Con el fin de conocer la presión de inyección en cada una de las progresiones, deberán instalarse manómetros en la entrada de cada barreno.

### *FASES Y PRESIONES DE INYECCION.*

#### 1a. Fase.

#### **INYECCIÓN DE VAINA**

Tiene por objeto fijar el tubo de inyección al terreno, lo cual se realizará con una mezcla estable de cemento-agua-bentanito (c/a) cuya relación será de 0.33, con el 20% de bentonita (en peso del cemento). Esta inyección se efectuará con una bomba neumática o eléctrica.

2a. Fase.

TRATAMIENTO DE INYECCION.

Se inyectará una lechada de cemento-agua-bentonita con un proporcionamiento tal que la relación de cemento-agua (c/a) sea de 0.57, añadiéndole el 0.8% de bentonita (en peso del cemento) para estabilizar la mezcla. Esta lechada deberá contener un acelerante de fraguado tipo SIKA o similar en proporción de 3.0% con relación al peso del cemento. El cemento a utilizar será Tipo I.

La presión de inyección para romper la vaina será de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ , si han transcurrido no más de siete días, la cual se aplicará de manera rápida suspendiéndola inmediatamente.

La segunda fase de inyección se efectuará en un tiempo no mayor de siete días a partir del momento en que se haya concluido la primera fase.

3a. Fase.

INYECCION DE BLOQUEO.

En esta fase se inyectará una lechada de cemento-agua-bentonita con un proporción cemento-agua (c/a) de 0.3, añadiéndole 5.0% de bentonita (en peso del cemento) para estabilizar la mezcla.

En esta fase se deberá agregar un aditivo acelerante de fraguado similar y en la proporción que se indica en la segunda fase.

Las presiones de inyección que se utilizarán en la segunda y tercera fases para cada una de las progresiones, de acuerdo con la elevación a la que se inyecte el barreno, serán las siguientes:

TABLA "A"

NIVEL DE BARRENOS (m de profundidad)	PRESION DE INYECCION kg/cm <sup>2</sup>
De 0.0 a 2.0	0.68
De 2.0 a 4.0	0.88
De 4.0 a 6.0	1.08
De 6.0 a 8.0	1.28
De 8.0 a 10.0	1.48
De 10.0 a 12.0	1.68
De 12.0 a 14.0	1.88

El nivel se tomará a partir del nivel de piso terminado de la Linea 3 existente.

Los volúmenes de inyección máximos por inyectar en cada progresión serán los siguientes:

TABLA "B"

FASE	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
2a. Fase	8.80 m <sup>3</sup>
3a. Fase	5.90 m <sup>3</sup>

Después de inyectar cualquier fase, se deberá reperforar y lavar el tubo de inyección.

La inyección de cada progresión y cada fase se considerará concluida cuando se inyecten los volúmenes especificados cuidando de no rebasar las presiones antes indicadas para lograr dichos volúmenes; las presiones de inyección podrán incrementarse como máximo un 10%.

## Capítulo 5 - 205

Cabe aclarar que en caso de introducir los volúmenes indicados sin haber alcanzado la presión especificada correspondiente, se procederá a inyectar un volumen máximo adicional de 0.5 m<sup>3</sup>, sin rebasar las presiones establecidas en las tablas "A" y "B".

4. Con objeto de evitar caídos durante la excavación, se realizará la inyección de un barreno adicional en la zona por excavar, ver figura 5.7. Dicho barreno se realizará de acuerdo con las indicaciones marcadas anteriormente en cuanto a presiones y volúmenes de inyección.

En lo que respecta al procedimiento constructivo, se realizará de acuerdo a lo siguiente:

a) Una vez realizado el hincado de viguetas y la inyección de acuerdo con lo antes mencionado, se procederá a realizar la excavación, no antes de 24 hrs de realiza dicha inyección.

b) La excavación empezará a partir del nivel de terreno natural demoliendo el pavimento existente. La secuencia de etapas e inclinación de taludes se mencionarán en el Capítulo 4, ya descrito anteriormente.

c) Una vez descubierto el primer nivel de puntales, se procederá a colocar la vigueta madrina, soldándola a los viguetas hincados.

d) Soldada la vigueta, se procederá a colocar los puntales indicados en el proyecto, sus características y distribución se indican en las figuras 5.8a a 5.8c.

e) Una vez colocado el primer nivel de puntales se continuará la excavación alternándolo con la colocación de vigas madrina y apuntalamiento, quedando entendido de que no se podrá continuar con dicha excavación si no se colocan los puntales correspondientes.

Los puntales apoyados sobre la estructura de contención tendrán una precarga de 30 toneladas.

La estructura de contención, viguetas, tableros y polines quedarán perdidos durante el colado de los muros.

5. La Constructora de acuerdo con la DGCOSTC, proponen una reprogramación de obra, para así poder cumplir con lo estipulado en proyecto y no tener un atraso en avance de obra. Por lo tanto proponen iniciar la construcción del cruce en sentido de oriente o poniente, es decir, en sentido opuesto al indicado inicialmente.

Para obtener lo propuesto El proyectista establece lo siguiente:

- Por proyecto el muro tapón que existe entre el cruce de L-3 con L-B y el tramo Guerrero-Garibaldi, su apuntalamiento se realiza en el sentido con lo indicado en la figura 5.9.

Para que no se hubiese un nuevo atraso en el avance de obra, el proyectista establece lo siguiente:

- Con relación al grado de estructuración requerida para poder iniciar la excavación de las áreas adyacentes al citado cruce, será necesario cumplir con lo siguiente:

1.) *AREA PONIENTE AL CRUCE*

Será necesario que el proceso de estructuración de la cabecera oriente de Guerrero L-B, haya alcanzado por lo menos el nivel de vestibulo en una longitud de avance de 8.0 m mínimo.

De manera adicional se deberá dejar un lastre temporal de 2 ton/m<sup>2</sup> sobre la losa de fondo, o bien, estructurar a nivel de cubierto.

II.) *AREA ORIENTE AL CRUCE.*

Serò necesario haber estructurado al 100% el cajòn del tramo Guerrero-Garibaldi, en una distancia de por lo menos 8.0 m y colocar un lastre temporal sobre la losa de fondo que genere una presiòn de  $2 \text{ ton/m}^2$  en toda el àrea.

Asi mismo cabe aclarar que no es factible realizar la excavaciòn del tramo Guerrero-Garibaldi dejando un tramo de muro tapon en voladizo.

6. Otro imprevisto, es el registrado en el edificio de la STC del primer nivel aledaño al cruce, en el que se presenta una grieta en el muro y losa , èsta es generada debido a una falla en una junta constructiva de L-3, èsta se encuentra en revisiòn para saber con exactitud su origen y asi tener un control sobre la misma.

7. Otro cambio en el proyecto se presenta en el lado Nororiente del cruce, en el cual al llegar al nivel de losa de piso se encuentra el pateo del muro milan mostrado en la figura 5.10 que muestra un desvio en su parte inferior de 24 cm hacia la excavaciòn, ocasionando asi el problema de hincado de tubos metolicas, los cuales se utilizaran como un ademe en el procedimiento constructivo en el cruce como se mencionò en el capitulo 5 .

Dando soluciòn a èste problema, se procede a realizar el rasurado del mismo como se muestran en las figuras 5.11a y 5.11b.

## 5.2 Conclusiones generales.

Del presente trabajo se puede concluir que dentro de la industria de la construcción se presentan diversas contratiempos con los que nos tenemos que enfrentar para tratar de solucionarlo y así poder alcanzar el objetivo deseado.

Es importante señalar que ante un problema, existen diversas soluciones, y es tarea del Ingeniero Civil decidir con acierto tomando en cuenta 3 factores importantes: costo, tiempo y calidad.

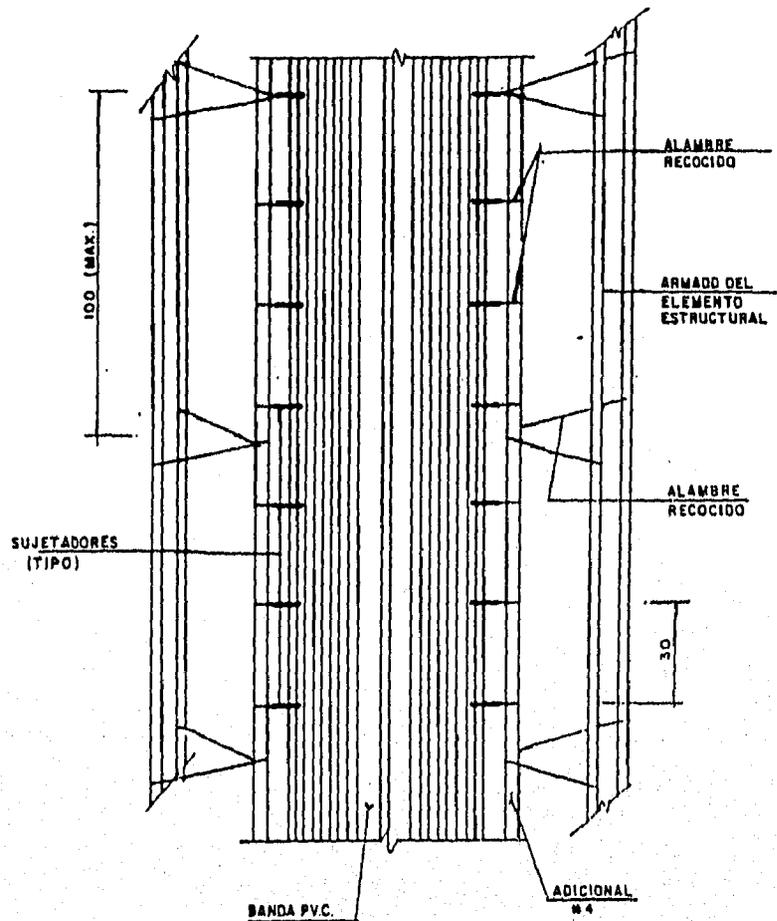
La construcción de una obra de gran magnitud como lo es Línea B del Metro, y en particular la correspondencia con la Línea 3 en Estación Guerrero, sobrelleva éstos problemas y nos muestra los diferentes procedimientos constructivos para llevar a cabo éste cruce.

La Línea B por su trazo a futuro establecerá una rápida comunicación entre la zona centro del Distrito Federal y zona norte del Área Metropolitana que es uno de los puntos de mayor atracción en viajes en la Metrópoli.

La Línea B conectará en su primera etapa 4 Estaciones de correspondencia que integran el Programa Maestro del Metro (PMM) que son Guerrero, Oceanía, Goribaldi y Morelos, que brindarán al usuario una gran opción para un fácil traslado.

Desde su puesto en marcha brindará una mejor distribución de la demanda de las líneas del Metro.

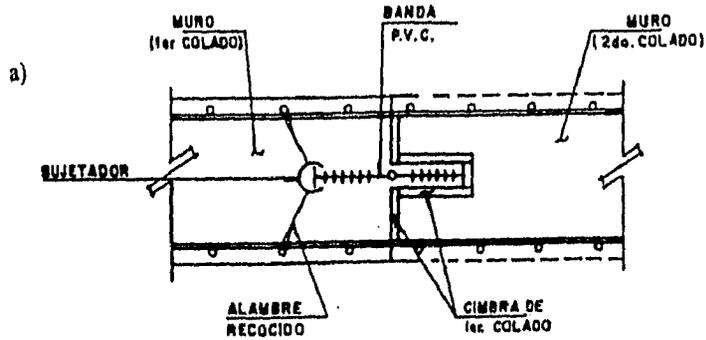
El Metro sigue siendo la columna vertebral del transporte, por lo que es necesario continuar con este tipo de obras, que nos ayudará a resolver los problemas no sólo de calidad ambiental y traslado de la población, sino todos los propios que presenta la gran Ciudad de México.



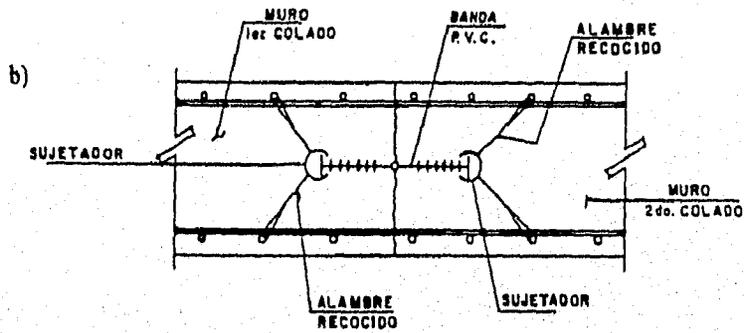
**BANDA DE PVC**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 5.1**



1ra. ETAPA FIJAR LA BANDA DE P.V.C. DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE COLOCACION CORRESPONDIENTE. CIMBRAR Y COLAR PRIMERA PARTE DEL ELEMENTO.

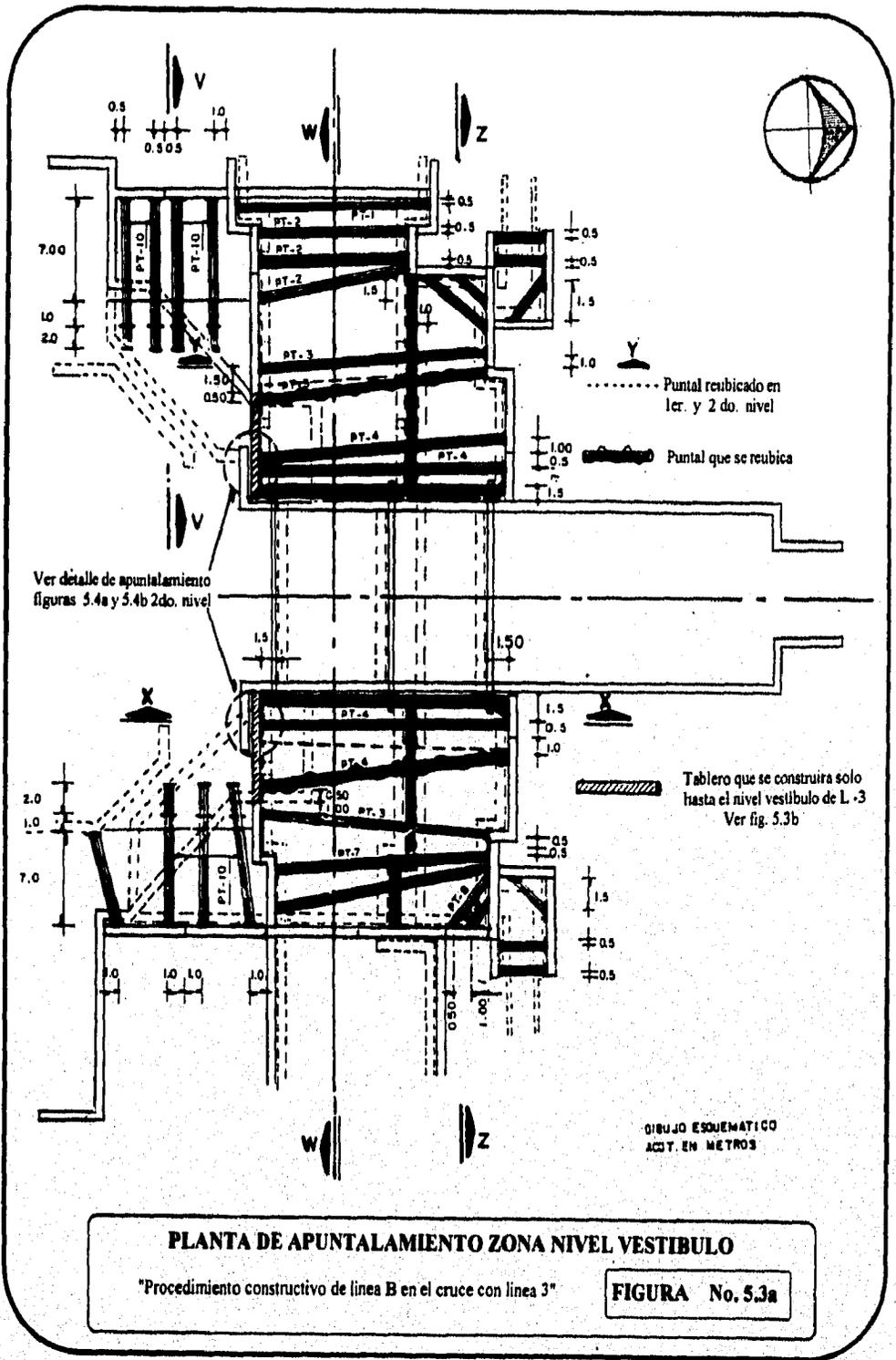


2da. ETAPA RETIRAR CIMBRA, FIJAR EL EXTREMO LIBRE DE LA BANDA DE P.V.C., DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO CORRESPONDIENTE. COLAR 2da. PARTE DEL MURO.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA COLOCACION DE BANDA PVC**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

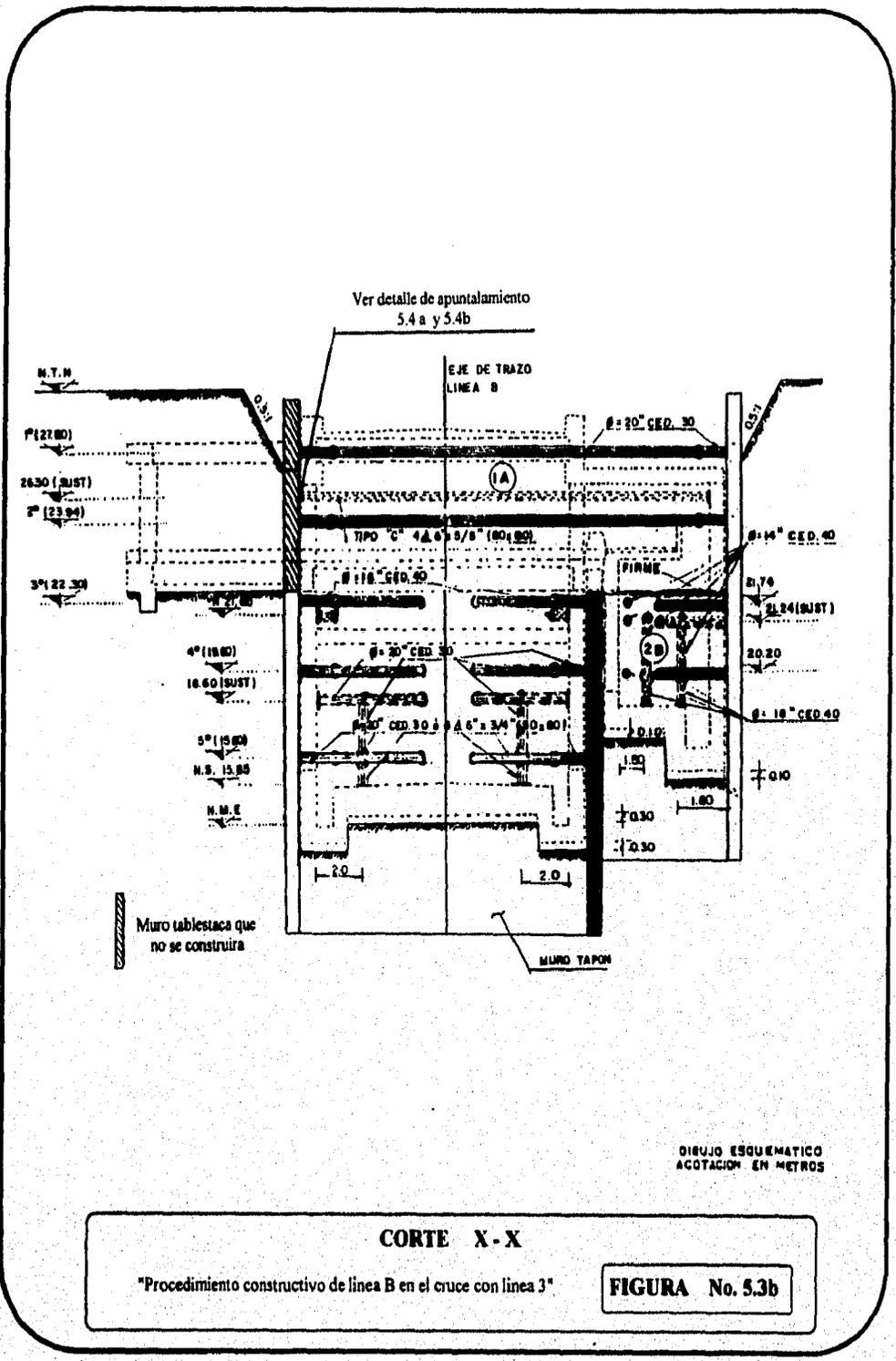
**FIGURA No. 5.2**



**PLANTA DE APUNTALAMIENTO ZONA NIVEL VESTIBULO**

"Procedimiento constructivo de linea B en el cruce con linea 3"

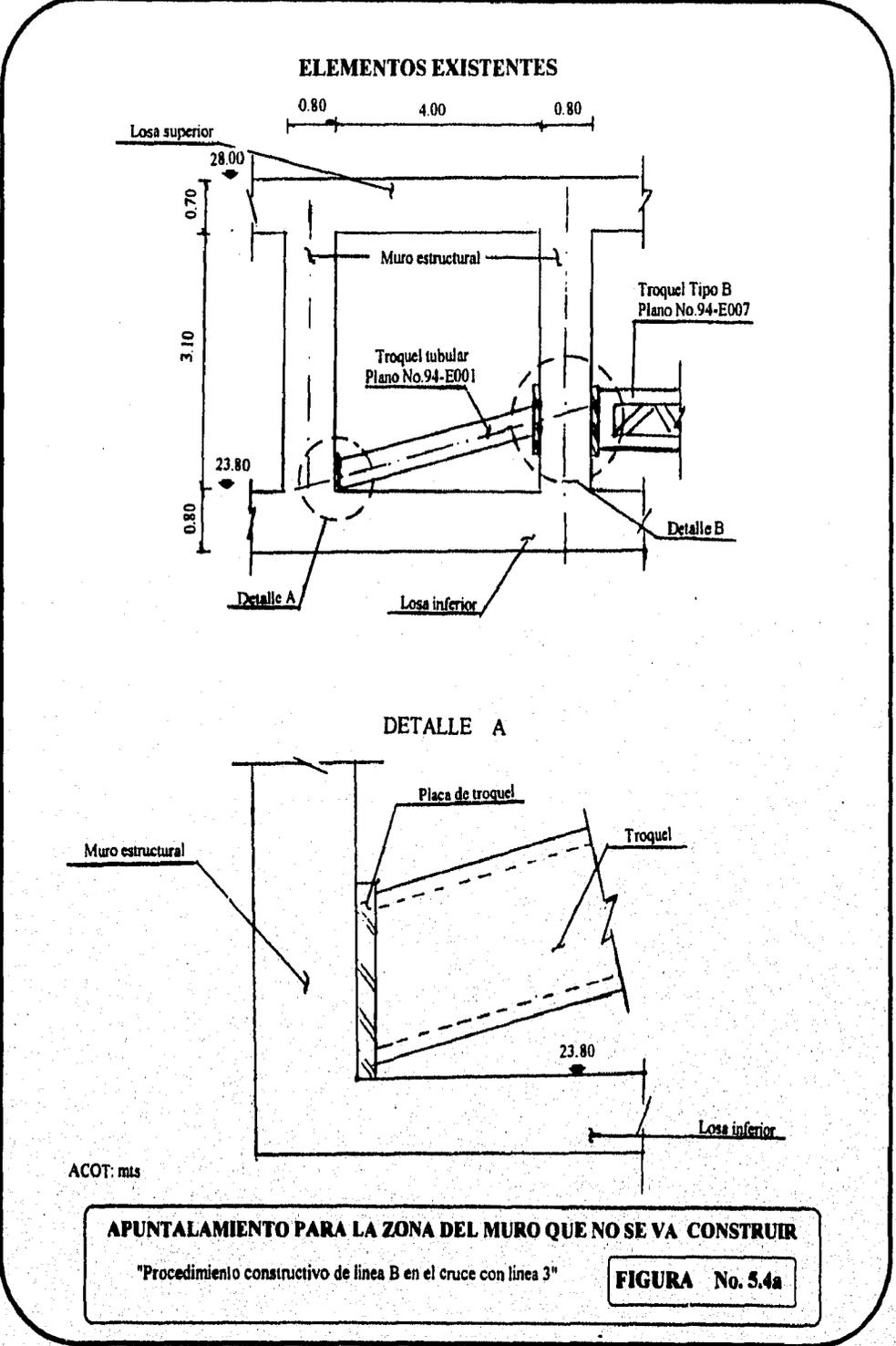
**FIGURA No. 5.3a**

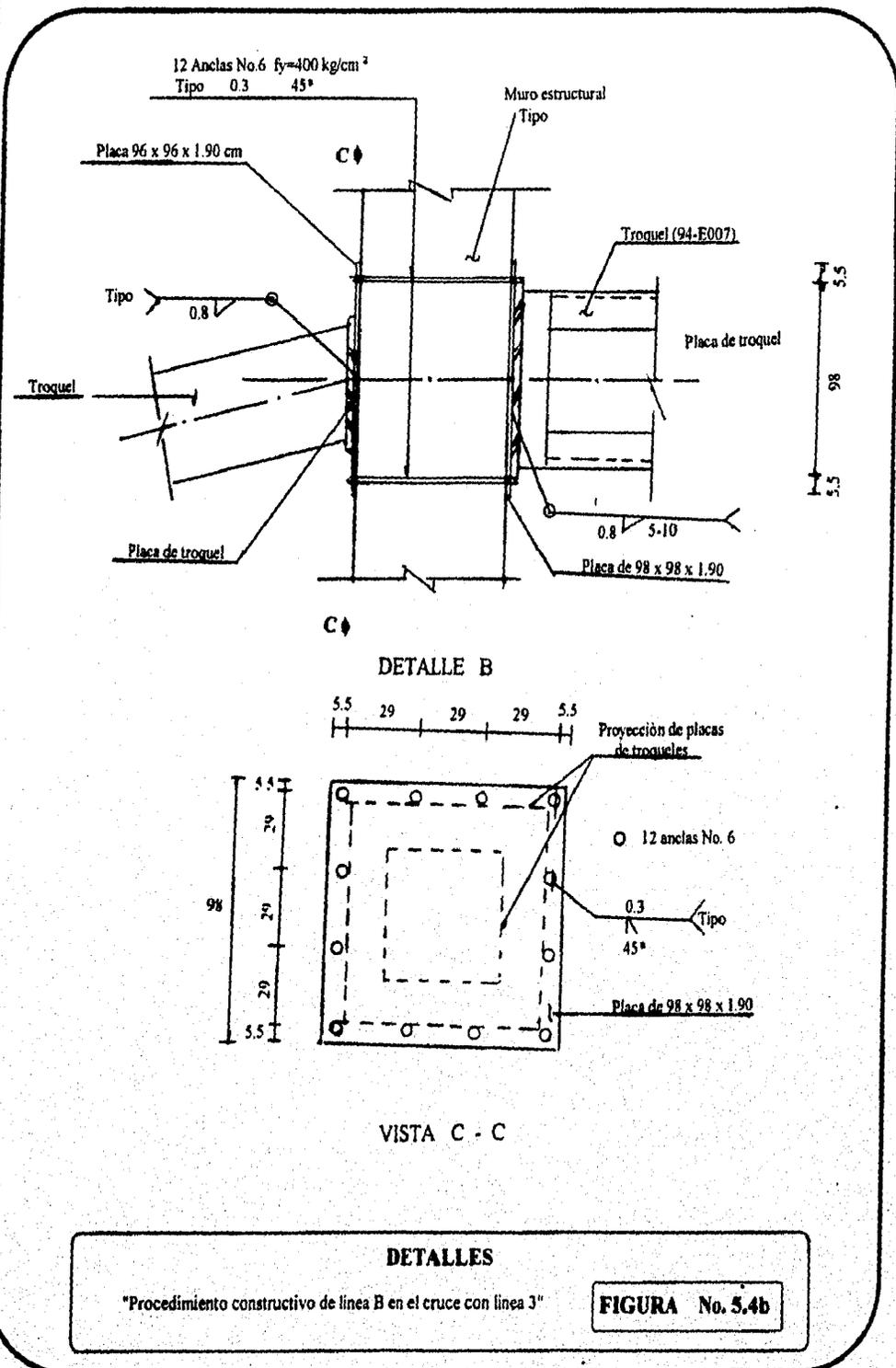


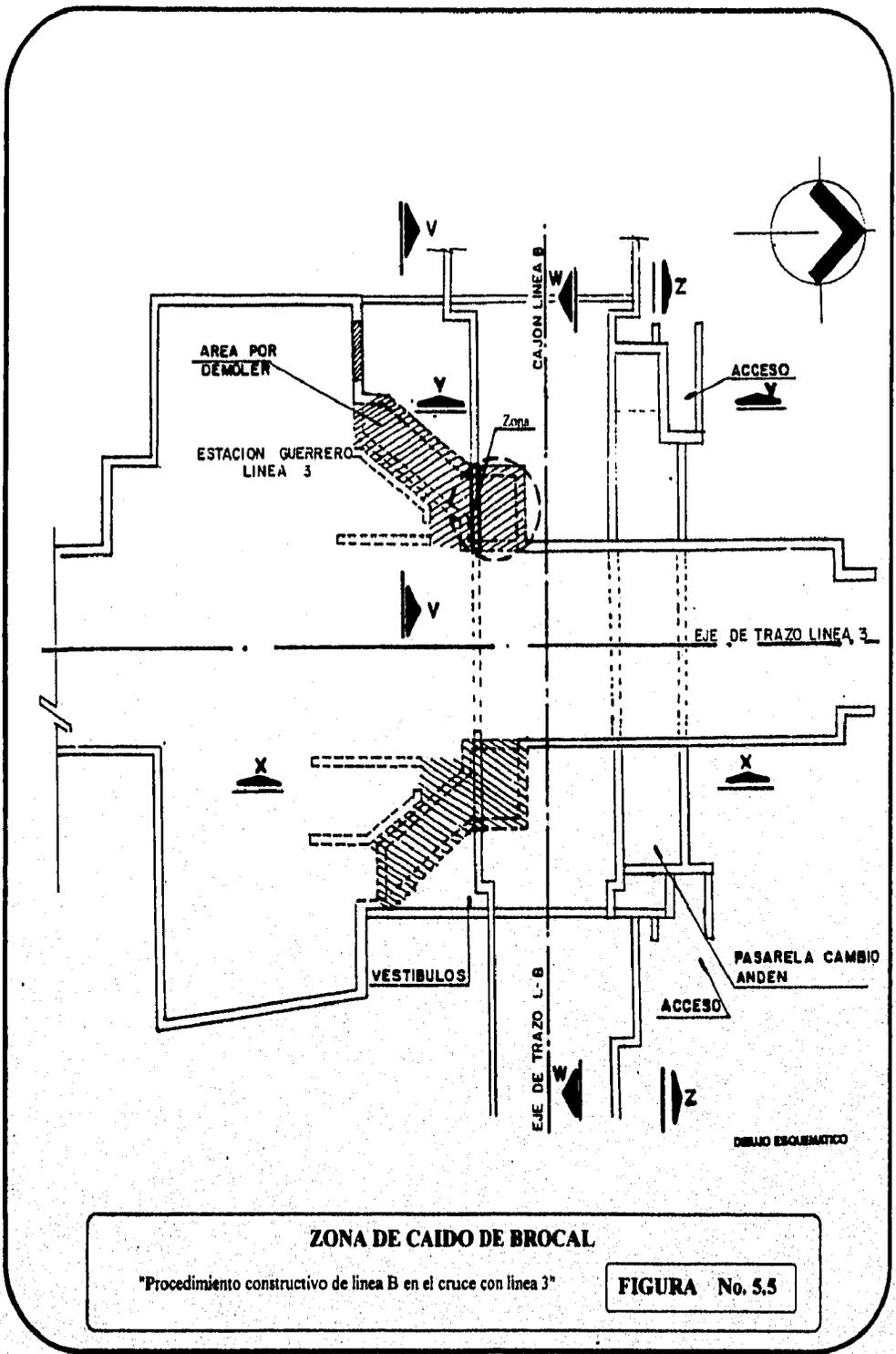
DIBUJO ESQUEMATICO  
ACOTACION EN METROS

Muro tabicada que  
no se construya

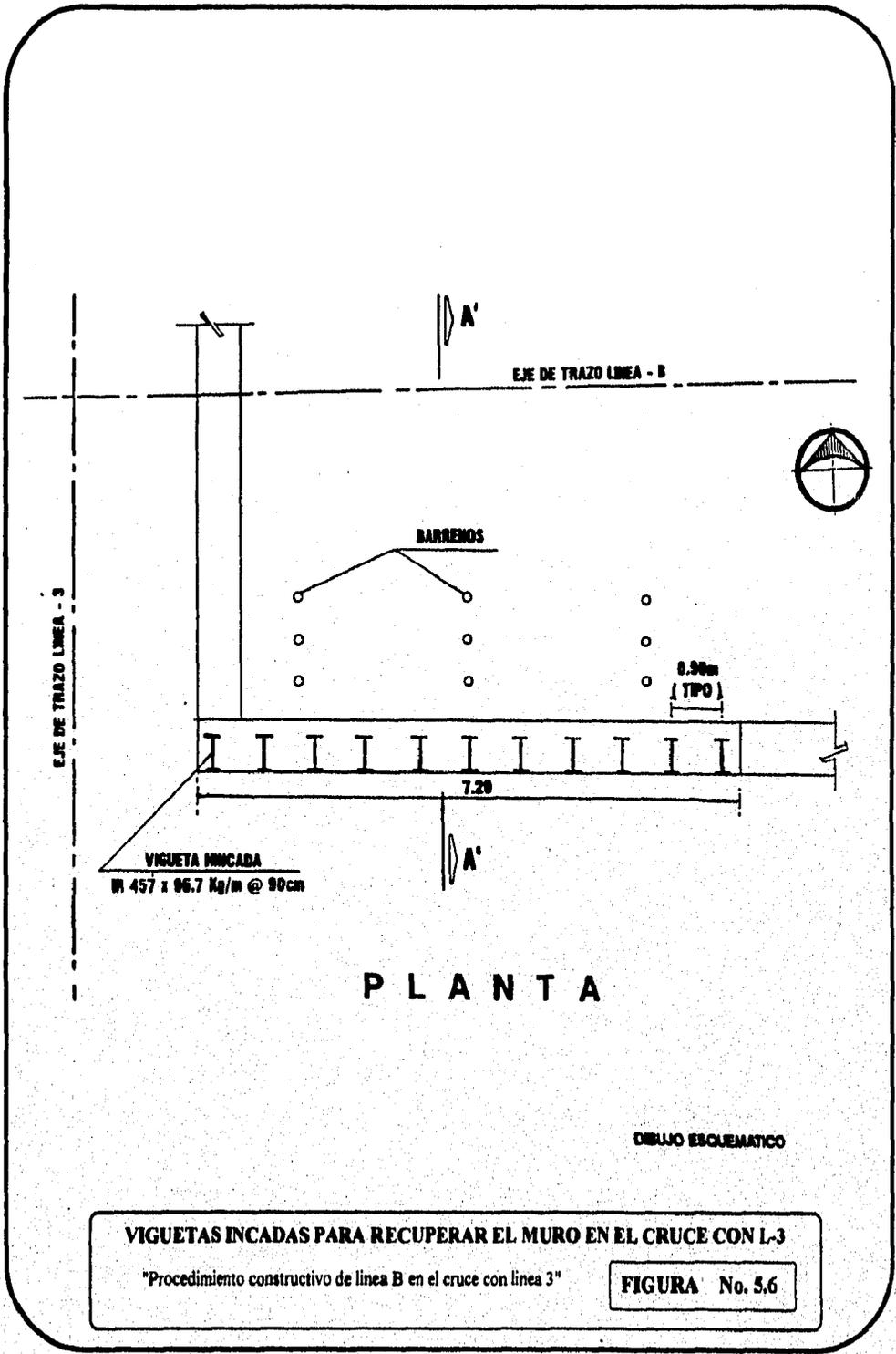
MURO TAPON

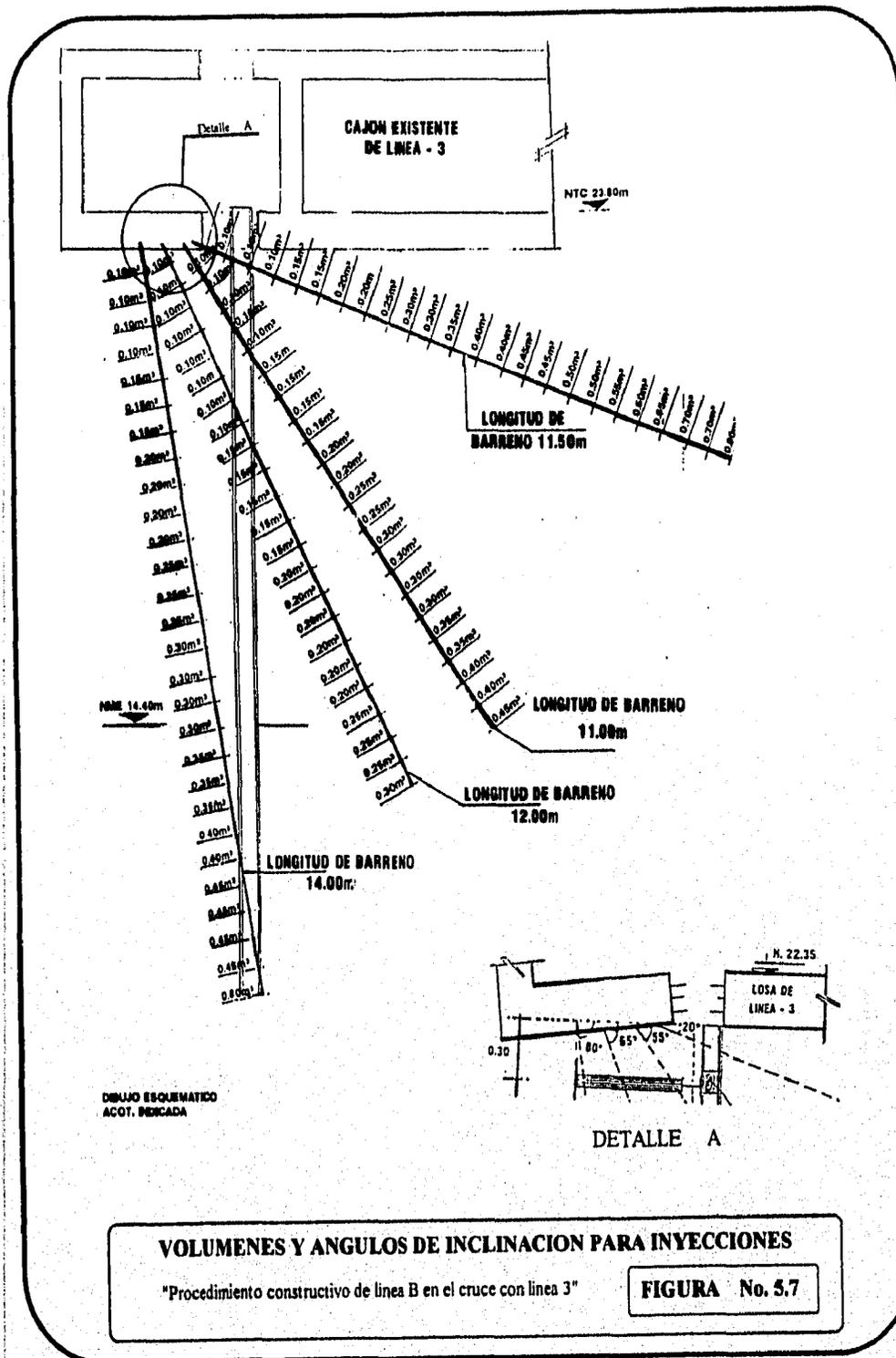






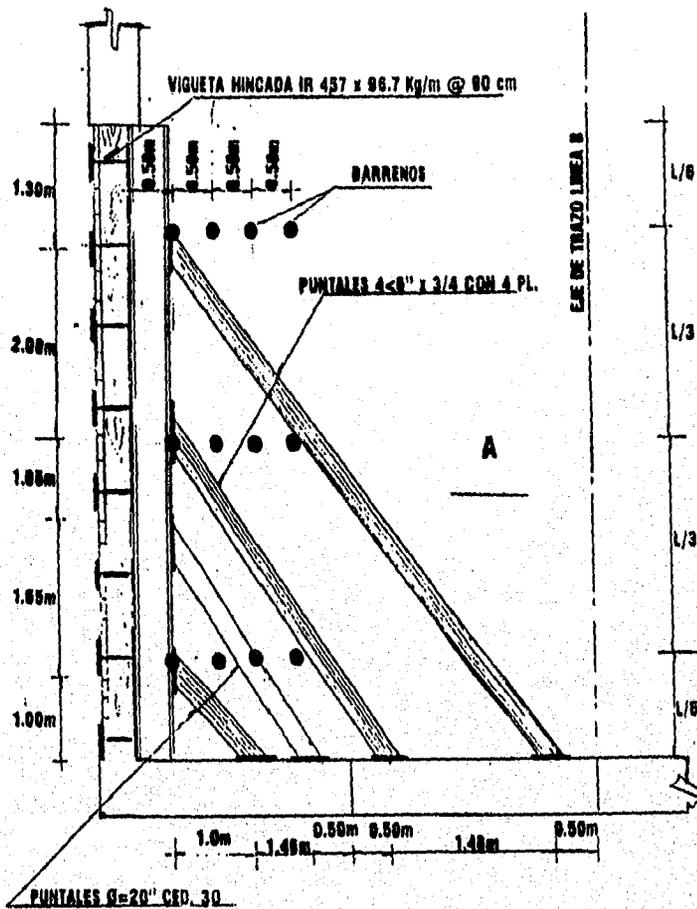
**ZONA DE CAIDO DE BROCAL**  
 "Procedimiento constructivo de linea B en el cruce con linea 3" **FIGURA No. 5.5**







# PLANTA

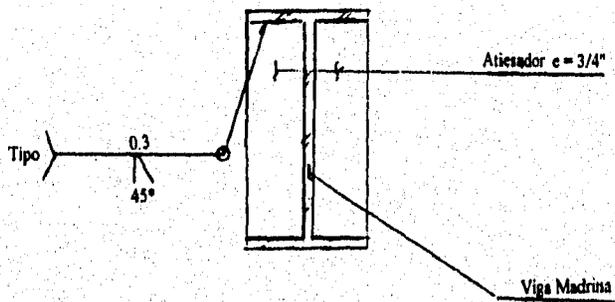
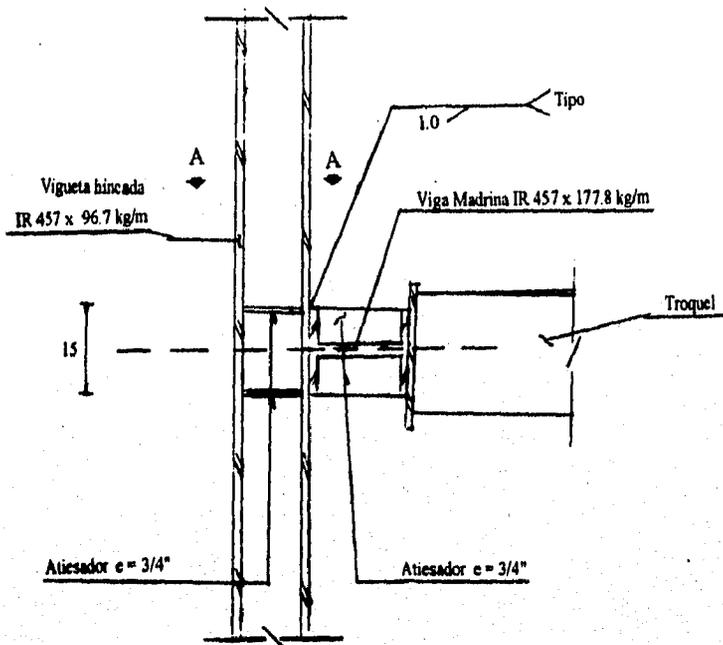


ACOT. EN METROS  
DIBUJO ESQUEMATICO

## APUNTALAMIENTO, UBICACION DE BARRENOS Y VIGUETAS PLANTA

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

FIGURA No. 5.8a

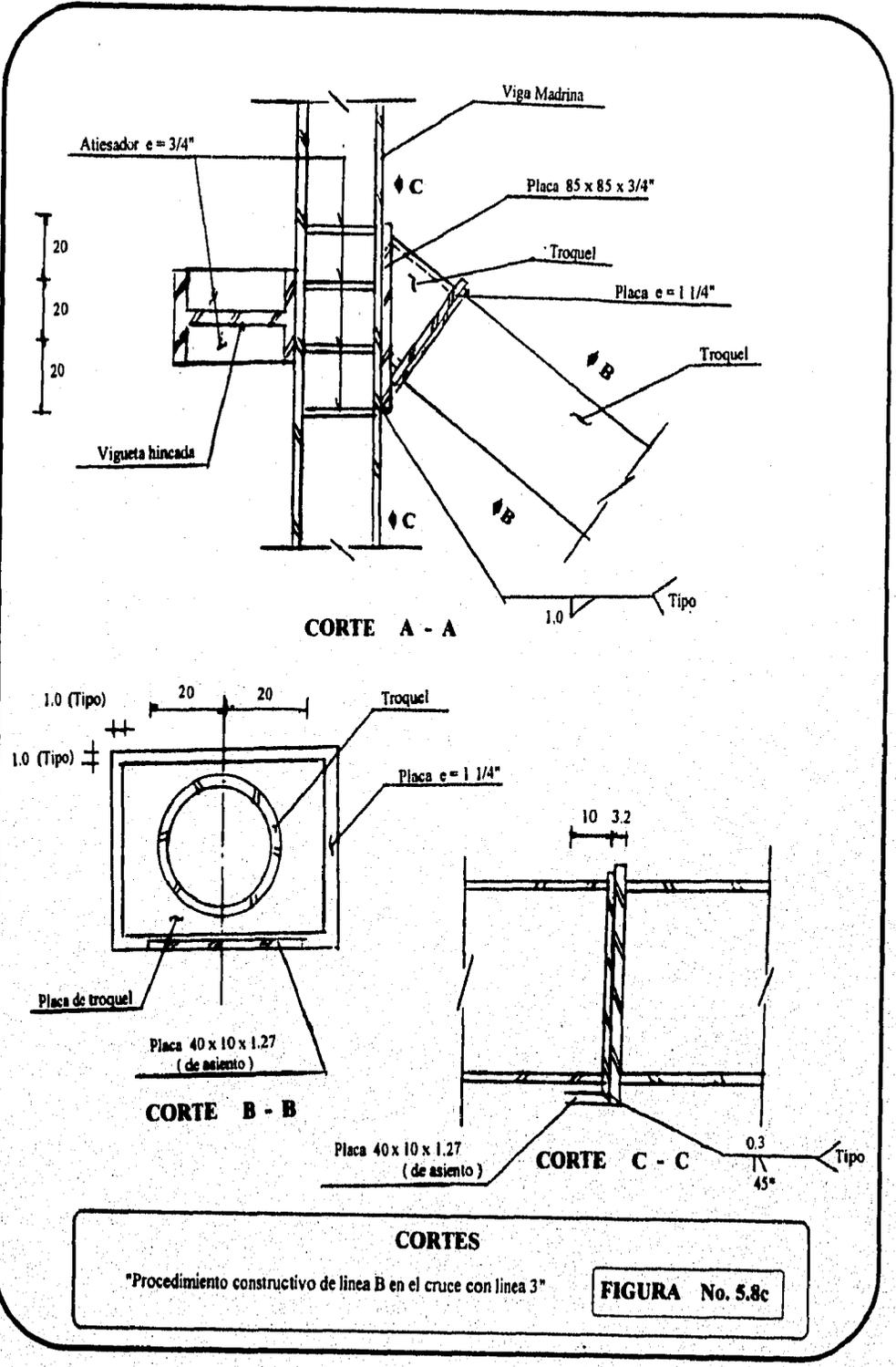


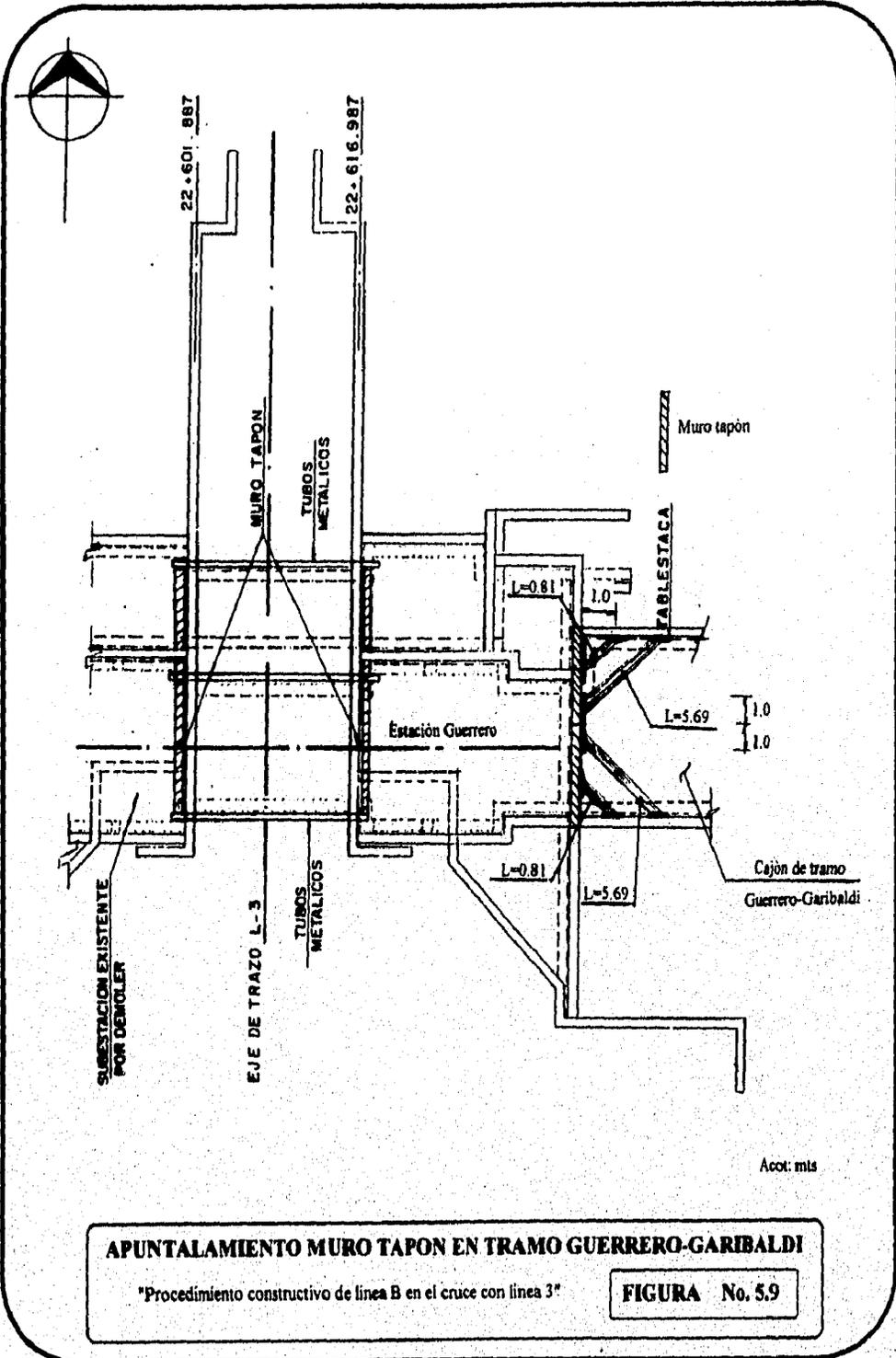
TIPO DE ATIESADOR

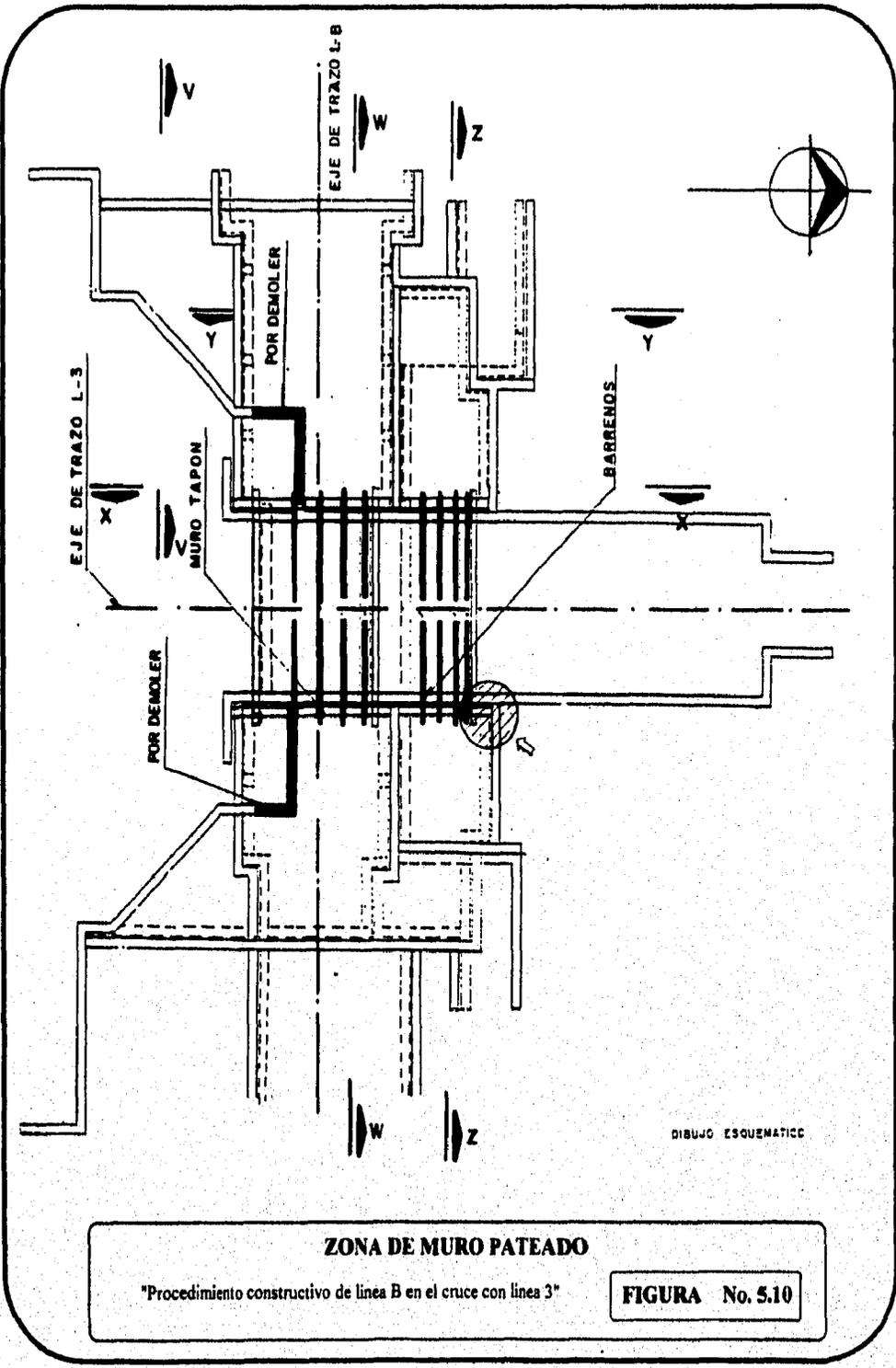
**DETALLE DE APOYO**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 5.8b**



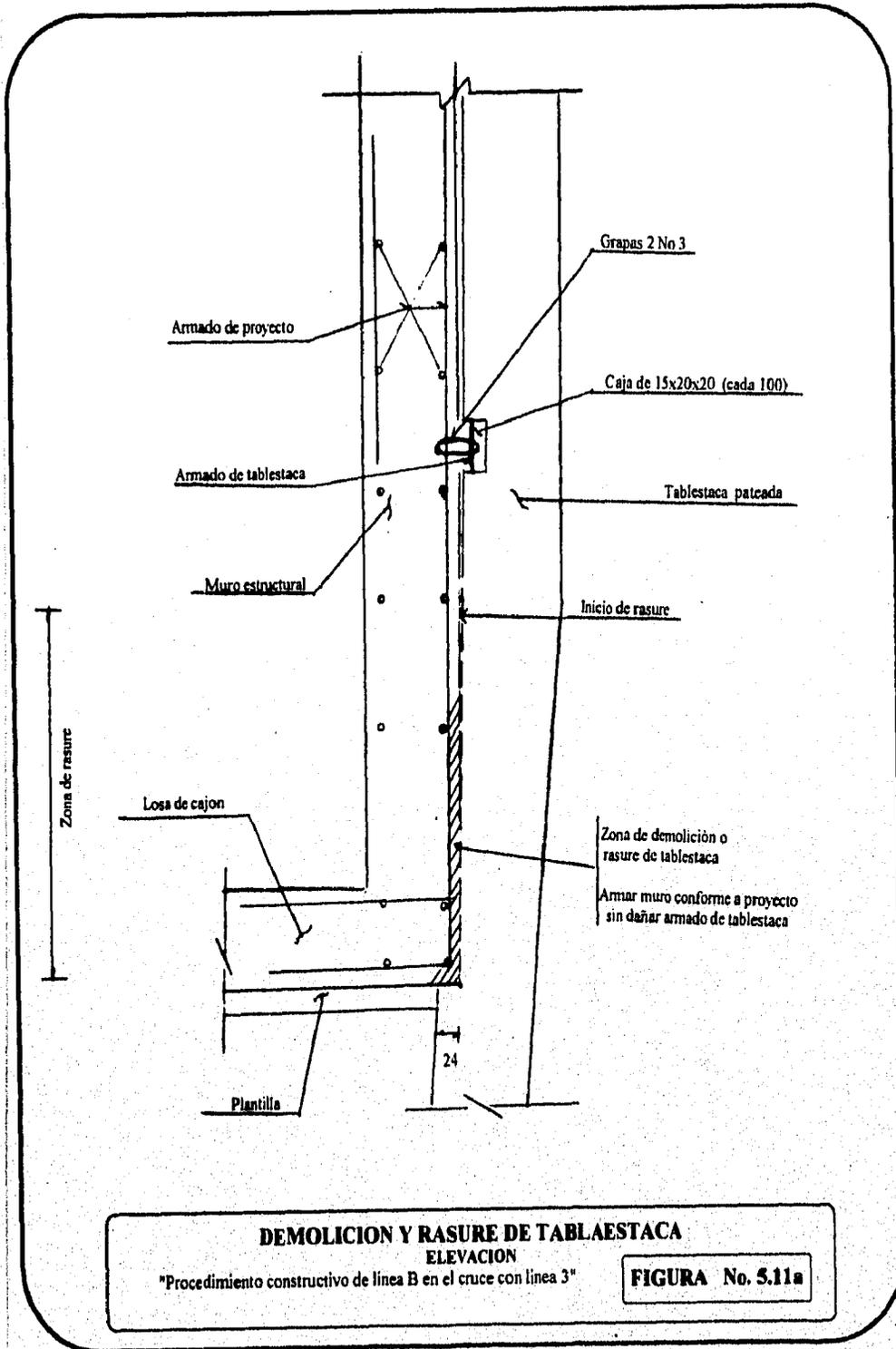




**ZONA DE MURO PATEADO**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 5.10**



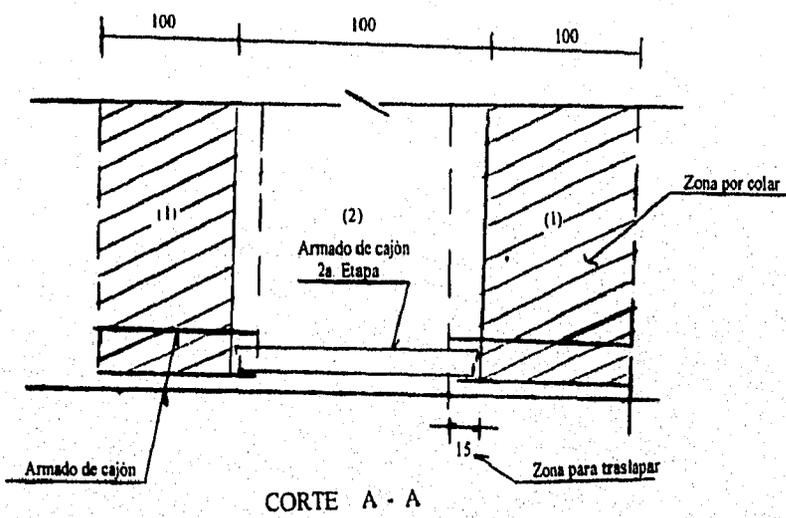
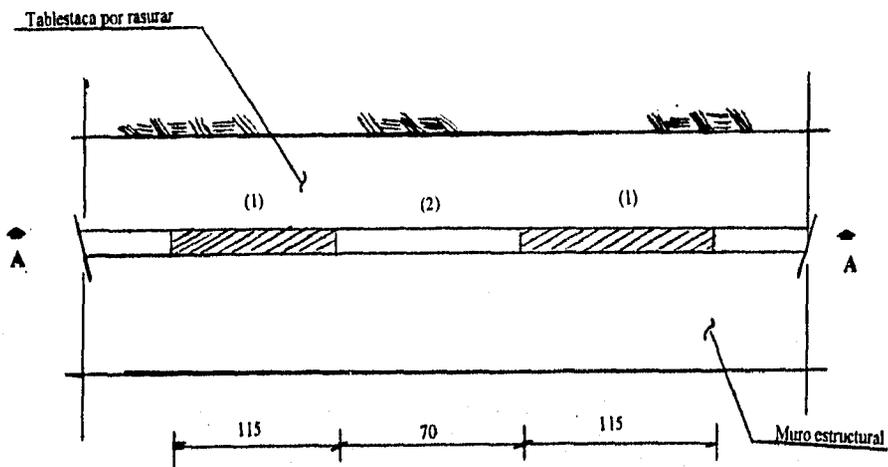
**DEMOLICION Y RASURE DE TABLAESTACA**

ELEVACION

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 5.11a**

(1) (2) Etapas de rasure



DIBUJO ESQUEMATICO

**PLANTA Y CORTE DE RASURE**

"Procedimiento constructivo de línea B en el cruce con línea 3"

**FIGURA No. 5.11b**

**ANEXO**  
**FOTOGRAFICO**

FOTOGRAFIA No.1

Anexo - 226



FOTOGRAFIA No. 2



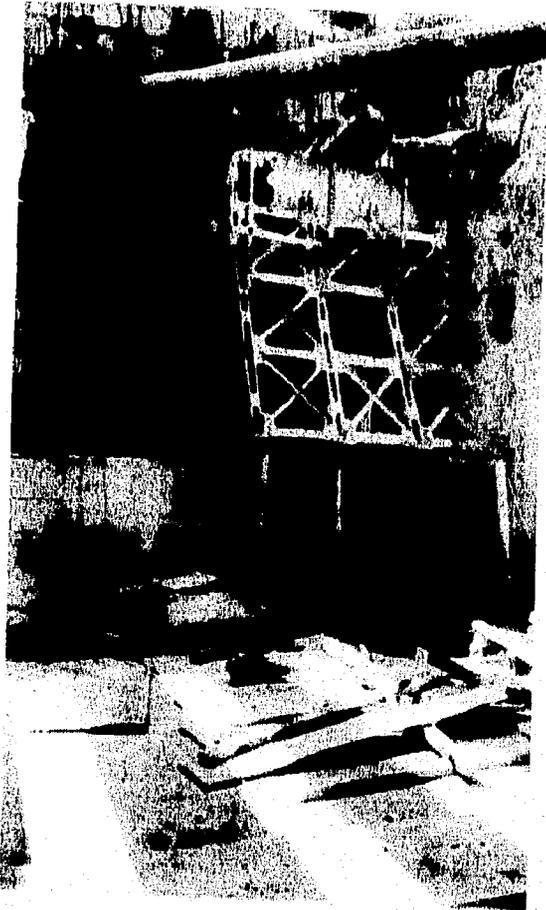
FOTOGRAFIA No.3



La torre (armada de muros tubulares), en  
su parte superior se encuentra en su parte  
superior una estructura que sirve como andamio en la  
construcción del templo de Santa Marta en el barrio  
de San Mateo.



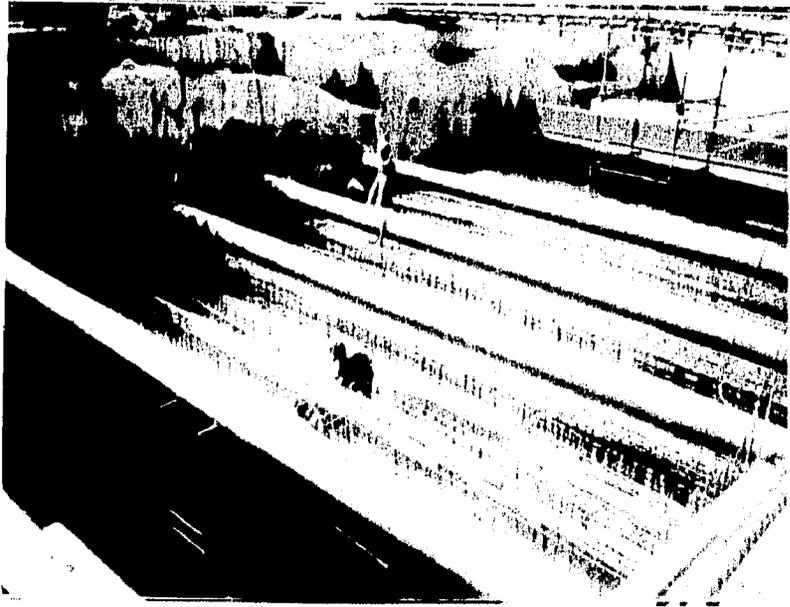
FOTOGRAFIA No.6



Detalle y detalle del resto estructural que  
se encuentra en la parte del canal del Molino con un ancho de  
aproximadamente 10 metros. Asimismo se aprecia el tipo  
de construcción que se utilizó en las cercanías de  
la obra.

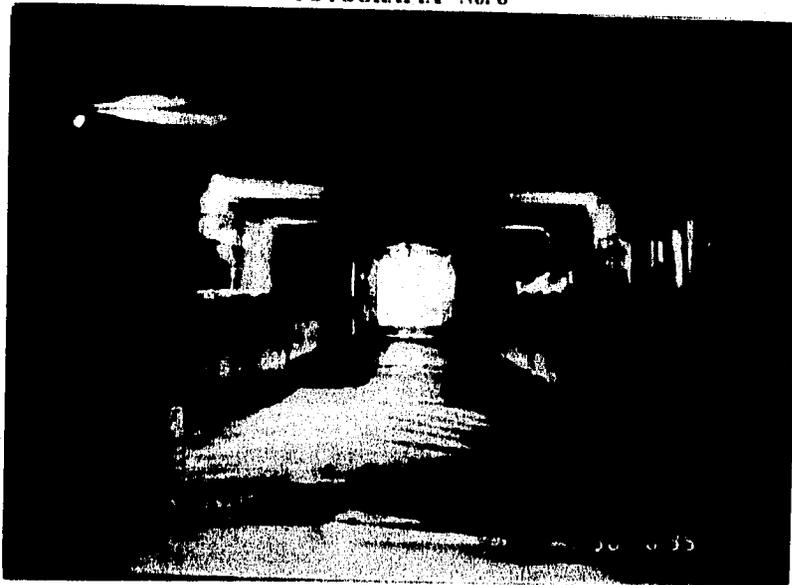
FOTOGRAFIA No.7

Anexo - 230



Una de las grandes salinas profundas, con sus  
múltiples niveles de extracción. En la parte superior  
se ve a un trabajador.

FOTOGRAFIA No. 8



Vista longitudinal de la Fitorción, la cual muestra el  
corte totalmente estructurado.

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

### *ESPECIFICACIONES Y PLANOS*

- Especificación general de instalación, interpretación y seguimiento de la instrumentación de tramos y estaciones. 01-01-E-1
- Especificación general para instalación y medición de la instrumentación en la Estación Guerrero. 10-51-E-1
- Especificación para la instalación al cruce de Estación Guerrero (Cabecera oriente) y tramo Guerrero-Garibaldi de Línea B con Línea 3. 17-203-E-0
- Especificación general del abatimiento del nivel de aguas freáticas por gravedad en las excavaciones. 22-82-E-2
- Especificación general para eliminar filtraciones que se puedan presentar a través de los muros. 24-116-E-1
- Especificación general para estabilización de paredes en las zanjas con lodo bentonítico, durante la construcción de muros colados en sitio. 01-01-E-1
- Especificación general para construcción de bragues en zanjas donde se alojarán muros tablestaca 02-02-E-2
- Especificación general para procedimiento constructivo. 03-03-E-3
- Especificación general para abatimiento de nivel de aguas freáticas. 9-50-E-2
- Datos complementarios de la especificación general del procedimiento constructivo de muros tablestaca 1-22-E-1
- Datos complementarios de la especificación general del procedimiento constructivo de la Estación Guerrero. 8-49-E-1
- Especificación para procedimiento constructivo del cruce L-B y L-3. 11-70-E-3
- Especificación para abatimiento de nivel de aguas freáticas en el cruce de L-3 y L-B y zanjas vestibulares adyacentes. 12-71-E-2
- Especificación para la elaboración y aplicado del concreto lanzado de losas de techo del cajón de L-B y pasarela cambio de andén. 13-72-E-1

## Bibliografía - 233

- Especificación de banda de PVC. s/n.
- Planta de tablas de cruce L-B con L-3. 30-333-P-5
- Cruce L-3 con L-B, corte 7-7, apuntalamiento y procedimiento constructivo. 35-338-P-2
- Apuntalamiento Estación Guerrero. 6-47-P-2
- Cartas generales Estación Guerrero. 7-48-P-2
- Estación Guerrero y adecuaciones, planta y contralabes, 31-334-P-2
- Estación Guerrero dimensiones generales y armada. 33-336-P-1

### *FOLLETOS Y LIBROS*

- Serie 100 Km del Metro  
COVITUR DDF, 1988.
- Mecánica de suelos, Tomo II  
Juarez Badillo y Rico Rodriguez  
LIMUSA.
- Normas Técnicas NOM  
Diario Oficial de la Federación
- Manual de diseño geotécnico  
Volumen 1.
- Sociedad Mexicana de Mecánica de suelos SMMS.  
Curso: - Diseño y construcción de dimensiones de acuerdo al reglamento de construcciones del Distrito Federal. Tomo 2.  
- Auditorio de la dirección general de proyectos, servicios técnicos y concesiones. SCT

