

29
291



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL
METROPOLITANO LINEA B EN SU INTERSECCION
CON EL BOULEVARD RIO DE LOS REMEDIOS,
(Anillo Periférico)"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :

- JUAN CARLOS CARRASCO MARQUEZ
- JUAN CARLOS HORITA FIGUEROA
- JUAN DANIEL SANCHEZ ESTRADA
- CARLOS ENRIQUE VIRELAS MARTINEZ



MEXICO, D. E.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-064/97

Señores

JUAN CARLOS CARRASCO MARQUEZ
JUAN CARLOS HORITA FIGUEROA
JUAN DANIEL SANCHEZ ESTRADA
CARLOS ENRIQUE VIRELAS MARTINEZ

Presentes

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

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL METROPOLITANO LINEA B EN SU INTERSECCION CON EL BOULEVARD RIO DE LOS REMEDIOS. (Anillo Periférico)"

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES
- III. PROBLEMÁTICA LOCAL
- IV. PROCESOS CONSTRUCTIVOS
- CONTROL DE CALIDAD
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

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

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

Atentamente

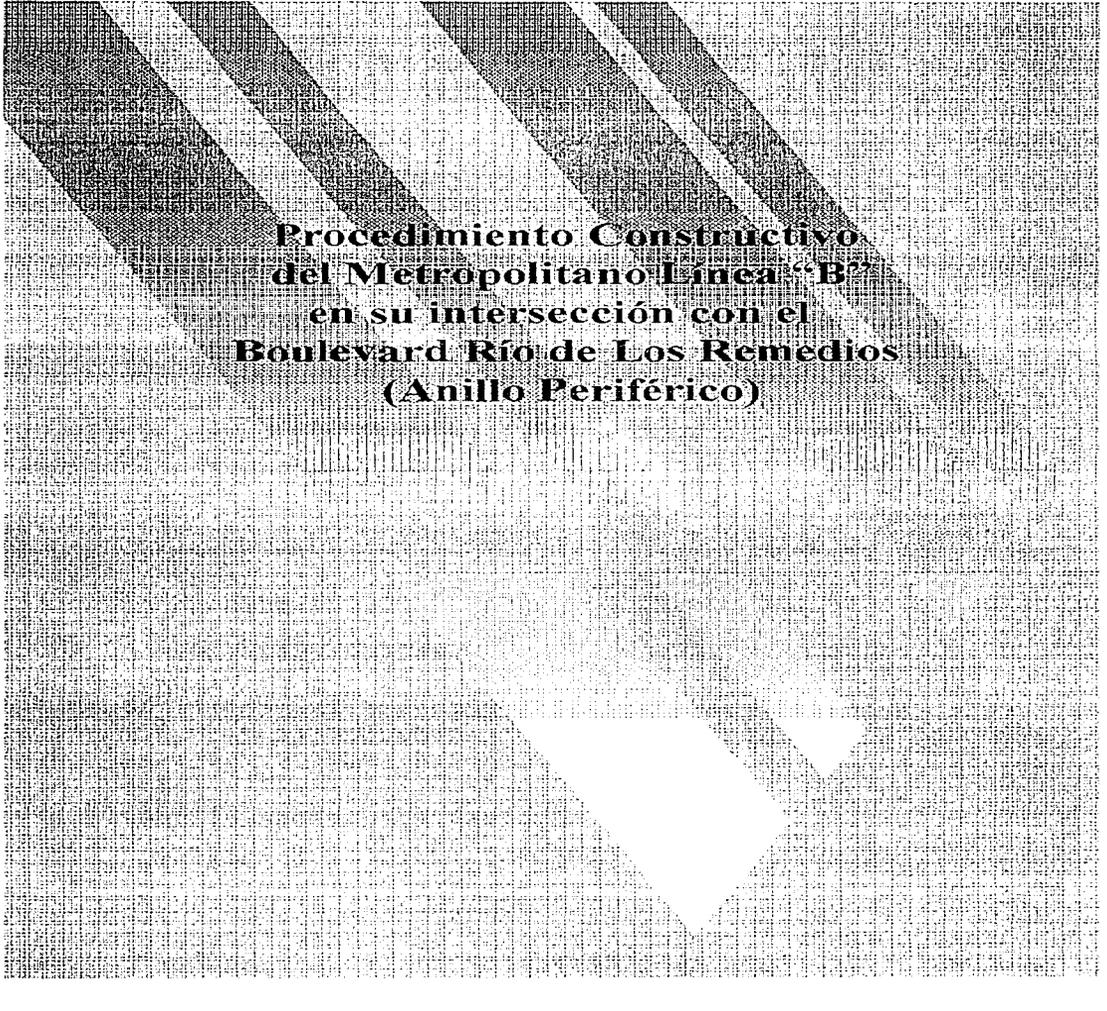
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitario a 26 de junio de 1997.

EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf



**Procedimiento Constructivo
del Metropolitano Línea "B"
en su intersección con el
Boulevard Río de Los Remedios
(Anillo Periférico)**

GRACIAS :



☞ **A DIOS** QUE ME BRINDÓ LA OPORTUNIDAD
DE VIVIR PARA ALCANZAR ESTE TRIUNFO.

☞ DE MANERA ESPECIAL A MIS PADRES
**ENRIQUE VIRELAS MOYA Y
MA. GUADALUPE MARTÍNEZ DE VIRELAS**
QUE ME BRINDARON TODO SU APOYO Y COMPRENSIÓN
PARA LOGRAR ESTA META TAN IMPORTANTE EN MI VIDA.

☞ A MIS HERMANOS **OSCAR Y VERÓNICA,
NANCY, LUCIA Y CLAUDIA LILIANA**
POR HABERME AYUDADO A CONSEGUIR
ESTE ANHELO.

☞ A MI SOBRINA **ALMA VERÓNICA** LA CONSENTIDA
DE TODOS, POR ESOS MOMENTOS DE FELICIDAD
QUE NOS BRINDA.

☞ A MI COMPAÑERA Y AMIGA **M.A. REBECA GALLAGA E.**
QUE ME ALENTÓ A EMPRENDER CON MUCHAS GANAS
Y ENTUSIASMO EL ÚLTIMO PELDAÑO PARA
LA CULMINACIÓN DE MI CARRERA.





A TODA *MI FAMILIA Y AMIGOS* QUE DE ALGUNA
MANERA ME AYUDARON A CUMPLIR CON ESTE
OBJETIVO TAN ANHELADO.

AL *ING. CARLOS E. RIVAS MENDOZA* POR LA VALIOSA
ASESORIA Y CONSEJOS DURANTE LA ELABORACIÓN
DE ESTE TRABAJO.

A LA *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO*
Y A LA *FACULTAD DE INGENIERÍA* QUE ME HAN FORMADO
DURANTE TODOS ESTOS AÑOS, PARA SER UN PROFESIONAL
COMO INGENIERO.



DOY GRACIAS :

MUY EN ESPECIAL A MIS PADRES:
ELISA FIGUEROA YAÑEZ Y ELIÚ HORITA GONZÁLEZ
POR HABERME OTORGADO SU APOYO INCONDICIONAL
HASTA ALCANZAR ESTE SUEÑO.

A MI HERMANITA MARCE ♡
DE QUIEN JAMÁS ME OLVIDO.

A MAMÁ LOY ♡
QUEEN CON SUS ORACIONES
HACIA SENTIR SU PRESENCIA.

AL ING. CARLOS RIVAS MENDOZA POR HABER BRINDADO
LA ASESORÍA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

AL ING. ALEJANDRO PONCE SERRANO POR ACCEDER
A SER DIRECTOR DE ESTE TRABAJO DE TESIS.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y
A LA H. FACULTAD DE INGENIERÍA POR PERMITIRME
ADQUIRIR UNA FORMACIÓN COMO INGENIERO.

"PERO BIEN SÉ QUE ESTO SE LOGRA
ÚNICAMENTE CON EL FAVOR DE DIOS"

Juan Carlos Horita Figueroa.

DEDICATORIA

A MIS PADRES :

SOCORRO ESTRADA G. Y VALENTIN SANCHEZ E. LES DEDICO ESTE TRABAJO CON TODO MI AMOR Y AGRADECIMIENTO, HAN SIDO SIEMPRE UN ORGULLO Y UN EJEMPLO A SEGUIR.

A MIS HERMANOS :

FRANCISCO, ALFONSO, VICENTE, JOSE, CARMEN, RAUL, ESTHER Y ROSALIA, CON QUIENES PUEDO CONTAR SIEMPRE LES DEDICO ESTA TESIS.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS :

QUE ME HAN MOLDEADO, SOPORTADO Y CONSENTIDO, (TANIA, MANUEL, MARISA, GERARDO, POLO,.....TODOS ELLOS MONTAÑISTAS DE LA UNAM) LES DEDICO ESTE TRABAJO.

AGRADECIMIENTOS

A LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, POR LA INVALUABLE OPORTUNIDAD DE DESARROLLARME.

A MIS PROFESORES QUE ME TRANSMITIERON SUS CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y EL AMOR POR LA INGENIERIA CIVIL.

AL ING. CARLOS RIVAS MENDOZA POR SU VALIOSA ASESORIA.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS QUE CON SU EMPEÑO Y ENTUSIASMO SE LOGRO EL OBJETIVO.

A CATIC, S.A., POR SU INCONDICIONAL APOYO.

A LETICIA CANALES R. POR SU DECIDIDO APOYO.

AGRADECIMIENTO

La información básica para el desarrollo de esta tesis profesional corresponde al proyecto general de la estación Río de Los Remedios del Metropolitano Línea “B” y fue proporcionada por D.G.C.O.S.T.C., Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo.

Las opiniones aquí expresadas son sólo responsabilidad de los autores, quienes agradecen las facilidades otorgadas.

Indice

Introducción	I
Capítulo I Antecedentes	I
I.1 Plan maestro del Metro	5
I.1.1 Marco jurídico de la planeación del transporte	5
I.1.2 Plan Maestro del Metro versión 1996	7
I.1.3 Diagnóstico y pronóstico	7
I.1.4 Modelación y simulación	9
I.1.5 Definición jerarquización de opciones de crecimiento de la red a los horizontes 2020, 2009 y 2003	10
I.1.5.1 Red al Año 2020	10
I.1.5.2 Opciones de crecimiento de la red al año 2009	13
I.1.5.3 Configuración y evaluación de la ampliación al año 2003	13
I.2 Descripción de la línea "B" (primera etapa)	14
I.2.1 Capacidad del sistema	21
I.2.2 Marco regulatorio	21
I.2.3 Costo de proyecto	22
I.3 Beneficios	22
Capítulo II Problemática Local	27
II.1 Ubicación de área de estudio	27
II.2 Hidrología del río de Los Remedios y condiciones para el paso del Metro	27
II.2.1 Proyecto de rectificación del río de Los Remedios	28
II.3 Afectación al sistema de drenaje y reubicación de cárcamos de bombeo	31
II.3.1 Reubicación de los cárcamos de bombeo	32
II.4 Intersección con el boulevard Río de Los Remedios	35
II.4.1 Inventarios de los usos de suelo.	36
II.4.2 Datos operacionales.	36
II.4.3 Pronósticos.	43
II.4.4 Sección transversal	44
II.5 Geotécnia de la zona	45
II.5.1 Estratigrafía	45
II.5.2 Implicaciones de las condiciones de la zona en la ejecución de obras de ingeniería	49
II.6 Otras obras inducidas	50
II.6.1 Gasoducto de PEMEX (24" de diámetro)	50
II.6.2 Tubería de agua potable (20" de diámetro)	51
II.6.3 Tubería de agua potable (12" de diámetro)	52

Capítulo III Procesos constructivos	59
III.1 Descripción	59
III.1.1 Programa de instrumentación	60
III.1.2 Recomendaciones geotécnicas	61
III.1.3 Recomendaciones para construcción	61
III.1.4 Comportamiento de la estructura	62
III.2 Procedimiento constructivo del tramo a cielo abierto (Superficial)	64
III.2.1 Secuencia constructiva	64
III.2.2 Descripción de las etapas constructivas	67
III.3 Procedimiento constructivo con hincado de viguetas	74
III.3.1 Instrumentación	74
III.4 Tramo con cajones de cimentación	80
Capítulo IV Control de calidad	109
IV.1 Alcances de la supervisión	109
IV.2 Supervisión en el tramo a cielo abierto.	117
IV.3 Supervisión en el hincado de viguetas.	129
IV.4 Supervisión en cajones de cimentación	131
IV.4.1 Instrumentación de campo.	131
IV.4.2 Control del nivel freático.	133
IV.4.3 Calidad de los materiales	133
Conclusiones	139
Bibliografía	143
Anexo 1 Estaciones de Bombeo	149
Anexo 2 Proc. Construc. para la caja de conexión del colector de 1.83m. de Ø	155
Anexo 3 Reportes de laboratorio	171
Anexo Fotográfico	191

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo del transporte constituye una medida del progreso y el avance de los pueblos, como podemos constatarlo desde las flotas marítimas con las que contaban los Fenicios y la importante red de caminos que se desarrolló en el Imperio Romano, lo que los llevó a ser reconocidos no sólo en la antigüedad sino también en nuestros días como potencias comerciales, económicas y militares. En la actualidad, la importancia de proveer de transporte prevalece, pero con nuevos y difíciles retos que la modernidad ha planteado.

El deterioro del medio ambiente y la explosión demográfica son sólo algunas de las condicionantes que el ingeniero civil de esta época deberá sortear para brindar a la comunidad un mejor y más conveniente espacio de vida. Las grandes urbes como la Ciudad de México y aquellas ciudades que siguen sus pasos, obligan a la realización de un esfuerzo sustentable y sostenido para dotar de infraestructura eficiente en el rubro de la comunicación y dentro de éste el del transporte.

La concepción de los ferrocarriles urbanos desde 1863 ha probado ser una alternativa muy conveniente para combatir la problemática del transporte en las ciudades de manera económica, sin embargo, éstos no pueden actuar de manera aislada, es indispensable que el Metro se complemente y trabaje armónicamente con los otros sistemas de transporte como son: el trolebús, el tren ligero e incluso los "peseros" y el automóvil particular, ya que el Metro debe ocupar el sitio donde estos otros sistemas no tienen capacidad de actuar, como lo hemos venido observando en México desde la década de los setentas.

Si bien es cierto que se cuenta con una amplia experiencia en cuanto a la construcción del Metro se refiere y que el aspecto técnico no es un impedimento relevante para su ejecución, siempre existirán situaciones diferentes que hacen de cada proyecto un reto para el quehacer del ingeniero civil y el Metropolitano línea "B" no es la excepción, es por esto que el presente trabajo se interesa por los trabajos que se realizan en la construcción de una de las estaciones que forma parte del trazo de dicha línea. Comenzando desde una visión general que comprende la planeación del Sistema de Transporte Colectivo Metro en el primer capítulo para posteriormente hacer una descripción de la Línea de interés con los beneficios que conlleva su construcción.

No podemos pensar que una obra de ingeniería civil se ejecute de manera aislada, así pues en el entorno urbano tenemos infinidad de instalaciones que inciden en la solución definitiva de un proyecto, como podemos observarlo en el capítulo número dos denominado problemática local.

El objetivo principal de la realización de este trabajo de tesis se encuentra contenido en el capítulo número tres, en el que describimos los pasos a seguir para la construcción de la estación Río de los Remedios.

Por otro lado, en el trabajo de obra, surge la necesidad de resolver problemáticas que el proyecto constructivo no puede prever, así pues, consideramos que el capítulo cuarto ayuda a conformar una visión amplia de los trabajos realizados y constituye una valiosa aportación al aprendizaje práctico del joven estudiante de ingeniería.

Finalmente consideramos justo reconocer a todas aquellas personas Arquitectos e Ingenieros que, motivados únicamente por el interés de apoyar a la formación de nuevos profesionistas desinteresadamente contribuyeron a la realización de este trabajo.

Para ellos nuestro mas profundo agradecimiento.

Por mi Raza Hablará el Espíritu.
Septiembre de 1997.

CAPITULO I ANTECEDENTES.

El incremento demográfico y urbano que la Ciudad de México ha venido registrando en los últimos años provocó grandes cambios en su fisonomía. Pasó de ser un asentamiento humano de 316 km^2 con 5 millones de habitantes en 1960*, para convertirse en una verdadera área metropolitana que alberga 18.5 millones de habitantes distribuidos en una superficie urbanizada de 1250 km^2 para el año de 1995**, abarcando actualmente las 16 delegaciones del D.F. y 28 municipios conurbados del Estado de México.

La demanda de servicio urbano ha crecido de igual forma. En lo que corresponde al transporte en general, el incremento del parque vehicular se viene dando con tasas muy elevadas pasando de 248,000 vehículos automotores registrados en 1960 a 3.5 millones, registrados en 1995.

El número de viajes/persona/día estimado para el año 2020 es del orden de 53 millones, en lugar de los 37.5 millones registrados en 1995.

Esta situación exige una identificación concreta de estrategias que afronten de manera integral las demandas futuras de transporte.

La importante encomienda de transportar personas de manera cómoda, eficiente rápida, segura así como económica, y no solamente la de permitir el movimiento de vehículos, deberá ser el criterio fundamental que deberán adoptar aquellas autoridades encargadas de proporcionar dicho servicio.

En el transporte público en general, la seguridad está dada principalmente a través de dispositivos y señalamientos de control para el tránsito, este aspecto de la

* Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (I.N.E.G.I.) según Censo de Población y Vivienda 1960.

** Fuente: I.N.E.G.I. según Censo de Población y Vivienda 1995.

seguridad es esencial para garantía de los usuarios y de las instalaciones, repercutiendo en la disminución de daños y pérdidas económicasⁱ.

Así mismo, el rubro de la eficiencia en el transporte debe estar caracterizado por un servicio permanente y suficiente.

La comodidad es un aspecto que había sido soslayado anteriormente; en la actualidad se ha demostrado que proporcionar comodidad a los usuarios, sí recupera la inversión, ya que aumenta el volumen de pasajeros, estimula la preferencia de ese modo de transporte o ruta, e incluso puede incrementar el deseo de viajar, desalentando el uso del vehículo particular con los beneficios ambientales y de tránsito que esto conlleva.

Dentro de los modos de transporte se pueden mencionar aquellos denominados de baja capacidad, que son aquellos que transportan hasta 10,000 pasajeros por hora, a una velocidad comercial promedio de 16 km/hr ; dentro de estos se cuentan: peatonal, tracción animal, bicicleta, motocicleta, automóvil particular y colectivos (combi, microbus, trolebús).

Son considerados modos de transporte de mediana capacidad aquellos que transportan hasta 20,000 pasajeros por hora, a una velocidad comercial promedio de 20 km/hr; dentro de estos tenemos: autobuses confinados, tren ligero, tranvía largo y metro ligero, que para su correcta operación requieren de carriles exclusivos.

Un modo de transporte que mueve mas de 20,000 pasajeros por hora es considerado de alta capacidad. El Metro constituye el modo más característico de estos sistemas en las grandes ciudades. Este servicio es totalmente confinado, con derecho de vía exclusivo y sus espaciosos vehículos permiten atender tasas de ascenso y descenso superiores a 40 personas/seg. su capacidad por cada vagón es de 140 a 280 personas, viajando a una velocidad comercial promedio de 35 km/hr.ⁱⁱ

El Metro nació hace más de un siglo, en Londres, Inglaterra, el 10 de enero de 1863, que en aquel entonces era la ciudad más poblada del mundo. Posteriormente seguirían las ciudades de Nueva York, Chicago, Budapest, Glasgow y París, este último fue reconocido como el más extenso del mundo en el año de 1993, y del cual, el Metro de la Ciudad de México adquirió la patente.

El 19 de junio de 1967 se inició la construcción del tren metropolitano de la Ciudad de México. La primera etapa fue planeada para una red de tres líneas, con un total de 42.2 km de longitud. El 5 de septiembre de 1969 entró en operación la primera de ellas.

Algunas generalidades de este eficaz sistema masivo de transporte son :

El equipo de rodamiento es neumático, sistema utilizado en algunas líneas del metro de París, este sistema elimina vibraciones y es más silencioso que los sistemas convencionales.

La red del Metro de la Ciudad de México esta constituida por tramos de superficie, tramos subterráneos y tramos elevados¹; la pendiente longitudinal máxima es de 7% y la mínima es de 0.1%, la sobre-elevación en curvas es de 160 mm, dada a razón de 4 mm/m .

Los andenes son de 150 m de longitud por 4 m de ancho, lo que permite alojar 1500 pasajeros de un tren de 9 carros.

El sistema de vía tiene dos viguetas tipo "H" o pista de rodamiento, (ver figura 1.1) sobre las cuales se apoya el equipo de rodamiento neumático. Además consta de dos ángulos o barras guía de 10x15 cm ubicadas a los lados de las pistas, que permiten el apoyo de llantas neumáticas horizontales de menor tamaño. Estas forman parte de la llamada carretilla y son las que guían al tren. Estos ángulos son a su vez los conductores de la energía eléctrica (corriente directa de 750 volts) que

¹ Para conocer en que consiste cada uno de estos consultar el punto 1.2 pag. 14

alimenta a los motores, y que es tomada por escobillas adosadas a las carretillas. También cuenta con dos rieles de 119 kg/m que constituyen una segunda vía de seguridad sobre la cual se apoyan ruedas metálicas tradicionales que forman parte de la carretilla y que operan en los casos en que una rueda neumática se revienta o pierde presión.ⁱⁱⁱ

Las pista de rodamiento y los rieles de seguridad se apoyan sobre durmientes de madera o de concreto armado, los ángulos guía son soportados por aisladores especiales sujetos a los durmientes.

Los perfiles que forman la vía, junto con los durmientes son colocados sobre una cama de balasto cuya finalidad es permitir renivelaciones periódicas sobre la vía; aunque actualmente se ha prescindido de esta cama de balasto, tendiendo la vía directamente sobre la losa de piso principalmente en tramos elevados .

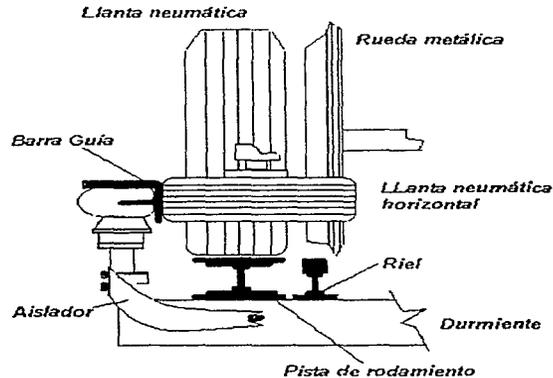


Figura 1.1 Sistema de Vía.

En la actualidad la red del Metro de la Ciudad de México está integrada por:

- 10 líneas.
- 178.13 km
- 154 estaciones
- 211 trenes en servicio.

I.1 Plan Maestro del Metro.

I.1.1 Marco jurídico de la planeación del transporte.

El Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) rige su actuación en el seno de la **Ley de Transporte del Distrito Federal**, decretada por la H. Asamblea de Representantes del Distrito Federal el día 14 de diciembre de 1995^{iv}, para que de manera regular, continua y permanente se satisfaga la necesidad colectiva de transporte .

La operación del Sistema de Transporte Colectivo Metro, se rige específicamente bajo la competencia y directrices del Jefe del Gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría de Transporte y Vialidad.

El Sistema de Transporte Colectivo atiende, como lo establece el artículo 20 de la citada ley, lo referente al servicio público de transporte de pasajeros en cuanto a su planeación, crecimiento y desarrollo basado en las directrices definidas en el Programa Integral de Transporte y Vialidad del Distrito Federal.

Así mismo, la ley estipula que el Sistema de Transporte Colectivo Metro, no puede ser concesionado. Su planeación, crecimiento y desarrollo se regirá por su Plan Maestro, el cual forma parte del Programa Integral de Transporte y vialidad mencionado. Lo anterior de acuerdo al artículo 21 de la Ley de Transporte del Distrito Federal.

En la historia de la planeación del transporte en la Ciudad de México específicamente en lo referente a la planeación de la Red del Metro se pueden destacar los siguientes sucesos:

- Entre 1978 y 1980 se elaboró la primera versión del Plan Maestro del Metro.
- En 1985 surge la versión revisada y actualizada del plan basada en una encuesta origen-destino de Area Metropolitana de la Ciudad de México levantada en 1983.

Entre los principales productos obtenidos de este estudio se desprende :

1. Red del Metro para el año 2010.
 2. 15 líneas con una longitud total de 315.349 km con 274 estaciones y 838 trenes que atenderán la demanda pronosticada.
 3. Construcción de la línea 10 (ahora línea "B") Hipódromo-Aragón en el horizonte 1994 a la que se le señala:
 - Una captación de 900 mil pasajeros al día.
 - Atender el corredor Blvd. Miguel C. Saavedra-Mosqueta-Oceania.
 - Atender el corredor Heliópolis-Manuel González-Transvaal.
 - Atender la demanda generada en el Nor-Oriente de la zona metropolitana.
- En 1987 y 1988 la versión 1985 del plan sufre ajustes en lo que corresponde a la construcción de la línea "A", no planeada originalmente , y se modifican los trazos de la línea 8 y de la línea "B", denominada línea 10 hasta 1994.

1.1.2 Plan Maestro del Metro Versión 1996.

Objetivos generales.

- Planificar los servicios de transporte masivo ferroviario de mediana y alta capacidad, proponiendo las soluciones tecnológicas y operativas mas adecuadas.
- Contribuir a reducir el uso intensivo de los transportes de superficie de baja capacidad en corredores de alta demanda .
- Planear las inversiones de tal forma que las necesidades de transporte de la población puedan ser atendidas obteniendo el mayor beneficio social .
- Coadyuvar a la reducción de tiempos y costos de transportación y al mejoramiento ecológico.
- Apoyar el reordenamiento urbano y económico del Area Metropolitana .

El área de cobertura lo constituyen las 16 delegaciones políticas del D.F. y los 28 municipios conurbados del Edo. de México*, todo lo cual constituye el Area Metropolitana de la Ciudad de México.

1.1.3 Diagnóstico y Pronóstico

Parte fundamental del estudio fue la recopilación de la información disponible y su actualización a través de estudios de campo específicos, con lo cual se pudo establecer el diagnóstico del contexto actual en los aspectos urbano, demográfico y de movilidad. A partir de este diagnóstico, apoyados en los planes y programas de desarrollo y las tendencias demográficas económicas y urbanas, se establecieron escenarios del proyecto para los años 2003, 2009 y 2020.

* Los municipios conurbados son: Acolman, Amecameca, Atizapan de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlan Izcalli, Cuautitlán, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacan, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan, Nextlalpan, Nezahualcoyotl, Nicolas Romero, Tecamac, Teotoyucan, Tepotzotlan, Tlalmanalco, Tlanepantla, Texcoco, Tultepec, Tultitlán y Zumpango.

Paralelamente se hizo una revisión del Plan Maestro del Metro versión 1985, analizando las premisas utilizadas en sus proyecciones a fin de establecer su grado de vigencia.

De la misma forma se incorporaron los resultados del estudio "Optimización de la distribución de la carga de usuarios del S.T.C.² Metro realizado durante 1994 y 1995 por la Universidad Autónoma Metropolitana (U.A.M.).

Por otra parte para los análisis de diagnóstico y pronóstico los resultados de la encuesta Origen-Destino levantada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (I.N.E.G.I.) a mediados de 1994, proporcionaron un perfil cuantitativo de la movilidad de los habitantes con información actualizada sobre :

Distribución modal.

Horas y periodos de máxima demanda.

Características generales de los viajes (motivo, frecuencia, modos de transportación, duración).

Magnitudes de la generación y atracción de viajes.

Por último se realizó una encuesta directa a usuarios de transporte público y automovilistas a fin de conocer su opinión sobre el Metro y el transporte en general, sus criterios de selección modal, sus necesidades de transporte y sus posibilidades de pago, entre otros. Esta encuesta realizada por Ingenieros Civiles Asociados (I.C.A.) fue orientada al usuario potencial y se llevó a cabo en sitios de concentración de personas como: terminales de autobuses, plazas comerciales, e instituciones educativas.

Tomando como base los escenarios pronosticados, se determinó una red de corredores urbanos susceptibles de ser equipados con líneas ferroviarias de transporte masivo. Como resultado de esta etapa se seleccionaron 54 corredores con una longitud total de 609 km, con longitudes que van desde 4 hasta 29 km.

² Sistema de Transporte Colectivo Metro.

I.1.4 Modelación y Simulación.

La etapa correspondiente a la modelación matemática resulta fundamental para el óptimo aprovechamiento de los insumos obtenidos de las etapas previas.

La modelación aplicada para la simulación de los diferentes escenarios se basó en la representación matemática de la movilidad urbana de los habitantes, procesando datos como: generación y atracción de viajes, distribución en función de factores socioeconómicos, rutas de acceso, entre otros.

La modelación constó de una batería de modelos que a continuación se mencionan:

Modelos de generación y atracción de viajes:

Permite cuantificar el número de viajes que se generan en o que son atraídos hacia.

Modelo de distribución de viajes

Pronostica el número de viajes entre cada origen destino, y determina la distribución de movimientos entre zonas.

Modelo de asignación de viajes

Simula la movilidad de la metrópoli entre sus diferentes zonas pudiendo así determinar corredores de mayor demanda .

Modelo de evaluación

Este modelo permite establecer un orden de importancia relativa entre varias opciones, por lo cual fue aplicado para evaluar los corredores de movilidad y las alternativas de ampliación de la red.

A partir de esto se hicieron las simulaciones a los tres escenarios de estudio.

I.1.5 Definición y jerarquización de opciones de crecimiento de la red a los horizontes 2020, 2009 y 2003.

Satisfacer la creciente demanda de transporte del Metro es una tarea que significa enfrentar importantes retos; por una parte la conservación, rehabilitación y modernización de la red y por otra la expansión de la misma, por ello el S.T.C. Metro tiene como prioridades inmediatas los trabajos que se muestran a continuación, jerarquizándolos de la siguiente manera:

PROGRAMA MAESTRO DEL S.T.C. METRO CONSTRUCCIÓN DE METRO 1995-2000					
Num.	Línea	Trayectoria	Año		Longitud km
			Proy.	Obra	
1	B	Buenavista- Cd. Azteca	1995	1998	23.7
2	8	Garibaldi- Indios Verdes	1995	1996 1998	5.00
3	7	Barranca del Muerto-Sn. Jerónimo En estudio	1995 1996	1997 2000	5.70
4	2	Cuatro Caminos- Tasqueña Ampliación a tres vías de la terminal Tasqueña	1996	1997 1998	Modificación de terminal.
5	4	Santa Anita- Av. Santa Ana Mixcoac. En estudio	1997	2000	16.00
Total					50.00

Tabla I.1

Por otra parte, los resultados obtenidos mediante los modelos de simulación y evaluación señalados, minuciosamente analizados y calibrados determinaron los principales corredores de demanda de transporte público para el horizonte del año 2020 y sus etapas al 2009 y 2003.

Para todos los horizontes (2020, 2009 y 2003), se considera la línea "B", actualmente en construcción, como ya integrada a la red en operación.

I.1.5.1 Red al año 2020.

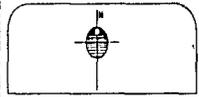
A partir de los pronósticos para el horizonte del año 2020 resultó un total de 27 líneas, el cual incluye las 10 líneas de metro en operación (178 km), el tren ligero a Xochimilco, la línea B, actualmente en construcción, el proyecto de tren elevado de

PLAN MAESTRO DEL METRO Y TRENES LIGEROS
 AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

SECRETARIA DE TRANSPORTES Y VIALIDAD.

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.

SERVICIO DE TRANSPORTES ELECTRICOS DEL D. F.



SIMBOLOGIA

LIMITE DEL D.F.
 LIMITE MPAL. Y DELEG.
 VIALIDAD

REDES QUE INTEGRAN EL SISTEMA AL HORIZONTE 2020

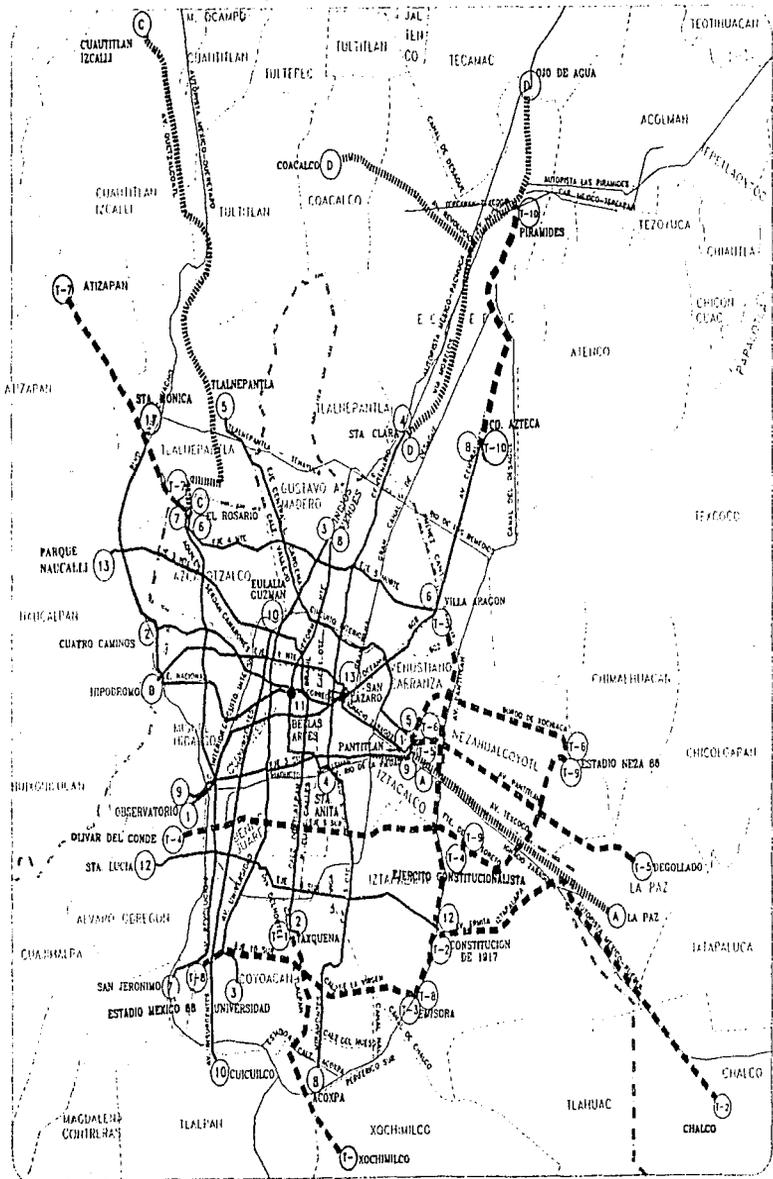
METRO CON RUEDA NEUMATICA
 METRO CON RUEDA METALICA
 TREN LIGERO

AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

RED DEFINITIVA A 2020

ESCALA GRAFICA

FIGURA 1.1b



Sta. Mónica a Bellas Artes y una propuesta de tren ligero entre la terminal de Constitución de 1917 y el municipio de Chalco. De esta forma la red del 2020 quedaría integrada por 14 líneas del Metro de rodada neumática, 3 líneas de metro férreo y 10 líneas de tren ligero con una longitud total de servicio de 483 km.

1.1.5.2 Opciones de crecimiento de la red al año 2009.

Para el horizonte 2009, en función de los objetivos que se pretendan alcanzar, se plantean a continuación 3 opciones, de las que, en su oportunidad se tomará la que resulte más conveniente.

- Incrementar la capacidad de las líneas 4 y 5 prolongándolas a Sta. Clara y Tlalnepantla, respectivamente, y construir el tramo de una nueva línea en el centro de la ciudad, para mejorar la distribución de la carga en la red.
- Mejorar la movilidad de la Avenida Insurgentes con una línea subterránea de Buenavista a Estadio Olímpico.

Enlazar la zona norponiente del Area Metropolitana con el Distrito Federal, mediante una nueva línea.

1.1.5.3 Configuración y evaluación de la ampliación al año 2003.

En particular para definir la configuración mas recomendable para el horizonte al año 2003, se analizaron 6 alternativas de expansión de la red, las cuales fueron evaluadas en función de su respectiva relación Costo-Beneficio

Alternativa "D"		
LÍNEA	Km DE SERVICIO	ORIGEN-DESTINO
7 SUR	5 263	BARRANCA DEL MTO-SN. JERONIMO
8 NORTE	6 290	GARIBALDI-INDIOS VERDES
8 SUR	9 307	ESCUADRÓN 201-SANTA ANA
12 PONIENTE	9 725	ATLALILCO- MIXCOAC
	30 585	6.12 Km/año

Tabla I. 2

En la tabla anterior se muestra la alternativa que obtuvo la mejor relación beneficio-costos. Esta configuración prevé terminar la línea 7 a Sn Jerónimo y concluir los tramos norte y sur de la línea 8, que iría, así, de Indios Verdes hasta Acoxta. Asimismo, incluye la construcción de la línea 12, de Mixcoac a Atlalilco, incorporándola al tramo Atlalilco-Constitución de 1917, que actualmente forma parte de la línea 8.

La red se incrementará con ello 30.7 Km y quedarían completas las líneas 1, 2, 3, 7, 8, y A.

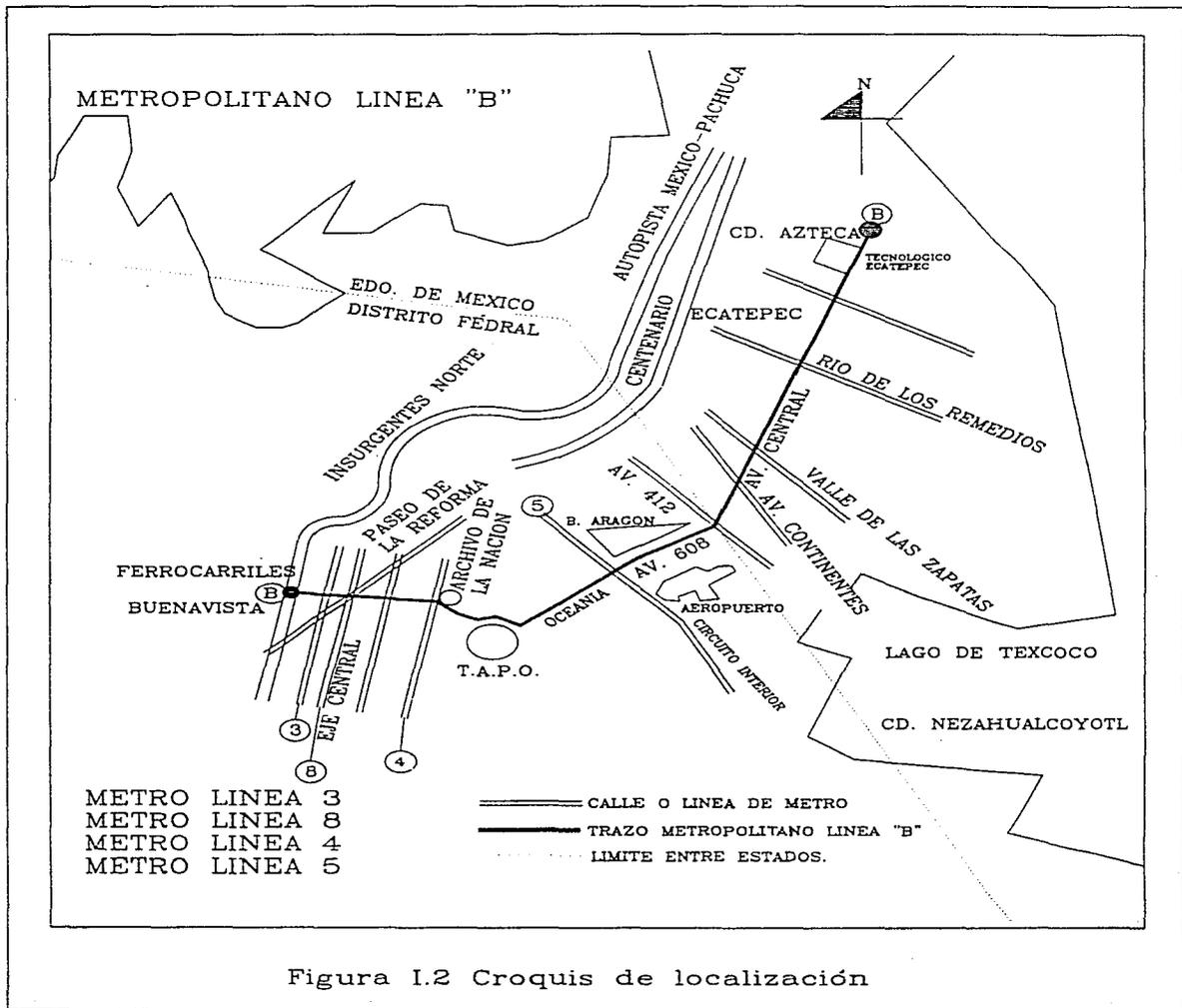
Finalmente, queda de manifiesto que el Plan Maestro es una herramienta estratégica de planeación del futuro del Metro, a medida que el tiempo pase se deberá registrar la evolución de todas las variables que inciden en la movilidad a fin de poder ir ajustando oportunamente sus proyecciones.

I.2 Descripción de la línea B. (Primera Etapa)

El proyecto de la línea "B" se ha desarrollado aprovechando la experiencia de líneas anteriores y aplicando, en lo que procede, los avances de la tecnología mundial adaptados a las circunstancias especiales del Área Metropolitana de la Cd. de México.

El Metropolitano línea "B" Buenavista -Cd. Azteca enlazará directamente a las delegaciones Cuauhtemoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero, del D.F. (60%) con los municipios de Nezahualcoyotl y Ecatepec del Edo. de México (40%) . Captará una importante demanda en la estación Cd. Azteca con lo que ayudará a descargar la entrada de vehículos por la carretera a Pachuca y la saturación de la línea Indios Verdes-Universidad.

Consideramos pertinente mencionar, que desde su concepción, el sistema de transporte urbano denominado Metro, proporcionaría el servicio únicamente en el área del Distrito Federal, es por esto que la línea "B", al tener un trazo que se



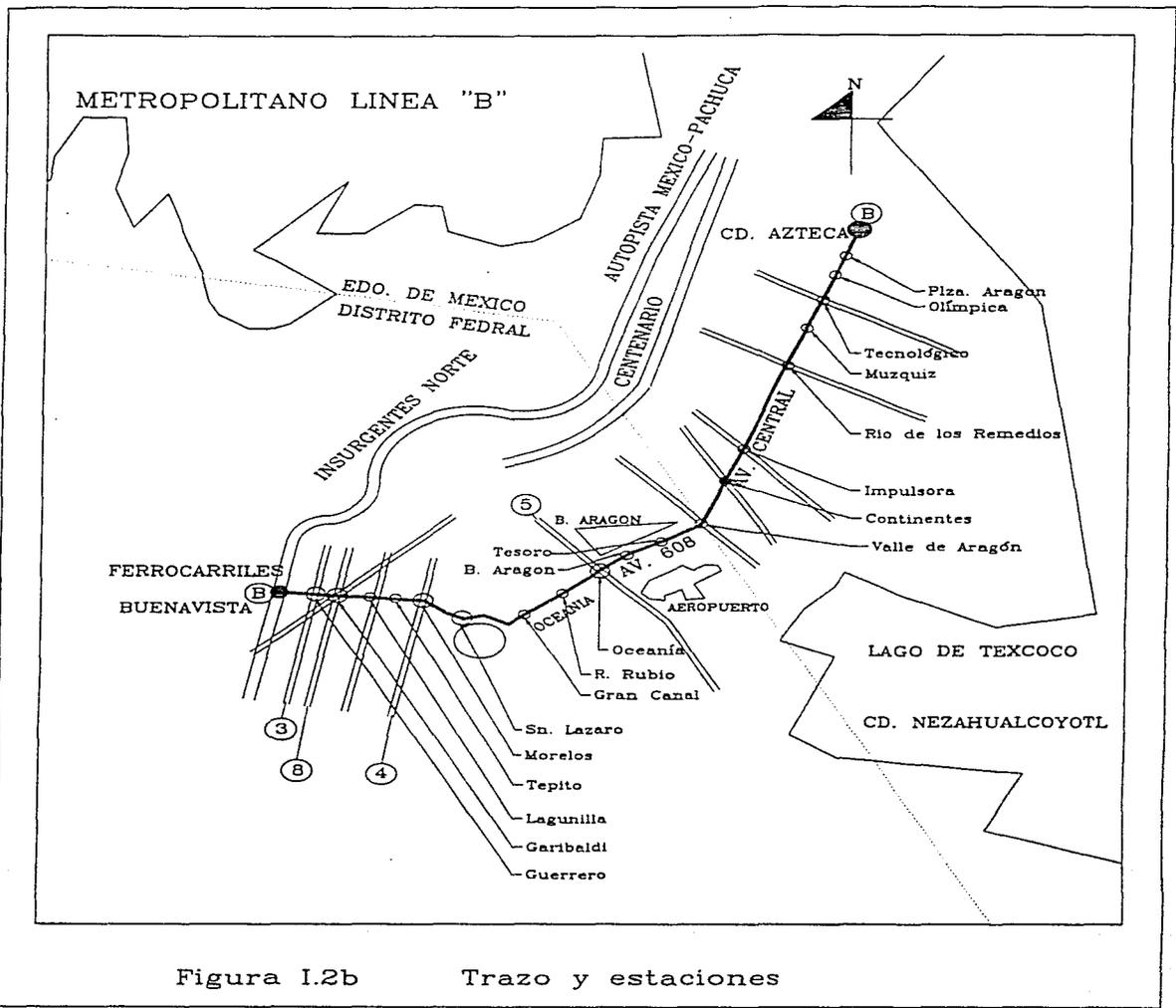


Figura I.2b

Trazo y estaciones

extiende mas allá de los límites de dicha entidad federativa se tomó la decisión de denominársele "Metropolitano".

El Metropolitano línea "B" (primera etapa) tiene las siguientes características :

Longitud total	23.70 km
En el D.F.	13.50 km.
En el Edo. de México	10.20 km
Número total de estaciones	21
En el D.F.	13
En el Edo. de México	8

El trazo de la línea en esta primera etapa (ver figura 1.2), inicia en el cruce del Eje 1 Norte y el Circuito Interior, continua al Ote. sobre eje 1 Norte hasta la Avenida Eduardo Molina; gira al sur sobre esta Avenida hasta interceptar la calle de Artilleros, por donde continua hacia el Nor-orienté por la Avenida Oceanía, Av. 608 y Av. Central Carlos Hank González en el Edo. de México hasta el cruce con la calle Industrias y Av. México en la zona de Ciudad Azteca, Municipio de Ecatepec.

Las estaciones con que cuenta esta línea son :

En el D.F.

- Buenavista terminal provisional.
- Guerrero correspondencia con línea 3
- Garibaldi correspondencia con línea 8
- Lagunilla
- Tepito
- Morelos correspondencia con línea 4
- Sn. Lázaro correspondencia con línea 1
- Gran Canal
- Romero Rubio

- Oceanía correspondencia con línea 5
- Bosque de Aragón
- Tesoro
- Valle de Aragón (futura correspondencia con línea 6)

En el Edo. de México

- Continentes
- Impulsora
- Río de los Remedios
- Muzquiz
- Tecnológico
- Olímpica
- Plaza Aragón
- Ciudad Azteca terminal definitiva.(Noreste de la cd. de México)

De acuerdo a las características de la estructura urbana y tomando en cuenta el factor económico, el metropolitano línea "B" contará con infraestructura de tipo subterránea, superficial y elevada.

- **Solución subterránea.** Se aplica en el tramo comprendido entre las estaciones Buenavista y Morelos en una longitud de 5.9 km, se fundamenta principalmente en construir un túnel somero, partiendo de la construcción "in situ" de dos muros milán que soportarán los empujes del terreno, apuntalando uno contra otro cuando se vacíe el espacio entre ellos para poder construir la losa de piso y la losa de techo. En particular en esta línea se piensa generalizar la construcción de un muro de "acompañamiento" adosado al muro milán para resolver el problema de filtraciones por pared.
- **Solución superficial.-** Se aplica entre las estaciones Bosque de Aragón y los talleres de Cd. Azteca (13.4 km). Se logra a base de un cajón de concreto, abierto en la parte superior, una losa inferior y dos muros laterales. El diseño se apoya fundamentalmente en que tenga una rigidez tal, que pueda transmitir al suelo las

fuerza generadas por su propio peso y el del material rodante, evitando deformaciones que pongan en riesgo la circulación normal de los trenes. En este caso las estructuras de estaciones se resolverán con cimentación compensada que soporta su estructura, instalaciones y cargas vivas.

- **Solución elevada** .- Se aplica en el tramo comprendido entre Sn. Lázaro y Oceanía (4.4 km). Se logrará a base de puentes, integrados por cimentación a base de pilotes de fricción y zapatas, columnas de concreto y superestructura de traveses prefabricadas presforzadas.

Como detalle destacable en el diseño de cajón subterráneo y en la búsqueda de disminuir filtración de agua del suelo hacia dicha estructura se aplicaron las siguientes medidas:

- La losa de fondo se cuela junto con un tramo de 1.00 m de muro estructural de acompañamiento, con ello se elimina la junta entre losa y muro.
- El muro de acompañamiento se cuela junto con la losa superior eliminando la junta entre muro y losa.
- Se colocan bandas ahogadas y de expansión en la junta de colado entre los diferentes elementos estructurales.

Asimismo en aquellos tramos construidos a superficie y con el objetivo de proporcionar la continuidad apropiada a las vialidades se construirán 11 puentes y 3 distribuidores vehiculares en cruces viales de primer orden.

En el D.F.

- Distribuidor Oceanía-Zaragoza.
- Puente Marruecos
- Distribuidor Bosque de Aragón
- Distribuidor Valle de Aragón.

En el Edo. de México:

- Puente Ferrocarril los Reyes.
- Puente Continentes.
- Puente Impulsora
- Puente Río de los remedios.
- Puente Muzquiz
- Puente Gobernadores
- Puente Tecnológico.
- Puente Tipo Herradura
- Puente Boulevard de los Aztecas
- Puente Boulevard de los Tecallis

En lo concerniente a las instalaciones fijas la línea contará con las vías típicas para trenes sobre neumáticos, dos pistas metálicas de acero apoyadas sobre durmientes de concreto y estos sobre balasto; junto a cada pista y por el lado interior serán colocados rieles de acero de 80 lb/yd, que sirven de apoyo a las ruedas de seguridad de los trenes, para el caso de que pierda presión alguno de los neumáticos y para circulación de vehículos de mantenimiento. Por el lado exterior de las pistas de rodamiento y soportados con aisladores eléctricos se colocarán barras de ángulo de acero, llamadas "barras-guía", cuyo objetivo es el de llevar la corriente de tracción a los trenes y servirles de guía.

La alimentación de energía eléctrica, se obtendrá de dos subestaciones eléctricas a 230 mil volts y se conducirá hasta una subestación propia del Metro, donde se reducirá. De ahí se distribuirá a las subestaciones de fuerza y alumbrado así como a las de rectificación, estas últimas reducirán la tensión eléctrica a 750 volts en corriente directa.

I.2.1 Capacidad del Sistema.

De acuerdo a los estudios que se llevaron a cabo la demanda de esta línea tiene las siguientes características:

- Las horas de máxima demanda se presentarán dentro de las 6:00 y las 8:00 horas con una carga máxima en el tramo Tepito-Lagunilla de 33,150 pasajeros /hora /sentido.
- Se espera que la línea venderá 430 mil boletos que sumados a los 140 mil pasajeros de transbordo se tendrá una carga diaria de 570 mil viajes/ persona/ día
- En un horizonte de 16 años se espera que en la hora de máxima demanda, ésta sea superior a 50 mil pasajeros/ hora/ sentido y su carga diaria sea cercana a 1 millón de viajes/ persona/ día.

Bajo estas referencias el metropolitano línea "B" en el inicio de sus operaciones contará con:

- 38 trenes con los que se puede lograr un intervalo de 130 segundos, y por lo tanto, la capacidad del sistema será de 40 mil pasajeros/ hora/ sentido.
- En la medida en que la demanda se incrementa, se podrá aumentar el número de trenes hasta llegar a 50 que con intervalos de 90 segundos, se tendrá una capacidad hasta de 60 mil pasajeros/ hora/ sentido.

I.2.2 Marco Regulatorio.

La ejecución de esta obra se lleva a cabo acatando lo dispuesto por la legislación Nacional y la legislación del Distrito Federal así como la del Estado de México aplicable en la materia, en especial lo establecido en:

- Ley de Adquisiciones y Obras Públicas.

- Código Financiero del Distrito Federal.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México.

1.2.3 Costo del proyecto.

El costo estimado para el Metropolitano línea "B" es del orden de 5,591 millones de pesos, estimado a precios de 1996 sin material rodante.

El costo promedio por kilómetro es de 236 millones de pesos, estos costos incluyen todos los gastos necesarios, a excepción de la inversión para la adquisición de material rodante.

Los costos de este proyecto se distribuyen en:

CONCEPTO	IMPORTE EN MILLONES DE PESOS
Proyecto	199.97
Obras Inducidas	129.04
Licitaciones	24.36
Obras Civiles	2917.84
Adquisiciones Nacionales	290.11
Adquisiciones Extranjeras	1523.09
Instalaciones Electromecánicas Fijas	454.91
Obras Diversas	54.93
TOTAL METROPOLITANO LINEA B	5591.00
Material Rodante	3591.00
Gran Total	9185.25

Nota: Este importe incluye I.V.A. por 1359 millones de pesos e impuestos por 46 millones de pesos.
Tabla No.3

1.3 Beneficios.

Los beneficios que acarreará el Metropolitano Línea "B" serán de diversa índole. El fortalecimiento de la red actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro, en la vialidad, en el intercambio de medios, en la solución de la contaminación

ambiental, en el desarrollo urbano, en el desarrollo económico y en el desarrollo social.

La construcción de esta línea reportará beneficios a tres millones de habitantes aproximadamente, que se asientan a lo largo de su recorrido, en forma mas acentuada a los 600 mil habitantes de su área de influencia, y en forma directa cubrirá la demanda de 540 mil viajes/persona/día en el mediano plazo, con un ahorro de 115 mil horas/hombre. Además, el costo actual de transporte de \$5.73 se reducirá a \$3.85 lo que implica un ahorro en costo de traslado de \$1.88 por viaje

La vialidad con que coincide la línea se regenerará en el tramo subterráneo restituyéndola y mejorando su imagen y en los tramos elevado y superficial se reconstruye generando una vía rápida de acceso controlado de 5 carriles por sentido en una longitud de 19 km de vialidad; así mismo se instalarán 14 puentes vehiculares que contarán con bahías de ascenso y descenso.

En lo referente a la mejoría en las áreas de intercambio modal sobre todo de aquellos transportes de baja capacidad con el Metropolitano línea "B" se construirán el paradero Sn. Lázaro, paradero Bosque de Aragón, paradero Valle de Aragón y el paradero Cd. Azteca así mismo; se contará con bahías de paso, bahías bajo puente y puentes peatonales.

Todo esto representa una mejoría importante, la calidad urbana mejora elevando el nivel de vida, en resumen, de una avenida incipiente se transforma en una vía rápida de acceso controlado, agradable, segura y eficiente la cual corresponde a un país en desarrollo.

En el importante rubro de la contaminación ambiental, el Metropolitano Línea "B" contribuirá a la disminución en la emisión de contaminantes a la atmósfera que actualmente es de 7,162 toneladas diarias.

Al crearse una vialidad de circulación continua en las Avenidas Oceanía, 608 y Av. Central, se incrementará al doble la velocidad de circulación actual, con lo que se dejarán de emitir del orden de 205 toneladas al día lo que representa 2.9% del total de contaminantes que se producen en el área metropolitana diariamente.

Se evitarán congestionamientos de tránsito al crearse vías de circulación continua, con lo cual se disminuirá en forma considerable el ruido.

Por otro lado, la realización de la línea, apoyará la generación de empleos en la industria de la construcción, al proporcionar 33,500 empleos en forma directa y 50,500 en forma indirecta.

Otros beneficios que recibirá la población a corto, mediano y largo plazo son.

A corto plazo:

- Reducción en los tiempos de viaje.
- Ahorro en el costo de transporte.
- Reducción en el tráfico vehicular.
- Zonas peatonales mas seguras.
- Zonas jardinadas
- Mayor seguridad de tránsito.
- Menor contaminación ambiental.
- Incremento de la plusvalía.

A mediano plazo:

- Renovación de áreas comerciales.
- Mayor calidad de vida.
- Mayores niveles de cargas de pasajeros.

A largo plazo:

- Cambio en la distribución modal en favor del transporte público eléctrico masivo.
- Renovación de las áreas habitables viejas.

¹ WRIGHT, Paul H., PAQUETTE, Radnor J.
Ingeniería de Carreteras
5ª Edición, México, Edit. Limusa, 1993, pp.405.

² DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION DE OBRAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.
Informe sobre: Metropolitano línea "B"
México, Febrero 1996. pp4, 5, 8, 15-18, 24, 31-34, 43-48, 51, 52.

³ CAL y MAYOR R. Rafael, CARDENAS G. James
Ingeniería de Tránsito
7ª Edición, México, Edit. Alfaomega, 1994, pp. 489, 495-498, 502-505.

⁴ SECRETARIA DE GOBERNACION.
Diario Oficial de la Federación
Ley de Transporte del Distrito Federal
México, 20 de Diciembre de 1995.

⁵ SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO,
GERENCIA DE PLANEACIÓN.
Plan Maestro del Metro Resumen Descriptivo
México, Marzo de 1996, 22p.

CAPITULO II PROBLEMATICA LOCAL

II.1 Ubicación del área de estudio

El sitio de estudio, cruce del río de los Remedios con Av. Central perteneciendo al estado de México, forma parte del área conurbada del Valle de México. El Río de los Remedios es colindancia entre los municipios de Nezahualcoyotl y Ecatepec. Sus coordenadas geográficas son :19° 29' 26" de latitud Norte y 99° 02' 48" de longitud Oeste de Greenwich ; su altitud promedio es :2,230 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) que representa un nivel bajo respecto al medio de la Ciudad de México.¹

Los terrenos adyacentes a la zona del cruce son totalmente planos y sensiblemente horizontales, dado que corresponden a depósitos lacustres geológicamente recientes.

El uso de suelo de la zona es básicamente de tipo habitacional, con densidad media compatible con usos de comercio y servicios a pequeña escala.

En la siguiente página se presenta la **figura 2.1** que es un croquis que señala la ubicación mencionada.

II.2 Hidrología del Río de Los Remedios y condiciones para el paso del Metro.

El Río de los Remedios en su tramo del Gran Canal del Desagüe hasta el Lago de Texcoco, es en la actualidad un brazo muerto de agua estancada que solo sirve para recibir aportaciones de tres plantas de bombeo adyacentes a su curso y como regulador de niveles en caso de escurrimientos importantes en el Gran Canal.

La descarga natural de la corriente era, hasta hace varias décadas, hacia el Lago de Texcoco, llevando incluso escurrimientos de la zona poniente del Valle de México a través de la llamada "Desviación Combinada". Por los hundimientos urbanos, por razones operativas y por la obsolescencia propia de algunas obras, la salida actual de este brazo muerto es hacia el Gran Canal, cuando los niveles de éste lo permiten, con un funcionamiento hidráulico muy deficiente.

Actualmente existe una ataguía en el cruce con la Avenida Central que divide y aísla las aguas de uno y otro lado de ésta provocando que las aguas negras permanezcan por más tiempo en el cauce.

II.2.1 Proyecto de Rectificación del Río de Los Remedios.

Paralelo al proyecto del Metropolitano Línea "B" se desarrolla la rectificación del Río de los Remedios de este tramo, el cual, a su vez se enmarca dentro del Plan Maestro para el Manejo de las Agua Pluviales y Residuales del Area Metropolitana a través del Ex-Lago de Texcoco, zona en donde se programa construir grandes plantas de bombeo, obras de regularización de caudales y una gigantesca planta de tratamiento con descarga hacia el Gran Canal.

La rectificación del cauce terminará en una planta de bombeo modular y ampliable a futuro, donde también llegarán las aportaciones provenientes del Cajón del Río Churubusco, del Río de la Compañía y del Dren General del Valle.

Así pues esta rectificación permitirá en un plazo relativamente corto disponer de caudales de aguas crudas para alimentación a la planta de tratamiento en su primera etapa, además de constituirse en una vía de alivio del Gran Canal, cada día más comprometido por los hundimientos de la Ciudad.

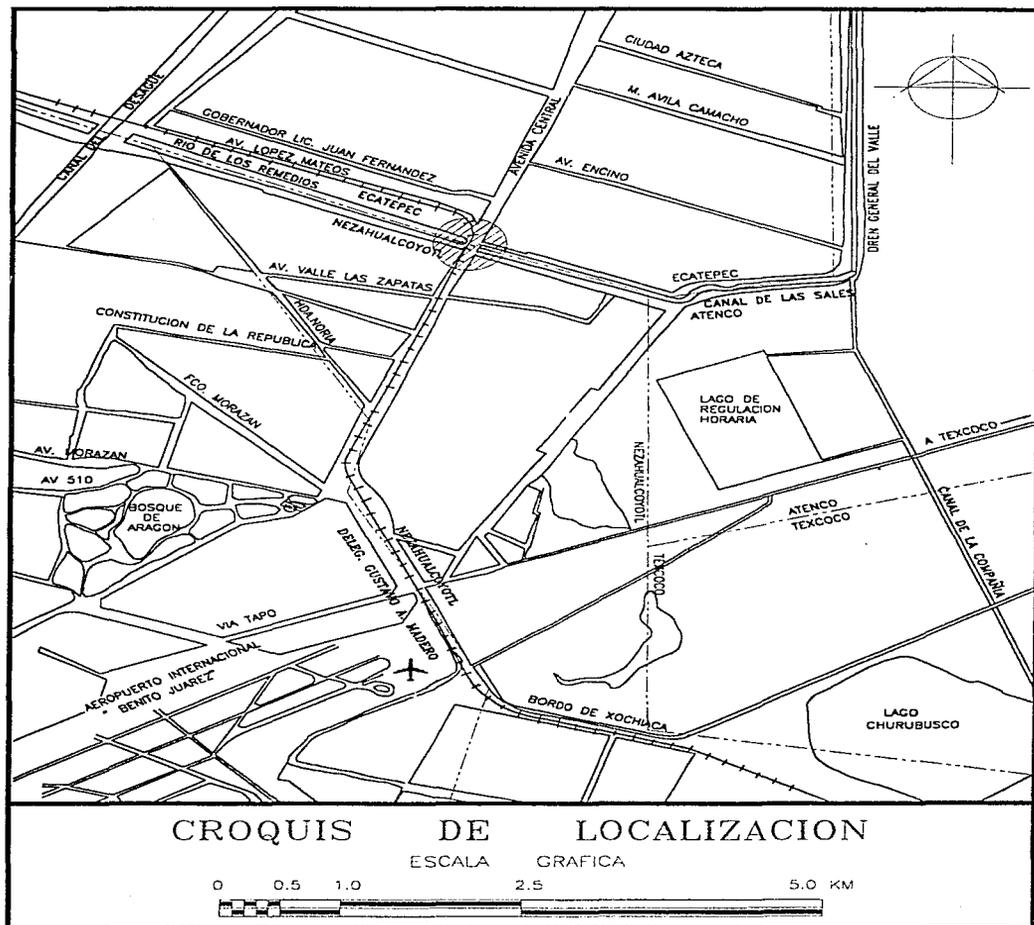


Figura 2.1

Las condiciones básicas para el diseño de la rectificación consideraron un gasto de diseño de $20 \text{ m}^3/\text{s}$, arrancar la rasante a una elevación de 2.50 m arriba de la del Gran Canal, procurar no manejar velocidades del agua inferiores al entorno de 60 cm/s y adoptar taludes de cubeta, para los tramos no revestidos de 2 :1 así como la adopción de tirantes del orden de 1.70 a 1.75 m (para lo que se fue variando los anchos de cubeta).

Por lo que se refiere a los tramos bajo puentes o muy cercanos al periférico, con objeto de no afectarlos, la solución general consistió en tramos revestidos con reducción de plantilla y taludes más inclinados (1 :1), con transiciones también revestidas en ambos extremos. (ver figura 2.2) ⁱⁱ

II.3 Afectación al sistema de drenaje y reubicación de cárcamos de bombeo.

El drenaje de esta parte de la ciudad tiene como medio de desalojo el cauce del Río de los Remedios mediante tres estaciones de Bombeo, dos de estas ubicadas sobre la Avenida Central justo por el trazo de la Línea "B" del Metro ; razón por la cual fue necesaria su reubicación. Tal situación se aprovecha para adecuar su funcionamiento con vistas a atender las actuales condiciones y futuras de gastos debidos al desarrollo de la mancha urbana.

Se acordó que la reubicación de la estación de bombeo o cárcamo N° 9 la realice Dirección General de Construcción y Obras del Sistema de Transporte Colectivo (D.G.C.O.S.T.C.) y la del cárcamo N° 10 el gobierno del Estado de México.

Para tener una visión más amplia del problema, en el anexo N° 1 se describen las características y el funcionamiento de las estaciones de bombeo.

II.3.1 Reubicación de los cárcamos de bombeo.

Por otra parte en este mismo punto actualmente confluyen parte de los sistemas de drenaje de los dos Municipios. Cada uno desemboca a un cárcamo desde el cual se bombea hacia el Río de Los Remedios ; por un lado Ecatepec lo hace en el llamado cárcamo N° 10, en la margen norte del río, y Netzahualcoyotl en el cárcamo N° 9 en la margen sur.

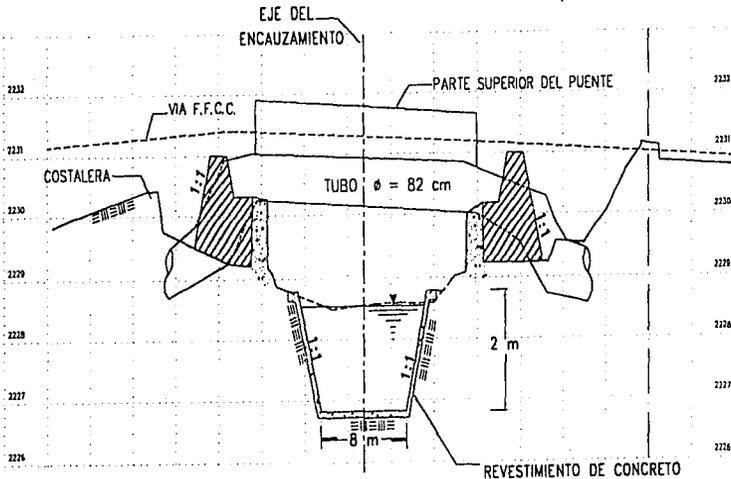
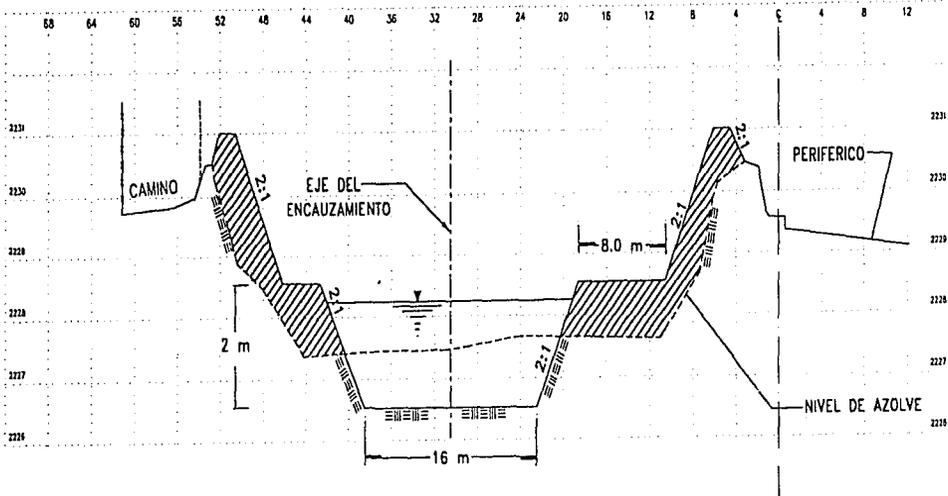
El hecho de que existan contiguos dos cárcamos de bombeo obedece a que los dos municipios manejan sus aguas residuales de manera independiente ; Ecatepec por medio de la SAPASE y Netzahualcoyotl por la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado (DAPA).

La reubicación se planteó, por cuestiones de espacio en los dos sitios posibles ; ambos cárcamos se desplazaron hacia el poniente al otro lado del arroyo vehicular. El proyecto debió considerar, antes que otra cosa, la realización de un inventario del equipo existente a fin de adecuarse a su utilización y así minimizar las nuevas inversiones al adecuar el nuevo diseño a las necesidades actuales y futuras de acuerdo a las proyecciones demográficas de la zona.

Consecuencia de la reubicación es el desvío del colector existente que alimenta al cárcamo No 9, este desvío consiste fundamentalmente en la construcción de una caja-pozo de interconexión y desde allí la de un colector de liga con el cárcamo reubicado. (ver figura 2.3).

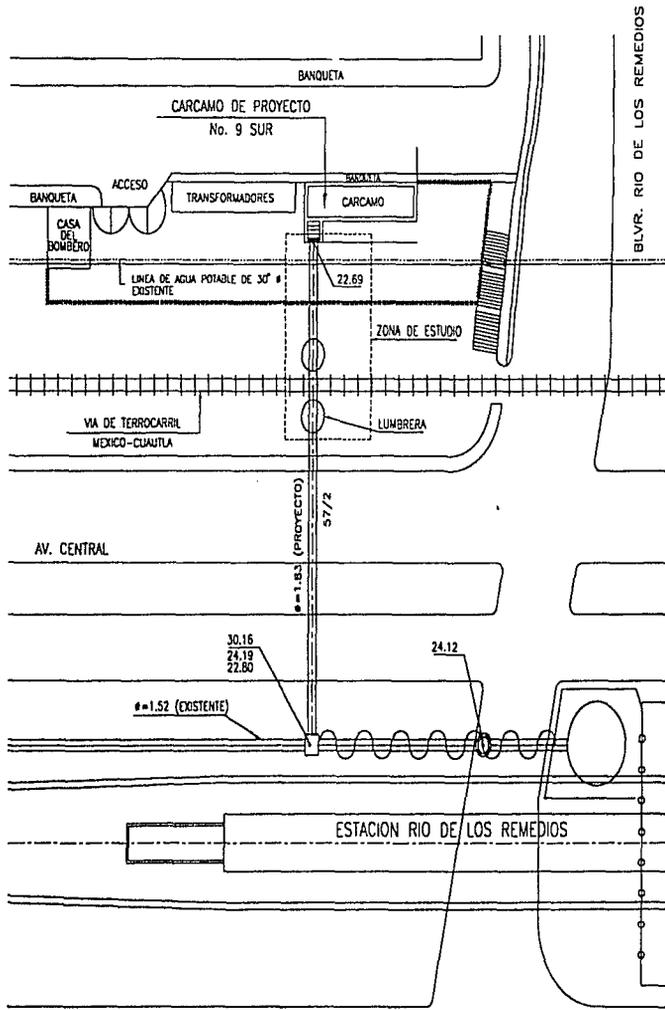
Por la singularidad del caso se presentan en el Anexo No.2 los procedimientos constructivos de la caja de conexión, bajo condiciones de nivel freático superficial y terreno natural constituido por arcillas fisuradas con muy baja resistencia al esfuerzo cortante, y de la excavación y colocación del colector en la zona de cruce con la vía del ferrocarril, cruce que se resolvió mediante el hincado de la tubería.

FIGURA 2.2



SEN ESCALA
ADAPTACIONES EN METROS

FIGURA 2.5



5/1 ESCALA

II.4 Intersección con el Boulevard río de Los Remedios.

Las vías primarias forman la base principal por la que se desplazan los volúmenes más importantes del tránsito urbano, como es el caso de la Av. Central, en el municipio de Nezahualcoyotl y Ecatepec, en el Estado de México ; Zona Nor-Oriente.

Un sistema vial urbano es un conjunto de vías de distinto tipo y jerarquías, cuya función es permitir el tránsito de vehículos y peatones, así como la de comunicar diferentes zonas de actividades que generan o atraen movilidad.

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo Urbano, todos los centros de población en el País tienen la tarea de producir los instrumentos necesarios para regular, normar y orientar su crecimiento durante los próximos 20 años.

El puente Río de los Remedios se localiza en los límites de los municipios de Nezahualcoyotl y Ecatepec en el Estado de México, está contemplado en los Planes de integración que marca el Plan Parcial de desarrollo Urbano del Departamento del Distrito Federal y del Estado de México. (Zona Metropolitana).

Dentro de las acciones que propone este Plan, esta la de estimular y desarrollar los distintos sistemas de transporte colectivo, tomando como base su origen y destino.

El tipo de solución para el paso de la Línea "B" en el tramo que comprende el corredor comercial Av. Central es a nivel o superficial; por lo que las avenidas que intersectan ésta vía vehicular de comunicación quedarían interrumpidas. Por tal motivo se obligó a desarrollar proyectos de puentes vehiculares para librar el trazo de la Línea "B" y así darle continuidad a las avenidas que quedarían afectadas por el paso del Metropolitano. (Ver figura 2.4)

Cabe señalar que el planteamiento de éste tipo de infraestructura permitirá el mejoramiento de la Av. Central, cumpliendo así con una de las metas del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, donde la Av. Central está planeada para convertirla en una vía de circulación continua Norte a Sur y de Sur a Norte.

II.4.1. Inventarios de los usos de suelo.

En cuanto a usos de suelo se refiere, se consideró un marco de incidencia inmediata aproximado de 600 m.

Para el Puente Vehicular Río de los Remedios, la zona observa las siguientes características de urbanización: uso habitacional, educación, comercial, con una red vial primaria y secundaria de tipo domiciliario.

La zona de influencia está delimitada por la Av. Central en dos zonas, la zona oriente con aproximadamente 52.14 ha. y la zona poniente con un área aproximada de 72.39 ha.

El Puente Vehicular ligará de forma directa la movilidad sobre el Periférico en ambos sentidos (Oriente-Poniente) y (Poniente-Oriente), evitando el cruce a nivel, también se podrá considerar la comunicación a nivel regional atraída y generada por la reducción de tiempos de traslados, implícita con el aumento de la velocidad. Las colonias que quedarán comunicadas por el puente serán: Zona Oriente: Nuevo Valle de Aragón, Ejército del Trabajo, Sagitario 1,2,3,4 y 5ª sección y Granjas Independencia. Zona Poniente: Valle de Aragón Norte, Emiliano Zapata, Chamizal y Valle de Tepeyac.

II.4.2 Datos operacionales

La presencia del Sistema de Transporte Colectivo sobre la Av. Central, ha originado la concepción de 7 Puentes vehiculares de enlace en el Estado de México, que integran las zonas Oriente y Poniente.

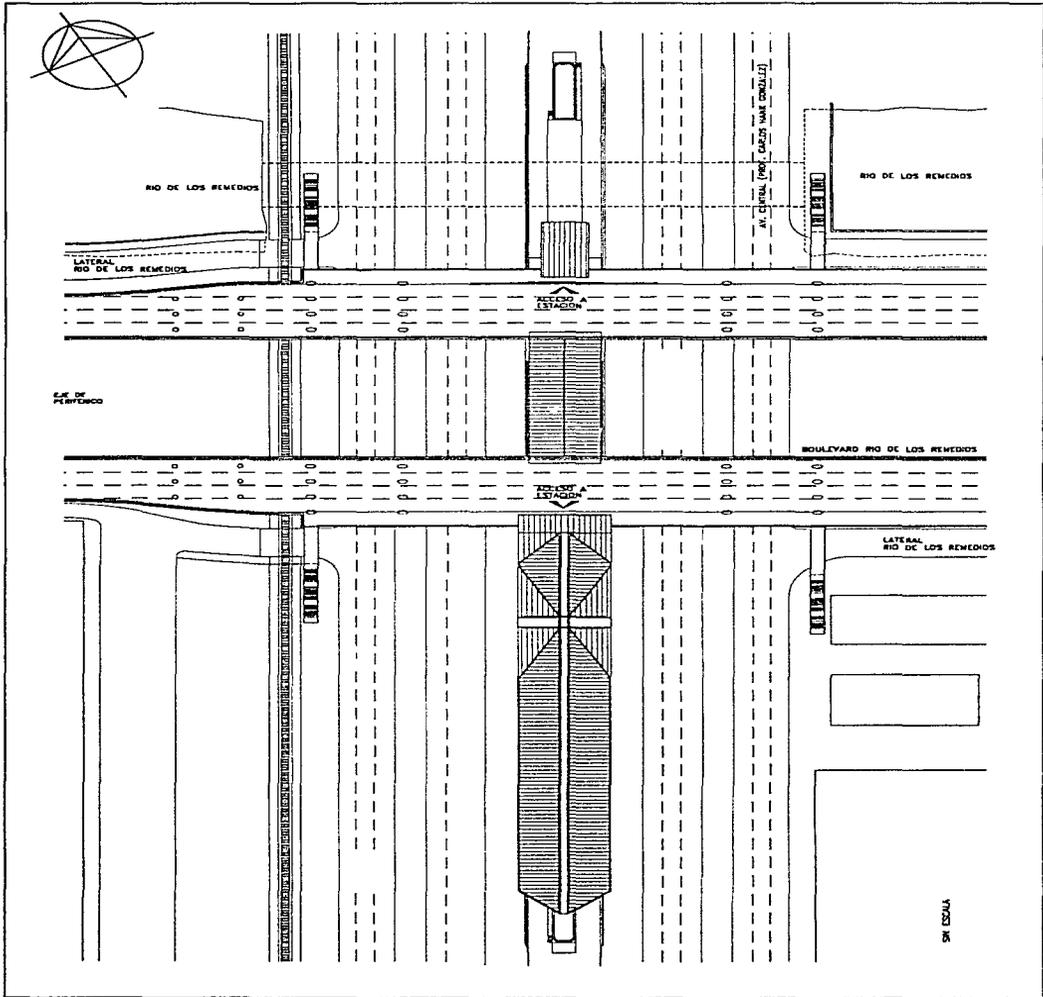


FIGURA 2.4

Para determinar la sección de arroyo de cada puente, se desarrollaron los trabajos de captura de información de campo base del diagnóstico, éstos consisten en aforos vehiculares (Muestra de 12 horas), aforo direccional con composición vehicular de la vialidad colectoras adyacente y coincidente, aforos peatonales, inventario de señalización y accidentes de tránsito.

1) - Aforos vehiculares

Con el propósito de conocer el número de vehículos que circulan a través de la vía de análisis, Av. Central, se realizó un aforo vehicular (muestra) durante 12 horas continuas, con cortes a cada 15 minutos. Mediante los datos obtenidos, se tiene que los volúmenes captados a través del corredor Av. Central son:

de Norte a Sur:	37,267 vehículos
de Sur a Norte:	34,865 vehículos

Acorde al formato utilizado, el registro de los vehículos se hizo en función a sus características y al uso correspondiente, por lo cual la clasificación fue:

Tipo A : Automóviles

Tipo B : Transporte Público (autobús, microbús, combis)

Tipo C : Camiones pesados (carga)

La composición vehicular en ambos sentidos (norte-sur y sur-norte), es de 71% vehículos de tipo A; 23% del tipo B y 6% del tipo C.

En relación a los volúmenes aforados y su variación, se obtuvo que el periodo de mayor movilidad (Máxima Demanda) corresponde de 7 :00 a 10 :00. Hrs. Dentro de los

rangos registrados de tres horas, se observan los periodos de máxima demanda, generalmente de una hora en los que el recuento resulta mayor que en las horas restantes.

La variación de volúmenes para Av. Periférico muestra que la hora de máxima demanda es de 7 :30 a 8 :30 hrs.

2).- Aforos direccionales

Conocida la hora de máxima demanda, se inicio la captura de vehiculos, identificándolos de acuerdo a su movimiento direccional y a su clasificación. A continuación se muestran los movimientos considerados para el Puente Vehicular Río de los Remedios :

Movimiento	Tipo	M.D.
Oriente -Poniente sentido 1	Retorno antes del entronque	625
	Retorno después del entronque	576
	Otra opción	115
	Volúmen actual Periférico	696
	Totales	2012
Poniente-Oriente sentido 2	Retorno antes del entronque	281
	Retorno después del entronque	853
	Otra opción	38
	Volumen actual Periférico	766
	Totales	1928

La composición de los vehículos asignados al Puente Vehicular es la siguiente :

- Sentido 1 (oriente - poniente), es de 90% tipo A ; 6% tipo B y 4% de tipo C.
- Sentido 2 (poniente - oriente), es de 85% tipo A ; 6% tipo B y 9% de tipo C

3) Aforos Peatonales

Con el objeto de determinar las dimensiones adecuadas de los puentes peatonales, de tal manera que sean económicos, seguros y eficientes, se realizaron aforos peatonales a todo lo largo de la Av. Central. La metodología consistió en seleccionar tramos que tuvieran una longitud equivalente al radio de influencia entre puentes. Esto obedece a que no es posible aforar sobre un solo punto, porque los peatones cruzan la Avenida Central en cualquier punto de la misma. Lo anterior se realizó con la finalidad de captar el volumen de peatones que cruzaran la Avenida Central a través de los puentes peatonales que se construirán adosados a los puentes vehiculares. El aforo se realizó para una duración total de 12 horas y se eligió para el diseño la hora de máxima demanda, siendo esta la que va de las 7 :30 a 8 :30 de la mañana.

Se propusieron inicialmente las proporciones mínimas recomendadas por el reglamento de construcciones del Distrito Federal, con dos pasarelas a cada lado del puente vehicular. Se revisó el estado actual y el pronóstico tratando que en condiciones normales de operación no se excediera un nivel de servicio C con el objeto de evitar situaciones de conflicto, como puede verse en la tabla anexa donde se describen los diferentes niveles de servicio peatonal, según el reglamento Norteamericano AASHTO. Para las proyecciones se utilizó una tasa de crecimiento lineal del 3% anual, con la cual se obtuvieron niveles de servicio C cercanos al D, en el caso de pasarelas en puentes vehiculares sin estación de Metro (tabla 2.4.1).

Para el caso de las pasarelas en puentes vehiculares sobre estación, no rigió para el diseño, el aforo peatonal, sino la capacidad máxima de usuarios en la estación que en caso de emergencia deberán evacuarse la cantidad de 3,000 usuarios en un tiempo máximo de 3 minutos. Las dimensiones propuestas se revisaron para esta condición sin considerar la posibilidad de que los usuarios salieran por el acceso que da a las bahías sobre el Puente

Vehicular. Los resultados arrojaron que para un nivel de servicio F es posible evacuar un total de 2,980 usuarios en un tiempo máximo de 3 minutos.

NIVELES DE SERVICIO EN PUENTES PEATONALES

Nivel de servicio	Espacio mínimo m/peaton	Descripción
A	12	Movimientos completamente independientes a la de otros usuarios. Se elige libremente el espacio para caminar y los conflictos entre los peatones son inexistentes.
B	3.72	Los peatones disponen de una área libre para caminar respecto a otros peatones, sin embargo, los peatones comienzan a responder a la presencia de otros peatones, rebasar a otro peatón es muy fácil y al hacerlo no se generan problemas.
C	2.23	El espacio proporcionado es suficiente para caminar normalmente y rebasar a otros peatones en la misma dirección, la posibilidad de que existen conflictos en un regreso es muy poca.
D	1.40	La libertad para elegir una velocidad y área para caminar esta restringida por otros peatones, existe alta posibilidad de conflicto al practicar retornos, la fricción y la interacción entre peatones ocurre frecuentemente.
E	0.56	Casi todos los peatones siguen una marcha uniforme el movimiento de rebase es posible solamente zigzagueando los retornos son sumamente difíciles, existe una interacción entre peatones muy alta.
F	-0.55	Los movimientos en la marcha son restringidos, no es posible regresar, los peatones circulan codo con codo.

Tabla 2.4.1 Niveles de servicio en puentes peatonales.

Por lo dicho inicialmente, se consideró como definitivo el prediseño .:

Velocidad peatonal	73 m/min
Aforo actual sentido 1	512 Peatones/hora
Longitud aproximada del Puente	105 m
Semiancho del Puente	1.8 m
Area necesaria por peatón en el nivel de servicio C	2.23 m ² /peatón
Vida útil	22 años
Area proporcionada por el puente	189 m ²

4) Accidentes de tránsito.

La necesidad de mejorar la red vial se manifiesta también por el gran número de accidentes de tránsito. Los indicadores de siniestralidad entre 1986 y 1990 señalan un promedio anual para la zona de 312 siniestros. De ellos casi el 75% fueron vehiculares y el resto peatonales.

Las causas fueron 72% colisión, 22% atropellamiento, 5% muertos y el menor porcentaje otras causas. La población más afectada por grupos de edad , en causas de atropellamiento corresponde a los rangos siguientes : de 20 a 29 años un 23%, de 30 a 39 años el 18%, de 10 a 19 con 15% ; el 44% restante se divide en 7 rangos ; es decir, resulta afectada fundamentalmente la población económicamente activa.

II.4.3 Pronósticos.

Una de las fases más interesantes, pero al mismo tiempo de las más difíciles de precisar, es la de como será la zona, incluyendo las características de sus componentes urbanos en el futuro ; pronostico que será más incierto conforme se alejan los horizontes de proyecto de la fecha actual.

Las tendencias del crecimiento vehicular en la zona, indican que en esta podrían pasar de 3,950 vehiculos en la hora de máxima demanda en 1994, a 14,928 circulando en el 2016, ocasionando problemas graves de saturación a la red vial de la zona y al mismo puente, requiriendo desde el año 2006 la construcción de los cuerpos centrales.

II.4.4 Sección transversal

La dimensión de arroyo para la estructura del Puente, estará determinada por el volumen de servicio y capacidad que permita tener un buen nivel de operación, aceptable en función de los volúmenes de vehículos obtenidos en el escenario más lejano de proyección.

Es así que la sección para el Puente Vehicular Río de los Remedios será de 10.50 m. equivalente a tres carriles por sentido; en una primera etapa se construyeron los cuerpos laterales.

Para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio, se utilizó el manual de proyecto geométrico y de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Velocidad de proyecto :	60 km/hr
N° de carriles	3 por sentido
Ancho del carril	3.50 metros
VHMD 1994	2,012 VPH P-0, 1,938 V O-P
Acotamientos	0.50 metros
Pendiente :	6%
Vehículos pesados	5%
Peso promedio de vehículos pesados	15 Toneladas
Potencia promedio Vehículos pesados	150 H.P.

II.5 Geotécnia de la zona

De la zonificación estratigráfica de la Cuenca del Valle de México, la intersección con la avenida Central y el Río de los Remedios, se ubica dentro del área correspondiente al Ex-lago de Texcoco.

De acuerdo con el "Mapa Geológico de la Cuenca de México y zonas colindantes",ⁱⁱⁱ la geología superficial de la zona en estudio se identifica como depósitos lacustres del Cuaternario (QL): sedimentos clásticos y piroclásticos relacionados con la actividad volcánica del Popocatepetl y de la Sierra del Chichinautzin, depositados en ambiente lacustre.

El proceso de formación de los suelos en depósitos de lago es la consecuencia del proceso de depósito y de alteración fisicoquímica de los materiales aluviales y de las cenizas volcánicas en el ambiente lacustre, donde existían abundantes colonias de microorganismos y vegetación acuática; el proceso sufrió largas interrupciones durante los periodos de intensa sequia, en los que el nivel del lago bajó y se formaron costras endurecidas por deshidratación o por secado solar. Otras breves interrupciones fueron provocadas por violentas etapas de actividad volcánica, que cubrieron toda la zona con mantos de arenas basálticas ó pumíticas; eventualmente, en los periodos de sequía ocurría también una erupción volcánica, formándose costras duras cubiertas por arenas volcánicas.

II.5.1 Estratigrafía

De acuerdo con estudios realizados, las capas superiores del subsuelo de esta zona son similares en su origen y propiedades a las que se localizan bajo la Ciudad de México, pudiéndose distinguir las siguientes formaciones:

- **Manto superficial.** Constituido por arcillas consolidadas por secado, arenas limosas y limos arcillosos ; su espesor medio es de 1.50 m.
- **Formación Arcillosa superior.** Se compone por arcillas de origen volcánico - lacustre altamente compresibles, intercaladas por bolsas y estratos arenosos, limoarenosos y de vidrio volcánico a diversas profundidades. Su espesor aproximado es de 23 m. Ver figura 2.5
- **Capa Dura.** El horizonte de desecación denominado capa dura de la Ciudad de México tiene un espesor de 2.50 m. La constituyen primordialmente suelos limoarenosos, arenosos y limosos intercalados en ocasiones por materiales arcillosos.
- **Formación arcillosa inferior.** Del mismo origen y características de la formación superior, se diferencia de esta por su menor contenido de agua medio, y por tener menor compresibilidad y mayor resistencia al corte. En ella se localizan también lentes y estratos limoarenosos y de vidrio volcánico. Tiene un espesor de 12 m.
- **Depósitos Profundos Superiores.** Conocidos también como segunda capa dura, están constituidos por limos, arenas finas y limosas muy compactas.
- **Tercera Formación Arcillosa.** Existe dentro de los depósitos profundos una formación compresible de espesor superior a 6 m, la que se reporta como tercera formación arcillosa. Su espesor es de 14 m.
- **Depósitos Profundos inferiores.** Subyaciendo a la formación anterior se localizan estratos arenosos, limosos y limoarenosos que en ocasiones contiene arcilla y gravas.

E S

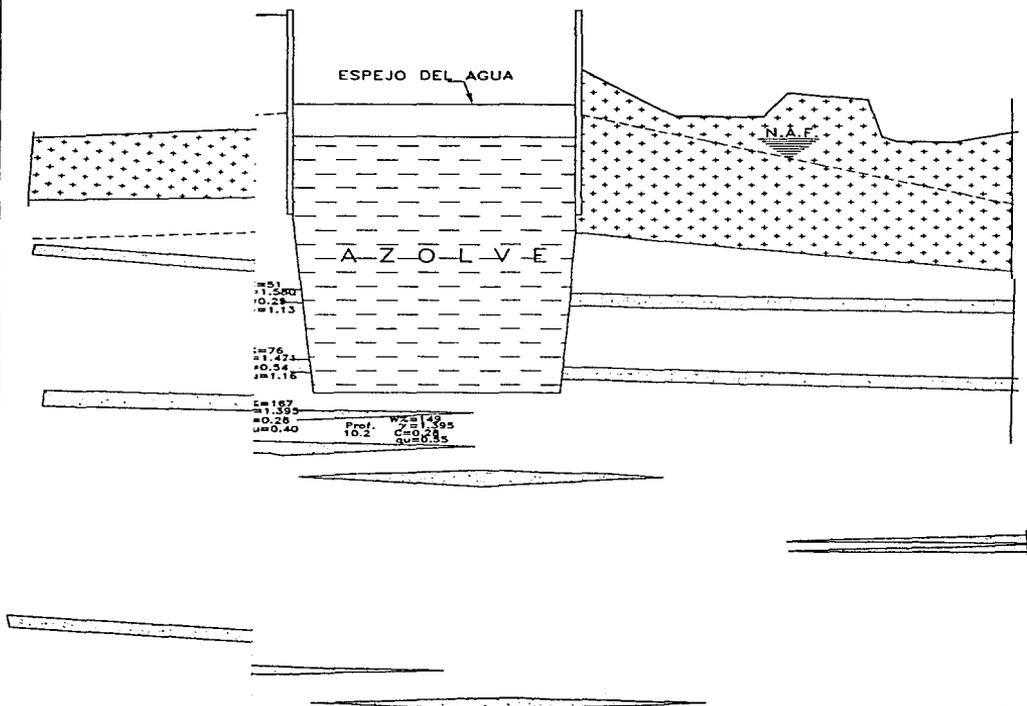
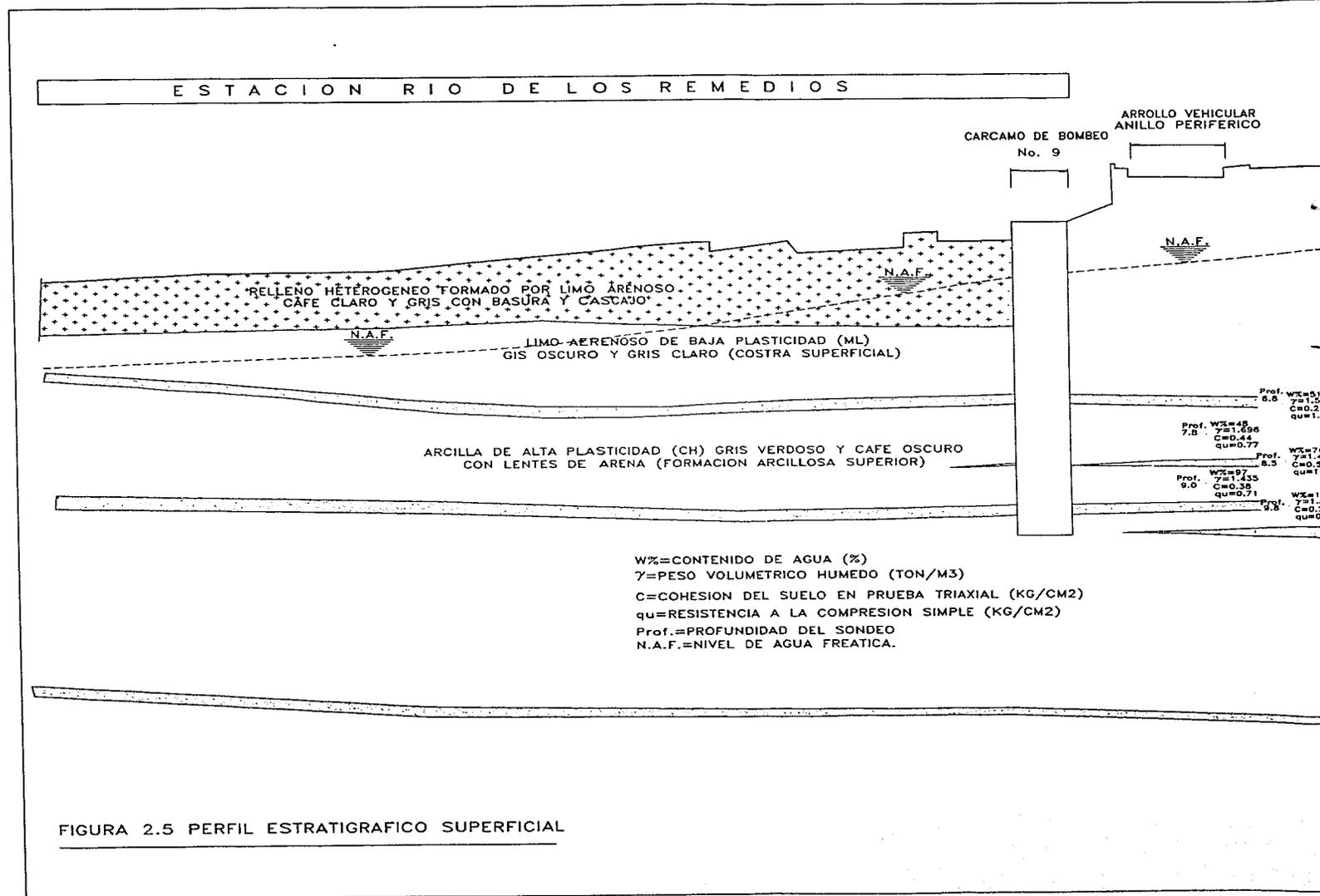
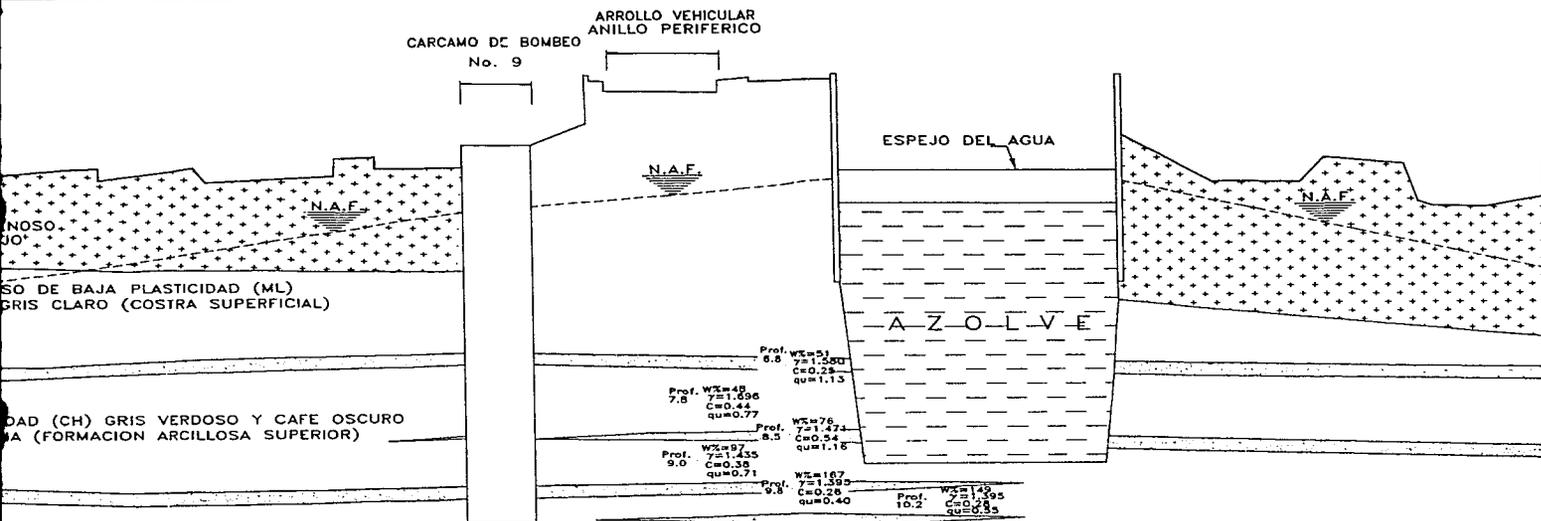


FIGURA 2.5 PERF



REMEDIOS



W%=CONTENIDO DE AGUA (%)

γ=PESO VOLUMETRICO HUMEDO (TON/M3)

C=COHESION DEL SUELO EN PRUEBA TRIAXIAL (KG/CM2)

qu=RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (KG/CM2)

Prof.=PROFUNDIDAD DEL SONDEO

N.A.F.=NIVEL DE AGUA FREATICA.

II.5.2 Implicaciones de las condiciones de la zona en la ejecución de obras de ingeniería.

La presencia de arcillas fisuradas con muy bajas resistencias al esfuerzo cortante a poca profundidad, la existencia de una capa arenosa bajo ellas y la presencia del nivel freático casi superficial, hacen que las condiciones de estabilidad de los taludes en la zona sean críticas por las posibilidades de falla por subpresión y por traslación, lo que ha obligado al empleo de taludes tendidos en las excavaciones.

En cuanto a la construcción de terraplenes en la zona, la presencia de suelos altamente compresibles y con baja resistencia al esfuerzo cortante ocasiona que los asentamientos producidos por sobrecarga sean importantes.

Para la construcción de cimentaciones superficiales en esta área, lo más recomendable es la utilización de cajones o losas de cimentación y el empleo de materiales ligeros por la alta compresibilidad de la formación arcillosa superior y el poco espesor o ausencia del manto superficial, que es más resistente.

En construcciones pesadas no es posible transmitir la descarga a las formaciones superficiales, en virtud de la magnitud de los asentamientos que se presentarían, por lo que es aconsejable compensar total o parcialmente el peso de la obra, o transmitirla a estratos menos compresibles mediante pilotes de adherencia.

El poco espesor de la capa dura restringe el empleo de pilotes de punta, los cuales podrían penetrarla o deformarla; adicionalmente, la fricción negativa ocasionada por los hundimientos provoca solicitaciones importantes a los pilotes.

II.6 Otras obras inducidas.

Aparte de las obras más importantes ya mencionadas (reubicación de cárcamos y puente vehicular), hay instalaciones con las que el trazo del Metropolitano interfiere. Esto se presenta por la profundidad de las tuberías y el nivel de desplante de la sección estructural, tanto de la estación como del tramo. De esta manera se tiene la necesidad de dejar preparaciones para el paso de tuberías en la estructura, así como algunas obras especiales para las mismas.

A continuación se mencionan las instalaciones afectadas.

II.6.1 Gasoducto de PEMEX (24" de diámetro).

El gasoducto esta ubicado en el tramo Río de Los Remedios - Múzquiz en el cadenamiento 8+395.00 aproximadamente. La galería donde se alojó la tubería quedó por encima de la losa de fondo del cajón del Metropolitano. La galería tiene una sección transversal de 2.50 m. de ancho por 3.15 m. de altura.

La galería que esta ubicada en la parte interior del cajón del Metropolitano es una estructura formada de una sola pieza (muros y losas). En cambio la parte de la galería que se encuentra fuera del mismo cajón lleva en su parte superior unas losas tapas desmontables precoladas de 1.00 m. de ancho por 0.25 m. de espesor a lo largo de 11.00 m. a partir del paño exterior del acceso a la galería, esto a ambos lados de la sección estructural del cajón.

La galería esta hecha de concreto resistencia $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, clase I en losas y muros, concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ en plantilla. El armado de losas y muros es con acero de refuerzo de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

En cuanto al proceso constructivo de la galería, esta se construye junto con la estructura del cajón ya que forma parte integral de la misma, sólo que esta continua un tramo de 12.00 m. fuera del cajón en ambos lados. El relleno con el cual se va a cubrir el gasoducto es una arena limosa (tepetate), con la cual se rellena la galería hasta una altura de 0.50 m sobre la cual se coloca el gasoducto conforme a las especificaciones, se continúa con el relleno hasta un nivel de 0.20 m. por encima del lomo del tubo.

II.6.2 Tubería de agua potable (20" de diámetro).

Como parte de la construcción fue necesario efectuar el desvío y retiro de esta tubería, lo cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

--Tramo fuera de la sección estructural del Metropolitano.

Etapa I. Excavación de la zanja.

Concluidos los trabajos preliminares (trazo y nivelación) se procede a efectuar la excavación de la zanja hasta una profundidad de 1.50 m. en corte vertical y un ancho de 1.20 m. (ver figura 2.6).

Etapa II. Colocación de cama de arena.

Se procede a la colocación, tendido y compactación de la cama de arena bien graduada, la cual se tiende y apisona perfectamente, quedando una capa de 10 cm. de espesor.

Etapa III. Colocación de la tubería.

Se efectúa la colocación de la tubería de asbesto-cemento, clase A-10.

Etapa IV. Acostillado de la tubería.

Posteriormente se acostilla la tubería con arena bien graduada, compactada con bailarina neumática en capas no mayores de 20 cm. La tubería quedará acostillada hasta una altura de 0.5 veces el diámetro de tubo, dimensión medida a partir del nivel máximo de excavación.

Etapa V. Colocación de rellenos.

En seguida se colocan los rellenos hasta el nivel de subrasante de vialidad, utilizando para ello arena limosa, los cuales se compactan con pisón metálico en capas no mayores

de 20 cm., con humedad cercana a la óptima con una tolerancia de 2% y compactado al 90% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo con la norma AASHTO estándar con 6.05 kg/cm/cm³ de energía de compactación.

--Tramo de cruce con la sección estructural del Metropolitano.

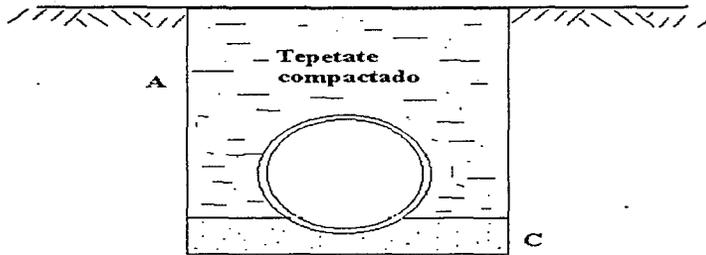
El procedimiento es el mismo que el anterior hasta la etapa III, sólo que la tubería es de acero cédula 40, grado B, protegido con pintura anticorrosiva. Además la tubería lleva un encamisado de concreto de resistencia $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.

Cabe mencionar que en todo cambio de dirección se construyeron atraques para soportar la fuerza transmitida por el agua al tubo en dichos cambios. Excepto en los que van conectados inmediatamente con la tubería de acero, donde se construyeron cajas especiales de desvío (ver figura 2.7 y 2.8).^{iv}

II.6.3 Tubería de Agua Potable (12" de diámetro).

Esta tubería esta marcada en los planos que proporcionó la DAPA del municipio de Nezahualcoyotl, por lo que antes de iniciar con los trabajos de excavación se hicieron algunas calas sobre el terreno para localizarla y tomar las precauciones debidas para no dañarla. Al no encontrarla se procedió a iniciar la excavación hasta la profundidad pedida en el proyecto y volver a realizar los sondeos a este nivel para tener por lo menos la cota de la tubería, ya que a esta profundidad no interfería con los trabajos de la estación del Metropolitano. Cabe mencionar que la tubería no se encontró, pero se dejó la preparación en la sección estructural de la estación para una conexión futura.

El procedimiento constructivo es idéntico al mencionado en la tubería de agua potable de 20" de diámetro, sólo la dimensión de la excavación fue la que varió debido al diámetro más pequeño de la tubería. Las dimensiones fueron las siguientes: profundidad de zanja 1.25 m., ancho 0.85 m., cama de arena 0.10 m., el encamisado de concreto es de 0.64 X 0.64 m. (ver figura 2.6).



B

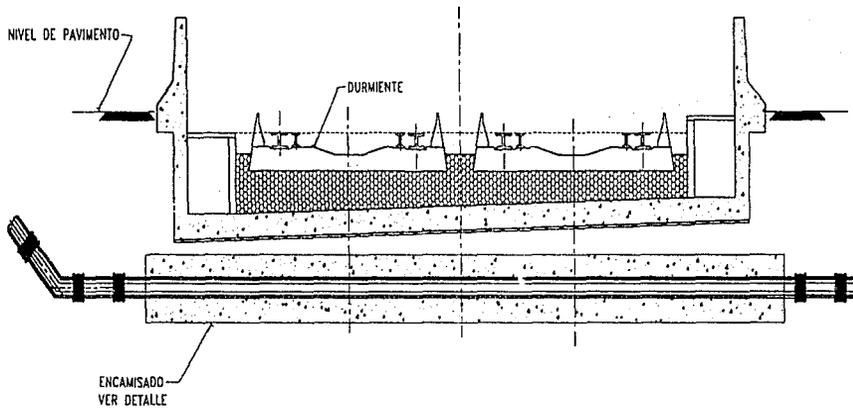
Sección tipo

Tabla No.1			
D in	A cm	B cm	C cm
4	100	60	10
6	110	70	10
8	115	75	10
10	120	80	10
12	125	85	10
20	150	120	10
24	165	130	15
36	220	170	15
48	250	200	20

Dimensiones de excavación para alojar tubería de agua potable

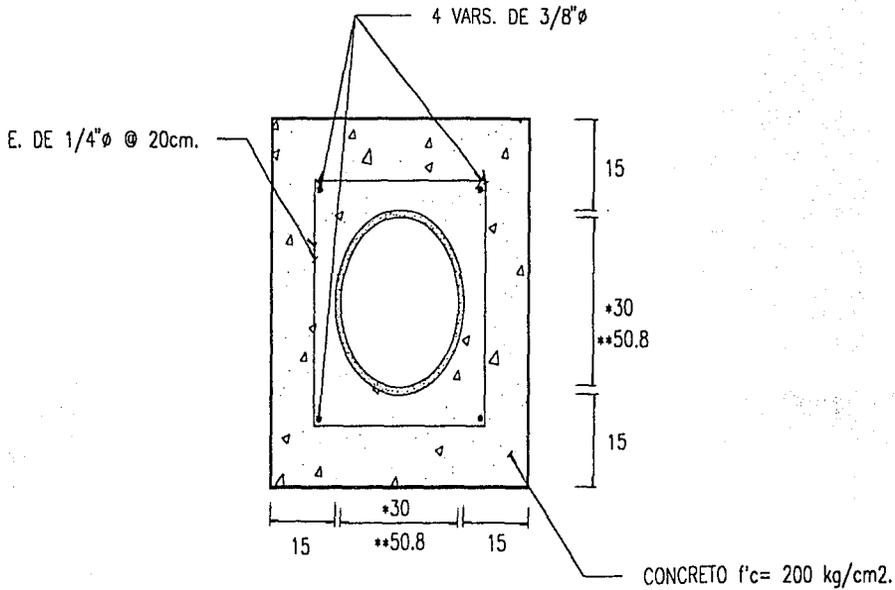
Figura 2.6

FIGURA 2.7



DETALLE DEL CRUCE DE TUBERIA CON LA SECCION DEL METRO
SIN ESCALA

FIGURA 2.8



DETALLE DE ENCAMISADO DE LA TUBERIA

ACOT. EN cm.

SIN ESC.

*30 PARA $\phi = 12''$
**50.8 PARA $\phi = 20''$

ⁱ Sistemas de Información Geográfica S. A.
Carta Urbana 1 :20,000 ; "Politécnico"

ⁱⁱ MOOSER, Federico
Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1994 - 2000. (Versión Preliminar).

ⁱⁱⁱ Mapa Geológico de la Cuenca del Valle de México y Zonas Colindantes
D.G.C.O.H. 1974.

^{iv} COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación general de procedimiento constructivo para el desvío de las líneas de agua potable durante la construcción del metropolitano línea "B" con el Río de los Remedios.
Clasificación: CB-95-MSU-5B000-III-31-0423-E-00.
México, Octubre 1996, pp.8

CAPITULO III PROCESOS CONSTRUCTIVOS

III.1 Descripción.

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 y geotécnicos. Es decir, desde el punto de vista geotécnico cualquiera de las soluciones es admisible.¹

Hasta la fecha, las opciones de proyecto que se han desarrollado para las obras civiles del Metro, se han clasificado de la siguiente manera:

- Solución superficial.
- Solución elevada en puente.
- Solución subterránea superficial, que son cajones alojados normalmente a 2 m. de la superficie.
- Solución subterránea profunda, que son túneles cuyo techo mínimo es del orden de 1.2 veces el diámetro del túnel.

En la actualidad podemos decir que la planeación del Metro ha contribuido a racionalizar el transporte público, reduciendo los tiempos de recorrido al lograr mayores velocidades, menor desgaste del equipo, ahorro de energéticos y contención de la contaminación.

De acuerdo a las diferentes soluciones que se le han dado al Metro, de manera general se puede comentar lo siguiente sobre los tramos construidos superficialmente:

La solución superficial que se concibió sobre la calzada de Tlalpan, durante la primera etapa del Metro, se ha observado no del todo satisfactoria; los hundimientos diferenciales que se ha presentado ocasionaron problemas en la operación, de tal manera que las renivelaciones de la vía han sido continuas.

Por otra parte, la solución superficial, a base de un cajón con losa de concreto y muros laterales con una rigidez suficiente que no se vea influenciada por los

hundimientos diferenciales, ha observado un comportamiento satisfactorio en las líneas 3, 5 y "A".¹

Por otro lado la afluencia de usuarios en las líneas es de tal magnitud, que la administración del Sistema de Transporte Colectivo ha tenido que implantar medidas de seguridad, consistentes en maniobras de control, dosificación y separación de pasajeros, que se lleva a cabo en horarios especiales y con procedimientos apropiados a la problemática de cada línea y cada estación.

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.

III.1.1 Programa de instrumentación.

La instrumentación del suelo que rodea al cajón del Metro sirve para: A) verificar que la construcción se realice dentro de la seguridad proyectada, así como para advertir el desarrollo de condiciones de inestabilidad y, B) obtener información básica del comportamiento del suelo, que comparado con el previsto en el diseño, permita concluir sobre la confiabilidad del diseño, detectar errores y fundamentar modificaciones en los análisis y en la construcción.

La instrumentación se debe diseñar siguiendo un proceso racional integrado por los siguientes aspectos:

a) Definir con detalle qué objetivos precisos se pretenden aclarar y que variables se deben medir.

b) Hacer una evaluación previa del orden de magnitud que alcanzan las variables por medir; para ello, se hará un análisis preliminar del problema.

c) Elegir cuidadosamente los instrumentos que se utilizan, comprobando que su precisión sea significativamente mayor que la magnitud de las variables que se medirán.

d) El número de instrumentos que conviene instalar.

Las características del subsuelo y de la estructura son los factores fundamentales para la definición del número de instrumentos; es conveniente admitir que este número sea reducido, no solo por su costo, sino también porque el exceso de instrumentos resulta conflictivo para la construcción.ⁱⁱ

III.1.2 Recomendaciones geotécnicas.

La información técnica que D.G.C.O.S.T.C. debe proporcionar al proyectista de ingeniería civil de una cierta línea del Metro debe incluir: alternativas de ubicación de la línea, soluciones estructurales admisibles, perfil preliminar de operación, ubicación de estaciones, procedimientos de construcción factibles, información geotécnica disponible y comentarios sobre el comportamiento de líneas en condiciones similares.

El estudio geotécnico esencialmente consiste en adoptar el criterio clásico de la mecánica de suelos: primero se realiza la exploración del sitio para conocer con detalle la estratigrafía y estimar las propiedades mecánicas de los suelos; con esta información se puede hacer el análisis geotécnico preliminar de las alternativas posibles, que a su vez permite definir los aspectos más significativos de cada solución considerada. Tomando esta nueva información como base, se pueden identificar los objetivos de las mediciones piezométricas, del muestreo inalterado y de las pruebas de laboratorio necesarias para efectuar el diseño geotécnico definitivo. Adicionalmente se observa el comportamiento de las estructuras ya construidas, para validar o modificar los criterios de diseño.ⁱⁱ

III.1.3 Recomendaciones para construcción.

Un informe geotécnico debe contener recomendaciones específicas relativas al proceso de construcción, basadas en los análisis de empujes laterales, de estabilidad de taludes y del fondo de la excavación, así como en la definición de la necesidad de abatimiento del nivel piezométrico previo a la excavación. Estas recomendaciones deberán cubrir, principalmente, los siguientes aspectos.

-Trabajos preliminares: Son todos aquellos que se requieren antes de comenzar los trabajos de construcción para el cajón, tales como demolición, obras inducidas, protección a estructuras vecinas.

-Instrumentación para control de la excavación: Se deberá definir el tipo y distribución de instrumentos de medición de campo para determinar la evolución del nivel piezométrico, así como los movimientos verticales y horizontales de la excavación y de estructuras vecinas.

-Abatimiento del nivel freático: En la zona de lago, con nivel freático cercano a la superficie, una vez verificada la necesidad de bombeo, se elaborarán especificaciones para las instalaciones de abatimiento del nivel piezométrico previo a la excavación, incluyendo definición del tipo de bombeo (por gravedad o electrosmótico), distribución y profundidad de pozos de bombeo o electrodos, profundidad de las bombas y del abatimiento mínimo entre pozos, el tiempo mínimo de bombeo antes de iniciar la excavación; así como los procedimientos para la perforación y limpieza de los pozos y colocación de filtros, ademes y las especificaciones relativas al tipo de bombas, su instalación y operación. Debe analizarse la influencia de la subpresión en estratos permeables.

-Procedimiento de excavación: Con objeto de asegurar la estabilidad general de la excavación, y mantener la magnitud de las expansiones y asentamientos dentro de los límites previstos en el análisis geotécnico, deberán elaborarse todas las especificaciones relativas al avance, colocación de puntales, colado de concreto, colocación de lastres o rellenos y manejo del nivel piezométrico.ⁱⁱ

III.1.4 Comportamiento de la estructura.

Instrumentación de comportamiento: Su objeto es definir el tipo y distribución de instrumentos para la verificación del comportamiento de la estructura del cajón y de construcciones vecinas que se juzgue necesario.

Observaciones a corto plazo: Este período de observación cubre el proceso constructivo y la puesta en operación de la línea: Las mediciones que deberán efectuarse rutinariamente son :

- a) asentamientos y expansiones.
- b) deformaciones horizontales, superficiales en la masa de suelo.
- c) variaciones en la presión del agua intersticial.

Durante la construcción deberá también controlarse el abatimiento del nivel del agua en el suelo, el gasto extraído en cada tramo de la línea, las presiones de operación del sistema de bombeo; en caso de que se utilice electrólisis deberán conocerse el potencial e intensidad de corriente del campo eléctrico inducido. La frecuencia de las observaciones será por lo menos semanal, en los tramos críticos podrá ser hasta diaria. Una vez definido el comportamiento de las estructuras, el ingeniero supervisor modificará la secuencia de las mediciones.

Observaciones a Largo plazo: Serán similares a las descritas anteriormente salvo que la frecuencia deberá dejarse a una observación mensual. A lo largo de la línea deberá mantenerse un control permanente para detectar alguna posible falla por las siguientes acciones.

- a)Apertura de nuevas excavaciones.
- b)La construcción de cimentaciones de nuevas estructuras.
- c)La instalación de sistemas de abatimiento del nivel freático.

En caso de que ocurriera un sismo se deberá realizar una campaña inmediata de mediciones, así como una inspección detallada de la línea para determinar los efectos y daños provocados.ⁱⁱ

III.2. Procedimiento constructivo de tramo a cielo abierto (Superficial)

En este capítulo se describe el procedimiento constructivo para la estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B", ubicada entre los cadenamientos 8 + 673.31 al 8 + 433.82.

Este tramo se dividió en 8 zonas de avance para su construcción denominadas "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" y "H" (ver figura 3.0). El proceso constructivo para cada una de las zonas se divide en 6 etapas que a continuación se mencionan :

ETAPA	DESCRIPCIÓN
I	Excavación y afine de fondo
II	Colado de Plantilla
III	Excavación de zanjas para drenaje, colocación de tubería, cama de arena y relleno de grava.
IV	Armado y Colado de losa de fondo.
V	Armado y colado de la sección estructural incluyendo losa de subrasante
VI	Colocación de rellenos complementarios

Tabla 3.1

III.2.1. Secuencia constructiva

La excavación se inició en la zona "A", ubicada en la parte sur de la estación y se continuo hacia la cabecera norte de la estación por las zonas "B", "C", "D", "E", "F", "G" y "H", siguiendo el orden secuencial de las letras.

La excavación de cualquier zona excepto la "A" se inicia cuando en la zona inmediata anterior se tiene colada la losa de subrasante de la sección estructural.

METROPOLITANO LINEA "B"
 ESTACION RIO DE LOS REMEDIOS

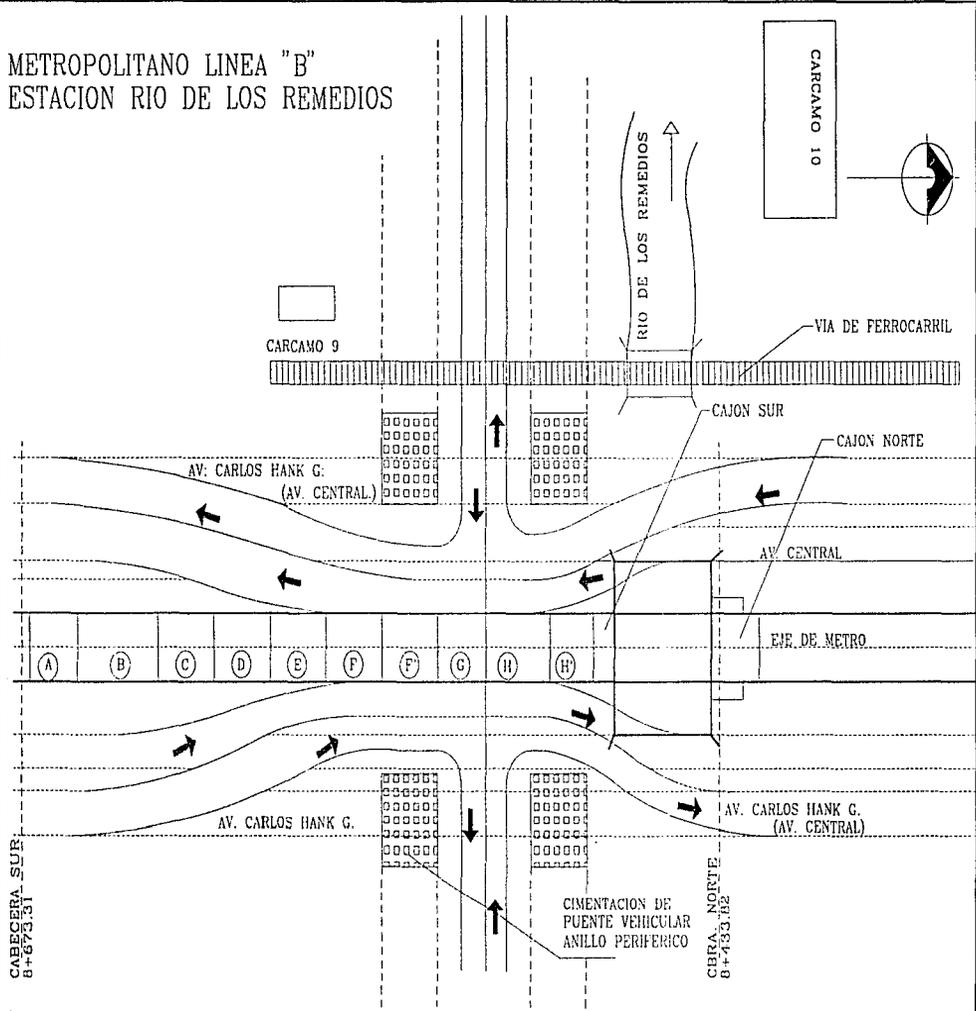


Figura 5.0

La excavación de la zona "C" se inicia una vez concluida la etapa IV en la zona "B", análogamente, la excavación en la zona "D" se inicia una vez concluida la etapa IV en la zona "C".

En todas las zonas, la etapa II deberá iniciarse inmediatamente después de terminada la etapa I. La etapa III se inicia una vez que se concluye la etapa II, colocándose la tubería para el dren longitudinal así como el relleno de grava. Para poder iniciar la etapa IV, se espera a que la plantilla colada en la etapa II alcance el 40% de su resistencia inicial equivalente a 24 hrs y no puede posponerse mas de 24 hrs después de que esto ultimo haya ocurrido.

El tiempo máximo de ejecución de la etapa IV en cada zona es de 3 días. Una vez iniciado el colado de la plantilla o losa de fondo de cimentación, ésta no puede suspenderse hasta haber terminado toda la sección indicada para cada etapa de construcción.

La etapa V puede iniciarse cuando las trabes de cimentación y losa de fondo coladas en la etapa IV hayan alcanzado el 70% de su resistencia de proyecto. Los rellenos en la zanja de drenaje longitudinal se hacen cuando los muros laterales hayan alcanzado también el 70% de su resistencia de proyectoⁱⁱⁱ.

III.2.2. Descripción de las etapas constructivas.

Los lineamientos a seguir para cada etapa se describen a continuación.

Etapa I. Excavación y afine del fondo.

La excavación para alojar a la sección estructural de la estación Río de Los Remedios, se realiza con equipo mecánico hasta una profundidad de 15 cm por arriba de la cota de desplante de plantilla. El equipo es un cargador frontal o similar.

Los 15 cm se excavan con equipo manual con el objeto de obtener una superficie uniforme, evitando de esta manera sobreexcavaciones y remodelo en el fondo de la excavación.

La excavación no debe exceder el ancho indicado, evitando en todo lo posible golpes del cucharón del equipo utilizado sobre el material de la pared de la excavación.

Para todas las zonas el ancho de la excavación es de 17.54 m e incluye las áreas laterales para alojar los tubos de drenaje. En esta etapa dichas zonas se excavan hasta el nivel de desplante de la plantilla. La excavación está limitada transversalmente en todo el tramo por taludes con una inclinación en relación 1 :1, excepto en los avances o zonas "D" "E" y "F" donde a consecuencia del bandeo vial se emplea un proceso constructivo diferente que se explicará en el subcapítulo III.3.

Así mismo el talud cabecero de avance debe cumplir con la relación 1 :1. En caso de encontrar depósitos de suelo orgánico o basura en el nivel de desplante de la plantilla es necesario sustituir dichos materiales por un suelo limo-arenoso (tepetate), en un espesor no mayor de 80 cm, éste material debe ser aprobado por la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo (D.G.C.O.S.T.C.), que cumpla con los siguientes requisitos de calidad :

- Límite líquido no mayor de 30%
- Cantidad de finos (material que pasa por la malla No. 200) no mayor del 28%.
- Tamaño máximo de las partículas no mayor de 76 mm (3") de diámetro.

El material seleccionado previamente homogeneizado, se colocará en capas no mayores de 20 cm, las cuales se compactan hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo con la norma AASHTO Estándar con 6.05 kg/cm^2 de energía de compactación, debiendo tender el material con una

humedad cercana a la óptima, preferentemente del lado seco de la curva de compactación, determinada mediante ensayos de laboratorio previos.

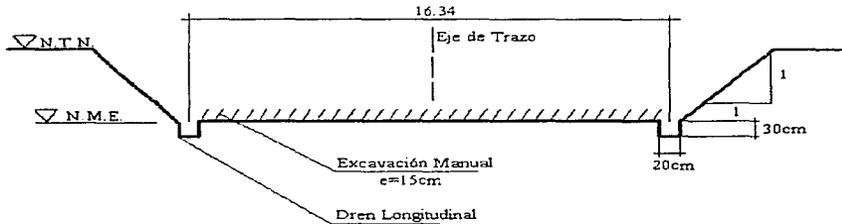


Fig3.1 Excavación y afine de fondo.

Etapa II. Colado de plantilla.

Inmediatamente después de concluir el afine del fondo de la excavación se procede al colado de la plantilla de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ y revenimiento de 12 cm. El espesor será variable formando una pendiente transversal de 2% del eje del trazo hacia las orillas, este proceso debe terminarse a más tardar 24 hrs después de que la excavación haya sido afinada.

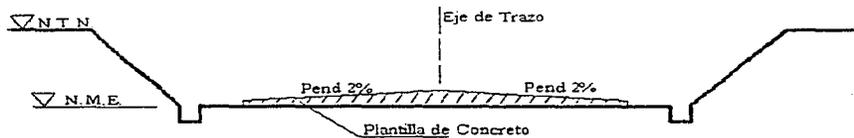


Fig 3.2 Colado de Plantilla.

Etapa III. Excavación de zanjas para drenaje, colocación de tubería, cama de arena y relleno de grava.

Se procede a realizar la excavación de las zanjas laterales para alojar los tubos de drenaje, la excavación se hace con equipo manual y llegará a la profundidad que marcan los planos de proyecto de drenaje, ampliándose la sección por excavar en los sitios donde se requiera la construcción de registros. Las zanjas laterales no deben estar abiertas por más de 24 hrs.

Una vez que se haya logrado la profundidad deseada en las zanjas laterales, se procede a la colocación, tendido y compactación de una cama de arena de 10 cm de espesor, siguiendo la pendiente definida en el proyecto de drenaje, la cual se tiende y compacta en forma manual hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo, según la prueba AASHTO Estándar (Energía de compactación E.C. = 6.05 kgcm/cm^3).

Posteriormente se instala la tubería, en seguida se acostilla y se llena la zanja con material areno-limoso proveniente de banco aprobado por D.G.C.O.S.T.C., tendiéndose en capas de 20 cm de espesor compactadas al 90% de su peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.), de acuerdo a la norma AASHTO Estándar (E.C. = 6.05 kgcm/cm^3), hasta 40 cm por debajo del nivel de desplante de la plantilla.

Inmediatamente después se rellena la zanja utilizando un material granular (gravas limpias), hasta el nivel de plantilla de desplante. El relleno de grava funcionará como filtro el cual conducirá las aguas pluviales hasta la posición de los cárcamos de bombeo. Las gravas que se utilizan deben estar libres de finos, tendrán un tamaño máximo de 50.8 mm (2") de diámetro, y se colocarán en dos capas de 20 cm de espesor acomodándose mediante varillado manual.

Etapa IV. Armado y colado de la losa de fondo.

Esta actividad solo puede iniciarse cuando el concreto de la plantilla haya alcanzado el 40% de su resistencia de proyecto (aproximadamente 1 día de edad), y debe terminarse a más tardar 3 días después de que la plantilla haya sido colada.

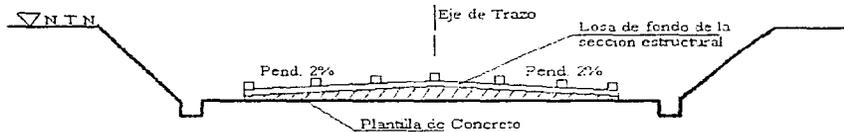


Fig 3.3 Armado y Colado de losa de fondo.

Etapa V. Armado y colado de la sección estructural incluyendo losa de subrasante.

Una vez que los elementos de cimentación hayan alcanzado el 70% de su resistencia de proyecto, se procede al armado y colado de las traveses y muros laterales, hasta el nivel inferior de la losa de subrasante. Después de que los muros hayan alcanzado el 70% de su resistencia de proyecto (aproximadamente 7 días de edad), deberán rellenarse las zanjas laterales para drenaje hasta el nivel de desplante de banqueteta.

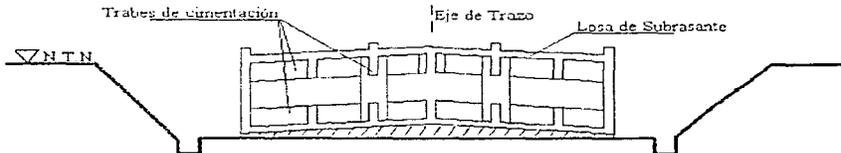


Fig 3.4 Armado y colado de la sección estructural y losa de subrasante

Etapa VI. Colocación de rellenos complementarios.

Los rellenos complementarios se colocan, cuando la resistencia del concreto de los muros haya alcanzado el 70% de la resistencia de proyecto, o 7 días después de colado y una vez que se hayan colocado las tuberías de drenaje laterales. Para conformar los rellenos se utilizan materiales areno-limosos procedentes de bancos (tepetate), aprobados por D.G.C.O.S.T.C., que cumplan con los siguientes requisitos de calidad :

- Límite líquido no mayor del 30%
- Cantidad de finos (material que pasa la malla No. 200) no mayor del 28%
- Tamaño máximo de las partículas no mayor de 76 mm (3") de diámetro.

El material seleccionado previamente homogeneizado, se coloca en capas no mayores de 20 cm, las cuales se compactan hasta alcanzar el 90% de su P.V.S.M. de acuerdo con la norma AASHTO Estándar con 6.05 kgcm/cm^2 de energía de compactación, debiendo tender el material con una humedad cercana a la óptima, preferentemente del lado seco de la curva de compactación, determinada mediante ensayos de laboratorio previos^{IV}.

En caso de que los materiales se encuentren parcialmente saturados, deberán aerearse para lograr la humedad óptima de compactación, determinada mediante ensayos de compactación previos. Los trabajos de compactación se ejecutan con equipo mecánico ligero (bailarinas, rodillos o similares). Se efectuarán pruebas de control de calidad de compactación mediante la realización de calas y extracción de muestras a cada 50 m de longitud en cada capa tendida y compactada, debiendo defasar el muestreo entre capas para evitar crear planos susceptibles de falla.

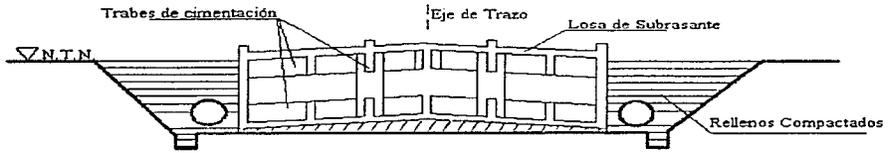


Fig 3.5. Colocación de rellenos complementarios y drenaje

III.3 Procedimiento constructivo con hincado de viguetas.

A solicitud de obra se efectuó una variante al procedimiento constructivo planteado originalmente de la estación Río de Los Remedios del Metropolitano Línea "B", debido a los bandeos vehiculares existentes en la zona de trabajo.

Debido a la cercanía del bandedo vial al hombro del talud de proyecto, en los avances "D", "E" y "F", se implementó de manera local un sistema de ademe constituido a base de viguetas metálicas, tablonces verticales, polines horizontales y cuñas.

Este sistema de ademe se empleo en el lado oriente y poniente del eje de trazo del Metropolitano Línea "B".

Las viguetas metálicas serán IR de 254x38.50 kg./m separadas entre si 1.20 m en el sentido longitudinal y empotradas 2.60 m por debajo del nivel máximo de excavación. En el sentido transversal las viguetas se colocan a una distancia de 8.50 m a partir del eje de trazo del metropolitano línea B.

La finalidad del procedimiento descrito anteriormente, es la de evitar caídos a la zona de trabajo a consecuencia de las cargas transmitidas por la vialidad, ya que ésta se encuentra a una distancia muy corta de la zona de excavación, así como de la caída de vehículos al fondo de la misma.✓

Las etapas de construcción siguientes para éstas zonas "D", "E" y "F", son las mismas que se describen en el capítulo III.2.2. específicamente en la tabla 3.1.

III.3.1 Instrumentación.

El objeto de proponer un sistema de instrumentación para la estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B", y que es habilitado por la empresa

constructora, es para analizar los datos que de éste se obtengan para que se esté en la posibilidad de evaluar la conveniencia de modificar las restricciones a los avances de excavación o etapas del procedimiento constructivo, especificadas por el proyecto.

La instrumentación requerida para el tramo en estudio está integrada por puntos de control topográfico, consistentes en bancos de nivel superficial, bancos de nivel flotante, pozos de observación del nivel de agua freática, referencias superficiales y referencias en la nueva estructura.

- Bancos de nivel superficial.

Se requiere contar con un banco de nivel superficial fuera de la zona de influencia de la excavación, al cual se le asigna una cota, a fin de referir las lecturas de los instrumentos a éste banco, que a su vez permite evaluar el hundimiento regional de la zona mediante lecturas referidas al banco de nivel profundo más cercano.

El banco de nivel superficial consiste en puntos topográficos visibles en mojoneras o similares, como pueden ser elementos de concreto, que deben estar empotrados 60 cm en el subsuelo. La distancia entre el banco y el punto a nivelar mas cercano a la estación debe ser por lo menos 100 m. Puede elegirse como banco un punto de una estructura, poste o similar que cumpla con la distancia mínima antes señalada.

El banco debe ser definido mediante nivelación topográfica de precisión, la cual es realizada por una brigada compuesta por un Ingeniero supervisor, Ingeniero topógrafo, auxiliar de topografía y cadenero.

La cota asignada al banco debe ser registrada en formatos, incluyéndose la fecha de instalación, dicha cota debe estar referida además al banco de nivel profundo.

- Bancos de nivel flotante.

Se instalan bancos de nivel flotante a fin de determinar la magnitud de los movimientos del fondo de la excavación ; estos movimientos pueden ser expansiones, asentamientos, o asentamientos por compresión.

El banco debe localizarse al centro del avance sobre el eje de trazo del Metropolitano, consiste en un muerto de concreto simple, de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ colocado dentro de un tubo Shelby de 101.6 mm (4") de diámetro de 50 cm de longitud, unido a una tubería galvanizada coronada por un tapón galvanizado, desplantado a una profundidad relativa de 120 cm por debajo del nivel máximo de excavación.

La instalación de los bancos de nivel flotante está a cargo de una brigada compuesta por un ingeniero supervisor, perforista, un auxiliar de perforista y ayudantes.

Para la instalación de los bancos inicialmente se ejecuta una perforación de 152.4 mm (6") de diámetro mediante el uso de una broca tricónica hasta alcanzar el nivel de desplante, ademandando en la zona de rellenos.

Inmediatamente después de terminada la perforación y una vez que el fondo se encuentre libre de azolves o caídos se instala el muerto cuidando que éste se apoye totalmente en el fondo del barreno.

Posteriormente se rellena el espacio anular en el interior de la perforación con grava de 101 mm (3/4") de diámetro máximo colocada a volteo, hasta alcanzar el nivel de brocal.

- Pozo de observación de nivel de aguas freáticas.

Este tiene la finalidad de registrar las fluctuaciones del nivel de aguas freáticas antes de iniciar la excavación, a fin de que si el nivel freático se encuentra a menor profundidad que la indicada en el proyecto, se tomen medidas como incrementar el número de bombas programadas y en su caso prever la construcción de drenes auxiliares.

El pozo de observación consiste en una tubería ranurada alojada dentro de un filtro de grava, colocados en perforación vertical de 106 mm (4") de diámetro con la geometría y características que se indican en la figura 2. Para su instalación se ejecuta una perforación de 101 mm (4") de diámetro, mediante el uso de una broca de aleta y ademe metálico hasta alcanzar el nivel de desplante.

Posteriormente se coloca en el interior de la perforación y al centro de esta un tubo de PVC ranurado de 19 mm (3/4") de diámetro, relleno del área anular de la perforación con arena gruesa limpia colocada a volteo, hasta 50 cm por debajo del nivel de brocal. En seguida se retira el ademe y finalmente se coloca un sello de bentonita de 50 cm de espesor. El pozo se localiza fuera del área de excavación a 3.00 m medidos a partir del hombro del talud transversal de excavación, y alcanza una profundidad de 1.00 m por debajo del nivel de aguas freáticas (aproximadamente a una profundidad de -4.00 m respecto al terreno natural).

La instalación del pozo está a cargo de una brigada compuesta por un Ingeniero supervisor, perforista, auxiliar de perforista y ayudantes.

- Referencias superficiales.

Estos elementos tienen por objeto medir los desplazamientos verticales y horizontales que pudieran presentarse en la superficie del terreno adyacente a la

zona de excavación, lo que permite detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad. Por lo que deben instalarse previo al inicio de los trabajos de excavación.

Las referencias superficiales están constituidas por una varilla corrugada de 9.5 mm (3/8") ó 19 mm (3/4") de diámetro de 1.00 m de longitud, hincada en el terreno, la cual tiene un muerto de concreto simple $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 50 cm de longitud, de sección circular de 15 cm de diámetro.

Se colocan referencias superficiales sobre la corona del talud de excavación en una línea a 2.00 m medidos a partir del hombro del talud.

Su instalación está a cargo de una brigada compuesta por un ingeniero supervisor, un ingeniero topógrafo, auxiliar de topógrafo y cadenero.

- Referencias en la estructura.

Consiste en palomas situadas en los extremos de ambos muros del avance en proceso, alineadas transversalmente (en el mismo cadenamiento) a una distancia de 10 a 15 cm de la corona del muro. Para su instalación las zonas seleccionadas se limpian y se aplanan con mortero, posteriormente se marcan cuadros de 7 x 7 cm y se pintan de blanco. Con la ayuda de un nivel de precisión se marca el eje horizontal de las referencias, determinando su elevación respecto a un banco de nivel profundo. Inmediatamente después se pinta de rojo el triángulo que señala la referencia y se marca la clave de identificación.

Su instalación está a cargo de una brigada compuesta por un ingeniero supervisor, un ingeniero topógrafo, auxiliar de topógrafo y cadenero

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Procesos Constructivos

Estos elementos tienen la finalidad de evaluar los movimientos que puedan presentarse en la estructura inmediatamente después de concluida su construcción ; se colocan una vez que se hayan construido totalmente los muros del tramo en proceso.

III.4 Tramo con cajones de cimentación.

Para permitir el cruce del Metropolitano Línea "B" en el Río de los Remedios, se construirá un puente cuya cimentación será resuelta a base de cajones de concreto armado. La solución contempla la construcción de dos cajones uno en la margen sur del Río al que se llamará "cajón de cimentación sur" y otro en la margen norte al que se llamará "cajón de cimentación norte".

Para fines de procedimiendo constructivo el área del cajón de cimentación sur se dividió en 5 zonas, denotadas como "A", "B", "C", "D" y "E". El cajón de cimentación norte cuenta con una zona adicional denominada F. i70 Las zonas "A", "B", "C", "D", "E", comprenden el área donde la profundidad de excavación será del orden de 6.20 m.

La excavación se realizará a cielo abierto y se ademarará mediante un sistema de retención constituido por ataguía metálica en la parte adyacente del Río de los Remedios, y por un conjunto de viguetas metálicas y tablonés que se localizarán en el resto de las paredes laterales de la excavación (sistema de ademe).

El "sistema de apuntalamiento primario" estará constituido por el conjunto de vigas mdrinas y troqueles que se instalarán durante el proceso de excavación.

El "apuntalamiento secundario" estará formado por vigas mdrinas, troqueles y elementos estructurales que permitan retirar el apuntalamiento primario, para dar continuidad con el colado de muros y trabes del cajón.

La "cimbra base" se utilizará para el colado de la "losa de fondo" y también para una parte de los muros laterales, la otra parte se construirá con una "cimbra complementaria".

Se denominará "tocón de concreto" al colado que se realizará en la parte adyacente al cajón que servirá como un nivel de apuntalamiento secundario.

El elemento impermeabilizante proporcionará la protección exterior que se dará al cajón de cimentación para evitar filtraciones de agua hacia el interior del mismo.

A continuación se presentan las quince etapas de que consta el procedimiento "tipo" para una zona el cual es aplicable a las restantes y a ambos cajones de cimentación (norte y sur)^{vi}.

ETAPA	DESCRIPCIÓN
I	Hincado de ataguía y viguetas metálicas
II	Construcción de pozos de bombeo
II	Descopete general y colocación primer nivel de apuntalamiento primario
IV	Excavación parcial y colocación del segundo nivel de apuntalamiento primario
V	Excavación parcial, colocación de madrina secundaria y tercer nivel de apuntalamiento primario
VI	Excavación hasta nivel máximo
VII	Colocación de material de sustitución
VIII	Colado de plantilla y colocación de elemento impermeabilizante
IX	Armado y colocación de losa de fondo y parte inferior de muros
X	Colado de tocón de concreto y retiro de tercer nivel de apuntalamiento
XI	Armado y colado complementario de muros hasta nivel de 28.425
XII	Colocación de troqueles secundarios y retiro de segundo nivel de apuntalamiento primario
XIII	Armado y colado complementario de muros
XIV	Retiro de apuntalamiento secundario, colocación de rellenos y colado de losa tapa.
XV	Retiro de primer nivel de apuntalamiento, ataguías, viguetas hincadas y conclusión de estructura de puente

Tabla 3.2

Etapa I Hincado de ataguías y viguetas metálicas

A continuación se presentan los cinco pasos en que se dividirá la etapa I, estos pasos son aplicables para la construcción de ambos cajones (sur y norte) .

1. Retiro de instalaciones y estructuras existentes.
2. Perforación previa.
3. Instalación de guía.
4. Hincado de ataguía.
5. Retiro de ataguía.

1. Retiro de instalaciones y estructuras existentes

Antes de iniciar cualquier trabajo referente a la colocación e hincado de las ataguías metálicas, se deberá retirar todo tipo de estructuras e instalaciones, así como raíces o árboles que pudieran existir en la zona donde serán hincadas.

2. Perforación previa.

Una vez concluidos los trabajos de trazo y nivelación se localizará en forma precisa la posición donde se hincarán las ataguías, dicho proceso se efectuará con una brigada de topografía.

Ubicada la posición de las ataguías en el sitio se procederá a ejecutar una perforación previa de 12" de diámetro, mediante equipo de perforación de suelos, con la finalidad de reducir la fricción ejercida por el suelo sobre cada una de la ataguías (perfil "Z") hasta alcanzar una profundidad de 10 m .

La separación centro a centro entre perforaciones será de 50 cm. como máximo, y en el caso en el que la geometría de la ataguía obligue a una distancia mayor, se requerirá una perforación previa intermedia.

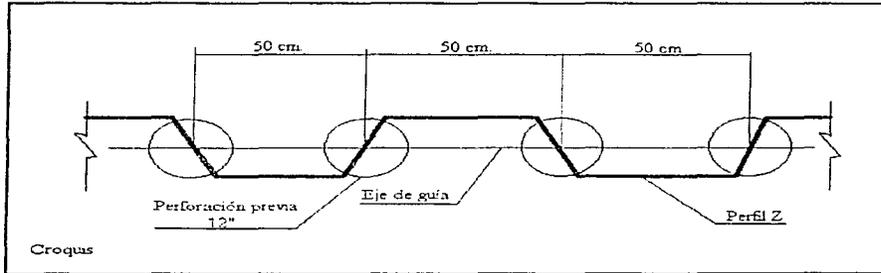


Figura 3.6 Detalle de perforación previa.

3. Instalación de guía.

Se procederá después a colocar una guía móvil apoyada sobre la superficie del terreno natural, que servirá para mantener fijo el pie de la ataguías metálicas durante los trabajos de hincado, así como para prevenir desviaciones laterales en cada una de las ataguías por hincar .

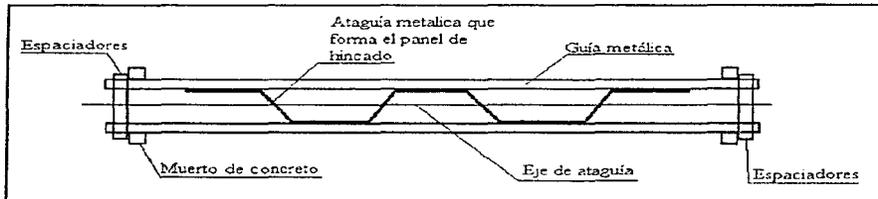


Figura 3.7 Planta de detalle de la guía

4. Hincado de ataguías.

Sobre la superficie del terreno natural se formarán los "paneles de hincado", que consistirán en el conjunto de cuatro ataguías metálicas como máximo, las cuales deberán ser numeradas y que se acoplen entre sí, engrasando cada una de sus juntas al ser embonadas, y mediante el uso de una grúa de brazo suficientemente largo se procederá a su izaje y colocación dentro de la guía previamente instalada.

Una vez realizado lo anterior se procederá al hincado de las ataguías metálicas utilizando para ello equipo mecánico, el cual podrá ser una máquina piloteadora provista de un martillo trepidante.

Una vez colocado el panel de hincado dentro de la guía se procederá al hincado de las mismas atendiendo a los siguientes lineamientos:

- El hincado del tablestacado metálico se realizará mediante paneles de 4 ataguías como máximo.
- La colocación del primer panel se deberá efectuar en uno de los extremos del tablestacado metálico por colocar.
- Para la colocación de un segundo panel, el inmediato anterior deberá haber sido hincado al menos un tercio de su longitud total.
- La secuencia de colocación individual será como se muestra en la figura 3.8
- Las ataguías deberán hincarse en avances verticales no mayores de 1.5 m. y el golpe del martillo se deberá realizar en el centroide de la ataguía.

Las ataguías quedarán empotradas 6.5 m. por debajo del nivel máximo de excavación y deberán sobresalir 30 cm por arriba del nivel del terreno natural.

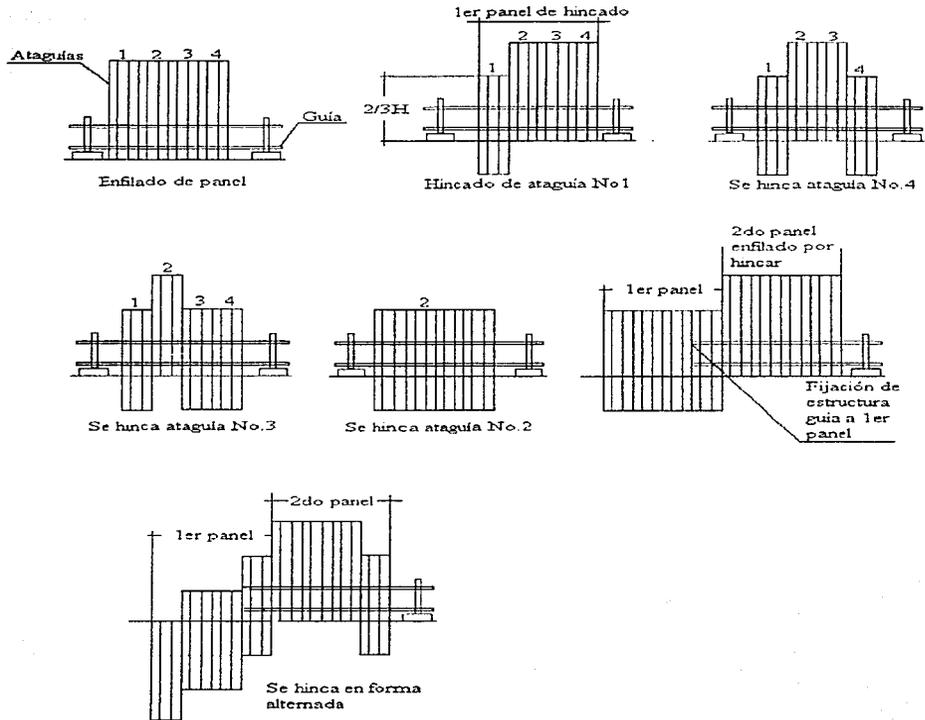


Figura 3.8 Secuencia de colocación e hincado de atagüas.

5. Extracción de ataguías.

La extracción de ataguías se realizará una vez que los cajones de cimentación hayan sido concluidos en su totalidad. Su extracción dependerá de un buen hincado, un panel bien hincado será mas fácil de extraer que otro cuyos elementos estén torcidos desviados o desajustados^{vii}.

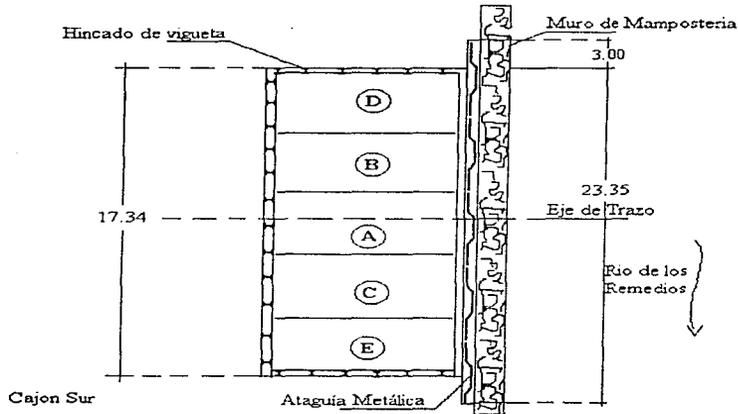


Figura 3.9 Localización de ataguía y sistema de ademe (planta).

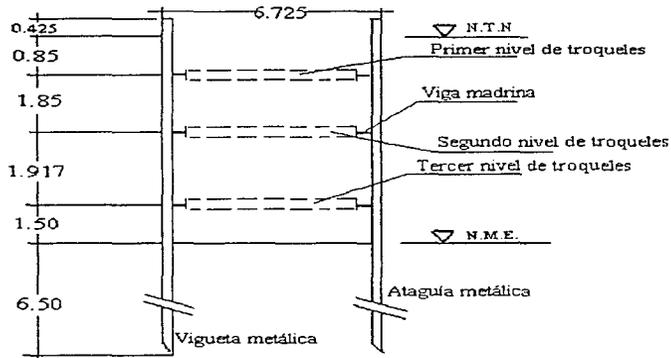


Figura 3.10 Localización de atagüa y sistema de ademe (corte)

A continuación se describirá el **sistema de ademe y apuntalamiento**, que se colocará en las paredes laterales que limitarán la excavación para la construcción de los cajones de cimentación .

El sistema de ademe está formado por viguetas metálicas de sección "I" hincadas en el terreno natural a una separación eje a eje de 90 cm como máximo y tabloncillos de madera que permitirán contener la pared vertical de la excavación. Las viguetas tendrán una sección de 254 mm X 146 mm una longitud tal que queden empotradas 3.0 m por debajo del nivel máximo de excavación, manteniendo un tramo sin hincar sobre la superficie de terreno natural de 20 cm mínimo para facilitar su posterior recuperación.

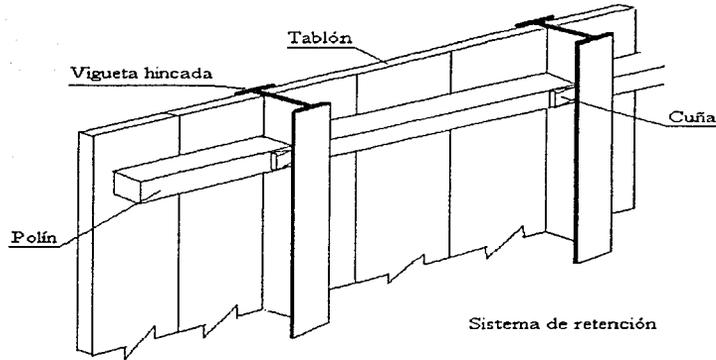


Figura 3.11 Sistema de Ademe.

El apuntalamiento estará constituido por viguetas metálicas horizontales (madrinan) de la misma sección que las anteriores; además se tendrán troqueles a base de perfiles tubulares de 152.4 mm de diámetro.

En general el procedimiento para la colocación del sistema de ademe y apuntalamiento se realizará en 5 fases las cuales se enumeran a continuación.

- | | |
|----------|---|
| Fase I | Perforación previa. |
| Fase II | Hincado de viguetas. |
| Fase III | Excavación y colocación del ademe. |
| Fase IV | Colocación del sistema de apuntalamiento. |
| Fase V | Retiro de viguetas. |

- **Fase I Perforación previa**

Una vez concluidos los trabajos de trazo nivelación y localización del sitio donde se hincarán las viguetas, se procederá a efectuar la perforación que permitirá agilizar el hincado de las viguetas.

Las perforaciones serán de 6" de diámetro con remoldeo de material y tendrán una longitud tal que queden empotradas 3.0 m por debajo del nivel máximo de excavación, y que sobresalgan del terreno natural 0.2 m.

- **Fase II Hincado de viguetas.**

Este se realizará con equipo mecánico que izará y colocará la vigueta en posición vertical dentro de la perforación previamente realizada, en seguida se procederá a su hincado mediante impactos. Para facilitar el hincado, estas deberán estar provistas en su extremo inferior de un acabado en punta.

- **Fase III Excavación y colocación del ademe.**

La excavación en la zona interior de las viguetas verticales se realizará mediante avances parciales de 0.90 m de profundidad debiéndose colocar al termino de cada una de ellas los tablonces de 5.0 cm de espesor.

- **Fase IV Colocación del sistema de apuntalamiento.**

Después de concluida la excavación para la colocación del primer nivel de troqueles se realizará lo siguiente:

Se soldarán las viguetas verticales, las ménsulas que serán el soporte de las viguetas madrinas; las ménsulas estarán formadas por varillas de una pulgada de diámetro.

En seguida se colocarán las viguetas madrinas que se apoyarán sobre las ménsulas y estarán en contacto directo con las viguetas verticales, las viguetas madrinas deberán estar reforzadas mediante placas atiesadoras, así mismo se aplicarán puntos de soldadura en las zona de contacto entre ambas viguetas.

Posteriormente se colocarán los troqueles que estarán en contacto directo con las vigas madrinas, uniéndose a estas mediante puntos de soldadura en uno de sus extremos, finalmente en el otro extremo del troquel se le aplicará una precarga mediante un gato hidráulico, la cual será para el primer nivel de troqueles de 2.5 toneladas, en tanto que para el segundo nivel de troqueles será de 6.0 ton.

- Fase V Retiro de viguetas

Después de terminada la construcción de la cimentación el espacio existente entre el muro del cajón de cimentación y el muro de mampostería del Río de los Remedios, se rellenará con una mezcla de lodo fraguante. De acuerdo a lo anterior el sistema de ademe ubicado entre ambos muros quedará ahogado en el lodo fraguante.

Una vez colocado el lodo fraguante y que haya adquirido la resistencia adecuada, se realizarán excavaciones adyacentes al cajón de cimentación mediante taludes que tengan una relación 1.0 x 1.0 con lo cual se podrán recuperar las viguetas hincadas.^{viii}

ETAPA II Construcción de pozos de bombeo.

Como parte del procedimiento constructivo de los cajones de cimentación norte y sur en la zona del cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de Los Remedios, será necesario implementar un sistema de pozos de bombeo profundo del tipo inyección-eyección.

El objetivo será abatir el nivel freático y aliviar la presión hidrostática de los estratos permeables cercanos al fondo de la excavación, evitando de esta manera fallas por subpresión y mejorando las condiciones de trabajo durante la excavación y construcción de los cajones.(ver figura 3.12).

El número total de pozos por construir será de 17; siendo 7 el número de pozos que será necesario implementar para la construcción del cajón de cimentación sur y 10 para el cajón de cimentación norte.

Los pozos tendrán un diámetro de 25.4 cm (10") y se construirán hasta alcanzar 10.10 y 11.80 m de profundidad para el cajón norte y sur respectivamente, medidos a partir del nivel de terreno natural.

Para la perforación de los pozos de bombeo deberá utilizarse maquinaria de perforación cuya broca deberá ser del tipo de aletas, inyectando agua como fluido de perforación con el fin de tener condiciones óptimas de permeabilidad de las paredes de los pozos.

Una vez alcanzada la profundidad especificada, se lavará el pozo hasta que el agua de retorno saiga limpia. Posteriormente en la perforación se coloca el ademe ranurado formado por un tubo de PVC de 10 cm de diámetro interior con ranuras de 1 mm, espaciadas 10 mm entre sí, el tubo puede estar ranurado los 6.0m inferiores.

El espacio anular entre el ademe y la pared del pozo se rellena con gravilla de tamaños variables entre 10 y 25 mm, en toda la longitud del pozo.(ver figura 3.13)

Dentro del ademe se instalarán bombas de eyector a una profundidad no menor de 3.5m bajo el nivel del fondo de la excavación. Las bombas eyectoras deberán contar con una tubería de inyección de 1" de diámetro y una de descarga de 1 1/2" de diámetro.(ver figura 3.14)

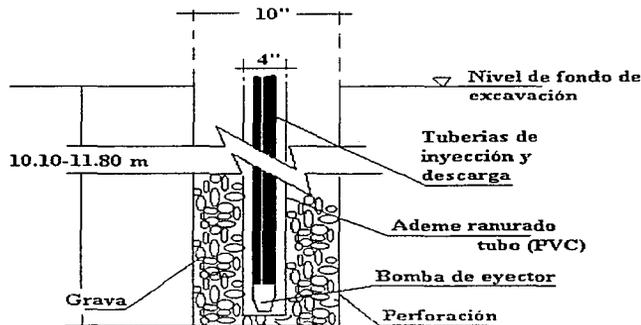


Figura 3.13 Pozo de abatimiento freático (tipo)

El nivel de operación de los pozos se mantendrá de 1.00 a 1.20 m por arriba del nivel de desplante de los mismos.

El gasto estimado por pozo durante su operación es de $112.45 \text{ cm}^3/\text{seg}$ y deberán emplearse bombas de pozo profundo del tipo inyección eyección conectadas a una fuerza motriz central.

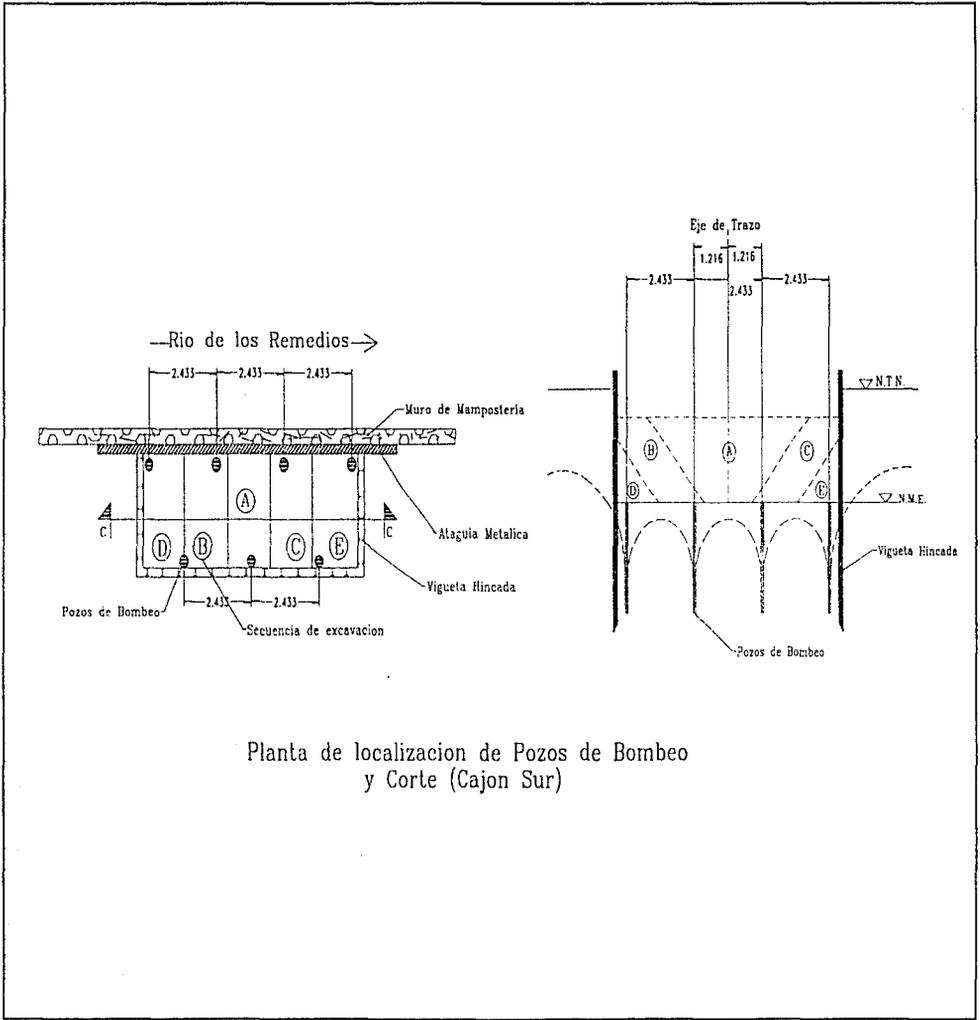


Figura 3.12

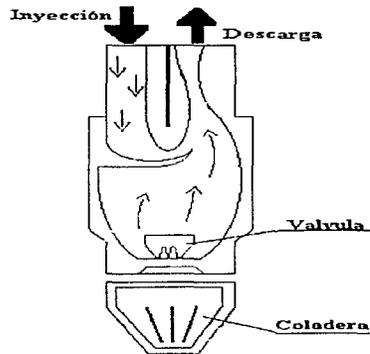


Figura 3.14 Bomba de eyector.

Una vez colocada la losa tapa de los cajones o en su defecto haber colocado un lastre equivalente al peso de los muros laterales y la losa tapa en la zona constructiva en proceso, se podrá suspender la operación de los pozos de bombeo.^{ix}

Etapas III Descopete general y colocación del primer nivel de apuntalamiento primario.

Se iniciará la excavación realizando un descopete en toda el área de la excavación a partir del nivel de terreno natural hasta llegar a una profundidad de 1.27 m por debajo del primer nivel de troqueles.

A partir de este nivel y en las etapas sucesivas la excavación se realizará en etapas verticales y con taludes de avance cuya inclinación estará dada por la relación 1:1.

El ancho del fondo de la excavación será de 7.20 m con avances de excavación variables de 3.40 a 3.50 m de longitud.

El material producto de la excavación deberá retirarse fuera de la zona de construcción a fin de no generar sobrecargas en la corona de los taludes, así mismo se deberá evitar la presencia de maquinaria en las cercanías con éstos.

La excavación deberá efectuarse con una retroexcavadora o una draga, la cual deberá alejarse del borde o límite de la excavación a una distancia mayor o igual a 3 m medidos a partir del borde de la misma.

Después de haber alcanzado el nivel anteriormente citado se procederá a colocar el primer nivel de apuntalamiento primario (madrinas y troqueles) como se describe en la etapa I.

Etapa IV Excavación parcial y colocación de segundo nivel de apuntalamiento primario.

Tan pronto como el primer nivel de apuntalamiento haya sido revisado, se continuará con la excavación hasta una profundidad 3.0 m para colocar en seguida el segundo nivel de apuntalamiento primario.

De la misma forma que en la etapa III, se ejecutará el retiro del material producto de la excavación y se deberán tener los mismo cuidados en cuanto a la ubicación y manejo del equipo en el área de trabajo.

Inmediatamente después de haber alcanzado el nivel de excavación indicado se procederá a colocar las vigas madrinas y los troqueles. La colocación del sistema de apuntalamiento se realizará en forma análoga a la etapa III a una profundidad de 2.7 m.

Etapla V Excavación parcial, colocación de madrina secundaria y tercer nivel de apuntalamiento primario.

Una vez aprobado el segundo nivel de apuntalamiento por la supervisión, se continuará con la excavación ejecutando un avance parcial de 80 cm, donde se suspenderá momentáneamente para colocar la madrina secundaria cuyo eje estará situado 50 cm por debajo del segundo nivel de apuntalamiento primario; inmediatamente después se proseguirá con la excavación hasta una profundidad 4.92 m. y colocar en seguida el tercer nivel de apuntalamiento primario en la profundidad 4.62 m.

Etapla VI Excavación hasta nivel máximo.

Se proseguirá la excavación con equipo mecánico hasta 15 cm antes de alcanzar la profundidad de desplante del material de sustitución (6.125 m de profundidad), el afine se efectuará en forma manual con objeto de obtener una superficie uniforme, evitando de esta manera sobreexcavaciones y remoldeo en el fondo de la excavación.

Etapla VII Colocación de material de sustitución.

Alcanzando el nivel máximo de excavación de proyecto se llevará a cabo la colocación del material de sustitución formado por un limo arenoso (tepetate) en un espesor del orden de 80 cm , este proceso deberá terminarse a mas tardar 24 horas después de que la excavación haya sido afinada.

El espesor del material de sustitución podrá variar dependiendo de las condiciones del subsuelo encontradas en fondo de la excavación. No se permitirá que el cajón esté desplantado sobre relleno o material contaminado.

Las arenas que se utilicen provendrán de bancos aprobados por la Dirección General de Construcción y Obras del Sistema de Transporte Colectivo Metro (D.G.C.O.S.T.C.), que cumplan con los siguientes requisitos de calidad: tamaño máximo de partículas 2 mm de diámetro, cantidad de finos (material que pasa por la malla No. 200) 30% máximo y límite líquido de la fracción fina máximo 30 %.

Cuando se utilice tezontle éste provendrá de bancos aprobados por D.G.C.O.S.T.C., con dos tipos de granulometría, en general se usará una grava con un tamaño de partículas entre 1" y 2.5", asimismo una grava con un tamaño máximo de partículas de 3/4". Para ambas granulometrías el peso volumétrico máximo será de 1.2 ton / m^3 .

El tepetate estará constituido por arena limosa proveniente de bancos igualmente aprobados por D.G.C.O.S.T.C. que cumplan con un peso volumétrico húmedo de 1.6 ton / m^3 , el cual puede lograrse con los siguientes requisitos de calidad: límite líquido no mayor de 30%, cantidad de finos no mayor del 28% y tamaño máximo de partículas no mayores de 3".

Una vez que la resistencia del concreto de los muros del cajón de entubamiento haya alcanzado el 70 % de la resistencia de proyecto, o siete días después de colado, se colocará una cama de desplante de 40 cm de espesor, apizonando cada capa hasta lograr el acomodo de las partículas.

Posteriormente se tenderá y compactará el tezontle en capas de 20 cm de espesor en toda el área de excavación. Cada capa de tezontle se compactará en toda

la superficie en proceso, con ocho pasadas de un rodillo liso vibratorio ligero con un peso máximo de 4 ton. En las últimas dos capas se utilizará el tezontle con partículas de hasta 19 mm de diámetro, con el fin de lograr una transición entre el tezontle de granulometría abierta y la capa de tepetate.

Finalmente se tenderá y compactará la arena limosa (tepetate) en capas de 20 cm de espesor, debiendo colocarse con una humedad cercana a la óptima preferentemente del lado seco de la curva de compactación, compactándose hasta alcanzar el 90% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo con la norma AASHTO estándar con 6.05 kg/cm^3 de energía de compactación *.

La compactación es el proceso mecánico mediante el cual se reduce el volumen de los materiales, con el fin de que sean resistentes a las cargas y tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante la vida útil de la obra. El peso volumétrico seco máximo (PVSM) y la humedad óptima (W_o) se obtienen de la llamada curva de compactación tipo Proctor para una energía de compactación dada.

Es definitivo que al manejar los PVSM, se debe indicar la energía con la que se obtuvieron.*

Etapa VIII Colado de plantilla y colocación de elemento impermeabilizante.

Tan pronto como las capas de mejoramiento hayan sido aprobadas por la supervisión, se llevará a cabo el colado de la primera capa de plantilla de concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ de 5 cm de espesor provista de algún acelerante de fraguado; el desplante de esta capa deberá colocarse a una profundidad de 5.317 m.

Efectuado lo anterior y una vez que la primera capa de plantilla haya alcanzado su fraguado inicial se procederá a la colocación de la cimbra base que permitirá el colado de la losa y de los muros del cajón de cimentación.

Al término de los trabajos anteriores, se procederá a la colocación del elemento impermeabilizante, el cual consistirá en una membrana de policloruro de vinilo (PVC) de 0.5 mm de espesor, con una capa de bentonita sódica extruida adherida a una película soluble al agua alcanzando en conjunto un espesor de 3.8 mm, con dicha membrana se pretende envolver en forma integral cada uno de los cajones de cimentación durante la etapa de colado de los mismos, esta geomembrana irá adosada previamente a la cimbra de las paredes del cajón y en el fondo se colocará sobre la plantilla.

La bentonita es una arcilla montmorilonítica de alto poder de hidratación, de estructura suelta, cuyas partículas son de tamaño coloidal (menos de 0.2 micras) con una relación silicio-alúmina que varía de 3 a 5. La bentonita sódica es un material que se produce industrialmente a partir del mineral de arcilla natural mediante un proceso de molienda y depuración.^{xii}

Las características y requerimientos técnicos de la geomembrana deberán ser los siguientes:

Compuesto de bentonita sódica:

Contenido de montmorilonita(%)	75
Absorción de agua(% en peso)	900

Características de la membrana:

Permeabilidad(cm/seg)	<=	3×10^{-10}
Resistencia al desgarre (lb)		33

Primeramente deberá limpiarse la superficie para eliminar grava u otros materiales que puedan perforar el producto. Las oquedades existentes en el concreto deben ser rellenadas con mortero.

Una vez colocada la cimbra en la zona de excavación en proceso, con la geomembrana previamente fija a la cara de la cimbra que estará en contacto con la pared del cajón y que haya sido colada la primera capa de plantilla, se procederá a la colocación de la geomembrana sobre la plantilla .

Inicialmente se desplegarán los rollos tan uniformemente como sea posible, fijando los mismos a la cimbra en su parte inferior mediante clavos, desenrollando estos en sentido paralelo al eje del trazo del metro hasta alcanzar la cara de la cimbra opuesta, formando de esta manera una "U", debiendo existir un traslape con la geomembrana que se encuentra fija a al cimbra.(ver fig 3.15)

Para dar continuidad entre rollos se requerirá de un traslape de 15 cm tanto en el sentido longitudinal como transversal. La geomembrana deberá ser fijada a la cimbra mediante grapas o clavos. La colocación de esta geomembrana deberá realizarse en el menor tiempo posible, ya que al estar constituida por bentonita sódica y tener propiedades autosellantes, se hincha cuando entra en contacto con el agua. Por lo tanto en caso de lluvia inminente ésta deberá ser protegida con especial cuidado.^{xiii}

La activación de la bentonita para sellar las zonas de traslape se efectúa al ingresar humedad en el sistema, provocando la expansión del material, generándose así una junta impermeable.

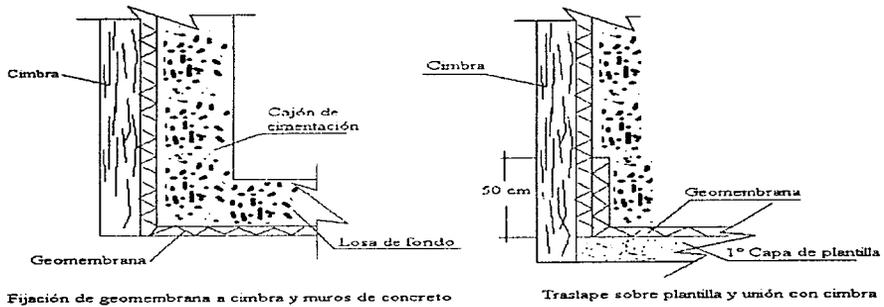


Figura 3.15

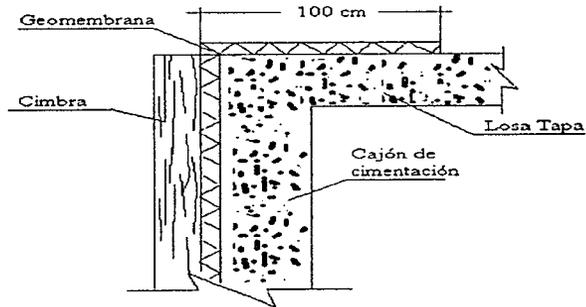


Figura 3.16 Traslape sobre losas Tapa.

Etapa IX Armado y colado de losa de fondo y parte inferior de muros.

Alcanzando el fraguado inicial de la segunda capa de plantilla se procederá a realizar el armado y colado monolítico de la losa de fondo y muros laterales hasta una profundidad de 4.895 (28 cm por debajo del eje del tercer nivel de apuntalamiento), de acuerdo con los planos y especificaciones estructurales.

La construcción del cajón contempla pasos-hombre en las trabes y muros interiores, que permitirán el paso a través de las celdas del cajón de cimentación, esto es con la finalidad de efectuar inspecciones en el interior de las celdas y detectar probables filtraciones de agua al interior del cajón.

Etapa X Colado de tocón de concreto y retiro del tercer nivel de apuntalamiento.

Concluida la etapa anterior se procederá a realizar el colado de un tocón de concreto de 30 cm de espesor cuya finalidad será la de permitir el retiro del tercer nivel de apuntalamiento primario. Para la construcción de este tocón se deberán seguir los lineamientos marcados por el proyecto estructural

Una vez que los muros laterales y la losa de fondo colados en la etapa anterior hayan alcanzado el 70% de la resistencia de proyecto se procederá al retiro del tercer nivel de apuntalamiento.

Etapa XI Armado y colado complementario de muros.

Posteriormente se llevarán a cabo las actividades de armado y colado de muros y trabes hasta 3.005 m de profundidad. Deberán dejarse las preparaciones necesarias para continuar la liga estructural en muros y trabes.

Etapa XII Colocación de troqueles secundarios y retiro de segundo nivel de apuntalamiento.

Enseguida que los muros y traveses hayan alcanzado el 70% de la resistencia de proyecto, se procederá a la colocación del segundo nivel de troqueles secundarios cuyo eje deberá localizarse 50 cm por debajo del eje del segundo nivel de apuntalamiento (profundidad 3.2 m). Colocados los troqueles secundarios se procederá a ejecutar el retiro del segundo nivel de apuntalamiento primario quedando como muestra la figura 3.17

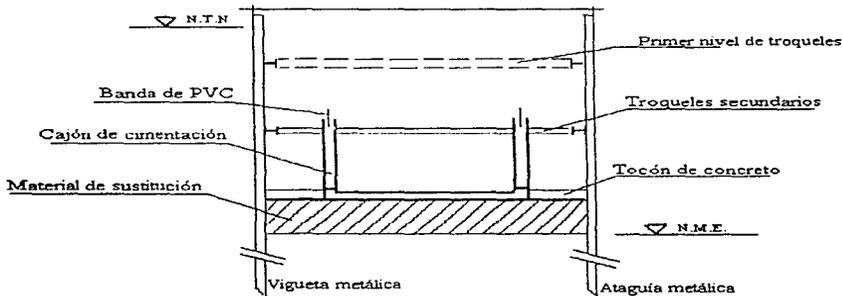


Figura 3.17

Etapa XIII Armado y colado complementario de muros.

Aprobado lo anterior se efectuará el armado y colado complementarios de los muros y traveses del cajón hasta la profundidad de 1.3 m .

En las zonas "B" y "C" se construirán dos ménsulas en los muros laterales para apoyo de los troqueles en las zonas "D" y "E" .Los detalles de armado y colado deberán consultarse en los planos estructurales.

Etapa XIV Retiro de apuntalamiento secundario colocación de rellenos y colado de losa tapa.

Una vez que los muros hayan alcanzado el 70% de su resistencia de proyecto, se procederá a efectuar la colocación de los rellenos en el respaldo de los muros laterales hasta una distancia de 10 cm por debajo del nivel inferior de la losa tapa.

Una vez que los rellenos hayan alcanzado el nivel mencionado anteriormente, se deberán llevar a cabo las actividades referentes al armado y colado de la losa tapa del cajón cuyo nivel superior se encontrará a una profundidad 1.185 m.

Etapa XV Retiro de primer nivel de apuntalamiento, ataguías, viguetas hincadas y conclusión de estructura de puente.

Concluidos los trabajos correspondientes al colado de la losa tapa y una vez que ésta adquirió su resistencia de proyecto, se procederá a retirar el primer nivel de apuntalamiento primario y del sistema de ademe del cajón de cimentación.

Debido a que el lecho de las trabes de la subestructura del puente se ve interferido por el muro de mampostería existente, será necesario efectuar un corte parcial de este muro para permitir el paso de estas trabes.(ver figura 3.19)

Este corte se efectuará con equipo mecánico ligero o en forma manual preferentemente. Una vez efectuado el corte del muro, deberá quedar una holgura de 50 cm como mínimo entre el lecho bajo de la trabe y la zona del muro que fue retirada.

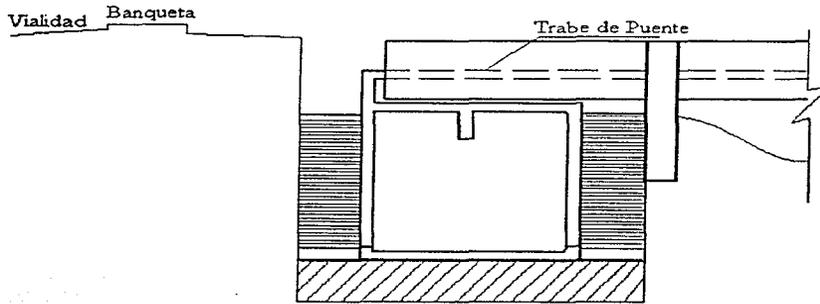


Figura 3.18

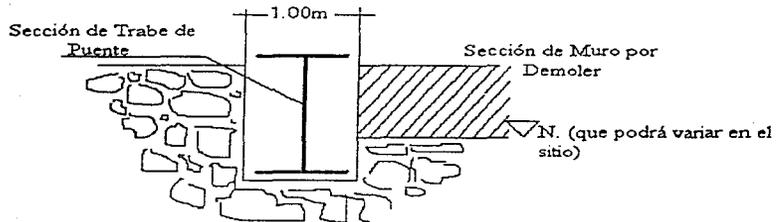


Figura 3.19

¹ CERVANTES Rosales H. TORRES Ortiz M.A.

Proceso Constructivo y Obras Inducidas de la Estación Guerrero del Metropolitano Línea "B",
Tesis, U.N.A.M. México 1996 pp. 6, 11.

² TAMEZ Enrique, SANTOYO Enrique, MOOSER Federico, GUTIERREZ Carlos E.
Manual de Diseño Geotécnico.

Volumen I, México, Agosto de 1987, pp. 111, 135-137, 139-145.

³ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación de procedimiento constructivo para la Estación
Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B".

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-05-0228-E-01.
México, Octubre 1996, pp 18

⁴ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos

Especificación para la Construcción del Drenaje de la
Estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B"

Clasificación: CB-94-MSU-5B250-III-09-0232-E-00.
México, Octubre 1996, pp.11

⁵ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Boletín: Adecuación al Procedimiento Constructivo de la
Estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B"
por Bando Vial.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-27-0417-E-03.
Mexico, Octubre 1996, pp 3

⁶ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación de procedimiento constructivo del cajón de cimentación Sur
en la zona de cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-27-0417-E-03.
México, Octubre 1996, pp.15

⁷ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación del proceso de colocación e hincado de ataguías metálicas
que se utilizarán para la construcción de los cajones de cimentación norte y sur
en la zona de cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-96-MSU-5B250-III-72-0692-E-00.
México, Octubre 1996, pp.19

^{viii} COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la colocación del sistema de ademe y apuntalamiento para la construcción de los cajones de cimentación en la zona del cruce con el Río de los Remedios, del Metropolitano Línea "B"

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-33-0431-E-01.
México, Octubre 1996, pp.8

^{ix} COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la localización y construcción de pozos de abatimiento freático en la zona del cruce del Metropolitano línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-28-0418-E-03.
México, Octubre 1996, pp.8

^{*} COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la colocación de los rellenos en la zona de cruce con el Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B"

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-17-0295-E-01.
México, Octubre 1996, pp.7.

^{xi} OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando.

Estructuración de Vías Terrestres

4º Reimpresión. México. Edit. CECSA. 1994. pp 91,92

^{xii} PAZ Landaverde, Ezequiel

Cruce de Línea 8 del Metro con Línea 2. Análisis y Procesos Constructivos.

Tesis, U.N.A.M., Septiembre de 1993. pp 50,51

^{xiii} COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la colocación de la geomembrana que se utilizará para la impermeabilización de los cajones de cimentación en la zona de cruce del metropolitano línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-70-0685-E-00.
México, Octubre 1996, pp.12

CAPITULO IV CONTROL DE CALIDAD

La supervisión es una parte fundamental para conseguir que una obra cumpla con los requerimientos establecidos, y como ésta es parte de las actividades de la obra, el capítulo se enfocó desde ese punto de vista, con el objeto de abarcar algunas experiencias que se han tenido en su ejecución además de conocer como se lleva el control de la misma.

IV.1 Alcances de la supervisión.

La ley de obras públicas y su reglamento regulan las acciones de la D.G.C.O.S.T.C. relativas a la planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento y control de obras a su cargo. En su fase de ejecución de obra y con fundamento en lo dispuesto en el artículo 26 de dicha ley, la dependencia (el Gobierno del Distrito Federal, por conducto de una de sus unidades administrativas, en este caso la D.G.C.O.S.T.C.) está facultada para contratar la supervisión de obra con empresas especializadas en estos servicios profesionales. Estas empresas deberán contar con la capacidad económica, la experiencia y el respaldo técnico que sean congruentes con las características y magnitud de la obra por supervisar, para garantizar el cumplimiento de los alcances fijados en el contrato, a juicio de la D.G.C.O.S.T.C. i

Antes de continuar se hace necesario definir supervisión desde el punto de vista de la construcción para tener una idea más general de lo que se va a plantear en este capítulo.

" Supervisión: Persona física o moral contratada por una dependencia para efectuar la verificación técnica, control y revisión de la ejecución de la obra, con

apego al proyecto, en sus aspectos de calidad, presupuestación, estimación, programación y seguridad." i

La supervisión contratada se considera como una extensión de la D.G.C.O.S.T.C. en cuanto su relación de trabajo; por lo tanto, debe estar integrada a la misma, indistinguible plenamente con sus políticas y metas; teniendo un conocimiento completo de la estructura y organización interna de la D.G.C.O.S.T.C., de los métodos y técnicas que emplea para controlar las distintas fases del proyecto, de las atribuciones de sus niveles jerárquicos en lo referente a la dirección y supervisión de las obras, y de los canales adecuados de comunicación.

También debe ser corresponsable en la consecución de un objetivo común: optimizar la calidad, costo, tiempo de ejecución y seguridad de la obra. i

El marco que rige la prestación de los servicios de supervisión está contenido en el contrato celebrado con la D.G.C.O.S.T.C. que incluye los alcances y anexos, los cuales se mencionan a continuación. i

A) Actividades generales.

Recibir conjuntamente con la contratista físicamente en la obra las referencias de trazo (tangentes y curvas) perfil, gálipos y cadenamios que entregue la proyectista, realizando la verificación de los mismos.

Transmitir a la contratista las instrucciones propias y las que reciba de la D.G.C.O.S.T.C., en forma adecuada y oportuna.

Proporcionar el apoyo técnico que se requiera para interpretar el proyecto, especificaciones y documentos.

Dar solución a los problemas constructivos de orden técnico, siempre que no signifiquen un cambio de proyecto, o incidan negativamente en el presupuesto, el programa de ejecución o afecten su seguridad, en cuyo caso se presentará un informe a la D.G.C.O.S.T.C.

Verificar la implementación y mantenimiento del sistema de aseguramiento de calidad el cual deberá estar diseñado de acuerdo a las normas mexicanas.

Asistir a las juntas de trabajo programadas por la D.G.C.O.S.T.C., participar en el análisis del estado que guarda la obra, participando en forma preventiva en problemas que pudieran llegar a interferir en el avance de la obra.

Brindar la ayuda necesaria para agilizar la tramitación de sus estimaciones, estableciendo mecanismos de revisión y autorización de generadores en forma semanal.

Mantener actualizado el archivo de la realización de la obra, cotejando con la contratista y solicitar a la residencia la relación del proyecto actualizado.

Vigilar conjuntamente con el responsable de seguridad laboral de la contratista y exigir el cumplimiento de los requisitos de seguridad que deben observarse de acuerdo al reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo.

B) Aseguramiento de la calidad.

Verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en los planos, especificaciones del proyecto y construcción de las líneas del Metro, así como las normas mexicanas NMXCC.

Exigir a la contratista o proveedor designado por la dependencia, que entregue con la debida anticipación el programa de suministros, para su aprobación. Así mismo deberá presentar su programa de inspección y pruebas que se aplicará para someterlo a aprobación de la D.G.C.O.S.T.C.

Implementar el manual de aseguramiento de calidad y presentarlo a la D.G.C.O.S.T.C. Este manual indicará los laboratorios que se utilizarán para hacer las pruebas, la frecuencia de muestreo y ensaye de los materiales o productos, y las pruebas de funcionamiento de equipos y sistemas.

De acuerdo al manual de aseguramiento de calidad propuesto por la contratista, la supervisión realizará auditorias internas y/o externas para verificar que las actividades relativas a la calidad cumplan con las condiciones preestablecidas.

Rechazar los elementos que no cumplan con las normas de calidad, debido a manejo o almacenamiento inadecuado; ordenar su limpieza o reparación u aprobarlos para ser utilizados en la obra, si los resultados son satisfactorios.

Hacer levantamientos de los detalles pendientes de obra, así como los de fabricación, estableciendo una metodología que permita cumplir con la calidad.

Comprobar que la contratista se apegue estrictamente a las indicaciones de los instructivos de instalación y montaje.

Comprobar que la contratista realice las pruebas y puesta en servicio de equipos, dispositivos e instalaciones siguiendo las instrucciones de los manuales de operación.

Exigir a la contratista la limpieza de la obra, mantenimiento de las áreas confinadas, implementar medidas de seguridad o dispositivos, minimizando las

molestias que puedan ocasionar a los habitantes en las zonas circunvecinas y medio ambiente.

C) Control de programas.

Solicitar a la contratista que entregue dentro del plazo que le haya fijado D.G.C.O.S.T.C., los programas detallados de construcción para cada frente de trabajo y el programa general integrado a partir de los anteriores, que deberán respetar los lineamientos fijados por la D.G.C.O.S.T.C. en su programa maestro.

Recabar de la contratista los siguientes subprogramas:

- De maquinaria y equipo de construcción, indicando características y cantidad.
- De suministros de materiales y de los equipos que formen parte de las obras de vías.
- De recursos humanos, clasificando las necesidades del personal calificado por categoría.

Revisar los programas de montos de obra, los programas y subprogramas necesarios para el seguimiento de la obra.

Verificar que los programas contemplen las limitaciones impuestas por factores ajenos a la responsabilidad de la contratista, previo al inicio y durante la construcción.

Revisar los programas, cerciorándose de que contengan todas las actividades esenciales para construir la obra, que estén enlistadas y agrupadas ordenadamente

de acuerdo a una secuencia lógica de construcción, que sus duraciones sean adecuadas y correspondan a las condiciones de campo. Revisar que los programas de montos de obra correspondan a las cantidades de obra asignadas a cada período y a los importes calculados en los presupuestos de obra.

Para efectuar la revisión anterior la supervisión podrá exigir a la contratista que le proporcione todos los datos básicos que haya utilizado en la formulación de los programas. Así mismo, los presupuestos de obra que se consideraron para el flujo de los recursos económicos.

Corroborar que los tiempos asignados programados sean congruentes con los recursos y rendimientos considerados, así como las cantidades de obra por ejecutar.

Analizar los programas presentados por la contratista o proveedor y emitir su opinión respecto a si procede aceptarlos o modificarlos, turnándolos a la residencia con las observaciones que apoyen su consideración.

Implantar estos programas, una vez aprobados por la D.G.C.O.S.T.C., los que tendrán carácter de documento contractuales, verificando que no exista ningún frente de trabajo que carezca de programa.

Verificar el cumplimiento de los programas por parte de la contratista, para garantizar las fechas de entrega, comparando la producción real contra la programada.

Reportar oportunamente las desviaciones que se presenten como resultado de la comparación. Investigar las causas de retraso indicando si son imputables a la contratista por falta de recursos, omisión de actividades, etc.

Prevenir las actividades críticas que acusen atrasos, para darles un seguimiento especial detallado en el proceso de revisión.

Cuando existan causas ajenas a la contratista que produzcan atrasos, deberá sancionar y proponer conjuntamente con la contratista las reprogramaciones conforme a la ley.

Ser el responsable de la aplicación de sanciones y penas convencionales contractuales por incumplimiento de programas de obra.

D) Control presupuestal.

Actualizar los presupuestos conjuntamente con la contratista, cuando se presenten cambios o adecuaciones al proyecto, cancelación de trabajos o realización de trabajos extraordinarios.

Paralelo con la verificación de los programas de obra, dar seguimiento a los montos de obra y explicar las desviaciones que se presenten.

En caso de existir obra que exceda el monto del contrato, informar a la D.G.C.O.S.T.C. la necesidad de efectuar las ampliaciones correspondientes.

Llevar a cabo la cuantificación de la obra a medida que se vaya ejecutando conciliándola con la contratista. También apoyará la cuantificación de obra con sus propios números generadores. Debe ratificar la valorización de la estimación, en cuanto a cantidades, clave y precio unitario.

En caso de que la contratista no presente la estimación en el período establecido, deberá elaborar la estimación en base a sus números generadores.

Al entregar la cuantificación mensual, complementarla con un documento donde indique las cantidades de obra ejecutada que no se hayan indicado para efecto de estimación, por diversos motivos.

Evaluar el monto de las cantidades de obra retenidas en cada período, para no desvirtuar el avance de la obra que se reporta en el programa de montos de obra.

Preveer a la D.G.C.O.S.T.C. sobre los trabajos extraordinarios que no estén comprendidos en el proyecto o contrato, que la contratista presente los precios unitarios.

Consultar a la D.G.C.O.S.T.C. sobre las dudas que se tenga respecto a los precios unitarios, ya sea por la manera en que están expresados o en la aplicabilidad de su alcance.

Conciliar diariamente la obra ejecutada, cuando sea indispensable aplicar precios unitarios analizados por observación directa.

Comparar el importe de los trabajos realizados con los que debieron haber ejecutado según el programa de montos de obra.

Descotar de las estimaciones y liquidaciones de la contratista o proveedor, los materiales y componentes de equipos y sistemas que la dependencia le haya proporcionado, y que pudieran estar incluidos en algunos de los precios unitarios pactados.

Cuando la contratista presente oportunamente alguna reclamación, emitir su opinión respecto a si la reclamación procede según el contrato de la obra.

De confirmarse la procedencia de la reclamación a juicio de la D.G.C.O.S.T.C., verificar que los recursos que reporta la contratista coincidan con los empleados en la ejecución de obra.

IV.2 Supervisión en el tramo a cielo abierto.

La supervisión técnica deberá iniciarse con la revisión de la conexión entre el diseño de la construcción, así como de todos los aspectos del proceso constructivo propuesto en los estudios, a continuación se describen las acciones más importantes."

- **Reconocimiento de la línea.**

Se debe hacer una cuidadosa revisión del estudio geotécnico; asegurándose que se hayan estudiado todos los aspectos peculiares de la línea; que estén identificados y caracterizados los suelos que no han sufrido cargas, como parques y canales, así como los tramos preconsolidados.

- **Instrumentación de campo.**

Se lleva un control de los instrumentos consistente en mediciones, así como de nivelaciones de precisión de las referencias superficiales y en la estructura, banco de nivel flotante y banco de nivel superficial.

- Nivelaciones: se hacen con aparatos que cumplen con las especificaciones y precisión indicadas en el inciso "equipo de medición" del manual de diseño geotécnico de la D.G.C.O.S.T.C., volumen 1, para cada instrumento, debidamente calibrados y aprobados por dicha dependencia.ⁱⁱⁱ

El sistema de instrumentación mencionado en el subcapítulo III.3 se instaló, asignándole cotas referidas al banco de nivel superficial el que a su vez está referido al banco de nivel profundo más cercano al tramo. Una vez que se colocaron todas las referencias para control de movimientos, se corre una nivelación tres días antes de iniciado cualquier trabajo de excavación, la cual abarca todas las referencias e instrumentos.

A partir del momento en que se inicia la excavación las nivelaciones se hacen diariamente, y se lleva un registro de las inclinaciones y mediciones durante la construcción, que se grafican sobre papel milimétrico a escala vertical aritmética para poder apreciar las tendencias de los movimientos en cualquier momento y tenerlas en lugar visible para la toma de decisiones oportunas. El reporte de las nivelaciones se entrega a supervisión por las tardes, aunque en ciertas ocasiones es la misma supervisión la encargada de hacer las mediciones para cumplir con la secuencia pedida en proyecto.

En cuanto a algunas notas importantes para el control, mencionadas en la especificación para la instrumentación y control durante la construcción de la estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B", se comenta lo siguiente.

Nota 1 " Durante los trabajos de excavación y construcción, se debe considerar la protección de todos los instrumentos de modo que éstos no sufran averías y cumplan con los fines previstos." iii

Por lo que se pudo apreciar en obra esto no se consideró muy bien, pues se observó como la maquinaria golpeaba el tubo galvanizado de un banco de nivel flotante al estar en el proceso de excavación. Además de que se hacía caso omiso de la nota 4 " El banco de nivel flotante se irá recortando a medida que se profundice la excavación tomando las debidas precauciones para que éste no sea dañado por

las máquinas de excavación; en la zona adyacente al banco, la excavación deberá efectuarse a mano." iii

Nota 2 " Las gráficas de las mediciones se llevarán al día, y se deberán tener en un lugar visible en la obra para la toma de decisiones, también deberán mandarse copias a la D.G.C.O.S.T.C. y Colinas del Buen S.A. de C.V. para su interpretación correspondiente." iii

Lo mencionado en esta nota si se llevó a cabo como ya se mencionó antes.

Nota 3 " Todas las mediciones deberán realizarse por la mañana antes que la reverberación impida obtener lecturas confiables." iii

En cuanto a esta nota las mediciones se hacían a cualquier hora, pues había veces que la contratista tenía a la gente ocupada en otras actividades y dejaban para después esta acción o como ya se mencionó la supervisión se encargaba de hacerlas.

- **Construcción de la estación.**

En esta parte la supervisión verificó que se siguieran las especificaciones del proyecto para mantener la secuencia del procedimiento constructivo en programa, en calidad y costo. Esto se logró teniendo a una gente de supervisión en el frente de obra durante el mayor tiempo posible.

Para mantener el ritmo de trabajo de acuerdo con el programa de obra se hace necesario que se revisen todos los detalles especiales del proyecto antes de iniciar, ya que la planeación en la etapa de concurso puede no proseguir lo suficiente como para dar todos los detalles necesarios en el control del mismo. El propósito primordial del control del proyecto es revisar los procedimientos en curso y

pronosticar las necesidades futuras del trabajo, con objeto de que éste sea terminado satisfactoriamente.^{iv}

El control que se lleva a cabo es mediante el programa de obra, cotejando cada semana lo real contra lo programado, para determinar el avance que se lleva; de esta manera se conoce si van en programa o no y así poder tomar las decisiones preventivas o correctivas. Este programa se muestra en la figura 4.1

También se cuidó la calidad aparente de todas las estructuras coladas en obra para no tener problemas con zonas de calidad pobre. Por esta razón se verificó un vibrado correcto durante el vaciado, una cimbra con superficie lisa, de buena calidad, así como la manejabilidad del concreto.

Control de calidad del concreto.

La esencia del control de calidad, es la utilización de los resultados de pruebas en relación con las materias primas, la planta, el concreto fresco y el concreto endurecido, con el objeto de mantener y regular la calidad de la producción de acuerdo con los requisitos especificados y en una forma económica.

El control de calidad del concreto incluye los siguientes procedimientos:

- Muestreo y pruebas al azar, para determinar la resistencia en cilindros de prueba en forma continua.
- Análisis sistemático de los resultados de los cilindros de prueba para verificar o evaluar la calidad real existente
- Revisión de los proporcionamientos para mantener la calidad al nivel requerido.

El sistema de control debe abarcar las siguientes pruebas: Prueba de resistencia a la compresión, pruebas de trabajabilidad y pruebas del rendimiento volumétrico.✓

La supervisión está llevando la verificación de calidad de los materiales (agregados, agua, cemento y aditivos) mediante un laboratorio calificado que evalúa cada mes a la planta concretera. Ver reportes de laboratorio en anexo 3.

También se cuida el cumplimiento de la trabajabilidad tanto en concreto premezclado como el hecho en obra en base a la medida del revenimiento, considerando las tolerancias siguientes:

Valor nominal de Revenimiento (cm)	Tolerancia (cm)	Clasificación de la trabajabilidad
10	±2.5	baja
14	±3.5	media
18	±3.5	alta

La resistencia a la compresión se está juzgando tomando como base el uso de probetas en forma de cilindros de 15 X 30 cm, elaborados de acuerdo a la NOM C - 160 y determinando su resistencia con la NOM C - 83.

Con respecto a los problemas que se presentaron durante los colados podemos mencionar los siguientes.

- Se indicó a la contratista que tome en cuenta las normas de construcción del D.D.F. donde se indica que el tiempo transcurrido entre un vaciado y el siguiente para el mismo elemento será como máximo 30 minutos. Debido a que en el tramo de la etapa "D" entre los ejes 11 y 16 y entre los ejes A y H de la estación no se

programó bien el suministro de concreto y pudo haber problemas de continuidad en ese elemento por junta fría.

- Se pidió a la contratista que presentara los soportes de calidad de los agregados para la elaboración del concreto hidráulico que se utilizó en el colado de las trabes de cimentación etapa "D" ya que ésta se realizó con una empresa no autorizada para el suministro en estos frentes. Lo cual causó la suspensión de pago hasta que se presentaron dichos soportes.^{vi}

- Se sancionó la construcción de la losa subrasante y las trabes superiores de la etapa "C" debido al agrietamiento que aparece en la losa debido al tardío curado a vapor, esta fue liberada hasta que se hicieron las pruebas que demuestran que dicho fisuramiento no afecta estructuralmente el elemento. ^{vi}

- La supervisión indicó a la contratista que por instrucciones de la D.G.C.O.S.T.C. no se permite cerrar ningún carril de la vialidad con el fin de vaciar concreto en algún elemento estructural de la estación Río de Los Remedios, evitando así probables accidentes en el área de vaciado. Únicamente se podrá realizar este cierre en horario nocturno de 11:00 pm a 5:00 am, ésto con previa autorización. De no hacer caso a esta indicación se procederá a sancionar el elemento colado, lo cual no sucedió. ^{vi}

- Se le informó a la contratista que los especímenes de concreto con la clave c-ic-02-410-0032/0033 fueron desmoldados el día 6 de enero por la mañana y a las 17:00 hr. permanecían en las mismas condiciones, a la intemperie e incumpliendo la NOM C - 160, por tal motivo no se le considera representativa del elemento colado (losa de fondo), así mismo el pago será determinado por la comprobación de la resistencia pedida que es $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. ^{vi}

- Se le informó a la contratista que al realizar la prueba de resistencia a la compresión de los corazones de concreto extraídos del muro lateral, lado oriente, localizado sobre el eje H entre los ejes 1 y 2 de la estación, no se cumplió con la resistencia que establece el proyecto, que es de $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, ni con los parámetros establecidos en las especificaciones para el proyecto y construcción de las líneas del Metro de la Ciudad de México. A continuación se describen los resultados obtenidos:

Identificación de la muestra	Resistencia a la compresión Kg/cm^2	Resistencia de proyecto Kg/cm^2	Parámetro 86% de $F'c$ Kg/cm^2
1	176.3	250.0	212.5
2	174.2	250.0	212.5
3	184.2	250.0	212.5

Debido a los resultados obtenidos se ordena a la contratista proceder a realizar la demolición del muro antes mencionado ya que no tiene la resistencia requerida para el buen funcionamiento del elemento. vi

- Se retuvo el pago a la contratista del concreto $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ vaciado en la losa de rodamiento de la etapa "C" y en traveses del mismo nivel debido al cambio de agregado, de caliza por basalto, ya que este último no cuenta con la autorización de la supervisión para la fabricación de concreto hidráulico. Este elemento procedió a pago hasta que se presentó el soporte de calidad y la autorización del banco por parte de aseguramiento de calidad de la supervisión. vi

Control de calidad del acero de refuerzo.

El muestreo y control en obra se realiza sobre los lotes, que se reciben en obra, por medio de un laboratorio acreditado para hacer este tipo de pruebas (ver reportes del laboratorio en anexo 3). El cual toma una muestra al azar y la somete a:

- Análisis químico. Se efectúa en varillas terminadas que representen cada colada de acero proveniente de horno de hogar abierto, básico al oxígeno u horno eléctrico.

- Pruebas mecánicas. Se realiza una prueba de tensión y una de doblado por cada lote de 10 t. o fracción, y por cada uno de los diferentes diámetros, fabricantes o tipos de acero.

- Dimensionales. Las determinaciones del peso unitario y área transversal se efectúan mediante una prueba por cada lote de 10 t. o fracción y por cada uno de los diferentes diámetros, fabricantes o tipos de acero. Las determinaciones de las características de las corrugaciones se realizan por mediciones en puntos seleccionados sobre una varilla por cada 10 toneladas o fracción, de varillas que tengan el mismo tipo de corrugación contenidas en un lote del mismo peso unitario nominal que corresponde a una orden de embarque.

Antes de la aceptación se examina que las varillas no estén deformadas por golpes o dañadas por un largo período de almacenamiento. La superficie debe estar libre de lodo, aceite, pintura u otras materias que impidan o disminuyan la adherencia del concreto. Se permite 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 especificados. Si un espécimen al ser ensayado cumple con todos los requisitos mencionados, se aceptará el lote que represente.^{vii}

Hasta el momento no se ha presentado ninguna falla en los muestreos que se han realizado durante la construcción de la estación.

Para conexiones entre varillas se realizan traslapes, los cuales se revisan en el lugar del armado para verificar que están de acuerdo a los planos en donde se especifica esta longitud de traslape. Otra forma de traslape es a tope, el cual no es más que la soldadura entre varillas, usualmente para este tipo de unión se requiere de una preparación especial en los extremos de las varillas. Cuando se usa soldadura de arco, la práctica más común consiste en proporcionar un extremo de corte cuadrado en un extremo de la varilla y un extremo doble biselado en la otra varilla.

Cuando las varillas se unen mediante soldadura se deben seguir las especificaciones para el proyecto y construcción de las líneas del Metro de la Ciudad de México y verificar que la gente que lo realiza este técnicamente capacitada, esto se lleva a cabo pidiendo un certificado de calificación de habilidad de soldador expedido por un laboratorio especializado y autorizado. Ver certificado en anexo 3.

- **Control de nivel freático.**

En el tramo de la construcción de la estación Río de los Remedios no hubo necesidad de colocar ningún pozo de observación del nivel de aguas freáticas ya que el nivel no interfirió con los trabajos de excavación.

- **Excavación.**

Se llevó una revisión del programa de excavación, analizándose la capacidad del equipo disponible que siempre fue satisfactoria.

También durante todo el proceso de excavación se llevó una medición para verificar los niveles máximos de excavación, se supervisó que los movimientos verticales y horizontales estuvieran dentro de las tolerancias definidas en el proyecto. Todo esto se efectuó en las nivelaciones que se mencionaron en la instrumentación de campo.

- **Estabilización de taludes.**

En las excavaciones a cielo abierto por lo regular se requiere proteger los taludes contra el intemperismo. En estos trabajos la supervisión vigiló que el talud se hiciera de acuerdo a las especificaciones, así como también fuera afinado cuidadosamente. Comprobó que se pusiera la malla metálica (tela de gallinero), que el lanzado de concreto se hiciera correctamente, que se alcanzaran los espesores diseñados y que la resistencia del concreto lanzado fuera la especificada.

- **Estructuras afectables.**

Previo a los trabajos de excavación de la zona del tramo en estudio, en las áreas adyacentes, se efectuó un reconocimiento de la zona para localizar posibles edificaciones cercanas (puentes peatonales) en un radio de 10.00 m. lo cual no hubo en esta zona en específico.

IV.3 Supervisión en el hincado de viguetas.

En este procedimiento la supervisión se presenta de la misma manera que en el tramo del proceso constructivo a cielo abierto, ya que esta es una adecuación del mismo. La única diferencia es que la excavación en la parte lateral se estabilizó con viguetas metálicas como ya se explicó en el capítulo de procesos constructivos referentes a este tema (III.3) y no por medio de taludes como venía especificado en el proyecto.

De esta manera nos enfocaremos a la supervisión que se llevó a cabo en las etapas " D, E, y F " de la estación Río de los Remedios que fue donde se presentó esta particularidad.

La supervisión mandó un reporte a la empresa que hizo el diseño de la estación para comentar la situación de la vialidad y esta propuso el hincado de viguetas metálicas. Así, con fecha 5 de noviembre de 1996 se indica a la contratista que puede iniciar la excavación en la etapa "F", donde el procedimiento a seguir fue de norte a sur, de la etapa "F" a la etapa "D" de acuerdo al boletín emitido para la solución de este problema, el cual indica el hincado de viguetas metálicas separadas entre sí a cada 90.0 cm. y empotradas 2.6 m. por debajo del nivel máximo de excavación, así como el ademe cerrado con tablonces de 30.0 cm. de ancho por 2.0 cm. de espesor y gualdras de 6"X6" como vigas maderas. v

A la contratista se le tuvo que presionar para que iniciará estas etapas ya que no tenía el material requerido y esto podría ocasionarles un retraso en el programa de obra. Además se les advirtió que no se permitiría el avance de la excavación si ésta no quedaba además como lo indicaba el boletín.

Por instrucción de la D.G.C.O.S.T.C. la supervisión indicó a la contratista proteger con tela de gallinero y mortero (cemento arena) el talud de la cabecera norte

debido al tiempo que quedaría abierto, además de que quedara totalmente afinado. v
Todo fue verificado por la supervisión para que se realizara como se indicó.

Con respecto a la excavación de la etapa "D" la supervisión indicó a la contratista apegarse a los lineamientos que marca el boletín, así como a las indicaciones de la misma para efectuar la excavación a cielo abierto, ya que incurrió en las siguientes anomalías:

- No se colocaba el ademe en forma inmediata (colocación de gualdas y tablonés) y se proseguía con la excavación.
- No existía una planeación para el acarreo del material producto de excavación, lo cual generó acumulación de camiones dentro y fuera de la obra.
- No se contaba con un banderero que indicará la entrada y salida de camiones, lo cual podía provocar accidentes y tráfico local.
- El personal técnico y de obra no se apegaba a las indicaciones de la supervisión para realizar dicha excavación. v

De no corregirse estas anomalías por parte de la contratista se hubiera sancionado el tramo de excavación, pero afortunadamente se corrigió y no hubo mayor problema.

En cuanto al control de calidad del concreto y acero de refuerzo utilizado en esta etapa se llevó a cabo de la misma manera que para el tramo a cielo abierto.

IV.4. Supervisión en cajones de cimentación.

Para efecto de la buena calidad en el proceso constructivo en los cajones de cimentación, para el paso del Metropolitano Línea "B" en la zona de cruce con el Río de los Remedios, se lleva un control de acuerdo a lo siguiente :

IV.4.1 Instrumentación de campo.

La instrumentación de la zona de cruce está integrada por puntos de control topográficos, consistentes en la instalación de bancos de nivel superficial, bancos de nivel flotante, referencias en las estructuras, referencias superficiales y piezómetros.

- **Control.**

Se lleva un control de los instrumentos que consiste en mediciones periódicas en el caso de piezómetros, así como de nivelaciones de precisión de las referencias en la estructura, bancos de nivel flotante y bancos de nivel superficial.

- **Nivelaciones.**

Se hacen con aparatos que cumplan con las especificaciones y precisión indicadas en el inciso "equipo de medición" del Manual de Diseño Geotécnico, Volumen 1, para cada instrumento, debidamente calibrados y aprobados por la D.G.C.O.S.T.C.

Los resultados obtenidos de las nivelaciones se registran en formatos, los cuales sirven de apoyo para la elaboración de las gráficas correspondientes.

Las lecturas se efectúan con la frecuencia que se indica a continuación, previo a los trabajos de excavación y en áreas adyacentes, debe efectuarse un

reconocimiento en las edificaciones cercanas en un radio de 40.00 m, de los apoyos vehiculares y del muro de mampostería. En caso de que alguna de las estructuras presenten agrietamientos, se colocan testigos, efectuándose una nivelación en dichas edificaciones con el objeto de definir la situación actual de estas y estar en la posibilidad de distinguir los movimientos asociados a la construcción de la Línea "B".

El sistema de instrumentación indicado se instala asignándole cotas referidas al banco de nivel superficial el que a su vez está referido al banco de nivel profundo más cercano a la zona. Una vez que se han colado todas las referencias para el control de movimientos y tres días antes de iniciar cualquier trabajo referente al cruce, se corre una nivelación que abarca a todas las referencias e instrumentos.

A partir del momento en que se inicie la excavación, las nivelaciones se hacen diariamente hasta concluir la construcción de los cajones de cimentación y del puente del Metropolitano sobre el Río de los Remedios.

Una vez concluida la construcción se tomará una lectura semanal, mensual si las variaciones son menores a 1.00 mm/semana ; semestral si las variaciones son menores a 1.00 mm/mes ; y anual si las variaciones son menores a 1.00 mm/año.

Las nivelaciones del banco de nivel superficial se refieren al banco de nivel profundo por lo menos cada dos semanas.

Interpretación de resultados.

Se lleva un registro de las nivelaciones y mediciones durante la construcción y periodo de control, que se grafican sobre papel milimétrico a escala vertical aritmética incluyendo los eventos ocurridos en el proceso de construcción de la zona en estudio, para poder apreciar las tendencias de los movimientos en cualquier momento y estar en condiciones de corregir cualquier anomalía oportunamente.

IV.4.2 Control del nivel freático.

Para conocer en forma precisa la posición del nivel de aguas freáticas se toma una lectura cuando los pozos y piezómetros se han instalado y dos días antes de iniciar el bombeo, se toman lecturas diarias durante el periodo que el bombeo se mantenga en operación. Una vez suspendido el bombeo se toma una lectura diaria. Dichas lecturas tienen como referencia el brocal del piezómetro cuya cota esta referida a una cota fija.

La medición se efectúa con la ayuda de una sonda eléctrica consistente en un medidor de resistencia (ohmímetro), unido a un cable eléctrico dúplex flexible, cuya punta está provista de un plomo para asegurar su verticalidad.

IV.4.3. Calidad de los materiales

- **Cimbra.**

Conjunto de molde y obra falsa cuyo objeto es soportar y moldear el concreto fresco para que al fraguar adquiera la forma establecida en el proyecto.

Las cimbras deben construirse conforme a los planos de proyecto, en los cuales están anotados su localización, dimensiones y niveles.

Requisitos de ejecución:

1. Las obras falsas, los moldes, su remoción y tolerancias deberán ajustarse a los siguientes requisitos generales.
 - a) Las obras falsas y/o moldes podrán ser de madera, metálicos o de cualquier otro material aprobado por la supervisión.

- b) Los moldes deberán tener la rigidez suficiente para evitar las deformaciones debidas a la presión de la mezcla de concreto, al efecto de los vibradores y a las demás cargas y operaciones correlativas al colado o que puedan presentarse durante la construcción.
- c) Las obras falsas y los moldes podrán emplearse tantas veces como sea posible, siempre y cuando la supervisión lo autorice y se les hagan las reparaciones requeridas.
- d) Los moldes deberán limpiarse perfectamente antes de una nueva utilización. La parte interior de los moldes recibirá una capa de aceite mineral o de cualquier otro material aprobado por la supervisión.
- e) En los apoyos de las obras falsas se usarán cuñas de materiales duros o de cualquier otro dispositivo aprobado, con objeto de corregir cualquier asentamiento que pudiera producirse antes, durante e inmediatamente después de efectuado el colado.
- f) Se construirá la obra falsa dejando las contraflechas que especifique el proyecto o en su defecto las que se indican a continuación :

Para traveses de eje recto y losas planas, en el centro del claro :

1/400 del claro libre en traveses

1/200 de la longitud, en el extremo de voladizos.

1/400 del claro corto en losas de tableros interiores.

1/200 del claro corto en losas de tablero de esquina.

- g) Todos los moldes deberán ser construidos de manera que puedan ser removidos sin martillar o palanquear sobre el concreto.
- h) La remoción de cimbras se hará de acuerdo a los tiempos fijados en el proyecto, pero se podrá variar de acuerdo con lo que indique la supervisión.
- i) La remoción de la cimbra, cuando se usen aditivos acelerantes o algún proceso de curado acelerado, se iniciará en el tiempo que apruebe la

supervisión con base en los resultados de las pruebas de los cilindros tomados del concreto empleado en la estructura.

2. La proposición para la obra falsa de la cimbra debe ser presentada por el contratista, incluyendo la memoria de cálculo respectiva cuando la carga muerta producida por el peso del concreto fresco sea mayor de 500 kg/m^2 .
3. Cimbra para concreto aparente.
En los planos autorizados se deberán indicar las aberturas en la cimbra así como las juntas de colado o de expansión. Se indicará el tipo de material de contacto y el procedimiento de construcción de la cimbra. El retiro de los moldes deberá efectuarse hasta que el concreto alcance la resistencia que fije el proyecto, o en su caso, previa autorización de la supervisión; el descimbrado de los pisos, los lados de las vigas y trabes y trabes, las cimbras de columnas y las cimbras verticales similares podrán quitarse después de 24 horas.

• **Acero de refuerzo.**

Lo constituyen varillas, alambres, barras, soleras, metal desplegado, mallas soldadas u otras secciones o elementos estructurales que se usan dentro o fuera del concreto para ayudar a éste a absorber los esfuerzos debidos a cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

Las varillas de acero para refuerzo son inspeccionadas en la obra, para verificar que se localicen conforme a los planos del proyecto, midiendo su separación centro a centro, su diámetro, forma, longitud, traslapes y cantidad de acero colocado.*

* Los requisitos de ejecución para el acero y el concreto se mencionan en el capítulo IV.2

- **Concreto**

El concreto que se utiliza para la construcción de las estructuras de concreto reforzado debe ser de tipo premezclado y sólo se emplea concreto hecho en obra en los casos que apruebe la supervisión.

La elaboración y muestreo del concreto debe cumplir con las especificaciones de proyecto. Cuando además de resistencia y clase, se especifican otras propiedades para el concreto, tales como peso volumétrico mínimo, módulo de elasticidad, inclusión de aditivos en obra, etc., el contratista debe suministrarlo o controlarlo con los premezcladores, considerando el cumplimiento de estos requisitos adicionales.

- **Rellenos.**

Los rellenos constituyen el conjunto de operaciones necesarias para llenar con el material indicado por el proyecto el espacio restante de las excavaciones para estructuras, cimientos y drenes hasta alcanzar el nivel original del terreno natural o hasta los niveles señalados en el proyecto.

Requisitos de ejecución:

Previamente a la ejecución de cualquier relleno, se deben cumplir las siguientes disposiciones :

- a) Los rellenos se ajustarán a los procedimientos de ejecución y tolerancias, calidad y muestreo de los materiales fijados por el proyecto.

- b) No se debe efectuar ningún relleno, sin la autorización previa de la supervisión ; en caso contrario ésta podrá ordenar la total extracción del material utilizado en los rellenos no autorizados, con cargo al contratista.
- c) Todo material para el relleno y el lugar que se va a rellenar debe estar libre de materia orgánica y materiales sueltos tales como terrones, rocas, piedras y otros que en opinión de la supervisión deban retirarse.
- d) No se permite el uso de cascajo o pedacería de materiales de construcción como material de relleno en excavaciones.

Los rellenos en estructuras deben ejecutarse de acuerdo a las siguientes indicaciones :

- a) El proyecto señalará la proporción en que se utilizarán materiales producto de las excavaciones y material de banco, para efectuar los rellenos.
- b) Los rellenos deberán hacerse por capas con los espesores humedad y grado de compactación señalados en el proyecto.
- c) Solamente cuando lo indique el proyecto y lo apruebe la supervisión, podrán ejecutarse rellenos sin compactación, a volteo del material y con extendido del mismo en los lugares y con los espesores de capas que fije el proyecto.

ⁱ DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL,
SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS.
Normas de Supervisión de Obras.
México, 1986. pp. 63-81.

ⁱⁱ TAMEZ Enrique, SANTOYO Enrique,
MOOSER Federico, GUTIERREZ Carlos E.
Manual de Diseño Geotécnico.
Vol. 1 Depto. del D. F. pp. 160-163.

ⁱⁱⁱ COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Especificación para la Instrumentación y
Control Durante la Construcción de la Estación
Río de los Remedios del Metropolitano línea "B"
Clasificación: CB-94-MSU-5B250-III-06-0229-E-01
México, julio 1994. D.G.C.O.S.T.C.

^{iv} JAMES M. Antil, RONALD W. Woodhead.
Método de la Ruta Crítica y sus aplicaciones
a la construcción.
Edit. LIMUSA, México 1975. pp 208.

^v CENTRO TECNICO DEL CONCRETO.
Guía del Consumidor del Concreto Premezclado.
Servicios Profesionales Tolteca. 1987. pp. 29, 30.

^{vi} BITACORA DE OBRA
Estación Río de los Remedios.

^{vii} D.G.C.O.S.T.C.
Especificaciones para el proyecto y construcción
de las líneas del Metro de la CD. de México.
Tomo 3 cap. 4.01.01.005. pp. 5.3

CONCLUSIONES.

Los problemas que presenta la Cd. de México debido a su incontrolable crecimiento, hacen necesario que el ingeniero se enfrente a un gran reto, buscar soluciones adecuadas y sobre todo económicas para satisfacer las necesidades de la población.

Uno de los principales problemas al que se enfrenta el ingeniero de hoy es el relativo al transporte público, considerándose éste un elemento estratégico para el desarrollo de la Ciudad y el país, el cual se busca resolver con la planeación y construcción de más transportes de alta capacidad y no contaminantes, centrando sus acciones en conformar un sistema adecuado a las necesidades de la población que se desplaza a su trabajo, escuela, vivienda y centros de diversión, como lo es el Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Dentro del Plan Maestro del Metro y del Plan de Desarrollo de Vialidad y Transporte de la Cd. de México se han diseñado planes de crecimiento a corto y mediano plazo en la infraestructura del transporte público. La construcción del Metropolitano línea "B" está contemplada en dicha planeación, para ser un importante desahogo de usuarios hacia la parte noreste de la ciudad y del Estado de México.

En la estación Río de Los Remedios del Metropolitano se presenta un doble cruce, el primero con el Periférico donde se solucionó con la construcción de dos pasos elevados, uno para cada sentido de la vialidad. El segundo cruce es con el Río de Los Remedios; aquí se construyeron dos cajones de cimentación, uno a cada margen del río, sobre los que se colocan las estructuras metálicas para formar el

puente por donde pasará el Metropolitano. Así podemos ver que la vialidad ha sido mejorada con esta reestructuración, ya que se da continuidad al flujo vehicular y se evitan congestionamientos en horas pico como podría presentarse si fuera un cruce con semáforo.

Con respecto a las obras inducidas podemos constatar que fue benéfico el costo que se derivó de ellas, pues se pudo mejorar las instalaciones ya existentes; por ejemplo, los dos cárcamos de bombeo ubicados sobre el trazo del Metropolitano, se reubicaron y al mismo tiempo se ampliaron sus instalaciones y capacidades para atender condiciones actuales y futuras de gastos.

De la misma manera, la colocación de tubería nueva para restablecer la que se retiró en los pasos de las líneas de agua potable y gasoducto con el cajón del Metropolitano, permite que tengan una vida útil mucho mayor, esto por el cambio de material de tuberías de asbesto-cemento a tuberías de acero en las líneas de agua potable y en el caso del gasoducto fueron tuberías del mismo material pero cumpliendo las especificaciones que pide PEMEX para sus instalaciones.

En cuanto a los procesos constructivos podemos decir que el estudio previo de las condiciones del lugar permite planear y proyectar el procedimiento más adecuado para llevar la obra con seguridad, economía y en un tiempo razonable de ejecución. Pero casi siempre las condiciones cambian por algunas particularidades que se van encontrando en la obra conforme se avanza. Por eso se hace necesario modificar el procedimiento constructivo sobre la marcha para ir adecuándolo a los problemas que se presentan.

Un ejemplo de modificación al procedimiento constructivo se presentó en la estabilización del talud de la parte lateral de la excavación en las etapas "D, E y F", donde por desviaciones a la vialidad, esta se acercó demasiado a la zona de excavación y se corría el riesgo de inestabilidad en los taludes por no poder cumplir

con la inclinación pedida en proyecto (1:1). De esta manera se optó por hincar viguetas metálicas para estabilizar las paredes laterales de la excavación y así poder continuar con el avance de la obra mientras la vialidad se reubicaba de nuevo.

En lo que se refiere al procedimiento constructivo de los cajones de cimentación donde se apoya la estructura metálica del puente, describimos algunas notas importantes para su correcta construcción:

- 1.- Durante la etapa constructiva deberá restringirse el tránsito de vehículos hasta una distancia de 3.50 m. como mínimo, medidos a partir del borde de excavación.
- 2.- Por ningún motivo se permitirá que el desplante de los cajones de cimentación tenga como material de apoyo rellenos de tipo heterogéneo.
- 3.- El armado y colado de los elementos estructurales se efectuarán siguiendo los lineamientos establecidos en los planos y especificaciones estructurales correspondientes.
- 4.- La cimbra que se utilizará para el colado del cajón de cimentación, será considerada como pérdida ya que quedará adosada al elemento impermeabilizante.
- 5.- Para la conducción y canalización de las probables filtraciones que pudieran presentarse hacia el interior del cajón de cimentación, será necesario que la losa de fondo cuente con pendientes tales que permitan la canalización del agua hacia los cárcamos de bombeo.
- 6.- La forma de colocación y fijación del sistema de troquelamiento se hará de acuerdo a lo indicado por el proyecto estructural.

La empresa de supervisión es la encargada de cuidar estos aspectos de normatividad como lo son el control de calidad de materiales, herramientas, mano de obra y maquinaria; el verificar los procedimientos constructivos de acuerdo a las especificaciones; el buscar soluciones preventivas antes que correctivas, verificar que la obra se lleve conforme a programa, entre otras actividades enfocadas a lograr una obra económica, funcional y en el menor tiempo posible de construcción.

Con esto nos damos cuenta que el personal encargado de la obra debe tener conocimientos, criterio y experiencia para llevar este tipo de obra de gran magnitud.

Esto se logra con años de trabajo, de estar en campo el mayor tiempo posible para conocer los problemas que se pueden presentar y observar como se resuelven, además de complementarse con cursos de actualización, todo esto para estar a la vanguardia de conocimientos en esta época tan cambiante.

En este sentido se requieren profesionales bien capacitados en ingeniería que cuiden el aspecto ecológico en cualquier acción a desarrollar, esto se logra mejorando las condiciones en la preparación de la juventud y creando motivación para hacerlo.

Finalmente se debe incrementar la cultura de la conservación y el mantenimiento ya que en lo futuro este rubro tendrá más importancia, debido a que cada vez se tornará mas difícil la construcción de nuevas obras de ingeniería, observándose la imperiosa necesidad de conservar la infraestructura con que se cuenta.

BIBLIOGRAFIA

Bitacora de obra
Estación Río de los Remedios.

CAL y MAYOR R. Rafael, CARDENAS G. James
Ingeniería de Tránsito
7° Edición, México, Edit. Alfaomega, 1994, pp. 489, 495-498, 502-505.

CENTRO TECNICO DEL CONCRETO.
Guía del Consumidor del Concreto Premezclado.
Servicios Profesionales Tolteca. 1987. pp. 29, 30.

CERVANTES Rosales H. TORRES Ortiz M.A.
Proceso Constructivo y Obras Inducidas de la Estación Guerrero del Metropolitano Línea "B".
Tesis, U.N.A.M. México 1996 pp. 6, 11.

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación general de procedimiento constructivo para el desvío de las líneas de agua potable durante la construcción del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.
Clasificación: CB-95-MSU-5B000-III-31-0423-E-00.
México, Octubre 1996, pp.8

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación de procedimiento constructivo para la Estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B".
Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-05-0228-E-01.
México, Octubre 1996, pp.18

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación para la Construcción del Drenaje de la Estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B"
Clasificación: CB-94-MSU-5B250-III-09-0232-E-00.
México, Octubre 1996, pp.11

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Boletín: Adecuación al Procedimiento Constructivo de la Estación Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B" por Bando Vial.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-27-0417-E-03.

México, Octubre 1996, pp.3

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación de procedimiento constructivo del cajón de cimentación Sur en la zona de cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-27-0417-E-03.

México, Octubre 1996, pp.15

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación del proceso de colocación e hincado de ataguías metálicas que se utilizarán para la construcción de los cajones de cimentación norte y sur en la zona de cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-96-MSU-5B250-III-72-0692-E-00.

México, Octubre 1996, pp.19

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la colocación del sistema de ademe y apuntalamiento para la construcción de los cajones de cimentación en la zona del cruce con el Río de los Remedios, del Metropolitano Línea "B"

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-33-0431-E-01.

México, Octubre 1996, pp.8

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.

Dirección de Proyectos.

Especificación para la localización y construcción de pozos de abatimiento freático en la zona del cruce del Metropolitano línea "B" con el Río de los Remedios.

Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-28-0418-E-03.

México, Octubre 1996, pp.8

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación para la colocación de los rellenos en la zona de cruce con el Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B".
Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-17-0295-E-01.
México, Octubre 1996, pp.7.

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Especificación para la Instrumentación y Control Durante la Construcción de la Estación Río de los Remedios del Metropolitano línea "B"
Clasificación: CB-94-MSU-5B250-III-06-0229-E-01
México, julio 1994. D.G.C.O.S.T.C.

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Dirección de Proyectos.
Especificación para la colocación de la geomembrana que se utilizará para la impermeabilización de los cajones de cimentación en la zona de cruce del Metropolitano Línea "B" con el Río de los Remedios.
Clasificación: CB-95-MSU-5B250-III-70-0685-E-00.
México, Octubre 1996, pp.12

COLINAS DE BUEN S.A. DE C.V.
Especificación para la Instrumentación y Control Durante la Construcción de la Estación Río de los Remedios del Metropolitano línea "B"
Clasificación: CB-94-MSU-5B250-III-06-0229-E-01
México, julio 1994. D.G.C.O.S.T.C.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL,
SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS.
Normas de Supervisión de Obras.
México, 1986. pp. 63-81.

DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE COLECTIVO
Especificaciones para el proyecto y construcción de las líneas del Metro de la CD. de México.
Tomo 3 cap. 4.01.01.005. pp. 5.3

DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION DE OBRAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.
Informe sobre: Metropolitano Línea "B"
México, Febrero 1996. pp4, 5, 8, 15-18, 24, 31-34, 43-48, 51, 52.

JAMES M. Antil, RONALD W. Woodhead.
Método de la Ruta Crítica y sus aplicaciones a la construcción.
Edit. LIMUSA, México 1975. pp 208.

MOOSER, Federico
Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. 1994 - 2000. (Versión Preliminar).
Mapa Geológico de la Cuenca del Valle de México y Zonas Colindantes
D.G.C.O.H. 1974.

OLIVERA BUSTAMANTE, Fernando.
Estructuración de Vías Terrestres
4° Reimpresión. México. Edit. CECSA. 1994. pp. 91,92

PAZ Landaverde, Ezequiel
Cruce de Línea 8 del Metro con Línea 2 Análisis y Procesos Constructivos.
Tesis, U.N.A.M., Septiembre de 1993. pp 50,51

SECRETARIA DE GOBERNACION.
Diario Oficial de la Federación
Ley de Transporte del Distrito Federal
México, 20 de Diciembre de 1995.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA S. A.
Carta Urbana 1 :20,000 ; "Politécnico"

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO,
GERENCIA DE PLANEACIÓN.
Plan Maestro del Metro Resumen Descriptivo
México, Marzo de 1996, 22p.

TAMEZ Enrique, SANTOYO Enrique, MOOSER Federico, GUTIERREZ Carlos E.
Manual de Diseño Geotécnico.
Volumen 1, México, Agosto de 1987, pp. 111, 135-137, 139-145.

WRIGHT, Paul H., PAQUETTE, Radnor J.
Ingeniería de Carreteras
5ª Edición, México, Edit. Limusa, 1993, pp.405.

Anexo 1

Estaciones de bombeo

Las condiciones topográficas obligan en ocasiones a utilizar estaciones de bombeo para solucionar el desalajo de las aguas residuales de la población, o de una determinada zona de la misma.

Una estación de bombeo para aguas residuales consiste en una obra de ingeniería donde se acondicionan ciertas instalaciones especiales, como son: cárcamos, generadores, motores eléctricos y de combustión interna, transformadores, medidores de agua y electricidad, dispositivos de regulación automática, tableros de mandos, etc., cuyo fin específico en conjunto es recibir un cierto volumen de agua y que mediante un equipo de bombeo, se lleva a cierta altura por encima del nivel donde se localiza la estación.

Generalmente se requiere proyectar una estación de bombeo en cualquiera de los casos siguientes :

- a) Cuando se deba dar una cierta carga hidráulica a las aguas residuales a fin de que puedan manejarse adecuadamente en una planta de tratamiento.
- b) Cuando las cotas topográficas del área por servir son más bajas que la corriente natural del drenaje o del colector existente o de proyecto.
- c) Cuando no es posible drenar por gravedad el área por servir, hacia el colector principal, porque dicha área se encuentra fuera del parteaguas de la zona que drena el colector.
- d) Cuando los costos de construcción, sean muy elevados debido a la profundidad a la que habría que instalar los colectores o el emisor, a fin de que trabajen por gravedad.

Características generales de los cárcamos y equipos de bombeo.

Como partes integrantes de las estaciones de bombeo, se tienen los cárcamos y equipos de bombeo.

Los cárcamos son los espacios o cámaras donde se almacenan las aguas residuales para ser, posteriormente, elevadas o impulsadas por los equipos de bombeo. Es decir, los cárcamos tienen como función primordial, actuar como depósitos reguladores para reducir al mínimo las fluctuaciones de carga de las bombas, de esta manera el volumen de almacenamiento queda fijo, entre el nivel mínimo para mantener la bomba cebada y el máximo para evitar que la tubería que alimenta el cárcamo trabaje ahogada.

El diseño y construcción de los cárcamos sigue, generalmente los lineamientos siguientes : para evitar la acumulación de sedimentos debe proporcionarse una cierta inclinación al piso hacia un sumidero, o una región baja donde se localiza la entrada de succión de la bomba. Es conveniente que las paredes sean verticales, con toda su superficie bien accesible, para facilitar limpieza y evitar incrustaciones en la pared. También deben calcularse de tal forma que nunca mantengan por más de dos horas las aguas residuales, para evitar la septicidad por carencia de oxígeno disuelto en el agua.

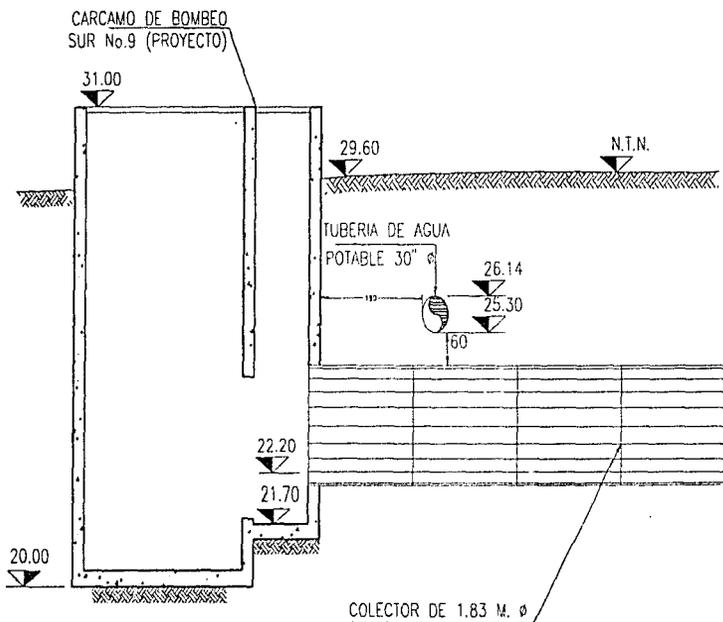
En relación al equipo de bombeo, existen distintas clases de bombas, pero la elección de cada tipo depende del sistema que se desee emplear. Existen básicamente dos criterios para la elección del sistema :

- 1.Criterio del cárcamo seco
- 2.Criterio del cárcamo húmedo

El sistema de cárcamo seco consiste en dos cámaras : una que es la que almacena el volumen de aguas residuales por bombear y la otra, para contener las bombas y los motores.

El funcionamiento de este sistema es el siguiente : las aguas residuales llegan al cárcamo por una tubería ubicada en la parte alta del cárcamo, cuando el agua alcance el nivel de arranque, un interruptor eléctrico accionado por un flotador pone en marcha el motor de la bomba. Las aguas son succionadas por las bombas que se encuentran en la cámara seca por medio del tubo de succión para ser impulsadas y conducidas por otra tubería de salida hacia la tubería del alcantarillado municipal.

El segundo sistema consiste en solo una cámara para almacenar el agua residual y alojar la bomba. Estas bombas son del tipo sumergibles y quedan en el fondo del cárcamo,



SIN ESCALA

mientras que los motores quedan a un nivel más alto. Esta instalación es mas barata, al no necesitar de cámara seca, pero tiene el gran inconveniente de que cualquier reparación obliga a subir la instalación de las bombas al piso superior donde están los motores. Este sistema trabaja bajo las mismas condiciones que en el sistema de cárcamo seco.

El número de bombas a instalar depende de la altura a la que se desee elevar el agua y al volumen o gasto de estas aguas que transporta nuestro colector, sin embargo, suele ser conveniente instalar en las estaciones de bombeo un mínimo de cuatro bombas, dividiendo sus capacidades de tal modo que una tenga capacidad igual o ligeramente mayor que el gasto mínimo, otra que tenga una capacidad igual o ligeramente mayor que el gasto medio y otra que tenga una capacidad igual o ligeramente mayor que el gasto máximo. Siendo capacidades combinadas de las dos bombas mas pequeñas igual a la capacidad de la bomba más grande. Además, se instalará una bomba de seguridad, con energía independiente y con capacidad igual a la unidad de mayor capacidad o la de capacidad necesaria según las condiciones locales.

Se recomienda que el ciclo de operación, es decir, el tiempo entre dos arranques sucesivos, sea de cuando menos de 15 minutos.

Un aspecto importante en el mantenimiento de las unidades de bombeo se refiere a la prevención de las obstrucciones en ellas, aún si bien las bombas que se emplean son del tipo centrifugas que están diseñadas de modo que no pueden sufrir obstrucciones. Es recomendable instalar a la entrada del cárcamo una rejilla que detenga todo el material voluminoso como son, por ejemplo : palos, trapos, papel, etc., que traen consigo las aguas residuales.

Por requerir de una inversión inicial menor, tanto en tiempo como en dinero, se acostumbra en la Ciudad de México la construcción de estaciones de bombeo que utilizan el sistema de cárcamo húmedo el cual requiere solamente de una cámara de almacenamiento aunque el mantenimiento sea más complicado, como se explico anteriormente, así bien el carcamo No. 9 y el carcamo No 10 utilizan este sistema (ver figura A)

Procedimiento constructivo para la caja de conexión del colector de 1.83 m. de ϕ .

Para la excavación y construcción de la caja de conexión del colector de 1.83 m. de ϕ se consideró la utilización de un sistema combinado de contención formado a base de tablestacas metálicas, así como de un entramado de viguetas metálicas.

En general el procedimiento constructivo se ejecutó en las siguientes diez etapas:

Etapas 1. Hincado del sistema de retención.

Una vez concluidos los trabajos de trazo y nivelación, se procede a construir una estructura guía sobre la superficie del terreno natural que sirve para mantener fijo el pie de las ataguías metálicas durante el proceso de hincado. La estructura guía está integrada por dos viguetas metálicas IR paralelas, colocadas en el perímetro exterior e interior de la superficie por excavar, la distancia de separación entre estas será el ancho de la ataguía por hincar. Las viguetas metálicas se fijan a un muerto de concreto por medio de tornillos de fijación.

Una vez realizado lo anterior se continua con el hincado de las ataguías metálicas utilizando equipo mecánico. Inicialmente el equipo de izaje coloca el extremo inferior de la ataguía dentro del espacio que define la estructura guía, posteriormente se procede al hincado utilizando máquinas piloteadoras con martillos trepidantes, las que hincan las ataguías de 15 m. de longitud hasta la cota de 2,215.37 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (ver anexo fotográfico).

Etapa II. Excavación.

Una vez concluido el hincado de las ataguías metálicas se procede a efectuar la excavación mediante avances verticales de un metro hasta la elevación 2,225.80 m.s.n.m., a partir de esta cota los avances serán de 50 cm. hasta descubrir la mitad superior del colector existente (elev. 2,224.10 m.s.n.m.). El ancho de la excavación general es de 5.40 x 5.79 m. y está limitada por las paredes verticales de la propia ataguía metálica. El equipo de excavación empleado se sitúa a una distancia no menor de 4 m. medidos a partir del hombro de excavación para evitar sobrecarga a la estructura de retención. Adicionalmente en las cotas 2,228.30 y 2,225.80 m.s.n.m. se colocan dos niveles de troqueles respectivamente, para lo cual inicialmente se coloca una ménsula a cada 2.50 m., cuya función es el dar un soporte y apoyo provisional de las vigas madrinas, dichas ménsulas están formadas por varillas de 1" (25.4 mm), y se fijan con una línea de soldadura en la cara lateral. Posteriormente se colocan las vigas madrina sobre las ménsulas, y se aplica un cordón de soldadura en la parte superior del contacto entre las madrinas y las ataguías verticales.

A continuación se colocan los troqueles, los cuales se fijan con puntos de soldadura en la parte superior de éstos y las vigas madrina. Como medida de seguridad los puntales (troqueles) se sujetan a las ataguías hincadas por medio de estrobos (elementos de sujeción) y cables. A partir de la cota 2,225.80 m.s.n.m. la excavación se hace en forma manual para evitar dañar el colector existente.

Etapa III. Sellado de juntas.

Descubierta la tubería hasta la mitad de su diámetro, se localizan físicamente las juntas existentes, procediendo a su saneamiento, inicialmente se hincarán cuatro viguetas tipo IE, a 25 cm. de la junta expuesta, posteriormente se realiza una pequeña zanja o coyotera excavada en forma manual de 50 x 60 cm, con objeto de descubrir las juntas entre los tubos y envolverlas con una banda de neopreno de 15

cm. de ancho mínimo y 3 mm de espesor, la cual se sujeta a la tubería mediante una abrazadera o anillo de modo que no existan fugas (ver figura 1).

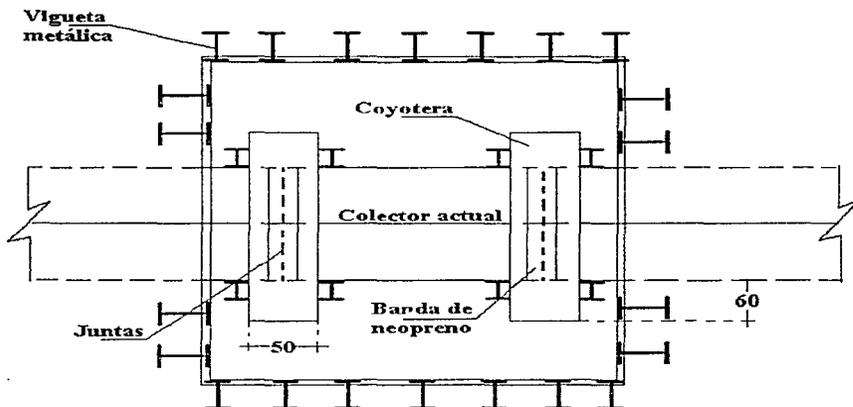


Figura No 1 Planta de localización y geometría de coyotera.

Etapa IV. Soporte del colector existente.

Esta etapa se realiza en cuatro fases siguientes:

- Excavación manual del prisma extremo.

Inicialmente se hinca en forma manual un tupido de polines en el límite interior de la zona por excavar, para mantener su verticalidad se logra por medio de una perforación previa con posteadora. Los polines se sujetan en su parte superior por una viga madrina (polín horizontal), la cual se troquela contra las viguetas verticales.

Posteriormente se realiza la excavación en forma manual del prisma de 1.30 x 5.32 m., hasta alcanzar el nivel de apoyo de la plantilla de desplante.

- **Construcción de siletas.**

Se realiza una plantilla de desplante de 5 cm de espesor en el fondo de la excavación, con un concreto $f'c=100\text{kg/cm}^2$, se continua con el armado y colado de la losa de fondo, el muro y las siletas; estas ultimas serán los apoyos para soportar el colector existente, dejando las preparaciones necesarias para continuar el armado y colado de losa y muro estructural de la caja. Posteriormente se realizan las fases 1 y 2 para el prisma del otro extremo(ver figura 2).

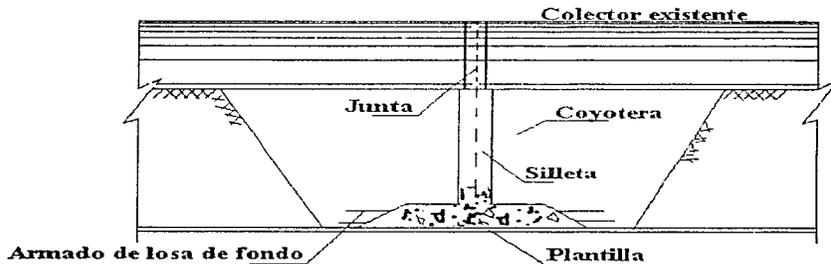


Figura No.2 Construcción de siletas.

- **Colocación de apoyo longitudinal.**

Cuando las siletas construidas alcanzan el 70% de su resistencia de proyecto se excava una zanja longitudinal adyacente a la tubería, de 40 cm de ancho, hasta el nivel de la corona de la sileta interior, posteriormente se instala una vigueta metálica de sección "L" que sirve de apoyo longitudinal a la tubería, esta sección se coloca en ambos lados de la tubería (ver figura 3).

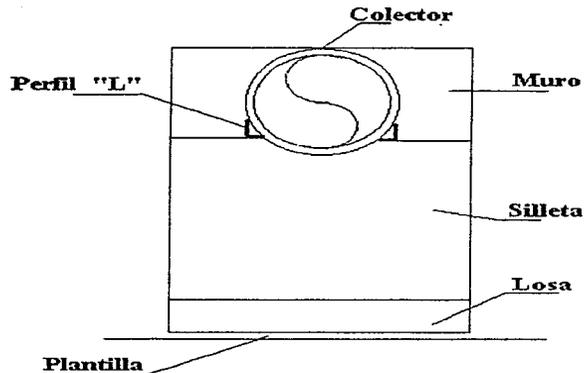


Figura No. 3 Elementos del sistema de soporte.

- Excavación del prisma remanente.

Finalmente se excava el prisma de suelo remanente hasta el nivel de apoyo de plantilla, retirándose el tupido de polines y las viguetas IE adyacentes a las juntas.

Etapas V. Colado complementario de losa de fondo y muros.

Concluida la etapa anterior se procede al armado y colado complementario de la losa de fondo y de los muros perimetrales hasta el nivel del lomo de la tubería. Una vez que alcance el concreto el 70% de su resistencia de proyecto se rellena el respaldo de los muros, posteriormente se retira el segundo nivel de troqueles y la vigueta madrina y se concluye el armado y colado de los muros perimetrales de la caja.

Etapa VI. Colocación provisional de tabletas.

Una vez que los muros alcancen el 70% de su resistencia de proyecto se retira el primer nivel de troqueles y la viga madrina ; posteriormente se colocan, en forma provisional, sobre la corona de los muros perimetrales las tabletas que integran la losa tapa de la caja de conexión, colocando sobre la preparación que recibirá la chimenea, una placa de acero con las dimensiones necesarias para cubrir en su totalidad dicha preparación.

Etapa VII. Colocación de rellenos.

Posteriormente se rellena la excavación, hasta alcanzar el nivel de subrasante de las zonas de vialidad, con material areno-limoso proveniente del banco de material (tepetate), aprobado por D.G.C.O.S.T.C., tendiéndose en capas de 20 cm. de espesor compactadas al 90% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo a la norma AASHTO Estándar T99-74, variante "A" con una energía de compactación de 6.04 kg-cm/cm³. El material se coloca y compacta con una humedad cercana a la óptima, del lado seco de la curva de compactación. La compactación se realiza con equipo manual, bailarinas o rodillos manuales. Una vez que el nivel de rellenos se encuentre a 1.0 m. por debajo del nivel de terreno natural se procede a extraer las ataguías metálicas utilizando equipo mecánico.

Etapa VIII. Construcción de pavimento provisional.

Concluida la etapa anterior se procede a la colocación del pavimento provisional para el paso de la vialidad.

Etapa IX. Excavación superficial y colocación definitiva de tabletas.

Una vez que se concluyen las obras para el desvío del colector de 1.83 m de \varnothing y la construcción del cárcamo N° 9, se procede a excavar la zona delimitada por la

caja de conexión mediante taludes definidos por la relación 0.5 : 1.0, este proceso se realiza con equipo mecánico el cual se localiza sobre la corona del talud a 1.5 m. como mínimo medidos a partir del hombro del talud. Una vez descubiertas las tabletas provisionales, estas se retiran y se procede a demoler el colector existente en el interior de la caja y silleas intermedias. Posteriormente se realiza el colado de la unión muros-tabletas en forma definitiva, y se construye la chimenea para la caja.

Etapa X. Restitución de rellenos.

Finalmente se restituyen los rellenos hasta alcanzar el nivel de camellón, de acuerdo a lo estipulado en la etapa VII.

Procedimiento constructivo para la excavación y colocación del colector general de 1.83 m de \varnothing , en la zona de cruce con la vía del Ferrocarril.

El proceso constructivo que se siguió para la excavación y colocación del colector general de 1.83 m de \varnothing , en el tramo final cercano al sitio de vertido, en la zona de cruce con la vía del ferrocarril México-Cuautla, en el tramo Campestre-Río de los Remedios del Metropolitano Línea "B", es como se describe a continuación.

Debido a la imposibilidad de efectuar la excavación a cielo abierto para alojar el colector en la zona de cruce con la vía del ferrocarril, fue necesario llevar a cabo un procedimiento constructivo especial, efectuándose la excavación mediante una técnica de tuneleo con equipo manual, e hincando los tramos de tubería que quedarán alojados por abajo de la vía hasta su conexión con el cárcamo de bombeo Sur N° 9 con el auxilio de un sistema de reacción y empuje (ver figura No. 4). Para

llevar a cabo este procedimiento fue necesario construir dos lumbreras, una de sección circular en el lado oriente de la vía del ferrocarril y la otra de sección rectangular en el lado poniente de la vía. En el interior de ambas lumbreras se instaló el sistema de reacción y empuje para el hincado de la tubería. Para garantizar el alineamiento de la tubería durante su hincado, se implemento un sistema de guía provisional constituido por viguetas de acero verticales hincadas con el auxilio de una perforación previa, cuyo objetivo es el de corregir oportunamente cualquier desvío de la tubería durante su hincado.

En general el procedimiento se realizó en ocho etapas siguientes:

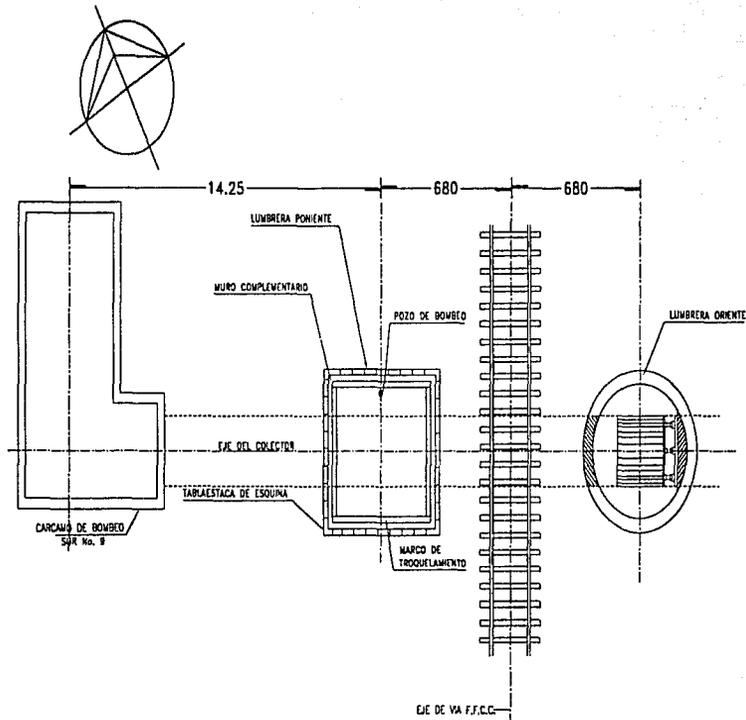
Etapla I. Excavación y Construcción de las lumbreras.

Para comenzar con la excavación de las lumbreras fue necesario implementar un sistema de bombeo de alivio con cuatro días de anticipación para iniciar la excavación.

Se procede en principio al trazo y ubicación de la lumbrera sobre el terreno; para lo cual el centro geométrico de ésta debe coincidir con el eje de trazo del colector, se localiza a una distancia de 2.0 m entre los durmientes y el paño exterior del paño definitivo. Una vez marcado sobre el terreno el trazo de la lumbrera, se inicia la construcción del brocal, para esto se excava una zanja de 1.60 m de profundidad por 0.80 m de ancho sobre el perímetro de la lumbrera, en dicha zanja se construye el faldón del brocal, mediante una cimbra apoyada contra la pared de la excavación. El nivel inicial de esta excavación corresponde al nivel de terreno natural. El brocal tiene la finalidad de permitir que la maquinaria de excavación pueda transitar libremente sin riesgo de que produzca algún caído en las excavaciones. Las dimensiones del brocal aparecen en la figura 5.

La excavación se hace en toda el área de la lumbrera en avances verticales de 1.50 m de profundidad, y tan pronto como se descubren las paredes de cada

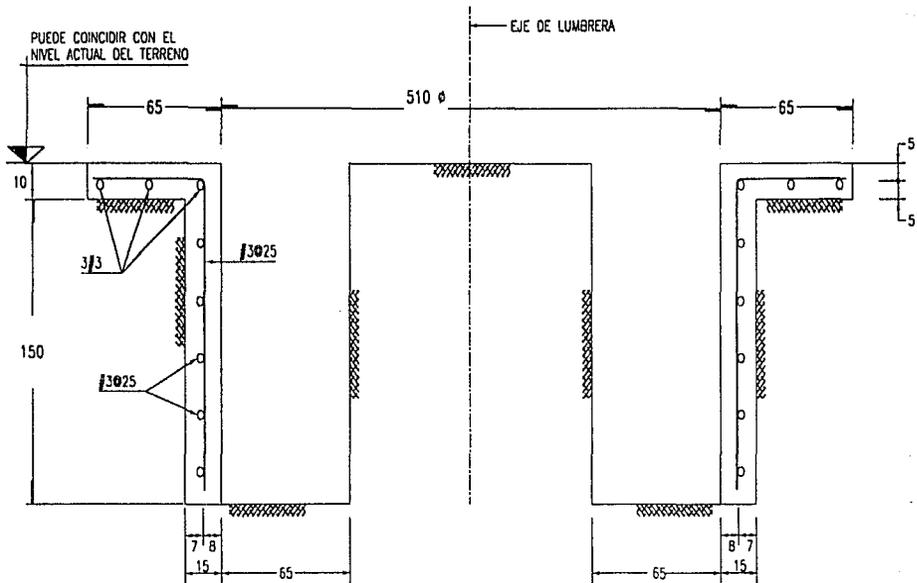
FIGURA 4



ZONA DE CRUCE DE COLECTOR DE $\phi 1.83$ m.
CON LAS VIAS DE F.F.C.C.

SIN ESCALA
ACOTACIONES EN CENTIMETROS

FIGURA 5



ARMADO DE BROCAL

SIN ESCALA
ACOTACIONES EN CENTIMETROS

etapa, se coloca el revestimiento primario. Este revestimiento está constituido por concreto lanzado reforzado, con malla de acero tipo 6" x 6" - 6/6, debiendo proporcionar un recubrimiento de 15 cm de espesor.

Una vez alcanzado el nivel máximo de excavación se procede a colocar una plantilla de 10 cm de espesor, de concreto $f_c=100\text{kg/cm}^2$ posteriormente se continua con el armado y colado de la losa de fondo una vez que la plantilla ha alcanzado su fraguado inicial. Cuando el concreto de la losa de fondo ha alcanzado su fraguado inicial, se procede al armado y cimbrado y colado de los muros estructurales.

Durante el armado del muro perimetral de la lumbrera, se dejan tramos de varillas de acero de 1/2" de ϕ , con la longitud mínima de 60 cm, para proporcionar un anclare del muro perimetral de la lumbrera con el armado del muro de atraque que se construye posteriormente. Así mismo, en el hemisferio de la lumbrera se deja un hueco que define la proyección del tubo por colocar sobre la pared de la lumbrera, dicho espacio tendrá un diámetro de 224 cm y para tal efecto se utiliza un bloque de polietileno (unise).

Etapa II. Instalación del sistema de guía.

Se implementa un sistema de guía provisional que esta constituido por viguetas de acero verticales hincadas con el auxilio de una perforación previa. La secuencia a seguir es la siguiente:

- Se procede a la excavación de dos zanjas paralelas al eje del tubo y a una distancia de 1.43 m del mismo, medidos respecto al paño exterior de las zanjas. Las dimensiones de estas excavaciones es de 60 cm de ancho por 1.50 de profundidad, y se realizan con equipo manual, permitiendo así la localización de instalaciones municipales.

- A continuación se marca en el fondo de las zanjas los sitios donde se hincarán las viguetas de acero; a una distancia de 75 cm de distancia de eje a eje. Las viguetas tendrán una longitud tal que queden empotradas 1.20 m por debajo del nivel de la cota de arrastre hidráulico de la tubería (nivel 22.70), esto es, al nivel 21.5 y que sobresalgan del terreno 0.25 m.

Etapa III. Instalación del sistema de reacción.

Una vez que alcanzan la resistencia de proyecto los muros definitivos, se procede a construir el sistema de reacción, que consiste en la construcción de un muro de concreto armado de $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$ con el que se obtiene una superficie de apoyo uniforme, el cual proporciona la reacción necesaria para el hincado de los tubos (ver figura 6).

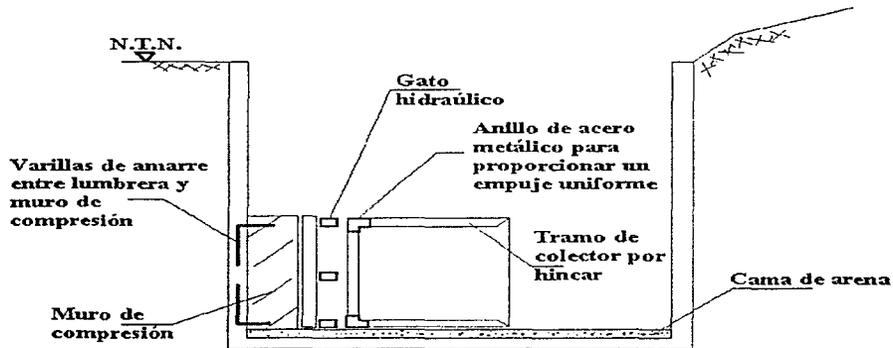


Figura No. 6 Sistema de reacción y empuje.

Para la construcción de éste, el armado se traslapa a las varillas que funcionan como anclajes, que fueron preparadas previamente para este fin, finalmente se efectúa el colado del muro definitivo.

Etapa IV. Instalación del sistema de empuje.

Una vez que el sistema de reacción haya alcanzado la resistencia de proyecto, se procede a la colocación de los elementos que forman el sistema de empuje.

Inicialmente se fija al bloque de reacción una cruceta formada por perfiles estructurales de 8" x 4" de 19.4 kg/m, y sobre la cual se apoyan cuatro gatos hidráulicos de 125 ton. de capacidad, que proporcionarán la reacción necesaria para el hincado de los tubos.

Después de que se fijan los elementos de reacción, se tiende una cama de arena con un espesor compacto de 30 cm, cuya finalidad es la de facilitar el deslizamiento de los tramos de tubería. Así mismo se coloca en forma adicional tubos de acero de 10" de \varnothing de 2.50 m de longitud con el fin de facilitar el deslizamiento de los tramos de tubo en el interior de la lumbrera. Los tubos de acero se colocan junto con la cama de arena.

Una vez que se retira el tapón provisional, se deposita sobre la cama de arena el cortador que habrá de hincarse en el terreno, el cual se alinea y nivela, cuidando que el nivel de arrastre sea el indicado.

Etapa V. Hincado del cortador.

Una vez efectuada la demolición del tapón provisional, se procede al hincado del cortador, el cual consiste en un cilindro metálico de 2.20 m de \varnothing , cuya finalidad es la de garantizar la estabilidad y el corte del material durante el proceso de hincado.

Para el hincado del cortador, se utilizan los gatos hidráulicos del sistema de empuje previamente instalado para tal fin (ver figura 7).

Etapa VI. Hincado de la tubería de acero.

Una vez que el cortador ha sido hincado, se procede a realizar el primer avance de hincado a presión de la tubería de acero, por medio de los gatos hidráulicos, quedando alojado material en el interior de la misma.

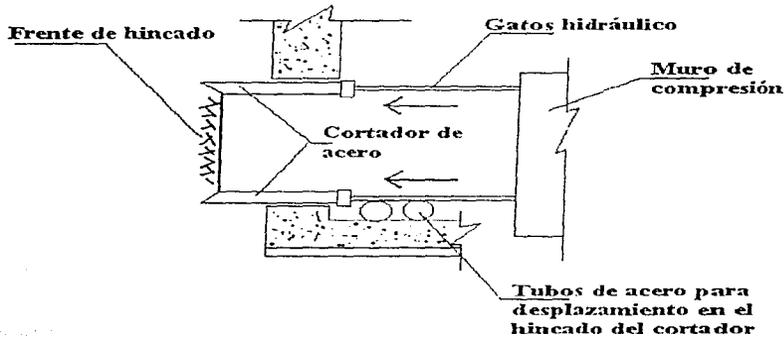


Figura No. 7 Hincado del cortador

Etapa VII. Excavación.

Concluido el hincado de la tubería de acero, se realiza la excavación del material alojado en interior de la misma; ésta se efectúa en forma manual.

El material producto de la excavación se retira inmediatamente evitando en todo momento que obstruya el paso al interior de la excavación.

Etapa VIII. Hincado del colector.

Terminadas las actividades anteriores, se procede al hincado de la tubería del colector de 1.83 m de \varnothing en el interior de la tubería de acero. La colocación o hincado de la tubería del colector se efectúa con la técnica y sistema de empuje empleada para la tubería de acero. Finalmente se procede a realizar el junteo de la tubería con mortero de cemento (ver figura 8).

Vía del ferrocarril

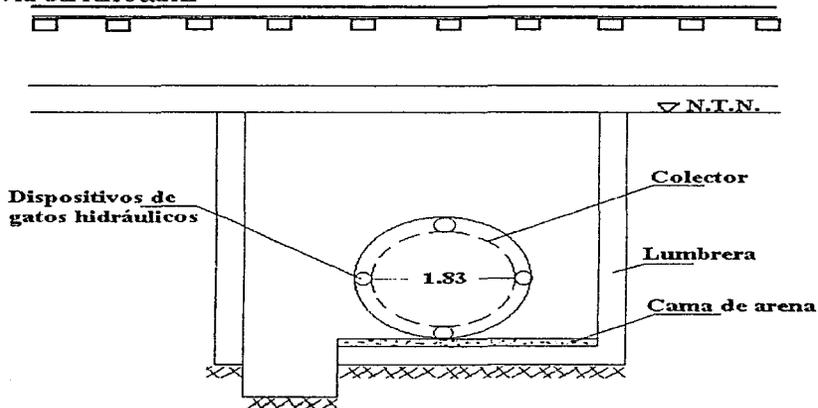


Figura No.8 Hincado de colector

ANEXO 3
REPORTES DE LABORATORIO

LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.

ISABEL LA CATOLICA No. 504 COL ALGARIN 06880 MEXICO, D.F.
 TELS. 530-70-68 530-73-49 FAX 519-25-76



MUESTREO DE CONCRETO

OBRA	<u>Metropolitano Linea B</u>
UBICACION	<u>Estación Rpo de los Remedios</u>
CONSTRUCTORA	<u>ICA C.U G-10-02-410-133</u>
FECHA DE COLADO	<u>25-Agosto 97.</u>

HORA SALIDA	HORA LLEGADA	HORA DESCARGA	HORA TERMINA	COMPANIA PREMEZCLADORA	PAR DE OLA	NO. DE MUESTRA	HEV	COL	NO. DE MUESTRA	CANTIDAD DE CILINDROS	FE	TIPO DE CEMENTO	OBSERVACIONES
17:20	12:35	12:45	13:00	ICA	204	1090	10	9	15	133	3	250 II	Complemento de columnas
Ejes: 15-A y 15-H													
Se le aplica en obra Fluidizante Basalto 3/4													
17:05	17:25	17:40	18:35	ICA	201	12059	10	12	5.5	-	-	250 III	Muros de cimentacion cañon Sur etapa D
Muro lado Norte; Muro lado Sur y Muro lado poniente													
Se le aplica en obra Fluidizante Concreto con Imper-Integral Basalto 3/4													

MUESTRA	PESO DE LA TARA	PESO DE LA TARA + CONCRETO	PESO DEL CONCRETO	VOLUMEN DE LA TARA	PESO UNITARIO
<u>433</u>	<u>5300</u>	<u>27350</u>	<u>22050</u>	<u>0.209567</u>	<u>23051</u>

CALCULO DEL PESO UNITARIO

- P. U. = PESO UNITARIO EN Kg/M³
- P. T. = PESO DE LA TARA, EN Kg
- P. T. C. = PESO DE LA TARA + CONCRETO, EN Kg
- P. C. = PESO DEL CONCRETO EN Kg
- T. = VOLUMEN DE LA TARA, EN M³

$$P. C. = (P.T.C.) - (P.T.)$$

$$P. U. = \frac{(P.C.)}{(V.T.)}$$

[Signature]
JUZ Colinaz
 LABORATORISTA

[Signature]
CRATISA O.C.
 25-Ago-1997
 SUPERVISION



LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.

Isabel La Católica No. 604 Col. Algarin 06880 México, D.F. Tels.: 530-70-68, 530-73-48 Fax: 519-25-76

LABORATORIO DE PRUEBAS ACREDITADO POR EL SISTEMA NACIONAL DE ACREDITAMIENTO DE LABORATORIOS DE PRUEBAS (SINALP), EN LA RAMA DE LA CONSTRUCCION CON EL N° C-015-30/94



INFORME DE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CONCRETO

OBRA: METROPOLITANO LINEA B C1C-02-410 - 0132

UBICACION: ESTACION RIO DE LOS REMEDIOS

CONSTRUCTORA: ICA, S.A. DE C.V.

FECHA DE COLADO: 23 DE AGOSTO DE 1997 No. DE OBRA: 2841/17/3/95

DATOS DE PROYECTO

CONCRETO f'c = 250 KG/CM² REV. = 10.0 CMS.

T. MAX. AGREG. = 3/4" T. DE CEMENTO = 1

GRADO:

MUESTRA No.	CL. No.	FECHA DE ENSAYE	REV. CM.	LOCALIZACION	RESULTADOS KG/CM ²				PESO VOL. KG./M ³	PREMEZCLADORA
					3D.	7D.	14D.	28D.		
0132	1	30/VIII/97	10.0	LOSA DE FONDO		260			2367	C. ICA, S.A. DE C.V.
	2	30/VIII/97		EJES: ENTRE 31 y 32 y ENTRE A y II		250			2317	
	3	20/IX/97		MURO LATERAL						
	4	20/IX/97		LADO PONIENTE						
	5	20/IX/97		EJES: SOBRE A ENTRE 24 y 28						
				* TAMAÑO DEL AGREGADO 3/4".						
				PROMEDIO		255				
				% DE RESISTENCIA		102				

N° DE REMISION: 12024

* AL CONCRETO DE DONDE SE TOMO ESTA MUESTRA SE LE AGREGO FLUIDIZANTE EN OBRA.
 NOTA: SE OBTUVO EL PESO UNITARIO AL CONCRETO DE DONDE SE TOMO ESTA MUESTRA P.U. = 2315 kg/m³.

REVISO

A 7 DIAS 30/VIII/97

A 28 DIAS 20/IX/97

A _____ DIAS _____

RECIBI INFORME

A 28 DIAS

A _____ DIAS _____

METODOS DE PRUEBAS UTILIZADOS

NMX: C-83, C-108, C-158, C-160, C-161 y C-162

"ESTE INFORME NO PUEDE SER ALTERADO, NI REPRODUCIDO PARCIAL O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACION PREVIA DEL LABORATORIO."

"EL INFORME DE LA PRUEBA SE REFIERE EXCLUSIVAMENTE A LAS MUESTRAS PROBADAS."



INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.

Insurgentes Sur #1646 México D.F. 01030 Col. Florida Tels. 662-3348, 662-5255, 662-5348, 661-9782, 662-0505
 Fax: 662-2356, 662-4356 Email: imcyc@mail-inter.net.com.mx

PRUEBAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE CEMENTO			
Orden de Trabajo No.	183	Informe Técnico No.	088/97
Hoja No.	1	de	3
Cliente ICA CONSTRUCCION URBANA S A DE C V			
Muestra No.			
Material	<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold; margin-bottom: 5px;">T-II</div> UNA MUESTRA DE CEMENTO UNA MUESTRA DE AGUA		
Pruebas solicitadas			
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO A AMBAS MUESTRAS			
Cliente		IMCYC	
Identificación	CEMENTO TOLTECA T-II PLANTA ICA C.U. PRET SAN LAZARO Y PERIFERICO MUESTRA DE AGUA PLANTA ICA C.U. PRET SAN LAZARO Y PERIFERICO		M.N. Q183 M.N. Q164
Fecha de recepción		23 DE ABR. DE 1997	
Referencias		NMX C-1 Y C-122 EN VIGOR	
SE CONSIGNAN EN HOJAS ANEXAS			
Realizó	A.I.B.	Revisó	ING. DAVID LÓPEZ M.
		Fecha	9-may-97

Prohíbese la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización escrita del IMCYC. Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 Forma No. C-2-E-1



INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.

Insurgentes Sur #1845 México D.F. 01030 Tl. Fono de Telex 662-3345, 662-6356, 662-5348 651-9732 662-0610
 Fax: 662-2356 662-4356 Email: imcyc@mail.internet.com.mx

ANÁLISIS DE AGUA

Orden de trabajo No.: 183 Informe Técnico No.: 088/97 Hoja No. 3 de 3

Cliente: ICA CONSTRUCCION URBANA S. A. DE C. V.

Muestra No.: M.N. Q0184

LABORATORIO DE CEMENTO

No. DE MUESTRA CLIENTE: AGUA, PLANTA PRÉT, SAN LAZARO Y PERIFERICO
 PROCEDENCIA: ICA CONSTRUCCION URBANA S. A. DE C.V.
 FECHA DE RECEPCION: 28-abr-97

RESULTADO DEL ANÁLISIS

	Resultados expresados en mg/l (p.p.m.)	Especificación NMX-C-122 Límites máximos
COLOR	INCOLORO	_____
OLOR	INODORO	_____
ASPECTO	DIAFANA	_____
SEDIMENTO	530 p.p.m.	2000 p. p. m.
pH	8.4	No menor de 6.5
Cloruros Cl ⁻	58 p.p.m.	400 p. p. m.
Sulfatos SO ₄ ²⁻	91 p.p.m.	3000 p. p. m.
Alcalinidad CO ₃ ²⁻	7 p.p.m.	600 p. p. m.
Alcalinidad HCO ₃ ⁻	-	_____
Calcio Ca ⁺²	45 p.p.m.	_____
Magnesio Mg ⁺²	44 p.p.m.	100 p. p. m.
Materia orgánica (Oxígeno consumido en medio ácido)	40 p.p.m.	150 p. p. m.
Grasas y aceites	0 p.p.m.	0 p. p. m.
Alcalis totales (Na')	20 p.p.m.	300 p. p. m.

Observaciones: LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA RECIBIDA.
 EL MUESTREO NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMCYC A.C.

Referencias: NMX-C-122

Realizó: A. I. B.

Revisó: Ing. David López M.

Fecha: 9-may-97

Prohíbase la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización escrita del IMCYC.
 Los resultados del presente informe corresponden exclusivamente a la(s) muestra(s) analizada(s).



INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.

Insurgentes Sur #1246, Mexico, D.F. 01030 Col. Florida Tels: 662-3348, 662-4356, 662-5343, 661-9762, 662-6808
Fax: 662-2356, 662-4356 Email: imcyc@mail.internet.com.mx

PRUEBAS FISICAS Y QUIMICAS DE CEMENTO

Orden de Trabajo No. 183		Informe Técnico No. 088/97		Hoja No. 2 de 3	
Cliente ICA CONSTRUCCION URBANA S. A. DE C. V.					
Muestra No. Q183		M/N Q183		ESP NMX C-1 T-II	
P F I S I C A S	Consistencia normal, % de agua		24.2		-
	Tiempo de fraguado	Inicial	hrs-min	2:30	45 min
	Vicat y/o Gillmore	Final	hrs-min	6:20	8 h max
	Finura en %	No. 200	-	-	-
		No. 325	-	-	-
	Sup. específica Blaine cm ² /g	3736		-	2500 min
	Peso específico	-		-	-
	Sanción: Expansión en autoclave %		-0.002		0.80 max
	Fraguado falso método	Penetración inicial	mm	30	-
		Penetración final	mm	19	-
		Penetración final	%	63	50% min
		Penetración 2-3-4	mm	-	-
	Resistencia a compresión Kg/cm ²	A 24 horas	-	-	-
		A 3 días	-	237	105 min
		A 7 días	-	321	175 min
A 28 días		-	-	-	
Relación A/C		0.495		-	0.455
Fiduciez %		-		-	
Análisis Químico en porcentaje	SiO ₂ - Sílice		22.4		21.0 min
	Al ₂ O ₃ - Alumina		4.0		6.0 max
	Fe ₂ O ₃ - Óxido férrico		3.6		6.0 max
	CaO - Cal combinada		64.7		-
	CaO - Cal libre		0.3		-
	MgO - Magnesio		1.2		5.0 max
	SO ₃ - Anhidrido sulfúrico		1.9		3.0 max
	Residuo insoluble		0.64		0.75 max
	Pérdida por calcinación		0.7		3.0 max
	Suma		99.44		-
	Na ₂ O - Óxido de sodio		0.25		-
	K ₂ O - Óxido de potasio		0.56		-
Total de álcalis (Na ₂ O + 0.685 K ₂ O)		0.82		ver norma	
Compuestos potencialmente	C ₁ S - Silicato tricálcico		55.66		-
	C ₂ S - Silicato dicálcico		22.29		-
	C ₃ A - Aluminato tricálcico		4.52		8.0 max
	C ₄ AF - Ferr. alum. tetra-cálcico		10.94		-
	Suma		93.41		-
Observaciones LOS RESULTADOS SON ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA RECIBIDA. EL MUESTREO NO FUE RESPONSABILIDAD DEL IMCYC A.C.					
Referencias NMXC-1					
Realizó A.I.B.		Revisó ING. DAVID LOPEZ		Fecha 9-may-97	

LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.

ISABEL LA CATOLICA No 504 COL ALGARIN 06880 MEXICO, D.F.
 TELS. 530-70-66 530-73-48 TELEX 1764121 ISACME

CONTROL 
 GRUPO SACMAG

PRUEBAS FISICAS DE GRAVA PARA CONCRETO

OBRA METROPOLITANO LINEA "B" MUESTRA N° C-IC-22-000
 UBICACION ESTACION IMPULSORA A ESTACION MUZQUIZ FECHA DE MUESTREO 14-MAY-97
 MUESTREADOS EN PLANTA DE CONCRETO PERIFERICO (ICA) FECHA DE PRUEBA 16-MAY-97
 MUESTREADOS POR LABORATORIO DE CAMPO INFORME N° 4797

PRUEBAS FISICAS

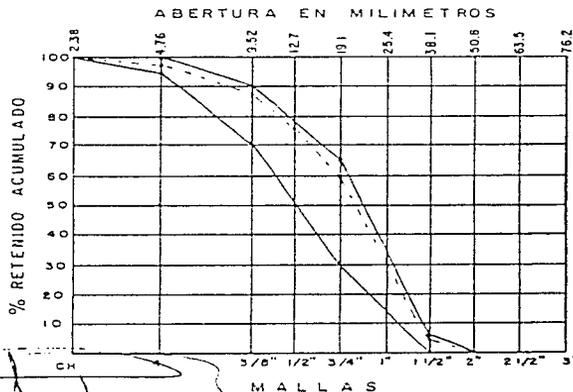
ESPECIFICACION

DENSIDAD	GR/CM ³	2.7	2.3 Min.
ABSORCION	%	0.6	6.0 Max.
PESO VOLUMETRICO SUELTO SECO	KG/M ³	1,296.0	- - - - -
PESO VOLUMETRICO COMPACTADO SECO	KG/M ³	1,430.0	1,120.0 Min.
PARTICULAS MENORES QUE LA MALLA N° 200	%	0.3	1.0 Max.
CONTENIDO DE ARENA	%	2.1	10.0 Max.
CONTENIDO DE GRAVA	%	99.7	90.0 Min.

ANALISIS GRANULOMETRICO

ESPECIFICACION N.M.X. C-111-1988

MALLA	% RETENIDOS			
	MATERIAL	LIMITE ACUM.		
	RET. ACUM.	MIN.	MAX.	
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"	3.6	3.6	0	5
1"	27.8	31.4	- -	- -
3/4"	27.8	59.2	30	65
1/2"	16.3	75.5	- -	- -
3/8"	12.6	88.1	70	90
N° 4	9.8	97.9	95	100
CHAROLA	2.1	100.0	- -	- -
M.F.	7.6	- -	- -	- -

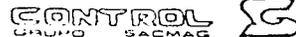


OBSERVACIONES AGREGADO PARA CONCRETO QUE SE EMPLEARA EN LA ELABORACION DE CONCRETO HIDRAULICO EN LA OBRA DE REFERENCIA. LA MUESTRA ANALIZADA PRESENTA CARACTERISTICAS ACEPTABLES PARA EL USO PROPUUESTO A TAMAÑO MAX. 1 1/2".
 CONST.: ICA, C.U. SUPERVISION: CASHISA.

LABORATORIO DE CONTROL S.A.

LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.

ISABEL LA CATOLICA No. 504 COL. ALGARIN 06880 MEXICO, D.F.
 TELS. 530-70-68 530-73-48 TELE X 1764121 ISACME



PRUEBAS FISICAS DE GRAVA PARA CONCRETO

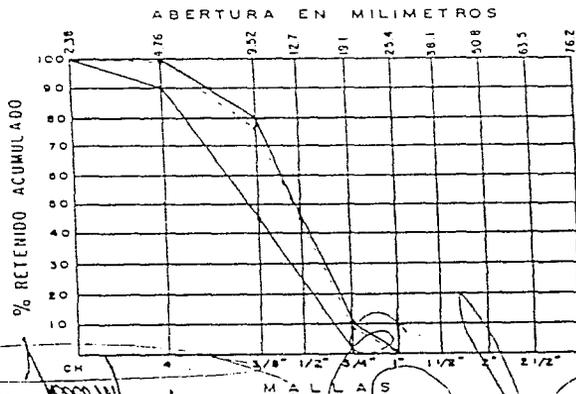
OBRA <u>METROPOLITANO LINEA "B"</u>	MUESTRA N.º <u>C-IC-22-000</u>
UBICACION <u>ESTACION IMPULSORA A ESTACION MUZQUIZ</u>	FECHA DE MUESTREO <u>25-ABR-97</u>
MUESTREADOS EN <u>PLANTA DE CONCRETO PERIFERICO (ICA)</u>	FECHA DE PRUEBA <u>09-MAY-97</u>
MUESTREADOS POR <u>LABORATORIO DE CAMPO</u>	INFORME N.º <u>3/97</u>

PRUEBAS FISICAS			ESPECIFICACION
DENSIDAD	GR/CM ³	2.7	2.3 Min.
ABSORCION	%	1.7	6.0 Max.
PESO VOLUMETRICO SUELTO SECO	KG/M ³	1,436.0	- - - - -
PESO VOLUMETRICO COMPACTADO SECO	KG/M ³	1,562.0	1,120.0 Min.
PARTICULAS MENORES QUE LA MALLA N.º 200	%	0.5	1.0 Max.
CONTENIDO DE ARENA	%	0.7	10.0 Max.
CONTENIDO DE GRAVA	%	99.3	90.0 Min.

ANALISIS GRANULOMETRICO

MALLA	% RETENIDOS			
	MATERIAL		LIMITE ACUM	
	RET.	ACUM.	MIN.	MAX.
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"	9.1	9.1	0	10
1/2"	36.0	45.1	- -	- -
3/8"	31.7	76.8	45	80
N.º 4	22.5	99.3	90	100
CHAROLA	0.7	100.0	- -	- -
M.F.	5.3	- -	- -	- -

ESPECIFICACION N.M.X. C-111-1988



LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.

ISABEL LA CÁTOLICA No 504 COL ALGARIN 06880 MEXICO, D.F.
 TELS. 530-70-68 530-73-48 TELEX 1764121 ISACME

CONTROL
GRUPO SACMAG



PRUEBAS FÍSICAS DE ARENA PARA CONCRETO

OBRA METROPOLITANO LINEA "B" MUESTRA N.º C-IC-22-000
 UBICACION ESTACION IMPULSORA A ESTACION MLZQUIZ FECHA DE MUESTREO 25-ABR-97
 MUESTREADOS EN PLANTA DE CONCRETO PERIFERICO (ICA) FECHA DE PRUEBA 09-MAY-97
 MUESTREADOS POR LABORATORIO DE CAMPO INFORME N.º 2/97

PRUEBAS FÍSICAS

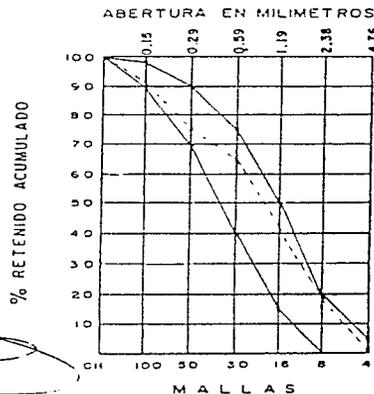
ESPECIFICACION

DENSIDAD	GR/CM ³	2.3	2.3 Min.
ABSORCIÓN	%	5.1	6.0 Max.
PESO VOLUMÉTRICO SUELO SECO	KG/M ³	1,456.0	- - - - -
PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO SECO	KG/M ³	1,822.0	- - - - -
PERDIDA POR LAVADO (MALLA 200)	%	8.3	10.0 Max.
CONTENIDO DE ARCILLA	%	2.2	5.0 Max.
MATERIA ORGÁNICA	---	NO DA COLOR	- - - - -

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ESPECIFICACION N.M.X. C-111-1988

MALLA	% RETENIDOS			
	MATERIAL		LÍMITE ACUM.	
	RET	ACUM	MIN.	MAX
N.º 4	0.7	0.7	0	5
N.º 8	18.3	19.0	0	20
N.º 16	22.0	41.0	15	50
N.º 30	24.3	65.3	40	75
N.º 50	9.2	74.5	70	90
N.º 100	17.8	92.3	90	98
N.º 200	0.6	91.7	- -	- -
CHAROLA	8.3	100.0	100	100
M. F.	2.9		2.30	3.10



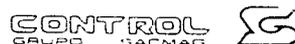
OBSERVACIONES: AGREGADO PARA CONCRETO SE DEBE EMPLEAR EN LA ELABORACION DE CONCRETO HIDRAULICO EN LA OBRA DE REFERENCIA, LA MUESTRA ANALIZADA PRESENTA CARACTERISTICAS ACEPTABLES PARA SU USO PROPUESTO.
 SUPERVISIÓN: COMISA

QUEST.: ICA, C.V.

LABORATORIO DE CONTROL S.A.

LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.

ISABEL LA CATOLICA No. 504 COL. ALGARIN 06880 MEXICO, D.F.
 TELS. 530-70-66 530-73-48 TELE X 1764121 ISACME



ENSAYE DE CORAZONES DE CONCRETO ENDURECIDO

OBRA <u>METROPOLITANO LINEA "B"</u>	CARACTERISTICAS DEL CONCRETO
UBICACION <u>REMEDIOS - MUZQUIZ.</u>	RESISTENCIA <u>250</u> KG/CM ² AGREGADO <u>3/4"</u> M.M.
CONSTRUCTORA <u>ICA, C.U.</u>	TIPO DE CEMENTO <u>I</u> REVENIMIENTO <u>10</u> CM.
PREMEZCLADORA <u>ICA, C.U.</u>	INFORME N° <u> </u>

EXTRACCION				FECHA
				24-ABRIL-97
CORAZON N°	DIAMETRO C.M.	LONGITUD C.M.	PESO VOLUMETRICO KG / M ³	LOCALIZACION
1	3"	15.7	2146	CAD. 8+252 AL 8+256
2	3"	17.3	2111	CAD. 8+252 AL 8+258
3	3"	15.5	2145	CAD. 8+252 AL 8+256

ENSAYE							FECHA			
							9-MAYO-97			
CORAZON N°	PESO KG.	DIAMETRO C.M.	AREA C.M ²	ALTURA C.M.	ALTURA CABECEADO C.M.	h/d	CORRECCION POR ESBELTEZ	CARGA EN KG.	RESISTENCIA KG./CM ²	RESISTENCIA CO-RREGIDA
1	1155	7.62	45.60	11.8	12.2	1.55	0.974	21,500	471.49	459
2	1425	7.62	45.60	14.8	15.3	1.94	0.996	13,550	297.14	296
3	1330	7.62	45.60	13.6	14.1	1.78	0.991	15,100	331.14	328
				PROMEDIO = 361						

OBSERVACIONES EL PRESENTE ENSAYE CUMPLE CON LOS PROYECTOS ESTABLECIDOS POR LAS NORMAS VIGENTES Y LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE LAS LINEAS DEL METRO D.D.F.

LABORATORIO DE CONTROL S.A. DE C.V.

LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.

Isabel La Católica No. 504, Col. Algarin, 06880 México, D. F.

Tel.: 530-70-68 530-73-48 Fax: 519-25-76



INFORME - Muestras

C-10-03-000-017

0129

OBRA: METROPOLITANO LINEA "B"
 UBICACION: ESTACION RIO DE LOS REMEDIOS
 MUESTREADAS EN: OBRA
 CONSTRUCTORA: ICA. C. U.

PRUEBAS DE VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO

NORMA: MAX B 6 1988
 FECHA DE MUESTREO: 5 DE AGOSTO DE 1997
 FECHA DE PRUEBA: 5 DE AGOSTO DE 1997
 INFORME N°: 1197

IDENTIFICACION				MASA POR NL KGM	AREA CM²	PRUEBA DE TENSION					PRUEBA LE DOLADO AL. MIN.	PRUEBA DE CORRUGACION				
MUESTRA N°	DIAMETRO NOMINAL	MARCA	GRADO			LIMITE ELASTICO KG	CARGA MAXIMA KG	ESFUERZO DE LIMITE ELASTICO KG/CM²	ESFUERZO MAXIMO KG/CM²	FORMA DE ALARGAMIENTO INDICADA		LE DOLADO AL. MIN.	ESPESORES DE CORRUGACIONES MM	ALTAZOS DE CORRUGACIONES MM	MAXIMO DE CORRUGACIONES MM	EXCELSIONES DE CORRUGACIONES (GRADOS)
1A7	1-1	3B"	MEX	42	0.547	0.71	3500	5000	4929	7324	12.5	PASA	6.3	0.4	18	
	ESPECIFICACIONES				0.540	0.71			4700 MIN	6360	9.0 MIN	180° 3.5D	6.7 MAX	0.4 MIN	16 MAX	
1A8	1-2	3B"	MEX	42	0.547	0.71	3500	5000	4929	7324	13.0	PASA	6.3	0.5	17	
	ESPECIFICACIONES				0.540	0.71			4200 MIN	6350	9.0 MIN	180° 3.5D	6.7 MAX	0.4 MIN	16 MAX	
1A9	2-1	1/2"	MEX	42	0.988	1.26	6250	9600	4921	7598	14.0	PASA	8.2	0.8	24	
	ESPECIFICACIONES				0.959	1.27			4200 MIN	6300	9.0 MIN	180° 3.5D	8.9 MAX	0.5 MIN	4.3 MAX	
1B0	2-2	1/2"	MEX	42	0.986	1.26	6200	9600	4882	7559	15.0	PASA	8.2	0.8	23	
	ESPECIFICACIONES				0.959	1.27			4200 MIN	6300	9.0 MIN	180° 3.5D	8.9 MAX	0.5 MIN	4.3 MAX	
1B1	3-1	5/8"	SAN	42	1.530	1.95	9000	13100	4545	6970	16.0	PASA	10.2	1.4	22	
	ESPECIFICACIONES				1.498	1.98			4200 MIN	6300	9.0 MIN	180° 3.5D	11.1 MAX	0.7 MIN	5.1 MAX	
1B2	4-1	3/4"	MEX	42	2.175	2.77	14500	23000	5088	8245	12.0	PASA	10.5	1.2	30	
	ESPECIFICACIONES				2.157	2.85			4200 MIN	6300	9.0 MIN	180° 5D	13.3 MAX	1.0 MIN	7.3 MAX	
1B3	4-1	3/4"	MEX	42	2.170	2.77	14750	20000	5175	8070	11.5	PASA	10.5	1.1	30	
	ESPECIFICACIONES				2.157	2.85			4200 MIN	6300	9.0 MIN	180° 5D	13.3 MAX	1.0 MIN	7.3 MAX	
1B4	5-1	1"	SAN	42	3.982	5.08	24000	30250	4734	7742	13.0	PASA	13.5	1.7	40	
	ESPECIFICACIONES				3.833	5.07			4200 MIN	6300	8.0 MIN	180° 5D	17.8 MAX	1.3 MIN	9.7 MAX	
	ESPECIFICACIONES								MIN		MIN		MAX	MIN	MAX	
	ESPECIFICACIONES								MIN		MIN		MAX	MIN	MAX	
	ESPECIFICACIONES								MIN		MIN		MAX	MIN	MAX	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: D. DIAMETRO NOMINAL DE LA PRUEBA.

6

CONIISA

REVISADO

1-1-97

LABORATORIO DE CONTROL, S.A. DE C.V.

1-1-97



11236

OBRA: METROPOLITANO LINEA "B".
ESTACION: LOS REMEDIOS

PERSSA

CERTIFICADO DE CALIFICACION DE HABILIDAD DE SOLDADOR
U OPERADORES DE MAQUINAS DE SOLDAR

Empresa ICA CONSTRUCCION URBANA, S.A. DE C.V. Fecha 02 DE JULIO DE 1997
Nombre del Soldador GERARDO SANCHEZ AGUIRRE Marca G.S.A.
W.P.S. N° S/N Prueba No. 01

PROCESO DE SOLDADURA	<u>SMAW</u>	<u>RANGO CALIF</u>
Tipo (manual, auto, semiauto)	<u>MANUAL</u>	
Tipo de respaldo	<u>NO SE USO</u>	
METAL BASE		
Especificación Metal Base (1)	<u>ASTM A-36</u>	
Especificación Metal Base (2)	<u>ASTM A-36</u>	
ESPESOR	<u>12.7mm. (1/2")</u>	<u>25.4mm. (1")</u>
DIAMETRO	<u>NO APLICA</u>	
Penetración	<u>12.7mm. (1/2")</u>	<u>25.4mm. (1")</u>
Fidato		<u>SIN LIMITE</u>
METAL DE APORTE	<u>SI</u>	
Especificación SFA	<u>5.1</u>	
Clasificación AWS	<u>E-6010 Y E-7018</u>	
F No	<u>3 Y 4</u>	
Posición	<u>3 - G</u>	<u>1-G, 2-G Y 3-G</u>
Progresión de soldadura	<u>ASCENDENTE</u>	
Gas de protección	<u>NO APLICA</u>	
Otros gases	<u>NO APLICA</u>	
Corriente	<u>DIRECTA</u>	
Polaridad	<u>INVERTIDA</u>	
Fuente (Arco sumergido)	<u>NO APLICA</u>	

TIPO	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE CALIFICACION	RESULTADO
<u>RADIOGRAFIA</u>		<u>ACEPTABLE</u>

SI Aprueba el soldador
No de Prueba 020797-04 Conducida por ICA C.U. S.A. DE C.V.
Ensayado por HECTOR HERNANDEZ T.

Certificamos que los datos anotados son correctos y que las soldaduras fueron preparadas, realizadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de las Normas: NMX H-177ZANS OT.1

ING. JOAQUIN ZARATE T. ELABORO
ICA C.U. HECHO

PERITOS EN RADIOGRAFIA Y SOLDADURA, S.A. DE C.V.



PERSA

ESTE REPORTE SOLO AFECTARA AL (LOS)
OBJETO (S) NOMBRADO (S) EN LA SOLA

REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES.

ESTACION: RIO DE LOS REMEDIOS.
TALLER: TULTITLAN.

REPORTE No. 05 HOJA 1 DE 3
FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997.

CLIENTE: ICA CONSTRUCCION URBANA, S.A. DE C.V.
RA: METROPOLITANO LINEA "B" LUGAR: TULTITLAN, EDO. DE MEXICO.
PIEZAS INSPECCIONADAS: SOLDADURA DE FILETE NORMAS: NMX B-133/H-172 (AWS D1.1.)
TECNICA: METODO B TIPO 3
FORMA DE APLICACION: APERSION
MARCA COMERCIAL DE LOS PENETRANTES: SHERWIN
CONDICIONES DE LA SUPERFICIE: LIMPIA
LONGITUD INSPECCIONADA: 10.10mts. (38 SPOTS) 26 de .25mts. y 12 de .30mts.

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
	ARMADURAS DE CUBIERTA			
1	AR-5-1 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	<i>1 de los Copias</i> <i>8 de los 93.</i> <i>(3 horas)</i>  <i>Ing. Roberto Hernandez</i>
2	AR-5-1 CI REM.	ACEPTABLE ✓	P.	
3	AR-5-1 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
4	AR-5-2 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
5	AR-5-2 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
6	AR-5-2 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
7	AR-5-3 CI REM.	ACEPTABLE ✓	P.	
8	AR-5-3 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
9	AR-5-3 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	

NOTAS: ESTE REPORTE AVALA UNICAMENTE LAS DISCONTINUIDADES DETECTADAS EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA, MAS NO ASI LAS DIMENSIONES Y PERFILES DE LA MISMA.

INSPECTOR: ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ
ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ. ELABORO
ING. MIGUEL CARRANZA M. REVISO
ICA C.V.



PERSA

ANEXO DE REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES

REPORTE N° 05 HOJA 2 DE 3

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
10	AR-5-4 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
11	AR-5-4 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
12	AR-5-4 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
13	AR-5-5 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
14	AR-5-5 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
15	AR-5-5 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
16	AR-5-6 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
17	AR-5-6 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
18	AR-5-6 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
19	AR-5-7 CI REM.	INACEPTABLE ✓	S.	0 A 25cm.
20	AR-5-7 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
21	AR-5-7 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
22	AR-5-8 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
23	AR-5-8 CI REM.	INACEPTABLE ✓	PA.	-14 A 17cm.
24	AR-5-8 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
25	AR-5-9 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
26	AR-5-9 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
27	AR-5-9 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
28	AR-5-10 CI REM.	INACEPTABLE ✓	P. S.	0 A 25cm.
29	AR-5-10 CI REM.	ACEPTABLE ✓		
30	AR-5-10 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	
31	AR-5-11 CI REM.	ACEPTABLE ✓	S.	

NOTAS: NOMENCLATURA DE DISCONTINUIDADES: P=PORO. S=SOCAVADO. PA=POROSIDAD AGLOMERADA.

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

ING. MIGUEL BARRANZA M.

REVISO



PERSSA

COMISIÓN DE SUPERVISIÓN AL PUNTO
CONTROL DEL CONCRETO (S) A PRELUBRIFICACIÓN

0102

ANEXO DE REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES

REPORTE N° 05 HOJA 3 DE 3

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
32	AR-5-11 CI REM.	ACEPTABLE		
33	AR-5-11 CI REM.	ACEPTABLE		
34	AR-5-12 CI REM.	ACEPTABLE		
35	AR-5-12 CI REM.	INACEPTABLE	S.	10 A 18cm.
36	AR-5-12 CI REM.	ACEPTABLE		
37	AR-5-13 CI REM.	ACEPTABLE		
38	AR-5-13 CI REM.	ACEPTABLE		

NOTAS: _____

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

ING. MIGUEL DARRANZA M.

REVISO

ICA C-0



PERSA

ESTE REPORTE AVALA UNICAMENTE LAS DISCONTINUIDADES DEFECTADAS EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA, MAS NO ASI LAS DIMENSIONES Y PERFILES DE LA MISMA.

REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES.

REPORTE No. 06 HOJA 1 DE 4

ESTACION: RIO DE LOS REMEDIOS

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

TALLER: TULTITLAN.

CLIENTE: ICA CONSTRUCCION URBANA, S.A. DE C.V.

RA: METROPOLITANO LINEA "B" LUGAR: TULTITLAN, EDO. DE MEXICO

PIEZAS INSPECCIONADAS: SOLDADURA DE FILETE NORMAS: NMX B-133/H-172 (AWS D1.1)

TECNICA: METODO B TIPO 3

FORMA DE APLICACION: ASPERSION

MARCA COMERCIAL DE LOS PENETRANTES: SHERWIN

CONDICIONES DE LA SUPERFICIE: LIMPIA

LONGITUD INSPECCIONADA: 9.44mts. (55 SPOTS) 22 de .10mts. 16 de .30mts. 1 de .24mts.

6 de .25mts. 4 de .08mts. 3 de .04mts. 2 de .03mts. 1 de .20mts

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
	ARMADURAS DE CUBIERTA			
39	AR-5-13 CI REM.	INACEPTABLE	S. P.	0 A 30cm.
40	AR-5-14 CI REM.	ACEPTABLE		
41	AR-5-14 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
42	AR-5-14 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
43	AR-5-15 CI REM.	ACEPTABLE		
44	AR-5-15 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
45	AR-5-15 CI REM.	INACEPTABLE	P.	6 A 10cm.
46	AR-5-16 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
47	AR-5-16 CS REM.	ACEPTABLE		
48	AR-5-16 CS REM.	ACEPTABLE		

NOTAS: ESTE REPORTE AVALA UNICAMENTE LAS DISCONTINUIDADES DEFECTADAS EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA, MAS NO ASI LAS DIMENSIONES Y PERFILES DE LA MISMA.

INSPECTOR: ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

ING. MIGUEL CARRANZA M.

REVISO



PERSA

ANEXO DE REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES

REPORTE N° 06 HOJA 2 DE 4

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
49	AR-1-1 CI REM.	ACEPTABLE		
50	AR-1-1 CI REM.	ACEPTABLE	P.	
51	AR-1-1 CI REM.	INACEPTABLE	S.	0 A 8cm.
52	AR-1-2 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
53	AR-1-2 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
54	AR-1-2 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
55	AR-1-3 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
56	AR-1-3 CI REM.	INACEPTABLE	S.	6 A 10cm.
57	AR-1-3 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
58	AR-1-4 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
59	AR-1-4 CI REM.	ACEPTABLE	P.	
60	AR-1-4 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
61	AR-1-5 CI REM.	ACEPTABLE		
62	AR-1-5 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
63	AR-1-5 CI REM.	ACEPTABLE		
64	AR-1-6 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
65	AR-1-6 CI REM.	ACEPTABLE		
66	AR-1-6 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
67	AR-1-7 CI REM.	INACEPTABLE	S.	0 A 8cm.
68	AR-1-7 CI REM.	ACEPTABLE		
69	AR-1-7 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
70	AR-1-8 CI REM.	ACEPTABLE	S.	

NOTAS: NOMENCLATURA DE DISCONTINUIDADES: S=SOCAVADO. P=PORO. PA=POROSIDAD AGLOMERADA.

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

ING. MIGUEL BARRANZA M.

REVISO



PERSSA

ESTUDIO DE INSPECCION DE DEFECTOS EN SOLDADURAS
CON LIQUIDOS PENETRANTES

ANEXO DE REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES

REPORTE N° 06 HOJA 3 DE 4

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
71	AR-1-8 CI REM.	ACEPTABLE		
72	AR-1-8 CI REM.	INACEPTABLE	P. PA.	15 A 23cm.
73	AR-1-9 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
74	AR-1-9 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
75	AR-1-9 CI REM.	ACEPTABLE	S.	
76	AR-1-10 CI REM.	ACEPTABLE		
77	AR-1-10 CI REM.	ACEPTABLE		
78	AR-1-10 CI REM.	INACEPTABLE	P.	8 A 11cm.
79	AR-1-11 CI REM.	ACEPTABLE		
80	AR-1-11 CI REM.	ACEPTABLE		
81	AR-1-11 CI REM.	INACEPTABLE	S.	8 A 12cm.
REPARACIONES				
R-19	AR-5-7 CI REM.	ACEPTABLE		
R-23	AR-5-8 CI REM.	ACEPTABLE		
R-28	AR-5-10 CI REM.	ACEPTABLE		
R-35	AR-5-12 CI REM.	ACEPTABLE		
R-39	AR-5-13 CI REM.	ACEPTABLE		
R-45	AR-5-15 CI REM.	ACEPTABLE		
R-51	AR-1-1 CI REM.	ACEPTABLE		
R-56	AR-1-3 CI REM.	ACEPTABLE		
R-67	AR-1-7 CI REM.	ACEPTABLE		

NOTAS:

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

ING. MIGUEL CARRANZA M.

REVISO



PERSSA

ESTE REPORTE SOLO AFECTARA AL CLIENTE
CUBIERTO EN SU CONTRATO CON PERSSA

ANEXO DE REPORTE DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES

REPORTE N° 06 HOJA 4 DE 4

FECHA: 10 DE JUNIO DE 1997

Nº SPOT	LOCALIZACION	RESULTADO	DEFECTOS	OBSERVACIONES
R-72	AR-1-8 CI REM.	ACEPTABLE		
R-78	AR-1-10 CI REM.	ACEPTABLE		
R-81	AR-1-11 CI REM.	ACEPTABLE		

NOTAS: R=REPARACION

ALEJANDRO MARTINEZ GLEZ.

ELABORO

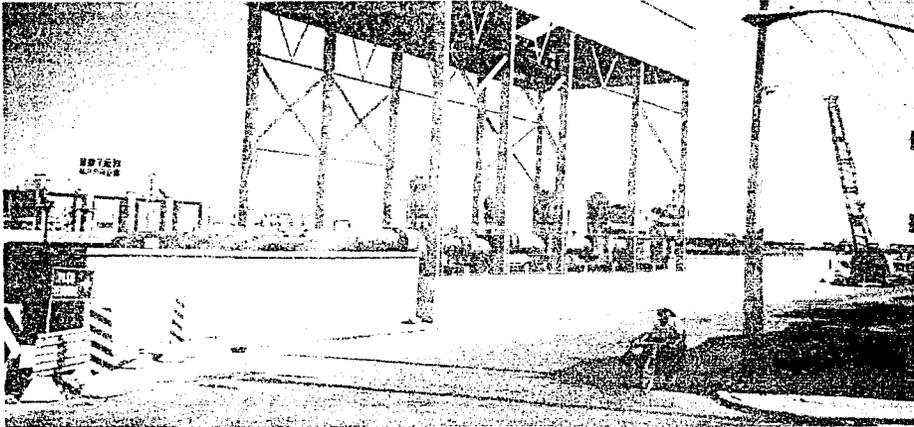
MIGUEL CARRANZA M.

REVISO

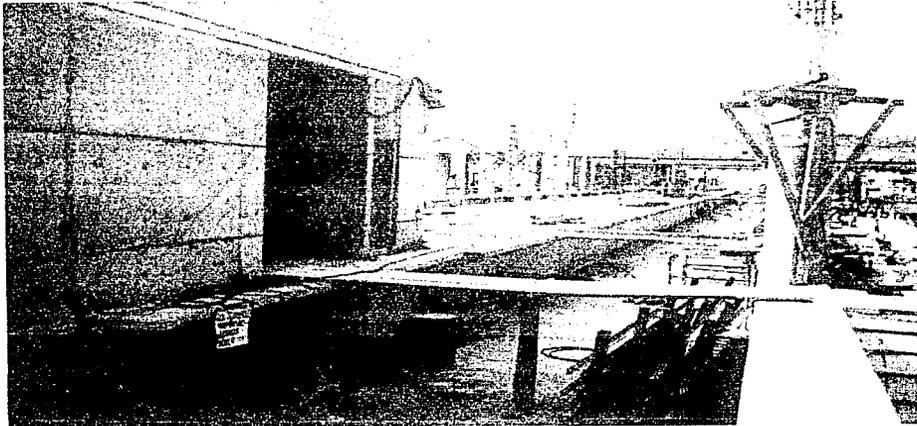
30 JUN 1997

ANEXO FOTOGRAFICO

Anexo 4
Anexo Fotográfico



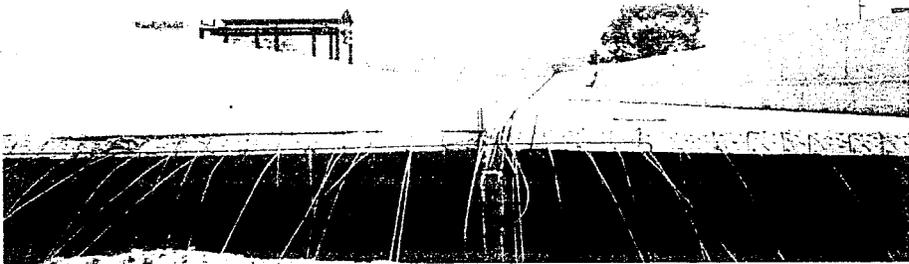
1.-Reubicación del cárcamo No. 9



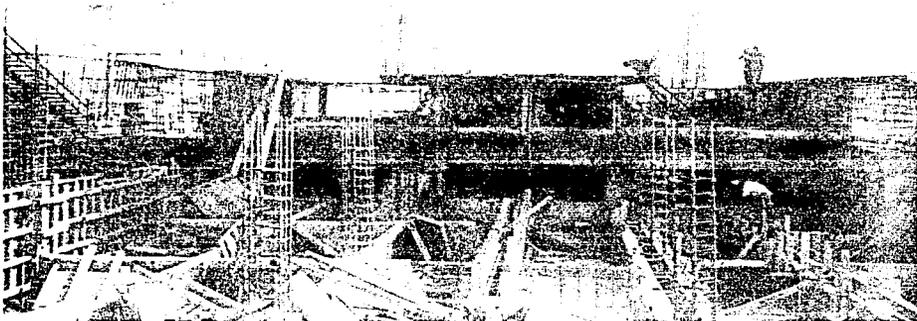
2.-Losa de andén y subrasante estación Río de los Remedios, etapa A (cabecera sur)
(junio de 1997)



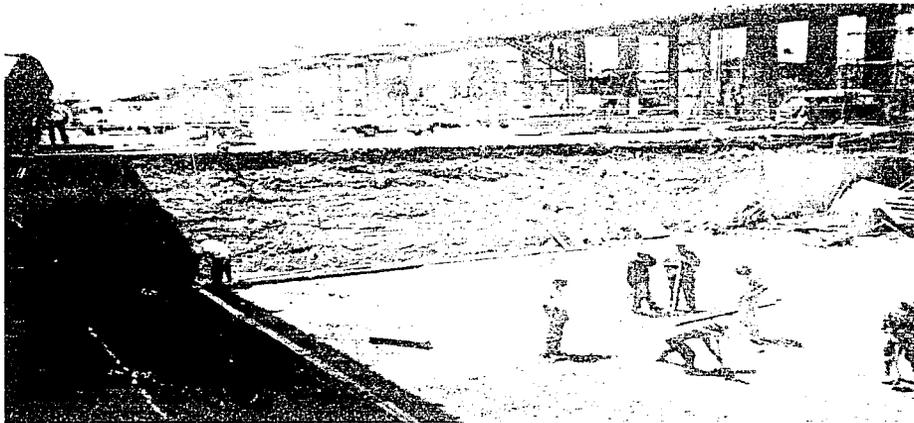
3.-Losa de andén y subrasante Estación Río de los Remedios (julio de 1997)



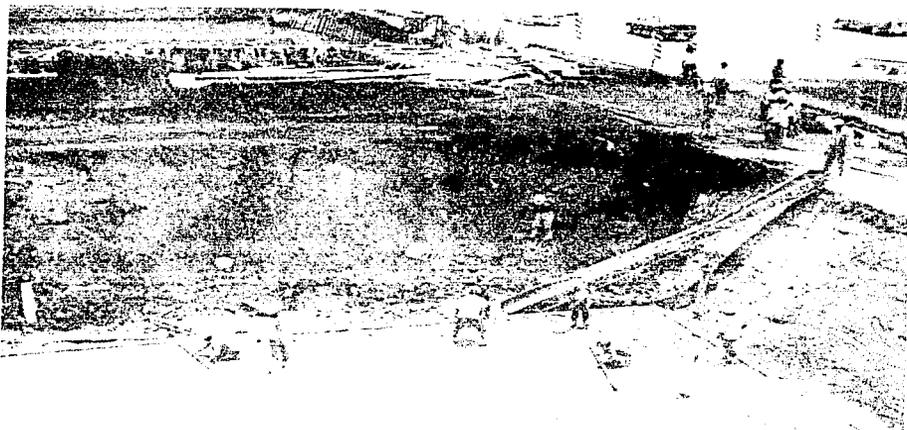
4.-Losa de Subrasante (julio de 1997)



5.-Cajón de cimentación Tramo a Cielo abierto Etapa II' (junio de 1997)



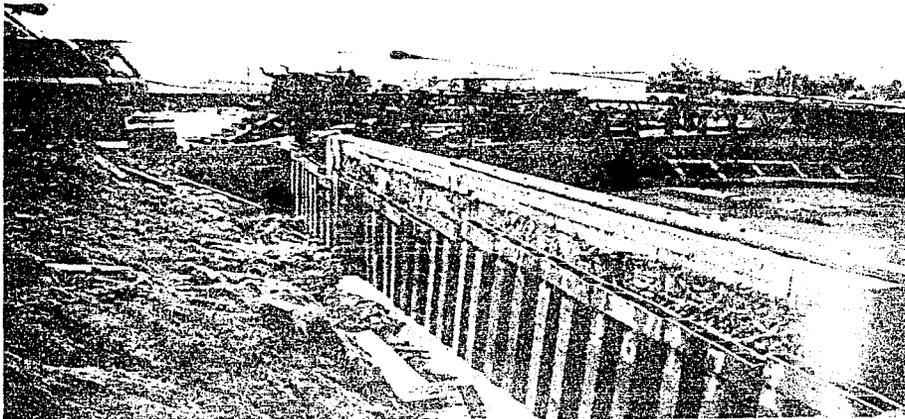
6.-Cajón de cimentación tramo a cielo abierto Etapa II' (julio de 1997)



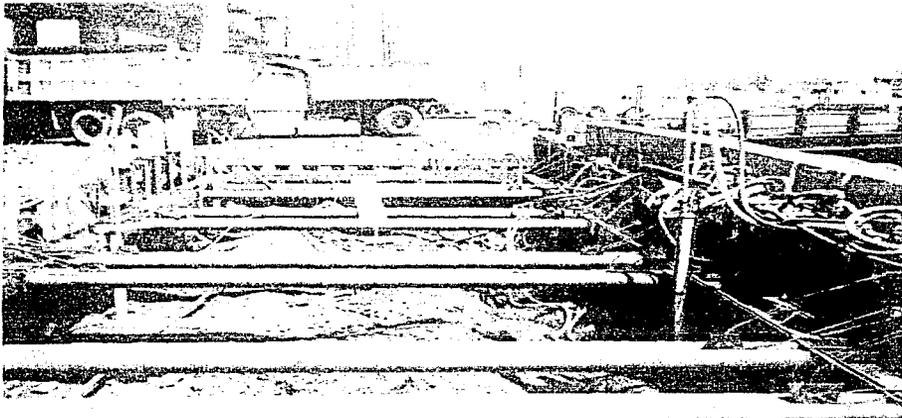
7.-Colado de plantilla tramo a cielo abierto Etapa II' (julio de 1997)



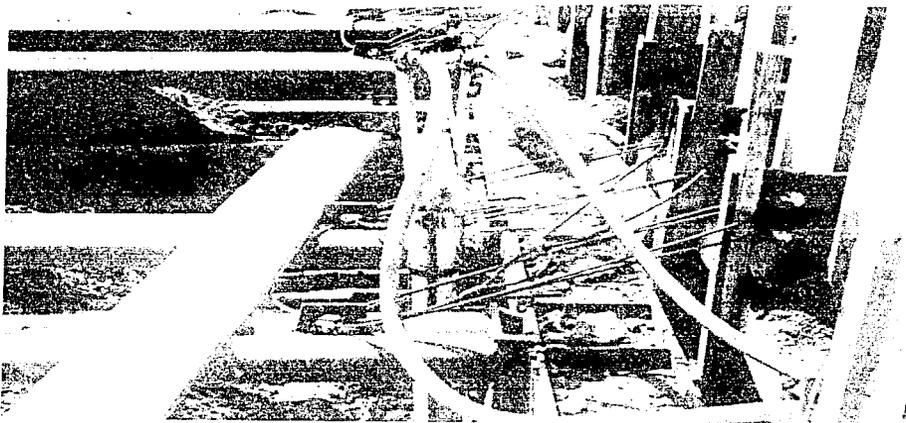
8.-Colado de Plantilla Tramo a Cielo Abierto Etapa II'(julio de 1997)



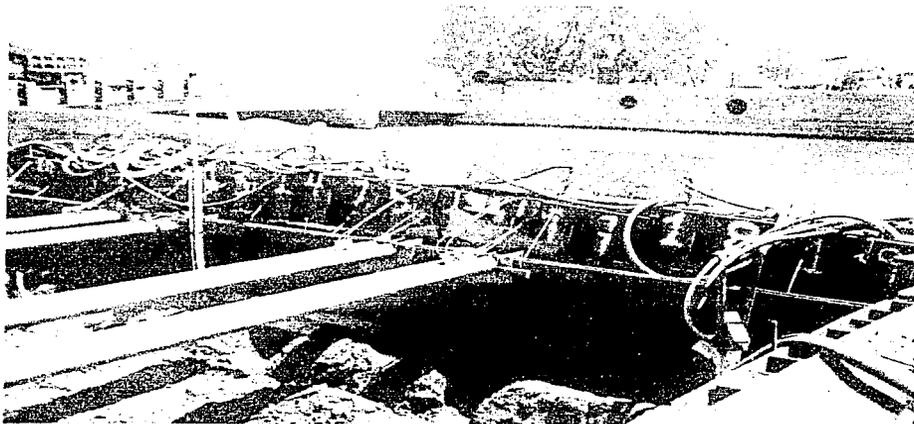
9.-Hincado de Vigueta metálica cajón de cimentación sur. (junio de 1997)



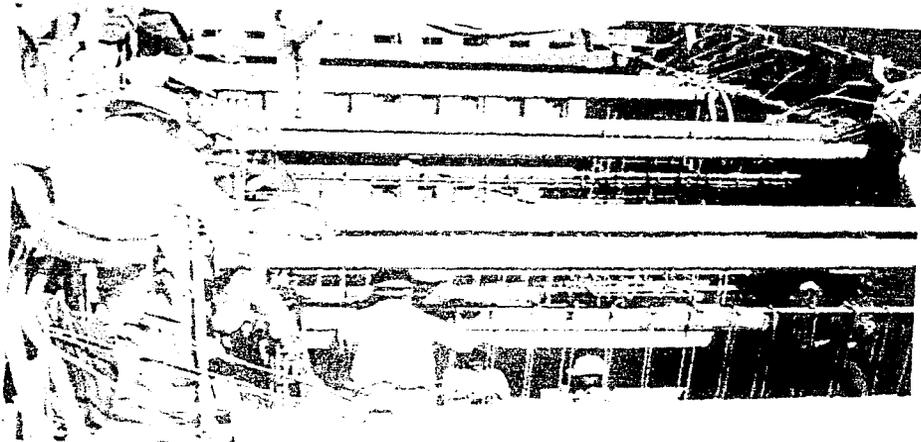
10-Cajón sur primer nivel de apuntalamo primario.(julio de 1997)



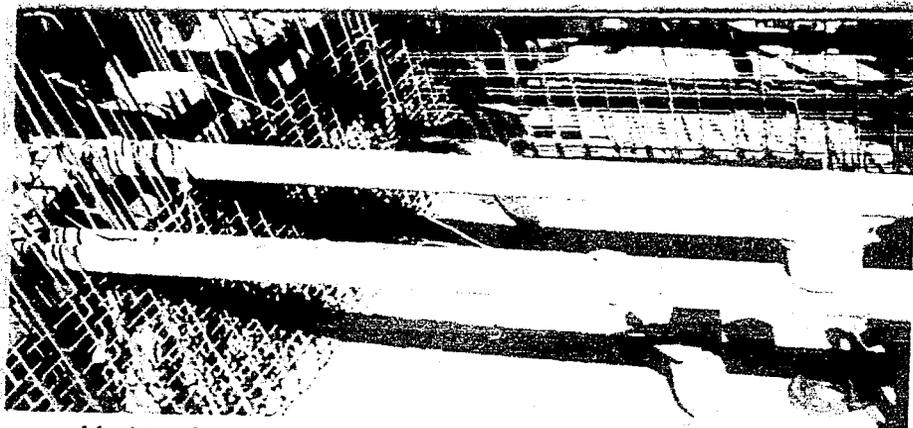
11.-Pozo de bombeo para abatimiento del nivel freático (julio de 1997)



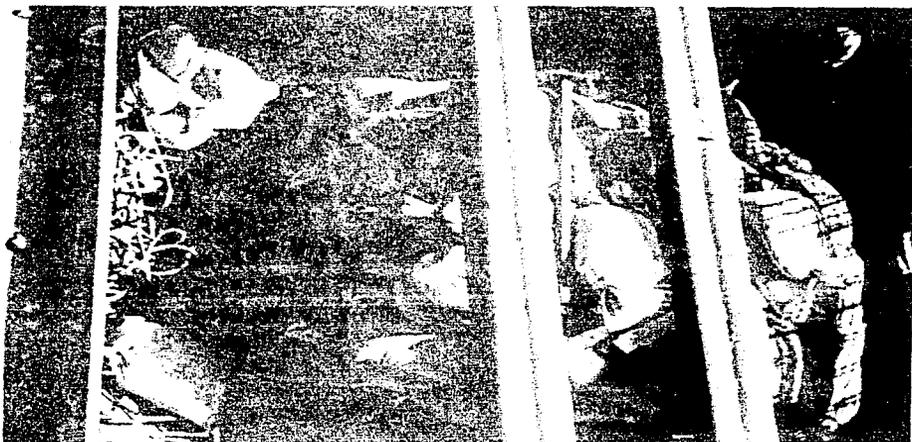
12.-Sistema de bombeo para abatimiento del nivel freático (julio de 1997)



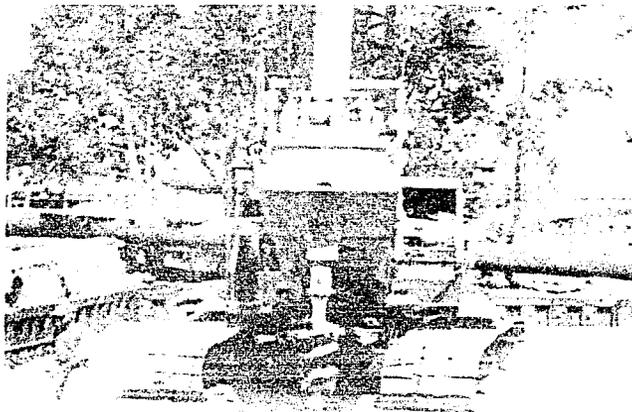
13.- Troqueles Cajón de cimentación sur (agosto de 1997)



14.- Armado de muros cajón sur y 2º nivel de troqueles (agosto de 1997)



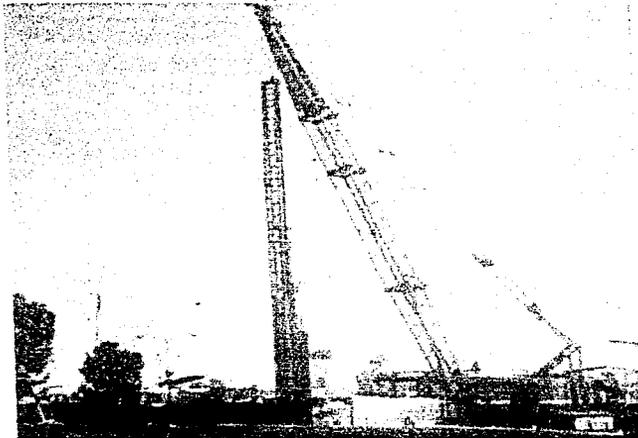
15.- Costales de arena para lastre cajón sur (septiembre 1997)



16.- Maquinaria de perforación para pozos de abatimiento cajón norte (agosto 1997)



17.- Vigas guía para garantizar verticalidad en el hincado de ataguía cajón norte (agosto de 1997)



18.- Hincado de ataguía cajón norte (septiembre de 1997)



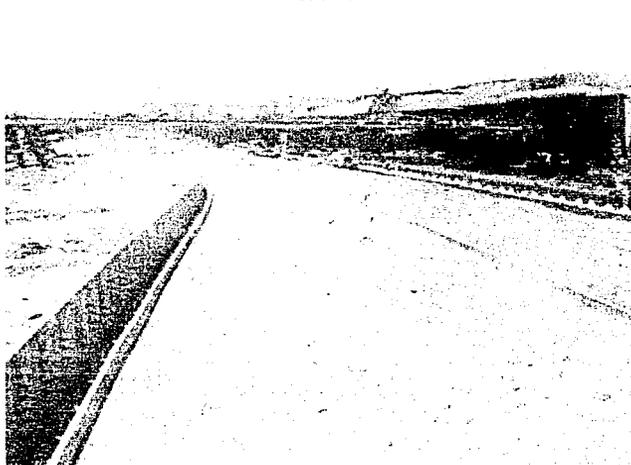
19.- Acceso a galería del gasoducto de PEMEX 24"φ y registro de drenaje lateral al cajón del Metropolitano (agosto de 1997)



20.- Atraque en tubería de agua potable 20"φ



21.- Cilindros de control y utensilios para prueba de revenimiento (septiembre de 1997)



22.- Vista general de tramo (agosto de 1997)



23.-Vista general de avance en la intersección (agosto de 1997)