

55
2 ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ SISTEMA DE CIMBRA MOVIL PARA
EL CAJON DEL METRO LINEA B ”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

JUAN CARLOS MANDUJANO LOPEZ

ALFONSO TOLEDO VAZQUEZ



MEXICO, D. F. CIUDAD UNIVERSITARIA 1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-007/96

Señores
JUAN CARLOS MANDUJANO LOPEZ
ALFONSO TOLEDO VAZQUEZ
Presente.

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

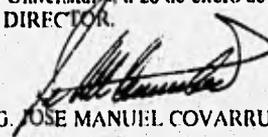
"SISTEMA DE CIMBRA MOVIL PARA EL CAJON DEL METRO LINEA B"

- INTRODUCCION**
- I. GENERALIDADES**
- II. PROYECTO DE LA LINEA B DEL METRO**
- III. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA**
- IV. PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE CIMBRA**
- V. CONTROL EN OBRA Y CALIDAD DEL SISTEMA**
- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**
- ANEXOS**
- BIBLIOGRAFIA**

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 26 de enero de 1996.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*nil

A mis padres:

María Vázquez de Toledo
Alfonso Toledo Espino

"Porque siempre me han dado su apoyo y confianza para realizar mis metas contagiándome de su fortaleza, optimismo, responsabilidad y carácter... gracias papás."

A mis hermanos:

Dagoberto, Rafael, Josué y Karla

Con respeto y cariño.....*Alfonso*

A la memoria de mis padres

Susana y Víctor Manuel

"Porque su recuerdo me ha impulsado"

Con agradecimiento a mi esposa

María de Lourdes

"Con el amor que hemos cultivado"

Dedicado a mis hijos

Víctor Manuel, Rafael Alejandro y Karla

"Con cariño y gratitud por su confianza"

A mis hermanos

Victoria, Héctor y María Idalia

A todos ellos..... Gracias *Juan Carlos*

SISTEMA DE CIMBRA MOVIL PARA EL CAJON DEL METRO LINEA "B"

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
I.- GENERALIDADES	3
I.1.- TIPOS DE CAJON UTILIZADOS	8
<i>I.1.1.- Solución tipo cajón</i>	8
I.2.- TIPOS DE CIMBRA	17
I.3.- CIMBRAS USADAS EN LOS DIFERENTES TIPOS DE CAJON	22
<i>I.3.1.- Cimbra para cajón convencional</i>	22
<i>I.3.2.- Cajón con tablestaca actuando como muro estructural</i>	25
<i>I.3.3.- Cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento</i>	27
II.- PROYECTO DE LA LINEA "B" DEL METRO	30
II.1.- DESCRIPCION GENERAL	30
<i>II.1.1.- Localización</i>	30
<i>II.1.2.- Longitud y trazo</i>	30
<i>II.1.3.- Obra civil</i>	31
<i>II.1.4.- Estaciones</i>	32
<i>II.1.5.- Vialidad</i>	34
<i>II.1.6.- Puentes viales</i>	34
<i>II.1.7.- Puentes peatonales</i>	35

<i>II.1.8.- Sistema metropolitano de transporte</i>	37
<i>II.1.9.- Patrimonio histórico</i>	38
<i>II.1.10.- Beneficios</i>	38
<i>II.1.11.- Datos técnicos</i>	39
II.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS	41
II.3.- ESTRUCTURAS A UTILIZAR	42
<i>II.3.1.- Solución subterránea</i>	42
<i>II.3.2.- Solución superficial</i>	43
<i>II.3.3.- Solución elevada</i>	45
III.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA	49
III.1.- REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	49
III.2.- CARACTERISTICAS PRINCIPALES	50
<i>III.2.1.- Cimbra para muro muñón</i>	50
<i>III.2.2.- Cimbra para cajón estructural</i>	53
IV.- PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE CIMBRA	57
IV.1.- ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DEL CAJON	57
<i>IV.1.1.- Observaciones generales</i>	57
<i>IV.1.2.- Construcción de los muros tablestaca de acompañamiento</i>	58
<i>IV.1.3.- Abatimiento del nivel freático</i>	58
<i>IV.1.4.- Procedimiento constructivo del cajón subterránea entre los cadenamientos 23+291.614 y 22+796.517</i>	59
<i>IV.1.5.- Construcción del cajón subterráneo entre los cadenamientos 23+291.614 y 22+946.000</i>	59

<i>IV.1.6.- Cajón subterráneo entre los cadenamientos 22+946 y 22+892</i>	61
<i>IV.1.7.- Cajón subterráneo comprendido entre los cadenamientos 22+892 y 22+796.517</i>	62
<i>IV.1.8.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la rejilla de ventilación del cadenamiento 22+990 al 22+946</i>	63
<i>IV.1.9.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la rejilla de ventilación del cadenamiento 23+165 al 23+110</i>	63
<i>IV.1.10.- Excavación y construcción de los nichos para I.A.T. y S.R. ubicados en los cadenamientos 23+069 y 23+237.720</i>	64
<i>IV.1.11.- Excavación y construcción de los nichos de aparato ubicados en los cadenamientos 23+289.64, 23+254.984, 22+851.582 y 22+819.102</i>	65
<i>IV.1.12.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la alcancía ubicada entre los cadenamientos 23+203.100 y 23+226.900</i>	65
<i>IV.1.13.- Notas importantes</i>	66
IV.2.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CIMBRA	69
IV.2.1.- CIMBRA PARA MURO MUÑÓN	69
<i>IV.2.1.1.- Cimbra de contacto</i>	69
<i>IV.2.1.2.- Estructura de soporte</i>	70
<i>IV.2.1.3.- Diseño del elemento horizontal superior</i>	72
<i>IV.2.1.4.- Diseño del elemento horizontal inferior</i>	74
<i>IV.2.1.5.- Puntal de apoyo inferior</i>	75
IV.2.2.- CIMBRA PARA CAJON ESTRUCTURAL	77
<i>IV.2.2.1.- Cimbra de contacto para muro estructural</i>	80
<i>IV.2.2.2.- Pata vertical</i>	95

<i>IV.2.2.3.- Cabezal superior</i>	96
<i>IV.2.2.4.- Diagonal superior</i>	101
<i>IV.2.2.5.- Puntales horizontales</i>	104
<i>IV.2.2.6.- Puntal diagonal</i>	108
<i>IV.2.2.7.- Brazo ajustable superior</i>	108
<i>IV.2.2.8.- Angulos de conexión superior e inferior</i>	108
<i>IV.2.2.9.- Ruedas</i>	108
<i>IV.2.2.10.- Gatos ajustables</i>	110
<i>IV.2.2.11.- Esquineros superiores</i>	111
<i>IV.2.2.12.- Placa deslizante</i>	112
<i>IV.2.2.13.- Cuñas para contraflecha</i>	112
<i>IV.2.2.14.- Diagonal transversal inferior</i>	112
IV.3.- APLICACIONES	114
<i>IV.3.1.- Materiales y costos</i>	114
<i>IV.3.1.1.- Estructura principal</i>	114
<i>IV.3.1.2.- Accesorios</i>	117
<i>IV.3.1.3.- Cimbra</i>	118
<i>IV.3.2.- Ventajas (costo, calidad y tiempo)</i>	119
<i>IV.3.3.-Desventajas (costo, calidad y tiempo)</i>	119
V.- CONTROL EN OBRA Y CALIDAD DEL SISTEMA	121
V.1.- CIMBRADO DEL MURO MUÑON	121
<i>V.1.1.- Armado inicial</i>	121
<i>V.1.2.- Descimbrado y desplazamiento</i>	122

V.2.- CIMBRADO DEL CAJON ESTRUCTURAL	124
<i>V.2.1.- Armado inicial</i>	124
<i>V.2.2.- Cimbrado</i>	127
<i>V.2.3.- Descimbrado</i>	127
<i>V.2.4.- Desplazamiento</i>	128
COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	131

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- A-1.- FIGURAS**
- A-2.- AYUDAS DE DISEÑO**
- A-3.- PLANOS**
- A-4.- FOTOGRAFIAS**

INTRODUCCION

La ciudad de México ha originado por su población, superficie y requerimiento de servicios en general, soluciones que responden a la medida de sus problemas. Por lo cual en lo que respecta al transporte masivo, desde el año de 1965 se tomó la decisión de empezar a construir el transporte colectivo Metro y así cubrir las necesidades más urgentes de transporte colectivo y solucionar el congestionamiento del primer cuadro y la zona centro de la ciudad.

Actualmente, para la construcción del Metropolitano se requiere contar con equipos y personal técnico capaz para desarrollar los procesos constructivos que el suelo de la ciudad de México requieren, teniendo que cumplir éstos, con las características principales de: permeabilidad, seguridad, rapidez, limpieza y estética en los acabados de las estructuras.

Las estructuras del Metropolitano; son estructuras formadas por grandes volúmenes de concreto reforzado, las cuales para el caso de la solución subterránea tipo cajón, estas no necesariamente tienen la apariencia física (acabado) que deben tener las soluciones tipo superficial y elevada o las estaciones.

Desde un principio, para el tipo de estructuras y construcciones mencionadas, la cimbra más comúnmente utilizada ha sido la cimbra de madera, la cual ha través del tiempo, ha cumplido con los requerimientos que los procesos constructivos han demandado. Así pues, para lograr mejores acabados en las estructuras, con el paso del tiempo, las cimbras mencionadas han venido siendo sustituidas por maderas laminadas, armaduras y andamios tubulares con la finalidad de garantizar mayor seguridad, rigidez, geometría y sobre todo rapidez en la ejecución de los muros y losa del cajón.

Así mismo; también se han venido utilizando cimbras metálicas, las cuales están formadas por placas de acero y soportadas por troqueles o estructuras del mismo material, lo cual es óptimo para la ejecución de las estructuras, pero a su vez muy latoso y en ocasiones peligroso el manejo de tales materiales en lo que respecta al ciclo de cimbrado, el cual consta de colocación, descimbrado y transporte a la siguiente etapa de colado. Por lo anterior, y debido a que son elementos desarmables, se da el caso de que tal proceso aumenta los tiempos de ejecución de la obra con respecto al uso de las cimbras metálicas deslizantes.

Tomando en cuenta lo anterior, se ha optado por desarrollar una cimbra que pueda ser desplazada de una etapa de colado del cajón a la siguiente, sin tener que desarmar el sistema, lo cual abarata el costo de mano de obra y como consecuencia la obra misma.

Para el caso en particular de la construcción del cajón subterráneo que actualmente se ejecuta y que corresponde a la línea "B" del Metro, se utiliza un nuevo sistema de cimbrado, el cual permite una mayor rapidez de construcción del cajón subterráneo con relación a los anteriormente construidos, y sobre todo ventajas en cuanto a colocación, seguridad, rapidez, forma, descimbrado y transporte del sistema de cimbrado con respecto a las cimbras ya descritas utilizadas comúnmente y que comparadas con este sistema tienden a ser más costosas por la mano de obra utilizada.

Este trabajo de tesis tiene como objetivo el dar a conocer el nuevo sistema de cimbrado implementado para la construcción del cajón túnel subterráneo de la línea "B" del Metropolitano. Tal sistema ha sido diseñado de manera tal que permite un colado monolítico de muros y losa superior del cajón, así como un desplazamiento horizontal del sistema a la siguiente etapa de colado sin tener la necesidad de desarmar tal sistema, ya que éste cuenta con una serie de elementos ajustables que permiten lo anterior; características que no se logran utilizando las cimbras convencionales.

Así mismo, mediante el desarrollo de éste escrito, se pretende dar a conocer el sistema antes mencionado desde su diseño, análisis y aplicaciones, hasta su control en obra, así como sus ventajas y desventajas con respecto a los sistemas usados con anterioridad y para el mismo fin.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.- GENERALIDADES

El crecimiento sin planeación de la población capitalina ha propiciado graves y crecientes problemas de transporte y congestiónamiento de tránsito, lo cual ha motivado a las autoridades a realizar estudios para dar posibles soluciones y así buscar nuevas tecnologías que respondan a las necesidades imperantes de la sociedad actual capitalina y otros estados que en un futuro no muy lejano se encontrarían bajo las mismas condiciones que la cd. de México, como es el caso de las ciudades de Guadalajara, Monterrey y Tijuana entre otras.

Ante la perspectiva del problema de transporte y congestiónamiento de tránsito, el gobierno de la ciudad de México se impuso la tarea de dotar a la población de vialidad y de transportes suficientes y eficientes para las futuras generaciones.

Así pues, en octubre de 1966 se constituyó el comité consultivo del transporte para estudiar aspectos de vialidad, proyecto y análisis estadísticos en la solución del transporte; y más tarde el 29 de abril de 1967 se crea el Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) para construir, operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el Distrito Federal.

Por lo anterior, para cumplir con tal compromiso, las autoridades del Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección y Coordinación de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR, 1977), formularon el Plan Rector de Vialidad y Transporte, cuyo objetivo principal consiste en la implantación de un sistema integral y coordinado de transportación, orientado por una clara política social que garantice la prestación de un servicio eficiente de transporte. Para tal efecto, considera la reducción del uso del automóvil, haciendo deseable y posible el uso del transporte colectivo y desalentando el primero.

El Metro vino a constituir la incipiente columna vertebral del transporte que tanto estaba haciendo falta en la ciudad, debido a su rapidez, regularidad, capacidad de servicio, y por supuesto la accesibilidad de su tarifa. Sin embargo, es bien conocido que a pesar de su alta eficiencia, la red del metro con la cual a la fecha se cuenta, no puede resolver el total de viajes que se dan en la urbe y se requiere de su integración con los otros medios.

En su iniciación, una red del metro debe tener dos líneas principales perpendiculares entre si y desarrollarse mediante la construcción de líneas paralelas, formándose en un futuro una cuadrícula que cubrirá progresivamente el área urbana.

Los principios fundamentales para la estructuración de una red de metro son su tránsito, operación y construcción, los cuales se describen a continuación:

Respecto al *tránsito*, las líneas del Metro deben:

- a) Corresponden a las corrientes de circulación establecidas por las que transitan diariamente grandes volúmenes de pasajeros y cubrir las zonas de mayor densidad demográfica

- b) Dar servicio a las zonas más congestionadas.
- c) Abarcar los centros de actividades principales dentro del área metropolitana.
- d) Permitir a los usuarios un ahorro en tiempo de recorrido por medio de líneas que sean lo más rectas posibles e interconexiones múltiples.

Respecto a la *operación*, el sistema debe:

- a) Obtener el mayor número de pasajeros.
- b) Lograr un movimiento regular de pasajeros durante el día.
- c) Lograr una velocidad comercial alta mediante un trazo que tenga el mínimo de curvas y estaciones.

Respecto a la *construcción*, el sistema debe considerar:

- a) El monto de la inversión que corresponde a los diferentes tipos de construcción de las líneas.
- b) Las molestias y el costo que representan los desvíos del tránsito durante la construcción.
- c) Las ventajas y las desventajas de la solución elegida, en comparación con otras alternativas de trazo.

PLAN RECTOR DE VIALIDAD Y TRANSPORTE DEL D.F.

Debido a la magnitud y complejidad de los problemas de transportación y a la necesidad de racionalizar las acciones tendientes a resolverlos, en septiembre de 1977 el Departamento del Distrito Federal (DDF) creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR), la que en primera instancia, procedió a elaborar el plan rector de vialidad y transporte para cumplir con el objetivo de dotar a la población de un sistema integral y coordinado de transporte acorde con el crecimiento urbano y que desalentara el uso del automóvil como consecuencia del impulso al transporte colectivo.

En mayo de 1980 se dieron a conocer los alcances del plan, derivado de una serie de acciones a corto, mediano y largo plazo contenidas en cuatro planes parciales: del Metro, de vialidad, de transporte de superficie y de estacionamientos.

De éstos, el más importante es el plan del Metro debido a que es el único medio de transportación masiva que puede dar servicio a un mayor número de pasajeros en buenas condiciones de servicio que cualquier otro sistema. Y los demás planes deben servir como complementarios para proporcionar un servicio eficiente a los usuarios.

Así mismo, los objetivos básicos del plan en cuestión del Metropolitano a 30 años son los siguientes:

- 1.- Abatir los tiempos de recorrido, mejorando la seguridad y la comodidad.

- 2.- Propiciar la reestructuración urbana y el uso del suelo.
- 3.- Optimizar el uso de los distintos medios de transporte y de la infraestructura existente.
- 4.- Evitar que el área central de la cd. de México sea la zona obligada de paso, sin olvidar su importancia, preservando además, la traza histórico-monumental.
- 5.- Tratar de que la infraestructura vial para los medios de transporte con motores de combustión sea lo más eficiente posible a fin de disminuir la contaminación ambiental.
- 6.- Coordinar las obras urbanas que coincidan con los trabajos de vialidad para evitar proyectos con justificación a corto plazo que no tomen en cuenta necesidades futuras.
- 7.- Mejorar la accesibilidad creando más opciones de traslado a los centros de trabajo, recreación y servicio para democratizar el transporte.

La red del Metro, por su construcción, constituye un alto costo de ejecución, así como también requiere de una previa planeación y estudio de la zona o área de influencia del trazo de la línea y del sistema de construcción a utilizar.

Para la red del Metro se han utilizado fundamentalmente tres *sistemas de construcción* básicos (fig. 1.1):

- 1.- *Subterráneo*
- 2.- *Superficial*
- 3.- *Elevado*

La elección de cada uno de estos sistemas se basa en las características del lugar en donde ha de realizarse. Cuando la amplitud de las avenidas o vialidades lo permiten, la solución superficial constituye una solución interesante, ya que ofrece grandes ventajas: siendo la mayor de estas, la economía y la rapidez de construcción frente a las otras soluciones.

Existen *criterios generales de selección del tipo de línea*: entre los cuales se mencionan los más importantes:

a) Costo de la obra civil por kilómetro

El más alto corresponde a la solución subterránea, ya sea túnel o sistema de cajón, en tanto que el costo/km de la línea superficial es cercano al de la solución elevada.

b) Tiempo de ejecución de la obra civil

Para la solución subterránea, la velocidad de construcción es ligeramente mayor que la solución elevada y un tanto menor que la solución superficial.

Rendimientos desarrollados por un solo frente de trabajo:

Solución elevada 70 a 90 m/mes

Solución subterránea	90 a 110 m/mes
Solución superficial	130 a 150 m/mes

c) Obstrucción de la vía pública durante la ejecución

La solución subterránea es la más compleja y además causa mayores problemas, reduciéndose tales problemas en la solución elevada.

d) Interferencia con los servicios municipales

Son totales en el caso del sistema subterráneo, obligando a realizar obras inducidas. Tales problemas son menores en los sistemas superficial y elevado.

e) Conservación y mantenimiento de obra y equipo

El sistema subterráneo presenta mejores condiciones que el sistema superficial y elevado. debido a que los equipos e instalaciones no están expuestos a la interperie.

f) Paisaje urbano. Aspecto estético y barrera física

Es un factor importante, ya que el aspecto estético se altera de acuerdo al tipo de solución elegida y la magnitud de alteración del paisaje urbano depende primordialmente del ancho de la vialidad.

g) Futura disponibilidad vial

La solución subterránea es la que menos problemas presenta, en tanto que la solución superficial ocupa un ancho equivalente de 3 carriles de circulación y la elevada solamente 2 carriles.

h) Libramientos viales perpendiculares inducidos

El sistema superficial genera problemas en los cruces importantes, cuyas soluciones repercuten en la construcción de estructuras subterráneas o elevadas para salvar el obstáculo que presenta la línea.

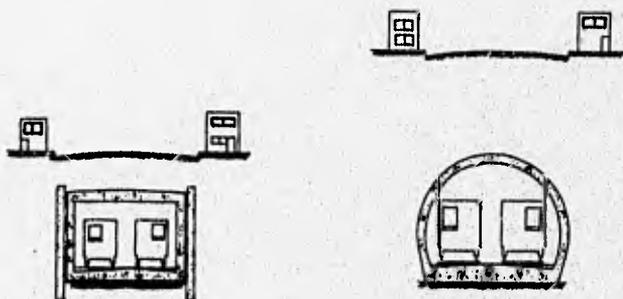
i) Selección adecuada del procedimiento constructivo

Es la más importante, ya que es necesario que se hagan estudios geotécnicos necesarios y suficientes, para elegir primeramente un trazo adecuado de una línea y posteriormente seleccionar adecuadamente el proceso constructivo y el tipo de maquinaria a emplear.



SECCION SUPERFICIAL

SECCION ELEVADA



SECCION SUBTERRANEA

Figura 1.1.- Sistemas de construcción para el Metro de la cd. de México

1.1.- TIPOS DE CAJON UTILIZADOS

Dentro de los tipos de solución para la construcción del Metropolitano de la cd. de México predomina en su gran mayoría hasta la fecha la solución subterránea, la cual incluye dos submodalidades que son:

- a) Solución tipo cajón
- b) Solución tipo túnel

La elección de una u otra solución, está en función de los obstáculos físicos existentes a lo largo del trazo de la línea proyectada, tratando siempre de preferir la solución tipo cajón, ya que ésta permite una mayor economía y rapidez con respecto a la solución tipo túnel.

1.1.1.- Solución tipo cajón

Debido a las características físicas y mecánicas del subsuelo de la cd. de México, así como el proceso constructivo como consecuencia del trazo proyectado; existen tres tipos de soluciones básicas para las estructuras de cajón subterráneo (fig.1.2). En cada una de ellas es característico la colocación de pozos de bombeo para el abatimiento del nivel freático de la zona.

a) *Proceso constructivo para el cajón convencional con excavación a cielo abierto*

- Se excava hasta una profundidad de 7.00 m aproximadamente y a cielo abierto, esto con sus respectivos taludes laterales a lo largo de la línea del Metro.
- Se coloca una plantilla o firme de concreto simple de 10 cm de espesor previo a la colocación del armado de la losa de fondo.
- Se cuela la losa de fondo cuidando la ubicación de las juntas constructivas con los muros del cajón.
- Armado, cimbrado y colado de los muros estructurales hasta la junta superior. Se coloca una banda vinílica para la impermeabilización de la unión con la losa superior del cajón.
- 24 hrs después de haber colado los muros, se procede a descimbrar y se rellenan con material producto de la excavación las partes laterales de los muros (fig.1.3).
- Se colocan las tabletas prefabricadas sobre la losa del cajón correctamente apoyadas y amarradas a los muros estructurales con el armado que la losa superior contiene (fig. 1.4).

- Colado de losa superior monóticamente con las tabletas prefabricadas y las preparaciones de juntas constructivas dejadas en los muros estructurales.
- Se rellena con material especificado la parte superior del cajón hasta el nivel de viabilidad original.

Los resultados que el diseño arroja, generalmente son los siguientes:

Espesor de losa superior	60 cm
Espesor de muros estructurales	60 cm
Peralte de tableta preesforzada	40 cm

La solución en cuestión es una de las menos profundas que existen y se aplica cuando la calzada es lo suficientemente ancha, de tal manera que permita realizar maniobras de gran amplitud en la obra; así como, cuando las construcciones cercanas a la descrita no tengan problemas de hundimiento o cuando el nivel de aguas freáticas no es muy superficial.

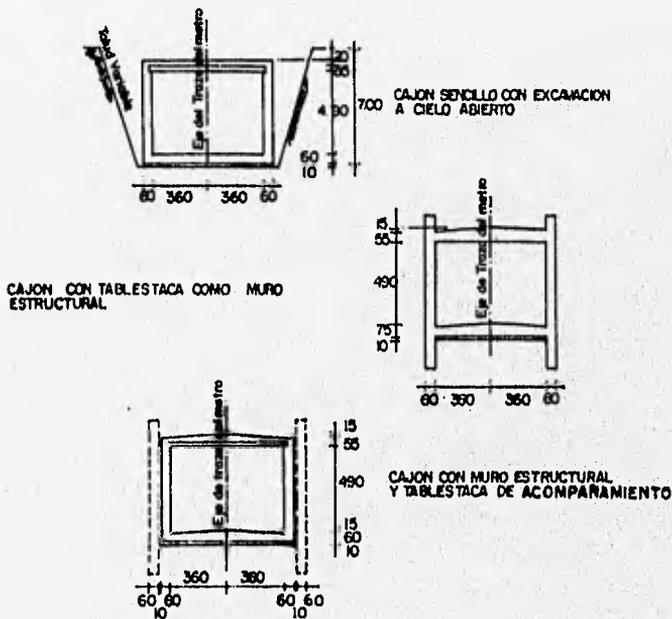


Figura 1.2.- Tipos de cajón

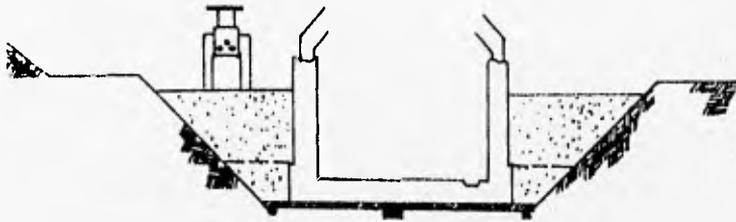


Figura 1.3.- Sección de excavación, sección cajón y rellenos

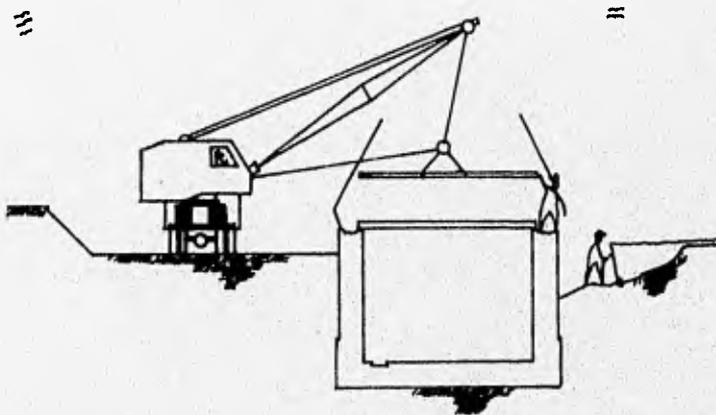


Figura 1.4.- Colocación de tabletas o losetas prefabricadas

b) Proceso constructivo para el cajón con tablestaca actuando como muro estructural

-- Se excavan zanjas de 0.60 m de ancho y se estabilizan con lodo bentonítico. Se introduce el armado y se cuela el concreto en ellas (fig.1.5).

- Cuando el concreto ha alcanzado el 90% de su resistencia, se excava el prisma de terreno comprendido entre los muros de concreto (fig.1.6).
- Se colocan troqueles entre los muros para contrarrestar los empujes activo (empuje del terreno que trabaja contra el elemento que lo resiste) y redistribuido (empuje activo, que debido a la colocación de los troqueles, el empuje se redistribuye en todo el elemento estructural) y así evitar la falla de los muros (fig.1.6).
- Colado de plantilla o firme de concreto simple de 10 cm de espesor.
- Unión del armado de losa inferior a los muros a través de una preparación dejada en estos a propósito para este fin y se procede al colado de dicha losa.
- De igual manera que en el caso anterior, se construye la losa superior.
- Habiendo fraguado totalmente la losa; se procede al relleno de la parte superior del cajón con los materiales especificados y hasta el nivel de la vialidad original.

Generalmente se obtienen dimensiones similares al caso anterior. En cuanto a la longitud de la parte inferior de la tablestaca, esta se analiza para anular la falla y se coloca la longitud necesaria de tal manera que se tenga un factor de seguridad eficiente.

La solución en cuestión, se utiliza cuando no existe mucho espacio para maniobras y cuando el nivel de aguas freáticas no es muy alto.

c) Proceso constructivo para el cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento

El procedimiento constructivo para la tablestaca de acompañamiento es el mismo que para el caso anterior, pero sin dejar preparaciones para unir las losas inferior y superior. En este caso se mezclan las dos etapas anteriores, pues aparte del tablestacado de acompañamiento se construye el cajón interior con muros estructurales.

Las dimensiones que arroja el diseño de este elemento son las siguientes:

Espesor de tablestacas	60 cm
Espesor de muros estructurales	60 cm
Tableta para losa	40 cm
Espesor de losa inferior	80-95 cm
Espesor de losa superior	15-30 cm

Esta solución se aplica cuando el nivel de aguas freáticas es muy superficial y el peligro de

filtraciones es inminente. Es una de las alternativas de construcción más profundas con relación a las dos anteriores. Esta solución es la adecuada cuando los empujes del terreno son muy fuertes y es necesario colocar dos muros que los absorban, y al igual que en el caso anterior se utiliza en avenidas no muy anchas.

Según las necesidades propias de cada tramo, se tienen algunas estructuras complementarias al cajón (galería de ventilación y drenaje interior) y varios tipos de losa inferior en el Metropolitano de la cd. de México, entre las cuales se encuentran:

- a) Losa inferior en cajón normal
- b) Losa inferior con cárcamo de bombeo
- e) Losa inferior con fosa de revisión
- d) Losa inferior con caja de balasto

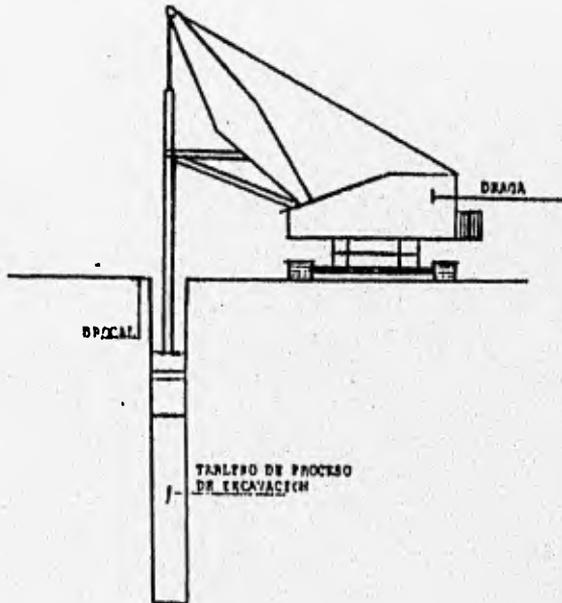


Figura 1.5.- Excavación de zanja para colocación de tablestaca

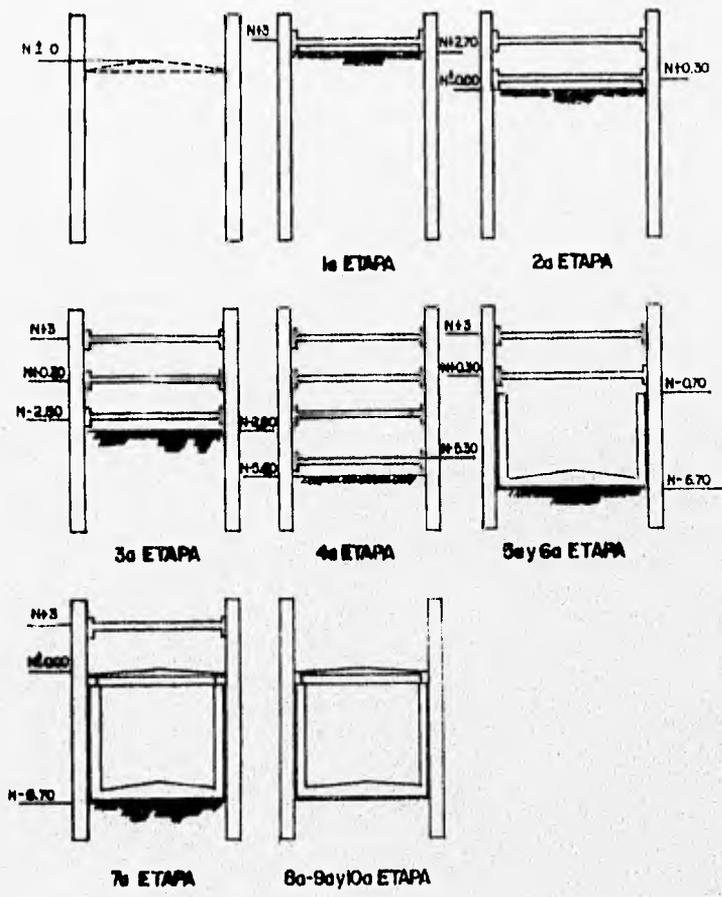


Figura 1.6.- Procedimiento de excavación para alojar el cajón del Metro

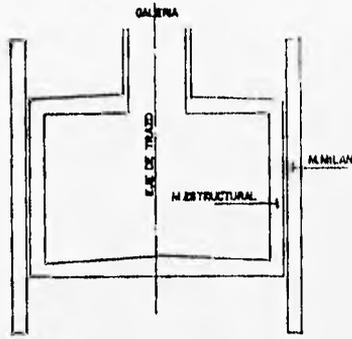


Figura 1.7.- Galería de ventilación

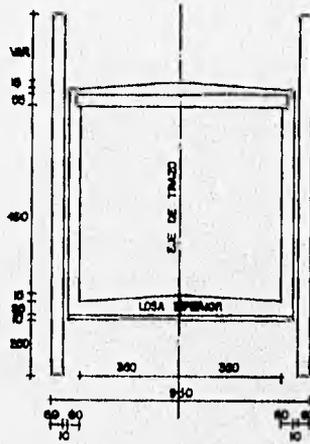


Figura 1.8.- Losa inferior en cajón normal

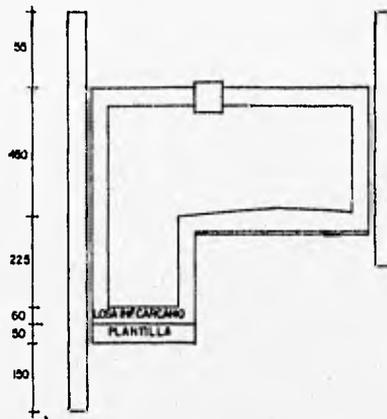


Figura 1.9.- Drenaje interior del cajón

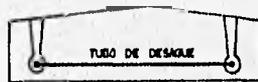


Figura 1.10.- Losa inferior en cárcamo de bombeo

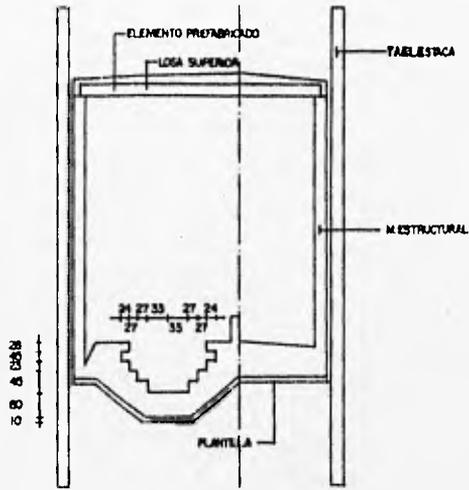


Figura 1.11.- Losa inferior con fosa de revisión

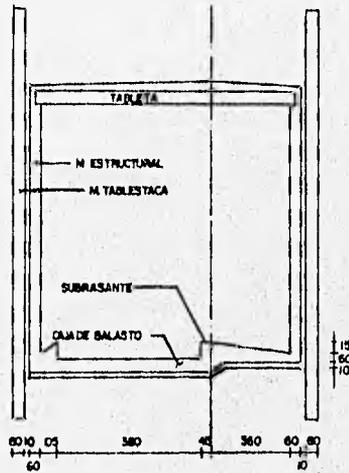


Figura 1.12.- Losa inferior con caja de balasto

I.2.- TIPOS DE CIMBRA

La cimbra es el recipiente dentro del cual se cuela el concreto, proporciona una ayuda importante en el proceso de la obra, ya que, aprovechando la naturaleza plástica del concreto, se le puede dar cualquier forma.

Para lograr darle la forma necesaria a las estructuras se requiere de las cimbras para moldear el concreto y lograr la geometría requerida con texturas en los acabados superficiales conforme a los lineamientos de diseño.

La cimbra es una estructura temporal, la cual aumenta la seguridad y rapidez de ejecución de las obras. Actualmente se requiere de un sistema de cimbrado que sea funcional y fácil de utilizar y que además sea durable. Otra de las características necesarias en un sistema de cimbrado es el que sea ajustable o fácilmente adaptable a cambios que se presenten durante la construcción. Así pues, las cimbras en términos generales son las herramientas principales de la construcción, ellas amoldan al concreto en la forma y tamaño deseados y controlan su posición y alineamiento.

La madera fue uno de los materiales predominantes para la manufactura de cimbras inicialmente. Sin embargo el desarrollo en el uso de la madera laminada, metal, plástico y otros materiales junto con el incremento en el uso de accesorios especializados han hecho que los diseñadores y constructores de cimbra se actualicen respecto a este avance tecnológico en los materiales, de tal modo de desarrollar novedades requeridas para mantener calidad y economía en las nuevas superficies de contacto.

La tendencia actual va hacia incrementar la prefabricación, ensamble de grandes elementos, colocación por medios mecánicos y el reuso continuo de las cimbras.

Los sistemas de cimbrado deben cumplir principalmente con *tres objetivos básicos*:

1) *Calidad*. - En su resistencia y rigidez al momento de efectuar el colado, de tal manera que se conserven las dimensiones requeridas de la estructura.

2) *Seguridad*. - Para los trabajadores y la estructura de concreto.

3) *Economía*. - Esta es una de las principales características ya que si se aplica el principio de que el tiempo es oro, la influencia de la cimbra en los costos de construcción es evidente.

El costo de una estructura de concreto reforzado puede ser desglosado tomando como ejemplo el costo de un muro de concreto, dividiéndolo principalmente en mano de obra y materiales: la mano de obra correspondiente a la cimbra representa el 52.3%, la mano de obra de colocación y elaboración del concreto representa el 7.4%, el material para elaborar el concreto representa el 29.6% y el material para elaborar la cimbra representa el 10.7% (fig. 1.13).

De acuerdo con la siguiente figura, la forma más lógica de reducir el costo de una estructura es recortando los costos de la mano de obra de cimbrado. Esto se puede lograr a base de una buena

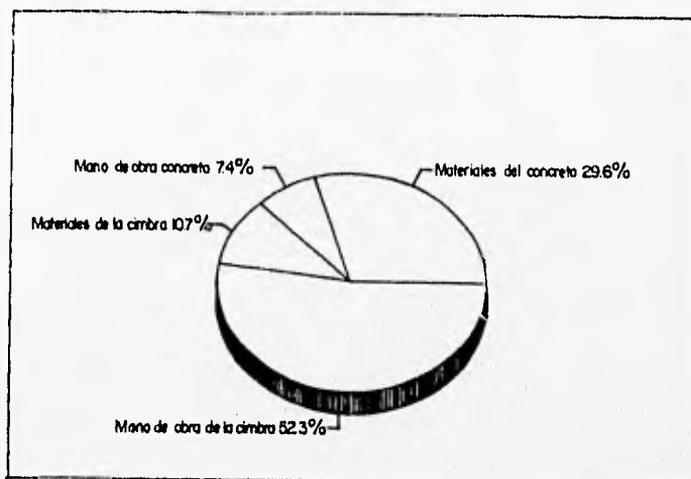


Figura 1.13.- Costos de un muro de concreto

organización del sitio de trabajo y disminuyendo el tiempo de colocación de los elementos de cimbrado por medio de métodos eficientes. Para lograr lo anterior, son necesarias la comunicación y coordinación entre el personal involucrado tanto en el diseño como en la construcción de las cimbras y así cumplir con las características ya antes mencionadas.

No todas las ideas importantes son nuevas, ya que en 1908 los miembros del ACI mientras debatían respecto a los méritos propios de la madera y del acero escucharon algo acerca de una propuesta universitaria que tenía que ver con las ventajas de manejar una cimbra modular que puede ser adaptada a la mayoría de los trabajos que se pueden requerir en forma usual. Por el año de 1910 fué producida en forma comercial la cimbra metálica para pavimentos de concreto.

A finales de la década de los años sesenta se sustituyeron los puntales tradicionales de madera por una trabe de celosía de madera. A pesar de su mayor costo relativo, su economía se reflejó en una mayor vida útil de hasta 12 años.

Se agregaron largueros de acero para distribuir los esfuerzos en los tirantes de carga a principios de la década de los años setenta, lo cual dió lugar al desarrollo de un sistema de cimbrado de grandes dimensiones para muros, minimizando la deflexión y disminuyendo significativamente el número de lugares de colocación de tirantes con mucha mano de obra.

En corto tiempo se desarrolló un dispositivo único del tipo acoplamiento, la caña; con la cual se

garantizó la tensión y compresión de conexiones herméticas entre tableros en menos de 0.4 horas hombre por metro cuadrado.

También en la década de los años setenta la escasez de obreros calificados y los altos costos del triplay dieron lugar al desarrollo de tableros con marco de acero. El uso de triplay en más de 100 veces y los tiempos de manejo de 0.3 horas hombre por metro cuadrado y menores, redujeron aún más los costos de construcción. La economía de este sistema permitió a las empresas contratistas su empleo en desarrollos habitacionales y en otras aplicaciones en las que se especificaba una alta calidad en el concreto. Durante la década de los años ochenta se desarrolló un sistema completamente novedoso a base de tableros para el colado de muros; para lo cual sólo se necesita un dispositivo de conexión para unir los tableros, esquinas, rellenos y extensiones de manera hermética y al ras. Únicamente se requieren 0.6 tirantes por metro cuadrado para garantizar una capacidad de carga de más de 60.0 kn con una deflexión mínima; el tiempo de manejo puede reducirse a menos de 0.2 horas hombre por metro cuadrado. Al tener nuevos tableros de aluminio para evitar el montaje con grúa y la posibilidad de usar también triplay decorativo para estructuras de acabado aparente, se tiene un sistema de cimbrado de muros que en la actualidad es el más popular. Es cada vez más frecuente la necesidad de construir estructuras altas en áreas congestionadas, las cuales requieren una tecnología moderna de cimbra deslizante. El último avance en este campo es la cimbra autodeslizante formada por componentes estándar para todo tipo de aplicaciones en proyectos de construcción y de ingeniería civil.

Los sistemas sin tirantes para estructuras de muros impermeables, los sistemas de tableros de peso ligero para muros, columnas y losas, la cimbra y el andamiaje izados en una sola unidad y los ademes de peso ligero pero de uso rudo para cualquier aplicación, han permitido a los contratistas seleccionar el sistema que mejor se adapte a sus necesidades individuales.

La planeación también se está volviendo cada vez más importante, con el aumento de los costos de mano de obra y los tiempos de entrega más cortos, sobre todo si se toma en cuenta que el proceso de cimbrado es bastante problemático si no se cuenta con una relación de materiales para controlar las entregas de la cimbra. Se tienen numerosos retrasos con la gente buscando las partes o deteniéndose por la falta de alguno de los elementos. La construcción avanza mucho más rápido si se cuenta con una planeación eficiente.

Los sistemas diseñados con el apoyo de computadoras han sentado nuevos precedentes en nuestros días; ellos permiten que el proyectista no sólo analice diversas alternativas rápidamente con el fin de encontrar la mejor solución, sino que también simule de antemano (en tres dimensiones) el proceso de cimbrado en el que se muestre la forma en que se va a manejar en la obra.

Estos sistemas de diseño computarizados optimizan las cimbras disponibles ya que permiten la planeación de los ciclos sucesivos de construcción, ajustando las cantidades de materiales a los diferentes ciclos. Por lo anterior, ya no se tendrán más retrasos debido a componentes perdidos aunque el proyectista puede intervenir manualmente en cualquiera de las etapas para modificar la solución propuesta por la computadora.

Los documentos de planeación generados en computadora minimizan las necesidades de material y aceleran el montaje, haciendo posible que las cuadrillas de montaje se den cuenta de cuales elementos se pueden premontar en el terreno para formar grandes unidades listas para izarse.

Los asuntos relacionados con el medio ambiente son una preocupación importante, en algunas obras en donde no se consigue fácilmente la madera ó donde hay que transportarla de muy lejos resulta muy caro utilizar madera convencional para el cimbrado ya que al no amortizarse en una sola obra se desperdicia. lo cual representa también un problema ecológico.

En estas situaciones, los sistemas reusables de cimbrado de larga duración reducen dramáticamente el consumo de madera. Aunque este aspecto es más ambiental que comercial, en Europa (donde la mayor parte de la madera es un producto de la reforestación de bosques) se está convirtiendo en un problema grave en las zonas tropicales. Los bosques con muchos siglos de existencia se han destruido irremisiblemente debido a la demanda creciente de madera para la construcción. Madera que se deshecha en una proporción significativa, volviéndose un problema importante.

Además de los aspectos sociopolíticos, el hecho de que los costos de desecho están aumentando constantemente nos exige repensar la manera de atacar este problema. En la actualidad, el problema del desperdicio nos obliga a tomar en cuenta cualquier posible decisión, incluyendo nuestra selección de cimbra, desde este punto de vista.

En algunas regiones de Alemania actualmente cuesta no menos de US\$100 el deshacerse de cada metro cúbico de madera de construcción, es decir, casi el 50% del costo de la misma. Esta misma situación se aplica al triplay cuyo costo de disposición es del orden de US\$3.50 por metro cuadrado (los contenedores para los sitios de construcción que generalmente carecen de él).

En la actualidad, el uso extendido de sistemas de cimbras con marcos metálicos ayuda a evitar el aumento del desperdicio.

Actualmente, los fabricantes de cimbras deben tomar en cuenta los siguientes criterios para el desarrollo de nuevos sistemas:

- a) Sustitución de la cimbra convencional para muros y losas por sistemas más durables a base de tableros enmarcados los cuales se pueden usar varias veces.
- b) Hacer compatible la capacidad de carga de todos los componentes a fin de minimizar el número de partes, lo que también significa ajustar el espesor del triplay a las necesidades específicas del sitio. Con un nuevo sistema autosoportado de tableros enmarcados con aluminio, para el colado de losas se puede reducir el espesor del triplay a sólo 9 mm.
- c) Reuso y mayor utilización de tableros de andamios prefabricados en las plataformas de trabajo y en los andamios para el colado del concreto.

- d) Evitar el mezclado de materiales dentro de un componente individual o en su defecto donde esto no sea posible, los materiales deben poder separarse fácilmente.
- e) Usar embalajes reutilizables como empaques para transporte.

Una de las empresas líderes en Europa ha aceptado el reto y ha desarrollado los siguientes productos:

- 1.- Vigas para cimbra de madera muy durables para el colado de muros y de losas.
- 2.- Un sistema universal de cimbrado con triplay de larga duración (a menudo capaz de sustituir a las vigas de cimbrado, lo cual representa un consumo considerablemente mayor de revestimiento de cimbra).
- 3.- Un pequeño tablero con marco metálico que elimina el alto consumo de madera y de tabloncillos de cimbrado que se usan en general para la cimbra de cimentaciones.

Mucha gente relacionada con la administración y planeación de obras ha confirmado que el uso de estos sistemas de cimbrado ha reducido grandemente el desperdicio en la obra y ha evitado costos que no se habían previsto en el presupuesto.

Es un hecho que las propuestas de cimbras de apariencia barata siempre son tentadoras cuando el presupuesto es reducido al igual que el periodo de movilización, es decir, que el tiempo de evaluación es corto. Lo barato no necesariamente significa el costo más bajo posible si se tiene en cuenta que los costos de la cimbra constituyen la mayor proporción de los costos de una estructura de concreto y que la protección del medio ambiente deberá ser la preocupación fundamental y no sólo un aspecto financiero. Deberá ser una obligación para todos los que toman decisiones, el analizar a fondo la variedad de opciones de sistemas de cimbrado disponibles comercialmente en la actualidad, así como las consecuencias de su uso en el sitio en particular.

1.3.- CIMBRAS USADAS EN LOS DIFERENTES TIPOS DE CAJON

El sistema de transporte colectivo Metro, desde la construcción de sus primeras líneas hasta la construcción de la línea "B" ha tenido tres variantes en cuanto a procedimiento constructivo de los cajones se refiere.

La elección de cada uno de ellos se determina de acuerdo con las características del lugar en donde ha de llevarse a cabo la construcción o ejecución de la obra.

1.3.1.- *Cimbra para cajón convencional*

Este tipo de cajón se utiliza en donde existe la posibilidad de dejar taludes laterales durante la excavación a cielo abierto, ya sea porque la calzada o vialidad es lo suficientemente ancha para realizar maniobras de gran amplitud, siempre y cuando las construcciones cercanas no tengan problemas de hundimiento, o el nivel freático es lo suficientemente bajo, de tal manera que permita la excavación sin problemas de derrumbes laterales.

Se utiliza el procedimiento convencional iniciando con la construcción del arranque del muro estructural (muro muñón). Se coloca la cimbra a ambos lados del muro troquelando la pared exterior de la cimbra contra el terreno y por medio de tirantes separadores que la ligan con la cimbra interior, estos tirantes sirven al mismo tiempo para soportar las presiones de colado y para mantener las caras de la cimbra a una separación constante, están recubiertos por un tubo de plástico, que evita que el concreto quede adherido a los mismos, los recubrimientos se mantienen por medio de pollos de concreto, los cuales son bloquecitos con un espesor igual al recubrimiento especificado en planos (Fig. 1.14).

En el extremo superior de este muro muñón se coloca un aditamento metálico el cual tiene la forma trapecial correspondiente a la llave de cortante. Este elemento tiene un espacio en el centro el cual sirve para sostener en su lugar la banda de sellado de P.V.C.(fig.1.14).

Habiendo realizado el colado se procede a retirar la cimbra desconectando los tirantes separadores, para colocarla en la siguiente etapa de colado (fig.1.14).

Para efectuar el colado de la segunda etapa de muros se troquea la cimbra exterior contra el terreno; se colocan tirantes separadores y adicionalmente se colocan troqueles horizontales apuntalando un muro contra el opuesto. El cimbrado del muro estructural se realiza con tableros elaborados con material similar al utilizado para el colado del muro muñón y con una altura de 4.00 m en el cajón de dos vías y de 4.30 m en el cajón de 3 vías. El troquelamiento en la parte interior se hace con puntales de tubo telescópico con tornillo; al mismo tiempo que con cables sujetos a la cimbra y a unas anclas previamente colocadas en la losa inferior.

Para mantener la cimbra a una separación constante, se usan tirantes largos recubiertos con un tubo de plástico que evita que se adhieran al concreto y además separadores de varilla por la parte interna, para evitar que la cimbra se cierre (fig. 1.15).

La separación entre las parrillas de armado se logra con horquillas y los recubrimientos con pollos de concreto; y al igual que en el colado de los muros muñón, se tiene un aditamento metálico para la banda de P.V.C.

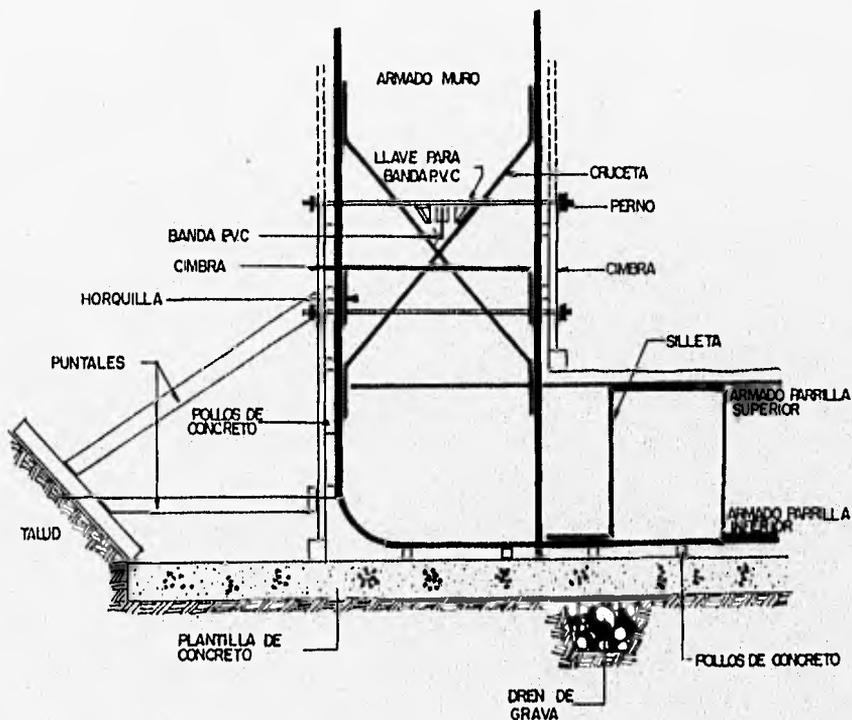


Figura 1.14.- Cimbrado de muro muñón

Una vez colocada la cimbra con sus aditamentos en su lugar, se procede a hacer limpieza por medio de aire comprimido y se realiza propiamente el colado de los muros por medio de canalones y trompas para evitar la segregación del concreto. Previo al vaciado se coloca lechada de cemento en las áreas de contacto para garantizar una buena unión del concreto fresco con el ya colado previamente del muro muñón.

El descimbrado se hace de manera similar al del muro muñón, destornillando los tirantes y separando la cimbra.

La cimbra deberá estar formada por tableros no tan grandes para que sea fácil de manejar en forma manual, a menos que se cuente con grúas ó equipo de carga que pueda mover tableros de mayor tamaño. Esto disminuirá el tiempo de descimbrado y colocación.

Una vez que se ha descimbrado, se procede a rellenar las perforaciones de los tirantes con cemento y un aditivo expansor; posteriormente se efectúa una impermeabilización por la parte exterior utilizando asfalto oxidado.

Por último, se efectúa el relleno lateral para poder acercar la maquinaria que se utilizará para colocar las losetas precoladas.

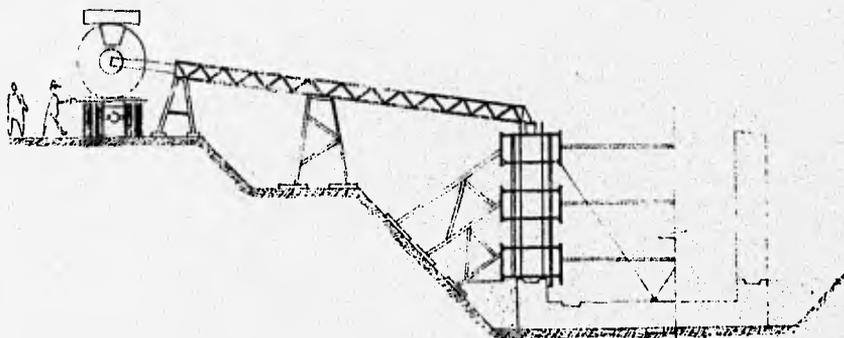


Figura 1.15.- Cimbra para colar muro estructural en cajón convencional

1.3.2.- Cajón con tablestaca actuando como muro estructural

Se utiliza en lugares en donde no pueden admitirse movimientos excesivos ni filtraciones del nivel freático hacia la parte interior de la excavación, de tal manera que la estructura (tablestaca) deberá tener cierta rigidez e impermeabilidad. En este caso la cimbra se utiliza únicamente en el brocal y en la losa superior (fig. 1.16).

Los brocales son elementos de concreto armado en forma de ángulo recto los cuales tienen tres funciones principales:

- 1.- Contener el terreno en la parte superior donde van a ser construidos los muros tablestaca.
- 2.- Detectar las interferencias subterráneas superficiales.
- 3.- Servir de guía al equipo que excavará la zanja donde se alojará el muro milán o tablestaca, garantizando la verticalidad de la excavación y dejando un espacio libre igual al espesor del muro.

Inicialmente se excava la parte superior de la zanja donde se van a colar los muros tablestaca hasta una profundidad que varía de acuerdo al espesor de los rellenos, misma que no debe ser menor de 1.5 m ni mayor que la profundidad del nivel freático.

La altura de los brocales deberá ser la necesaria para que, por lo menos exista un traslape de 50 cm con el muro milán o tablestaca (fig. 1.16).

La cimbra se coloca en el espacio intermedio de la excavación apuntalando un lado contra el opuesto y dejando un espesor de 15 cm para colar contra la excavación. Esta cimbra puede ser de madera con puntales intermedios a base de polines de 4" x 4" mantenidos a presión en su lugar (fig. 1.16).

Se puede utilizar otra cimbra con tableros metálicos y con puntales a base de tornillos los cuales se ajustan para el momento del colado y se alojan para el descimbrado. Estos paneles se construyen con una longitud adecuada para que no resulten muy pesados y puedan ser fácilmente colocados en el siguiente tramo.

Las ramas horizontales de los brocales son pequeñas losas sobre las cuales podrán transitar las máquinas de excavación. El ancho mínimo de estas losas es de 50 cm de tal forma que garantice que el brocal queda bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación. En el caso de usar cimbra de madera se colocan únicamente polines laterales anclados a su posición por medio de estacas de varilla; y si se utiliza cimbra metálica, esta tapa lateral va ligada por medio de largueros a base de ángulos atornillados en sus extremos a los soportes de las tapas laterales.

Una vez construídos los brocales y habiendo detectado las interferencias, se procede a realizar la excavación con equipo ó maquinaria que cuente con herramienta de corte guiada para ofrecer una amplia garantía en la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja.

La maquinaria utilizada para la excavación permite alcanzar la profundidad del muro indicada en proyecto sin ningún problema y a una velocidad adecuada. Durante el proceso de excavación se mantiene la zanja llena de lodo bentonítico hasta alcanzar un nivel de 0.80 m abajo de la corona del brocal, lo cual evita caídos y deslaves que azolvan la zanja y que provoquen socavación en las paredes.

Las excavaciones de las zanjas deberán de hacerse en forma alternada manejando tableros con una longitud de 6.0 m o bien la indicada en los planos ejecutivos, es decir, no deberán excavarse tableros contiguos en forma simultánea, asimismo no se deberá excavar ningún tablero hasta que el concreto del tablero contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

Terminada la excavación se procede a la colocación de juntas metálicas en los extremos y la colocación de la parrilla de acero de refuerzo, las juntas metálicas son tubos huecos de forma semicircular o rectangular los cuales sostienen la banda de P.V.C.

La parrilla de armado es colocada en su lugar por medio de una grúa tomando las debidas precauciones para que conserve su verticalidad. Para evitar la tendencia a la flotación de la parrilla ya que se encuentra sumergida en el lodo bentonítico, se empuja durante su descenso y una vez colocada en su lugar se troquela por medio de gatos apoyados contra el brocal. No se permitirá el colado de un tablero si la parrilla se encuentra flotando ó fuera de su posición.

Después de efectuar el colado de las tablestacas se procede a realizar la excavación entre muros. Esta excavación se hace hasta después de 14 días de haber colado los muros, si el concreto utilizado es tipo III, o 28 días después si el concreto es del tipo I y hasta que se tengan colados los muros de ambos lados en una longitud no menor de 30.0 m.

Antes de iniciar la excavación se debe de proveer el control de las filtraciones hacia el interior de la excavación por medio de bombeo externo colocando sobre la línea de trazo pozos con bomba eyectora a cada 10.0 m con una profundidad de 4.0 m abajo de la profundidad máxima de excavación. El avance máximo de la excavación se hace de 10.0 m para construir tramos de losa de fondo de 5.0 m.

Conforme se va efectuando la excavación se van colocando troqueles metálicos entre los muros para colaborar conjuntamente con los mismos a resistir el empuje del terreno adyacente a la excavación.

Cuando se alcanza la profundidad de proyecto se cuele de inmediato la plantilla de 10 cm de espesor y dos horas después se coloca el acero de refuerzo de la losa inferior ligándola con el muro tablestaca, demoliendo una parte de ese muro y conectando las preparaciones dejadas previamente. En esta etapa no se requiere cimbra.

Posteriormente se coloca la cimbra para la losa superior, la cual puede ser de madera ó metálica apoyada en un sistema de andamios convencional ó bien utilizando vigas de soporte para puentear y dejar espacios libres mayores para no interferir con los troqueles utilizando menos equipo de soporte lo cual agiliza el descimbrado y el movimiento del andamiaje respetando la posición de los troqueles para hacer la conexión del acero de refuerzo del muro tablestaca con el acero de refuerzo de la losa superior.

Finalmente se procede a efectuar el colado y después de que se tiene el 75% de la resistencia del concreto se puede efectuar el descimbrado.

1.3.3.- Cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento

Esta solución se aplica en casos en que la profundidad de desplante del cajón sea tan grande que requiera mayor peso en la estructura para que funcione como una cimentación compensada; así como cuando el nivel de aguas freáticas es muy superficial y el peligro de filtraciones es inminente.

El proceso de construcción de los muros tablestaca y la excavación es el mismo que el descrito en el punto anterior, pero sin dejar preparaciones para unir el acero de refuerzo de las losas inferior y superior con el acero de refuerzo del muro tablestaca. En este caso se construye un cajón independiente del muro tablestaca y para esto se requiere una cimbra.

Se coloca primeramente una cimbra para colar el muro muñón (arranque del muro estructural). La cimbra en cuestión tiene que resistir las presiones de colado troquelando un lado contra el otro o bien apuntalando diagonalmente por medio de varillas contra la losa de fondo; se puede utilizar superficie de contacto ya sea de madera ó metálica. Una vez colado el muro muñón se desplaza la cimbra al siguiente colado y se retiran los troqueles inferiores 24 horas después de haber terminado el colado de la losa inferior y el muro muñón.

Posteriormente, se habilita el acero de refuerzo del muro estructural y se procede a la colocación de la cimbra en un tramo no mayor de 6.00 m. Esta cimbra sirve para colar los muros hasta el nivel inferior de la losa superior. La estructura de soporte está constituida por armaduras de madera independientes que sostienen la presión del colado y están ancladas en elementos previamente dejados en la losa (fig. 1.17).

Se efectúa el colado cuidando de repartir el concreto en forma uniforme a todo lo largo del tramo (6.00 m máximo) para que la presión sobre la cimbra sea la mínima posible en todos los puntos longitudinalmente. Al llegar al final del colado del muro se le hace un terminado pulido cuidando de que conserven el mismo nivel los dos muros ya que en esta parte se recibirán las tabletas precoladas de la losa superior en las cuales no se utiliza cimbra.

Las armaduras de madera deben tener un sistema de desplazamiento de tal manera que puedan ser colocadas rápidamente en la siguiente etapa de colado.

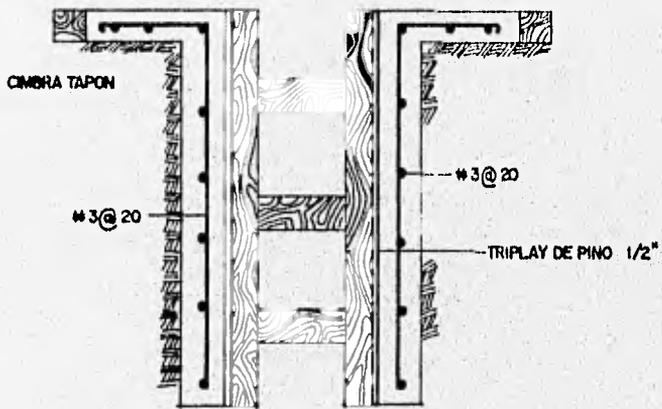
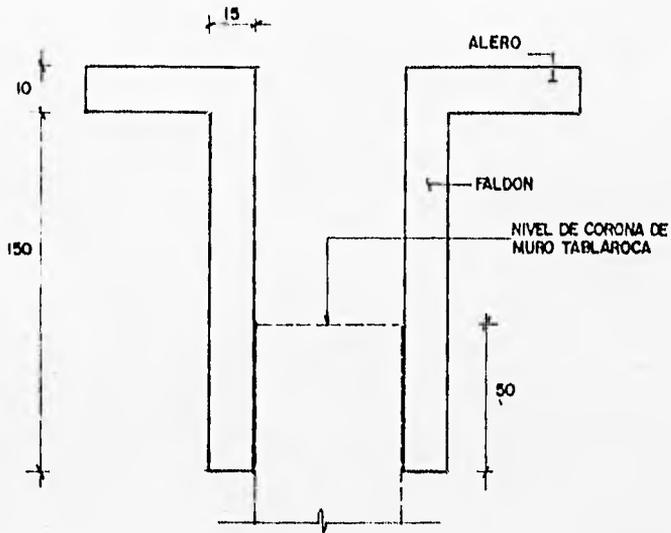


Figura 1.16.- Brocal, cimbra y armado

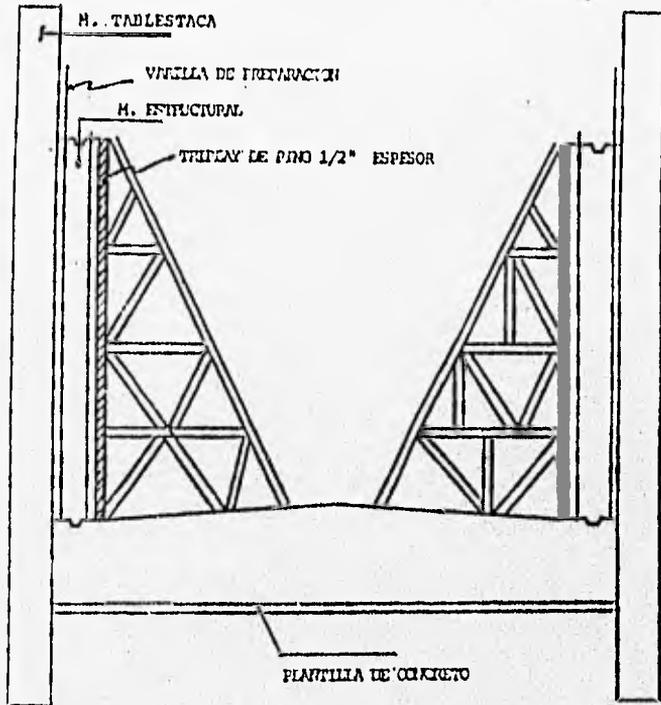


Figura 1.17.- Cimbra para colar muro estructural

CAPITULO II

PROYECTO DE LA
LINEA "B" DEL METRO

II. - PROYECTO DE LA LINEA "B" DEL METRO

Una de las acciones que forman parte de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica del Area Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM), es la de dar prioridad al transporte colectivo sobre el individual y al transporte eléctrico sobre el de combustión interna, aunado a esto, el problema del transporte urbano es uno de los más importantes que afronta el AMCM; por ello, se ha considerado la expansión continua de la red del Metro como un sistema de transporte masivo no contaminante.

La primera etapa del Metropolitano Línea "B", permitirá ampliar la cobertura del sistema proporcionando éste servicio a cuatro delegaciones del Distrito Federal; así mismo, en un carácter Metropolitano permitirá dar atención a la demanda de transporte de los municipios de Netzahualcóyotl y Ecatepec en el Estado de México.

II.1.- DESCRIPCION GENERAL

II.1.1.- Localización

El proyecto del Metropolitano Línea "B", se ubica al Poniente, Centro de la cd. de México y Nororiente del Area Metropolitana. Tiene su origen en la zona de Lomas Hipódromo con dirección Poniente Oriente, para proseguir en sentido Norte hacia San Juan de Aragón y terminar en Ciudad Azteca, municipio de Ecatepec en el Estado de México; cruza por las delegaciones: Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero del Distrito Federal, y los municipios de Netzahualcóyotl y Ecatepec Estado de México, desplazándose por vialidades importantes tales como: el boulevard Miguel de Cervantes Saavedra, Prolongación Moliere, Lago Ginebra, Plan de Guadalupe, Laguna del Arman, Eje 1 Norte; las avenidas: Eduardo Molina, Astilleros, Oceanía y 608 en el Distrito Federal así como la avenida Central en el estado de México.

II.1.2.- Longitud y trazo (fig. 2.1)

En su primera etapa (Buenavista-Ciudad Azteca), el Metropolitano línea "B" tendrá una longitud de 23.72 km, de los cuales 14.22 se ubican en el Distrito Federal y 9.50 en el estado de México. Inicia al Norponiente del Centro Histórico de la ciudad en el Eje 1 Norte (José Antonio Alzate) para continuar en dirección Oriente por el mismo Eje cruzando la estación de Ferrocarriles Nacionales Buenavista, la colonia Guerrero, la glorieta de José de San Martín y las zonas comerciales de la Lagunilla y Tepito.

Posteriormente en el Eje 1 Oriente, la línea presenta una desflexión hacia el Suroriente hasta encontrar la avenida Eduardo Molina y continuar en dirección Nororiente por la avenida Astilleros, atraviesa la avenida Gran Canal para proseguir por las avenidas Oceanía y 608 en San

Juan de Aragón. A la altura de la planta industrial de desechos sólidos, el Metropolitano continúa su trazo en dirección franca hacia el Oriente, hasta los límites con el Estado de México donde prosigue en sentido Norte por la avenida Central. Cruza en este trayecto vialidades importantes como las avenidas: de las Torres, Valle de las Zapatas, Netzahuacóyotl, Gobernador Alfredo del Mazo y Santa Teresa. El Metropolitano línea "B" continúa sobre la misma avenida Central hasta la calle boulevard de los Aztecas donde finaliza el trazo de la línea.

II.1.3.- Obra civil (Fig.2.1)

El procedimiento constructivo se llevará a cabo en tres tipos de solución:

Subterránea, en una longitud de 5.92 km a partir del extremo Poniente de la línea en el Eje 1 Norte (José Antonio Alzate) y la calle Nogal; continúa en esta solución a lo largo del mismo Eje hasta la avenida Eduardo Molina donde se realiza la transición de subterráneo a elevado.

Elevada, en una longitud de 4.45 km desde el portal de salida en la incorporación de la avenida Eduardo Molina, para continuar por la avenida Astilleros y Oceanía, cruza el Gran Canal y posteriormente hace correspondencia con la estación Oceanía de la línea 5 para proseguir en solución superficial.

Así mismo, para librar la vía de ferrocarril Cuautla - Los Reyes, se construirá un tramo elevado de aproximadamente 400.00 m entre avenida Bosques de Asia y Eje 5 Norte (avenida Taxímetros).

Superficial, a partir de la avenida Tahl sobre las avenidas 608 y Central, en el Estado de México. Tomando en consideración la economía de la obra, el contexto urbano y los anchos efectivos de calzada, la línea se construye en 13.30 km en solución superficial, permitiendo el paso de peatones y vehículos a lo largo de su trazo, con puentes y pasos elevados, respectivamente.

La solución *subterránea* es a base de cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento (cap. I), el cual se logra partiendo de la construcción de dos muros tablestaca colados "in situ", los cuales sirven para contener el terreno natural mediante un sistema de apuntalamiento con puntales metálicos durante la excavación entre ellos, misma que se efectúa a ciclo abierto. La estructuración del cajón que servirá de túnel es a base de losa de fondo, muros y losa de techo. Los muros tablestaca pueden ser utilizados como parte integral del cajón (descrito en el capítulo I como cajón con tablestaca actuando como muro estructural), dependiendo de la profundidad del mismo y de las características particulares del terreno.

El Metro en solución elevada, está constituido por zapatas de concreto reforzado de sección cuadrada apoyadas en grupos de pilotes que trabajan a fricción, dados y columnas de concreto reforzado que a su vez reciben las traveses portantes y portadas prefabricadas que conforman la sección del Metro.

La solución superficial consiste en una estructura de concreto hidráulico reforzado de sección rectangular, integrado por una losa de fondo la cual se constituye sobre una plantilla de concreto pobre y dos muros laterales que además sirven de confinamiento y de seguridad.

II.1.4.- Estaciones (fig. 2.1)

El Metropolitano línea "B", en su primera etapa contará con 21 estaciones, de las cuales 13 se construirán en el Distrito Federal y 8 en el Estado de México. Cinco estaciones serán de correspondencia con las líneas: 1,3,4,5 y 8 de la red en operación y a futuro se tendrá correspondencia adicional con las líneas: 2,6,7,14 y 15.

Todas las estaciones tendrán una longitud de 150.00 m para recibir trenes de nueve carros y contarán con áreas propias para la distribución de usuarios tales como: escaleras, accesos, vestíbulos interiores y exteriores, andenes y pasillos de cambio de andén y correspondencia.

Buenavista

Estación terminal provisional; futura correspondencia con la línea 15, ubicada en el cruce del Eje 1 entre Insurgentes y J. N. Rossains frente a la estación de Ferrocarriles Buenavista con correspondencia a futuro con ésta, su solución es subterránea.

Guerrero

Estación de correspondencia con línea 3, localizada en Eje 1 Norte y Héroes, su solución es subterránea.

Garibaldi

Estación de correspondencia con línea 8, ubicada en el Eje 1 Norte entre Reforma y Allende, en solución subterránea.

Lagunilla

Estación de paso que se localiza sobre el Eje 1 Norte, entre República de Brasil y Jesús Carranza en solución subterránea.

Tepito

Estación de paso, se ubica entre Manuel Doblado y la avenida del Trabajo, en solución subterránea.

Morelos

Estación de correspondencia con línea 4, localizada sobre el Eje 1 Norte, entre Peña y Miguel Domínguez, en solución subterránea.

San Lázaro

Estación de correspondencia con línea 1, ubicada al norte de la terminal de autobuses de pasajeros de oriente (TAPO), en solución elevada.

Gran Canal

Estación de futura correspondencia con línea 14, se localiza sobre avenida del Peñon entre Vidriera y Refinería, en solución elevada.

Romero Rubio

Estación de paso, ubicada sobre avenida África, entre Guinea y Japón, en solución elevada.

Oceanía

Estación de correspondencia con línea 5, se ubica en la intersección de la avenida Oceanía y el Circuito Interior, en solución elevada.

Bosque de Aragón

Estación de paso que se localiza sobre avenida Oceanía, en el cruce con avenida 602 y avenida 608, en solución superficial.

Tesoro

Estación de paso, ubicada sobre la avenida 608 en el cruce con calle 613, frente al Bosque de Aragón, en solución superficial.

Villa de Aragón

Estación de correspondencia a futuro con línea 6 que se localiza sobre avenida 608, entre avenida 601 y Eje 5 Norte, frente a la planta industrializadora de desechos sólidos, en solución superficial.

Continentes

Estación de paso, ubicada entre avenida Central y el cruce con boulevard de los Continentes, en solución superficial.

Impulsora

Estación de paso, ubicada sobre avenida Central y el cruce con avenida Valle de las Zapatas, en solución superficial.

Río de los Remedios

Estación de paso sobre avenida Central, entre Valle de Cazones y Valle de Conchos, en solución superficial.

Muzquiz

Estación de paso, sobre avenida Central en el cruce con Valle de Guadiana, en solución superficial.

Tecnológico

Estación de paso sobre avenida Central, entre avenida Jacarandas y avenida Ciudad Azteca, frente al Tecnológico de Ecatepec, en solución superficial.

Olimpica

Estación de paso sobre avenida Central, en el cruce con avenida Valle del Júcar, en solución superficial.

Plaza Aragón

Estación de paso sobre la avenida Central en el cruce con Valle de Sagitario, en solución superficial.

Ciudad Azteca

Estación terminal definitiva, ubicada sobre avenida Central, entre boulevard de los Guerreros y

boulevard de los Aztecas, en solución superficial.

II.1.5.- Vialidad

La construcción del Metro en el tramo que corresponde al Eje 1 Norte será subterráneo, por lo que el proyecto vial consistirá en restituir las banquetas y pavimentos, así como el señalamiento vial horizontal y vertical.

La solución elevada que se concibe en el tramo comprendido entre las estaciones Gran Canal y Oceanía y dado que la afectación a la vialidad existente es puntual por la construcción de las zapatas, la solución vial se resolverá de manera análoga que para el tramo subterráneo.

Cabe señalar, que la disposición de las columnas en el tramo elevado permitirá el libre tránsito de las calles transversales al trazo de la línea; así mismo, el gálibo vertical libre del viaducto será de 5.50 m mínimo para efectos de tráfico vehicular pesado.

En el tramo superficial comprendido por las avenidas 608 y Central en el Estado de México, se tiene previsto transformar en una vialidad continua con una longitud aproximada de 18.00 km, para lo cual se construirán diez puentes viales y tres distribuidores. Con la habilitación de esta vía rápida se creará un eje de comunicación Norte-Sur con 45.00 km aproximadamente de vialidad continua desde Venta de Carpio hasta Xochimilco, siendo vía de acceso controlado con cinco carriles por sentido de Ciudad Azteca a la terminal de autobuses TAPO en una longitud del orden de 15.00 km.

II.1.6.- Puentes viales

Para el correcto funcionamiento vial se construirán diez pasos elevados y tres distribuidores en los cruces viales de primer orden:

Distribuidor Oceanía - Zaragoza

Se construirá en el cruce del Eje 1 Norte, la avenida Iztaccihuatl y la futura vialidad sobre el Gran Canal.

Puente vehicular Marruecos

Se construirá en el cruce de la avenida Oceanía con la avenida Marruecos.

Distribuidor Bosque de Aragón

Se ubicará al sur del Bosque de Aragón. Resolverá en solución elevada la intersección de las avenidas: Oceanía, 602, vía TAPO, 608, 506 y 508, dejando libre el paso de la línea en solución superficial

Distribuidor Villa de Aragón

Se ubicará al Nororiente del Bosque de Aragón y dará solución vial al cruce del Eje 3 Norte (avenida 608); Eje 5 Norte (avenida 412, avenida Taxímetros) y avenida Central.

Puente Ferrocarril Los Reyes

Se construirá longitudinal a la avenida Central entre boulevard de los Continentes y Eje 5 Norte en solución elevada conjuntamente con el Metro para librar el cruce del ferrocarril en los límites del Distrito Federal y el Estado de México.

Puente vehicular Continentes

Se construirá sobre boulevard de los Continentes, transversal a la estación del mismo nombre, con doble sentido de circulación (un carril por sentido) y contará con bahías de ascenso y descenso de pasajeros.

Puente vehicular Impulsora

Se construirá sobre la avenida de las Zapatas, transversal a la estación del mismo nombre, con doble sentido de circulación (un carril por sentido) y contará con bahías de ascenso y descenso de pasajeros.

Paso a desnivel Río de los Remedios

Se construirá en la avenida Central y el cruce con Anillo Periférico, con doble sentido de circulación (tres carriles por sentido) y tendrá bahías de ascenso y descenso de pasajeros.

Puente vehicular Muzquiz

Se construirá sobre la avenida Gobernador J. Fernández, transversal a la estación del mismo nombre, con doble sentido de circulación (dos carriles por sentido) y tendrá bahías de ascenso y descenso de pasajeros.

Puente vehicular Gobernadores

Se construirá sobre la avenida Alfredo del Mazo y constará de dos carriles de circulación por sentido.

Puente vehicular Tecnológico

Se construirá sobre la avenida Sor Juana Inés de la Cruz, tendrá un carril de circulación por sentido y contará con bahías de ascenso y descenso de pasajeros.

Puente vehicular boulevard de los Aztecas

Se construirá sobre el boulevard del mismo nombre con dos carriles de circulación.

Puente vehicular boulevard de los Teocallis

Se construirá sobre el boulevard del mismo nombre con dos carriles de circulación.

II.1.7.- Puentes peatonales

Sobre las avenidas 608 y Central se construirán 19 puentes peatonales y se rehabilitarán cinco sitios adecuados (túnel-cajón) para permitir el libre tránsito de personas. Sobre la avenida Oceanía en el tramo Eje 1 Norte y Calle 1 se habilitarán cinco puentes más. A continuación se mencionan las ubicaciones ya definidas de los puentes en cuestión, así como el tramo al cual pertenecen:

**** Tramo: *transición San Lázaro - transición Bosques* ****

Puente Argelia

Ubicado en Av. Oceanía, esquina con calle Argelia. Cadenamiento 16 + 870.87

Puente Egipto

Ubicado en Av. Oceanía, esquina con calle Jericó. Cadenamiento 16 + 497.231

Puente Persia

Ubicado en Av. Oceanía, entre las calles de Persia y Siberia. Cadenamiento 15 + 450.433

Puente Bolívar

Ubicado en Av. Oceanía y calle de Balboa.

Puente Aragón

Ubicado en Av. Circuito interior, entre las avenidas 551 y 553. Cadenamiento 15 + 613.993

**** Tramo: *transición Bosques - Villa de Aragón* ****

Puente Oceanía

Ubicado en calle Tahel y vía TAPO. Cadenamiento 14 + 906.433

**** Tramo: *Villa de Aragón - Muzquiz* ****

Puente Bosques de Asia

Ubicado en Av. Bosques de Asia y Av. Central, de 37.20 m de longitud. Cadenamiento 11 + 212.0

Puente Bosques de Argelia

Ubicado en Av. Bosques de Argelia y Av. Central, de 88.5 m de longitud. Cadenamiento 10 + 415.255

Puente Hacienda Rancho Seco

Ubicado en Av. Rancho Seco y Av. Central, de 57.98 m de longitud. Cadenamiento 9 + 959.0

Puente Hacienda la Noria

Ubicado en Av. Hacienda la Noria y Av. Central, de 57.95 m de longitud. Cadenamiento 9 + 457.0

Puente Valle del Congo

Ubicado en Av. Valle del Congo y Av. Central, de 58.50 m de longitud. Cadenamiento 8 + 850.0

Puente Valle de Amúr

Ubicado en Av. Valle de Amúr y Av. Central, de 92.00 m de longitud. Cadenamiento 8 + 164.483

Puente Valle de Conchos

Ubicado en Av. Valle de Conchos y Av. Central, de 92.00 m de longitud. Cadenamiento 7 + 855.397

Puente Valle de Eufrates

Ubicado en Av. Valle de Eufrates y Av. Central, de 79.24 m de longitud. Cadenamiento 7 + 621.0

**** Tramo: Muzquiz - Ciudad Azteca ****

Puente Valle de Iguala

Ubicado en Av. Valle de Iguala y Av. Central, de 94.94 m de longitud. Cadenamiento 6 + 976.134

Puente Valle de Mayo

Ubicado en Av. Valle de Mayo y Av. Central, de 97.00 m de longitud. Cadenamiento 6 + 372.935

Puente Jacarandas

Ubicado en Av. Jacarandas y Av. Central, de 98.05 m de longitud. Cadenamiento 5 + 900.629

Puente Vicente Villada

Ubicado en Av. Vicente Villada y Av. Central, de 92.00 m de longitud. Cadenamiento 5 + 323.965

Puente Albatros

Ubicado en Av. Albatros y Av. Central, de 97.52 m de longitud. Cadenamiento 4 + 439.665

Puente San Felipe

Ubicado en Av. San Felipe y Av. Central, de 80.54 m de longitud. Cadenamiento 3 + 743.049

Puente Quinto Sol

Ubicado en Av. Quinto Sol y Av. Central, de 102.02 m de longitud. Cadenamiento 2 + 674.259

Puente Sección 40

Ubicado en Av. Sección 40 y Av. Central, de 97.87 m de longitud. Cadenamiento 1 + 860.969

Puente Teponaxtlis

Ubicado en Av. Teponaxtlis y Av. Central, de 97.28 m de longitud. Cadenamiento 1 + 396.739

II.1.8.- Sistema Metropolitano de Transporte

El Metropolitano línea "B", por su trazo, permitirá la comunicación entre las zonas Nororiente y Poniente del AMCM, dando cobertura a la parte norte del Centro Histórico de la cd. de México, que es uno de los puntos de mayor atracción de viajes de la ciudad.

A futuro el Metropolitano línea "B", conectará con nueve de las quince líneas que conforman la red del Metro, y a mediano plazo se establecerá la conexión del Metro con la red de Ferrocarriles Nacionales de México.

II.1.9.- Patrimonio histórico

Para resolver los problemas de afectación al patrimonio cultural se han sumado esfuerzos con el Instituto Nacional de Antropología e Historia y con el Instituto Nacional de Bellas Artes para llevar a cabo un programa para la preservación y protección de la zona de monumentos históricos y artísticos de la zona donde la cruza la línea "B".

Así pues, se han llevado a cabo diversos sondeos arqueológicos en todo lo largo de la línea de trazo del Metro, encontrándose que entre las calles de Lerdo de Tejada y Galeana se detectaron huesos de fauna plehistocénica (bisonte y mamut). En el cruce de la calle de Brasil y Eje 1 se registró una calzada prehispánica que comunicaba al centro de Tenochtitlán con la calzada de Tepeyac.

De la misma manera, se han localizado vestigios de muros prehispánicos (en algunos se han localizado restos humanos) hechos con piedra basáltica, en los que se observan accesos con sus respectivos remates en cantera, lo cual ha permitido conocer la forma de vida de los habitantes, como eran sus casas, cuales los materiales de construcción empleados y actividades desempeñadas. De la época virreynal se exploraron entierros de osarios humanos pertenecientes al panteón de San Andrés, fundado a finales del XVIII y clausurado hacia 1871. Igualmente se han registrado evidencias de edificaciones de finales del siglo pasado y principios de este: así como gran cantidad de materiales diversos entre los que destaca un considerable número de lebrillos (platos de gruesos bordes con fondo sellado).

Por lo anterior, se debe hacer énfasis especial en los procedimientos constructivos, para que éstos no provoquen la avería o pérdida de las piezas antes mencionadas previo a su extracción. Se debe garantizar que no haya daño alguno en las edificaciones catalogadas.

II.1.10.- Beneficios

Con la construcción de la línea en cuestión, se obtendrán los siguientes beneficios:

- 1.- 23.72 km más de transporte masivo con una capacidad máxima de 60.000 pasajeros/hora/sentido.
- 2.- Se atenderán diariamente 550,000 viajes, enlazando el Estado de México con el Distrito Federal.
- 3.- Apoyar el programa de desaliento al uso del automóvil.

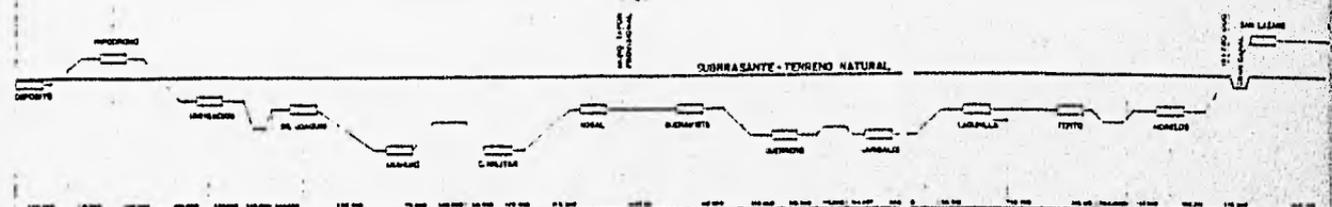
- 4.- Reestructuración del transporte en la zona.
- 5.- La comunidad ahorrará diariamente miles de horas -hombre.
- 6.- Sustitución diaria de 550,000 viajes en otros modos de transporte reduciendo con ello la contaminación vehicular hacia el medio ambiente, en aprox. 50 toneladas de contaminantes al día.
- 7.- Disminución de congestionamientos de tránsito y mejoras de la velocidad en las vialidades por donde pasa el Metro.
- 8.- Acceso directo a la red a 21 colonias y 3 delegaciones del Distrito Federal, y a 19 colonias y 2 municipios del Estado de México.

II.1.1.1.- Datos técnicos

Longitud	23.72 km (14.22 km en el D.F y 9.50 km en el Estado de México)
Estaciones	1 terminal definitiva: Ciudad Azteca 1 terminal provisional: Buenavista 5 estaciones de correspondencia 14 estaciones de paso
Interestaciones	1,021 m (promedio)
Número de viajes inicial	32,500 pasajeros-hora-sentido
Número de viajes total esperado	60,000 pasajeros-día
Material rodante	Neumático tercer riel
Capacidad	1,500 personas (tren de 9 carros)
Velocidad máxima	75 kph
Velocidad comercial	37 kph
Intervalo	90 segundos
Fecha de inicio de la construcción	29 de octubre de 1994
Fecha de puesta en servicio	segundo semestre de 1997

SEGUNDA ETAPA

LONGITUD
LONGITUD



21 186.376	21 182.378	21 182.378	21 180.378	21 168.920	21 125.238	21 130.000	21 121.000	21 132.838	21 111.892	21 105.013	21 181.049	21 106.018	21 105.888	21 122.125	19 172.374	18 1205.378
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

II.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS

El conocer la estratigrafía y las propiedades mecánicas del subsuelo a lo largo del eje de trazo de una línea del Metro es factor preponderante para ratificar la decisión del tipo de estructura que se utilizará en su construcción.

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 mediante diversas pruebas de laboratorio.

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

Una manera de representar los resultados obtenidos de los trabajos geotécnicos es la que se muestra en el plano No.1 en la sección de anexo planos de este escrito; en el cual se muestra el perfil estratigráfico del trazo del Metropolitano línea "B" correspondiente al tramo de la estación Morelos a la estación Bosque de Aragón; tramo que corresponde a la construcción del Metro en solución elevada.

En el plano mencionado se ilustra a detalle la ubicación de los sondeos complementarios tipo cono y S.P.T, acompañados de su respectiva gráfica estratigráfica resultante para cada uno de los sondeos realizados. Es importante mencionar también que conjuntamente con los estudios geotécnicos, se ubican estaciones piezométricas utilizadas para determinar la presión hidrostática del nivel freático.

De las gráficas estratigráficas mostradas, se puede observar que el principal factor de decisión para que el tramo en cuestión se proyectará en solución elevada es el correspondiente a que la capacidad de carga (Q_c) del suelo existente no es la adecuada para soportar las cargas de servicio que la estructura demanda. Bien se pudo pensar que la construcción fuera en solución superficial ya que de acuerdo con las gráficas de estratigrafía, se tiene que entre 2.00 y 4.00 m (en promedio) de profundidad, la capacidad de carga es alta, más aún, se trata de un estrato muy delgado; aunado a esto que el ancho de las vialidades por donde se ubica la línea de trazo no permiten la introducción de la estructura. De la misma manera, no se podría alojar un cajón subterráneo, ya que entre los 5.00 y los 10.00 m de profundidad se tiene una capacidad de carga promedio muy baja.

Por lo anterior y debido a que los estratos con espesor y capacidad de carga adecuados se tienen por debajo de los 45.00 m de profundidad, se optó por que el tipo de construcción adecuada fuera en solución elevada, ya que su cimentación es a base de pilotes y reduce menos carriles viales que la solución superficial.

II.3.- ESTRUCTURAS A UTILIZAR

La construcción del Metropolitano línea "B" consta de tres tipos de solución como ya se mencionó: subterránea, elevada y superficial.

II.3.1.- Solución subterránea

Dentro de la solución subterránea se desarrollan dos tipos de estructuras, las cuales son tipo cajón y tipo túnel, mismas que ya han sido mencionados en el punto 1.1 de éste escrito, así como también la situación en la cual son utilizadas, lo cual depende de la profundidad de construcción del cajón y las características propias del terreno.

Las *estructuras a utilizar* en este tipo de solución son las siguientes:

- a) Cajón con tablestaca actuando como muro estructural
- b) Cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento (fig. 2.2)

Los procedimientos constructivos de las dos opciones constructivas para la solución subterránea que ya han sido utilizados en la construcción de las líneas anteriores ya existentes y en servicio, han sido descritos en su momento en el capítulo I.

En forma particular en la construcción de la línea "B" del Metropolitano, sobresale el procedimiento constructivo para la ejecución del *cajón con muro estructural y tablestaca de acompañamiento*. Tal proceso permite la reducción del tiempo de ejecución, además de una mejor calidad y menor costo, todo esto debido al uso de un nuevo sistema de cimbrado, utilizado por primera vez en México para este tipo de construcciones (Cap.IV), el cual permite el colado de los muros estructurales conjuntamente con la losa superior en una sola etapa y no en varias como se ha visto de acuerdo con las figuras 1.3, 1.4 y 1.6; además con la particularidad de no tener que utilizar tabletas ó losetas prefabricadas para la construcción de la losa superior.

Como su nombre lo dice, la solución en cuestión se compone de dos muros tablestaca de acompañamiento, una losa de fondo y dos muros estructurales colados monolíticamente con la losa superior o de techo y cuyo procedimiento constructivo se describe a continuación:

- a) Excavación de zanjas de 0.60 m de ancho y estabilización de la misma con lodo bentonítico.
- b) Introducción de armado en la zanja estabilizada y colado de concreto en la misma y así formar lo que comunmente llamamos tablestaca ó muro milán.
- c) Ya alcanzado el 90% de su resistencia de la tablestaca, se procede a la excavación del prisma de terreno comprendido entre los muros de concreto (tablestacas), limitantes de la sección.

- d) Se colocan troqueles entre los muros acordes con la secuencia de excavación para evitar los empujes activos y redistribuidos (punto I.1.1 inciso c).
- e) Colado de plantilla o firme de concreto simple de 10 cm de espesor.
- f) Armado de losa inferior y muñones.
- g) Colado de losa inferior conjuntamente con los muñones hasta 1.00 m de altura del muro estructural utilizando parte de la cimbra que conforma el sistema de cimbrado.
- h) Armado del complemento de muros y losa superior.
- i) Colocación del sistema de cimbra para el colado de muros y losa superior.
- j) Colado de muros y losa superior en una misma etapa (monolíticamente).

Otra de las ventajas que presenta el procedimiento constructivo descrito, es que no se dejan preparaciones ni juntas constructivas tanto en la losa de fondo (para colar los muros) como en la parte superior de los muros (para colar la losa superior) como sucede en los procesos constructivos que se han venido utilizando comúnmente; más aún, si se dejan tales juntas en los muñones como preparación para el colado de muros, así como también en las preparaciones que se habilitan para el colado de la siguiente etapa de colado.

Las dimensiones que arroja el diseño son las siguientes:

Plantilla	10 cm
Losa inferior	75 - 90 cm
Muro estructural	80 cm
Losa superior	75 - 95 cm

II.3.2.- Solución superficial

La solución superficial se elige tomando en cuenta en la mayoría de los casos, los siguientes factores:

a) Los suelos altamente compresibles de la ciudad de México

Como ya se mencionó en el punto II.2, es fundamental el conocer la estratigrafía y las propiedades mecánicas del subsuelo para determinar la solución mas favorable para la construcción del Metro.

b) La amplitud de las avenidas o vialidades

La amplitud de las vialidades por donde se ha proyectado el trazo del Metropolitano, deberán ser tales que cumplan con la condición de que aún cuando ya se haya construido el Metropolitano, la vialidad afectada continúe con su función vehicular anterior, es decir, que no por que tal

construcción se lleve a cabo, esta reducirá la vialidad existente en alguno de sus carriles y como consecuencia se presentarán aglomeraciones vehiculares, sino todo lo contrario: ya que la construcción del Metro permitirá una menor demanda del transporte público y en particular sobre la vialidad en cuestión.

De lo anterior, se contempla que tales avenidas o vialidades deberán contar con una sección transversal de mas de 40.00 m, lo cual permita ubicar esta vía rápida de transporte colectivo con otras vías rápidas de transporte individual.

c) La economía

El factor económico es un punto crucial para este tipo de construcciones, ya que los montos para su ejecución son muy altos, además que el país también requiere de otras obras prioritarias, por lo cual el presupuesto para la obra pública se reduce. Por lo que en estos casos se tiene que pensar en una solución económica, y la construcción superficial viene a ser la solución, por encima de la elevada y la subterránea.

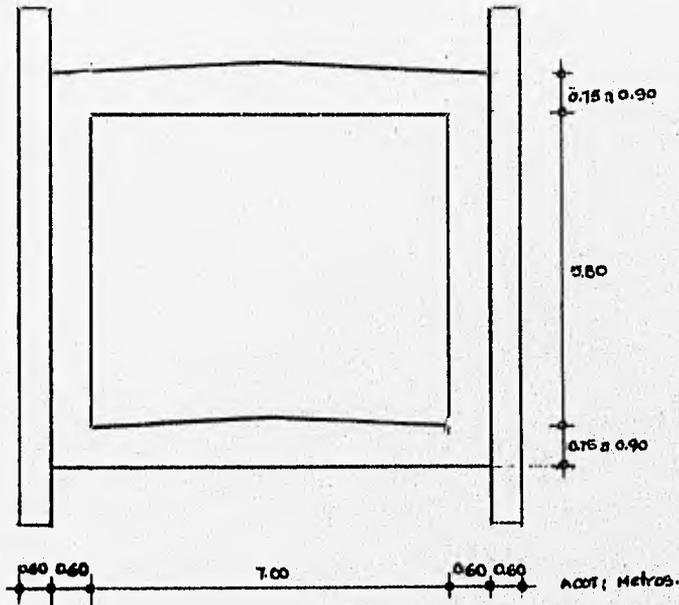


Figura 2.2.- Sección cajón subterráneo con muro estructural y tablestaca de acompañamiento

c) Procesos constructivos que permitan un ataque agresivo de la obra

En muchos de los casos la rapidez del procedimiento constructivo es muy importante, ya que en ocasiones se adquieren compromisos que se deben cumplir y que por cuestiones de tiempo se tiene que optar por soluciones constructivas rápidas.

La solución superficial tiene las ventajas de economía y rapidez en su construcción, pero también las desventajas de que se tienen que construir estructuras adicionales, ya sean puentes o pasos a desnivel en los cruces con vialidades de importancia vehicular o peatonal, entre otras, y posteriormente, el de un mantenimiento constante tanto en las instalaciones como en los equipos de operación por encontrarse a la interperie.

La sección estructural del sistema de en cuestión se conforma básicamente en una estructura de concreto hidráulico un forma de cajón abierto, integrada por una losa de fondo, dos muros laterales que sirven de contención, dos muretes guías laterales y dos muros deflectores exteriores los cuales tienen la función de asegurar la sección de posibles accidentes o atentados provenientes del exterior (fig. 2.3).

El procedimiento constructivo para la solución superficial es:

- a) Excavación (poco profunda) de núcleo a cielo abierto (fig. 2.4 y 2.5)
- b) Afine y compactación para uniformizar el fondo de desplante de plantilla
- c) Colado de plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor
- d) Armado de losa de fondo, muretes y muros muñón
- e) Colado de losa de fondo, muretes y muros muñón
- f) Armado de muros estructurales
- g) Cimbrado de muros estructurales
- h) Colado de muros estructurales
- i) Colocación de muros deflectores

II.3.3.- Solución elevada

La solución en cuestión se elige tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- Que la línea o tramo a construir con este tipo de solución se clasifique en su totalidad dentro de la zona III, según R.C.D.F. siendo este tipo de terreno compresible.

- 2.- Conservar el mayor número de carriles de circulación en las calles o vialidades donde se empleará este tipo de solución.

La estructura que se utiliza en esta solución es similar a la estructura isostática utilizada para la construcción del Metro de Rotterdam y está constituida por zapatas macizas de concreto reforzado apoyadas en pilotes de fricción, una sola hilera de columnas en sentido transversal y vigas de concreto postensado en sección cajón con un claro de 35.00 m aproximadamente. La unión entre vigas y columnas se logra mediante apoyos de neopreno reforzados con placas de acero.

Para el claro típico de 35.00 m, las zapatas de cimentación tienen dimensiones del orden de 13.00 x 13.00 m, espesor de 1.20 m y un dado de repartición de carga de 3.80 x 4.00 m de 0.80 m de peralte. El número de pilotes varía de 20 a 30 según las propiedades del terreno bajo cada zapata, con longitud promedio de 19.00 m en dos tramos precolados. Así mismo, en cada una de las zapatas se dejan preparaciones para colocar pilotes de control en cada una de las esquinas, que servirán para restituir la verticalidad a la estructura en caso de que sea necesario (fig.2.7).

Las dimensiones de las columnas utilizadas son de 2.40 x 2.20 m en la base y 2.40 x 3.65 m en el extremo superior, con una altura de 5.44 m a partir del dado de repartición de carga. Esta altura puede variar ligeramente de una a otra columna según requisitos de funcionamiento y gálibos (fig.2.6).

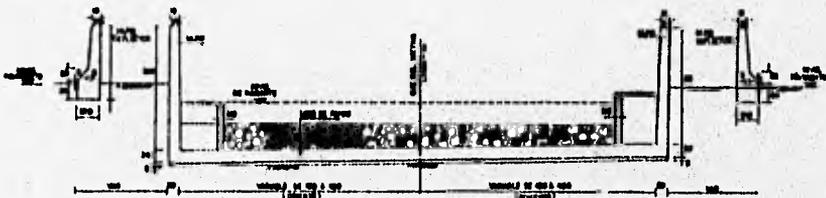


Figura 2.3.-Sección de cajón superficial

En lo que se refiere a las traveses, estas son traveses portantes de sección cajón postensadas "in situ"; en algunos tramos se utilizan traveses precolados y traveses metálicos para claros mayores de 35.00 m con losa superior de concreto reforzado. En los tramos tangentes, estas tienen 8.65 m de ancho

total en la parte superior incluyendo parapetos, con voladizos simétricos; el ancho en la parte inferior es de 5.55 m. El peralte total es de 2.20 m y en las estaciones el ancho total aumenta a 14.50 m mientras que el ancho en la base es de 8.96 m. Lo anterior se aprecia en las figuras 2.6 y 2.7.

El proceso constructivo para este tipo de solución resulta más complejo que el utilizado en los dos tipos de solución anteriores debido al equipo utilizado y a las estructuras que se manejan, así como también por el tipo de cimentación utilizada.

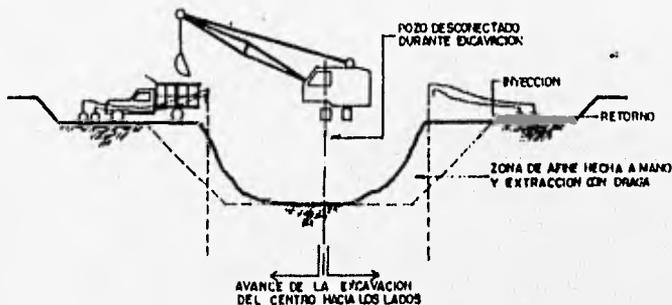


Figura 2.4.- Excavación de núcleo a cielo abierto

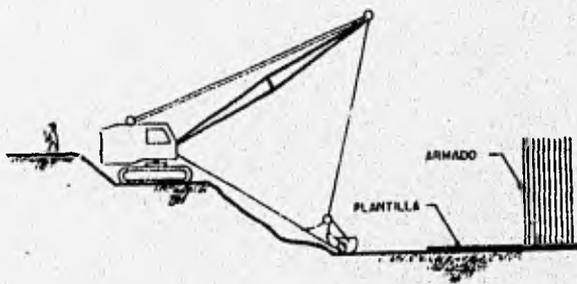


Figura 2.5.- Excavación a nivel de plantilla

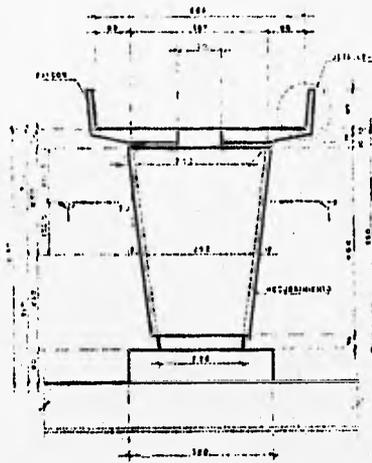


Figura 2.6.- Sección transversal en solución elevada

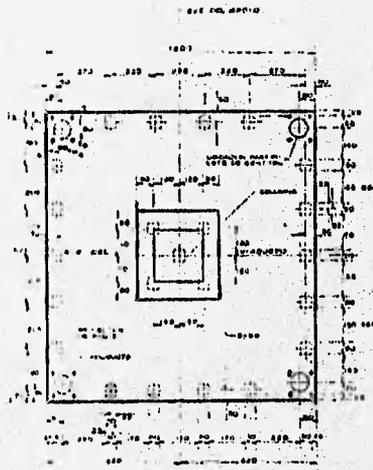


Figura 2.7.- Cimentación (vista en planta)

CAPITULO III

**DESCRIPCION DEL
SISTEMA DE CIMBRA**

III.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA

El sistema de cimbra que se requiere para la ejecución del cajón del Metro deberá ser tal que facilite la construcción del mismo por lo que se pensó en utilizar una cimbra con la que se puedan colar simultáneamente los muros y la losa (monolíticamente). Así pues, se determinó adoptar un sistema de cimbra bastante común en la unión americana, el cual es utilizado frecuentemente en obras de alcantarillado, drenajes pluviales, galerías de tuneles, canales de irrigación, canales colectores, etcétera. Se tiene el antecedente de que con este sistema se disminuyen los ciclos de colado al máximo y puede ser utilizado con cualquier tipo de cimbra.

III.1.- REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Aunado a lo descrito anteriormente, dicho sistema también deberá cumplir con los siguientes objetivos fundamentales, con los cuales se puede garantizar economía y seguridad.

Objetivos

- 1.- Tener la geometría del concreto
- 2.- No deformarse más allá de las tolerancias especificadas para el concreto
- 3.- No permitir la pérdida de lechada
- 4.- Facilitar el llenado

Para cubrir estos objetivos, la cimbra debe reunir las siguientes características:

Características

- 1.- Resistencia suficiente para soportar las presiones de colado que se presentan
- 2.- Que sea durable para que se pueda amortizar lo más pronto posible
- 3.- Rigidez necesaria para no deformarse ni durante el colado ni durante el manejo
- 4.- Dejar una textura adecuada para obtener buenos acabados
- 5.- Hermética
- 6.- Fácil de armar
- 7.- Fácil de descimbrar
- 8.- Fácil de limpiar
- 9.- Económica

Asimismo, para garantizar un tiempo de ejecución menor en el proceso de cimbrado-descimbrado con relación a los procedimientos comúnmente utilizados, se requiere que el sistema de cimbrado (cimbra + obra falsa) pueda ser desplazado a la siguiente etapa de colado sin ser desarmado; para lo cual, el sistema deberá tener dispositivos de ajuste y rodamiento.

Por lo anterior, y aún cuando el objetivo no es buscar estética y apariencia en el acabado del cajón subterráneo, sí se busca que además de que al momento de los colados se garantice la

funcionalidad y geometría de las paredes y losa superior, también se pueda tener una apariencia óptima en el acabado de éstos mediante la cimbra utilizada.

III.2.- CARACTERISTICAS PRINCIPALES

La principal función de la estructura del sistema es la de soportar las presiones de colado, facilitar el descimbrado y mover la cimbra a la siguiente posición de colado.

La primera etapa en la construcción del cajón es el muro muñón el cual tiene una altura de 1.0 m y está especificado que debe colarse monolíticamente con la losa inferior.

III. 2.1.- Cimbra para muro muñón

Esta cimbra no corresponde con ningún sistema utilizado anteriormente por lo que se diseñó específicamente para esta aplicación y consiste en lo siguiente:

La cimbra para el muro muñón está integrada por cuatro paneles tipo Steel-Ply (fig.3.1), dos paneles de 3.00 m x 0.60 m y otros dos de 3.00 m x 0.30, formando estos, un tablero de área de contacto de 6.00 m de largo x 0.90 m de alto (fig.4.2).

Como ya se mencionó, este sistema consta de una cimbra modular Steel-Ply fácilmente adaptable a cualquier tipo de construcción puesto que existen gran variedad de tamaños de paneles para cubrir cualquier dimensión.

Para soportar el tablero en cuestión, en este caso en particular, se utiliza un bastidor metálico, mismo que sirve para distribuir las cargas durante el colado. Dicho bastidor está formado por un ángulo horizontal de 4"x 4"x 1/4" en la parte superior y canales de 3" colocados verticalmente. Estos canales están separados a cada 3.0 ft para así poder conectarse con las perforaciones existentes en la cimbra Steel-Ply, quedando un canal en cada uno de los extremos de los paneles a una distancia de 0.15 m con respecto a la orilla del mismo. En estos canales extremos está colocada una ménsula que servirá para el desplazamiento de la cimbra a la siguiente posición (fig. 3.2). La parte inferior del tablero está integrada por un esquinero metálico, dejando un radio de 5 cm en la esquina; este elemento se conecta con la cimbra por medio de cuñas. Así mismo también en la parte inferior, adicional al esquinero, se coloca un canal acostado que sirve como apoyo para los puntales horizontales inferiores y que distribuye la reacción inferior resultante de las presiones de colado (fig. 3.2).

Características de la cimbra Steel-Ply:

1.- Marco de acero de alto carbono con perfil de dos puntos para proporcionar un mejor sellado y evitar fugas de lechada.

- 2.- Madera con recubrimiento fenólico, la cual está totalmente rodeada y protegida para maximizar el número de reusos.
- 3.- Resiste presiones de colado de hasta $1000 \text{ lb/ft}^2 = 4882.5 \text{ kg/m}^2$.
- 4.- Para un reemplazo rápido de la madera, esta se encuentra conectada por medio de remaches de aluminio.
- 5.- Agarraderas en los paneles mas grandes para facilitar el manejo.
- 6.- Los módulos son manejables, el peso por metro cuadrado es de 24 kg. Los paneles pueden colocarse de cualquier lado y las perforaciones para conexión coincidirán con las perforaciones de los otros paneles.
- 7.- La unión de un elemento con otro se hace por medio de dos cuñas a cada 30 ó 60 cm. Estas cuñas son fabricadas al alto carbono lo cual les dá una resistencia adecuada para colocarlas y removerlas. Basta con golpearlas en la punta con un martillo.

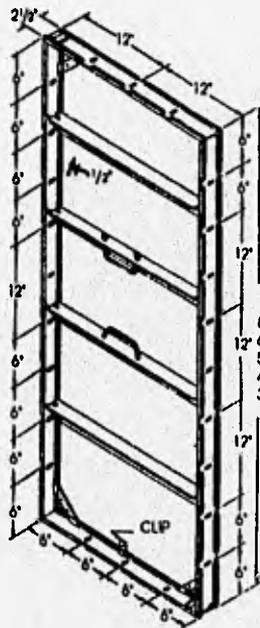


Figura 3.1.- Sistema de cimbra tipo Steel-Ply

Las presiones que se generan durante el colado son resistidas por medio de dos tipos de apoyo: uno en la parte superior (ménsulas de soporte) y otro en la parte inferior por medio de puntales horizontales. Las ménsulas superiores se fabrican a base de ángulo de 4"x 4"x 1/4" y estarán fijadas a los muros tablistaca por medio de taquetes. La conexión de estas ménsulas con los tableros se hace por medio de pequeños tramos de viga IPS (fig. 3.2).

En la parte inferior los puntales horizontales sirven de apoyo y están fabricados a base de tubo con pernos en los extremos uno con cuerda derecha y el otro con cuerda izquierda para ajustar ya sea cerrando o abriendo los tableros según se requiera.

El desplazamiento de los tableros se hace por medio de una viga corrida apoyada en el extremo de las ménsulas superiores y por medio de carritos de desplazamiento. Los carritos de desplazamiento están formados por dos ruedas que se ensamblan a los patines inferiores de las vigas tipo I, mismas que están ligadas a un perno roscado con dos tuercas tipo mariposa (fig. 3.2).

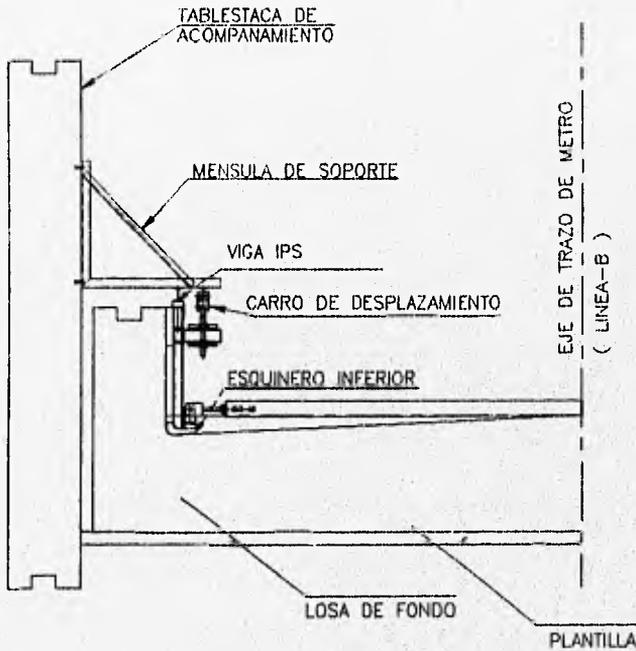


Figura 3.2.- Elementos componentes de la cimbra para muro muñón (corte transversal)

III.2.2.- Cimbra para cajón estructural

Para el cimbrado del resto de los muros componentes del cajón, se dejará un empalme de cimbra apoyando en la parte superior del muro muñón previamente construido.

El sistema de soporte consiste en un grupo de 7 marcos que sirven para sostener la cimbra. Los marcos están equipados con accesorios para bajar, retraer y desplazar el sistema, mismos que están unidos por medio de largueros a base de ángulos de 4" x 4" x 1/4" en la parte interior, tanto en la parte de arriba como en la parte de abajo de las patas verticales de la estructura (fig. 3.3).

Como ya se ha dicho anteriormente, estos equipos cuando son utilizados para alcantarillas, pueden ser ajustables con la posibilidad de variar tanto el ancho como el alto, desde 1.52 m hasta 3.65 m y son conocidos como sistemas Box Culvert. En este caso en particular, la adaptación se lleva a cabo en forma fija para las dimensiones requeridas para el cajón con 7.0 m de ancho y 5.8 m de alto.

Dependiendo del tipo de cimbra utilizado se determina la separación de los marcos, ya que influye la resistencia propia de la cimbra o bien las preparaciones que tiene ésta para interconectarse con la estructura.

La cimbra metálica estructural utilizada es del tipo Max-A-Form (fig.4.8), la cual combina los beneficios de la cimbra modular con la resistencia de una cimbra de acero estructural capaz de autosoportar claros grandes sin andamiajes ni puntales.

Los paneles de Max-A-Form están construidos con cara de contacto de 3/16" de espesor y rigidizadores de 16.5 cm de peralte, mismos que tienen una separación de 1.0 ft (0.3040 m) entre ellos. La rigidez de estos paneles elimina la necesidad de largueros y yugos de soporte, reduciendo así, los requerimientos de arriostramiento.

Para la unión de la cimbra de los muros con la cimbra de la losa superior, se fabricaron esquineros metálicos con las esquinas redondeadas con 5.0 cm de radio de acuerdo a lo especificado en proyecto; estos esquineros tienen perforaciones que coinciden con la cimbra Max-A-Form para poder conectarse con ella.

La separación de los marcos debe ser múltiplo de la separación de los rigidizadores de la cimbra, para así aprovechar las perforaciones existentes en los mismos y anclar ahí los ganchos de conexión. Cada uno de estos marcos están compuestos por dos patas verticales fabricadas a base de doble canal de 8" y un cabezal formado por un canal de 8", mismos que son colocados en dos partes: para las patas verticales, los canales se unen espalda con espalda con un empalme al centro, mientras que para el cabezal, su formación se lleva a cabo por medio de dos pedazos de canal de igual dimensión, los cuales cuentan con perforaciones para poder abrir o cerrar según sea el caso. Tal ajuste se logra mediante 4 tornillos de grado (fig. 4.4).

El cabezal superior está conectado a las patas verticales por medio de placas atornilladas por medio de 4 tornillos de grado. Esta conexión es capaz de resistir los momentos que se presentan en esta unión (fig. 4.15).

Como se trata de un claro de 7.00 m y la losa de concreto tiene un espesor promedio entre 75 y 90 cm, la carga correspondiente a dicha losa resulta ser alta, por lo que es necesario disminuir el claro por medio de unas diagonales. Estas diagonales están fabricadas a base de ángulo de 4" x 4" x 1/4", cerrando el triángulo con respecto a la pata vertical y el cabezal del marco, con el fin de darle mayor rigidez a compresión. Así pues, cada marco tiene una diagonal de cada lado, para repartir el claro del cabezal en tres partes más o menos iguales. La conexión entre la diagonal y la pata vertical se hace por medio de una placa atornillada (fig.4.17), conectada a perforaciones dejadas en las patas verticales para este propósito y la conexión en la parte superior de la diagonal con el cabezal se hace mediante un perno (fig. 4.14).

Los marcos cuentan con puntales horizontales los cuales les dan apoyo a las patas verticales del marco para soportar las cargas laterales y al mismo tiempo sirven para efectuar la retracción o separación de los marcos, ya que cuentan con extremos atornillables con cuerda derecha de un lado y cuerda izquierda del otro; de tal modo que al momento de girar el tubo sobre su eje en un sentido, la estructura se separa y al momento de girar en el otro, la estructura se acerca (fig. 3.3).

Por otra parte, son necesarios elementos de arriostramiento que le proporcionen rigidez a la estructura para mantener la geometría tanto transversalmente como longitudinalmente. Para este efecto, se utilizan los puntales diagonales ajustables, los cuales se colocan en forma alternada, es decir, en un marco sí y en otro no, ligando en un caso el extremo derecho del puntal horizontal superior y el extremo izquierdo del puntal horizontal inferior; y en otros casos, el extremo izquierdo del puntal horizontal superior, con el extremo derecho del puntal horizontal inferior. Con estos elementos se rigidiza la sección en el sentido transversal.

Para rigidizar el sistema en el sentido longitudinal, se utiliza la diagonal horizontal inferior. Esta diagonal está fabricada a base de tubo con tornillos en los extremos para poder ajustar la posición del grupo de patas verticales izquierdas con respecto al grupo de patas verticales derechas y está conectado entre los largueros de unión inferiores (fig. 4.20).

El apoyo en la parte inferior de las patas verticales se hace por medio de gatos de tornillo, los cuales permiten ajustar la posición de la cimbra verticalmente, que además sirven para bajar el conjunto y separar la cimbra de la losa una vez que se procede a efectuar el descimbrado (figs. 3.3 y 3.4).

Para el desplazamiento de la cimbra se requiere un sistema de rodamiento, el cual está resuelto por medio de un conjunto de ruedas metálicas de alta capacidad, con baleros tanto en el eje como en la placa de apoyo, esto con el objeto de que pueda moverse la estructura tanto transversalmente como longitudinalmente. Las ruedas están ligadas a la estructura por medio de una ménsula que también contiene un gato de apoyo (fig. 3.4). El impulso para mover la estructura, se realizará apoyándose en la zona de la viga inferior de unión para evitar excentricidades y efectos que tiendan a deformar la estructura.

Frecuentemente las especificaciones indican que las losas requieren estar apoyadas por un cierto periodo de tiempo para permitir que el concreto alcance una resistencia suficiente para soportar su propio peso. Una de las formas de resolver este problema consiste en utilizar un sistema de colgante que proporciona apoyo a la losa mientras la cimbra es desplazada a la siguiente posición. Este sistema de colgante consiste en unas vigas de soporte superior colocadas a una separación conveniente para proporcionarle apoyo a la losa mientras adquiere resistencia suficiente. El apoyo se hace por medio de barras que atraviesan la losa a través de ductos dejados expresamente para este fin. Estas barras quedan fijas a las placas deslizantes sosteniendo a la losa provisionalmente. Las vigas están apoyadas en la zona de muros por medio de bases amplias para distribuir las reacciones en el concreto joven. Se requieren 1 ó 2 pernos de gran diámetro encamisados para poder retirarlas posteriormente y placas de deslizamiento adicionales que quedan como apoyo de las losas hasta que éstas alcanzan la resistencia adecuada (fig.3.5).

Este problema puede ser solucionado también mediante la utilización de aditivos para que el concreto adquiera la resistencia permisible en poco tiempo o bien utilizando vapor para el mismo fin.

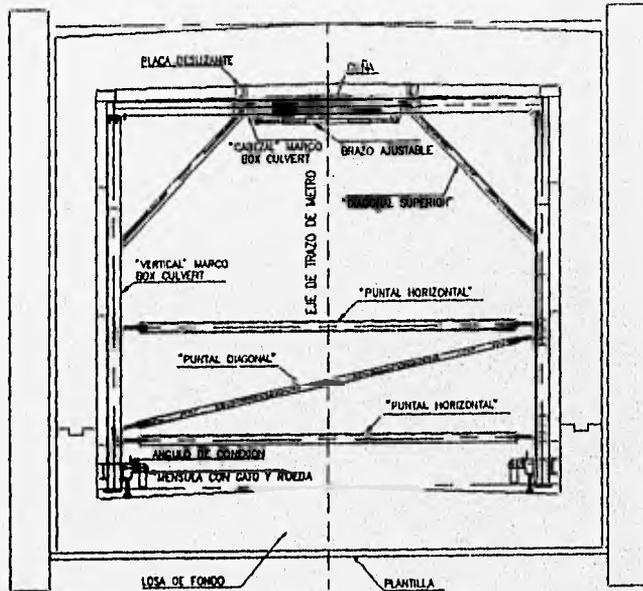


Figura 3.3.- Sistema de cimbrado (corte transversal)

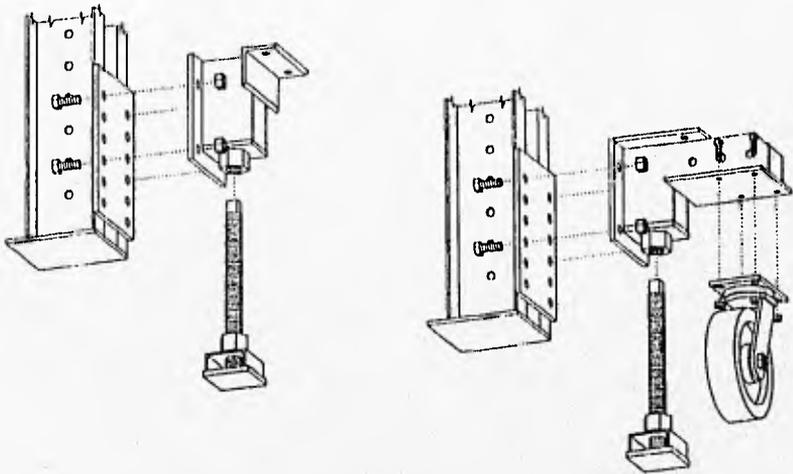


Figura 3.4.- Ménsulas de conexión de ruedas y gato

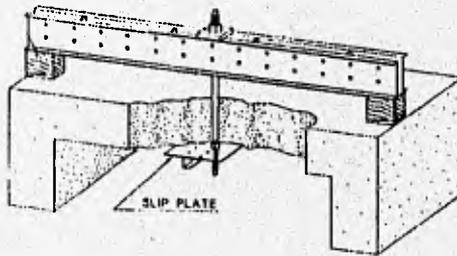


Figura 3.5.- Sistema de vigas para colganteo

CAPITULO IV

**PROYECTO EJECUTIVO
DEL SISTEMA DE CIMBRA**

IV.- PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE CIMBRA

Este capítulo tiende a ser el más importante en el desarrollo de esta tesis, ya que analiza, cotiza y cuestiona la aplicación del sistema durante su utilización en la obra, así como su control en la misma.

IV.1.- ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DEL CAJON

En éste escrito se describe el procedimiento para llevar a cabo la excavación y construcción del cajón subterráneo de concreto del tramo Guerrero-Buenavista de la línea "B" del tren Metropolitano, ubicado entre los cadenamientos 22+796.517 al 23+291.614 (fig. 2.1).

Esta especificación se complementa con el proceso constructivo del cajón del Metro bajo la calle denominada Eje 1 Poniente (Guerrero) mediante el proceso denominado "Túnele falso", además con la especificación general para llevar a cabo el puenteo de los ductos de alta tensión en la calle de Zaragoza y en la calle Aldama.

La excavación para la construcción del tramo antes mencionado se llevará a cabo a cielo abierto entre muros tablestaca de concreto de acompañamiento, armados y colados en sitio, siguiendo los lineamientos que se indican en los párrafos siguientes.

La excavación y construcción se realizará por etapas, conformando en el frente de avance, un talud con la geometría indicada en párrafos posteriores.

IV.1.1.- Observaciones generales

- 1.- Antes de iniciar la excavación para la construcción del tramo deberán de efectuarse los desvíos correspondientes de las instalaciones municipales que interfieran con la excavación, dichos desvíos se realizarán de acuerdo con lo que indique el proyecto correspondiente.
- 2.- Los colectores, atarjeas y/o tuberías de agua potable de pequeño diámetro que interfieran con la construcción de los muros o con el proceso de excavación del núcleo, deberán desviarse conforme a lo indicado en el proyecto hidráulico correspondiente. En caso de que el proyecto antes citado no contemple su solución, se empleará entonces un bombeo provisional de superficie (colectores) o el denominado "By Pass" (agua potable) taponeando las tuberías seccionadas de tal forma que al iniciar la excavación para la construcción de los muros, no exista alguna instalación hidráulica en funcionamiento. Las soluciones adoptadas deberán estar avaladas por el representante de COVITUR en la obra.
- 3.- Para la zona donde el cajón del Metro cruzará bajo la avenida Guerrero (Eje 1 Poniente), se deberá realizar el proceso constructivo denominado "Túnele falso", el cual deberá consultarse en la especificación general para tal efecto.

4.- El proceso a utilizar para llevar a cabo el puenteo de los ductos de alta tensión de 230 KV que cruzan sobre el cajón de Metro en las calles de Zaragoza y Aldama deberá consultarse en la especificación general para tal efecto.

IV.1.2.- Construcción de los muros tablestaca de acompañamiento

Las ramas verticales de los faldones de los brocales que servirán de guía para la excavación de las zanjas que alojarán los muros tablestaca, se construirán hasta una profundidad tal que exista entre el remate de la tablestaca y el faldón, el traslape indicado en los planos del proyecto estructural y de acuerdo con la especificación general para tal efecto.

Para la estabilidad de las zanjas durante el proceso de excavación, se utilizará lodo estabilizador que deberá cumplir con las propiedades que se indican en la especificación general correspondiente, así como con la particular del tramo Guerrero-Buenavista.

En el caso del cruce del tramo con la av. Guerrero (Eje 1 Poniente), se efectuará la construcción de los muros tablestaca conforme a los lineamientos del "Túnele Falso" especificado para su efecto.

IV.1.3.- Abatimiento del nivel freático

Antes de iniciar la excavación de cualquier etapa, será necesario abatir el nivel de aguas freáticas por medio de un bombeo por gravedad; para ello se instalarán pozos de bombeo de acuerdo con la especificación general correspondiente. La ubicación, distribución y profundidad de los pozos se indica en la especificación particular de este tramo.

El bombeo sólo podrá iniciarse cuando se encuentren construidos los muros tablestaca correspondientes a la zona por bombear en un radio mínimo de 30.00 m medidos a partir del hombro de los taludes que limitan cada etapa en cuestión.

Se empezará a bombear un día (24 hr) antes de iniciar la excavación de cualquier etapa, en todos y cada uno de los pozos contenidos en ella, en el cuerpo del talud mismo y en los localizados dentro de una distancia de 10.00 m medidos a partir del hombro del talud, entendiéndose por hombro del talud a la intersección del talud único o de la berna superior del talud compuesto con el terreno natural.

El bombeo se suspenderá en cada pozo después del colado de la plantilla de concreto simple, retirando el ademe de los pozos durante esta actividad.

IV.1.4.- Procedimiento constructivo del cajón subterráneo entre los cadenamientos 23 + 291.614 al 22 + 796.517

El avance máximo de las etapas de excavación será el que se indica en las figuras No. 1 y 2 del anexo de este escrito y por ningún motivo deberá alterarse, a menos que se indique lo contrario.

En el sentido de avance de la excavación deberá conformarse un talud con inclinación 1:1 (horizontal a vertical), debiendo además construir una o dos bermas en los subtramos indicados a continuación, y de acuerdo con las figuras No. 3 a 5 en el anexo de este escrito:

Cadenamiento	No.	B e r m a s	
		Altura (m)	Longitud (m)
23 + 291.614 al 23 + 050.000	0	0.00	0.00
23 + 050.000 al 22 + 946.000	1	5.00	5.00
22 + 946.000 al 22 + 796.517	2	5.00	10.00

Cabe aclarar que a lo largo de todo el tramo, la máquina de excavación no podrá trabajar sobre el talud o alguna de sus bermas, por lo que deberá hacerlo de manera lateral y por el exterior de los muros tablestaca. Así mismo, no deberá acumularse ningún tipo de sobrecarga sobre los taludes, tales como: acero de refuerzo, cárcano de bombeo, casetas de personal o para almacenamiento de equipo.

IV.1.5.- Construcción del cajón subterráneo entre los cadenamientos 23 + 291.614 al 22 + 946.000

La excavación, apuntalamiento y construcción del cajón de Metro en este subtramo se efectuará a cielo abierto y entre muros tablestaca de acompañamiento apuntalados horizontalmente entre sí, siguiendo los lineamientos expuestos a continuación:

1.- Se iniciará la excavación partiendo del nivel de terreno natural y se suspenderá momentáneamente 30 cm por abajo del primer nivel de puntales, procediendo de inmediato a la colocación de éste en su elevación correspondiente. Los puntales se colocarán por pares, separados entre sí 3.00 m de distancia máxima de centro a centro, de manera que queden simétricamente colocados respecto a las juntas de construcción. La figura No. 6 del anexo de este escrito muestra la sección transversal del cajón de Metro y los tres niveles en que se deberá colocar el apuntalamiento mencionado.

2.- Se reanudará la excavación, suspendiéndola temporalmente después de alcanzar 30 cm por abajo del segundo nivel de puntales, procediendo a su colocación inmediata.

3.- Del mismo modo se continuará con la excavación hasta alcanzar 30 cm por abajo del tercer nivel de puntales, colocando éste de inmediato en su posición. En este momento podrá retirarse el segundo nivel de puntales.

Una vez colocado el tercer nivel de puntales, se procederá a concluir con la excavación de la sección hasta el nivel máximo de proyecto.

El tiempo máximo a emplear en la excavación y colocación de puntales en cada etapa no deberá exceder de 48 horas.

4.- Alcanzada la máxima profundidad de proyecto se procederá de inmediato al colado de una plantilla de 10 cm de espesor (Ver figura No. 7 de anexos) constituida por concreto simple provista con un aditivo acelerante de fraguado. El colado deberá efectuarse en un tiempo máximo de 3 hr, contadas a partir del momento en que se alcance el nivel máximo de excavación de la etapa correspondiente.

5.- Una vez que la plantilla alcance su fraguado inicial se procederá a efectuar el armado y colado de la losa de piso, incluyendo un muñón o segmento de los muros estructurales a una altura de 0.85 m medidos a partir del nivel subrasante de la losa y dejando en ellos (losa y muñón), las preparaciones necesarias para su liga posterior con la altura restante de los muros de la sección, así como con la losa de piso de la etapa adyacente. Este muñón servirá para el apoyo y circulación de la cimbra metálica colapsible, según se indica en los párrafos subsecuentes.

Así mismo, en cada junta de colado deberá dejarse un material plástico expansivo de sello tipo super-stop o similar, de acuerdo con la ubicación y disposición indicada con el proyecto estructural correspondiente.

El tiempo máximo a transcurrir para el armado y colado de la losa de piso será de 18 horas para las etapas de 12.00 m de longitud, de 12 horas para las de 8.00 m y de 8 horas para las de 4.00 m, contadas a partir del momento en que la plantilla haya alcanzado su fraguado inicial.

La excavación de la siguiente etapa se podrá iniciar una vez terminado el colado de la losa de piso de la etapa anterior, pero respetando en todo momento los frentes de estructuración que se indican en las figuras No. 3 u 5 de los anexos de este escrito.

6.- 24 horas después de colada la losa de piso y el muñón correspondiente se deberá retirar el tercer nivel de puntales.

7.- Una vez hecho lo anterior, y para la etapa inicial, se acoplarán los tres módulos de 4.00 m de longitud cada uno, que constituyen la cimbra metálica colapsible en esta zona, así como los dispositivos para su circulación, fijándolos a los muñones de muro previamente construidos. Para las etapas subsecuentes solo bastará con desplazar la cimbra previo el retiro de la etapa ya colada.

8.- Entonces se armarán los muros estructurales y la losa de techo de la sección estructural para realizar posteriormente su colado monolítico.

En estos elementos se dejarán las preparaciones necesarias para su liga posterior con los muros y losa de techo de la etapa siguiente.

Cabe aclarar que en la zona de unión de los concretos "viejo" y "nuevo" deberá colocarse un material expansivo (tipo super-estop o similar), fijándolo en los muñones mediante la colocación de abrazaderas atornilladas colocadas a cada 2.0 m entre sí, aproximadamente.

9.- Cuando el concreto de la sección haya alcanzado el 70% de su resistencia especificada se podrá retirar el o los módulos respectivos de la cimbra metálica, para su utilización en el frente de avance del tramo.

10.- Se deberá verificar que en todo momento se respeten las distancias máximas permitidas entre los frentes de excavación y colado de plantillas, de construcción de losa de piso y de la construcción de los muros estructurales y de la losa de techo de construcción, indicadas en las figuras No. 3 a 5 de los anexos de este escrito.

11.- Una vez que el concreto de la sección cajón alcance la resistencia mínima especificada en el proyecto estructural, se procederá a colocar sobre la losa de techo, el material de relleno compactado hasta alcanzar 30 cm por abajo del primer nivel de puntales para proceder a su retiro. Hecho lo anterior se procede a concluir con la colocación del relleno hasta el nivel subrasante de la vialidad y de acuerdo con lo descrito en la especificación general correspondiente.

12.- Por último se restituirá el pavimento conforme a los lineamientos de la especificación general a este respecto.

IV.1.6.- Cajón subterráneo entre los cadenamientos 22 + 946.000 al 22 + 892.000

La excavación, apuntalamiento y construcción de este subtramo se llevará a cabo siguiendo lo indicado en el punto anterior de este escrito, teniendo en cuenta lo siguiente:

1.- En la figura No.8 de los anexos, se muestran las elevaciones en que podrán colocarse los cuatro niveles de puntales correspondientes a esta sección. La longitud de las etapas de avance en este subtramo será de 12.00 m.

2.- No se retirará el segundo nivel de puntales conforme se profundice la excavación.

3.- En el momento de colocar el cuarto nivel de puntales se podrá retirar el tercer nivel.

4.- 24 horas después de colada la losa de piso se deberá retirar el cuarto nivel de puntales.

5.- El tiempo de decimbrado de la sección será el mismo que el indicado para el punto anterior (IV.1.5).

6.- Cuando el concreto de la sección haya alcanzado su resistencia especificada se deberá retirar el segundo nivel de puntales para proceder a la colocación del material de relleno sobre la losa de

techo. Este relleno estará formado por una capa sobre la losa de techo y será de tepetate compactado de 60 cm de espesor colocada en dos capas iguales, una capa de poliestireno y otra de tezontle, ambas de espesor variable, y por último otra capa de tepetate compactado también de 60 cm subyaciendo a la estructura del pavimento. En la figura No. 14 de los anexos, se ilustra lo anterior y se indican los espesores de estas capas por cadenamiento.

El procedimiento de colocación de este relleno y las características que deberán cumplir los materiales constitutivos se indican en la especificación general correspondiente.

Cabe aclarar que en los cadenamientos no considerados en la figura No. 14 de los anexos, el relleno a utilizar será de tepetate compactado a colocar de acuerdo con los lineamientos indicados en la especificación general respectiva.

7.- La colocación del relleno sobre la losa de techo se realizará hasta alcanzar 30 cm por abajo del primer nivel de puntales procediendo a su retiro. Posteriormente se concluirá este proceso hasta alcanzar el nivel de subrasante de la vialidad respectiva.

IV.1.7.- Cajón subterráneo comprendido entre los cadenamientos 22 + 892.000 al 22 + 796.517

Este subtramo se excavará, apuntalará y construirá de acuerdo con lo indicado en los dos puntos anteriores (IV.1.5 y IV.1.6) ya descritos, pero teniendo en cuenta además lo siguiente:

- 1.- En la figura No. 9 de los anexos, se muestran los niveles que tendrán los 5 puntales que se colocarán en esta sección.
- 2.- Las etapas de excavación serán de 4.00 m de avance máximo, por lo que el número de módulos de la cimbra deslizante se ajustará a dicha longitud.
- 3.- Cuando se coloca el tercer nivel de puntales se podrá retirar el segundo nivel.
- 4.- Cuando se coloca el quinto nivel de puntales se podrá retirar el cuarto nivel.
- 5.- 24 horas después de colada la losa de piso se podrá retirar el quinto nivel de puntales.
- 6.- Una vez que el concreto de la sección cajón alcance su resistencia de proyecto se retirará el tercer nivel de puntales para proceder a colocar sobre la losa de techo el material de relleno aligerado de acuerdo con la especificación general correspondiente, y en función de la tabla de la figura No. 14 de los anexos, en lo que a espesores se refiere.
- 7.- Durante este proceso de colocación del material de relleno se retirará el primer nivel de puntales una vez que éste haya alcanzado 30 cm por abajo del puntal.
- 8.- Por último se realizará la restitución del pavimento de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5 de este escrito.

IV.1.8.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la rejilla de ventilación del cadenamiento 22 + 990.000 al 22 + 946.000

La figura No.10 de los anexos de este escrito muestra un corte transversal de la sección y sus elementos constituyentes, así como los niveles en que se ubicará el apuntalamiento requerido.

La excavación y apuntalamiento de esta zona se llevará a cabo de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5 de este escrito, pero para la construcción de la sección deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- 1.- Al momento de colocar el tercer nivel de puntales se podrá retirar el segundo nivel.
- 2.- 24 horas después de colada la losa de piso y los muñones de los muros de la sección, se podrá retirar el tercer nivel de puntales para permitir el paso de la cimbra metálica colapsible utilizada para la construcción del cajón del Metro de las zonas adyacentes.
- 3.- El primer nivel de puntales podrá retirarse cuando el concreto de la losa de techo, diafragmas y guarnición de la sección alcance su resistencia de proyecto y una vez retirada su cimbra respectiva. De manera posterior al retiro del citado puntal deberá realizarse la sustitución de los huecos dejados en los diafragmas y/o guarnición, de acuerdo con las recomendaciones del proyecto estructural correspondiente.
- 4.- Así mismo, una vez retirado el primer nivel de puntales, se colocará el material de relleno hasta el nivel de subrasante de la vialidad para proceder a la restitución del pavimento, ambas actividades de acuerdo con lo indicado en el inciso IV.1.5 de este escrito.

IV.1.9.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la rejilla de ventilación del cadenamiento 23 + 165.000 al 23 + 110.000

La figura No.11 de los anexos, muestra un corte transversal de la sección de la rejilla indicando sus elementos constituyentes, así como su apuntalamiento respectivo, consistente en tres niveles de puntales tubulares.

La excavación, apuntalamiento y construcción de esta zona podrá realizarse de acuerdo con lo indicado en el punto anterior (IV.1.8), y sólo teniendo en consideración lo siguiente:

- 1.- Al momento de colocar el tercer nivel de puntales se podrá retirar el segundo nivel.
- 2.- 24 horas después de colada la losa de piso y los muñones de los muros de la sección se podrá retirar el tercer nivel de puntales para permitir el paso de la cimbra metálica colapsible utilizada para la construcción del cajón del Metro de las zonas adyacentes.

3.- El primer nivel de puntales podrá retirarse cuando el concreto de la losa de techo, diafragmas y guarnición de la sección alcance su resistencia de proyecto, y una vez retirada su cimbra respectiva. De manera posterior al retiro del citado puntal deberá realizarse la sustitución de los huecos dejados en los diafragmas y/o guarnición, de acuerdo con las recomendaciones del proyecto estructural correspondiente.

4.- Así mismo, una vez retirado el primer nivel de puntales, se colocará el material de relleno hasta el nivel de subrasante de la vialidad para proceder a la restitución del pavimento, ambas actividades de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5 de este escrito.

IV.1.10.- Excavación y construcción de los nichos para I.A.T y S.R. ubicados en los cadenamientos 23 + 069.184 y 23 + 237.720

Las figuras No.12 y 13 de los anexos, presentan la planta de etapas de excavación y apuntalamiento, así como un corte transversal de los nichos, mostrando los niveles en que se colocará el apuntalamiento respectivo.

La excavación y apuntalamiento de las zonas donde se construirán los nichos de I.A.T y S.R. se realizarán de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5 de este escrito. Pero su construcción se realizará de la manera tradicional, prescindiendo del uso de la cimbra metálica colapsible y teniéndose en cuenta lo siguiente:

1.- La sección por excavar tendrá dos niveles de máxima excavación: Uno para la zona del cajón y otro para la zona del nicho, y entre ambos se ubicará una contratrabe denominada C'T-1, cuyo peralte rebasa los niveles anteriores.

2.- La excavación y apuntalamiento se realizará hasta sus profundidades de proyecto, incluyendo la trinchera para ubicar la contratrabe. En este momento se colará en toda la sección una plantilla de concreto simple de 10 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado.

3.- Tres horas después de concluido este colado, se procederá al armado y colado de la losa de piso de la zona del cajón y del nicho, la contratrabe y los muñones de los muros estructurales hasta 85 cm por arriba del nivel subrasante de la sección del cajón. De no ser posible la realización del colado de los elementos anteriores de manera expedita para el paso de la cimbra metálica, la construcción de las losas del cajón y del nicho podrá ser de manera alternada tomando en consideración que se deberán colocar puntales cortos de sustitución que apoyen los muros tablestaca contra el centro de la losa de fondo, debiendo excavar por lo tanto, zanjas para entonces retirar el tercer nivel de puntales.

4.- 24 horas después del colado anterior se retirará el tercer y último nivel de puntales, para permitir el paso de la cimbra metálica colapsible utilizada para la construcción del cajón de Metro en las zonas adyacentes.

5.- Habilitar el armado y la cimbra de los muros estructurales y trabe T-1 hasta el nivel +5.65 respecto del nivel subrasante, dejando en ellos las preparaciones necesarias para realizar la liga con los muros de la etapa adyacente, así como para recibir las losas de techo.

6.- Posteriormente se cimbrarán y armarán las losas de techo para proceder a su colado. 24 hr después se podrá retirar el primer nivel de puntales, pero no la cimbra, la cual deberá permanecer en su sitio hasta que el concreto de la losa de techo y trabe alcancen la resistencia mínima especificada en el proyecto estructural.

7.- Por último, se procederá a realizar la colocación del material de relleno sobre la losa de techo y la restitución del pavimento de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5.

IV.1.11.- Excavación y construcción de los nichos de aparato ubicados en los cadenamientos 23 + 289.64, 23 + 254.984, 22 + 851.582 y 22 + 819.102

La figura No.15 de los anexos de este escrito muestra una planta de los nichos que incluye la ubicación del apuntalamiento requerido. Los niveles en que se colocarán los puntales deberán consultarse en la sección cajón del subtramo correspondiente.

El proceso de excavación y apuntalamiento se realizará de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.9 incisos 1, 2 y 3 de este escrito, pero durante la construcción se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1.- 24 horas después de colada la losa de piso y los muñones de los muros estructurales, se deberá retirar el último nivel de puntales.

2.- El armado, cimbrado y colado de los muros estructurales y de la losa de techo se realizará de la manera tradicional, es decir, prescindiendo del uso de la cimbra metálica colapsible.

3.- El retiro de los puntales restantes, así como la colocación del material de relleno sobre la losa de techo y la restitución del pavimento se realizará de acuerdo con lo indicado en los incisos arriba mencionados.

IV.1.12.- Excavación, apuntalamiento y construcción de la alcancía ubicada entre los cadenamientos 23 + 203.100 al 23 + 226.900

Las figuras No.16 y 17 de los anexos presentan una planta mostrando la ubicación de la zona de alcancía y sus elementos constitutivos, así como un corte transversal de la sección estructural mostrando los tres niveles de apuntalamiento requerido.

La excavación y apuntalamiento de esta zona se llevará a cabo de acuerdo con lo indicado en el punto IV.1.5 de este escrito, pero para la construcción de la sección deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- 1.- Al momento de colocar el tercer nivel de puntales se podrá retirar el segundo nivel.
- 2.- 24 horas después de colada la losa de piso y los muñones de muro se podrá retirar el tercer nivel de puntales.
- 3.- Una vez hecho lo anterior, se deberá de realizar el armado, cimbrado y colado monolítico de los elementos estructurales siguientes: Muros estructurales de la sección, trabes T-1 y T-2 (las cuales cerrarán parcialmente la sección definiendo el hueco de la alcancía), ver fig. No.16 de los anexos, así como los muretes de contención. Las trabes antes citadas deberán permanecer apuntaladas con su misma cimbra hasta el momento en que alcancen su resistencia de proyecto y entonces se podrá retirar el primer nivel de puntales.
- 4.- Cuando los muretes de contención hayan alcanzado su resistencia de proyecto, se podrá colocar el material de relleno sobre la losa de techo de las zonas adyacentes.
- 5.- Cuando la sección deje de funcionar como alcancía se armará, cimbrará y colará la parte central de la losa de techo. Una vez que el concreto alcance su resistencia de proyecto se podrá colocar el relleno sobre la losa de techo hasta el nivel de subrasante de la vialidad correspondiente.

IV.1.13.- Notas importantes

- 1.- No se deberá iniciar una etapa de excavación sino se ha cumplido con el tiempo de bombeo y tiempos de estructuración previamente especificados.
- 2.- Deberá respetarse la longitud de avance de las etapas de excavación, la inclinación y la configuración indicada para los taludes.
- 3.- La precarga que se deberá aplicar para la colocación de los puntales será la siguiente:

Cadenamiento	Nivel de apuntalamiento	Precarga (Ton)
23 + 291.614 al 22 + 990.000	1o y 2o	30.00
	3o	60.00
22 + 990.000 al 22 + 937.000	1o y 2o	60.00
	3o y 4o	80.00
22 + 937.000 al 22 + 796.517	1o a 5o	80.00

Se deberá llevar un riguroso control de la aplicación y conservación de la misma, para lo cual la contratista deberá realizar lecturas de verificación que tendrá anotadas con fecha, hora y precarga

leída en un lugar visible de la obra, además de enviarse a la proyectista para su control y seguimiento correspondiente.

4.- Para iniciar la excavación de una determinada etapa será necesario que previamente se haya colado la losa de piso de la etapa inmediata anterior.

5.- Durante la construcción del tramo, una vez iniciada la excavación de cualquier etapa no se deberá interrumpir si no se ha alcanzado la máxima profundidad de excavación, una vez alcanzada ésta se deberá colar inmediatamente la plantilla y losa de piso, de acuerdo a lo indicado en el punto IV.1.5.

En caso de que sea necesario interrumpirla por un fin de semana, día festivo o cualquier otra causa, entre los cadenamientos 23 + 291.614 al 23 + 050.000, la profundidad en que se detenga la excavación no será mayor al 50% de la profundidad máxima de proyecto. Del cadenamiento 23 + 050.000 al 22 + 796.517 la profundidad máxima en que podrá suspender será de 5.00 m medidos a partir del nivel de terreno natural.

6.- Una vez concluido el proceso de excavación de la sección cajón, se deberá realizar el sellado de las juntas de los muros tablestaca, aclarando que no se podrá iniciar la construcción de los muros estructurales de la sección de Metro si no se han tratado las filtraciones y en caso de que no puedan ser controladas, se canalizarán con un tubo metálico con cuerda para su posterior tratamiento, siguiendo los lineamientos indicados en la especificación general a este respecto.

7.- Se deberá de verificar que por ningún motivo coincidan las juntas de colado del cajón del Metro (losa de piso, muros y losa de techo), con las juntas de colado de los muros tablestaca.

8.- Los puntales se colocarán en el momento en que la excavación descubra sus puntos de aplicación no debiendo continuar ésta si los puntales no han sido colocados.

9.- Los puntales colocados en "pata de gallo" en la zona de nichos de I.A.T y S.R. deberán soldarse a las placas metálicas previamente colocadas durante la construcción de los muros tablestaca (ver detalle estructural en el proyecto correspondiente).

10.- Antes de llegar a la máxima profundidad de proyecto deberá tenerse totalmente habilitado y al pie de la obra el acero de refuerzo de la losa de piso.

11.- Todos los puntales deberán sujetarse de sus extremos por medio de cables de acero, los cuales se colgarán de las varillas de los muros tablestaca.

12.- En los sitios por los que se introduzcan o extraigan los módulos constituyentes de la cimbra metálica deslizante (de 4.0 m de longitud cada uno de ellos) los puntales de los tablestaca en cuestión se colocarán a una distancia de 1.0 m de las juntas constructivas, por lo que se quedarán separados entre sí a una distancia de 5.20 m a ejes de puntales entre los tablestacas y 2.0 m en la zona de las juntas. Se recomienda que estos sitios se ubiquen exactamente a la salida o llegada de las estaciones, exclusivamente. En caso contrario, se deberá comunicar a la proyectista el sitio en que se pretenda realizar el reacondicionamiento de puntales para proceder a su revisión y autorización.

13.- Los detalles estructurales, así como los niveles de remate y desplante de los muros tablastaca se deberán consultar en los planos del proyecto correspondiente.

14.- La excavación, apuntalamiento y construcción del tramo del Metro se realizará en un sólo frente de avance, el cual será en el sentido Poniente a Oriente (Buenavista a Guerrero), por lo cual se atacará de manera inicial la zona más superficial del tramo para concluir en la más profunda. Este frente deberá respetarse en todo momento; en caso de requerir abrir otro, deberá solicitarse a la proyectista proporcione el lugar más conveniente para ello.

IV. 2.- DISEÑO DEL SISTEMA DE CIMBRA

La construcción del cajón estructural se considera en 2 etapas principalmente: La construcción del inicio del muro (muro muñón) y la construcción del cajón propiamente dicho a partir de la junta con el muro muñón.

IV.2.1.- CIMBRA PARA MUÑO

La cimbra para construir el muro muñón está sujeta a una carga lateral correspondiente al empuje del concreto fluido en una altura de 1.0 m.

En este caso se considera que el colado llega a la altura de 1.0 m en muy poco tiempo y por lo tanto la presión con la que se diseña es la máxima (full liquid), misma que tiene una distribución triangular con la presión máxima de 2400 kg/m² en la base (fig. 4.1).

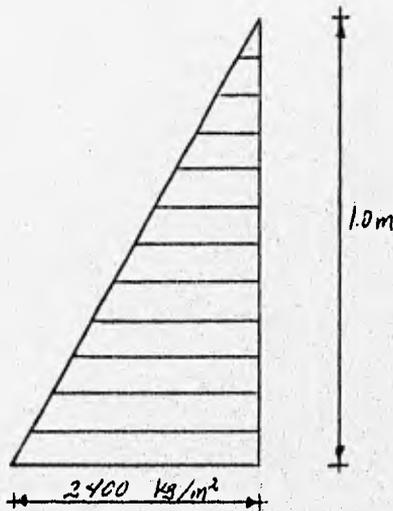


Figura 4.1.- Distribución de presiones en muro muñón

IV.2.1.1.- Cimbra de contacto

La cimbra de contacto es del tipo steel-ply la cual está formada por una superficie de contacto de madera de 1/2" de espesor con un bastidor metálico formado por un ángulo desigual 2" x 3" y un

perfil especial en los extremos. La resistencia propia de este tipo de cimbra es de 1000 lb/ft²= 4882.5 kg/m².

IV.2.1.2.- Estructura de soporte

La estructura de soporte tiene una separación de 90 cm entre cada elemento vertical, por lo que tal elemento estará sujeto a una carga triangular con presión máxima de 2400 kg/m² y el empuje vale (fig. 4.2):

$$E = \frac{\gamma x h}{2} \times At$$

donde:

E = área de la distribución de presiones = empuje total, en kg

h = altura del muro muñón = 1.0 m

γ = peso volumétrico del concreto = 2400 kg/m³

At = ancho tributario = 90 cm

$$E = \frac{2400 \times 1.0}{2} \times 0.9 = 1080.0 \text{ kg}$$

Se tiene que para una viga con carga distribuida en forma triangular (tabla No.1 del anexo de ayudas de diseño), el momento máximo (M) vale:

$$M = 0.128 \times E \times L$$

donde:

E = empuje total

L = claro entre apoyos = 1.0 m (verticalmente)

$$M = 0.128 \times 1080.0 \times 1.0 = 138.24 \text{ kg-m}$$

$$M = 13824 \text{ kg-cm}$$

utilizando la fórmula de la escuadría:

$$f = M / S$$

donde:

f = esfuerzo actuante en la placa

M = momento flexionante

S = módulo de la sección

calculando el módulo de la sección necesario (Sn) y considerando un esfuerzo permisible a flexión de 0.6fy que para un acero A-36 vale:

$$fy = 36000 \text{ lb/in}^2 = 2531.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.6fy = 0.6 \times 2531.00 = 1518 \text{ kg/cm}^2$$

y despejando de la fórmula de la escuadria:

$$S_n = \frac{13824.00}{1518.00} = 9.11 \text{ cm}^3$$

Por lo que de acuerdo con la ayuda de diseño (tabla No.2) se utiliza un canal de 3", el cual tiene un $S = 17.5 \text{ cm}^3$.

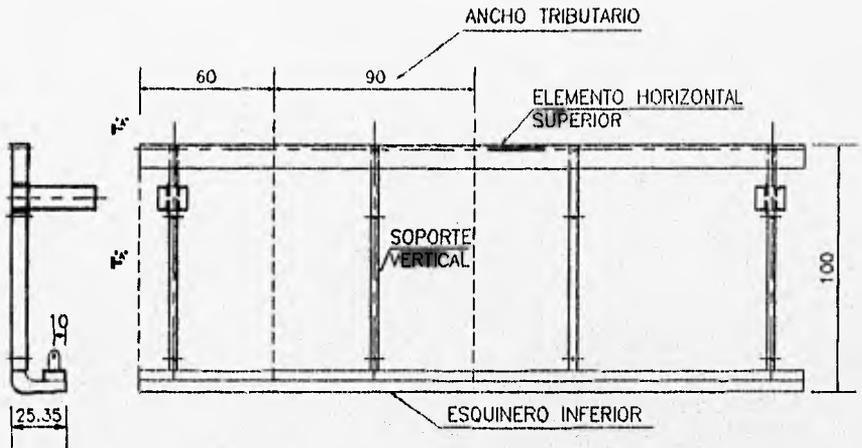


Figura 4.2.- Cimbra para muro mufón (Bastidor)

Cálculo de las reacciones superior e inferior:

Calculando la reacción superior (R_s) e inferior (R_i) en cada uno de los soportes verticales. De la tabla No.1 de las ayudas de diseño, se tiene que para el tipo de carga triangular, R_i y R_s valen:

$$R_i = E \times \frac{2}{3} \quad ; \quad R_s = \frac{E}{3}$$

sustituyendo valores:

$$R_i = \frac{1080.0 \times 2}{3} = 720.00 \text{ kg/m} \quad ; \quad R_s = \frac{1080.00}{3} = 360.00 \text{ kg/m}$$

Estas reacciones corresponden con un ancho tributario de 90 cm, ya que 1080.0 kg es el empuje correspondiente a ese ancho tributario.

Por otra parte y de acuerdo con la figura 4.2, los elementos verticales extremos tienen un ancho tributario A_t de:

$$A_t = \frac{0.90}{2} + 0.15 = 0.60 \text{ m}$$

Como $R_s = 360 \text{ kg/m}$ es la reacción para un ancho de 0.90 m , la reacción en los elementos verticales extremos vale en este caso:

$$R_s = \frac{360.0}{0.9} \times 0.6 = 240.0 \text{ kg} \quad ; \quad R_i = \frac{720.0}{0.9} \times 0.6 = 480.0 \text{ kg}$$

IV.2.1.3.- Diseño del elemento horizontal superior

Colocando ménsulas de fijación o de soporte (fig.3.2) en el muro tablestaca a cada 2.0 m y considerando las reacciones como cargas, podemos calcular el elemento horizontal que se requiere en la parte superior para unir los bastidores de apoyo (fig. 4.3).

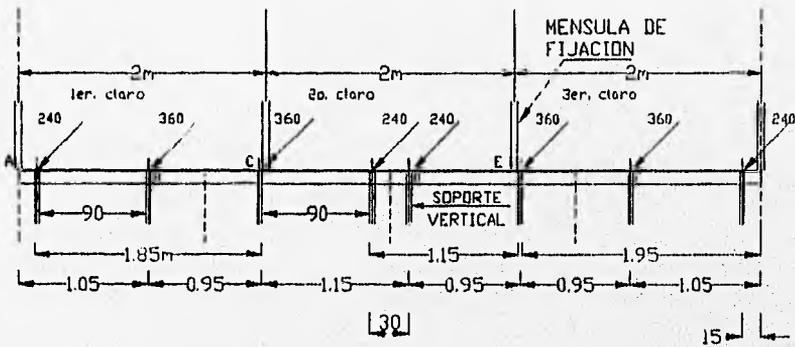


Figura 4.3.- Distribución de elementos verticales

Para el cálculo de las reacciones se utiliza la tabla No. 3 de las ayudas de diseño; de donde para una viga con carga concentrada en cualquier punto intermedio:

$$R = \frac{Pb}{L}$$

donde:

R = reacción

P = carga aplicada

b = distancia de la posición de la carga al apoyo alejado

L = claro de la viga

Analizando el 1er. Claro:

Cálculo de la Reacción:

$$R_A = \frac{240.0 \times 1.85}{2} + \frac{360.0 \times 0.95}{2} + \frac{360.0 \times 0.05}{2} = 402.0 \text{ kg}$$

obteniendo el momento con respecto al punto B (de izquierda a derecha):

$$M = (402.0 \times 1.05) - (240.0 \times 0.9) = 206.10 \text{ kg-m} \\ = 20610.0 \text{ kg-cm}$$

el módulo de sección necesario es de:

$$S_n = \frac{20610.0}{1518.00} = 13.57 \text{ cm}^3$$

por lo anterior, se utiliza un ángulo de 4" x 4" x 1/4" y de acuerdo con la tabla No.4 de las ayudas de diseño, tal ángulo tiene un $S = 17.2 \text{ cm}^3 > 13.57 \text{ cm}^3$; por lo que se acepta.

Analizando el 2o. claro:

la reacción vale:

$$R_C = \frac{240.0 \times 1.15}{2} + \frac{240.0 \times 0.85}{2} = 240.0 \text{ kg}$$

el momento con respecto al punto D resulta:

$$M = (240.0 \times 1.15) - (240.0 \times 0.30) = 204.00 \text{ kg-m}$$

Analizando el 3er. claro:

la reacción vale:

$$R_F = \frac{(360.0 \times 1.95)}{2} + \frac{(360.0 \times 1.05)}{2} + \frac{(240.0 \times 0.15)}{2} = 558.0 \text{ kg}$$

el momento con respecto al punto F resulta:

$$M = (558.00 \times 0.95) - (360.0 \times 0.9) = 216.10 \text{ kg-m}$$

Por lo anterior, y debido a que el momento máximo ($M_{\text{máx}}$) se presenta en el primer claro, en la parte horizontal superior se utilizará un ángulo de 4"x 4"x 1/4".

IV.2.1.4.- Diseño del elemento horizontal inferior

Haciendo un análisis de cargas igual que para el elemento horizontal superior, se tiene que para el elemento horizontal inferior la distribución de cargas es la misma en todos los claros (figs.4.3 y 4.4). Por lo que calculando la reacción en los apoyos:

$$R_A = 480.0 + 720.0 = 1200.0 \text{ kg}$$

el momento con respecto al punto B resulta:

$$M = (1200.0 \times 0.90) - (480.0 \times 0.90) = 648.0 \text{ kg-m}$$

y el módulo de sección necesario:

$$S_n = \frac{64800.0}{1518.0} = 42.69 \text{ cm}^3$$

En este caso, como elemento horizontal inferior se utilizará un canal acostado, ya que éste es el sentido de trabajo más eficiente del canal de 4", el cual de acuerdo con las ayudas de diseño (tabla No.2), tiene un módulo de sección $S = 31.10 \text{ cm}^3 < 42.69 \text{ cm}^3$; por lo que será necesario colocarle una placa adicional en la parte superior (fig.4.5).

Con una placa adicional de 1/2" x 10 cm, el módulo de sección resulta ser la suma de los módulos de las piezas y de acuerdo con la tabla No.5 de las ayudas de diseño, se tiene que:

$$S = \frac{b h^2}{6}$$

donde:

b = espesor de la placa

h = ancho de la placa

sustituyendo:

$$S = 31.10 + \frac{1.27 \times 10^2}{6} = 52.266 \text{ cm}^3 > 42.69 \text{ cm}^3; \text{ por lo que cumple.}$$

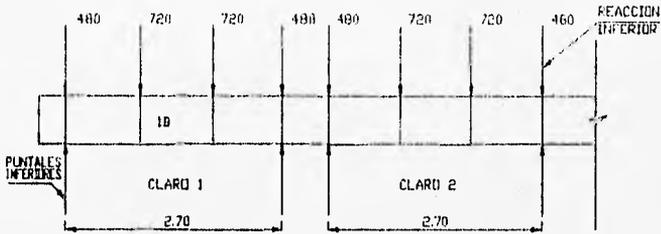


Figura 4.4.- Distribución de puntales inferiores (en planta)

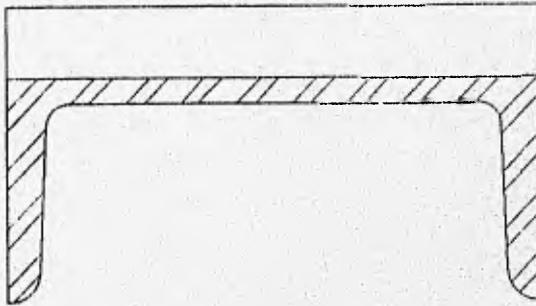


Figura 4.5.- Elemento horizontal inferior

IV.2.1.5.- Puntal de apoyo inferior

La reacción inferior en cada uno de los puntales vale:

$$R_i = 1200.0 \text{ kg}$$

utilizando tubo de 3"Ø ced.40 y de las ayudas de diseño (tabla No.6), éste tiene un área de 14.37 cm² y radio de giro de 2.95 , por lo que el esfuerzo de compresión resulta de:

$$f_c = \frac{1200.0}{14.37} = 83.50 \text{ kg/cm}^2$$

verificando el esfuerzo obtenido; la longitud sin arriostamiento (fig. 4.2 y 4.3) resulta:

$$L = 700 - (a - d)$$

donde:

a = ancho del esquinero inferior = 25.35 cm

d = distancia del extremo del esquinero inferior al apoyo del puntal

$$L = 700 - ((25.35 - 5.08) \times 2) = 659.46 \text{ cm}$$

calculando la relación de esbeltez:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 659.46}{2.95} = 268.25$$

donde:

K = factor que varía en función de las condiciones de apoyo

L = longitud sin arriostar del elemento

r = radio de giro

El valor de la relación de esbeltez resulta mayor de 250 (tabla No.8 de las ayudas de diseño), por lo que se deberá utilizar un elemento más rígido. Utilizando tubo de 3½"Ø ced.40 y de acuerdo con las ayudas de diseño (tabla No.6), éste tiene un área de 17.29 cm² y un radio de giro de 3.40, por lo que el esfuerzo de compresión resulta de:

$$f_c = \frac{1200.0}{17.29} = 69.40 \text{ kg/cm}^2$$

ahora, la relación de esbeltez vale:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 659.46}{3.4} = 232.0$$

y de acuerdo con la tabla No.8 de esfuerzos permisibles para columnas de acero (ayudas de diseño); el esfuerzo permisible vale:

$$f_p = 195.0 \text{ kg/cm}^2 > 69.40 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que se acepta.}$$

IV.2.2.- CIBRA PARA CAJON ESTRUCTURAL

El diseño del sistema de cimbra se ejecuta en base a un análisis estructural de un marco tipo para resistir las cargas generadas durante el colado de los muros y la losa.

La cimbra deberá soportar las presiones laterales de colado incluyendo la losa superior, estas presiones son evaluadas por medio de fórmulas empíricas establecidas por el A.C.I. (American Concrete Institute); mismas que han sido generalmente aceptadas en los Estados Unidos, resultando adecuadas en la práctica.

Para el diseño de muros donde los rangos de colado (R) no rebasan los 7 ft = 2.13 m de altura de colado por hora, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = 150 + \frac{9000 R}{T}$$

Para colados donde el rango de colado sea mayor de 7 ft = 2.13 m de altura de colado por hora, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = 150 + \frac{43400}{T} + \frac{2800 R}{T}$$

para una presión máxima de:

$$\frac{2000 \text{ lb}}{\text{ft}^2} \times \frac{0.4536 \text{ kg}}{1.0 \text{ lb}} \times \frac{1.0 \text{ ft}^2}{0.3048 \text{ m}^2} = 9765.02 \text{ kg/m}^2$$

donde:

P = la presión que ejerce el concreto durante el colado, en lb/ft²

T = temperatura del concreto en el momento de colado, en °F

R = rango de colado, en ft/hr

La temperatura (T), puede ser la ambiental, siempre y cuando sea mayor de 40°F.

El rango de colado (R), es la altura de colado que actúa en la cimbra expresada en metros por hora. El concreto deberá ser colocado en alturas máximas de 1.20 m preferentemente y el colado deberá hacerse en forma constante, el diseño de la cimbra se deberá calcular considerando el rango de colado máximo.

Acerca del vibrado del concreto, este deberá efectuarse internamente en concreto fresco y con una profundidad de vibrado máxima de 1.20 m.

Las fórmulas del A.C.I. se aplican solamente a concreto con densidad normal de 2400 kg/m³. Si el concreto no es de densidad normal se deberá manejar una cantidad proporcional del valor de la presión. No se deberá de cambiar el valor de la densidad en las fórmulas para el cálculo de presiones de colado.

Desarrollando lo anterior, a continuación se obtiene la presión máxima de colado; así como las alturas de presión constante y variable.

El volumen (V) de colado del cajón es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Altura de muro} &= 5.80 - 1.00 = 4.80 \text{ m} \\ \text{Espesor de muro} &= 0.60 \text{ m} \\ \text{Longitud de colado} &= 6.00 \text{ m} \\ \text{Espesor promedio de losa} &= 0.84 \text{ m} \\ \text{Ancho de losa} &= 8.20 \text{ m} \end{aligned}$$

de lo anterior:

$$\begin{aligned} V_{\text{muro}} &= (4.80 \times 0.60 \times 6.00) \times 2 = 34.56 \text{ m}^3 \\ V_{\text{losa}} &= 8.20 \times 0.84 \times 6.00 = 41.33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Considerando que una olla de concreto almacena 7.00 m^3 . Se requieren un total de 2.5 ollas para colar un sólo muro; así pues, en total se requieren 5 ollas para colar los dos muros de 6.00 m de longitud. El tiempo de llegada de cada olla es de $\frac{1}{2}$ hora, por lo tanto se considera que el tiempo de colado de los muros es de 2.5 horas.

$$R = 4.80 \text{ m} / 2.50 \text{ hr} = 1.92 \cong 2.00 \text{ m/hr}$$

como el colado no se hace en forma uniforme, la cimbra se diseña para un rango de colado de 3.00 m/hr con una temperatura de colado de 40°C .

la presión para este rango de colado vale:

$$\begin{aligned} R &= 3.00 \text{ m} = 9.84 \text{ ft} \\ T^{\circ}\text{F} &= 1.80 T^{\circ}\text{C} + 32 \\ T^{\circ}\text{F} &= (1.80 \times 40) + 32 = 104^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

como la altura de colado es mayor de 7ft:

$$\begin{aligned} P &= 150 + \frac{43400}{T^{\circ}\text{F}} + \frac{2800 R}{T^{\circ}\text{F}} \\ P &= 150 + \frac{43400}{104^{\circ}\text{F}} + \frac{2800 \times 9.84}{104^{\circ}\text{F}} = 832.23 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

transformando a kg/m^2 :

$$832.23 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \times \frac{0.4536 \text{ kg}}{1.00 \text{ lb}} \times \frac{1.00 \text{ ft}^2}{(0.3048 \text{ m})^2} = 4063.37 \text{ kg/m}^2 < 9765.02 \text{ kg/m}^2$$

entonces, la altura(h) con presión variable resulta:

$$h = P / \gamma$$

$$h = \frac{4063.37 \text{ kg/m}^2}{2400.00 \text{ kg/m}^3} = 1.69 \text{ m}$$

Por lo que el diagrama de presiones queda como se muestra a continuación:

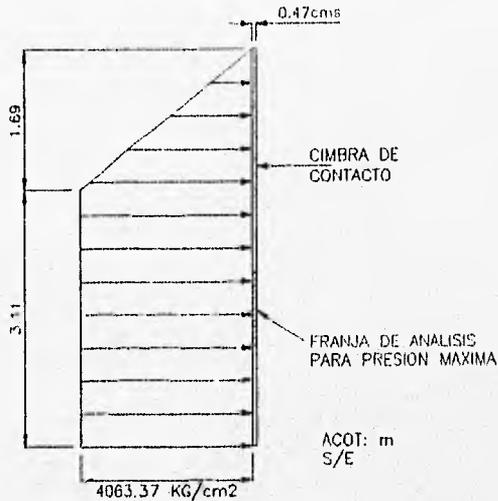


Figura 4.6.- Diagrama de presiones en muros estructurales

La presión de colado sobre el cabezal se calcula considerando un espesor promedio de losa en cada tramo correspondiente a cada barra, la presión en este caso es el peso propio de la losa más una carga viva de construcción.

De acuerdo con la figura 4.7 y la tabla IV.4, el espesor considerado correspondiente a la barra 6 es de 0.80 m con una carga viva de 0.100 ton/m, y la carga (w) vale 2.02 ton/m y para la parte central la carga considerada es de 2.17 ton/m², la cual corresponde con un espesor promedio de 0.865 m y una carga viva de 0.100 ton/m.

ESTA TESIS NO DEBE

SALIR DE LA BIBLIOTECA

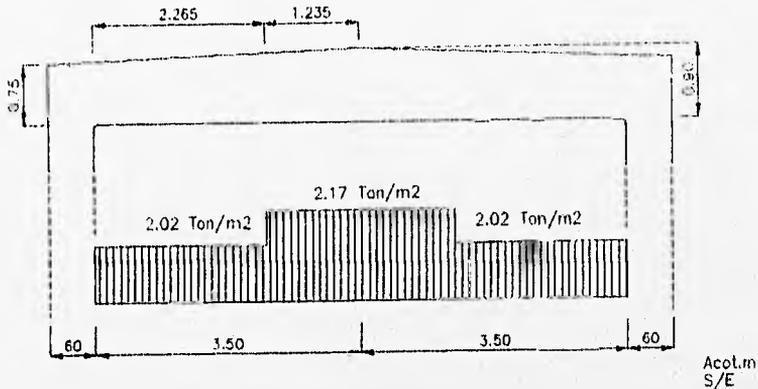


Figura 4.7.- Diagrama de presiones en losa superior

Los elementos componentes del sistema de cimbra para el cajón estructural, son los siguientes, mismos que se muestran en la figura 3.3:

- 1.- Cimbra de contacto para muro estructural
- 2.- Pata vertical
- 3.- Cabezal superior
- 4.- Diagonal superior
- 5.- Puntales horizontales ajustable
- 6.- Puntal diagonal ajustable
- 7.- Brazo ajustable superior
- 8.- Angulos de conexión superior e inferior
- 9.- Ruedas
- 10.- Gatos ajustables de apoyo
- 11.- Esquineros superiores
- 12.- Placa deslizante
- 13.- Cuñas para contraflecha
- 14.- Diagonal transversal inferior

IV.2.2.1.- Cimbra de contacto para muro estructural

La cimbra que se utiliza es una cimbra metálica estructural tipo Max-A-Form de SYMONS (fig. 4.8), la cual está formada por una placa de 3/16" de espesor como superficie de contacto.

Para analizar esta placa, se considera que ésta trabaja en un sólo sentido como si se tratara de una viga simplemente apoyada formando varios claros continuos.

Partiendo de la fórmula de la escuadría tenemos que:

$$f = M / S$$

donde:

$$\begin{aligned} f &= \text{esfuerzo actuante en la placa} \\ M &= \text{momento flexionante} \\ S &= \text{módulo de la sección} \end{aligned}$$

De la tabla No.1 de las ayudas de diseño, se tiene que M para una viga con carga uniformemente repartida vale:

$$M = wL^2 / 8$$

la fórmula para obtener el esfuerzo permisible queda:

$$f = wL^2 / 8 S$$

Si queremos obtener la separación (L) entre rigidizadores para que cumpla con los esfuerzos permisibles soportando la carga correspondiente a la presión máxima actuante, despejamos L:

$$L = \sqrt{\frac{f \times 8 \times S}{w}}$$

donde:

$$f = 1518.0 \text{ kg/cm}^2$$

Para este caso, se analiza S para la placa de contacto y para una franja de 1.00 m en la zona de presión máxima del muro (fig.4.6). De las ayudas de diseño y de acuerdo con la tabla No.5, se tiene que:

$$S = \frac{b \times h^2}{6}$$

$$S = \frac{100 \times 0.47^2}{6} = 3.68 \text{ cm}^3$$

la carga lineal actuante en una franja de 1.0 m resulta :

$$\begin{aligned} w &= 4063.37 \text{ kg/m} \times 1.00 \text{ m} = 4063.37 \text{ kg/m} \\ &= 40.63 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

de lo anterior:

$$L = \sqrt{\frac{1518.00 \times 8 \times 3.68}{40.63}} = 33.16 \text{ cm}$$

Estandarizando unidades, los rigidizadores de esta cimbra se han colocado a una separación de 1.0 ft entre ellos, es decir, 30.48 cm. Los *rigidizadores intermedios* transmiten la presión de colado desde la superficie de contacto hasta los largueros de borde de la cimbra. Para este caso, el tamaño de los tableros utilizados es de: 6'x 20' y 4'x 20'.

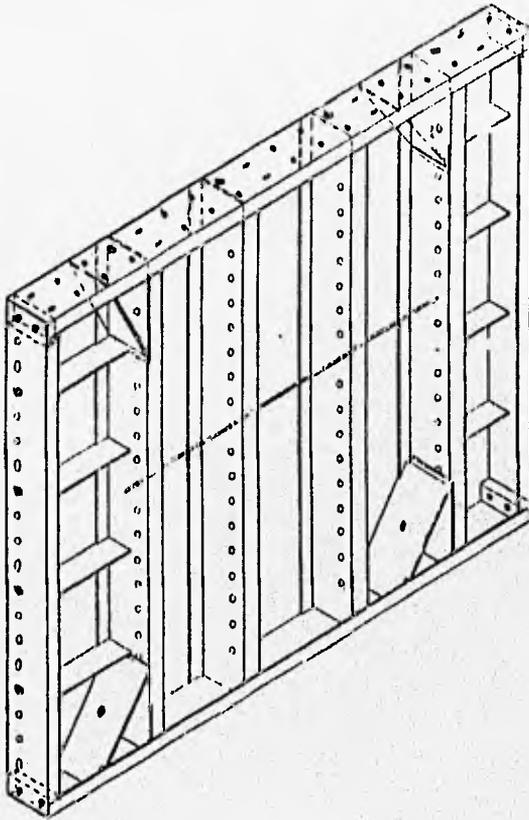


Figura 4.8.- Tablero Max-A-Form

Así pues, analizando el claro máximo de trabajo de los rigidizadores en el tablero, el más desfavorable es el de $6' = 1.83 \text{ m}$; por lo que la carga máxima a soportar será:

$$w = 4063.37 \times 0.3048 = 1238.52 \text{ kg/m}$$

y el momento máximo es el correspondiente a una viga simplemente apoyada con un claro de 1.83 m:

$$M = \frac{wL^2}{8}$$

$$M = \frac{1238.52 \times 1.83^2}{8} = 518.46 \text{ kg-m}$$

obteniendo el módulo de sección necesario:

$$S_n = \frac{51846.0 \text{ kg-cm}}{1518.0 \text{ kg/cm}^2} = 34.15 \text{ cm}^3$$

y el módulo de sección real de los rigidizadores resulta :

Pieza	A cm ²	d cm	Ad cm ³	y cm	Ay ² cm ³	I cm ⁴
1	1.61	0.158	0.254	7.642	94.024	0.01
2	4.72	7.45	35.16	0.35	0.578	87.385
3	<u>2.01</u>	14.742	<u>29.63</u>	6.942	<u>96.864</u>	<u>0.016</u>
	8.34		65.044		191.466	87.414

donde:

A = área de la pieza

d = distancia del centro de la pieza al eje de referencia

y = centroide del elemento

I = momento de inercia = $\frac{b \times h^3}{12} + A(d')^2$

d' = distancia del centro de la pieza al centroide del elemento

Calculando el centroide "y":

$$y = \frac{65.044}{8.34} = 7.8 \text{ cm} \quad ; \quad I_{\text{tot}} = 87.414 + 191.466 = 278.88 \text{ cm}^4$$

$$S_{\text{sup.}} = \frac{278.88}{7.8} = 35.75 \text{ cm}^3 \quad ; \quad S_{\text{inf.}} = \frac{278.88}{7.1} = 39.278 \text{ cm}^3$$

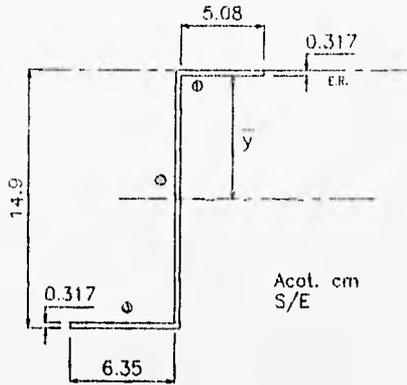


Figura 4.9.- Sección de los rigidizadores

la carga actuante en los largueros de borde de la cimbra es de:

$$w = 4063.37 \times 1.83 = 7435.97 \text{ kg/m}$$

Tomando en cuenta que la separación (claro) entre marcos del sistema es de 0.914 m, los cuales sirven como elementos de apoyo de la cimbra (obra falsa), el momento vale:

$$M = \frac{7435.97 \times 0.914^2}{8} = 776.62 \text{ kg-m}$$

el módulo de sección necesario es:

$$S_n = \frac{77662.00 \text{ kg-cm}}{1518.00 \text{ kg/cm}^2} = 51.16 \text{ cm}^3$$

el elemento resistente en el borde de la cimbra, es siempre la unión de dos largueros de borde y su módulo de sección real vale:

Pieza	A cm ²	d cm	Ad cm ³	y cm	Ay ² cm ⁴	I cm ⁴
1	3.25	0.32	1.04	7.56	185.75	0.11
2	9.84	8.33	81.97	0.45	1.99	194.03
3	<u>2.41</u>	16.26	<u>39.186</u>	8.38	<u>169.24</u>	<u>0.045</u>
	15.50		122.196		356.98	194.185

Calculando el centroide "y":

$$y = \frac{122.196}{15.50} = 7.88 \text{ cm} \quad ; \quad I_{\text{tot}} = 94.185 + 356.98 = 551.165 \text{ cm}^4$$

$$S_{\text{sup.}} = \frac{551.165}{7.88} = 69.94 \text{ cm}^3 \quad ; \quad S_{\text{inf.}} = \frac{551.165}{8.62} = 63.94 \text{ cm}^3 > 51.16 \text{ cm}^3$$

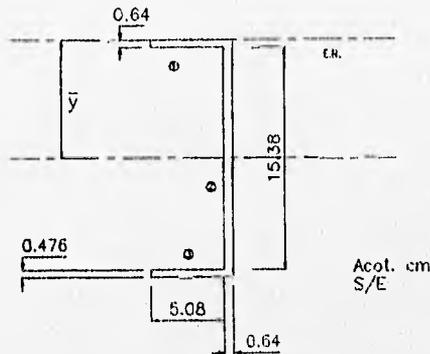


Figura 4.10.- Sección del elemento resistente en los bordes

4.2.2.1.1.- Marcos principales

La separación entre cada marco se optó porque fuera de 91.4 cm, haciendolos compatibles con la posición de los rigidizadores de la cimbra original, para así poder interconectarla con los marcos por medio de ganchos. Para el cálculo de los marcos se considera un ancho tributario igual a esta separación; así pues, con este ancho tributario las cargas quedan como se muestra en la tabla No. IV.4 correspondiente a la corrida electrónica definitiva del análisis de los marcos.

4.2.2.1.1.1.- Análisis de los marcos (fig. 4.11)

Se hicieron varios análisis electrónicos; el primero sin considerar la diagonal superior y tomando en cuenta las propiedades de dos canales de 10" para las patas verticales, un canal de 10" para el cabezal superior y tubo de 4"Ø para el resto de los elementos; se consideraron además, una articulación fija en la pata izquierda del marco y otra articulación fija en la pata derecha del mismo. Esta condición trae como consecuencia que se presente un momento de 5.833 ton-m en el

extremo de unión entre el cabezal y la pata vertical, lo cual no es conveniente ni para la conexión ni para la pata vertical. Tabla No.IV.1.

La siguiente corrida se hizo colocando la diagonal superior suponiendo que estaría formada por tubo de 4"Ø; en este caso se presenta un momento de 2.12 ton-m en la parte inferior de las patas verticales y el momento en el extremo del cabezal superior se disminuye a 0.634 ton-m. Tabla IV.2.

Otro de los análisis que se hicieron fué considerando los dos apoyos como articulaciones fijas, lo que hace que el puntal horizontal inferior no tome ninguna carga y los demás elementos mecánicos permanezcan sin mayor variación. Tabla IV.3.

Por último se calculan las cargas correspondientes a cada barra del cabezal superior tomando en cuenta el espesor variable de la losa; se consideran las propiedades geométricas de 2 canales de 8" para las patas verticales y un canal de 8" para el cabezal superior, ángulo de 4" para las diagonales superiores y tubo de 5"Ø para los puntales horizontales. En base a revisiones de corridas anteriores, se volvieron a cambiar las condiciones de apoyo regresando a un apoyo articulado fijo y un articulado móvil para que el puntal horizontal inferior trabajase a compresión. Tabla IV.4.

Los elementos mecánicos máximos resultantes de la corrida antes mencionada, están señalados en la misma mediante círculos y en base a estos elementos mecánicos se procede a hacer el diseño de cada una de las partes del marco.

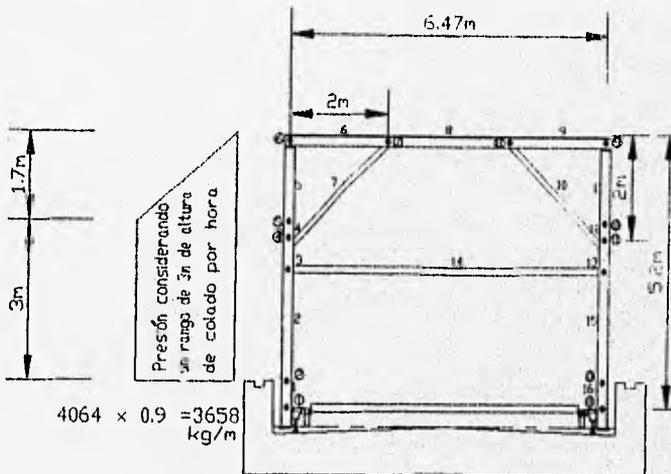


Figura 4.11.- Modelo de análisis

Tabla IV.1
Primera corrida electrónica para el análisis de los marcos

FECHA :
 PROYECTO: LINEA "B" DEL METRO
 MARCO : CUBRA PARA CAJON
 NUMERO DE MUDBS = 14
 NUMERO DE BARRAS = 15
 NUMERO DE SECCIONES DE BARRAS = 3
 ANCHO DE SEMI-BANDA = 42
 NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA = 1

D A T O S : G E O M E T R I A			C O D I F I C A C I O N D E B A R R A S				P R O P I E D A D E S D E S E C C I O N E S		
MUBD	X(m)	Y(m)	BARRA	MUBD INICIAL	MUBD FINAL	SECCION	SECCION No.	MERCIA (m ⁴)	AREA (m ²)
1	0.00	0.00	1	1	2	1	1	0.00006	0.007
2	0.00	0.50	2	2	3	1	2	0.00086	0.006
3	0.00	2.60	3	3	4	1	3	0.00000	0.002
4	0.00	3.20	4	4	5	1		E = 21000000t/m ²	
5	0.00	3.50	5	5	6	1			
6	0.00	5.20	6	6	7	2			
7	2.00	5.20	7	7	8	2			
8	4.62	5.20	8	8	9	2			
9	6.62	5.20	9	9	10	1			
10	6.62	3.50	10	10	11	1			
11	6.62	3.20	11	11	12	1			
12	6.62	2.60	12	12	13	1			
13	6.62	0.50	13	13	14	1			
14	6.62	0.00	14	3	12	3			
			15	1	14	3			

R E S T R I C C I O N E S :

VALORES DE DESPLAZAMIENTOS (en rad): 1 = 0.00000, 2 = 0.0000B, 40 = 0.00000, 41 = 0.00000;

VALORES DE RESDRIES (t/m o t-m/rad) :

C O N D I C I O N D E C A R G A : C O L A D O D E 6 m

CARGA

Px (t)

Py (t)

Mz(t-m)

CARGA	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4	BARRA 5	BARRA 6	BARRA 7	BARRA 8	BARRA 9	BARRA 10
Mux(t/m)	3.65B	3.65B	3.65B	3.65B	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.65B
Mxz(t/m)	0.000	0.000	0.000	-3.65B	0.000	0.000	0.000	-3.65B	0.000
Muy(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.800	-1.800	-1.800	0.000	0.000
Myl(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CARGA BARRA 11 BARRA 12 BARRA 13

Mux(t/m) -3.65B -3.65B -3.65B

Mxz(t/m) 0.000 0.000 0.000

Muy(t/m) 0.000 0.000 0.000

Myl(t/m) 0.000 0.000 0.000

Tabla IV.1 (continuación)
Primera corrida electrónica para el análisis de los marcos

CONDICION DE CARGA: COLADO DE 6 a DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS				FUERZAS INTERNAS							
F(t)	MUDO	DESP. X(m)	DESP. Y(m)	GIRO Z(rad)	BARRA	M FLEX I(t-m)	M FLEX II(t-m)	F NORM I(t)	F NORM II(t)	F CORT I(t)	F CORT II(t)
	1	0.000000	0.000000	-0.000769	1	0.003	1.319	-6.025	-6.025	2.633	2.633
	2	0.000341	-0.000021	-0.000507	2	1.319	-1.216	-6.025	-6.025	2.633	-5.048
.128						2.198	2.068	0.930	-6.025	-6.025	-6.025
	3	-0.001774	-0.000110	0.001817	3	-1.210	-0.489	-6.024	-6.024	2.300	0.105
.654						-0.906	-0.685	-0.546	-6.024	-6.024	-6.024
	4	-0.002742	-0.000136	0.001465	4	-0.489	-0.622	-6.024	-6.024	0.105	-0.992
.718						-0.491	-0.514	-0.558	-6.024	-6.024	-6.024
	5	-0.003164	-0.000149	0.001340	5	-0.622	-5.833	-6.024	-6.024	-0.992	-4.102
.907						-1.346	-2.567	-4.117	-6.024	-6.024	-6.024
	6	-0.003278	-0.000221	-0.002416	6	-5.833	2.615	-4.102	-4.102	6.024	2.424
.324						-3.046	-0.709	1.178	-4.102	-4.102	-4.102
	7	-0.003344	-0.000032	-0.004077	7	2.515	2.789	-4.102	-4.102	2.424	-2.292
.113						3.817	4.246	3.904	-4.102	-4.102	-4.102
	8	-0.003431	-0.000249	0.003973	8	2.789	-5.395	-4.102	-4.102	-2.292	-5.892
.992						1.818	-0.403	-2.674	-4.102	-4.102	-4.102
	9	-0.003498	-0.000216	0.002815	9	-5.395	-0.184	-5.892	-5.892	4.102	0.992
.353						-3.680	-2.129	-0.709	-5.892	-5.892	-5.892
	10	-0.002433	-0.000145	-0.000351	10	-0.184	-0.051	-5.892	-5.892	0.992	-0.10
5						-0.120	-0.077	-0.054	-5.892	-5.892	-5.892
.169						-0.051	-0.773	-5.892	-5.892	-0.105	-2.30
0	11	-0.002542	-0.000133	-0.000373	11	-0.051	-0.773	-5.892	-5.892	-0.105	-2.30
.751						-0.108	-0.247	-0.469	-5.892	-5.892	-5.892
	12	-0.002792	-0.000108	-0.000517	12	-0.271	1.764	-5.891	-5.891	5.048	-2.63
3						1.375	2.513	2.643	-5.891	-5.891	-5.891
.713						1.764	-0.010	-5.891	-5.891	-2.633	-4.46
2	13	-0.003398	-0.000021	0.002548	13	1.764	-0.010	-5.891	-5.891	-2.633	-4.46
.005						1.407	0.992	0.520	-5.891	-5.891	-5.891
	14	0.000000	0.000000	0.002926	14	-0.006	0.001	-7.348	-7.348	0.001	0.00
1						-0.063	0.010	0.000	0.000	0.002	0.002

Tabla IV.2
Segunda corrida electrónica para el análisis de los marcos

FECHA :
 PROYECTO: LINEA "B" DEL METRO
 MARCO : CIMBRA PARA CAJON (2da.)
 NUMERO DE NUDDOS = 14
 NUMERO DE BARRAS = 17
 NUMERO DE SECCIONES DE BARRAS = 3
 ANCHO DE SEMI-BANDA = 42
 NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA = 1

DATOS : GEOMETRIA			CODIFICACION DE BARRAS				PROPIEDADES DE SECCIONES		
NUDDO	X(m)	Y(m)	BARRA	NUDDO INICIAL	NUDDO FINAL	SECCION	SECCION No.	INERCIA I _{xx} (m ⁴)	AREA (m ²)
1	0.00	0.00	1	1	2	1	1	0.00006	0.007
2	0.00	0.50	2	2	3	1	2	0.00006	0.006
3	0.00	2.00	3	3	4	1	3	0.00000	0.002
4	0.00	3.20	4	4	5	1		E = 21000000L/m ²	
5	0.00	3.50	5	5	6	1			
6	0.00	3.20	6	6	7	2			
7	2.00	5.20	7	4	7	3			
8	4.62	5.20	8	7	8	2			
9	4.62	5.20	9	8	9	2			
10	6.62	3.50	10	8	11	3			
11	4.62	3.20	11	9	10	1			
12	4.62	2.60	12	10	11	1			
13	4.62	0.50	13	11	12	1			
14	4.62	0.00	14	3	12	3			
			15	12	13	1			
			16	13	14	1			
			17	1	14	3			

RESTRICCIONES:
 VALORES DE DESPLAZAMIENTOS I_{xx} o rad: 1 = 0.00000, 2 = 0.00000, 41 = 0.00000,

VALORES DE RESORTES (t/m o t-rad):

CONDICION DE CARGA: COLADO DE 4 m

CARGA
 P_x (t)
 P_y (t)
 M_z(t-m)

CARGA	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4	BARRA 5	BARRA 6	BARRA 8	BARRA 9	BARRA 11	BARRA 12
M _{xx} (t/m)	3.658	3.658	3.658	3.658	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.658
M _{yy} (t/m)	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000
M _{xy} (t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.800	-1.800	-1.800	0.000	0.000
M _{yx} (t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CARGA	BARRA 13	BARRA 15
M _{xx} (t/m)	-3.658	-3.658
M _{yy} (t/m)	0.000	0.000
M _{xy} (t/m)	0.000	0.000
M _{yx} (t/m)	0.000	0.000

Tabla IV.3
Tercera corrida electrónica para el análisis de los marcos

PELMA :
 PROYECTO: LINEA "B" DEL METRO
 MARCO : CIMBRA PARA CAJON (3ra.)
 NUMERO DE NUDDS = 14
 NUMERO DE BARRAS = 17
 NUMERO DE SECCIONES DE BARRAS = 3
 ANCHO DE SEMI-BANDA = 42
 NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA = 1

D A T O S :
 GEOMETRIA

NUDD	X(m)	Y(m)
1	0.00	0.00
2	0.00	0.50
3	0.00	2.40
4	0.00	3.20
5	0.00	3.50
6	0.00	3.20
7	2.00	3.20
8	4.62	3.20
9	6.62	3.20
10	6.62	3.50
11	6.62	3.20
12	6.62	2.40
13	6.62	0.50
14	6.62	0.00

CODIFICACION DE BARRAS

BARRA	NUDD INICIAL	NUDD FINAL	SECCION
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	4	5	1
5	5	6	1
6	6	7	2
7	4	7	3
8	7	8	2
9	8	9	2
10	8	11	3
11	9	10	1
12	10	11	1
13	11	12	1
14	3	12	3
15	12	13	1
16	13	14	1
17	1	14	3

PROPIEDADES DE SECCIONES

SECCION No.	INERCIA (m ⁴)	AREA (m ²)
1	0.00006	0.007
2	0.00006	0.006
3	0.00000	0.002
E =		21000000t/m ²

RESTRICCIONES :

VALORES DE DESPLAZAMIENTOS (m o rad): 1 = 0.00000, 2 = 0.00000, 40 = 0.00000, 41 = 0.00000,

VALORES DE RESORTES (t/m o t-m/rad) :

CONDICION DE CARGA : CILINDRO DE 6 m

CARGA

Px (t)

Py (t)

Mx(t-m)

CARGA	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4	BARRA 5	BARRA 6	BARRA 8	BARRA 9	BARRA 11	BARRA 12
Mx(t/m)	3.658	3.658	3.658	3.658	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.658
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.800	-1.800	-1.800	0.000	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CARGA	BARRA 13	BARRA 15
Mx(t/m)	-3.658	-3.658
Mx(t/m)	0.000	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000

Tabla IV.3 (continuación)
Tercera corrida electrónica para el análisis de los marcos

CONDICION DE CARGA: COLADO DE 6 m				FUERZAS INTERNAS							
DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS											
F (t)	NUDO	DESP. X(m)	DESP. Y(m)	GIRO Z(rad)	BARRA	M FLEX I(t-m)	M FLEX F(t-m)	F NORM I(t)	F NORM F(t)	F CORI I(t)	F CORI
	1	0.000000	0.000000	-0.001565	1	-0.003	1.288	-5.958	-5.958	2.582	2.582
	2	0.000740	-0.000021	-0.001310	2	1.288	-1.356	-5.958	-5.958	2.582	-5.100
.179						2.139	1.982	0.817	-5.958	-5.958	-5.958
	3	0.000430	-0.000109	0.000871	3	-1.354	-1.344	-5.958	-5.958	1.115	-1.080
.531						-1.228	-1.184	-1.223	-5.958	-5.958	-5.958
	4	0.000084	-0.000134	0.000282	4	-1.341	-0.568	-1.751	-1.751	3.126	2.029
.303						-1.117	-0.913	-0.730	-1.751	-1.751	-1.751
	5	0.000038	-0.000138	0.000062	5	-0.568	-0.642	-1.751	-1.751	2.029	-1.080
.886						-0.008	0.056	-0.211	-1.751	-1.751	-1.751
	6	0.000074	-0.000159	-0.000160	6	-0.642	-0.741	-1.080	-1.080	1.751	-1.849
.949						0.008	0.208	-0.041	-1.080	-1.080	-1.080
	7	0.000056	-0.000604	-0.000311	7	-0.803	-0.000	-5.949	-5.949	8.001	0.001
	8	-0.800056	-0.000604	0.000311	8	-0.741	-0.741	-5.286	-5.286	2.358	-2.358
.179						0.417	0.803	0.417	-5.286	-5.286	-5.286
	9	-0.000074	-0.000159	0.000160	9	-0.741	-0.642	-1.880	-1.080	1.849	-1.751
.851						-0.041	0.208	0.008	-1.080	-1.080	-1.080
1	10	-0.000038	-0.000138	-0.000062	10	-0.800	-0.003	-5.949	-5.949	-0.001	-0.001
9	11	-0.000084	-0.000134	-0.000282	11	-0.642	-0.568	-1.751	-1.751	1.080	-2.029
.669						-0.211	0.056	-0.008	-1.751	-1.751	-1.751
6	12	-0.000430	-0.000109	-0.000871	12	-0.568	-1.341	-1.751	-1.751	-2.029	-3.126
.852						-0.730	-0.913	-1.117	-1.751	-1.251	-1.751
5	13	-0.000740	-0.000021	0.001310	13	-1.344	-1.354	-5.958	-5.958	1.080	-1.115
.566						-1.223	-1.184	-1.228	-5.958	-5.958	-5.958
0	14	0.000000	0.000080	0.001565	14	-0.002	-0.002	-6.215	-6.215	-8.000	-0.000
.661						15	-1.356	1.288	-5.958	-5.958	5.100
						0.817	1.982	2.139	-5.958	-5.958	-5.958
						16	1.288	-0.003	-5.958	-5.958	-2.582
						17	0.003	0.003	0.000	0.000	-0.000

Tabla IV.4
Cuarta corrida electrónica para el análisis de los marcos

FECHA :
 PROYECTO: LINEA "B" DEL METRO
 MARCO : CIBRA PARA CAJON (FINAL)
 NUMERO DE NUODS = 14
 NUMERO DE BARRAS = 17
 NUMERO DE SECCIONES DE BARRAS = 4
 ANCHO DE SEMI-BANDA = 42
 NUMERO DE CONDICIONES DE CARGA = 1

DATOS:			CODIFICACION DE BARRAS				PROPIEDADES DE SECCIONES		
GEOMETRIA									
NUODO	X(m)	Y(m)	BARRA	NUODO INICIAL	NUODO FINAL	SECCION	SECCION No.	INERTIA (m ⁴)	AREA (m ²)
1	0.00	0.00	1	1	2	1	1	0.00003	0.084
2	0.00	0.50	2	2	3	1	2	0.00001	0.002
3	0.00	2.60	3	3	4	1	3	0.00000	0.001
4	0.00	3.20	4	4	5	1	4	0.00001	0.003
5	0.00	4.22	5	5	6	1			
6	8.00	3.20	6	6	2	2			
7	2.00	3.20	7	4	7	3			
8	4.47	3.20	8	7	8	2			
9	6.47	3.20	9	8	9	2			
10	6.47	4.22	10	8	11	3			
11	6.47	3.20	11	9	10	1			
12	6.47	2.60	12	10	11	1			
13	6.47	0.50	13	11	12	1			
14	6.47	0.00	14	3	12	4			
			15	12	13	1			
			16	13	14	1			
			17	2	13	4			

RESTRICCIONES:

VALORES DE DESPLAZAMIENTOS (en rad): 1 = 0.00000, 2 = 0.00000, 41 = 0.00000,

VALORES DE RESORTES (t/m o t-m/rad):

CONDICION DE CARGA: COLADO DE 6 m

CARGA

Px (t)

Py (t)

Mx(t-m)

CARGA	BARRA 2	BARRA 3	BARRA 4	BARRA 5	BARRA 6	BARRA 8	BARRA 9	BARRA 11	BARRA 12
Mx(t/m)	3.658	3.658	3.658	3.658	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.658
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000	0.000	0.000	-3.658	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.020	-2.170	-2.020	0.000	0.000
Mx(t/m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CARGA BARRA 13 BARRA 15

Mx(t/m) -3.658 -3.658

Mx(t/m) 0.000 0.000

Mx(t/m) 0.000 0.000

Mx(t/m) 0.000 0.000

Tabla IV.4 (continuación)
Cuarta corrida electrónica para el análisis de los marcos

CONDICION DE CARGA: COLADO DE 6 m DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS				FUERZAS INTERNAS										
	NUDD	DESP. X(m)	DESP. Y(m)	GIRO Z(rad)	BARPA	M FLEX I(L-m)	M FLEX F(L-m)	F NORM I(L)	F NORM F(L)	F CORT I(L)	F CORT			
F(L)	1	0.000000	0.000000	-0.001754	1	0.000	-0.000	-6.720	-6.720	-0.000	-0.000			
	2	0.000877	-0.000037	-0.001754	2	-0.072	-1.146	-6.720	-6.720	3.329	-4.353			
.432						1.177	1.407	0.635	-6.720	-6.720	-6.720	1.409	-0.512	-2
.634	3	0.000990	-0.000192	0.000980	3	-1.106	-1.158	-6.720	-6.720	1.012	-1.183			
.745						-0.196	-0.967	-1.021	-6.720	-6.720	-6.720	0.463	-0.086	-0
.850	4	0.000725	-0.000236	-0.000106	4	-1.164	0.548	-2.008	-2.008	3.514	-0.188			
.958						-0.371	0.168	0.477	-2.008	-2.008	-2.008	2.611	1.678	0
1	5	0.001088	-0.000258	-0.000089	5	0.548	-0.807	-2.008	-2.008	-0.188	-1.980			
8						0.401	0.070	-0.331	-2.008	-2.008	-2.008	-0.972	-1.532	-1
0	6	0.000960	-0.000280	-0.000060	6	-0.807	-0.830	-1.980	-1.980	2.008	-2.052			
0						-0.055	0.191	-0.067	-1.980	-1.980	-1.980	8.998	-0.012	-1
0	7	0.000874	-0.001401	-0.001089	7	0.006	-0.024	-6.674	-6.674	-0.011	-0.011			
0	8	0.000510	-0.001401	0.001089	8	-0.854	-0.854	-6.707	-6.707	2.680	-2.680			
0						0.387	0.000	0.387	-6.707	-6.707	-6.707	1.340	0.000	-1
0	9	0.000423	-0.000280	0.000060	9	-0.830	-0.807	-1.980	-1.980	2.032	-2.008			
0						-0.067	0.191	-0.055	-1.980	-1.980	-1.980	1.022	0.012	-0
0	10	0.000296	-0.000258	0.000889	10	-0.021	0.096	-6.674	-6.674	0.011	0.01			
0	11	0.000658	-0.000236	0.000406	11	-0.807	0.548	-2.008	-2.008	1.920	0.18			
0						-0.331	0.090	0.401	-2.008	-2.008	-2.008	1.868	1.532	0
0	12	0.000393	-0.000192	-0.000980	12	0.548	-1.164	-2.008	-2.008	0.188	-3.54			
0						0.177	0.168	-0.379	-2.008	-2.008	-2.008	-0.745	-1.678	-2
0	13	0.000507	-0.000037	0.001754	13	-1.158	-1.106	-6.720	-6.720	1.183	-1.01			
0						-1.821	-0.967	-0.996	-6.720	-6.720	-6.720	0.634	0.086	-0
0	14	0.001384	0.000000	0.001754	14	-0.040	-0.040	-5.364	-5.364	0.000	0.00			
0						15	-1.146	-0.872	-6.720	-6.720	1.353	-3.329		
0						0.635	1.407	1.172	-6.720	-6.720	-6.720	2.432	0.512	-1
0	16	0.000	0.000	0.000	16	0.000	-0.000	-6.720	-6.720	-0.000	-0.000			
0	17	0.072	0.072	0.072	17	0.072	0.072	-3.329	-3.329	0.000	0.000			

IV.2.2.2.- Pata vertical

De los resultados del último análisis electrónico (tabla IV.4), se obtienen los siguientes elementos mecánicos máximos:

Momento máximo	1.407 ton-m	en barra No. 2
Cortante máximo (V)	4.353 ton	en barra No. 2
Fuerza axial máxima (F)	6.720 ton	en las barras verticales

utilizando la fórmula de la escuadría:

$$f = M / S$$

podemos calcular el módulo de sección necesario considerando un esfuerzo permisible a flexión de 1518.00 kg/cm²:

$$S_n = \frac{1.407 \times 10^3 \text{ kg-cm}}{1518.00 \text{ kg/cm}^2} = 92.68 \text{ cm}^3$$

por lo que utilizando 2 canales de 8" y de acuerdo con las ayudas de diseño (tabla No.9), se tiene un S acumulado = 264.6 cm³ y un radio de giro de 2.50.

Calculando el esfuerzo cortante:

$$f_v = V / \text{área de las almas del canal}$$

$$f_v = \frac{4353.00 \text{ kg}}{20.32 \times 0.56 \times 2.0} = 191.27 \text{ kg/cm}^2$$

este esfuerzo es menor que el permisible a cortante, que de acuerdo con las especificaciones (A.I.S.C. o manual A.H.M.S.A.) vale:

$$f_p = 0.40 f_y$$

$$f_p = 0.40 \times 2531.00 = 1012.0 \text{ kg/cm}^2$$

esfuerzo axial a compresión:

$$f_b = F / \text{área total de la sección pata vertical}$$

$$f_b = \frac{6720.0 \text{ kg}}{21.68 \times 2.0} = 154.98 \text{ kg/cm}^2$$

La longitud mayor libre sin arriostamiento es de 2.6 m (fig.4.11); por lo tanto, la relación de esbeltez vale:

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1.2 \times 260.0}{2.50} = 124.80$$

De las ayudas de diseño (tabla No.8), para esta relación de esbeltez: $f_p = 671.4 \text{ kg/cm}^2$, así pues:

$$f_p = 671.40 \text{ kg/cm}^2 > 154.98 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

De la tabla IV.4, se consideran 2 canales de 8" unidos espalda con espalda dejando una separación suficiente para conectar la cimbra con los mareas y para conectar los puntales horizontales (fig. 4.12).

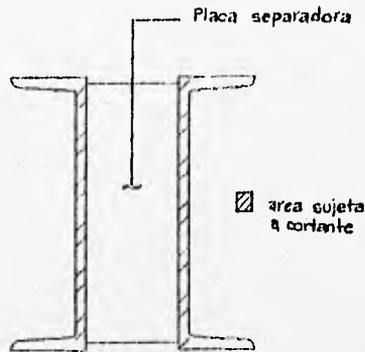


Figura 4.12.- Sección para vertical a cortante (vista en planta)

IV.2.2.3.- Cabezal superior

Elementos mecánicos máximos:

Momento máximo	0.854 ton-m	en barra 8
Cortante máximo	2.680 ton	en barra 8
Fuerza Axial máxima	6.707 ton	en barra 8

Módulo de la sección necesario:

$$S_n = \frac{0.854 \times 10^3 \text{ kg-m}}{1518.00 \text{ kg/cm}^2} = 56.26 \text{ cm}^3$$

considerando un canal de 8" (fig.4.13) y la tabla No.2 de las ayudas de diseño, se obtiene un radio de giro de 1.60, por lo que el esfuerzo cortante vale:

$$f_v = \frac{2680.00}{20.32 \times 0.56} = 235.51 \text{ kg/cm}^2$$

y el esfuerzo axial a compresión resulta:

$$f_b = \frac{6707.00}{21.68} = 309.36 \text{ kg/cm}^2$$

la longitud central sin arriostamiento es de 2.47 m (Fig.4.11), por lo tanto la relación de esbeltez vale:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 247.0}{1.60} = 185.25$$

de las ayudas de diseño (tabla No.8), para esta relación de esbeltez se tiene un $f_p = 306 \text{ kg/cm}^2$, el cual es ligeramente menor que el esfuerzo axial. Por lo que se adicionará al canal de 8" una costilla adicional para aumentar de esta manera las propiedades geométricas y que los esfuerzos queden como sigue:

colocando una placa horizontal de 1 1/2" x 3/8" y analizando según el eje Y:

Pieza	A cm ²	d cm	Ad cm ³	y cm	Ay ² cm ⁴	I cm ⁴
1	21.68	1.47	31.86	0.14	0.425	54.11
2	<u>3.6</u>	2.46	<u>8.856</u>	0.85	<u>2.6</u>	<u>4.37</u>
	25.28		40.716		3.025	58.48

$$y = \frac{40.716}{25.28} = 1.61 \quad ; \quad I_{\text{tot}} = 58.48 + 3.025 = 61.5 \text{ cm}^4$$

se sabe que $I = A \times r^2$, por lo que despejando el radio de giro:

$$r = \sqrt{61.5 / 25.28} = 1.56 \text{ cm}$$

El esfuerzo axial a compresión vale ahora:

$$f_b = \frac{6707.00}{25.28} = 265.30 \text{ kg/cm}^2$$

la relación de esbeltez resulta prácticamente la misma:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 247.0}{1.56} = 190.0$$

de las ayudas de diseño (tabla No.8), para esta relación de esbeltez se tiene un $f_p = 290.9 \text{ kg/cm}^2$:

290.9 kg/cm² > 265.3 kg / cm²; por lo que cumple.

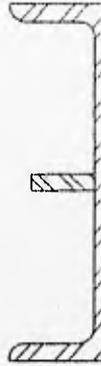


Figura 4.13.- Refuerzo en cabezal superior

La conexión atornillada en el empalme estará sujeta a un momento máximo (M) en la parte central = 0.854 ton-m, y si dejamos una separación de 14 cm entre el tornillo superior y el inferior, la fuerza cortante vale (fig. 4.14):

$$M = F b$$

donde:

F = fuerza actuante

b = brazo de palanca

$$F_v = \frac{85400.00}{14.00} = 6100.00 \text{ kg}$$

con tornillos de 1"Ø, y de acuerdo con la ayuda de diseño (tabla No.10), éste tiene un área neta de cortante de 3.55 cm²; por lo que tendremos un esfuerzo cortante:

$$f_v = \frac{6100.00}{2 \times 3.55} = 859.15 \text{ kg/cm}^2$$

Si utilizamos tornillos de grado 5; de la ayuda de diseño (tabla No.11), el esfuerzo de fluencia vale:

$$f_y = 65000 \text{ lb/in}^2 = 4571.0 \text{ kg/cm}^2$$

por lo que el esfuerzo permisible resulta de:

$$f_v = 0.4 f_y$$

$$f_v = 0.4 \times 4571.0 = 1828.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 1828.40 \text{ kg/cm}^2 > 859.15 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

Para el *ajuste del ancho de la estructura*, se colocará una distribución de barrenos en el cabezal, para colocar 4 tornillos en cada unión con agujeros oblongos.



Figura 4.14.- Conexiones en cabezal

La conexión entre el cabezal superior y la pata vertical estará sujeta a los siguientes esfuerzos.

Momento flexionante (M) 0.807 ton-m en barra 6

Esfuerzo cortante (f_v) 1.980 ton en barra 5

para evaluar la fuerza axial en cada tornillo se utilizará una variante de la fórmula de la escuadria:

$$F = \frac{My}{\sum y^2}$$

donde:

F = fuerza resultante, en ton

M = momento actuante

Σy = posición de cada tornillo respecto al centroide del grupo de tornillos

Si manejamos una separación de 20 cm entre tornillos en el sentido del momento, la fuerza axial en cada tornillo vale:

$$F = \frac{My}{\sum y^2} = \frac{0.807 \times 0.10}{4 \times 0.10^2} = 2.02 \text{ ton} = 2020.0 \text{ kg/tornillo}$$

el esfuerzo de compresión en cada tornillo resulta de:

$$f_b = \frac{2020.0}{3.55} = 569.01 \text{ kg/cm}^2$$

De la ayuda de diseño (tabla No.12), se tiene que utilizando tornillos estandar de 1"Ø, estos tienen un $f_p = 1760 \text{ kg/cm}^2$, por lo que tendrán una capacidad de $3.55 \times 1760.0 = 6248.0 \text{ kg}$.

la fuerza cortante actuante vale:

$$F_v = \frac{1980.0}{4} = 495.0 \text{ kg/tornillo}$$

por lo que el esfuerzo cortante directo resulta:

$$f_v = \frac{495.00}{3.55} = 139.44 \text{ kg/cm}^2 < 700 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

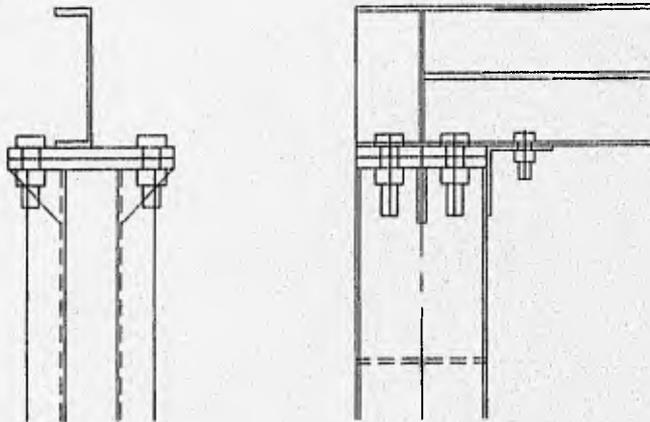


Figura 4.15.- Unión de cabezal - pata vertical

IV.2.2.4.- Diagonal superior

Elementos mecánicos máximos.

Momento máximo	0.024 ton-m	en barra 7 y 10
Cortante máximo	0.011 ton	en barra 7 y 10
Fuerza axial máxima	6.674 ton	en barra 7 y 10

Como el momento y el cortante tienen valores muy pequeños, el elemento sólo se revisará axialmente.

Considerando un ángulo de 4"x 4"x 1/4 y de acuerdo con la ayuda de diseño (tabla No.4), éste tiene un área de 12.52 cm² y un radio de giro mínimo de 2.0 cm, por lo que el esfuerzo axial a compresión resulta:

$$f_b = \frac{6674.00}{12.52} = 533.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Longitud del elemento} = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2.828 \text{ m}$$

La relación de esbeltez resulta:

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 282.8}{2.0} = 169.68$$

de la ayuda de diseño (tabla No.8), el esfuerzo permisible para esta relación de esbeltez es $f_p = 363.00 \text{ kg/cm}^2$ y como el esfuerzo actuante resulta mayor, entonces se requerirá aumentar el área y el radio de giro colocando una placa adicional al ángulo para completar el triángulo, por lo que analizamos:

Pieza	A	d	Ad ³	y	Ay ²	I
	cm ²	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁴
1	12.52	3.91	48.95	1.26	19.87	48.10
2	<u>8.32</u>	7.07	<u>58.82</u>	1.90	<u>30.03</u>	<u>0.28</u>
	20.84		107.77		49.90	48.38

Calculando el centroide "y".

$$y = \frac{107.77}{20.84} = 5.17 \quad ; \quad I_{\text{tot}} = 49.9 + 48.38 = 98.28 \text{ cm}^4$$

de lo anterior, los nuevos valores resultan:

$$r = \sqrt{98.28 / 20.84} = 2.17 \quad \text{y} \quad A = 20.84 \text{ cm}^2$$

el esfuerzo axial a compresión vale:

$$f_b = \frac{6674.0}{20.84} = 320.25 \text{ kg/cm}^2$$

y la relación de esbeltez vale ahora:

$$\frac{kL}{r} = \frac{1.2 \times 282.8}{2.17} = 156.38$$

De la ayuda de diseño (tabla No.8), el esfuerzo permisible para esta relación de esbeltez es de :

$$f_p = 431.00 \text{ kg/cm}^2 > 320.25 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

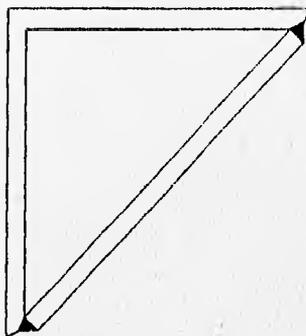


Figura 4.15.- Sección de diagonal superior

Calculando la conexión superior: se llevará a cabo por medio de un perno, el cual estará sujeto a cortante. Si consideramos un perno de $1 \frac{3}{8} \text{ } \varnothing$, el área vale 9.58 cm^2 , por lo que el esfuerzo cortante resulta:

utilizando pernos de acero tipo 1018 y de acuerdo con la tabla No.11 de las ayudas de diseño, la resistencia a cortante es de $0.4f_y$:

$$0.4f_y = 0.4 \times 45000 \text{ lb/in}^2$$

$$0.4f_y = 0.4 \times 3164 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.4f_y = 1265 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo a cortante vale:

$$f_v = \frac{6674.00}{9.58} = 696.66 \text{ kg/cm}^2 < 1265 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

el área inicial a cortante en el ángulo descontando la perforación para el perno es de:

$$A = (2 \times 10 \times 0.64) - (3.49 \times 0.64) = 8.321 \text{ cm}^2$$

por lo que el esfuerzo en el ángulo vale:

$$f_v = \frac{6674.00}{8.32} = 802.16 \text{ kg/cm}^2$$

La conexión inferior se hará por medio de una placa fijada con 4 tornillos y considerando que la reacción es de 6674.00 kg y cae en el centro de la placa (fig. 4.17), así pues el momento vale:

$$M = \frac{6674.0 \times 8.255}{4} = 13773.46 \text{ kg-cm}$$

$$S_n = \frac{13773.46 \text{ kg-cm}}{1518.0 \text{ kg/cm}^2} = 9.073 \text{ cm}^3$$

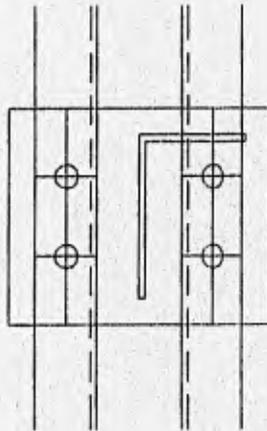


Figura 4.16.- Conexión inferior de diagonal con pata vertical

si el ancho de la placa de conexión es de 15 cm con espesor de 3/4", entonces:

$$S = \frac{15 \times 1.9}{6} = 9.025 \text{ cm}^3 \approx 9.12 \text{ cm}^3; \text{ y se considera adecuado.}$$

IV.2.2.5.- Puntales horizontales

Elementos mecánicos máximos de diseño:

Momento máximo	0.072 ton-m	en barra 17
Cortante máximo	0.00	
Fuerza axial máxima	5.365 ton	en barra 14

Si usamos tuba de 5"Ø ced. 40 y de acuerdo a la tabla No.6 de las ayudas de diseño, éste tiene un área = 27.74 cm² y un r = 4.77. Por lo que el esfuerzo a compresión vale:

$$f_b = \frac{5365.00}{27.74} = 193.48 \text{ kg/cm}^2$$

Revisando el elemento a pandeo:

El radio de giro vale :

$$r = \sqrt{I/A}$$

donde:

$$I = (14.13 - 12.82)^4 \times \frac{11}{64} = 630.83 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{630.83 / 27.73} = 4.77$$

la longitud sin arriostrar de los puntales resulta de :

$$L = 700 - 2e - p1 - p2$$

donde:

e = espesor de la cimbra de contacto + rigidizador de borde

p = peralte del canal de pata vertical

$$L = 700 - 2(16.5) - 10 - 10 = 647.00 \text{ cm}$$

y la relación de esbeltez vale :

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 647.0}{4.77} = 162.8$$

por lo que de la ayuda de diseño (tabla No.8), el esfuerzo permisible para esta relación de esbeltez resulta:

$$f_p = 395.00 \text{ kg/cm}^2 > 193.48 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que es válido.}$$

Calculando *los esfuerzos en la parte atornillada* del puntal horizontal:

Se utilizan tornillos de $1 \frac{3}{8}'' \varnothing = 3.49 \text{ cm}$, por lo que sus propiedades valen:

$$A = \frac{3.49^2 \times \pi}{4} = 9.56 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{3.49^4 \times \pi}{64} = 7.28 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{7.28 / 9.56} = 0.87$$

el esfuerzo de compresión vale:

$$f_b = \frac{5365.00}{9.56} = 561.19 \text{ kg/cm}^2$$

la relación de esbeltez resulta.

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2 \times 50.0}{0.87} = 69.00$$

De la ayuda de diseño (tabla No.7), el esfuerzo permisible para esta relación de esbeltez es de:

$$f_p = 1164.00 \text{ kg/cm}^2 > 561.19 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

La conexión con la pata vertical está resuelta por medio de un perno de $1 \frac{3}{4}'' \varnothing$ con un área de 15.48 cm^2 (fig. 4.18), el cual está sometido a cortante. Como la transmisión de las presiones es a través de los dos canales que forman la pata vertical, la fuerza cortante a la que está sujeto el perno en cada canal vale:

$$F_v = \frac{5365.00 \text{ kg}}{2} = 2682.50 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante en el perno de $1 \frac{3}{4}'' \varnothing$:

$$f_v = \frac{2682.50}{15.48} = 173.29 \text{ kg/cm}^2$$

Flexión en el perno:

La fuerza axial en el puntal actuando al centro del perno de conexión genera el siguiente momento flexionante.

De la ayuda de diseño (tabla No.3), se tiene que para vigas con carga al centro, el momento vale:

$$M = PL / 4$$

donde:

P = carga axial del puntal horizontal

L = separación entre los canales que forman la pata vertical

sustituyendo valores:

$$M = \frac{5365.00 \times 8.25}{4} = 11065.30 \text{ kg-cm}$$

se sabe que el esfuerzo de fluencia para el acero tipo 1010 es:

$$f_y = 45000 \text{ lb/in}^2 = 3164.00 \text{ kg/cm}^2$$

de la tabla No.11 de las ayudas de diseño, el esfuerzo permisible a flexión vale $f_b = 0.6f_y$:

$$f_b = 0.6 \times 3164.0 = 1898.40 \text{ kg/cm}^2$$

por lo que el módulo de sección necesario vale:

$$S_n = \frac{11065.3}{1898.40} = 5.83 \text{ cm}^3$$

De la tabla No.13 de las ayudas de diseño, se tiene que para un perno de 1 3/4"Ø (4.44 cm), el módulo de sección vale:

$$S = \frac{11 \times 4.44^3}{32} = 8.65 \text{ cm}^3 > 5.83 \text{ cm}^3; \text{ por lo que es válido.}$$

Obteniendo el esfuerzo de aplastamiento en el alma de los canales (el contacto sólo se da en la mitad del orificio):

$$\text{Area de contacto} = \frac{11 \times D \times e}{2} = \frac{11 \times 4.6 \times 0.56}{2} = 4.05 \text{ cm}^2$$

donde:

D = diámetro de la perforación 1 13/16"

e = espesor del alma del canal de 8"

$$f = \frac{2682.50}{4.05} = 662.34 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de compresión en el contacto con la oreja del tornillo de ajuste:

el diámetro del hueco es de $1 \frac{13}{16}$ " (4.6 cm) y el área de contacto entre el perno y la oreja se considera que es la mitad del perímetro. Como la oreja tiene un espesor de $\frac{3}{4}$ " (1.9 cm):

$$A = \frac{\pi \times 4.6}{2} \times 1.9 = 13.73 \text{ cm}^2$$

y el esfuerzo de aplastamiento vale:

$$f = \frac{5365.00}{13.73} = 390.75 \text{ kg/cm}^2 < 1898.4 \text{ kg/cm}^2; \text{ el cual es correcto.}$$

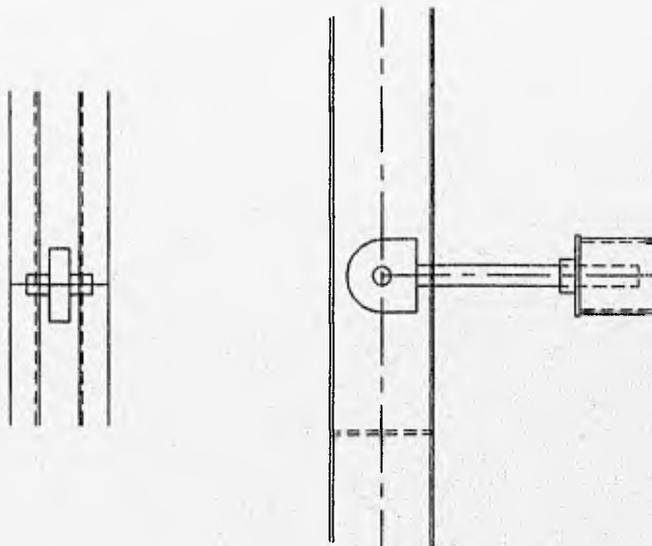


Figura 4.18.- Conexión de puntal horizontal con pata vertical

IV.2.2.6.- Puntal diagonal

El puntal diagonal ajustable sólo es un elemento de arriostramiento para mantener la geometría del cajón de acuerdo a lo especificado en proyecto, por lo que no trabaja como elemento de soporte (fig. 3.3).

IV.2.2.7.- Brazo ajustable superior

El brazo ajustable superior es un elemento que sirve unicamente para abrir o cerrar la parte superior de la estructura (cabezal) y al igual que el elemento anterior, tampoco trabaja como elemento de soporte. Está fabricado a base de tubo de 3"Ø con elementos roscados en los extremos, los cuales son de 1 3/8"Ø.

IV.2.2.8.- Angulos de conexión superior e inferior

Los ángulos de conexión son elementos de unión que sólo sirven para ligar el conjunto de marcos en el momento del desplazamiento, por lo que no podrán torsionarse en el caso de que la estructura no sea desplazada eficientemente. Se utilizan ángulos de 4"x 4"x 1/4 para su fabricación.

IV.2.2.9.- Ruedas

El peso aproximado del conjunto formado por estructura y cimbra es de 16 toneladas. Si consideramos que la estructura está soportada mediante 10 ruedas; la carga resultante en cada una de las ruedas sería de 1.6 ton. Para este caso en particular y pensando en la situación más desfavorable, la rueda se diseña para una capacidad de 3.0 toneladas.

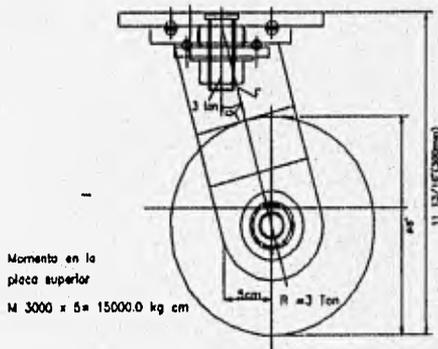


Figura 4.19.- Rueda de apoyo

De la figura 4.19 se tiene que la componente de la fuerza para los brazos inclinados de la rueda vale:

$$\cos \alpha = \frac{\text{cat. adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\cos \alpha = \frac{3.0}{F}$$

$$\alpha = \arctan \frac{5}{20} = 14^\circ$$

$$F = 3 / \cos \alpha$$

$$F = \frac{3}{\cos 14^\circ} = 3.09 \text{ ton}$$

la rueda se encuentra sostenida mediante dos brazos, mismos que transmiten la carga de la estructura al perno; lo que quiere decir que cada brazo soportará 1.55 ton.

Cortante en el eje:

si consideramos un eje de 1"Ø, el esfuerzo cortante vale:

$$fv = \frac{1550.00}{3.55} = 436.62 \text{ kg/cm}^2$$

Análisis de los brazos de la rueda:

Los brazos estarán sujetos a una fuerza axial de compresión y a un momento en su conexión con la placa superior de apoyo, por lo que:

$$M = 3000.0 \times 5.0 = 15000.0 \text{ kg-cm}$$

$$S_n = \frac{15000.0}{1518.0} = 9.88 \text{ cm}^3$$

debido a que son dos brazos, se requiere la mitad en cada uno de ellos. Utilizando brazos de 4" de ancho con 3/8" de espesor y de acuerdo con la tabla No.5 de las ayudas de diseño, se tiene que:

$$S = \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{0.95 \times 10.0^2}{6} = 15.83 \text{ cm}^3$$

donde:

b = peralte del brazo

d = espesor del elemento

calculando los esfuerzos combinados:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S}$$

donde:

P = carga axial

A = área de los dos brazos

$$f = \frac{3000.00}{2 \times 95 \times 10} \pm \frac{15000.00}{15.83 \times 2} = 158 \pm 474$$

$$f_1 = 632.00 \text{ kg/cm}^2 < 1518.0 \text{ kg/cm}^2 ; \quad f_2 = -316.00 \text{ kg/cm}^2$$

IV.2.2.10.- Gatos ajustables

Los gatos ajustables de apoyo sirven para sostener cada una de las patas verticales durante el colado del cajón y están sujetos a las siguientes cargas:

Peso de la estructura $W = 16.0 \text{ ton}$ (incluyendo la cimbra)

Peso de la losa $W_l = \frac{0.77 + 0.90}{2} \times 7.0 \times 6.0 \times 2.4 = 84.17 \text{ ton}$

$$W_t = 16.0 + 84.17 = 100.17 \text{ ton}$$

se tiene que la W_t estará soportada por 14 patas, por lo que:

$$w = \frac{16.0 + 84.17}{14} = 7.16 \text{ ton / pata}$$

Revisando por el lado de la seguridad de la estructura, se considera una $w = 8.00 \text{ ton}$ y el diámetro de los gatos es de 1 1/2" (3.81 cm). De las tablas No.10 y 13 de las ayudas de diseño, se tiene que:

área total del gato = 11.39 cm²

área neta del gato = 8.35 cm²

Así pues:

$$r = \sqrt{(I/A)}$$

$$I = \frac{11 \times D^4}{64} = 5.54 \text{ cm}^4 ; \quad A = \frac{11 \times D^2}{4} = 8.35 \text{ cm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{5.54}{8.35}} = 0.814$$

Revisando por pandeo:

si consideramos el área neta de los gatos, tenemos un esfuerzo a compresión de:

$$f_b = \frac{8000.00}{8.35} = 958.08 \text{ kg/cm}^2$$

una relación de esbeltez de:

$$\frac{kL}{r} = \frac{1.2 \times 30.0}{0.814} = 44.22$$

De la tabla No.7 de las ayudas de diseño, se tiene que para la relación de esbeltez obtenida, el esfuerzo permisible resulta de:

$$f_p = 1329.00 \text{ kg/cm}^2 > 958.08 \text{ kg/cm}^2; \text{ por lo que cumple.}$$

IV.2.2.11.- Esquineros superiores

Son elementos metálicos que soportan el peso del concreto en un espesor de 75 cm. Analizando, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Presión de colado(P)} &= 0.75 \times 2400 = 1800 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga viva} &= 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \\ \\ \underline{200 \text{ kg/m}^2} \\ 2000 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

el módulo de la sección de una lámina cal. 10 vale:

$$S = \frac{0.34 \times 10.0^2}{6} = 5.67 \text{ cm}^3$$

la separación (L) entre rigidizadores (ref. IV.2.2.1) resulta :

$$L = \sqrt{\frac{f_p \times 8 \times S}{w}}$$

donde:

- L = separación entre rigidizadores
- f_p = esfuerzo permisible del acero a flexión
- S = módulo de sección de la lámina
- w = carga actuante, en kg/cm

$$L = \sqrt{\frac{1518.0 \times 8 \times 5.67}{20}} = 58.67 \text{ cm}$$

Haciendo compatibles la posición de los rigidizadores de la cimbra Max-A-Form, se ha optado por que la separación antes calculada coincida con la separación de los rigidizadores de la cimbra; por lo que la separación es de 30.48 cm.

IV.2.2.12.- Placa deslizante

Esta placa actúa para poder desplazar horizontalmente la cimbra, cerrando los espacios que se dejan en la zona de ajuste del cabezal y la presión que va a soportar es de:

$$P = e \gamma$$

donde:

e = espesor en la parte central de la losa

γ = peso volumétrico del concreto

$$P = 0.90 \times 2400.0 = 2160.0 \text{ kg/cm}^2$$

como la separación a cubrir por la placa deslizante es de 10 cm únicamente, no se requiere el diseño.

IV.2.2.13.- Cuñas para contraflecha

Estos elementos sólo se utilizan para dar una pendiente a la losa superior y están elaboradas a base de perfiles cuadrados de diferentes espesores (fig. 4.20); los cuales sólo tienen la función de soportar la carga correspondiente a la franja central longitudinal de la losa y para efectos de cálculo tal carga resulta ser mínima con respecto a la capacidad de carga del elemento.

IV.2.2.14.- Diagonal transversal inferior

Este elemento sólo sirve para rigidizar horizontalmente la estructura, colocada formando una diagonal uniendo la parte delantera del grupo de marcos de uno de los lados y la parte trasera del grupo de marcos del lado contrario (fig.4.21). Así pues, tal elemento no se analiza por no ser un elemento de soporte que tenga que ver directamente con las cargas del colado.



Figura 4.20.- Cuñas para contraflecha

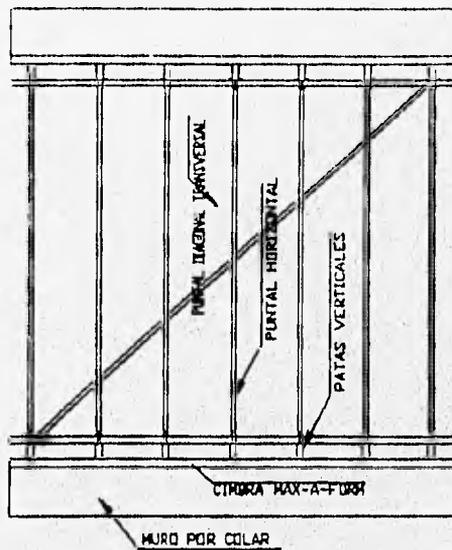


Figura 4.21.- Sistema de cimbra (vista en planta)

IV.3.- APLICACIONES

Como ya se sabe, la cimbra es el conjunto de una superficie de contacto de madera o metal y sus soportes, cuya función es la de contener al concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y consecuentemente, la resistencia necesaria para autotransportarse. En este caso particular se trata de una cimbra metálica, la cual ha sido descrita paso por paso en el punto IV.2 y diseñada como principio para la aplicación en la construcción del subterráneo de la línea "B" del Metropolitano, lo cual no descarta que el sistema pueda ser utilizado para otro tipo de estructuras de concreto que se le parezca a la estructura para la cual fue diseñado.

IV.3.1.- Materiales y costos

De acuerdo con el punto IV.2, el sistema de cimbra ha sido diseñado a base de elementos metálicos, los cuales se desglosan a continuación y pueden ser consultados en cada uno de los planos de detalles correspondientes a cada uno de los elementos en la sección de anexos de esta tesis.

Una parte importante de la cimbra es el costo; por lo que para reducir al mínimo este renglón, se utilizaron perfiles comerciales y se simplificó el número de patas. Para presentación del costo del sistema de cimbra, éste ha sido desglosado en las tres partes que la componen, como son: la estructura principal, los accesorios y la cimbra.

En lo que se refiere al costo de los elementos que componen la estructura principal, estos han sido considerados por peso (kg), el cual incluye el costo del material, mano de obra, equipo mayor y menor, así como el concepto ingenieril. Por lo que para efecto de cotización de la cimbra se ha considerado el valor de \$11.00 por kg.

Los costos de los materiales que a continuación se presentan son actualizados al año de 1994. Así como también se aclara que muchos de los precios de los cuales se manejan sobre todo en los accesorios, están dados en dólares (U.S.\$) por tratarse de productos de importación pero convertidos a pesos mexicanos (\$), para lo cual se utilizan los siguientes datos:

Factor de importación integrado = 1.23
Costo del dólar (año 1994) = \$ 3.45

IV.3.1.1.- Estructura principal

1.- Esquineros inferiores

Compuesta por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Lámina cal. 10	1	26.40
Placa de 1/4" x 60mm x 3000mm	1	9.00
Placa de 1/4" x 246.5mm x 90.5mm	5	3.70
Placa de 1/2" x 150mm x 100mm	2	1.12
Solera de 1 1/2" x 1/4" x 741mm	2	2.80
Solera de 1 1/2" x 1/4" x 744mm	2	2.82
Solera de 1/2" x 4" x 3000mm	1	30.38
Perfil C de 4" x 3000mm	1	24.12
		Σ 100.34

Costo total de esquinero inferior = 100.34 kg x 2 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 2207.48

2.- Pata vertical

Compuesta por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Canal de 8" x 17.11 x 5284 mm	2	180.82
Placa de 1/4" x 80mm x 80mm	2	0.32
Placa de 5/8" x 203mm x 258mm	1	6.52
Placa de 1/4" x 50mm x 180mm	2	0.90
Placa de 3/8" x 197.4mm x 254mm	1	3.75
Placa de 1/4" x 82.55mm x 203mm	5	4.17
		Σ 196.48

Costo total de pata vertical = 196.48 kg x 14 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 30257.92

3.- Cabezal superior

Compuesta por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Solera de 3/8" x 1 1/2" x 950.5mm	1	4.17
Solera de 3/8" x 1 1/2" x 953.5mm	1	4.17
Solera de 3/8" x 1 1/2" x 1827.5mm	1	4.17
Placa de 5/8" x 203mm x 258mm	1	6.52
Placa de 1/4" x 50mm x 180mm	4	4.17
Canal de 8" x 17.11kg/m x 1434 mm	1	70.73
		Σ 93.93

Costo total de cabezal superior = 93.93 kg x 14 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 14465.22

4.- Diagonal superior

Compuesta por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Placa de 1/4" x 2292mm x 134.77mm	1	15.38
Placa de 3/4" x 250mm x 190mm	1	7.10
Angulo de 4" x 4" x 2897.2mm	1	28.45
		Σ 50.93

Costo total de diagonal superior = 50.93 kg x 14 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 7843.22

5.- Angulos de conexión superior e inferior

Compuestos por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Angulo de 1/4" x 4" x 4" x 6000mm	8	78.56
Angulo de 1/4" x 4" x 4" x 8 1/2"	12	117.84
		Σ 196.40

Costo total de ángulos de conexión = 196.40 kg x 2 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 4320.8

6.- Esquineros superiores

Compuestos por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Placa de 1/4" x 290.24mm x 161.58mm	15	35.03
Placa de 3/4" x 165.3mm x 243.6mm	1	1.66
Placa de 3/4" x 131.6mm x 243.6mm	1	1.60
Placa de 3/4" x 143.7mm x 243.6mm	5	26.15
Placa de 3/4" x 165.1mm x 3048.0mm	2	50.12
Lámina cal. 10 de 428mm x 3048mm	1	35.88
		Σ 150.44

Costo total de esquineros superiores = 150.44 kg x 4 jgos. x \$ 11.00/kg = \$ 6619.36

7.- Placa deslizante

Compuesta por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
-------------	----------	-----------

Placa de 3/16" x 300mm x 6096mm	1	68.39
Canal de 6" x 6096mm	1	74.37
		Σ 142.76

Costo total de placa deslizante = 142.76 kg x \$ 11.00 = \$ 1570.36

8.- *Cuñas para contraflecha*

Compuestas por material A-36:

Descripción	Cantidad	Peso (kg)
Placa de 3/8" x 116.0mm x 52.0mm	7	3.15
Placa de 3/8" x 116.0mm x 39.0mm	7	2.36
Placa de 3/16" x 116.0mm x 39.0mm	7	1.18
Tubo cuadrado de 1 1/2" x 3.28kg x 6000mm	1	19.74
Tubo cuadrado de 1" x 2.1kg x 6000mm	2	25.20
		Σ 51.63

Costo total por cuñas = 51.63 kg x 2 jgos. x \$ 11.00 = \$ 1135.86

Por lo anterior, el *costo total de la estructura principal* resulta:

Costo total = U.S.\$ 68420.22 x 1.23 x \$ 3.45 = \$ 290341.20

IV.3.1.2.- *Accesorios*

Descripción	Cantidad	P. U(U.S \$)	Importe(U.S \$)
Ménsulas para rueda	10	137.00	1370.00
Ménsulas para gato	4	95.00	380.00
Gatos ajustables	14	66.00	924.00
Ruedas de 10"	10	250.00	2500.00
Placa deslizante de 8"	2	161.00	322.00
Placa deslizante de 4"	1	108.00	322.00
Puntales diagonales	4	473.00	1892.00
Conector de brazo ajustable	6	14.25	85.50
Brazos ajustables superiores	3	347.00	1041.00
Tomillos de cuerda rápida de 3/4"Ø	150	2.05	307.00
Tuercas de cuerda rápida de 3/4"Ø	150	0.60	90.00
Puntal horizontal ajustable	14	578.30	8096.20
Puntal diagonal ajustable	4	326.38	1305.53
Diagonal transversal inferior	1	444.92	444.92
			Σ 19080.15

Costo total por accesorios = U.S.\$ 19080.15 x 1.23 x \$ 3.45 = \$ 80996.62

IV.3.1.3.- Cimbra

La cimbra es del tipo Max-A-Form y está formada por los siguientes materiales (fig. 4.22):

Descripción	Cantidad	P.U (U.S \$)	Importe (U.S \$)
Páneles de 6' x 20'	6	3054.00	18324.00
Páneles de 4' x 20'	4	2437.00	9748.00
Esquineros superiores	2 (punto IV.3.1.1)		
Placa deslizante de 20'	1 (punto IV.3.1.1)		
			Σ 28072.00

Costo total por cimbra = U.S \$ 28072 x 1.23 x \$3.45 = \$119123.53

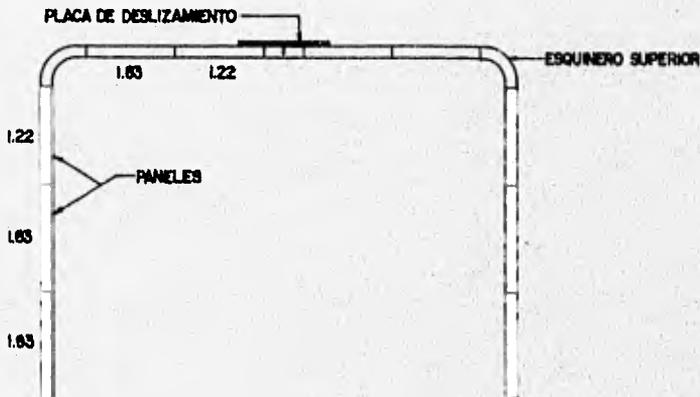


Figura 4.22.- Páneles de cimbra Max-A-Form (corte transversal)

IV.3.2.- Ventajas

Las principales ventajas que tiene el sistema son:

- 1.- Mediante el uso de tubos con tornillos con cuerda contraria en los extremos, se simplifica el manejo de la cimbra ya que se facilita el ajuste de los elementos componentes del sistema, reduciendo el tiempo en las tres operaciones principales:
 - a) Colocación de la cimbra, ajuste final y troquelado
 - b) Descimbrado consistente en: Deseenso de la cimbra, apoyo de las ruedas y contracción de la cimbra para separarla de las paredes laterales y losa superior.
 - c) Desplazamiento horizontal del sistema en conjunto hasta la siguiente etapa de colado.
- 2.- El costo, en términos generales es menor, ya que se le puede adaptar cualquier tipo de cimbra de madera, metálica o cualquier sistema modular y en base a la resistencia propia de la cimbra, se determina la posición de cada uno de los marcos de soporte, lo cual representa la estructura resistente a las cargas de colado más económica que se pueda manejar.
- 3.- El sistema es versátil ya que se puede manejar para diferentes tamaños de cajón haciendo ajustables sus elementos, tanto en el sentido vertical como en el horizontal.
- 4.- El sistema de cimbrado puede ser utilizado en otras estructuras que tengan forma y dimensiones parecidas o similares, como es el caso de canales, alcantarillas o túneles.
- 5.- Es totalmente desarmable.
- 6.- Se puede ensamblar en sitio sin necesidad de utilizar equipo mayor.
- 7.- En el caso de cajones pequeños sólo bastan cuatro personas que puedan levantar y armar los marcos completos; incluyendo la cimbra.

IV.3.3.- Desventajas

Existen realmente pocas desventajas en el uso de este sistema, las cuales se pueden eliminar al hacer tan sólo pequeñas modificaciones al sistema.

- 1.- La posición de las ruedas. Están montadas en una ménsula separada de las partes de apoyo, lo que hace que cuando no se tenga libre y limpia la zona de rodamiento del sistema (losa inferior), se origina un momento torsionante, lo que trae como consecuencia que se deformen los atiesadores superiores de la ménsula o la misma placa de apoyo de la rueda en un caso extremo. Este problema se puede solucionar colocando las ruedas exactamente bajo la viga inferior de unión, la cual por su posición es bastante rígida para la deformación longitudinal. Por otro lado, se pueden colocar rieles para evitar posibles obstrucciones al paso de las ruedas.

El problema antes mencionado influye directamente en el costo y en el tiempo, ya que al dañarse la parte en cuestión, es necesario esperar hasta el cambio de la rueda nueva.

2.- El ascenso y descenso de la estructura por medio de gatos de tornillo. Es necesario hacer girar cada uno de ellos y hacerlo por etapas para que el movimiento no sea irregular. Por otra parte, cuando los gatos se encuentran bajo carga es bastante difícil hacerlos girar por la compresión a la que están sujetos. Para resolver este problema es necesario intercambiar los gatos de tornillo por gatos hidráulicos, ya sea interconectados los cuatro o bien de dos en dos.

La solución a este problema, aumenta el costo pero disminuye el tiempo de ascensos y descensos de la estructura. .

3.- Para poder llevar a cabo la contracción lateral de la estructura, las ruedas deben estar en posición transversal al cajón para rodar hacia el centro del mismo; acción que no se puede ejecutar con la precisión requerida, ya que al momento del desplazamiento las ruedas no giran a 90° en su rodamiento longitudinal respecto al cajón.

Como solución al problema mencionado, se deberá llevar a cabo el siguiente proceso:

Antes de descender la estructura, se deberán girar todas las ruedas de tal forma que queden transversales al cajón. Una vez realizada la contracción de la estructura, se deberá levantar la estructura para girar las ruedas longitudinalmente al cajón y así poder desplazar la estructura hasta la siguiente etapa de colado. Lo anterior, trae como consecuencia el incrementar la inclinación de los brazos de apoyo de las ruedas, y así puedan tener una tendencia a girar según el sentido del movimiento. La solución a este problema aumenta levemente el costo, pero también se disminuye el tiempo en gran medida por la reducción en las maniobras.

De las desventajas enumeradas, se puede decir que básicamente se deben al sistema de apoyo de las ruedas, el cual puede ser sustituido como ya también se mencionó y con la gran ventaja de que tal cambio no altera el funcionamiento de la estructura principal y el costo de la modificación resulta ser bajo.

CAPITULO V

CONTROL EN OBRA Y CALIDAD
DEL SISTEMA DE CIMBRA

V.- CONTROL EN OBRA Y CALIDAD DEL SISTEMA

Para llevar a cabo cualquier tipo de obra, es necesario que exista un conjunto de disposiciones consideradas convenientes para la mejor ejecución de los trabajos, es decir, un control de obra.

Para establecer la organización de las actividades el superintendente deberá nombrar a un responsable de la colocación y funcionamiento de la cimbra, el cual deberá de enterarse perfectamente de cada una de las etapas de funcionamiento del sistema y hacer un reporte diario de las actividades.

El establecimiento de un programa detallado en el que se tomen en cuenta los tiempos de armado inicial y el tiempo de cada una de las etapas es importante para establecer los diferentes lineamientos tendientes a eficientar las operaciones que se efectúen (fig. 5.7).

Por otra parte, se deberá definir previamente; por parte del fabricante, todas las herramientas necesarias para el armado y puesta en marcha del sistema.

Otra faceta importante que se debe de cuidar, es la recepción y almacenamiento del equipo para tenerlo listo en el momento del armado, para esto es necesario contar con una relación de partes lo más completa posible, incluyendo la tornillería, ya que, si nos falta un tornillo en la obra se nos dificultará el correcto armado de las piezas (fig. 5.5). Esta misma relación de piezas deberá ir en el plano con una identificación clara de cada una de ellas.

La cimbra para la construcción del cajón consiste de dos partes principalmente; la cimbra para el muro muñón y la cimbra para el muro estructural.

V.1.- CIMBRADO DEL MURO MUÑÓN

V.1.1.- Armado Inicial

Para el armado inicial del sistema de cimbra para el muro muñón, se unen los 4 paneles Steel-Ply (III.2.1), por medio de cuñas (figs. 5.1 y 5.2), formando el tablero de un área de contacto de 6.0 m de largo x 0.90 m de alto. Dicho tablero se soporta por el bastidor metálico (III.2.1), formado por canales de 3", un ángulo horizontal superior y un esquinero inferior metálico con un canal acostado de 4" para rigidizar.

El bastidor metálico se une al tablero de Steel-Ply mediante tirantes roscados (figs. 5.3 y 5.4) los cuales tienen un hueco en el extremo para conectarse con la cimbra por medio de cuñas. Por otra parte la unión del tablero con el esquinero inferior se hace también con cuñas (fig. 5.3).

Al mismo tiempo, en la zona de colado dentro de la excavación se pueden colocar las ménsulas de soporte superior unidas al muro tablestaca (muro millán), por medio de taquetes cuidando de librar la posición de los troqueles. Estas ménsulas se colocan a cada 2.00 m abarcando una longitud de 12 m para poder desplazar la cimbra a la siguiente etapa de colado. Se coloca el tablero en su posición interconectándolo con las ménsulas de soporte en la parte superior, por medio de pequeños tramos de viga y calzas; el esquinero inferior se troquelea con el puntal

horizontal inferior por medio de un perno, ajustando el puntal a su posición de proyecto sin ejercer presión, quedando la cimbra lista para efectuar el colado (figs. 3.2 y 5.3).

V.1.2.- Descimbrado y desplazamiento

Para efectuar el descimbrado se procede de la siguiente manera:

Se aljoja el puntal horizontal, despegando la cimbra de la parte inferior y se colocan los carritos de desplazamiento en la parte superior de los elementos verticales que se encuentran en cada extremo del tablero, dejando la viga perpendicular entre las dos tuercas de mariposa del carrito (fig 5.3).

Se desatomilla la conexión de los tableros de cimbra con las ménsulas de soporte superiores y se levanta un poco la cimbra mediante la tuerca de mariposa inferior; esto hace que se separe la cimbra de la parte superior y que cuelgue un poco del carrito. Por medio de las tuercas de mariposa se levantan un poco más los tableros, lo suficiente para no tener contacto con la losa inferior y se procede a desplazarla hasta la siguiente posición de colado empujándola en forma manual.

Después de colocar la cimbra ya desplazada, se procede a retirar las ménsulas de soporte superior que se encuentran en el tramo ya colado y se colocan adelante del tramo por colar, en espera del siguiente desplazamiento.

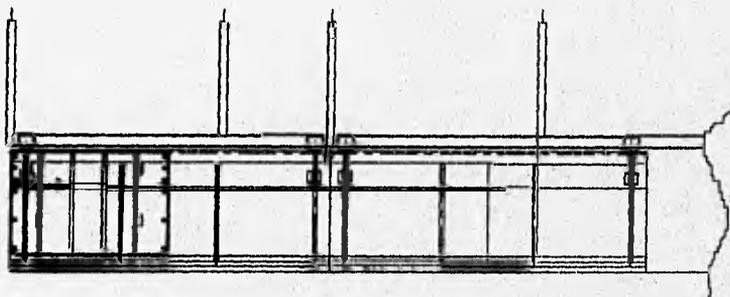


Figura 5.1.- Tableros formados con cimbra Steel-Ply

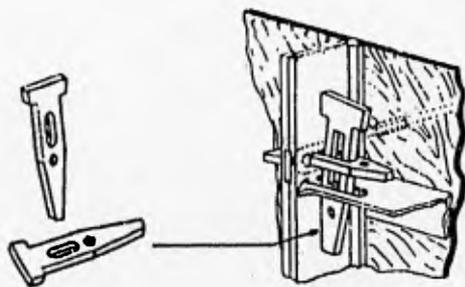


Figura 5.2.-Cuñas para conexión de cimbr

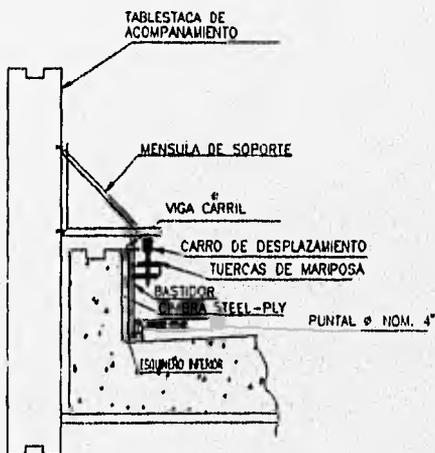


Figura 5.3.- Accesorios para desplazamiento y armado

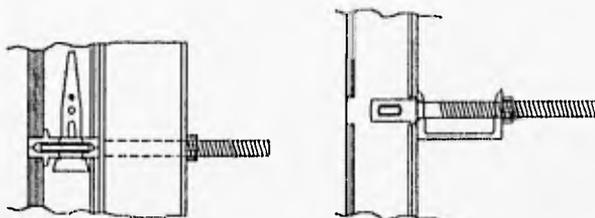


Figura 5.4.- Tirantes roscados

V.2.- CIMBRADO DEL CAJON ESTRUCTURAL

Una vez que se tiene construida la losa inferior y el muro muñón, se puede proceder al armado del sistema para el cajón, para esto es necesario antes que nada, contar con una relación de partes y la tornillería necesaria para su armado (fig. 5.5).

V.2.1.- Armado inicial

Para el armado de los marcos se requiere disponer de uno o dos tramos de losa inferior y muro muñón ya colados para poder efectuar el armado en este espacio.

Inicialmente se arman las patas verticales del primer marco sobre la losa inferior, colocando hacia arriba la cara que va a quedar finalmente hacia el interior del cajón de tal forma que se puedan colocar más fácilmente las ménsulas de ruedas o bien las ménsulas de los gatos.

Ya estando colocadas las ruedas o los gatos se gira la pata vertical con las ménsulas de ruedas descansando lateralmente en la losa inferior y se conecta el cabezal superior atornillando la placa que está en el extremo del cabezal con la placa de la pata vertical (fig. 4.15), posteriormente se colocan 4 tornillos de grado en la unión de las dos partes del cabezal al centro, dejando un empalme para ajustar el ancho (fig. 4.14). Una vez hecho esto se procede a conectar las diagonales superiores mediante tornillos en la unión con la pata vertical y por medio de un perno

en la parte superior con el cabezal (fig. 4.14). Por último se coloca el puntal horizontal inferior quedando armado de esta manera el primer marco.

Por medio de una grúa se levanta el primer marco apoyado en sus ruedas o en sus gatos de tornillo, apuntalado para que quede vertical ya sea ajustado contra el muro inicial o bien sosteniéndolo provisionalmente con el refuerzo del muro de tal forma que exista el espacio suficiente para colocar la cimbra.

De la misma manera se arman cada uno de los siguientes marcos, sosteniéndolos por medio de amarres con el refuerzo. Hecho esto, se procede a colocar los paneles de cimbra sobre bancos de madera, los cuales sirven para mantener el tablero en su posición, la cimbra se coloca horizontalmente y se liga a los marcos por medio de 2 ganchos por cada tablero de 6 ft. los cuales entran en las perforaciones del bastidor del tablero y se conectan con la pata vertical pasando por la separación existente entre los dos canales, anclándose en una placa transversal soldada a la pata. Esto también sirve de unión para mantener los marcos en posición.

Una vez ligados la cimbra y los marcos se retiran los bancos provisionales de apoyo y se coloca el siguiente panel atornillando en el borde de unión con el otro panel, de esta manera se continúa hasta llegar a la colocación de los esquineros superiores los cuales se atornillan a la cimbra y descansan sobre el cabezal.

Finalmente se coloca la cimbra correspondiente a la losa superior apoyándola sobre unas calzas o cuñas para contraflecha (fig. 4.19), para que la cimbra quede con la contraflecha especificada. Se deberá dejar además un espacio de 10 cm, al centro, entre la cimbra de la losa superior para poder efectuar el ajuste de los marcos en el momento de descimbrar; en este espacio se colocará la placa de deslizamiento.

Una vez que todos los marcos estén ya armados y colocados se ejecutará la conexión tanto de los ángulos interiores de unión como del segundo puntal horizontal superior.

Los puntales diagonales van colocados en forma alternada, es decir, en un marco sí y en el otro no, la inclinación de estos puntales diagonales también debe ser alternada colocando en un marco la parte derecha arriba y en otro marco la parte derecha abajo.

Con los puntales diagonales se puede corregir cualquier desplazamiento lateral de la parte superior del marco respecto de la parte inferior, cambiando la inclinación de los puntales según sea necesario.

El puntal diagonal transversal sirve para corregir cualquier desplazamiento hacia adelante del grupo de patas derechas con respecto al grupo de patas izquierdas; se colocará la diagonal con la inclinación orientada según sea necesario.

El brazo superior de ajuste también se coloca de una manera alternada colocando en un marco sí y en otro no. Este elemento servirá para abrir o cerrar el marco en la parte superior.

LISTA DE PARTES		CIMBRA PARA CAJON			CANTIDAD	
No.	NOMBRE	1 JGO.	2 JGOS	TORNILLERIA	1 JGO	2JGOS
1.	PATA VERTICAL Entre cimbra y pata vertical	14	28	Tom. J c/pl. y tca.	84	168
2.	1/2 CABEZAL Entre cabezal y pata vertical Entre cabezales	14	28	1" x 4" c/ tca G-5 1" x 3" c/tca y 2 Rnd G-5	56 56	112 112
3.	DIAGONAL SUPERIOR Entre diag. y pata vertical Entre diagonal y cabezal	14	28	3/4" x 3" c/tca 1 1/2" x 3" G-5 c/tca	56 14	112 28
4.	RUEDAS de 10"	10	20			
5.	MENSULAS P/RUEDA	10	20			
6.	GATOS AJUSTABLES	14	28			
7.	MENSULAS P/GATO Entre ménsulas y patas	4	8	3/4" x 3" G-5 c/tuerca	56	112
8.	PUNTAL HORIZONTAL Entre puntal y pata vertical Manerales para ajustes	14	28	Perno de 13/8" c/chav. Perno de 5/8"	28 24	56 48
9.	PUNTAL DIAGONAL Entre puntal diag. y pata vert.	4	8	Perno de 3/4" c/chav.	8	16
10.	PUNTAL DE AJUSTE SUP. Conexión con cabezal	5	10	3/4" x 2" c/ tuerca	10	20
11.	ANGULOS SUP. de 4" Entre angulo sup. y cabezal	2	4	3/4" x 3" c/ tuerca	14	28
12.	ANGULOS INF. de 4" Entre angulo inf. y ruedas	2	4	3/4" x 3" c/ tuerca	28	56
13.	PLACA DE DESLIZAMIENTO	1	2			
14.	ESQUINEROS SUP. de 3m	4	8			
15.	DIAGONAL TRANSV. INF. Entre diag. transv. y angulos	1	2	3/4" x 3" c/ tuerca	2	4
16.	CUÑAS PARA CONTRAF.	8	12			

Figura 5.5.- Lista de partes

V.2.2.- Cimbrado

Una vez colocadas todas las piezas se procede a realizar el ajuste final para lograr la geometría establecida en el proyecto, apoyado con las referencias que proporcione la brigada de topografía.

Para hacer el ajuste del ancho se deberá hacer girar sobre su eje tanto los puntales horizontales como los brazos de ajuste superiores empezando desde el marco 1 hasta el marco 7 consecutivamente.

En el sentido vertical se deben levantar los gatos ajustables de apoyo, a fin de hacer llegar la cimbra de la losa superior hasta su posición de colado, quedando las ruedas sin apoyar, despegadas de la losa inferior por lo menos 1" (2.54 cm). Los desplomes se corregirán por medio de las diagonales.

V.2.3.- Descimbrado

Para efectuar el descimbrado se deberá verificar que el concreto tenga la resistencia suficiente para que la losa superior pueda ser descimbrada ó bien colocar vigas superiores para colgantear la losa (fig. 3.5) y así poder efectuar el descimbrado. En este caso se especificó que se realizará el descimbrado hasta que el concreto tuviera el 80% de su resistencia; para agilizar el ciclo de construcción de cada tramo de cajón de 6.00 m se probaron varios procedimientos como son: el agregar aditivos acelerantes, diseño de mezclas de mayor resistencia, etcétera llegando finalmente al uso del curado a vapor, este procedimiento fué el que se siguió utilizándolo en los colados siguientes.

Una vez obtenida la resistencia del concreto especificada para realizar el descimbrado, se procede a descender la estructura por medio de los gatos ajustables de apoyo para despegar la cimbra de la losa superior. Para girar los gatos de tornillo se puede hacer mediante una llave española, girando la tuerca en la parte inferior de los gatos ó bien por medio de un dado y una llave de matraca haciendo girar la cabeza cuadrada que tiene el gato de tornillo en la parte superior a través del hueco que existe para este fin en la ménsula para gato y en la ménsula para rueda y gato.

El descenso se efectúa hasta que todas las ruedas estén apoyadas sobre la losa inferior. Los gatos se continúan elevando un poco más para evitar que estorben al momento de desplazar la estructura. Se deberá tener cuidado de colocar todas las ruedas orientadas hacia la siguiente etapa de colado.

A continuación se aflojan tanto los puntales diagonales como los puntales horizontales intermedios, a fin de poder desconectarlos y quitarlos para que no obstruyan con el proceso del cierre, lo mismo se efectuará con el puntal diagonal transversal.

El cierre de la estructura para despegar la cimbra de las paredes laterales se efectuará únicamente por medio de los puntales horizontales inferiores y los brazos superiores de ajuste, girando sobre

su eje cada uno de ellos de tal manera que la estructura se cierre empezando por los puntales horizontales del marco 1 al marco 7.

Lo mismo se efectúa con los brazos superiores de ajuste, iniciando con el marco 1 hasta terminar con el marco 7. La separación necesaria de la cimbra para poder desplazarla es de 1 cm por lo menos de cada lado.

V.2.4.- Desplazamiento

Para realizar el desplazamiento después que la cimbra está separada de las paredes laterales y de la losa superior, únicamente se requiere de un tirfor de cada lado, apoyado en las varillas del colado siguiente ó bien jalarla por medio de una draga con los cables lo suficientemente largos para librar los troqueles (fig. 5.6). Las ruedas tienen cierta inclinación (camber) para que giren en el sentido del impulso de tal manera que al iniciar a jalar la estructura estas ruedas giren a quedar orientadas en el sentido longitudinal para desplazar la estructura hasta la posición del siguiente colado. En el caso de que las ruedas no tiendan a girar se deberá levantar ligeramente la estructura y girar manualmente las ruedas con la inclinación hacia adelante.

Una vez colocado el sistema en la siguiente etapa de colado se aprovecha el espacio existente en la zona del refuerzo de los muros para limpiar la superficie de contacto y aplicar una capa de desmoldante, lo cual facilita el descimbrado y aumenta la vida útil de la cimbra. Por otra parte se deberán colocar membranas de curado en la zona que se acaba de descimbrar.

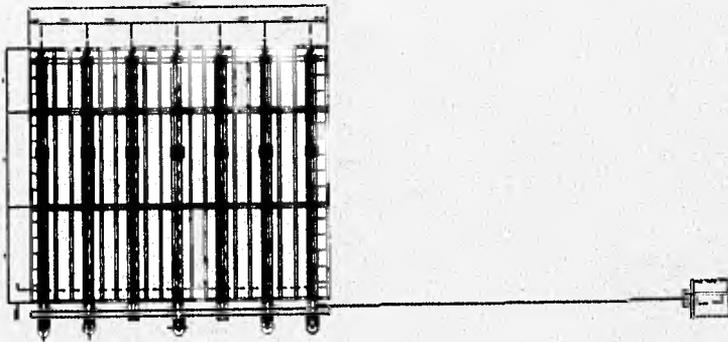
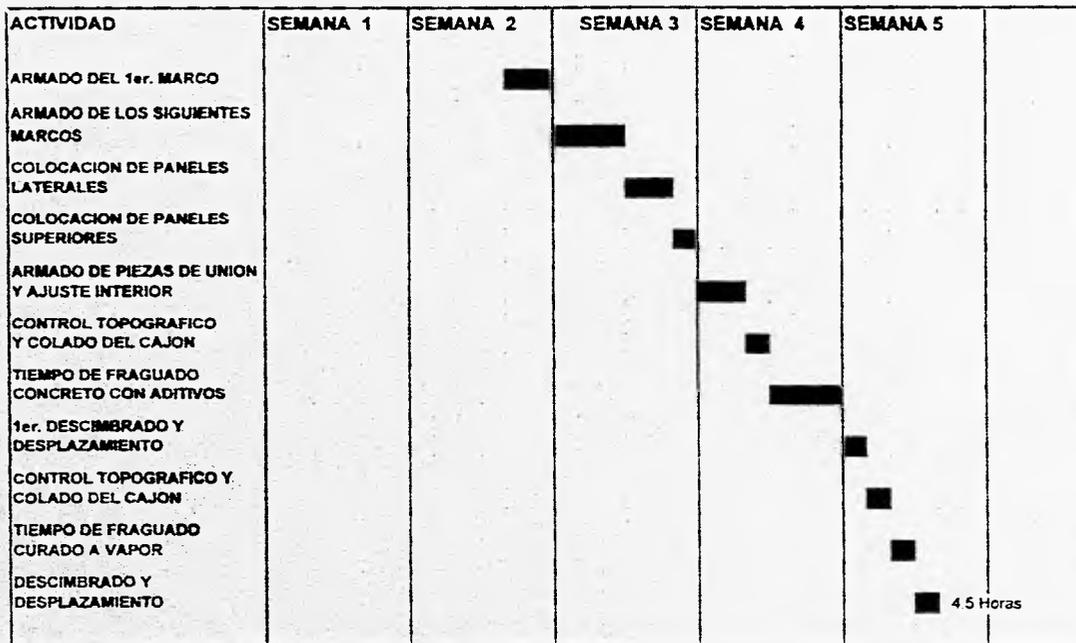


Figura 5.6.- Desplazamiento del sistema

ACTIVIDAD	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	
ARMADO INICIAL DE TABLERO	■						
COLOCACION DE MENSULAS DE SOPORTE	■						
ARMADO DEL CONJUNTO		■					
COLADO DE LOSA INF. Y MURO MUJON		■					
DESCIMBRADO Y DESPLAZAMIENTO		■					
MOVIMIENTO DE MENSULAS		■					
COLOCACION Y COLADO		■					
DESCIMBRADO Y DESPLAZAMIENTO		■					
MOVIMIENTO DE MENSULAS		■					
COLOCACION Y COLADO		■					

FIGURA 5.7-A Programa de cimbrado muro muñón

FIGURA 5.7-B Programa de cimbrao del cajón



**COMENTARIOS
Y
CONCLUSIONES**

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Una de las necesidades más apremiantes en las grandes ciudades es el transporte cotidiano de la población a sus lugares de trabajo y a los diferentes sitios de destino. Esto provoca graves congestionamientos de tránsito y consecuentemente pérdida de muchas horas hombre, tomando en cuenta que las distancias promedio entre los lugares de habitación y los lugares de destino son largas.

La construcción de un sistema de transporte requiere de una planeación y estudio de la zona, tanto para definir el trazo como el tipo de solución estructural adecuada, tomando en cuenta las propiedades del terreno, las características de las avenidas o vialidades y los posibles obstáculos que puedan llegar a interferir en el trazo definido. Dicha planeación y estudio arroja como resultado el tipo o tipos de solución constructiva que deberán conformar el trazo de la línea del Metropolitano en cuestión.

Para la red del Metro se han utilizado tres sistemas de construcción básicos: el subterráneo, el superficial y el elevado. Para el caso particular de la línea "B" del Metropolitano, está resuelta mediante los tres tipos de construcción a lo largo de su trazo, en el desarrollo de este escrito se hace especial énfasis en la solución subterránea, ya que es la más costosa y la que presenta mayores problemas constructivos por las obras inducidas que se realizan y por el tipo de terreno que se tiene en el tramo correspondiente a esta solución y en general en todo el valle de México. Particularmente en el tramo subterráneo se han encontrado vestigios de muros prehispánicos, huesos de bisonte y mamut, osarios de la época virreynal y evidencias de edificaciones de finales de siglo pasado, se debe tener especial cuidado en el procedimiento constructivo que se utilice, para no dañar este tipo de descubrimientos.

La línea "B" ha sido resuelta mediante cajón subterráneo en el tramo comprendido entre las estaciones de Buenavista y Morelos, y tomando en cuenta que cuando la profundidad de desplante es considerable y el nivel freático es alto, se requiere de una estructura que funcione como cimentación compensada y que además no permita filtraciones hidráulicas, por lo que la construcción se realizará mediante el sistema de cajón estructural con tablestaca de acompañamiento, que está compuesto por muros milán o tablestacas laterales y el cajón estructural propiamente dicho.

Como ya se sabe, de las actividades y materiales involucrados en la construcción del cajón del Metro, la mano de obra de la cimbra es la que ocupa el mayor porcentaje en cuanto al costo total de la estructura, por lo que se requiere un mayor cuidado en la selección del sistema de cimbra a utilizar, tomando en cuenta, no solo el costo del sistema sino las ventajas en cuanto a tiempo y personal necesario.

Los sistemas de cimbra han evolucionado a través de los años centrándose en garantizar calidad, economía y seguridad en las estructuras ejecutadas.

En la construcción de los diferentes tipos de cajón ejecutados para el Metropolitano de la ciudad

de México, se han aprovechado algunas innovaciones en cuanto a la cimbra se refiere: como son, el uso de cimbra modular con bastidor de acero y superficie de contacto de madera reusable de larga duración que puede ser adaptada a la mayoría de los trabajos, el uso de tirantes fijados a la cimbra por medio de cuñas y el uso de troqueles metálicos ajustables para la construcción de los muros estructurales, así como también armaduras de soporte ancladas en la losa inferior.

Como ya se mencionó, para el caso de la línea "B" del Metro, el cajón estructural va acompañado de muros tablestaca y por especificación tiene la particularidad de que los muros estructurales y la losa superior deben ser colados monolíticamente. Así pues, para este caso en particular se ha diseñado un sistema de cimbra móvil que facilita la construcción, ahorrando tiempo y mano de obra, mejorando la calidad general de la obra y aumentando la seguridad de los trabajadores.

El sistema de cimbra mencionado se compone de dos etapas básicas: una que es el cimbrado de muro muñón o inicio de muro estructural y el cimbrado del cajón conjuntamente con la losa superior. Tal sistema permite además para las dos etapas el desplazamiento horizontal de la cimbra a la siguiente etapa de colado sin tener que desarmar.

La cimbra para el colado del muro muñón está compuesta por tableros de cimbra modular tipo Steel-Ply troquelados por medio de tubos con ajustadores de tornillo en la parte inferior y por medio de ménsulas fijadas en el muro milán en la parte superior. El desplazamiento de ésta se lleva a cabo mediante unos colgadores con ruedas apoyadas en una viga mediante la cual la cimbra se desliza a la siguiente etapa.

Para el colado de los muros estructurales y losa superior se utiliza el sistema móvil, el cual consiste en un grupo de marcos con puntales horizontales ajustables y arriostramientos diagonales, también cuenta con gatos de soporte tipo tornillo y ruedas de apoyo mediante las cuales se desplaza el sistema a la siguiente etapa de colado.

El grupo de marcos sostiene a la cimbra metálica tipo Max-A-Forn de SYMONS y soportan las presiones de colado, tanto de los muros estructurales como de la losa superior.

La ventaja más importante del sistema, es que se puede efectuar el descimbrado y el desplazamiento del mismo sin tener que desarmar ninguna de las partes de la cimbra ni de la estructura de soporte, ya que sólo basta con ajustar cerrando la estructura mediante los brazos y puntales horizontales ajustables y bajar los gatos de soporte para que las ruedas de apoyo permitan desplazar la estructura mediante la ayuda de tirfors.

De lo anterior, se concluye que el sistema presentado representa una mejora en el procedimiento constructivo para los cajones subterráneos, ya que facilita el manejo de la cimbra en cualquier etapa, lo que repercute en el tiempo de ejecución de la obra y consecuentemente en el costo, tomando en cuenta que aunque el valor del sistema sea elevado, éste se amortiza disminuyendo la mano de obra, misma que como ya se mencionó, eleva los costos totales de ejecución cuando se utilizan cimbras convencionales.

Como se pudo observar en el desarrollo de este escrito, el sistema diseñado va enfocado a su

utilización especial para el cajón subterráneo del Metropolitano línea "B", lo cual no quiere decir que no pueda ser utilizado para otras obras de características similares, o bien volver a utilizarse en otros tramos de la misma línea con las adaptaciones que sean necesarias, ya que otra de las ventajas que presenta este sistema, es que la superficie de contacto puede ser cambiada por otra dependiendo de las necesidades de la obra y ajustada al ancho y alto requerido sin tener que modificar la estructura; como sería para el caso de la construcción de alcantarillas, pasos a desnivel, etc.

La utilización de este tipo de sistemas se debe promover en todas las obras por pequeñas que estas sean, partiendo del principio de que su costo se amortiza principalmente, con el ahorro de tiempo y mano de obra y con el uso de los equipos para varios trabajos similares para lograr esto, es necesario fabricar tanto la cimbra como la estructura de soporte con materiales de alta calidad, garantizando una mayor duración y un comportamiento más seguro durante la ejecución de la obra.

Actualmente existen ya en México, representantes de varias compañías que se dedican a este tipo de actividades principalmente a la fabricación de sistemas de cimbra, con experiencia suficiente, para garantizar el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas que pueden ofrecer estas compañías, analizando comparativamente con métodos convencionales aparentemente más económicos y de esta manera permitir un avance tecnológico mayor en la construcción.

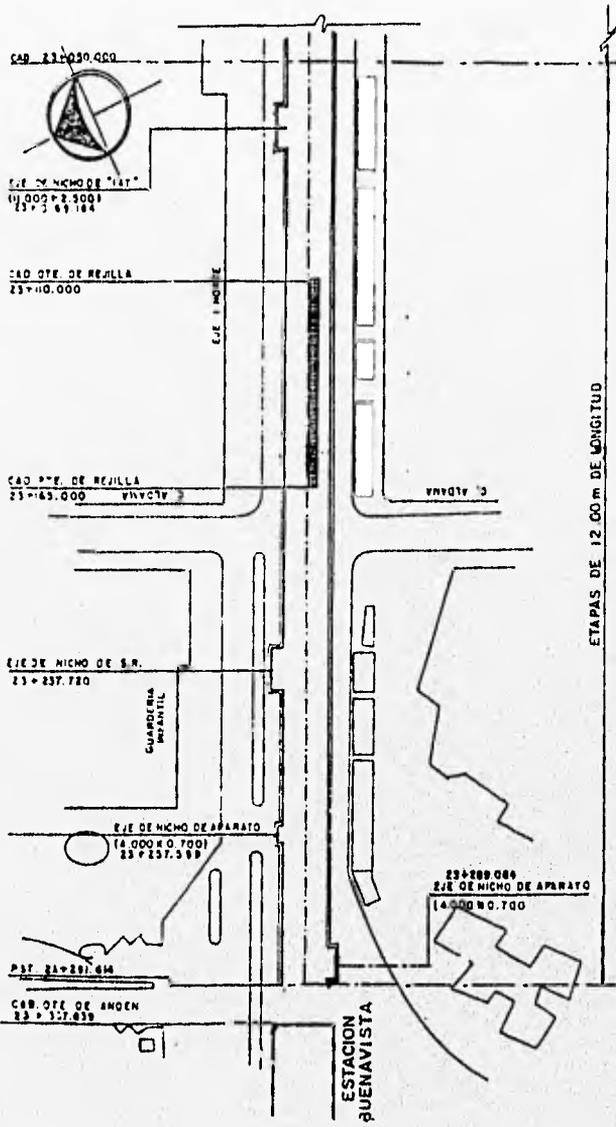
BIBLIOGRAFIA

- 1.- Formwork for Concrete by M. K. Hurd
Special Publication Number 4, Fifth Edition
American Concrete Institute Detroit.
- 2.- Forming and Form Materials Volume 2
Aberdeen's Concrete Construction Magazine 1993
- 3.- Serie Cimbras IMCYC
Diseño
J. G. Richardson Tomo I.
- 4.- Serie Cimbras IMCYC
Materiales, Montaje y Accesorios
J. G. Richardson Tomo II.
- 5.- Serie Cimbras IMCYC
Juntas, Aditamentos, Colado y Acabados
J. G. Richardson Tomo III.
- 6.- Serie Cimbras IMCYC
Fallas, Seguridad de la Cimbra y Descimbrado
J.G. Richardson Tomo IV.
- 7.- Manual AHMSA Construcción de Acero
Altos Hornos de México, S. A. 1975
- 8.- Guide to formwork for Concrete ACI. 347R-88
Reported by ACI. Committee 347
American Concrete Institute.
- 9.- Proceso Constructivo del Metropolitano Tramo Zapata-Viveros
(Sistema Cajón Subterráneo)
Tesis Licenciatura (Ingeniero Civil) UNAM Facultad de Ingeniería
Suárez Ortega Augusto
- 10.- Procedimiento de Construcción para un tramo de cajón a cielo abierto
para el Ferrocarril Metropolitano (Metro) de la Cd. de México.
Tesis Licenciatura (Ingeniero Civil) UNAM Facultad de Ingeniería
García de León Agraz J. Alejandro
- 11.- Revista Ingeniería
Organo Oficial de la Facultad de Ingeniería UNAM
Número I Vol. LII. año 1982

- “ Detalles de la Construcción de la Obra del Metro en la Cd. de México ”
- 12.- Apuntes de Diseño de Cimbras de Madera
Ing. Federico Alcaráz Lozano
Facultad de Ingeniería U. N. A. M.
 - 13.- Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal
Versión Abreviada de la Actualización a Junio de 1982
COVITUR.
 - 14.- Programa Maestro del Metro
Segunda Revisión, versión 1985
Secretaría General de Obras D. D. F.
COVITUR
 - 15.- Construcción del Metropolitano Línea “ B ” (Buenavista-Ecatepec)
Departamento de Difusión 1995
COVITUR
 - 16.- Revista Construcción y Tecnología
Vol. VIII. No. 83 Junio 1995
El Reto de los Sistemas Modernos de Cimbrado.
 - 17.- Revista Construcción de Obras Públicas
Septiembre 1995
“Encofrados y Andamiajes Aportan su Versatilidad a Proyectos Desafiantes ”

ANEXO

FIGURAS



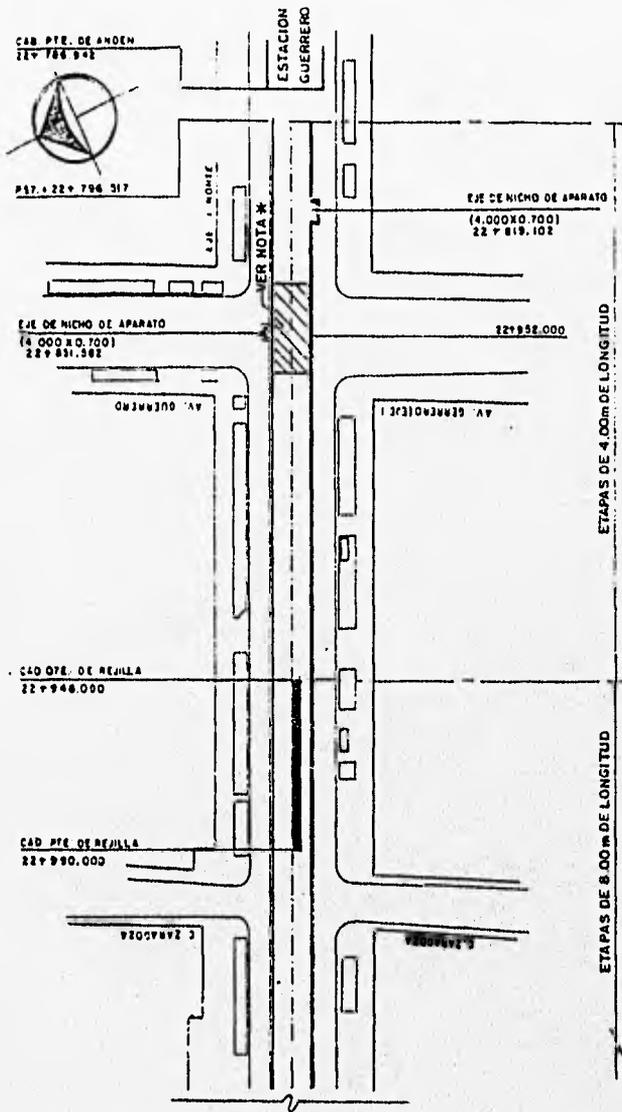
ETAPAS DE 12.00 M DE LONGITUD

CROQUIS DE LOCALIZACION
 TR. GUERRERO - BUENAVISTA (L- B)

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT. EN METROS

Figura No. 1.- Localización de etapas de 12.0 m de excavación

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso



SERVICIO ESPECIALIZADO
 EN DISEÑO Y
 PROYECTO DE OBRAS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
T.R. GUERRERO - BUENAVISTA (L - B)

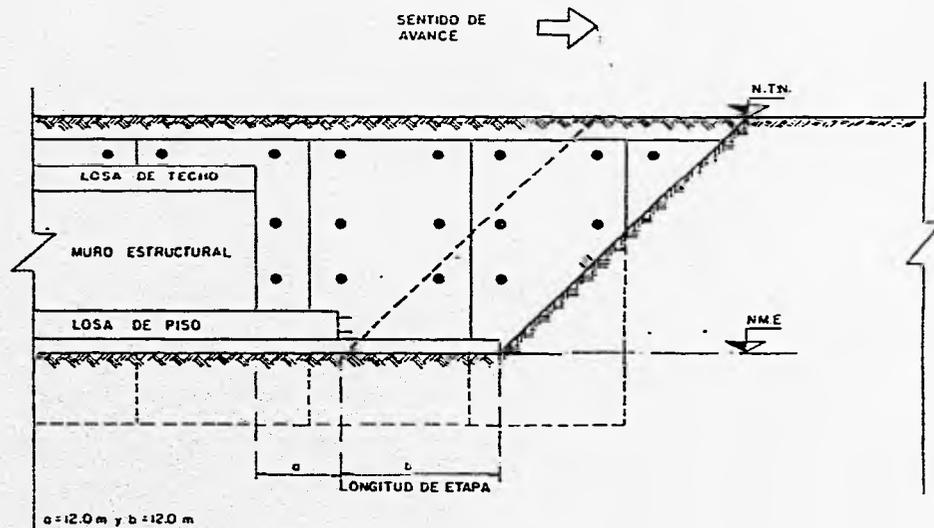
NOTA * LA ZONA ASICURADA SE CONSTRUIRA POR MEDIO DE UN TUNELEO FALSO,
 CONFORME A LO QUE SE INDICA EN ESCRITO POR SEPARADO.

Figura No. 2.- Localización de etapas de 8.0 m y 4.0 m de excavación

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso

Mandujano Lopez Juan Carlos
Toledo Vazquez Alfonso

Figura No. 3.- Geometría del talud para etapas de 12.0 m de excavación

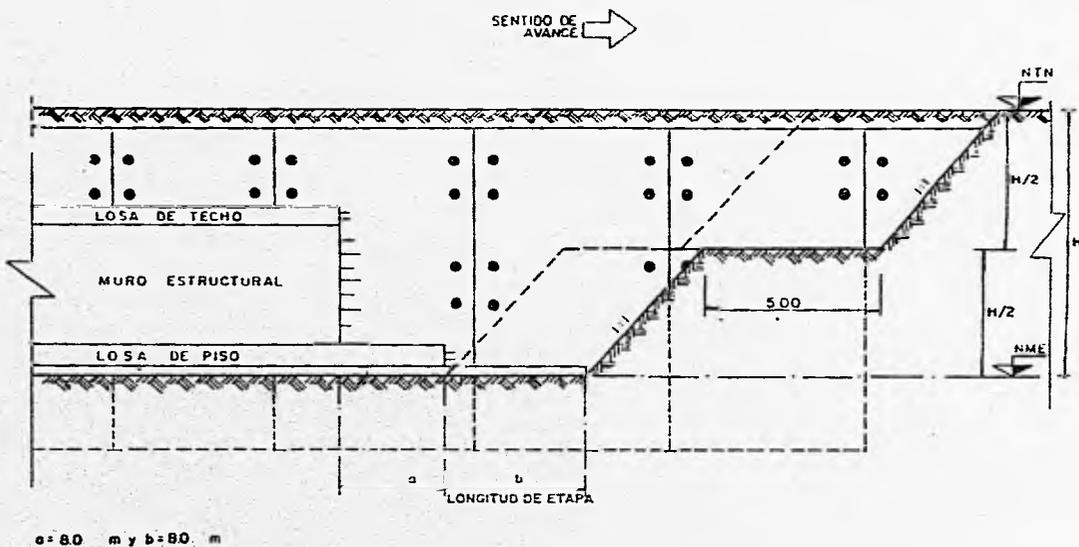


RESTRICCIONES DE AVANCE Y GEOMETRIA DEL TALUD

KM 22+946.000 al 23+291.614

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT EN METROS

Figura No. 4.- Geometría del talud para etapas de 8.0 m de excavación



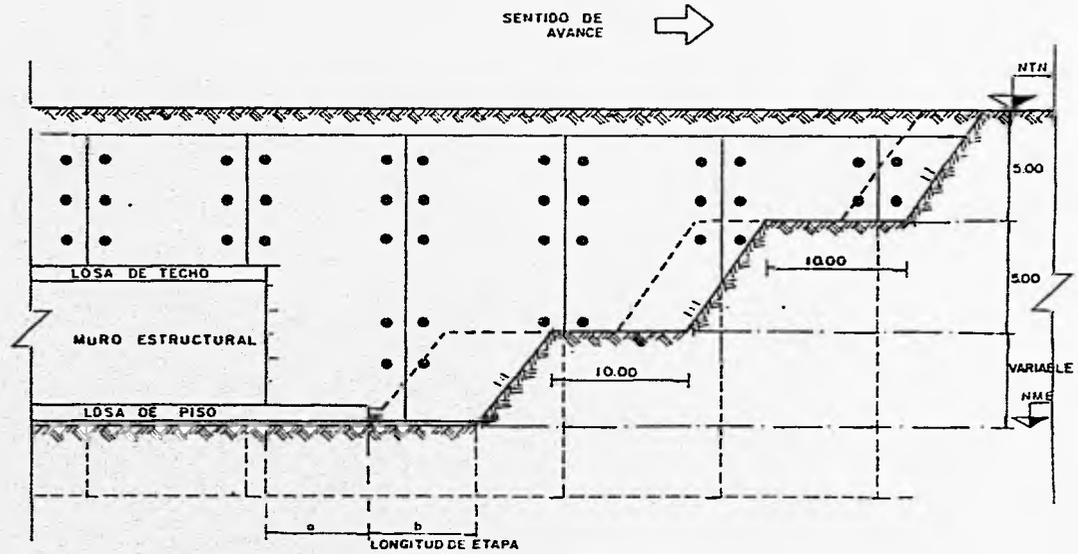
RESTRICCIONES DE AVANCE Y GEOMETRIA DEL TALUD

KM 22+946.000 a 22+892.000

DIBUJO ESQUEMATICO
ESC. EN METROS

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vazquez Alfonso

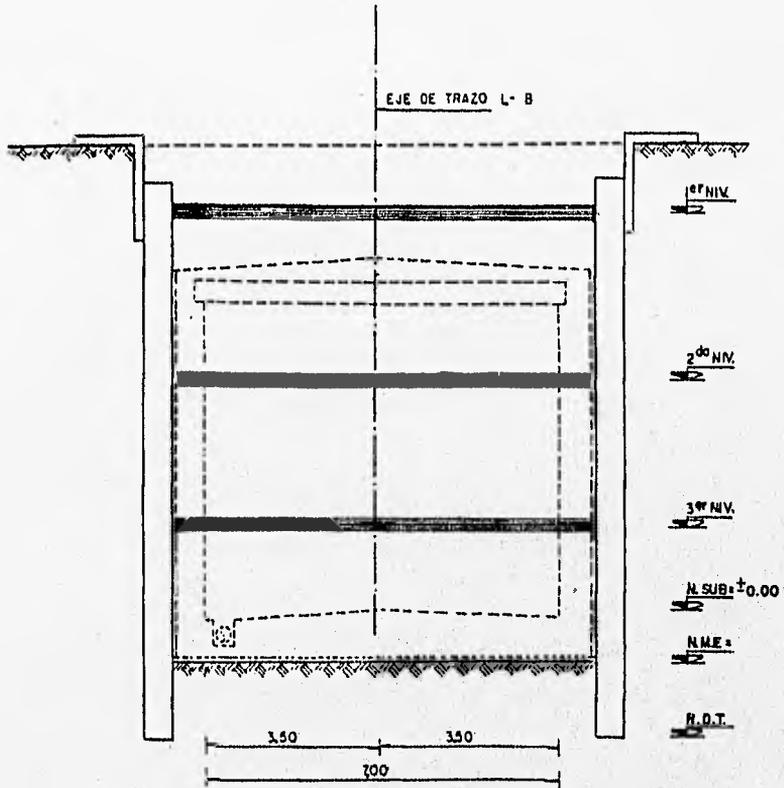
Figura No.5.- Geometría del talud para etapas de 4.0 m de excavación



a=4.0 m y b=4.0 m

RESTRICCIONES DE AVANCE Y GEOMETRIA DEL TALUD
KM 22+796.517 al 22+892.000

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS



CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD			CARACTERÍSTICAS
	+0.90	+1.00	+1.15	
12-749.00-63-+013.00	+0.90	+1.00	+1.15	NIVELES I Y L. Ø 14" CED. 40
12-013.00-12-+013.134	+0.90	+1.00	+1.15	NIVEL A. Ø 14" CED. 40
12-073.234-12-+110.00	+0.90	+1.00	+1.15	
12-143.80-12-+178.270	+0.90	+1.00	+1.15	
12-178.420-12-+231.870	+0.90	+1.00	+1.15	
12-241.770-12-+271.424	+0.90	+1.00	+1.15	
12-271.424-12-+286.714	+0.90	+1.00	+1.15	
12-286.714-12-+291.614	+0.90	+1.00	+1.15	

NOTA: EN EL CASO DE LOS NICHOS DE APARATOS ENCADADOS EN LOS CADENAMIENTOS 12-178.420 Y 12-174.784 EL NIVEL I ESTARA A 6.50 Y EL NIVEL IA A 7.43

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS

Figura No. 6.- Sección transversal con niveles de apuntalamiento

PROFUNDIDAD DE PATAS

CADENAMIENTO	LONGITUD DE PATAS EN (m)
22+796.517 AL 22+848.287	5.00
22+867.000 AL 22+892.500	5.00
22+892.500 AL 22+970.000	4.00
22+970.000 AL 23+035.000	3.00
23+035.000 AL 23+291.614	2.50

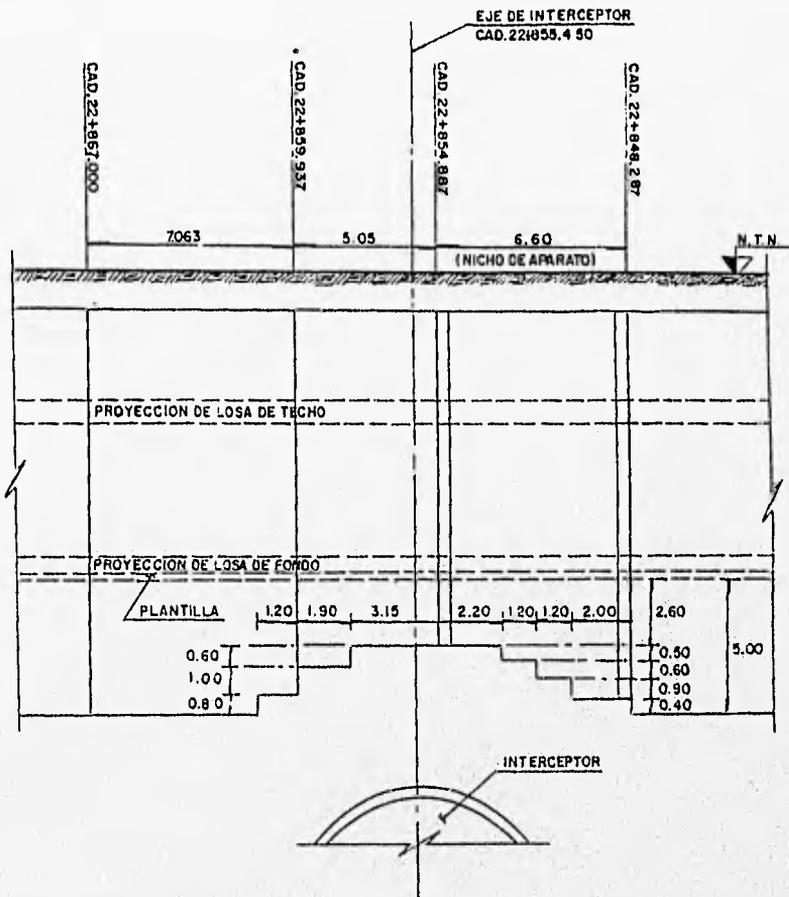
PLANTILLAS

CADENAMIENTO	ESPESOR DE PLANTILLA EN (m)
22+796.517 AL 23+110.000	0.10
23+110.000 AL 23+165.000	0.60
23+165.000 AL 23+291.614	0.10

NOTA:

ENTRE LOS CADENAMIENTOS 22+848.287 AL 22+867.000 LA LONGITUD DE PATA SERA VARIABLE, SEGUN SE INDICA EN LA FIGURA No. 7a.

Figura No. 7.- Profundidad de patas de tablestacas y espesor de plantillas



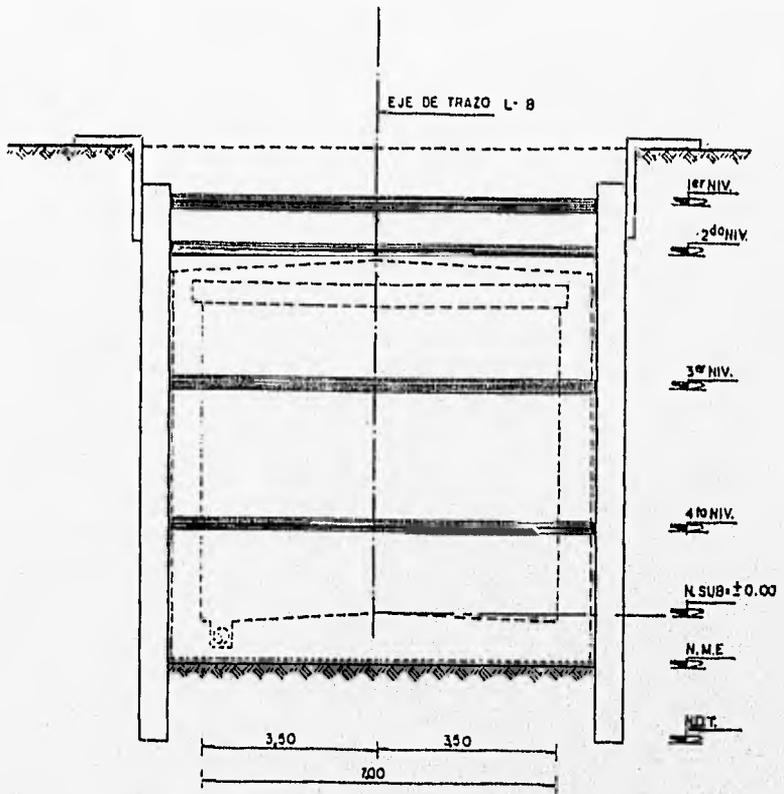
ZONA DE CRUCE DE L-B SOBRE EL INTERCEPTOR CENTRAL

TR. BUENAVISTA-GUERRERO LINEA B

DRUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS

Figura No.7a.- Variación de la profundidad de pata en cruce con interceptor central

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

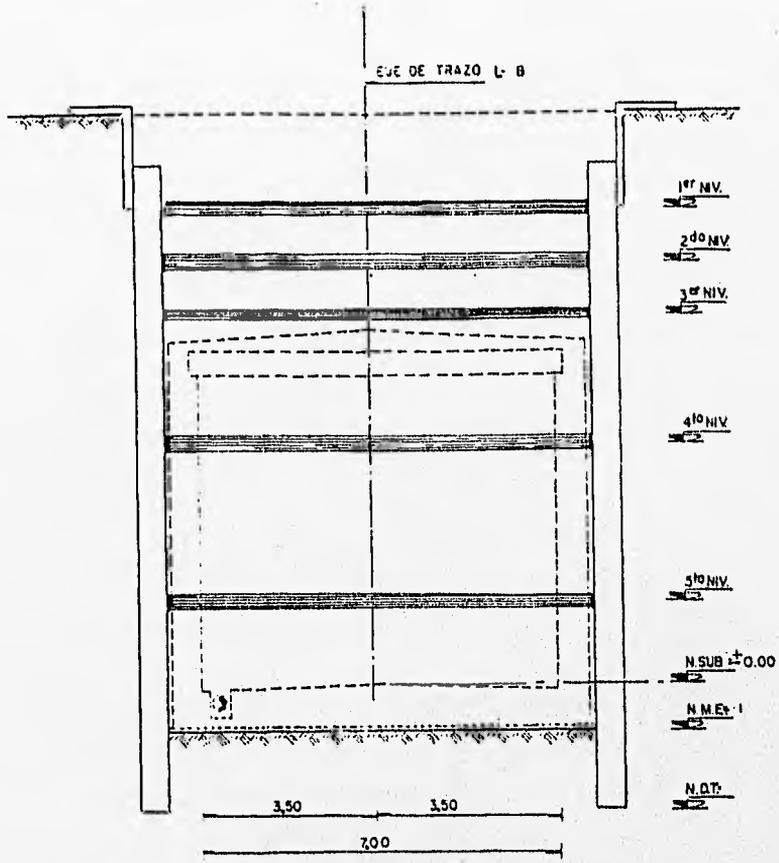


CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD				CARACTERÍSTICAS
	1	2	3	4	
22+946.00-22+937.00	+8.55	+6.85	+4.00	+1.15	NIVEL, 1 Y 3 ($\phi = 14"$, CED.40) NIVEL, 2 Y 4 ($\phi = 18"$, CED.40)
22+937.00-22+892.00	+9.70	+6.85	+4.00	+1.15	NIVEL, 1 Y 3 ($\phi = 14"$, CED.40) NIVEL, 2 Y 4 ($\phi = 20"$, CED.30)

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS

Figura No. 8.- Características de troquelamiento en diferentes cadenamientos

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso



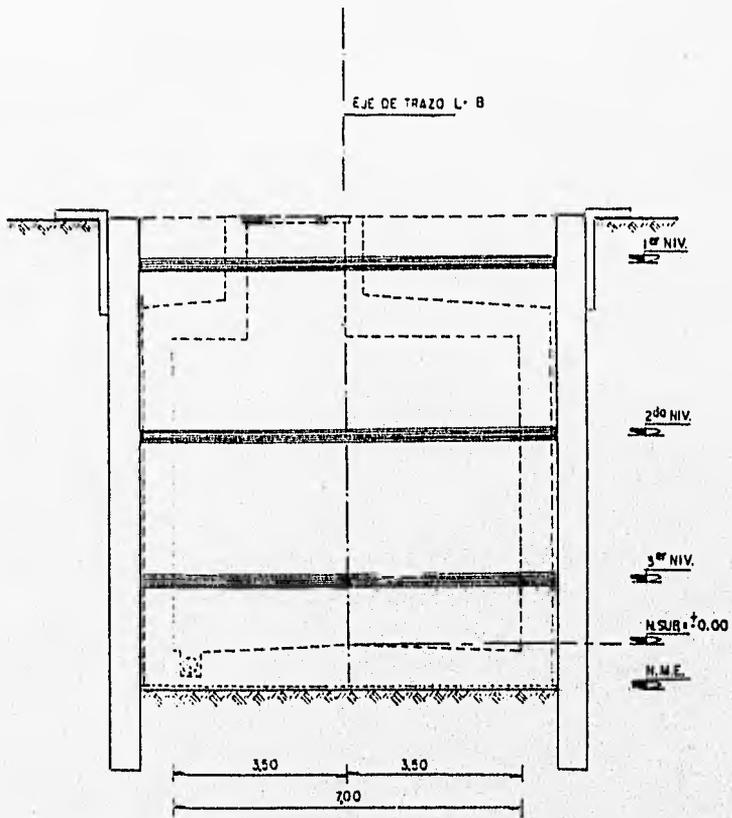
SECCION TIPO A-A'

CADENAMIENTO	NIVEL DE REFERENCIA					CARACTERISTICAS
	1	2	3	4	5	
22+892.00-22+854.182	+10.90	+8.85	+6.85	+4.00	+1.15	1º, 2º y 4º NIVELES ($\phi = 14^\circ$, ced.40) 3º Y 5º NIVELES ($\phi = 20^\circ$, ced.30)
22+854.182-22+848.882	+11.75	+9.20	+6.85	+4.00	+1.15	
22+848.882-22+821.802	+11.75	+9.30	+6.85	+4.05	+1.15	
22+821.802-22+816.402	+11.75	+9.20	+6.85	+4.00	+1.15	
22+816.402-22+796.517	+11.75	+9.30	+6.85	+4.05	+1.15	

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT. EN METROS

Figura No. 9.- Sección tipo A-A' con características de troqueles

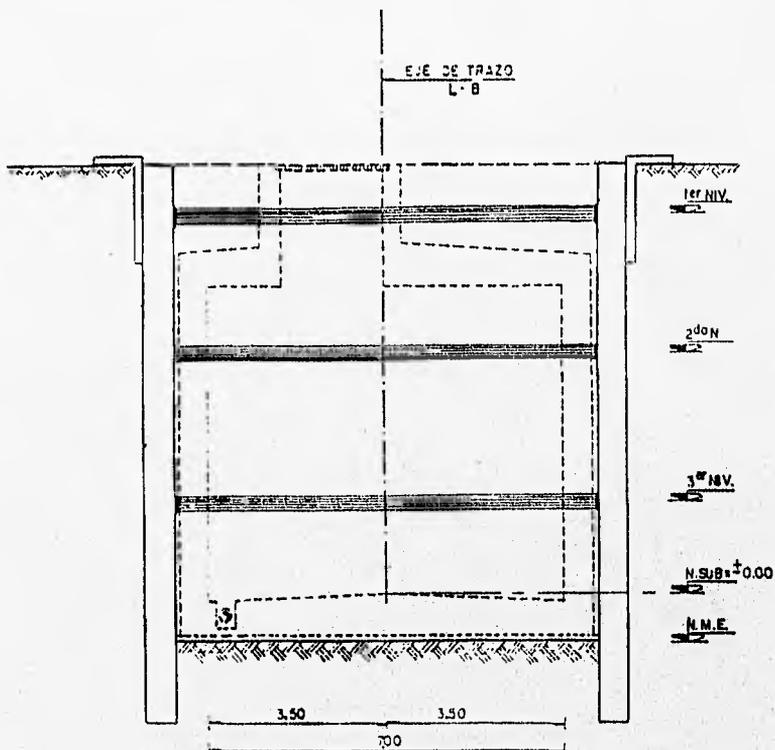
Mandujano López Juan Carlos
Tolledo Vázquez Alfonso



CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD			CARACTERÍSTICAS
	1	2	3	
22+990.00-22+968.00	+7.47	+4.31	+1.15	NIVEL 1, CELOSIA 4 x 6" x 3/4" (CAJON)
22+968.00-22+946.00	+8.20	+4.65	+1.15	NIVELES 2º Y 3º. $\phi = 20"$, CED.30

DIBUJO ESTUPEFACCO
ACOT. EN METROS

Figura No. 10.- Galería de ventilación con características de troqueles



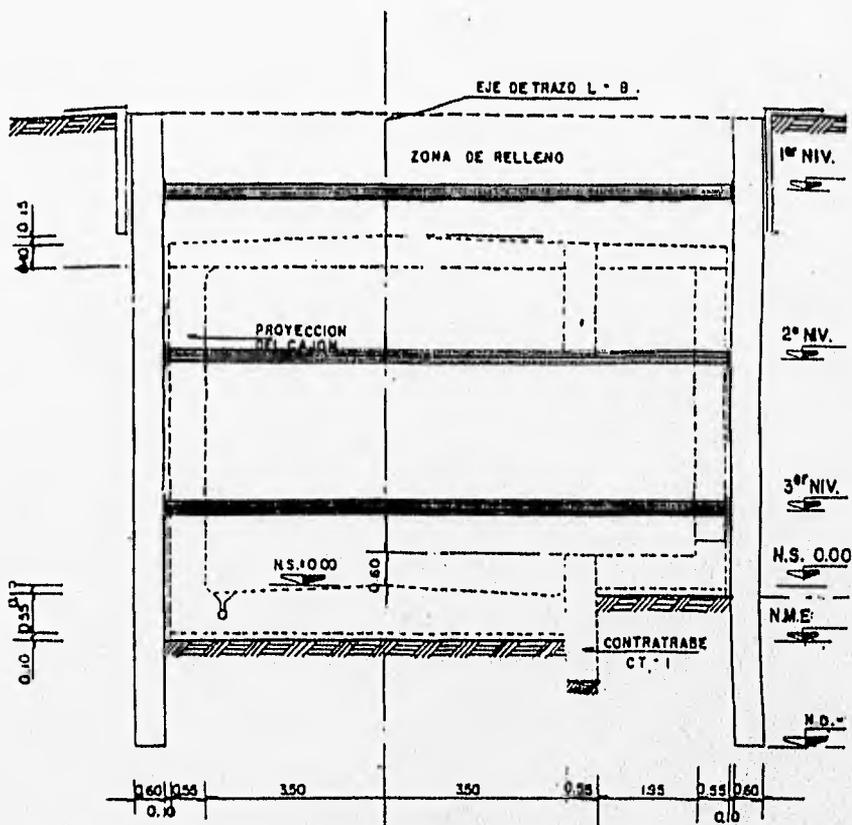
SECCION TIPO

CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD			CARACTERISTICAS
	1	2	3	
23+165.00-23+110.00	+7.25	+4.15	+1.15	NIVELES 1 Y 2, $\phi=12"$, CED. 40 NIVEL 3, $\phi=14"$, CED. 40

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT EN METROS

Figura No. 11.- Galería de ventilación, sección tipo con características de troqueles

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso



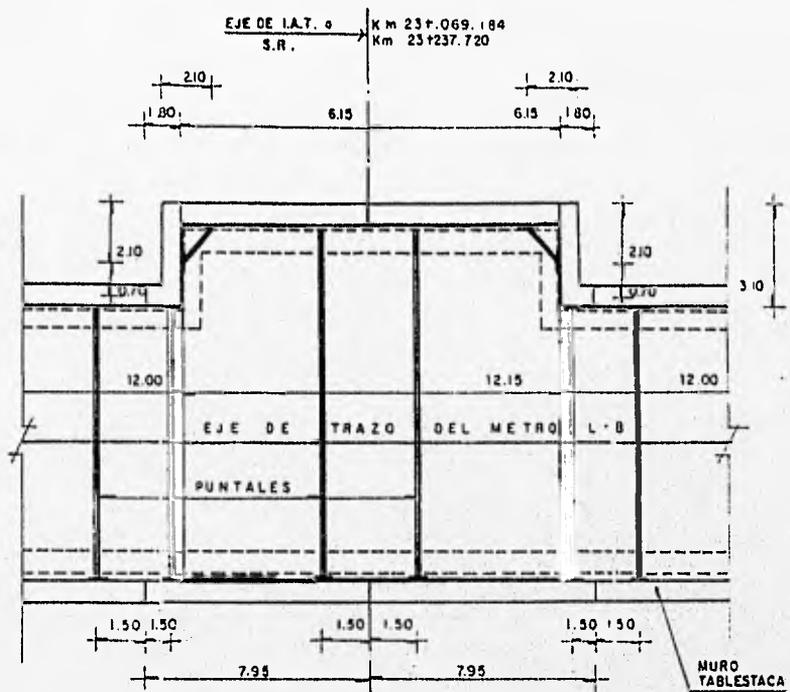
CORTE TRANSVERSAL
NICHO DE I.A.T Y S.R

CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD			CARACTERÍSTICAS
	+0.30	+0.10	+1.15	
23-009 184				NIVEL 1. 1º C.D. 40(L=4.30 m) 2º C.D. 40(L=10.50 m)
23-237 70				NIVEL 2. 1º C.D. 40(L=4.30 m) 2º C.D. 40(L=10.50 m)
				NIVEL 3. 1º C.D. 40(L=4.30 m) 2º C.D. 40(L=10.50 m)
				NIVEL 4. 1º C.D. 40(L=4.30 m) 2º C.D. 40(L=10.50 m) 3º C.D. 40(L=10.50 m)

DIBUJO ESQUEMATICO.
 ACOTACION EN METROS.

Figura No. 12.- Zona de nichos con características de troqueses

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso



PLANTA DE ETAPAS DE EXCAVACION Y APUNTALAMIENTO
NICHOS DE I.A.T Y S.R.

Figura No. 13.- Zona de nichos; etapas de excavación y apuntalamiento

Mandujano López Jitan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso

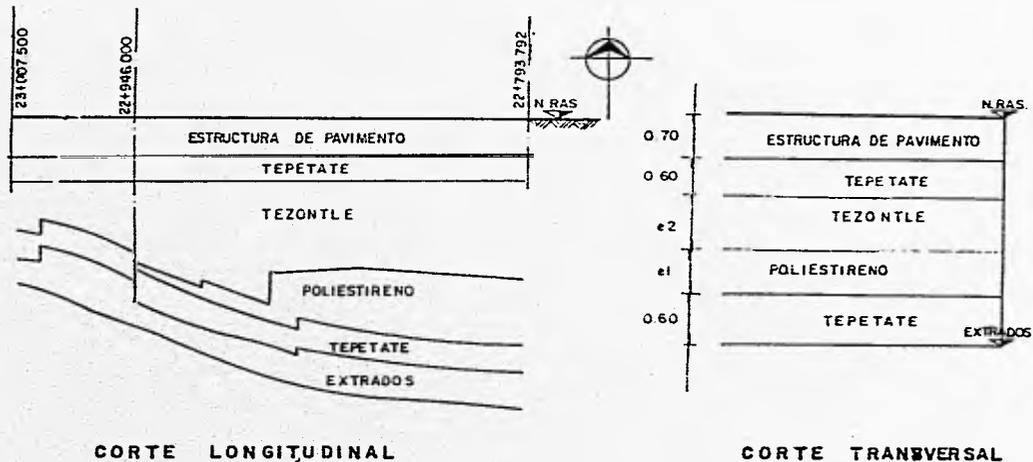


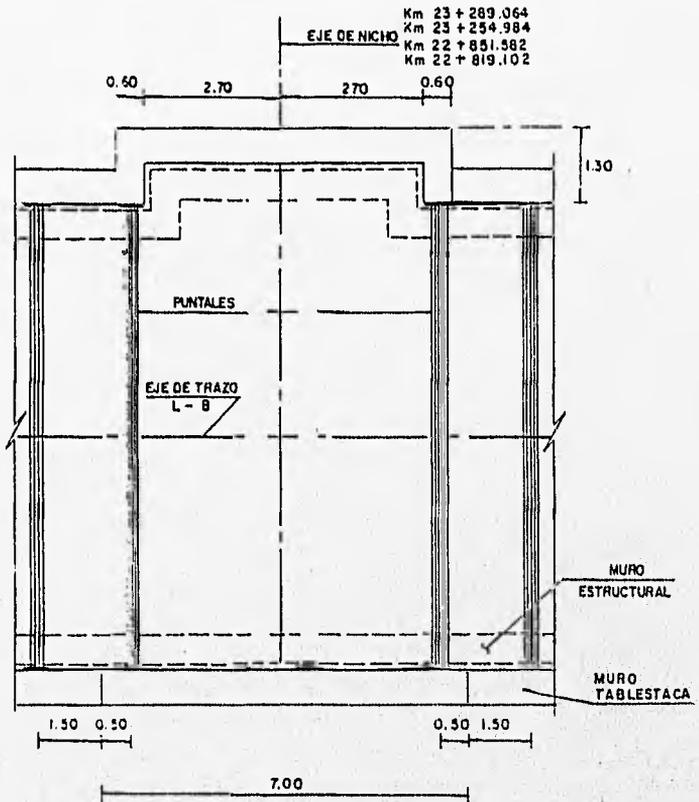
Figura No. 14.- Espesores de relleno sobre cajón

TABLA DE ESPESORES

CADENAMIENTO	ESPESOR DE TEZONTLE	ESPESOR DE POLIESTIRENO
	e 2	e 1
22+793.792 AL 22+ 800.000	3.50	2.50
22+800.000 AL 22+ 820.000	3.50	2.50
22+820.000 AL 22+ 840.000	3.00	2.50
22+840.000 AL 22+ 860.000	3.00	2.00
22+860.000 AL 22+ 880.000	3.00	2.00
22+880.000 AL 22+ 892.000	3.00	2.00
22+892.000 AL 22+ 900.000	3.00	2.00
22+900.000 AL 22+ 920.000	3.50	1.00
22+920.000 AL 22+ 937.000	3.50	0.50
22+937.000 AL 22+ 946.000	3.00	0.50

TRAMO BUENAVISTA - GUERRERO LINEA - B

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT EN METROS



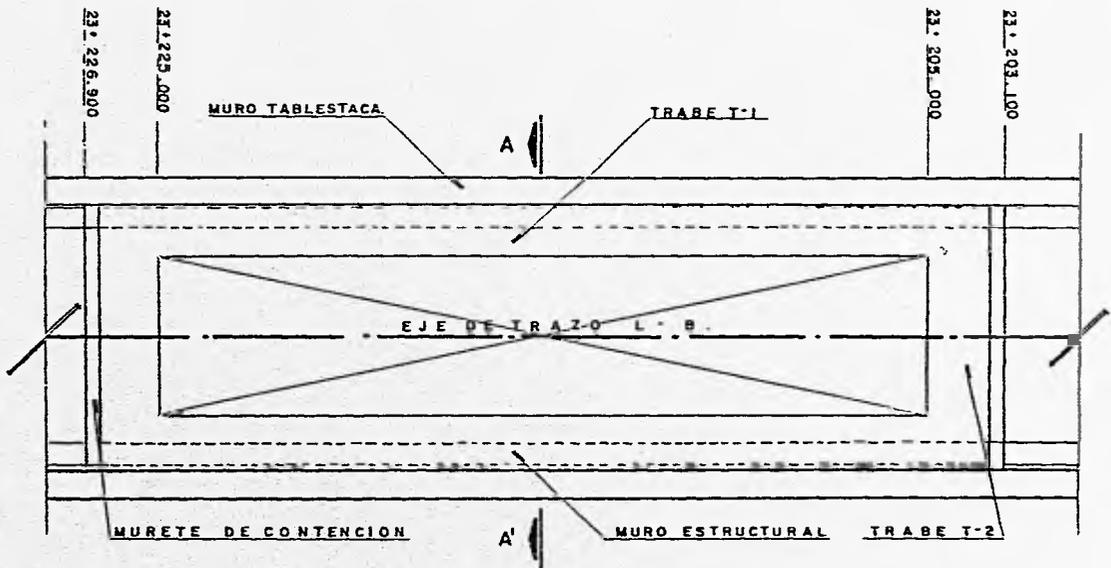
PLANTA DE APUNTALAMIENTO

NICHOS DE APARATO
TR. BUENAVISTA - GUERRERO L - B

DIBUJO ESQUEMATICO
ACOT EN METROS

Figura No.15.- Nichos de aparato

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

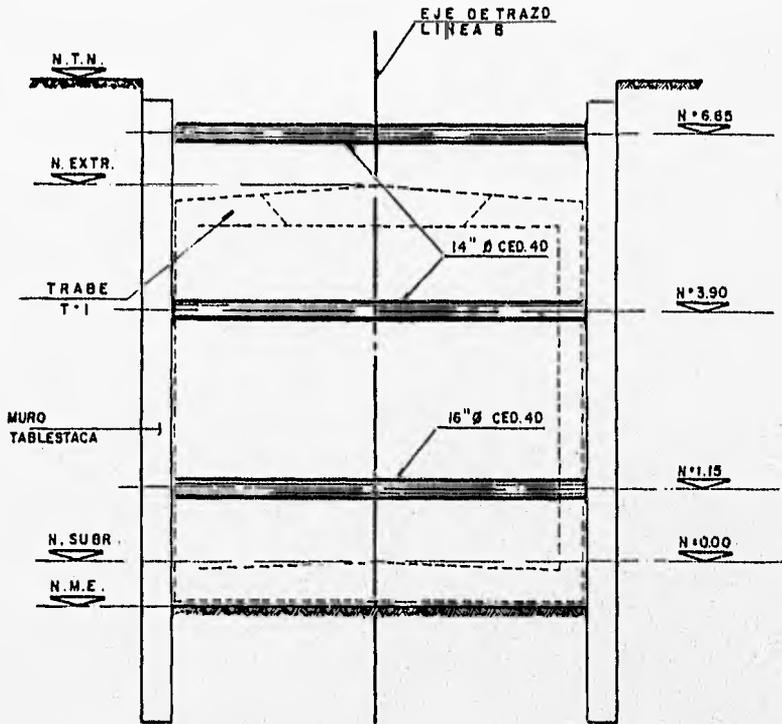


PLANTA DE ALCANCIA
TR. GUERRERO - BUENAVISTA LINEA B
 (23 + 203 . 100 AL 23 + 226 . 900)

DIBUJO ESQUEMATICO
 A COT EN MTS

Figura No. 16.- Zona de alcancia (planta)

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso



CORTE TRANSVERSAL A - A
ALCANCIA
TR. GUERRERO - BUENAVISTA L - B
(23+ 203 . 100 AL 23+ 226 . 900)

DIBUJO ESQUEMATICO
 ACOT. EN MTS.

Figura No. 17.- Zona de alcancia (corte transversal)

Mandujano López Juan Carlos
 Toledo Vázquez Alfonso

· ANEXOS

AYUDAS DE DISEÑO

TABLA No. 1

FORMULAS Y DIAGRAMAS DE VICAS
PARA DIVERSAS CONDICIONES DE CARGA ESTÁTICA

VIGAS CON APOYOS SIMPLES

CARGA	MOMENTO	CORTE	DEFLEXION
	$M_x = \frac{w}{2}x \left(l - \frac{x}{2} \right)$ $M_{MAX} = \frac{wl^2}{8}$	$R_A = R_B = \frac{w}{2}$	$\delta_{MAX} = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$
	$M_{MAX} = \frac{wl^2}{8}$	$R_A = R_B = \frac{w}{2}$	$\delta_{MAX} = \frac{wl^3(11l^2 - 7a^2)}{96EI}$
	$M_x = \frac{W}{l}x \left(l - \frac{x}{2} \right)$ $M_{MAX} = 0.125Wl$ $x = 0.374L$	$R_A = \frac{W}{3}$ $R_B = 2W/3$	$\delta_{MAX} = \frac{0.0045Wl^3}{EI}$ $x = 0.581L$
	$M_{MAX} = \frac{w}{6} \left(\frac{2}{3}l \right)^2$ $x = \frac{2}{3}l$	$R_A = \frac{w}{3} \left(\frac{2}{3}l + 1 \right)$ $R_B = \frac{w}{3} \left(\frac{1}{3}l + 1 \right)$	$\delta_{MAX} = \frac{w}{162EI} (6l^3 - 6l^2 + 1)$
	$M_{MAX} = \frac{w}{6} \left(\frac{2}{3}l - \frac{a}{2} \right)^2$ $x = \frac{2}{3}l - \frac{a}{2}$	$R_A = \frac{w}{3} \left(l - \frac{a}{2} \right)$ $R_B = \frac{wa}{3}$	$\delta_{MAX} = \frac{w}{162EI} \left[6l^3 - 6l^2 + 1 - 6a \left(\frac{2}{3}l - \frac{a}{2} \right) + 3a^2 \right]$
	$M_{MAX} = \frac{w}{6} \left(\frac{2}{3}l - \frac{a}{2} \right)^2$ $x = \frac{2}{3}l - \frac{a}{2}$	$R_A = \frac{w}{3} \left(\frac{2}{3}l + 1 \right)$ $R_B = \frac{w}{3} \left(\frac{1}{3}l + 1 \right)$	$\delta_{MAX} = \frac{w}{162EI} \left[6l^3 - 6l^2 + 1 - 6a \left(\frac{2}{3}l - \frac{a}{2} \right) + 3a^2 \right]$

Momentos y cortantes para carga con distribución triangular

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 2

CANALES PERFIL ESTANDAR
CPS
PROPIEDADES PARA DISEÑO



PERFIL	PERO	AREA	PATTN		MAYOR	S I R H - H			S I R Y - Y			
			A cm	B cm		1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	
3 76.2	6.10	77.8	35.81	6.91	4.32	66.6	17.5	2.95	8.32	3.41	1.04	1.12
	7.44	9.42	38.05	6.91	6.55	74.9	19.7	2.82	10.41	3.91	1.04	1.12
	9.91	11.29	40.54	6.91	9.04	87.4	22.9	2.78	12.90	4.42	1.07	1.17
4 101.4	4.04	10.06	40.11	7.52	4.57	158.2	11.1	1.98	13.32	4.25	1.14	1.17
	10.79	13.68	43.69	7.52	8.13	187.3	36.9	1.70	18.31	5.74	1.17	1.17
5 127.8	9.97	12.58	44.45	8.13	4.81	308.0	48.5	4.95	19.98	6.23	1.27	1.24
	13.39	16.97	47.88	8.13	8.26	366.3	57.7	4.65	26.64	7.37	1.24	1.22
6 152.4	12.30	15.42	48.77	8.71	5.08	541.1	71.0	5.94	29.14	8.19	1.37	1.32
	19.63	19.81	51.66	8.71	7.98	628.5	82.5	5.64	36.21	9.34	1.35	1.27
	19.35	24.58	54.79	8.71	11.10	720.1	94.5	5.41	43.79	10.65	1.35	1.32
7 177.8	14.58	18.39	51.09	9.30	5.33	878.2	98.8	6.91	40.79	10.32	1.50	1.40
	18.23	23.10	55.73	9.30	7.96	1003.1	112.8	6.58	49.95	11.63	1.47	1.35
	21.95	27.87	58.39	9.30	10.64	1127.9	126.9	6.38	58.27	12.95	1.45	1.35
8 201.3	17.11	21.68	57.40	9.91	5.59	1344.4	132.3	7.87	54.11	12.93	1.60	1.47
	20.46	25.94	59.51	9.91	7.70	1490.1	146.6	7.59	62.41	14.09	1.57	1.42
	27.50	35.42	64.19	9.91	12.37	1818.9	179.0	7.16	83.25	16.39	1.52	1.45
10 254	22.76	28.97	64.04	11.07	6.10	2605.4	221.2	9.83	94.90	18.01	1.81	1.61
	37.20	47.42	73.30	11.07	13.36	3796.0	298.2	8.94	139.85	24.25	1.72	1.57
	44.64	56.90	77.04	11.07	17.09	4287.2	339.2	8.69	183.99	27.04	1.70	1.65
12 304.8	30.80	39.29	74.73	12.72	7.16	5369.4	352.3	11.71	161.50	28.35	2.03	1.77
	37.20	47.42	77.39	12.72	9.83	5993.7	394.9	11.25	186.05	30.81	1.98	1.71
	44.64	56.90	80.52	12.72	12.95	6742.9	442.4	10.59	213.94	33.78	1.94	1.71

Propiedades geométricas de canales

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 3

FORMULAS Y DIAGRAMAS DE VIGAS PARA DIVERSAS CONDICIONES DE CARGA ESTÁTICA			
VIGAS CON APOYOS SIMPLES			
CARGA			
MOMENTO	 $M_{max} = \frac{Pl}{4}$	 $M_{max} = Pl$	 $M_{max} = \frac{Pl}{2}$
CORTE	 $R_A = R_B = \frac{P}{2}$	 $R_A = R_B = P$	 $R_A = R_B = P$
DEFORMACION	 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$	 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48(l^2 - (l/2)^2)}$	 $\delta_{max} = \frac{2Pl^3}{48EI}$
CARGA			
MOMENTO	 $M_{max} = \frac{Pl^2}{8}$	 $M_A = \frac{Pl^2}{16}$ $M_B = \frac{Pl^2}{16}$	 $M_A = M_B = \frac{Pl^2}{8}$ $M_C = \frac{Pl^2}{8}$
CORTE	 $R_A = P/2$, $R_B = P/2$	 $R_A = P$, $R_B = P$	 $R_A = P$, $R_B = P$
DEFORMACION	 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$ <small>Este valor es un 20% menor que el valor real de 0.277 l^3 del centro de la viga. l > 2a.</small>	 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48(l^2 - a^2)}$ <small>Para la deflexión exacta, muestre los valores de los momentos para cada P en particular, restando la flexión del otro punto cargado.</small>	 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$

Momentos y cortantes para vigas con carga concentrada

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 4

**ANGULOS PERFIL ESTANDAR
DE LADOS IGUALES**



ANGULOS PERFIL STANDARD
DE LADOS IGUALES
A.P.S.

Propiedades para diseño y dimensiones para detallar

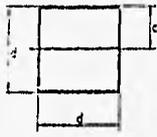
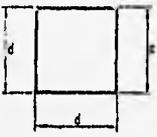
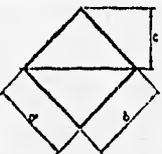
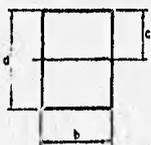


PERFIL	DIMENSIONES		Peso Kg/m	A cm	B cm	I cm ⁴	SURA X Y		Z = P cm
	B mm	Pulg					I cm ⁴	I cm ⁴	
3 76.2	6.3	1/4	7.29	9.29	7.9	51.60	9.5	2.36	2.11
	7	5/16	9.08	11.46	7.9	62.90	11.60	2.34	2.21
	9.5	3/8	10.72	13.61	7.9	73.30	13.60	2.31	2.26
	12.7	1/2	13.94	17.74	7.9	92.40	17.30	2.29	2.36
	15.9	5/8	17.11	21.86	7.9	109.10	21.30	2.24	2.46
4 101.6	6.3	1/4	9.82	12.52	9.5	124.90	17.30	1.18	2.77
	7.9	5/16	12.20	15.48	9.5	154.40	21.10	1.15	2.84
	9.5	3/8	14.54	18.45	9.5	181.50	24.40	1.12	2.89
	11.1	7/16	16.92	21.35	9.5	206.90	26.70	1.12	2.94
	12.7	1/2	19.05	24.19	9.5	231.40	32.30	1.10	2.99
	15.9	5/8	23.36	29.74	9.5	277.20	39.30	1.05	3.12
19.0	3/4	27.53	35.10	9.5	318.70	46.00	1.02	3.22	
5 127.0	9.5	3/8	18.30	23.29	12.7	363.8	39.7	3.96	3.53
	11.1	7/16	21.28	26.97	12.7	417.1	45.7	3.94	3.58
	12.7	1/2	24.11	30.65	12.7	468.3	51.6	3.91	3.63
	15.9	5/8	29.76	37.81	12.7	565.3	63.3	3.86	3.76
	19.0	3/4	35.12	44.77	12.7	655.2	74.2	3.81	3.86
6 152.4	9.5	3/8	22.17	28.13	12.7	440.6	57.8	4.78	4.16
	11.1	7/16	25.60	32.65	12.7	515.9	66.7	4.75	4.22
	12.7	1/2	28.17	37.10	12.7	588.7	75.5	4.72	4.27
	14.3	9/16	32.59	41.48	12.7	658.6	84.2	4.70	4.34
	15.9	5/8	36.01	45.87	12.7	725.6	92.8	4.67	4.39
	19.0	3/4	42.71	54.45	12.7	871.7	109.1	4.65	4.52
22.2	7/8	49.26	62.77	12.7	1005.6	125.0	4.60	4.62	
25.4	1	55.66	70.97	12.7	1176.0	140.0	4.57	4.72	

Propiedades geométricas de ángulos

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 5

PROPIEDADES DE SECCIONES GEOMETRICAS	
<p>CUADRADO Eje de momentos en el centro</p> 	$A = d^2$ $c = \frac{d}{2}$ $I = \frac{d^4}{12}$ $S = \frac{d^3}{6}$ $r = \frac{d}{\sqrt{12}} = .288675 d$ $Z = \frac{d^3}{4}$
<p>CUADRADO Eje de momentos en la base</p> 	$A = d^2$ $c = d$ $I = \frac{d^4}{3}$ $S = \frac{d^3}{3}$ $r = \frac{d}{\sqrt{3}} = .577350 d$
<p>CUADRADO Eje de momentos en la diagonal</p> 	$A = d^2$ $c = \frac{d}{\sqrt{2}} = .707107 d$ $I = \frac{d^4}{12}$ $S = \frac{d^3}{6\sqrt{2}} = .117851 d^3$ $r = \frac{d}{\sqrt{12}} = .288675 d$ $Z = \frac{2c^3}{3} = \frac{d^3}{3\sqrt{2}} = .235702 d^3$
<p>RECTANGULO Eje de momentos en el centro</p> 	$A = bd$ $c = \frac{d}{2}$ $I = \frac{bd^3}{12}$ $S = \frac{bd^2}{6}$ $r = \frac{d}{\sqrt{12}} = .288675 d$ $Z = \frac{bd^2}{4}$

Módulo de sección del rectángulo

TABLA No. 6

TUBOS DE ACERO											
DIMENSIONES											
Y											
PROPIEDADES											
DIMENSIONES											
Diám. Nom. - nal	Diám. exterior		Diám. interior		Espesor		Peso en libras por pie Entero sin rosca	A.S.A. CEDULA	PROPIEDADES		
	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm			I en cm ²	AREA en cm ²	r en cm
ESTANDAR											
3	3.500	88.9	3.063	77.9	.216	5.5	11.28	40	125	14.37	2.75
3½	4.000	101.6	3.549	90.1	.226	5.7	13.56	40	199	17.29	3.40
4	4.500	114.3	4.026	102.3	.237	6.0	16.06	40	301	20.18	3.84
5	5.563	141.3	5.047	128.2	.258	6.6	21.76	40	631	27.74	4.78
6	6.625	168.3	6.065	154.1	.280	7.1	28.23	40	1171	38.01	5.72
8	8.625	219.1	7.981	202.7	.322	8.2	42.49	40	3017	54.19	7.47
10	10.750	273.1	10.020	254.3	.365	9.3	60.74	40	6689	76.84	9.32
12	12.750	323.9	12.000	304.8	.375	9.5	73.75		11625	94.06	11.13
EXTRA FUERTE											
3	3.500	88.9	2.900	73.7	.300	7.6	15.25	80	162	19.46	2.90
3½	4.000	101.6	3.364	85.4	.318	8.1	18.62	80	261	23.75	3.33
4	4.500	114.3	3.826	97.2	.337	8.5	22.29	80	400	28.43	3.76
5	5.563	141.3	4.813	122.3	.375	9.5	30.92	80	860	39.43	4.67
6	6.625	168.3	5.761	146.3	.432	11.0	42.52	80	1685	51.23	5.59
8	8.625	219.1	7.625	193.7	.500	12.7	64.57	80	4399	83.39	7.12
10	10.750	273.1	9.750	247.7	.500	12.7	81.46	80	8820	103.87	9.22
12	12.750	323.9	11.750	298.5	.500	12.7	97.36		19047	124.13	11.02
DOBLE EXTRA FUERTE											
3	3.500	88.9	2.300	58.4	.600	15.2	27.65		249	35.26	2.67
4	4.500	114.3	3.152	80.1	.674	17.1	40.98		636	52.26	3.14
5	5.563	141.3	4.063	103.2	.750	19.1	57.37		1400	73.14	4.37
6	6.625	168.3	4.897	124.4	.864	21.9	79.11		2761	100.90	5.21
8	8.625	219.1	6.875	174.6	.875	22.2	107.77		6743	137.42	7.01
10	10.750	273.1	8.750	222.3	1.000	25.4	154.96	140	13309	197.61	8.91
12	12.750	323.9	10.750	273.1	1.000	25.4	186.75	120	26710	218.11	10.59

Propiedades geométricas de tubos

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 7

TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION EN kg. cm.², EN FUNCION DE SU RELACION DE ESBELTEZ.

ESFUERZOS PERMISIBLES EN COLUMNAS DE ACERO = kg/cm²

Miembros principales y secundarios con relaciones de esbeltez de 1 a 139

$$K \cdot L / r \leq 139$$

L/r	TIPO DE ACERO		L/r	TIPO DE ACERO		L/r	TIPO DE ACERO	
	A-36	AH-55		A-36	AH-55		A-36	AH-55
10	1518.8	2119.8	41	1462.2	1955.5	91.0	1071.8	1395.2
20	1516.0	2114.3	42	1461.5	1956.9	92.0	1069.9	1379.2
30	1513.1	2108.7	43	1460.7	1948.9	93.0	1067.9	1363.2
40	1510.1	2102.9	44	1459.9	1947.5	94.0	1065.9	1347.0
50	1507.0	2096.9	45	1459.0	1939.5	95.0	1063.8	1330.7
60	1503.8	2090.7	46	1458.1	1938.1	96.0	1061.7	1314.3
70	1500.5	2084.3	47	1457.1	1936.6	97.0	1059.5	1297.7
80	1497.2	2077.7	48	1456.0	1935.0	98.0	1057.3	1281.0
90	1493.8	2071.0	49	1454.9	1932.2	99.0	1055.0	1264.2
100	1490.3	2064.1	50	1453.7	1927.3	100.0	1052.6	1247.3
110	1486.7	2056.9	51	1452.5	1924.1	101.0	1050.2	1230.3
120	1483.1	2049.6	52	1451.2	1921.1	102.0	1047.7	1213.2
130	1479.3	2042.2	53	1449.8	1917.8	103.0	1045.2	1196.0
140	1475.5	2034.5	54	1448.4	1914.4	104.0	1042.6	1178.7
150	1471.6	2026.7	55	1447.0	1910.9	105.0	1040.0	1161.3
160	1467.7	2018.7	56	1445.5	1907.2	106.0	1037.3	1143.8
170	1463.8	2010.6	57	1444.0	1903.4	107.0	1034.6	1126.2
180	1459.8	2002.1	58	1442.4	1899.5	108.0	1031.8	1108.5
190	1455.8	1993.5	59	1440.8	1895.5	109.0	1029.0	1090.7
200	1451.7	1985.2	60	1439.2	1891.1	110.0	1026.1	1072.8
210	1447.6	1976.4	61	1437.5	1887.0	111.0	1023.2	1054.8
220	1443.4	1967.4	62	1435.8	1882.6	112.0	1020.2	1036.7
230	1439.1	1958.3	63	1434.1	1878.1	113.0	1017.2	1018.5
240	1434.8	1949.0	64	1432.3	1873.4	114.0	1014.1	1000.2
250	1430.5	1939.6	65	1430.5	1868.6	115.0	1011.0	981.8
260	1426.1	1930.0	66	1428.7	1863.7	116.0	1007.8	963.3
270	1421.7	1920.2	67	1426.8	1858.7	117.0	1004.6	944.7
280	1417.2	1910.4	68	1424.9	1853.5	118.0	1001.3	926.0
290	1412.7	1900.3	69	1423.0	1848.3	119.0	998.0	907.2
300	1408.2	1890.1	70	1421.1	1842.9	120.0	994.6	888.3
310	1403.7	1879.8	71	1419.1	1837.3	121.0	991.2	869.3
320	1399.1	1869.3	72	1417.2	1831.7	122.0	987.7	850.2
330	1394.5	1858.7	73	1415.2	1825.9	123.0	984.2	831.0
340	1389.9	1848.0	74	1413.2	1820.0	124.0	980.6	811.7
350	1385.2	1837.1	75	1411.2	1814.0	125.0	977.0	792.3
360	1380.5	1826.0	76	1409.1	1807.8	126.0	973.3	772.8
370	1375.8	1814.8	77	1407.0	1801.6	127.0	969.6	753.2
380	1371.0	1803.5	78	1404.9	1795.2	128.0	965.8	733.5
390	1366.2	1792.1	79	1402.7	1788.6	129.0	962.0	713.7
400	1361.3	1780.5	80	1400.5	1781.9	130.0	958.1	693.8

Esfuerzos permisibles a compresión (1)

TABLA No. 8

TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION EN kg. cm.², EN FUNCION DE SU RELACION DE ESBELTEZ.

ESFUERZOS PERMISIBLES EN COLUMNAS DE ACERO — kg/cm²

Miembros principales y secundarios con relacion de esbeltez de 121 a 250

$$K \frac{L}{r} \begin{matrix} > 120 \\ < 250 \end{matrix}$$

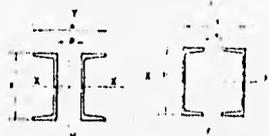
L/r	TIPO DE ACERO A-36	ACERO A11-15	L/r	ACERO A36-A1115	L/r	ACERO A-36-A1115
121.0	714.2	717.2	166.0	381.0	211.0	235.8
122.0	704.0	705.5	167.0	376.5	212.0	233.6
123.0	693.8	694.0	168.0	372.0	213.0	231.4
124.0	683.0	683.5	169.0	367.6	214.0	229.3
125.0	671.4	672.1	170.0	363.3	215.0	227.1
126.0	662.6	662.6	171.0	359.1	216.0	225.1
127.0	651.0	651.0	172.0	354.9	217.0	223.0
128.0	640.9	640.9	173.0	350.8	218.0	220.9
129.0	631.0	631.0	174.0	346.8	219.0	218.9
130.0	621.3	621.3	175.0	342.9	220.0	216.9
131.0	611.9	611.9	176.0	339.0	221.0	215.0
132.0	602.6	602.6	177.0	335.2	222.0	213.1
133.0	593.6	593.6	178.0	331.4	223.0	211.1
134.0	584.8	584.8	179.0	327.7	224.0	209.3
135.0	576.1	576.1	180.0	324.1	225.0	207.4
136.0	567.7	567.7	181.0	320.5	226.0	205.6
137.0	559.4	559.4	182.0	317.0	227.0	203.8
138.0	551.4	551.4	183.0	313.5	228.0	202.0
139.0	543.4	543.4	184.0	310.1	229.0	200.2
140.0	535.7	535.7	185.0	306.8	230.0	198.5
141.0	528.1	528.1	186.0	303.5	231.0	196.8
142.0	520.7	520.7	187.0	300.3	232.0	195.1
143.0	513.5	513.5	188.0	297.1	233.0	193.4
144.0	506.4	506.4	189.0	293.9	234.0	191.8
145.0	499.4	499.4	190.0	290.9	235.0	190.1
146.0	492.6	492.6	191.0	287.8	236.0	188.5
147.0	485.9	485.9	192.0	284.8	237.0	186.9
148.0	479.4	479.4	193.0	281.9	238.0	185.4
149.0	473.0	473.0	194.0	279.0	239.0	183.8
150.0	466.7	466.7	195.0	276.1	240.0	182.3
151.0	460.5	460.5	196.0	273.3	241.0	180.8
152.0	454.5	454.5	197.0	270.6	242.0	179.3
153.0	448.5	448.5	198.0	267.8	243.0	177.8
154.0	442.7	442.7	199.0	265.1	244.0	176.4
155.0	437.0	437.0	200.0	262.5	245.0	174.9
156.0	431.5	431.5	201.0	259.9	246.0	173.5
157.0	426.0	426.0	202.0	257.3	247.0	172.1
158.0	420.6	420.6	203.0	254.8	248.0	170.7
159.0	415.3	415.3	204.0	252.3	249.0	169.4
160.0	410.2	410.2	205.0	249.9	250.0	168.0
161.0	405.1	405.1	206.0	247.4		
162.0	400.1	400.1	207.0	245.0		
163.0	395.2	395.2	208.0	242.7		
164.0	390.4	390.4	209.0	240.4		
165.0	385.7	385.7	210.0	238.1		

Esfuerzos permisibles a compresión (2)

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 9

**SECCION COMPUESTA
DOS CANALES CON PLACAS
INTERRUMPIDAS O CELOSIAS**



PROPIEDADES PARA USAR

SECCION

Propiedades de la Sección			I I I X X X						I I I Y Y Y						I I I Z Z Z					
d x h mm	Peso Kg/m	Area cm ²	I _x cm ⁴	S _x cm ³	I _y cm ⁴	S _y cm ³	I _z cm ⁴	S _z cm ³	I _x cm ⁴	S _x cm ³	I _y cm ⁴	S _y cm ³	I _z cm ⁴	S _z cm ³	I _x cm ⁴	S _x cm ³	I _y cm ⁴	S _y cm ³		
177.8x106.2	29.16	36.78	1756.4	197.6	6.41	153.7	29.9	2.64	0.0	443.6	121.2	4.18	0.0							
177.8x111.5	36.36	46.29	2086.2	228.5	6.55	186.6	31.5	2.01	0.0	916.0	164.4	4.43	0.0							
177.8x116.8	43.90	55.74	2256.0	251.9	6.29	221.2	32.9	1.99	0.0	1279.8	210.6	4.70	0.0							
177.8x115.7	29.16	36.78	1756.4	197.6	6.41	210.9	36.5	2.39	9.3											
177.8x121.0	36.36	46.29	2086.2	228.5	6.55	257.2	42.5	2.36	9.3											
177.8x126.3	43.90	55.74	2256.0	251.9	6.29	305.1	49.5	2.24	9.3											
177.8x118.9	29.16	36.78	1756.4	197.6	6.41	211.9	39.1	2.51	12.7											
177.8x124.2	36.36	46.29	2086.2	228.5	6.55	255.6	46.0	2.45	12.7											
177.8x129.5	43.90	55.74	2256.0	251.9	6.29	300.8	52.6	2.47	12.7											
177.8x177.8	29.16	36.78	1756.4	197.6	6.41					2144.4	261.2	7.64	71.6							
177.8x177.8	36.36	46.29	2086.2	228.5	6.55					2711.1	359.0	7.66	66.3							
177.8x177.8	43.90	55.74	2256.0	251.9	6.29					3267.8	457.6	7.65	61.0							
177.8x212.2	29.16	36.78	1756.4	197.6	6.91	1756.4	164.3	6.91	107.0											
177.8x212.2	36.36	46.29	2086.2	228.5	6.51	2086.2	188.4	6.59	101.0											
177.8x212.2	43.90	55.74	2256.0	251.9	6.31	2256.0	211.5	6.36	96.6											
201.2x114.8	14.22	18.36	2688.8	264.6	7.87	201.9	35.2	2.16	0.0	496.8	156.6	4.55	0.0							
201.2x119.0	40.92	51.88	2960.2	291.2	7.59	229.5	38.6	2.10	0.0	1190.0	200.0	4.79	0.0							
201.2x128.4	55.80	70.84	3617.8	350.0	7.16	313.1	49.1	2.11	0.0	1915.6	291.4	5.20	0.0							
201.2x124.1	14.22	18.36	2688.8	264.6	7.87	272.1	43.8	2.50	9.5											
201.2x128.5	40.92	51.88	2960.2	291.2	7.59	311.2	48.4	2.45	9.5											
201.2x137.9	55.80	70.84	3617.8	350.0	7.16	420.9	61.0	2.44	9.5											
201.2x177.5	14.22	18.36	2688.8	264.6	7.87	300.4	47.1	2.61	12.7											
201.2x141.7	40.92	51.88	2960.2	291.2	7.59	344.0	52.2	2.55	12.7											
201.2x141.1	55.80	70.84	3617.8	350.0	7.16	465.6	66.0	2.50	12.7											
201.2x201.2	14.22	18.36	2688.8	264.6	7.87					1822.6	322.9	4.83	88.4							
201.2x201.2	40.92	51.88	2960.2	291.2	7.59					4808.8	402.4	4.88	84.2							
201.2x201.2	55.80	70.84	3617.8	350.0	7.16					5319.5	445.1	4.84	74.8							
201.2x219.2	14.22	18.36	2688.8	264.6	7.87	2688.8	224.4	7.84	74.8											
201.2x199.0	40.92	51.88	2960.2	291.2	7.59	2960.0	240.4	7.58	151.0											
201.2x219.1	55.80	70.84	3617.8	350.0	7.16	3457.8	303.9	7.16	111.4											

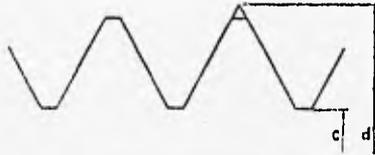
Propiedades geométricas doble canal

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 10

TORNILLOS DE MAQUINA

AREAS NETAS



ROSCA U. S. ESTANDAR.

DIMENSIONES

Diámetro del Tornillo	TOTAL		NETA	
	Diám. d	Area	Diám. c	Area
Pulg.	mm	cm ²	mm	cm ²
1/4	6.35	0.32	4.72	0.17
5/16	7.94	0.49	6.12	0.29
3/8	9.53	0.71	7.49	0.44
7/16	11.11	0.97	8.79	0.61
1/2	12.70	1.27	10.16	0.81
9/16	14.29	1.60	11.33	1.04
5/8	15.88	1.98	12.88	1.30
3/4	19.05	2.85	16.00	2.01
7/8	22.23	3.88	18.57	2.71

Diámetro del Tornillo	TOTAL		NETA	
	Diám. d	Area	Diám. c	Area
Pulg.	mm	cm ²	mm	cm ²
1	25.40	5.06	21.28	3.55
1 1/8	28.58	6.41	23.85	4.46
1 1/4	31.75	7.91	27.02	5.73
1 3/8	34.93	9.59	29.44	6.80
1 1/2	38.10	11.39	32.61	8.35
1 5/8	41.28	13.38	35.28	9.77
1 3/4	44.45	15.51	37.85	11.25
1 7/8	47.63	17.81	41.02	13.21
2	50.80	20.26	43.46	14.83

LONGITUD DE LA ROSCA

Longitud del tornillo Pulg.	DIAMETRO								
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3
1 o 1 1/2	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3
1 1/2 o 2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2
2 1/2 o 2 1/2	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4
3 1/2 o 3	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
3 1/2 o 4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5
4 1/2 o 4	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2
4 1/2 o 8	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6
6 1/2 o 12	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7
12 1/2 o 20	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8

Areas netas de tornillos

TABLE No. 11

Table 8. Expected Minimum Mechanical Properties, Conventional Practice, of Cold Drawn Carbon Steel Rounds, Squares, and Hexagons

Size, in.	As Cold Drawn				Cold Drawn Followed by Low-Temperature Stress Relief				Cold Drawn Followed by High-Temperature Stress Relief						
	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn
	Tensile	Yield				Tensile	Yield				Tensile	Yield			
	→ AISI 1018 and 1025 Steels														
1/8-1/4	10	60	18	40	143	...	...	...	...	...	65	45	20	45	128
Over 1/8-1/4	85	35	18	40	121	...	...	...	...	...	55	45	16	40	111
Over 1/4-2	60	50	15	35	111	...	...	...	...	...	50	40	15	40	101
	→ AISI 1117 and 1118 Steels														
1/8-1/4	75	55	15	40	149	80	70	15	40	143	70	50	18	45	143
Over 1/8-1/4	70	60	15	40	113	75	65	15	40	127	65	50	16	45	131
Over 1/4-2	65	55	15	35	121	60	50	15	35	117	55	45	15	40	112
	→ AISI 1045 Steel														
1/8-1/4	85	75	13	15	170	90	80	7.5	55	170	80	60	16	45	163
Over 1/8-1/4	80	70	12	15	163	85	75	12	35	163	75	60	15	45	149
Over 1/4-2	75	65	12	15	149	80	70	12	35	143	70	60	15	40	143
Over 2-3	70	60	10	30	143	75	65	10	30	143	65	55	12	35	131
	→ AISI 1020 and 1020 Steels														
1/8-1/4	90	80	12	15	179	95	85	12	35	179	85	65	15	45	170
Over 1/8-1/4	85	75	12	15	170	90	80	12	35	170	80	65	15	45	163
Over 1/4-2	80	70	10	30	163	85	75	10	30	163	75	60	15	40	149
Over 2-3	75	65	10	30	149	80	70	10	30	143	70	55	12	35	143

Source: AISI Committee of Hot Rolled and Cold Finished Bar Producers as published in 1974 DATABOOK issue of the American Society for Metals' METAL PROGRESS magazine and used with its permission.

Table 9. Expected Minimum Mechanical Properties, Conventional Practice, of Cold Drawn Carbon Steel Rounds, Squares, and Hexagons

Size, in.	As Cold Drawn				Cold Drawn Followed by Low-Temperature Stress Relief				Cold Drawn Followed by High-Temperature Stress Relief						
	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn	Strength		Elongation in 2 in., Percent	Reduction in Area, Percent	Hardness, Bhn
	Tensile	Yield				Tensile	Yield				Tensile	Yield			
	→ AISI 1045, 1045, and 1045 Steels														
1/8-1/4	95	85	12	35	161	100	90	12	35	161	90	75	15	45	179
Over 1/8-1/4	90	80	11	30	179	95	85	11	30	179	85	70	15	45	170
Over 1/4-2	85	75	10	30	170	90	80	10	30	170	80	65	15	40	163
Over 2-3	80	70	10	30	163	85	75	10	25	163	75	60	12	35	146
	→ AISI 1020, 1137, and 1135 Steels														
1/8-1/4	100	90	12	35	197	105	95	11	35	197	95	75	15	45	187
Over 1/8-1/4	95	85	11	30	187	100	90	11	30	187	90	70	15	40	179
Over 1/4-2	90	80	10	30	179	95	85	10	30	179	85	70	15	40	170
Over 2-3	85	75	10	30	170	90	80	10	25	170	80	65	12	35	163
	→ AISI 1141 Steel														
1/8-1/4	102	95	11	30	212	110	100	11	30	212	100	80	15	40	197
Over 1/8-1/4	100	90	10	30	197	105	95	10	30	197	95	80	15	40	187
Over 1/4-2	95	85	10	30	187	100	90	10	25	187	90	75	15	40	179
Over 2-3	90	80	10	30	179	95	85	10	20	179	85	70	12	30	170
	→ AISI 1144 Steel														
1/8-1/4	110	100	12	30	212	115	105	10	30	212	105	85	15	40	212
Over 1/8-1/4	105	95	10	30	197	110	100	10	30	197	100	85	15	40	197
Over 1/4-2	100	90	10	30	187	105	95	10	25	187	95	80	15	35	187
Over 2-3	95	85	10	30	187	100	90	10	20	187	90	75	12	30	179

Source: AISI Committee of Hot Rolled and Cold Finished Bar Producers as published in 1974 DATABOOK issue of the American Society for Metals' METAL PROGRESS magazine and used with its permission.

Esfuerzos permisibles para acero tipo 1018 y 1045

Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 12

TORNILLOS ESTANDAR A-307		RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y APLASTAMIENTO		Esfuerzo de fluencia				
				Corte	Aplastamiento			
				70 Kg./cm ²	1700 Kg./cm ²			
Diám. en mm		12.7 (1/2")	19.0 (3/4")	19.0 (3/4")	22.2 (7/8")	25.0 (1")	31.7 (1 1/4")	
Área en cm ²		1.27	1.98	2.85	6.58	6.07	7.39	
Corte simple en Kg. Torn.		859	1386	1995	2716	3549	5113	
Corte doble en Kg. Torn.		1778	2722	3990	5432	7098	11046	
GRUESO DE LA PLACA		Aplastamiento		Aplastamiento		Aplastamiento		
mm	Pulgadas	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	
3.18	.125	1/8	711	890	1063			
3.56	.140		796	996	1181	1391		
4.06	.161		907	1136	1355	1596		
4.57	.180		1021	1276	1528	1786		
4.76	.1875	3/16	1064	1312	1592	1860		
5.08	.201		1135	1422	1699	1995	2271	
5.59	.220		1249	1564	1869	2184	2499	
6.10	.240		1363	1707	2040	2383	2727	
6.35	.250	1/4	1419	1777	2121	2481	2839	
6.60	.260		1475	1847	2207	2579	2950	
7.11	.280		1589	1990	2378	2773	3173	
7.62	.300		1701	2132	2548	2977	3406	
7.94	.3125	5/16	1775	2212	2635	3102	3549	
8.13	.320		1817	2275	2719	3177	3614	
8.64	.340			2414	2899	3376	3862	
9.14	.360			2538	3056	3571	4086	
9.53	.375	3/8		2667	3187	3724	4260	
9.65	.380			2700	3227	3770	4314	
10.16	.400			2845	3398	3970	4542	
10.67	.420				3508	4169	4779	
11.11	.4375	7/16			3715	4341	4967	
11.18	.440				3739	4368	4998	
11.68	.460				3906	4594	5221	
12.19	.480				4076	4761	5449	
12.70	.500	1/2				4962	5677	
13.21	.520					5161	5905	
13.72	.540					5361	6133	
14.22	.560					5556	6357	
14.29	.5625	9/16					6388	
14.73	.580						6585	
15.24	.600						6813	
15.75	.620						7041	
15.88	.625	5/8					7099	
17.46	.6875	1 1/4						
19.05	.750	3/4						
20.64	.8125	1 1/8						
Longitud mínima de roca (mm)			31.75	38.15	44.35	51.75	57.15	63.75

Capacidades de tornillos estándar

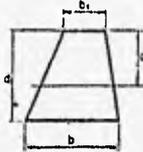
Mandujano López Juan Carlos
Toledo Vázquez Alfonso

TABLA No. 13

PROPIEDADES DE SECCIONES GEOMETRICAS

TRAPECIO

Eje de momentos en el centro de gravedad



$$A = \frac{d(b + b_1)}{2}$$

$$c = \frac{d(2b_1 + b)}{3(b + b_1)}$$

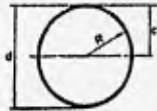
$$I = \frac{d^3(b_1^2 + 4bb_1 + b^2)}{36(b + b_1)}$$

$$S = \frac{d^2(b_1^2 + 4bb_1 + b^2)}{12(2b + b_1)}$$

$$r = \frac{d}{6(b + b_1)} \sqrt{2(b_1^2 + 4bb_1 + b^2)}$$

CIRCULO

Eje de momentos en el centro



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \pi R^2 = .785398d^2 = 3.141593R^2$$

$$c = \frac{d}{2} = R$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi R^4}{4} = .049087d^4 = .785398R^4$$

$$S = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi R^3}{4} = .098175d^3 = .785398R^3$$

$$r = \frac{d}{4} = \frac{R}{2}$$

$$Z = \frac{d^3}{8}$$

ANILLO CIRCULAR

Eje de momentos en el centro



$$A = \frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)}{4} = .785398(d_2^2 - d_1^2)$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{\pi(d_2^4 - d_1^4)}{64} = .049087(d_2^4 - d_1^4)$$

$$S = \frac{\pi(d_2^3 - d_1^3)}{32} = .098175 \frac{d_2^3 - d_1^3}{4}$$

$$r = \frac{\sqrt{d_2^2 + d_1^2}}{4}$$

$$Z = \frac{d^3}{8} - \frac{d_1^3}{8}$$

SEMI-CIRCULO

Eje de momentos en el centro de gravedad



$$A = \frac{\pi R^2}{2} = 1.570796R^2$$

$$c = R \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right) = .575587R$$

$$I = R^4 \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi}\right) = .109757R^4$$

$$S = \frac{R^3(3\pi - 8)}{24(3\pi - 4)} = .190687R^3$$

$$r = R \frac{\sqrt{3\pi - 8}}{6\pi} = .264336R$$

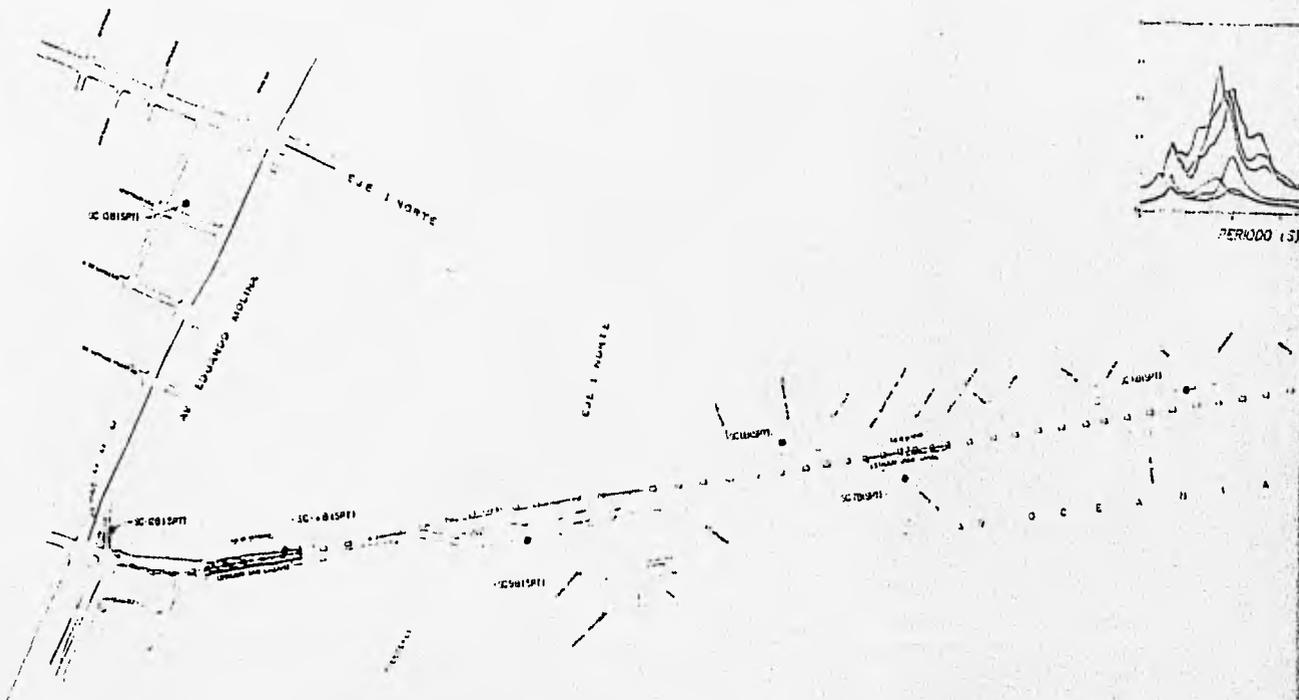
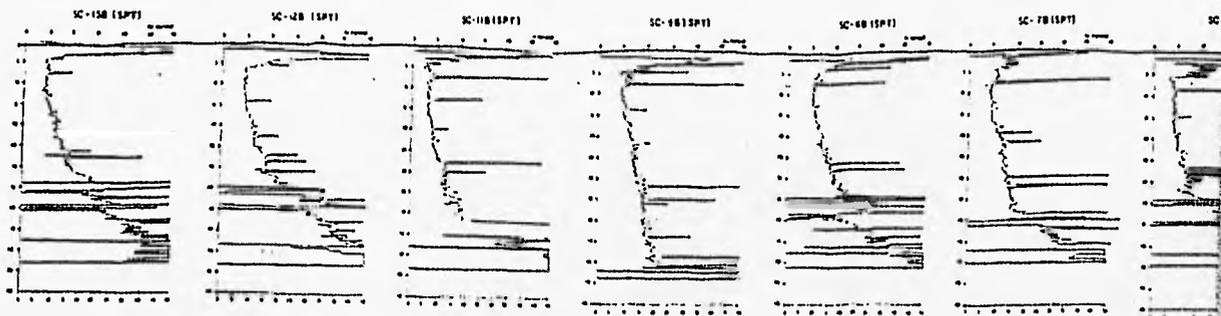
Módulo de sección del círculo

ANEXO

PLANOS

RELACION DE PLANOS

- 01.- ESTUDIO GEOTECNICO
- 02.- PLANO GENERAL
- 03.- PATA VERTICAL
- 04.- CABEZAL SUPERIOR
- 05.- DIAGONAL SUPERIOR
- 06.- PUNTAL HORIZONTAL Y PUNTAL DIAGONAL
- 07.- BRAZO AJUSTABLE
- 08.- RUEDAS
- 09.- GATOS
- 10.- ESQUINERO SUPERIOR
- 11.- PLACA DESLIZANTE
- 12.- CUÑAS PARA CONTRAFLECHA
- 13.- MUÑON PLANO GENERAL
- 14.- BASTIDOR DE MUÑON



SC-08 (SPT)

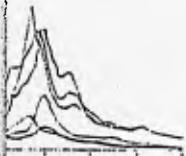
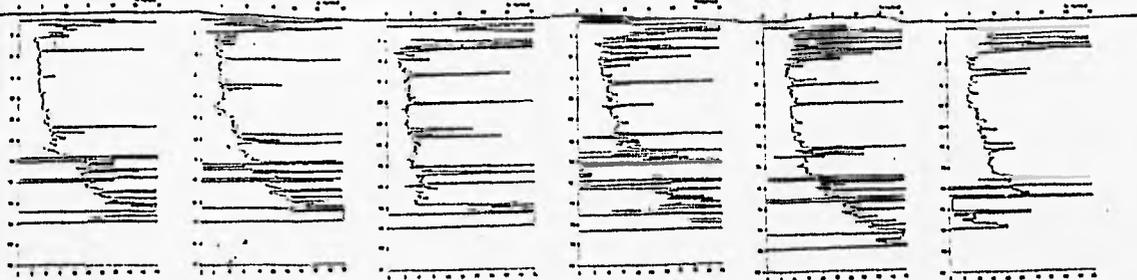
SC-18 (SPT)

SC-48 (SPT)

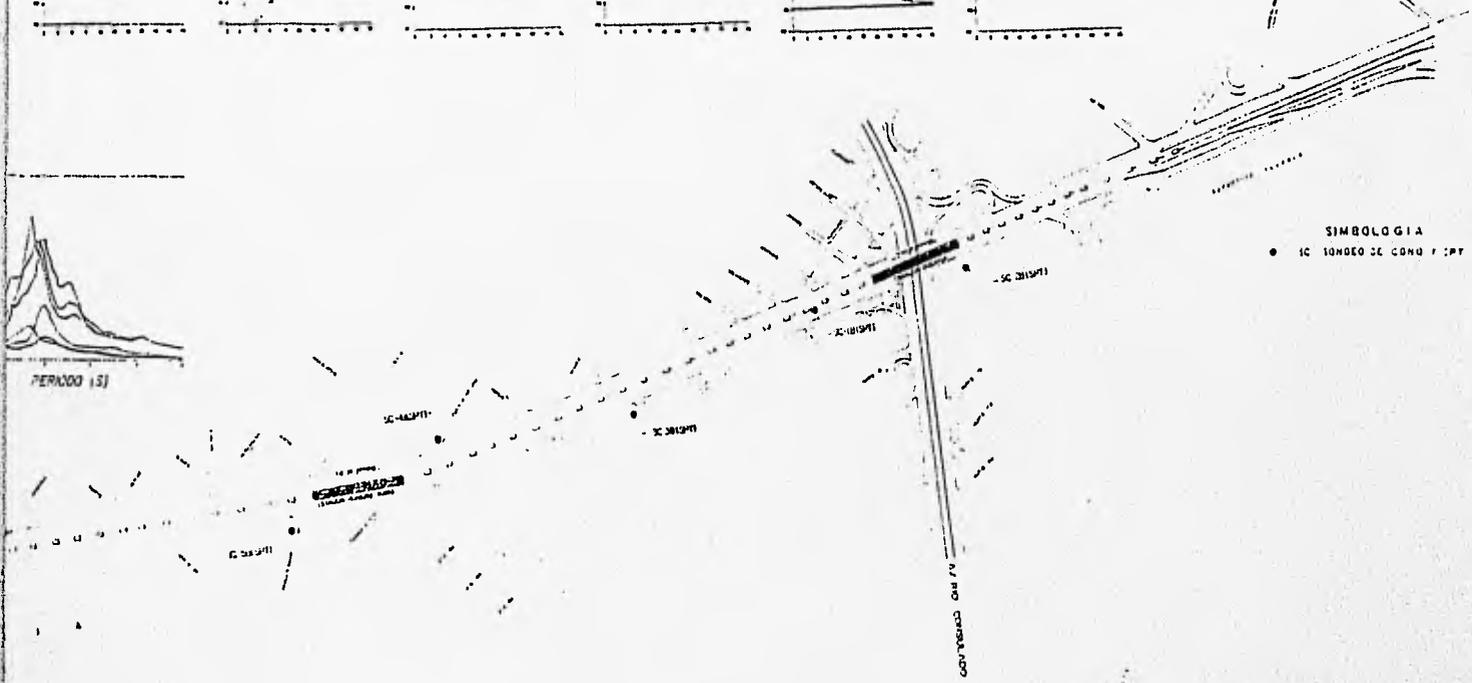
SC-58 (SPT)

SC-28 (SPT)

SC-18 (SPT)



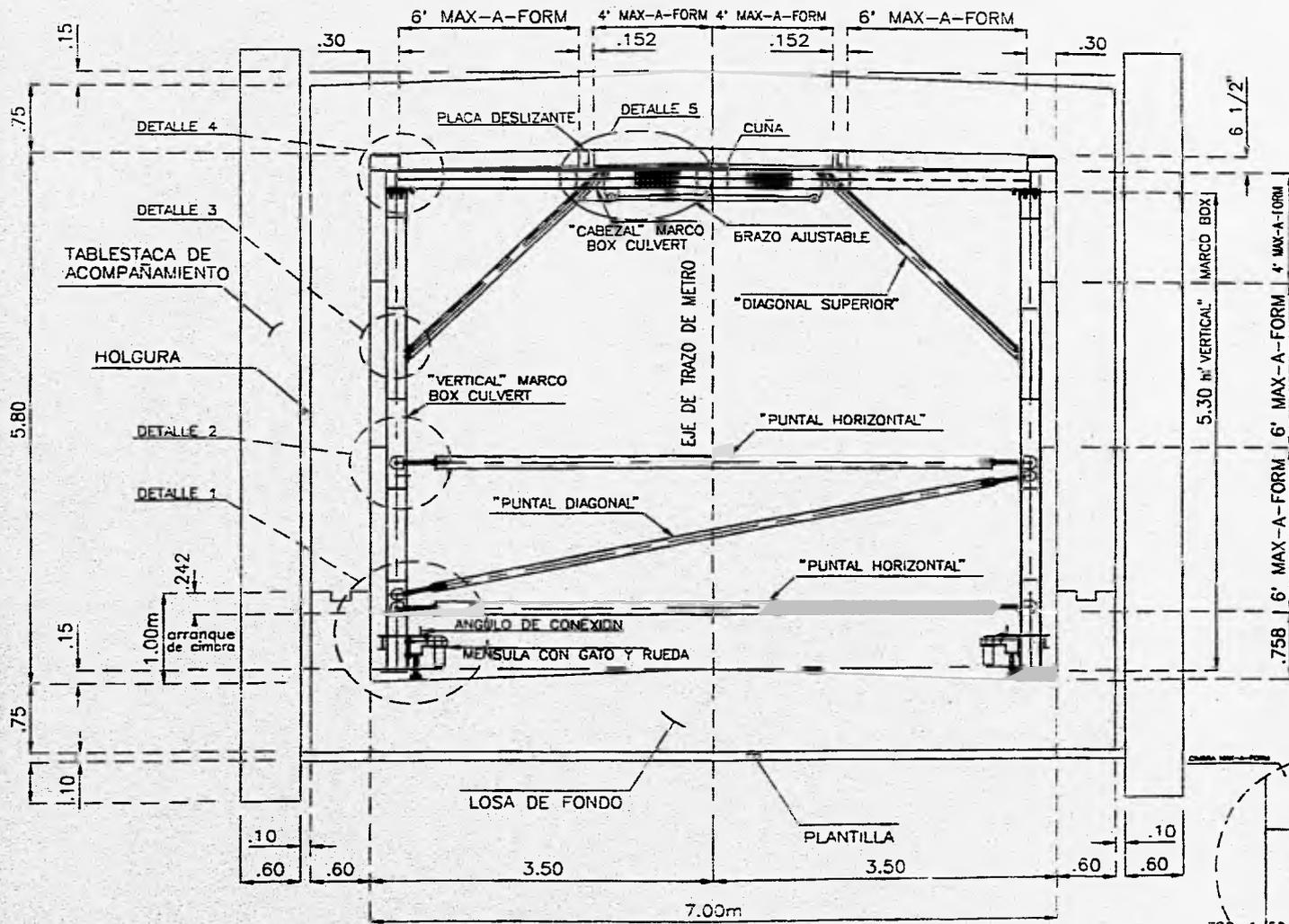
PERIODO (S)



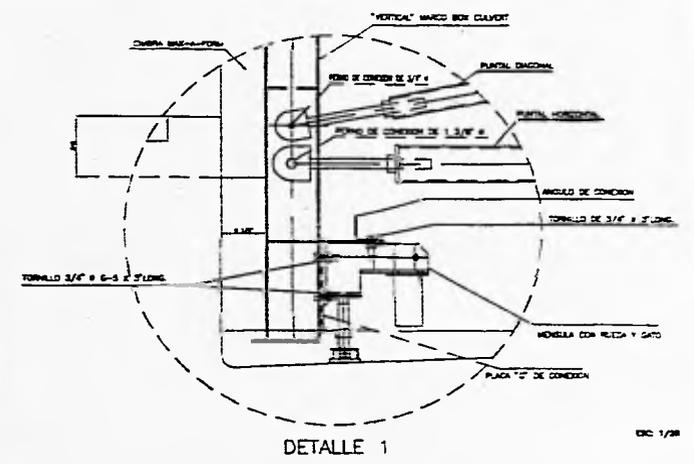
SIMBOLOGIA

- SC SONDEO DE CONO F. :PT

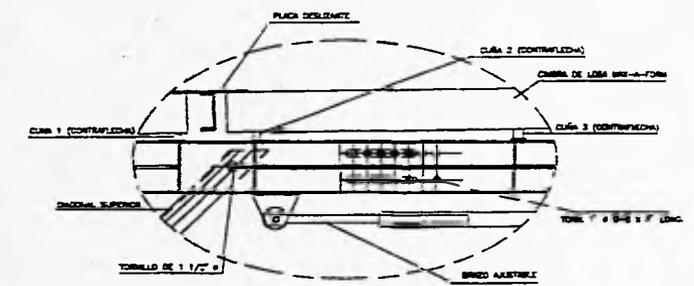
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA VIAL DE CAJEROS" PARA CALZON DEL METRO LINEA B"
MANUJANO LOPEZ CARLOS TOLEDO JACQUE ALFONSO	
ESTUDIO GEOTECNICO (TRAMO SOBRELOS A BOSQUE EN LÍNEA B)	



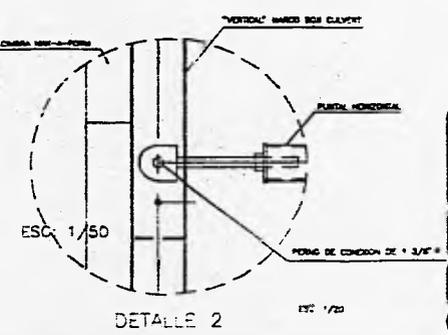
SECCION TIPICA



ESC. 1/20

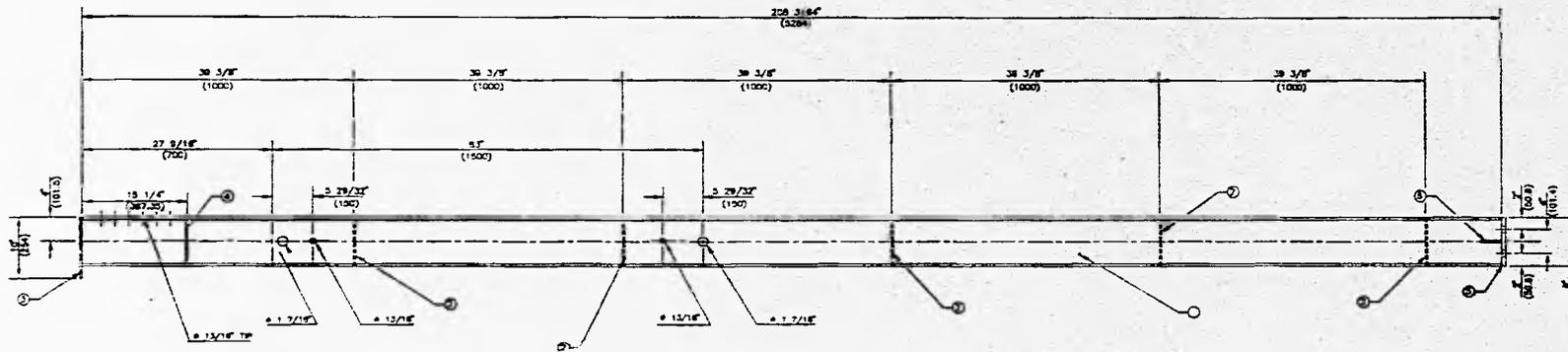
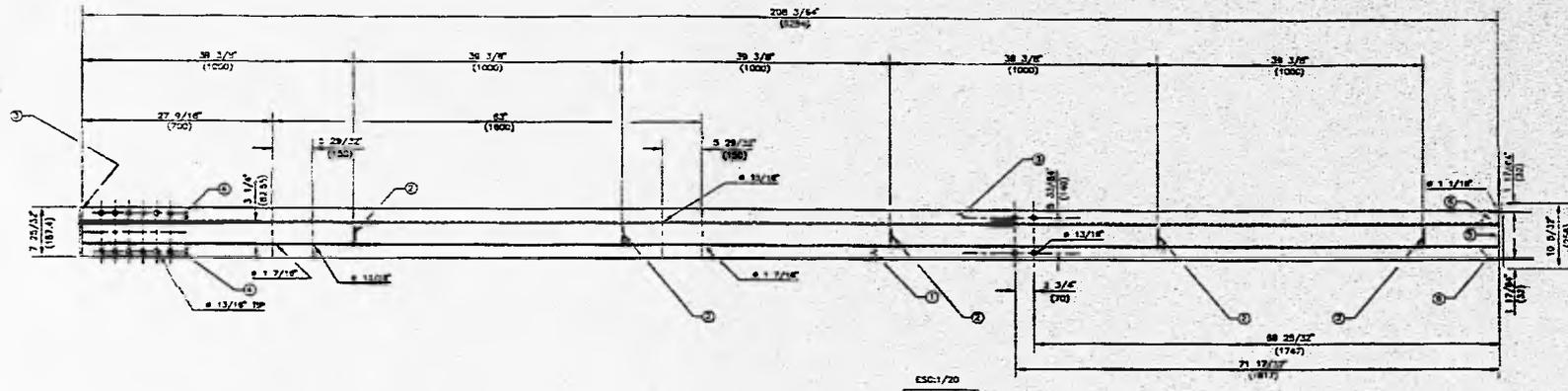


ESC. 1/20

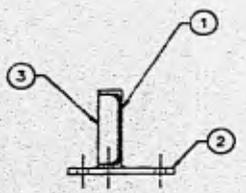
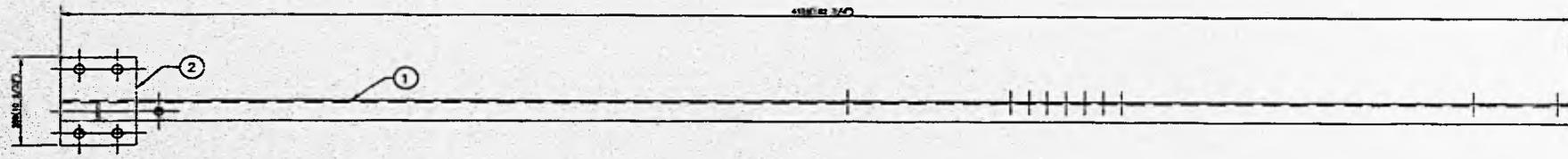
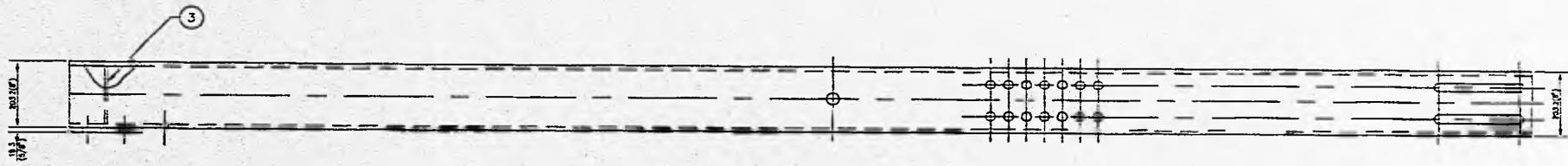


ESC. 1/20

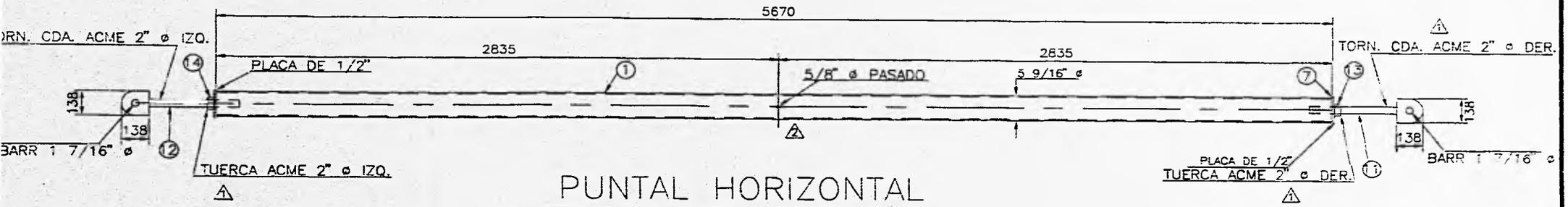
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA 3"
TESIS MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO	
PLANO GENERAL	
ESC. INDICADA	ESC. 1/50
FECHA: ABRIL-88	HOJA No. 02



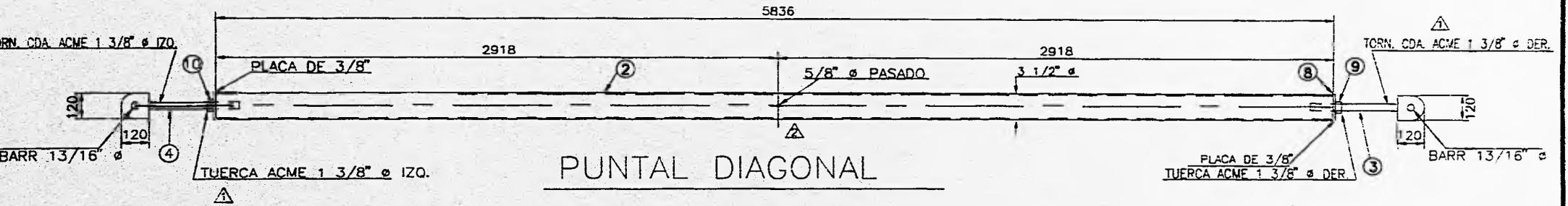
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TITULAR MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO	
PATA VERTICAL	
ESC: 1/20	FECHA: ABRIL-08



UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TITULAR: MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO	
CABEZAL SUPERIOR	
DE:	FECHA: MAR-88



ESC: 1/20



ESC: 1/20

LISTA DE MATERIALES		
No.	DESCRIPCION	CANT.
1	TUBO 5" ϕ NOM. X 5670 LONG.	1
2	TUBO 3" ϕ NOM. X 5836 LONG.	1
3	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 450 LONG. IZO.	1
4	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 450 LONG. DER.	1
5	PLACA 3/4" X 138 X 138mm	2
6	PLACA 3/4" X 120 X 120mm	2
7	PLACA 1/2" X 151 ϕ	2

LISTA DE MATERIALES		
No.	DESCRIPCION	CANT.
8	PLACA DE 1/2" X 99 ϕ	2
9	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ DER. HEXAGONAL	1
10	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ IZO. HEXAGONAL	1
11	TORN. CDA. ACME DE 2" ϕ X 450mm LONG. DER.	1
12	TORN. CDA. ACME DE 2" ϕ X 450mm LONG. IZO.	1
13	TUERCA ACME 2" ϕ DER. HEXAGONAL	1
14	TUERCA ACME 2" ϕ IZO. HEXAGONAL	1

UNAM
FACULTAD
DE
INGENIERIA

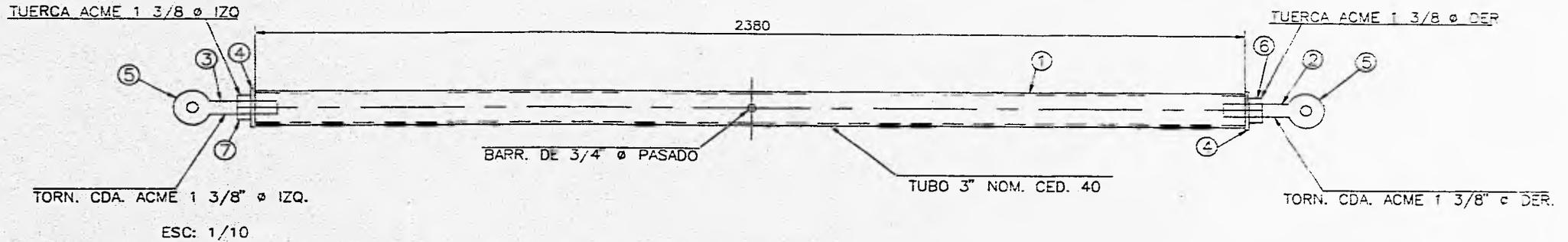
TESIS PROFESIONAL PARA
INGENIERO CIVIL

"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO
PARA CAJON DEL METRO LINEA B"

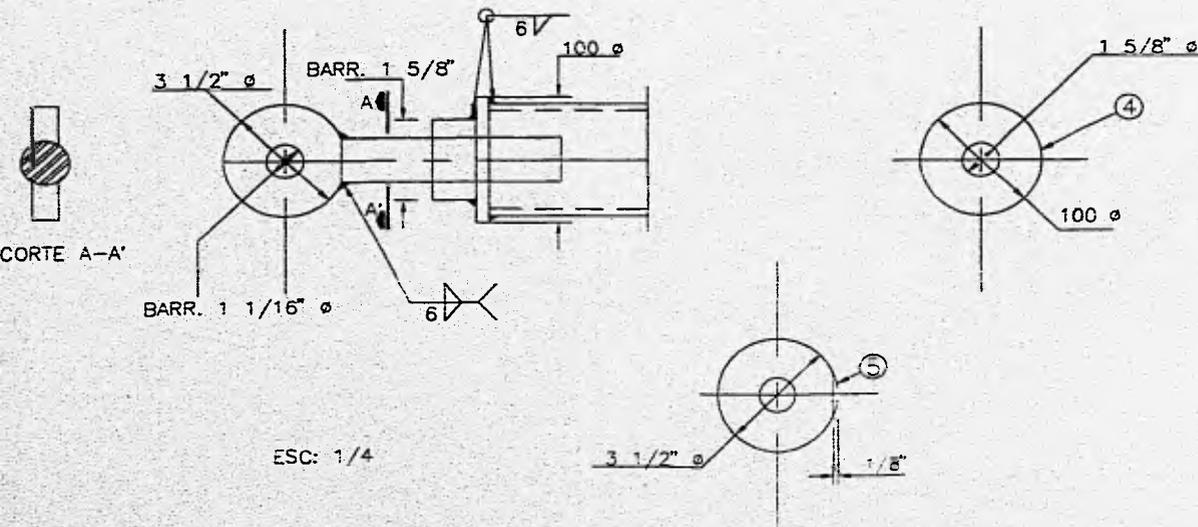
DESARROLLADO POR: MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS
TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO

PUNTEL HORIZONTAL Y PUNTEL DIAGONAL

ESC. INDICADA
CONT. PARA Y PLAZA
FECHA: JUNIO-88
HOJA NO. 06



BRAZO AJUSTABLE



LISTA DE MATERIALES		
No.	DESCRIPCION	CANT.
1	TUBO 3" ϕ NOM. CED. 40 X 2380 LONG.	1
2	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 250 LONG. DER.	1
3	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 250 LONG. IZQ.	1
4	PLACA 3/8" X 100 ϕ	2
5	PLACA 3/4" X 3 1/2" ϕ	2
6	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ DER. HEXAGONAL	1
7	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ IZQ. HEXAGONAL	1

UNAM
FACULTAD
DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL PARA
INGENIERO CIVIL

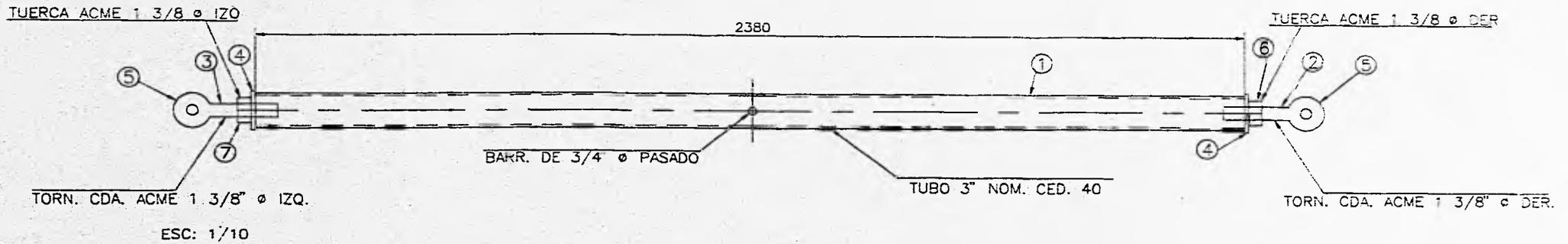
"SISTEMA MOVIL DE CIMBRAGO
PARA CAJON DEL METRO LINEA B"

TESISTAS:

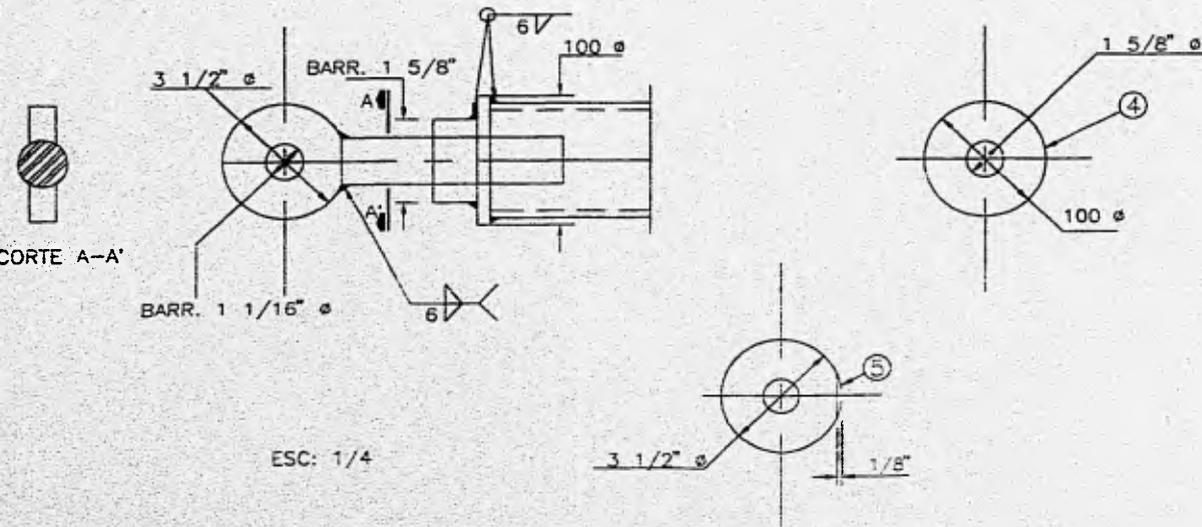
MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS
TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO

BRAZO AJUSTABLE

DE INDICADA ACI 100 y 1000 TEMA APR-88 FOLIO 107



BRAZO AJUSTABLE



LISTA DE MATERIALES		
No.	DESCRIPCION	CANT.
1	TUBO 3" ϕ NOM. CED. 40 X 2380 LONG.	1
2	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 250 LONG. DER	1
3	TORN. CDA. ACME 1 3/8" ϕ X 250 LONG. IZO	1
4	PLACA 3/8" X 100 ϕ	2
5	PLACA 3/4" X 3 1/2" ϕ	2
6	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ DER. HEXAGONAL	1
7	TUERCA ACME 1 3/8" ϕ IZO. HEXAGONAL	1

UNAM
FACULTAD
DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL PARA
INGENIERO CIVIL

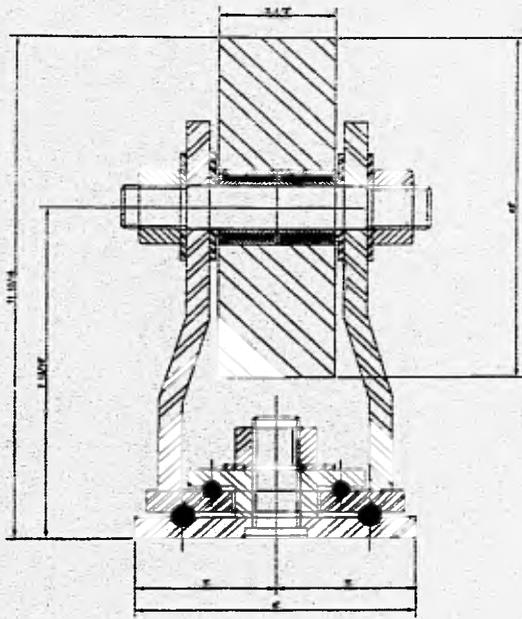
"SISTEMA MOVIL DE CMBRADO
PARA CAJON DEL METRO LINEA B"

TITULAR:

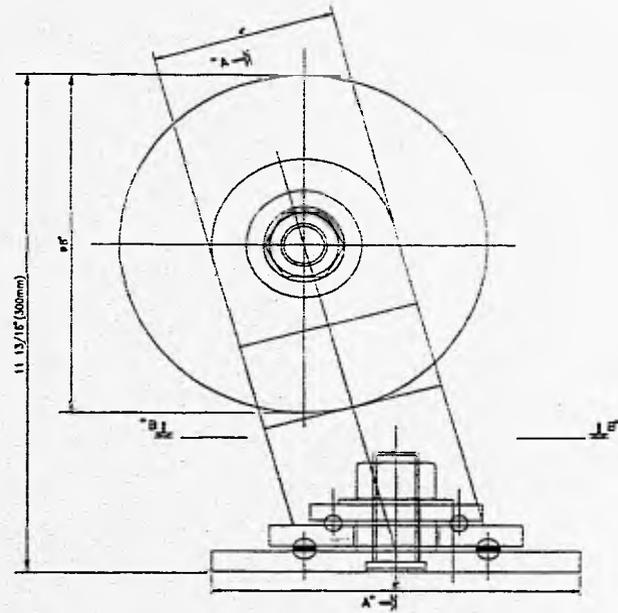
MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS
TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO

BRAZO AJUSTABLE

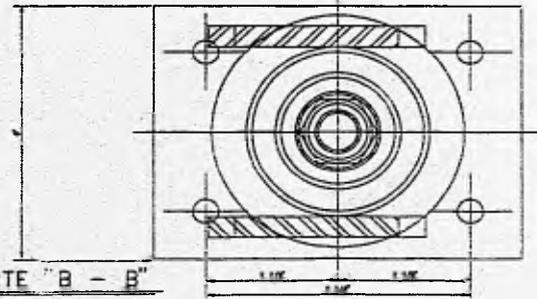
INDICACIONES: MOD. REV. Y P. DISE. FECHA: ABRIL-88 FOLIO NO. 07



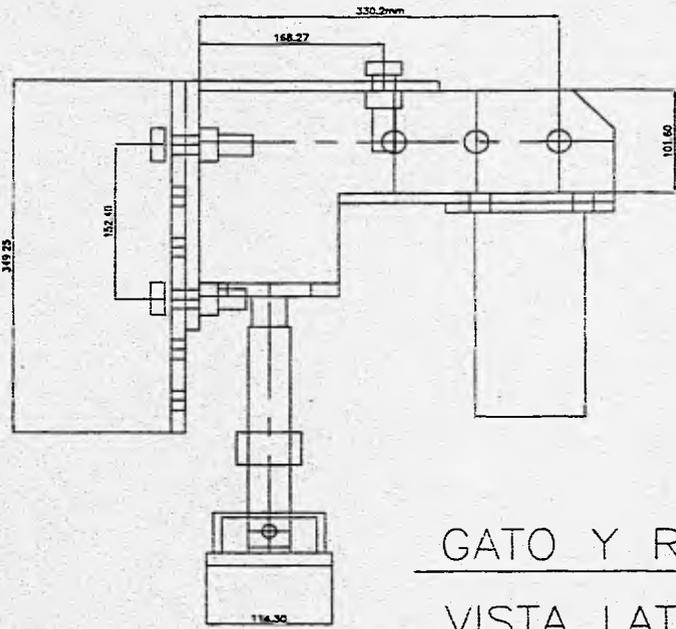
CORTE "A - A"



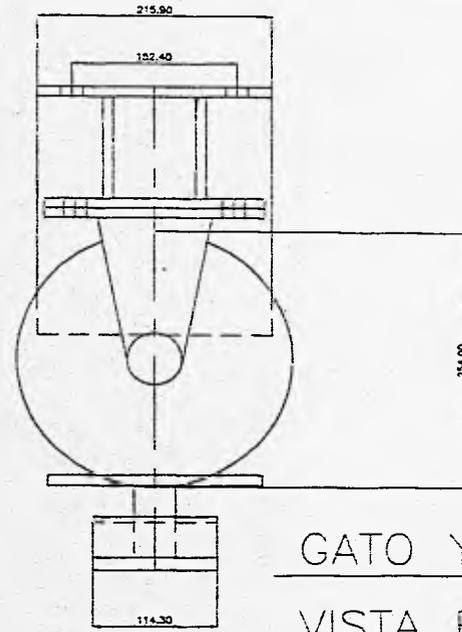
CORTE "B - B"



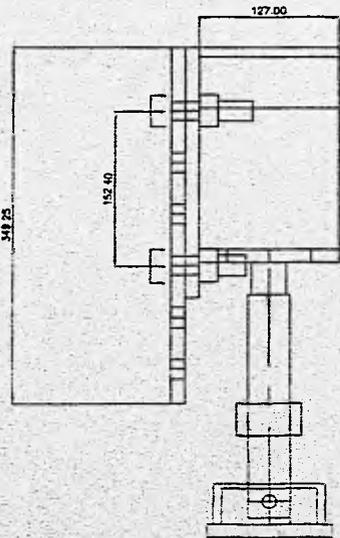
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TESIS MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO	RUEDAS
ESCALA: 1:1	MATERIAL: ACERO



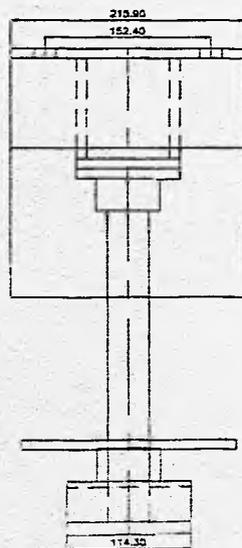
GATO Y RUEDA
VISTA LATERAL



GATO Y RUEDA
VISTA FRONTAL

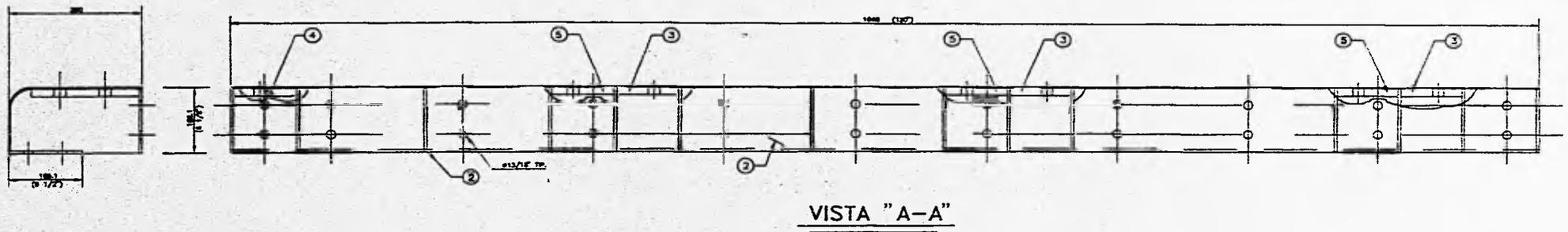
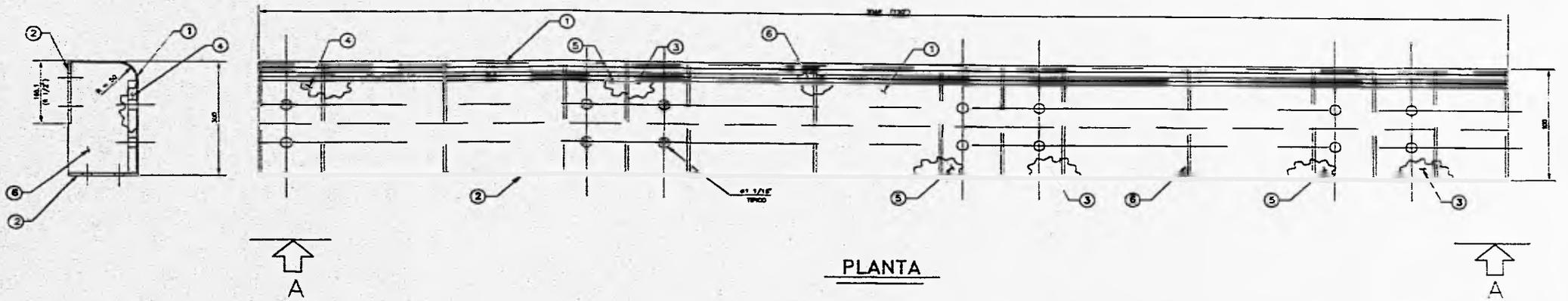


GATO
VISTA LATERAL

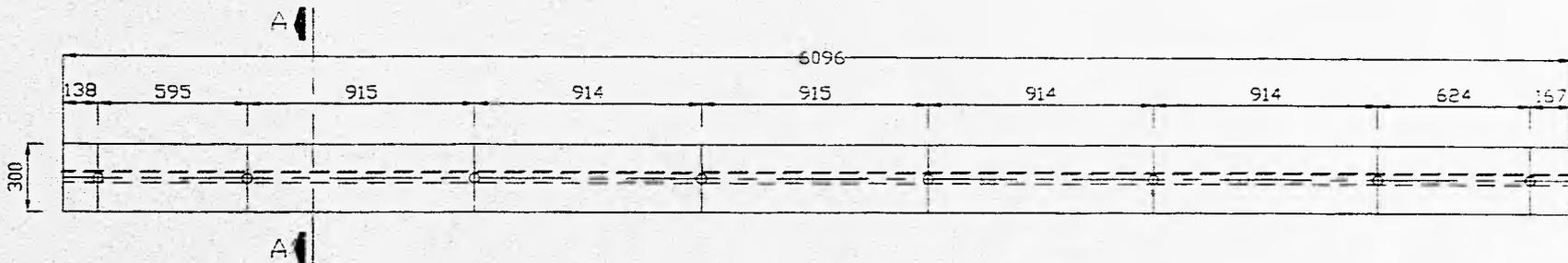


GATO
VISTA FRONTAL

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TESIS-048	MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO
GATOS	
ESC. 1 / ED. 501	FECH. 1984-04

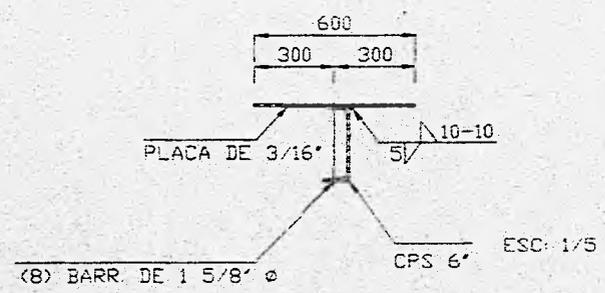


UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
<small>TESISTAS:</small> MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO	
ESQUINERO SUPERIOR	
<small>ESC. 1/10</small>	<small>FECH. ABRIL-88</small>



PLANTA

ESC: 1/20



CORTE A-A

LISTA DE MATERIAL		
PLACA DE 3/16" X 300 X 6096	1	68.39 Kg
CPS DE 6" X 12.20 Kg/m	1	74.37 Kg

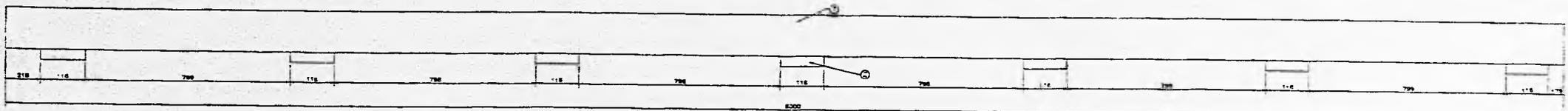
UNAM
FACULTAD
DE
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL PARA
INGENIERO CIVIL
"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO
PARA CAJON DEL METRO LINEA B"

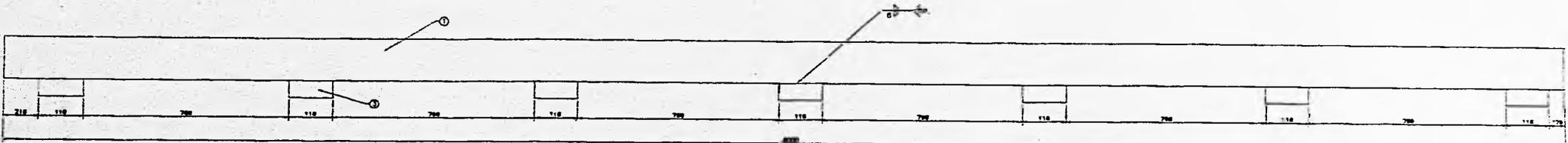
TESISTAS: MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS
TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO

PLACA DESLIZANTE

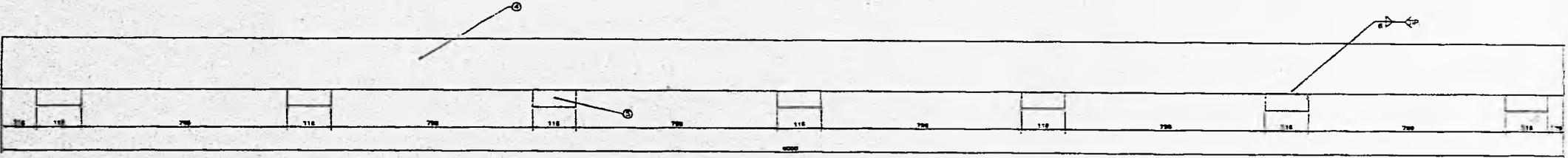
DE: INGENIERIA POR: M. Y. P. FECHA: PÁGINA: 1



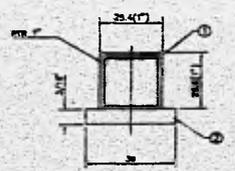
CUÑA No.1
CANT. 4 PZAS.



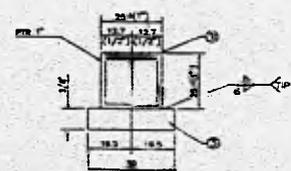
CUÑA No.2
CANT. 4 PZAS.



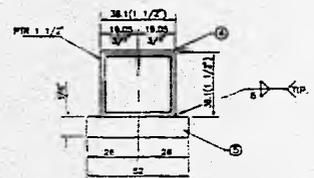
CUÑA No.3
CANT. 4 PZAS.



VISTA "A-A"



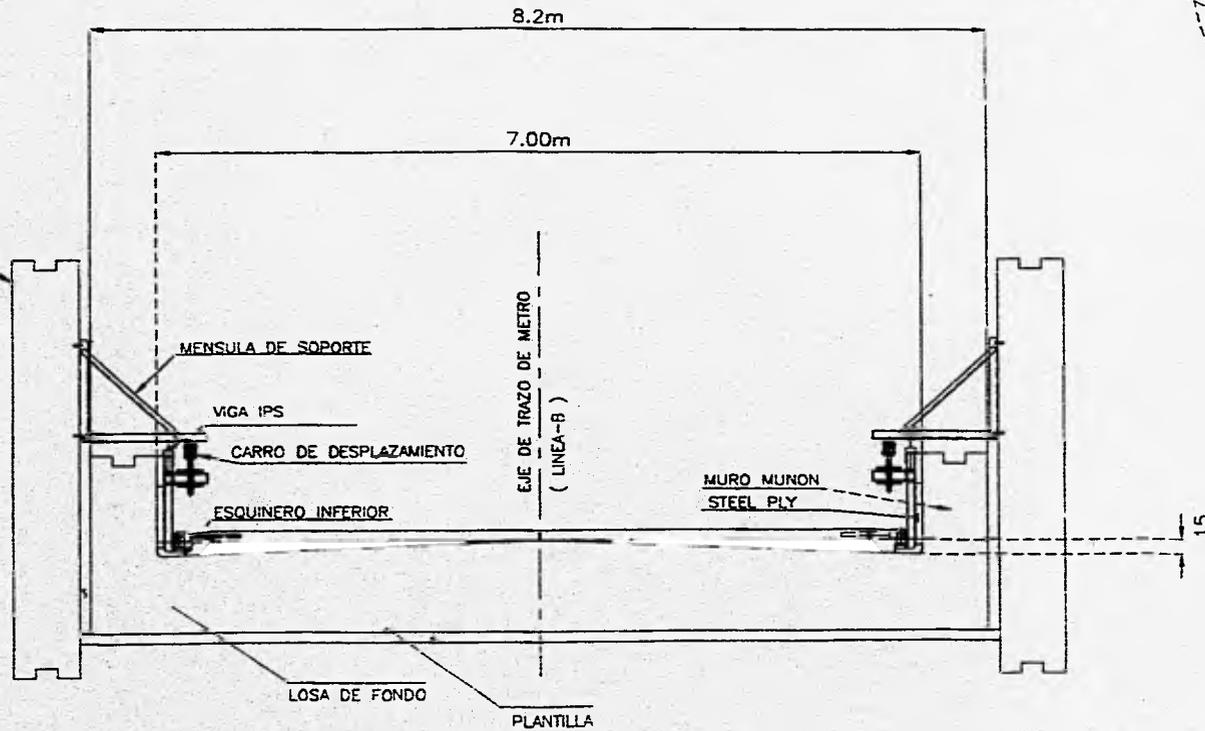
VISTA "B-B"



VISTA "C-C"

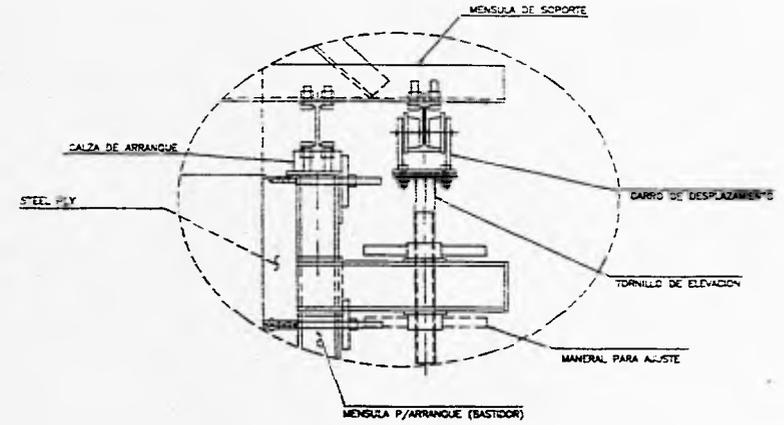
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TESIS-AS:	MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO
CUÑAS PARA CONTRAFLECHA	
DC 57	ACT. 2011 P.22
FLOP 100-1-98	PLANO No. 1 2

TABLESTACA DE ACOMPAÑAMIENTO



ESC: 1/50

SECCION TIPICA



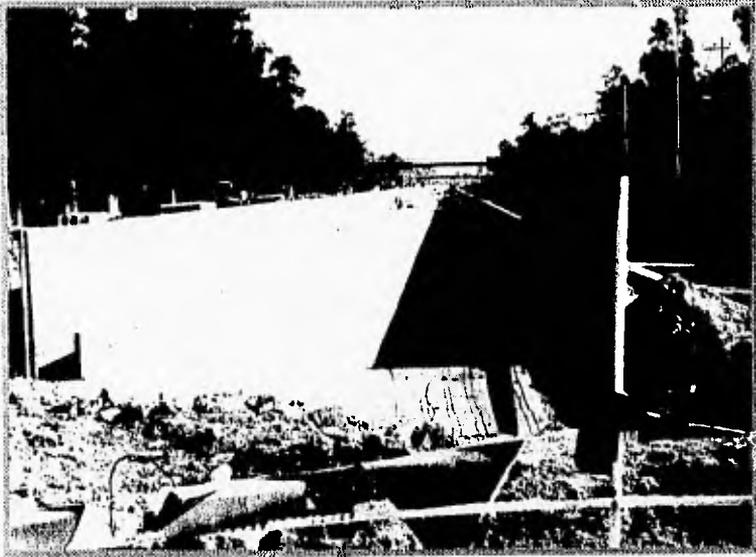
ESC: 1/10

DETALLE

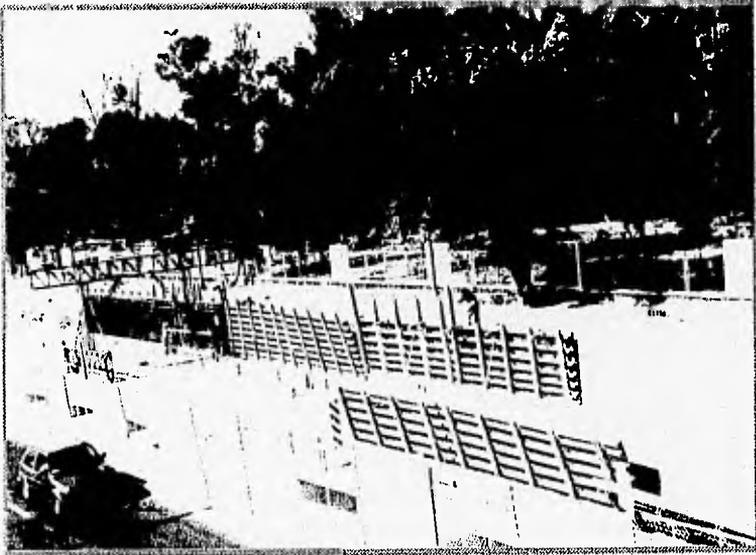
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	TESIS PROFESIONAL PARA INGENIERO CIVIL
	"SISTEMA MOVIL DE CIMBRADO PARA CAJON DEL METRO LINEA B"
TESIS:	MANDUJANO LOPEZ J. CARLOS TOLEDO VAZQUEZ ALFONSO
MUÑON PLANO GENERAL	
DE: []	FECHA: []

ANEXO

FOTOGRAFIAS



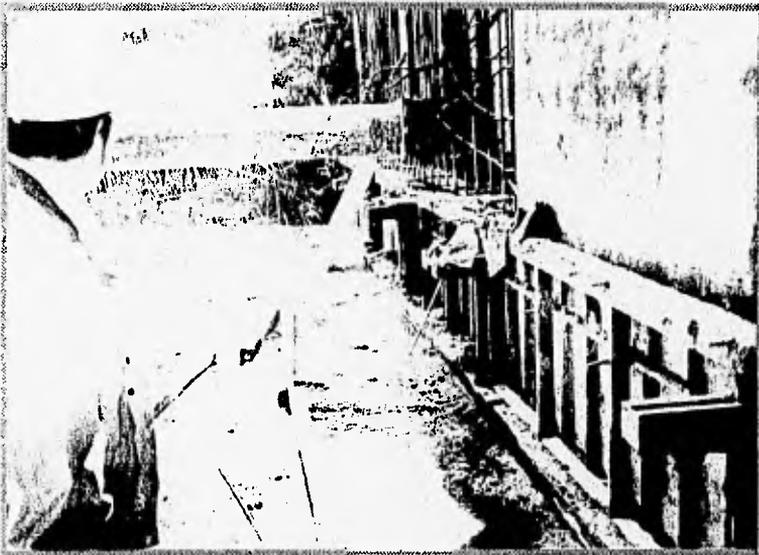
SOLUCION SUPERFICIAL



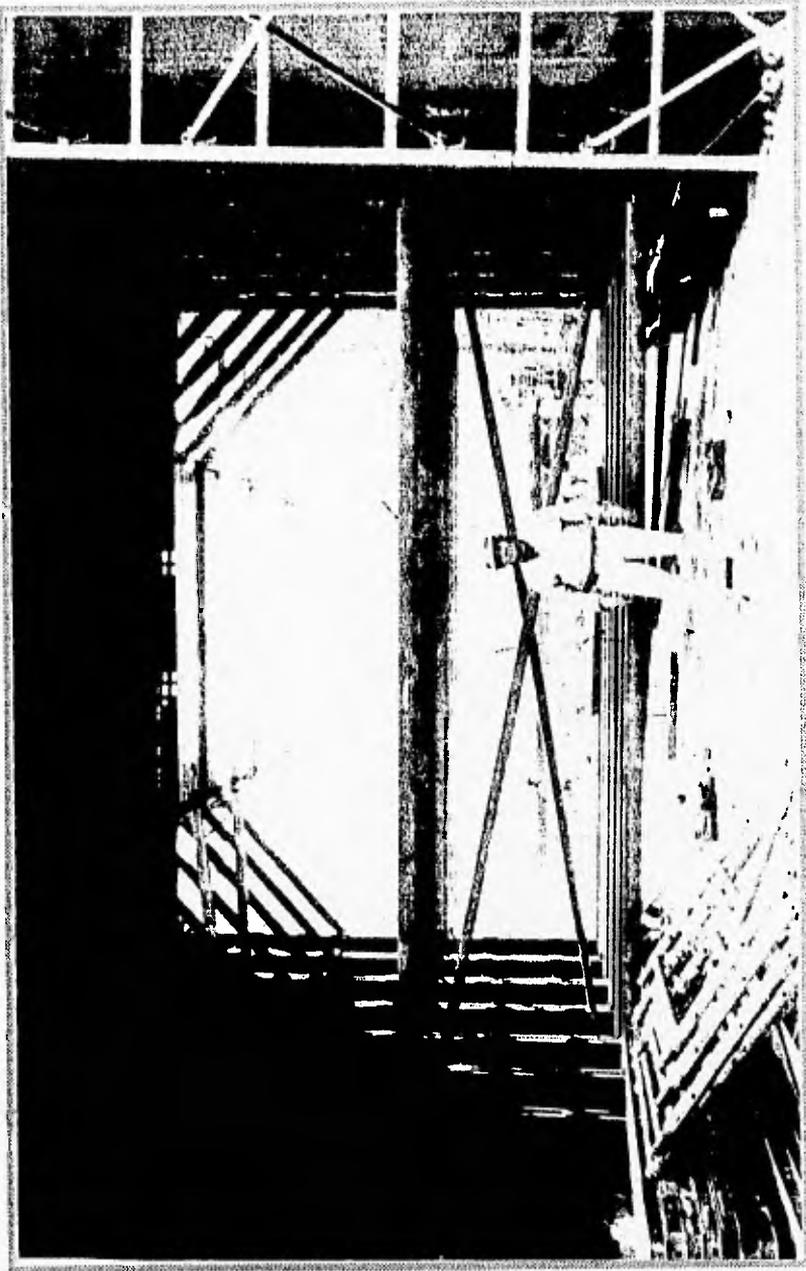
COLADO DE MUROS



CIMBRA PARA MURO MUÑON



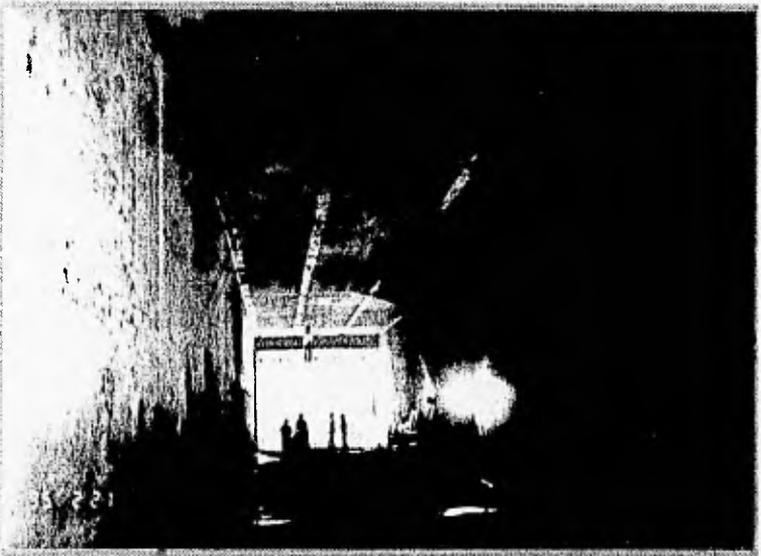
POSICION DEL TROQUEL RESPECTO A LA CIMBRA



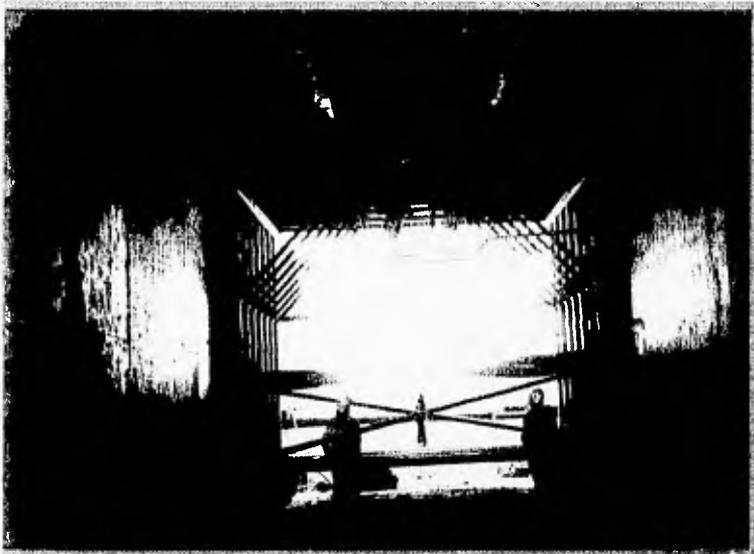
SISTEMA DE CIMBRADO PARA MUROS



SIST. DESPUES DEL COLADO LISTO PARA DESCIMBRAR



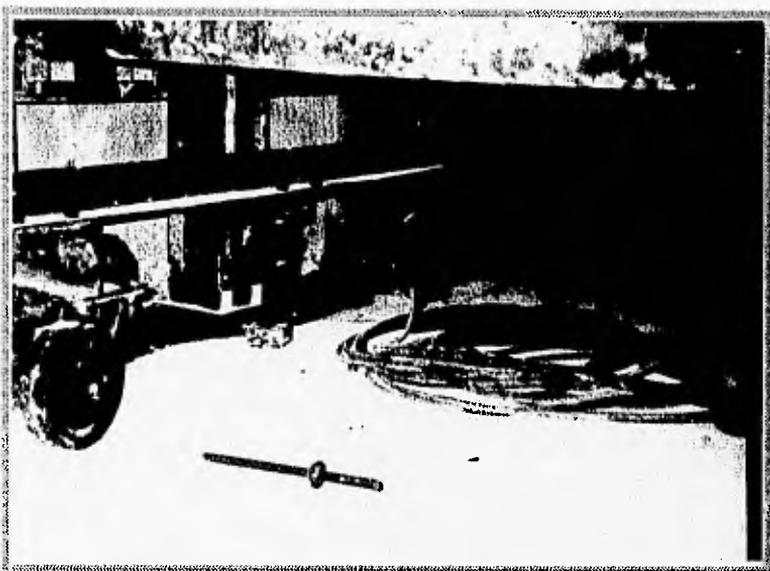
ACABADO DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO



AJUSTE DE BRAZOS SUPERIORES



PUNTALES HORIZONTALES Y DIAGONALES



RUEDAS Y GATOS DE APOYO

