

39  
20j.



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
DISTRIBUIDOR VIAL  
CONSTITUYENTES - REFORMA”**

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de:  
**INGENIERO CIVIL**  
P r e s e n t a:  
**CARLOS ESTRADA GARCIA**



**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. RAFAEL ABURTO VALDES**

**México, D. F.**

**1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-217/93

Señor:  
**ESTRADA GARCIA CARLOS**  
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. RAFAEL ABURTO VALDES, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DISTRIBUIDOR VIAL CONSTITUYENTES-REFORMA"**

- I.- INTRODUCCION
- II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO
- III.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS
- IV.- BREVE DESCRIPCION DE SU CONSTRUCCION
- V.- CONCLUSIONES

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

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

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, a 18 de marzo de 1992.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

16. JMCS/RCR\*nl

**CON TODO CARIÑO Y AGRADECIMIENTO A MI MADRE :**

**DOÑA CIRE.**

**A LA MEMORIA DE UN GRAN PADRE :**

**DON NACHO.**

**CON TODO MI AMOR PARA MI ESPOSA :**

**YADIRA.**

---

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

**DISTRIBUIDOR VIAL**

**CONSTITUYENTES - REFORMA**

---

# I N D I C E

C O N T E N I D O	P A G I N A
I.- INTRODUCCION .....	2
II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	5
II.1 - Ubicación .....	6
II.2 - Operación Actual .....	9
II.3 - Estudios Geotécnicos .....	11
II.4 - Afectaciones .....	16
II.4.1 - Instalaciones de Servicios .....	17
a) - Tuberías de Conducción de Agua Potable .....	17
b) - Compañía de Luz y Fuerza .....	19
c) - Cablevisión .....	22
d) - Teléfonos de México .....	22
e) - Líneas de Semáforos .....	24
f) - Líneas de Alumbrado Público .....	28
g) - Drenaje Pluvial y Sanitario .....	27
II.4.2 - Construcciones Privadas .....	31
a) - Hotel Santa Fe .....	32
b) - Casas Habitación .....	32
c) - Terrenos sin Construcción .....	32
d) - Tanque de Almacenamiento de Agua Potable .....	34
III.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS .....	38
III.1 - Validades .....	42
III.2 - Puentes .....	54
III.2.1 - Cimentación de Puentes .....	55
III.2.2 - Criterios para la Construcción de Cimentaciones .....	58
III.2.3 - Puente N° 1 .....	61
III.2.4 - Puente N° 2 .....	62
III.2.5 - Puentes N° 3 y 4 .....	65
III.2.6 - Puente N° 5 .....	69

<b>III.3 - Muros</b> .....	<b>77</b>
<b>III.3.1 - Muros de Concreto Reforzado</b> .....	<b>78</b>
<b>III.3.2 - Muros Chapa de Concreto Reforzado</b> ..	<b>79</b>
<b>III.3.3 - Muros de Tierra Armada</b> .....	<b>82</b>
<b>IV - BREVE DESCRIPCION DE SU CONSTRUCCION</b> ..	<b>91</b>
<b>IV.1 - Primera Etapa</b> .....	<b>95</b>
a) - Frente 1 .....	<b>97</b>
b) - Frente 2 .....	<b>100</b>
c) - Frente 3 .....	<b>100</b>
d) - Puente N° 1 .....	<b>101</b>
e) - Puente N° 2 .....	<b>103</b>
f) - Puente N° 3 .....	<b>104</b>
g) - Puente N° 5 .....	<b>105</b>
<b>IV.2 - Segunda Etapa</b> .....	<b>106</b>
a) - Frente 4 .....	<b>106</b>
b) - Puente N° 1 .....	<b>110</b>
c) - Puente N° 4 .....	<b>111</b>
d) - Puente N° 5 .....	<b>112</b>
<b>IV.3 - Tercera Etapa</b> .....	<b>113</b>
a) - Frente 5 .....	<b>113</b>
<b>V - CONCLUSIONES</b> .....	<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>120</b>



## I. - INTRODUCCION

## I.- INTRODUCCION

Debido al crecimiento acelerado que la Ciudad de México ha sufrido en las tres últimas décadas, hoy en día padece graves conflictos viales, tanto en su funcionamiento interno como en los accesos a ella. Uno de los accesos considerado como el más importante es el Poniente a través de la carretera México-Toluca. Anteriormente dicho acceso contaba con problemas de capacidad y bajos niveles de servicio, ya que en ese punto confluyen las avenidas Constituyentes y Paseo de la Reforma, que son vialidades urbanas, con la entrada de la carretera México-Toluca, por lo que es evidente la mezcla de tránsito urbano con el tránsito foráneo de largo itinerario. Así mismo existen las instalaciones del Complejo Militar de la Dirección General de Fábricas de la Defensa Nacional las cuales por su importancia y magnitud tienen un tránsito considerable, y la puerta principal de entrada y salida a dichas instalaciones esta ubicada precisamente en el mismo punto de confluencia de dichas avenidas. Aunado a todo esto, esta la reciente construcción de la autopista directa México-Toluca, la cual fué construida dentro del programa de Caminos de Cuota Concesionados de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Por todos estos motivos dicho acceso resultaba problemático e insuficiente, provocando un llamado "Cuello de Botella", con sus consecuentes congestionamientos de tránsito, tanto a la entrada de la Ciudad de México, como para la salida a Toluca.

Por todas estas circunstancias es que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se propuso resolver la incorporación del tránsito foráneo con el urbano desde y hacia la Ciudad de México, mediante el Proyecto de un distribuidor vial denominado

**"Entronque Constituyentes - Reforma".**

Esta obra atenderá los requerimientos urbanos y de vialidad actuales y esperados al año 2010, a fin de que el acceso y la salida de la ciudad sean más ágiles, adecuados y seguros.

Cabe mencionar que debido a la importancia de dichas vías, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes exigió ciertos lineamientos o estrategias para la realización de la obra, lo que la torna en una de relevante importancia tanto constructiva como socialmente.

La estrategia para la realización de este Proyecto contempló las siguientes premisas:

- Mantener en todo momento durante la construcción de la obra una fluidez del tránsito por lo menos igual a la actual.
- Hacer una planeación integral del Proyecto, tal que permitiera identificar con anticipación los problemas que pudieran presentarse, analizarlos en detalle y resolverlos con oportunidad.
- Registrar todos los acuerdos y las acciones necesarias para la realización del proyecto, mediante una labor de equipo a través de una comunicación continua y coordinada.
- Mantener trato continuo con las autoridades del Complejo Militar existente , para presentarles oportunamente la planeación de los trabajos que se realizarón en sus instalaciones, para no afectar en ningún momento los accesos y funcionamiento del Complejo Militar durante todas las etapas de construcción.
- Llevar una coordinación detallada de las acciones y

actividades en las que participaron las distintas Entidades del Gobierno Federal y Organismos descentralizados involucrados, así como con los propietarios de las construcciones privadas afectadas, para la obtención de los objetivos propuestos.

Otra característica particular del Proyecto es que no existen vías alternas para desviar el tránsito durante la construcción. Por lo tanto, fué necesario construir la obra en forma simultánea con el tránsito, tratando de no entorpecer la circulación vehicular, ya difícil en las condiciones actuales, a fin de causar el mínimo de molestias a los usuarios.

## II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO

## II.1- Ubicación

El entronque se localiza en la confluencia de las avenidas Constituyentes y Paseo de la Reforma, ( D.F.), quedando alojada una parte en la Delegación Miguel Hidalgo y otra en la Delegación Alvaro Obregón. Hacia el Suroeste la obra conecta con el Entronque Conafrut existente, a partir del cual se separan la nueva autopista de cuota y la antigua carretera libre México - Toluca (Fig. 2-1).

El distribuidor propiamente dicho ocupa una Área aproximada de 200 Ha. delimitada como sigue :

Al Este : Colinda con el Complejo Militar de la Dirección General de Fábricas de la Defensa Nacional.

Al Norte : Con las dos vías de acceso que confluyen desde la ciudad y el Área urbana comprendida entre ellas.

Al Sur : Con la salida a Toluca

Al Oeste : Con diversas propiedades particulares, alineadas a lo largo de la acera del Paseo de la Reforma.

Atendiendo a la zonificación del subsuelo de la Ciudad de México, el sitio esta enclavado en la llamada zona de Lomas, típica del Poniente del Área urbana. En general las Lomas descienden del poniente hacia el oriente, separadas por barrancas de regular profundidad que corren en la misma dirección.

Desde el punto de vista Fisiográfico, el sitio se ubica en un parteaguas, debido a que las avenidas Constituyentes, Paseo de la

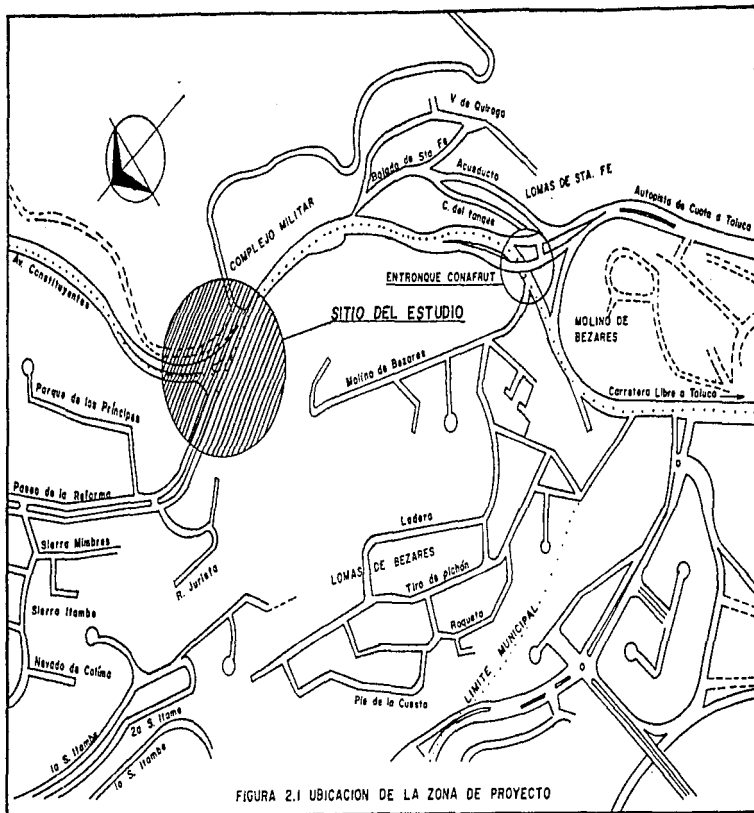


FIGURA 2.1 UBICACION DE LA ZONA DE PROYECTO

Reforma y la carretera a Toluca corren por la parte alta de sendas lomas, separadas por barrancas. A lo largo de estas vías las pendientes son poco pronunciadas, de 3 y 8 % hacia el Sur y al Norte, respectivamente, mientras que en la dirección transversal a ellas las laderas de las barrancas descienden en forma más o menos abrupta.

La configuración especial del sitio, que define un claro estrechamiento natural, lo ha convertido en un paso obligado de todos los servicios que conectan las Áreas urbanas a ambos lados del mismo.



## **II.2.- Operación Actual**

En un análisis preliminar de las características geométricas anteriores de la zona del Proyecto tenemos:

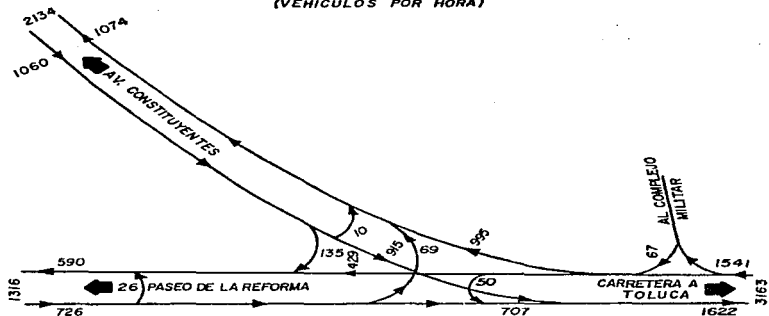
El acceso Constituyentes ; Cuenta con 4 carriles de circulación de 3.50 m cada uno, con vuelta continua a la derecha que va hacia el Paseo de la Reforma y retorna hacia la izquierda en la zona del entronque.

El acceso del Paseo de la Reforma ; Cuenta con 2 carriles de circulación de 3.50 m cada uno, con retorno a la izquierda en la zona del entronque.

El acceso de carretera en sentido Toluca-México ; Cuenta con 5 carriles de circulación de 3.50 m cada uno, de los cuales 3 de ellos tienen vuelta continua hacia la avenida Constituyentes y 2 con el sentido hacia el Paseo de la Reforma, con retorno a la izquierda en la zona del entronque.

De sus características operacionales tenemos que en general el entronque esta controlado con semáforos de tiempo fijo con un ciclo aproximado a los 150 segundos; Anteriormente circulaba un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de 65,000 vehículos con incrementos de un 10 % los fines de semana y días festivos, esta situación hacia que el entronque operara con niveles de servicio bajos, ocasionando congestionamientos y demoras a la mayoría de los usuarios, agravándose los niveles de servicio en las horas pico. Los datos de tránsito y su distribución se representan en la figura 2.2.

**DATOS DE TRANSITO (1991)**  
**(VEHICULOS POR HORA)**



**TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA) = 65,000 VEHICULOS**

**A = 80 %**

**B = 15 %**

**C = 5 %**

**FIGURA 2.2 DATOS DE TRANSITO 1991**

### **II.3. - Estudios Geotécnicos.**

En la zona de Lomas; al poniente de la ciudad en donde se localiza el sitio del entronque, las buenas características naturales del terreno han sido deterioradas por la acción del hombre, que sin ningún control relleno partes bajas con espesores potentes de materiales de mala calidad o en estado suelto, y explotó materiales del subsuelo en minas a cielo abierto o en túneles subterráneos.

Debido a los antecedentes de la zona se procedió a realizar los siguientes estudios:

- 1 ) Reconocimiento superficial y antecedentes de minas.
- 2 ) Investigación de cavidades de minas.
- 3 ) Exploración con muestreo.
- 4 ) Ensayes de laboratorio.
- 5 ) Estratigrafía y propiedades.

De los estudios efectuados se derivan las siguientes conclusiones:

- a) El sitio del Entronque Constituyentes-Reforma se localiza en las lomas del poniente de la Ciudad de México, constituidas por materiales tobáceos y pumíticos de la Formación Tarango correspondiendo a la zona I definida en el Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.

b) De acuerdo a la exploración del subsuelo efectuada para el estudio, hasta la máxima profundidad alcanzada de 20 m se distinguieron siete unidades básicas de suelo: Estrato 1, superficial y somero, compuesto por relleno heterogéneo y tierra vegetal; Estratos 2 y 7, mezclas de arena con finos limosos o arcillosos y grava; Estratos 3 y 5, de arena pumítica; Estratos 4 y 6, de arcilla y limo arcilloso. A excepción del Estrato 1 artificial, los materiales naturales de los Estratos 2 a 7 tienen en general compacidad alta o consistencia dura, y una cementación pobre. Además, en las laderas y fondo de cañadas se observaron otros rellenos y depósitos de talud, orgánicos y aluviales, en estado suelto y de espesor indefinido. El nivel freático no se encontró, y se sabe que está profundo en la zona.

c) Después de una investigación preliminar, se consideró alta la probabilidad de existencia de minas subterráneas bajo el Entronque. Se procedió en segunda etapa a la detección de minas mediante métodos indirectos a lo largo de líneas (prospección geoelectrica) y semi-directos puntuales (sondeos perforados o rotación), habiéndose confirmado sólo la presencia de una cavidad fuera del Área del entronque.

Este resultado favorable redujo en forma sustancial la probabilidad inicialmente estimada de existencia de minas; sin embargo, por limitaciones técnicas propias de los métodos aplicados, no pudo descartarse en forma categórica dicha posibilidad.

d) Para los puentes era factible y económico el empleo de cimentaciones superficiales; sin embargo, éstas complicaban seriamente la construcción del entronque, que debió efectuarse con máxima rapidez y en forma simultánea con el tránsito. Por procedimiento constructivo y simplicidad de la subestructura, se propuso cimentar dichos puentes a

profundidad, mediante pilastrones de concreto reforzado colados en sitio.

- e) Para los muros de contención de tierra y de Tierra Armada, la cimentación más conveniente y económica es del tipo superficial, a base de zapatas corridas. El análisis y proyecto de los muros de Tierra Armada estuvo a cargo de la empresa que representa su patente y que los construyo.
- f) El proyecto contempló la ejecución de cortes definitivos en terreno natural, de unos 10 m de altura máxima, en materiales que tienen una cohesión suficiente para soportar un talud vertical sin requerir de contención; esto es evidente en cortes similares existentes en la vialidad que conecta con el Entronque CONAFRUT. Sin embargo, se propuso recubrir los cortes verticales del terreno natural con muros de concreto reforzado, para darles un aspecto homogéneo con el resto de los elementos de contención.
- g) Entre los entronques Constituyentes-Reforma y CONAFRUT se afectó una franja de terreno, efectuando un corte definitivo del terreno natural, que atravesó varias casas y un hotel, pasando a corta distancia de otras casas y un tanque de almacenamiento de agua. Los materiales y condiciones del corte son los mismos arriba tratados en el inciso (f), siendo estables por sí mismos en taludes verticales. No obstante, se propuso incrementar la seguridad del corte, mediante pilastrones de concreto reforzado en la zona del tanque, y anclajes en la cercanía de otras edificaciones; en el resto de la franja se podían tender taludes protegidos con malla y concreto lanzado.

En el análisis de los empujes de tierra sobre elementos de contención se consideraron los casos de: terraplenes, cortes en terreno natural y cortes en zona de afectaciones especiales.

Para determinar el empuje de terraplenes de las ramas elevadas sobre muros de contención, se aplicó el criterio de Rankine, considerando los siguientes coeficientes :

En suelos granulares limpios.

$$K_a = 0.27$$

$$K_o = 0.40$$

$$\gamma = 2.0 \text{ ton/m}^3$$

En mezclas de arenas y limos.

$$K_a = 0.40$$

$$K_o = 0.60$$

$$\gamma = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

En donde los coeficientes significan :

$K_a$  = Coeficiente de presión activa de tierras.

$K_o$  = Coeficiente de presión de tierra en reposo.

$\gamma$  = Peso específico del material.

Carretera 8 MEXICO - TOLUCA

Obra 8 DISTRIBUIDOR CONSTITUYENTES - REFORMA

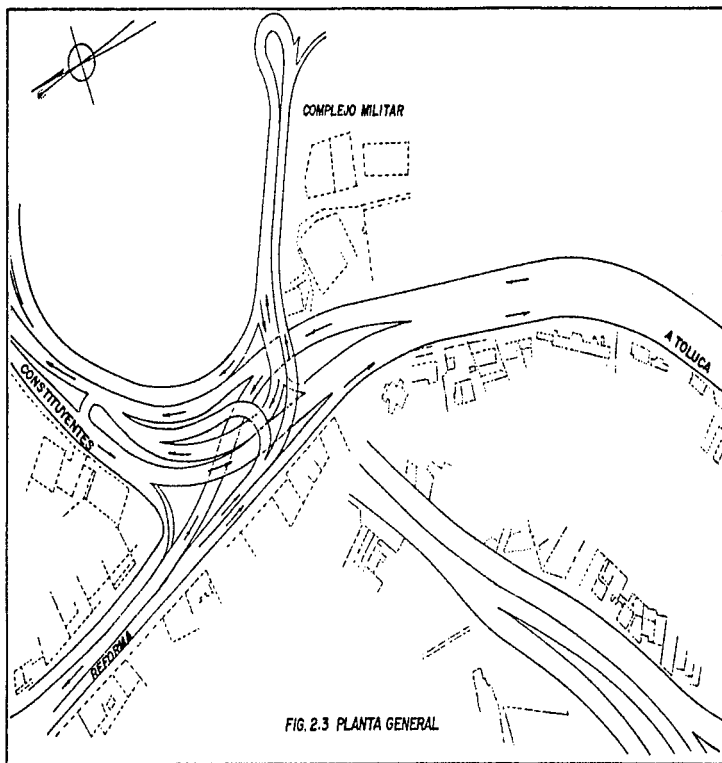


FIG. 2.3 PLANTA GENERAL

#### **II.4. - Afectaciones.**

Debido a la alta densidad de población en la zona del entronque así como el paso abligado de todas las instalaciones de servicios urbanos por la zona fué inevitable el que estas últimas se vieran afectadas, es decir, lo que en lo sucesivo llamaremos afectación. Entendiendo como afectación aquellas instalaciones que debieron ser reubicadas, cambiadas o en su caso eliminadas. Así mismo al hablar de afectaciones nos referimos a todas aquellas construcciones que debieron ser destruidas o modificadas, así como los terrenos que formaran parte de dicho entronque.

Es conveniente mencionar que debido a que esta es una obra urbana, debió de regirse por ciertas normas arquitectónicas. Dentro de las normas que rigieron el proyecto, está la de no tener ninguna instalación de servicios urbanos por la vía aérea, por lo que fué necesario proyectar todas las instalaciones de reposición del mismo entronque del tipo subterráneas.

Comenzaremos describiendo las instalaciones de servicios urbanos que fueron afectadas, posteriormente describiremos las afectaciones a construcciones privadas y de una parte importante del Complejo Militar.



#### II.4.1.- Instalaciones de Servicios.

##### a) Tuberías de Conducción de Agua Potable.

Dentro de las líneas de Agua Potable que fué necesaria su reubicación, tenemos tuberías de los siguientes diámetros:

4" de  $\phi$   
6" de  $\phi$   
12" de  $\phi$   
20" de  $\phi$   
48" de  $\phi$

Debido a que en esta zona se encuentra un tanque de almacenamiento de Agua Potable, el cual se tratará más adelante, teníamos la existencia de líneas de tuberías que alimentan el tanque así como las líneas de tubería que distribuyen el agua a diversas colonias de la zona.

De las líneas que alimentan tenemos una línea de 12" de  $\phi$ , una de 20" de  $\phi$ , y la más importante es de 48" de  $\phi$ . Estas alimentaciones originalmente están en la zona comprendida entre el tanque de almacenamiento y el puente CONAFRUT, por lo que fué necesaria su reubicación, moviéndolas aproximadamente 15.0 m a la derecha sobre lo que es la rama 20.

De las líneas que distribuyen el agua del tanque tenemos las líneas de 4" de  $\phi$ , 6" de  $\phi$ , 12" de  $\phi$ , 20" de  $\phi$ . Estas tuberías pasan precisamente por lo que es el centro de gravedad del entronque, así que fué necesario construir una "Trinchera" bajo

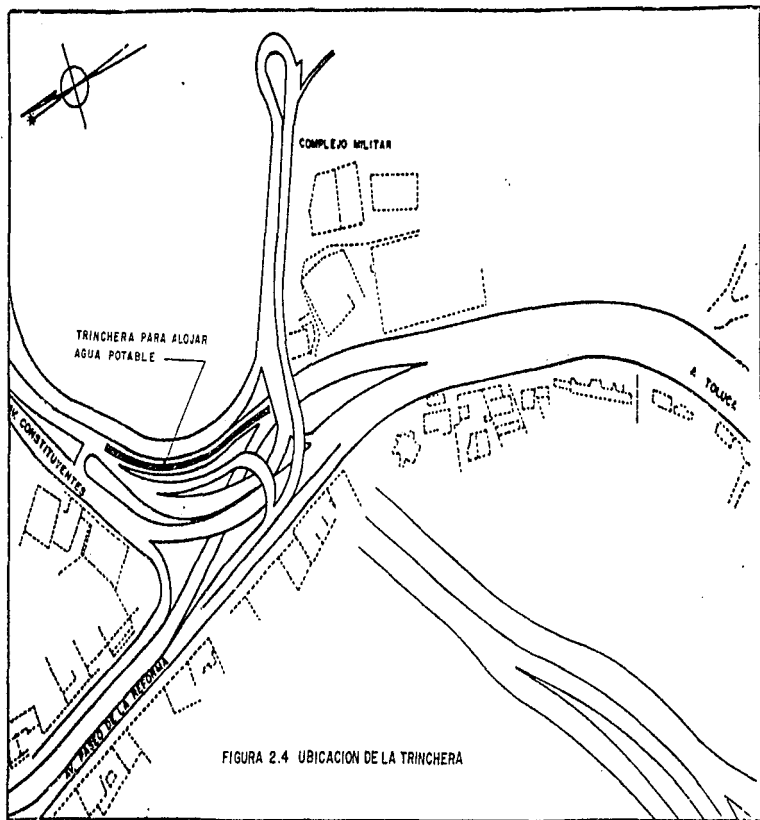


FIGURA 2.4 UBICACION DE LA TRINCHERA

una de las vialidades ( rama 22 ) para poder reubicar las tuberías, como se muestra en la figura 2.4, esto mismo tiene la particularidad de que en caso de ser necesaria una reparación o simplemente algún trabajo de mantenimiento, éste puede ser realizado sin la necesidad de interrumpir el tráfico, ya que cuenta con un solo acceso independiente a la vialidad. Con esto se trata de evitar que en algún caso de reparación sea necesario el romper el pavimento de las vialidades.

El total de tubería de Agua Potable reubicada incluyendo todos los diámetros es de 2400 m. En la figura 2.5 se observan las líneas de tuberías que fueron reubicadas y como quedo su actual instalación.

b) Compañía de Luz y Fuerza. Alta tensión línea aérea.

Como ya se mencionó anteriormente una de las restricciones de las obra es que todas las instalaciones fueran subterráneas, por lo que se proyectó el mover toda la línea de Alta Tensión existente y colocarla subterránea.

Es importante hacer mención que en ningún momento se interrumpió el suministro de energía eléctrica por motivos de la construcción o reubicación de las líneas, de tal manera que fué necesario trabajar simultáneamente la obra civil de la Compañía de Luz y Fuerza y la del entronque. El total de cableado de energía eléctrica es de 9100 metros. En la figura 2.6 se muestra como quedo la línea ya reubicada con ductos y cajas de mantenimiento subterráneas.

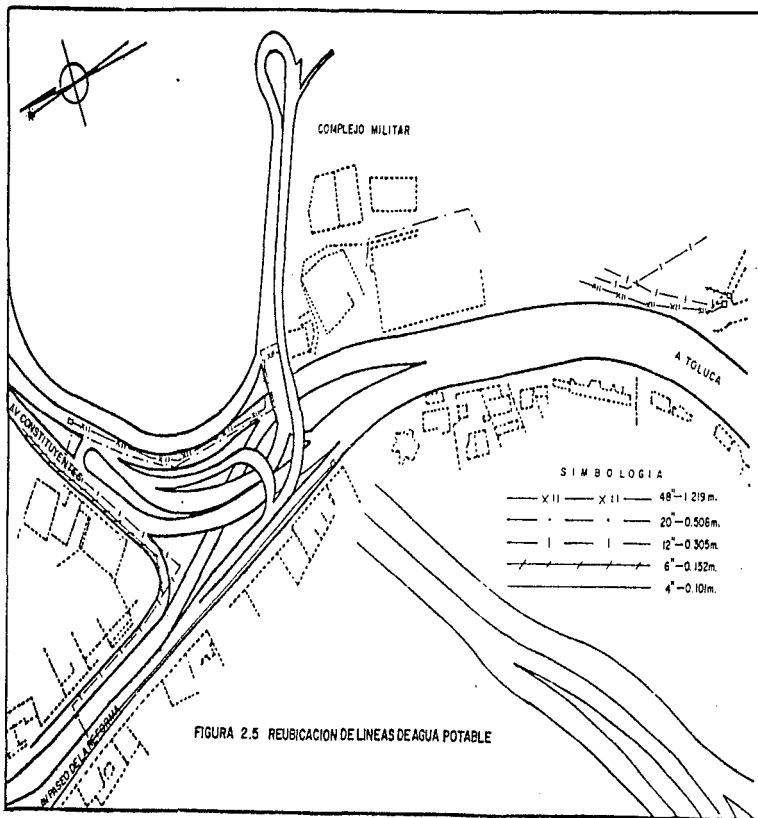
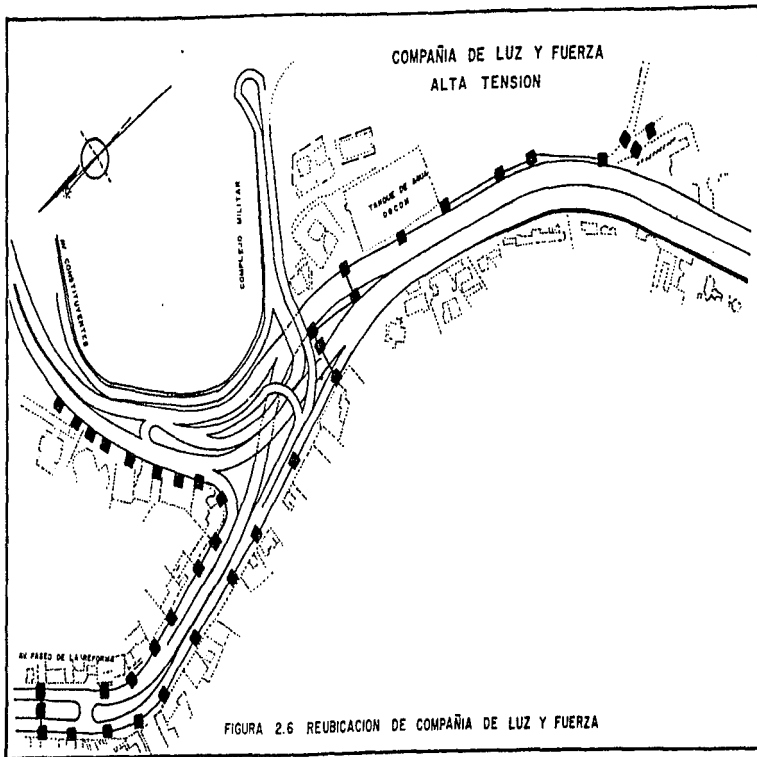


FIGURA 2.5 REUBICACION DE LINEAS DE AGUA POTABLE



c) Cablevisión.

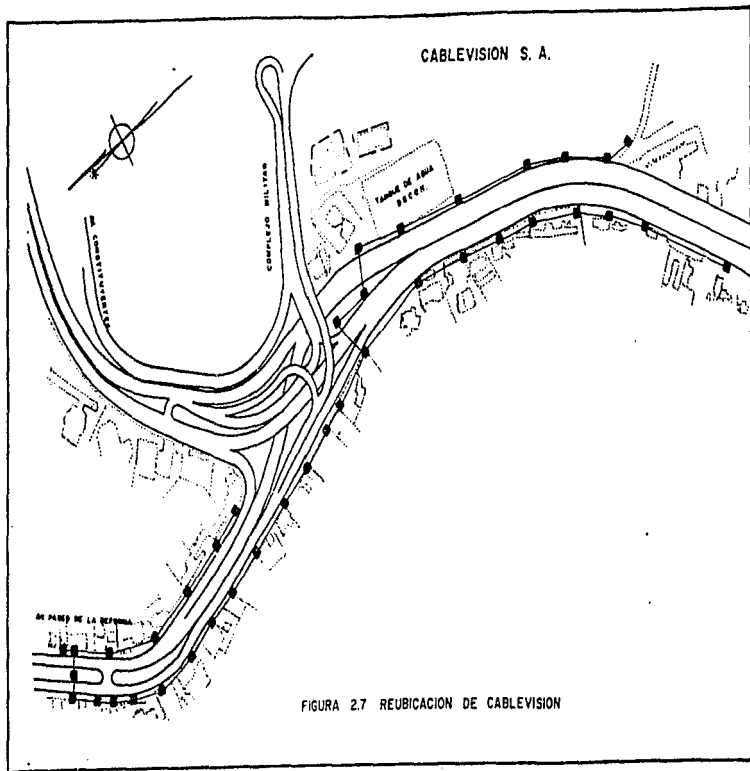
La anterior instalación de el servicio de Cablevisión se encontraba sobre todos los postes de Compañía de Luz y Fuerza, por lo que al ser eliminados éstos, fué necesaria la reinstalación subterránea de este servicio.

Una vez reubicadas las líneas subterráneas prácticamente quedaron paralelas con las líneas de Alta Tensión, pero sus registros y sus ductos estan totalmente independientes. También fué necesario cambiar las alimentaciones domiciliarias de este servicio. El total de la línea reubicada es de 1800 metros de cableado. En la figura 2.7 nos muestra como quedo la línea de Cablevisión ya reubicada.

d) Teléfonos de México.( TELMEX )

En las instalaciones de este servicio se tenían una combinación de instalaciones aéreas y subterráneas, por lo que se trato de respetar lo más posible de las instalaciones subterráneas existentes y reubicar todas las instalaciones aéreas.

En toda la zona comprendida entre el tanque de almacenamiento y el Entronque CONAFRUT existía la línea subterránea, pero debido a la ampliación y al corte que se realizaria en esa zona, también fué necesaria su reubicación, ubicandola con el nuevo proyecto en la acera opuesta. Esta situación obedece a que en ningún momento se podian efectuar trabajos sobre la línea existente hasta no tener la línea de reposición lista y funcionando, lo que ocasionó que en algunas zonas fuera necesario moverlas aun siendo subterráneas las instalaciones.



Una de las causas importantes de la reubicación de las líneas de TELMEX, es que existían líneas de fibra óptica, de la cual su manejo es muy delicado, por su alto número de señales que puede transmitir una sola línea, por lo que en este caso por ningún motivo se permitía siquiera hacer trabajos en las zonas aledañas a estas instalaciones, por lo que se convirtió en una prioridad la reposición de la obra civil así como el cableado y puesta en operación, para poder eliminar las instalaciones existentes y así poder continuar con los trabajos propios de el entronque.

El total de la longitud de cableado telefónico que se reubicó es de 8500 metros y 1700 metros de fibra óptica para teléfonos, siendo un total de 37000 líneas telefónicas restituidas.

En la figura 2.8 se muestra como quedó la reubicación de las líneas telefónicas.

e) Línea de Semáforos.

Como ya se explicó anteriormente la zona del entronque estaba controlada por semáforos, dichas instalaciones únicamente se movieron a conveniencia de la obra durante la construcción, esto con el fin de agilizar los desvíos provisionales que fué necesario realizar, también como auxiliares en los casos en que se abrieron parcialmente las nuevas vialidades, una vez concluidas las obras de construcción, y al ya no ser necesarias las instalaciones estas desaparecieron totalmente junto con los semáforos.



# TELEFONOS DE MEXICO

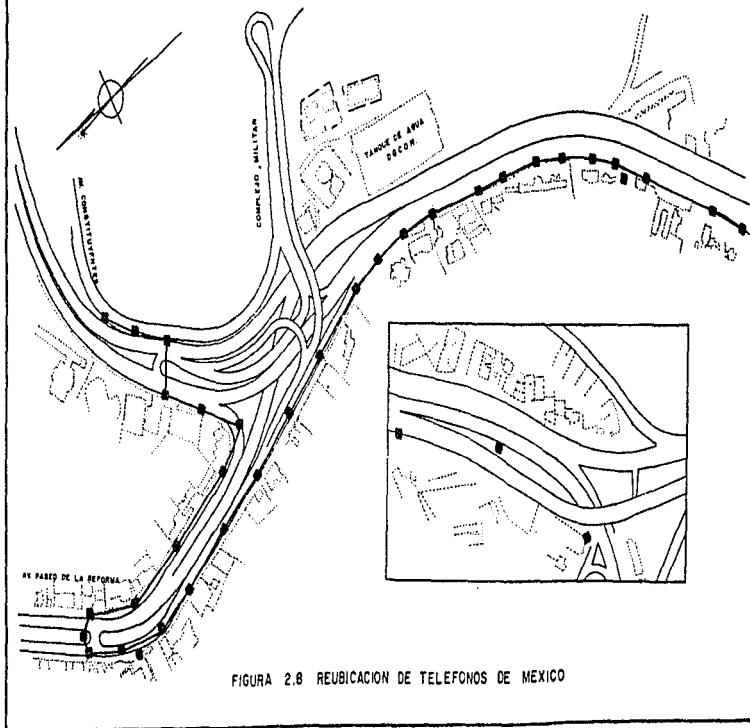


FIGURA 2.8 REUBICACION DE TELEFONOS DE MEXICO

f) Línea de Alumbrado Público.

En el caso de la línea de alumbrado público fué necesaria la sustitución completa de las instalaciones de canalización como de las propias luminarias, ya que en el actual Proyecto se hace el cambio en toda la parte central del Entronque, de las luminarias individuales de poste por cinco de los llamados Superpostes, los cuales consisten en un poste de 35 metros de altura y que tiene en la parte superior una corona circular tipo Taxqueffa, la cual tiene capacidad para instalar 28 proyectores del tipo que a continuación se describen :

12 proyectores modelo AX-20 o similar de 1000 W de Sodio Alta Presión.

12 proyectores modelo C-51 o similar de 400 W de Sodio Alta Presión.

4 Proyectores Phenix o similar Centrales de 250 W de Sodio Alta Presión.

En los extremos del Entronque se continuo con el sistema de luminarias individuales montadas sobre un poste de 12 m de altura y de las siguientes características :

Luminaria tipo Cromalite o similar de 400 W de Sodio Alta Presión con una mensula de 2.40 m.

Este tipo de luminarias se utilizó en la zona comprendida entre el Hotel Santa Fe y el puente Conafrut.

Por especificaciones fué necesario colocar luminarias bajo los puentes, en lo que constituyen las vías deprimidas, y se colocaron de las siguientes especificaciones :

Luminaria de Vapor de Sodio Alta Presión de 250 W, tipo Túnel, Modul 600 o similar.

Sobre la avenida de Constituyentes y Paseo de la Reforma, en las zonas en donde no se afectarán las banquetas, se dejarán las mismas luminarias existentes antes de la obra. La longitud total de el cableado para las instalaciones de alumbrado público fué de 2800 metros.

g) Drenaje Pluvial y Sanitario.

El drenaje pluvial se resolvió enviando las descargas a las barrancas naturales, por donde hasta antes de realizar la obra, existían los escurrimientos de la actual carretera, estas barrancas existen a ambos lados del Entronque. Debido a su gran longitud se dividió en once subsistemas formando una gran red de drenaje pluvial. Esta red de drenaje pluvial se formó con tubo de concreto reforzado, pozos de visita de tabique y cajas de tormenta de concreto reforzado.

Los diámetros y la longitud de las tuberías utilizadas son los siguientes:

$\phi$ (m)	Longitud (m)
0.20	38.00
0.60	461.00
0.76	98.00
0.91	143.33
1.07	309.27
1.52	134.00
	-----
Total	1183.60 m

En lo que respecta al drenaje sanitario, debido al corte que se efectuaría, fué necesaria la reinstalación de las descargas sanitarias de las casas habitación, las cuales descargaban libremente sobre el terreno natural. Estas descargas se encausaron hasta conectarlas con una red de drenaje sanitario ya existente el cual recibe las descargas del fraccionamiento Lomas de Santa Fe, en esta misma red descargaba el Hotel Santa Fe al cual solo se le amplió su red de descarga existente.

La tubería que se utilizó para conectar las descargas domiciliarias a la red de drenaje sanitario, es de PVC de 0.15 m de diámetro. La tubería utilizada para conectar la red de drenaje sanitario a la existente es de concreto reforzado de 0.45 m de diámetro y se utilizó una longitud de 228.0 m.

En la figura 2.9 se muestra la ubicación de los subsistemas de drenaje pluvial y en la figura 2.10 se muestra la ubicación del drenaje sanitario.

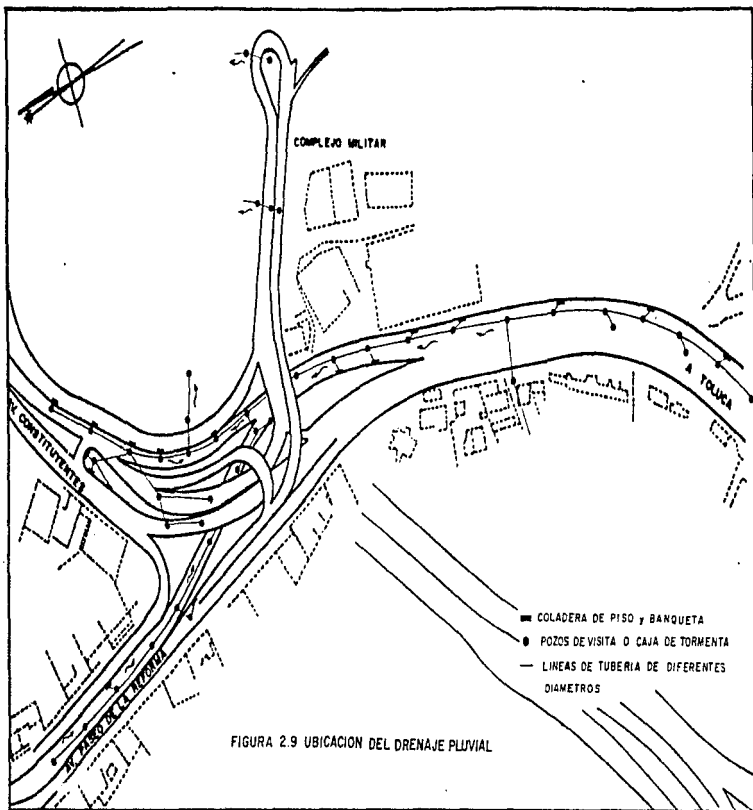


FIGURA 2.9 UBICACION DEL DRENAJE PLUVIAL

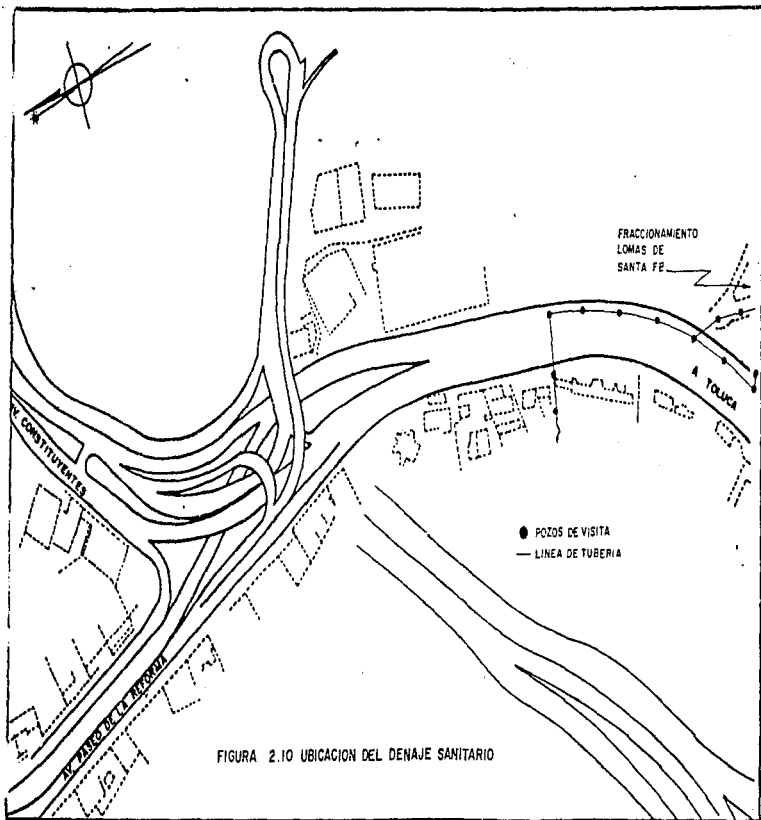


FIGURA 2.10 UBICACION DEL DENAJE SANITARIO

#### II.4.2.- Construcciones Privadas.

Debido a la necesidad de espacio para la ampliación del número de carriles contemplados en el Proyecto, se analizaron dos opciones viables, la primera hacia el poniente y la segunda hacia el oriente.

En el caso de que se decidiera por la primer opción, es decir la ampliación hacia el poniente, se afectaba un gran número de construcciones particulares, en una zona claramente definida como habitacional, ya que se tenían las construcciones en el límite del actual derecho de vía, esto porque en épocas pasadas durante la construcción de la actual carretera, ya habían sufrido una expropiación de sus terrenos todos los vecinos de esta acera.

En la segunda opción se tiene la ampliación hacia el oriente, que además de presentar una topografía más adecuada, se cuenta con terrenos no ocupados por construcciones debido a su adscripción al Ejército Mexicano, es decir, al propio Gobierno Federal, por lo cual se optó por negociar con la Secretaría de la Defensa Nacional, la cual accedió a cambio de la reposición de las construcciones que ocupaban el terreno propio para la ampliación. Las construcciones de que se habla son dos, la primera es una construcción de un solo nivel utilizada como Central de Comunicaciones y otra de tres niveles utilizada como oficinas.

La superficie necesaria de afectación de el Campo Militar asciende a cerca de 14000 metros cuadrados, área que paso en su totalidad a formar parte de las vialidades.

Sin embargo vale la pena mencionar que se afectaron en menor escala a cinco particulares, en la zona que va del Hotel Santa Fe

hasta el puente Conafrut; Las cinco construcciones afectadas son las siguientes:

a) Hotel Santa Fe.

A esta construcción se le afectarán doce habitaciones para hospedaje completas, incluyendo estacionamiento en cada una de ellas, también las oficinas de recepción, instalaciones de calderas y cisternas. Todas las instalaciones fueron repuestas dentro de el terreno que no sufrió afectación y las que fué necesario quedaron dentro de las instalaciones en funcionamiento, también se repuso la construcción de su fachada principal, además de recibir la correspondiente indemnización por la franja de terreno cedido a la SCT.

b) Casas Habitación.

En lo que respecta a casas habitación se afectarán dos construcciones, de las cuales fué necesario el reacondicionamiento de sus construcciones, jardines y bardas colindantes, que a pesar de estar en promedio a 10 metros sobre el nivel de la zona vehicular, fué necesario hacer sus bardas por seguridad propia de los habitantes de la casa, así como para delimitar la propiedad. También fué necesario el cambio de sus instalaciones de drenaje sanitario, para conectarlo al drenaje existente. Los propietarios aparte de la reposición de sus construcciones recibieron su correspondiente indemnización.

c) Terrenos Sin Construcción.

En este caso había dos terrenos que únicamente tenían barda perimetral, en los cuales se procedió a la reubicación de las



mismas y a la correspondiente indemnización a cada uno de los propietarios.

Es importante mencionar que debido al importante corte de material y por la cercanía a las construcciones fué necesario proteger el talud resultante, que en este caso quedó prácticamente vertical. Después de analizar varias opciones se tomo la decisión de utilizar anclajes de fricción combinado con concreto lanzado sobre malla electrosoldada. En estos casos se evitará el escurrimiento de agua procedente de casas y jardines hacia y sobre el talud.

Para la realización de la protección se ejecutarón los siguientes pasos:

1).- Efectuar perforaciones de 0.10 m de diámetro y longitud de 1.5 a 6.0 metros, dependiendo la altura de perforación, inclinadas de 15° a 25° respecto a la horizontal, en trespelillo a cada dos metros horizontal y verticalmente.

2).- Introducir las anclas de varilla corrugada 1" de diámetro (  $f'y > 4000$  kg/cm<sup>2</sup> ) con cuerda, con separadores de alambón que las centren en las perforaciones.

3).- Retacar las perforaciones por medio de inyección a presión con un mortero agua - arena fina y cemento en la siguiente proporción 1.5-0.9-1.0 partes en volumen (  $f'c = 180$  kg/cm<sup>2</sup> ) con aditivo expansor comercial en la proporción indicada por el fabricante.

4).- Instalar malla electrosoldada de 0.10 x 0.10 m de 1/8 " de diámetro.

5).- Lanzar una capa de concreto  $f'c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> de 0.03 a 0.05 m de espesor.

6).- Instalar en cada ancla de fricción una placa de 0.20 x 0.20 m y de 1/4 " de espesor, sujeta con un birlo de 6000 kg/cm<sup>2</sup> cuerda fina.

7).- Barrenar e instalar drenes intermedios de PVC de 1 1/2" de diámetro, perforados, de 0.50 m de longitud.

También se realizaron inspecciones y levantamientos de las casas en la parte alta del corte, para conocer el estado actual antes del corte y evaluar los posibles daños preexistentes de los mismos.

El total de la superficie cedida por el Hotel, casas habitación y terrenos sin habitar es en números redondos de 2000 metros cuadrados.

d) Tanque de Almacenamiento de Agua Potable ( DGOH ).

Propiamente dicho, no se afecto directamente el tanque de almacenamiento, sin embargo, en virtud de que el tanque es una obra que abastece de agua a varias colonias, y cuya operación no debio sufrir ninguna afectación, se propuso aumentar la seguridad del corte mediante elementos que colaboren a reducir posibles deformaciones laterales de éste, y mantener la cohesión natural del terreno.

De acuerdo a las secciones topográficas levantadas en la zona del tanque, el corte proyectado pasa a una distancia horizontal comprendida entre 1.5 y 7.0 metros del tanque, y a una profundidad variable de 5.5 a 6.0 metros respecto a la base de éste.

El tirante máximo de agua en el tanque es de 6.0 metros, de donde su carga repartida se estimó en 7.2 t/m<sup>2</sup>, incluyendo peso de

donde su carga repartida se estimó en 7.2 t/m<sup>2</sup>, incluyendo peso de losas de fondo, de tapa y columnas intermedias.

Para definir la influencia de la sobrecarga del tanque se adoptó el criterio propuesto por K.Terzaghi, dibujando una línea inclinada a 40° respecto a la horizontal por la base del tanque.

Así se propuso reforzar el corte en su tramo comprendido desde el punto medio del tanque ( km 20+572 ) hasta 5 metros adelante de su esquina ( km 20+622 ).

Después de analizar varias propuestas se optó por utilizar Pilastrones de Concreto Reforzado, ya que es una de las alternativas que tiene la facilidad de que se puede construir previamente a la ejecución del corte, y que trabaja desde el momento de efectuarse éste, esto le da una gran simplicidad constructiva, pues no interfiere con el resto de las operaciones del entronque.

Los pilastrones se distribuyeron a lo largo del tramo de corte espaciados " centro a centro " de 2 a 3 veces su diámetro. Para asegurar su trabajo a flexión se propuso una longitud de empotramiento o " pata " por debajo de la rasante inferior de 5.0 metros. Los diámetros considerados de los pilastrones son 0.80, 1.0 y 1.2 metros.

A efecto de que los pilastrones tengan trabajo de conjunto, sus cabezas se ligaron con una trabe de rigidización que trabaja en el sentido perpendicular al corte.

Para dar el terminado al corte, se ligó a los pilastrones una pantalla o muro chapa de concreto con acabado aparente. El espacio comprendido entre el corte y la pantalla exterior se relleno de un material filtrante para facilitar un conveniente drenado y así evitar que se generen presiones de agua contra aquélla.

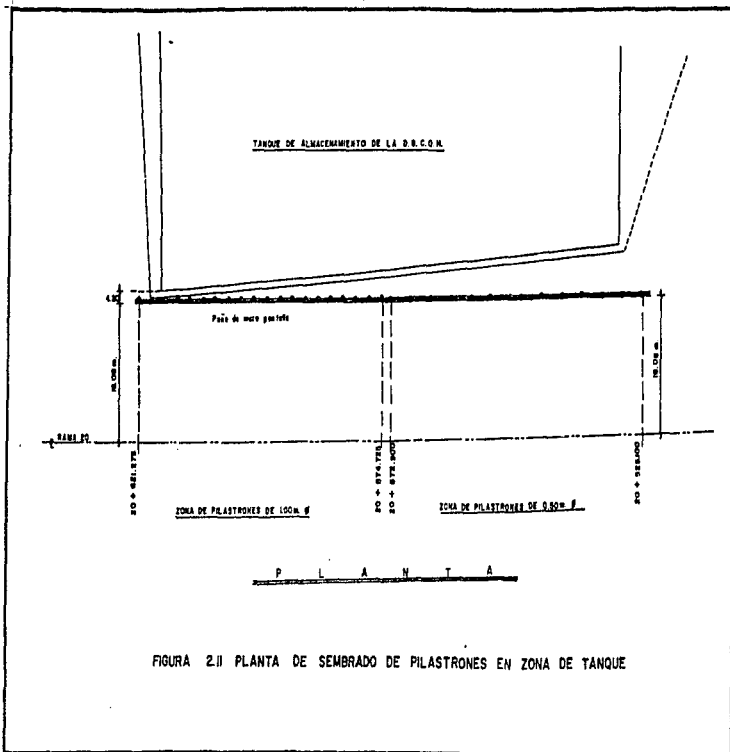
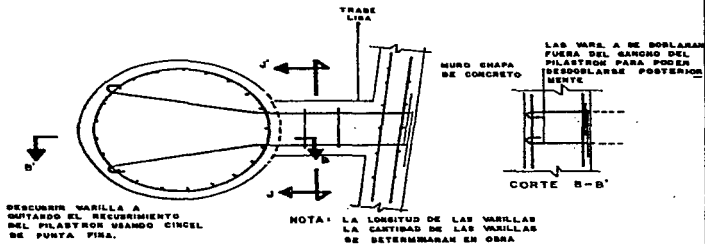


FIGURA 2.11 PLANTA DE SEMBRADO DE PILASTRONES EN ZONA DE TANQUE



## DETALLE A

LIGA DE MURO CHAPA CON C/U DE LOS PILASTRONES.



## SECCION - J - J'

FIGURA 2.12 DETALLE DE LIGA DE MURO CHAPA CON CADA PILASTRON

### III. - CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

El proyecto geométrico del entronque contempla la construcción de un distribuidor vial en el que el tránsito circulara por tres diferentes niveles, de tal forma que se tendran vías deprimidas, puentes a nivel actual de vialidad y puentes elevados como un tercer nivel.

Para lograr esto se construirán en total cinco puentes, de los cuales tres están en el segundo nivel y dos en un tercer nivel.

En el primer nivel ( Vías Deprimidas ) el proyecto contempla la ampliación del acceso a la Ciudad de México, mediante la construcción de cinco carriles, de los cuales al entrar como vía deprimida, se bifurcan en dos ramas, de tres carriles cada una, que desembocan en Paseo de la Reforma y Constituyentes respectivamente.

En el segundo nivel ( Nivel Actual de Vialidad ) se contempla la salida de la avenida Constituyentes a Toluca con tres carriles, lo cual da origen a un puente ( puente 4 ). En este mismo nivel esta la vialidad de Paseo de la Reforma hacia Toluca con dos carriles, También se contempla para el complejo Militar la entrada de Constituyentes; Salida a Constituyentes, Paseo de la Reforma y a Toluca. Estos movimientos se resuelven con dos puentes (puente 2 y 3 ).

En el Nivel superior ( Tercer Nivel ), se encuentran dos puentes ( puente 1 y 5 ), los cuales tienen su origen común en una rampa que nace en Paseo de la Reforma y desembocan en Constituyentes y Complejo Militar respectivamente.

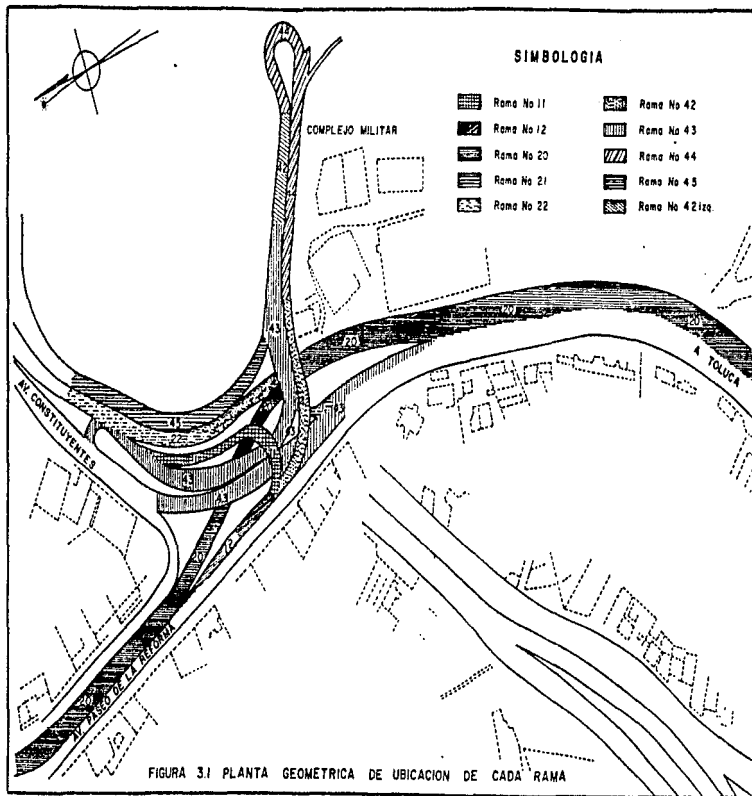
Por la complejidad del proyecto y por el gran número de vialidades, se optó por llamar a cada una de las vialidades con

un "número de rama" y a cada uno de los puentes por su número, aún cuando en algunos casos formen parte de una rama o en otros sea la bifurcación de dos de ellas.

A continuación se enumeran todas las ramas así como su longitud.

RAMAL	DE KM	A KM	LONGITUD ( M )
11	11+000	11+181.20	181.20
12	12+000	12+130.87	130.37
20	19+720	20+051.44	331.44
20	20+324.82	21+057.73	732.91
21	21+000	21+026.02	26.02
22	22+000	22+292.50	292.50
42	41+980	42+126.23	146.23
42 IZQ.	42+084.96	42+175.64	90.68
43	42+905.57	43+569.66	664.09
44	44+175.64	44+278.13	102.49
45	44+983.99	45+281.56	297.57
	LONGITUD TOTAL		2,995.50 M





En seguida se enumeran los puentes y su longitud.

NO DE PUENTE	DE KM	A KM	LONGITUD ( M )
1	11+022.69	11+063.10	40.41
2	43+008.44	43+033.27	24.83
3	43+089.04	43+114.91	25.86
4	43+357.45	43+383.20	25.75
5	42+024.05	42+084.60	60.55
	LONGITUD	TOTAL	177.40 M

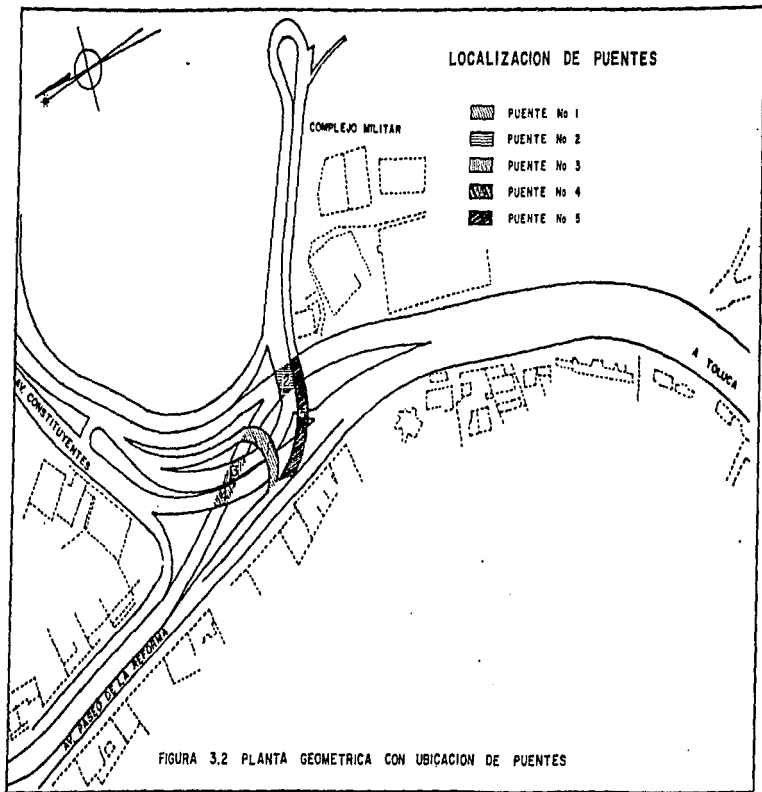
Como se muestra en la tabla, tenemos un total de nueve ramas con una longitud de vialidad de 2995.50 metros y cinco puentes con una longitud de 177.40 metros.

Se ha contemplado una velocidad de proyecto de 80 kph, esto es para las vialidades troncales, la curvatura máxima, ( sobre el Puente número 5 ), es de 190° 59' y la pendiente máxima de 7.76%.

### III. 1. - Vialidades

Para cada una de las vialidades se proyectó una sección tipo dependiendo del número de carriles de cada una de ellas, además de su colindancia ya sea con otra vialidad por construir o con otro cuerpo existente, así como en el caso de la sección cajón en que esta delimitada por muros de contención.

En el caso específico de la rama 20 en la que tenemos



diferentes secciones a lo largo de esta vialidad, podemos nombrar dos zonas; en la primera el cuerpo por construir colinda hacia la izquierda con una vialidad existente en operación y a la derecha con un corte considerable ( 10 m aproximadamente ), en la segunda zona se tiene una sección cajón, la cual colinda con vialidades actuales en un nivel superior.

Se tienen diferentes secciones tipo solo en colindancia, ya que en lo que respecta a Terracerías y Pavimentos es la misma estructura a lo largo de todas las vialidades.

Generalmente hablando de las vialidades, para su construcción es necesario hacerlo por etapas, y de acuerdo a sus características tienen un nombre específico cada parte de ellas. Podemos decir que consta de lo que llamamos Terracerías y lo que llamamos Pavimentos.

La Terracería comprende el conjunto de Cortes y Terrapienes de una obra vial y que inician sobre lo que es el Terreno Natural y las consideramos terminadas hasta llegar a lo que se llama capa subrasante. Generalmente cualquier suelo natural es aprovechable para Terracerías, se exceptúan los suelos muy orgánicos o aquellos cuyo rebote elástico sea muy importante y, por lo tanto, produzcan deformaciones excesivas a las capas suprayacentes. Cuando el material de la Terracería sea de mala calidad puede hacerse necesario el empleo de una verdadera capa subrasante de material de mejor calidad que haga la transición entre él y el pavimento; cuando el material de Terracerías sea de mejor calidad, la capa subrasante está formada por el propio material de Terracería con tratamiento constructivo algo mejor, sobre todo en lo referente a la compactación

En lo relativo a las secciones y espesores de cada una de las capas para las Terracerías que se contemplan en el Proyecto del

entronque son como siguen:

**En Terraplen:**

<b>Capa</b>	<b>Espesor</b>
<b>Cuerpo del Terraplen</b>	Variable dependiendo de la altura a terraplenar. La compactación solicitada es al 90 % de su peso volumétrico seco máximo según pruebas especificadas por la SCT.
<b>Capa de Transición</b>	Variará de 0.20 m hasta 0.50 m dependiendo de la altura del terraplen. Compactación solicitada es del 95 % de su peso volumétrico seco máximo según pruebas especificadas por la SCT.
<b>Capa Subrasante</b>	En todos los casos es de 0.30 m. Compactación solicitada es del 100 % de su peso volumétrico seco máximo según pruebas especificadas por la SCT.

El Pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial.

Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial. De lo anterior se desprende que, en general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentren a la superficie de rodamiento; ello es, principalmente, por la mayor intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos.

Para cumplir sus funciones, un pavimento debe satisfacer dos condiciones básicas: ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con la llanta de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; en segundo lugar, debe poseer la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito sin falla y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones. Obviamente un pavimento debe ser capaz de soportar los ataques del intemperismo.

Las características de resistencia y deformabilidad se satisfacen con una capa de material que se encarge de distribuir los esfuerzos de tal modo que a la subrasante lleguen en niveles tolerables, que no produzcan falla, ni asentamientos u otras deformaciones perjudiciales. Esta capa debe estar formada por materiales friccionantes que son los más adecuados para llenar esta función estructural; esta capa es la que llamamos base en Pavimentos Flexibles.

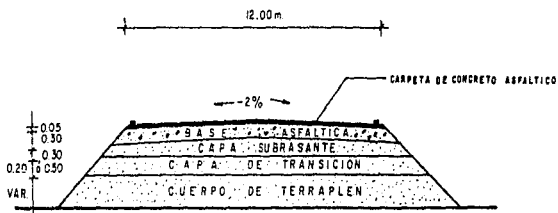
Aparte del tipo de Pavimento mencionado existe actualmente el llamado somirigido que es, esencialmente, un pavimento flexible a cuya base se ha dado una rigidez alta por la adición de cemento o asfalto ( base negra o base asfáltica ).

La capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la que se

requiere que sobre la base exista una capa de material cohesivo y con resistencia a la tensión; esta es la carpeta asfáltica que tiene además que cubrir las condiciones de buena superficie de rodamiento ya señaladas atrás. Puede observarse entonces que en pavimentos flexibles la característica requerida en la superficie es la cohesión, en tanto que en el interior del mismo, la característica deseada es la fricción.

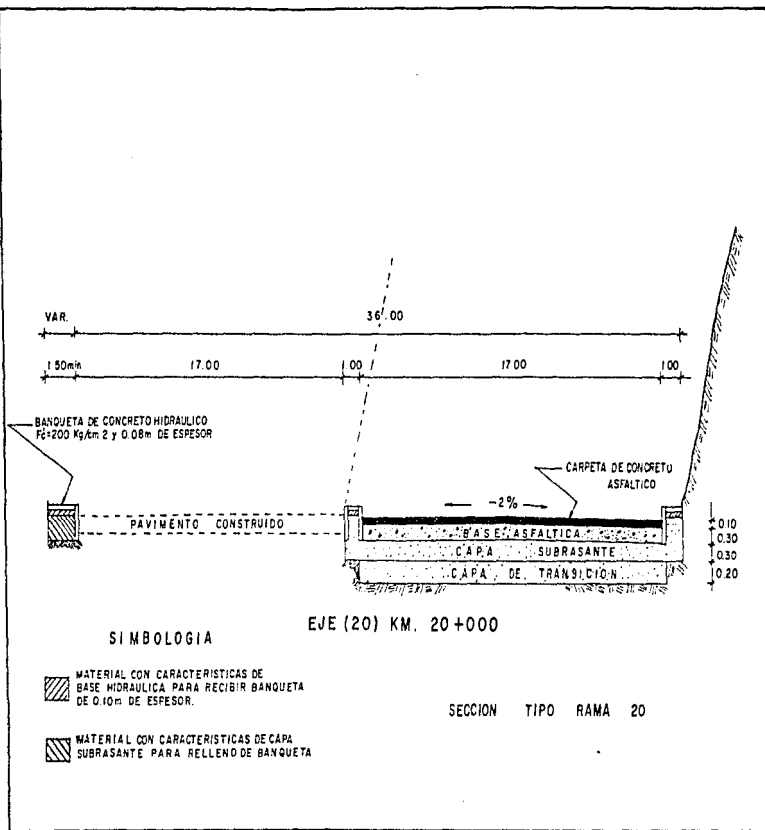
En el caso de el Proyecto de el Entronque se manejó el tipo de pavimento semirígido, y en todos los casos se manejó una Base Asfáltica de 0.30 m de espesor, tendida en dos capas de 0.15 m cada una; La Carpeta Asfáltica es de 0.10 m de espesor.

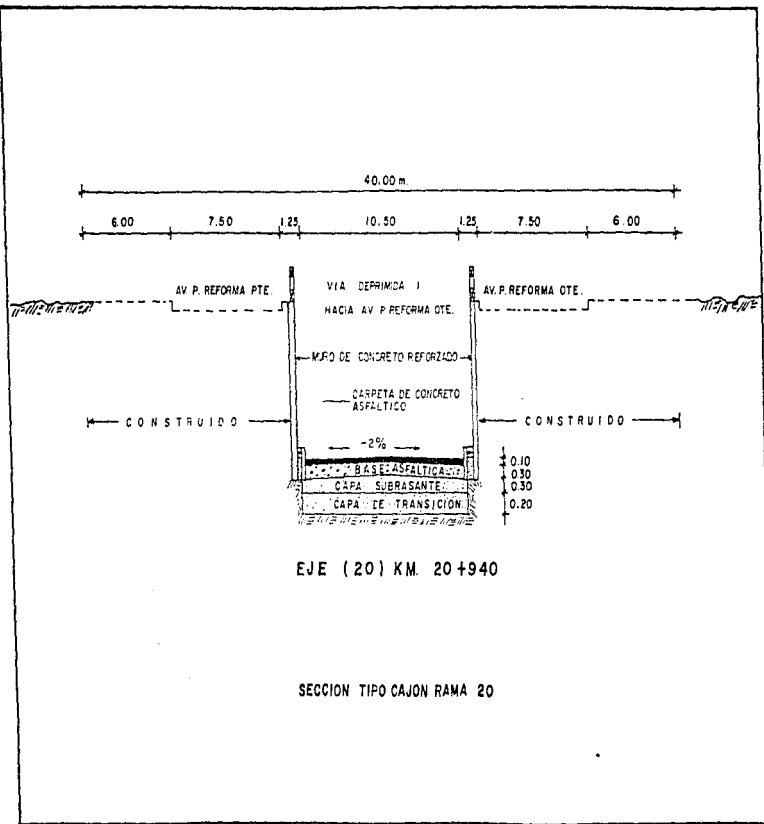
Para cada una de las ramas tenemos una sección tipo en donde se muestran las capas tanto de Terracerías como de Pavimentos, también los anchos de calzada, banquetas y límites de cada rama. A continuación se muestran las secciones tipo de cada una de las ramas.

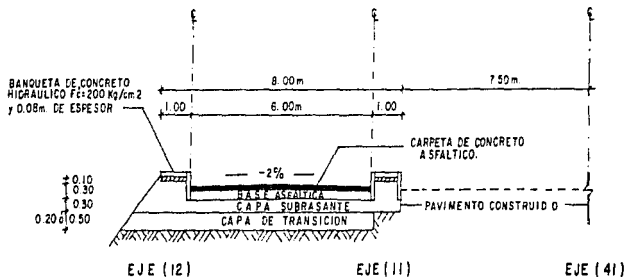


**SECCION TIPO ESTRUCTURAL**  
 (RAMA DE ACCESO AL COMPLEJO MILITAR)

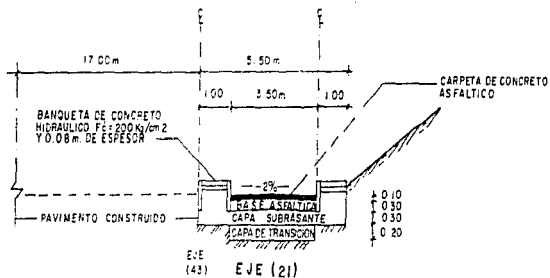








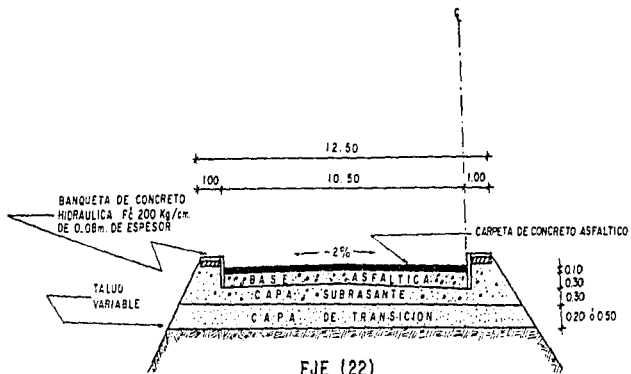
SECCION TIPO RAMA 12



SIMBOLOGIA

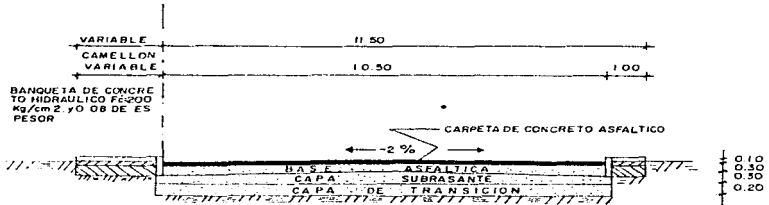
- MATERIAL CON CARACTERISTICA DE BASE HIDRAULICA PARA RECIBIR BANQUETA DE 0.10m DE ESPESOR

SECCION TIPO RAMA 21

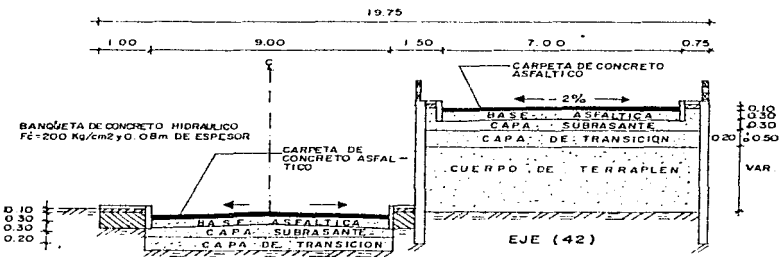


 MATERIAL CON CARACTERISTICA  
DE BASE HIDRAULICA PARA  
RECIBIR BANQUETA

SECCION TIPO RAMA 22



EJE (43)



EJE (42)

EJE (43)

SIMBOLOGIA

- MATERIAL CON CARACTERISTICA DE BASE HIDRAULICA PARA RECIBIR BANQUETA (O.T.M.)
- MATERIAL CON CARACTERISTICA DE CAPA SUBRASANTE PARA RELLENO DE BANQUETAS

### **III.2.- Puentes**

Como se explicó anteriormente, el trazo de las vialidades nos conlleva a una inevitable intersección de todas ellas, ya que es imperante la necesidad de tener las vialidades por lo que constituye el centro de gravedad del entronque, por lo que para resolver las diferentes intersecciones entre las vialidades anteriores se proyectaron cinco puentes, tres de ellos en un solo nivel, que es el nivel anterior de las vialidades, y los dos restantes en un nivel superior.

Para la construcción de estos puentes, así como casi todas las instalaciones del entronque, tuvo que ser realizada en un muy reducido espacio, así como con el aforo vehicular normal existente a la fecha de la construcción, esto implicó un cambio en la forma tradicional del proceso constructivo de los puentes, ya que generalmente se realizan abriendo en su totalidad la caja de excavación necesaria para construir la subestructura, que consiste en la cimentación ( independientemente del tipo de cimentación elegida ), pilas y/o caballetes, y las traveses de liga o cabezales, para posteriormente rellenarla y construir lo que llamamos superestructura, que consiste en lo que es propiamente la superficie de rodamiento de el puente, es decir las traveses entre caballetes, la losa sobre las traveses, la carpeta asfáltica, banquetas, guarniciones y parapetos.

El cambio en este tipo de obra, fué primordial por la rapidez y la eficiencia en el uso de espacio, por lo que fué necesario recurrir a un tipo de cimentación profunda por simplicidad constructiva y la rapidez de su ejecución que eso conlleva, pese a que el tipo de suelo existente en la zona bien aceptaba una

cimentación del tipo superficial a base de zapatas.

Para la cimentación profunda se excavaron pozos de 1.20 m de diámetro y una profundidad de acuerdo al desplante de proyecto, en los cuales se armaron y colaron los pilotes correspondientes hasta el nivel de proyecto, lo que permitía " jugar " con el tránsito cubriendo los pozos que no se trabajaban con placas de acero para permitir el paso vehicular. Una vez que se tenían los pilotes completos se hacía una excavación superficial para permitir colar los caballetes o pilas, de aproximadamente dos metros de altura en promedio, conectados por una trabe de liga.

Sobre esta subestructura se colocaron las trabes que constituyen propiamente la superestructura. Una vez hecho esto y concluyendo las obras complementarias de la superestructura, se abría la circulación al tránsito sobre el puente, lo que nos daba el espacio para poder realizar la caja de excavación necesaria para las vialidades del nivel inferior.

### III.2.1.- Cimentaciones de Puentes

Atendiendo sobre todo a procedimientos constructivos, se propuso cimentar los puentes sobre pilastrones de concreto reforzado colados en sitio. Estos tienen la ventaja de que podían perforarse y colocarse por anticipado desde la superficie anterior del terreno, durante el horario nocturno de menor tráfico, sin ninguna interferencia con la intensa circulación del día.

Además, los mismos pilastrones, ligados en su extremo superior mediante un cabezal, constituyen los caballetes de subestructura de los puentes. En el caso de caballetes o apoyos adyacentes a cortes verticales de terreno, los pilastrones están sometidos también a cargas laterales por empuje de tierras, siendo conveniente

espaciarlos " centro a centro " de dos a tres veces su diámetro.

Tomando en cuenta ambos aspectos de trabajo ante cargas axiales y laterales, se consideró una elevación de desplante de los pilastrones, tal que penetraran un mínimo de 7 metros por debajo de la rasante inferior más desfavorable. De este modo, los pilastrones quedaron apoyados en su base sobre dos tipos de materiales :

1).- Las arcillas duras del Estrato 6

2).- Las arenas del Estrato 7, compactas y poco cementadas.

Se procedió al análisis del estado límite de falla de los pilastrones. Su capacidad de carga admisible por punta se obtuvo aplicando la expresión general indicada en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal :

$$Q_p = [ ( c \cdot N_c' + \sum v \cdot (N_q' - 1) ] \cdot Fr + P_v ] \cdot A_p$$

donde :

$Q_p$  = Capacidad de carga admisible por punta, en ton.

$c$  = Cohesión del suelo, en t/m<sup>2</sup>

$P_v$  y  $\sum v$  = Presiones verticales total y efectiva en el suelo a la profundidad de desplante, en t/m<sup>2</sup>.

$N_c'$  y  $N_q'$  = Factores de carga, función del ángulo de fricción interna del suelo (  $\phi$  ), adimensionales.

$Fr$  = Factor de resistencia, adimensional.

$A_p$  = Area transversal del pilastrón en la punta, en m<sup>2</sup>.



Para los pilastrones desplantados en el Estrato 6, se consideraron los siguientes parámetros de resistencia al corte del suelo :

$$\begin{aligned}c &= 15 \text{ t/mz} \\ \phi &= 25^\circ \\ P_v &= p_v = 9.8 \text{ t/mz} \\ F_r &= 0.30\end{aligned}$$

La capacidad de carga admisible por punta resultante para los diámetros propuestos fué :

Diámetro (m)	$Q_p$ (t)
0.80	100
1.00	155
1.20	220

En el caso de los pilastrones desplantados en el Estrato 7, se adoptaron los siguientes parámetros de resistencia al corte del suelo :

$$\begin{aligned}c &= 5 \text{ t/mz} \\ \phi &= 35^\circ \\ P_v &= p_v = 9.8 \text{ t/mz} \\ F_r &= 0.30\end{aligned}$$

Con estos valores se obtuvieron capacidades de carga admisibles algo mayores que las calculadas según el párrafo anterior. Sin embargo, con el fin de simplificar el diseño de las cimentaciones de los puentes, se propuso usar para todos los pilastrones los valores de capacidad de carga admisible menores, esto es, los correspondientes al desplante en el estrato 6.

El estado límite de servicio de la cimentación se analizó

calculando los asentamientos probables de los pilastrones, al ser sometidos axialmente a las cargas admisibles propuestas. Estos asentamientos son la suma de dos componentes : el acortamiento elástico del pilastrón y el asentamiento del suelo bajo el nivel de desplante.

Aplicando criterios de la teoría de la elasticidad y estimando valores de parámetros elásticos del concreto y del suelo, se obtuvo un asentamiento total máximo del orden de 3 cm para los pilastrones, el cual ocurrió en su mayor parte durante la construcción de las estructuras, y se consideró aceptable para el buen funcionamiento de éstas.

### III.2.2.-Criterios para la Construcción de Cimentaciones.

Para los pilastrones de concreto reforzado, el acero de refuerzo tenía la resistencia y geometría indicada en los planos correspondientes. El recubrimiento mínimo del acero es de 7.5 cm ( 3" ).

El concreto tenía la resistencia indicada en los planos y un buen proporcionamiento, con revenimiento de 15 a 20 cm, en el que se tomó en cuenta la pérdida de agua por absorción del suelo en la pared de la perforación, además del empleo de aditivos para retardar el fraguado durante el colado y obtener una mezcla de manejabilidad adecuada. El tamaño máximo de agregados fué de 2/3 de la abertura mínima entre el acero de refuerzo o del espesor del recubrimiento, lo que sea menor.

Las perforaciones para alojar los pilastrones se hicieron del mismo diámetro de éstos, por medios mecánicos, utilizando el equipo y herramienta adecuados a los materiales por atravesar.

Las perforaciones estan localizadas de tal manera que la posición de la cabeza de los pilastrones no dista, respecto a la del proyecto, más de 20 cm ni más de la cuarta parte del elemento estructural que se apoya en ellos. Se verificó también que la desviación con respecto a la vertical de las perforaciones no excediera de 3 %.

En virtud de que los suelos naturales que se perforaron tienen una cohesión importante y se encuentran sobre el nivel freático, las perforaciones para los pilastrones son en general estables en ellos sin protección alguna. Sólo se debió recurrir al uso de ademes metálicos provisionales para emboquillar en rellenos superficiales, o lodos bentoníticos para estabilizar aquellas perforaciones cuyas paredes no se sostenían por sí mismas. En este último caso, los lodos debían tener las siguientes características :

Densidad : 1.04 a 1.07 t/m<sup>3</sup>

Viscosidad Marsh : 30 a 60 s

Viscosidad Plástica : 10 a 25 centipoises

Filtración : menor de 20 cm<sup>3</sup> de agua

Costra : menor de 0.5 cm

Contenido de Arena : menor de 3 %

Potencial Hidrógeno ( ph ) : entre 7 y 10

Inmediatamente antes del colado de cada pilastrón se procedió a la inspección del fondo de la perforación ( directa en seco e indirecta bajo lodos ), para verificar que las características del estrato resistente eran satisfactorias y que todos los azolves

habian sido removidos.

El colado se realizó por procedimientos que minimizaron la segregación del concreto, que garantizan un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo, y en su caso, evitaron la contaminación del concreto con el lodo estabilizador de la perforación. El colado de cada pilastrón debió ser continuo para evitar juntas frías.

El colado en seco se hizo con botes de descarga por el fondo ( bachas ), " trompas de elefante ", bombas de concreto o, " tubos tremie " abajo descritos.

El colado bajo lodos se hizo con una o varias tuberías estancas " tremie ", de acuerdo con las dimensiones de la pila, de diámetro interno por lo menos seis veces mayor que el tamaño máximo del agregado del concreto. El concreto se colocó a partir del fondo de la perforación, dejando permanentemente embebido en el mismo el extremo inferior de la tubería.

Para cada pila se llevó un registro que incluye :

- a).- Localización.
- b).- Dimensiones relevantes de la perforación y si requirio del uso de ademe metálico y/o lodo bentonítico.
- c).- Fechas de perforación y de colado.
- d).- Tipo y espesores de los estratos de materiales atravesados, y las características del material de apoyo en el fondo.
- e).- Se anotaron todas las correspondientes observaciones relativas a irregularidades en la perforación y el colado.

### III.2.3.- Puente No 1

El Puente N° 1 forma parte de la vialidad de la rama 11 entre los kilometrajes 11+022.69 y el 11+063.10, con una longitud total de 40.41 metros. Este puente comunica la vialidad proveniente de la avenida Paseo de la Reforma hacia la avenida Constituyentes, este es el primero de los puentes en un nivel superior.

Este es un puente con una curva circular horizontal con un radio de curvatura de 24.91 m, la subestructura de este puente esta constituida como sigue :

- a).- Cabezal 1 : Caballete de extremo sobre 4 pilastrones.
- b).- Pila 2 : Tipo " A " invertida sobre 6 pilastrones.
- c).- Pila 3 : Tipo " A " invertida sobre 9 pilastrones.
- a).- Cabezal 4 : Caballete de extremo sobre 5 pilastrones.

En lo referente a la superestructura consiste en traveses de concreto pretensadas de sección cajón de 1.20 m de peralte, simplemente apoyadas, sobre las que se construyó una losa de 12 cm de espesor en promedio, esta losa a su vez lleva una capa de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor. La superestructura tiene que cubrir tres claros, de los cuales cada uno de ellos es cubierto por tres traveses para obtener un ancho de calzada de 6 metros, más 1 metro de banqueteta a cada lado. Como los claros por cubrir no son simétricos, la longitud de las traveses esta en función de la longitud del claro por cubrir, para el caso de este puente tenemos :

Claro No 1).- Km 11+022.69 al Km 11+036.56 Longitud = 13.875 m

Claro No 2).- Km 11+036.56 al Km 11+047.11 Longitud = 10.54 m

Claro No 3).- Km 11+047.11 al Km 11+063.10 Longitud = 15.99 m

El total de trabes ocupadas fué :

No de trabes	Longitud
3	10.54
3	13.87
3	15.99

En las figuras 3.9 se muestra la planta de el puente N° 1, la cual contiene los cadenamientos, el trazo y la ubicación de los pilastrones. En la figura 3.10 se muestra un corte longitudinal de el puente, el cual contiene los niveles de toda la estructura.

#### III.2.4.- Puente N° 2

El puente N° 2 forma parte de la vialidad de la rama 43 entre los kilometrajes 43+008.44 y el 43+033.27, con una longitud total de 24.83 m . Este puente es el único de los cinco que funciona con circulación en ambos sentidos, ya que es el conducto para la entrada y salida del Complejo Militar. en el sentido hacia la entrada comunica la vialidad proveniente de la avenida Constituyentes poniente, y el sentido hacia la salida canaliza la vialidad ya sea a la Ciudad de Toluca o a la avenida Constituyentes oriente, este puente está al mismo nivel de la vialidad existente anteriormente, es decir en el segundo nivel del entronque.

Este puente es recto, y en uno de sus extremos tiene una curvatura circular horizontal con un radio de curvatura de 49.82 m

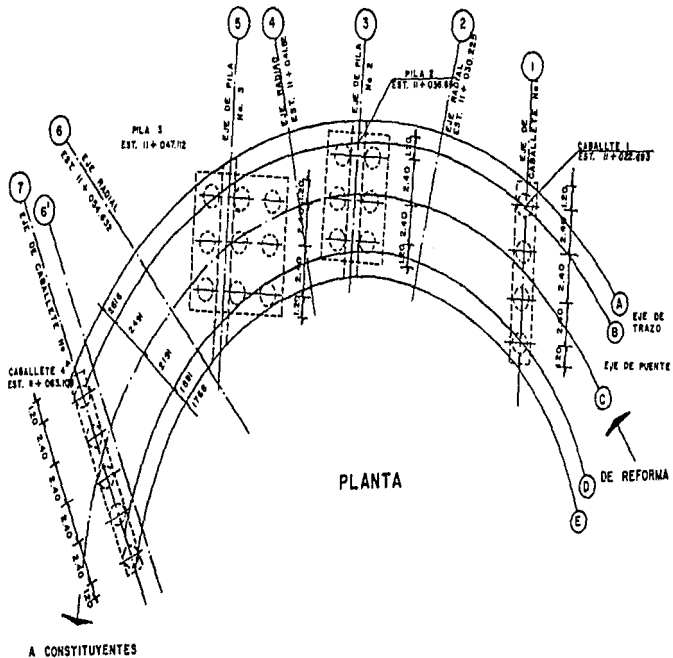
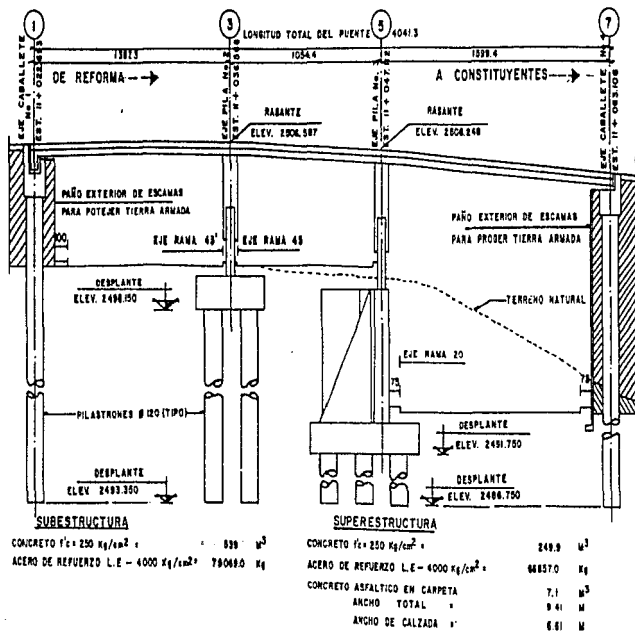


FIGURA 39 PLANTA DE PUENTE No. 1



PUNTE No 1 (KM. 11 + 036)

FIGURA 3.10 SECCION LONGITUDINAL DEL PUENTE No 1



La subestructura esta constituida por :

- a).- Cabezal 1 : Caballete de extremo sobre 6 pilastrones.
- b).- Cabezal 2 : Caballete de extremo sobre 7 pilastrones.

La superestructura consiste en traveses de concreto pretensadas de sección cajón de 1.20 m de peralte, simplemente apoyadas, sobre las que se construyó una losa de 12 cm de espesor en promedio, ésta losa a su vez lleva una capa de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor.

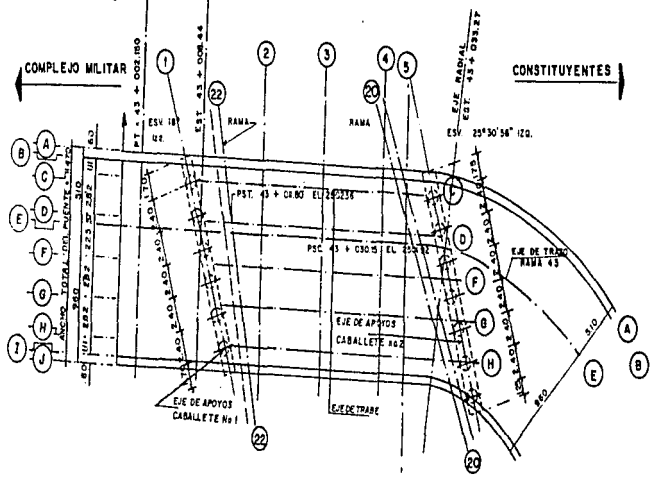
Este puente solo tiene un claro que abarca la totalidad de la longitud del puente que es de 24.83 m. Para poder obtener un ancho de calzada de 10.50 m , más un metro de banqueteta a cada lado, sobre el puente, fué necesario colocar cinco traveses.

En la figura 3.11 se muestra la planta del puente N° 2 que contiene los cadenamientos, el trazo y la ubicación de los pilastrones. En la figura 3.12 se muestra un corte el cual contiene los niveles de la estructura.

#### III.2.5.- Puentes N° 3 y 4

Este par de puentes, se puede considerar como un juego de puentes, ya que son paralelos y casi de la misma longitud, esto se debe a que bajo ellos solo pasa la vialidad proveniente de la Ciudad de Toluca hacia avenida Paseo de la Reforma oriente.

Los dos puentes estan comprendidos en una misma rama que conecta con un retorno, por lo que al retornar en ciertos puntos se tornan paralelas, pareciendo así dos vialidades diferentes.



PLANTA

PUENTE No 2 (KM. 43 + 020)

FIGURA 3.11 PLANTA DEL PUENTE No 2

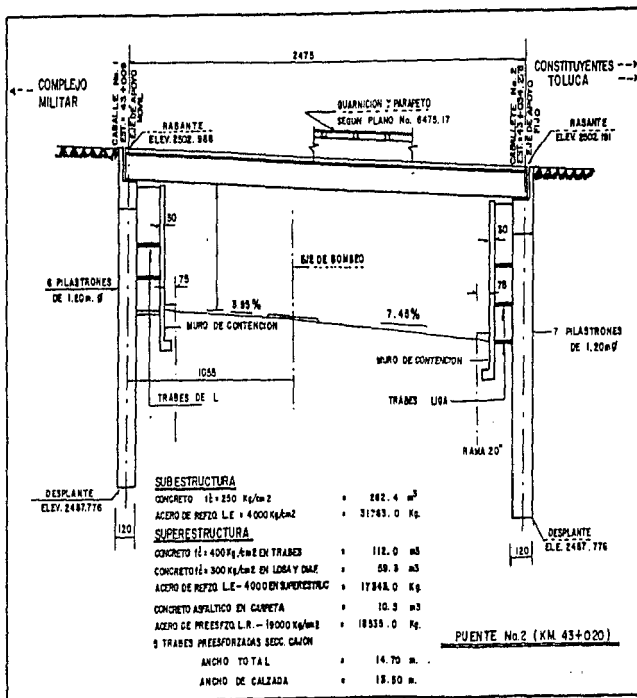


FIGURA 3.12 SECCION LONGITUDINAL DE PUENTE No 2

El puente N° 3 comunica la vialidad proveniente del Complejo Militar hacia avenida Constituyentes oriente o el retorno hacia avenida Constituyentes poniente. Está comprendido en la rama 43 entre los kilometrajes 43+089.047 y 43+114.916 con una longitud total de 25.86 m.

El puente N° 4 comunica la vialidad proveniente de avenida Constituyentes poniente hacia la Ciudad de Toluca. Está comprendido entre los kilometrajes 43+357.45 y 43+383.20 con una longitud total de 25.75 m.

La subestructura es una serie de pilastrones en dos líneas paralelas que estan repartidas como sigue :

Puente N° 3

- a) Cabezal 1 : Caballete de extremo sobre seis pilastrones.
- b) Cabezal 2 : Caballete de extremo sobre siete pilastrones.

Puente N° 4

- c) Cabezal 1 : Caballete de extremo sobre seis pilastrones.
- d) Cabezal 2 : Caballete de extremo sobre seis pilastrones.

La superestructura de estos puentes esta constituida por traveses de concreto pretensadas de sección cajón de 1.20 m de peralte, simplemente apoyadas, sobre las que se construyó una losa de 12 cm de espesor, esta losa a su vez lleva una capa de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor.

Cada uno de los puentes es de un solo claro, y aunque son paralelos y tienen la misma longitud, por la geometria de el

punto N° 4, fué necesario fabricar las traveses de una sección transversal mas angosta por lo que la distribución de traveses es como sigue :

PUENTE N°	N° DE TRAVES (PZA)	ANCHO DE CALZADA (M)
3	3	12.50
4	5	12.50

En las figuras 3.13 y 3.14 se muestra la planta y el corte longitudinal respectivamente del puente N° 3. En las figuras 3.15 y 3.16 se muestra la planta y corte longitudinal respectivamente del puente N° 4.

### III.2.6 Puente N° 5

Este es el puente de mayor longitud, dentro de este grupo de puentes, está comprendido dentro de la rama 42, entre los kilometrajes 42+024.05 y 42+084.60, con una longitud total de 60.55 m. Este puente comunica la vialidad proveniente de la avenida Paseo de la Reforma poniente hacia el Complejo Militar, este es el segundo de los puentes en el nivel superior.

Este puente es parcialmente en tangente y parcialmente en curva, la subestructura de este puente está constituida por :

- a) Cabezal 1 : Caballete de extremo sobre siete pilastrones.
- b) Pila 2 : Tipo " A " invertida sobre seis pilastrones.
- c) Pila 3 : Tipo " A " invertida sobre seis pilastrones.
- d) Cabezal 4 : Caballete de extremo sobre tres pilastrones.

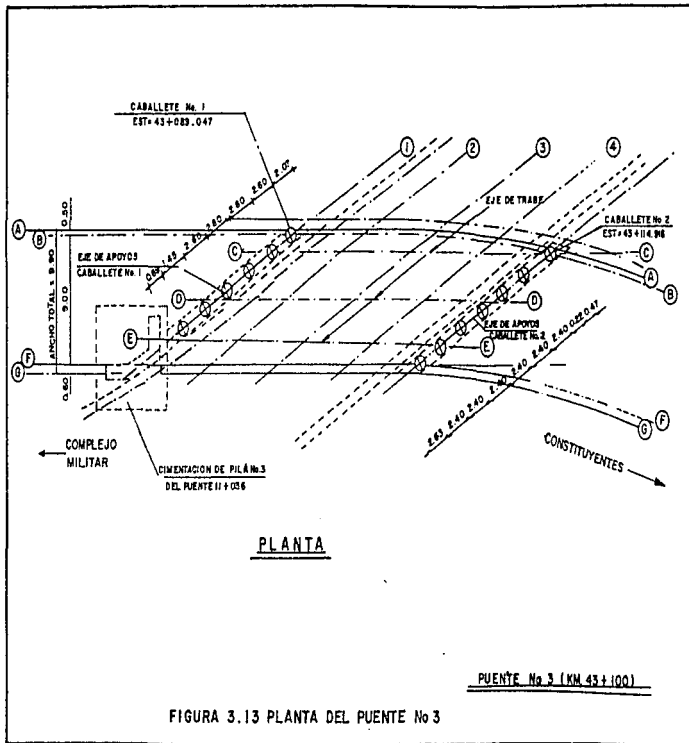


FIGURA 3.13 PLANTA DEL PUENTE No 3

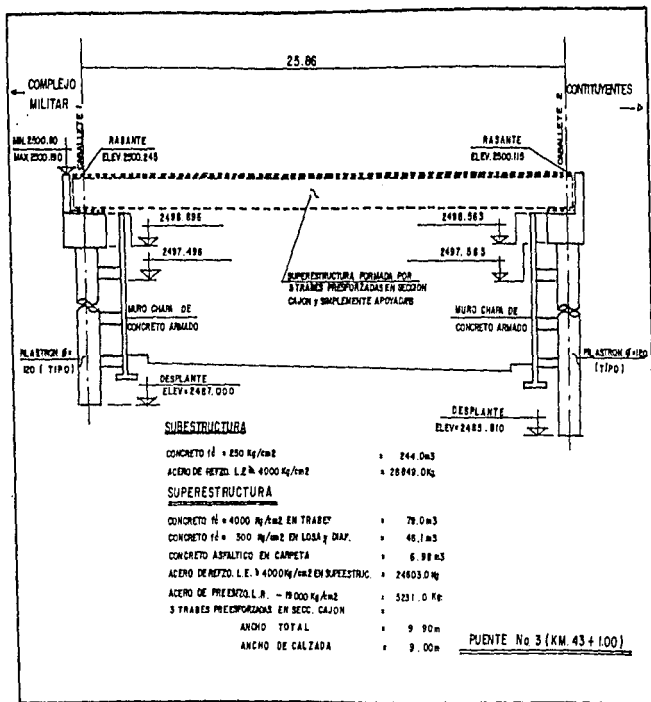


FIGURA 3.14 SECCION LONGITUDINAL DEL PUENTE No 3





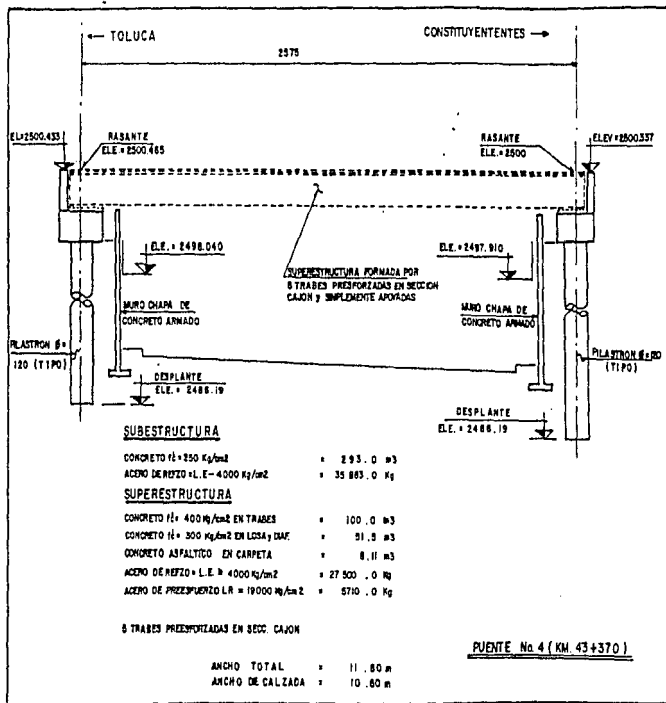


FIGURA 3.16 SECCION LONGITUDINAL PUENTE No 4

La superestructura consiste en traveses de concreto pretensadas de sección cajón de 1.20 m de peralte, simplemente apoyadas, sobre las que se construyó una losa de 12 cm de espesor, esta losa a su vez lleva una capa de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor.

La superestructura tuvo que cubrir 3 claros, de los cuales cada uno es cubierto por tres traveses para obtener un ancho de calzada de 7.0 m , más medio metro de banquetta a cada lado, sobre el puente.

En este puente se tuvo la necesidad de colar una parte de losa, debido a la fuerte curva que existe entre el Cabezal 1 y la Pila 2, esto se puede apreciar en la figura 3.17 que es la planta del puente No 5, en donde se observa la colocación de las traveses y la parte necesaria de el colado de losa. En la figura 3.18 se presenta una sección longitudinal del puente No 5.

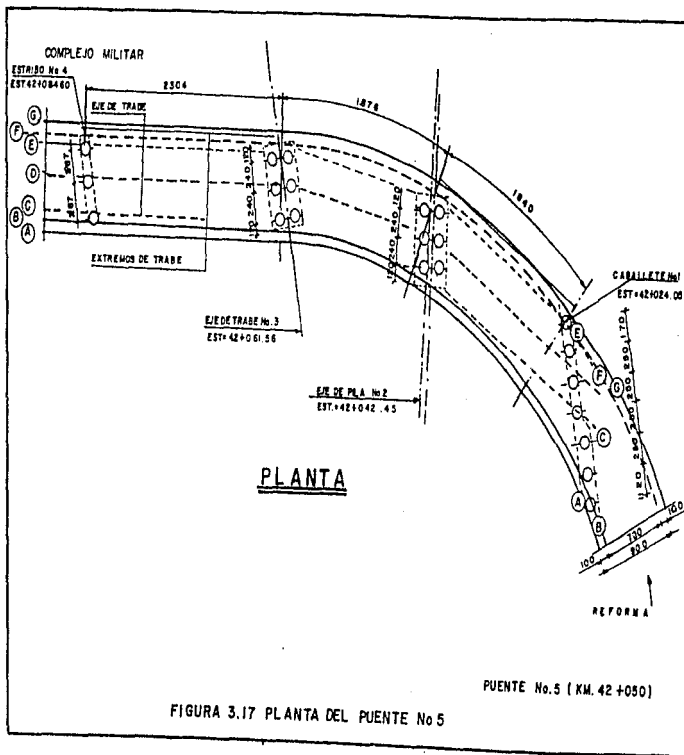


FIGURA 3.17 PLANTA DEL PUENTE No 5

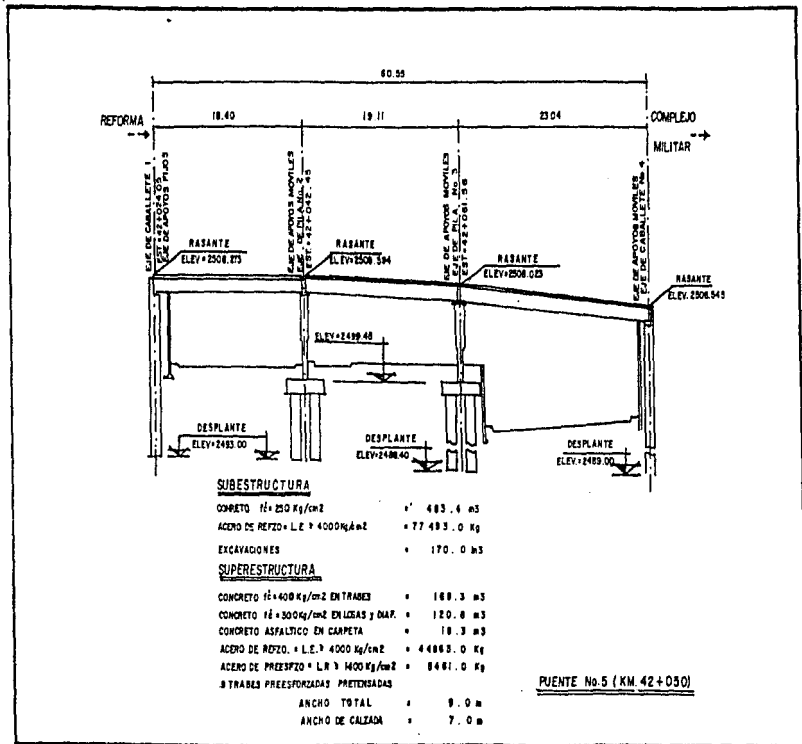


FIGURA 3.18 SECCION LONGITUDINAL DEL PUENTE No 5

### III.3.- Muros

En la zona del distribuidor que es una obra vial urbana importante que debió cumplir con condiciones arquitectónicas y de homogeneidad de sus componentes, se propuso, que todos los cortes verticales del terreno natural dentro del distribuidor fueran recubiertos con muros de concreto reforzado, de fachada exterior semejante a la de otros elementos como " Tierra Armada " y muros de contención de rellenos

Después de un análisis estructural detallado, se optó por el tipo de muro mas conveniente para cada uno de los casos que se presentaron y que esencialmente fueron tres tipos :

- a).- Muros de concreto reforzado, en zonas de corte de terreno natural.
- b).- Muros " Chapa " de concreto reforzado, en las zonas de pilastrones y en su caso en la zona del tanque.
- c).- Muros de Tierra Armada para las zonas de terraplen.

Como en el mayor número de los casos se realizó corte de terreno natural, es obvio que la mayor longitud de muros sea de concreto reforzado, esto lo podemos ver si comparamos la longitud de cada tipo de muro :

Tipo de Muro	Longitud ( m )
a).- Muro de concreto reforzado	1 008.50
b).- Muro Chapa de concreto reforzado	122.80

En los siguientes parrafos se describen las características de cada tipo de muro.

### III.3.1.- Muros de Concreto Reforzado.

Como se mencionó anteriormente este tipo de muro fué el más utilizado, debido a las grandes longitudes de corte que fué necesario realizar, sin embargo fué necesario el uso de varios tipos de secciones, los cuales estaban en función de su altura y de la presentación necesaria, esto es que en algunos casos se debia trabajar el muro con apariencia en una sola de sus caras y en otros casos la apariencia debia ser en ambos lados. Especificamente en los muros que delimitan el Complejo Militar de las vialidades, existen zonas en las que fué necesario construir el muro de concreto, más que por retención del material, como barda divisoria del terreno militar con la zona de vialidades, lo que dió lugar a una diferente sección y tipo de muro.

Así mismo para el diseño de muros en cortes definitivos del terreno natural hubo que hacer ciertas consideraciones mínimas, habiendose adoptado en forma simplista el criterio de empuje de tierras de Rankine para suelos cohesivos - friccionantes. Los parámetros de resistencia al corte y al peso del suelo se eligieron conservadoramente :

Cohesion del material	$c = 2 \text{ t/m}^2$
Angulo de fricción interna	$\phi = 30^\circ$
Peso específico del material	$\gamma = 1.8 \text{ ton/m}^3$

Cabe señalar que la cohesión anterior es la quinta parte de la mínima determinada en laboratorio y además se insiste en que estos

ESTA TESTA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

empujes del terreno natural fueron los propuestos sólo para fines de diseño de muros, y son conservadores, pues los empujes reales son prácticamente nulos.

Los empujes debidos a agua acumulada detrás de los muros no se consideraron, pues se dispone de una capa dren tras todo el respaldo, convenientemente drenada para evitar la generación de estos empujes.

La cimentación de muros consistió en zapatas corridas de concreto reforzado, apoyadas siempre en terreno natural firme, por debajo de rellenos artificiales ( Estrato 1 ) y depósitos aluviales, orgánicos y de talud en laderas y cañadas.

Para los casos en que las zapatas se apoyaron en los estratos 2 a 5 la profundidad de desplante mínima fué de 1.5 m y la capacidad de carga admisible de 30 t/m<sup>2</sup>; para zapatas apoyadas en los estratos 6 y 7, la profundidad de desplante mínima fué de 2.0 m y la capacidad de carga admisible de 65 t/m<sup>2</sup>. Además, debió cumplirse que la distancia horizontal entre el borde de las zapatas y taludes cercanos fuera de por lo menos dos veces el ancho de éstas.

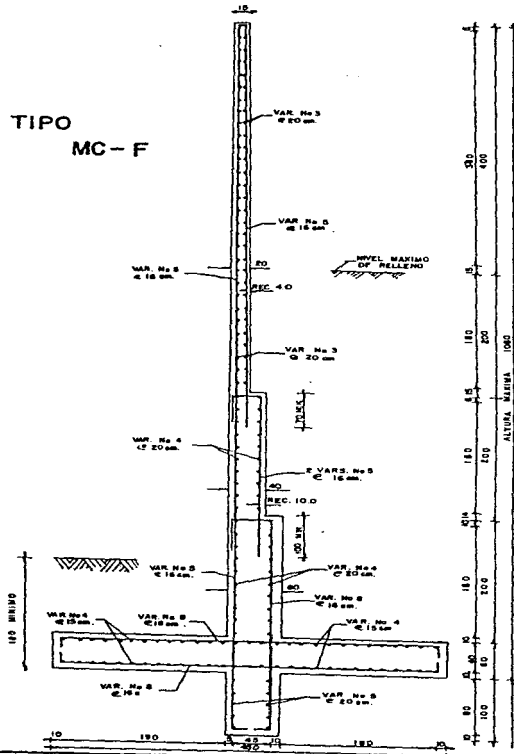
Haciendo una sinopsis de las secciones más representativas utilizadas en los muros, se presentan en las figuras 3.19 y 3.20 las secciones que más se utilizarón.

### III.3.2.- Muros Chapa de Concreto Reforzado.

En estos casos se le llamó muro Chapa a aquel muro que servía como pantalla, para ligar la zona en la que se tenían pilastrones, ya sea para la subestructura de los puentes o como refuerzo del terreno natural como es el caso de la zona del tanque.

MURO  
TIPO  
MC-F

FIGURA 3.19

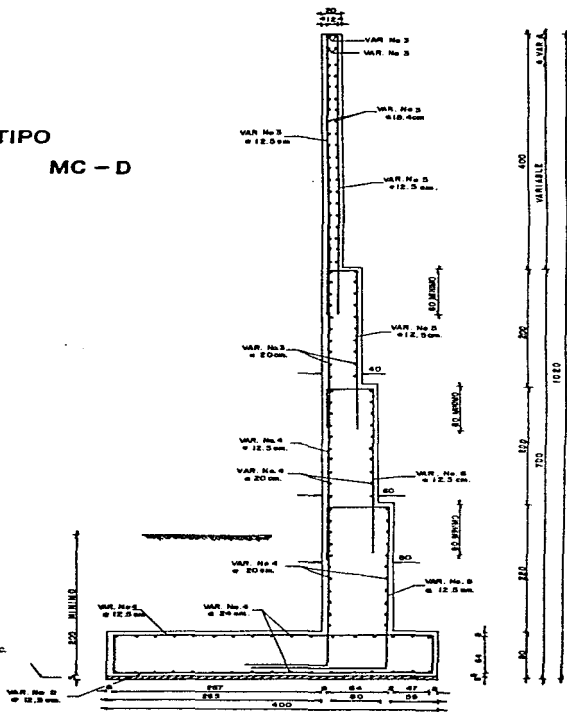




# MURO TIPO MC - D

(FIGURA 3.20)

PLANTILLA DE CONC.  
1/2 = 100 kg/m<sup>2</sup>



El uso de los muros chapa fué muy limitado, ya que solo se utilizaron en las dos vialidades deprimidas, en las zonas en que esta el puente N° 2 y los puentes 3 y 4, por lo que el total de su longitud, bajo los puentes, sin considerar la zona del tanque es de 72.80 m.

En la zona del tanque se construyó unicamente una longitud de 50.0 m.

El total en longitud del muro chapa construido es de 122.80 m, en la figura 3.21 se muestra la forma en que se ligaron los pilastrones con el muro Chapa.

### III.3.3.- Muros de Tierra Armada.

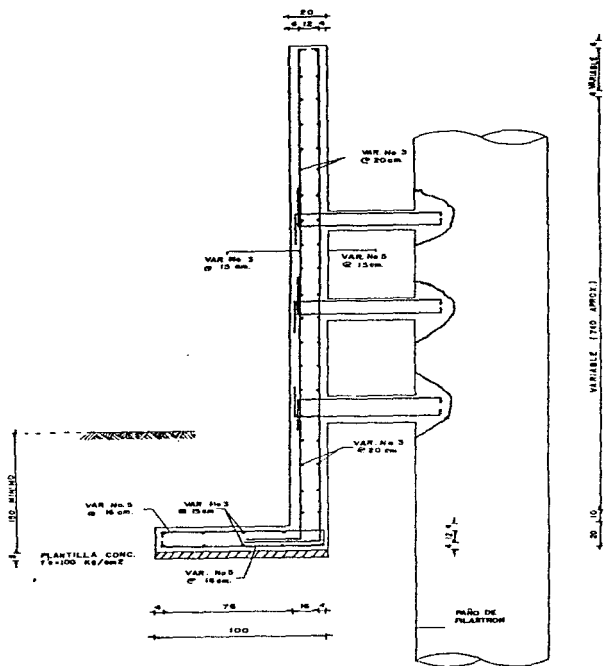
Este tipo de muro fué muy utilizado en las zonas de terraplenes, debido a la facilidad de que su construcción es paralela con los terraplenes, lo que permitió optimizar los tiempos destinados a los terraplenes.

Para tener una idea mas clara de la construcción de este tipo de muros, a continuación se hace una breve descripción de ellos.

#### 1.- DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS :

Un macizo de Tierra Armada esta constituido por :

- Una piel en Escamas de concreto.
- Armaduras de alta adherencia, colocadas en capas horizontales.
- Rellenos friccionantes.



[ FIGURA 3.21 ]

MURO TIPO M-CH ( MURO CHAPA )

A) Escamas de Concreto. (fig. 3.22).

Las escamas de paramento de concreto prefabricado forman una cuadrícula de 1.50 m x 1.50 m dispuestas en forma cruciforme y montadas por filas horizontales. Están machimbradas las unas con las otras, por un sistema de "barra-tubo" que van ahogados en el concreto (escama).

Están dotadas de :

Arranques de acero galvanizado, en los cuales se atornillan las armaduras ( con un tornillo de arranque ).

El armado interno de las escamas.

Insertos de izaje, que permiten la presentación de la escama en posición vertical durante su colocación.

Las filas inferiores y superiores de los macizos llevan escamas de media altura ( medias escamas tipo "C" ).

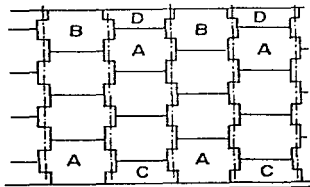


FIGURA 3.22

ESCAMAS DE CONCRETO.

#### B) Juntas entre Escamas.

Las escamas quedan separadas por juntas que dan la holgura necesaria para soportar los asentamientos diferenciales que pudiesen ocurrir.

Las juntas horizontales son de corcho aglomerado por una resina insensible al agua, o bien por tacones de neopreno sólido.

Las juntas verticales son de poliuretano de sección cuadrada de 4.00 cm x 4.00 cm. en las obras marítimas o fluviales, las cuales son sometidas a cambios rápidos de tirante de agua, se adiciona la protección de un geotextil de 50.00 cm de ancho, que va adherido en la parte posterior de la escama, en el caso del uso de este tipo de junta será especificada en los planos y el proyecto.

#### C) Armaduras de Alta Adherencia.

Las armaduras de acero galvanizado se entregan preparadas para su colocación, es decir cortadas a la medida necesaria y perforadas. Se colocan mientras se efectúa el relleno en capas horizontales a cada 0.75 m y la perforación en el extremo permite atornillar a los arranques de las escamas. Los arranques, tornillos y armaduras son de la misma aleación para evitar riesgos de corrosión. El f'y utilizado en estos elementos es de 1,520 kg/cm<sup>2</sup>. En los casos en que las armaduras sean de una longitud tal que dificulte su transporte, se diseñan seccionadas y su unión se hará por medio de dos soleras de acero galvanizado (prolongadores) y se atornillan a las armaduras en sus dos extremos.

#### D) Solera de Desplante.

Las primeras escamas ( fila inferior ) se apoyan sobre una solera de desplante de concreto simple, usualmente de 100 a 150 kg/cm<sup>2</sup> sin armado. Esta solera deberá tener como mínimo 0.35 m de ancho y 0.10 m de altura.

### E) Montaje de Escamas.

El montaje de las escamas se efectua por capas horizontales sucesivas, generalmente sobre toda la longitud de la obra. Estas capas horizontales estarán espaciadas a cada 0.75 m, el relleno detrás de las escamas se efectua también por capas horizontales ( paralelas a la solera de desplante ).

El montaje de cada capa determinada no debe de empezarse sin que la capa inferior este terminada en toda su altura. Las escamas de la primera fila ( fig. 3.23 ) se apoyan directamente sobre el concreto de la solera. Su colocación empieza con las " medias escamas " ( Tipo "C" ) entre las cuales se machimbran las escamas enteras tipo "A".

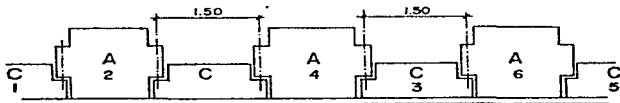


FIGURA 3.23

### MONTAJE DE ESCAMAS.

Después de la colocación de cada escama, conviene verificar con un escantillón ( 1.50 m ) la distancia entre " barra-tubo " de las escamas contiguas, a la izquierda y a la derecha.

Mientras se espera a la colocación de las armaduras, las escamas se sujetan por medio de unos sargentos colocados en la parte alta de la escama "C". Después se quitan los sargentos cuando se haya llegado con el relleno a la parte alta de las escamas "C". Si se desea se pueden dejar apuntaladas las escamas hasta llegar a este nivel.

Para la colocación de escamas de las filas intermedias ( fig 3.23), se colocan las escamas en las almenas constituidas por las escamas de la fila inferior ( esto es una escama cada 3.00 m ).

Siempre que se pone una escama, debe de verificarse la distancia entre " barra-tubo " de las escamas contiguas con el escantillón de colocación. Las escamas son sostenidas mientras las armaduras son colocadas por medio de los sargentos. ( elementos de fijación de madera ).

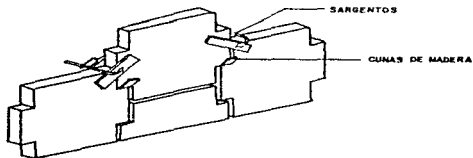


FIGURA 3.24

COLOCACION DE ESCAMAS.

#### F) Nivelación y Plomeo de Escamas.

Después de la colocación de cada escama, es necesario nivelarla y plomearla con la ayuda de pequeñas cuñas de madera (fig. 3.24) y la verificación de esta operación es de vital importancia.

Conforme se va avanzando en altura, ( las cuñas y los sargentos son utilizados sucesivamente ).

#### G) Colocación de Armaduras.

Se colocan las armaduras perpendicularmente al paramento en capas horizontales. Cada armadura esta sujeta al arranque correspondiente con un tornillo ( 1/2" x 1 1/4" ).

El reglaje del relleno se hará con cuidado para que la armadura se apoye completamente en el terreno.

#### H) Ejecución de Relleno y Compactado.

El relleno será ejecutado en capas de 37.5 cm, cuyos niveles corresponden al nivel de los arranques, consecuentemente a el de las armaduras y a las partes altas de las escamas. La nivelación de las capas debe de ser ejecutado paralelamente al paramento, para que el empuje de la máquina y el movimiento de tierra no lo transmita directamente a las escamas.

Los camiones con el material de relleno no deben de circular a menos de 2.00 m del paramento para evitar cualquier desplazamiento de las escamas no terraplenadas del todo.

No es permisible el empleo de maquinaria de orugas en contacto directo con las armaduras. La compactación necesaria está determinada por la utilización futura de la obra. Si los asentamientos interiores del relleno pueden ser admitidos sin daño, basta un leve compactado del terreno; en cambio, en todas



las obras en las cuales estos asentamientos deben de evitarse, el grado de compactación debe ser igual al del relleno tradicional correspondiente para que las escamas no se desplacen en el curso del relleno, conviene limitar los compactadores pesados a una distancia de 1.00 m del paramento. El complemento del compactado será efectuado con máquinas manuales ligeras de compactado y eventualmente vibratorias.

Una vez descritos los muros de " Tierra Armada ", se muestra en una planta general las zonas en que se construyeron este tipo de muros.

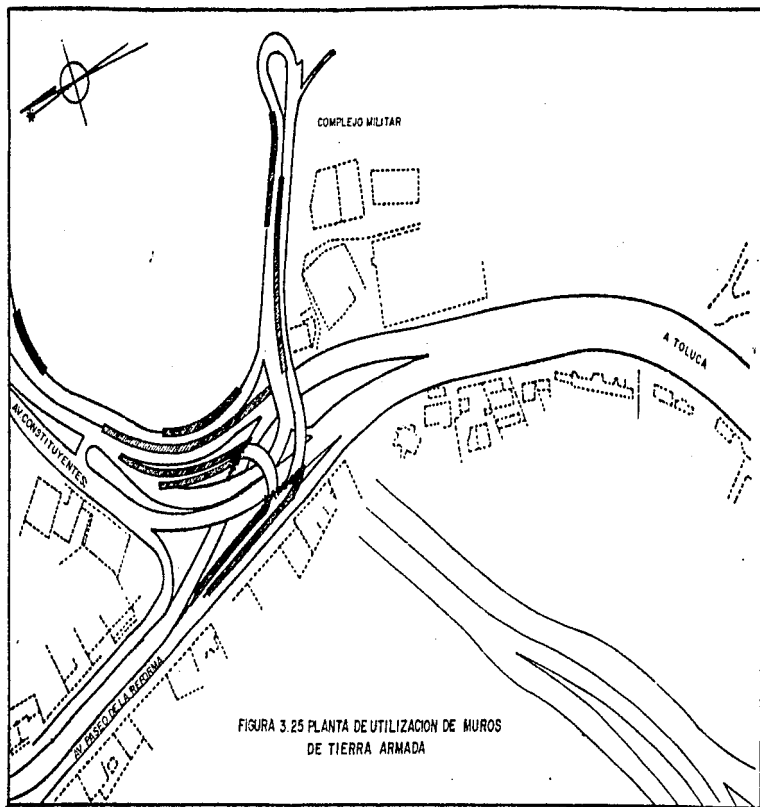


FIGURA 3.25 PLANTA DE UTILIZACION DE MUROS  
DE TIERRA ARMADA

**IV .- BREVE DESCRIPCION DE SU CONSTRUCCION**

El programa global de la obra se consideró con una duración total de nueve meses. En su elaboración se tomó en cuenta la información recabada referente a diferentes aspectos de la obra, la cual fué consultada y discernida con las partes que directa o indirectamente contribuyeron a la ejecución del proyecto. Sin embargo el programa fué susceptible de sufrir algunas modificaciones menores.

Por procedimiento constructivo y de continuidad vial, la realización del proyecto se dividió en tres principales etapas, definidas claramente en el programa, las cuales tuvieron las siguientes duraciones :

Etapa	Duración ( meses )
1a	5.5
2a	2.0
3a	1.5

Las actividades que se realizaron fueron agrupadas en 17 grandes frentes de trabajo, los cuales a su vez se desglosaron en 2 subniveles, resultando un total de 474 conceptos incluidos en el programa.

Este análisis exhaustivo permitió establecer un control riguroso del proceso constructivo en todas sus facetas.

Analizando las partidas del programa se puede distinguir que, dependiendo de su naturaleza se englobaron en dos grupos primordiales que son :

- 1.- Actividades de Apoyo; Son acciones tales como, diseños, indemnizaciones, relocalización de instalaciones

existentes, coordinación con las entidades involucradas, programa de difusión, obras en el Complejo Militar, etc. Todas ellas se ejecutaron simultáneamente a los trabajos de construcción del distribuidor, pero no formaban parte de él propiamente dicho.

2\*.-Actividades de Obra; Comprenden todos aquellos conceptos integrantes directos de la construcción del distribuidor, como son Fuentes, Terracerías, Pavimentos, etc.

En la planeación del procedimiento constructivo del distribuidor Constituyentes - Reforma, se incluyó la generación de una Ruta Crítica, que nos proporcionó una idea clara del alcance del proyecto y que constituyó un vehículo importante para la evaluación de estrategias y objetivos. Además permitió eliminar en gran medida la posibilidad de omitir trabajos, mostrando la interrelación de los mismos, y llamando la atención de las partes involucradas en aquellas actividades, cuyo retraso repercutiría en la terminación de todo el proyecto.

Esta Ruta Crítica constituyó una herramienta fundamental en el control y desarrollo del proyecto.

Es importante, mencionar las premisas fundamentales que se tomaron en cuenta al momento de la realización del programa global de obra y tener presente que al no cumplirse algunas de estas premisas se corría el riesgo de ocasionar desviaciones importantes al programa. A continuación se describen a detalle :

I.- Ejecución simultánea de las actividades de apoyo y las partidas de obra; Es decir se contempló la ejecución de los trabajos de desvío de instalaciones, las negociaciones y liberación de derecho de vía y las obras interiores del Complejo Militar, simultáneamente con las partidas propias de la construcción del distribuidor.

- II.- Ejecución simultánea de las obras civiles comunes de Telmex y Compañía de Luz; Como resultado de las negociaciones con estas dos entidades se acordó la ejecución de los trabajos como demoliciones, excavaciones, rellenos compactados y banquetas por una sola empresa designada por la SCT.
- III.- Tiempos de suministros de tuberías para las redes de agua potable; En base a las condiciones imperantes del mercado, se consideró un tiempo aproximado promedio de un mes para el suministro de la tuberías. El asegurar el suministro oportuno debió ser una de las primeras actividades por concretar por cuenta de la constructora, al arranque de los trabajos.
- IV.- Cumplimiento de los tiempos marcados en el programa global por Telmex y Compañía de Luz y Fuerza; Estas dos entidades brindaron su apoyo al proyecto, y señalaron que sus actividades estarían sujetas a los tiempos establecidos en el programa.
- V.- Aprobación oportuna de los diseños del Complejo Militar; Se supuso que el grado de avance de los diseños correspondientes al Complejo Militar permitiría una rápida aprobación, y consecutivamente un inicio oportuno y prácticamente inmediato al arranque de los trabajos.
- VI.- Producción continua de las travesas de los puentes; Se supuso que, una vez fabricado el molde de las travesas de los puentes, la producción de todas éstas sería continua, evitando cualquier posible interferencia con la obra por falta de suministro.
- VII.- Disponibilidad de Recursos; Se consideró que durante toda la realización de los trabajos, la constructora dispondría de los equipos y recursos necesarios para dar cumplimiento a los tiempos marcados en el programa.

VIII.- Liberación del Derecho de Vía; Para el inicio de los trabajos del frente N° 3, es necesario contar previamente con el derecho de vía liberado.

IX.- Construcción de los Puentes; Se consideró para la construcción de los puentes 1 y 5 que éstos se terminarían durante las dos primeras etapas de ejecución del proyecto, aunque su puesta en servicio tenga lugar al finalizar la tercera etapa.

Una vez que se tuvieron establecidas las actividades correspondientes a cada etapa en el programa global de obra, se dio inicio físicamente a los trabajos de construcción. En la figura 4.1 se muestran las zonas que abarcaron cada una de las etapas y haciendo una sinopsis de la construcción en cada una de ellas a continuación se describen.

#### *IV.1. - Primer Etapa.*

Para la realización de los trabajos en cada una de las etapas fué necesario dividir las actividades por frentes de trabajo, de acuerdo a su factibilidad de ejecución y al programa global, debido a que el espacio se tenía perfectamente delimitado por las vialidades que hasta ese momento se tenían en operación.

Dentro de la primer etapa se contempló la construcción de los siguientes frentes :

A) Frente 1

B) Frente 2

C) Frente 3

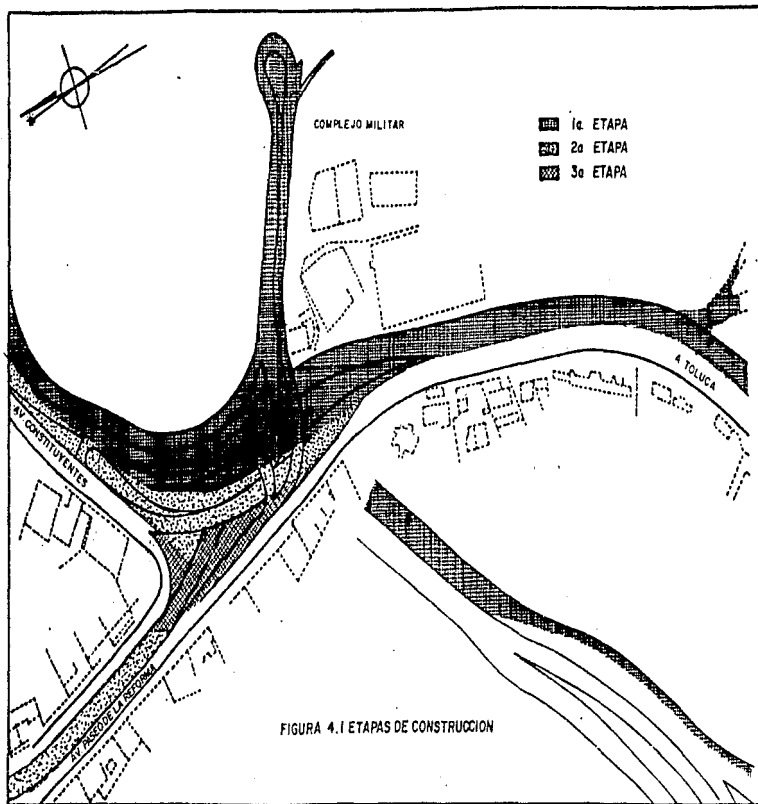


FIGURA 4.1 ETAPAS DE CONSTRUCCION



D) Puente N° 1 75 %

E) Puente N° 2 100 %

F) Puente N° 3 100 %

G) Puente N° 5 75 %

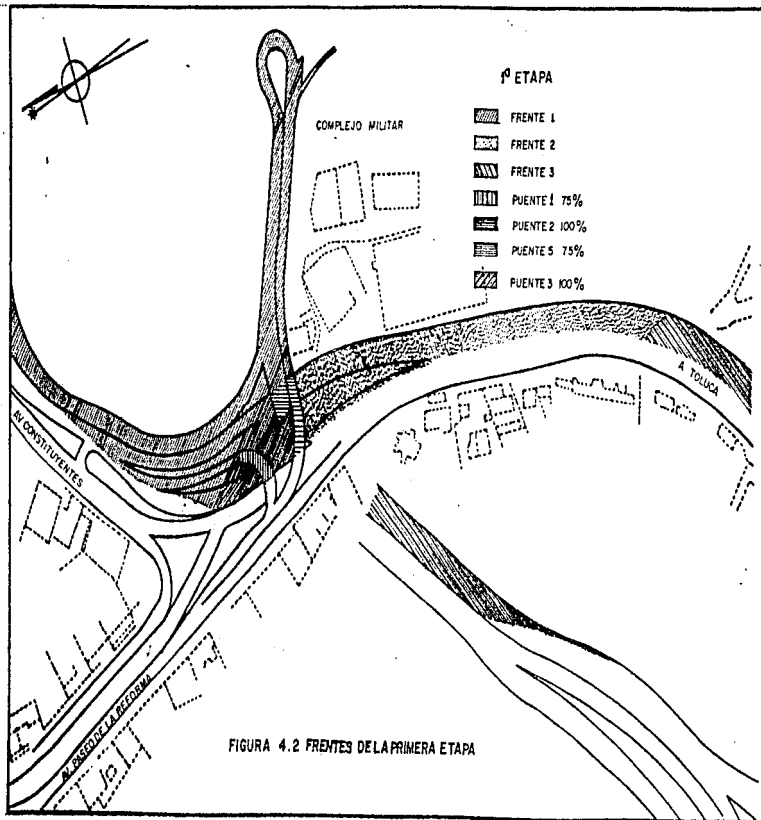
En la figura 4.2 se observan los frentes de la primer etapa.

A).- Frente 1.

El frente uno estuvo comprendido por todas las obras que estaban ubicadas en la zona de el Complejo militar, esto es que en la primer etapa no se afecto ninguna de las vialidades en operación, a excepción del camino interior del Complejo Militar.

En primer término se contempló la reposición del camino interior del Complejo Militar, así como la construcción de las bardas definitivas para poder dejar en igualdad de circunstancias de seguridad al Campo Militar, en cuanto se demolieran sus anteriores bardas de límite con la calle. Todo esto con el propósito de tener independientes los trabajos de construcción una vez repuestos todos los trabajos en el Campo Militar y así poder proceder con toda libertad a la realización de los cortes, terracerías, muros, pavimentos, etc., de lo que pasaría a formar parte de las vías deprimidas.

En las fotografías IV.1 y IV.2 se pueden observar a grandes rasgos los trabajos ejecutados.





FOTOGRAFIA IV.1 *Obras en el interior del Complejo Militar, reposición de camino interior.*



FOTOGRAFIA IV.2 *Construcción de la vía deprimida (rama 22 ).*

B).- Frente 2.

En el frente 2 se tenía contemplada toda la ampliación en la franja paralela a la zona Militar, es decir la ampliación de los carriles de la entrada de la ciudad de Toluca a la ciudad de México. Cabe hacer notar que en esta zona se hicieron la mayoría de las instalaciones subterráneas de reposición de los servicios.

En la fotografía IV.3 se observan los trabajos del frente 2.



FOTOGRAFIA IV.3 *Ampliación en la franja paralela de la zona Militar.*

C).- Frente 3.

Este frente fué en un principio uno de los más complicados, ya que comprende toda la zona de afectaciones a particulares, por lo que la reposición de sus construcciones así como de sus

instalaciones que tenían en funcionamiento, fué necesario dejarlas a satisfacción de los afectados antes de que ellos permitieran la liberación total del terreno, para poder dar así, terminación a los trabajos propios del entronque en las zonas que eran de su propiedad.

En este frente es en donde se tuvo el corte de material más importante, así mismo la zona en que se protegió el corte de terreno natural con concreto lanzado y anclas de fricción.

En la fotografía IV.4 se observan los trabajos del frente 3.



FOTOGRAFIA IV.4 *Ampliación en la zona de afectaciones particulares (rama 20).*

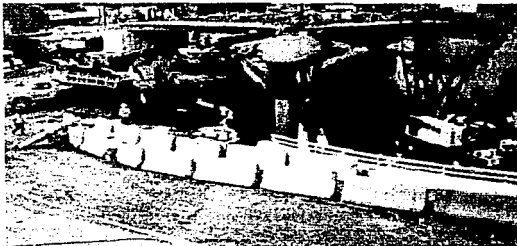
D).- Puente N° 1 75%

Para la construcción del puente N° 1, solo se pudo realizar el

75 % , debido a que para la terminación completa era necesario suspender la vialidad en el sentido Constituyentes- Toluca, lo cual no estaba permitido por los departamentos de vialidad.

No obstante fué posible realizar las pilas 2 y 3, así como el estribo 4, complementándolo con su losa, parapetos, etc. Otra de las condicionantes para el desplante del puente N° 1, fué la existencia de la línea de tubería de 48 " de  $\phi$ , que pasaba precisamente bajo las pilas del estribo 4, por lo que fué necesario primero hacer los desvíos de las líneas de agua potable y posteriormente se desplantaron las pilas.

En la fotografía IV.5 se muestra la construcción del Puente N° 1.

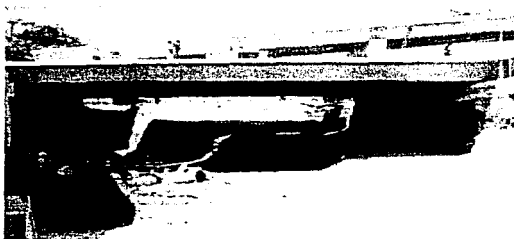


FOTGRAFIA IV.5 *Construcción de las pilas 2 y 3, así como del cabezal 4 del Puente N° 1.*

E).- Puente N° 2 100 %

En el caso del Puente N° 2, en que su construcción quedó totalmente dentro de la zona del Complejo Militar, fué necesario hacer simultanea la construcción de los pilastrones con la excavación para alojar las vías deprimidas que pasan debajo del puente, para que una vez concluida la construcción de los dos cabezales se procediera a la colocación de los muros chapa y los pavimentos de la vía deprimida, esto con el fin de ganar el mayor tiempo posible.

En la fotografía IV.6 se muestra la construcción del Puente N° 2.



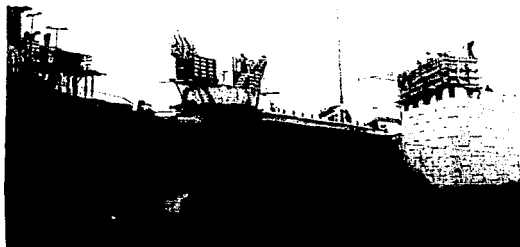
FOTOGRAFIA IV.6 Construcción del Puente N° 2.

E).- Puento N° 3 100 %

Para la construcción del puente N° 3, se procedió a trabajar en forma especial, ya que primero se colocó la subestructura y la superestructura y después se procedio con la excavación inferior, de lo que pasaria a formar parte de la vialidad deprimida hacia la avenida Paseo de la Reforma.

Este puente tuvo una rápida relativa, ya que para su construcción solo interferian algunas líneas de Teléfonos de México. Afortunadamente se logró que dichas líneas quedaran provisionalmente " colgando " de las traveses del puente N° 3, lo que agilizó mucho los trabajos en cuanto a tiempo se refiere.

En la fotografía IV.7 se muestra la construcción del Puente N° 3.



FOTOGRAFIA IV. 7 Montaje del puente N° 3, notese que la excavacion inferior es posterior al montaje.

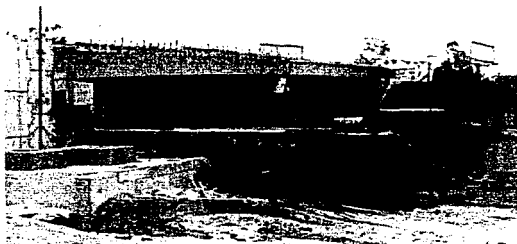


6).- Puento N° 5 75%

En la construcción del Puento N° 5, fué necesaria una muy estrecha coordinación con los trabajos de terracerías y muros, ejecutados en el frente 1, ya que como se mencionó es toda la zona en el interior del Complejo Militar, y precisamente este puente es para dar acceso y salida al Complejo Militar.

El 75 % de construcción del Puento N° 5 corresponde al Cabezal 4, Pilas 3 y 2, así como el montaje de las traveses y su terminación con losa y parapetos, quedando pendiente la construcción del Cabezal 1 y cubrir el claro entre la Pila 2 y Cabezal 1.

En la fotografía IV.8 se muestra la construcción del puente N° 5.



FOTOGRAFIA IV.8 Construcción del Puento N° 5, cabezal 4 así como las pilas 3 y 2.

Toda vez que se tuvo concluida la primer etapa, que representa el 60 % del total de la obra, estabamos ya en condiciones de hacer el desvio del tránsito hacia la avenida Constituyentes en dirección oriente, por la nueva vía deprimida ( rama 20 y 22 ), lo que nos permitió dar inicio a los trabajos de toda la zona central de lo que pasaria a ser el distribuidor.

#### *IV.2.- Segunda Etapa.*

Siguiendo con las actividades programadas en el plan maestro, y una vez terminadas las actividades de la primer etapa, se comenzaron los trabajos de la segunda etapa, que al igual que en la primera estuvo subdividida en frentes de trabajo, esto con el fin de concluir con los frentes que quedarón inconclusos, así como para iniciar nuevas actividades. En la segunda etapa se contemplaron los siguientes frentes :

- A) Frente 4
- B) Puente N° 1 25 %
- C) Puente N° 4 100 %
- D) Puente N° 5 25%

Haciendo la descripción de cada frente así como sus principales actividades. En la figura 4.3 se muestran los frentes de trabajo de la segunda etapa.

#### **A).- Frente 4.**

Como se puede observar en la figura 4.3., este frente

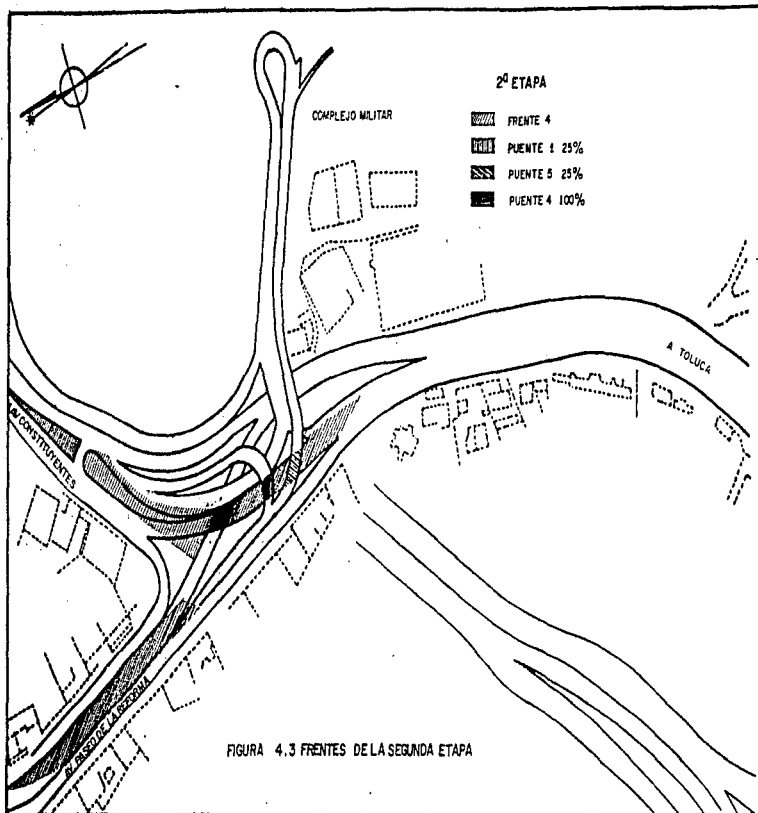


FIGURA 4.3 FRENTE DE LA SEGUNDA ETAPA

involucró toda la conexión con la avenida Paseo de la Reforma, tanto en dirección oriente como poniente. También implicó toda la organización en la parte central del distribuidor.

En lo que se refiere a la construcción sobre la avenida Paseo de la Reforma, fué necesario reducir a un solo carril de circulación vehicular, en las dos direcciones, para así poder hacer uso del carril cerrado con el material de protección de obra, ya que al hacer la excavación, tanto para la vía deprimida como para los muros de concreto, no podía quedar desprotegido.

Prácticamente la vialidad que se construyó, quedó sobre lo que anteriormente era el camellón central de la avenida.

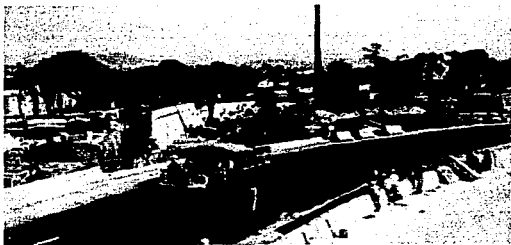
Una vez concluida la vialidad y los muros, se reestableció la circulación normal en los dos carriles para cada sentido de la avenida Paseo de la Reforma.

En la zona central, se tuvo que "jugar" con el tránsito a manera de no entorpecer demasiado la circulación y también tener espacio suficiente para continuar con los trabajos de construcción.

En las fotografías IV.9. y IV.10. se muestra la construcción del frente 4.



FOTOGRAFIA IV.9. *Excavación sobre el anterior camellón sobre la avenida Paseo de la Reforma.*

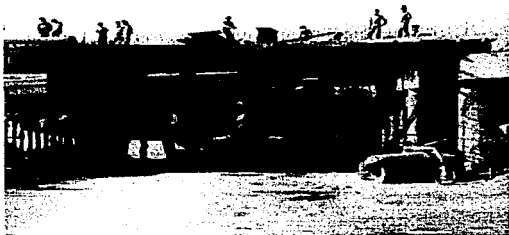


FOTOGRAFIA IV.10 *Vista de la reducción de carriles por los trabajos sobre Paseo de la Reforma.*

**B).- Puente N° 1 25 %**

Para poder concluir con el 25 % faltante, ya con la desviación hacia la avenida Constituyentes, se pudo construir el estribo 1, así como la terminación completa del puente N° 1, faltando únicamente las rampas de acceso al puente, ya que fueron parte del frente 5, contemplado en la tercer etapa.

En la fotografía IV.11. se muestra el complemento de la construcción del Puente N° 1.



**FOTOGRAFIA IV.11** *Complemento de la construcción del Puente N° 1.*

C).- Puente N° 4 100 %

Ya que el Puente N° 4 paso a ser la vialidad Constituyentes - Toluca, su construcción fue simultánea con las excavaciones para la vialidad hacia Paseo de la Reforma.

Este puente fue relativamente rápido, ya que solo tenía un claro por cubrir, además de que para estas alturas de la obra ya no se tenía ninguna interferencia.

En la fotografía IV.12. se muestra la construcción del puente N° 4.



FOTOGRAFIA IV.12 Construcción del Puente N° 4.

D).- Puente N° 5. 25 %

Al igual que en el Puente N° 1, se pudo concluir con la construcción, ya que como los puentes 1 y 5 parten de un origen común (rama 12 ), los pilastrones de los estribos estaban prácticamente en línea recta, por lo que facilitó que en la segunda etapa se concluyeran los trabajos.

En la fotografía IV.13. se muestra el complemento de la construcción del Puente N° 5.

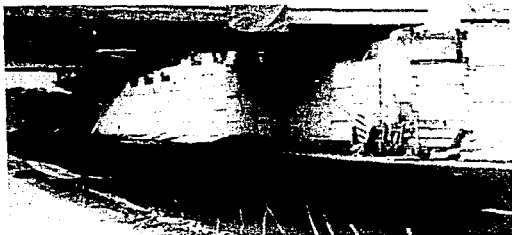


FIGURA IV.13 *Complemento de la construcción del Puente N° 5*



Con la conclusión de la segunda etapa se lleva un avance total de obra de un 85 %.

De todo lo que hasta esa fecha se tenía terminado, solo el 60 % estaba en operación, sin embargo eran pocas las cosas que faltaban para que estuviera totalmente funcionando.

#### *IV.3. Tercer Etapa.*

La tercer etapa solo constaba de un frente, ya que en esta etapa debía de quedar totalmente concluido el distribuidor. A continuación se describe el quinto frente.

##### *A).- Frente 5.*

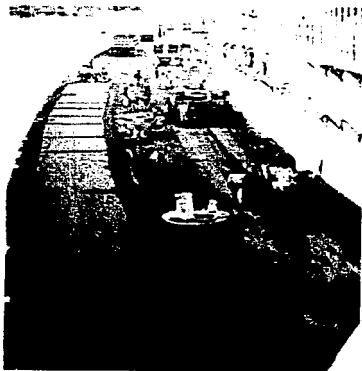
Este frente constituía, prácticamente, el resto de la obra, destacando por su importancia la rampa de acceso a los puentes N° 1 y 5, así como la terminación de la vía deprimida hacia la avenida Paseo de la Reforma ( rama 20 ).

En este frente también estuvo contemplada la reforestación y la jardinería de toda la zona del distribuidor.

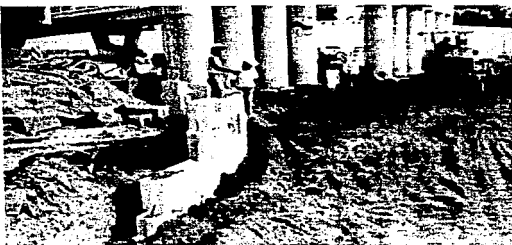
También se incluyó en este frente la colocación de todo el señalamiento definitivo tanto vertical como horizontal, incluyendo el rehabilitado del señalamiento horizontal en las zonas que se pusieron en operación al concluir la primer etapa.

En la fotografía IV.14 se observa la terminación de la vía deprimida ( rama 20 ) hacia la avenida Paseo de la Reforma.

En la fotografía IV.15 se observa la construcción de la rampa de acceso a los puentes N° 1 y 5.

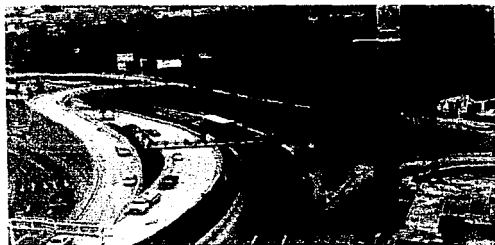


FOTOGRAFIA IV.14 *Se observa la terminación de la vía deprimida  
(rama 20) hacia Paseo de la Reforma.*



FOTOGRAFIA IV. 15 *Construcción de la rampa de acceso a los Puentes N° 1 y 5.*

Con la terminación de la tercer etapa se dió por concluida la construcción total del distribuidor, el cual entró en operación practicamente al momento de terminar las obras. En la fotografia IV.16 se puede apreciar como quedo el distribuidor una vez concluidos los trabajos.



FOTOGRAFIA IV.16 *Vista general del distribuidor totalmente terminado y en operación.*

## V CONCLUSIONES

Con la realización del Distribuidor Vial Constituyentes - Reforma, el lugar ha sido transformado para permitir el tránsito fluido de todos aquellos que salen o entran a la ciudad.

Con el Distribuidor ya en operación se tiene una fluidez de más de 75,000 vehículos diarios y de 115,000 toneladas de carga, repercutiendo en importante ahorro en tiempo y evitando las molestias que ocasiona. El cruce ha cambiado y la construcción del Distribuidor implica cambios en las costumbres de quienes por ahí transitan, que necesariamente deberán asimilarse. Lo que originalmente era un paradero natural de transporte doméstico ( combis y microbuses) ubicado en el núcleo del distribuidor, se trasladó hacia las zonas de semáforos.

Dentro de lo que es la intersección hasta el puente Conafrut no hay pasos peatonales públicos, estos se localizan adelante del distribuidor, por la zona de Santa Fe, y en los primeros semáforos de Reforma y Constituyentes. Sin embargo, se consideró un puente peatonal como acceso a la zona militar, ubicado a un costado del vehicular número 1.

Por lo que respecta al transporte foráneo que tenía paradas en el distribuidor, que captaba pasajeros procedentes de líneas de transporte domésticas, se está desarrollando un paradero en la zona de Santa Fe, en donde se realizará la correspondencia de la zona.

Además todas las avenidas cuentan con anuncios espectaculares que indican el funcionamiento general del distribuidor, así como los señalamientos propios para cada uno de los sentidos.

Cabe destacar que el distribuidor formará parte de la nueva red

de carreteras concesionadas, misma que se encuentra en fase inicial. Por el momento cada carretera de cuota, incluyendo al distribuidor tiene su importancia de manera aislada, pero en cuanto se vayan integrando en una verdadera red, definitivamente crecerán en importancia económica para el país.

Aunque el distribuidor se encuentra dentro de los límites políticos del Distrito Federal, desde el punto de vista operativo, la autopista es considerada ya como obra federal. por este motivo se estableció un convenio entre el Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con el fin de integrarlo al panorama federal por medio de las concesiones.

BIBLIOGRAFIA :

- 1.- MECANICA DE SUELOS.  
EULALIO JUAREZ BADILLO - ALFONSO RICO RODRIGUEZ  
VOLUMEN II TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECANICA  
DE SUELOS, EDITORIAL LIMUSA 2a EDICION,  
1983, MEXICO D.F. 703 PP.
- 2.- LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES  
CARRETERAS, FERROCARRILES, Y AEROPISTAS  
VOLUMEN II  
ALFONSO RICO RODRIGUEZ Y HERMILO DEL CASTILLO  
EDITORIAL LIMUSA, MEXICO D.F. 1982 642 PP.
- 3.- GEOTECNIA Y CIMENTOS III  
JOSE ANTONIO JIMENEZ SALAS  
EDITORIAL RUEDA, 1986, 642 PP.
- 4.- NORMAS PARA CONSTRUCCION E INSTALACIONES  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
A) ESTRUCTURAS Y OBRAS DE DRENAJE 3.01.02  
B) PAVIMENTOS 3.01.03  
C) ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS, INSTALACIONES Y  
OBRAS COMPLEMENTARIAS TERMINADOS 3.04.01,  
3.04.02,3.04.03  
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS  
MEXICO D.F. 1991
- 5.- ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO  
OSCAR M. GONZALEZ CUEVAS Y FRANCISCO ROBLES F.  
EDITORIAL LIMUSA 2a EN, 1986 MEXICO, D.F. 675 PP.
- 6.- MANUAL DE INSPECCION DEL CONCRETO  
TOMOS I, II Y III  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS  
MEXICO D.F. 1984 1269 PP.
- 7.- PROYECTO EJECUTIVO DE LA OBRA " DISTRIBUIDOR  
VIAL CONSTITUYENTES - REFORMA "  
EMPRESA PROYECTISTA Y CONSTRUCTORA TRIADA S.A.  
MEXICO D.F. 1991