



24 4

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
DEL METRO CON MUROS A BASE DE
TABLESTACAS PRECOLADAS"**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

presenta

RICARDO AGUILAR MENDOZA

MEXICO, D.F.

1986



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.

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL METRO CON MUROS A
BASE DE TABLETAS PRECOLADAS"**

C O N T E N I D O

Introducción

- I. Antecedentes**
- II. Proceso constructivo**
- III. Comparación económica contra el proceso tradicional
(muro milan colado en el sitio)**
- IV. Conclusiones y recomendaciones.**

INTRODUCCION

En la ciudad de México el problema del transporte colectivo es uno de los de mayor importancia, ya que para transportarse del lugar de residencia a los centros de trabajo se pierde mucho tiempo, debido a que no es suficiente el transporte colectivo existente, como son:

autobuses, trolebuses, metro y peseros.

Es por eso que el Gobierno de la República se vio obligado a mejorar e incrementar el Transporte Colectivo por lo que se procedió a ampliar las líneas del Metro existentes e incrementar el número de ellas con rutas cuidadosamente estudiadas.

La Ingeniería y la técnica mexicana está siempre buscando y aplicando nuevos y variados procedimientos constructivos. El que en este caso presento es el empleo de precolados en la estructura de contención del Metro tipo Cajón, pues en los inicios de la construcción del Metro de esta Ciudad, dicha estructura se realizó utilizando muros milán colados en sitio.

Así pues, describo el procedimiento constructivo del Metro tipo cajón utilizando precolados como estructura de contención que se realizó en parte del tramo entre estación La Villa-Martín Carrera de la ampliación de la línea 6 oriente del Metro.

La información que presento, la obtuve realizando visitas a la obra, donde aclaraba dudas con los residentes y con los encargados del tramo correspondiente, así como de notas y datos de ISTME y COVITUR.

En el capítulo I, sobre antecedentes, menciono algunos datos de la historia del transporte colectivo en nuestra ciudad y particularmente del Metro; hablo de la necesidad que se tuvo para empezar la construcción de tan eficiente y necesario medio de transporte y, lo que aún persiste para seguir ampliando el Sistema de Transporte Colectivo Metro; así como los estudios y normas concernientes para la elección del tipo de línea (superficial, subterránea, elevada o la combinación de ellas).

En el capítulo II, describo la parte fundamental de este trabajo: procedimiento constructivo del Metro tipo cajón utilizando precolados que se emplearon en una parte del tramo entre estación La Villa-Martín Carrera de la línea 6 oriente del Metro.

En el capítulo III, hago un desglose de conceptos de precios unitarios de la estructura del Metro tipo cajón con muros milán colados en sitio obteniendo el costo por metro lineal de dicha estructura y, con lo que al final de este capítulo hago un análisis comparativo de costos de muros milán colados en sitio contra muros precolados (módulos de 2.50 metros).

En el último capítulo, expreso mis conclusiones respecto a la información que describí en los capítulos anteriores, así como algunas recomendaciones para obras de este tipo que se realicen posteriores a ésta.

CAPITULO I
ANTECEDENTES

A N T E C E D E N T E S

La historia del transporte de la Ciudad de México se ha venido desarrollando desde una vía acuática hasta una red vial, formada por una cantidad considerable de avenidas importantes.

Las soluciones adaptadas a la Ciudad de México, semejante a las de otras grandes urbes, principalmente en causadas al tránsito de automóviles, demostraron:

a) Que el aumento del transporte sin planeación solo agrava los problemas del tránsito, las pérdidas de tiempo, el desgaste excesivo de los vehículos aumentando también el problema de la contaminación.

En 1979, se contaba con una población de 14 millones de personas en la zona metropolitana, dentro de la cual al D.F. le correspondían 9 millones de habitantes y en él se generaban 18 millones 400 mil viajes.

Los medios con que disponía la ciudad para movilizar tal cantidad de viajes eran: los autobuses, que participaban con 50.8% del total, los taxis con el 13%, el Metro con el 11.4%, los trolebuses y tranvías con el 3.3%, los automóviles con el 19.2% y otros vehículos que incluían bicicletas y motocicletas participaban con el 2.3%.

Conviene observar que, de los casi 2 millones de vehículos, solamente el 3% eran de transporte colectivo y efectuaban el 79% de los viajes, en cambio el 97% del res

to de vehículos, compuestos básicamente por automóviles particulares, sólo atendían el 21% de los viajes. Se puede decir que aquí radicaba el origen del problema de la vialidad y el tránsito, por lo que gran parte de la solución consistía en invertir dicha situación con el fin de incrementar el número y la eficiencia de los vehículos colectivos y constituir una alternativa viable para los que se transportaban en automóviles.

Como es conocido el hecho de que el Metro, a pesar de su gran eficiencia como medio de transporte, no puede por sí solo resolver la totalidad de los viajes, por lo que se requiere de una integración con los otros. Asimismo, para que el transporte de superficie sea eficaz deberá contar con una adecuada y suficiente infraestructura vial.

Por tal motivo, paralelamente a la construcción de las líneas del Metro, se deberá complementar con la construcción de ejes viales y una adecuada circulación de las calles, para que con esto se mejore el transporte de superficie.

La Red de Transporte Colectivo Metro se inicia con dos líneas principales perpendiculares entre sí y se desarrolla mediante la construcción de líneas paralelas; formándose una cuadrícula que cubre progresivamente el área urbana.

A causa del crecimiento desmesurado de la ciudad pro

vocado por el aumento demográfico y la falta de planeación y zonificación adecuada del área metropolitana y zonas ve ci nas, fue necesario construir nuevas líneas y ampliar las ya existentes con el fin de aumentar la capacidad del Me tro y así mejorar el transporte colectivo, logrando una re duc ción de tiempos de recorrido y ahorro de combustible y reducir la contaminación ambiental.

Para realizar lo anterior se efectuaron los estudios necesarios y normas conducentes a la protección de la vi da, seguridad, comodidad y rapidez en el tránsito de vehícu los y transporte de carga.

Los estudios concernientes a esta ampliación se reali zaron de acuerdo a los principios fundamentales que deben considerarse en una red de Metro, que son:

- 1) Tránsito
- 2) Operación
- 3) Construcción

Tránsito: se tomaron en cuenta las corrientes de circu lación ya establecidas por las que se transitan a diario los más importantes volúmenes de pasajeros; el paso del Me tro por las zonas de mayor densidad de población y el oto rga mien to de servicios a las áreas más congestionadas, sus titu yendo o complementando en gran parte los medios de trans porte de superficie.

Operación: para una operación óptima se ha procurado captar el mayor número de pasajeros buscando el lugar ade

cuado para lograr un movimiento regular de usuarios.

Construcción: se estudiaron y consideraron cuidadosamente el trazo, evitando al máximo la inversión económica y las molestias que representan las desviaciones de tránsito durante la construcción. Asimismo se analizaron detalladamente las ventajas y desventajas de las soluciones elegidas, comparándolas con otras alternativas de trazo y sistemas constructivos.

El Metro con sus grandes ventajas por si sólo, no resuelve el problema del transporte urbano, forma parte de un todo constituido por el transporte de superficie: autobuses, trolebuses, tranvías y taxis.

Después de analizar 30 alternativas de trazo propuestas, se seleccionó una que cubriera las necesidades más urgentes de transporte colectivo y solucionar al mismo tiempo los problemas de congestión del primer cuadro y centro de la ciudad.

Se construyeron dos líneas básicas y una tramo de una tercera línea. La construcción fue mixta, combinando vías de tipo superficial y subterráneo. Se pusieron en servicio en los años 1969 y 1970.

Con estas primeras líneas se estimó que podía transportar un máximo de un millón 550 mil pasajeros al día. Esta cifra fue registrada en los tres primeros años de operación del sistema.

El número de pasajeros siguió en aumento llegando en 1977 a transportar 2 millones 300 mil pasajeros al día, saturándose el sistema, por lo que se inició su ampliación el 27 de agosto de 1977.

En 1978 la actual administración, actualizó el Plan Maestro del Metro que prevee la dotación a los habitantes de la Ciudad de México en el año 2010 de una red con 378 km. de longitud en la que operarían 807 trenes en 21 líneas y con intervalos mínimos de 100 segundos en las horas de máxima demanda, teniendo una capacidad de transportación de 24 millones de pasajeros al día. Posteriormente se vió la conveniencia de aumentar los alcances del Plan Maestro del Metro y construir sistemáticamente 15 km. por año para conformar una red de 444 km.

Al evaluar las alternativas para la ampliación del Metro de la Ciudad de México se desarrollaron diferentes elementos de investigación de operación y análisis de sistemas para determinar los factores económicos y técnicos de las alternativas propuestas. El procedimiento de evaluación permitió simular cada alternativa empleando modelos que corresponden a las necesidades previstas, siendo estos, los que a continuación se describen:

El Modelo de Generación de Viajes

Este modelo se basa en una zonificación realizada sobre el área Metropolitana de la Ciudad de México, ha de predecir el número de viajes que se generarán en cada zona para

cada horizonte del proyecto. El modelo calcula el número de viajes que se generarán por día y en la hora de máxima demanda, en concordancia con el crecimiento de la población y el número de vehículos particulares de cada zona.

El Modelo de Distribución de Viajes.

Con los viajes diarios u horarios resultantes del modelo anterior, se pueden calcular los destinos de los viajes generados en cada zona, mediante este modelo, obteniéndose finalmente la matriz origen-destino del área analizada, incluyendo todas las subdivisiones involucradas.

Todas las expresiones correspondientes a los modelos anteriores, se calibran con información veraz y confiable obtenida a través de encuestas, aforos y otros tipos de mediciones similares.

El Modelo de Asignación de Viajes.

Es una herramienta que permite determinar en cada movimiento origen-destino, el mejor recorrido sobre el sistema de transporte planteado, los datos que alimentan al modelo, comprenden una matriz entre cada pareja de zonas, la red de transporte que une las zonas y datos del control del modelo que definen las velocidades y tiempos de espera en los elementos de la red.

CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL TIPO DE LINEA

El sistema lo constituyen estructuras de tipo subterráneo, bien sea en cajón o en túnel, superficial y elevada. Para la selección de cada uno de estos tipos se tomaron en cuenta los siguientes factores en términos generales:

- Costo de obra civil por kilómetro.
- Tiempo de ejecución de la obra civil.
- Obstrucción de la vía pública durante la ejecución.
- Interferencias con los servicios municipales.
- Conservación de obras y equipo.
- Mantenimiento de la vía.
- Paisaje urbano: aspecto estético y barrera física.
- Futura disponibilidad vial.
- Libramientos viales perpendiculares inducidos.
- Selección adecuada del procedimiento para construcción de un túnel.

Por lo que respecta al costo de la obra civil, el más alto corresponde a la línea subterránea, bien sea en cajón o por medio de un túnel, en tanto que el costo de la línea superficial es cercano al de la solución elevada. Aparentemente la línea superficial parece ser más económica que la elevada; sin embargo, al adicionar a ésta el costo de los desvíos, de la limitación del derecho de vía de 10 metros de ancho, de la construcción de las estaciones cuyas áreas de servicio son subterráneas y de los pasos a desnivel perpendiculares cuya frecuencia es en promedio de un

paso a desnivel por cada kilómetro aproximadamente su costo resulta cercano al de la línea elevada.

Por lo que respecta a los tiempos de construcción la velocidad para la solución subterránea es del orden de 90 a 110 metros por mes, para la solución elevada es de 70 a 90 metros por mes, por lo que se puede observar que para la solución subterránea la velocidad de construcción es ligeramente mayor que la de la elevada. Por lo que toca a la solución superficial, los rendimientos que se alcanzan son de 130 a 150 metros por mes. Las velocidades antes mencionadas son desarrolladas por un solo frente de trabajo.

En cuanto a la obstrucción de la vía pública durante la construcción, la solución que causa mayores problemas es la subterránea, reduciéndose éstas en la solución elevada.

Las interferencias con instalaciones municipales son totales en el caso de la línea subterránea, obligando en ocasiones a desvíos importantes de grandes colectores o de redes de distribución de agua. Estas interferencias causan menos problemas en los tramos elevados y superficial.

Por lo que respecta a la conservación y mantenimiento de los equipos, la solución subterránea presenta mejores condiciones que la superficial y la elevada debido a que los equipos no están expuestos a la intemperie.

Un factor muy importante es el del paisaje urbano ya

que el aspecto estético se altera de acuerdo con el tipo de solución elegida. La magnitud de la alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la calle, así por ejemplo, el problema causado por la línea elevada se acentúa en calles de ancho menor de 40 metros, en tanto que en la solución superficial se requiere un ancho mínimo de 50 metros para lograr soluciones satisfactorias. Además, se debe tomar en cuenta el tipo de zona - por la que atraviesa la línea, industrial, comercial o residencial, el tipo de usuarios a quienes beneficiará y la formación de una barrera continua que no existe para el tipo de soluciones elevadas o subterráneas.

En lo referente con la futura disponibilidad vial la solución subterránea no afecta, en tanto que la solución superficial ocupa un ancho equivalente a tres carriles de circulación y la elevada ocupa solamente dos.

Por lo que respecta a libramientos perpendiculares inducidos, la solución superficial genera problemas en cruces importantes, cuyas soluciones viales repercuten en la construcción de estructuras subterráneas o elevadas para salvar el obstáculo que representa la línea.

Por lo que se refiere a la solución adecuada del procedimiento para la construcción de un túnel, es necesario hacer los estudios geotécnicos necesarios y suficientes, para elegir en primer lugar un trazo adecuado de una línea de Metro, y posteriormente poder seleccionar el procedimiento

constructivo y la maquinaria más idónea a emplear; por ejemplo: excavar un túnel por métodos convencionales o la posibilidad de utilizar alguna máquina integral de perforación de tuneles (escudos).

Además para una línea profunda de Metro hay que preveer aspectos importantes, tanto para comodidad del usuario como de operación: escaleras mecánicas en las estaciones y adecuados sistemas en casos de alguna falla.

ESTUDIO DEL SUBSUELO PARA EL DISEÑO DEL METRO

Un factor muy importante es conocer la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo a lo largo del eje de trazo de una línea del Metro, para así poder ra tificar la decisión del tipo de estructura que se uti lizará.

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

El criterio que se establece para determinar el tipo y la profundidad de cada exploración, consiste en realizar por lo menos un sondeo inalterable en los si tios donde se construyen estructuras importantes; como: estaciones, edificios, etc. Los sondeos alterados se llevan a cabo con el objeto de determinar con más preci sión la estratigrafía del subsuelo; la profundidad de éstos es igual que la de los sondeos inalterados, ya que de esta manera se pueden correlacionar perfectamente.

AMPLIACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

El Plan Maestro del Metro como parte del Plan Rector de Vialidad y Transporte, elaborado por el Departamento del Distrito Federal viene a constituir lo que se ha llamado la columna vertebral del sistema de transporte colectivo en la Ciudad de México.

A efecto de continuar la ampliación de la red del Metro de la Ciudad de México, en 1977, se procedió al análisis y actualización de los problemas de vialidad y transporte tomando en cuenta el crecimiento demográfico, territorial y el número de vehículos acaecido de 1965 a 1977, así como también las obras viales realizadas durante ese periodo. Se estableció así un diagnóstico de la problemática urbana que se puede resumir en la forma siguiente:

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

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

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

- Cubrir las zonas con mayor densidad demográfica y de escasos recursos económicos.
- Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo por medio de rutas e interconexiones.
- Intercomunicar los principales centros de actividad.
- Permitir la reestructuración progresiva de los transportes de superficie en coordinación con el Metro.
- El trazo de las líneas no debe perjudicar o anular la vialidad existente.
- En donde la latitud de la avenida permita la integración de la solución vial con el Metro se deberá implementar.
- El trazo de las líneas debe dar servicio en los lugares donde la demanda sea mayor de 10 mil pasajeros por hora.
- Evitar la entrada de autobuses foráneos y suburbanos al centro de la Ciudad.
- Posibilidades físicas para la construcción de las estructuras.

Particularmente describo la ampliación de la línea 6 oriente del Metro:

Como la línea 6 era muy corta se amplía hacia Martín

Carrera, para dar conexión con la línea 4 y así dar otra alternativa de acceso y distribución a la población que baja de Ecatepec y del nor-oriente de la Ciudad y del Estado de México.

Para el horizonte 1988 se tiene pronosticado la captación de 291,769 vpd (viaje/persona/día), considerando, que la alimentación procedente del Estado de México se seguirá dando por Indios Verdes.

Para el horizonte 1994, se tendrá una captación probable de 445,661 vpd, considerando además la alimentación por Indios Verdes si se tuviera otro corredor alimentador a través de un suburbano de Ecatepec.

La línea 6 oriente del metro, tiene una longitud de 4.683 kilómetros.

Su construcción se realizó con el procedimiento de cajón subterráneo y excavación a cielo abierto.

Se utilizaron muros de contención (milán y de acompañamiento), también se utilizaron muros precolados de acompañamiento (parte del tramo entre estación la Villa-Martín Carrera), y, se construyeron techos a base de tabletas prefabricadas.

Este tramo corre de poniente a oriente y su trazo se inicia en la calle de Caldas, sigue por Ricarte, cruz la calle de Chosica y continúa sobre colector 13, atraviesa la avenida I.P.N. reincorporándose a Ricarte en la calle de

Manto, cruza Insurgentes norte, continúa bajo las instalaciones del Deportivo 18 de marzo, cruza por calzada de los Misterios y calzada de Guadalupe, sigue por el patio de vías de FF.CC. Nacionales de México de la antigua estación de carga La Villa y por la calle Alberto Herrera hasta la calle de Fausto Romero donde atravieza el módulo 37 de Ruta 100, llega a la avenida San Juan de Aragón hasta la calle de J.J. Alvarez, donde se construyó el muro tapón.

Cuenta con 4 estaciones.

Lindavista, es una estación de paso ubicada entre las calles de Chosica y avenida Politécnico Nacional, calle Ricarte y los terrenos del IMSS.

Basílica, es una estación de transbordo con la línea 3 norte, y está ubicada entre la avenida Insurgentes norte y la calle Habana, abajo del Deportivo 18 de marzo, del Sindicato de Trabajadores del Departamento del Distrito Federal.

La Villa, está considerada a futuro como una estación de transbordo con una línea comprendida dentro del Programa Maestro del Metro, está situada entre la calzada de los Misterios y la calle de Ricarte, con la intersección con la calzada de Guadalupe.

La estación Martín Carrera, hará transbordo con la línea 4 norte, se encuentra sobre la avenida San Juan de Aragón entre la calle de Francisco Coss y la avenida Ferrocarril Hidalgo.

Con la construcción del tramo se ha restituido la vialidad en las calles y avenidas por donde pasa el trazo del Metro de la línea 6 oriente. Así mismo, se restituye ron los paraderos de la estación Martín Carrera, obtenién dose así un beneficio en la vialidad de la zona nor-oriente de la Ciudad de México.

CAPITULO II

PROCESO CONSTRUCTIVO

B R O C A L E S

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto de concreto reforzado colado en sitio, cuyos objetivos son retener los rellenos sueltos en el terreno, servir de guía al equipo de excavación donde se colocarán los muros precolados y, proporcionar una superficie de rodamiento para la maquinaria o equipo.

Para su construcción, primero se deben excavar las zanjas donde se alojaran posteriormente los muros de acuerdo a los alineamientos del proyecto de trazo. Su profundidad es variable dependiendo del espesor de los rellenos deben tener como mínimo 1.50 metros. El ancho para muros precolados de 0.55 metros de espesor debe ser de 0.60 metros.

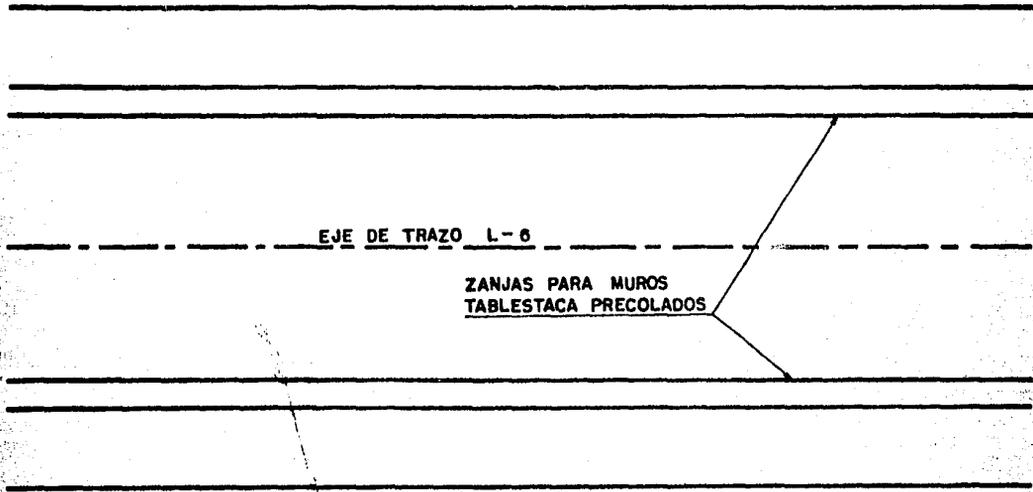
Para colar las ramas verticales del brocal es necesario el uso de cimbra con el objeto de evitar las irregularidades que dificultarían el funcionamiento de las máquinas excavadoras. La cimbra de un lado se apoya contra la del otro por medio de puntales de madera de sección cuadrada de 10 cm. x 10 cm. colocándose a cada 2 metros de separación horizontal y se deberán tener en dos niveles en sentido vertical cuando la altura del brocal sea de 1.50 metros, y en tres o más niveles cuando la altura sea mayor.

Las ramas horizontales son pequeñas losas que tienen un ancho variable, que está en función de la altura de las ramas verticales y de las condiciones del terreno y es

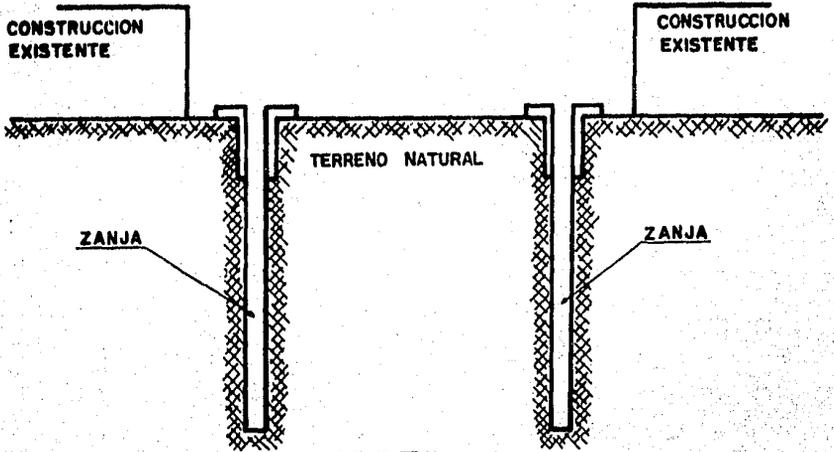
tal que debe garantizar que no habrá peligro de volteo durante la excavación y que el brocal quede bien apoyado, siendo un ancho mínimo de 0.50 metros.

El espesor de los brocales es de 0.15 metros y el armado se hace con una parrilla formada por varillas del número tres, colocadas en ambos sentidos con una separación entre ellas de 30 cm.

El concreto que se utiliza es de $f'_c=150 \text{ Kg/cm}^2$ con agregados de $3/4$ de pulgada máxima y revenimiento 10 cm., la figura Nº 1, nos muestra un esquema de los brocales. Una vez que se han colado y descimbrado los brocales se colocan las compuertas de madera que sirven para aislar el tramo de zanja guía correspondiente a la longitud del muro constituido por tres paneles precolados que se colocarán después de haber introducido en la zanja los lodos, tanto bentonítico como fraguante. Estas compuertas tienen una altura igual a la del brocal guía correspondiente y un ancho igual a la separación entre las ramas verticales del mismo. Cada tramo aislado se llena en seguida con lodo bentonítico hasta alcanzar un nivel de 0.80 metros abajo del borde superior del brocal, este mismo nivel se mantiene constante durante todo el proceso de excavación y colocación de las tabletas precoladas posteriores.



PLANTA



CORTE

FIG. N.º 1
PRIMERA ETAPA

ESCAVACION DE LAS ZANJAS E INTRODUCCION DE LOS LODOS

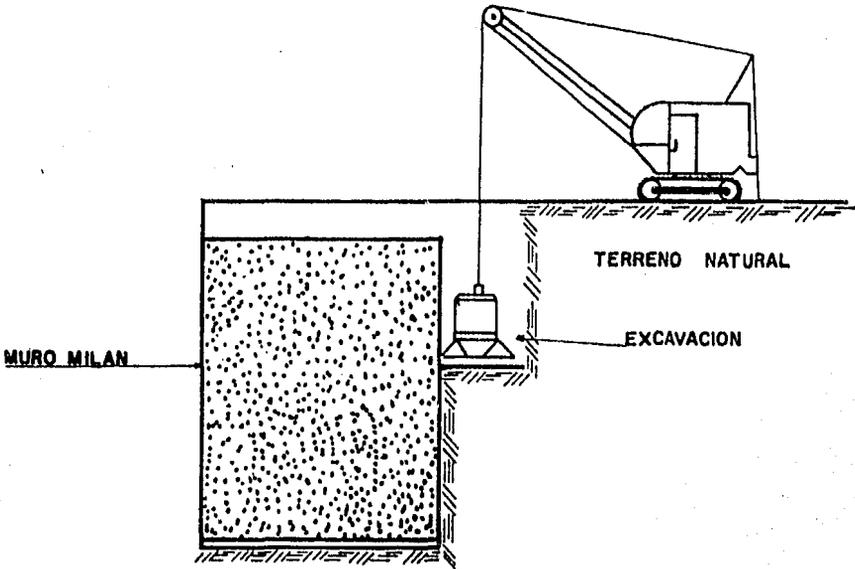
Concluida la construcción de los brocales, se inicia la excavación de las zanjas que alojan a los muros de concreto precolado. Para la excavación es necesario utilizar equipo o maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada con el fin de garantizar la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de las zanjas; además el equipo debe alcanzar sin problemas, la profundidad de los muros indicada en el proyecto. Para poder cumplir con las características de la excavación antes mencionadas, la herramienta de excavación debe cumplir con las recomendaciones siguientes:

- a) Se deslice con suavidad, sin chicoteos ni golpes.
- b) Se hinca evitando que choque o caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja para evitar desprendimientos o caídos.
- c) Se debe meter y sacar sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo.
- d) Corte firmemente el material hincándolo a presión sin sacudirlo repentinamente.

Por ningún motivo debe emplearse para la excavación de las zanjas, maquinaria que utilice cucharón de almeja libre o cualquier herramienta no guiada, ya que dicho equipo además de no cumplir con las características antes mencionadas podría provocar derrumbes durante la excavación.

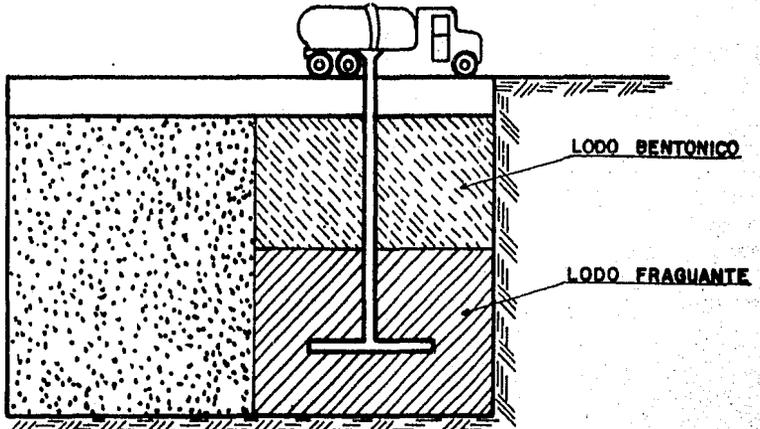
A medida que la excavación de las zanjas se vaya pro-

fundizando se irá introduciendo en ellas, el lodo bentonítico. (ver figuras N^o 2 y N^o 3).



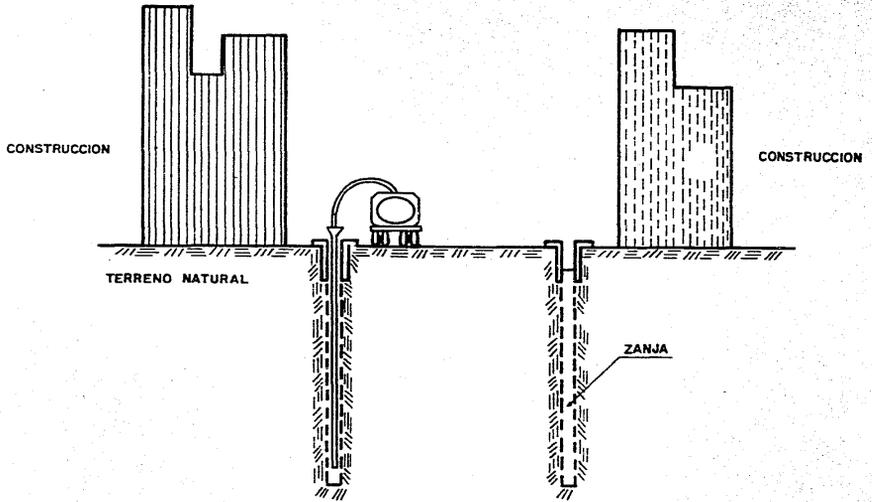
2ª ETAPA

INICIO DE LA EXCAVACION PARA LA COLOCACION DE LOS MUROS E INTRODUCCION SIMULTANEA DE LODO BENTONICO



2ª ETAPA

- a) TERMINACION DE EXCAVACION DE LA ZANJA PARA LA COLOCACION DE TRES MUROS PRECOLADOS
- b) UNA VEZ ALCANZADO EL NIVEL MAXIMO DE EXCAVACION DE LA ZANJA Y HABIENDO INTRODUCIDO EL LODO BENTONICO SE DEPOSITARA EL LODO FRAGUANTE



2ª ETAPA
EXCAVACION DE ZANJAS E INTRODUCCION DE LODOS
(BENTONICO Y FRAGUANTE)
FIG. N.º 3
DIBUJO ESQUEMATICO S/E

L O D O B E N T O N I T I C O

El uso de este lodo es debido a que las paredes de los tableros que se escavarán para colocar los muros precolados, no son estables por sí solos, aún cuando se llegase a conservar un tirante de agua igual o mayor al nivel freático. Para evitar que estas paredes se derrumben (falla por corte), durante la excavación se estabilizan con el lodo bentonítico que es una suspensión estable de bentonita sódica en agua.

Se dice que es tixotrópica porque presenta resistencia al corte cuando está en reposo, mientras que cuando se está bombeando o agitando la resistencia es nula, se recomienda que un lodo de primer uso tenga un periodo de reposo mínimo de 18 horas con el objeto de que adquiera sus propiedades.

El lodo estabilizador debe tener una densidad mayor que la del agua, con el objeto de que el empuje hidrostático que ejerce sobre las paredes sea mayor que la de éstas.

Con el objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a mantenerlas estables, al vaciar el lodo al interior de las zanjas por excavar, se debe tener un nivel de lodos mayor al nivel freático y como se mencionó antes, se deberá mantener constante durante todo el proceso de excavación y colocación de los muros precolados.

Conforme avanza la excavación se inyecta lodo y debido al gradiente formado, se producen infiltraciones del lodo al interior de las paredes con lo que se va formando en la frontera lodo-suelo una película de pequeño espesor que constituye una membrana impermeable y resistente que da estabilidad a las paredes de la excavación evitando así posibles fallas.

L O D O F R A G U A N T E

CARACTERISTICAS GENERALES

1. El lodo fraguante se obtiene mediante una mezcla de agua-bentonita-cemento.

2. Al quedar en reposo, el lodo alcanza su resistencia de diseño rellenando los espacios comprendidos entre las paredes de la excavación y los paños del precolado.

3. El lodo no inicia su fraguado mientras permanezca en movimiento, pero una vez que se deja de mover, fragua rápidamente.

4. Ya que el lodo sirve de relleno entre excavación y prefabricados, con su solidificación se evitaran desplazamientos horizontales que puedan provocar problemas en caso de existencia de estructuras vecinas (ver figura Nº 4).

PROPIEDADES DEL LODO FRAGUANTE

1. El peso volumétrico es de 1.20 toneladas por metro cúbico con una tolerancia de \pm 0.50%.

2. La resistencia a la compresión axial sin confinar a los 28 días después de fraguado no debe ser menor de 0.8 kilogramos por centímetro cuadrado con una tolerancia de \pm 10%.

El valor anterior se obtiene de probetas cilíndricas de 3.6 centímetros de diámetro y relación de esbeltez de 2, las cuales son extraídas, tanto del lodo del depósito como

de la zanja.

3. Con objeto de confinar las propiedades de resistencia, es necesario realizar pruebas de probetas a los 7, 14 y 28 días de edad, obteniendo de cada una de ellas gráficas de deformación-carga; para determinar el módulo de elasticidad se hacen cuando menos tres series de pruebas de cada 40.00 metros cúbicos de lodo fraguante.

4. El cemento por añadir al lodo bentonítico es Portland, tipo I ó II.

PROPORCIONAMIENTO DEL LODO FRAGUANTE.

El lodo fraguante está constituido por una mezcla de bentonita y agua, a la cual se le agrega cemento.

Se elabora, en primer lugar el lodo bentonítico, dejándolo reposar durante un período de 24 horas como mínimo, con el objeto de garantizar la hidratación del mismo.

Transcurrido el período de hidratación, se añade al lodo bentonítico 187 kilogramos de cemento normal tipo I ó II, por cada metro cúbico de lodo fraguante cuyo porcentaje en peso corresponde al 15%.

El cemento se agrega al lodo bentonítico, en un depósito que cuente con agitadores con la potencia necesaria para mezclar el lodo bentonítico con el cemento. Los agitadores se ponen en funcionamiento en el momento de agregar el cemento al lodo bentonítico durante un tiempo de 15 minutos, con objeto de lograr una mezcla homogénea.

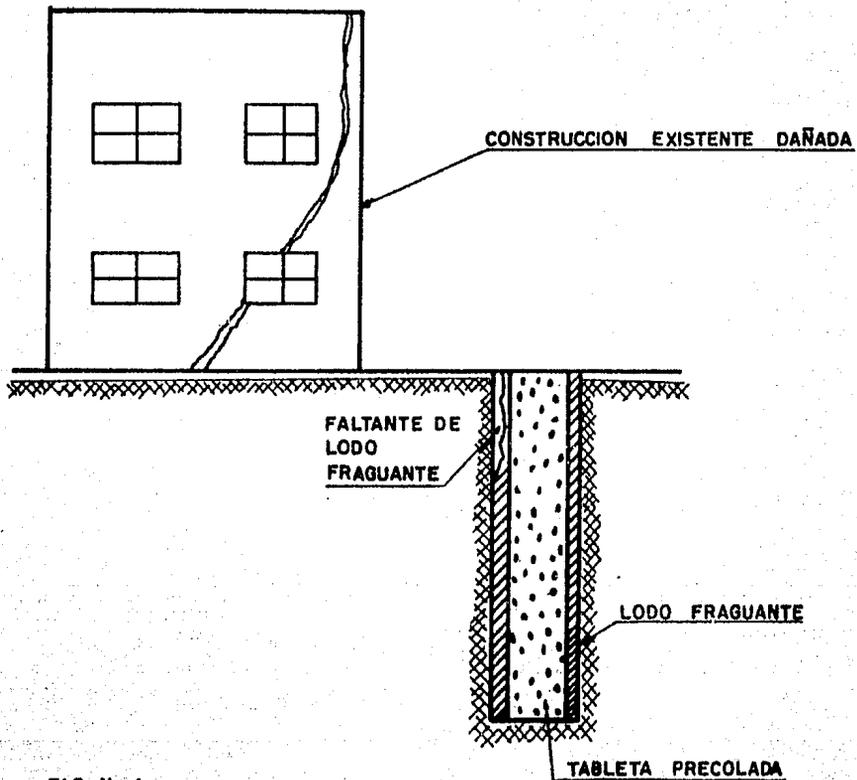


FIG. N.º 4

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES
POR FALTA DE LODO FRAGUANTE
DIBUJO ESQUEMATICO S/E

Finalmente se debe comprobar que el proporcionamiento por cada metro cúbico de lodo fraguante sea el siguiente:

Agua	77%
Bentonita	8%
Cemento	15% (187 Kgs. por metro cúbico de lodo).

El agua que se utiliza, debe estar libre de partículas nocivas y de materia orgánica.

VOLUMEN POR INTRODUCIR

El volumen de lodo fraguante por introducir para una zanja de 0.60 m. de ancho, 5.20 m. de largo y 9.00 m. de profundidad, es de 4.50 metros cúbicos, de tal manera que la altura del lodo fraguante dentro de la zanja, medida desde el fondo de la excavación, sea como mínimo de 1.30 metros. Para zanjas de otras dimensiones, el volumen de lodo fraguante será diferente y se especificará para cada caso.

COLOCACION DEL LODO FRAGUANTE

La colocación del lodo fraguante se efectúa una vez que se ha realizado la excavación de una zanja cuyas paredes estén ademadas previamente con lodo bentonítico normal al 6% de bentonita, que cumpla con las características y propiedades especificadas en el proyecto. Además se debe tener al pie de la obra los precolados correspondientes a la zanja en cuestión.

Concluido el agitado del lodo fraguante se procede a transportarlo al frente de trabajo para su vaciado dentro de la zanja. El transporte se puede realizar en camiones revolvedores o a través de una tubería desde el depósito hasta la zanja.

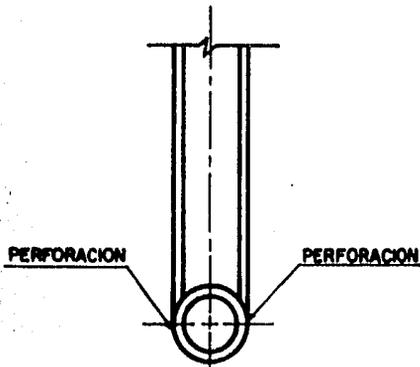
Se deposita el volumen especificado de lodo fraguante en la zanja, efectuando al mismo tiempo la recolección de lodo bentonítico desalojado por aquel.

Para depositar el lodo dentro de la zanja, se utiliza un tubo distribuidor en forma de "T", cuyas características geométricas se muestran en la figura N^o 5; dicho tubo se introduce en el lodo bentonítico de la zanja en cuestión, manteniendolo siempre 50 cm. arriba del fondo de la zanja con objeto de distribuir uniformemente el lodo fraguante. El lodo se introduce dentro de la zanja por gravedad a través del tubo distribuidor, el cual se va subiendo a medida que se desaloja el lodo bentonítico.

Inmediatamente después de haber depositado el volumen total de lodo se introducen los precolados en la zanja.

Con objeto de evitar que el lodo alcance su fraguado inicial antes de depositarlo en la zanja, el período que transcurre entre el momento de añadir el cemento al lodo bentonítico y la terminación de la colocación del prefabricado, no debe ser mayor de 6 horas.

EMBUDO PARA RECIBIR
EL LODO BENTONICO



DETALLE I

NOTA:
LAS PERFORACIONES SE
HARAN A AMBOS LADOS
DEL TUBO SEGUN SE MUESTRA
EN EL DETALLE

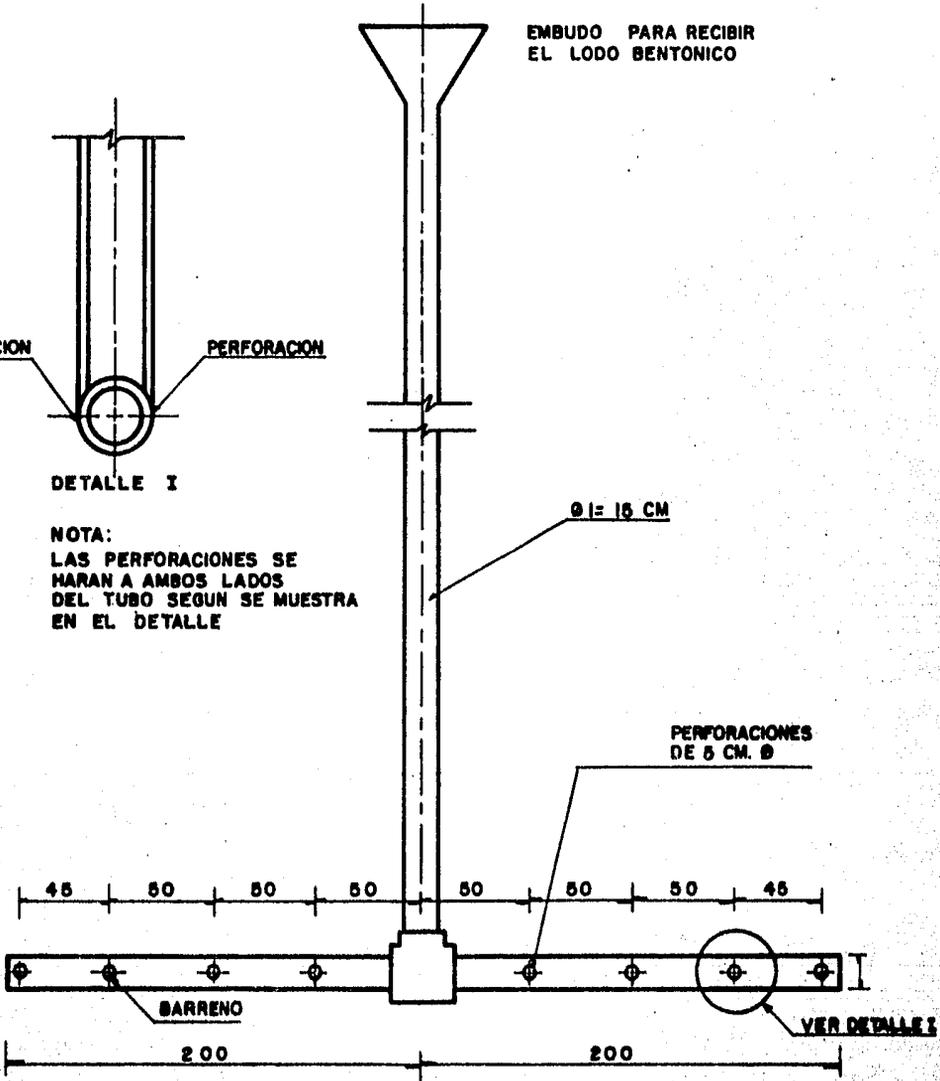


FIG. N. 5
DETALLE DE TUBO DISTRIBUIDOR
ALZADO

DIBUJO ESQUEMATICO S/E
ACOTACIONES EN CM.

COLOCACION DE LOS MUROS PRECOLADOS

Previo a la introducción de los muros se debe verificar la profundidad de las zanjas ademadas con lodo.

Una vez concluida la excavación de la zanja y habiendo introducido los lodos tanto bentonítico como fraguante, se procede de inmediato a la colocación de los muro prefabricados. Como el peso de cada panel precolado es de - aproximadamente 13.7 toneladas para los del módulo I y 22.08 toneladas para los del módulo II; es necesario utilizar una grua para la colocación de estos muros, pero esto no implica de ninguna manera, el empleo de equipos especiales para realizar la colocación sino que con el equipo que se realiza la excavación y que se tiene en obra, podemos llevar a cabo la colocación de los precolados.

1. Se iza el primer tablero y se coloca de tal forma que quede al principio del tramo, cuidando la verticalidad y alineamiento. Así mismo debe mantenerse centrado el tablero en el interior de la zanja durante las maniobras de colocación.

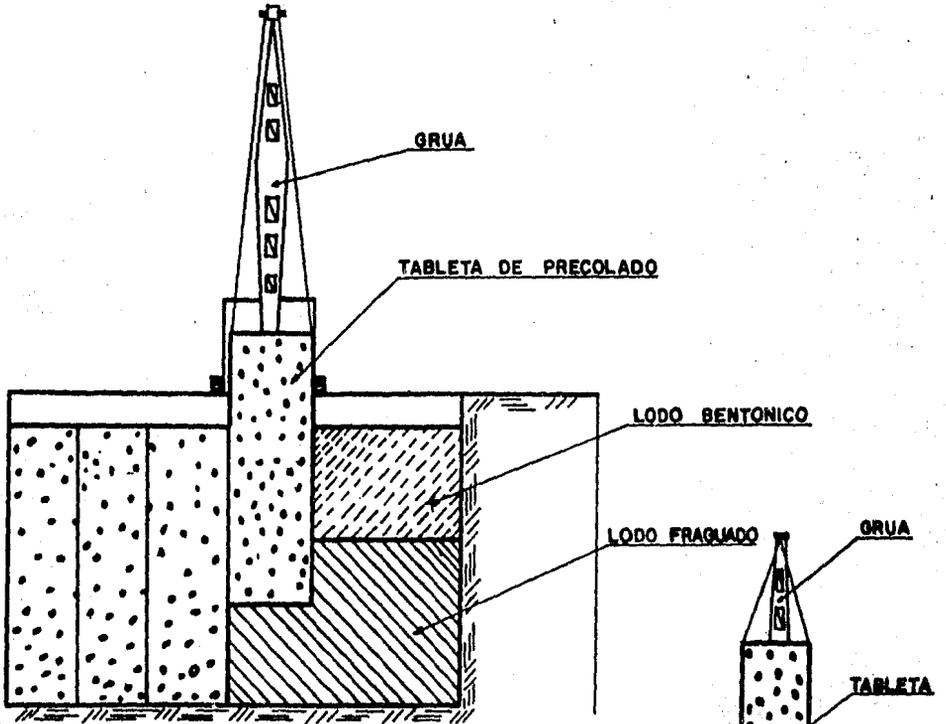
2. Una vez que el tablero alcanza su nivel de desplante indicado en el proyecto, debe centrarse el tablero y quedar suspendido y nivelado por medio de cables de acero que se sueldan y se detienen de un tubo colocado transversalmente y con cuñas de madera se va ajustando al nivel de proyecto.

3. Posteriormente a la colocación del primer tablero, se inicia la colocación del segundo y tercero prefabricados de acuerdo a las indicaciones antes mencionadas (ver figuras Nos. 6 y 7).

Además los tableros o paneles tipo I y tipo II, deben estar colocados de acuerdo al esquema de la figura Nº 8.

Así mismo la colocación de los tableros a todo lo largo del tramo correspondiente se realiza en un sólo sentido, es decir, no debe efectuarse la colocación en más de un frente de trabajo.

Las figuras números 9, 10, 11, 12, 13 y 14 nos muestran las dimensiones y detalles de los precolados.



3ª ETAPA
COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS
(PRIMER TABLERO)

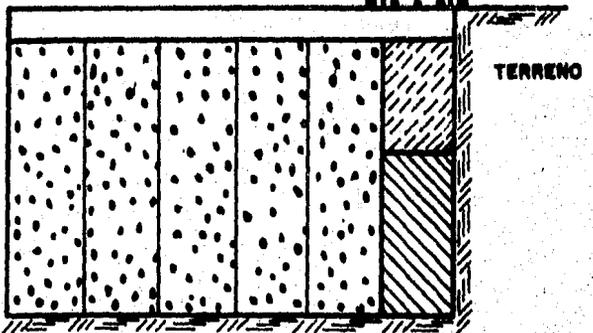
SIMBOLOGIA



LODO BENTONICO



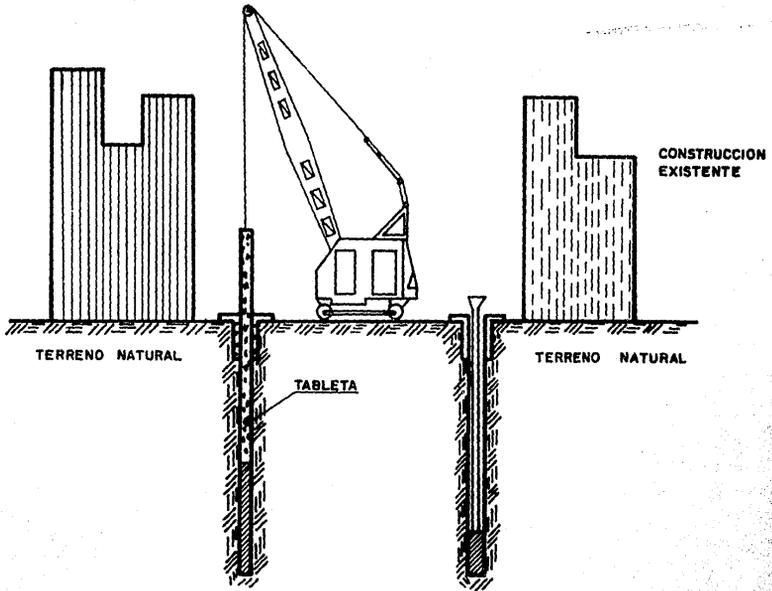
LODO FRAGUANTE



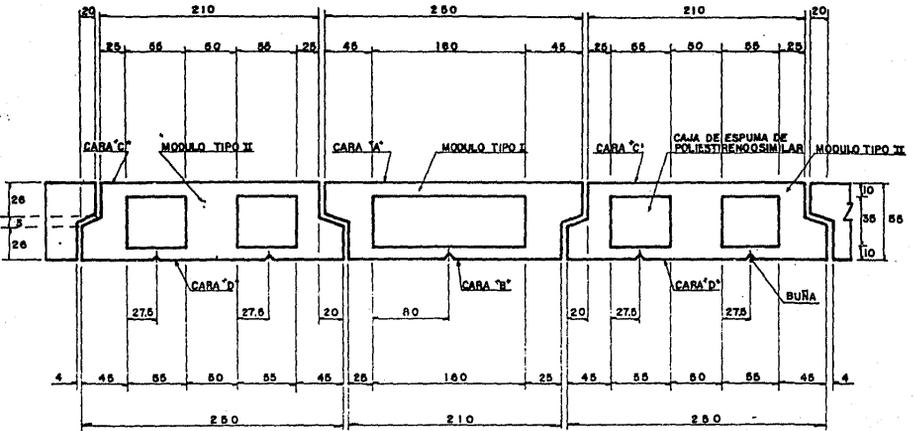
3ª ETAPA
COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS
(SEGUNDO Y TERCER TABLERO)

FIG. N.º 6
DIBUJO ESQUEMATICO

CONSTRUCCION
EXISTENTE

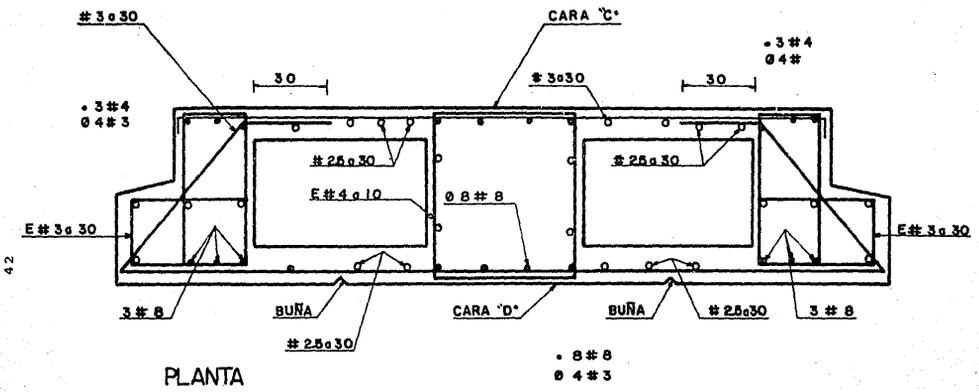


5a ETAPA: COLOCACION DE MUROS PRECOLADOS
FIG. N.º 7
DIBUJO ESQUEMATICO S/E



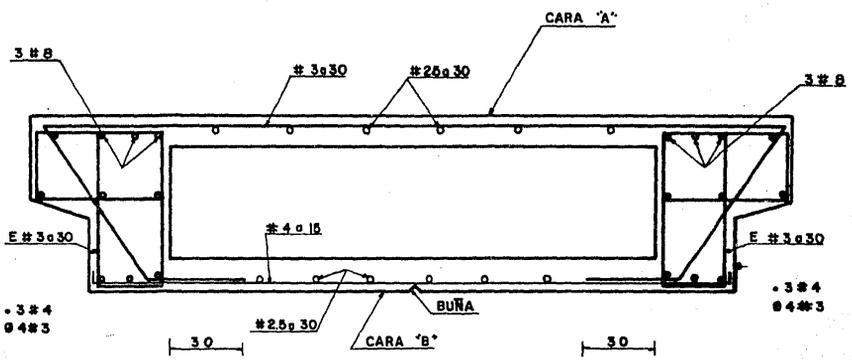
PLANTA DE LOCALIZACION

FIG. N.º 8
 DIBUJO ESQUEMATICO S/E
 ACOTACIONES EN CM.



ARMADO DEL MODULO TIPO II
(PLANTA)

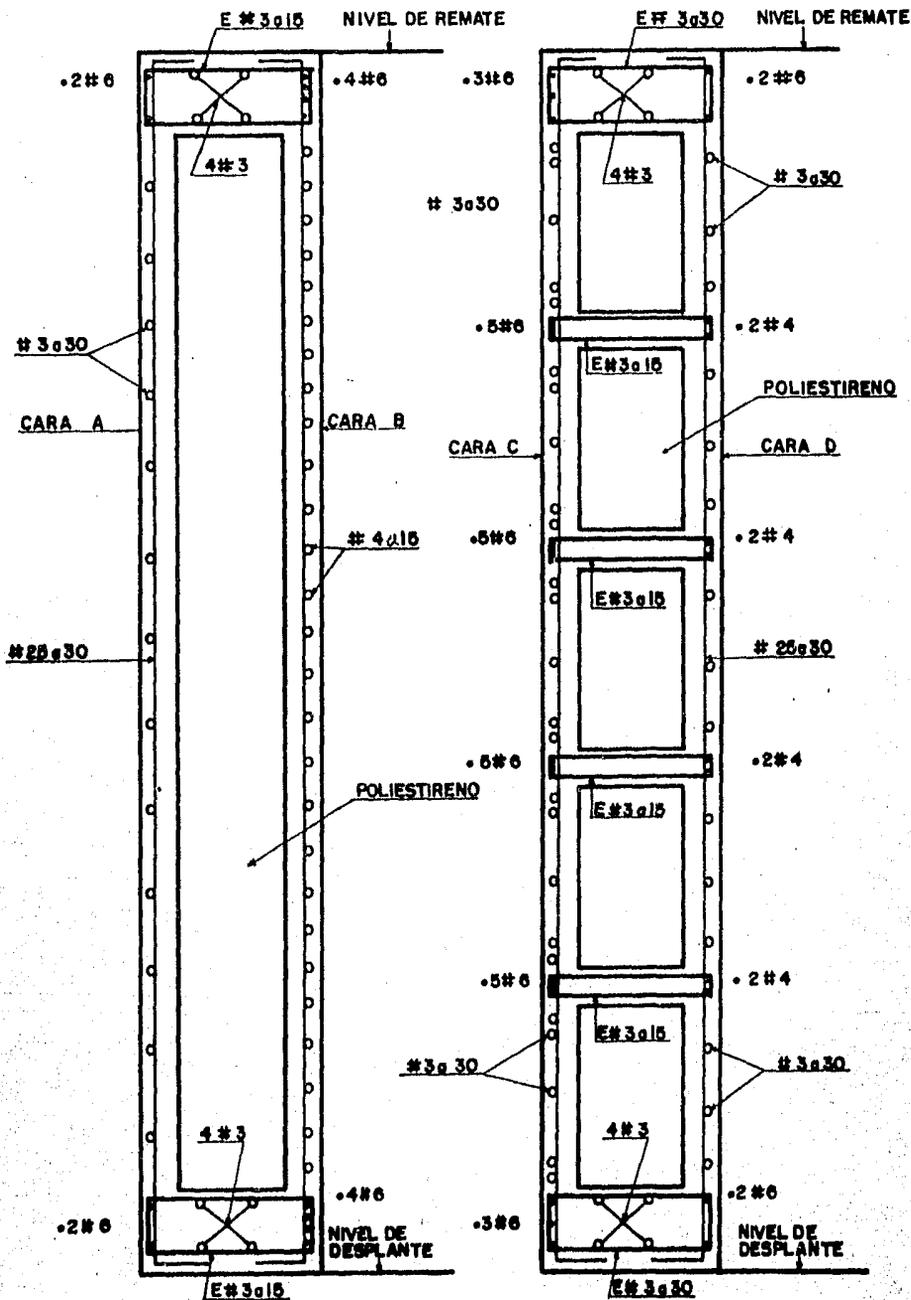
FIG. N.º 9
DIBUJO ESQUEMATICO



PLANTA

ARMADO DEL MODULO I
(PLANTA)

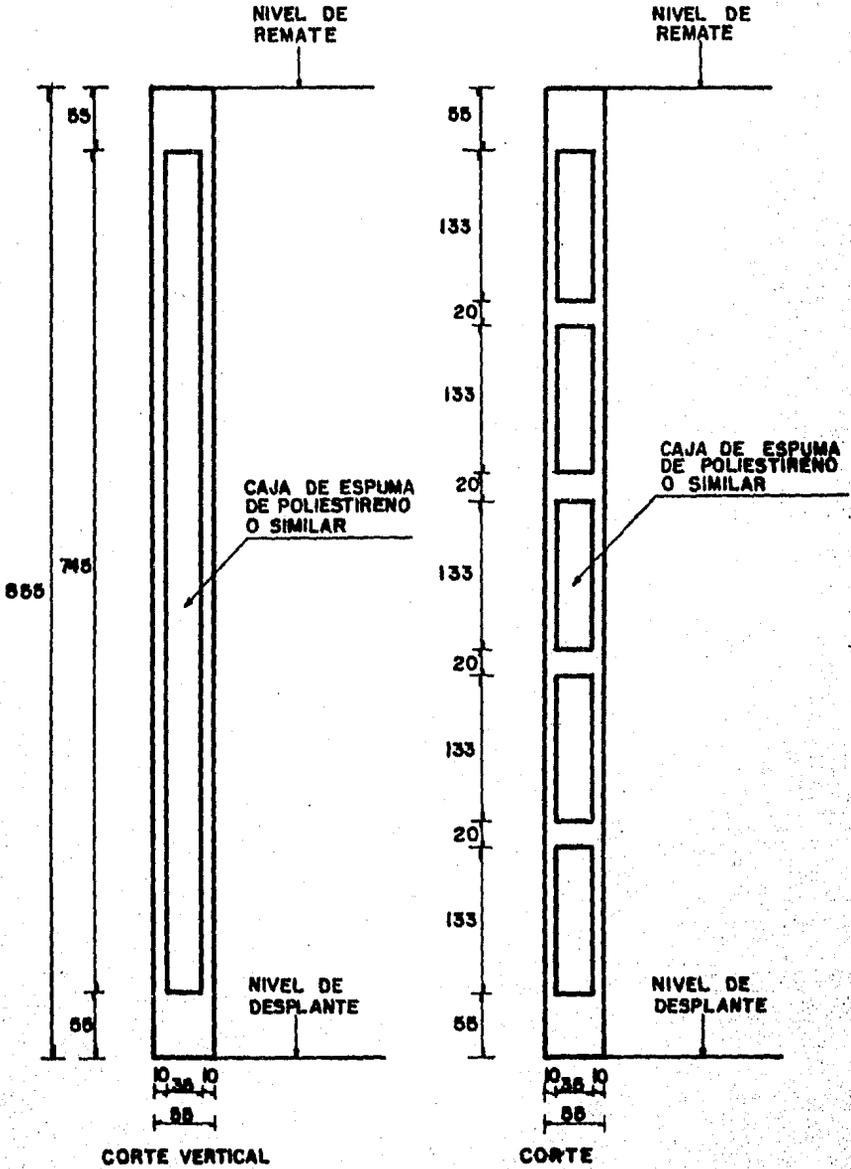
FIG. N.º 10
DIBUJO ESQUEMATICO



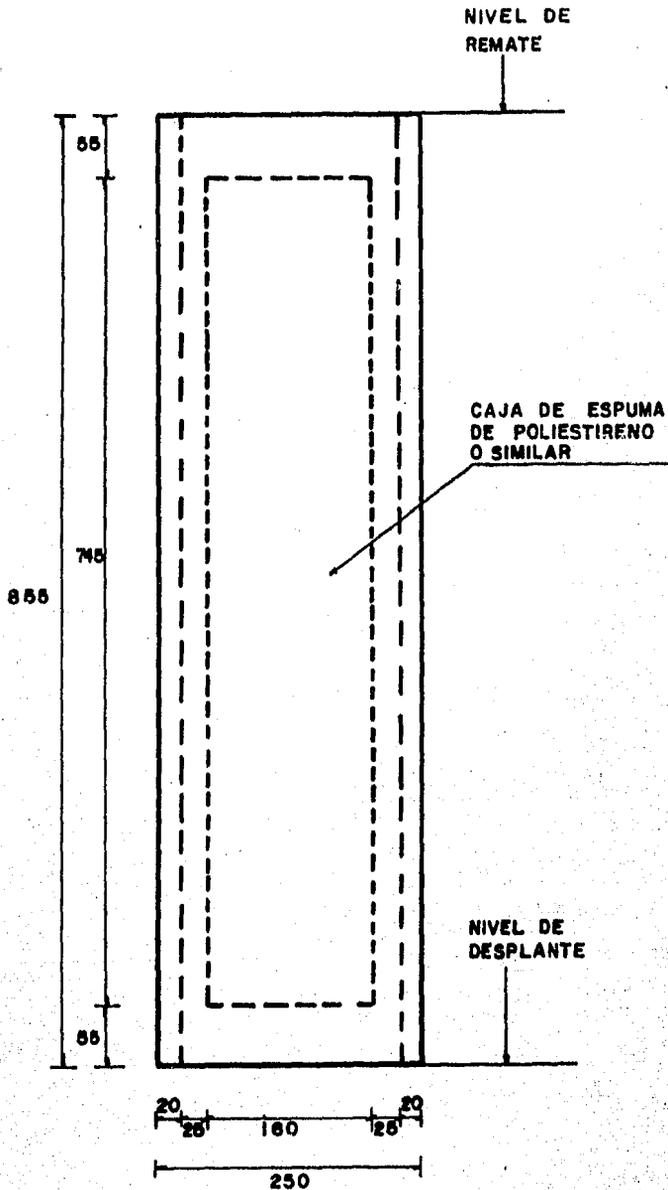
ARMADO DEL MODULO TIPO I
(ALZADO)

ARMADO DEL MODULO TIPO II
(ALZADO)

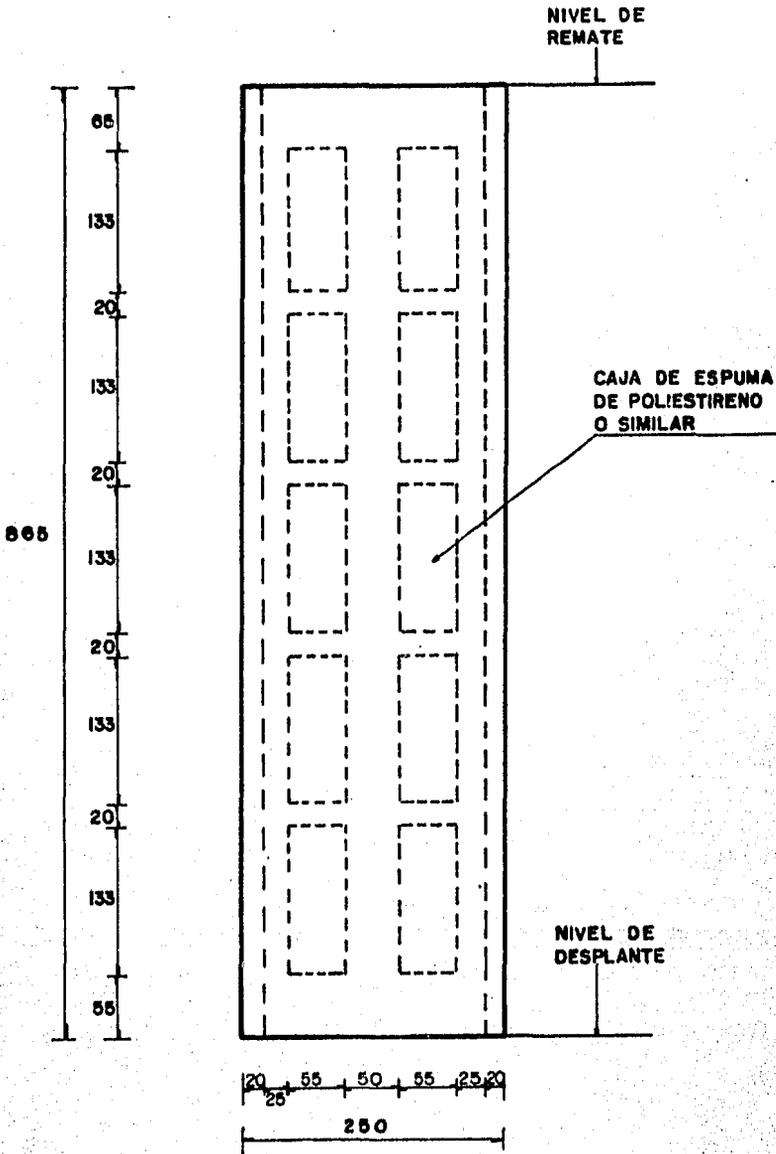
FIG. N. II
ALZADO 3/E



DIMENSIONES GENERALES S/E
 FIG. N. 12
 ACOTACION EN CM.



VISTA FRONTAL
FIG. No. 13
MODULO TIPO 1



VISTA FRONTAL
 FIG. No. 14
 MODULO TIPO LT
 S/E ACOTACIONES EN CM

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA COLADO DE TABLESTACAS PRECOLADAS ALIGERADAS CON CAJAS DE POLIESTIRENO O SIMILAR (MODULOS TIPO I Y TIPO II).

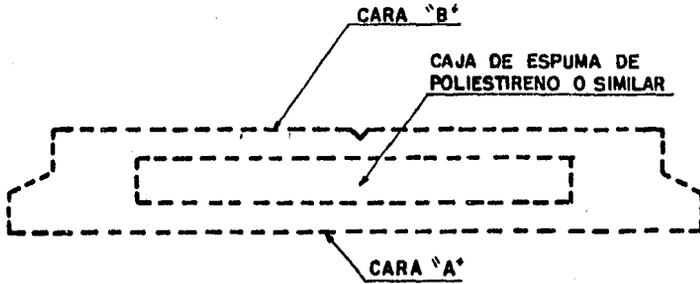
MODULO TIPO I.

Primera Etapa.-Limpiar y nivelar la mesa de trabajo donde se colará la tablestaca (ver figura N° 15a).

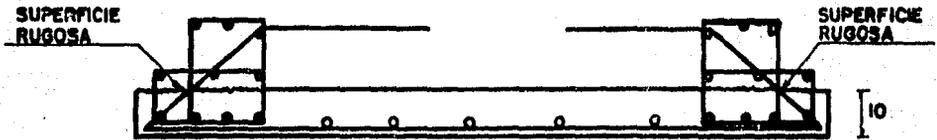
Segunda Etapa.-Habilitar el armado de la losa de la cara "A", así como también el armado de las nervaduras previniendo la posición de los estobos y colar 10 cm. como se muestra en la figura 15b.

Tercera Etapa.- Colocar la espuma de poliestireno como se muestra en la figura 15c, habilitar armado de la losa de la cara "B" y el armado faltante de las nervaduras, dejando las preparaciones de estobos, posteriormente terminar de colar la estructura.

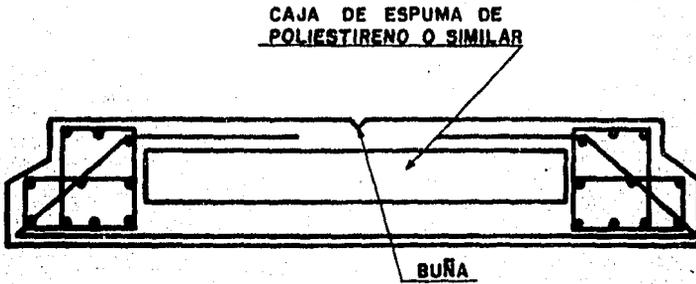
Para el módulo tipo II el procedimiento es similar al -- descrito anteriormente, como se muestra en el esquema de las figuras 16a, 16b y 16c.



1a ETAPA (A)



2a ETAPA (B)



3a ETAPA (C)

FIG. No 18
 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA COLADO
 DEL MÓDULO TIPO I DE TABLESTACA PRECOLADA

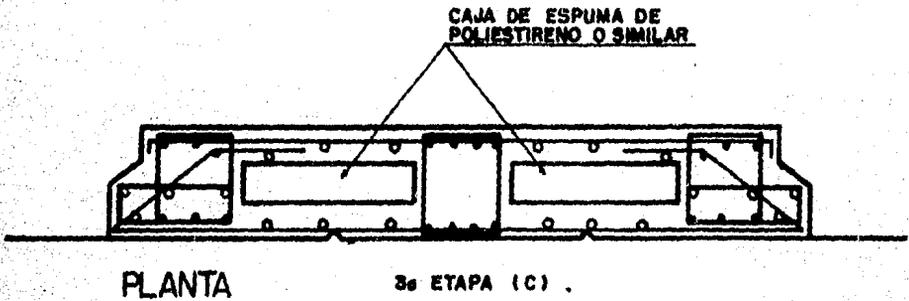
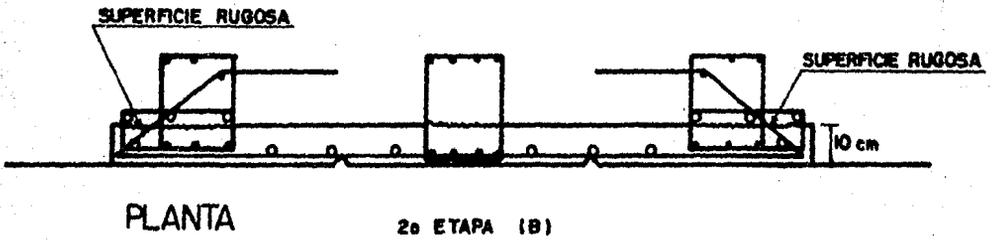
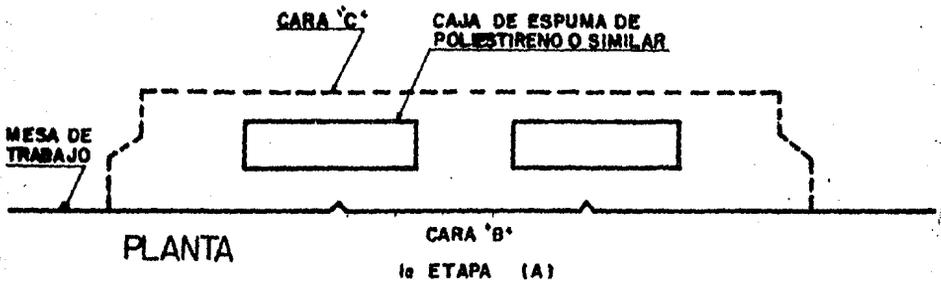


FIG. No 16

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA COLADO DEL
MODULO TIPO II DE TABLETACA PRECOLADA

La excavación de este tramo entre el cadenamamiento - 13+346.610 al 13+336.000 se hizo a cielo abierto entre - una estructura de contención, integrada por muros de concreto precolados.

La excavación se llevó a cabo en la forma que se indica a continuación:

A.- Apuntalamiento.

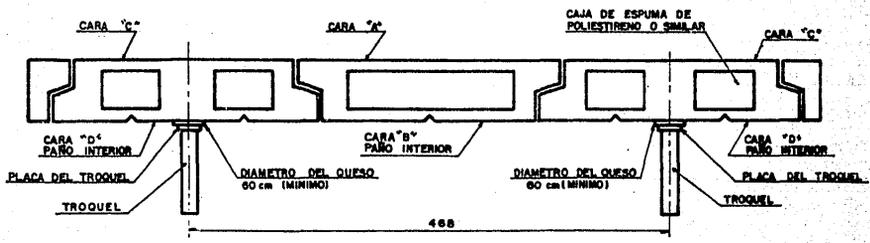
Los puntales se colocaron manteniendo una separación entre sí de 4.68 metros de centro a centro como se muestra en la figura N° 17.

Una vez que el nivel de excavación se encontró 0.30 metros abajo del nivel de colocación del puntal correspondiente, se suspendió esta actividad para proceder a colocar inmediatamente este nivel.

El primer nivel de puntales se colocó 1.60 metros - abajo del nivel de remate del precolado (N-1.60 metros) el segundo nivel de puntales se colocó en el nivel N-3.75 metros; conservando una separación vertical de 2.15 metros respecto al primero y tercero niveles de puntales.

El tercer nivel de puntales se colocó en el nivel N-5.90 metros respetando la separación vertical de 2.15 metros respecto al nivel inmediato posterior (segundo nivel de puntales).

Además el tercer nivel de puntales se colocó a una distancia de 1.15 metros del nivel máximo de excavación.



POSICION DE TROQUELES (PLANTA)

FIG. N. 17

La figura N^o 18 muestra la posición de troqueles.

Posteriormente el colado de la losa de piso y de parte del muro estructural, se colocó un nivel adicional de troqueles en el nivel N-2.10 metros como lo muestra la figura N^o 19. Una vez colocados los puntales se aseguraron por medio de estobos a puntos fijos localizados fuera del área de excavación e inmediatamente se procedió a aplicar una precarga de 30 toneladas, llevándose un control durante la aplicación de la misma.

Cuando la excavación alcance su máxima profundidad se procede a colar plantilla y losa de piso, posteriormente se retiran el segundo y tercer niveles de troqueles.

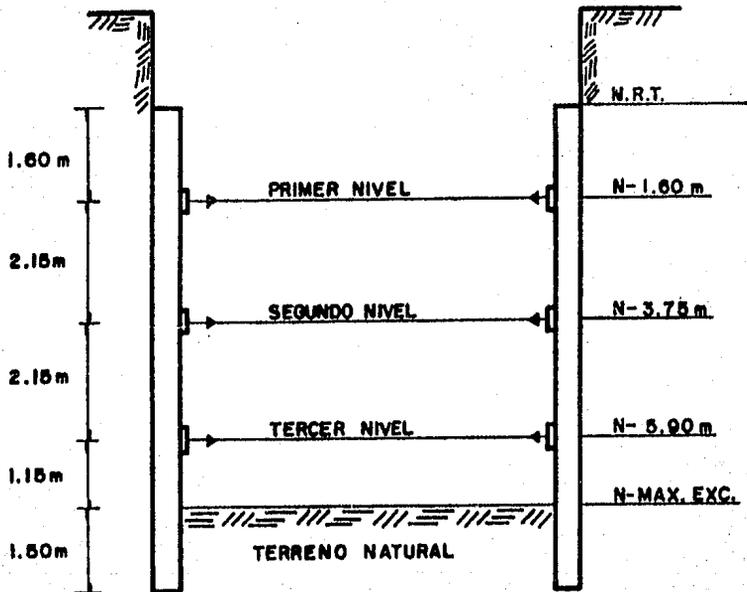
B.- Excavación y Construcción.

La excavación de este tramo se realizó por etapas - con 7.00 metros de longitud cada una, medidos a lo largo del eje del Metro. La inclinación del talud de avance - fue de 1.25:1 (horizontal a vertical), ver figura N^o 20.

Antes de iniciar la excavación de cualquier etapa el nivel de aguas freática debe encontrarse abatido.

La excavación y construcción del tramo, se efectuó de acuerdo a las indicaciones siguientes:

Primera Etapa.- Se inició la excavación en etapas - de 7.00 metros de longitud hasta alcanzar el nivel de proyecto, colocando los niveles de puntales conforme la excavación fue descubriendo sus puntos de aplicación.



CORTE VERTICAL

FIG. No 18

POSICION DE TROQUELES

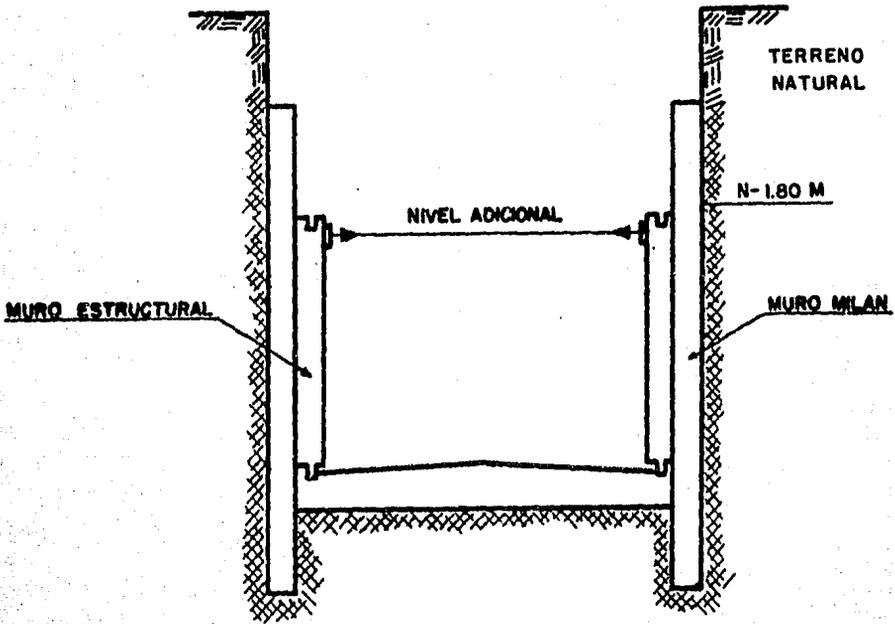


FIG. No 10
POSICION DEL NIVEL ADICIONAL
DE TROQUELES

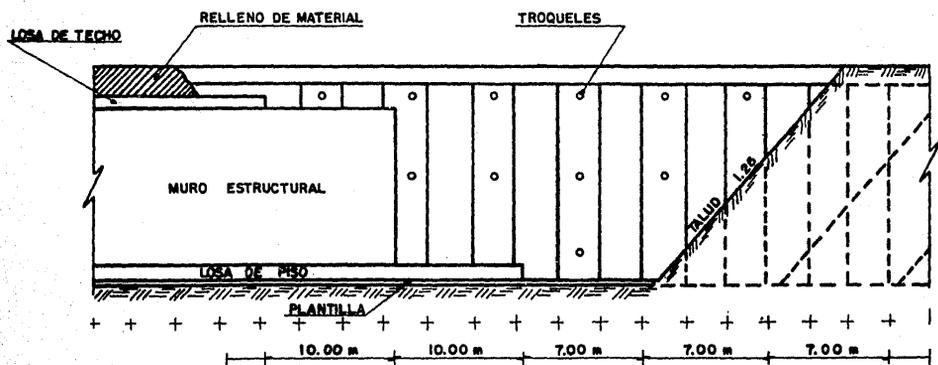
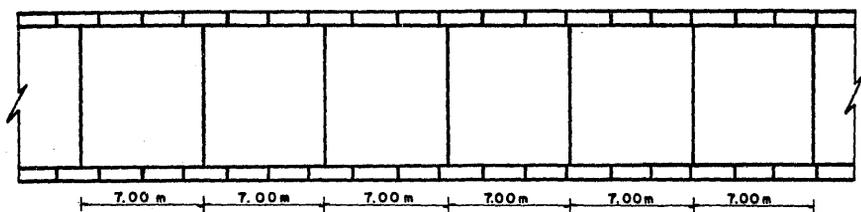


FIG. N-20
ETAPAS DE EXCAVACION S/E
ALZADO LONGITUDINAL

Segunda Etapa.- Cuando se alcanzó el nivel de proyecto en la etapa que se estaba atacando, se coló una plantilla de concreto pobre de 10 cm. de espesor, conteniendo un aditivo acelerante de fraguado. Es importante indicar que durante esta actividad no debe de transcurrir más de 4 horas entre el fin de la excavación y el colado de la plantilla para cualquier etapa.

Tercera Etapa.- Al iniciar el colado de la plantilla, se inició de inmediato la excavación de la etapa siguiente.

Cuarta Etapa.- 2 horas después de haber colado la plantilla de la etapa anterior, se armó y coló la losa de piso en una longitud de 7.00 metros dejando las preparaciones necesarias para la liga estructural con los muros y las losas adyacentes. El tiempo máximo a transcurrir a partir del momento en que se alcance el fondo de la excavación y la terminación del colado de la losa de piso no debe exceder de 36 horas.

Quinta Etapa.- Una vez iniciado el colado de la losa de piso en la longitud de 7.00 metros, se procede a excavar y a colar la plantilla de concreto de la siguiente etapa de 7.00 metros.

Sexta Etapa.- Al tener ya construida la plantilla en otro tramo de 7.00 metros de longitud, se armó y colo el tramo correspondiente a la losa de piso.

Séptima Etapa.- El proceso anterior se siguió con

el mismo criterio para las etapas subsecuentes.

Octava Etapa.- 24 horas después de colada la losa de piso se retiró el tercer nivel de puntales.

Novena Etapa.- Concluida la actividad anterior se efectuó el cimbrado, armado y colado de los muros estructurales hasta el nivel N-1.80 metros, dejando las preparaciones para continuar el colado de los muros estructurales, 7 días después (ver tabla I) se colocará el nivel de troqueles adicionales en el nivel N-2.10 metros.

TABLA I

TIPO DE CONCRETO	f _c (kgs/cm)	TROQUELAMIENTO A
Concreto normal	150	7 días
Concreto resistencia rápida	150	3 días
Concreto normal	200	4 días
Concreto resistencia rápida	200	2 días

El frente de construcción de los muros anteriores se mantuvo 10 metros atrás del frente de construcción de la losa de piso (ver figura N^o 21a).

Décima Parte.- Una vez colocado el nivel adicional de troqueles se procedió a retirar el primer nivel de éstos y se continuó con el armado, cimbrado y colado de la parte faltante de los muros estructurales, dejando las preparaciones necesarias para la liga con la losa de techo.

Onceava Etapa.- Cuando los muros alcanzaron su resistencia de proyecto, se colocaron las tabletas que constituyen la losa de techo, y posteriormente se continuo con el armado y colado del firme de compresión de dicha losa. La construcción de la losa de techo se hizo en forma tal que entre el frente de los muros y el frente de la losa exista siempre una distancia de 10.00 metros.(ver figura Nº 21 b).

Doceava Etapa.- Habiendo alcanzado el concreto de la losa de techo su resistencia de proyecto, se retira el nivel adicional de troqueles; simultáneamente se colocó sobre dicha losa material tipo areno-limoso, el cual se compactó en capas de 30 cm. de espesor hasta alcanzar un grado de compactación del 90%.

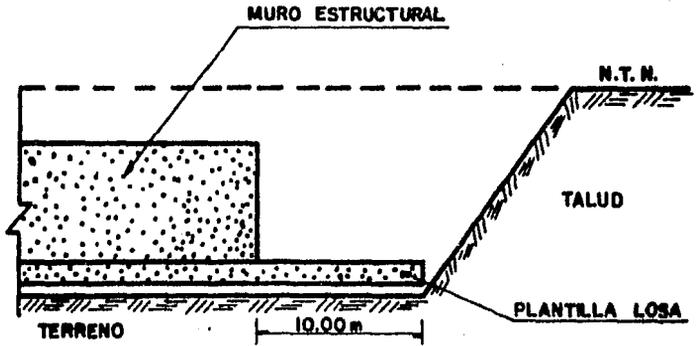


FIG. No. 21 (A)
 CONSTRUCCION DE LOS MUROS
 MANTENIENDO EL FRENTE DE ESTA
 10.00 m ATRAS DEL FRENTE DE LA LOSA

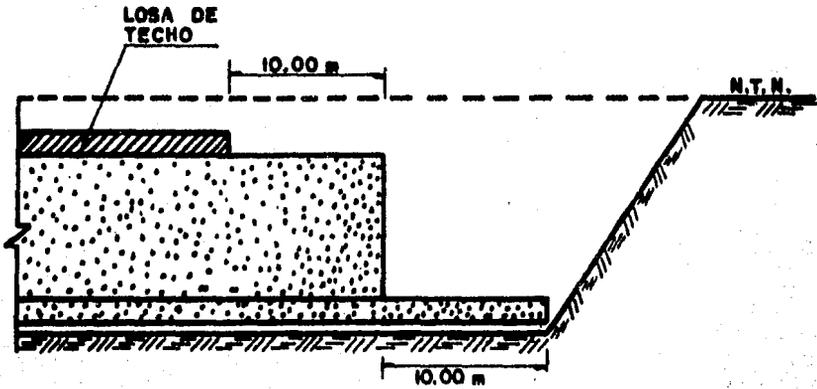


FIG. No. 21 (B)
 CONSTRUCCION DE LA LOSA DE TECHO
 MANTENIENDO EL FRENTE DE LA MISMA
 10.00 m ATRAS DEL FRENTE DE LOS MUROS

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
UTILIZANDO MUROS PREFABRICADOS.

VENTAJAS.

1. La calidad y el acabado de los prefabricados es muy confiable por su fabricación en planta.

2. Se tiene un ahorro de tiempo en el inicio de la excavación de núcleo, ya que no es necesario esperar a que el concreto alcance su máxima resistencia.

3. Se utilizan menos troqueles, lo cual representa un ahorro por pieza, y mayor rapidez en la excavación del núcleo.

4. Al emplear el muro prefabricado como estructural se economiza al evitar el descabece y enrase de muros para la colocación de tabletas (techo del cajón).

5. Por las dimensiones de las piezas y el peso de éstas es factible hacer los movimientos necesarios para su colocación, con los equipos de obra que se utilizan para la excavación. Por lo que no es necesario el empleo de equipo especial.

6. Se evitarán las zonas de almacenes y habilitado de parrillas de acero, así como traslado de éstos y en tongados, los cuales por lo estrecho de las calles de la ciudad, dan molestias al público y encarecen las obras.

DESVENTAJAS

1. El fraguado del lodo bentonítico cementante es

muy lento, por lo que se considera necesario hacer pruebas con aditivos acelerantes.

2. El costo de colocación fue más alto que los muros milán convencionales, por el uso de los lods frangantes y por los equipos para maniobrar las piezas hasta una correcta colocación.

3. No se logró anular las filtraciones en las uniones prefabricadas.

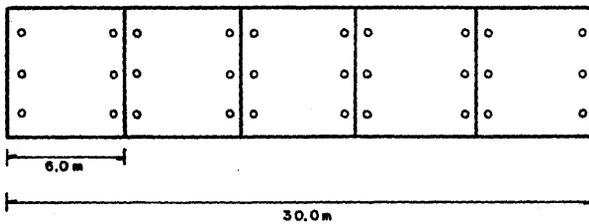
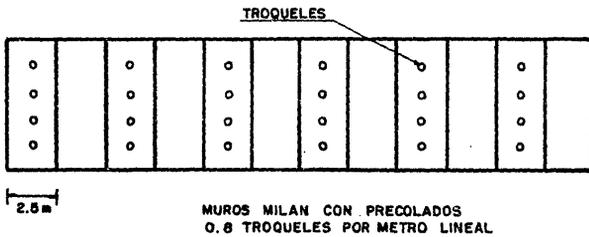


FIG. N.º 22
COMPARACION DE NUMERO DE TROQUELES
POR METRO LINEAL ENTRE MURO MILAN COLADO
EN SITIO Y MURO MILAN CON PRECOLADOS

C A P I T U L O I I I

COMPARACION ECONOMICA

CONTRA EL PROCESO TRADICIONAL

(MURO MILAN COLADO EN SITIO)

LINEA 6 ORIENTE
ESTACION LA VILLA-MARTIN CARRERA
COSTO DEL BROCAL POR METRO LINEAL

CONCEPTO	CANT.	U	P.U.	IMPORTE
Demolición concreto asfáltico	0.27	M ³	1111.66	300.15
Carga de mat. prod. demolición	0.27	M ³	177.32	47.88
Traspaleo	0.14	M ³	119.20	16.69
Acarreo mat. prod. demolición	4.86	M ³ -KM	42.92	208.60
Exc. a mano en zanja	1.08	M ³	560.08	604.89
Carga mat. prod. excavación	1.08	M ³	151.27	163.37
Traspaleo	0.54	M ³	119.20	64.37
Acarreo mat. prod. excavación	19.44	M ³ -KM	37.19	722.95
Acero grado duro	20.05	Kg	98.40	1973.15
Cimbra	4.41	M ²	1230.71	5424.96
Troqueles de madera	2.84	Pie/Ta	138.74	394.03
Concreto	0.504	M ³	9299.94	4687.17

Costo por metro lineal de brocal = \$15,188.00

Por dos lados ----- = \$30,376.00

DESCRIPCION DEL CONCEPTO

Línea 6 Oriente.

Tramo: La Villa- Martín - Carrera

Brocal de 1.00 M.de longitud

Demolición de concreto asfáltico (ver fig. No.23)

Avance X Ancho X Espesor

$$1.00M.X 0.90M.X0.30M. = \underline{0.27 m^3}$$

Carga de Mat. Prod. demoliciones a mano (Idem. a la dem.)

Traspaleo del Mat. Prod. demoliciones considerece el 50% del material demolido.

$$0.27m^3 X 50\% = \underline{0.14 m^3}$$

Acarreo en camión Mat. prod. demoliciones

Demolición X Kilometros

$$0.27m^3 X 18 Km = 4.86 m^3-Km.$$

MOLDE DEL BROCAL (ver fig. No.24)

Faldon = altura X avance X 2 pzas.

$$1.60m. X 1.00 m X 2 pzas. = \underline{3.20 m^2}$$

Tapon = altura X espesor X 4 pzas.

$$1.60 m.X 0.20 m. X 4 pzas. = \underline{0.24 m^2}$$

$$\text{Total} = \underline{4.408 m^2} \text{ de cimbra}$$

TROQUELES DE MADERA DE 10 X 10 X 65 cm.

NO.de pzas.X 2.84 pzas/pie/ tablón

$$1 pzas.X 2.84 pzas./ pie/tablón=2.84 pie/tablón$$

(no recuperable)

Concreto f'c = 150 Kg/ cm² Rev. de 10 cm. agregado de 3/4"
colocado en brocales . resistencia normal.

Aleron = ancho X avance X espesor

$$2(0.60m.X1.00 m.X 0.10 m.) = \underline{0.12 m^3}$$

altura X avance X espesor

$$2(1.60m.X1.00m.X0.12 m.) = \underline{0.384 m^3}$$

$$\text{Concreto recibido en obra} = \underline{0.504 m^3}$$

Excavación a mano en zanja en mat. tipo II

de 0 a 2.00 m. de profundidad (ver fig. No.25)

Avance X Ancho X Altura

$$1.00m.X0.90m.X1.20m. = 1.083m^3$$

Carga de Mat. Prod.de excavación a mano = 1.083 m³

Traspaleo de Mat. Prod. de Excavación a mano

considererece el 50% del material excavado.

$$1.083m^3 \times 50\% = 0.54 m^3$$

Acarreo en camión del mat. prod. de la excavación

$$1.08m^3 \times 18 Km = 19.44 m^3-Km.$$

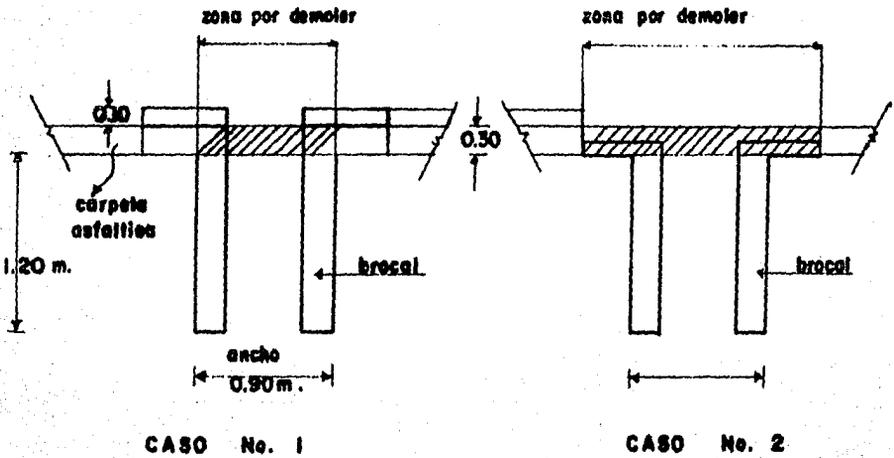
Acero de refuerzo colocado en brocales (ver fig. No.26)

Acero de ref.grado duro colocado en brocales=20.052 Kg.

varillas long/pza No. pzas. long.total p/ml peso total

A #3 c30 2.5m 4 10.0 m 0.557Kg 5.57 Kg

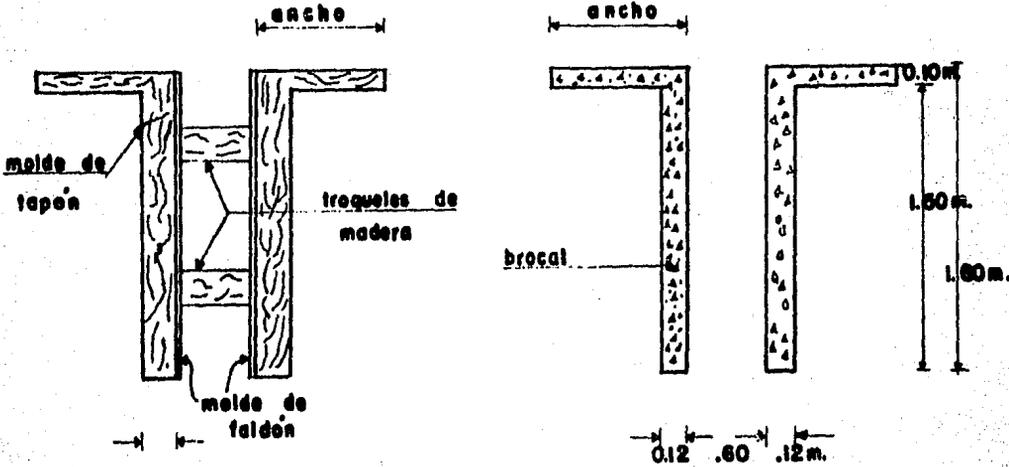
B #3 c30 1.0m 8 8.0 m 0.557Kg 4.456 Kg



DEMOLICION DE CONCRETO ASFALTICO

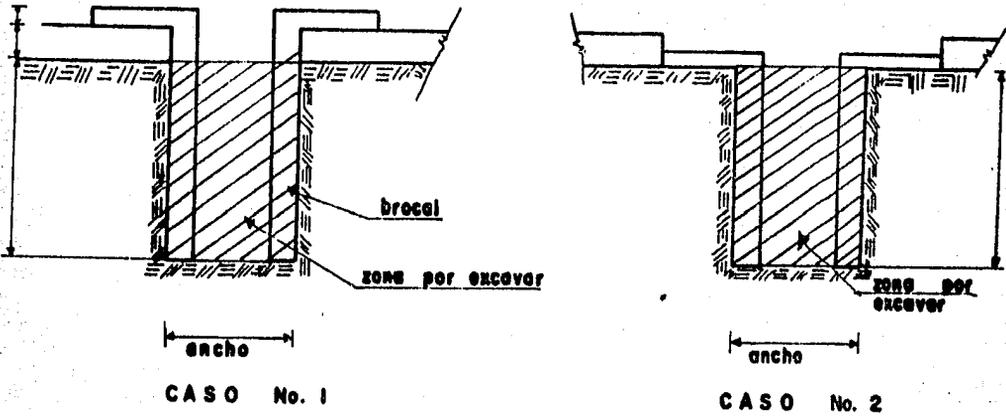
Fig. No. 23

MOLDE DEL BROCAL



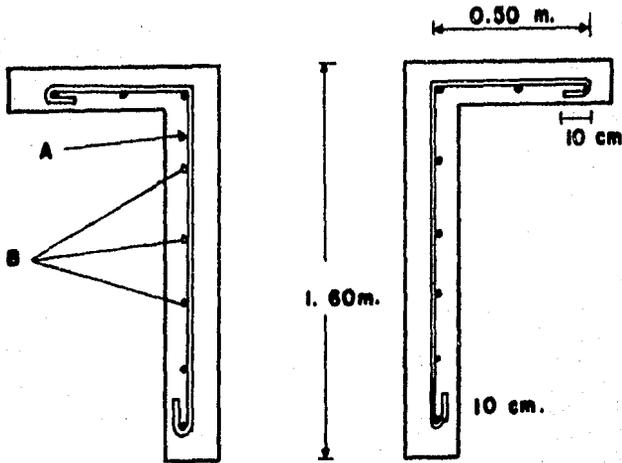
MOLDE DE MADERA PARA BROCAL

Fig. No. 24



**EXCAVACION A MANO EN ZANJA EN MAT. TIPO II
DE 0 a 2m. DE PROFUNDIDAD.**

Fig. No. 25



CROQUIS DE ACERO DE REFUERZO COLOCADO EN BROCALES

Fig. No. 26

LINEA 6 ORIENTE

ESTACION LA VILLA-MARTIN CARRERA

COSTO POR METRO LINEAL DE MURO MILAN (COLADO EN SITIO)

CONCEPTO	CANT.	U	P. U.	IMPORTE
Exc. zanja con lodo bentonítico	27.36	M ³	7636.93	208946.29
Acarreo camión mat. prod. exc.	492.48	M ³ -KM	37.19	18314.67
Acarreo de lodo bentonítico	502.20	M ³ -KM	26.21	13161.16
Concreto 150-3/4-18	30.69	M ³	11701.59	359121.88
Moldes compuerta lodo bent.	1.92	M ²	1602.66	3077.11
Moldes met. sección trapecial	1.00	Pza.	24115.35	24115.35
Banda P.V.C.	8.55	ML	1606.92	13739.20
Acero de ref. grado duro	2429.45	Kg	95.98	233171.03
Coloc. acero de Ref. en muro	2429.45	Kg	51.55	125233.17

Costo de muro milán (6.00 ML) = \$998,880.00

Costo por metro lineal ----- = \$166,480.00

Por dos lados ----- = \$332,960.00

DESCRIPCION DEL CONCEPTO

Línea 6 Oriente

Tramo la Villa- Martín Carrera

Excavación en zanja con lodo bentonítico módulo de 6.00ml.

(ver fig. No. 27)

Profundidad libre=9.00m+ 0.20 m-1.60 m.=7.60 m.

Profundidad libre X ancho X avance

$7.60\text{m} \times 0.60 \text{ m} \times 6.00 \text{ m} = 27.36 \text{ m}^3$

Acarreo en camión del Mat. prod. de excavaciones

Excavación X Km.

$27.36\text{m}^3 \times 18 \text{ Km} = 492.48 \text{ m}^3\text{-Km}$.

Acarreo de lodo bentonítico

Volumen de lodo X Km.

$27.9 \text{ m}^3 \times 18 \text{ Km} = 502.20 \text{ m}^3\text{-Km}$.

Concreto de 150-3/4"-18 colocado en muro colado en sitio

altura total X avance X ancho

$8.55\text{m} + 0.20\text{m} \times 6.00\text{m} \times 0.60 \text{ m} = 31.5 \text{ m}^3 - 0.81\text{m}^3$ (boya de espuma)
 $= \underline{30.69 \text{ m}^3}$

Moldes para compuerta de lodo bentonítico

altura del brocal X ancho del muro X NO: de pzas.

$1.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m} \times 2 \text{ pzas.} = \underline{1.92 \text{ m}^2}$

Moldes metálicos de sección trapecial compuerta para muro colado

en sitio de 0.60 m.

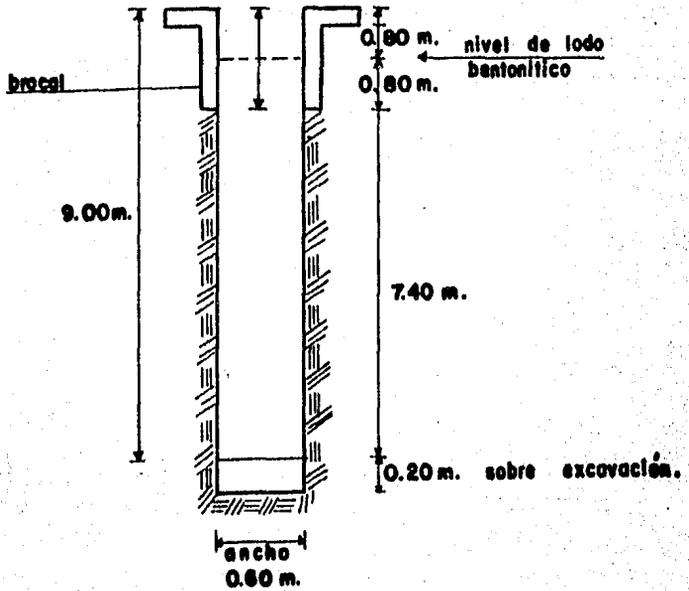
Piezas

1.0 pzas.

Banda de P.V.C. de transversal en muro colado en sitio

altura de muro X NO: de pzas.

$8.55\text{m} \times 1 \text{ pza.} = 8.55 \text{ ml.}$



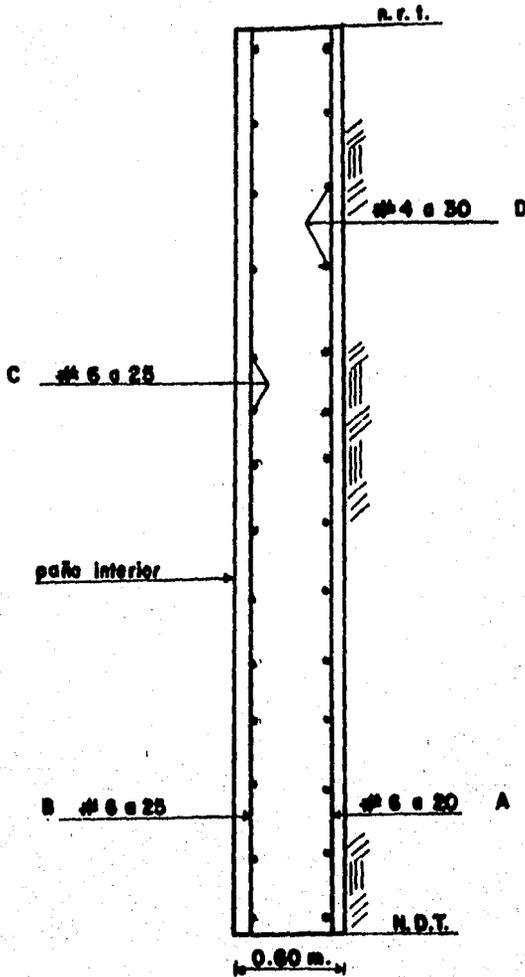
EXCAVACION EN ZANJA CON LODO BENTONITICO

Fig. No. 27

ACERO DE REFUERZO
(ver ffg. No. 28)

GRADO DURO EN MURO COLADO EN SITIO = 2429.450

VAR.S.	SEP. N° DE PZAS.	LONG/PZA	LONG.TOTAL	PESO Kg/MI	PESO TOTAL
A # 6 a 20	30	8.50	255.00	2.250	573.750
B # 6 a 25	24	8.50	204.00	2.250	459.000
C # 6 a 25	34	6.00	204.00	2.250	459.000
D # 4 a 30	34	6.00	204.00	0.996	459.000
Izadores # 5	8	7.51	60.08	1.560	93.725
Sep.Vert.# 6	10	9.65	96.50	2.250	217.125
Sep.Horz.# 6	10	6.50	65.00	2.250	146.250
Fij.Sep. # 6	24	0.40	9.60	2.250	21.600



**CROQUIS DEL ACERO DE REFUERZO
EN MURO MILAN DE ACOMPAÑAMIENTO**

LINEA 6 ORIENTE

ESTACION LA VILLA-MARTIN CARRERA

COSTO DE EXCAVACION DE NUCLEO Y LOSA DE FONDO POR METRO LINEAL

CONCEPTO	CANT.	U	P.U.	IMPORTE
Dem. conc. hidráulico e=36 cm	5.24	M ³	2770.32	14516.48
Dem. concreto asfáltico	21.60	M ³	1111.76	24011.83
Excavación de núcleo	645.00	M ³	805.11	519294.42
Dren tubo de P.V.C. 8" de Ø	20.00	ML	3256.15	65122.94
Carga mat.de dem. a máquina	26.84	M ³	177.32	4759.20
Acarreo en camión mat. dem.	483.12	M ³ -KM	42.92	20736.47
Acarreo en camión mat. exc.	11610.00	M ³ -KM	37.19	431760.33
Concreto 100-11/2 -10 plantilla	8.60	M ³	7609.47	65441.46
Concreto 150-11/2-losa inferior	58.05	M ³	8487.22	492683.39
Moldes para taponés	5.805	M ²	1510.15	8766.42
Acero ref. grado duro 1/2" de Ø	987.43	Kg	94.82	93624.52
Acero ref. grado duro 3/4" de Ø	2173.50	Kg	91.75	199419.72
Troqueles metálicos en cajón	10.00	Pza	47329.30	473293.00
Picado junta de construcción	5.805	M ²	216.13	1254.66
Curado concreto con membrana	86.00	M ²	37.62	3235.47
Preparación de junta	20.00	ML	6493.83	129876.59
Banda P.V.C.	8.60	ML	1704.13	14655.53

Costo de excavación de núcleo (10.00 ML) = \$1.488,372.00

Costo por metro lineal de excavación núcleo = \$ 148,837.00

Costo de losa de fondo (10.00 ML) = \$1.074,081.00

Costo por metro lineal de losa de fondo = \$ 107,408.00

DESCRIPCION DEL CONCEPTO

Demolición de concreto hidráulico espesores iguales o menores a 36 cm
(ver figura No. 29)

Aleron = Ancho X Espesor X Avance

$$0.70 \text{ M} \times 0.10 \times 10.0 \text{ M} = 0.70 \times 2$$

Altura x Espesor x Avance

$$1.60 \text{ M} \times 0.12 \text{ M} \times 10.0 \text{ M} = 1.92 \times 2$$

$$\text{Total} = 5.24 \text{ M}^3$$

Demolición de concreto asfáltico (ver fig No. 30)

Ancho x Espesor x Avance

$$7.20 \text{ M} \times 0.30 \text{ M} \times 10.00 \text{ M} = 21.60 \text{ M}^3$$

Excavación de Nucleo (ver fig. No. 31)

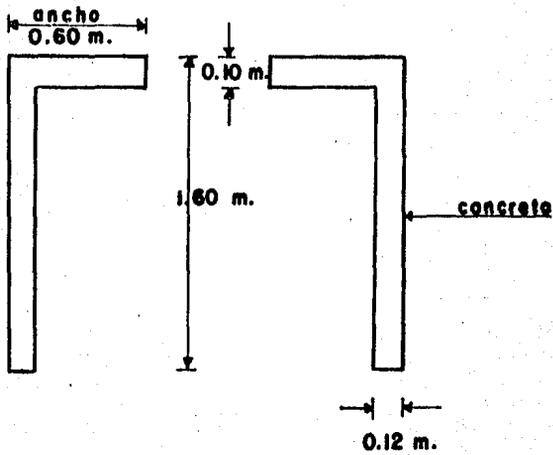
Ancho x Profundidad x Avance

$$8.60 \text{ M} \times 7.50 \text{ M} \times 10.00 \text{ M} = 645.00 \text{ M}^3$$

Molde para tapones en losa inferior (ver fig. No. 32b)

$$\frac{(b+B)}{2} \times \text{Ancho} \times \text{pzas.}$$

$$\frac{(0.60\text{M}+0.75\text{M})}{2} \times 8.60 \text{ M} \times 1 \text{ pza} = 5.805 \text{ M}^2$$



**DEMOLICION DE CONCRETO HIDRAULICO EN
ESPESORES IGUALES O MENORES A 36 cm.**

Fig. No. 29

DEMOLICION DE CONCRETO ASFALTICO

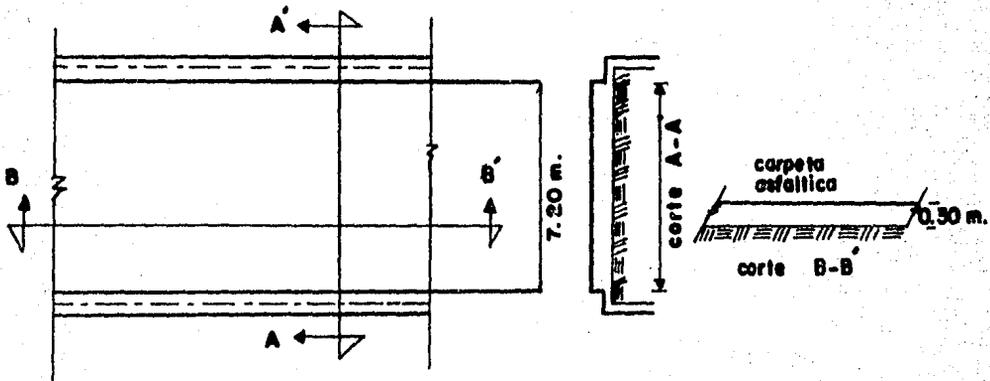


Fig. No. 30

EXCAVACION DE NUCLEO

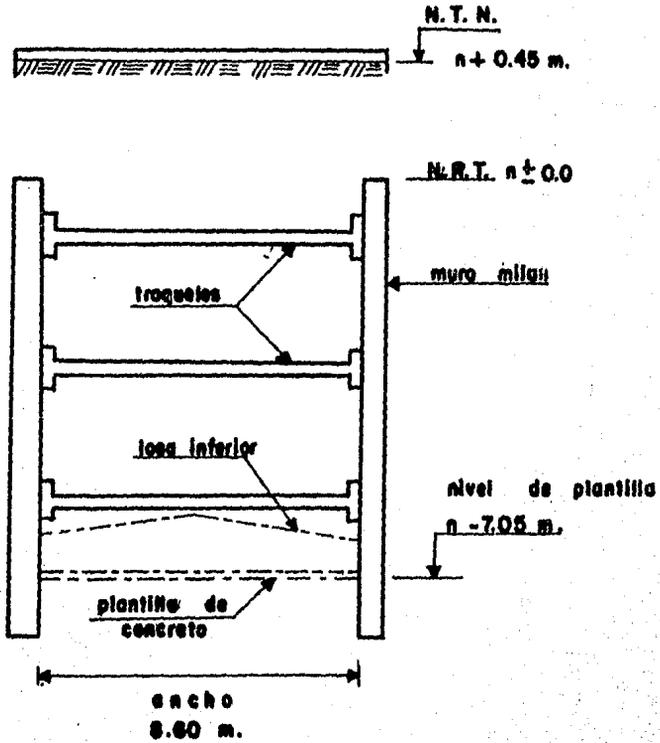


Fig. No. 31

Dren de tubo de P.V.C. colocado en losa inferior de 8" de diámetro

avance x No. de piezas

$$10.00 \text{ ML} \times 2 \text{ Pzas.} = 20.00 \text{ ml}$$

Carga a máquina del material producto de demoliciones

Demolición de concreto hidráulico + demolición de concreto asfáltico

$$5.24 \text{ m}^3 + 21.60 \text{ m}^3 = 26.84 \text{ m}^3$$

Acarreo en camión del material producto de demoliciones

volumen demolido x kilómetros

$$26.84 \text{ m}^3 \times 18 \text{ Km} = 483.12 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

Acarreo en camión del material producto de excavaciones

volumen excavado x kilómetros

$$645.00 \text{ m}^3 \times 18 \text{ Km} = 11610.00 \text{ m}^3 - \text{Km}$$

Concreto f'c = 100 - 1 1/2-10 colocación en plantillas y castres

ancho x espesor x avance

$$8.60 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} \times 10.00 \text{ m}$$

Concreto f'c = 150 - 1 1/2-10 colocado en losa inferior

$$\text{Concreto recibido en obra (ver fig. 32a)} = 58.05 \text{ m}^3$$

$$\frac{(B+b)}{2} \times \text{ancho} \times \text{avance}$$

$$\frac{(0.60 \text{ m} + 0.75 \text{ m})}{2} \times 8.60 \text{ m.} \times 10.0 \text{ m.} = 58.05 \text{ m}^3$$

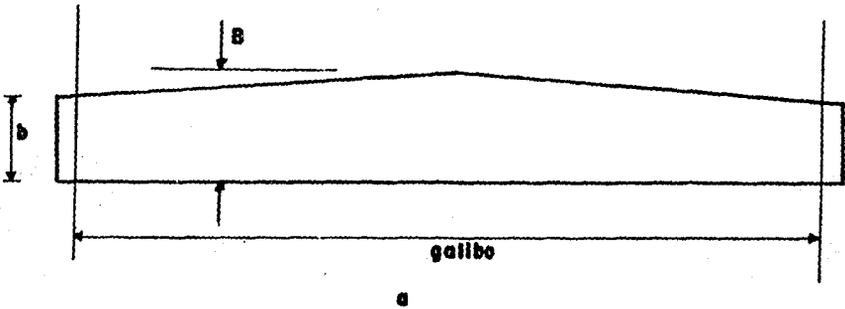
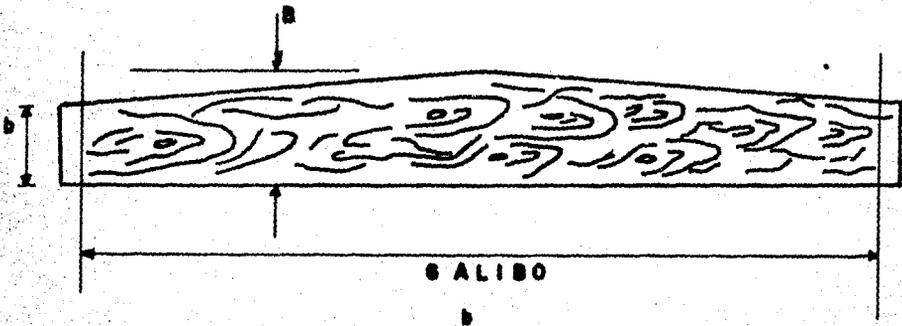
CONCRETO PARA LOSA INFERIOR**MOLDE PARA TAPONES EN LOSA INFERIOR**

Fig. No. 32

ACERO DE REFUERZO GRADO DURO DE 1/2" DE Ø EN LOSA INFERIOR 987.43 Kg

ACERO DE REFUERZO GRADO DURO DE 3/4" DE Ø EN LOSA INFERIOR 2173.50 Kg

VARILLAS Nº	PZAS.	LONG. P/PZA	LONG. TOTAL	PESO Kg/m	#4	#6
# 4 a 20	86	9.90	851.40	0.996	847.99	
# 6 a 25	40	6.20	248.00	2.250		558.00
# 6 a 25	40	9.20	368.00	2.250		828.00
# 4 a 20	50	2.80	140.00	0.996	139.44	
# 6 a 20	100	3.50	350.00	2.250		787.50

Troqueles metálicos en cajón

Nº de Pzas. 10 Pzas. = 10 Pzas.

Picado de juntas de construcción

iden. al molde x Nº de veces

5.805 m² x 1 veces = 5.805 m²

Curado de concreto con membrana

ancho x avance

8.60 m x 10 m = 86.00 m²

Preparación de junta entre muro colado

en sitio y losa inferior

avance x 2

10.00 m² x 2 = 20.0 ml

Banda de P.V.C. de transversal en

losa inferior

ancho = 8.60 m. = 8.60 m

LINEA 6 ORIENTE

ESTACION LA VILLA-MARTIN CARRERA

COSTO DE MURO DE ACOMPAÑAMIENTO COLADO EN SITIO POR METRO LINEAL

CONCEPTO	CANT.	U	P.U.	IMPORTE
Cimbra muro acompañamiento	29.40	M ²	1897.70	55792.25
Concreto 150-11/2.10	20.58	M ³	8487.22	174667.08
Acero ref. grado duro 1/2" de Ø	200.196	Kg	94.82	18981.86
Acero ref. grado duro 3/4" de Ø	833.625	Kg.	91.75	76485.51
Banda de P.V.C.	12.00	ML	1606.92	19283.09

Costo por muro de 6.00 metros lineales = \$345,210.00

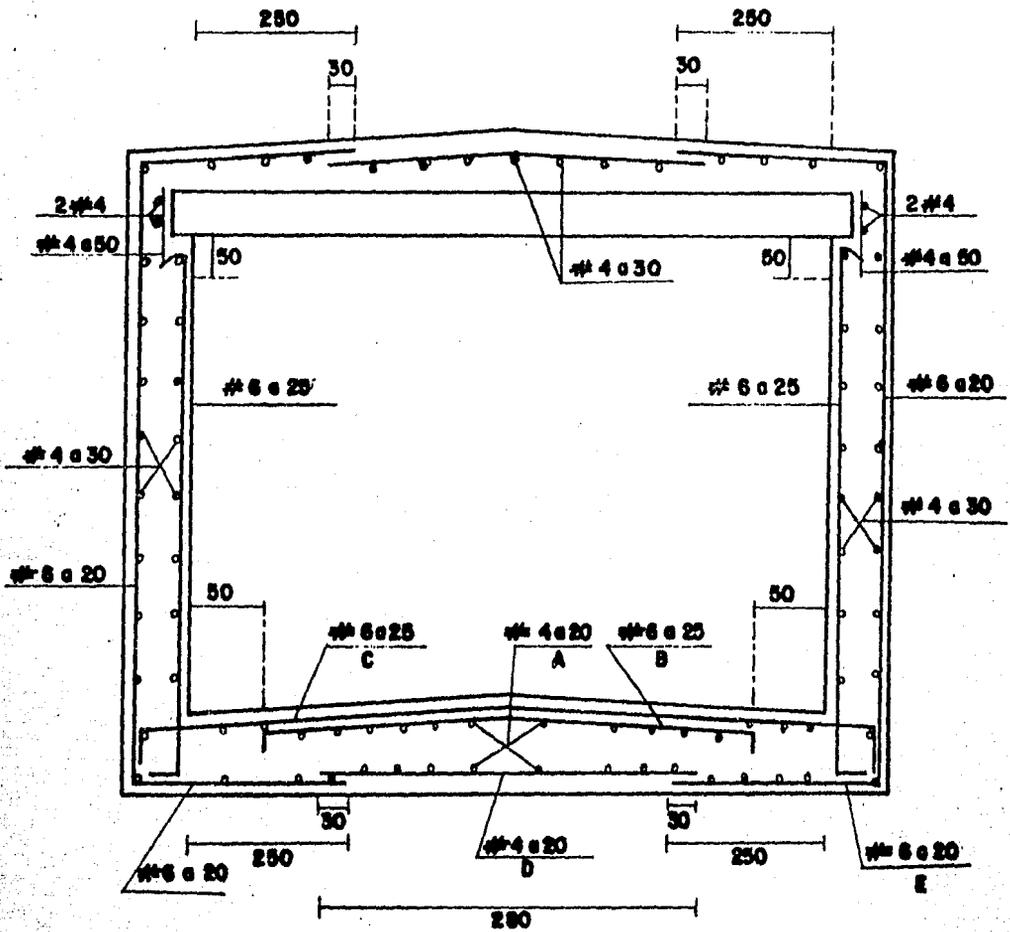
Costo por metro lineal muro acomp. = \$ 57,535.00

Por dos lados = \$115,070.00

Acero de ref. grado duro 1/2" de Ø coloc.muro estruct. = 200.196 Kg

Acero de ref. grado duro 3/4" de Ø coloc.muro estruct. = 833.625 Kg

NO: VARS. SEP.	NO: PZAS	LON/PZA	LON.TOTAL	PESO Kg/M	NO: 4	NO: 6
NO: 6 a 20	30	7.95	238.50	2.250		536.625
NO: 6 a 25	24	5.50	132.00	2.250		297.00
NO: 4 a 30	32	6.00	192.00	0.996	191.232	
NO: 4 a 50	12	0.75	9.00	0.996	8.964	



**DIBUJO ESQUEMATICO DEL ARMADO
DEL CAJON S/E.**

LINEA 6 ORIENTE

ESTACION LA VILLA-MARTIN CARRERA

COSTO DE LOSA SUPERIOR POR METRO LINEAL

CONCEPTO	CANT.	Ú	P.U.	IMPORTE
Concreto 150-11/2-10	21.35	M ³	9299.94	198563.64
Molde para tapones en losa sup.	2.14	M	1602.66	3429.70
Acero ref. grado duro 1/2" Ø	421.11	Kg	94.82	39928.12
Acero ref. grado duro 3/4" Ø	635.26	Kg	95.04	60376.08
Tableta TP-4 (provisional)	10.64	Pza	66574.33	708350.92
Picado juntas de construcción	2.14	ML	216.13	462.53
Curado concreto con membrana	86.00	M ²	37.62	3235.47
Calafateo entre losas precoladas	78.00	ML	6493.83	506518.69

Costo de losa superior (10.00 M.L.) = \$1,520,855.00

Costo por metro lineal = \$ 152,086.00

El costo total de la estructura tipo cajón fue de \$886,737.00 por metro lineal.

Descripción del concepto

Concreto f'c = 150 Rev. 10 cm Agregado 1 1/2"

Colocado en losa superior (ver fig. 34)

$$\left[\frac{(b+B)}{2} \times \text{Longitud} + 2(ac) \right] \times \text{avance}$$

$$\left[\frac{(0.15 \text{ m} \times 0.30 \text{ m})}{2} \times 8.60 \text{ m} + 2(0.40 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}) \right] \times 10.0 \text{ m} = 21.35 \text{ m}^3$$

Molde para tapones en losa superior

$$\frac{(b+B)}{2} \times \text{Longitud} + 2(ac)$$

$$\frac{(0.15 \text{ M} + 0.30 \text{ M})}{2} \times 8.60 \text{ M} + 2(0.40 \text{ M} \times 0.25 \text{ M}) = 2.14 \text{ M}^2$$

Acero de Reg. grado duro de 1"2" en Losa Superior

(Ver fig. No. 35 a)

421.11 Kg.

Vars # Sep.	No. Pzas.	Long P/pza	Long. Total	Peso Kg/M	No. 3	No. 4
A # 4 a 30	34	3.70	125.80	0.996		125.30
B # 4 a 30	30	9.90	297.00	0.996		295.81
C # 3 a 15	570	1.85	1054.5	0.557	587.36	
D # 3	10	8.60	86.00	0.557	47.90	

Acero Ref. grado Duro de 3/8"

(ver fig. No. 35 b)

Colocado en losa superior

635.26 Kg.

Suministro Transporte y Coloc. de Tabletillas Presforzadas

No. de Pzas colocadas

10.64 Pzas

10.64 Pzas

Picado de Juntas de Construcción

2.14 M²

Iden. al molde

Curado de concreto con membrana

Avance por Longitud

86.00 M²

10.00 M x 8.00 M

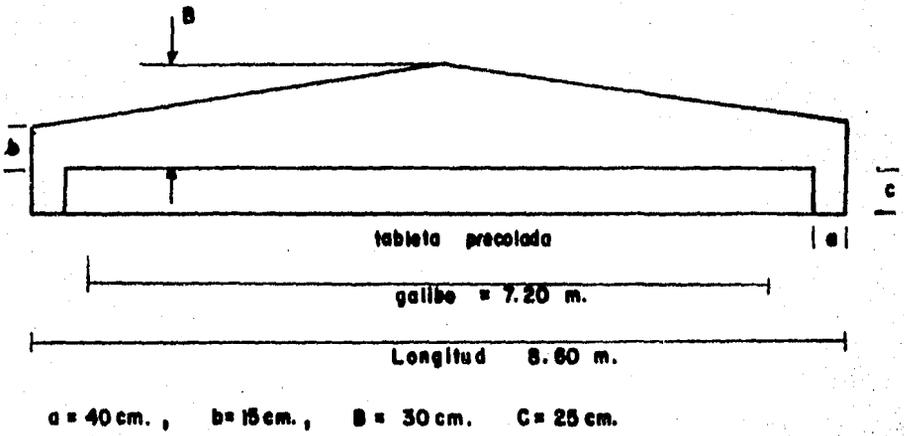
Calafateo entre losas

Precoladas

No. de veces por long. de tabletas

78.00 M

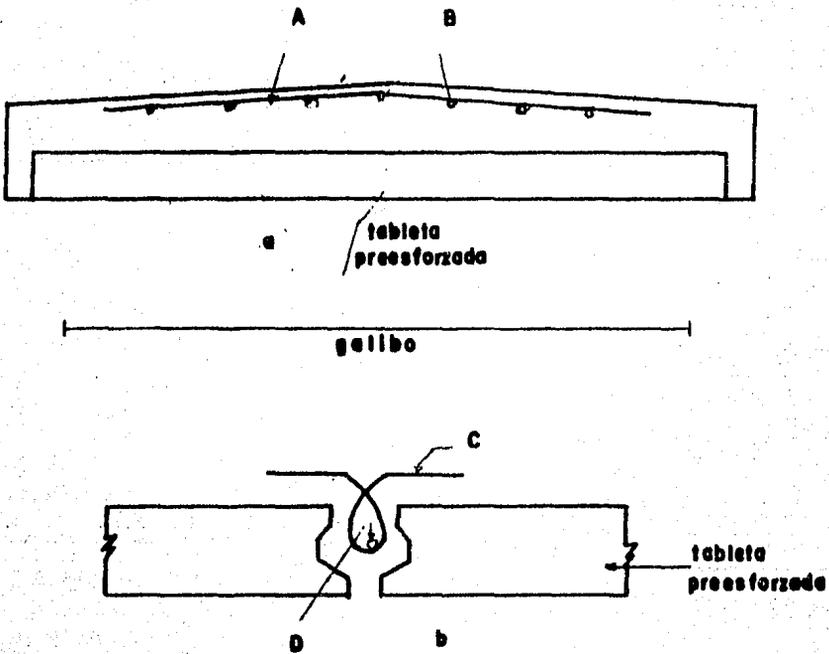
10 veces por 7.80 M



LOSA SUPERIOR

Fig. No. 34

CROQUIS DE LOSA SUPERIOR S/E



DETALLE DE JUNTA ENTRE TABLETAS

Fig. No. 35

En seguida se presenta un análisis comparativo de costos de muros colados en sitio y muros precolados utilizados en la estructura del metro tipo cajón de la línea 6 oriente entre el cadenamiento 13+345.610 al 13+336.00

**ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE MUROS COLADOS EN SITIO
Y MUROS PRECOLADOS (CAT. 84-II) (2.50 M.L.)**

C O N C E P T O	MURÒ MILAN DE ACOMPANAMIENTO COLADO EN SITIO (PROF. 8.55 m)	MURO PRECOLADO DE ACOMPANAMEN TO (PROF. 8.55 m)
Exc. y acarreo del material Producto de la exc. (incluye Lodo Bentonítico)	139,428	139,428
Dosificación de cemento y Lodo Bent. para fabricar Lodo Fraguante		19,341
Costo por panel (incluye acarreo a obra) Concreto Acero Cimbra y Banda	149,634 149,335 <u>15,773</u> 314,742	 <u>300,040</u>
Colocación de muro		30,000
Enrase de muros	2,763	
Troqueles metálicos	9,465	
T o t a l	466,398	488,809

En el análisis comparativo de costos de muro milán de acompañamiento contra muro precolado de acompañamiento (paneles de 2.50 M.L.) se observo que el costo total por panel de muro precolado es mayor que el panel de muro colado en sitio debido que la comparación de costos se refiere a un pequeño tramo experimental donde se utilizarán muros precolados de acompañamiento.

Los costos por panel colado en sitio fueron de \$ 466,398 y el precolado de \$ 488,809 de donde resulta una diferencia de \$ 22,411 por panel.

Al utilizar precolados en serie el costo de estos se reduce hasta en un 10% (\$30,004) y entonces tenemos que el emplear precolados es \$ 7,593 más económico que los muros colados en sitio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En obras de gran magnitud como lo es el Sistema de Transporte Colectivo "Metro", en cuya construcción de la estructura tipo cajón se utilizan conceptos tan repetitivos como lo es el muro milán, es recomendable la utilización de muros precolados.

Esta tesis es una pequeña muestra de que la ingeniería y la técnica mexicana no permanece estática pues en lo que se refiere a la construcción del "Metro" surgieron innovaciones al procedimiento constructivo tradicional (muro milán colado en sitio) utilizado en la estructura tipo cajón del Metro. En este caso la utilización de precolados de acompañamiento como estructura de contención del Metro tipo cajón, que sustituye al muro milán de acompañamiento colado en sitio.

El utilizar precolados en este tipo de estructuras nos evita el colado y habilitado del acero de los muros en obra, por lo que se tiene un mejor control de calidad de los materiales utilizados y un mejor acabado de los muros debido a que se fabrican en planta.

Se ahorra tiempo en el inicio de excavación de núcleo ya que no es necesario esperar a que el concreto alcance su máxima resistencia para iniciar la excavación.

Con el empleo de precolados se requiere de un menor número de troqueles, lo que representa un ahorro por pieza, en este caso se utilizaron 0.8 troqueles por metro lineal comparado con el muro milán colado en sitio en el que siempre por lo menos se utilizan 1.0 troqueles por metro lineal.

Al utilizar menor número de troqueles se disminuye el tiempo de excavación de núcleo ya que se tiene mayor área de acción para que pueda entrar la maquinaria y realizar más rápido la excavación.

Se evitan las zonas de almacenes y habilitado de las parrillas de acero, así como el traslado de estas y, entongados los cuales por lo estrecho de las calles ocasionan muchas molestias al público, además de encarecer las obras.

Los muros precolados no solamente se utilizan constituyendo la estructura de contención del Metro tipo cajón que es el punto tratado en esta tesis, sino que esto constituye solamente una de las pruebas con precolados. Dichas pruebas tienen como fin utilizar los precolados como muros estructurales de la estructura tipo cajón del Metro.

Gracias a los resultados satisfactorios de las pruebas con muros precolados que se emplearon en la estructura de contención de la línea 6 oriente, posteriormente en algunos tramos de la línea 9 se utilizaron muros estructurales precolados.

Utilizando muros estructurales precolados se reduce aún más el número de troqueles metálicos ya que con solo dos niveles de estos es suficiente para sostener la estructura y poder realizar la excavación de niveles, además se cuenta con mucho más área de acción lo que aumenta la eficiencia de la maquinaria de excavación.

Considerando que al utilizar precolados para la construcción y ampliación de nuevas líneas del Metro tipo cajón se necesitan una producción en serie de precolados, con lo que es más económico que el muro milán colado en sitio.

Este tipo de obras es de gran importancia ya que generan un gran bien social encaminado al desarrollo de la Ciudad y del país, por lo que es necesario impulsar cada vez más el fortalecimiento del Sistema de Transporte Colectivo para lograr el desarrollo y crecimiento de esta ciudad, por lo que recomiendo que en los próximos años se mejore la red vial y se construyan nuevas líneas del Metro y ampliaciones de las ya existentes y así contribuir a desalentar el uso del automóvil particular, con lo que también se disminuye en parte la contaminación ambiental que es otro de los gran

des problemas más críticos de resolver en la Ciudad de México.

La construcción de la ampliación de la línea 6 oriente del Metro generará en gran beneficio a los usuarios, ya que logra interconectar las líneas 3, 4 y 6, evitando con esto largos recorridos y generando un grave ahorro de tiempo horas-hombre para los usuarios beneficiados con esta ampliación.

El costo de esta ampliación del Metro se incrementó mucho ya que debido al trazo, hubo varias afectaciones a propiedades particulares y se tuvo que pagar la afectación, además interferencias con instalaciones municipales como son líneas de agua potable, drenaje y otras, que repercuten en incrementos al costo de la línea 6 del Metro. Gracias a los beneficios que ocasionan este tipo de obras por alto que sea su costo, siempre estará justificado.

Este tipo de innovaciones son recomendables para alcanzar mayor rápidez de avance de obra y limpieza de ésta, que son de gran importancia para disminuir el tiempo de construcción y molestias al público que son ocasionadas por la construcción del Metro muy especialmente cuando es en el centro de la Ciudad.