



19
2ej
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON**

FALLA DE ORIGEN

**CONSTRUCCION DE LA INTERSECCION DE LA
LINEA 8 CON LA LINEA 2 DEL METRO DE LA
CIUDAD DE MEXICO .**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

MARTIN CONTRERAS MALVAEZ

ASESOR:

ING. AMILCAR GALINDO SOLORIZANO



SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

1995



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES:

ANTONIA MALVAEZ T.

MARTIN CONTRERAS A.

POR SU DEDICACION Y CONSTANCIA PARA
BRINDARME UNA EDUCACION
PROFESIONAL, POR LA COMPRESION Y
CONSEJOS RECIBIDOS, DE QUIENES
APRENDI QUE EN LA SENCILLEZ Y
HONESTIDAD SE ENCUENTRA LA
VERDADERA GRANDEZA, POR QUE A
ELLOS DEBO LO QUE SOY Y LO QUE
PUEDA SER.

A MIS HERMANOS:

**SERGIO
OLIVIA
HECTOR
ROCIO**

**POR LA CONFIANZA QUE EN MI
DEPOSITARON, POR SU EJEMPLO, CARAÑO
Y AFAN DE LUCHA QUE ME INSPIRARON,
POR TODA LA INOLVIDABLE AYUDA QUE
ME HAN PROPORCIONADO.**

A MIRIAM PEREZ F.:

**POR SU CARIÑO, ESTIMULO Y APOYO PARA
LLEVAR A CABO CON EXITO ESTE TRABAJO
Y CON ADMIRACION POR SU TENACIDAD
PARA SUPERAR OBSTACULOS**

A MI ASESOR:

INGENIERO AMILCAR GALINDO S.

**POR SU GUIA Y APOYO RESPONSABLE
PARA PODER LLEVAR A BUEN TERMINO LA
CONCLUSION DE ESTE TRABAJO Y ASI
MISMO MIS ESTUDIOS DE LICENCIATURA.**

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

POR LA OPORTUNIDAD QUE BRINDA A
QUIENES QUIERAN SUPERARSE.
POR LA IMPORTANTE FUNCION DE FORMAR
PROFESIONISTAS.

A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES AARAGON.

POR LA PREPARACION RECIBIDA, POR SU
LABOR HUMANISTA, SOCIAL Y DE
PROGRESO.

A MIS PROFESORES:

POR BRINDARME SUS CONOCIMIENTOS Y
EXPERIENCIAS DENTRO DE MI
DESARROLLO INTELECTUAL.

GRACIAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

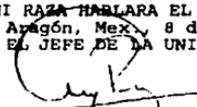
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
UNIDAD ACADEMICA

M en I DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud de fecha 7 de marzo del año en curso, por la que se comunica que el alumno MARTIN CONTRERAS MALVAEZ, de la carrera de Ingeniería Civil, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "CONSTRUCCION DE LA INTERSECCION DE LA LINEA 8 CON LA LINEA 2 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 8 de marzo de 1995
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis
c c p Interesado.


AIR'11a

CONTENIDO

<u>TEMA</u>	<u>PAG.</u>
I INTRODUCCION	
I.1 Antecedentes	1
I.2 Creación del transporte de pasajeros	2
I.3 Nacimiento del transporte masivo	2
I.4 El automóvil y sus inconvenientes	3
I.5 El "Metropolitano " solución al transporte masivo	6
II GENERALIDADES DE LA LINEA 8	
II.1 Objetivo	14
II.2 Programa	14
II.3 Características de operación	16
II.4 Preservación del patrimonio cultural	18
II.5 Descripción de sistemas estructurales	19
III CARACTERISTICAS DE LA INTERSECCION DE LA LINEA 8 CON LA LINEA 2	
III.1 Características geotécnicas	23
III.2 Características geométricas	30
III.3 Interferencias	33

IV ALTERNATIVAS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA LA ZONA DE LA INTERSECCION

IV.1	Alternativa 1	40
IV.2	Alternativa 2	50
IV.3	Ventajas de los procedimientos constructivos	61
IV.4	Desventajas de los procedimientos constructivos	62
IV.5	Conclusiones	63

V PROCESO CONSTRUCTIVO DEFINITIVO **64**

VI ASPECTOS COMPLEMENTARIOS **83**

VII CONCLUSIONES **112**

BIBLIOGRAFIA **113**

PRESENTACION

Esta tesis tiene como objetivo principal describir el procedimiento constructivo que se empleó para resolver el cruce de la línea 8 del metro de la Ciudad de México con la línea 2 del mismo sistema de transporte.

Esta intersección planteó problemas interesantes por estar ubicada en las zonas de suelos blandos llamada "zona del lago" y por la necesidad de mantener en operación durante todo el proceso constructivo la línea 2, garantizando la seguridad de los usuarios, las instalaciones y los equipos.

Con el objeto de ubicar adecuadamente el problema, en el 1er. capítulo de la tesis se presenta una visión general del metro de la Ciudad de México y su inserción en la evolución del transporte en esta metrópoli; además con ese mismo fin en el segundo capítulo se presentan las generalidades de la línea 8.

En el tercer capítulo se describen las características del cruzamiento que nos ocupa y que condicionaron el problema. Estas características son las geotécnicas, las geométricas y las instalaciones del entorno.

En el capítulo cuarto se describen dos alternativas que fueron analizadas para definir el procedimiento constructivo de esta intersección. Se presentan las ventajas y desventajas de cada una de ellas y se justifica la razón de haber adoptado como más viable una de estas alternativas.

El procedimiento constructivo definitivo queda descrito en el capítulo 5 en el que se detalla con el auxilio de croquis y gráficos, la secuencia de los trabajos y se explica por que razón fué necesario modificar sobre la marcha algunas de las ideas que inicialmente se tenían contempladas.

Aún cuando ésta tesis es básicamente de construcción, se consideró necesario incluir la justificación numérica del dimensionamiento estructural de los elementos que conforman la estructura de la intersección; estos aspectos se cubren con el capítulo 6.

El autor tuvo la oportunidad de participar de forma modesta en los trabajos constructivos de esta intersección y se sentirá muy satisfecho si estas experiencias resultan útiles para los ingenieros civiles interesados en los problemas de construcción que ha planteado el metro de la Ciudad de México.

I.- INTRODUCCION

Para analizar y evaluar el problema del transporte en una ciudad, así como para fundamentar las soluciones adecuadas, es preciso conocer los antecedentes de ese problema: su evolución, las ventajas y desventajas de las obras realizadas al respecto, las tendencias futuras.

En el caso particular de la Ciudad de México, el resumen cronológico del desarrollo y la influencia que el transporte ha tenido en nuestra capital es el siguiente:

I.1 ANTECEDENTES

La historia de la Ciudad de México se inicia en 1325 con la fundación de la Gran Tenochtitlan. Las legendarias razones que justifican la ubicación de la capital del Imperio Azteca, se encuentran en una remota tradición indígena.

En 1521 la Ciudad con una población de 30,000 habitantes, constaba de dos zonas principales comunicadas entre sí: Tenochtitlan y Tlatelolco que formaban el núcleo central del Imperio rodeados de núcleos satélites menores que alojaban a los pueblos vasallos de los aztecas: Atzacapotzalco, Culhuacan, Tiacopan, Chalco, Xochimilco, Coyoacán etc. El plano de cada núcleo mostraba una traza ortogonal de sus calles y canales.

Las vías de comunicación más importantes eran calzadas que partían del centro de la Ciudad hacia todos los puntos cardinales:

IZTAPALAPA AL SUR

TLATELOLCO-TEPEYAC AL NORTE

TACUBA AL PONIENTE

TEXCOCO AL ORIENTE

Existían también comunicaciones entre Tlatelolco y Atzacapatzalco.

Terminada la conquista, se inicia el periodo del Virreinato de la Nueva España. Con la llegada de los Españoles aparecieron nuevas costumbres, entre ellas el uso del caballo como medio individual de transporte, más tarde emplearon carretas y carrozas tiradas por caballos.

En 1625, cuarenta mil residentes se servían de más de quince mil de estos vehículos que hicieron necesarias nuevas vías de circulación trochas, veredas y calles de tierra, formaban junto con canales y acequias, el sistema vial de la época.

I.2 CREACION DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS.

A fines del siglo XVII, el uso de diligencias para transporte foráneo de pasajeros y carga, incrementó el movimiento de vehículos en la capital de la Nueva España. En 1769 se dió comienzo a las primeras obras de empedrado en calles y banquetas y en 1792 la población de la ciudad llegó a 130,000 habitantes.

Durante el movimiento de la Independencia entre 1810 y 1821, el país y la propia Ciudad de México, vieron prácticamente suspendidas todas sus actividades constructivas. Desde a mediados de este siglo se establecieron medios de transporte colectivo denominados ómnibus, que eran carruajes largos, tirados por caballos, con asientos laterales y acceso por la parte trasera, y que prestaban servicio a San Angel, Tacubaya, La Villa y Tacuba.

I.3 NACIMIENTO DEL TRANSPORTE MASIVO.

En 1857 hizo su aparición el ferrocarril de vapor al inaugurarse, el 4 de julio de ese año, el primer tramo entre México y La Villa. El desarrollo de los Ferrocarriles Nacionales de México, se inició el 1ro. de enero de 1873, cuando fué solemnemente inaugurado el ferrocarril mexicano, con 420 kms. de longitud entre México y Veracruz.

Ocho años más tarde, en 1881 la red se vió incrementada con el ferrocarril interoceánico entre Veracruz, México, Balsas y Guerrero, y en 1884 con el de Ciudad Juárez. Surgió así el centro ferroviario de la capital, constituido en su origen por la estación del Ferrocarril Mexicano en Buenavista. En 1891, se ordenó la pavimentación de calles por el sistema de adoquines.

Tres años después, la llegada del primer automóvil, marcó en México el inicio de la era automotriz de la urbe. El año 1900 es particularmente significativo en la historia de transporte de la capital ya que tuvo lugar el inicio de operaciones del Sistema de Transporte Eléctrico, base del transporte masivo de pasajeros, y a cuyo establecimiento tanto debe la vialidad de nuestra capital en nuestro días. La primera ruta de tranvías, México-Tacubaya fue el principio de una red que habría de comunicar todos los puntos interesantes de la Ciudad y las antiguas Municipalidades.

En 1901, se empleó por primera vez el asfalto en la pavimentación de calles y la era automotriz empezó a tomar auge.

El 20 de noviembre de 1910, tuvo su origen la contienda revolucionaria que paralizaría nuevamente y por varios años el desarrollo económico nacional y consecuentemente el de la Ciudad de México.

Otro evento importante que en materia de transporte tuvo lugar durante los años 1915 y 1917, fue la puesta en servicio de las primeras líneas de autobuses, nuestros conocidos "camiones".

En 1917 con la proclamación de la nueva constitución, se sentaron las bases en que se apoyaría primero el periodo de recuperación y más tarde el desarrollo nacional en todos los órdenes.

1.4 EL AUTOMOVIL Y SUS INCONVENIENTES.

El transporte automotriz, por su flexibilidad, su mayor capacidad, velocidad de desplazamiento y otras ventajas, favoreció el incremento territorial de la urbe.

En 1930 la población de la Ciudad rebasó el millón de habitantes y partir de esta fecha, creció con proyección geométrica incrementando los problemas urbanos.

El número de vehículos aumentó constantemente, haciendo necesaria la construcción de nuevas arterias viales. En este desarrollo vial apoyado en los ejes básicos de la traza indígena que hasta la fecha conservamos, se implementaron nuevas avenidas y calzadas, que se sumaron a las vías importantes construidas en la épocas prehispánica, colonial e independiente.

En la década de 1930-1940 varios eventos en la vida capitalina son dignos de mención.

La red vial se extendió para conectar zonas industriales como Vallejo, Ecatepec, Tlalnepanitla y Naucalpan con el Distrito Federal, dando lugar a las primeras manifestaciones de conurbación.

También surgieron nuevas vías de comunicación: División del Norte, Taxqueña, Av. Universidad, Cuiclahuac, Río Mixcoac, etc. y se iniciaron estudios del Viaducto.

En el periodo comprendido entre 1950 y 1964 es seguramente el más importante en la época post-revolucionaria en la Ciudad. El incremento demográfico adquirió considerables proporciones, alcanzando una tasa media de incremento superior al anual. El número de vehículos automotores creció de 130,000 en 1950 hasta 450,000 a fines de 1964, es decir, tres y media veces. Este crecimiento repercutió notablemente en los problemas de tránsito. Tal cantidad de vehículos circulando en arterias insuficientes, tenía que provocar necesariamente serios congestionamientos.

Para solucionar el problema, las autoridades decidieron llevar a cabo la construcción de las siguientes vías rápidas de circulación continua de alta velocidad, destinadas principalmente a los automóviles: El Viaducto Miguel Alemán, el Anillo Periférico y La Calzada de Tlalpan.

Ninguna de estas obras era para transporte masivo de pasajeros. Sin embargo, el hecho de alojar en el centro de la calzada de Tlalpan un derecho de vía para tranvías, fué una innovación que marcó el primer paso dado en la ciudad hacia el transporte colectivo.

En 1965 la Dirección de Tránsito, tenía registrados 309,710 vehículos y se consideraba que un 80% del total se encontraba en servicio, de manera que por la ciudad circulaban diariamente 247, 809 vehículos transportando 8383, 120 pasajeros. Por otra parte, las estadísticas mostraban que el 76% de la población se transportaba en medios masivos y el 24% restante, en taxis y automóviles particulares.

Por la zona céntrica de la ciudad, circulaban 4,000 unidades de transporte urbano de pasajeros, correspondientes a 65 de la 91 líneas de autobuses y transportes eléctricos. Algunas calles del primer cuadro, como Moneda y Av. Hidalgo servían para el tránsito común de 18 rutas de transporte urbano.

Se realizaron aforos de tránsito en todas las entradas de la ciudad y se observó que la hora de mejor movimiento era entre las 18 y las 19 horas, y los lugares más congestionados del Distrito eran los que comunicaban a gran número de terminales de autobuses que se localizaban en el primer cuadro ó en su perímetro principalmente en los alrededores de la merced. Dichas terminales en no pocos de los casos, eran las propias calles.

Las soluciones adoptadas en la Cd. de México en materia vial, similares a las que se habían tomado en otras grandes urbes, para satisfacer los imperativos del automóvil, demostraban a estas alturas dos hechos. El primero los viaductos y los periféricos no constituían una solución en materia de transporte masivo y en segundo lugar, el aumento progresivo y sin planeación del número de autobuses y transportes en general, solo conducía a agravar cada vez mas los problemas de tránsito, las pérdidas de tiempo, los consumo y desgastes excesivos de las unidades, contribuyendo al mismo tiempo a incrementar el problema de la contaminación atmosférica.

1.5 "EL METROPOLITANO" SOLUCION AL TRANSPORTE MASIVO

Era evidente que la solución fundamental para el transporte masivo de pasajeros, no podía estar orientada hacia el núcleo central de la Cd. y sus zonas congestionadas, a base de sistemas de superficie. Ante esta situación y dentro de una planeación racional, se vio la conveniencia de construir el metro para que constituyera la columna vertebral de un sistema de transporte masivo.

Introducir un sistema de transporte eficiente, dada la extensión urbana y la complejidad del trazo de la ciudad es una de las problemáticas más difíciles de solucionar, pero una de las prioridades en los programas gubernamentales del Distrito Federal para continuar estructurando nuestro desarrollo social y económico, ya que la evolución de los servicios de comunicaciones y transportes influye decisivamente en el progreso económico y el bienestar general de la población.

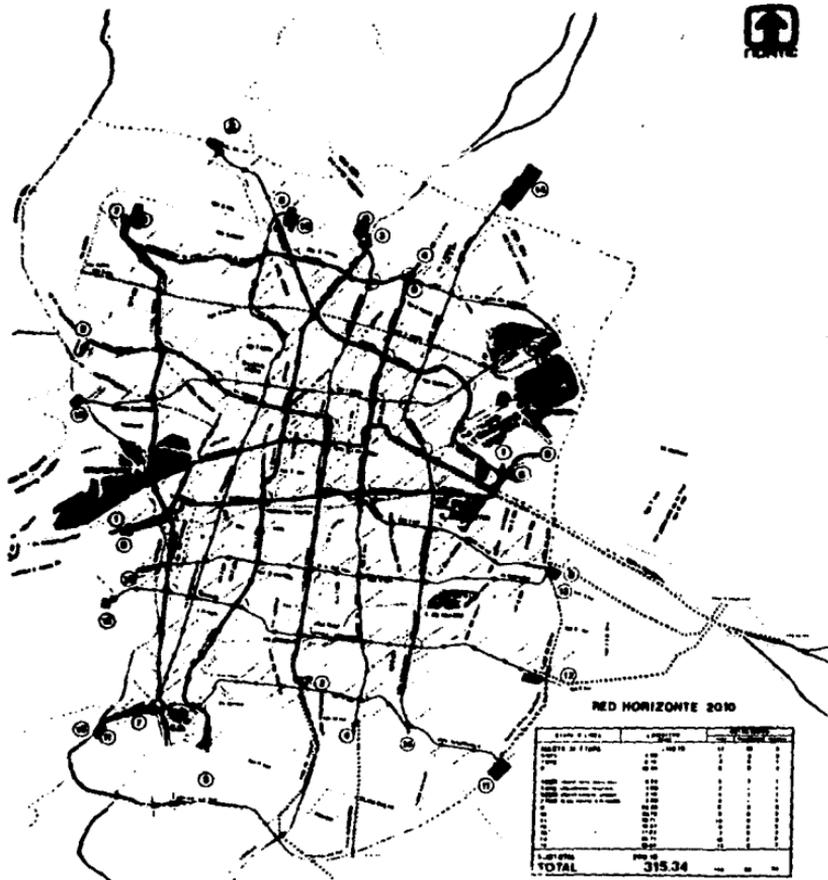
Elemento fundamental del servicio del transporte en la construcción del metro, que desde su inicio se planteó como la realización de una obra permanente. Para ello su planeación deberá responder a las necesidades no solo actuales sino futuras de los habitantes de la ciudad de México.

Para lograr este objetivo se elaboró el "Programa Maestro del Metro". El cual es una herramienta de planeación sectorial basada en las actividades tales como : El diseño de una metodología, el empleo de modelos matemáticos que nos ayudarán a definir corredores de alta movilidad y el apoyo en encuestas de origen y destino. Finalmente, dicho programa contemplará tres horizontes : El corto plazo, 1988, el mediano plazo 1994 y el largo plazo 2010.

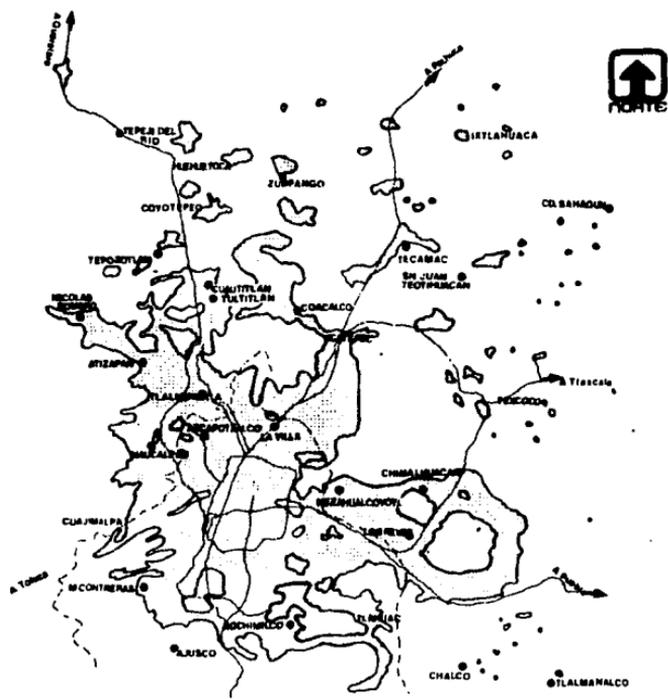
Tanto la magnitud y las características del problema de transporte, como la urgente necesidad de hacerles frente, motivaron a la creación de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano COVITUR, en septiembre de 1977, organismo que elaboró un "Plan Rector de Vialidad y Transporte"

FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA MAESTRO DEL METRO



ESCENARIO 1988



Simbología	D.F.		Z.M.		D.F.		Z.M.	
	Población (Millones)	10.64	19.23	Vehículos (Millones)	3.10	3.80		
Área Urbana (Km ²)	624	1266	V.P.D. (Millones)	23.60	29.40			
Densidad (Hab./Ha)	171	152						

FALLA DE ORIGEN

A partir de la conurbación de una parte de la población del Edo. de México con el Distrito Federal, se ha venido considerando como el área de influencia al continuo urbano conformado en el valle, denominado Zona Metropolitana de la Cd. de México.

En 1979, El Plan Director de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, consideró la Zona Metropolitana con las 16 Delegaciones del Distrito Federal, más 12 Municipios del Edo. de México. Cuatro años después la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal, Covitur, al elaborar el estudio de origen y destino de ese año, influyó a las mismas delegaciones más 27 municipios del Edo. de México., finalmente la Sría. de Programación y Presupuesto derivó El Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988, las dimensiones de la Zona Metropolitana de la Cd. de México, con la incorporación de 53 municipios del Edo. de México y uno del Edo. de Hidalgo, para hacer un total de 16 delegaciones y 54 municipios.

El Programa Maestro del Metro está concebido como una herramienta de Planeación Sectorial, cuyos objetivos se han definido através de las políticas y lineamientos de las necesidades de los ciudadanos. Estos son los objetivos generales, que define el marco de referencia y el nivel de servicio que el Metro de la Cd. de México deberá alcanzar en el futuro.

- a) **Proporcionar un Servicio de Transporte Colectivo eficiente y satisfactorio donde la demanda lo justifique, de acuerdo a los lineamientos del programa integral de transporte y vialidad.**
- b) **Obtener el máximo de beneficios social en la asignación de inversiones realizándolas en la forma, lugar y momento que las necesidades de la población indiquen.**
- c) **Apoyar las acciones del reordenamiento de la estructura urbana definida en los programas correspondientes.**
- d) **Ofrecer un servicio de transporte colectivo que reduzca el uso intensivo del automóvil.**

- e) **Coadyuvar a los programas de mejoramiento ecológico.**
- f) **Incorporar la opinión de la población en el proceso de planeación del metro.**
- g) **Conformar la red de metro como elemento estructurado del sistema de transporte metropolitano y su conexión con los sistemas interurbanos**
- h) **Lograr el equilibrio del sistema metro para evitar la congestión o subutilización de las líneas.**
- i) **Incrementar las opciones de traslado hacia los centros de trabajo, servicio y recreación.**
- j) **Facilitar la sustitución de medios de transporte en los corredores cuya demanda futura requiera una línea de metro.**
- k) **Generar normas y especificaciones que proporcionen el desarrollo de la tecnología y la industria nacional, así como la sustitución de importaciones y la generación de empleos.**

De la fusión de estas ideas fue como se llevó a cabo la creación del Programa Maestro del Metro que en su etapa final deberá contar con 15 líneas en su haber. Las cuales pueden sufrir modificaciones por disposiciones políticas, económicas, de funcionalidad, etc.

Como es el caso de la línea 8 la cual sufrió una modificación en su trazo debido a que no cumplía con todos los objetivos.

No obstante la necesidad de este servicio en la Ciudad de México, su realización se verá determinada por una serie de obstáculos que deberá superar. Estos factores se pueden clasificar en tres categorías de problemas: el técnico, el económico y el financiero.

El primero de ellos aludía a los problemas que representaba el subsuelo de la ciudad para la construcción de todo tipo de estructuras desplantada sobre él, esto era el primer impedimento determinante las características del subsuelo, para la ejecución de conductos subterráneos de gran longitud.

El segundo consideraba que el metro requería una tarifa que estaba sobre la capacidad económica del usuario.

El aspecto financiero, como consecuencia de los anteriores resultaba también negativo, ya que para fijar una tarifa acorde con la capacidad de pago del usuario, se requería de subsidio gubernamental.

Dichos análisis coincidían en la consecuencia de construir un sistema rápido de transporte colectivo en vía libre, conocido mundialmente como Ferrocarril Metropolitano ó " Metro ".

II. GENERALIDADES DE LA LINEA 8

14

II.1 OBJETIVO

El transporte urbano es uno de los problemas de mayor prioridad en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, para resolverlo se ha buscado la permanente expansión de la red del ferrocarril metropolitano ("metro"), acción que además forma parte de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica.

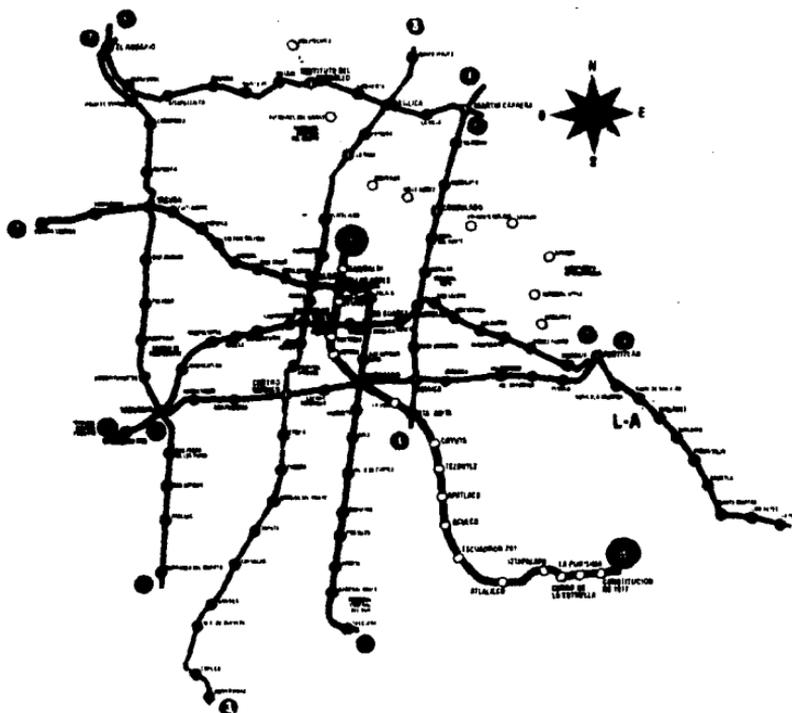
La primera etapa de la Línea 8, además de ampliar la cobertura del sistema principalmente hacia Iztapalapa que es la Delegación de mayor población del Distrito Federal, ayudará en algo a descargar líneas actualmente saturadas como lo son la 1 y la 2, y a la vez ayudará a fortalecer las líneas 4 y 9.

II.2 PROGRAMA

PROGRAMA PARA LA CONSTRUCCION DE LA LINEA 8

•	INICIO DE PROYECTO	SEPTIEMBRE	1990
•	INICIO DE LA CONSTRUCCION	SEPTIEMBRE	1991
•	PRUEBAS ESTATICAS	FEB - MZO.	1994
•	ENERGIZACION	ABRIL	1994
•	PRUEBAS DINAMICAS	MAYO-JUNIO	1994
•	MARCHA EN VACIO	JULIO	1994
•	PUESTA EN SERVICIO	JULIO	1994

PLANO DE LAS RUTAS DEL TREN METROPOLITANO "METRO"



FALLA DE ORIGEN

II.3 CARACTERISTICAS DE OPERACION

La primera etapa de Garibaldi a Constitución de 1917, tendrá una longitud de 20.7 Kilómetros. En la cual Garibaldi es una terminal provisional de esta etapa, ya que será una estación de correspondencia con la línea 10 a futuro, en la que se denomina segunda etapa.

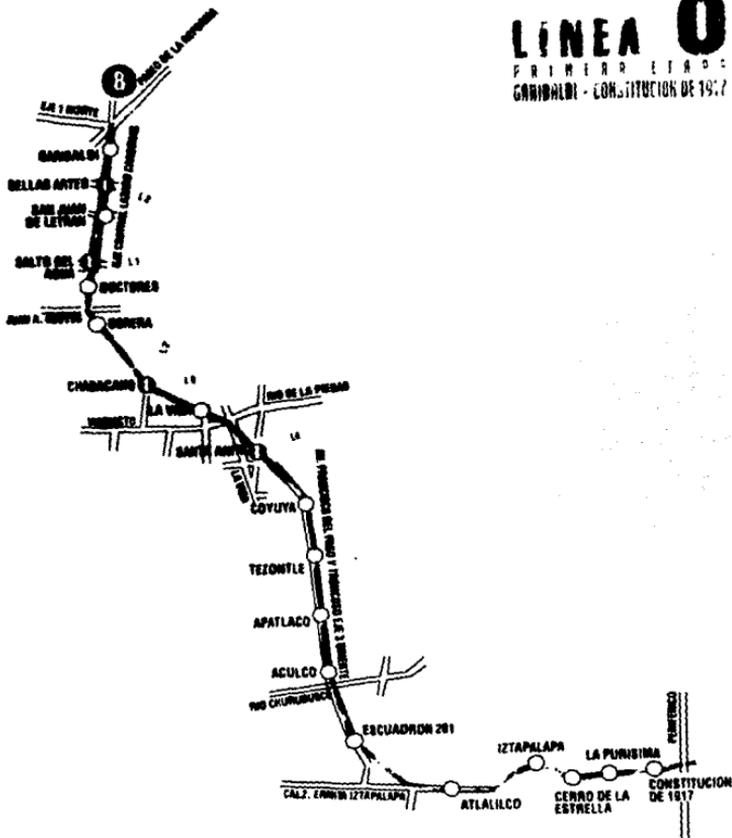
La Línea 8 en su primera etapa cuenta con 19 estaciones de 150 m. de longitud, para recibir trenes de nueve carros, dichos trenes tienen una longitud de 147.62 m., su capacidad máxima de carga es de 1530 pasajeros.

La velocidad máxima que alcanzarán para la línea 8 será de 70 Kilómetros por hora y la comercial será de 37 Kilómetros por hora.

Al iniciar su operación, la línea 8 tendrá una capacidad inicial de transporte de 32,700 pasajeros-hora-sentido, sin embargo, a medida que la demanda así lo justifique, podrá aumentar la capacidad del sistema hasta 60,000 pasajeros-hora-sentido.

El número de empleos generados será de 20,000 directos.

RECORRIDO DE LA LINEA 8



LÍNEA 8
PRIMER ETAP:
GUADALUPE - CONSTITUCION DE 1917

II.4 PRESERVACION DEL PATRIMONIO CULTURAL

18

A efecto de preservar el patrimonio cultural, se conjuntaron esfuerzos con el Instituto Nacional de Antropología e Historia y con el Instituto Nacional de Bellas Artes, para llevar a cabo un programa de protección y preservación de las zonas de monumentos históricos y artísticos; para ello, se celebró un convenio de colaboración entre el Departamento del Distrito Federal del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Cabe destacar que los procedimientos constructivos especializados llevados a cabo son:

- a) Aumentar profundidad de los muros tablaestaca.**
- b) Reducir los tiempos de bombeo de abatimiento freático.**
- c) Reducir las longitudes de las etapas de excavación.**
- d) Reforzar el sistema de troquelamiento.**
- e) Realizar un seguimiento permanente por medio de instrumentación durante las excavaciones y la estructuración; así mismo, establecer control de niveles en las edificaciones.**

Los anteriores fueron realizados para no incidir en daños a los monumentos históricos ubicados sobre el Eje Central Lázaro Cárdenas, en el tramo comprendido entre Fray Servando Teresa de Mier y Reforma, así como los monumentos en la zona de Iztapalapa, entre los cuales destacan: El Colegio de las Vizcainas, la Capilla de San Antonio y el Calvario, San Juan De Letrán No. 6, Palacio de Bellas Artes, Edificio de Correos, Templo y Ex convento de la Concepción del Salto del Agua; las edificaciones catalogadas en Lázaro Cárdenas No. 46, 42, 30, 12 y 8 así como en Tacuba No. 2 y 4; en la zona de Iztapalapa el Santuario del Señor de la Cuevita y el Templo de San Lucas Evangelista. De los cuales se cuenta con actas notariales del estado actual antes del inicio de la obra, así como los correspondientes dictámenes estructurales.

II.6 DESCRIPCION DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

La construcción de la Línea 8, se realizó en dos soluciones: Subterránea y Superficial. La primera con una longitud de 14.6 Kilómetros, se construyó a base de un cajón de sección rectangular, conformado por muros tablaestaca de concreto reforzado colados " in situ " ó prefabricados, losa de fondo, muros estructurales y losa de techo.

Los muros tablaestaca pueden ser utilizados como parte del cajón, dependiendo de la profundidad del mismo y de las características particulares del subsuelo.



ESTRUCTURA DEL CAJON SUBTERRANEO

Las estaciones subterráneas están estructuradas sobre una losa de cimentación de concreto reforzado donde se apoyan los muros, columnas y traveses de concreto.

La losa de techo queda conformada por tabletas pretensadas de concreto de tipo **W** invertida, ligadas por medio de un firme de concreto. En su conjunto, forman una estructura rígida de sección rectangular.



ESTACION SUBTERRANEA

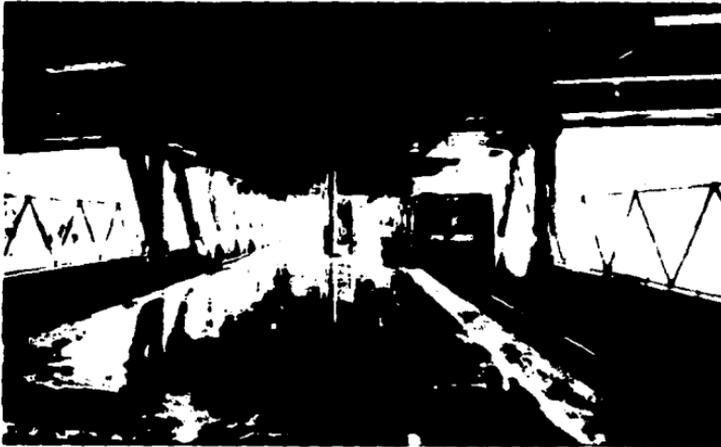
La solución superficial construida en 5.4 Kilómetros consiste en una estructura de concreto reforzado de sección rectangular, integrada por una losa de fondo (la cual se construye sobre una plantilla de concreto pobre) y dos muros laterales que además sirven de confinamiento y seguridad.



ESTRUCTURA DEL CAJON SUPERFICIAL

Desde el extremo norte hasta llegar a la Av. Francisco del Paso y Troncoso, la línea se construyó en solución subterránea, al igual que el tramo comprendido por la avenida Cinco y Ermita Iztapalapa hasta la calle Margarita.

La solución superficial se decidió tomando en consideración la economía de la obra, el contexto urbano y el ancho efectivo de la calzada y se aplicó sobre las avenidas Francisco del Paso y Troncoso así como en Ermita Iztapalapa desde la calle de Hortensia hasta la calle Genaro Estrada. Las estaciones de tipo superficial están cimentadas sobre una estructura de concreto, en la que se apoya un conjunto de columnas de acero con una inclinación de 45° que soportan las traveses metálicas, que reciben el sistema de piso a base de losa aligerada de concreto.



ESTACION SUPERFICIAL

III CARACTERISTICAS DE LA INTERSECCION DE LA LINEA 8 CON LA LINEA 2

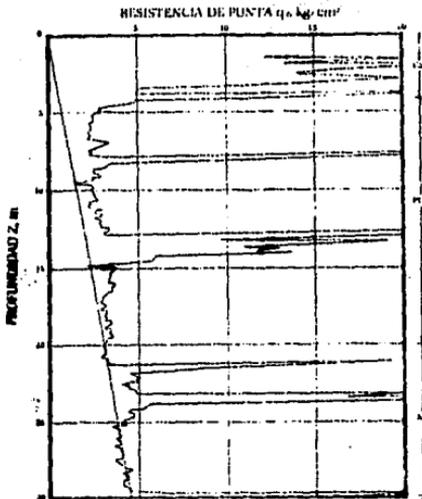
III.1 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Covitur es una de las instituciones encargadas de desarrollar el complejo sistema de obras viales que requiere la Ciudad de México . Las condiciones del subsuelo en las que se desarrollan estas obras, varían de las arcillas más blandas y comprensibles, a las tobas y los basaltos.

Covitur debe enfrentar este reto con la información del subsuelo obtenida de todos los estudios realizados. Se deben evaluar todos estos datos y si es preciso adoptar nuevas técnicas de exploración y muestreo . También se deben analizar las estructuras construidas, que permite mejorar las técnicas de construcción, y reglamentar por medio de manuales y normas los procedimientos constructivos de las obras proyectadas a futuro y de ser necesario modificar dicho proyecto para optimizar todos los aspectos relacionados con la construcción de las obras viales.

Para mejorar y realizar las pruebas adecuadas en el Valle de México se zonificó el área urbana de acuerdo a las propiedades de comprensibilidad y resistencia de los depósitos, considerados lacustres, aluviales y volcánicos. Dicha zonificación se divide en tres zonas: La zona del lago, la de transición y la zona de lomas. La intersección de la línea 8 con la línea 2 se encuentra ubicada en la zona del lago que a su vez se subdivide en lago virgen que corresponde al sector oriente del lago, lago centro I que está asociada al sector no colonial de la ciudad y lago centro II , esta sub-zona corresponde con la antigua traza de la Ciudad de México donde abundan construcciones coloniales y monumentos históricos de la época pre-colombina.

El cruce de la línea 8 con la línea 2 como mencionamos se localiza en la zona de lago y particularmente en lago centro I en donde se localizan sobrecargas en el terreno, generadas por construcciones pequeñas y medianas, cuyas características estatigráficas propias de la zona se han estudiado por medio de pruebas de cono eléctrico y en las cuales se nos muestra el incremento de resistencia del terreno originado por las sobrecargas.



SONDEO DE CONO ELECTRICO EN LA SUBZONA DEL LAGO CENTRO I

TABLA ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES, LAGO CENTRO I

Estrato ^a	Espesor, en m	y, en t / m ²	c, en t / m ²	o en grados
Costra superficial	4 a 6	1.6	4	25
Serie arcillosa superior	20 a 30	1.2	1 a 2	----
Capa dura **	3 a 5	1.5 a 1.6	0 a 10	----
Serie arcillosa inferior	8 a 10	1.3 a 1.35	5 a 8	----

^a En orden de aparición a partir de la superficie.

** La información disponible es muy limitada : los parámetros presentados corresponden a pruebas triaxiales CD.

FALLA DE ORIGEN

Durante el estudio de una línea específica del Metro, esta zonificación y pruebas de mecánica de suelos deben consultarse para definir en forma preliminar los problemas geotécnicos que se puedan anticipar, relacionados con el diseño y construcción de las estaciones y tramos intermedios. Para prevenir problemas durante la construcción de la línea 8 se realizaron estudios de mecánica de suelos en toda la trayectoria de esa línea 8 y sus estaciones correspondientes.

Para el tramo Obrera - Chabacano que es donde se localiza la intersección de línea 8 con la línea 2, se cuenta con cuatro sondeos de cono y dos sondeos de exploración de los cuales uno se localiza dentro de la zona I de dicha intersección, de donde se obtuvo la información para determinar las alternativas más factibles que solucionan el problema del cruce.

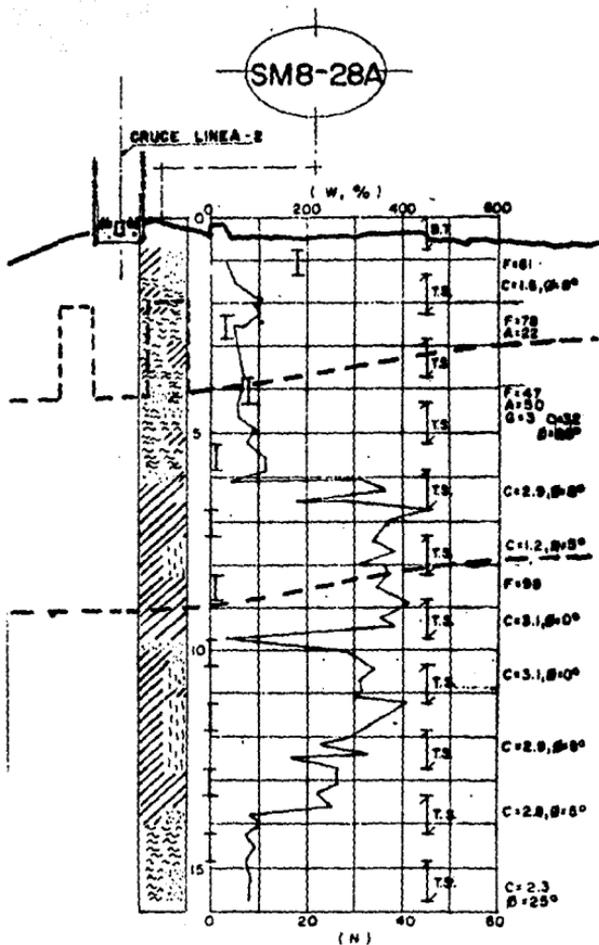
El sondeo de exploración nos proporciona los siguientes datos del suelo:

- Los primeros 2.00m corresponden a un suelo compuesto por materiales finos en un 61% y un 49% de arcillas y limo, lo cual nos proporciona una resistencia al esfuerzo cortante de 1.5 ton./ m². y un ángulo de fricción interna de 8°
- Los siguientes 2.00m que se localizan a una profundidad de 2.00 a 4.00m constan de un 78% de finos de arcilla y limo y un 22% de arena.
- En la profundidad comprendida de 4.00 a 6.00m tenemos un 47% de finos de arcilla y limo y un 50% de arena y un 3% de gravas. Estos materiales nos proporcionan una resistencia al esfuerzo cortante de 3.2 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 28°.
- En el metro siguiente de exploración comprendido entre los 6.00 y 7.00m se cuenta con material arcilloso que proporciona una resistencia al esfuerzo cortante de 2.9 ton/m² y un ángulo de fricción de 8°.

SAN ANTONIO ABAD.

JUAN DE DIOS ARIAS

28



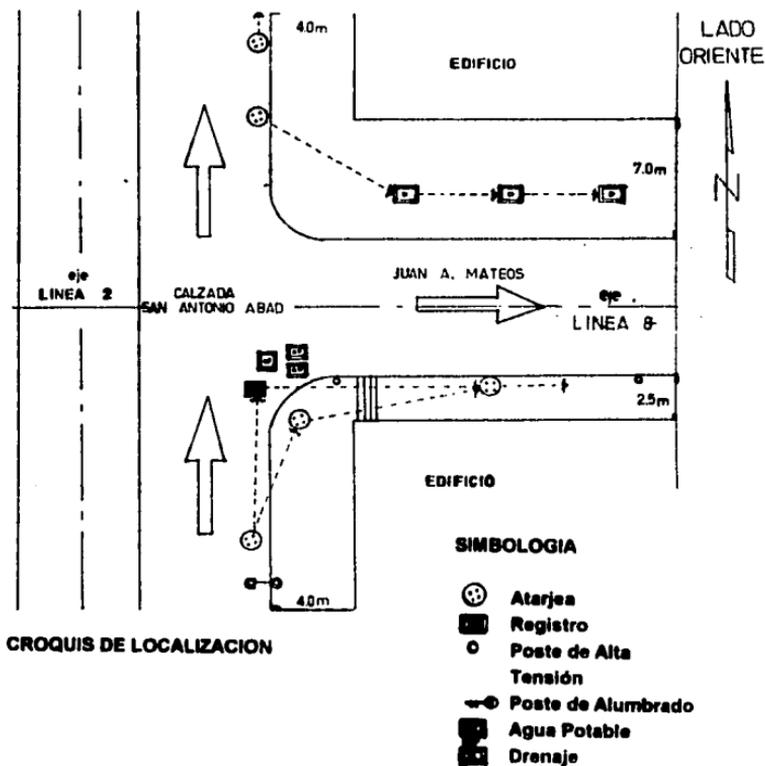
- De los 7.00 a los 9.00m de profundidad encontramos arcillas y fósiles que nos desarrollan una resistencia al esfuerzo cortante de 1.2 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 5°.
- Al llegar a la profundidad de 9.00 a 11.00m tenemos un 80% de arcillas y un 20% de arena que nos proporcionan una resistencia de 3.1 ton/m² y no cuentan con un ángulo de fricción interna.
- En la profundidad de sondeo de 11.00 a 13.00m, contamos con arcillas en un 70% y 30% de materiales fósiles, los que cuentan con una resistencia de 2.9 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 8°.
- En el metro siguiente de 13.00 a 14.00m de profundidad contamos con arcilla en un 80% y arena en un 20% y una resistencia de 2.8 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 5°.
- De los 14.00 a 16.00m de profundidad tenemos limos en un 60%, arenas en 40% y una resistencia de 2.3 ton/m² con un ángulo de fricción interna de 25°.

Las profundidades que aquí mencionamos son corroboradas por las pruebas obtenidas con muestreos realizados con tubo shelby.

M.2 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

30

La ubicación de los trabajos se localiza en la calle de Juan A. Mateos que pertenece a la colonia Vista Alegre en el lado oriente de la calzada San Antonio Abad, la cual cuenta con tres carriles de circulación y banquetas de ancho variable.



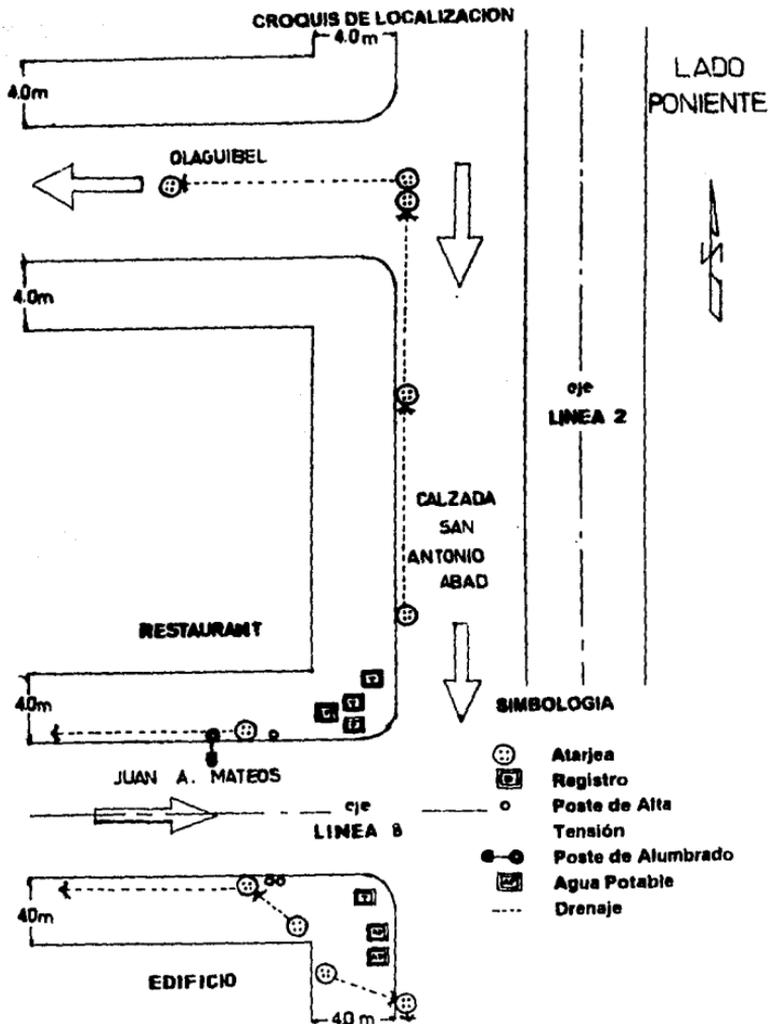
En la esquina sur-oriente se localiza un edificio de 6 niveles que es utilizado como vivienda, en las banquetas se encuentran dos postes, uno perteneciente al alumbrado público y el otro se utiliza para soportar cables de alta tensión, los cuales atraviesan la calzada San Antonio Abad.

En el lado nor-oriente, en la esquina se ubica un edificio en condominio de cuatro niveles, la banqueta se tendrá que remover, así como un poste de alumbrado, los cuales se restituirán acabados los trabajos.

En la calzada San Antonio Abad, la dirección de circulación es de norte a sur y se tienen cuatro carriles. Como dato importante, la red de drenaje que se localiza en la calzada, se dirigió a la calle de Juan A. Mateos como se indica en el croquis de localización.

En el lado poniente de la calzada San Antonio Abad, los trabajos se ubican en la Colonia Obrera, que también al igual que la Colonia Vista Alegre pertenece a la delegación Cuauhtémoc. En ese lado la calzada también cuenta con cuatro carriles de circulación continua. Hace esquina con la calle Juan A. Mateos que en la esquina sur-poniente cuenta con una edificación para alojamiento (HOTEL) de 6 niveles y que presenta severos asentamientos con respecto a la calzada San Antonio Abad y a la línea 2 del metro, también cuenta con registros de Telmex, C.L.F. y A.P.

En el lado nor-poniente contamos con registros de Telmex, A.P. y C.L.F. , en la esquina tenemos una construcción de dos niveles que es utilizada como restaurante. El drenaje de la calzada San Antonio Abad fué canalizado a la calle de Juan A. Mateos la descarga proveniente del sur en donde se interrumpe y el siguiente tramo es descargado a la calle de Olaguibel, ya que cuenta con la pendiente favorable para desalojar la descarga de la calzada San Antonio Abad.



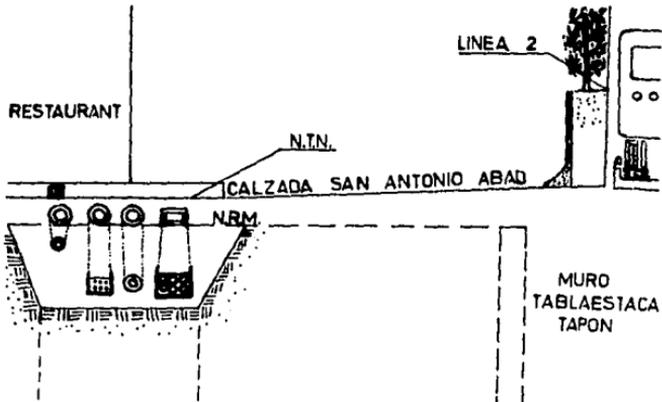
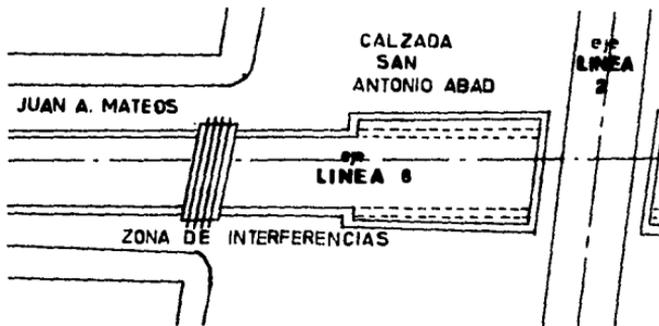
Al ejecutar el cruce de la línea 8 con la línea 2 no se encontraron interferencias de instalaciones de servicios públicos, ya que éstas se localizaban fuera del área que se denominó como zona de intersección, a una distancia de 1.8m ,en el lado poniente de la Calzada de Tlalpan ó San Antonio Abad.

Dichas interferencias pertenecen a la compañía de Luz y Fuerza, Teléfonos de México y a la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, los cuales cruzan el cajón del metro de línea 8 en su parte superior sin intersectarse con el mismo, debido a que el trazo de la línea 8 en esta zona es subterráneo. Por este motivo la solución que se propone es la de soportar dichas interferencias con tubos de acero apoyados en los extremos y utilizar cables de acero para soportar y sujetar las tuberías que alojan dichas instalaciones, y de esta manera poder ejecutar las obras del metro sin molestar las instalaciones ,mencionadas.

Para realizar primeramente el libramiento de las interferencias se realizó la demolición de la banqueta y el pavimento existente sobre las instalaciones y se excavó a mano hasta descubrir totalmente las tuberías. Simultáneamente a esta actividad se construyeron unos muros en los extremos de la Calle Juan A. Mateos que soportarían las tuberías que sujetan a dichas instalaciones. La primera tubería colgada fue la que alojaba cables de alta tensión y que pertenece a la compañía de Luz y Fuerza del Estado, para llevar a cabo esta actividad, una vez descubierta dicha tubería y la arena térmica que rodea los ductos se procede a retirarla, para de esta manera poder puntear el ducto con cinchos, los cuales estarán colgados a una trabe metálica, una vez colgados los ductos se procede a colocar una protección por la parte de abajo de los ductos, la cual estará constituida por una cimbra de madera y colgada de la estructura, que a su vez se apoyará en los muros de concreto ubicados en los extremos de la calle y que pertenecen al cajón de la línea 8.

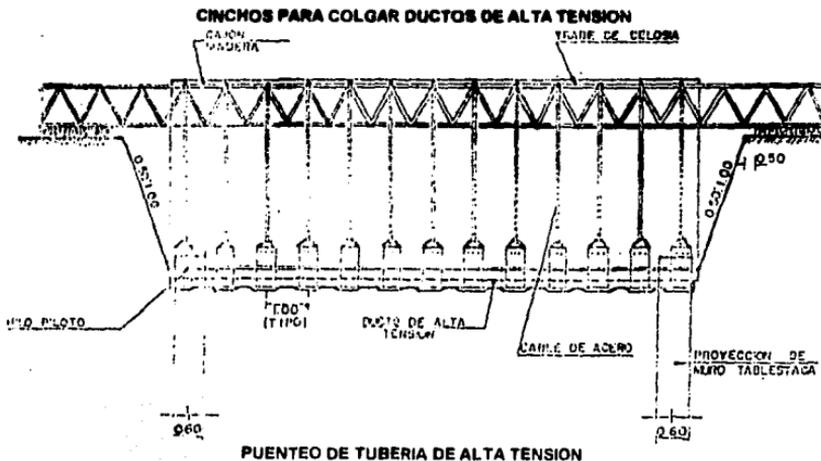
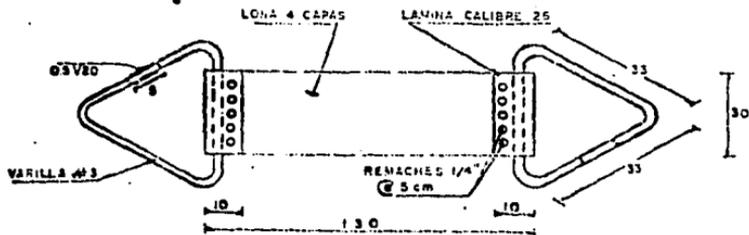
CROQUIS Y LOCALIZACION

34

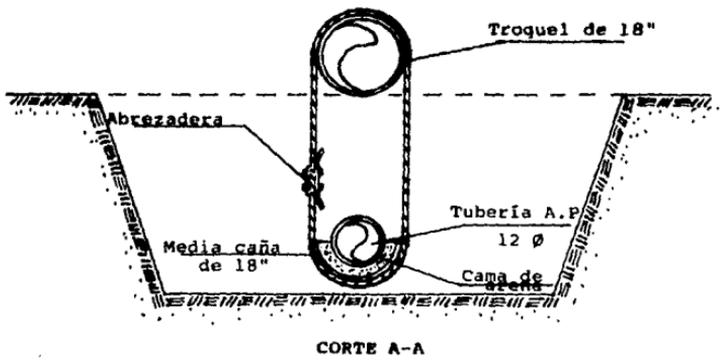
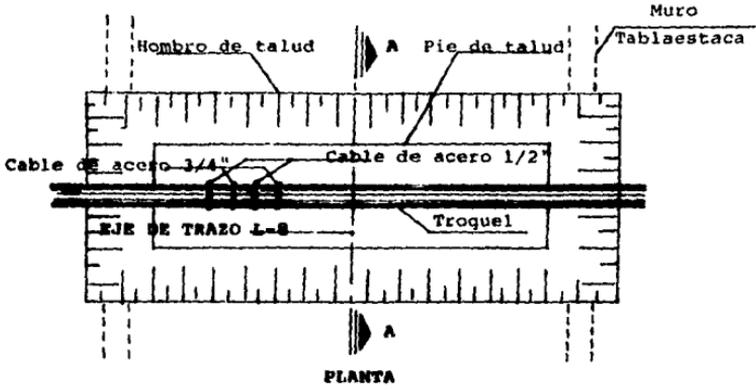


FALLA DE ORIGEN

35

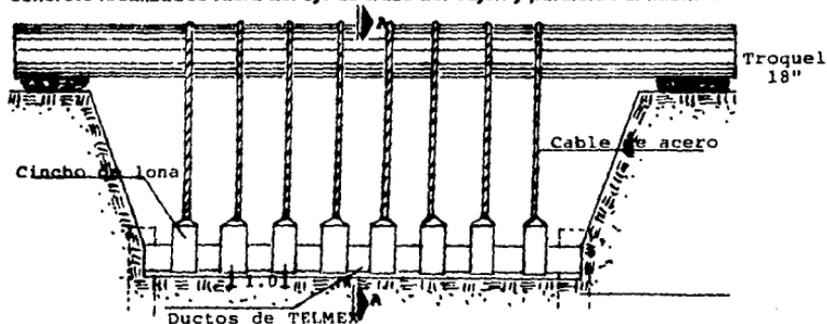


Posteriormente se realizó el colgado de la tubería de agua potable de 12" de diámetro que pertenece a la D.G.C.O.H., para la cual se utilizaron troqueles circulares de acero tipo cobra que rodearon la tubería y por medio de abrazaderas, después se colocó una media caña de acero bajo la tubería para evitar cualquier posible daño a la tubería de agua, al momento de colocar los cables de acero que soportarán a la tubería y su protección.

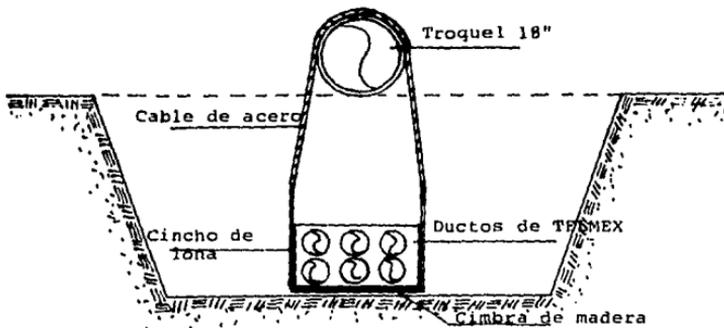


PUENTE TUBERIA DE AGUA POTABLE DE 12"Ø

La siguiente tubería que se punteo fué la perteneciente a TELMEX y el procedimiento para estos ductos es el siguiente: Descubiertas las cajas que contienen los cables, se colocará un troquel de 18" de diámetro en la superficie y se colgarán cables de acero que se sujetan a bandas de lona que soportan los ductos de cables, posteriormente se coloca una cimbra de madera a los ductos y nuevamente esta se sujeta con cables de acero y bandas de lona al troquel que se apoyará en los extremos en los muerdos de concreto localizados fuera del eje de trazo del cajón y paralelos al mismo.



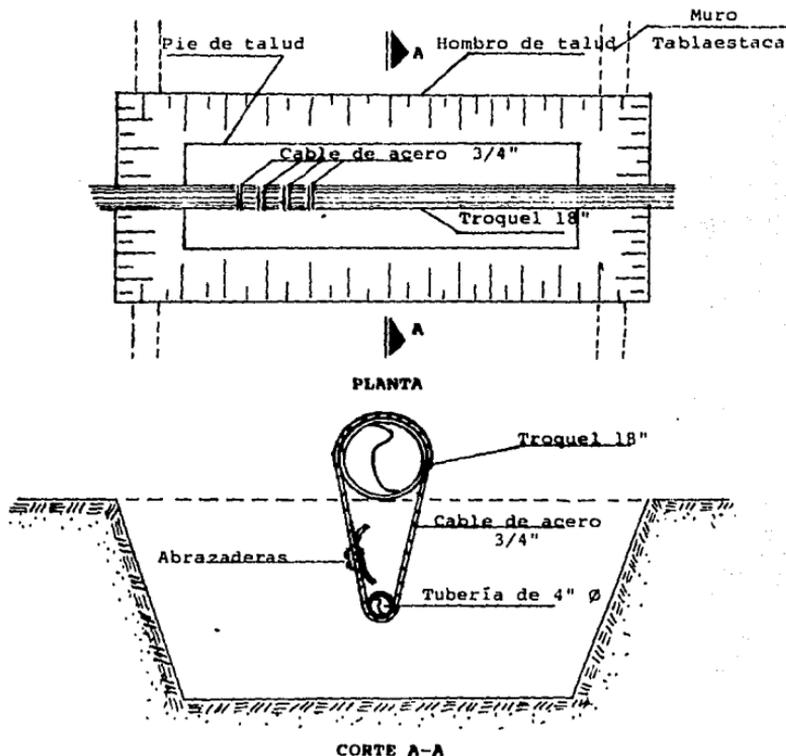
PLANTA



CORTE A-A

PUNTEO DE DUCTOS DE TELMEX

De forma similar se colgará la tubería de agua potable de 4" de diámetro, que es responsabilidad de la D.G.C.O.H. para la cual se utilizará un troquel de 18" de diámetro que se colocará en la superficie y se apoyará en los muerdos de concreto, del cual se colgarán cables de acero que soportarán la tubería de agua potable y para la cual no se consideró necesaria una protección adicional.



PUENTE DE TUBERIA DE AGUA POTABLE DE 4" ϕ

FALLA DE ORIGEN

Una vez puenteados y protegidos las interferencias se procederá a construir el cajón del metro en la zona de intersección denominada zona I y a colocar las instalaciones respectivas.

Después de construido el cajón se colocará el relleno ó lastre sobre éste hasta el nivel de las interferencias para de esta manera poder retirar la estructura de colgado y continuar con la colocación del relleno hasta alcanzar el nivel de base y colocar ésta, posteriormente se colocará la base y su carpeta quedando así terminada la zona de interferencias y facilitando los trabajos para la construcción del cruce de la línea 8 con la línea 2.

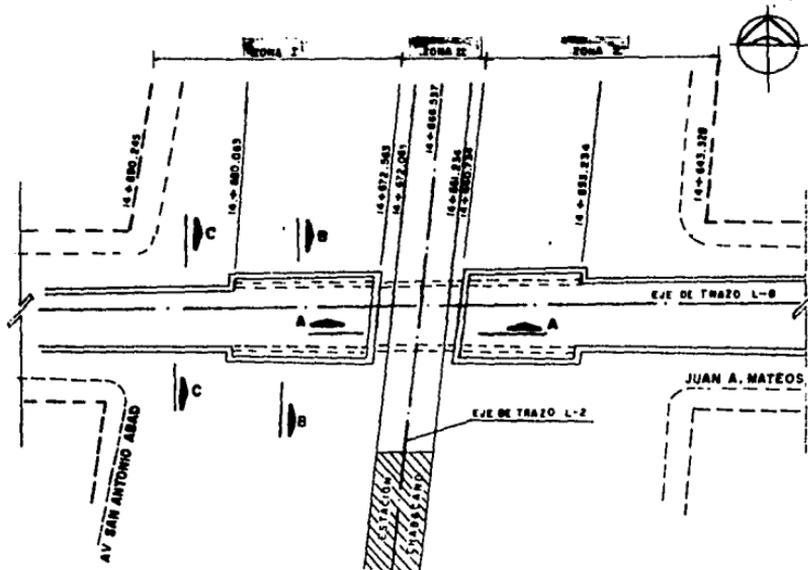
IV. ALTERNATIVAS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA LA ZONA DE LA INTERSECCION.

IV.1 ALTERNATIVA 1.

En esta alternativa el procedimiento constructivo para dar paso a la trayectoria de la línea 8 en el tramo comprendido entre los cadenamientos 14+672.663 al 14+680.734 denominado Zona II, consiste en :

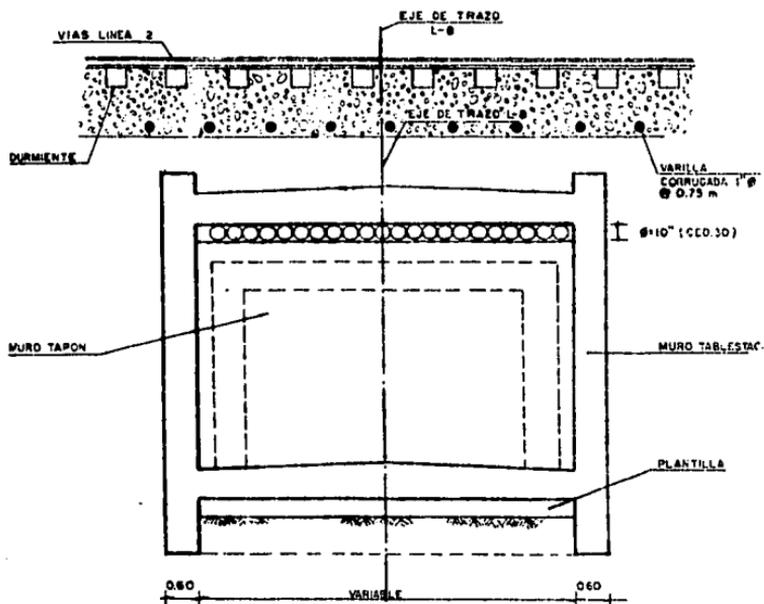
Se deberán realizar trabajos previos tendientes a reforzar la estructura de la línea 2 como son:

- Realizar la instalación de varillas perpendiculares al eje de trazo.
- Realizar calas en el balasto a cada dos durmientes y separadas transversalmente a una distancia de 1.5 m.
- Colocar lechada agua-cemento con proporción a/c=1, en las calas.



CROQUIS DE LOCALIZACION

FALLA DE ORIGEN



CORTE B-B

CAD 14+653.234 AL 14+660.734

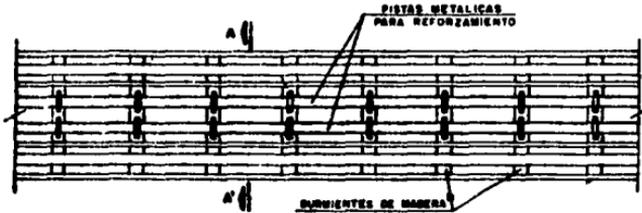
14+672.563 AL 14+680.063

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT EN METROS

TRABAJOS TENDIENTES A REFORZAR LA ESTRUCTURA DE LINEA 2

FALLA DE ORIGEN

- d) Reforzar el sistema de vía, colocando y sujetando dos pistas adicionales ubicadas entre las dos de rodamiento y sujetándolas a las durmientes de madera.

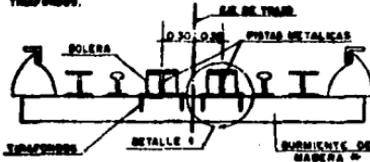


NOTA: LAS PISTAS DE REFORZAMIENTO DE LA VÍA DEBERÁN TENER UNA LARGITUD DE 25.000 O MÁS O MÁS EN CADA LADO DE LA PISTA DE TRABAJO. CONSULTAR EL PROYECTO DE MS DE VÍA Y PLAN GEOMÉTRICO.

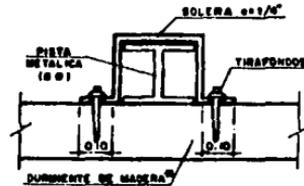
PLANTA

(8-0) VERIFICAR CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN EL INCISO 2.7.2.4 DE ESTE ESPEC. .

■ LOS DURMIENTES DE CONCRETO SE DEBERÁN REFORZAR Y AGUAR PARA LA COLOCACIÓN DE TIAPONDOS.



CORTE A-A'



DETALLE 1

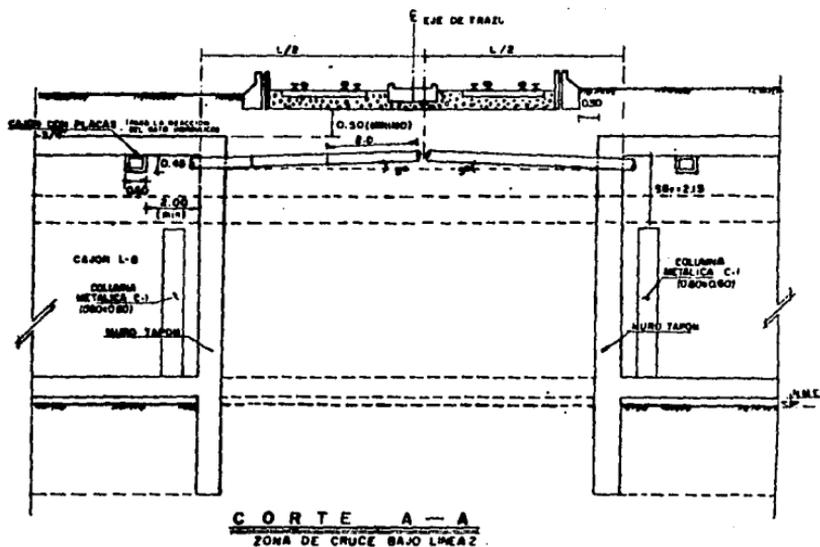
NOTA: EN METRO
SOLIDO ESTABILIZADO

Como medida de seguridad se trabajará sólo por las noches después de quedar la línea fuera de servicio y al término de cada jornada se deberá dejar apuntada el área de trabajo atacada, a fin de evitar movimientos indeseables durante la reanudación del servicio del metro.

FALLA DE ORIGEN

Posteriormente al término de la cementación del balasto se procederá a realizar el hincado de los tubos circulares de 10" de diámetro y cédula 30 con una inclinación de 8° hacia arriba; esta actividad se realizará por los dos frentes de ataque ubicados en el lado oriente y el lado poniente.

Para realizar el hincado se utilizarán gatos de 15.0 toneladas. El hincado de los tubos se realizará del centro a las orillas, la tubería será hincada en tramos de 2 m., soldando cada segmento.



ØØ= SOBRESALIDO VERTICAL
N.M.E.= NIVEL MARINO DE EXCAVACION

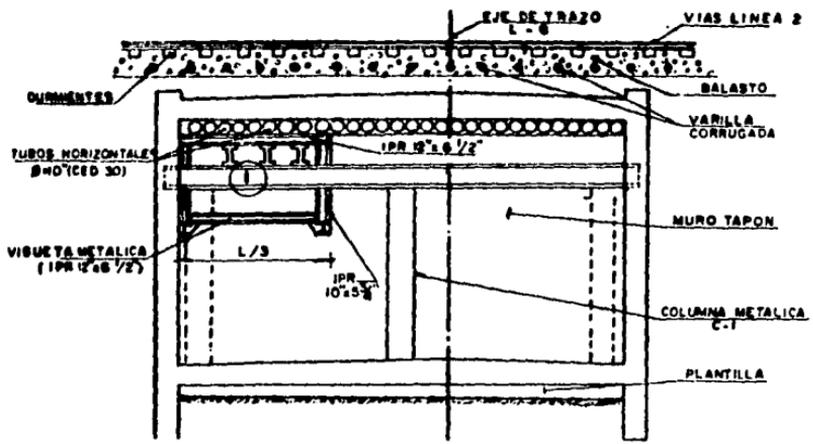
DRING ESTADISTICO
ESTAD FU INTIASE

FALLA DE ORIGEN

Al término de la colocación de los tubos de 10" de diámetro se procederá a realizar la excavación para la construcción del cajón de la línea 8, ésto se llevará a cabo mediante una serie de túneles realizados por etapas.

La primera etapa se localiza en el tercio superior de la distancia vertical, el ancho total del cajón se dividirá en tres partes, de esta manera se comenzará a excavar en los tercios extremos, se deberán mantener las paredes verticales en el frente de avance, para poder colocar la estructura de contención, las etapas de excavación serán de 1.0 m. de longitud, alcanzando la distancia de la primera etapa, se procederá a colocar viguetas IPR que servirán como rastras, las cuales serán soldadas a marcos metálicos que contendrán las paredes verticales y el techo de la excavación, dichos marcos estarán colocados a un separación a ejes igual a 0.50 m.

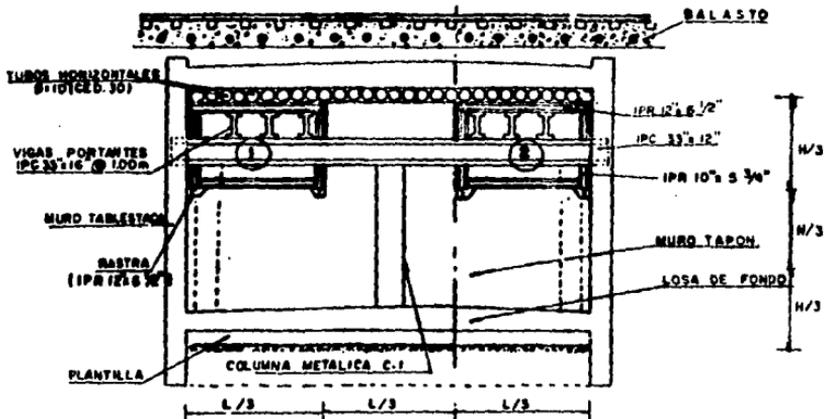
Terminado lo anterior podrán reanudarse este proceso, el que se llevará a cabo hasta cruzar completamente la estructura de la línea 2.



EXCAVACION Y ADENADO DEL PRIMER TUNEL
COLOCACION DE LAS VIGAS PORTANTES EXTERNAS

Concluido el primer túnel, se colocarán las vigas portantes cuya función será la de sostener el techo de la sección, estos elementos se soldarán a las viguetas horizontales del techo de la excavación y se apoyarán en dos viguetas transversales extremas y externas, así mismo, estas viguetas se apoyarán en la columna metálica.

Construidos los dos túneles extremos, se procederá a excavar el núcleo central, para finalizar la excavación y el ademado del tercio superior de la sección, se colocarán puntales horizontales entre las rastras extremas con un espaciamento igual a 1.80 m. a eje de puntales.



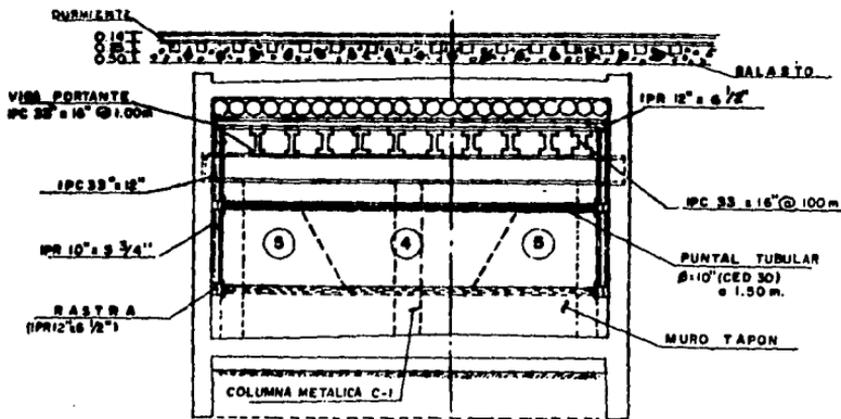
EXCAVACION Y ADEMACO DEL SEGUNDO TUNEL

FALLA DE ORIGEN

La segunda etapa corresponderá a la excavación y ademado del tercio medio de la sección, el cual se excavará en tres subetapas, se iniciará con la subetapa central, limitada transversalmente por taludes con inclinación 0.75:1 y en el sentido de avance por una pared vertical y con longitud de etapas de 2.00 m.

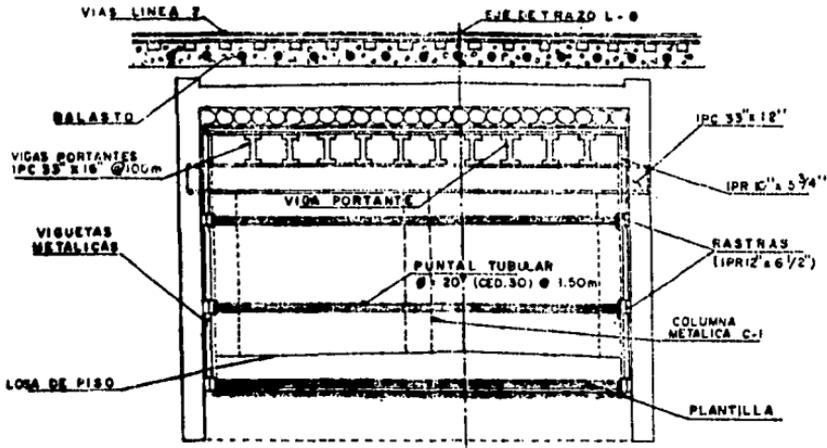
Concluido lo anterior, se continuará con excavación simultánea de las subetapas laterales, cuyas paredes serán el terreno contenido mediante la colocación de las viguetas metálicas soldadas a la rastra superior y que son prolongación de los marcos superiores, dichas viguetas se soldarán a las rastras previamente hincadas, colocadas a partir del nivel máximo de excavación de esta etapa y contra las cuales se colocarán los puntales.

Este proceso se realizará a todo lo largo de la sección de los trabajos en el cruce.



FALLA DE ORIGEN

En la tercera y última etapa de excavación, se atacará de manera similar a lo descrito en la etapa anterior hasta alcanzar el nivel máximo de excavación. posteriormente se realizará el apuntalamiento que será idéntico al empleado en la etapa descrita anteriormente.

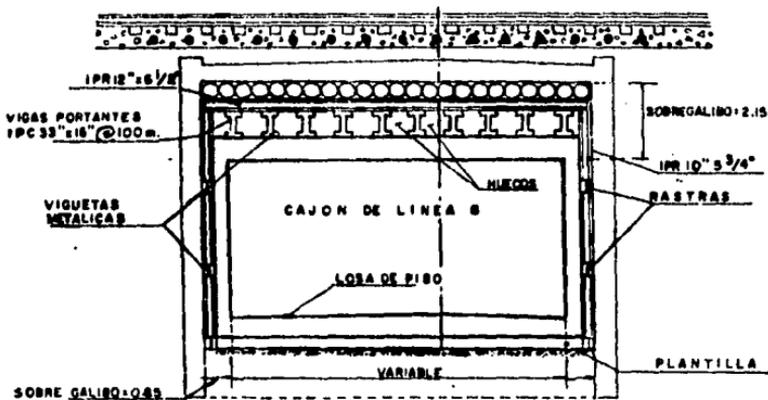


TERMINO DE LA EXCAVACION CON SU ADEMACO

Realizado lo anterior y alcanzada la máxima profundidad de proyecto, se procederá de inmediato al colocado de la plantilla, una vez que ésta haya alcanzado su fraguado inicial se procederá a efectuar el armado y colado de la losa de piso, dejando en ella las preparaciones para su liga posterior con los muros estructurales de la sección, construidos éstos se continuará con la colocación de tabletas que constituirán la losa de techo de la sección y su correspondiente firme de compresión el cual se deberá colar hasta el nivel inferior de las vigas portantes longitudinales.

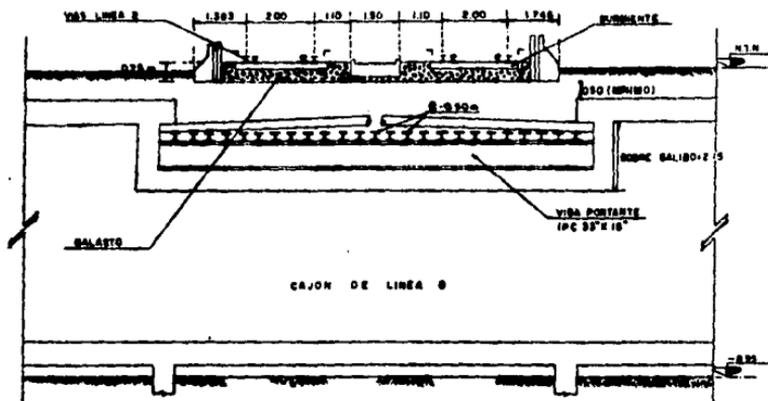
FALLA DE ORIGEN

Con objeto de que la losa de techo reciba efectivamente al terreno, se realizarán inyecciones de contacto para rellenar huecos provocados por la excavación y los existentes entre las viguetas portantes. Cabe aclarar que excepto los puntales, las vigas portantes extremas y las columnas c-1, toda la estructura metálica de contención utilizada quedará perdida al momento de la construcción de la sección de cajón.



CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL CAJON

FALLA DE ORIGEN



CORTE LONGITUDINAL

ESTRUCTURA DEL CAJON CONCLUIDA

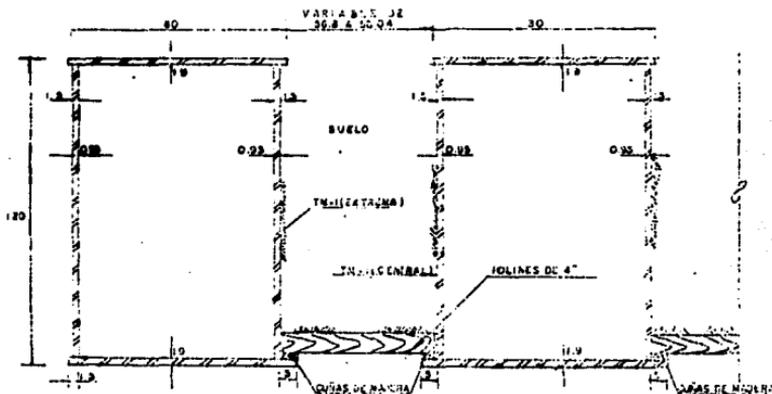
FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN

50

IV.2 ALTERNATIVA 2

Para esta alternativa, en la zona de cruce del cajón del metro de la línea 8 con la estructura perteneciente a la línea 2, se construirá una estructura metálica que ayudará a soportar las paredes y el techo de las excavaciones, dicha estructura se conformará en la parte superior, para soportar al terreno natural y a la estructura de la línea 2, por cajones de sección de $0.80 \times 1.20\text{m}$, que estarán formados por cuatro placas.



CAJONES METALICOS (T.M.-1)

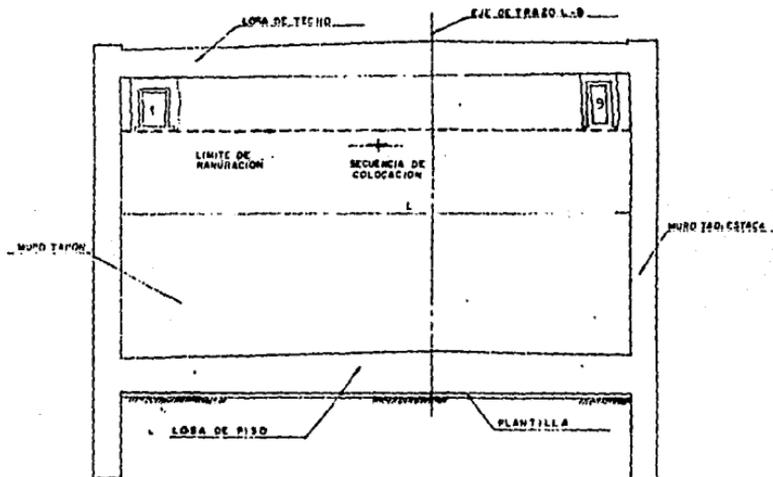
Para la instalación de dichos cajones se llevarán a cabo ranuras en los muros tapón, con el objeto de descubrir un área con suelo, lo suficientemente amplia para el paso de los cajones, dejando una sección sin afectar para que se apoye la estructura con la que se realizará el hincado.

Para el empuje de las traves metálicas se utilizarán dos gatos de 90 toneladas.

FALLA DE ORIGEN

51

Los cajones se instalarán en cuatro tramos de igual longitud, uniendo por el interior de cada segmento ya colocado en el siguiente por instalar, mediante placas de unión metálicas que deberán soldarse simétricamente en las juntas del techo y piso del cajón. Se deberán prever ranuras simétricamente en la vialidad contraria del muro tapón de la manera antes descrita para permitir la salida de las traves T-M1.



SIMBOLOGIA:

C O R T E B - B

① SECUENCIA DE RANURACION

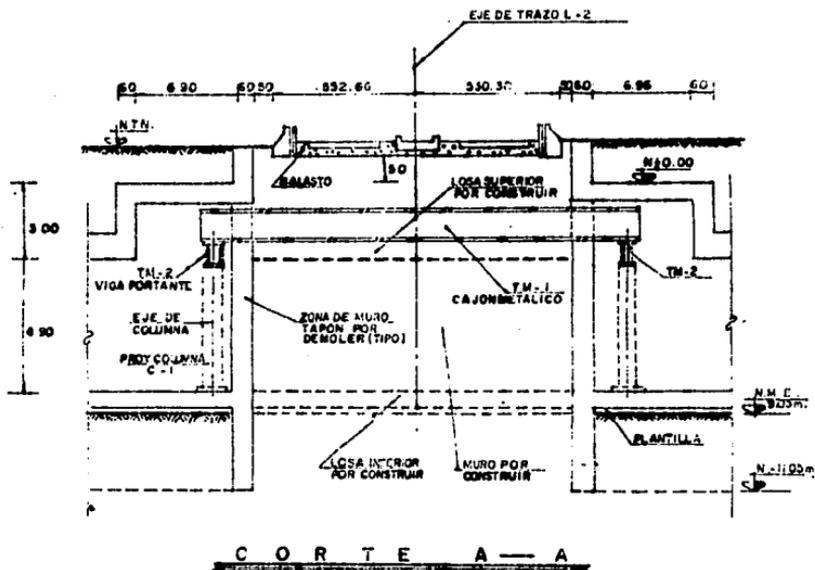
L = CALADO HORIZONTAL

ESF. EN METROS
DIBUJO CONFORME A NTC

SECUENCIA DE HINCADO DE LAS TRABES TM-1

FALLA DE ORIGEN

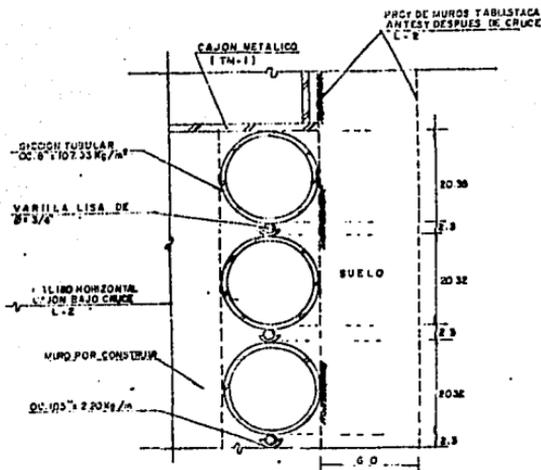
52



ACOT. EN METROS.
D.E.J.V.C. ESQUEMATICO

PREVER RANURAS SIMETRICAS EN LOS MUROS TAPON
PARA PERMITIR LA ENTRADA Y SALIDA DE LAS TRAZES TN-1

FALLA DE ORIGEN



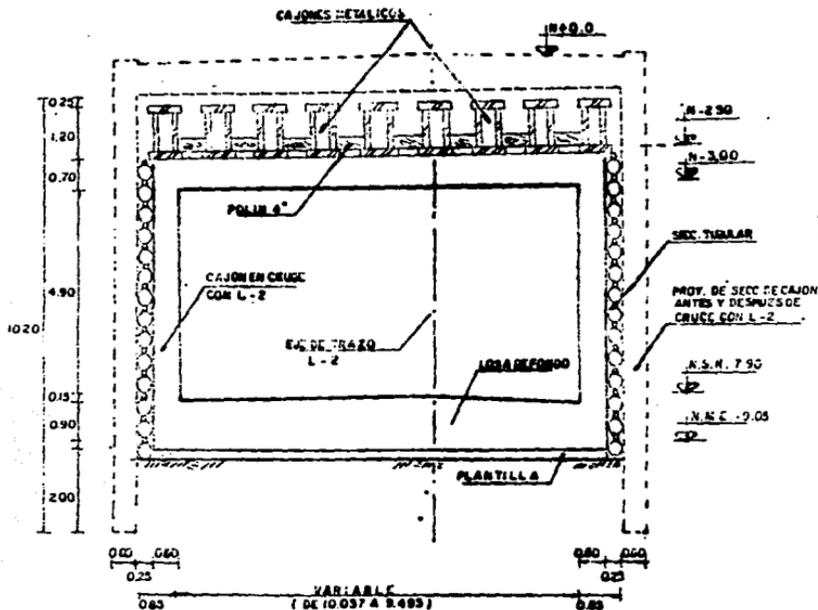
54

ADEME LATERAL (V-1)

Concluida la instalación de la estructura que soportará las paredes del terreno, se procederá a realizar la excavación que se llevará a cabo por etapas.

La primera de ellas consistirá en demoler de muro tapón del lado oriente hasta la profundidad máxima de excavación, debiendo conformar en el frente y durante todo el procedo un talud de 0.25:1, para estabilizar las paredes del terreno que se excave. Durante este proceso se deberán colocar entre los cajones metálicos del techo, polines o manera de cama, para garantizar el contacto con el suelo confinado.

Una vez terminada la excavación hasta los cadenamientos y niveles indicados, se procederá a colocar vigas maderas que se soldarán al ademe lateral para estabilizar las paredes, también se protegerá la excavación con tela de gallinero y mortero pobre de 1:3 cemento-arena.

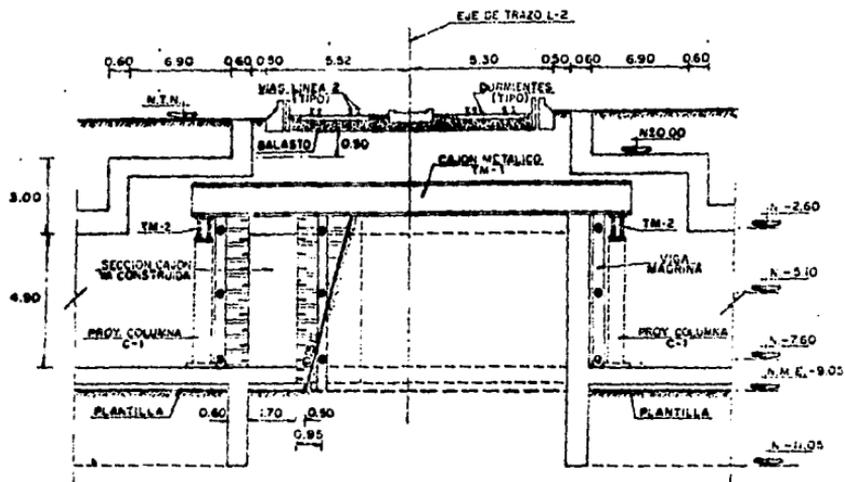


55

ACOT. EN METROS.
ORIGEN ESCUADROS.

FALLA DE ORIGEN

56



CORTE LONGITUDINAL A-A
(PRIMERA ETAPA DE ESTRUCTURACION)

DESGRADO ESQUEMATICO
 EN METROS

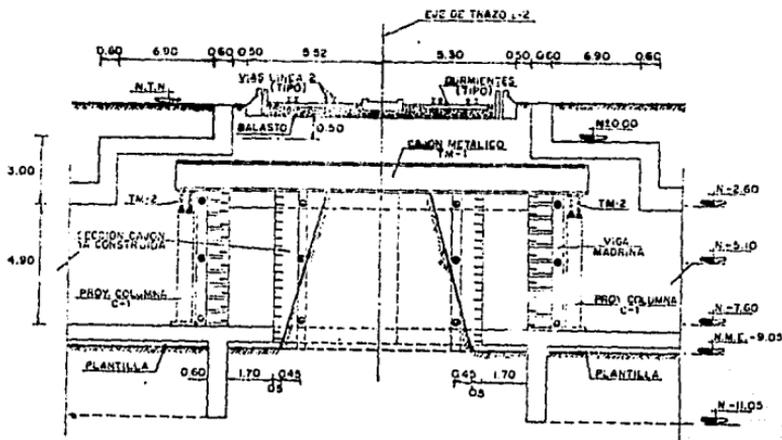
FALLA DE ORIGEN

57

Habiendo colocado estos puntales se estará en posibilidad de iniciar la excavación y construcción de la segunda etapa; al mismo tiempo se colocará una plantilla de 10 cm. y al alcanzar ésta un 70 % de su resistencia, estará condiciones para colocar el armado y realizar el colado de la losa de piso, dejando en ésta las preparaciones para su liga con la losa siguiente y los muros estructurales.

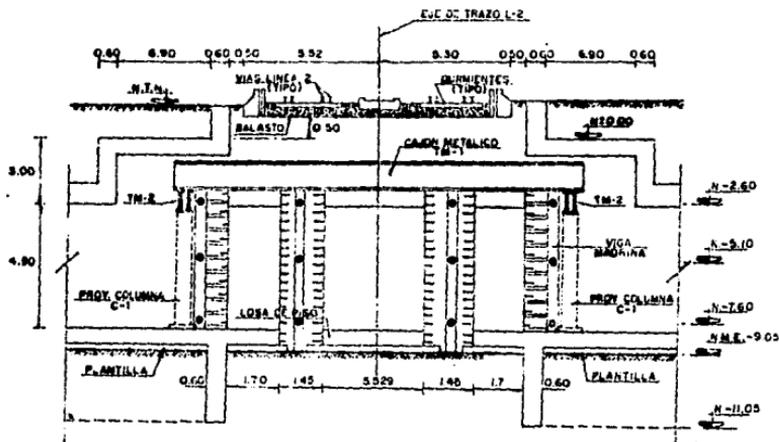
La excavación de la segunda etapa se realizará con los lineamientos de la primera pero en el lado poniente.

Coladas las losas de piso se continuará con el armado y colado de los muros estructurales, quedando ahogados los tubos circulares durante esta actividad. Posteriormente con las preparaciones que se dejaron en el muro estructural, se cimbrará, armará y colará la losa de techo.



CORTE LONGITUDINAL A-A
(SEGUNDA ETAPA DE ESTRUCTURACION)

Se continuará el proceso de estructuración realizando la excavación en la zona central, en primera instancia se demolerá la tecata de mortero con malla y se procederá a realizar la excavación en la parte superior, instalando los polines para retener el terreno que existe entre las traves, concluida la excavación se colocará la plantilla, evitando que el ademe de las vigas madrina quede ahogado, para esto dicha plantilla se cimbrará hasta topa con el ademe, posteriormente se realizarán la losa de piso, muros y losa de techo siguiendo el mismo procedimiento que con la plantilla.

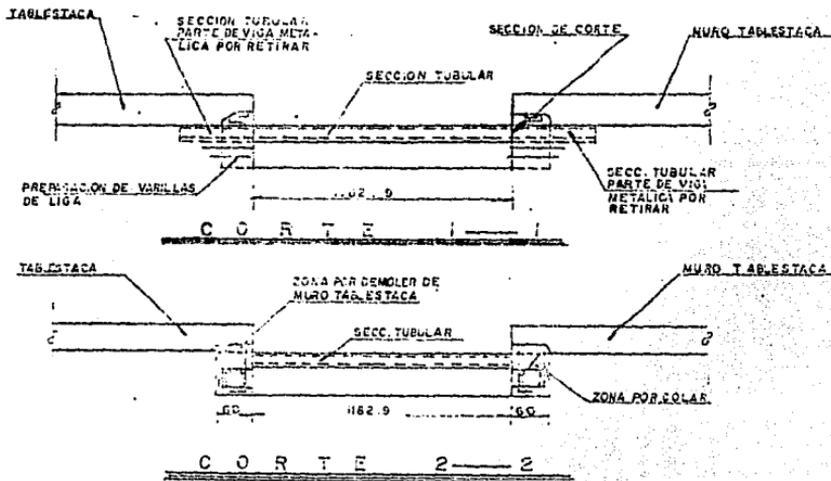


CORTE LONGITUDINAL A-A
(TERCERA Y CUARTA ETAPAS DE ESTRUCTURACION)

FALLA DE ORIGEN

59

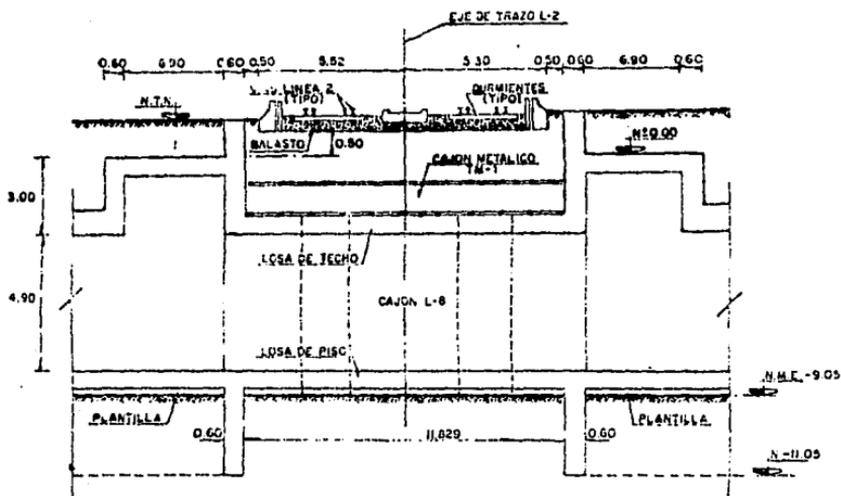
Al retirar los puntales y las vigas madrina, se procederá finalmente a la construcción de la plantilla, losa de piso, muro y losa de techo, en las franjas restantes. De esta manera se terminará el procedimiento con la liga de los muros y losas a los existentes en cadenamientos anteriores para poder tener una estructura continua.



ACOT. EN CENTIMETROS.
DIBUJO ESCALA 1/4

FALLA DE ORIGEN

60



CORTE LONGITUDINAL A-A

GRUPO ESCUELA
ACOT LA METROS

IV.3 VENTAJAS DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

IV.3.1 PRIMERA ALTERNATIVA

- 1. Al tiempo de instalar la estructura de soporte se estará atacando la excavación de núcleo en su primera etapa.**
- 2. No se necesita una estructura para soportar los perfiles que soportarán el terreno.**
- 3. No se necesita equipo especial para hincar la estructura de soporte.**
- 4. En comparación con las TM-1 los perfiles son más ligeros y por lo tanto es más fácil su izaje.**
- 5. En caso de encontrarse con obstáculos durante el colocado de la estructura, estos se pueden extraer con relativa facilidad.**

IV.3.2 SEGUNDA ALTERNATIVA

- 1. Al realizar el hincado, los volúmenes de rezaga con que se contará son relativamente bajos en comparación con la excavación de núcleo.**
- 2. Los trabajos de soldadura que se realizarán son pocos, en relación con la primera alternativa y además se encuentran fuera de la intersección, esto ayuda a que se obtenga una mejor calidad en el trabajo y que su revisión sea muy fácil.**
- 3. Precisamente por ser pocos los trabajos de soldadura y por encontrarse fuera de la intersección se beneficiará la salud de las personas que realicen estas actividades.**
- 4. Se podrá estar atacando dos traveses simultáneos, ayudando así a reducir los tiempos de ejecución.**

5. Terminando la colocación de la estructura de soporte se podrá realizar la excavación de núcleo con relativa facilidad.
6. Debido a que no se realizará la cementación del balasto de la línea 2, esta alternativa es más práctica en su ejecución.

IV.4 DESVENTAJAS DE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

IV.4.1 PRIMERA ALTERNATIVA

1. Es difícil garantizar la inclinación de 5° a los tubos de 10" de diámetro.
2. El procedimiento de excavación es muy tardado, debido a que es muy poco lo que se avanza al atacar las etapas.
3. El personal que se necesitará para poder colocar los perfiles y soldarios, deberá ser por lo menos de ocho personas, las cuales se estorbarán al momento de comenzar nuevamente con la operación.
4. El personal que se encuentra trabajando en la rezaga estará expuesto a posibles accidentes que se puedan producir por reacciones del terreno.
5. Se deberá realizar bastante soldadura, esto es muy tardado ya que debido a que esta actividad produce muchos gases tóxicos y por lo tanto el personal que se encuentre laborando, necesitará contar con un descanso necesario para no afectar su salud.
6. Debido a que la soldadura se realizará en contacto con el terreno, esta podrá verse afectada ó mal ejecutada.
7. Como la soldadura deberá estarse revisando y el personal de supervisión deberá constantemente estar subiendo a revisar esta actividad se perderá más tiempo.

8. Durante todas las etapas de excavación se realizará el mismo procedimiento, por este motivo, el tiempo de ejecución es bastante considerable con respecto a los programas de ejecución.
9. Se realizará la cementación de la línea 2 y con esto se eleva el costo de estas alternativas.

IV.4.2 SEGUNDA ALTERNATIVA

1. Se deberá prever la instalación de una estructura que soporte al equipo de empuje.
2. Se necesitará un equipo para empujar las traves metálicas.
3. Si se llegaran a encontrar obstáculos al momento del hincado será muy difícil su extracción.

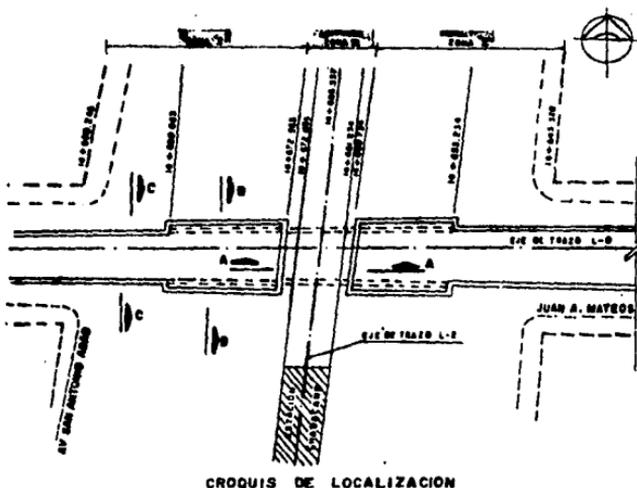
IV.5 CONCLUSION

Se decidió ejecutar la segunda alternativa, debido a que en comparación con la primera se tendrá un menor tiempo de ejecución durante la construcción del cruce de línea 8 con línea 2, debido a que la estructura propuesta en dicha alternativa es más rápida en su instalación y además proporciona mayor seguridad al momento de realizar la excavación de núcleo.

También se evitan los trabajos de reforzamiento de la línea 2, con esto ayudando a reducir las actividades de esta intersección. Además se reducirán considerablemente los trabajos de soldadura y rezaga de materiales, esto se planteó para disminuir el costo de obra de mano y las posibles patologías que se pudieran presentar en los trabajadores al realizar estas actividades.

V. PROCESO CONSTRUCTIVO DEFINITIVO

En la construcción del cruce del cajón del metro de la línea 8, bajo la calzada San Antonio Abad y bajo la estructura de la línea 2 del metro, se verá afectada un área aproximada de 459.10m² la cual se divide en la zona I y II mencionadas en el capítulo anterior. Se realizarán trabajos por dos frentes que de acuerdo a su ubicación se denominarán lado oriente y lado poniente.



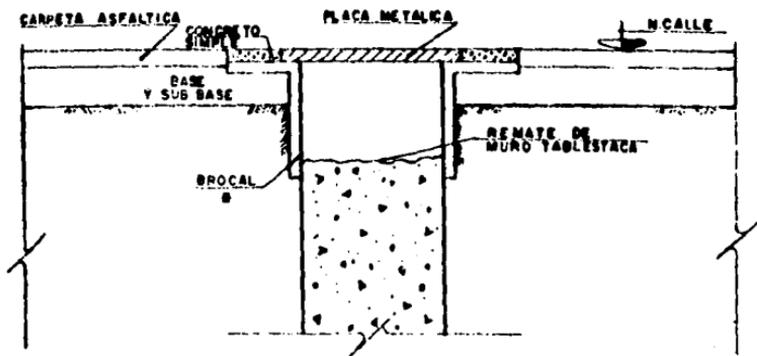
Como necesidad del procedimiento constructivo para la zona I la sección del cajón de la línea 8 se verá modificada con sobregálambos horizontales y verticales, los cuales nos ayudarán a tener mayor espacio para realizar con más facilidad el hincado de las traves TM-1 y las V-1 que soportarán el techo y las paredes respectivamente en la zona II.

FALLA DE ORIGEN

Como actividades complementarias se deberán prever, el dejar dos huecos en las losas (ventanas), que ayudarán a la continuación de los trabajos del tramo y además por este lugar se introducirá el material , mano de obra y equipo necesario para la construcción del cruce.

La construcción de los brocales que servirán de guía para la excavación de las zanjas en las que se construirán los muros tablaestaca se rematará 0.50m. antes de la línea 2 del metro en ambos frentes.

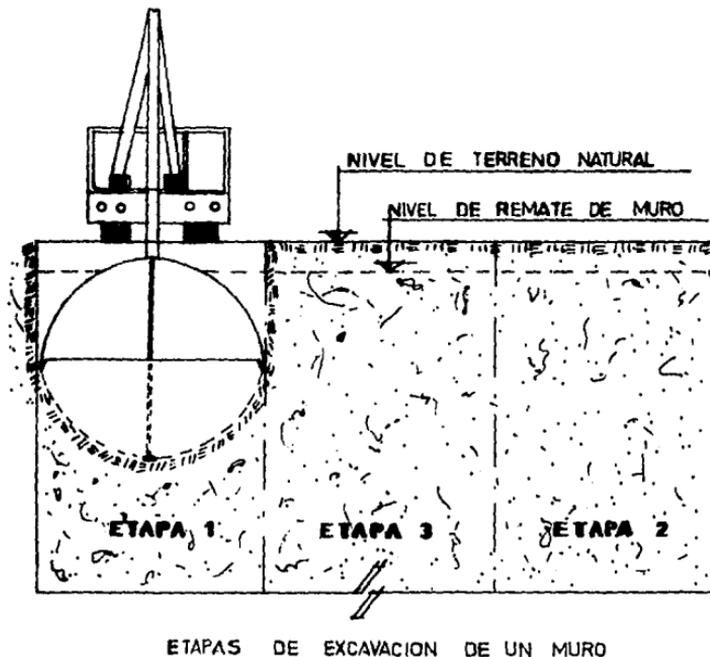
En la zona de las vialidades de la calzada San Antonio Abad se efectuará por las noches en ambos sentidos y mediante un procedimiento de bandedo con el fin de no extrangular por completo la vialidad , sobre la zanja se colocarán placas metálicas para permitir el paso de vehiculos durante el día.



EJECUCION DE BROCAL Y BANDEO

Construido el brocal se procederá a realizar la excavación del muro milán ó tablaestaca, la cual se ejecutará con una draga denominada equipo guiado, dicha actividad se realizará en tres etapas ya que el cucharón deberá colocarse en tres posiciones para poder abarcar la longitud de los muros.

Al momento de estar excavando se tendrá que bombear lodo bentonítico para detener las paredes del terreno y así poder introducir el armado del muro una vez terminada la excavación y posteriormente se llevará a cabo el colado del mismo. Para evitar la segregación y contaminación del concreto se deberá realizar el colado con tubo tremie y estar chaqueteando para evitar su adherencia al concreto. En los muros se dejan preparaciones para unir la losa inferior y superior y que se tenga un elemento continuo.



FALLA DE ORIGEN

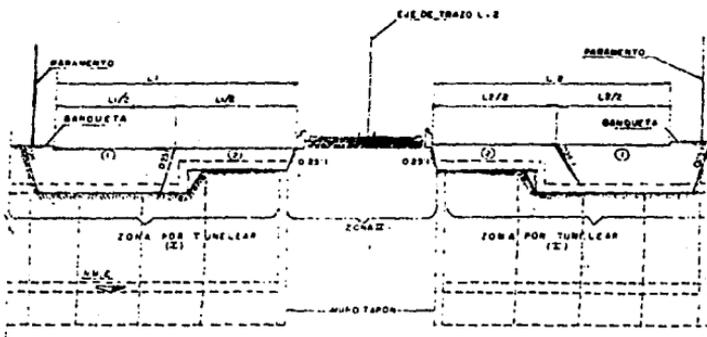
FALLA DE ORIGEN

67

Concluida la construcción de los muros tablaestaca en cualquiera de las vialidades, se estará en condiciones de iniciar la excavación para la construcción de la losa de techo del cajón de la línea B. La excavación en la vialidad se efectuará en dos etapas hasta alcanzar 30cm. abajo del 1º nivel de puntales , procediendo a su colocación, durante este proceso se realizarán bandeos para no afectar la circulación.

Concluida la excavación se colocará en el fondo una cama de grava protegida con plástico y en la mitad de la longitud de la losa se colocarán tablas prefabricadas y posteriormente se armará y colará la losa que tendrá liga estructural con los muros tablaestaca.

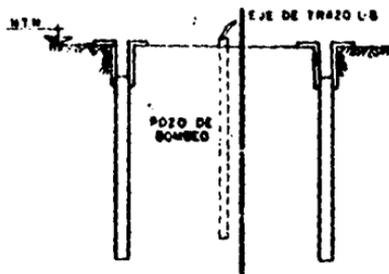
En la mitad restante no se colocarán tablas, se armará la losa dejando las preparaciones para los ganchos de izaje , posteriormente se colará la losa, de esta manera se ejecutarán los dos frentes de ataque.



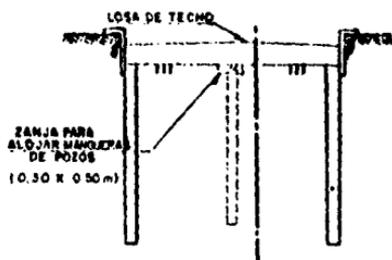
CONSTRUCCION DE LAS LOSAS EN LAS VIALIDADES DE
LA AV. SAN ANTONIO ABAD

FALLA DE ORIGEN

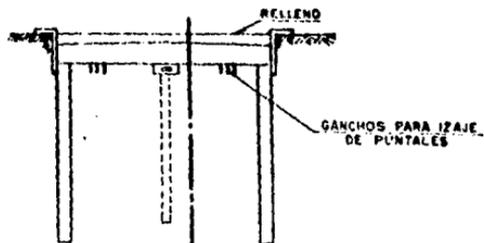
Simultáneamente con la construcción de los muros tablaestaca se realizará la perforación y el adomado de los pozos de bombeo, protegiéndose adecuadamente, estos se pondrán en funcionamiento al empezar la excavación al centro de claro entre tablaestacas.



A) CONSTRUCCIÓN DE MUROS TABLESTACA Y POZOS DE BOMBEO



B) CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE TECHO DE LINEA B

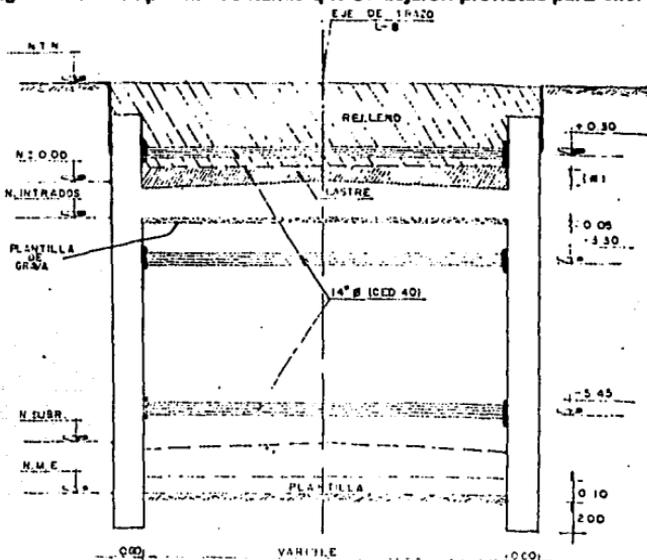


C) COLOCACIÓN DE RELLENO SUPERIOR Y RESTITUCIÓN DEL PAVIMENTO

Terminada la losa superior se procederá a colocar el lastre en la losa que servirá como apoyo para el empuje de las traves TM-1 y posteriormente se restituirán los rellenos y el pavimento de la Calzada San Antonio Abad.

Se empezará a bombear dos días antes de iniciar la excavación en cualquier etapa del tuneleo, los pozos que se pondrán en operación serán aquellos que se localicen a una distancia de 20m. contados a partir del pie de talud del frente de la excavación. El bombeo se suspenderá una vez colada la losa de piso, quedando ahogado el ademe, el cuál se deberá sellar mediante concreto con estabilizador hasta alcanzar el nivel de la losa.

La excavación se iniciará por el interior del cajón y se tendrá cuidado en dejar taludes 1:1 y bermas en caso de que sea necesario, el material de rezaqa se extraerá por las ventanas que se dejaron previstas para ello.

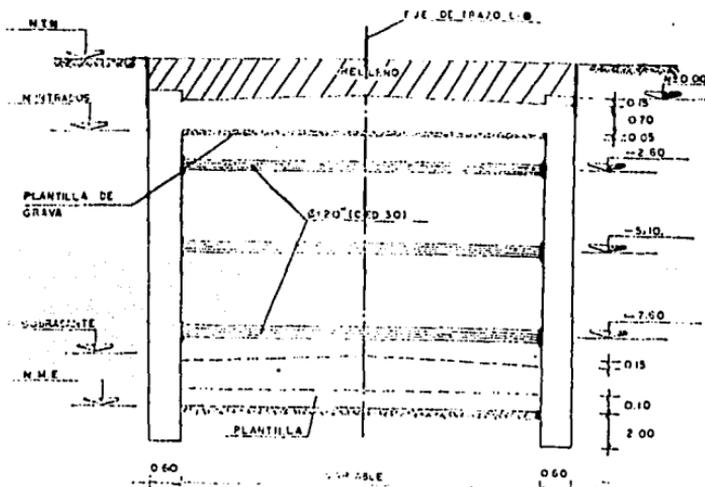


SECCION DEL CAJON QUE PROPORCIONARA LA REACCION
PARA EL HINCADO DE LAS TRABES TM-1 Y V-1

FALLA DE ORIGEN

Este proceso se deberá respetar hasta alcanzar el muro tapón correspondiente. Esta excavación podrá realizarse por ambos frentes en forma simultánea. La colocación de puntales se llevará a cabo por etapas.

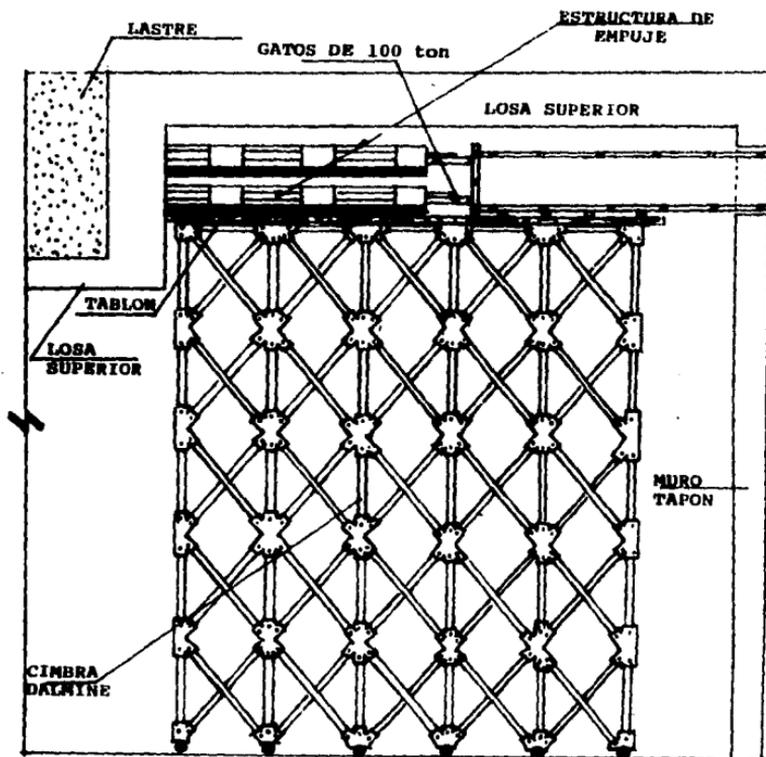
La excavación se iniciará a partir del nivel inferior de la losa de techo ya colada, y se suspenderá momentáneamente 30cm. abajo del segundo nivel de puntales procediendo a su colocación, se continuará la excavación hasta 30cm. abajo del tercer nivel para proceder a su colocación, posteriormente se excavará hasta el máximo nivel de proyecto, después se colará una plantilla de concreto de 10cm. provisto con acelerante, fraguada la plantilla se armará, cimbrará y colará la losa inferior, ligándola con los muros tablaestaca y dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural posterior con la losa de la etapa adyacente, y en las losas que rematan con el muro tapón se dejarán las preparaciones para la colocación de las columnas metálicas C-1, fraguando la losa inferior se podrán retirar los puntales.



SECCION DEL CAJON QUE PROPORCIONA EL ESPACIO NECESARIO
PARA REALIZAR EL HINCADO

FALLA DE ORIGEN

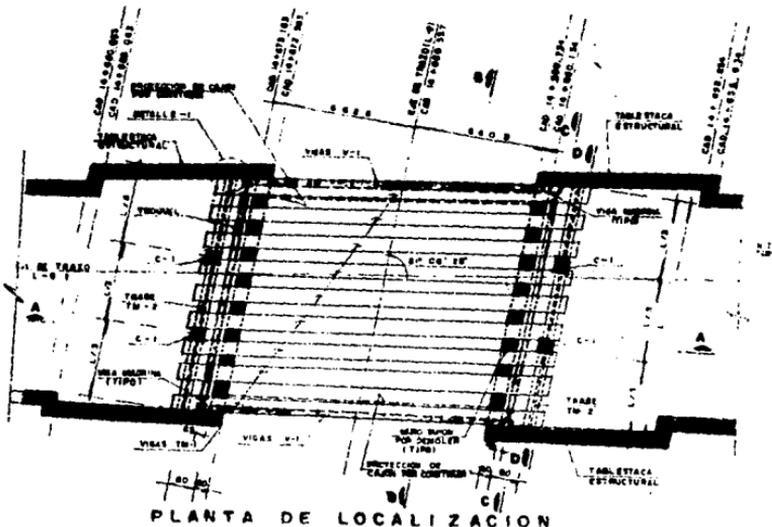
Terminados los trabajos en las zonas I y sus trabajos complementarios se procederá a realizar la construcción de la zona II. Para iniciar los trabajos se deberá contar con un par de cimbra dalmine desplazable, en la cual se instalarán las traves metálicas y el equipo de empujado.



CIMBRA DALMINE

Para instalar las traveses metálicas TM-1 será necesario llevar a cabo una ranura en los muros tapón y cortar acero de refuerzo del muro, todo esto con el fin de descubrir un área de suelo en donde se introduzca el cajón. Estas ranuras se llevarán a cabo en etapas, correspondientes cada una al ancho del cajón metálico, dejando una sección de muro sin afectar en la cual se apoyará la estructura de empuje, la secuencia de hincado será de los extremos al centro.

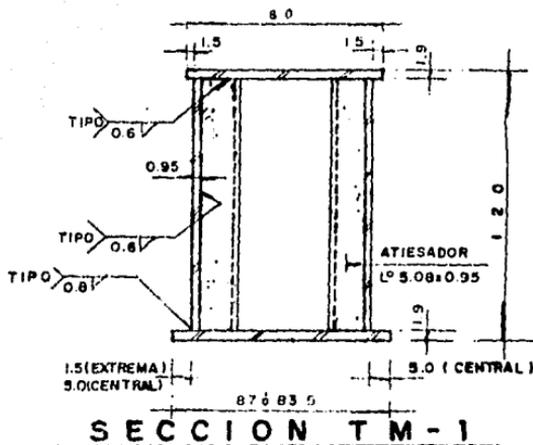
La función de los cajones metálicos es la de contener el techo de la excavación durante el proceso constructivo. Estos cajones tendrán una sección de 0.80×1.20 m. y estarán formados por cuatro placas metálicas. Como detalle importante estos cajones deberán tener dos "cejas" en su parte inferior y atiesadores en la parte inferior.



FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN

73

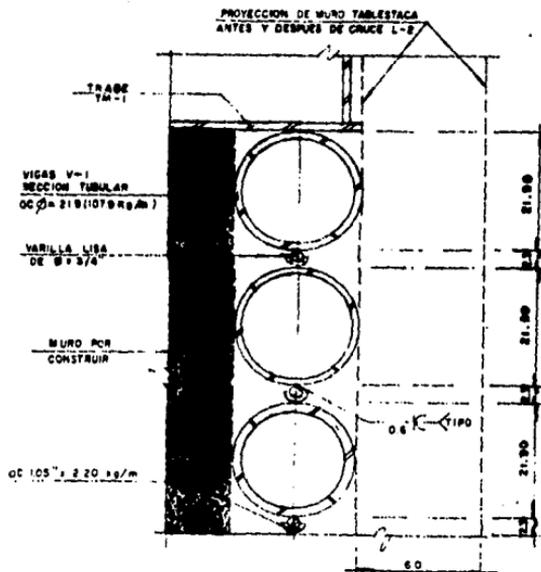


Para el hincado de estos cajones, será necesario instalar vigas IPR despatinadas en la parte superior y soldadas al muro tapón y la trabe-losa que sustentarán a la estructura que proporcionará la reacción y esta se conformará de cuñas constituidas por placas metálicas, vigas de madera ó acero y de dos gatos hidráulicos que deberán desarrollar en conjunto una fuerza de 180.0 ton. como mínimo, para el empujado de cada cajón. Estos cajones solo se deberán empujar del lado oriente y se unirán mediante placas metálicas que deberán soldarse simétricamente en las juntas, en el techo y el piso del cajón. No obstante que estos cajones se deberán colocar solo por un frente de ataque, se deberá prever ranuras simétricas en los muros tapón de la vialidad contraria para permitir la salida de los mismos. Este procedimiento se realizará para todas las traves TM-1. El izaje de las traves metálicas se realizará mediante dos tirfos que las sujetarán en los extremos, hasta colocarla en posición para unirse ó para hincarse. Al realizar la unión se deberá controlar por medio de medidas topográficas la correcta colocación y unión de las traves.

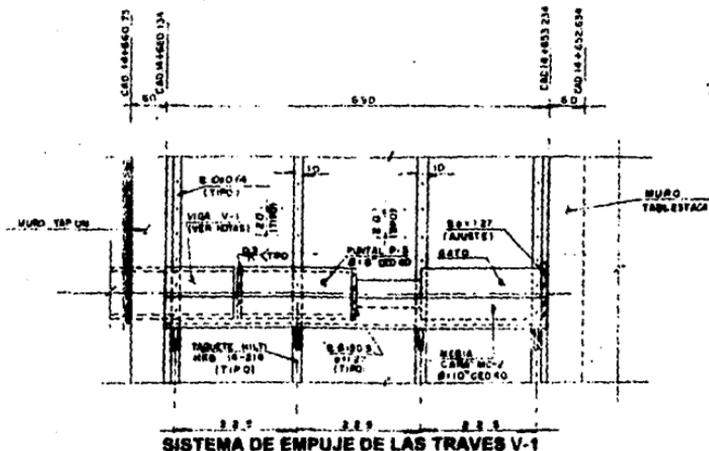
Este apuntalamiento es necesario para soportar el muro tapón y evitar que pueda voltearse al ser mayores los empujes del terreno al momento de hincar el sistema de ademe lateral, que se constituirá de secciones tubulares y guías longitudinales entre ellos, para lo cual se demolerán lateralmente ambos muros tapón (entrada y salida). Dichas ranuras se harán en tres partes iguales de la altura total del muro tapón. El hincado se realizará en la vialidad oriente y llevará la secuencia de arriba hacia abajo. El ademe se hincará por tramos de 2m. que deberá soldarse entre sí, para atravesar de lado a lado la zona del cruce.

Para realizar el hincado se requerirá una fuerza mínima de 48 toneladas para cada tubo, la cual deberá proporcionarse mediante gatos hidráulicos. Se deberá utilizar la cimbra Dalmine para instalar el equipo y los tubos en el lugar de empuje o realizar las uniones requeridas, también se necesitará soldar unas placas al armado del muro milán para posteriormente soldar unas ménsulas en ella, que son las que soportarán los tubos y proporcionarán la horizontalidad del mismo al ser hincado.

**SECCION
DE LA
TRABE
V - 1**

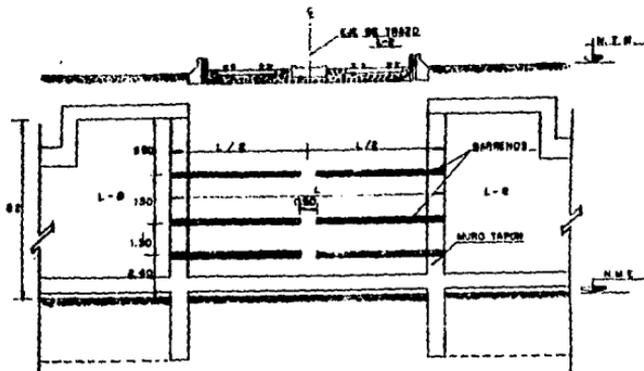


FALLA DE ORIGEN



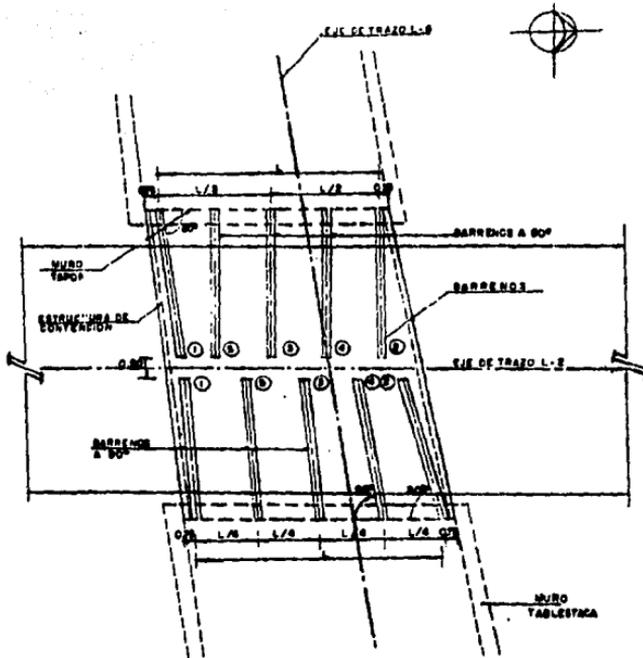
76

Al terminar el hincado de las traves V-1 en el lado norte y sur se procederá a realizar los barrenos para realizar la inyección de consolidación la cual tiene como objetivo, mejorar las condiciones de los materiales por excavar así como garantizar su estabilidad a base de inyecciones de agua-cemento-bentonita.



LOCALIZACION VERTICAL DE LOS BARRENOS

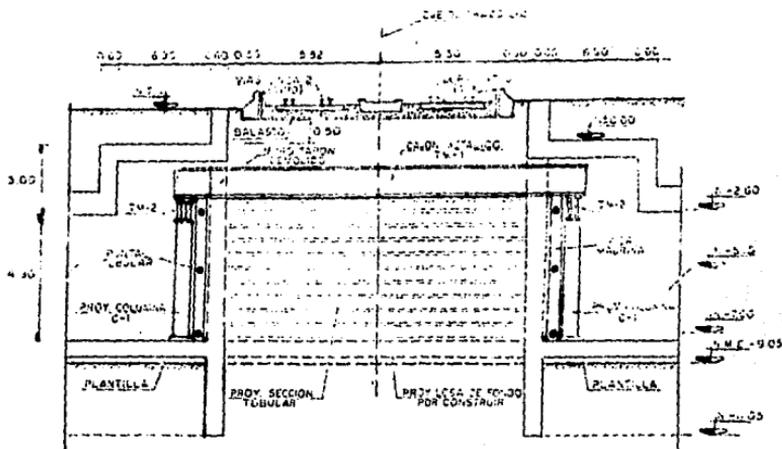
FALLA DE ORIGEN



PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS BARRENOS

Para llevar a cabo el proceso de inyección se efectuarán perforaciones horizontales (barrenos) en el terreno, para garantizar la estabilidad de los barrenos se instalará un ademe metálico. En cada uno de los barrenos se efectuarán tres fases de inyección, la inyección de vaina en la cual se harán progresiones de 1.0 m., la segunda fase que es el tratamiento de inyección que se realizará en progresiones de 0.8 m. y la tercera que será la inyección de bloqueo y que se efectuará en progresiones de 0.5 m. En las tres inyecciones se utilizará un mezcla de cemento-agua-bentonita en relación cemento-agua=0.33 con 20 % de bentonita, 0.67 y 5 % , y 3 % de acelerante de fraguado y 0.30 y 5 % de bentonita para lo cual se necesitarán presiones de 0.3, 0.5 y 0.7 kg/cm² respectivamente.

Terminada la inyección de consolidación del terreno se llevará a cabo la colocación de las vigas V-2 que formarán parte del apoyo externo y sobre la cual se deberán colocar los tres niveles de puntales. Asimismo se colocará las vigas metálicas externas TM-2, se deberá ranurar los muros tablaestaca a fin de alojarlas en ellos y proporcionar continuidad estructural. Posteriormente se colocarán las columnas C-1, garantizando que éstas reciban a las traveses o vigas portantes TM-2, sobre las cuales deberán apoyarse los cajones metálicos.



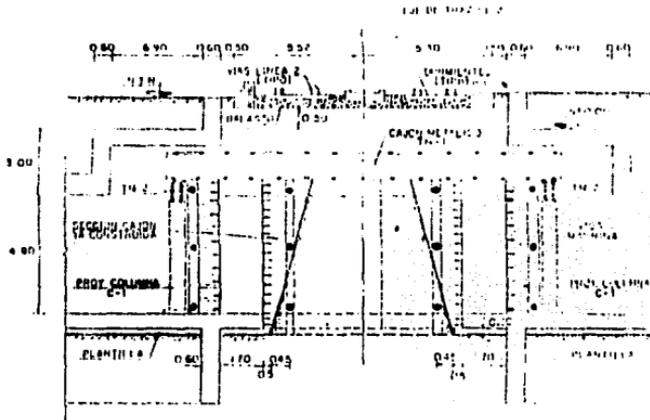
APOYOS EXTERNOS

En este momento se está en condición de iniciar la excavación de la primera etapa del cruce, para lo cual se demolerá el muro tapón oriente hasta la profundidad máxima de proyecto, debiendo conformar en el frente y durante todo el proceso un talud de 0.25:1. Durante este proceso de excavación se deberá colocar entre los cajones metálicos del techo, polines a manera de "cama" a todo lo largo del cruce, utilizando para ello las "cejas" de los cajones, esto con el fin de garantizar el contacto con el suelo confinado entre ellos, evitando desprendimientos del mismo.

FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

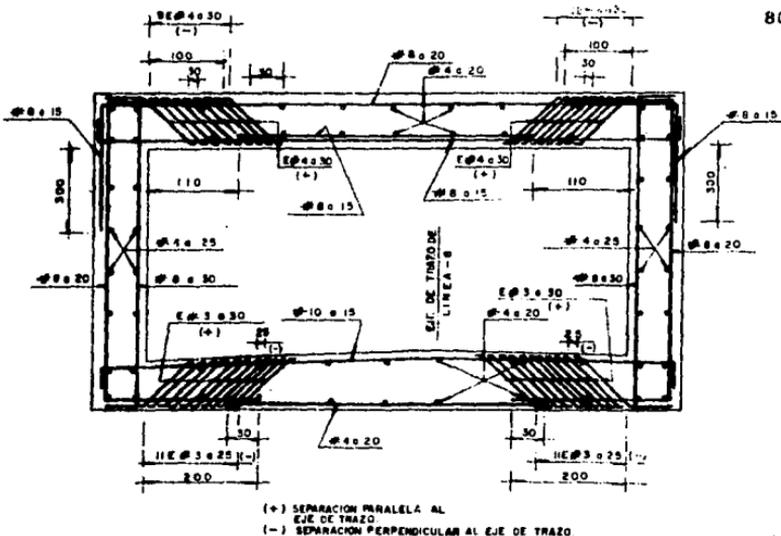
Concluida la excavación en su primera etapa, se procederá a colocar las vigas mdrinas V-3. Estas vigas se soldarán al ademe lateral, y se apuntalarán con tres niveles de puntales tubulares. Habiendo colocado estos puntales se estará en posibilidad de iniciar la excavación de la segunda etapa (lado poniente). Se demolerá el muro tapón, así mismo, y en ambas etapas se deberá proteger el talud de la excavación mediante la colocación de tela de alambre tipo gallinero y mortero. Al mismo tiempo se colará una plantilla y al alcanzar esta un 70% de su resistencia se realizará el armado y colado de la losa de la siguiente etapa.



PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA DE ESTRUCTURACION

Colada la losa de piso se continuará con el armado y colado de los muros estructurales. Estos muros se colarán contra el ademe lateral quedando ahogados los tubos durante esta actividad, debiendo dejar en ellos las preparaciones necesarias para su liga posterior con la losa de techo, posteriormente se cimbrará, armará y colará dicha losa contra el techo inferior de los cajones metálicos y la cama de polines.

FALLA DE ORIGEN



ARMADO DEL CAJON EN LA ZONA DE CRUCE

Durante la construcción de la losa de techo se deberán dejar las preparaciones necesarias para realizar posteriormente la inyección de contacto. Se continuará el proceso de estructuración realizando las excavación en la zona central al término del colado de las losas de techo de las etapas anteriores, debiendo al concluiría, colar la plantilla y su losa de piso. Se construirán los muros estructurales y la losa de techo de la zona central y posteriormente se retirarán los puntales de las vigas mdrinas V-3 para proceder finalmente a la construcción de la plantilla, losa de piso, muros y losa de techo en las dos franjas restantes.

A alcanzada la resistencia del cajón en los elementos de la zona del cruce se procederá a retirar las vigas mdrinas V-2 y sus puntales para proceder a cortar las vigas V-1 para realizar el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales que se unirán con las tablaestacas de las zonas adyacentes.

FALLA DE ORIGEN

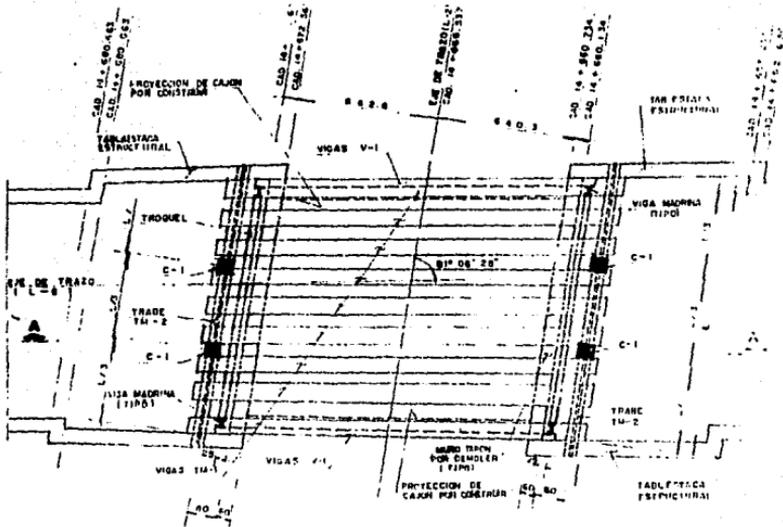
VI ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

En éste capítulo se presenta la justificación del diseño estructural de los diferentes elementos que constituyen el cajón que permite el paso de la línea 3 bajo la línea 2. Se hace notar que algunos de éstos elementos tendrán dos formas distintas de trabajo, una en la etapa constructiva y otra en la etapa definitiva de operación.

Para la primera etapa se tiene la posibilidad de aceptar esfuerzos de trabajo mayores; sin embargo, esta posibilidad no fué aprovechada por razones de seguridad y por el hecho de que las acciones son de una incertidumbre mayor.

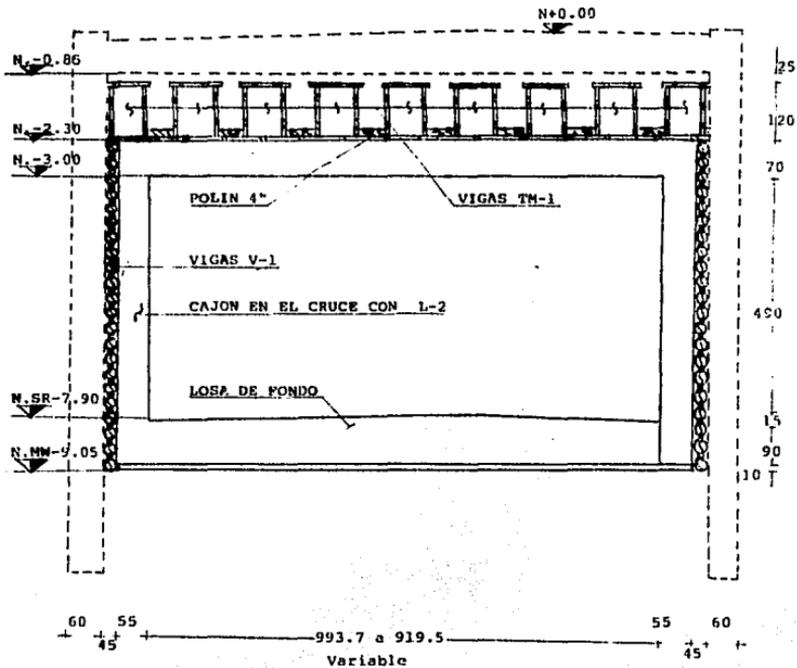
FALLA DE ORIGEN

84



PLANTA DE LOCALIZACION

FALLA DE ORIGEN



CORTE TRANSVERSAL A-A

FALLA DE ORIGEN

TRABE TM-1**Definición de cargas****⊕ Carga Muerta :**

Esesor del terraplón $1.6 + 1.2$ (Esesor de trabe)
 considerando separación centro a centro de trabes 1.28m
 Sección de la trabe $1.20 * 0.80\text{ m}$

$$w_m = ((2.80 * 1.28) - (.80 * 1.2)) * 1.6 = 4.192 \text{ Ton/m}$$

⊕ Carga de Vías :

Riel	39.807	*	2	=	79.614
Pista	68.334	*	2	=	136.668
Barra guía	44.36	*	2	=	88.72
Durmiente	162.20	*	1.666	=	269.25
Aislador	30.0	*	0.666	=	19.98

$$w_{\text{carril}} = 584.23 \text{ Kg/m} \approx 600 \text{ Kg/m}$$

Para dos carriles $600 * 2 = 1200 \text{ Kg/m}$

Para una viga $1200 * 1.28 = 1536.0 \text{ Kg/m}$

$$w_{\text{vias}} = 1536 \text{ Kg/m}$$

⊕ Balasto :

$0.5 * 2.0 * 1.28 = 1.28 \text{ ton/m} = 1280 \text{ Kg/m}$

$$w_{\text{balasto}} = 1280 \text{ Kg/m}$$

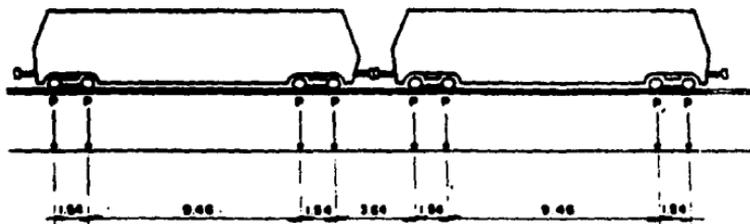
⊕ **Peso propio** (después se ratifica)

$$w_{pp} = 380 \text{ Kg/m}$$

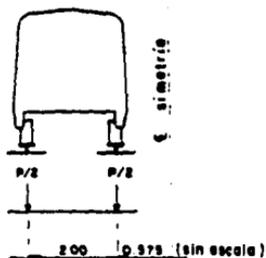
⊕ **Carga muerta total**

Terraplén	=	4192 Kg/m
Vías	=	1840 Kg/m
Balasto	=	1280 Kg/m
Peso propio	=	380 Kg/m

7372 Kg/m



a) VISTA LONGITUDINAL



b) SECCION TRANSVERSAL

⊕ Carga viva

Considerando un impacto de 30% la carga por eje y por carril es de 16 ton. que se supone distribuida en medio claro de 6.02 m

$$w_{viva} = \frac{16,000}{6.02} = 2,657.81 \text{ Kg/m} \approx 2,700 \text{ Kg/m}$$

Como las traveses están a cada 1.28 se supone que cada una debe ser capaz de soportar un eje.

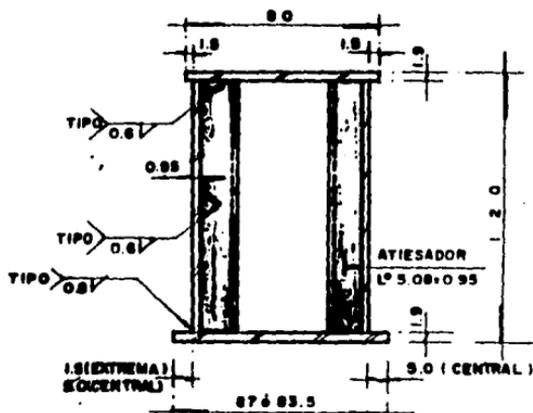
⊕ Carga total

$$W_{total} = 7,372 + 2,700 = 10,072 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Claro de la viga } L = 14.96 \text{ m}$$

REVISIÓN DE TRABE TM-1

Sección propuesta



PATINES

Relación ancho - espesor

$$\frac{b}{t} < \frac{2,000}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{68.1}{t} < \frac{2,000}{\sqrt{2,530}}$$

$$\frac{68.1}{t} = 39.76$$

$$t = \frac{68.1}{39.76} = 1.71 \text{ cm}$$

por lo tanto se propone $t = 1.90 \text{ cm}$ **ALMAS**

Relación ancho - espesor

$$\frac{b}{t} < \frac{984,000}{\sqrt{F_y(F_y + 1160)}}$$

$$\frac{116.2}{t} < \frac{984,000}{\sqrt{2,530(2,530 + 1,160)}}$$

$$\frac{116.2}{t} = 322.05$$

$$t = \frac{116.2}{322.05} = 0.365 \text{ cm}$$

por lo tanto proponemos $t = 0.635 \text{ cm}$

PROPIEDADES DE LA SECCION

$$I_x = 2\left((80 \cdot 1.9) \cdot (59.05)^2 + \frac{80(1.9)^3}{12} + \frac{0.035(116.2)^3}{12}\right)$$

$$I_x = 2(830,009.18 + 45.727 + 83025.378)$$

$$I_x = 1,226,180 \text{ cm}^4$$

$$A = ((80 \cdot 1.90) + (116.20 \cdot 0.635))2$$

$$A = (152 + 73.787)2 = 451.57 \text{ cm}^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{1,226,180}{80} = 20,438 \text{ cm}^3$$

PESO PROPIO

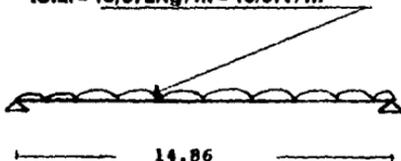
$$\text{Almas } ((0.00635 \cdot 1.162)7,900)2 = 116.583 \text{ Kg / m}$$

$$\text{Patines } ((0.019 \cdot 0.8)7,900)2 = 240.16 \text{ Kg / m}$$

$$\text{Ratificación del peso propio} = 116.583 + 240.16 = 356.74 \approx 360 \text{ Kg/m}$$

PESO TOTAL

$$w_{\text{total}} = 10,072 \text{ Kg/m} = 10.07 \text{ t/m}$$



$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{10.07(14.86)^2}{8} = 278 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{27,800,000}{20,436} = 1,360.34 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.6F_y = 0.6 \cdot 2,530 = 1,518 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{por lo tanto } f_b = 1,360.34 < F_b = 1,518$$

REVISION POR CORTANTE

$$R = \frac{wL}{2} = \frac{10.07(14.86)}{2} = 74.82 \text{ ton}$$

$$f_v = \frac{74,820}{2(116.2 \cdot 0.635)} = 507 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.4F_y = 0.4 \cdot 2,530 = 1,012 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{por lo tanto } f_v = 507 < F_v = 1,012$$

REVISION POR PANDEO (ALMA)

$$\frac{R}{t(N+K)} < 0.75F_y$$

$$K = 2.5\text{cm}(\text{Supuesto})$$

$$\frac{74,820}{0.635(N+2.5)} = 0.75(2,530)$$

$$\frac{74,820}{0.635(N+2.5)} = 1,897.5$$

$$\frac{74,820}{(0.635N+1.5875)} = 1,897.5$$

$$74,820 = 1,897.5(0.635N+1.5875)$$

$$74,820 = 1,204.91N + 3,012.28$$

$$N = \frac{74,820 - 3,012.28}{1,204.91} = 59.6(\text{Requerido})$$

$$N_{\text{perm}} = 30\text{cm} < N_{\text{requerida}} = 59.60\text{cm}$$

por lo tanto proponemos $t_w = 0.95$

$$K = 2.7\text{cm}$$

$$\frac{74,820}{0.95(N+2.7)} = 1,897.5$$

$$\frac{74,820}{0.95N+2.585} = 1,897.5$$

$$74,820 = 1,897.5(0.95N+2.585)$$

$$74,820 = 1,802.625N + 4,867.08$$

$$N = \frac{74,820 - 4,867.08}{1,802.65} = 38.80$$

$$N_{\text{permitida}} = 30 < N_{\text{requerida}} = 38.80\text{cm}$$

REVISION POR FLECHA

$$\delta = \frac{5wL^4}{384EI} < \frac{L}{360}$$

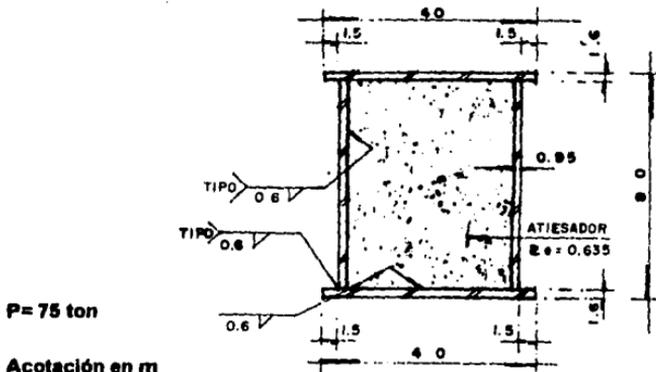
$$\delta = \frac{5(100.7)(1486)^4}{384(2,039,000)(1,226,180)} < \frac{1486}{360}$$

$$\delta = \frac{2.4551 \times 10^{15}}{9.6008 \times 10^{14}} = 2.55 < 4.13$$

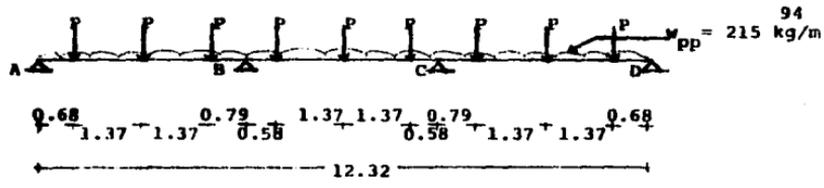
$$\delta = 2.55 < 4.13$$

VIGA TM-2

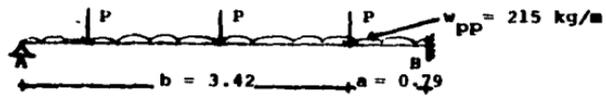
Se considera una viga continua de tres claros.



Se aprovecha la condición de simetría



BARRA A-B



Momento de empotramiento

$$M_{E_{B-A}} = \sum P \frac{a_i b_i^2}{L^2} + \frac{1}{2} \sum P \frac{a_i^2 b_i}{L^2} + \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{E_{B-A}} = \{ [(0.79)(3.42)^2 + 2.16(2.05)^2 + 3.53(0.68)^2] +$$

$$[(0.79)^2 \frac{3.42}{2} + (2.16)^2 \frac{2.05}{2} + (3.53)^2 \frac{0.68}{2}] \}$$

$$\frac{75}{(4.21)^2} + \left[\frac{0.215 \cdot 4.21^2}{8} \right] =$$

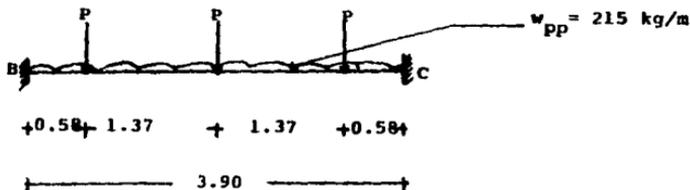
$$M_{E_{B-A}} = \{ (9.24 + 9.08 + 1.63 + 1.07 + 4.78 + 4.23) \cdot (4.23) \} + (0.48)$$

$$M_{E_{B-A}} = 127.03 + 0.48 = 127.51 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_{B-A} = \frac{3EI}{L} = \frac{3}{4.21} EI = 0.71 EI$$

BARRA B-C

95



Momento de empotramiento de B-C

$$M_{E_{B-C}} = \frac{Pab}{L} + \frac{PL}{8} + \frac{wL^2}{12} =$$

$$M_{E_{B-C}} = \frac{78(0.58)(3.32)}{3.9} + \frac{78(3.9)}{8} + \frac{0.218(3.9)^2}{12} = 37.03 + 36.56 + 0.27 = 73.8 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_{B-C} = \frac{2EI}{L} = \frac{2}{3.9} EI = 0.51EI$$

$$\gamma_{B-A} = 0.71EI$$

$$f_{d_{B-A}} = 0.58$$

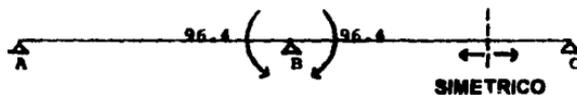
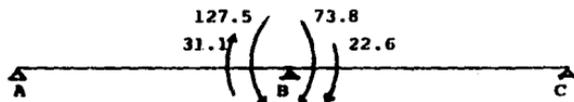
$$\gamma_{B-C} = \frac{0.51EI}{1.22EI}$$

$$f_{d_{B-C}} = \frac{0.42}{1.00}$$

$$M_D = 73.8 - 127.5 = -53.7 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M_{\phi_{B-A}} = 53.7(0.58) = 31.1$$

$$M_{\phi_{B-C}} = 53.7(0.42) = 22.6$$

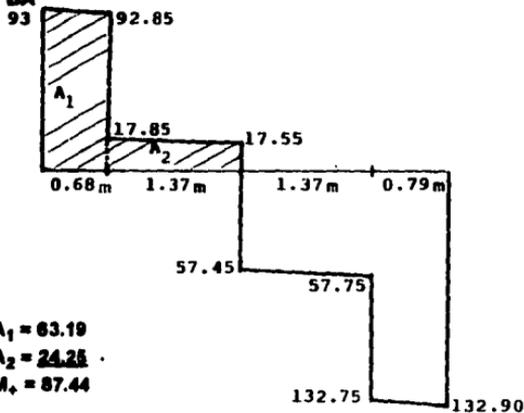


$$C = + \frac{96.4}{4.21} = 22.9$$

$$V_A = \frac{wl}{2} + \sum \frac{Pb}{l} - C = \frac{0.215 \times 4.21}{2} + \frac{75}{4.21} (3.53 + 2.16 + 0.79) - 22.9$$

$$V_A = 0.45 + 115.44 - 22.9 = 93 \text{ Ton}$$

$$V_{BA} = 0.215 \cdot 4.21 + 75 \cdot 3 - 93 = 132.90$$

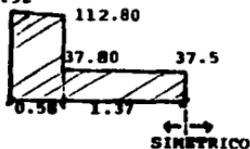


BARRA B-C

Por simetría $V_B = V_C = \sum \frac{W}{2}$

$$\frac{75 \cdot 3 + 0.215 \cdot 3.9}{2} = \frac{225 + 0.84}{2} = 112.92$$

$$V_{máx} = 112.92$$

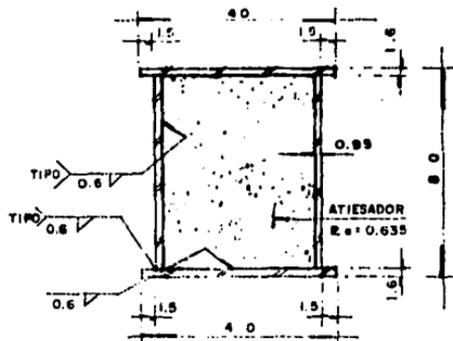


$$R_B = V_{BA} + V_{BC} = 93 + 112.9 = 205.9$$

$$A_1 = 65.46$$

$$A_2 = 21.22$$

$$M_s = 117.04 - 96.4 = 20.64$$

REVISION DE TRABE TM-2**SECCION PROPUESTA**

PATINES**RELACION ANCHO ESPESOR**

$$\frac{b}{t} < \frac{2,000}{F_y}$$

$$\frac{35.10}{1.6} < \frac{2,000}{\sqrt{2,530}}$$

$$22 < 39.76$$

ALMA**RELACION ANCHO-ESPESOR**

$$\frac{b}{t} < \frac{984,000}{\sqrt{F_y(F_y + 1,160)}}$$

$$\frac{76.8}{0.95} < \frac{984,000}{\sqrt{2,530(2,530 + 1,160)}}$$

$$80.84 < 322.05$$

PROPIEDADES DE LA SECCION

$$I_x = 2\left(\frac{40(1.6)^3}{12}\right) + (40 \cdot 1.6 \cdot 39.2^2) + \left(\frac{0.95(76.8)^3}{12}\right)$$

$$I_x = 2(13.65 + 98,344.96 + 35,861.30) = 268,439.82\text{cm}^4$$

$$A = ((40 \cdot 1.6) + (76.8 \cdot 0.95)) \cdot 2 = (64 + 72.96) \cdot 2 =$$

$$A = 273.92\text{cm}^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{y} = \frac{268,349.82}{40} = 6,708.75 \text{ cm}^3$$

$$f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{9,640,000}{6,708.75} = 1,437 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.6F_y = 0.6(2,530) = 1,518 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_b = 1,437 < F_b = 1,518$$

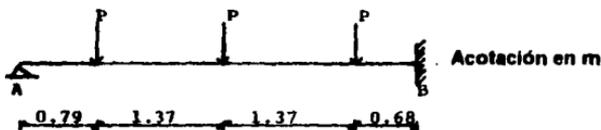
REVISION POR CORTANTE

$$V_u = \frac{V}{ht_w} = \frac{112,920}{(76.8 \cdot 0.95)^2} = 773.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_{adm} = 0.4F_y = 0.4 \cdot 2,530 = 1,012 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_u = 773.85 < V_{adm} = 1,012$$

REVISION POR FLECHA



$$\Delta_{\text{máx}} = 0.0169 \frac{PL^3}{EI} = 0.0169 \frac{75,000(421)^3}{2,039,000 \cdot 268,439.8} = \frac{9.457 \cdot 10^{10}}{5.47348 \cdot 10^{11}}$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0.173 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{per}} = \frac{L}{240} + 0.5 = \frac{421}{240} + 0.5 = 2.25 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0.17 < \Delta_{\text{per}} = 2.25$$

REVISION POR PANDEO

$$f_{\text{máx}} = \frac{R}{(N+K)t_w} < f_{\text{per}} = 0.75F_y$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{R}{(N+K)t_w} = \frac{112,920}{(N+0)(0.95 \cdot 2)} < 0.75(2,530)$$

$$\frac{112,920}{N(1.9)} = 1,897.5$$

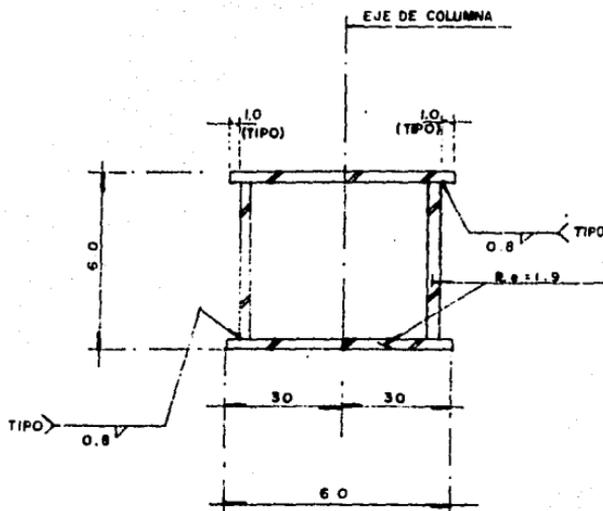
$$N = \frac{112,920}{1.9 \cdot 1,897.5} = 31.32$$

$$N_{\text{máx}} = 31.32 > N_{\text{per}} = 30$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{112,920}{31.32 \cdot 1.9} = 1,897.56$$

$$f_{\text{per}} = \frac{112,920}{30 \cdot 1.9} = 1,981$$

$$f_{\text{máx}} = 1,897.56 < f_{\text{per}} = 1,981$$

COLUMNA C-1

Carga soportada

$$R_B = 205.9 \text{ ton}$$

REVISION DEL ANCHO-ESPESOR

$$\frac{b}{t} < 39.7$$

$$\frac{60}{1.9} < 39.7$$

$$31.58 < 39.7$$

REVISION DEL ESFUERZO REAL

$$A = ((60 \cdot 1.9) + (56.2 \cdot 1.9))2 = (114 + 106.78) \cdot 2$$

$$A = 441.56 \text{ cm}^2$$

$$F_a = \frac{P}{A} = \frac{205.9}{441.56} = 0.466 \text{ ton/cm}^2 = 466 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K=1 \quad ; \quad L=5.15 \text{ m}$$

$$I_x = 2\left(\left((60 \cdot 1.9)(28.1)^2\right) + \left(\frac{60 \cdot 1.9^3}{12}\right) + \left(\frac{1.9 \cdot 56.2^3}{12}\right)\right)$$

$$I_x = 2(90,015.54 + 34.30 + 28,104.85) = 236,309.4 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{236,309.4}{441.56}} = 23.13$$

$$C = \frac{KL}{r} = \frac{1(515)}{23.13} = 22.27$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2(3.1416)^2 \cdot 2,100,000}{2,530}} = 128$$

$$C = 22.27 < C_c = 128$$

$$f_a = \frac{\left(1 - \left(\frac{(KL/r)^2}{2C_c}\right)\right)F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$$

$$f_a = \frac{(1 - (\frac{23^2}{2 \cdot 128^2}))2,530}{\frac{5}{3} + \frac{3 \cdot 23}{8 \cdot 128} - \frac{23^3}{8 \cdot 128^3}} = \frac{2,489.15}{1.74} = 1,430.55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_a = 1,430.55 > F_a = 466 \text{ Kg/cm}^2$$

CALCULO DE LAS FUERZAS DE EMPUJADO DE LOS CAJONES

Con base de la estatigrafía.

ANALISIS POR FRICCIÓN

Se considera la mayor fricción en el centro de la trabe TM-1

$$\sigma_y = ((1.20 \cdot 1.46) + (0.8 \cdot 1.35) + (0.95 \cdot 1.46)) = 4.22 \text{ ton/m}^2$$

$$f = \sigma_y \cdot s = \sigma_y \cdot \tan \phi$$

$$f = 4.22 \cdot \tan 15^\circ = 4.22 \cdot 0.2679 = 1.13 \text{ ton/m}^2$$

$$A_{\text{Lateral}} = (((1.2 \cdot 2) + (0.8 \cdot 2)) \cdot 11.829) = 47.32 \text{ cm}^2$$

$$F_f = A \cdot f = 47.32 \cdot 1.13 = 53.47 \text{ ton}$$

ANALISIS POR ADHERENCIA

$$C_{pp} = 2.5 \text{ ton/m}^2$$

$$F_a = A \cdot C_{pp} = 47.32 \cdot 2.5 = 118.30 \text{ ton}$$

ANALISIS POR FRICCIÓN POR EL PESO PROPIO

$$\text{Vol cajón} = (((0.80 \cdot 2\text{pzas} \cdot 0.019) + (1.162 \cdot 2 \cdot 0.0095)) \cdot (14.86))$$

$$\text{Vol cajón} = 0.7798 \text{ m}^3$$

$$\text{peso del cajón} = 0.7798 \cdot 7.9 = 6.16 \text{ ton}$$

$$w = \frac{F}{A} = \frac{6.16}{11.829 \cdot 0.8} = 0.65 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_v = 4.22 + 0.65 = 4.87 \text{ ton/m}^3 \quad ; \quad f = 4.87 \cdot \tan 15^\circ = 1.3 \text{ t/m}^2$$

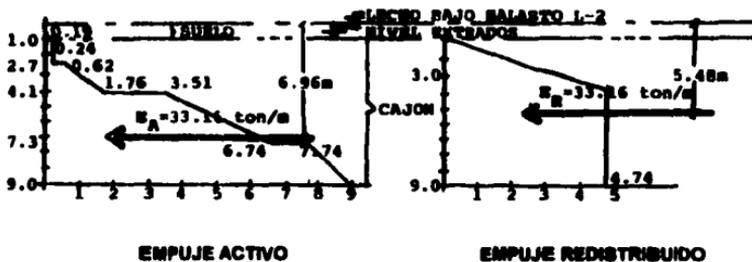
$$F_{\text{total}} = f \cdot A_{\text{lateral}} = 1.3 \cdot 47.32 = 61.62 \text{ ton}$$

$$F_{\text{total}} = 61.62 + 118.30 = 179.90 \text{ ton}$$

Por lo tanto considerando ambas secciones será necesaria una fuerza de 180 ton para empujar un solo cajón metálico.

TUBO V-1

Para el diseño del tubo V-1 se toman los diagramas de empujes activo y redistribuido.



Presión sobre un tubo $4.74 \text{ ton/m} \cdot 0.24 = 1.138 \text{ ton/m}$, los tubos se encuentran localizados verticalmente a 24 cm.

El claro de los tubos es $L/3 = 4.74 \text{ m}$

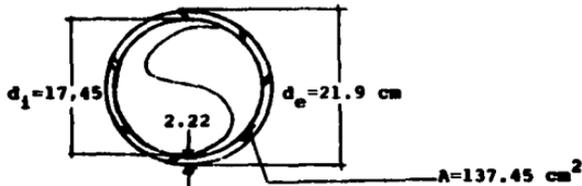
$$M = \frac{wL^2}{10} = \frac{1.138(4.74)^2}{10} = 2.65 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$V = \frac{wL}{2} = \frac{1.138(4.74)}{2} = 2.70 \text{ ton}$$

El peso del tubo es 107.9 Kg/m

$$\text{El área es } \frac{107.9}{0.786} = 137.48 \text{ cm}^2$$

El diámetro exterior es $8.62'' = 21.9 \text{ cm}$. ; $r_{\text{ext}} = \frac{21.9}{2} = 10.95$



$$A = \frac{\pi(21.9)^2}{4} - \frac{\pi(d_i)^2}{4} = 137.45 \text{ cm}^2$$

$$376.68 - \frac{\pi(d_i)^2}{4} = 137.45 \text{ cm}^2$$

$$d_i = \sqrt{\frac{(376.68 - 137.45) \cdot 4}{\pi}} = 17.45 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{\pi d_o^4}{64} - \frac{\pi d_i^4}{64} = \frac{\pi(21.9)^4}{64} - \frac{\pi(17.45)^4}{64} =$$

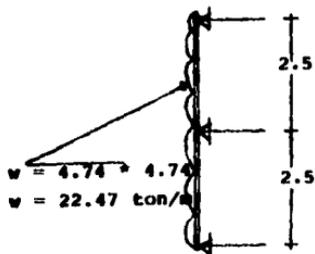
$$I_x = 11,291.36 - 4,551.47 = 6,739.89 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{r_o} = \frac{6,739.89}{10.95} = 616.52 \text{ cm}^3$$

$$f_a = \frac{M}{S_x} = \frac{286,000}{616.52} = 414.28$$

$$F_a = 0.6 F_y = 0.6(2,630) = 1,518$$

$$f_a = 414.28 < F_a = 1,518$$

VIGA MADRINA TIPO**VIGA DE 12" Ø IR**

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{22.47(2.5)^2}{8} = 17.55 \text{ t} \cdot \text{m}$$

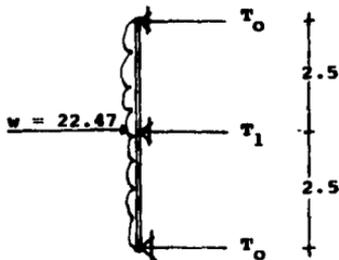
$$I_x = 21,832 \text{ cm}^4 \quad A = 122.78$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{21,832}{15.06} = 1,449.67 \text{ cm}^3$$

$$f = \frac{M}{S_x} = \frac{1,755,000 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1,449.67 \text{ cm}^3} = 1,210.62 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F = 0.6F_y = 0.6(2,530) = 1,518$$

$$f = 1,210.62 < F = 1,518$$

TROQUELES

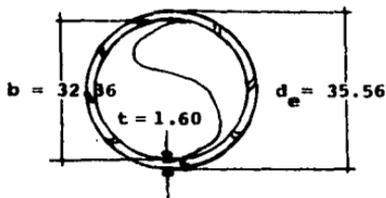
$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{22.47(2.5)^2}{8} = 17.55$$

$$T_o = \frac{3wl}{8} = \frac{3(22.47)(2.5)}{8} = 21.06$$

$$T_1 = \frac{10wl}{8} = \frac{10(22.47)(2.5)}{8} = 70.22$$

Se diseña con el momento máximo el cual regirá para los tres troqueles.

REVISION DE LOS TROQUELES
TROQUEL DE 14"



$$\frac{b}{t} \leq \frac{2,000}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{32,36}{1,6} \leq \frac{2,000}{\sqrt{2,530}}$$

$$20,23\text{cm} \leq 39,76\text{cm}$$

$$I_x = 24,660\text{cm}^4$$

$$A = 171\text{cm}^2$$

$$S_x = 1,390\text{cm}^3$$

F_a = Esfuerzo adm.

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{70,220}{171} = 410,64\text{Kg/cm}^2$$

$$F_a = 0,6(2,530) = 1,518\text{Kg/cm}^2$$

$$f_a = 410,64 < F_a = 1,518$$

REVISION POR PANDEO (EULER)

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Seg.pandeo}} = \frac{w}{8} = \frac{70,220}{6} = 11,703,33\text{Kg}$$

$$F_{\text{admisible}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Secciónbarra}} = \frac{F_{\text{pandeo}}}{A} = \frac{11,703,33}{171} = 68,44\text{Kg/cm}$$

$$68,44 \leq 900\text{Kg/cm}^2$$

CALCULO FUERZA DE EMPUJE ADEME TUBULAR V-1

Con base en la estratigrafía y considerando el hincado de los tubos através de arcilla.

$$F = C_{pp} \cdot \text{Area Total}$$

$$C_{PP(3.55-3.30)} = \frac{0.25(2.50) + 0.8(2) + 1.80(2.8) + 1.45(2) + 0.25(0) + 1.2(2.5)}{(9.30 - 3.55)} = \frac{13.17}{5.75} = 2.29 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Perimetro tubular} = \pi D = 3.1416(0.219) = 0.69 \text{ m}$$

(exterior)

$$\text{(Interior)} = 3.1416(0.178) = 0.55$$

$$\text{Area}_E = 0.69 \cdot L = 0.69 \cdot 11.629 = 8.10 \text{ m}^2$$

$$\text{Area}_I = 0.55 \cdot L = 0.55 \cdot 11.629 = 6.51 \text{ m}^2$$

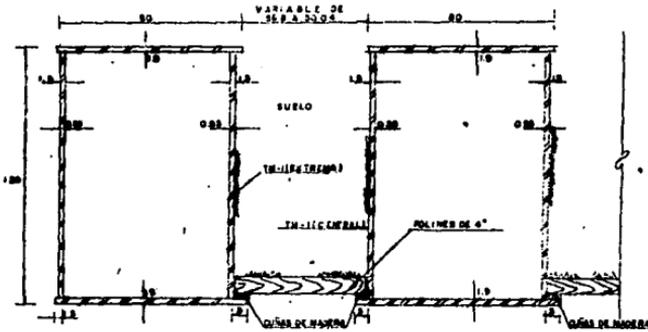
$$\therefore F = (8.10 + 6.51) \cdot 2.29 = 33.6 \text{ ton.}$$

Considerando resistencia del perimetro interior, exterior y la incertidumbre del terreno, se consideró necesario aumentar la fuerza requerida un 30% de su potencia, lo que nos da como resultado una fuerza de:

∴ La fuerza requerida es:

$$F=43.68 \text{ Ton}$$

$$F=46 \text{ ton. por tubo V-1}$$

POLINES INTEREDIOS

Considerando un polin de 4" = 10.16 cm

$$q = (0.1016)(8.144) = 0.83 \text{ ton/m}$$

$$q = 8.3 \text{ Kg/cm}$$

El esfuerzo de fluencia de la madera 70 Kg/cm².

$$M_{\text{máx}} = \frac{wl^2}{8} = \frac{8.3 \cdot 63^2}{8} = 4,117.84 \text{ Kg/cm}$$

Esfuerzo en las fibras extremas superior ó inferior.

$$f = \frac{M_{\text{máx}} \cdot C}{I} = \frac{4,118 \cdot 6}{\frac{1}{2}(10 \times 10)^3} = 24.7 \text{ Kg/cm}^2 < 70 \text{ Kg/cm}^2$$

VII CONCLUSIONES

La resolución de problemas constructivos planteados por el metro de la Ciudad de México ha representado un reto para los ingenieros mexicanos, por las difíciles condiciones del subsuelo, por la gran cantidad de instalaciones que se ven afectadas, por la necesidad de mantener en operación las vías que se cruzan, por la necesidad de garantizar la seguridad de los usuarios del metro, de los vecinos al sitio y de los trabajadores de la construcción.

Cada problema es distinto, tanto por las variables circunstancias del entorno en cada caso particular, como por las diferentes disponibilidades de recursos en cada caso. Por estas razones los ingenieros responsables de la construcción deben aguzar su ingenio y echar mano de los aportes de la experiencia.

Uno de los problemas que se tienen en el campo de la ingeniería mexicana es que son escasos los documentos escritos que describen experiencias en el ámbito de la construcción. Esta se debe a que en general los ingenieros especializados en construcción son poco inclinados a escribir, existe el prejuicio de que pueden ser criticados y de que sus experiencias pueden no tener trascendencia. Esta actitud es muy desafortunada por que como ya se dijo la experiencia de lo que han hecho otros es muy valiosa para los nuevos ingenieros que han de tomar nuevas decisiones .

El autor considera que este trabajo, aunque modesto, puede constituir una contribución útil para los futuros trabajos que se realicen en la expansión del Ferrocarril Metropolitano de la Ciudad de México.

• MEMORIAS DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

EDITADO POR: COVITUR

• EL METRO UNA SOLUCION AL TRANSPORTE URBANO.

AUTOR: ESPINOZA ULLOA
EDITORIAL: INTERAMERICANA

• EL METRO DE MEXICO.

EDITADO POR: SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

• LINEA 8 PRIMERA ETAPA GARIBALDI-CONSTITUCION DE 1917.

EDITADO POR: SECRETARIA GENERAL DE OBRAS
COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO
COORDINACION GENERAL DE TRANSPORTE Y SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.

• CRECIMIENTO DE PUESTA EN OPERACION DE REDES DE FERROCARRILES URBANOS.

EDITADO POR: SECRETARIA GENERAL DE OBRAS Y COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO.

- **PROGRAMA MAESTRO DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO.**

EDITADO POR: DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
SECRETARIA GENERAL DE OBRAS Y COMI-
SION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO.

- **CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS DEL VALLE DE MEXICO.**

EDITADO POR: COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO.

- **CONSTRUCCION DEL METRO EN SU TRAMO CHARACANO-OSERA.**

EDITADO POR: COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO.

- **ESPECIFICACIONES PARA EFECTUAR PUNTEOS DE DUCTOS DE TELMEX, AGUA POTABLE Y COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA, QUE INTERPIEREN EN LA CONSTRUCCION DEL CAJON DEL METRO EN EL TRAMO CHABACANO-OBREERA, PERTENECIENTE A LA LINEA 8 DEL METRO.**

- **ESPECIFICACION PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA ZONA DEL CRUCE DEL CAJON DEL METRO EN LA LINEA 8 CON LA ESTRUCTURA PERTENECIENTE A LA LINEA 2 Y CON LA CALZADA SAN ANTONIO ABAD PERTENECIENTE AL TRAMO CHABACANO-OBREERA 91-MS-500863-III-12-111-e.**

- **SEGUNDA ALTERNATIVA PARA EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EN LA ZONA DEL CRUCE DEL CAJON DEL METRO DE LA LINEA 8 CON LA ESTRUCTURA PERTENECIENTE A LA LINEA 2 Y CON LA CALZADA SAN ANTONIO ABAD PERTENECIENTE AL TRAMO CHABACANO-OBREERA 92-MS-500863-III-19-366-e.**

- **ESPECIFICACION PARA LA INSTRUMENTACION DEL CRUCE DE LA LINEA 8 CON LA LINEA 2 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO 91-MS-500863-III-11-110-e.**

- **ESPECIFICACION PARA LA INYECCION DE CONSOLIDACION DEL SUELO EN EL SITIO DE CRUCE DE LA LINEA 8 CON LA LINEA 2 DEL METRO 91-MS-500863-III-13-127-e.**