



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

28  
97

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA NAVE  
DE DEPOSITO DE LA ESTACION UNIVERSIDAD  
DEL METRO

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

María Rosalía Hernández Maya

México, D. F.

Enero 1984





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

	pág.
<b>CAPITULO I</b>	
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO II</b>	
DESCRIPCION DEL PROYECTO	4
II.1 Descripción de la estructura.	6
II.1.1 Marco reticular.	6
II.1.2 Sistema de contraventeo y techado.	15
II.2 Características y distribución de las estructuras internas.	26
<b>CAPITULO III</b>	
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.	40
III.1 Excavación en roca.	43
III.1.1 Selección y programación del método de excavación y equipo de barrenación.	43
III.1.2 Características de las voladuras.	48
III.1.3 Supervisión y ciclo de trabajo.	59
III.2 Exploraciones en el terreno de cimentación.	68
III.2.1 Procedimiento.	68
III.2.2 Resultados de las exploraciones.	70
III.3 Protección de taludes con concreto lanzado.	72
III.3.1 Características de la mezcla.	72
III.3.2 Dosificación y mezclado.	74
III.3.3 Características del equipo.	74

	pág.	
III.3.4	Resistencia y control de calidad.	75
III.3.5	Técnicas de aplicación.	78
III.4	Estructura metálica.	81
III.4.1	Fabricación.	81
III.4.2	Proceso de soldadura y su control de calidad.	84
III.4.3	Transporte y montaje.	88
III.4.4	Modificación al proyecto.	96
III.5	Elementos de concreto reforzado.	102
III.5.1	Cimbra.	104
III.5.2	Acero de refuerzo.	106
III.5.3	Dosificación y mezcla.	108
III.5.4	Colocación y curado.	110
III.5.5	Control de calidad.	113
 CAPITULO IV		
	PRECIOS Y COSTOS.	115
IV.1	Costo directo.	115
IV.2	Costos indirectos y utilidad.	123
IV.3	Integración de costos.	125
 CAPITULO V		
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	145
	ANEXOS	148

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

La ampliación de las Líneas del Metro obedece al desarrollo de la red con apoyo en el Plan Maestro del Metro. A su término, esta red constituirá la llamada columna vertebral del sistema de transporte colectivo de la Ciudad de México y Area Metropolitana.

El Plan contempla la Segunda y Tercera Etapas de Construcción; considerando dentro de la Primera a la Línea 1 Observatorio-Zaragoza; Línea 2 - Tacuba-Tazqueña y Línea 3 Tlatelolco-Hospital General.

La Segunda Etapa comprende la construcción de la Línea 4 Martín Carrera-Santa Anita; Línea 5 Pantitlán-Instituto del Petróleo; Línea 6 El Rosario-Instituto Mexicano del Petróleo y la ampliación de la Línea 3 Tlatelolco-Indios Verdes al norte, y Hospital General-Zapata al sur.

En la Segunda Etapa se desarrolla una longitud total de 44.6 Km. y se comprende también la construcción de los talleres de pequeña revisión y naves de depósito en "El Rosario" y los talleres de mantenimiento menor y mayor "Ticomán" en Indios Verdes.

La Tercera Etapa desarrolla una longitud de 25.4 Km., de los cuales - 12.6 Km. corresponden a la Línea 7 Tacuba-Barranca del Muerto y los restantes a la ampliación de la Línea 1 Zaragoza-Pantitlán; Línea 2 Tacuba-Cuatro Caminos; Línea 5 Instituto Mexicano del Petróleo-Politécnico y Línea 3 Zapata-Universidad.

La Segunda ampliación de la Línea 3 al sur de la ciudad desarrolla --

una longitud de 6.6 Km. En los primeros 3.3 Km. se construye a profundidades de 8 a 14 m., la sección es de cajón a base de muros milán y el tramo comprende las estaciones Coyoacán y Viveros. En los siguientes 2.3 Km. se construye con el sistema de túnel, y en las estaciones M. A. Quevedo y Copilco, se llega a profundidades hasta de 23.0 m.

La longitud restante de Copilco a Universidad presenta un tramo de túnel con pendiente positiva, otro de transición con sección de cajón y el superficial que llega a la terminal.

La terminal en Universidad se desplanta sobre el basalto del Pedregal de San Angel. Se estructura a base de marcos metálicos apoyados en zapatas aisladas. Consta de un nivel de andenes y otro superior o vestíbulo, al cual se llega por pasarelas.

De la terminal prosigue un tramo de maniobras o cola. Por éste circularán los trenes hacia la Nave de Depósito, cuya función principal es el resguardo de los trenes de la Línea durante las horas en que se suspende el servicio al público.



## CAPITULO II.

### DESCRIPCION DEL PROYECTO

Para cumplir adecuadamente su objetivo la Nave ocupa una superficie de 12,153 m<sup>2</sup> con 357.8 m. de largo y 35.0 m. de ancho, y requiere de amplios espacios abiertos, bien ventilados e iluminados. Para lograr estas características se estructura como una gran Nave Industrial formada por marcos reticulares a base de columnas que separan el claro total y armaduras tipo PRATTS adecuadas para pendientes medias. Estos marcos se cimentan mediante zapatas aisladas y se rigidizan con traveses de liga.

La estructura se divide en tres secciones de 18 marcos cada una, unidas entre sí por medio de 2 juntas constructivas; dando un total de 54 ejes. La separación entre ejes de columnas es de 7.0 m. y se calcula considerando el costo mínimo de la estructura en conjunto y las características del techado. Su altura libre de 4.0 m., es suficiente para que circulen holgadamente los trenes.

Todos los elementos metálicos se diseñaran a base de perfiles laminados de acero grado A-36 cuyo esfuerzo de fluencia es de 36,000 lb/plg<sup>2</sup> (2,350 kg/cm<sup>2</sup>).

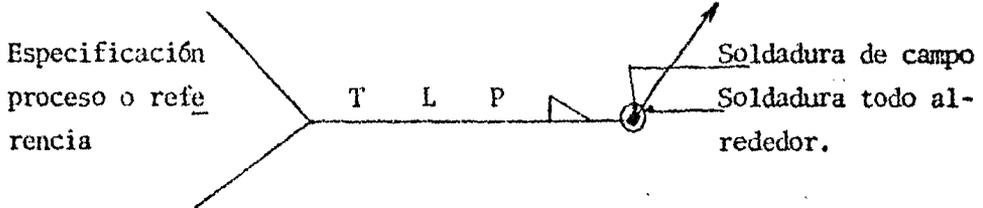
El diseño de la estructura se efectúa de acuerdo a las Normas del Manual para Estructuras Metálicas AISC (American Institute Of Steel Construction), que son las más ampliamente aceptadas y además comprende el dimensionamiento de miembros y conexiones.

La conexión de todos los miembros se realiza con soldadura, con el

fin de obtener juntas continuas y por tanto estructuras de una sola pieza. Otra de sus ventajas es la economía que resulta al reducirse el peso del acero y del material de conexión.

Se utiliza soldadura a tope con preparación del material en bisel --- (N), y más frecuentemente de filete.

La simbología de la soldadura de filete es la siguiente:



T : tamaño de la soldadura

L : longitud de la soldadura

P : paso (espaciamiento centro a centro de soldadura).

Dentro de la Nave se construyen longitudinalmente 7 pistas de rodamiento que rematan en areneros; 9 andadores laterales a éstos y a la fosa de revisión y 2 más transversales; 77 registros para ductos de cables de tracción; oficinas y almacén. Todas estas estructuras ocupan el total de la superficie y darán una capacidad de almacenamiento de 15 trenes.

En los elementos de concreto se siguen los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. En todos se utiliza concreto con una resistencia a la compresión  $f'c = 200$  kg/cm<sup>2</sup>.

En el anexo 1 se muestra un corte transversal y otro longitudinal de la Nave.

## II.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA.

### II.1.1. MARCO RETICULAR.

Las armaduras soportan el techado y forman el marco estructural junto con las columnas. Su media sección mide 17.35 m. de largo, presente 7 tableros, con peralte al centro del claro de 3.50 m. y en los extremos de -- 82 cm.

Los tableros se distribuyen del centro del claro hacia los extremos, separados por pares a 3.0 m., 2.90 m., 2.0 m. y el último a 1.55 m., la dirección de las primeras dos diagonales es hacia el centro y las demás hacia los extremos.

La sección más común para los miembros de una armadura es la formada por dos ángulos espalda con espalda o por una T estructural, y por economía es conveniente conservar la misma sección en las cuerdas aunque los esfuerzos calculados difieren apreciablemente entre tableros.

Las cuerdas inferiores y superiores de la armadura, se diseñaran a base de perfiles TPR de 6" x 6 1/2" y 26.85 kg/m. de peso. Esta sección tiene la ventaja de que excluye las placas de conexión en los nudos, soldando los ángulos directamente a las almas de las T.

Los diagonales y los montantes se diseñaran a base de ángulos espalda con espalda de 3" x 1/4" y 7.29 kg/m. de peso.

Los montantes y diagonales se conectan al alma de las cuerdas soldando los patines por ambos lados con filete de 0.5 cm. de diferentes longitudes. En algunas conexiones se utilizan placas de unión de 1/4" de espesor para lograr la longitud requerida de soldadura, la cual debe ser suficien-

te para absorber los esfuerzos producidos en cada nudo. Estas placas se unen al alma de las cuerdas con soldadura a tope y preparación del material a 45°.

Para detallar los nudos se clasifican por ejes de montantes A o B según su alineación con el eje de columnas, y a continuación a, b, c, d, e, f y g al centro del claro.

En el nudo A o B se sueldan con un cordón de 10 cm. el montante a ambas cuerdas; para unir la diagonal a la cuerda superior se requieren 25 cm. de soldadura, por lo que se utiliza una placa de unión de 6 x 25 cm. cortada en sus extremos a 45°.

En el nudo superior del eje a, el montante se suelda con un cordón de 8 cm. a la cuerda, y la diagonal se une a ésta y a una placa de 6 x 20 cm. también cortada en sus extremos, con 15 cm. de soldadura. El nudo inferior se logra uniendo con un cordón de 10 cm. ambos miembros a la cuerda.

Los montantes de los ejes b, c y d se unen a ambas cuerdas con 10 cm. de soldadura y las diagonales con 15 cm.

El montante del eje e se une a la cuerda superior con 8 cm. de soldadura. En el nudo inferior se conecta una placa de 15 x 15 cm., a él se suelda el montante con 8 cm., la diagonal que llega del eje d con 12 cm. y la otra con 10 cm.

El montante del eje f se suelda a la cuerda superior con un cordón de 6 cm. En el nudo inferior se conecta una placa de 15 x 18 cm., a la que se unen el montante y la diagonal con 10 cm. de soldadura.

El eje g al centro del claro se forma soldando las diagonales a la --

cuerda superior con un cordón de 10 cm. El empate se efectúa con soldadura a tope con preparación del material a 60° por ambos lados, y el montante se une a las cuerdas superiores con 5 cm. y a las inferiores con 8 cm. de soldadura.

En las figs. 2 y 3 se muestra la media armadura y sus conexiones.

Las columnas son de sección escalonada estructuradas a base de perfil IPR. La parte inferior es de 18" x 8 3/4" y 95.4 kg/m. de peso, su altura es de 4.0 m., la prolongación superior es de 10" x 5 3/4" con peso de 31.3 kg/m. y 85 cm. de altura.

La placa de empalme entre secciones de columna es de 30 x 45 cm. y -- 3/8" de espesor y se suelda a tope con preparación de material a 45°, en todo el perímetro de los perfiles.

Sobre la prolongación superior de la columna se coloca una cubreplaca de 25 x 40 cm. y 1/4" de espesor. El perfil se suelda a ella con filete de 0.5 cm. en todo el perímetro de los patines y con un cordón de 10 cm. en el alma.

La armadura se conecta excéntricamente al empalme de la columna con pernos de alta resistencia del No. 5 y placas de Neopreno dureza 70 + 5° - Shore "A" de 18 x 23 cm. y 1" de espesor.

La cimentación se diseña a base de zapatas cuadradas de 2.0 m. de lado, con 30 y 20 cm. de altura máxima y mínima, respectivamente. Se refuerzan por flexión con acero del No. 4 a.c. 20 cm, y por temperatura, del --- No. 3 a.c. 30 cm.; y se desplantan sobre una capa de 10cm. de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ).

Los dados alcanzan una altura de 90 cm. A excepción de los ejes ----

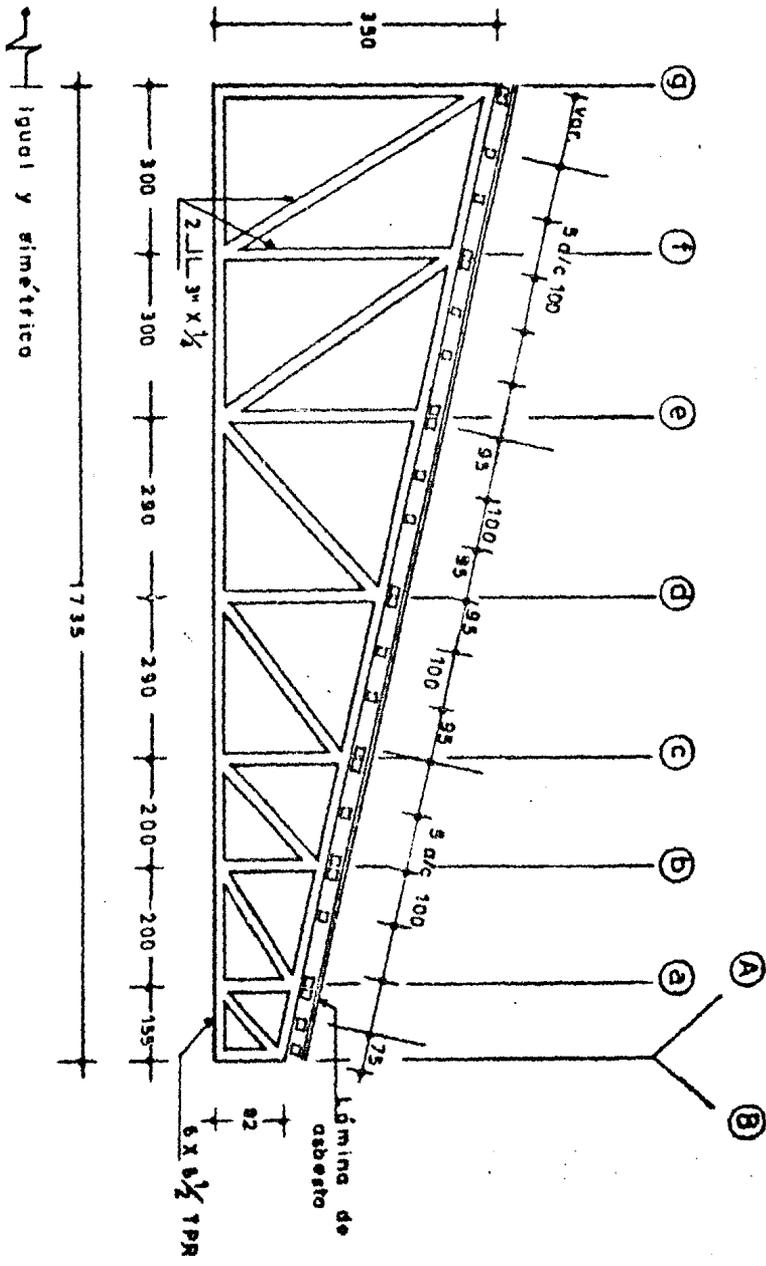
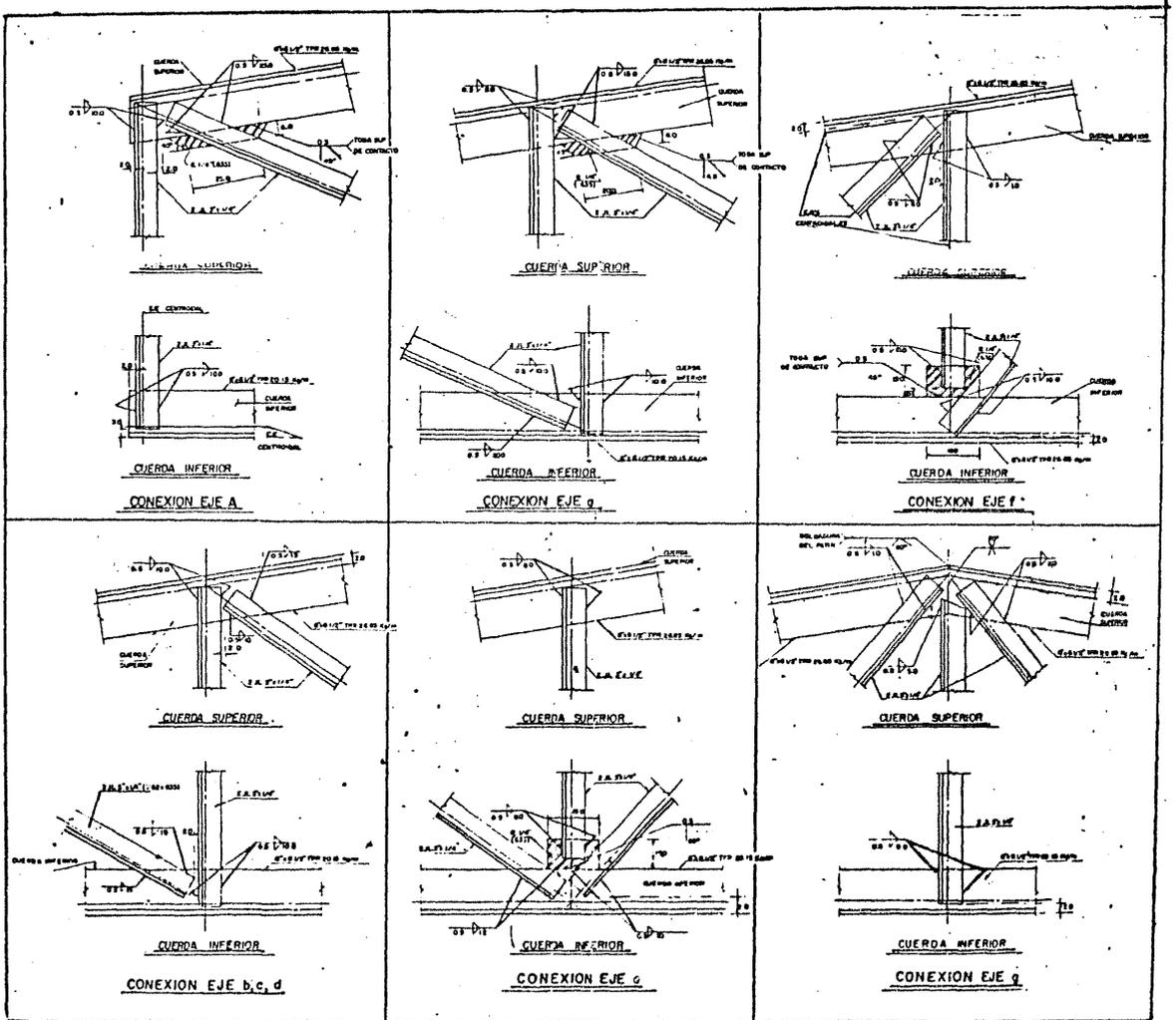


Fig. 2 Media armadura.

Fig. 3 Conexiones de la media armadura.



18-19, 36-37 y 54, todos tienen una sección de 50 x 40 cm., se refuerzan con 8 varillas del No. 8 y estribos y grapas del No. 3 a.c. 30 cm.

En las juntas constructivas los dados soportan mayores esfuerzos que los demás, porque sobre ellos actúan los elementos mecánicos de cada marco. Por este motivo su sección transversal es de 50 x 80 cm y se refuerza con 14 varillas del No. 8 y estribos del No. 3 a.c. 30 cm.

El eje 54 soporta la carga adicional de la armadura que sujeta la fachada y de ésta última, por lo que su dado mide 50 x 71 cm. y se refuerza con 18 varillas del No. 8, estribos del No. 3 y grapas del No. 2 y 3 a.c.-30 cm.

En las figs. 4 y 5 se muestran cortes de las zapatas y dados.

Las placas de base son de 1" de espesor y presentan la misma sección que los dados sobre los que se apoyan. Como elementos de anclaje se utilizan varillas de acero redondo de 1 1/4" de diámetro, distribuidas transversalmente en número de 6, y de 9 en las juntas constructivas. Su longitud total es de 172 cm.

En el diseño de la estructura, de sus miembros tanto principales como secundarios, se consideran todos los tipos de carga que actuarán en la Nave, como fuerzas gravitacionales, accidentales y sus diferentes combinaciones, aplicadas durante la fabricación, el transporte, el montaje y el servicio.

El comportamiento estructural del marco cuando se le somete a cargas laterales como el viento, depende del grado de empotramiento de las columnas en la base, de la existencia de una conexión rígida entre columnas y armaduras y de la naturaleza del suelo bajo la cimentación.

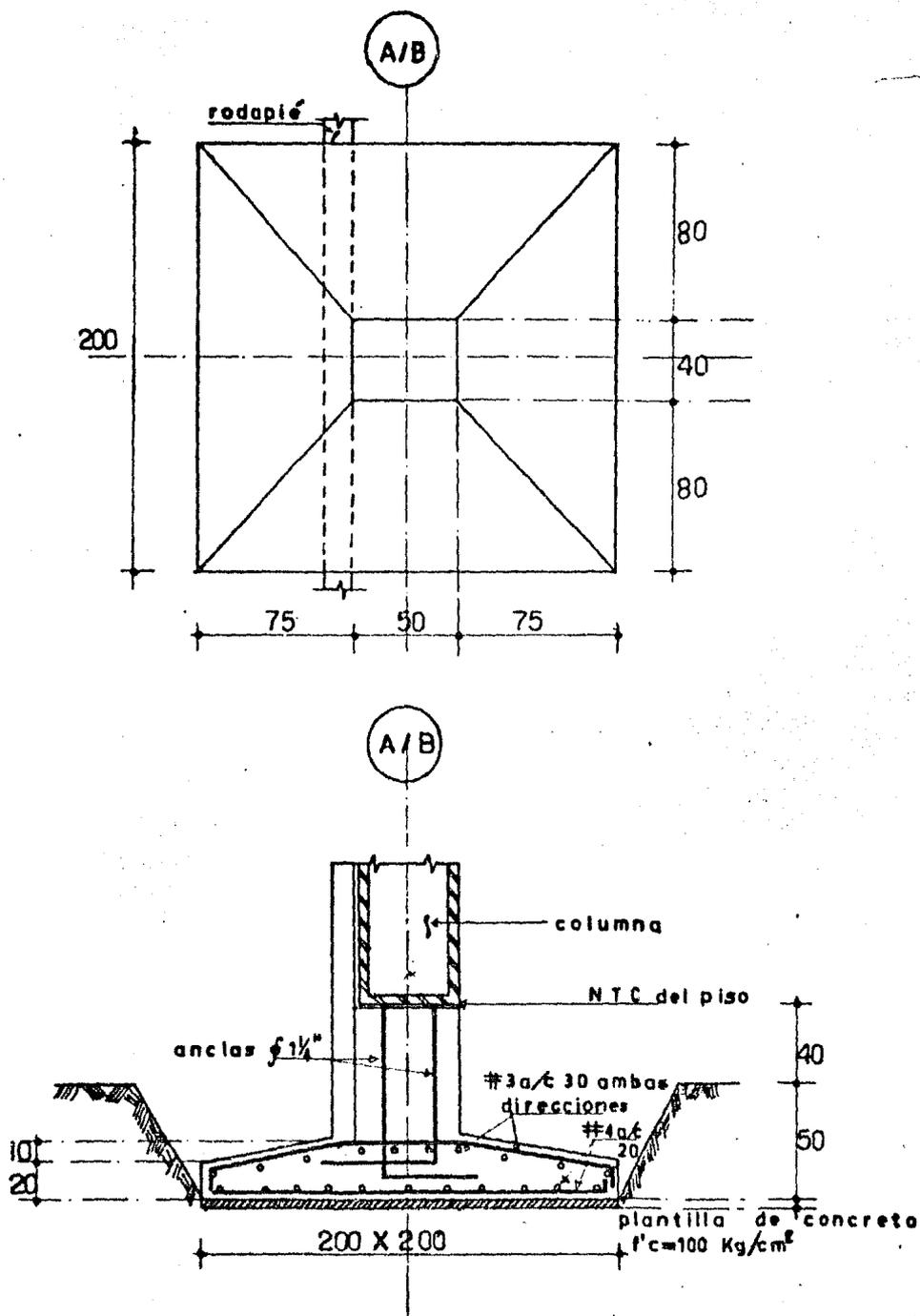


Fig. 4 Planta y corte transversal de la zapata.

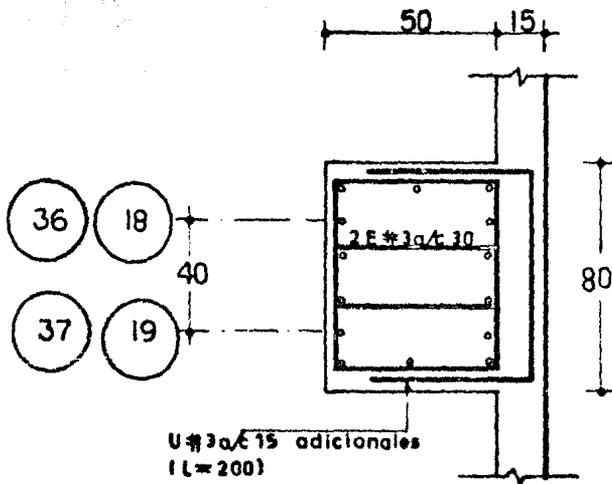
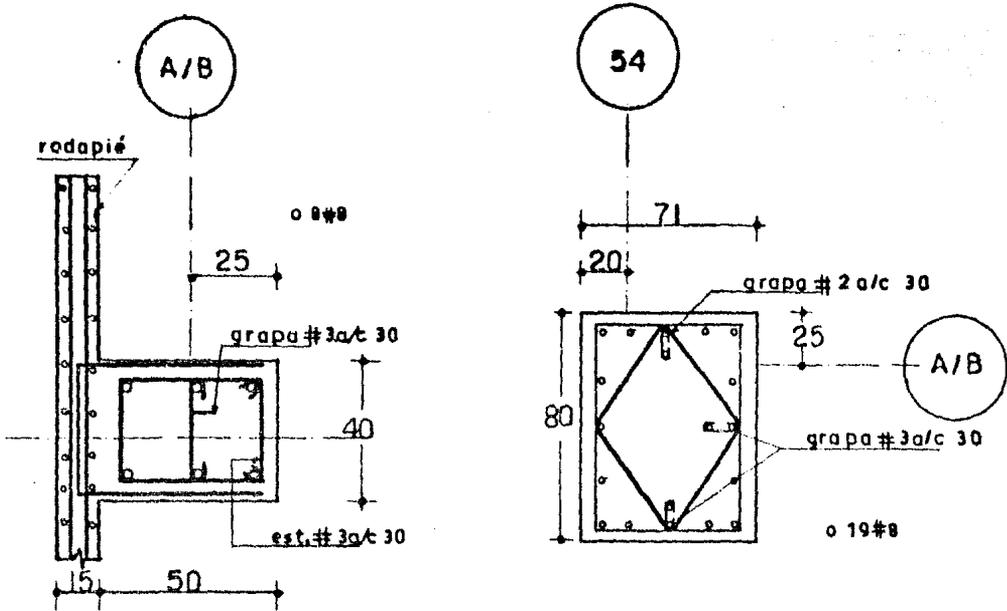


Fig. 5 Cortes transversales de los dados.

Se considera que la cimentación, estructurada a base de zapatas aisladas desplantadas sobre el basalto, es capaz de permitir el empotramiento debido a su rigidez.

Para el diseño de las columnas se obtienen las cargas máximas que soportarán y se determina el tipo de perfil a emplear. El dimensionamiento de su sección transversal se efectúa considerando factores como: relaciones de esbeltez; esfuerzos secundarios; pandeo local y torsional.

El perfil seleccionado es del tipo IPR, puesto que es el más adecuado para Naves Industriales por sus ventajas de facilidad de conexión y radios de giro ligeramente mayores en uno de los planos, lo cual es deseable en columnas sujetas a momentos más grandes en uno de sus planos.

El empalme entre las dos secciones trabaja a compresión. Parte de la carga se transmite por apoyo directo entre los extremos de la columna; por lo que se diseña para transmitir el resto de la carga.

Es de gran importancia durante el diseño de las columnas el tipo de conexión en sus extremos, porque influye directamente en su grado de restricción contra la rotación y el desplazamiento; y por lo tanto, en la obtención de su longitud efectiva.

En el diseño de la conexión zapata-columna, se toman todas las medidas necesarias para lograr una transmisión correcta de las fuerzas y momentos que soporta la columna, a la placa de base y a las anclas de acero.

En la placa de base se distribuye la carga de la columna, por lo que su área debe ser suficiente para mantener el esfuerzo de aplastamiento dentro del valor permisible para la cimentación de concreto; y su espesor se obtiene de manera que el esfuerzo de flexión en la placa no exceda el va--

lor permisible.

Las anclas se calculan para resistir todas las tensiones y cortantes- que se presentan tanto durante el montaje, como en su vida útil.

La conexión armadura-columna se considera articulada. Los pernos que se utilizan en ella son de alta resistencia del tipo de aplastamiento con- la cuerda permisible en el plano de corte.

La ventaja de tales pernos se obtiene el desarrollar en ellos una al- ta tensión inicial, la cual aprieta las placas que se están uniendo entre- la cabeza del perno y la tuerca. La acción de apriete facilita la transmi- sión de la carga de una placa a la otra por fricción, con muy poco desliza- miento entre ellas, lo cual se evita con las placas de Neopreno.

En el diseño de las armaduras a base de tableros triangulados, tipo - PRATTS, las cargas se aplican en los nudos induciéndose así esfuerzos axia- les en todos los miembros.

Las conexiones de las armaduras se diseñaran soldadas. De esta for- ma, se reducen los problemas de pandeo de los elementos, a los de un miem- bro en compresión restringidos parcialmente contra el giro en ambos extre- mos.

#### II.1.2. SISTEMA DE CONTRAVENTE Y TECHADO.

La fuerza accidental producida por el viento no es crítica, pues como la Nave se encuentra dentro de un corte de basalto, solo actúa en su direc- ción longitudinal. Pero si se considera para el diseño de un sistema de - contraventeo adecuado.

La elección del sistema de contraventeo entre columnas depende de la altura de éstas y del claro entre armaduras, pues el aumento en su altura es proporcional al momento de volteo debido a las fuerzas laterales.

La mayoría de las conexiones se realizarán con soldadura de filete de 0.5 cm., por tal, solo se describen las de espesor diferente o de otro tipo.

Los traveses se ligaron a base de perfiles IPR de 10" x 5 --- 3/4" x 32.7 kg/m. de peso; 2 en cada crujía para estabilizar ambas secciones de la columna.

Para conectar los traveses al alma de ambas secciones de la columna, se unen a éstas 2 ángulos espalda con espalda de 3" x 1/4", uno soldado en taller y otro en campo. Se prefieren los ángulos de espesor pequeño para reducir al mínimo la restricción al giro de la trabe en su soporte.

Los patines de la trabe inferior se sueldan a la placa de empalme y a atiesadores de 3/8" de espesor, con filete de 0.8 cm. en ambos lados. La trabe superior se suelda a la cubreplaca y a atiesadores de 1/4" de espesor.

Los atiesadores son placas unidas a ambos lados del alma de la columna entre los patines, soldando a tope con preparación del material a 45°.- Son atiesadores de carga porque sobre ellos se apoyan las trabes como fuerzas concentradas. Deben apretarse a los patines y extenderse tanto como sea posible hacia el ángulo de éstos.

En su parte superior la armadura se conecta a las trabes de liga y a la prolongación superior de la columna, En el patín de cada trabe se suel

da a tope con preparación del material a  $45^\circ$ , una placa de unión horizontal de forma trapecial. Al patín del perfil TPR se suelda por ambos lados una placa vertical de 5 x 5 cm. Ambas placas de unión son de  $3/8''$  de espesor y se sueldan entre sí.

En las figs. 6 y 7 se muestra la planta y el alzado de la conexión anterior.

En las juntas constructivas la placa horizontal extrema se suelda a la placa vertical y a los patines interiores y alma de la columna. En la fig. 8 se muestra dicha conexión.

Los contraventeos entre columnas se forman de diagonales a base de ángulos de  $3'' \times 1/4''$  con peso de 7.29 kg/m. Las crujías contraventeadas por sección son: 1-2, 9-10 y 17-18; 19-20, 27-28 y 35-36; 37-38, 45-46 y 53-54. Las crujías de la prolongación superior se contraventean en su totalidad con ángulos de  $2'' \times 1/4''$  de 3.63 kg/m. de peso.

Se utiliza el ángulo porque es el perfil estructural más sencillo y que más a menudo se emplea como miembro a tensión, ya que presenta una rigidez considerablemente mayor que los cables y varillas.

En el cruce de las diagonales se colocan placas de unión de  $3/8''$  de espesor, de 20 x 40 cm. en las superiores y 30 x 40 cm. en las inferiores. Los ángulos se unen a ellas con 10 cm. de soldadura.

Para recibir a las diagonales se sueldan al alma de las columnas y a la placa de base, placas de unión de  $3/8''$  y de 15 x 20 cm.

En la trabe inferior se sueldan a los atiesadores placas de unión de  $3/8''$  de espesor cortadas en sus esquinas, de 18 x 16 cm. para el contraven

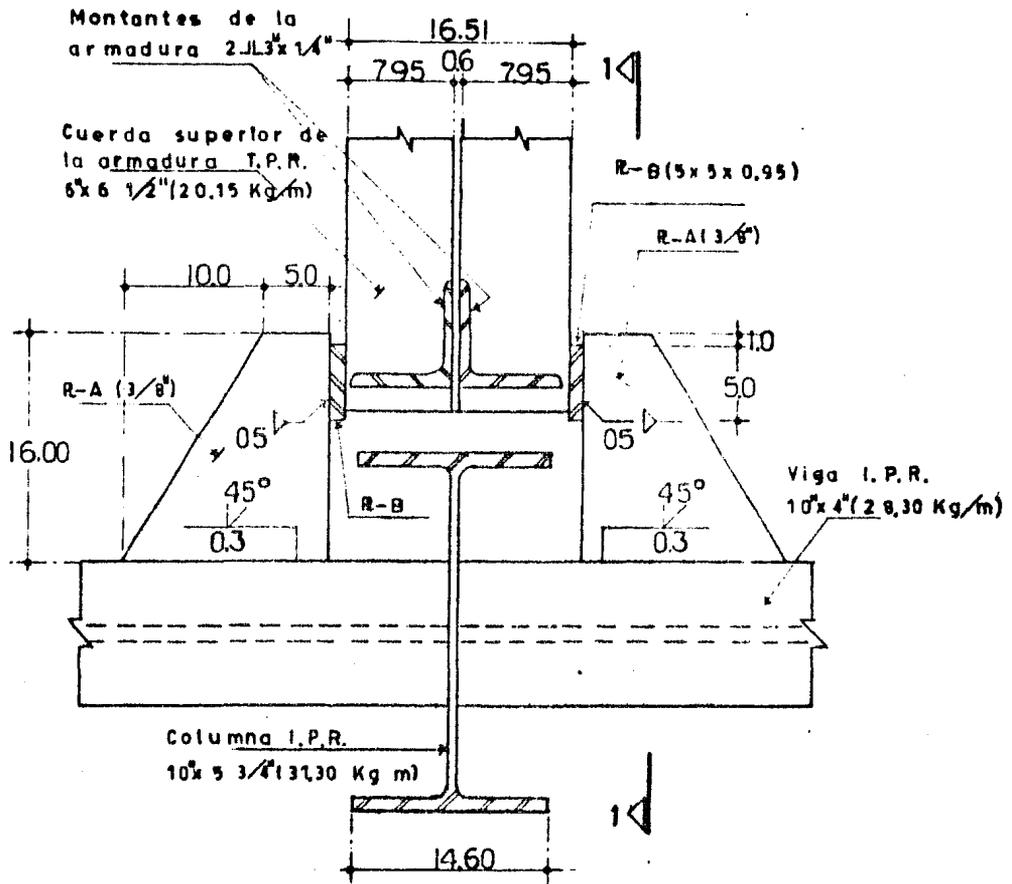


Fig. 6 Detalle del soporte lateral de armaduras.

Planta.

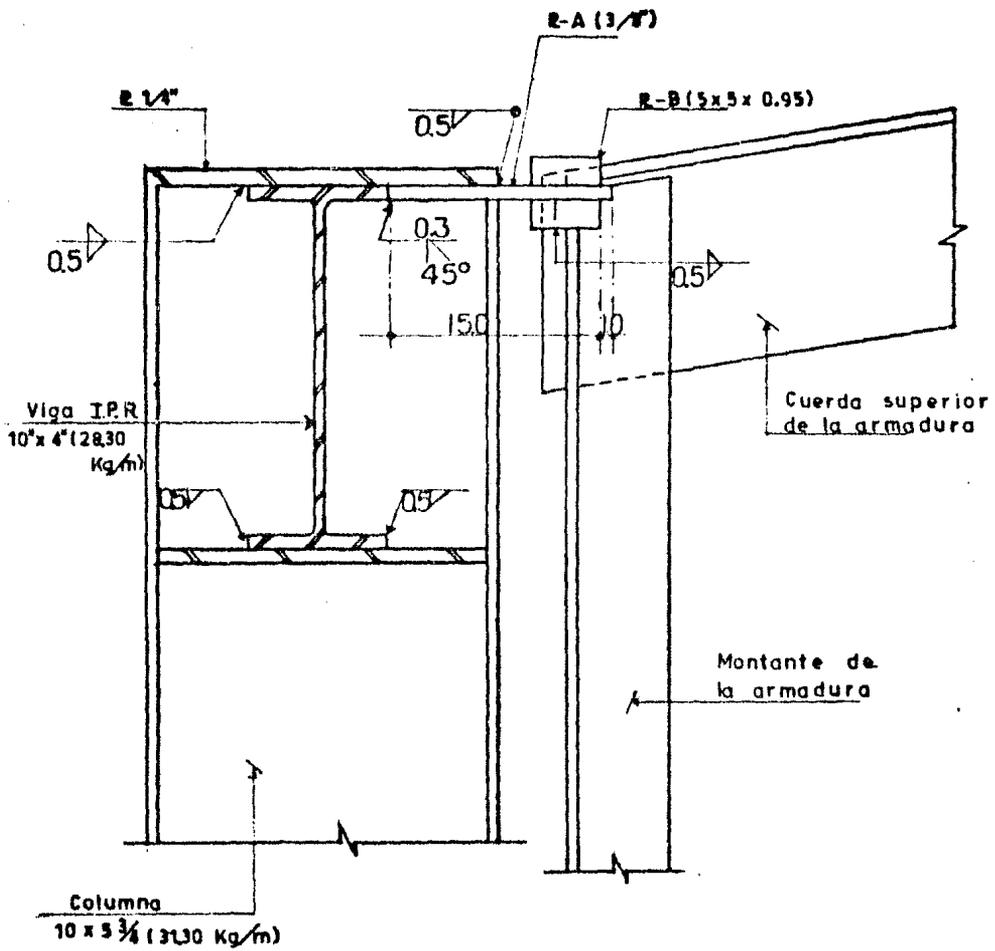


Fig. 7 Detalle del Soporte lateral de armaduras.

CORTE 1 - 1

ALZADO

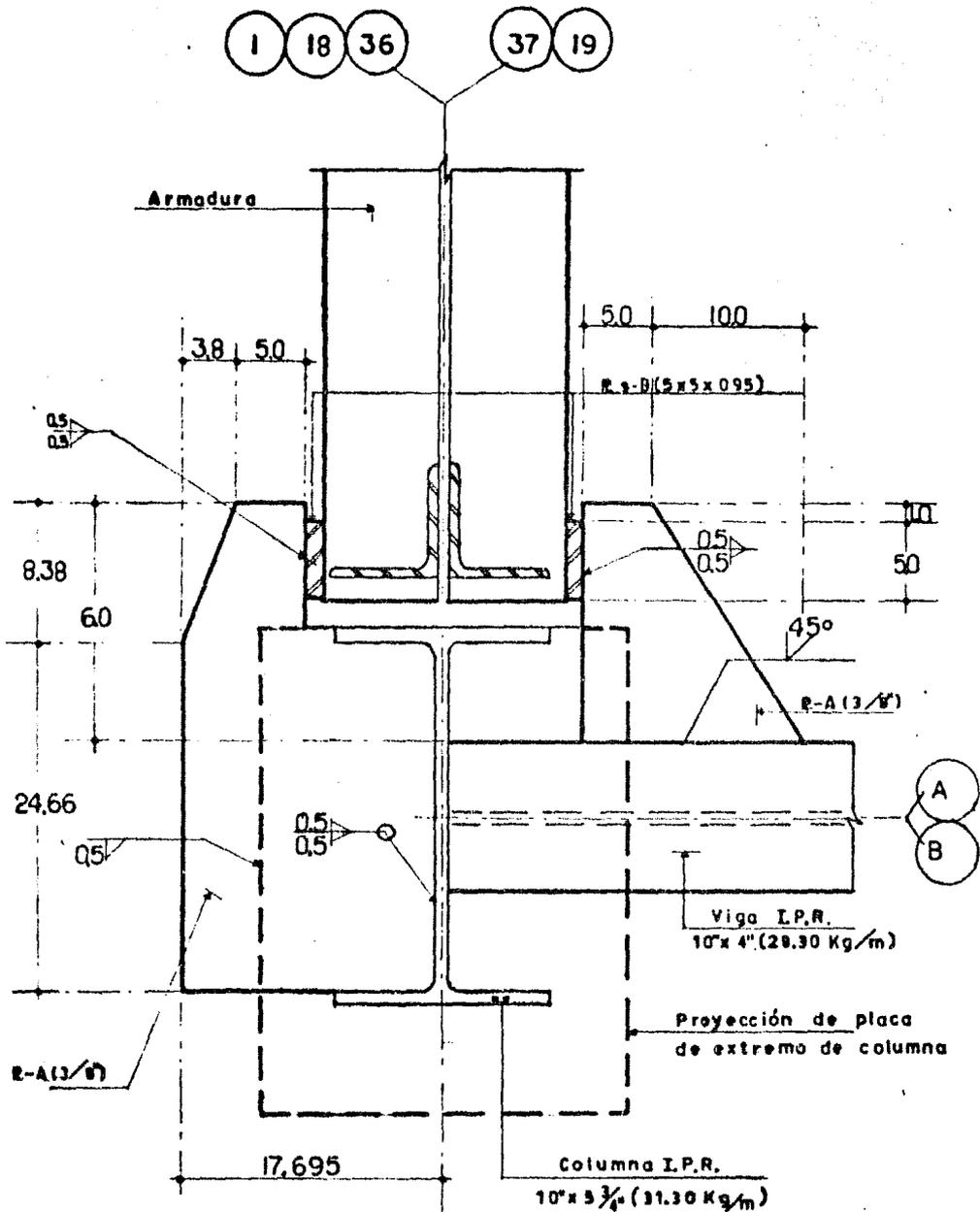


Fig. 8 Soporte lateral de armaduras en juntas constructivas.

teo inferior y de 17 x 15 cm. para el superior.

Para conectar el contraventeo entre trabes, en su parte superior, se suelda a la cubreplaca y al alma de la columna una placa de 1/4" de espesor.

En el anexo 2 se muestran todas las conexiones descritas.

Para resistir las fuerzas laterales del viento sobre las armaduras, se requiere de contraventeos en los planos inclinados del techo, y de horizontales en ambas cuerdas.

Se considera para el diseño del contraventeo la inversión del sentido de la fuerza lateral del viento sobre la cubierta de la Nave. Esta es más intensa en la primera crujía y va disminuyendo en las siguientes: por lo cual, la primera crujía es la que presenta un contraventeo más reforzado.

El contraventeo horizontal se diseña considerando las diferentes combinaciones de carga vertical y lateral en los marcos. La cantidad de desplazamiento lateral en cada uno puede ser distinto de los demás, resultando un esforzamiento del techo y los muros. Por tal, los muros se diseñan como paneles de cortante utilizando contraventeos diagonales entre columnas.

Los contraventeos en los planos inclinados del techado se diseñan a base de varillas como miembros simples a tensión. Se contraventean las crujías extremas y las siguientes en forma alternada con varilla del No.6; a excepción de las crujías 1-2 y 53-54, que son del No. 8.

Las principales desventajas de las varillas para contraventeos son: la falta de rigidez, de la cual resultan flechas apreciables producidas --

por su peso propio especialmente durante el montaje; y que es casi imposible fabricarlas de manera que ajuste perfectamente en la estructura. Para absorber las variaciones en su longitud se utilizan templadores o tuercas ajustables.

Como puntales se utilizan los monten en cajón BMT-12 colocados en los nudos de la cuerda superior.

En la crujía 53-54 se refuerza el contraventeo con diagonales a base de acero redondo del No. 5 y puntales adicionales en la cuerda inferior.

Los largueros se diseñaran a base de monten BMT-12 de 9.91 kg/m. de peso; se colocan a cada tercio de claro en los 4 tableros centrales, donde existe mayor flexión, y en los extremos a la mitad.

En la fig. 9 se muestra la planta de techos.

Los largueros son elementos de soporte cuyo espaciamiento se determina por la resistencia del material de cubierta a la flexión o al cortante y se diseñan para transmitir adecuadamente las fuerzas laterales a la estructura principal de la Nave. Es común seleccionar un canal con módulo de sección mayor que el requerido por flexión en el plano más fuerte y revisar después por el efecto combinado de la flexión en las dos direcciones.

Considerando que la pendiente del techo es apreciable, se toma en cuenta la componente vertical que actúa en el plano debil del larguero. Como la rigidez de la canal es pequeña en este eje, se colocan contraflambores a base de varillas del No. 4, dos en cada crujía, que se tensan en la cumbrera por medio de una placa que debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las fuerzas que le transmiten estos.

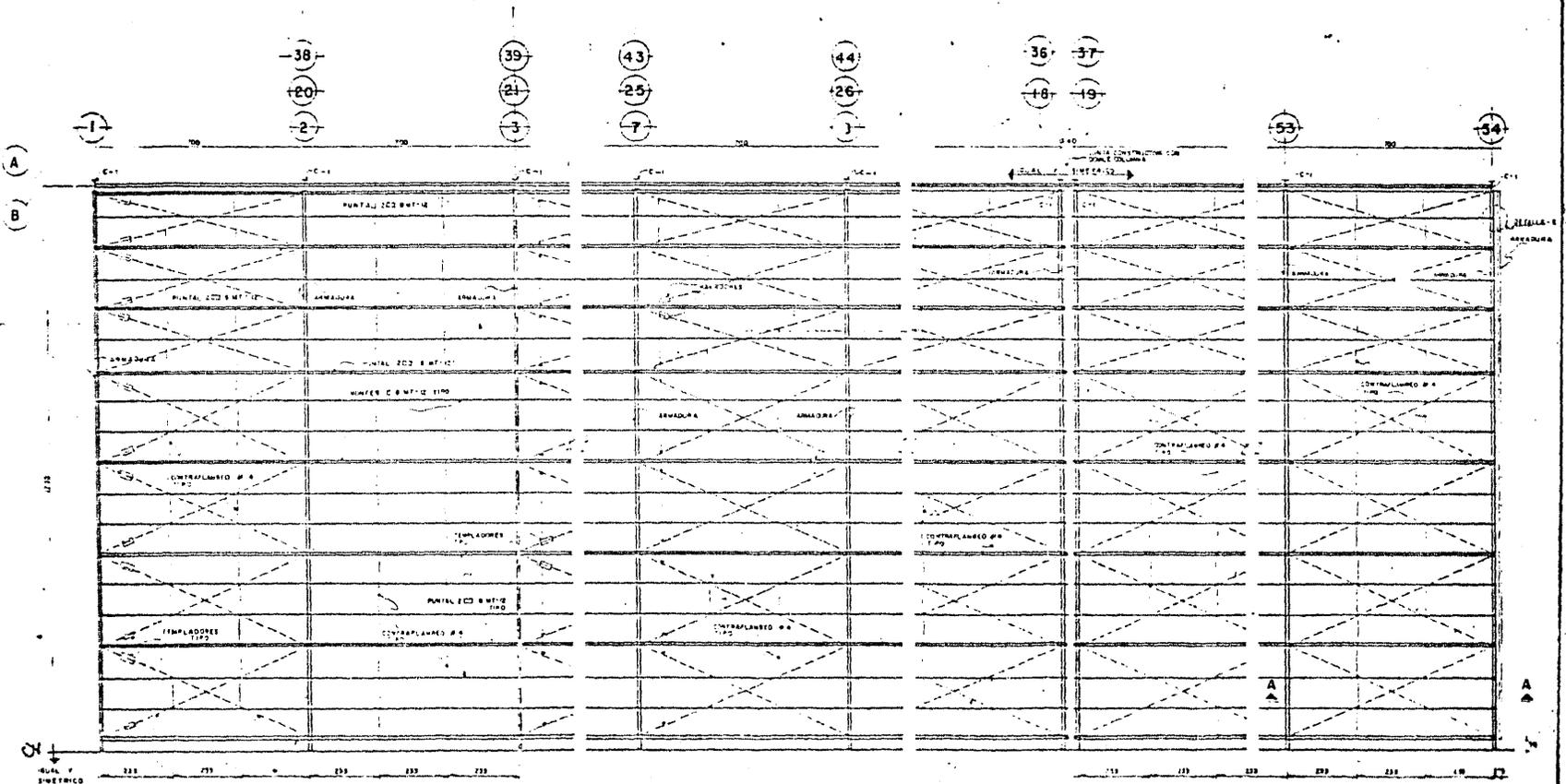


Fig. 9 PLANTA DE TECHOS

CONTRAPLANOS EN COLUMNAS Y EN EL CENTRO DE LAS COLUMNAS

CONTRAPLANOS EN COLUMNAS Y EN EL CENTRO DE LAS COLUMNAS

225 235 245 255 265 275 285 295 305 315 325 335 345 355 365 375 385 395 405 415 425 435 445 455 465 475 485 495 505 515 525 535 545

225 235 245 255 265 275 285 295 305 315 325 335 345 355 365 375 385 395 405 415 425 435 445 455 465 475 485 495 505 515 525 535 545

La fachada de la Nave se presenta con un faldón de Siporex apoyado sobre una armadura más ligera que la tipo, llamada A-S.

La longitud de la media armadura es 18.25 m., su peralte máximo 3.40 m. y el mínimo 70 cm. Se estructura con 7 tableros de 2.50 m. de claro y un extremo de 1.55m. El sentido de los 3 tableros centrales es hacia el centro del claro, los 3 restantes al contrario, cambiando en el extremo.

Las cuerdas se diseñan a base de 2 ángulos con cajón de 4" y 14.58 kg/m. de peso; los montenes y diagonales a base de 2 ángulos espalda con espalda de 3" y 10.72 kg/m. y de 1 1/2" y 6.10 kg/m' de peso, respectivamente.

Para la conexión de los miembros se utilizan placas de unión de 1/4"-de espesor y soldadura de filete de 0.6 cm. en las longitudes requeridas. Los patines de las cuerdas se sueldan a estas placas en toda su longitud de contacto.

El nudo superior del eje extremo se estructura con una placa de unión de 21 x 26 cm., a la cual se le suelda con un cordón de 14 cm. el montante. En el nudo inferior, la placa es de 23 x 25 cm., el cordón de soldadura para el montante es de 6 cm. y para la diagonal 12.5 cm.

En el siguiente eje, la placa del nudo superior es de 55 x 25 cm., el montante y las diagonales se sueldan a ella en todo su perímetro de contacto; la placa del nudo inferior de 22 x 24 cm. y el montante y la diagonal se sueldan a ella con un cordón de 6 cm.

En los siguientes 2 ejes se utilizan placas de 22 x 36 cm. en el nudo superior, a las cuales se les unen montantes y diagonales con 10 cm. de --

soldadura. En el nudo inferior la placa es de 27 x 55 cm. y el montante y la diagonal se sueldan con un cordón de 15 y 17 cm. respectivamente.

En el siguiente eje, se utiliza una placa de 40 x 20 cm. en el nudo superior, y a ella se le suelda el montante con un cordón de 10 cm. En el nudo inferior, la placa es de 28 x 33 cm. y tanto diagonales como montantes se sueldan a ésta en todo su perímetro de contacto.

En los siguientes 2 ejes, se utiliza en el nudo superior una placa de 33 x 41 cm., y en el inferior otra de 30 x 60 cm., a ellas se sueldan montantes y diagonales con un cordón de 10 cm.

En el centro del claro, el empate superior se forma con una placa hexagonal de 35 cm. de altura y 46 cm. de base menor, las cuerdas se sueldan a ella con un cordón de 20 cm. y las diagonales y montante central con 10 cm. En el nudo inferior la placa es de 22 x 40 cm., las cuerdas se le unen con un cordón de 20 cm., y el montante con 10 cm. de soldadura.

Para la conexión de la armadura A-S al marco del eje 54, se suelda al alma de la columna un tramo de trabe de 37.50 cm., la cual actúa como ménsula. En ésta se apoya la armadura y se conecta con una placa de Neopreno dureza 70+ 5° Shore A de 18 x 23 cm. y 1" de espesor y pernos de alta resistencia de 3/8" de diámetro.

Como refuerzo adicional se sueldan entre ambas cuerdas ángulos de 2 1/2" de 6.1 kg/m. de peso a.c. 50 cm.

La cubierta del techo se seleccionó a base de láminas acanaladas de asbesto-cemento de 3.66 m. de longitud, del No. 7; y de láminas translúcidas para dar iluminación a la Nave, colocadas al centro de cada crujía.

## II.2 CARACTERISTICAS Y DISTRIBUCION DE LAS ESTRUCTURAS INTERNAS.

La capacidad de proyecto de la Nave de Depósito es el factor que define el tipo, dimensiones, cantidad y distribución de las estructuras internas.

Los trenes que albergará la Nave llegarán del tramo de maniobras y se distribuirán por las 7 pistas de rodamiento y por la fosa de revisión; los 9 andadores laterales y los 2 transversales tendrán la función de permitir el acceso a los técnicos y operarios; y los registros para ductos de cables de tracción servirán para las instalaciones electromagnéticas.

La fosa de revisión tiene su eje a 20.25 m. del eje de columnas B. A su derecha se ubican 3 pistas de rodamiento y 4 andadores laterales; y a su izquierda, 4 pistas y 5 andadores. Los ejes de las pistas se encuentran a 2.75, 6.75, 10.75 y 14.75m. del eje B, y a 2.75, 6.75 y 10.75 m. del eje A. Estas tienen 1.0m. de ancho y rematan en areneros.

Longitudinalmente, la fosa comienza a 4.485 m. del eje de columnas 28 y termina a 3.915 m. del 5. Los andadores transversales se ubican en los ejes 28 y 54. Las pistas y los andadores terminan a 5.415 m. del eje 1, de esta cota hasta el rodapié es la superficie destinada a oficinas y almacén.

Los registros se distribuyen en toda la superficie de la Nave.

Los areneros se estructuran con una losa de cimentación, dos paredes laterales de sección trapecial y otra de fondo. Se rellenan con una capa de tepetate seguida de otra de material granular sobre la que descansa la arena de mar en estado suelto y en sacos. El nivel de rasante de la arena es de 1.25 m. sobre el NPR (Nivel de Pista de Rodamiento).

Las paredes laterales tienen altura variable de 2.0 a 2.7 m., medidas desde la plantilla; su espesor varía de 30 cm. en el piso a 15 cm. en sus extremos, al igual que en la pared de fondo. Se arman por flexión -- con acero del No. 3 a c. 30 cm. y por cortante con estribos del No. 3 a c. 25 cm., adicionalmente sus extremos se refuerzan con pares de varillas del No. 6. La losa de cimentación tiene medidas interiores de 2.7x2.70-m., su espesor es de 30 cm. y se refuerza con una parrilla del No. 3 a c. 25 cm. en ambos lechos. Se desplantan sobre una plantilla de concreto pobre ( $f' c=100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 10 cm. de espesor. En la fig. 10 se muestran -- los cortes de las secciones transversales.

La fosa de revisión tiene una longitud total de 153.00. Presenta -- una sección transversal trapecial con nichos interiores en forma de tré--bol. Tiene un ancho total en el extremo superior de 4.062 m. y en el inferior de 0.96 m. y su altura es de 1.044 m.

Su losa de piso, por donde transitarán los técnicos, se encuentra -- 1.60 m. abajo del NPT, tiene 40 cm. de espesor y un ancho de 1.19 m.; le prosigue la plataforma para carro móvil que se forma de un escalón de 30-cm. de huella y 54.4 cm. de altura; los nichos interiores son escalones de 14 cm. de huella, de 10 y 43 cm. de peralte; las losas superiores son de 19 cm. de espesor y 1.436 m. de ancho.

La fosa se refuerza por flexión con varillas del No. 4 a c. 25 cm. - y con 22 del No. 6, distribuidos en todo su perímetro y en los extremos, - respectivamente. Los estribos son del No. 4 a c. 25 cm. En la fig. 11 - se muestra un corte de la sección transversal de la fosa.

Los técnicos bajarán a la fosa por escaleras de 17.5 cm. de peralte-

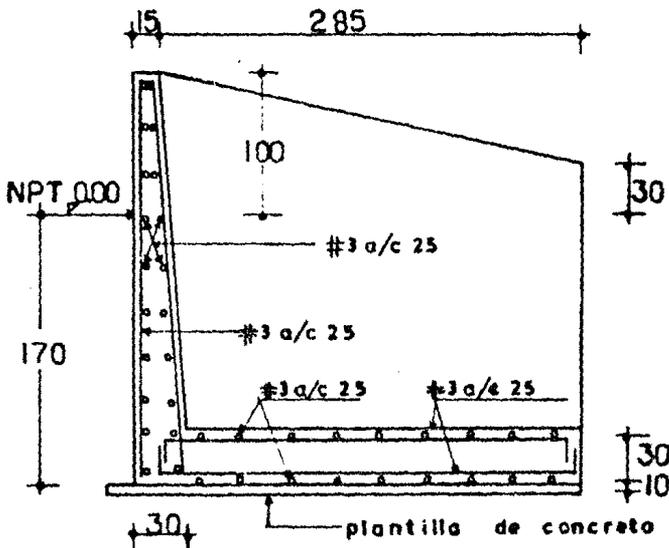
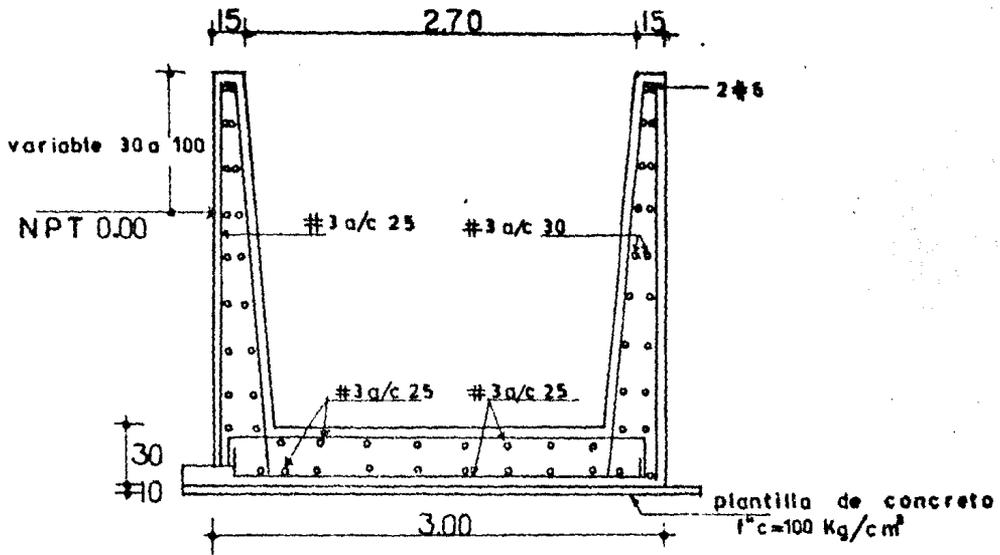


Fig. 10 Cortes transversales de los areneros.

y 21 cm. de huella, reforzadas con varillas del No. 2.5 a.c. 30 cm. y del No. 3 a.c. 20 cm.

Los andadores se estructuran con una losa de 8 cm. de espesor, apoyada sobre un relleno de tepetate, y dos guarniciones laterales de 15 cm., - que se desplantan sobre el basalto. La losa se separa 2 cm. de las guarniciones para permitir los desplazamientos que pudieran producirle los esfuerzos originados por el paso de los trenes.

Las banquetas se refuerzan con una parrilla de acero del No. 3 a.c. - 25 cm., y las guarniciones con 6 varillas del No. 6 y estribos del No. 2 - a.c. 15 cm. En la fig. 12 se muestra el corte de la sección transversal - de un andador tipo y otro lateral a la fosa.

Los andadores transversales tienen un ancho de 1.5 m., con banquetas de 1.16 m. y guarniciones de 67 cm. de altura. Su losa se encuentra a nivel de piso terminado (NPT 0.00).

Los andadores laterales a las pistas de rodamiento son 7 en total, de 1.0 m. de ancho con banqueta de 66 cm. y guarniciones de 52 cm. de altura. Su losa se encuentra 15 cm. abajo del NPT.

Los andadores laterales a la fosa descansan su losa sobre ella, el izquierdo tiene un ancho de 1.779 m. y el derecho de 33.9 cm.; las guarniciones son de 48 cm. de altura.

Los andadores laterales al eje de la fosa, entre los ejes 28 y 54, -- son de 2.50 m. de ancho con banqueta de 2.16 m., y de 1.0 m. con banqueta de 66 cm., izquierdo y derecho respectivamente. Ambos tienen guarniciones de 52 cm.

En el extremo posterior de la fosa, entre los areneros, se ubica otro

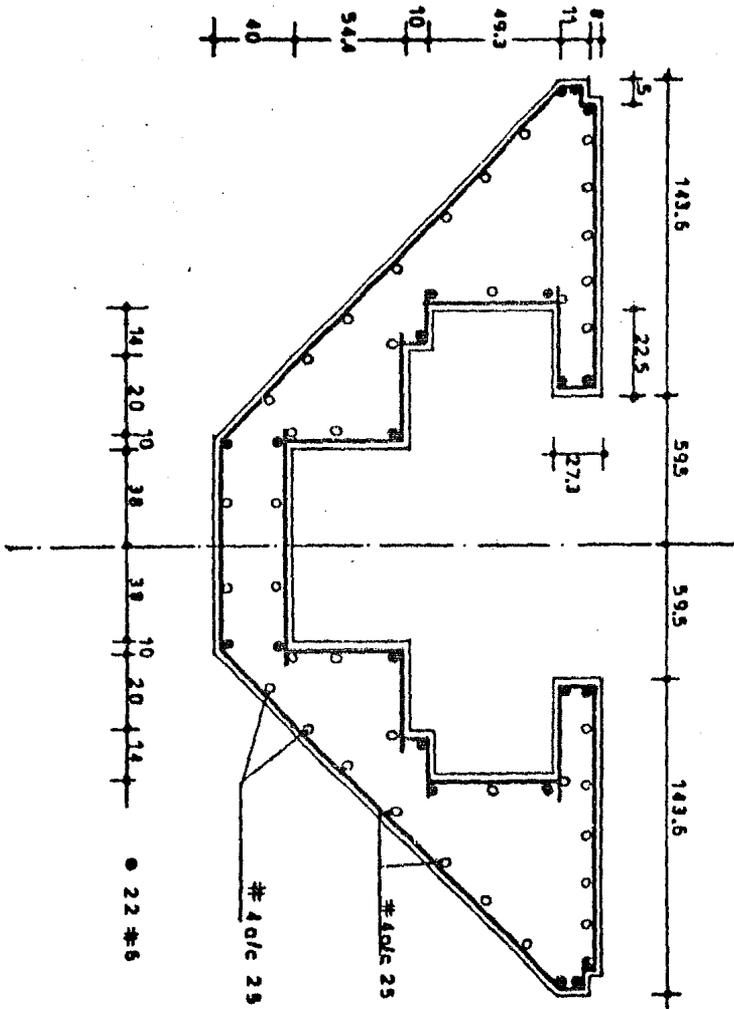


Fig. 11 Corte transversal de la fosa de revisión.

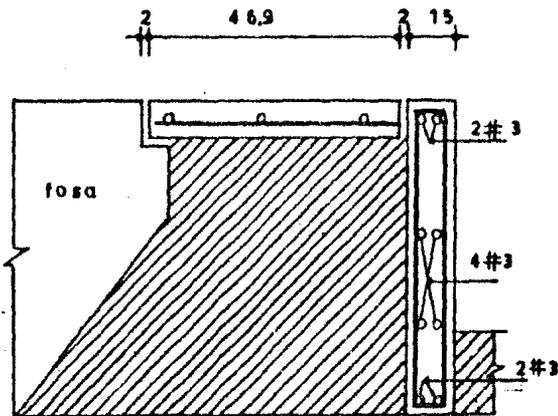
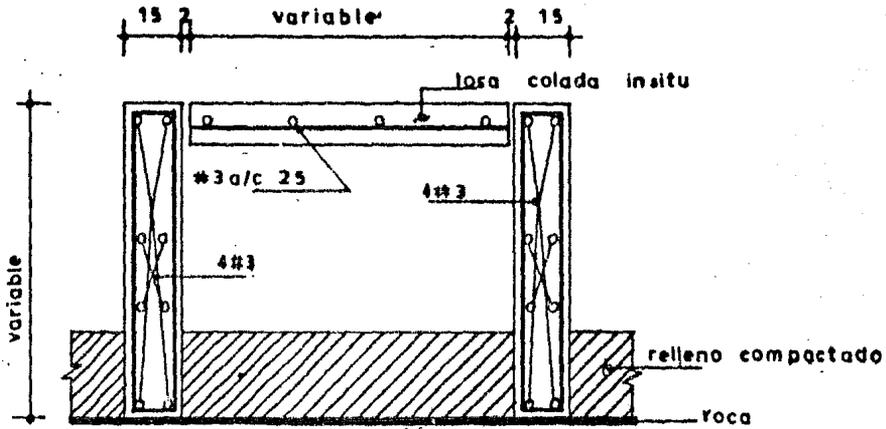


Fig. 12 Corte transversal de un andador intermedio y otro lateral a la fosa.

andador de 7.40 m. con banqueta de 6.16 m. de ancho y 30 cm. de espesor, - que descansa sobre una plantilla de concreto pobre. Las guarniciones son de 52 cm. de altura, y su nivel, al igual que en todos los andadores laterales a la fosa es de 19 cm. abajo del NPT.

La losa se refuerza por flexión con varillas del No. 3 a.c. 25 y a.c. 20 cm., en sentido longitudinal y transversal; y la guarnición con 8 varillas del No. 8 y estribos del No. 2 a.c. 15 cm.

Las rampas de acceso a los andadores tienen una longitud de 4.0 m. en los laterales a la fosa, y de 1.0 m. en los demás. Su estructura con una losa horizontal de 10 cm. de espesor y 50 cm. de longitud, y una rampa de 50 cm. de largo y 8 cm. de espesor. Se refuerzan con acero del No. 3 a.c. 20 cm. y malla de acero electrosoldada 6 x 6 - 10/10 en 2 lechos.

Los registros son de 3 tipos, los cuales difieren en dimensiones, según el número de bancos de ductos que reciben. Se estructuran con un firme de concreto de 25 cm. de espesor, muros de concreto armado y losa superior de 20 cm. de espesor armado con una zapata perimetral que recibe la - tapa. Se desplantan sobre una plantilla de concreto pobre de 10 cm. de espesor, y su nivel de piso se ubica abajo del NPT.

Los muros de los registros se refuerzan con acero del No. 4 a.c. 20 - cm. en ambas direcciones, en las parrillas exteriores. En las anteriores - el acero es del No. 4 a.c. 20 cm. horizontales y a.c. 25 cm. verticales. - Los extremos se refuerzan en varillas del No. 6. Las zapatas que reciben - las tapas se refuerzan con acero del No. 6 y del No. 2.5 y estribos del -- No. 2.5, adicionalmente en sus esquinas se colocan ángulos de 2 1/2" x --- 3/16" empotrados a estas con tramos de 20 cm. de varillas del No. 5 a.c. - 20 cm. En la fig. 13 se muestra el corte transversal de un registro.



Las tapas son de concreto, armadas con una parrilla del No. 4 a.c. -- 25 cm. y con ángulos de 2 1/2" x 3/16" empotrados en las esquinas.

El hueco que recibe los ductos se forma con cuadrícula de varillas -- del No. 6 a 2 lechos empotradas en los muros de los registros.

Los registros que reciben un solo banco con 4 ductos se encuentran a un nivel de -2.15 m. y la altura de sus muros es de 2.25 m. El muro donde se ubica el hueco de 45 x 45 cm. tiene un espesor de 30 cm. y los restantes de 20 cm. Las medidas interiores del firme son 1.0 x 1.5 m.

El registro tipo R-30A recibe un banco de 6 ductos. Su nivel de piso es -2.33 m. y la altura de sus muros es de 1.95 m. Una de las paredes recibe el hueco de 30 x 60 cm.; su espesor es de 30 cm., y de 20 cm. en las demás. Las medidas interiores del firme son 1.1 x 1.9 m.

Los registros tipo R-38A y R-39A reciben 4 bancos de 8 ductos cada -- uno. Su nivel de piso está a -2.10 m., la altura de sus muros es de 2.45 m. Dos muros contrarios son de 20 cm. de espesor y presentan huecos de -- 45 x 75 cm.; los otros dos son de 30 cm. y sus huecos de 45 x 120 cm. Las medidas interiores de su firme son de 1.20 x 1.50 m.

La superficie total destinada a oficinas y almacén es de 265.5 m<sup>2</sup>. -- La construcción mide 18.64 m. de largo y 3.66 m. de ancho, con una área total de 68.20 m<sup>2</sup>. Un pequeño patio ocupa el resto.

Las oficinas tienen un largo de 4.0 x 4.88 m., el baño de 1.83 m. y -- el almacén de 7.93 m. Se desplantan sobre una dala de 15 x 30 cm. armada con 2 varillas del No. 4 y estribos del No. 2, y una zapata corrida trapecial de 20 cm. de altura con 20 cm. de base menor y 60 cm. de base mayor, -- reforzada con 2 varillas del No. 4 y estribos del No. 4 a.c. 15 cm. En la

fig. 14 se muestra un corte transversal de la dala.

Los muros miden 2.40 m. de altura y son de block hueco de cemento-arena de 15 x 20 x 40 cm. Los castillos se estructuran introduciendo 1 varilla del No. 3 en los huecos del block de cada muro, sujetas con estribos del No. 2 a.c. 2 hiladas. Las varillas se ahogan en concreto y se anclan al firme. Las columnas tienen sección de 15 x 15 cm., y se refuerzan con 4 varillas del No. 4 y estribos del No. 2 a.c. 15 cm.

La losa de techo tiene 10 cm. de espesor, se refuerza por flexión con acero del No. 3 a.c. 60 cm. y se soporta con traveses reticulares de 15 x 20 cm. La reticula de traveses y cerramientos se localiza dividiendo la construcción en ejes transversales de muros (A1 a A8) y longitudinales (1A a 1D). En la fig. 15 se muestra la planta de cubierta y armado de la losa.

El eje A1 se localiza en el muro extremo; A2 y A3 en los muros del baño; A4 a la mitad de la siguiente oficina; A5 a 1.39 m. del anterior; A6 en el muro que divide el almacén y la oficina; A7 a la mitad del almacén y A8 en su muro extremo. Las traveses se localizan en los ejes A2, A3, A4 y A7.

Longitudinalmente el eje 1A se ubica en el muro extremo; 1B a 105 cm; 1C a 95 cm. e 1D en el muro frontal. Las traveses se localizan en los ejes 1B, entre el A3 y A2, e 1D entre el A2 y el A6.

La travesa de los ejes A4 y A7 se refuerzan por flexión negativa y positiva, con 2 varillas del No. 3 y 2 del No. 2, respectivamente. Por corte con estribos del No. 2.5, en número de 7 espaciados a 13 cm. en los extremos y a 20 cm. en el centro.

Los traveses de los ejes 1B y 1C entre A2 y A3 se refuerzan con 2 vari-

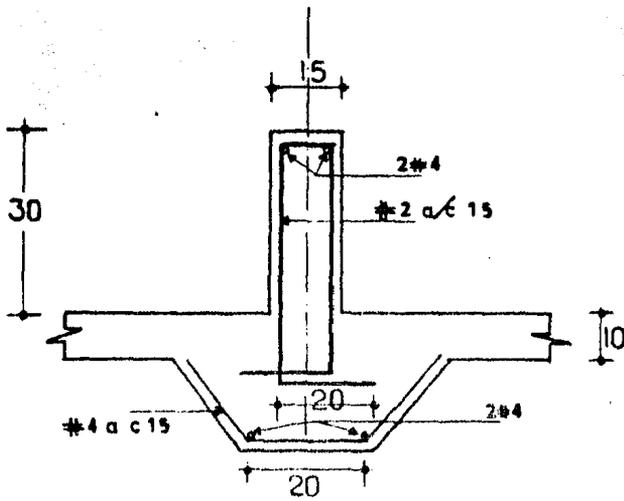


Fig. 14 Corte transversal Dala de Cimentación.

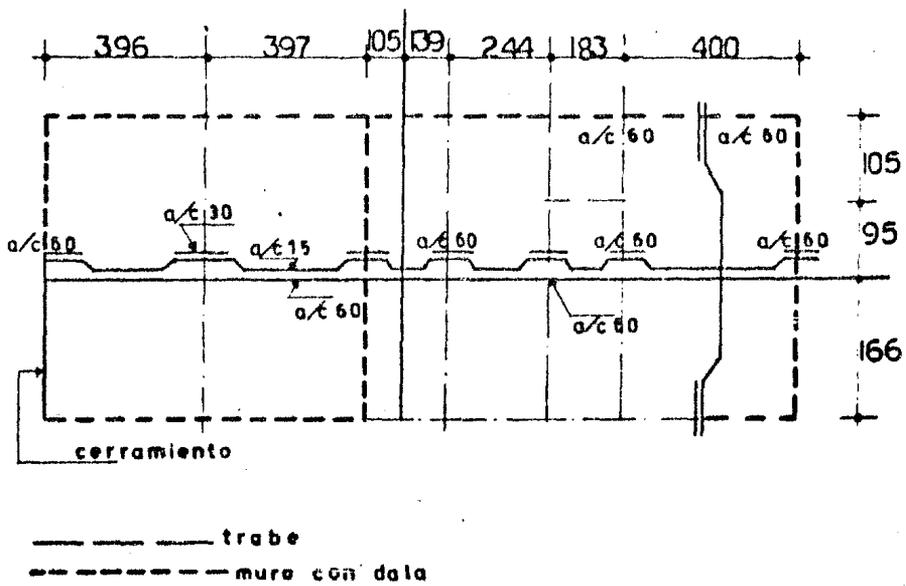


Fig. 15 Planta de techos.

llas del No. 3 por flexión positiva y negativa, y con estribos del No. 2.5 a.c. 13 cm. en los extremos y a.c. 20 cm. en el centro.

La trabe del eje ID principia a 1.10 m. del eje A7 y termina a 7.5 -- cm. del eje A2, por lo que su longitud es de 7.0 m. Por flexión positiva se refuerza con 2 varillas del No. 3 y en el lecho superior y una del No.4 en el inferior. Por flexión negativa se refuerza con 2 varillas del No.3.

Los estribos son del No. 2 espaciados a.c. 20 cm. de los extremos hacia los ejes A6 y A3, y en el centro a.c. 13 cm. En la fig. 16 se muestra el corte de la trabe.

Los cerramientos son de 15 x 30 cm. y se refuerzan con 4 varillas del No. 3 y estribos del No. 2 a.c. 15 cm.

Rodea a la Nave por sus tres extremos un rodapié de concreto armado, estructurado con una zapata corrida de 50 x 15 cm. armada con 4 varillas del No. 3, y un muro de 15 cm. de espesor y 1.85 m. de altura reforzado -- con 16 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a.c. 30 cm.

En el eje 54, el rodapié rodea a la columna. Se desplanta sobre una plantilla de concreto pobre de 5 cm. de espesor, ubicada 55 cm. abajo del NPT. En la fig. 17 se muestra un corte del rodapié.

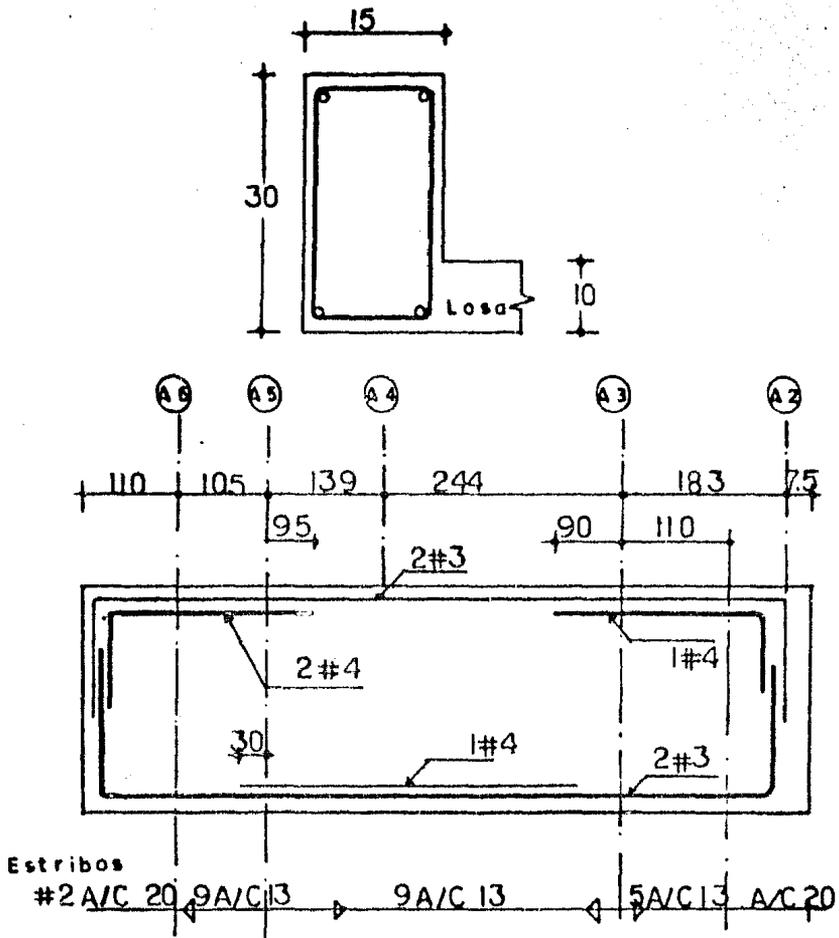


Fig. 16 Corte transversal trabe Eje ID.

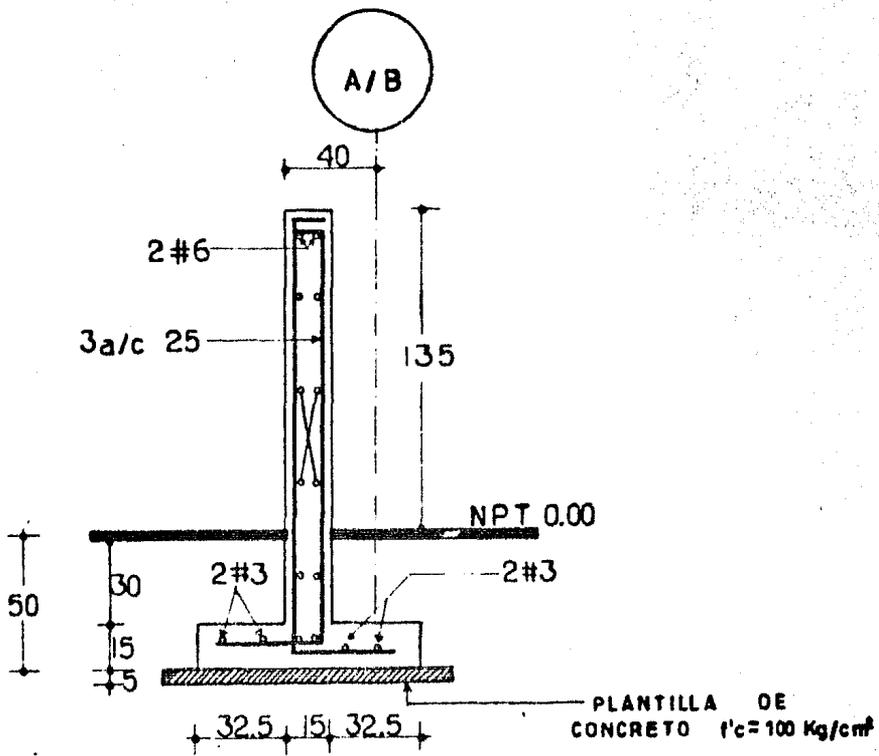


Fig. 17 Corte transversal del rodapié.

### CAPITULO III

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Para la construcción de la red que constituye el Plan Maestro del Metro, el Departamento del Distrito Federal creó la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR).

COVITUR ejerce la Dirección y el Control de las obras y contrata para el Proyecto, la Supervisión y la Construcción, a empresas de reconocido prestigio; las cuales se relacionan como se muestra en la fig. 18.

La realización del Proyecto, en general, queda a cargo del ISTME (Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A.). Esta empresa elabora planos y especificaciones de obra civil y electromecánica y proporciona asesoría sobre los proyectos.

La supervisión de la Línea se encomienda a ECON (Empresas Constructoras, S.A. de C.V.). Su principal función radica en verificar que la obra se ejecute de conformidad con los planos, especificaciones y normas técnicas consignadas en los proyectos. Por lo tanto, otorga a la Constructora toda la información necesaria para lograr dichos objetivos.

COMETRO (Constructora Metro, S.A. de C.V.) y demás empresas asociadas, realizan la construcción civil y electromecánica de las obras del Metro.

Durante la realización de las obras, COVITUR actúa como elemento coordinador entre la Supervisión y la Constructora. En cada línea se organiza con Jefes de Residentes por Zona; Residentes Generales por tra-

no y sus respectivos Residentes de frente, los cuales mediante Bitácora, giran instrucciones y efectúan acuerdos.

Previamente a la construcción de la Nave de Depósito de la Estación Universidad, se presenta un Programa o Calendario de Obras.

El Programa se elabora mediante diagramas que representan, la duración y orden de las actividades que, en forma simplificada, integran la obra. Estas se obtienen considerando los volúmenes de obra, los recursos a emplear y la interrelación de los trabajos por ejecutar.

Para elaborar los diagramas se utiliza el Método de la Ruta Crítica, el cual tiene la ventaja de definir claramente la interdependencia de actividades e identificar las holguras disponibles. Además, se presta para su procesamiento electrónico permitiendo analizar previamente diferentes alternativas.

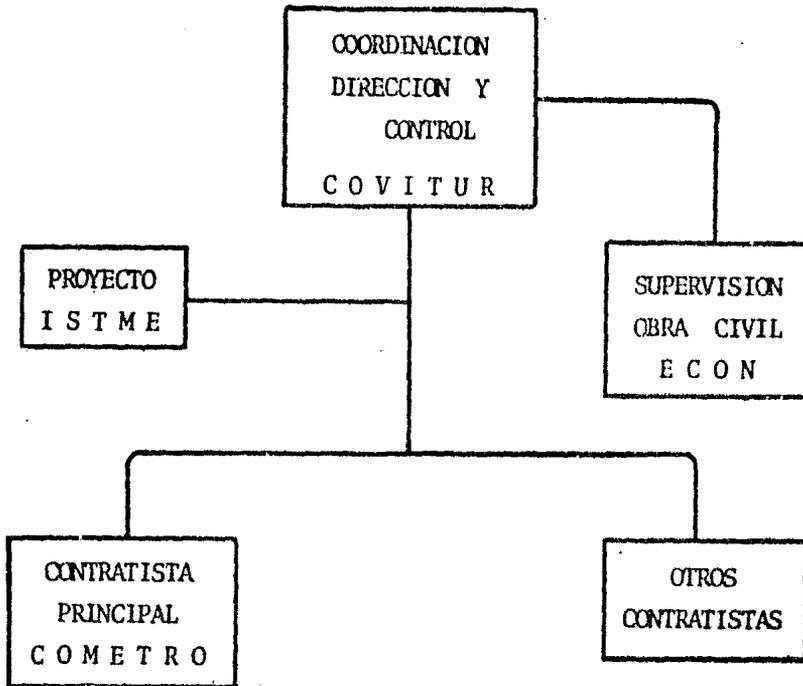
Durante el análisis de las alternativas se consideran diversos factores como: capacidad del mercado; disponibilidad de materiales; personal capacitado; así como la realización de trabajos extraordinarios.

Ya iniciada la construcción; se establece la periodicidad de las revisiones y se señalan sobre el mismo diagrama los avances reales obtenidos en obra, verificando que se apeguen a lo programado.

Se toman medidas correctivas en las actividades atrasadas considerando aspectos como cantidad y calidad de mano de obra, procedimiento constructivo, supervisión, tiempo efectivo de trabajo, etc.

El control de calidad efectuado en los materiales, mano de obra, y procedimiento constructivo es decisivo en el buen desarrollo de las actividades. La supervisión en este caso, presta los servicios de laborato-

Fig. 18 ORGANIGRAMA PARA LAS AMPLIACIONES DE LAS OBRAS DEL METRO.



rio y tiene la responsabilidad de evaluar los resultados de los ensayos - comparándolos con las especificaciones de proyecto o con normas oficiales (ASTM, ASW, SAHOP, ACI, etc.); así como de adoptar las medidas correctivas necesarias.

Se especifica a continuación, el procedimiento constructivo de cada actividad, con la secuencia observada en la obra.

### III.1 EXCAVACION EN ROCA

La ampliación de la Línea 3-Sur, del cadenamiento 20+953.491 en el -- tramo Copilco-Universidad, al 22+287.143 en el eje del Muro Tapón de la Nave de Depósito, se construye sobre el basalto del Pedregal de San Angel.

El mayor volúmen de excavación se registra en la llamada Zona de Cola y Nave de Depósito donde el nivel de subrasante está muy por debajo del terreno natural.

La Nave de Depósito se inicia en el cad. 21+928.752 y su nivel de rasante es 2276.491 con pendiente cero; siendo el origen el Banco de Nivel Profundo de Atzacalco con elevación 2245.0 m.s.n.m.

#### III.1.1 SELECCION Y PROGRAMACION DEL METODO DE EXCAVACION Y EQUIPO DE BARRENACION.

El perfil del terreno natural con respecto al nivel de la rasante registra una altura máxima de 16.0 m. Esta diferencia de cotas proporciona la altura de los frentes de ataque y por tanto la magnitud de la fuerza de trabajo. Por tal, se resuelve proceder al corte por el método del banqueo con el fin de obtener 2 bancos de mediana altura y acomodar el equipo de barrenación.

El procedimiento o método de excavación se selecciona de manera que las características naturales de la formación no se alteren dentro de lo posible. Esto es con el fin de evitar diferencias en los estudios de resistencia del terreno efectuados previamente para el diseño de la cimentación.

En la excavación por banqueo se tiene un frente libre llamado "frente de banco", hacia el cual se orientan todas las líneas de menor resistencia y todos los desplazamientos ocurridos al estallar las cargas explosivas. - Para abrir el frente primeramente se realiza una tronada cargada con una - plantilla de barrenación de cuña o de corte como se muestra en la fig. 19.

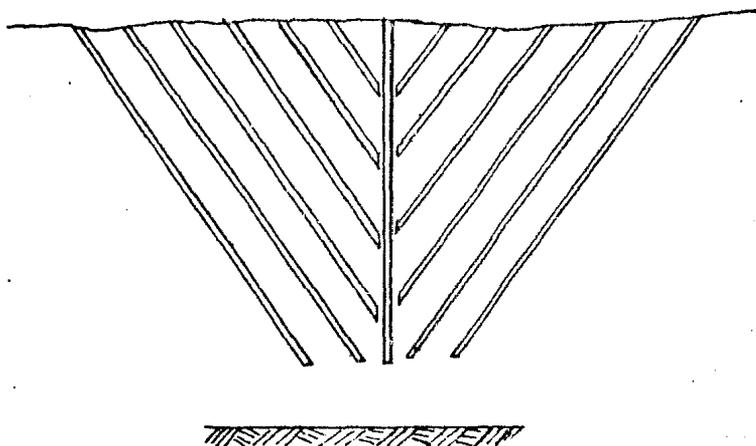


Fig. 19

La excavación se programó en 3 etapas con una duración total de 135 - días.

En la primera etapa se efectúa un levantamiento por observación directa de accidentes naturales; y el desplante de árboles y arbustos.

Después de limpiar el terreno se procede al perfilamiento del corte - a todo lo largo del tramo mediante el método del precorte; para esta tarea se efectúa una voladura previa a la perforación del resto de los barrenos - que constituye el patrón de voladuras.

El método del precorte permite obtener contornos casi limpios como si

hubieran sido cortados con un cuchillo, dejando prácticamente sana la roca residual. También permite reducir la sobreexcavación y obtener baja vibración en el terreno.

Como equipo de barrenación en el precorte se utilizan las perforadoras neumáticas de pierna y barra de acero integral Serie 12, para diámetros de 1 1/2" a 2". Son de operación manual, constan de un mecanismo de percusión otro de rotación, de un sistema de circulación para limpieza y extracción del corte en el barreno y de un dispositivo de empuje.

Para el perfilamiento del corte se ataca por cuatro frentes con alturas de banco entre 1.0 y 2.0 m.

En la segunda etapa se realiza la barrenación del primer banqueo, atacando por 3 frentes, del cad. 22+200 al 22+000; del 21+670 al 22+000 y del 21+580 al 21+425.

Como equipo de barrenación en la excavación por banqueo se utilizan -- las perforadoras neumáticas sobre orugas (Track-Drill), para diámetros de 2 1/2" y 3".

El banqueo inferior se determina de 8.0 m. de altura, por lo que siguiendo el perfil del terreno natural con respecto a la rasante, en el primer banqueo se obtienen alturas de 3.- a 10.0 m.

En esta segunda etapa queda descubierta la rasante del cad. 21+425 al 22+000.

En la tercera etapa se barrena del cad. 22+000 al 22+287.15, en el eje del Muro Tapón. Se ataca por dos frentes; en el primero se excava el resto del primer banqueo y en el segundo el banqueo inferior hasta llegar a la rasante.

Para obtener el banco de 8.0 m. de altura se emplean 3 barras de 3 m. cada una, considerando la sub-barrenación y la inclinación de los barrenos al 25% (1:4).

Después de efectuar la excavación se efectúa un afine con pulseta.

El volumen de la excavación total es de 231 500 m<sup>3</sup>.

Los Track-Drill poseen autopropulsión, su mástil puede colocarse en diversas posiciones para perforar vertical, inclinada o esviadamente con respecto al frente de barrenación. Con ellas se logran barrenaciones de grandes diámetros y están equipadas con un mecanismo automático reversible de manera que se simplifica el cambio de acero seccional de barrenación.

Tanto las perforadoras de pierna como los Track-Drill emplean barras de acero sometidas a tratamientos especiales (Térmicos o de carburización). La barra de acero integral se constituye en una sola pieza en la cual se integran todos los componentes de "sarta de barrenación".

La máxima economía en los trabajos depende básicamente de la acertada selección del equipo de barrenación, aunque también influyen otros factores como son:

a) La topografía escabrosa del terreno sin accesos convenientes, que amerita la utilización de las perforadoras neumáticas manuales.

b) La profundidad de los barrenos, porque a mayor profundidades más peso debe tener la perforadora y para la barrenación de los bancos se utiliza el Track-Drill.

c) La dureza y tenacidad del basalto, que presenta un índice de dureza de 7 dentro de la clasificación de rocas duras referidas a la escala de Mohs.

d) La gran magnitud de la obra de barrenación, y por tanto, el volúmen de roca a volar en un solo disparo, ya que el diámetro, la separación entre barrenos y la carga de explosivos dependen de la altura del frente en un -- banco de roca a cielo abierto.

e) Limitaciones que imponen los reglamentos y especificaciones de construcción, en lo que respecta al grado de fragmentación de la roca explota-- da.

### III.1.2 CARACTERISTICAS DE LAS VOLADURAS

El plan de voladuras se considera para un ancho de 10 a 40 m., ajustando el número de barrenos por hilera, dependiendo del ancho del banco.

Las voladuras se realizan con una orientación en el volteo de norte a sur y viceversa, con el fin de evitar al máximo la proyección de piedras a la colonia vecina y a las instalaciones del 3er. Circuito de la Universidad por el oriente y poniente respectivamente.

Para la barrenación con Track-Drill se utiliza el explosivo Hidrogel - 700 y para la perforadora de pierna de Hidrogel 100. Como agente explosivo se utiliza el Mexamón y el Carbonitro, según existencia en almacén y tomando en cuenta la densidad y potencia de ambos en relación al tipo y características de la roca.

Para iniciar las voladuras se emplean estopines eléctricos instantáneos y de retardo MS (milisegundos), en períodos de disparo nominal MS-25, MS-50, MS-75, MS-100, MS-125, MS-150, MS-175, MS-200, MS-250 y MS-300.

En algunos casos se inician las voladuras con detonante Primacord, principalmente en el cargado del precorte junto con el Tovex 100.

Para el cálculo de la carga se establece inicial solo 5 hileras en cada voladura para el primer banqueo y siete para el segundo.

Para el primer banqueo se toma una constante de roca de 0.33 kg/m<sup>3</sup>, y en el segundo de 0.40 kg/m<sup>3</sup>, considerando que el terreno presenta numerosas cavernas y capas de tezontle en los primeros metros y a mayores profundidades la roca se encuentra más sana.

La velocidad de vibración límite es de 30 mm. por segundo.

A continuación se da una pequeña descripción del método que se utiliza para calcular la carga, pero sin desarrollar las fórmulas. También se describen los factores que afectan la acción de los explosivos, así como las características de éstos y de los detonantes empleados.

#### A. Cálculo de la Carga.

A mayor magnitud de una voladura mayor importancia merece su correcta planeación y ejecución, por lo que es necesario obtener un método seguro y de suficiente aproximación que permita calcular la carga de explosivos, su mejor distribución en la tanda de barrenación y aún en cada barrenos individual, a fin de contar con un control efectivo de la rotura del material, del grado de fragmentación, de la dispersión y de la vibración permisible.

El método elegido para calcular la carga fue el del sueco Ulf Langeford, que se basa en experiencias sistemáticamente conducidas, observadas y registradas sobre voladuras y se aplica particularmente en rocas de mediana dureza.

El problema del cálculo de la carga es función de las variables que se indican en la siguiente expresión:

$$Q = f ( V, K, E, h, d, s, \xi, u, k )$$

Q es la cantidad de carga necesaria para romper el bordo.

V, K, E, h y d son magnitudes geométricas de una cuadrícula donde:

V es la separación frontal entre barrenos medida con respecto al bordo libre del banco, y es la línea de mayor resistencia hacia donde tiende a ser lanzado el material.

E es el espaciamiento entre barrenos.

$K$  es la altura del banco.

$h$  es la longitud de la carga en el banco.

$d$  es el diámetro de los barrenos.

$s$ ,  $\xi$  y  $u$  son factores característicos del explosivo donde:

$s$  es la potencia relativa por unidad de peso.

$u$  es la velocidad de detonación.

$k$  son características de la roca.

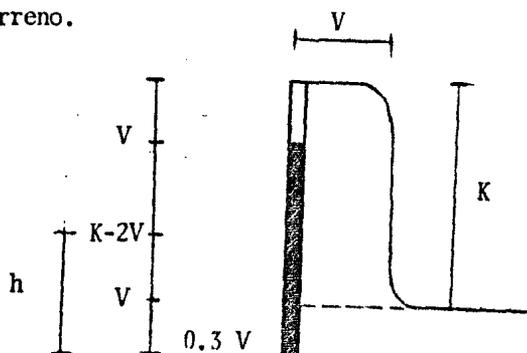
El método parte de la suposición de que las características de la roca y los explosivos empleados son conocidos, y de que la cantidad de carga necesaria para volar un barreno depende principalmente de la separación frontal del mismo y, dentro de ciertas limitaciones, es independiente del diámetro del barreno y de su distribución en él.

El cálculo de la carga primeramente abarca la deducción de la carga mínima referida para el desprendimiento de la roca. Sin embargo, en la práctica esto no es suficiente y debe tenerse en cuenta en el cálculo final la influencia de los errores en la perforación, la proyección, la fragmentación y el efecto obtenido en la roca circundante y en los edificios próximos.

#### B. Diferentes Factores que Afectan la Acción de los Explosivos.

- \* Restricciones. La excavación con explosivos en zonas urbanas presentan ciertas restricciones con respecto a la vibración (menor de 30 mm/seg.), la proyección y la dispersión, con objeto de evitar daños materiales y psicológicos a los habitantes de la colonia vecina.
- Constante de roca ( $s$ ). Se define como la resistencia que ésta presenta a ser fragmentada y corresponde a una carga específica en  $\text{kg/m}^3$  de un explosivo normalizado.

- Distribución de la carga en el barrenado. El objetivo de las fórmulas es lograr la mayor cantidad de carga en el fondo del barrenado, de manera que se pueda aflojar la mayor superficie libre de un corte, y por consiguiente, el mayor volumen de roca con un diámetro dado de barrenado.



Se ha visto en la práctica que se puede incrementar el efecto de --fracturamiento en el fondo, si el barrenado se lleva a una profundi--dad mayor que el piso de proyecto, siendo  $0.3V$  la distancia que dá un valor máximo.

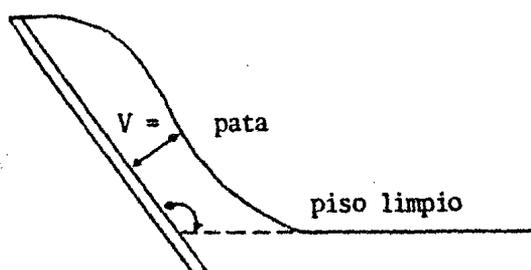
La carga de fondo no debe subir a más de  $V$  desde el piso de excava--ción o sea que su longitud  $H=1.3V$  será la que dé mejores resulta--dos.

El resto de la columna hasta una profundidad  $V$  debajo de la super--ficie del barrenado, debe llenarse con la carga de columna calculada y su longitud será  $K-2V$ .

Es conveniente que la carga de columna no sobrepase el nivel pues --hay peligro de que el taco salga despedido al producirse la voladu--ra, desperdiciándose así parte de la carga explosiva. La longitud--que debe dejarse sin carga (taco) será de  $0.3$  a  $1.0V$ .

Los barrenos inclinados necesitan solamente el 75% de la carga de fondo en bancos verticales. Con ellos se reduce el número de ml de barrenación por m<sup>3</sup> de roca efectivamente tronada; se obtiene un menor riesgo de sobreexcavación y dan un ángulo favorable con el piso del banco.

- Fragmentación. La distribución de la carga tiene influencia directa en la obtención de una buena fragmentación del material a excavar. Cuando así procede, se puede variar la separación (V) con ayuda del espaciamiento (E), sin necesidad de cambiar el diámetro del barreno. La relación más indicada es  $E = 1.3V$ , porque si ésta es mayor el corte será desigual entre barrenos; y la proyección de la roca mucho mayor que la conveniente.
- Separación frontal máxima (Pata). Depende de la carga por metro -- que se puede concentrar en el fondo, así como de su altura. La altura de la carga en general, debe ser  $1.3 V$  y su concentración queda determinada por el diámetro de la broca en el fondo. Un barreno inclinado dá condiciones favorables para desprender toda la pata.



- Proyección y dispersión. Si la carga colocada se encuentra uniformemente distribuida dentro del barreno, con la parte superior descargada, el lanzamiento del material depende entonces del exceso de

carga y del método de disparo.

Por supuesto que algunas partículas de roca podrán ser lanzadas a distancia 5 a 10 veces mayores que lo usual, en condiciones desfavorables. Estas partículas son arrancadas por gases que pasan a gran velocidad a través de poros o grietas cuando la roca se rompe en grandes masas. El fenómeno se llama dispersión y hasta el presente no ha sido completamente controlado.

Considerando todos los conceptos anteriores se calcula la distribución de carga en barrenos para diferentes alturas de banco.

En la fig. 20 se muestra la distribución de carga obtenida para barrenos con altura de banco de 3 a 10 m. en el precorte de ambos banqueos; y de 8.0 m. para el segundo.

En el diagrama de barrenación obtenido para el primer banqueo, la separación frontal es de 2.50 m. y el espaciamiento entre barrenos de 3.50m. Como se muestra en la fig. 21.

Para el segundo banqueo, la separación frontal es de 2.50 m. y el espaciamiento entre barrenos de 3.0 m. Como se muestra en la fig. 22.

### C. Explosivos.

Los explosivos son sustancias químicas que pueden descomponerse rápida y violentamente. Estas sustancias son en su origen sólidas o líquidas y se transforman por lo general en gases, e incluso en vapor adquiriendo un volumen mucho mayor. Con la transformación se genera calor que a su vez sirve para dilatar considerablemente los gases.

A la combustión rápida de los explosivos, se le llama deflagración, y

PRECORTE EN AMBOS BANQUEOS

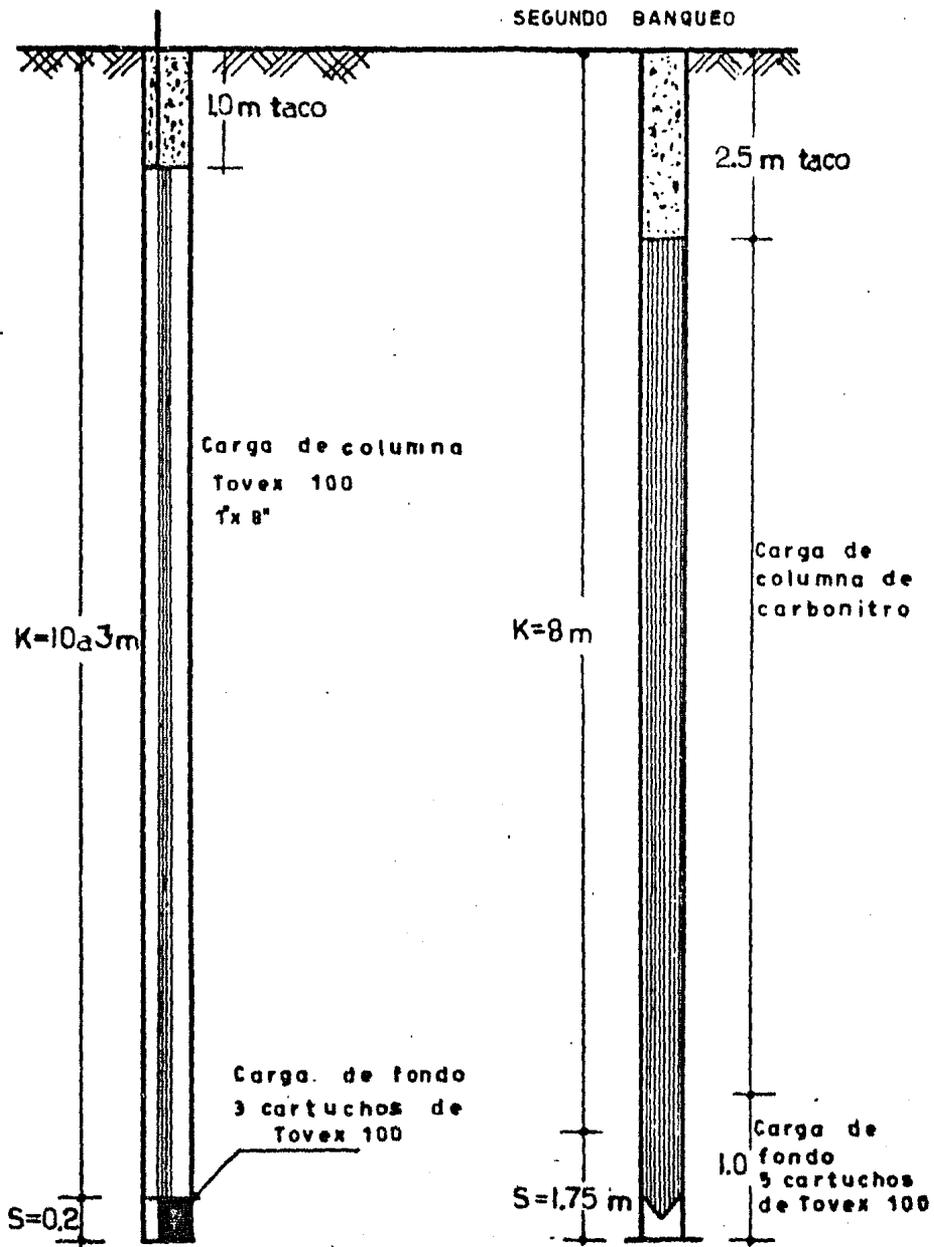


Fig. 20 Distribución de cargas.

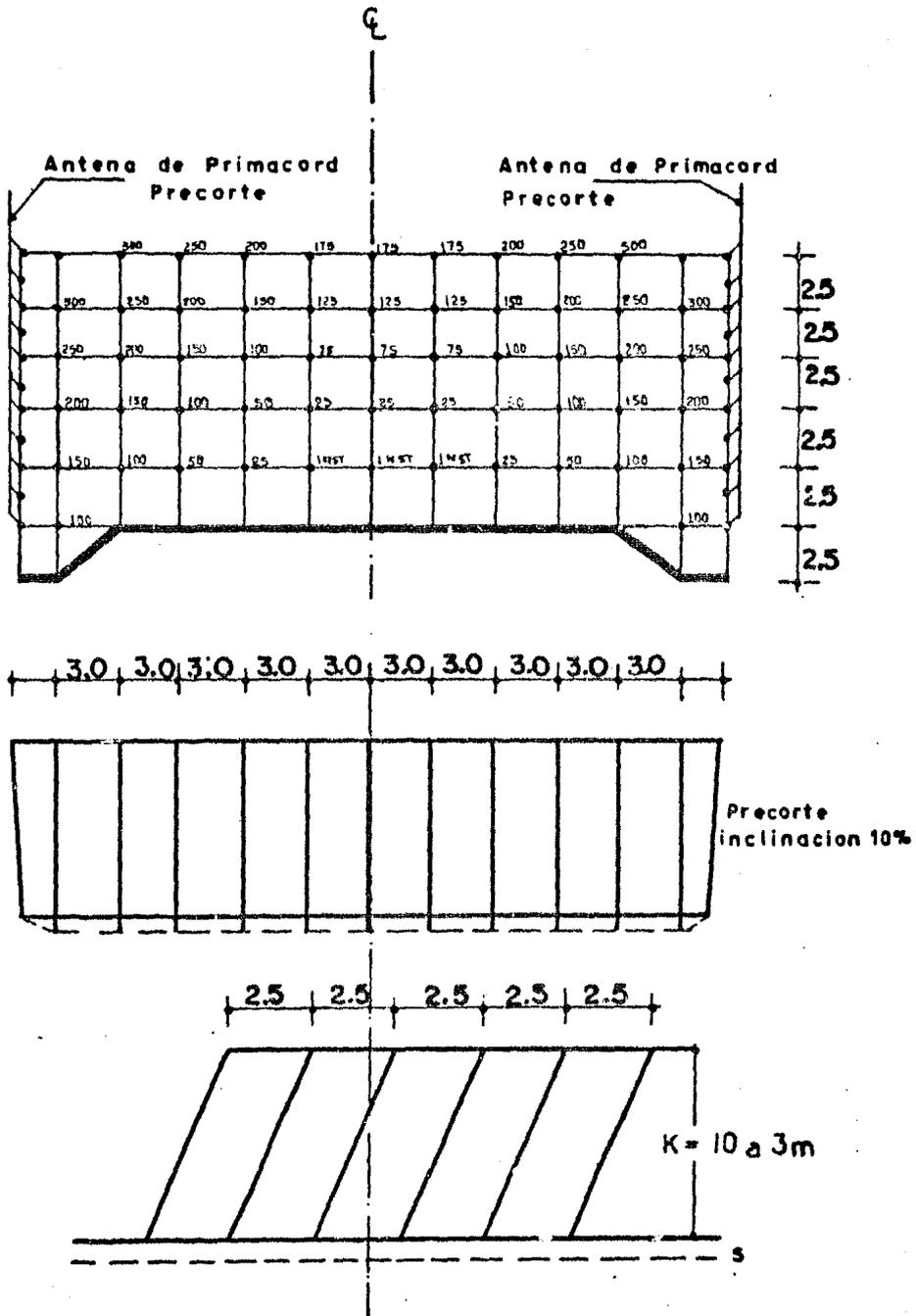


Fig. 21 Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

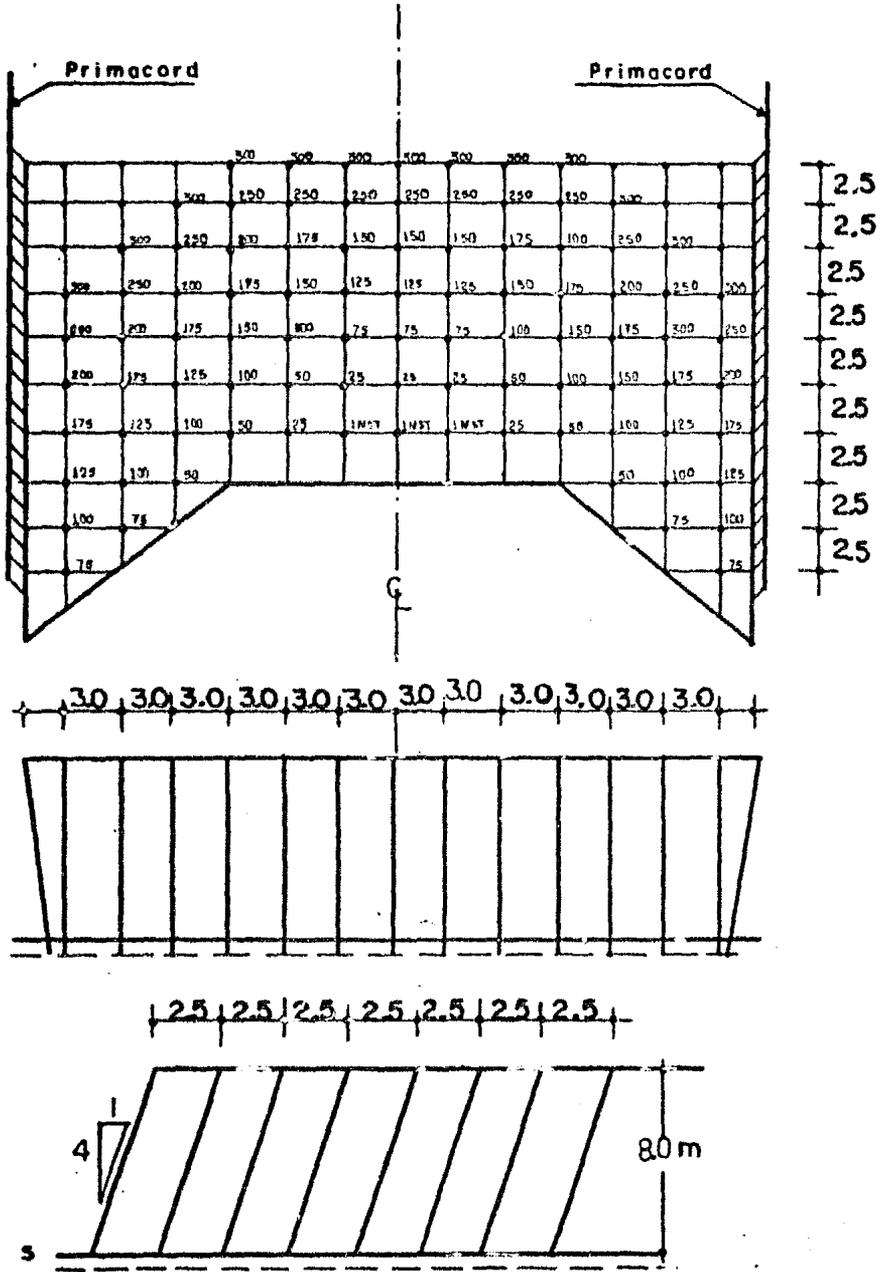


Fig. 22 Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

a la combustión debida a una instantánea descomposición se le llama detonación. Los explosivos de alto poder detonan.

Los explosivos Hidrogel Tovex 700 y 100 se utilizan generalmente para carga de fondo, se encuentran en cartuchos de 2 x 16 plgs. y de 1 x 8 ---- plgs., con peso de 1.0 y 100 grs. y densidad teórica de 1.20 y 1.10 kg/dm<sup>3</sup> respectivamente.

Como agente explosivo se utiliza el Super-Mexamón, el cual equivale a una dinamita Extra 65% y tiene una densidad de 0.65 kg/dm<sup>3</sup> vaciado en el barreno. También se utiliza el Carbonitro; agente explosivo de tipo ANFO (Nitrato de Amonio con Fuel Oil) con una densidad de 0.85 kg/dm<sup>3</sup> vaciado en el barreno.

#### D. Detonadores.

Los dispositivos de iniciación de voladuras fueron relacionados con el mismo cuidado que los explosivos a fin de obtener los mejores resultados.

Las funciones de estos dispositivos son: Iniciación de las cargas de explosivos, proporcionar o transmitir la flama para iniciar la explosión, llevar una onda de detonación de un punto o carga de explosivos a otro. Estos invariablemente se consumen en la voladura.

Generalmente se forman de una cápsula metálica que contiene en su interior uno o más explosivos de gran sensibilidad, los cuales al detonar hacen estallar los cebos o cargas explosivas en los barrenos. Se fabrican en muy diversos tipos y se caracterizan por el tiempo de iniciación del disparo, que puede ser con mecha o eléctrico, instantáneo o de retardo, así como por su calibre.

Por medio de los detonadores eléctricos se pueden iniciar simultáneamente fuertes cargas de explosivos colocados en barrenos múltiples conectados en serie, en paralelo, o series de paralelo, a los alambres de conducción de la energía eléctrica procedente de un explosor o de cualquier otra fuente de energía. Se emplean tres clases: Instantáneos, eléctricos de retardo y tiempo MS.

Los detonadores instantáneos, son aquellos en los cuales la carga de ignición inicia la detonación en forma prácticamente inmediata al ponerse el alambre del puente en estado incandescente.

Los detonadores de tiempo tipo MS (mili-segundo), tienen retardos medidos en períodos o intervalos de milisegundos. Cada estopín se suministra con un marbete que indica tanto el tiempo de retardo en milisegundos - como la sucesión numérica del disparo; así por ejemplo, un estopín MS-75 - tiene un retardo de 75 milisegundos.

Las razones aducidas para utilizar estos detonadores en la obra son:

a) Menor sobre excavación, pues la rotación en el disparo, (por los diferentes tipos utilizados) permite que el material se mueva antes que detone el estopín del siguiente tiempo de retardo, desplazándose hacia un espacio libre. De este modo corta la acción de excavación sobre la línea de barrenación del último período disparado.

b) Mejor fragmentación. El que dispare hacia un espacio libre implica una mejoría en la fragmentación. Asimismo, el pequeño intervalo de retardo entre período permite que el material en movimiento del último tiempo disparado, alcance el material desplazado por el período anterior. El choque físico de ambos da un mayor rompimiento a la-

roca.

c) Mejor sacudimiento y vibración que tienen un notable efecto de no-alteración psicológica.

d) Positivo control en el lanzamiento del material.

e) Disminución de la cantidad de explosivos por metro cúbico de roca-tronada.

Otro tipo de detonante utilizado fue la Mecha detonante "Primacord". Esta se forma de un cordón detonante que contiene un núcleo de "Niperita" protegida por una envoltura impermeable reforzada por varias cubiertas. - Su velocidad de detonación es muy alta y tiene muy buena resistencia a la tensión dependiendo del tipo de forro.

Las ventajas por las cuales se emplea en la obra son: El explosivo - absorbe muy lentamente el agua, pero estalla en caso de que el núcleo esté empapado, siempre y cuando, la detonación sea iniciada en una punta se ca. Es por otra parte poco sensible a los golpes y a la fricción, así co mo a las corrientes dispersas que no pueden provocar su explosión; por lo que, es un artificio muy seguro, no obstante, debe ser manejado como ex- plosivo.

El diagrama de ignición calculado para ambos banqueos se muestra en las fig. 21 y 22.

### III.1.3 SUPERVISION Y CICLO DE TRABAJO.

En las excavaciones en roca con empleo de explosivos, se presentan - múltiples y complejos factores que imposibilitan la obtención de resulta-

dos ideales. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que los modernos - recursos, si son manejados racionalmente, facilitan notablemente la solu- ción de los problemas. Es aquí donde el ingeniero encargado del frente de be poner en práctica sus conocimientos y experiencia. Entre algunas de -- las obligaciones del ingeniero responsable se tiene:

- a) Vigilar que el personal de barrenación lleve un cuidadoso registro de los trabajos, anotando las fallas, rellenos y otros accidentes du- rante la barrenación.
- b) Planear con corrección y oportunidad la magnitud de las cargas ex- plosivas.
- c) Revisar que las cargas sean correctamente colocadas, en todos y ca da uno de los barrenos, atacando y retacando justamente en las zonas- de debilidad.
- d) Estudiar los resultados de cada tronada, comparándolas con los an- teriores y con las características de las formaciones subsecuentes, a fin de efectuar los ajustes convenientes.
- e) Debe tener siempre presente que la práctica de las voladuras en -- una ciencia y que en toda ocasión que se presenten problemas diffci-- les, las compañías fabricantes de explosivos proporcionan asesoría -- técnica.
- f) Debe revisar que se registren todos los acontecimientos extraordi- narios, como daños al personal o a la propiedad privada producidos -- por la proyección de roca durante la explosión. Es muy importante -- anotar la hora exacta del disparo y, cuando intervienen factores como el impacto o la perturbación del aire, es conveniente indicar la di--

rección y condiciones del viento.

Para realizar las voladuras se procede según el "Ciclo de trabajo" siguiente:

a) Movimiento de equipo y topografía.

El movimiento de equipo, que incluye perforadoras, excavadoras, camiones de carga, se considera desde que se abre el frente de ataque hasta que se termina la rezaga.

El equipo de topografía rectifica el trazo que delimita la excavación y localiza los puntos por barrenar en cada frente.

b) Barrenación según diagrama.

Se efectúan las perforaciones necesarias en el frente de trabajo, de acuerdo con el diagrama de barrenación, previamente elaborado mostrado en las figs. 21 y 22.

c) Limpieza de los barrenos.

Esta limpieza se realiza suministrando aire comprimido mediante un "Soplador" en cada barreno. En el caso de derrumbe se utilizan cucharillas para desalojar los lados y arenillas que caen dentro, pues pueden ocasionar fallas parciales o totales por daños a la mecha de seguridad o a los alambres de los estopines o por una separación de cargas. La perfecta limpieza del barreno asegura que llegue la carga hasta el fondo y acelera la operación de cargado.

d) Carga de explosivos.

Esta es una de las actividades más importantes en el ciclo de trabajo, por lo que amerita ser realizada por personal experimentado.

En general, la carga de los barrenos se realiza introduciendo un cartucho de asiento seguido de otro con el "cebo" (cartucho con el estopin correspondiente), retacado firmemente con un "fainero" de madera. Los cartuchos siguientes se colocan uno a uno retacando perfectamente en cada operación hasta alcanzar la carga especificada. Se tiene especial cuidado en que las guías de los estopines no sufran daño durante el retaque.

En cargas pequeñas (2 cartuchos), son suficiente 2 o 3 golpes ligeros para retacar, pues más pueden ser peligrosos.

El cebo nunca se forza o ataca, simplemente se empuja o baja con cuidado hasta su posición, de preferencia con un cartucho que actúe como amortiguador entre cebo y atacador.

En los disparos con retardos es deseable poner el cebo hasta el fondo del barreno con el estopín apuntando hacia la boca. Para disparos eléctricos es indispensable considerar los peligros potenciales de corrientes extrañas producidas por el rayo y por diferentes formas de corrientes eléctricas.

Para cargar explosivos encartuchados en barrenos ásperos, se utiliza una varilla puntiaguda, larga y ligera, como una vara de bambú, el cartucho se coloca en la punta, se lleva hasta el fondo y se desprende.

La función del taco es confinar a la carga para protegerlas contra la ignición o detonación accidental.

Los materiales convencionales más utilizados para taco son:

Una mezcla de arena y arcilla plástica (2:1), arcilla, arena, tierra negra y agua. Los materiales sólidos se humedecen para obtener mayor cohesión y efectividad, y se cuida que estén libres de piedras gruesas para --

minimizar la posibilidad de dañar la mecha o los alambres del estopín.

Cuando se emplean estopines eléctricos se tienen fallas cuando uno o los dos alambres se dañan o si se quedan en corto circuito como resultado de la abrasión del aislamiento. Los cortes de la mecha son capaces de producir fallas debido a la penetración de la humedad en el núcleo de la pólvora y también pueden producir el quemado de las cargas originado por el incendio lateral de la mecha.

e) Conexiones eléctricas.

Esta actividad consiste en conectar las guías de los estopines entre sí.

Dependiendo del número de guías que se tengan podrán dividirse en series para que posteriormente se conecten éstas al paralelo. De esta manera, resulta más fácil detectar una falsa conexión, pues si al emplear el galvanómetro éste no registra lectura o lectura infinita, se desconectan las series y se procede a comprobar cada una de ellas. Terminando se conecta la línea de las series en paralelo a la línea troncal, la cuál debe probarse previamente.

Otra manera de comprobar si las conexiones eléctricas fueron efectuadas en forma correcta es utilizando el ohmetro; se conecta la resistencia total del circuito y se comprueba con este aparato. Si la lectura varía en más del cinco por ciento de la calculada se tendrá que comprobar físicamente el circuito.

f) Retiro de equipo y personal.

Verificados los circuitos, tanto el personal como el equipo, deben ser retirados del frente de trabajo hasta una distancia tal que no los al

carse la proyección y dispersión de roca.

g) Voladura.

Si se decide hacer estallar las cargas por medio de corriente eléctrica, se utiliza un interruptor que liga la línea de disparo con la fuente de energía eléctrica, la cual puede ser de 440V/220V/110V.

Si se emplea explosor para estallar las cargas, éste debe tener la capacidad adecuada y estar en buenas condiciones. Este sistema es más recomendable por razones de seguridad.

h) Rezagado y Acarreo.

Una vez realizadas las voladuras en los bancos, se procede al retiro de la roca. Para ésto se utilizan maquinas excavadoras del tipo de Cargadores Frontales 175B Michigan con capacidad de 16 y 20 yardas cúbicas.

Los cargadores frontales son tractores de orugas o llantas equipados con un cucharón delantero. La acción del cargador se realiza a brazos articulados y émbolos hidráulicos. Se clasifican en 3 clases según su descarga en: frontal, lateral y trasero.

El cargador de descarga frontal se acciona a base de movimientos cortos y se usa generalmente en excavaciones a cielo abierto. Su tamaño está indicado por la capacidad del cucharón, el cual a su vez depende del tamaño y capacidad del tractor y del tipo de material por excavar.

Para el acarreo se utilizan camiones de volteo de 7m<sup>3</sup>, y EUCLID -- con caja de 14m<sup>3</sup> de capacidad en los volúmenes de excavación mayores.

Las excavadoras cargando vehículos y éstos transportando la roca trozada, se consideran como un equipo integral que trabaja armónicamente con

un mínimo de interrupciones y tiempos ociosos. Es conveniente que la capacidad de la caja de EUCLID sea un múltiplo entero de la capacidad nominal de la excavadora, con el fin de que sea cargado con un número entero de ciclos de aquella.

El material de rezague se aprovecha para el tendido de pedraplenes en el tramo superficial y en la estación, y en los muros laterales. Una parte se lleva a la Planta de Asfaltos del D.D.F. ubicada a un lado de la Nave de Depósito.

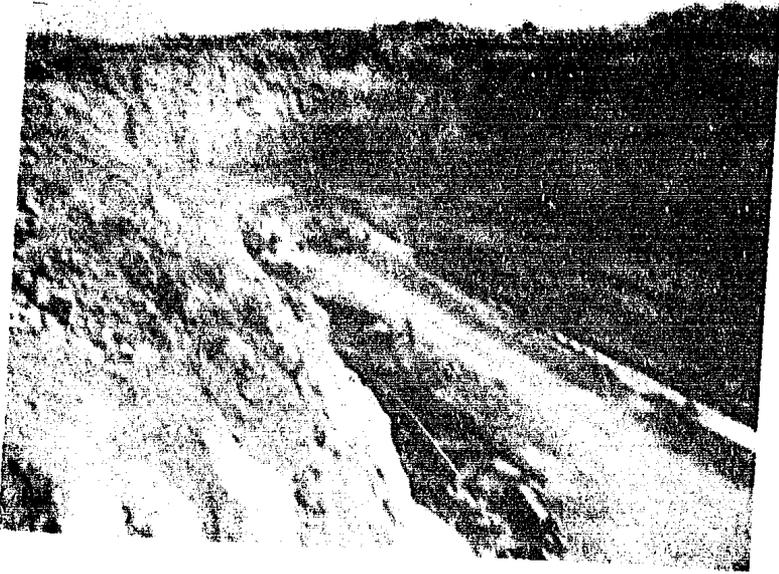


Fig. 23 Vista superior del corte.

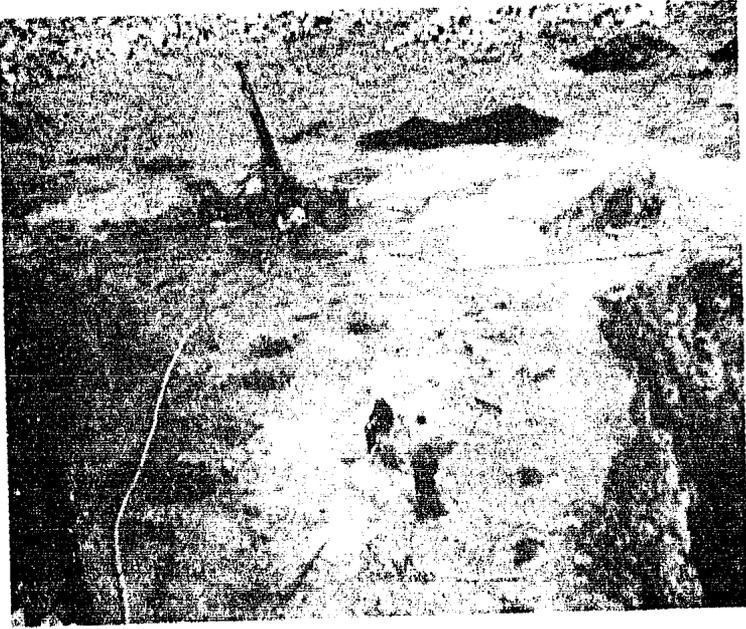


Fig. 24 Trabajos de barrenación.

### III.2 EXPLORACIONES EN EL TERRENO DE CIMENTACION.

Las cimentaciones en roca presentan condiciones diferentes a las cimentaciones en suelo ordinario, ya que debido a su rigidez y a su conformación masiva, los problemas de asentamientos y de resistencia al esfuerzo cortante no son críticos.

Son los defectos tales como grietas y cavernas, y los altos esfuerzos que soporta la estructura de cimentación, provocados por las grandes presiones de contacto que se toleran, sus problemas básicos.

La cimentación estructurada suelo-zapata supone que la rigidez de la roca ayuda a soportar las cargas impuestas por el marco. Por lo tanto, es imprescindible conocer en forma anticipada, los problemas de apoyo de la cimentación.

Con este fin se realizan exploraciones a base de sondeos con recuperación de muestras ( $\phi$ , Nx), para la detección de cavernas, perforando a 4.0 m. de profundidad con dos máquinas rotatorias, en el área de desplante de cada zapata.

Las máquinas perforadoras rotatorias llevan colocado en el extremo de la tubería de perforación un muestreador especial llamado de "corazón" en cuya parte inferior se acopla una broca de acero duro con incrustaciones de diamante industrial que facilitan la perforación.

Las brocas utilizadas Nx, tienen un diámetro exterior del ademe de 3 1/2", exterior e inferior de la broca de 2 61/32" respectivamente, con diamante tanto en la corona como en el interior

#### III.2.1 PROCEDIMIENTO.

El objeto de los sondeos es conocer en forma anticipada los problemas del terreno de desplante de la cimentación y poder plantear su tratamiento adecuado, así como la necesidad de perforar más sondeos para despejar dudas sobre la existencia de cavernas ocultas.

Se realiza un informe por cada sondeo indicando profundidad y abertura de las grietas, oquedades considerables o cavernas, así como la profundidad total del barreno, y se anotan observaciones importantes como aparición de tierra o basalto muy poroso, las cuales son fácilmente detectables durante la perforación.

En los sitios donde los sondeos detectan oquedades importantes se excavan pozos a cielo abierto (PCA), con las dimensiones mínimas necesarias para conocer la profundidad de la oquedad.

Considerando que, por lo general, las cavernas se localizan en la parte superficial, ya que a mayor profundidad más sano se encuentra el basalto, el número de estos PCA es mínimo.

En las paredes de los PCA y de los sondeos, se observan las características de la roca y se determinan las zonas de fracturamiento. La exploración de cavernas se concentra en las áreas de apoyo de las zapatas.

En la roca que resulta sana al efectuar la excavación, se desplanta directamente sobre ella la zapata.

Donde se detectan cavernas o fracturamientos importantes, se rellenan lo más profundo posible con mortero y piedras acomodadas a mano, acufiadas con maceta.

Las grietas horizontales que se detectan bajo los desplantes de la ci

mentación y que debido a su poca abertura, de 10 a 20 cm., no se justifica económicamente excavar un PCA; se rellenan con inyecciones sucesivas de mortero de cemento. Cada sondeo debe cubrir un área de 1 m<sup>2</sup> mínimo, y el mortero debe llenar toda esta extensión, espaciando las etapas de inyección por lapsos de 24 horas, para permitir el fraguado del mortero inyectado en la etapa anterior. Se continúa así hasta que se obtiene el rechazo de la inyección, entonces se aplica una presión de 1.0 kg/cm<sup>2</sup> con lo que se asegura el completo retaque de las oquedades detectadas.

El mortero debe tener suficiente fluidez para permitir una inyección a presión y suficiente plasticidad para lograr que su flujo por la grieta no vaya más allá de la zona donde se pretende rellenas. Su resistencia a compresión debe ser mayor de 100 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 7 días.

Para comprobar la correcta ejecución de los trabajos de detección y tratamiento de oquedades, un representante del proyectista permanece al tanto de los mismos en el campo para ajustar las soluciones de detalle y decidir las exploraciones adicionales que se requieran. Asimismo, entrega un informe indicando los ejes que se liberan para proceder a desplantar las zapatas.

### III.2.2 RESULTADOS DE LAS EXPLORACIONES.

En los sondeos de los ejes SND-51-50, 48, 45, 41, 38 y 36 al 30B; SND-52, 50, 48, 43, 40, 39, 38 y 34A se detectaron grietas y zonas de roca fracturada, que por sus dimensiones no justificaban la abertura de PCA. Se procedió a rellenas con inyecciones de mortero.

En los sondeos SND-49, 47, 46, 44B; SND-51, 49, 42, 41, 36 y 35A, se

presentan pequeñas cavernas. Se evita abrir PCA perforando sondeos ciegos sin recuperación de muestra en cada esquina del área de apoyo de las zapatas para definir sus dimensiones.

Los resultados de los sondeos indican que no son de importancia las cavernas y se rellenan con inyecciones de mortero por los cinco barrenos.

En el sondeo del eje 52B (SND-52B) se encontró la única caverna de dimensiones considerables. Tratando de relllarla con mortero, se inyecta durante 3 días consecutivos un total de 2000 lt. No fue posible disminuir sus dimensiones ya que anteriormente se había barrenado y dinamitado en el sondeo a una profundidad de 1.5 m.

Se realiza entonces una cuadrilla de 9 sondeos ciegos para delimitar la caverna, determinar su magnitud y ver la posibilidad de relllarla con inyecciones de mortero. En caso contrario los barrenos servirán para cargar los explosivos y abrir un PCA.

Los resultados de los sondeos indican que la segunda opción es la correcta. Se abre el PCA, se rezaga el material excavado y se descubre la caverna, cuyas dimensiones son ya de 50 cm. de diámetro por 80 cm. de altura. Se rellena con concreto ciclópeo y material para pedraplén.

### III.3 PROTECCION DE TALUDES CON CONCRETO LANZADO.

Con el fin de evitar posibles desprendimientos de fragmentos de roca en los taludes del corte, una vez terminada la excavación se procede a protegerlos con una capa de concreto lanzado.

Se conoce como "concreto lanzado" al producto que resulta de elaborar una mezcla de cemento, grava, arena y un aditivo, y conducirla a través de una tubería adicionada de una boquilla especial donde se le inyecta el agua. Ya lista, se lanza o proyecta, impulsándola por medio de aire comprimido, contra la superficie.

El concreto lanzado aplicado correctamente es un material estructural versátil, que posee gran durabilidad y una excelente adherencia con el concreto, la roca y otros materiales.

La obtención óptima de sus propiedades depende de una buena planeación y supervisión, de la habilidad de los operarios y de la atención continua del equipo, así como del empleo de materiales de calidad satisfactoria.

#### III.3.1 CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA.

Las propiedades físicas y químicas de los elementos que integran la mezcla son las mismas que deben cumplirse en los concretos convencionales.

Las arenas se seleccionan con un módulo de finura entre 2.4 y 3.2 y un contenido máximo de humedad entre 5 y 8%, para cumplir especificaciones.

Las mezclas se diseñan con un 40% de agregado grueso con tamaño máximo de 3/4", y 60% de agregado ligero.

El agua que se utiliza para el mezclado debe ser limpia. Cuando se tienen dudas sobre su calidad, se elaboran dos mezclas comparativas de mortero; una elaborada con agua del abastecimiento en estudio y otra con agua destilada (mezcla testigo). Se considera aceptable si se obtienen especímenes con resistencia a la compresión a los 7 y 28 días mayores del 90% de las correspondientes a la mezcla testigo, y si además los tiempos de fraguado inicial y final no difieren en más de sesenta minutos.

Para acelerar el fraguado del concreto se emplea el aditivo "SIGUNIT" de la casa SIKA, el cual viene en forma de polvo.

La aprobación de la supervisión para el empleo de este aditivo se basa en ensayos realizadas a mezclas de pruebas, las cuales deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Resistencia a la compresión a las 24 hrs.	90 kg/cm <sup>2</sup>
- Tiempo de fraguado inicial (máximo)	3 min.
- Tiempo de fraguado final (máximo)	12 min.
- Resistencia a la compresión simple de la pasta a una edad de 8 hr. en cubos de 5 cm de lado	60 kg/cm <sup>2</sup>

La relación agua-cemento para el concreto lanzado, en general, está comprendida entre 0.3 y 0.5 en peso, la cual es más bajo que la mayoría de los valores para las mezclas convencionales de concreto. La cantidad de agua debe ser la mínima para garantizar una buena reacción con el cemento y una adecuada adherencia en la superficie.

### III.3.2 DOSIFICACION Y MEZCLADO.

Para el proceso de mezclado existen dos métodos básicos; el de mezcla seca y el de mezcla húmeda, y difieren según el lugar donde se le agrega el agua.

En el método de mezcla húmeda el agua se agrega junto con los otros ingredientes, de manera que integralmente homogenizados entran a la cámara de compresión neumática del equipo.

El método empleado en la obra fue el de mezcla seca. Se revuelven to dos los ingredientes y se introducen en un carro tolva, y esta mezcla se conduce neumáticamente a travez de una manguera hasta la boquilla de explo sión, añadiendo en ella el agua de hidratación antes de lanzar la mezcla.

La duración mínima de mezclado es de 2 min., y no se permite lanzar mezclas que tengan más de 120 min. de elaboradas o que presenten hidratación prematura.

Las operaciones de dosificación y mezclado se realizan empleando un mezclador a base de tornillos sin fin, el cual consta de un carro tolva -- con dos recipientes, uno para el cemento y otro para los agregados. Por medio de un gusano ubicado en la parte inferior se mezclan estos ingredien tes y se les incorpora el aditivo.

Por lo tanto, la dosificación por este método fue en volúmen, con una proporción para carro chico de 4.6 m<sup>4</sup> de agregado suelto por 1.7 ton. de cemento; y para carro grande de 6.4 m<sup>3</sup> de agregado suelto por 2.4 ton. de cemento.

### III.3.3 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO.

La función básica de la planta de concreto lanzado es suministrar los materiales, el aire y el agua a una boquilla en las proporciones correctas y a una presión apropiada. Dicha planta se compone de carros tolva para efectuar la mezcla en seco, bomba para conducirla hasta la boquilla, mangueras para incluir el agua y una compresora para expulsar la mezcla.

La presión normal de funcionamiento de la boquilla medida con un manómetro cerca de la salida debe mantenerse constante y no menor de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$ . Esta presión se relaciona con la longitud de la manguera, incrementándose en  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  por cada 15 m. en exceso de los primeros 30.0 m. La presión a la salida del agua no debe ser menor de  $4.0 \text{ kg/cm}^2$  y nunca menor que la presión del aire de lanzado.

Considerando que hasta un 20% o más del material que pasa a través de la boquilla cae de la superficie como "rebote", sin humedecer o solo parcialmente humedecido, éstas constan de un dispositivo básico para suministrar un flujo variable con agua orientada radialmente, que puede ser un anillo perforado de bronce.

Se emplea la lanzadora de tambor rotatorio, que se seleccionó considerando la gran cantidad de concreto que se necesitaba.

#### III.3.4 RESISTENCIA Y CONTROL DE CALIDAD.

Con el propósito de ensayar la influencia de los aditivos y poder corregir el proporcionamiento de la mezcla; definir el porcentaje de material rebotado y la resistencia a la compresión del concreto, se efectúan muestreos de mezclas en campo utilizando cuando menos cuatro aditivos de diferentes marcas.

La resistencia a compresión especificada para el concreto lanzado es de 150 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad. Para obtener resistencias a edades diferentes se utilizan los siguientes valores como indicativos de la variación esperada de la resistencia con el tiempo:

<u>E d a d</u>	<u>Resistencia a la Compresión Simple (mín.)</u>
A 24 horas	90 kg / cm <sup>2</sup>
3 días	120 kg / cm <sup>2</sup>
7 días	150 kg / cm <sup>2</sup>
28 días	200 kg / cm <sup>2</sup>

Estos valores se deben al alto grado de compactación alcanzado, al alto contenido de cemento y a la baja relación agua-cemento. Sin embargo, - las variaciones son frecuentemente grandes y el uso de pequeñas muestras - tiende a exagerar la resistencia aparente.

Por cada 50 m<sup>3</sup> de concreto lanzado aplicado en las paredes de la excavación, se extrae una muestra y se ensaya con los procedimientos generales para control de calidad.

Por medio de una artesa de madera el lanzador forma una muestra tratando de reproducir las condiciones de lanzado normales. Se mantiene firmemente sujeta a la pared, y no se retira antes de 12 hrs., momento en el cual se determina su peso y la cantidad aproximada de material rebotado.

Se traslada la muestra al laboratorio, cuidando de mantenerla húmeda y evitando maltratarla, para lo cual se empaca en una caja de madera rodeada de aserrín o arena.

Al recibirse la muestra en el laboratorio se coloca inmediatamente en

las condiciones de curada requeridas, a  $23 \pm 2^\circ \text{C}$  o sumergidas en agua a una misma temperatura cuando se almacenan en el laboratorio de la obra.

A las 22 horas se extraen 2 especímenes de 3 plg. de diámetro y se ensayan a compresión simple a la edad del concreto de 24 horas. El resto de la muestra se guarda en un cuarto húmedo o se cura con agua hasta alcanzar 7 días de edad, en este momento se extraen 3 corazones y se ensayan a compresión simple.

Para las mezclas de prueba se cura la muestra aproximadamente 70 horas, entonces se extraen 6 corazones más que se ensayan a los 3,7 y 28 días, 2 por edad.

Las resistencias se obtienen del ensaye de corazones de 3" de diámetro.

La mezcla de prueba se considera adecuada si el promedio de la resistencia de dos corazones por edad es por lo menos igual al 85% de la resistencia especificada, y en ninguno es menor al 75%.

Para calcular la calidad del concreto colocado se emplea el siguiente control estadístico:

- En no más del 20% del número de pruebas de resistencias se obtendrán valores inferiores a las especificadas; y el promedio de 10 pruebas sucesivas debe ser igual o mayor.
- No más del 1% de las pruebas de resistencia a la edad de 28 días puede ser menor que la especificada en  $50 \text{ kg/cm}^2$ .

Una vez por semana y al mismo tiempo que se forma la muestra en el lugar se obtiene una muestra de la mezcla seca (sin acelerante), cuidando de

no compactarla. Se traslada de inmediato al laboratorio donde se le determina la humedad y su contenido de cemento, con los mismos procedimientos utilizados para los concretos normales.

De los agregados en obra se obtienen muestras, una por cada 500 m<sup>3</sup> -- y/o una cada semana para realizar en ellas las pruebas especificadas de -- granulometría.

### III.3.5 TECNICAS DE APLICACION.

Antes de la colocación del concreto lanzado en los taludes de la excavación se realizó un estudio de su grado de fragmentación, de la cual resultó una clasificación en dos zonas.

- Zona A. Corresponde a las áreas donde la roca se encuentra muy alterada y en las cuales se coloca una capa de 7 cm. de espesor.
- Zona B. Corresponde a las áreas de roca sana donde se emplea concreto en una capa de 4 cm. de espesor.

En la zona A, para evitar que las filtraciones por lluvia causen presiones hidrostáticas entre las facturas de la pared, se colocan drenes formados por tubos de PVC de 1" de diámetro, separados verticalmente a 2.5 m. y horizontalmente a 5.0 m., e inclinados a 30°.

La colocación del concreto lanzado en los taludes se efectúa mediante una técnica adecuada como la que se describe a continuación:

- a) Antes de iniciar la colocación del concreto lanzado, se efectúa un afine a la corona de los taludes, retirando todos los fragmentos -

de roca inestables a simple vista.

- b) Como la superficie debe estar limpia de trozos y fragmentos de sue los sueltos y lodos, y además humedecida para facilitar la adherencia con el concreto, se sopletea la zona donde se vaya a inyectar con agua y aire a presión.
- c) Para iniciar el lanzado, la posición de la boquilla con respecto a la superficie en que se aplica el concreto se mantiene aproximadamente normal, a una distancia comprendida entre 1.0 y 1.5 m. El ángulo y la distancia de lanzado se pueden variar hasta lograr que se obtenga el menor posible rebote.
- d) El concreto se coloca en espesor monolítico en franjas horizontales y se observa el concreto impactado recientemente, regulando --, ocasionalmente el agua para producir una superficie densa y bri--- llante.
- e) Si las condiciones de humedad alrededor del concreto lanzado son - satisfactorias, no es necesario curarla; en caso contrario, se cura con agua a partir de seis horas después de haberse colocado y - se mantiene húmedo durante un período no menor de cuatro días.
- f) Si existe alguna posibilidad de que se presenten vientos aunque -- sean moderados, se toman precauciones para proteger la boquilla, - el chorro y la superficie que vaya a tratarse. Los vientos y las corrientes de aire originan fisuras por contracción debido al rápido enfriamiento del concreto fresco.
- g) El concreto fresco lanzado debe protegerse de la lluvia, pues como su relación agua-cemento es baja, es muy absorbente cuando está --

fresco y se pueden originar escurrimientos o deslizamientos, o reducirse su resistencia final.

- h) El por ciento de rebote viene siendo de 15 a 30, por lo que lograr su reducción es una consideración primordial en eficiencia y economía. Depende básicamente de la habilidad de lanzador para obtener los mejores resultados; y de los siguientes conceptos:

La relación agua/cemento { diseño de la mezcla.

La eficiencia de hidratación { presión de agua  
diseño de la boquilla

Granulometría de la arena { arenas más gruesas =  
más rebote

La velocidad de la boquilla { capacidad del compresor  
tamaño de la boquilla

El ángulo y la distancia del impacto límites de acceso

El espesor de aplicación especificaciones del trabajo

Los operarios necesitan protegerse de los rebotes y de las nubes de polvo de cemento. Las piezas dispersas de rebote pueden pegar al boquille ro a velocidades de 150 km/hr. o más, por lo que el lanzador utiliza anteojos de seguridad. Los aditivos contienen productos moderadamente tóxicos, por lo que los operarios emplean además, mascarillas purificadoras y guantes de hule como medidas de seguridad.

### III.4 ESTRUCTURA METALICA.

#### III.4.1 FABRICACION.

Una etapa importante en el proceso constructivo de la estructura metálica se inicia en el taller de fabricación.

La finalidad del taller de fabricación es producir estructuras que cumplan con los requisitos de calidad de las Especificaciones de Acero Estructural del Capítulo 12 de las Normas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del Reglamento para Construcciones del D.F.

Mediante un proceso adecuado de diseño y fabricación, pueden atenuarse las condiciones severas de trabajo a que usualmente estará sujeto el acero, debido a la aplicación de calor, presión, golpeo, cargas imprevistas y de montaje.

Para la fabricación de los miembros estructurales se elaboran los "planos de taller". En ellos se representa cada elemento en forma aislada, con escala aumentada para no perder detalle y con las dimensiones y longitudes definitivas (no definidas en los planos de proyecto), calculadas considerando la estructura en conjunto.

Se toman en cuenta las holguras para ajuste de conexiones y dilatación del material, peso de pernos y remaches, y tolerancias para ajustes de campo. Se anota el número de piezas a fabricar, características de localización en el miembro y una marca de identificación.

Las actividades fundamentales del proceso de fabricación son:

- a) **Suministro de Materiales.** Los perfiles estructurales y placas a emplearse deben cumplir con las Especificaciones ASTM A-36 (acero  $f_y=36000$  lb/plg<sup>2</sup>). Al recibirse se revisa que no presenten mella duras, rajaduras, pandeo, y otros defectos de calidad. Todos los elementos se enderezan antes de emplearse.
- b) **Trazo.** El trazo en los perfiles requiere de gran precisión, pues to que define el corte de las piezas a ensamblar.
- c) **Corte.** Tanto los perfiles como los cantos que van a estar suje-tos a esfuerzos considerables de tensión, se cortan con soplete - guiado mecánicamente, dándoles un buen acabado libre de rebabas.
- d) **Limpieza preliminar.** Las superficies que van a soldarse se lim-pian de costras, moho, pintura y otros materiales extraños con ce-pillo de alambre.
- e) **Armado.** Esta actividad consiste en ensamblar, colocando en su po-sición definitiva los elementos que forman los miembros. La ---- unión se realiza provisionalmente, mediante puntos de soldadura y piezas auxiliares que se desprenden posteriormente. Este ensam- ble se planea de tal modo que al soldar las piezas se eviten inne-cesarias deformaciones y se reduzca al mínimo los esfuerzos debi- dos a la contracción.
- f) **Juntas soldadas.** En las placas de espesor menor de 1/3" se logra la penetración completa depositando la soldadura por ambos lados- en posición plana, dejando entre los dos una holgura no menor que la mitad del espesor de la placa más delgada, y sin preparar sus- bordes. En todos los demás casos, se biselan los extremos de las

placas para permitir el acceso del electrodo.

Para lograr una fusión completa en toda la sección transversal, se quita con un cincel la capa inicial de la raíz de la soldadura hasta descubrir material sano, antes de colocar la soldadura por el segundo lado; o se utiliza una placa de respaldo.

Las placas de respaldo de material igual al base, deben quedar fundidas con la primera capa del electrodo. Las placas de extensión se utilizan para asegurar la sanidad de los extremos de las soldaduras de penetración completa.

El metal base se precalienta en un radio de 75 mm del punto a soldarse, manteniendo la temperatura hasta terminar la conexión.

- g) Tolerancias. Se revisa que las piezas terminadas queden libres de torceduras y dobleces locales y que sus juntas estén correctamente acabadas. En los miembros que trabajarán a compresión no se permiten desviaciones con respecto a la línea recta que une sus extremos, mayores de un milésimo de la distancia entre puntos que estarán soportados lateralmente en la estructura terminada. La discrepancia máxima con respecto a la longitud teórica que se permite en miembros que tengan sus dos extremos cepillados para trabajar por contacto directo; es 4.0 mm. En piezas no cepilladas, de longitud no mayor de 10.0 m., se permite una discrepancia de 1.5 mm. la que aumenta cuando la longitud de la pieza es mayor que la indicada.
- h) Identificación. Antes de salir del taller, todos los miembros de la estructura se identifican debidamente con marcas de pintura.

i) Limpieza. Para realizar la limpieza de los miembros estructurales primero se esmerilan y luego se les aplica una pintura inicial.

El esmerilado es necesario para reducir la convexidad de las soldaduras a tope, eliminar marcas ocasionadas por puntos de soldadura aplicadas durante el armado, pulir rebabas en los cantos, etc. Se efectúa con máquinas manuales eléctricas provistas de esmeriles o discos abrasivos.

La pintura que se aplica en el taller constituye una protección temporal contra la oxidación de las superficies. Previamente, las piezas se limpian con cepillo de alambre a fin de desprender el óxido de la superficie. La pintura se aplica con equipo mecánico de aire comprimido. Se exceptúan las zonas de soldadura de campo.

j) Control de calidad de las soldaduras. Se emplea un método no destructivo, el radiografiado a base de rayos gamma.

#### III.4.2 PROCESO DE SOLDADURA Y SU CONTROL DE CALIDAD.

Todos los soldadores que laboran en el armado de los miembros estructurales, tanto en el taller, como en el campo, son calificados por la supervisión de acuerdo con las pruebas descritas en el "Structural Welding - Code D1.1.75, apéndice E y revisión 1-76 de la AWS (Association Welding Steel).

Los soldadores se califican con pruebas efectuadas en el lugar de la obra de soldaduras de cabeza, horizontales y verticales. Los especímenes-

se envían a un laboratorio acreditado a cargo de la supervisión, para realizar ensayos de doblez, ruptura, etc.

Todas las soldaduras a tope son de penetración completa, precalificadas de acuerdo a lo indicado en el AISC, 7a. edición.

La fabricación y el montaje de la estructura se realizan por el procedimiento de arco eléctrico con metal de aportación, utilizando equipo de uso manual de arco eléctrico con electrodo metálico recubierto, o empleando equipo automático de arco eléctrico sumergido.

En el primer procedimiento, el calor necesario para fundir el metal es suministrado por un arco eléctrico que se forma entre la pieza metálica (metal base) y el electrodo (metal de aportación). El proceso requiere de corriente eléctrica suficiente que puede ser directa o alterna. El metal base se precalienta a 107° c.

Los electrodos empleados son del tipo E-70 X X, y se forman de varillas de acero protegidas con un recubrimiento a base de material orgánico o mineral.

En el proceso con equipo automático de arco sumergido el electrodo, de alambre desnudo, es alimentado desde un cabezal a través de una boquilla de contacto. Se produce el arco y su intenso calor forma un charco de metal fundido en la junta, al mismo tiempo derrite una parte del fundente granular que flota sobre éste como una cubierta que lo protege contra la oxidación y el enfriamiento rápido. Al enfriar, la escoria fundida se solidifica y se remueve fácilmente, recuperándose para nuevo uso el material granular que no se funde. El metal base se precalienta a 66° c, y los electrodos son del tipo E-70 XX.

Un equipo auxiliar en este proceso es el de "arco-aire", el cual --- consta de un portaelectrodo provisto de una boquilla que expulsa aire a -- presión. El electrodo es de carbón y sirve para fundir el acero con el ca lor del arco, aplicando simultáneamente el chorro de aire que expulsa el - material fundido. Sirve propiamente para cortar acero y se utiliza para - remover soldadura ya depositada o para abrir preparaciones en el metal ba- se.

Algunas recomendaciones para efectuar efectivamente los trabajos de soldadura en campo son:

- a) El supervisor debe efectuar una inspección constante para asegu-- rar que los soldadores sigan el procedimiento aprobado utilizando la cantidad predeterminada de pasadas y en la dirección correcta..
- b) Es mejor realizar la inspección mientras se realiza el trabajo, - si no es posible, efectuarlo tan pronto como se termine y antes + de que se quiten los andamios y plataformas.
- c) Para el radiografiado también es conveniente efectuar la inspec-- ción de inmediato para evitar el costo de volver a traer hombres, equipo y andamios para corregir una soldadura defectuosa.
- d) Los portaelectrodos deben mantenerse en buenas condiciones para - evitar que los soldadores puedan hacer contacto consigo mismo o - con las piezas, en caso de que lo deje colocado de manera inco--- rrecta.
- e) Es necesario fijar un cable de tierra hasta la estructura prote-- giéndolo si es que existe algún riesgo de que se suelte o se da-- ñe. El cable del maneral debe ser del diámetro adecuado para la-

corriente que se está utilizando y debe estar bien aislado para evitar un corto circuito accidental.

f) El supervisor debe asegurarse de que se utilice el tipo correcto de electrodos y la polaridad correspondiente. Los electrodos deben mantenerse secos.

g) No se permite trabajar a los soldadores cuando las superficies se encuentran mojadas o expuestas a la lluvia o al viento, o cuando las condiciones ambientales son severas.

La técnica de los rayos gamma se aplica en las soldaduras a tope, -- porque la radiografía muestra únicamente el material de aportación. En -- cambio, no es útil para soldaduras de filete porque el material base también se proyecta en las radiografías.

Las radiografías obtenidas muestran en forma cualitativa y cuantitativa el tipo y tamaño de los defectos mayores del 2% del espesor del metal base. Para determinar este tamaño se emplean los "parámetros" adecuados - que son guías indicadoras de la penetración del rayo, colocados convenientemente e identificados con números de acuerdo con su localización.

A continuación se describen los defectos más encontrados en los trabajos de soldadura de la nave.

Penetración incompleta. Es una falla del material de base y del metal de aportación al fundirse en la raíz. Se debe a un mal diseño de la - preparación, al uso de un electrodo muy grande, a una velocidad excesiva o a una corriente insuficiente. Esta falla es indeseable porque produce con centraciones de esfuerzos bajo cargas que pueden originar grietas.

**Inclusión de Escorias.** Un enfriamiento rápido y un ángulo insuficiente de la preparación pueden evitar que suba la escoria que deposita el material del electrodo. Es un problema particular de soldaduras verticales sobre cabeza.

**Porosidad.** Es la presencia de vacíos globulares o bolsas de gas en el metal de soldadura. Se debe al uso de corrientes o longitudes de arco excesivas.

**Falta de fusión.** Es la falla que producen el metal base y el de aportación al fundirse mal en algún punto de la junta. Se evita limpiando adecuadamente las superficies y relacionando correctamente el tamaño del electrodo, la velocidad y la corriente.

Para corregir estos defectos se vacían las soldaduras (sangrías), en la longitud especificada en el reporte de inspección, con equipo de arcoaire o disco de esmeril hasta atacar la raíz; después se efectúa una limpieza y una preparación de biseles para posteriormente aplicar nuevo metal de aportación. Se procura que estos trabajos sean debidamente realizados para obtener una soldadura definitiva.

### III.4.3 TRANSPORTE Y MONTAJE.

Para proceder a transportar los miembros estructurales se revisa que el patio de maniobras esté listo para su descargue y almacenamiento.

El patio de maniobras se localiza a la entrada de la Nave sobre el tramo de cola, dentro de él se reserva un espacio para realizar los trabajos de ensamble de los miembros.

Para descargar las piezas se utilizan dos eslingas de ojos dobles --

con el suficiente peso y longitud para manejar las cargas dentro de la capacidad del aparejo, al alcance requerido. Las eslingas se amarran alrededor de la carga en dos puntos tales que cuando se levante quede balanceada y segura.

Para amarrar la carga con una eslinga se pasa uno de los ojos a través del otro y el ojo libre se fija a los separadores de izaje del gancho o bloque principal de carga, de preferencia a un gancho de seguridad.

Se usa después una línea de carga en uno de los extremos, o uno en cada extremo, para estabilizar la carga según se va izando desde el transporte y se lleva al área de almacenamiento para seleccionar, distribuir y después montar.

La línea de carga no solo controla el giro de la carga sino que también evita que se golpee la estructura al izar la carga más y más arriba.

Ya descargado el material, se efectúan los trabajos de ensamble --- mientras se elabora un plan de montaje que proporcione rapidez y economía, así como seguridad a los trabajadores.

Para realizar con seguridad el montaje de la estructura se analizan detalladamente tanto las cargas críticas, como los esfuerzos y deformaciones que se presentarán durante sus principales etapas.

El plan considera aspectos preliminares de la obra obtenidos de los planos de proyecto como: Nivel de cimentación, altura de la Nave, dimensiones horizontales, cantidad, peso y dimensiones de los miembros, localización y tipo de conexiones, y localización de espacios libres.

El plan comprende un croquis básico en que solo se muestra la localización de las columnas con detalles del método de montaje y un juego de

instrucciones que describen el procedimiento a seguir.

Se incluyen tablas de capacidad del equipo, mostrando el alcance máximo permisible para colocar las piezas pesadas, y la carga máxima que se puede levantar con el mástil horizontal.

Como equipo de montaje se utiliza la grúa Link-Belt de 20 ton. de capacidad. Su mecanismo de carga es el brazo y cables y puede girar horizontalmente a 360°. Opera con rapidez, no requiere de maniobras de instalación y se emplea también en la descarga y almacenamiento del material.

Se emplea este equipo porque es el indicado para sitios donde las condiciones del terreno permiten el tránsito pesado y se requiere de montaje a poca altura.

Los cables utilizados son de acero y de fibra (manila), trabajan con cargas dinámicas y están expuestos a la fricción y a la flexión. Sus propiedades básicas son resistencia a la tensión y a la abrasión, y flexibilidad.

Durante el montaje se toman todas las precauciones necesarias para no causar daños a la cimentación.

Las conexiones en el campo se realizan tal y como se indican en los planos y con las prácticas recomendadas en el AISC.

De este modo, el esqueleto de la estructura se erige con precaución y a plomo, introduciendo puntales y riostras provisionales. Los miembros se sostienen individualmente o se ligan entre sí por medio de soldaduras provisionales y no se soldan permanentemente hasta que el supervisor revise que el miembro esté perfectamente alineado, nivelado y arriostrado.

A continuación se describe el procedimiento del montaje seguido en la Nave, recordando que estos trabajos se realizan por dos frentes.

#### 1o. Colocación de anclas.

Antes de iniciar el montaje de la estructura se revisa la posición de las anclas. Para evitar retrasos en la obra se cuida que no haya errores en la distancia centro a centro entre ellas y entre grupos de ellas; que no queden inclinadas y que su profundidad de anclaje no sea excesiva o insuficiente.

Estos errores se evitan colocando las anclas a la profundidad de proyecto, con una plantilla de lámina de fibracel grueso, en la cual se trazan los barrenos con una cierta tolerancia, marcando con exactitud los dos ejes centroidales.

Para el nivelado de las columnas se coloca un relleno de mortero entre la placa de base y el dado.

#### 2o. Montaje de columnas.

Primeramente se cepillan las superficies de contacto.

El frente de trabajo se divide en dos secciones, cada una de las cuales debe quedar cubierta por el radio de acción de la pluma. Esta se ubica al centro de la primera sección y se inicia el montaje con la columna más lejana.

Las columnas montadas deben quedar perfectamente plomeadas y niveladas por sus dos ejes. Cuando es necesario colocar tirantes, la cuadrilla de plomeo se encarga de ello, tan pronto como se monta la primera sección.

Para efectuar el plomeo se coloca un tránsito a una distancia defini

da del lindero de la estructura y se manda una visual en dirección a una regla puesta contra la columna. En base a esta distancia se calcula la lectura que debe obtenerse en la regla para confirmar la posición correcta de la columna.

El montador debe tener cierta tolerancia para plomear las columnas. Las tolerancias permisibles en las laminadoras y en el montaje no son acumulables sino que deben eliminarse una con otra.

### 3o. Montaje de trabes de liga.

Una vez montadas las columnas por sección es más rápido y seguro comenzar con las trabes.

La conexión de las trabes a las columnas se diseñó de tal manera que permite el soporte provisional y la estabilidad lateral de la trabe. Se requiere también de cierta tolerancia para efectuar movimientos de ajuste al colocar a plomo la columna.

### 4o. Montaje de los contraventeos entre columnas.

Esta tarea es necesaria antes de proceder al montaje de las armaduras. Las diagonales se soldan en campo a las placas que previamente se conectaron a las columnas y trabes.

### 5o. Empate de las Armaduras.

Antes de soldar las cuerdas y el montante, se cepillan y limpian sus superficies de contacto.

### 6o. Colocación y Perforación de placas de Neopreno.

Previamente a su colocación, las placas se probaron en un laboratorio donde se les realizó una inspección visual; se determinaron sus dimensiones, dureza y compresibilidad; y se ensayaron a la tensión alargamiento

a la ruptura, compresión, desgarramiento y deterioro por envejecimiento.

#### 7o. Montaje de las armaduras.

Antes de izar la pieza se debe cuidar la correcta colocación de las eslingas (elementos para izaje), y que se han enganchado en los puntos donde de cada uno de los aparejos levantará el peso adecuado de acuerdo con su capacidad. El superintendente debe revisar que las grúas estén bien apoyadas, con las ménsulas de apoyo si son necesarias.

Los tornillos de alta resistencia de la conexión se aprietan hasta una posición ajustada, con una llave de impacto hasta el momento en que el dado deje de girar. A continuación se da una media vuelta, tres cuartos de vuelta o una vuelta completa más a la tuerca o a la cabeza del tornillo, dependiendo de su diámetro y longitud.

Después, el capataz revisa los tornillos con una llave de impacto calibrada previamente a la presión requerida.

Se monta la primera armadura y se arriostra con tirantes anclados a las columnas y a los muros de la excavación, hasta que el anclaje es seguro la suelta la grúa.

Conforme se siguen montando, se contravantean entre sí con cables de manila mientras se procede a la colocación de largueros y contravanteos definitivos.

#### 8o. Montaje de monten entre armaduras.

La conexión del monten a las armaduras se efectúa soldando un ángulo de 4" x 1/4" al patín de la cuerda superior, con filete de 0.5 cm. El alma del monten se conecta al otro patín del ángulo con tornillos del No. 3 de cuerda exagonal.

9o. Montaje de contraventeos entre las crujiás de proyecto.

Las varillas se conectan a los canales mediante placas de unión en forma de U inclinada de 1/4 de espesor como se muestra en la fig. 25.

10o. Montaje de contraflameos.

Estos se colocan a cada tercio del claro contraventeado. Previamente a los largueros se le barrenan 2 agujeros, uno para la varilla que llega y otro para la que sale, éstas se fijan haciendo roscas en los extremos y templándolas por medio de tuercas.

11o. Conexión de la armadura a la sección superior de la columna.

Toda la conexión se realizó en campo, soldando primeramente las placas de unión tanto a las cuerdas de las armaduras como a las trabes.

12o. Montaje de la armadura A-S.

Previamente se sueldan en el taller los ángulos a la trabe. Ya en el campo, la cuerda inferior de la armadura se conecta a éstos con los pernos de alta resistencia.

13o. Colocación de contraventeos y refuerzos adicionales.

14o. Pintura de la estructura.

Primeramente se limpia la estructura con equipo de "Sand-Blast", el cual arroja un chorro de arena a presión y se caracteriza por el color gris del acero y su textura ligeramente áspera.

Después se coloca una capa de primario anticorrosivo y sobre ésta la pintura SYLPYL 100 Glasyl color verde No. 231 a base de epoxi-poliámidas, con un espesor de 3 mm.

15o. Colocación de cubierta a base de lámina acanalada.

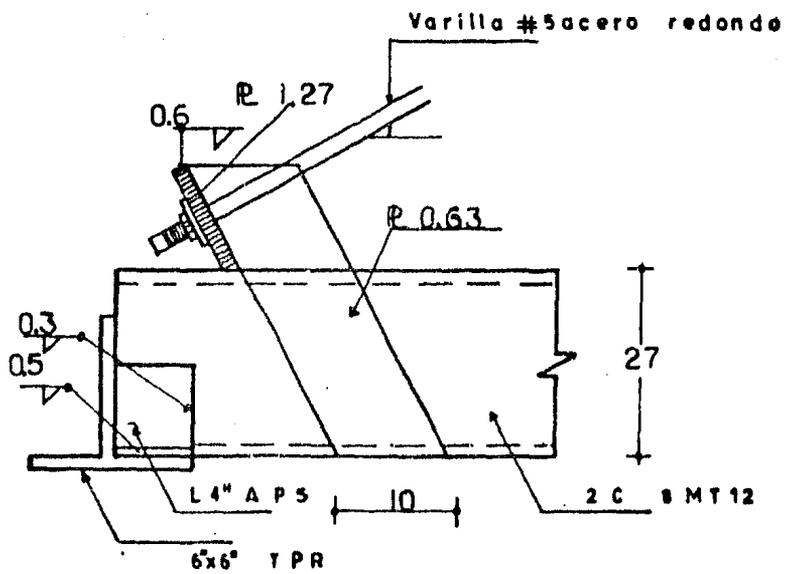


Fig. 25 Detalle de conexión de contraventeos verticales y horizontales.

Para amarrar la lámina a los largueros se utilizan varillas galvanizadas de 1/4" de diámetro colocadas a cada 30 cm. Estas abrazan a la canal y se fijan a la cubierta con tuercas galvanizadas.

En la cumbrera se utilizan anclas de acero de 1/4" de diámetro que abrazan al larguero y se sujetan a la lámina con un capuchón de hule.

Para formar la cumbrera se utilizan 2 caballetes articulados de 1/4" de espesor y tapajuntas de lámina galvanizada calibre 16 en los extremos. En la fig. 26 se muestra la cumbrera.

#### III.4.4 MODIFICACIONES AL PROYECTO.

1. Algunos perfiles se cambiaron por falta de disponibilidad en el Mercado Nacional, previa autorización de la Supervisión y de la Dirección de la Obra.

A continuación se enlistan los perfiles que variaron con respecto a los de proyecto, considerando que los trabajos fueron realizados por dos compañías.

Perfil de Proyecto	Perfiles Cambiados	
	Del eje 1 al 27	Del eje 28 al 54
Columna (IPR)		
17"x8 3/4"x95.4 kg/m	18"x7 1/2"x96.7 kg/m	18"x7 1/2"x96.7 kg/m
Prolongación Superior Columna (IPR)		
10"x 5 3/4"x31.3 kg/m	10"x5 3/4"x32.7 kg/m	sin cambio
Trabes de liga (IPR)		
10" x 4" x 28.3 kg/m	10"x5 3/4"x 32.7 kg/m	10"x 5 3/4"x31.3 kg/m
Querda Inferior Armadura (TPR)		

Para amarrar la lámina a los largueros se utilizan varillas galvanizadas de 1/4" de diámetro colocadas a cada 30 cm. Estas abrazan a la canal y se fijan a la cubierta con tuercas galvanizadas.

En la cumbrera se utilizan anclas de acero de 1/4" de diámetro que abrazan al larguero y se sujetan a la lámina con un capuchón de hule.

Para formar la cumbrera se utilizan 2 caballetes articulados de 1/4" de espesor y tapajuntas de lámina galvanizada calibre 16 en los extremos. En la fig. 26 se muestra la cumbrera.

#### III.4.4 MODIFICACIONES AL PROYECTO.

1. Algunos perfiles se cambiaron por falta de disponibilidad en el Mercado Nacional, previa autorización de la Supervisión y de la Dirección de la Obra.

A continuación se enlistan los perfiles que variaron con respecto a los de proyecto, considerando que los trabajos fueron realizados por dos compañías.

Perfil de Proyecto	Perfiles Cambiados	
	Del eje 1 al 27	Del eje 28 al 54
Columna (IPR)		
17"x8 3/4"x95.4 kg/m	18"x7 1/2"x96.7 kg/m	18"x7 1/2"x96.7 kg/m
Prolongación Superior Columna (IPR)		
10"x 5 3/4"x31.3 kg/m	10"x5 3/4"x32.7 kg/m	sin cambio
Trabes de liga (IPR)		
10" x 4" x 28.3 kg/m	10"x5 3/4"x 32.7 kg/m	10"x 5 3/4"x31.3 kg/m
Cuerda Inferior Armadura (TPR)		

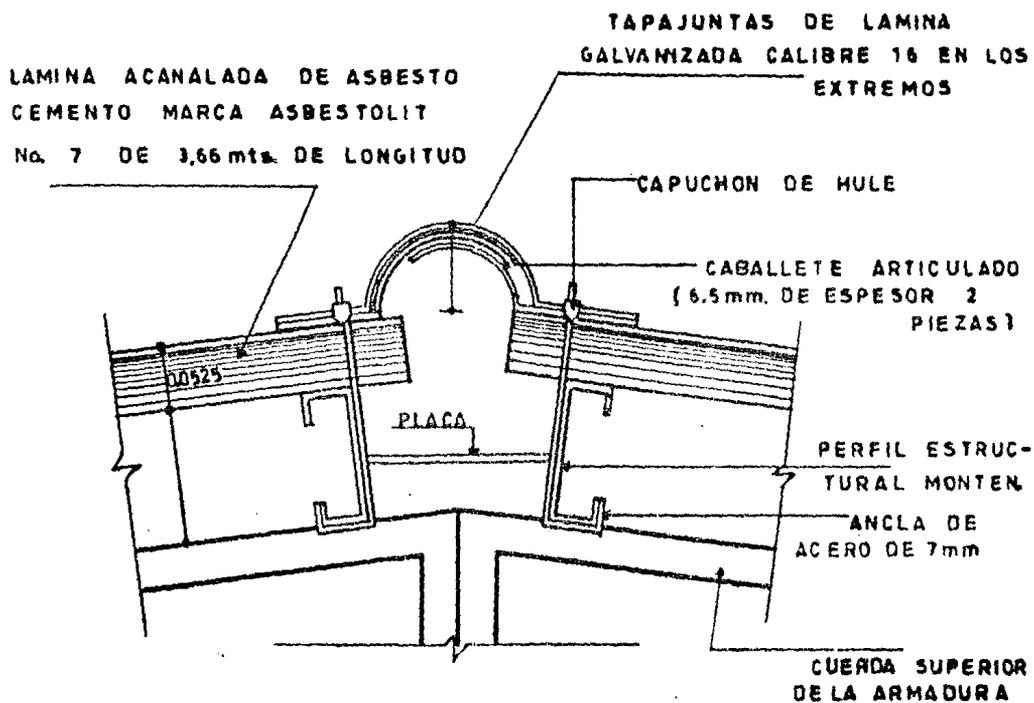


Fig. 26 Detalle de la Ombreira.

6"x6 1/2"x26.85 kg/m    12"x6 1/2"x38.7 kg/m    12"x6 1/2"x40.3 kg/m

Querda Superior Armadura (TPR)

6"x6 1/2"x26.85 kg/m    12"x6 1/2"x52.10 kg/m    12"x6 1/2"x52.10 kg/m

Placas de Neopreno

Dureza de 60  $\pm$  5 Shore A                      Dureza de 70  $\pm$  5 Shore A

Los perfiles utilizados en ambas cuerdas de la armadura fueron IPR -- cortados a la mitad con soplete y esmerilados.

2. El tramo de maniobras o Cola presenta una pendiente sostenida positiva del 2%, que no fue debidamente considerada al llegar a la rasante de la Nave de Depósito.

Como la pendiente de la Nave es nula, para obtenerla fue necesario -- formar una curva vertical a la entrada, originando que las primeras columnas quedaran 40 cm. abajo. Considerando que al tomar la curva los trenes no alcanzarían a librar holgadamente las instalaciones eléctricas y parte-baja de las armaduras, se decidió modificar la última sección de columnas, hasta la junta constructiva para evitar otra junta intermedia.

Por lo tanto, a las columnas del eje 57 al 54 se les injertó 40 cm. - de perfil, biselando los extremos para realizar un buen empate y efectuando los cortes con equipo de oxi-acetileno.

El empate se realizó en forma deficiente y fue necesario autorizar la colocación de cubreplacas de refuerzo soldadas a los patines de las columnas, con dimensiones de 18 x 70 cm. y 1/4" de espesor.

3. Debido a estudios posteriores sobre el diseño y funcionamiento óptimo de la Nave de Depósito, principalmente en el caso de la acción de las fuerzas de succión causadas por el viento, se decidió reforzar el sistema de contraventeo original.

Entre las crujeas extremas de cada junta y en seguida alternas se coloca un contraventeo horizontal a base de acero redondo del No. 8 y vertical del No. 5 entre empates de armaduras.

Entre las crujeas 1-2, 17-18, 19-20, 35-36, 37-38 y 53-54 se contraventea verticalmente con 2 ángulos espalda con espalda de 3" x 3" x 1/4" y horizontalmente con monten en cajón 8MI-12 entre nudos de armaduras.

Se diseñó adicionalmente un soporte lateral de la cubierta a base de una placa triangular colocada verticalmente y soldada por ambos lados al patín extremo de la prolongación superior de la columna. A ella se le suelda otro atiesador horizontal de 3/8" de espesor, sobre el que se apoya otro vertical también de 3/8", al cual se le conecta el monten con tornillos del No. 3. Las soldaduras son de filete de 0.5 cm.

Adicionalmente los traveses superiores de los ejes 1-2, 2-3, 16-17, 17-18, 19-20, 20-21, 34-35, 35-36, 37-38, 52-53 y 53-54 se refuerzan con ángulos de 1" x 1/8".

En las figs. 27 y 28 se muestra la última crujía (53-54), y la armadura A-S, con su contraventeo definitivo.

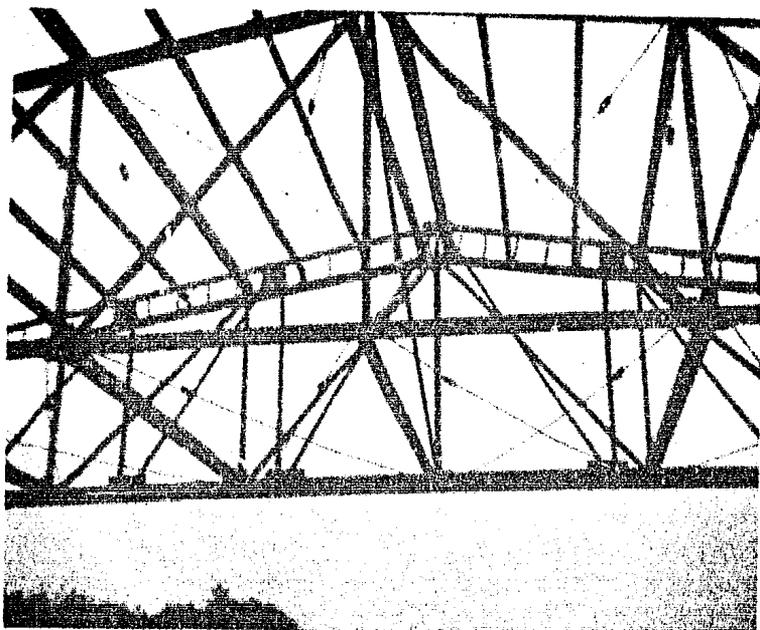


Fig. 27 Vista del contraventeo de la última crujía.

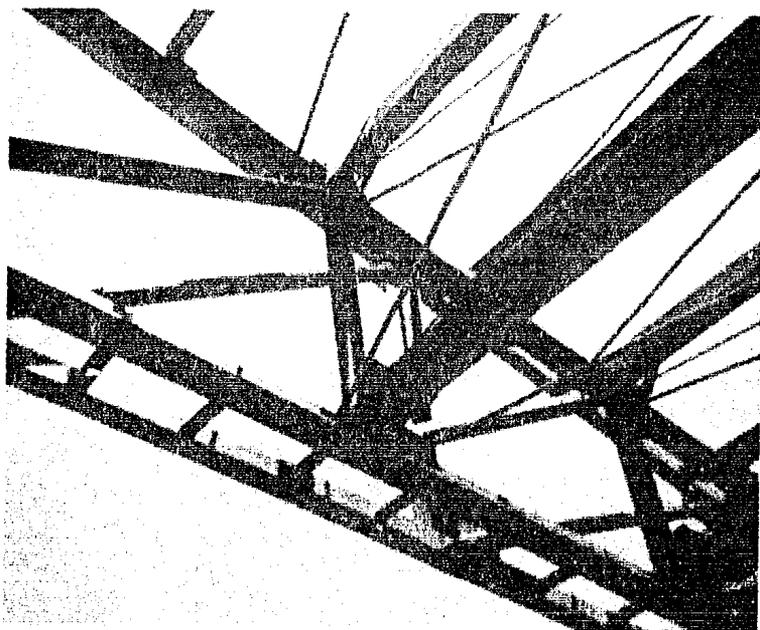


Fig. 28 Vista del contraventeo de la última crujía.

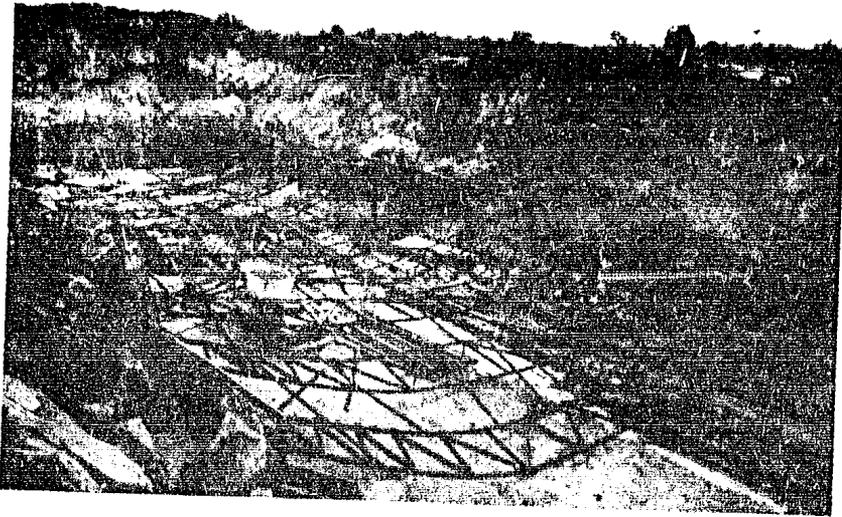


Fig. 29 Vista superior del desplome.

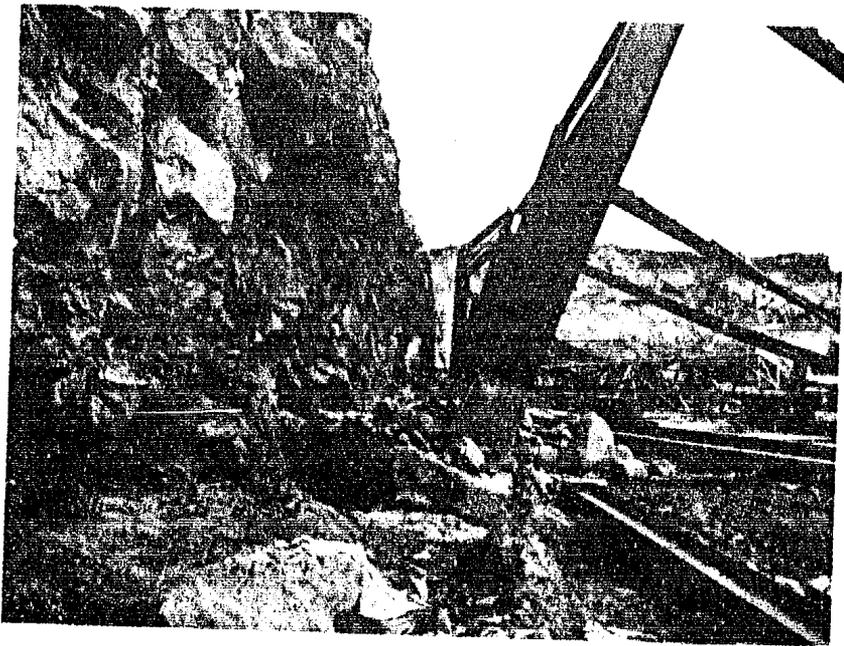


Fig. 30 Vista lateral del giro provocado en los miembros estructurales, por el desplome.

### III.5 ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO.

En el procedimiento constructivo de las estructuras internas se siguieron los lineamientos descritos en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el D. F., y los Caps. 3 (Materiales), 4 (Calidad), y 5 (Mezclado y Colocación), del ACI (Association Concrete International).

Antes de construir cada elemento de concreto reforzado se procede a colar una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ ). Esta sirve para nivelar el fondo de la excavación y permite disponer de una superficie seca y limpia en la que se facilite la colocación de la cimbra y el armado.

Conforme se tratan las cavernas y fracturas encontradas en cada sondeo, y se liberan, se procede a los trabajos de armado y cimbrado de zapatas, cuyo nivel de desplante es 76.44. Antes de proceder a colarlas se checa la nivelación y colocación de las anclas para evitar problemas al momento de calzar las columnas.

Simultáneamente con las zapatas, se excavan las zanjas para alojar a los registros, los que se van construyendo poco a poco hasta terminarlos en el último período.

Las caras exteriores de los registros llevan un acabado "aparente" y las interiores un pulido fino a base de mortero cemento-arena en proporción 1:5 con aditivo impermeabilizante Integral "Festergard". El concreto de los ductos en su liga con los registros se sella con aditivo SIKASIGAS.

Después de montados los marcos estructurales y conjuntamente con los

trabajos de contraventeo, se procede al armado, cimbrado y colado de parte del rodapié, los areneros y la fosa.

Los areneros tienen un nivel de desplante de 1.70 abajo del NPT y su acabado es aparente. Su función principal es amortiguar la llegada de los trenes.

El nivel de desplante del rodapié es 76.171. El concreto de la plantilla se mezcla con un impermeabilizante integral para evitar que la humedad llegue al rodapié. El muro lleva un acabado aparente y su cara exterior se recubre con un impermeabilizante a base de silicón marca Fester.

La curva que se originó a la entrada de la Nave provoca una pendiente en el desplante del rodapié, por lo que se construye una cama base de concreto cíclopeo entre los cadenamientos 21+926.828 y 22+045.828.

El nivel de desplante de la fosa de revisión es 74.861. Su acabado es "pulido fino" y se recubre con pintura Epoxi-Poliéster.

En los bordes de la losa superior de la fosa de revisión se dejan huecos de 22.5 x 11.5 cm., que después se rellenan con mortero ahogando vástagos de anclaje que sujetan al riel de seguridad.

El tope de la fosa de revisión se forma con una guarnición trapecial a cada lado, de 20 cm. de espesor, 25 de largo, 25 cm. de base menor y --- 1.13 m. de base mayor. A estas se les conecta una pieza de madera de roble de 24 x 14 cm. por medio de una placa metálica y 4 pernos de acero ahogados en el concreto. Otra pieza de madera suave de 30 x 14 cm. se une a éstas con pernos de acero doblados en "U", y soleras, y una tabla de roble de 30 x 14 x 3 cm. de espesor colocado entre ellas.

Después de un receso en las obras, se termina la construcción de los areneros, fosa, registros y rodapié, y se inician los trabajos de armado, cimbrado y colado de andadores, y elementos estructurales de las oficinas y almacén.

Las juntas constructivas de las losas de los andadores son a base de volteadores metálicos colocados a.c. 20 m. El acabado de las losas es escobillado en línea recta para favorecer la fricción, y en las rampas es es triado.

Las barras guía se suspenden a 2.05 m. antes de cruzar los andadores transversales, solo continúan las pistas de rodamiento y los rieles de seguridad. En el eje 52 y a la mitad de la crujía 26-27 se forman zonas de crucetas, reduciendo el ancho de los andadores en 15 cm., para dar espacio al anclaje de las barras guía.

Los rellenos en los andadores y zanjas para zapatas se forman a base de tepetate compactado al 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo, colocado en capas de 20 cm.

En el anexo 2 se muestran los detalles constructivos de las estructuras internas de la Nave.

A continuación se describen las fases que integran el procedimiento constructivo de los elementos de concreto reforzado.

### III.5.1 Cimbra.

La cimbra se construye de manera que resista las acciones a que estará sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y el vibrado del concreto; y lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas. Por tanto, en su diseño se considera además del peso del concreto y del propio, una carga uniformemen re repartida de 100 kg/cm<sup>2</sup> más una concentrada de 100 kg aplicada en cualquier parte de ella.

Inmediatamente antes de colar se limpian los moldes cuidadosamente y si es necesario se dejan registros en ellos para facilitar su limpieza.

La cimbra de madera se humedece durante 2 horas como mínimo antes del colado, y se prepara con una capa de aceite o diesel, antes de colocar el refuerzo, para protegerla y facilitar el descimbrado. Todas las juntas deben asegurar la retención absoluta de la lechada.

Se utiliza la duela cepillada y el triplay impermeable de 3/4" de espesor para acabados aparentes, y este mismo o tarimas de duela de 1" a 2" de espesor y de 0.9 a 1.30 m. por lado para otros acabados.

El cimbrado de los muros del rodapié se forma con entarimado, soportes, pernos, largueros y puntales, utilizándose madera de 1", 1 1/4", 1 1/2" y 2" de espesor.

En las zapatas se utilizan tablones (cachetes) de 1 1/4" y 1 1/2" de espesor.

En columnas y castillos la cimbra se prefabrica con tablones verticales de 1", luego se ensambla en el lugar con yugos ajustables para resistir la presión del concreto.

Para la construcción de la cimbra en la losa y traveses de las oficinas y almacén, se utiliza madera comercial de 5/8" y 3/4" y tablones de 1". El espaciamiento entre los polines depende de la resistencia de la cubierta y la separación entre largueros de la resistencia de los polines. En los largueros verticales o pie derecho, su separación está en función de los largueros de apoyo o de la capacidad de los puntales.

En las guarniciones se utiliza cimbra metálica.

Las contraflechas en las trabes deben ser menores o iguales a  $1/400$  del claro libre. En los tableros de las losas interiores serán de  $1/400$  del claro corto, medida desde el centro de apoyos largos hasta el centro del tablero. En los voladizos serán de  $1/400$  a  $1/2000$  medida desde el empotramiento hasta el extremo libre.

La calidad de la cimbra está sujeta a la aprobación de la Supervisión.

El plazo mínimo para el descimbrado es de 2 días, a excepción de trabes y losas que es de 14 días, porque se supone que a esta edad ya alcanzó el concreto el 65% de la resistencia de proyecto, y así se evita que las deflexiones sobrepasen los valores estipulados.

### III.5.2 Acero de Refuerzo.

Todo el acero empleado en el refuerzo de las estructuras se ajusta a lo señalado en la última edición de la Especificación ASTM correspondientes a varillas del # 2.5 a 12 Grado duro 60 con límite de fluencia  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  (60 000 lb/plg.2).

El acero de refuerzo se protege adecuadamente durante su transporte, manejo y almacenamiento, y al momento de efectuar el colado, se cuida que éste exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxidación excesiva y cualquier otra sustancia que reduzca su adherencia con el concreto.

Se revisa que el acero de las parrillas esté correctamente espaciado y firmemente asegurado en la posición indicada en los planos.

Todos los dobleces se efectúan en frío, excepto cuando la Supervisión permite calentamiento, pero no se admite que la temperatura del acero se

eleve a más de la que corresponde a un color rojo café (aprox. 530°C) si no está tratado en frío, ni a más de 400°C en caso contrario. No se permite que el enfriamiento sea rápido.

El acero se sujeta en su sitio con amarres de alambre, silletas y separadores de resistencia y en número suficiente para impedir movimientos durante el colado.

Los ganchos, dobleces, radios de curvatura y empalmes, se ajustan a los valores dados en las especificaciones, salvo que excepcionalmente se acote una dimensión diferente en los planos.

Las varillas que terminan rectas se prolongan más allá del paño perpendicular del concreto a una distancia específica, esta dimensión es aplicable tanto a traslapes rectos como al anclaje libre.

En una longitud igual a dos peraltes del elemento, no habrá traslapes en más de la tercera parte de un refuerzo determinado. No se efectúan traslapes en varillas de una misma sección que se encuentren a menos de 12 diámetros de separación o a menos de 150 mm.

Los recubrimientos que no se señalan en los planos son como mínimo los siguientes, medidos al paño de las varillas (recubrimientos libres).

- Losas en general : 20 mm.
- Trabes y columnas : 30 mm.
- Losas de andadores : 70 mm.
- Cimentación : 50 mm.

El acero de refuerzo se somete al siguiente control de calidad, por lo que se refiere a su esfuerzo de fluencia.

De cada lote de 10 ton. o fracción, formado por barras de una misma - marca, grado y diámetro y remesa de cada proveedor, se toma un espécimen - para ensaye de tensión, que no sea de los extremos de barras completas. -- Si algún espécimen presenta defectos superficiales, puede sustituirse por otro.

El muestreo de las varillas y la determinación de sus dimensiones, pe- so, características de corrugación, resistencia a la tensión y doblado, se realizan de acuerdo con la norma DGN B 172. Si el porcentaje de alarga- - miento de algún espécimen en la prueba de tensión es menor que el especifi- cado, y además, alguna parte de la fractura queda fuera del tercio medio - de la longitud calibrada, se permite repetir la prueba.

Si el esfuerzo de fluencia de un espécimen resulta mayor o igual que el mínimo especificado para ese grado y si además cumple con los otros re- quisitos de la norma, se utiliza el lote representado por el espécimen; en caso contrario se rechaza.

### III.5.3 Dosificación y Mezcla.

Los materiales naturales y artificiales utilizados en la elaboración- del concreto hidráulico, deben cumplir con ciertos requisitos y caracterís- ticas especificadas.

El cemento utilizado es Portland tipo I, II y III, de marca conocida.

La arena debe cumplir con los requisitos granulométricos de la tabla- 1 y la grava con los de la tabla 2, para un tamaño máximo de 1 1/2" (38mm) o 3/4" (19mm).

Se cuida que los agregados no reaccionen con los álcalis del cemento, si provocan expansión excesiva por esta causa, se desechan a menos que se-

TABLA I. Granulometría. Agregado Fino.

M a l l a s .		Porcentaje que pasa
3/8 plg.	(9.51) mm.	100
No. 4	(4.76)	95 a 100
No. 8	(2.38)	80 a 100
No. 16	(1.19)	50 a 85
No. 30	(0.595)	25 a 60
No. 50	(0.297)	10 a 30
No. 100	(0.149)	2 a 10
Finura		2.3 a 3.1 %

TABLA 2. Granulometría. Agregado Grueso.

Tamaño Nominal	1 1/2 plg.	3/4 plg.
	Porciento en peso que pasa por las mallas.	
2 plg. (64) mm.	100	
1 1/2 (38.1)	95 a 100	
1 (25.4)		100
3/4 (19.0)	35 a 70	90 a 100
1/2 (12.7)		
3/8 (9.51)	10 a 30	20 a 55
No. 4 (4.76)		0 a 10
No. 8 (4.76)	0 a 5	0 a 5

apliquen medidas correctivas.

Se utiliza agua potable, libre de materias perjudiciales como aceite, grasas, etc. Si existe duda en su calidad se sigue el procedimiento de prueba descrito en el concreto lanzado.

Dichos materiales se proporcionan para una resistencia media  $f_c$ , mayor que la especificada  $f'_c$ . La  $f_c$  necesaria para lograr un  $f'_c = 200$  o  $100$  kg/cm<sup>2</sup>, se toma como el mayor de los valores suministrados por las expresiones:

$$\bar{f}_c = f'_c + 0.85 T_c$$

$$\bar{f}_c = f'_c + 2.33 T_c - 50 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$T_c$  es la desviación estándar de las resistencias a compresión del concreto y se determina a partir de antecedentes basados en los ensayos de 30 parejas de cilindros, los cuales representan un concreto cuya resistencia obtenida no difiera en más de 70 kg/cm<sup>2</sup> de la especificada. Estos cilindros se elaboran con los materiales, procedimiento y control de los trabajos en cuestión.

El contenido de agua se determina en el laboratorio para una mezcla de diseño. En los concretos de resistencia  $f'_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> para miembros estructurales con espesor mayor de 25 cm., el tamaño máximo del agregado grueso es de 1 1/2" y su revenimiento debe ser de 8 cm. En concretos de  $f'_c = 200$  y 100 kg/cm<sup>2</sup> para miembros estructurales de espesor menor de 25 cm., el tamaño máximo es 3/4" y su revenimiento 10 cm.

#### III.5.4 Colocación y Curado.

El concreto se cuela en una operación continua, sin permitirse la formación de juntas frías entre dos coladas sucesivas, cuyo intervalo no será mayor de 30 min.

El concreto se coloca sobre superficies limpias y húmedas, libres de agua estancada. En las losas el colado se inicia por el perímetro; en las trabes y muros por los extremos de la sección progresando hacia el centro. En los muros, castillos y columnas el colado se inicia después de depositar en el fondo una capa de 4 cm. de espesor de mortero cemento-arena en proporción 1-4.

En los días en que la temperatura ambiente es superior a 28° c se cuida de no dejar transcurrir más de 45 minutos entre el momento de añadir el agua a la mezcla y su colocación.

Durante las lluvias, los trabajos se suspenden y se protegen adecuadamente las superficies del concreto fresco, para evitar deslaves y/o defectos en el acabado.

El concreto se coloca en capas no mayores de 450 mm. vibrando cada capa con equipo mecánico de motor de gasolina.

La vibración se transmite directamente al concreto, cuidando que no le produzca segregación o un flujo excesivo del mismo. Se penetra el vibrador verticalmente unas pulgadas en el colado a intervalos sistemáticamente regulares, lo cual proporciona una consolidación adecuada.

Si se vibra el concreto puede permitirse una reducción en su contenido de agua, ésto es porque se necesita una menor cantidad de cemento y por consecuencia de agregados. Este menor contenido de agua reduce los vacíos y aumenta la resistencia del concreto. La mezcla más seca facilita la re-

moción de la cimbra con mayor rapidez.

El vaciado del concreto, del camión mezclador a los moldes, se efectúa lo más cerca posible de su posición final, evitando transpalearlo o transportarlo dentro del molde a base de vibraciones.

En algunos casos se emplean canalones para su vaciado. Estos son de metal, de fondo curvo y con suficiente capacidad para evitar derrames. Su inclinación óptima es de 1 a 3 y debe ser constante para permitir que el concreto fluya por él sin segregarlo.

Las juntas de construcción se efectúan a cada 20 m. en las losas de los andadores y en la fosa de revisión se decide su ubicación de común acuerdo con la Supervisión y la Dirección de Obra.

Antes de reiniciar el colado, las juntas deben ofrecer una superficie rugosa, por lo que se limpia con soplete de aire o de arena y cepillo de alambre hasta quitar una capa de 5 mm. de espesor aproximadamente. Se satura con agua durante 3 horas y antes de colar el concreto nuevo se aplica a la junta una lechada de cemento.

La finalidad del curado es proporcionar al concreto la humedad conveniente para que progrese la cristalización de los geles de cemento, hasta que aquel alcance su resistencia de proyecto. Resulta a la vez necesaria la presencia de energía calorífica, que en condiciones normales la proporciona el medio ambiente.

Mediante el curado, el concreto se mantiene húmedo por lo menos durante siete días en el caso de cemento normal y tres días cuando se emplea cemento de resistencia rápida.

Como técnica de curado en la obra se utilizó la membrana emulsifican-

te Curacreto.

Las membranas de curado son productos químicos que se venden en color blanco o rojo. El de color rojo contiene un colorante fugaz que permite identificar las áreas de aplicación y el de color blanco ayuda a mantener baja la temperatura del concreto.

Se agita el producto y se aplica en capas uniformes por medio de brochas sobre las superficies de concreto fresco, sin charcos, evitando el tránsito excesivo durante los próximos 10 días. Su rendimiento aproximado es de 5 a 6 m<sup>2</sup>/lt.

Los elementos que no llevan acabado alguno, sino que quedan aparentes, se les dá un terminado integral con llana de madera. Las superficies que llevan acabado se terminan a regla hasta quedar planas.

### III.5.5 Control de Calidad.

El control de calidad del concreto utilizado en los elementos estructurales de la Nave se basa en las resistencias a compresión axial de cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con la norma D6N C 159 y D6N C 83.

En los concretos elaborados con cemento tipo I, los ensayos se efectúan a los 28 días y en los elaborados con cemento tipo III o con acelerantes, a los 14 días.

Como todos los elementos son de concreto de resistencia  $f'c=200\text{kg/cm}^2$  premezclados en planta, se toma una muestra por camión. De cada muestra se fabrican y ensayan una pareja de cilindros.

Se admite que las características de resistencia del concreto corres-

pondientes a un día de colado cumplen con la resistencia especificada,  $f'c$ , si ninguna pareja de cilindros dá una resistencia media inferior a  $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ , y, además, cuando el número de muestras es 3 o más, si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de parejas consecutivos de ese día no son menores que  $f'c = 17 \text{ kg/cm}^2$ .

Cuando las resistencias medias de algunas parejas de cilindros resultan menores que  $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$ , se extraen y ensayan 3 corazones del elemento representado, por cada pareja que no cumplió. La humedad de los corazones debe ser similar a la que tenga la estructura en condiciones de servicio y se proporciona como se vió en los espécimenes de prueba de los concretos lanzados.

El concreto entonces, se considera adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual que  $0.8 f'c$  y en ninguno es menor que  $0.7 f'c$ .

Se efectúan determinaciones de peso volumétrico, aprovechando los cilindros ya ensayados, para lo cual se dejan secar 7 días en el medio ambiente o se toma en cuenta su contenido de humedad.

Los cilindros se identifican cuidadosamente relacionandose con los elementos correspondientes y con sus fechas de colado.

El control de resistencias se complementa con el de revenimientos.

Por cada  $500 \text{ m}^3$  y/o cada semana se toma una muestra de la mezcla, se lava completamente a travez de un juego de cribas y se considera la parte que pasa la malla No. 200 (75 mm.), como el contenido total de cemento. Para que esta determinación pueda efectuarse con mayor presición, se trabaja al igual una muestra de la mezcla de los agregados, obteniendo el contenido de agua y la granulometría y el % de partículas que pasan la malla No. 100.

## CAPITULO IV

### PRECIOS Y COSTOS

La elaboración de Precios Unitarios es una etapa del proceso constructivo que se basa en las especificaciones que definen la obra. Se inicia con la integración de un antepresupuesto, del cual depende la factibilidad de realizar la obra; y termina con la construcción de la misma y su costo total.

Un Precio Unitario se integra con la suma del COSTO UNITARIO y la UTILIDAD, a los que se les conoce como "FACTORES DE CONSISTENCIA".

Los COSTOS UNITARIOS se componen de la suma de los COSTOS DIRECTOS e INDIRECTOS.

Los COSTOS DIRECTOS son los derivados de los materiales, obra de mano y equipo. Los INDIRECTOS son los gastos generados por la administración central y en obra, financiamiento, impuestos, fianzas, seguros e imprevistas.

#### IV.1 COSTO DIRECTO.

##### A. Materiales.

Es indispensable saber apreciar la calidad de los materiales a utilizar, pues una mala adquisición puede ocasionar pérdidas en tiempo y dinero.

Para la integración de los costos directos, se analizan los costos del "material en obra" que comprende el precio de adquisición en fábrica,

más el costo del flete y los desperdicios tanto en el transporte como en su utilización.

#### B. OBRA DE MANO.

La evaluación del costo de la obra de mano en la construcción es un problema complejo, determinado por factores tales como el costo de la vida; el desarrollo de diversos procedimientos debidos a nuevos materiales, herramientas, tecnologías, etc.; la dificultad o facilidad de la realización y la magnitud de la obra; el riesgo o seguridad en el proceso; el sistema de pago; las relaciones de trabajo; las condiciones climáticas y las costumbres locales.

La obtención del Costo Unitario de Trabajo se basa en los siguientes factores:

- SDT. Salario diario total.
- RPD. Rendimiento promedio diario, según análisis estadístico reales.
- FZ. Factor de zona, o factor de corrección que considera las condiciones aleatorias de cada actividad.
- FHM. Factor de herramienta menor que debe retribuirse a la empresa o al trabajador.
- FM. Factor de maestro, el cual toma en cuenta su productividad y responsabilidad.

Considerando lo anterior se plantea la siguiente igualdad:

$$CUT = \frac{SDT}{RPD} \times FZ \times FHM \times FM.$$

#### 1) SALARIO DIARIO TOTAL.

El salario diario total se compone del salario diario base (SDB), más las prestaciones actuales y afectadas por un factor de salario real.

$$\text{SDT} = (\text{SDB} + \text{PRE}) \text{FSR}$$

El salario diario base se rige por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

Las prestaciones principales que se otorgan en la rama de la construcción son las siguientes.

- Prima Vacacional. Según el Art. 80 de La Ley Federal del Trabajo, "Los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de veinticinco por ciento sobre los salarios que le correspondan durante el período de vacaciones".

$$\text{El } 25\% \text{ de } 6 \text{ días} / 365 \text{ días} = 0.0041 \times 100 = 0.41 \%$$

- Aguinaldo. Art. 87 de La Ley Federal del Trabajo. "Los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo anual, equivalente a 15 días de salario, como mínimo".

$$15 \text{ días} / 365 = 0.0411 \times 100 = 4.11 \%$$

- Seguro Social. La Ley del Seguro Social cubre los siguientes seguros:

- I. Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- II. Enfermedades no profesionales y maternidad.
- III. Invalidez, vejez y muerte.
- IV. Cesantía en edad avanzada.

Para ésto, la empresa constructora paga un 15.9375%, y el trabajador un 3.75% cuando su salario es mayor del mínimo, en caso contrario, la primera pagará el 19.6875%.

- Guarderías. (1%).

- Infonavit. (5%).
- Impuesto sobre remuneraciones pagadas. (1%). No es una prestación-- pero se incluye en el porcentaje actual.

2) EL FACTOR DE SALARIO REAL (FSR), CONSIDERA EL TIEMPO EFECTIVO DE TRABAJO DE LA FORMA SIGUIENTE:

$$FSR = \frac{\text{Período considerado total}}{\text{Período de trabajo real}} = \frac{PCT}{PTR}$$

donde el PTR = PCT - DNT (días no trabajados).

Para una obra de 365 días de duración, considerando 6 días de vacaciones, 52 domingos y 15 días hábiles de descanso obligatorio, tenemos:

$$FSR = \frac{PCT}{PTR} = \frac{PCT}{PCT - DNT} = \frac{365}{365.73} = 1.25$$

El factor de zona (FZ), corrige el rendimiento de la gente, según las características de la zona y del tipo de trabajo en cuestión. A la Zona Metropolitana se toma como base y se le asigna el valor de 1.

El Factor de herramienta menor (FHM) considera la depreciación de ésta y se toma del 3%.

El Factor de Maestro (FM) se toma del 5 al 10% para considerar su retribución.

Finalmente, substituyendo los valores obtenidos en el análisis anterior:

$$CUT = \frac{SDT}{RPD} \times FZ \times HM \times FM$$

$$CUT = \frac{SDP}{RDP} \times \frac{(PCT)}{PCT - DNT} \times FZ \times FHM \times FM$$

$$CUT = \frac{SDP \times 1.25 \times 1.0 \times 1.03 \times 1.07}{RPD} = \frac{SDP \times 1.378}{RPD}$$

### C. EQUIPO.

Un factor importante en la integración de precios unitarios es el referente al equipo de construcción, cuyo análisis se estructura en base a su costo de operación por hora.

Previo el cálculo, se obtienen los datos generales de cada máquina, como son su vida útil, su vida económica, y su valor de rescate.

La vida útil de una máquina ( $V_u$ ) depende de la eficacia en el mantenimiento que se le proporcione, de su correcta operación y de su desgaste normal.

La vida económica de una máquina ( $V_e$ ) se entiende como el período durante el cual, ésta puede operar en forma eficiente realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando se le proporcione un buen mantenimiento. Se determina en base a estadísticas norteamericanas, debido a que la maquinaria que se utiliza en nuestro país es importada de los EE.UU.

Valor de adquisición ( $V_a$ ), representa el valor comercial inicial de la máquina en el mercado nacional.

El Valor de rescate ( $V_r$ ), es el valor comercial que tiene una máquina al final de su vida económica. Se considera como un porcentaje del precio de adquisición (10%).

Obtenidos los datos anteriores, los costos horarios se integran mediante los siguientes cargos; calculados por hora efectiva de trabajo:

- I. Cargos fijos.
- II. Cargos por consumos.
- III. Cargos por operación.

I. Cargos fijos.

a) Cargos por depreciación (D).

Resulta de la disminución en el valor original de la máquina, como consecuencia de su empleo. Para valorarlo, se considera que la maquinaria se deprecia la misma cantidad por unidad de tiempo, se representa por la ecuación:

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

b) Cargos por inversión (I).

Es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.

$$I = \frac{V_a + V_r}{2H_a} i$$

donde  $i$  es la tasa de interés anual en vigor y  $H_a$  es el No. de horas efectivas trabajadas por el equipo durante el año.

c) Cargos por seguros (S).

Es el necesario para cubrir los riesgos a que se sujeta la maquinaria durante su vida económica.

$$S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} s$$

donde  $s$  es la prima anual promedio expresada en porcentaje del valor de la máquina.

d) Cargos por almacenaje (A).

Es el cargo originado por la vigilancia y guarda de la maquinaria durante los períodos de su vida económica considerados como inactivos.

$$A = K D$$

donde K es el coeficiente calculado considerando rentas y salarios de vigilancias.

e) Cargos por mantenimiento (T).

Incluyen el mantenimiento mayor, efectuado en talleres especializados y el menor, que considera ajustes, cambios de líquidos hidráulicos, aceites, filtros; con el personal y repuestos necesarios.

$$T = Q D$$

donde Q es un coeficiente que se calcula en base a estadísticas y varía por cada tipo de máquina y características del trabajo.

II. Cargos por Consumos.

La maquinaria empleada es accionada por motores de combustión interna, de gasolina o diesel; por lo que para su operación requieren de un abastecimiento de combustibles y lubricantes.

a) Cargo por consumo de combustibles (E).

Se representa por:

$$E = cc P c$$

cc representa la cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo, para alimentar los motores de la máquina. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia.

Pc representa el precio del combustible.

El consumo promedio de combustible se calcula con la siguiente expresión, obtenida por procedimientos estadísticos.

Motores de gasolina: 0.24 lt. por H.P. op. / hora.

Motores diesel: 0.20 lt. por H.P. op. / hora.

H.P. op. es la potencia de operación (potencia de placa del motor por el factor de operación).

b) Cargo por consumo de lubricantes (L).

Se representa por:

$$L = CL \text{ PL}$$

donde CL es la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo y PL es el precio del aceite.

Los cambios de aceite se determinan a partir de la siguiente fórmula-obtenida por observaciones estadísticas:

Para máquina con potencia de placa igual o menor de 100 H.P.

$$Cl = C/t + 0.0030 \times \text{H.P. op.}$$

Para máquina con potencia de placa mayor de 100 H.P.

$$Cl = C/t + 0.0035 \times \text{H.P. op.}$$

C es la capacidad del cárter en litros y t es el No. de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (t = 100 hr.)

c) Cargos por consumo de llantas (Ll).

Se considera este cargo en aquella maquinaria en la cual, al calcular su depreciación, se redujo el valor de las llantas de su valor de adquisición.

Se representa por:

$$L1 = \frac{V \cdot 11}{H \cdot 11}$$

donde V11 es el valor de las llantas y H11 representa la vida económica de las llantas.

### III. Cargos por operación (O).

Es el que se deriva del pago del salario al personal encargado de la operación de la máquina y se representa por:

$$O = \frac{S \cdot t}{H}$$

donde St representa los salarios por turno del personal y H representa las horas efectivas de trabajo que se consideran para la máquina dentro del turno.

### Costo Unitario por Maquinaria (CM).

Se expresa como el cociente del costo directo por hora máquina (HMD) entre su rendimiento horario (RH).

$$CM = \frac{H \cdot M \cdot D}{RM}$$

## IV.2 COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDAD.

Los costos indirectos son aquellos gastos generales aplicables a todos y cada uno de los conceptos de trabajo que forman parte de una, dos o más obras a cargo de una misma empresa constructora, es decir que estos gastos hacen posible la ejecución de las obras.

Son gastos perfectamente previsibles, se pueden estimar y analizar en

la integración de costos y controlar durante la ejecución de la obra para mantenerlos dentro de los límites fijados. Se expresan como un porcentaje del costo directo y se agrupan en 5 clases.

#### 1. Administración Central.

Son en este caso los gastos de las Oficinas Centrales, y se calcula como un porcentaje del costo directo total de las obras que ejecuta la empresa en un período dado.

#### 2. Administración y Gastos Generales de la Obra.

Son los gastos erogados por:

- a) Honorarios, sueldos y prestaciones del personal técnico-administrativo que en el campo organiza, supervisa y dirige la obra.
- b) Previsiones en cuanto a mano de obra, equipo y materiales.
- c) Instalaciones y obras provisionales.
- d) Transportes, fletes y acarreos.
- e) Gastos de oficina.
- f) Gastos varios como:
  - Amortización y consumo de herramienta y equipo de taller.
  - Control de calidad.
  - Ingeniería de Seguridad.
  - Conservación de la obra hasta la entrega.
  - Derechos de paso.
  - Letreros, intercomunicación, rupturas y reposiciones, etc.
  - Servicios médicos.

### 3. Financiamiento.

Su monto depende de la relación que existe entre el antepresupuesto - obtenido del programa general de obra y del programa esperado de ingresos, según la forma de pago establecida en el contrato.

### 4. Fianzas y Seguros.

### 5. Imprevistos.

Son erogaciones producidas por situaciones como suspensiones y demoras en el trabajo, por atrasos en el suministro de materiales, accidentes, errores en el presupuesto y programa, etc.

La utilidad se expresa como un porcentaje del Costo Unitario, su evaluación se basa en el grado del riesgo a que estará sometido el capital de la empresa.

Otros factores que pueden influir son: el grado de dificultad, localización y magnitud de la obra, plazo de ejecución, etc.

## IV.3 INTEGRACION DE COSTOS.

En este subcapítulo se analizan los costos referentes a la excavación a cielo abierto con uso de explosivos , y la fabricación, transporte y montaje de la estructura metálica; considerando que fueron las actividades -- más interesantes en la obra, y además, junto con los concretos reforzados, las que produjeron mayores erogaciones.

Para obtener los costos directos se integra la Tabla de Salarios Diarios Reales del personal que labora en ambas actividades. Los salarios base considerados son los fijados a partir del 1o. de Julio de 1983.

También se incluyen los costos-horarios de la maquinaria que interviene en ambas actividades. Los costos, tanto en maquinaria como en materiales son actuales.

Para integrar los precios unitarios se considera la suma de los costos indirectos y utilidad como un 30% del costo directo, dado que es el porcentaje empleados en los costos del Departamento del Distrito Federal.

TABLA DE SALARIOS REALES

PERSONAL	SDB	Sobre SDB		SUMA 1	Sobre Suma 1		Sobre SDB		SDT	CJT x RPD
		Prima Vacacional 0.41%	Aguinaldo 4.11%		I.S.R.P. 1%	I.M.S.S. Cuota Patronal	I.M.S.S. Guarderías 1%	INFONA VIT 5%		
PEON	523.00	2.14	21.49	546.63	5.47	107.62	5.23	26.15	691.09	953.43
AYUDANTE OFICIAL	672.00	2.76	27.62	702.38	7.02	111.94	6.72	33.60	861.66	1,187.37
CABO	917.00	3.76	37.69	958.45	9.58	152.75	9.17	45.85	1,175.80	1,620.25
OFICIAL ALBAÑIL	878.00	3.60	36.09	917.69	9.18	146.26	8.78	43.90	1,125.81	1,551.37
PERFORISTA	1,054.00	4.32	43.32	1,101.64	11.02	175.57	10.54	52.70	1,351.47	1,862.33
DINAMITERO	1,282.00	5.25	52.69	1,339.94	13.40	213.55	12.82	64.10	1,643.81	2,265.17
OPERADOR GRUA	1,190.00	4.88	48.91	1,243.79	12.44	198.23	11.90	59.50	1,525.86	1,907.33
CHOFER CAMION VOLTEO	845.00	3.46	34.73	883.19	8.83	140.76	8.45	42.25	1,083.48	1,354.25
OFICIAL EN E.M.	970.00	3.98	39.87	1,013.85	10.14	161.58	9.70	48.50	1,243.77	1,601.35
OFICIAL SOLDADOR ESP.	1,216.00	4.98	49.98	1,270.96	12.71	202.56	12.16	60.80	1,559.19	2,007.46
OFICIAL ESP. EN E.M.	1,216.00	4.98	49.98	1,270.96	12.71	202.56	12.16	60.80	1,559.19	2,007.46
AYUDANTE	710.00	2.91	29.18	742.09	7.42	118.27	7.10	35.50	910.38	1,172.11
INGENIERO	1,400.00	5.74	57.54	1,463.28	14.63	233.21	14.00	70.00	1,795.12	2,243.90
DIBUJANTE	1,100.00	4.51	45.21	1,149.72	11.50	183.24	11.00	55.00	1,410.46	1,763.00











Análisis del Precio Unitario para la excavación en roca a cielo abierto con uso de explosivos, incluye extracción de rezaga y protección con mallas y defensas.

$$\text{Area de barrenación} = 0.75 \times 0.75 \text{ m} = 0.56 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de barreno} = 1.30 - 0.10 \text{ m} = 1.20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen / barreno} &= 0.56 \text{ m}^2 \times 1.20 \text{ m / barreno} \\ &= 0.672 \text{ m}^3 / \text{barreno} \end{aligned}$$

$$\text{Vel. de perforación} = 6 \text{ cm / min.}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo / barreno} &= \frac{120 \text{ cm / barreno}}{6 \text{ cm / min.}} = 20.0 \text{ min/barreno/pist.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento / compresor} &= \frac{60 \text{ min / hr}}{20.0 \text{ min/barr.}} \\ &= 3.0 \text{ barr./hr/pist} \times 4 \text{ pist.} = 12 \text{ barr./hr.} \end{aligned}$$

$$\text{Vol./compresor} = 12 \text{ barr./hr.} \times 0.672 \text{ m}^3/\text{barr.} = 8.06 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

#### A) BARRENACION.

##### 1).- Equipo

##### a).- Compresor de 365 p.c.w.

$$\text{C.H.} = \$ 1,538.95$$

$$\text{Costo / m}^3 = \frac{\$ 1,538.95 / \text{hr.}}{8.06 \text{ m}^3/\text{hr.}} \quad \$ 190.94 / \text{m}^3$$

##### b).- Perforadora manual

$$\text{C.H.} = \$ 427.07$$

$$\text{Costo / m}^3 = \frac{\$ 427.07 / \text{hr.}}{3.0 \text{ barr./hr.} \times 0.672 \text{ m}^3/\text{barr.}} \quad \$ 211.84 / \text{m}^3$$

##### 2).- Materiales

##### a).- Barras de acero integral para barrenación.

Costo barra primaria	\$ 21,651.68
Costo barra secundaria	\$ 19,727.00
6 afiladas x \$ 817.50	\$ 4,905.00
2 pastillas x \$ 5,858.75	\$ 11,717.50
	<u>\$ 58,001.18</u>

Vida útil/barra = 600 m<sup>3</sup>

$$\text{Coef./barra} = \frac{0.672\text{m}^3/\text{barra}}{1.30 \text{ m.}} = 0.5169$$

$$\text{Coef.} = \frac{1}{0.5169} = 1.935$$

$$\text{Costo acero} = \frac{\$ 58,001.18 \times 1.935}{600 \text{ m}^3/\text{barra}} \quad \$ 187.05/\text{m}^3$$

b).- Tramo de manguera para aire comprimido

Un tramo de 10 m. tiene una vida útil de 160 hr.

$$\text{Costo} = \$ 5,876.50 \times 4 \text{ tramos} = \$ 23,506.00$$

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 23,506.00}{160\text{hr} \times 8.06\text{m}^3/\text{hr}} \quad \$ 18.23/\text{m}^3$$

3).- Obra de mano.

$$1/3 \text{ Cabo} \quad \times \$ 1,620.25 = \$ 540.08/\text{turno}$$

$$4 \text{ perforistas} \quad \times \$ 1,862.33 = \$ 7,449.32$$

$$4 \text{ ayudantes} \quad \times \$ 1,187.37 = \underline{\$ 4,749.48}$$

$$\$ 12,738.88/\text{turno}$$

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 12,738.88/\text{turno} \times 1}{8\text{hr}/\text{turno} \quad 8.06 \text{ m}^3/\text{hr.}} \quad \underline{\$ 197.56/\text{m}^3}$$

$$\text{Costo Total Barrenación:} \quad \$ 805.62/\text{m}^3$$

B).- PUEBLE Y TRONADO.

1).- Obra de mano

1 cabo	x \$ 1,620.25	= \$ 1,620.25/turno
3 dinamiteros	x \$ 2,265.17	= \$ 6,795.51
3 ayudantes	x \$ 1,187.37	= \$ 3,562.11
		<u>\$11,977.87/turno</u>

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 11,977.87/\text{turno}}{8 \text{ hrs./turno}} \times \frac{1}{8.06 \text{ m}^3/\text{hr}} \quad \$ 185.76/\text{m}^3$$

## 2).- Materiales

a).- Dinamita especial al 45% de 2.22 cm o mayor

$$\text{Costo} = \$ 3,719.20/\text{caja de 25 kg.}$$

$$\text{Costo/m}^3 = 0.60 \text{ kg/m}^3 \times \$ 148.76/\text{kg.} \quad \$ 89.26/\text{m}^3$$

b).- Estopines eléctricos.

$$\text{Costo} = \frac{\$ 3,084.50}{50 \text{ piezas}} = \$ 61.69 / \text{pza.}$$

$$\text{Costo/m}^3 = 2 \text{ estopines/m}^3 \times \$ 61.69/\text{estopin} \quad \$ 123.38/\text{m}^3$$

c).- Alambre T.W.- 20 para tronada

$$\text{Costo} = \frac{\$ 575.00}{100 \text{ m.}} = \$ 5.75$$

$$\text{Costo/m}^3 = 20 \text{ m/m}^3 \times \$ 5.75 \quad \$ 115.00$$

d).- Alambre duplex 2-12 \$ 1,375.00/rollo 100m.

$$\text{Costo} = \frac{\$ 3,520.00}{100 \text{ m.}} = \$ 35.20$$

$$\text{Costo/m}^3 = 25 \text{ m/m}^3 \times \$ 35.20 \quad \$ 880.00$$

e).- Olmetro

$$\text{Costo} = \$ 60,500.00$$

$$\text{Vol. aproximado por ejecutar} = 4,600 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 60,500.00/\text{pza.}}{4,600 \text{ m}^3} \quad \$ 13.15$$

f).- Switch de 3 x 250 x 600 amp \$ 78,078.50

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 78,078.50}{4600 \text{ m}^3} \quad \$ 18.25$$

g).- Defensa para protección.

Malla ciclónica cal. 10 de 5x5 cm.

$$\text{Costo} = \$ 635.95/\text{m}$$

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{10.0 \text{ m.} \times \$ 635.95}{50 \text{ m}^3} \quad \$ 127.19$$

$$\text{Total Pueblo y Tronado:} \quad \$ 1,552.00$$

C).- EXTRACCION DE REZAGA.

$$1 \text{ cabo} \quad \$ 1,620.25$$

$$10 \text{ peones} \quad \frac{\$ 9,534.30}{\$ 11,154.55/\text{turno}}$$

Rendimiento: 19 m<sup>3</sup>/turno

$$\text{Costo/m}^3 = \frac{\$ 11,154.55/\text{turno}}{19 \text{ m}^3/\text{turno}} \quad \$ 587.08/\text{m}^3$$

$$\text{Costo directo} \quad \$ 2,944.70/\text{m}^3$$

$$\text{Indirecto y Utilidad (30\%)} \quad \$ 883.41/\text{m}^3$$

$$\text{Precio Unitario.} \quad \$ 3,828.11/\text{m}^3$$

Análisis del Precio Unitario de la Fabricación, Transporte y Montaje de la Estructura Metálica en Talleres.

A) FABRICACION.

1) Materiales.

Placa	0.13 kg/kg x \$ 42.30/kg	\$ 5.50/kg
CPS y ángulo	0.80 kg/kg x \$ 54.10/kg	43.28
Tornillería	0.04 kg/kg x \$ 216.20/kg	8.65
Oxígeno	0.02 m <sup>3</sup> /kg x \$ 236.85/m <sup>3</sup>	4.74
Acetileno	0.01 kg/kg x \$ 799.25/m <sup>3</sup>	8.00
		<u>\$ 70.17/kg</u>

## 2) Obra de Mano.

## a) Descarga y estiba en almacén.

0.4 Cabo x \$ 1,513.84 = \$ 1,513.84  
 4 Ayudantes x \$ 1,172.11 = \$ 4,688.44  
\$ 6,202.28/turno

Rendimiento= 7.8 ton/turno  
 $\frac{\$ 6,202.28/\text{turno}}{7,800 \text{ kg/turno}} = \$ 0.80/\text{kg}.$

## b) Habilitado.

- Maniobra de entrega a habilitado

Igual a descarga y estiba en almacén \$ 0.80/kg

- Trazo para corte a medida y taladro.

1 Oficial trazador x \$ 1,601.35 = \$ 1,601.35

2 ayudantes x \$ 1,172.11 = \$ 2,344.22  
\$ 3,945.57/turno

Rendimiento: 8.2 ton/turno

$\frac{\$ 3,945.57/\text{turno}}{8,200 \text{ kg/turno}} = \$ 0.48/\text{kg}$

- Corte a medida

1 oficial oxocortador esp. \$ 2,007.46

1 ayudante. \$ 1,172.11  
\$ 3,179.57/turno

Rendimiento: 4.2 ton/turno

$\frac{\$ 3,179.57/\text{turno}}{4,200} = \$ 0.76/\text{kg}$

- Rebabeado de piezas cortadas, incluye limpieza.

0.4 Cabo x \$ 1,513.84 = \$ 605.54

4 ayudantes x \$ 1,172.11 = \$ 4,688.44  
\$ 5,293.98/turno

Rendimiento = 5.2 ton/turno

$$\frac{\$ 5,293.98/\text{turno}}{5,200 \text{ kg/turno}} \quad \$ \quad 1.02/\text{kg}$$

Empalmes (soldado)

1 oficial armador      \$ 1,601.35

1 oficial soldador esp. \$ 2,007.46

2 ayudantes            \$ 2,344.22  
                               \$ 5,953.03/turno

Rendimiento = 5.2 ton/turno

$$\frac{\$ 5,953.03/\text{turno}}{5,200 \text{ kg/turno}} \quad \$ \quad 1.14/\text{kg}$$

- Taladro

1 taladrista            \$ 1,601.35

2 ayudantes            \$ 2,344.22  
                               \$ 3,945.57/turno

Rendimiento = 5.2 ton/turno

$$\frac{\$ 3,945.57/\text{turno}}{5,200 \text{ kg/turno}} \quad \$ \quad 0.76/\text{kg}$$

- Enderezado

1 enderezador        \$ 1,601.35

2 ayudantes            \$ 2,344.22  
                               \$ 3,945.57/turno

Rendimiento = 5.2 ton/turno

$$\frac{\$ 3,945.57/\text{turno}}{5,200 \text{ kg/turno}} \quad \$ \quad 0.76/\text{kg}$$

- Trazo para armado

1 oficial trazador    \$ 1,601.35

2 ayudantes            \$ 2,344.22  
                               \$ 3,945.57/turno

Rendimiento = 3.2 ton/turno

$\frac{\$ 3,945.57/\text{turno}}{3,200 \text{ kg/turno}}$       \$ 1.23/kg

- Armado

1 of. armador      \$ 1,601.35

1 of. soldador esp.      \$ 2,007.46

2 ayudantes       $\frac{\$ 2,344.22}{\$ 5,953.03/\text{turno}}$

Rendimiento = 1.8 ton/turno

$\frac{\$ 5,953.03/\text{turno}}{1,800 \text{ kg/turno}}$       \$ 3.30/kg

- Soldadura

1 of. soldador esp.      \$ 2,007.46

1 ayudante esp.       $\frac{\$ 1,601.35}{\$ 3,608.81/\text{turno}}$

Rendimiento = 0.6 ton/turno

$\frac{\$ 3,608.82/\text{turno}}{600 \text{ kg/turno}}$       \$ 6.00/kg

- Maniobras para toma de radiografías

Igual a descarga y estiba      \$ 0.80/kg

- Maniobras en acabado

Igual a descarga y estiba      \$ 0.80/kg

- Embarque

0.3 Cabo      \$ 454.15

1 despachador      \$ 2,200.00

3 ayudantes       $\frac{\$ 3,516.33}{\$ 6,170.48/\text{turno}}$

Rendimiento = 7.2 ton/turno

$\frac{\$ 6,170.48/\text{turno}}{7,200 \text{ kg/turno}}$

$\$ \frac{0.85/\text{kg}}$

Obra de mano

$\$ 19.47/\text{kg}$

### 3) Ingeniería

1 Ingeniero x \$ 2,243.90

1 dibujante x \$ 1,763.00  
\$ 4,006.90

Rendimiento = 9.5 ton/turno

$\frac{\$ 4,006.90/\text{turno}}{9,500 \text{ kg/turno}}$

$\$ 0.53/\text{kg}$

### 4) Materiales Combustibles

Abrasivos, cepillos, crayones, carbones, combustibles,

brocas etc.  $\$ 1.85/\text{kg}$

5) Radiografía y pruebas.  $\$ 1.55/\text{kg}$

### 6) Cargo por equipo

10% de mano de obra

0.10 x \$ 19.74  $\$ 1.97/\text{kg}$

Total costo directo de fabricación.  $\$ 95.76/\text{kg}$

## B) TRANSPORTE Y MONTAJE.

### 1).- Transporte

$\frac{\text{Flete } \$ 15,000/\text{viaje}}{12,000 \text{ kg/viaje}}$   $\$ 1.25/\text{kg}$

### 2).- Obra de Mano.

#### a).- Descarga en campo.

0.4 cabo  $\$ 605.54$

4 ayudantes  $\$ 4,688.44$

$\$ 5,293.98/\text{turno}$

Rendimiento = 10 ton/turno

$$\frac{\$ 5,293.98/\text{turno}}{10,000 \text{ kg/turno}}$$

\$ 0.53/kg

b).- Acarreo

0.4 Cabo \$ 605.54

4 ayudantes  $\frac{4,688.44}{\$ 5,293.98/\text{turno}}$

Rendimiento = 7.8 ton/turno

$$\frac{\$ 5,293.98/\text{turno}}{7,800 \text{ kg/turno}}$$

\$ 0.68/kg

c).- Armado en piso.

2 armador esp. \$ 4,014.92

2 soldadores esp. \$ 4,014.92

4 ayudantes esp.  $\frac{\$ 6,405.40}{\$14,435.24/\text{turno}}$

Rendimiento = 7.8 ton/turno

$$\frac{\$ 14,435.24/\text{turno}}{7,800 \text{ kg/turno}}$$

\$ 1.85/kg

d).- Soldadura.

4 soldadores esp. \$ 8,029.84/turno

Rendimiento = 3.2 ton/turno

$$\frac{\$ 8,029.84/\text{turno}}{3,200 \text{ kg/turno}}$$

\$ 2.50/kg

e).- Izaje

1 maniobrista \$ 1,601.35

4 ayudantes  $\frac{\$ 4,688.44}{\$ 6,289.79/\text{turno}}$

Rendimiento = 4.2 ton/turno

$$\frac{\$ 6,289.79/\text{turno}}{4,200 \text{ kg/turno}}$$

\$ 1.50/kg

## f).- Armado en estructura.

1 montador	\$ 1,601.35
1 soldador esp.	\$ 2,007.46
4 ayudantes	\$ 6,405.40
	<u>\$10,014.21/turno</u>

Rendimiento = 2.8 ton/turno

<u>\$ 10,014.21/turno</u>	\$	3.58/kg
2,800 kg/turno		

## g).- Soldadura

4 soldadores esp.	\$ 8,029.84/turno
-------------------	-------------------

Rendimiento = 2.8 ton/turno

<u>\$ 8,029.84/turno</u>	\$	2.87/kg
2,800 kg/turno		

## h).- Limpieza, esmerilado, rebabeado.

0.4 Cabo	\$ 605.54
4 ayudantes	\$ 4,688.44
	<u>\$ 5,293.98/turno</u>

Rendimiento = 7.8 ton/turno

<u>\$ 5,293.98/turno</u>	\$	0.68/kg
7,800 kg/turno		

Suma Obra de Mano: \$ 15.44/kg

## 3).- Materiales.

Soldadura	0.01 kg/kgx\$ 272.55/kg	\$	2.72/kg
Herrería y dispositivos	0.05 kg/kgx\$ 62.00/kg	\$	3.10/kg
Oxígeno	0.01 m <sup>3</sup> /kgx\$ 236.85/m <sup>3</sup>	\$	2.37/kg
Gas	0.005kg/kgx\$ 799.25/kg	\$	4.00/kg
Combustible	0.80/kg	\$	0.80/kg
		\$	<u>12.99/kg</u>

## 4).- Estrobos, grilletes, perros de amarre.

Vida Útil : 500 días

Costo/lote = \$ 55,000.00

Costo/ton. =	$\frac{\$ 55,000.00}{500 \text{ días} \times 13,800 \text{ kg/turno}}$	\$	0.01/kg
--------------	--	----	---------

## 5).- Máquinas Soldadoras.

- Equipo activo.

Costo/hr. \$ 448.77

Rendimiento = 2.8 ton/turno

Costo/ton =	$\frac{\$ 448.77 \times 8 \text{ hr.}}{2,800 \text{ kg/turno}}$	\$	1.28/kg
-------------	---	----	---------

- Equipo ocioso

Costo/hr. = \$ 274.77

Costo/turno =	$\frac{\$ 274.77 \times 2 \text{ hr.}}{2,800 \text{ kg/turno}}$	\$	0.20/kg
---------------	---	----	---------

Suma Soldaduras	\$	1.48/kg
-----------------	----	---------

## 6).- Equipo oxicorte.

Costo/hr. = \$ 156.00

Rendimiento = 5.2 ton/turno

Costo/ton. =	$\frac{\$ 156.00/\text{hr} \times 4 \text{ hr/turno}}{5,200 \text{ kg/turno}}$	\$	0.12/kg
--------------	--	----	---------

## 7).- Maquinaria pesada.

1 grúa de 20 ton. \$ 10,097.46/hr

Rendimiento = 6 ton/turno

	$\frac{\$ 10,097.46/\text{hr} \times 8 \text{ hrs/turno}}{6,000 \text{ kg/turno}}$	\$	13.46/kg
--	--	----	----------

## 8).- Transporte en obra.

Se utiliza la misma grúa.

Costo horario      \$ 10,097.46/hr  
Rendimiento =      50 ton/turno  
Costo/ton. =       $\frac{\$ 10,097.46 \times 8\text{hr.}}{50,000 / \text{turno}}$       \$ 1.62/kg

Total costo directo de transporte y montaje.      \$ 46.38/kg

RESUMEN:

A) Fabricación      \$ 97.76/kg  
B) Transporte y montaje      \$ 46.38/kg  
TOTAL COSTO DIRECTO      \$ 142.14/kg  
Costo Indirecto y Utilidad (30%)      \$ 42.64/kg  
Precio Unitario      \$ 184.78/kg

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procedimiento constructivo se define como una serie de actividades encomendadas a realizar una obra determinada.

Es muy importante para optimizar un procedimiento constructivo la aplicación de los resultados de experiencias anteriores en cada actividad.

Así, las experiencias se traducen en una serie de conclusiones y recomendaciones derivadas de cada obra.

Del análisis del Procedimiento Constructivo de la Nave de Depósito se obtienen las siguientes conclusiones y se elaboran las recomendaciones pertinentes.

#### CONCLUSIONES.

- 1.- El cambio de perfiles para la fabricación de estructura metálica causó atrasos, además de que se modificaron las características geométricas de los materiales.
- 2.- La curva vertical que se formó a la entrada de la Nave repercutió en atrasos en el programa de obra y en el costo de la misma por el injerto a las columnas. Esto pudo preverlo la Supervisión si hubiese efectuado una correcta nivelación del tramo de cola.
- 3.- La placa adicional en los injertos de las columnas se debió a un mal trabajo de los soldadores, por lo cual se deduce que es muy importante que la Constructora contrate personal capacitado.

4.- El colapso que se originó en la parte posterior de la Nave causó considerables pérdidas. Se desplomaron 11 armaduras y se dañaron trabes, columnas, largueros y zapatas.

Se volvieron a fabricar las armaduras, se demolieron las zapatas dañadas y se volvieron a construir; desechando el material averiado.

Este tipo de accidentes se originan por el empleo de un procedimiento constructivo, en este caso montaje de estructura deficiente por parte de la Constructora.

Las causas probables del desplome son: el incorrecto anclaje y contraventeo de las armaduras montadas, principalmente de la primera.

5.- El calendario de obra inicial se alargó por variables no controlables como son los problemas citados en los puntos anteriores, y la suspensión de las actividades hasta por varios meses causadas por los problemas económicos que afectan al país.

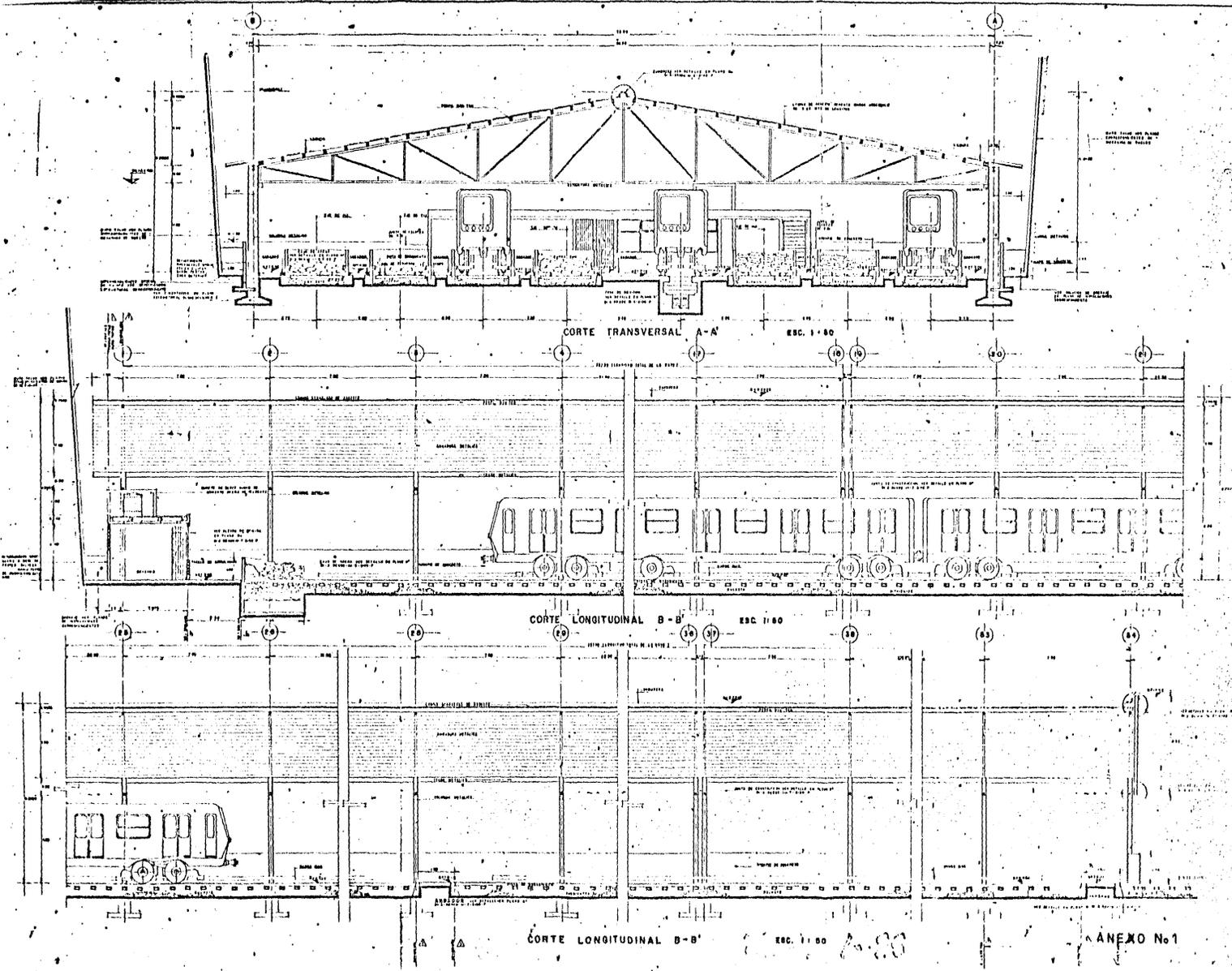
#### RECOMENDACIONES.

1.- Durante el diseño de la estructura resulta conveniente que el Proyectista seleccione perfiles de sección transversal comercial, para asegurar su existencia en el mercado.

2.- Un aspecto de vital importancia en cualquier obra es la Supervisión, que siempre debe ser preventiva. Para ésto debe contratar personal que realice su trabajo en forma profesional y efectiva, a fin de evitar situaciones que repercutan en atrasos de obra, -

pérdidas económicas y en los peores casos en accidentes personales.

- 3.- Con relación al montaje de armaduras pueden lograrse mejores resultados utilizando una grúa montada sobre camión que sujete la primera armadura de una serie, después de que se monta. Con --- otra grúa de mayor capacidad se monta la siguiente y el suficiente arriostramiento para que ambas armaduras sean estables y se detengan solas; una vez logrado ésto puede quitarse la grúa montada sobre camión. De esta manera se elimina el costo y la necesidad de colocar tirantes en la primera armadura. Así, si estos tirantes se reemplazan con una grúa extra la operación es más rápida, segura y a menudo más económico.
- 4.- Antes de autorizar y dar marcha a un proyecto, resulta benéfico- obtener el punto de vista de otro profesional sobre el diseño, a fin de mejorar criterios y optimizar el proyecto, evitando modificaciones posteriores.
- 5.- Es muy importante que la Constructora cuente con personal capacitado en cada actividad. Un soldador calificado, un albañil responsable o un profesional competente proporcionarán siempre la seguridad de que su trabajo fue correctamente realizado. Esto se traduce en una obra que cumplirá adecuadamente las funciones- para las cuales fue proyectada.



**PLANTA DE LOCALIZACIÓN**

**NOTAS:**

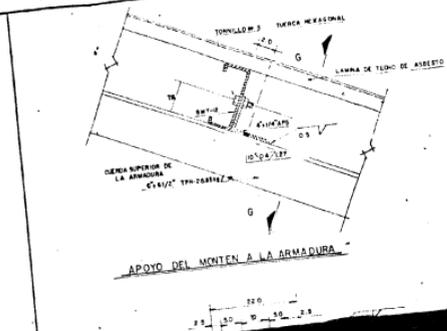
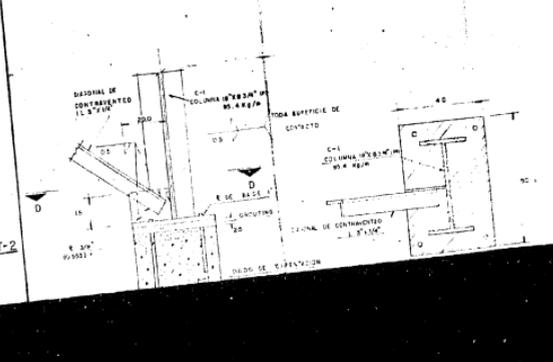
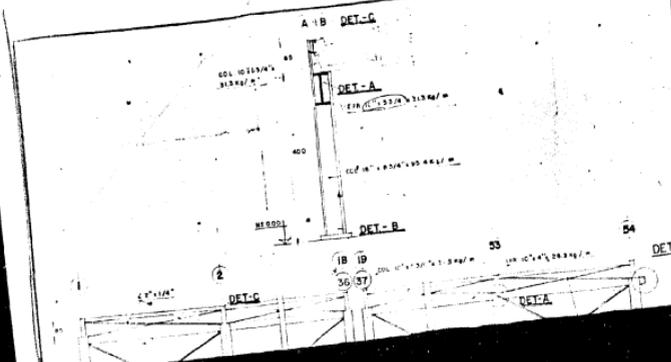
1. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
2. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
3. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
4. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
5. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
6. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
7. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
8. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
9. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.
10. VERIFICAR EN EL TERRENO LA POSICIÓN DE LAS LINEAS DE ALIENACIÓN Y DE LOS LÍMITES DE LA PARCELA.

**REFERENCIAS:**

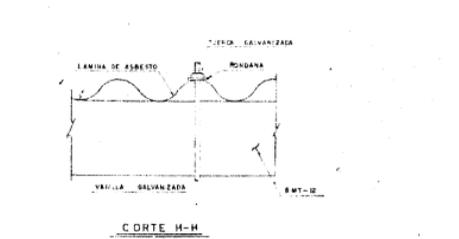
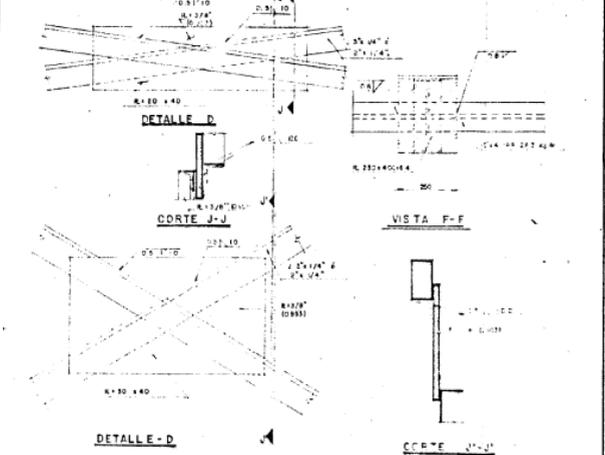
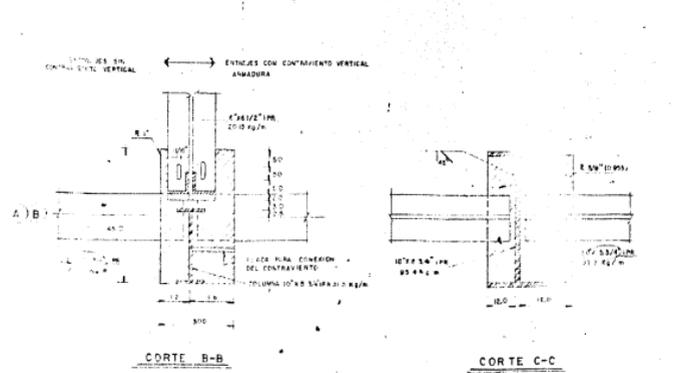
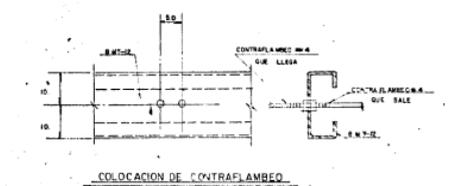
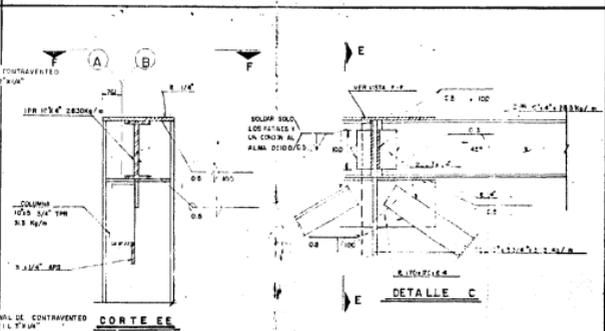
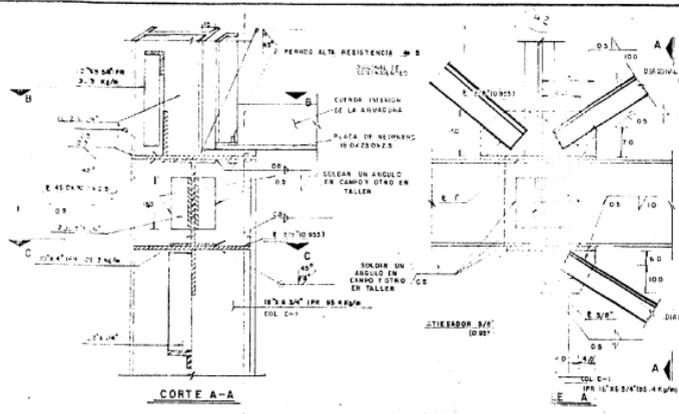
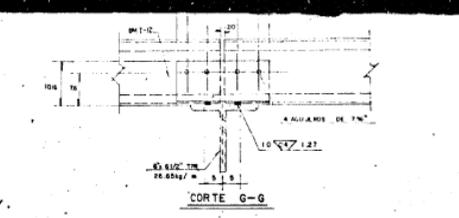
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50
PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50	PLAN DE LOCALIZACIÓN	ESC. 1:50

ANEXO No 1

PROYECTO	CC-102
FECHA	1954
NO. DE ESCALA	A 4
NO. DE PLANOS	1
NO. DE HOJAS	1
NO. DE CANTONAMIENTOS	1
NO. DE SECCIONES	1
NO. DE DETALLES	1
NO. DE MODIFICACIONES	1



**NOTAS:**  
 VER NOTAS GENERALES EN PLANO IN-81-E-10088-204-8788-P  
 VER DETALLE 2 EN PLANO IN-81-E-10088-204-8788-P



ANEXO N.º 2

DETALLES DEL REFUERZO	
	<

