



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE  
DISTRIBUIDOR VIAL  
ZARAGOZA-OCEANÍA”

T E S I S QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

***NORBERTO REYES CARDEÑO***

DIRECTOR  
ING. FRANCISCO LÓPEZ MENDIETA





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.

*Agradecimientos:*

*Por darme la oportunidad de vida,  
Por la familia que me has brindado y  
Por la fortaleza que me proporciona  
para cumplir con mi destino.*

**GRACIAS DIOS**

*A la UNAM por formar parte de ella y permitir mi formación académica.  
A la Facultad de Ingeniería por realizar la visión que un día se me presento cuando  
niño.*

*A mi Familia:*

*Hermanas (os); Por el amor y cariño que me demuestran y por que siempre han  
estado pendientes de mi persona.  
Suegros; Por que desde que los conocí, me tienen presente en sus vidas  
Cuñadas (os); Por el apoyo que me dan de una u otra forma.*

*Al Ing. Francisco López Mendieta; Por brindarme todo su apoyo incondicional  
para la realización de la presente tesis.*

---

*Dedicatorias:*

*A mis Padres :*

*Ana María Cardeño Romero; Por ser una persona maravillosa, que siempre se brinda incondicionalmente, que me a impulsado en todo momento y porque esta en un lugar muy especial de mi corazón.*

*¡Te quiero mucho mamá!*

*En memoria de mi padre Fortino Reyes Camacho; Ya que su recuerdo siempre está conmigo y allá, en el lugar que Dios te reservo, te sientas orgulloso de mí.*

*¡ Nunca te olvidaré!*

*A mi esposa Mireya Balderas Visoso; El amor, la paciencia, el impulso y el apoyo que siempre me proporcionas, hacen de mi una persona que si ya te quería, ahora te ame mucho más, no pude encontrar mejor pareja en este mundo.*

*El camino elegido por ti, es vivir en la palabra de Dios y yo aprendo a tú lado, por eso te digo, siempre cuidaré de ti y nuestros hijos.*

*A mis hijos :*

*Daniela K, Por ser estudiosa, trabajadora y comprensiva, yo sé que estás en el camino de realizar tus sueños, no té apartes de el, tu esfuerzo siempre te llevará a donde quieras. ¡Tú lo lograras!*

---

*Valeria L.* Esa alegría que tienes consévala siempre en primer plano, para realizar tus propósitos de buen agrado, yo siempre te voy a apoyar, ten presente que si se quiere se puede. **¡Échale muchas ganas!**

*Norberto J.* Eres de los hombres el mayor y me encanta tu carácter, eres trabajador, estudioso y deportista, sigue en el camino hijo, recuerda que tus hermanas (os) también aprenden de ti. **¡Tu futuro es prometedor!**

*Zeus J.* Gracias hijo por tus demostraciones de amor y de afecto hacia tus padres, gracias por esa alma tan pura y dadivosa que posees y gracias por esas calificaciones tan reconfortantes que obtienes. **¡Sé así por siempre!**

*Ángel O.* Eres el bebé de la casa, saliste adelante en los primeros momentos de tu vida, a dios gracias y a ti te agradezco esa sonrisa que ilumina todas las mañanas mi vida, eso me da fuerza para seguir adelante.

**¡Eres un lindo angelito!**

Quiero expresarles todo el amor que tengo por ustedes, siempre están en mi mente y corazón, son junto con su mamá la razón de mi esfuerzo y trabajo diario y deseo que la culminación de mi carrera represente para ustedes una alegría y motivo de superación personal.

---

## ÍNDICE

		Página
	Introducción	1
Tema I	Proyecto	2
I.1	Generalidades	2
I.2	Descripción	4
I.3	Justificación	9
I.4	Beneficios esperados	10
Tema II	Estudios	11
II.1	Ubicación de la obra	11
II.2	Mecánica de suelos	11
II.3	Resultados y recomendaciones	15
Tema III	Diseño	21
III.1	Subestructura	21
III.1.1	Cimentación	21
III.1.2	Magnitud y distribución de cargas	21
III.1.3	Clasificación del sistema de cimentación	23
III.1.4	Solución	23
III.1.5	Diseño de pilotes	24
III.1.6	Diseño del cajón de cimentación	25
III.2	Estructura	27
III.3	Superestructura	31
III.4	Obras complementarias	39
Tema IV	Programación	41
IV.1	Programa de construcción	41

Tema V	Construcción	47
V.1	Cimentación profunda y superficial	47
V.2	Obra inducida	56
V.3	Estructura	58
V.4	Superestructura	59
V.5	Obras complementarias	61
V.5.1	Firme de compresión	61
V.5.2	Accesorios	61
V.5.3	Parapeto	62
V.5.4	Pavimentos	62
Tema VI	Acabados	81
VI.1	Jardinería	81
VI.2	Pintura	82
Tema VII	Conclusiones	84
	Bibliografía	89

---

## Introducción

En la Ciudad de México los últimos 25 años, se han observado un crecimiento y desarrollo acelerado, y como consecuencia una gran demanda de insumos, servicios y satisfactorios. El transporte es una necesidad básica, la supervivencia de los seres humanos y la interacción en sociedad dependen en gran manera de la capacidad para trasladar personas y bienes, los sistemas de transporte eficaces son elementos de carga que facilitan el desarrollo económico, las ciudades no podrían existir sin sistemas que permitiesen el transporte de personas de forma económica y eficaz.

Las demandas en cuanto al sistema de transporte son las redes viales, cuyo objeto es intercomunicar los centros urbanos con rapidez y eficiencia, permitiendo el tráfico de vehículos, además de manera segura.

En consecuencia y debido a la expansión de la mancha urbana y al incremento de la población, el Distrito Federal es una de las ciudades más pobladas del mundo, con una tasa de crecimiento de 3.5% anual y de los 18 millones de personas que habitan en la zona metropolitana, el Distrito Federal da cabida a una población de 8.5 millones.

Por lo anterior en el área urbana de la Ciudad de México, se realizan 29.5 millones de viajes persona-día, de los cuales el 16.30% se efectúa mediante el Sistema de Transporte Colectivo Metro y el 83.70% utilizan el automóvil particular y el auto transporte concesionado (10.5 y 14.20 millones de viajes persona-día respectivamente).

Esto dio como resultado que el Gobierno del Distrito Federal estableció el Programa Anual de Construcción de Vialidades y Solución de Puntos Conflictivos, apegándose al Plan Rector de Vialidad para la Ciudad de México.

Por lo tanto la meta principal del Gobierno es crear un número mayor de vialidades a fin de evitar asentamientos y conflictos en las intersecciones vehiculares. Ya que el área metropolitana de la Ciudad de México cuenta dentro de su estructura vial, con una red de arterias tipo radial y anulares con características de circulación continua, que actualmente en su mayoría se encuentran operando durante los periodos de mayor movilidad con asentamientos y saturación, un ejemplo lo podemos ver en Anillo Periférico, Circuito Interior, calzada Ignacio Zaragoza, calzada de Tlalpan, Viaducto Tlalpan, Viaducto Miguel Alemán, la radial Río San Joaquín y la Avenida Francisco del Paso y Troncoso, Avenida Oceanía, en su tramo de Circuito Interior a Fray Servando Teresa de Mier, entre otras vialidades.

La Dirección General de Obras Públicas (DGOP) es la encargada de realizar, entre otras funciones, la de construir, ampliar, mejorar, sustituir y remodelar las obras viales que son demanda continua de la población, misma que requiere mejores alternativas para descongestionar las vialidades existentes.



## I Proyecto

### I.1 Generalidades.

El Eje Troncal Metropolitano de Integración Norte-Sur, con inicio en Ciudad Azteca, en Ecatepec Estado de México y con destino la zona sur del Distrito Federal, en las delegaciones de Tlalpan y Xochimilco respectivamente, con una longitud de 35 Km, forma parte fundamental en los esquemas de la estructura vial considerada por los Planes Integrales de Transporte y Vialidad por las autoridades del Gobierno del Distrito Federal y del Estado de México. Fig. 1.1

Es una vialidad de tipo radial, que utiliza las vías primarias; en el Estado de México, la Avenida Central ( Carlos Hank González), y en el Distrito Federal, la Avenida 608, Avenida Oceanía, Avenida Francisco del Paso y Troncoso, Avenida 5, Avenida Arneses, y el derecho de vía de Canal Nacional, hasta su entronque con el Periférico Sur, este eje permite la articulación con las vías primarias transversales, en el Estado de México; con el Boulevard de los Aztecas, Sor Juana Inés de la Cruz, Avenida Valle del Jucar, Valle del Guadiana, Periférico, Río de los Remedios, Arco Norte, y en el Distrito Federal; con el eje 5 Norte, Vía Tapo, Circuito Interior, Eje 2 Norte, Eje 1 Norte, Calzada Ignacio Zaragoza, Fray Servando Teresa de Mier, eje 3 Sur, Viaducto Río de la Piedad, Eje 4 Sur, Eje 5 Sur, Eje 6 Sur, Río Churubusco, Calzada Ermita Iztapalapa, Calzada Taxqueña, Santa Ana, Calzada de la Virgen, Calzada de las Bombas, Calzada de Hueso, hasta su liga con Anillo Periférico Arco Sur.

Donde la implantación de esta radial, viene a representar un gran alivio en la movilidad regional que proviene de la periferia, y tiene como destino la zona centro y sur del área metropolitana, es precisamente este eje troncal, que por sus características de ubicación y circulación continua lo vuelven más eficiente que la propia Avenida Insurgentes, dada una separación promedio de 5 Km, entre ambas vialidades y que podrá manejar volúmenes de tránsito del orden de los 5500 vehículos por sentido de circulación, en las horas de máxima demanda.

El Distribuidor Vial “**Ing. Heberto Castillo Martínez**” Fotografía 1, es una obra que forma parte fundamental en la implantación del corredor vial de integración Norte-Sur.



Fotografía 1

**EJE TRONCAL METROPOLITANO  
 CIUDAD AZTECA (ECATEPEC) - PERIFERICO (ARCO SUR)  
 LONGITUD 35 Km.**

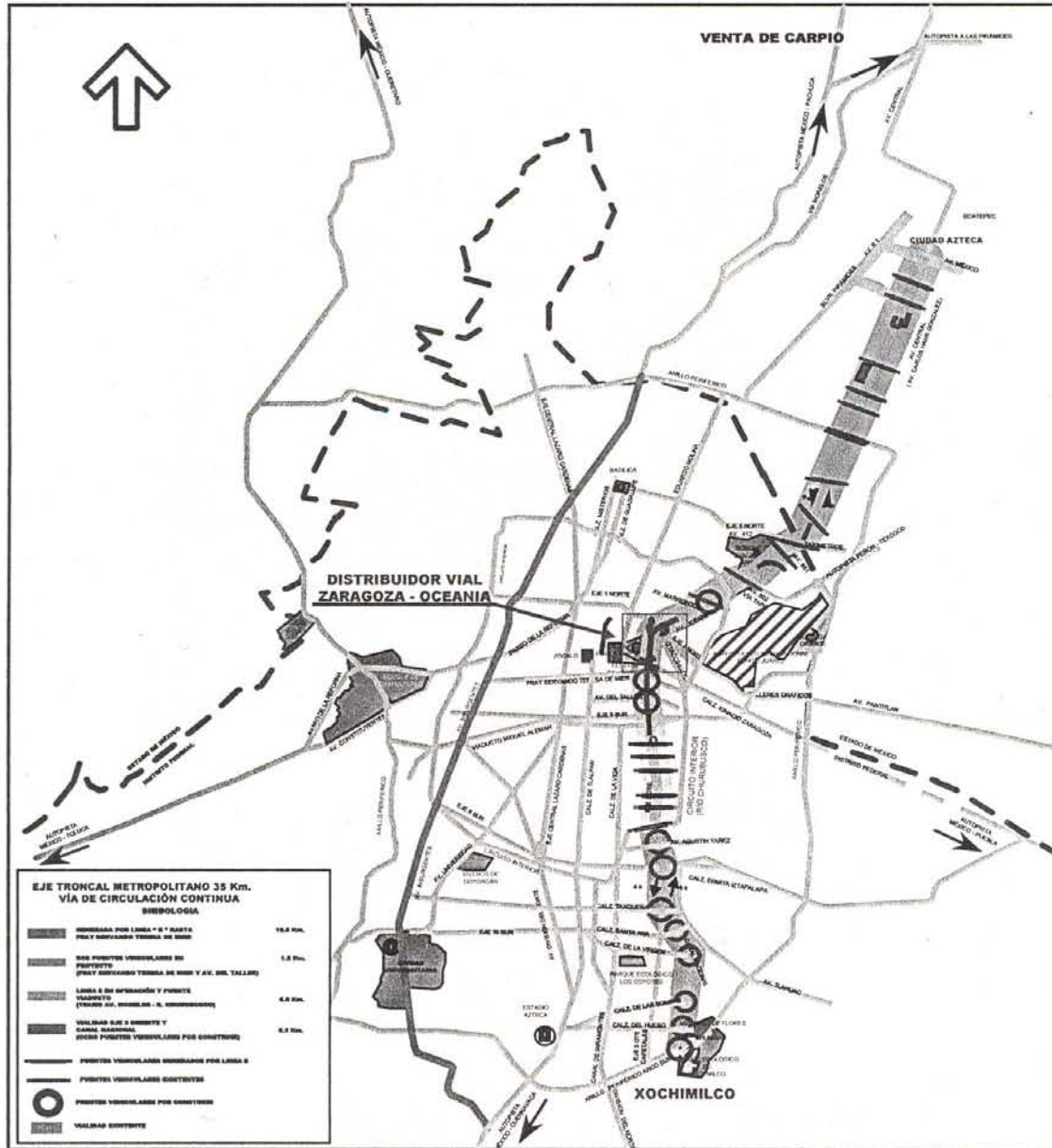


Fig. 1.1

## I.2 Descripción.

### Características Geométricas:

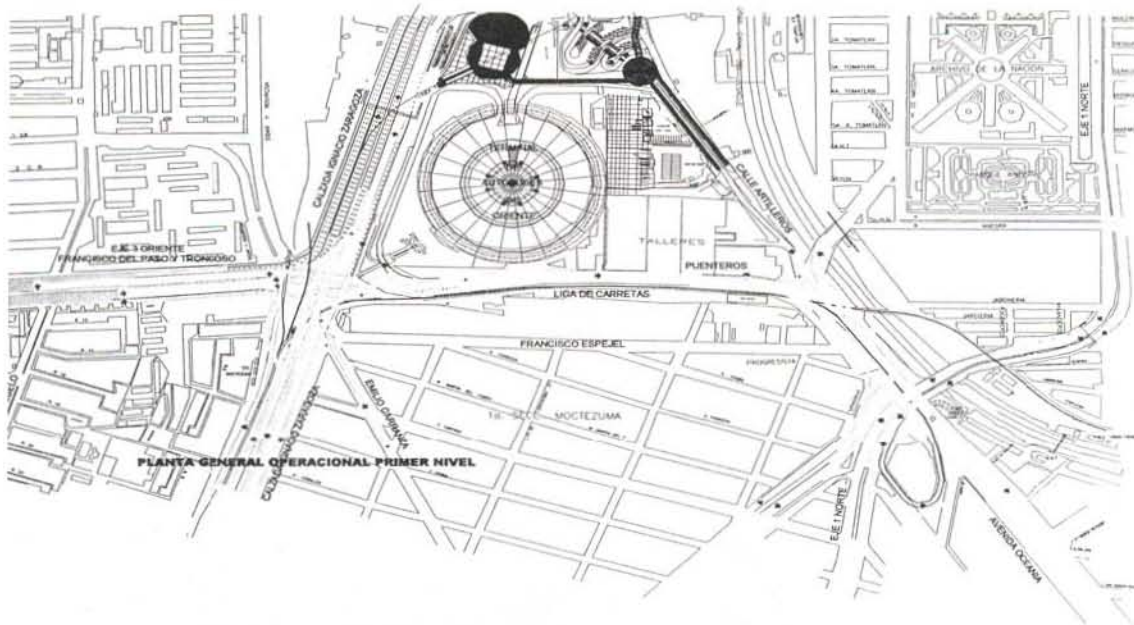
- Tipo de solución: Viaducto elevado a doble nivel.
- Capacidad 6400 Veh/Hora/Sentido.
- Velocidad de proyecto 70 Km/hr.
- Pendiente longitudinal del 6%.
- Contempla vialidad a nivel superficial y dos niveles superiores.
- Arroyos (cuerpos) Dos de 15.50 m.
- N° De carriles 8 (4 por arroyo).
- Primer nivel 1585.00 m.
- Segundo Nivel 1565.00 m.
- Gazas complementarias 2150.00 m.
- Gazas de desincorporación de 2 carriles.
- Longitud total 5300.00 m.

### Características Operacionales:

- Funcionamiento Vial:
  - Cuatro carriles por sentido de circulación sobre el segundo y tercer nivel.
  - El primer nivel (Superficial) facilita la entrada a la Avenida Iztaccihuatl a la Avenida Eduardo Molina y al Terminal de Autobuses del Oriente (TAPO)  
Fig. 1.2
  - El segundo nivel comunica Fco. del Paso y Troncoso con Av. Oceanía.  
Fig.1.3
  - El tercer nivel comunica Av. Oceanía con Fco. Del Paso y Troncoso.  
Fig. 1.4
- Movimientos direccionales en la intersección de Fco. del Paso y Troncoso con Calz. Ignacio Zaragoza:
  - El primer nivel soluciona todos los movimientos direccionales de vuelta derecha.
  - El segundo nivel comunica en forma directa de Fco. Del Paso y Troncoso Hacia Av. Eduardo Molina así como a la calle Emilio carranza (Colonia Moctezuma). Fotografía 2
  - El tercer nivel comunica en forma directa hacia Calz. Ignacio Zaragoza Dirección Oriente. Fotografía 2
- Movimientos direccionales en la intersección de Av. Oceanía y eje 1 Norte:
  - El nivel superficial soluciona todos los movimientos direccionales de vueltas Derechas.
  - El segundo nivel comunica en forma directa Oceanía con el Eje 1 Norte.  
Fotografía 3
  - El tercer nivel comunica en forma directa el eje 1 Norte hacia Fco. del Paso y Troncoso. Fotografía 3



**PLANTA GENERAL OPERACIONAL PRIMER NIVEL**



**PLANTA GENERAL OPERACIONAL PRIMER NIVEL**

Fig. 1.2

**PLANTA GENERAL OPERACIONAL SEGUNDO NIVEL**

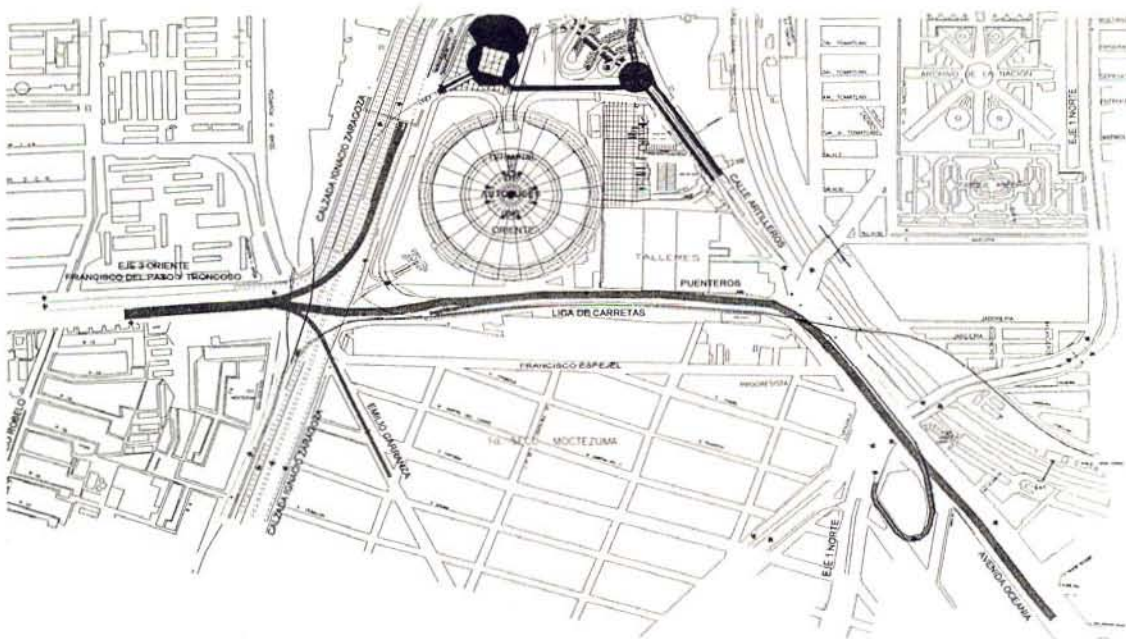


Fig. 1.3

**PLANTA GENERAL OPERACIONAL TERCER NIVEL**

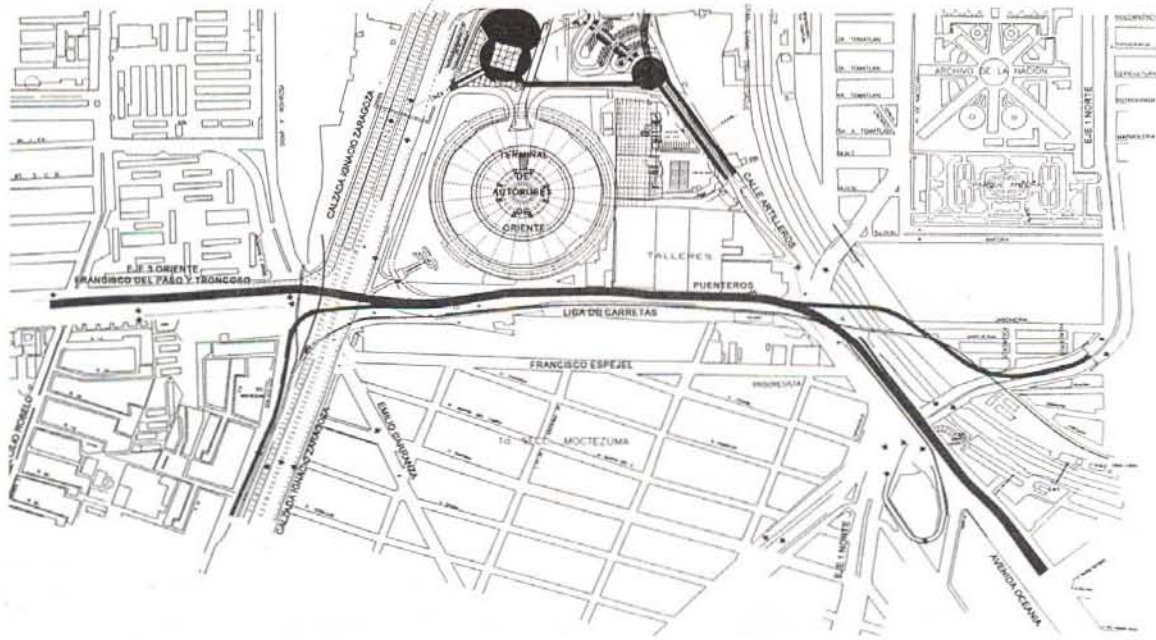
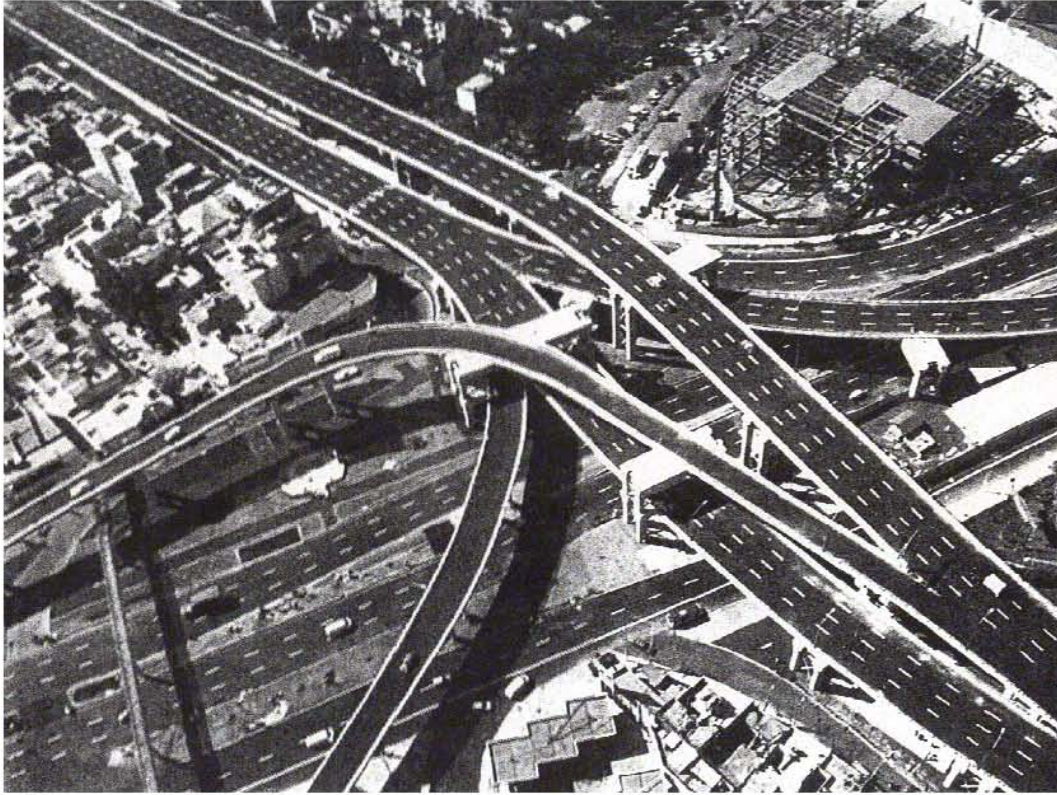


Fig. 1.4





Fotografía 2



Fotografía 3

Características Estructurales:

El distribuidor vehicular, es una superestructura de elementos prefabricados de concreto armado, las traves de la franja de rodamiento son tipo cajón presforzadas, apoyadas en cabezales prefabricados, y estos a su vez a columnas circulares y oblongas coladas en sitio, en la parte central de doble nivel del puente, los apoyos serán traves prefabricadas.

El sistema estructural esta formado por marcos, compuestos por traves, cabezales y columnas en ambos sentidos. El sistema se desplanta sobre una cimentación formada por zapatas tipo cajón, y estas a su vez sobre pilotes de fricción.

Los accesos a la estructura puntual están conformados por muros laterales de concreto colados en sitio y en el extremo el muro estribo que limitará la zona de terraplén, el cual a su vez sirve de apoyo al desplante de la estructura. Como se muestra en la Fig. 1.5

**CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES, GEOMÉTRICAS Y OPERACIONALES**

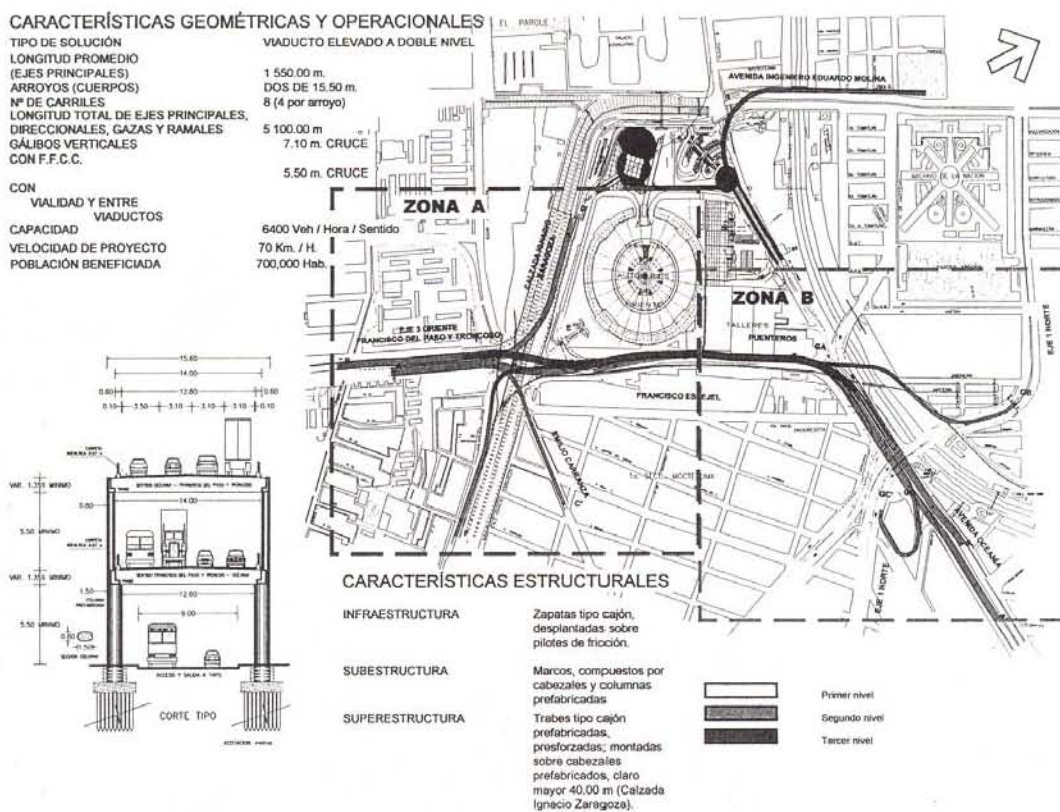


Fig. 1.5



### I.3 Justificación.

Los altos niveles de tránsito vehicular como consecuencia de la necesidad de desplazamiento, procedentes de los viajes producidos de algunas zonas conurbanas en el Estado de México hacia las avenidas primarias de Francisco del Paso y Troncoso, la Avenida Oceanía en su cruce con la Calzada Ignacio Zaragoza, propician que la vialidad sea inadecuada, debido a que en estos altos volúmenes interfieren las diversas vías aledañas al lugar, ya que no son suficientes, además controlados por dispositivos de control de tránsito (semáforos), aunado el sistema de transporte de la Terminal de Autobuses del Oriente, la cual genera que un número importante de usuarios arriben a la zona, presentándose como opción la llegada en vehículos particular ó público y el metropolitano línea “1” y línea “B”. Los autobuses que llegan o salen de esta terminal lo realizan principalmente por Calz. I. Zaragoza, cruzando obligadamente la intersección con la Av. Francisco del Paso y Troncoso, siendo estos vehículos aportación importante a los volúmenes de tránsito en la zona.

Un estudio de impacto ambiental determinó altos niveles de contaminación de la zona en cuestión, tales como los diferentes gases y el ruido emitido, propio de motores como del claxon o trompetas que son accionados por la impaciencia de los conductores y para agravar la situación se tiene la escasa o nula vegetación arbórea y arbustiva que ayude al consumo de los gases contaminantes como el bióxido de carbono.

La vialidad que nos ocupa, con sus intersecciones, funcionan con las características de operación típicas, que muestran las vías principales de tipo primario, siendo estas los altos volúmenes vehiculares, sus intersecciones semaforizadas y de escasa sección, los cuales limitan la fluidez del tránsito, con sus consecuentes conflictos de operación que inciden prácticamente en los niveles de servicio.

Lo anteriormente expuesto, es comprensible si consideramos que la zona es de alta movilidad y existen vías de acceso al área urbana de la zona de intercambio modal de la Línea 1, y sirven de enlace entre esta última y las zonas del centro, norte y sur de la ciudad, estas vías de penetración son:

1. - Av. Oceanía, sentido Norte-Sur.
2. - Av. Francisco del Paso y Troncoso, sentido Sur-Norte.
3. - Calz. Ignacio Zaragoza, sentido Oriente-Poniente.
4. - Calz. Ignacio Zaragoza, sentido Poniente-Oriente.
5. - Av. Eduardo Molina, sentido Norte-Sur.

Por su posición geográfica, así como por la importancia que tiene dentro de la estructura vial, estas arterias de enlace resultante de uso obligado para el vehículo particular y para el sistema de transporte concesionado.

El distribuidor vial, “**Ing. Heberto Castillo Martínez**”, se aporta como una solución para conectar dos vialidades de primer orden como lo son la Av. Oceanía y el eje 3 Oriente (Francisco del Paso y Troncoso), cuando no se cuenta con un derecho de vía de una latitud suficiente para alojar dos arroyos ó calzadas de circulación en un mismo nivel, dando como resultado el proyecto de un viaducto a doble nivel, con una longitud promedio de 1.55 Km, que se localiza en el costado oriente de la terminal de autobuses de oriente (TAPO), sobre la calle conocida como “Punteros” ó “Liga de Carretas”, cuyo nivel superior unirá el sentido de Oceanía hacia Francisco del Paso y Troncoso, Fig1.5, en un arroyo de 15.5 m. de sección promedio, para albergar cuatro carriles de circulación, salvando el eje 1 Norte y la Calzada Ignacio Zaragoza, en tanto que el nivel medio superior unirá el sentido de Francisco del Paso y Troncoso hacia Av. Oceanía, salvando de la misma manera la Calzada Ignacio Zaragoza y el propio eje 1 Norte, contando también con cuatro carriles de circulación.



El distribuidor vial permitirá ofrecer una liga de incorporación directa hacia la zona oriente, comunicando las colonias, Moctezuma 1ª y 2ª sección, Revolución y Madero con la Jardín Balbuena, mismas que de no contar con la obra puntual quedarían aisladas y tendrían que desarrollar movimientos excesivos para acceder o salir de la zona, esto en función de dar continuidad al Eje Troncal y ligar las Avenidas Fco. Del Paso y Troncoso y Oceanía, a través de una estructura elevada evitando los cruces semaforizados que actualmente se dan en los cruces con la Calzada Ignacio Zaragoza y Norte 17.

Liga las zonas Oriente con el Poniente, así como la zona Centro del área Metropolitana, atendiendo diversas áreas de actividad pública, como industriales, educativas, comerciales, de transporte y recreativas. Por lo tanto son arterias considerables y de constantes flujos vehiculares. Estos vehículos de alguna manera para llegar a la zona de estudio deberán tomar los corredores Oriente-Poniente antes descritos.

#### I.4 Beneficios esperados.

- Tiempo total de duración esperada de proyecto.
- Población beneficiada: 700000.00 habitantes.
- Evaluación económica:  
Para el proyecto del Distribuidor Vial, se identificó el beneficio basado en el ahorro de costos de operación vehicular.  
Para el cálculo de la evaluación económica, las acciones de este componente parten de los beneficios generados para dar condiciones de ahorro de tiempo en el traslado en cada viaje, este se basa en el incremento de la velocidad, producto de la ejecución de las obras puntuales específicas.

Este incremento de velocidad es producto principalmente de los siguientes aspectos:

- Disminución de tiempos de recorrido en el tránsito entre la Av. Oceanía y Fco. del Paso y Troncoso, en ambos sentidos de circulación.
- Resolverá el conflicto vial en las intersecciones de Fco. del Paso y Troncoso con la Calz. Ignacio Zaragoza y la Av. Oceanía con Eje 1 Norte, solucionando los movimientos direccionales con mayor demanda.
- Mejoramiento del nivel de servicio.
- Este proyecto se lleva a cabo sin provocar afectaciones.

## II Estudios

### II.1 Ubicación de la Obra

El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones emite una zonificación en donde se clasifica el área de la Ciudad de México de acuerdo al tipo de suelo, basada en propiedades de compresibilidad y resistencia de los depósitos característicos, que es:

- Zona I → Zona de Lomas.
- Zona II → Zona de Transición.
- Zona III → Zona de Lago. Fig. 2.1

El proyecto en cuestión está ubicado en la Zona III, o Zona de Lago, esto permite de manera preliminar identificar las características del subsuelo, aunque esto no implica tener certeza de las condiciones en el punto en cuestión, por lo tanto se está obligado a realizar la exploración estratigráfica y la determinación de las propiedades mecánicas.

La Zona III se caracteriza por los grandes espesores de arcillas de alta compresibilidad que subyacen a una costra endurecida superficialmente, de espesor variable en cada sitio, dependiendo de la localización e historia de las cargas, por ello la Zona de Lago se ha dividido en 3 subzonas, por dos factores:

- 1°. - El espesor y la costra superficial.
- 2°. - La consolidación inducida.

### II.2 Mecánica de suelos

Determinación de Estudios:

Los resultados que se obtienen en la mecánica de suelos, son los que se determinan de los estudios de campo, realizados de las condiciones regionales que caracterizan la zona, de las características y propiedades estratigráficas del sitio, dando recomendaciones para el diseño de las estructuras, y también proporcionan una alternativa de cimentación más eficiente, así como las recomendaciones y especificaciones a seguir para su construcción.

Se debe tomar en cuenta que el costo del total de los estudios que se realizan en un sitio es relativamente bajo, del orden del 0.5 al 1.5 % del costo total de una obra, lo cual implica no escatimar recursos económicos para realizar un estudio completo y lo más confiable posible, cuya repercusión se tendrá en una obra que brinde seguridad en los ámbitos que en ella influyen.

El comportamiento del suelo es esencial para el buen o mal funcionamiento de los cimientos y estructuras superiores. Por lo cual es importante no exceder la capacidad de carga del suelo.

Algunas propiedades del suelo esenciales para la determinación de la cimentación son:

- La estratigrafía de la zona de suelo donde se ubicará la estructura. Esta nos permite conocer la presencia y altura de las diferentes capas de suelo conformada por diferentes materiales
- Tipo de suelo y capacidad de carga en los diferentes estratos. Esto nos dice las propiedades índice y mecánicas de los suelos de cada estrato, para determinar la resistencia y deformabilidad a los esfuerzos cortantes y de compresión, así como para el cálculo de asentamientos debidos a la aplicación de carga.

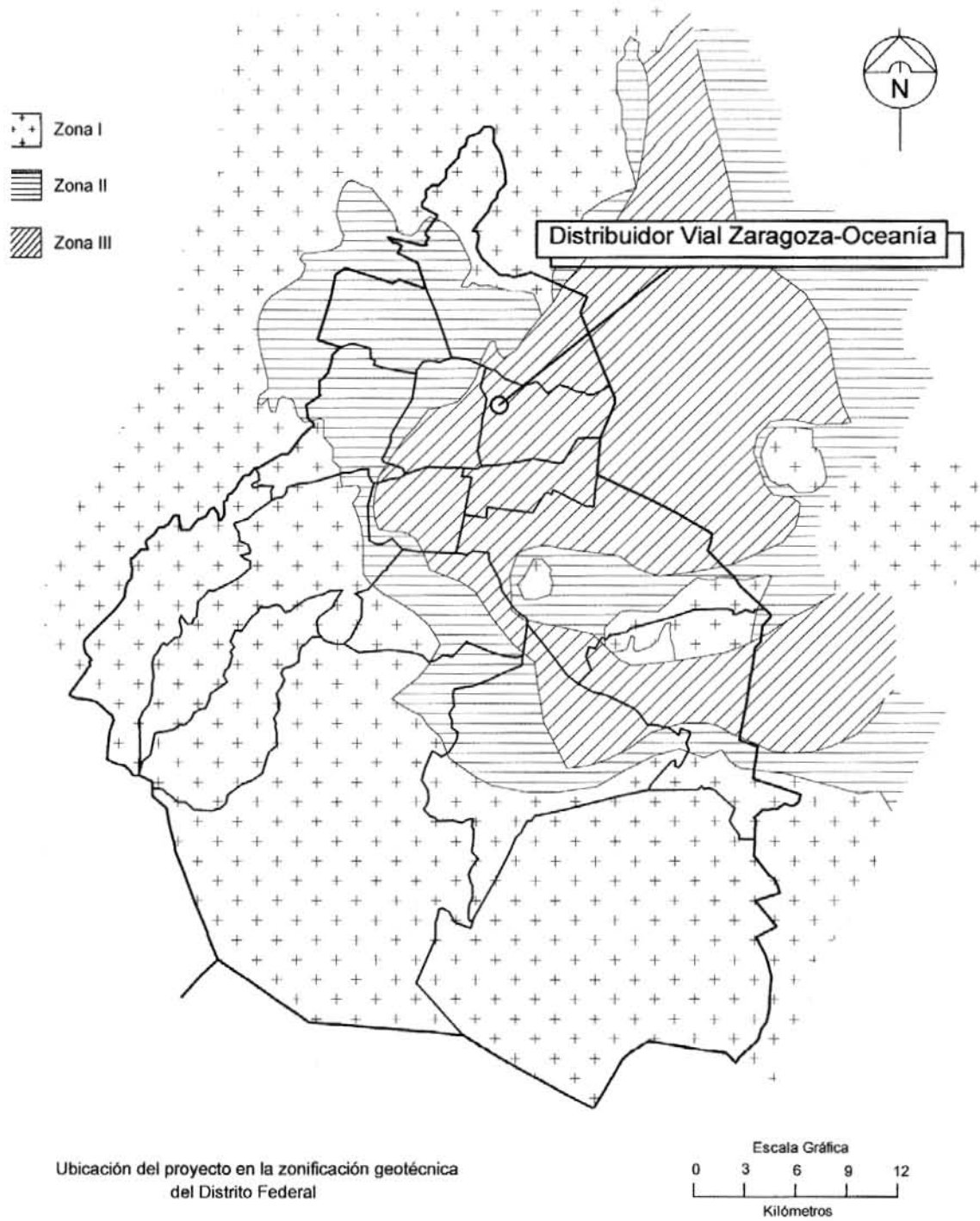


Fig. 2.1

- Ubicación del Nivel de Aguas Freáticas. Debido a su influencia en el Sistema de Cimentación y Procesos Constructivos.

La información obtenida resulta de vital importancia, se obtiene mediante técnicas de investigación de campo y de laboratorio, se busca determinar parámetros representativos de las condiciones del suelo de soporte. **Se logra entonces seleccionar y diseñar racionalmente el elemento de transición suelo-estructura**

De lo anterior el Distrito Federal que forma parte del Valle de México, cuyas características y propiedades de los suelos en general varían notablemente conforme la profundidad, desde terrenos firmes y poco deformables con resistencia al corte relativamente alta, hasta zonas ubicadas en el fondo de antiguos lagos, donde se encuentran estratos de suelos arcillosos y limos muy compresibles y de baja resistencia al corte.

El reglamento de construcciones establece la necesidad de examinar las condiciones presentes y pasadas que afecten al predio donde se establecerá la estructura, para lo cual se tienen los siguientes métodos principales de exploración e investigación del subsuelo:

- Métodos de exploración:
  - Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado ó inalterado.
  - Perforaciones con posteadora ó barrenos helicoidales.
  - Método de penetración estándar.
  - Método de penetración cónica.
- Métodos de exploración detallada:
  - Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado.
  - Métodos con tubo de pared delgada ( Shelby).
  - Métodos rotatorios para roca.
- Métodos geofísicos:
  - Método sísmico.
  - Método de resistencia eléctrica.
  - Método magnético y gravimétrico.

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del DF. son de la categoría de construcción pesada, extensas o con excavaciones profundas, las edificaciones que tienen al menos una de las siguientes características:

- ⌘ Peso unitario medio de la estructura  $W > 5 \text{ t/m}^2$
- ⌘ Perímetro de la construcción  $P > 120 \text{ m}$  en la Zona III
- ⌘ Profundidad de desplante  $Df > 2.5 \text{ m}$

Las Normas Técnicas manifiestan que los requisitos mínimos para la investigación de estructuras de este tipo son:

- Inspección superficial detallada (después de la limpieza y despalme del predio) para la detección de rellenos sueltos y grietas.

- Sondeos para determinar la estratigrafía, propiedades índice y propiedades mecánicas de los materiales y definir la profundidad de desplante. Los sondeos permitirán obtener un perfil estratigráfico continuo, con la clasificación de los materiales encontrados y su contenido de agua. Además se obtendrán muestras inalteradas de los estratos que puedan afectar el comportamiento de la cimentación. Los sondeos deberán realizarse en número suficiente para verificar si el subsuelo del predio es uniforme, o definir sus variaciones dentro del área estudiada.
- En caso de cimentaciones profundas, se investigará la tendencia de los movimientos del subsuelo debidos a consolidación regional y determinación de las condiciones de presión del agua en el subsuelo, incluyendo la detección de mantos acuíferos colgados.

Para aplicar lo anterior, se entenderá por peso unitario medio de una estructura, a la suma de la carga muerta y de la carga viva con intensidad media, al nivel de apoyo de la subestructura, dividida entre el área de la proyección en planta de dicha subestructura. En edificios formados por cuerpos con estructuras desligadas, cada cuerpo deberá considerarse separadamente.

El número mínimo de exploraciones a realizar será de 1 por cada 120 m. La profundidad de las exploraciones dependerá del tipo de cimentación y de las condiciones del subsuelo, pero no será inferior a 2 m bajo al nivel de desplante, salvo si se encuentra roca sana y libre de accidentes geológicos o irregularidades a profundidad menor.

Los procedimientos para localizar galerías de minas y otras oquedades deberán ser directos.

Los sondeos a realizar podrán ser de los tipos indicados a continuación:

- Sondeos de recuperación continua de muestras alteradas mediante la herramienta de penetración Estándar.
- Sondeos mixtos con recuperación alterna de muestras inalteradas y alteradas en las zonas II y III.
- Sondeos de verificación estratigráfica sin recuperación de muestras, recurriendo a la penetración de cono mecánico o eléctrico.
- Sondeos de percusión con equipo tricónico. Serán aceptables para identificar tipos de material o descubrir oquedades.

En el caso del proyecto y con fundamento en lo anterior, para establecer las características de la zona, se efectuaron sondeos de cono eléctrico, sondeos de muestreo selectivo y se instaló una estación piezométrica para la determinación de los niveles piezométricos en el subsuelo, se muestra su ubicación en planta, tal como se indica en la fig. 2.2 En las figs. 2.3, 2.4, 2.5 se muestran los perfiles de la estratigrafía local, obtenidos de los sondeos de cono eléctrico.

Las muestras inalteradas de los sondeos de muestreo selectivo, son ensayados en el laboratorio para determinar los parámetros de resistencia y cohesión de los diferentes estratos que conforman la estratigrafía local, los resultados obtenidos se presentan en la fig. 2.6

Los parámetros de resistencia de los suelos son; para los suelos cohesivos, la resistencia al corte en condiciones no drenadas, que se puede obtener con la expresión siguiente:

$$C_{uu} = Q_c / N_k \quad \text{donde:} \quad C_{uu} \rightarrow \text{Resistencia al corte no drenada.}$$

$$Q_c \rightarrow \text{Resistencia de punta de cono.}$$

$$N_k \rightarrow \text{Coeficiente de correlación.}$$

Para la Ciudad de México se han determinado los siguientes valores de coeficiente de correlación:

Tipo de suelo	Coefficiente de correlación
Arcillas blandas	73
Limos arcillosos duros	24

Valores de  $N_k$  y  $Q_c$  en  $Kg/cm^2$  para  $\rightarrow$   $C_{uu}$  en  $ton/m^2$

### II.3 Resultados y Recomendaciones

Con la información obtenida de los sondeos de cono eléctrico, la estratigrafía se define de la manera siguiente:

Una costra endurecida superficial de 5m de espesor con resistencia de cono eléctrico comprendida entre 10 y más de 20  $Kg/cm^2$ , que es subyacente por un estrato de 30 m de arcilla blanda de alta compresibilidad con una resistencia media a la penetración del cono eléctrico  $Q_c = 5 Kg/cm^2$ , seguida de una capa dura compuesta de arena fina de 2 m de espesor y una capa de arcilla limosa de alta compresibilidad de 13 m de espesor, separado por una capa firme de 2.5 m de arena ubicada aproximadamente a 42 m de profundidad con respecto al nivel del terreno natural.

De lo anterior se desprende que se tienen estratos poco resistentes o con una baja capacidad de carga, con alta compresibilidad y grandes espesores, teniendo el suelo una conformación uniforme a lo largo de su trayectoria.

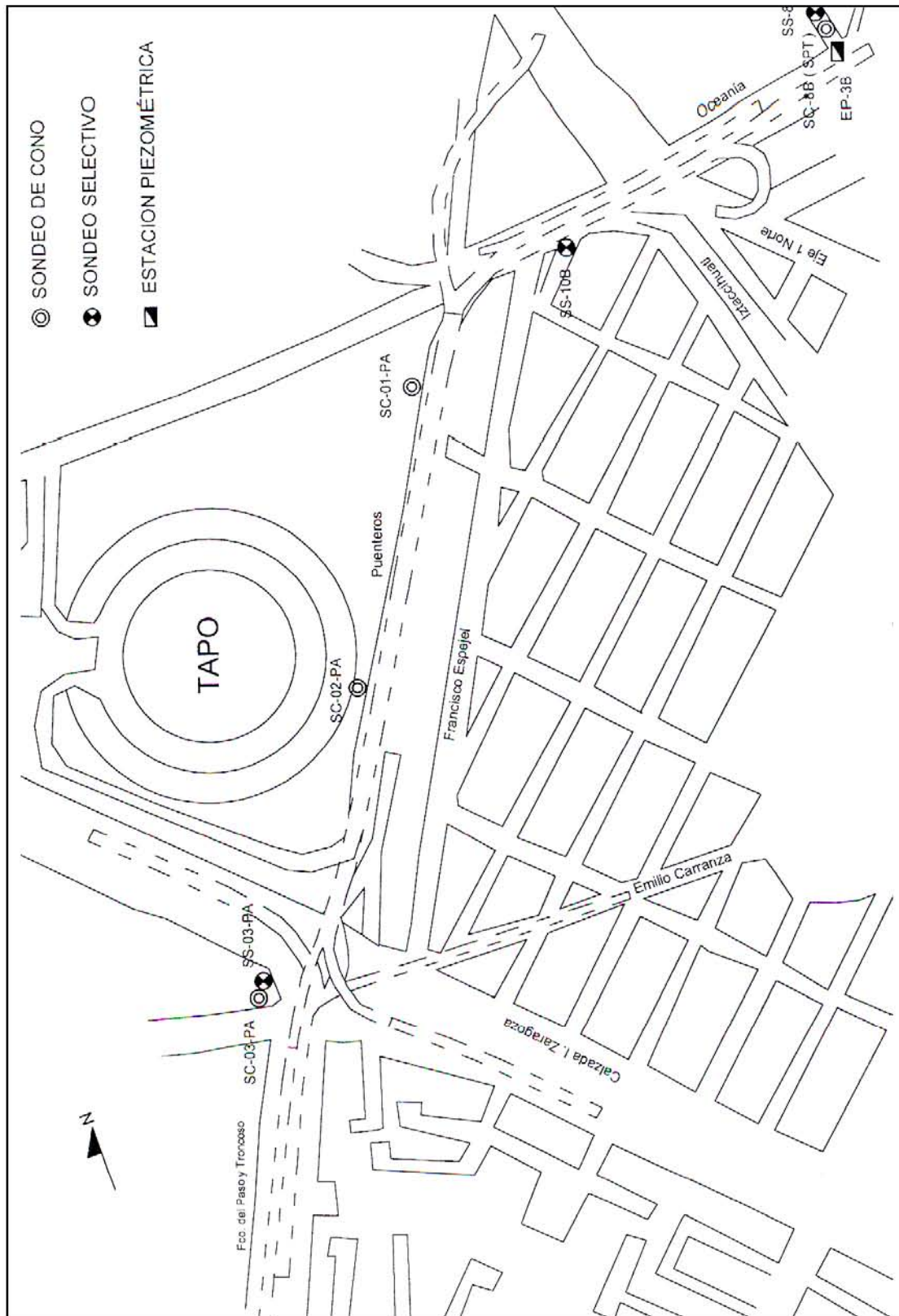


Fig. 2.2 LOCALIZACIÓN DE SONDEOS

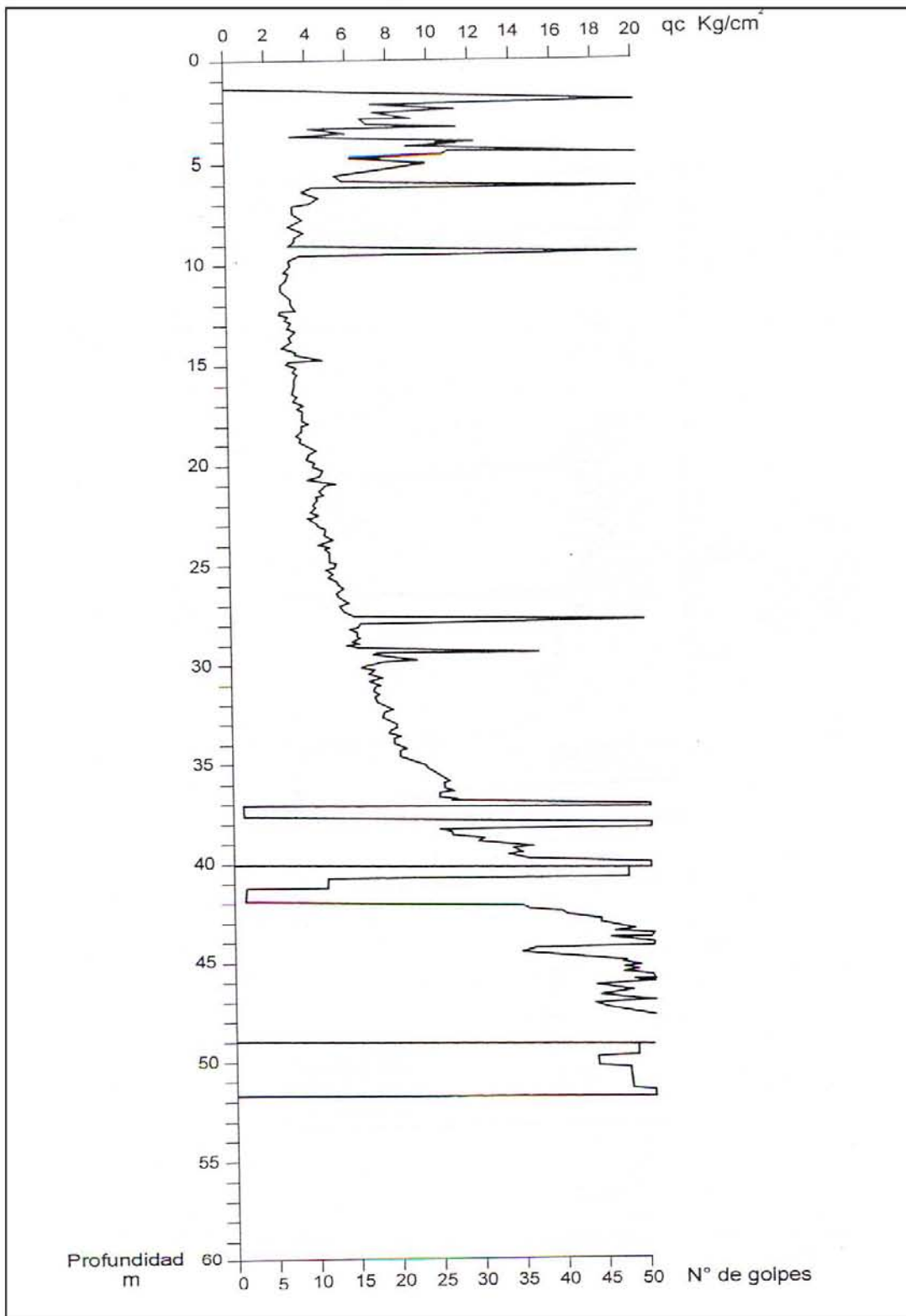


Fig. 2.3 SONDEO DE CONO SC-01 PA



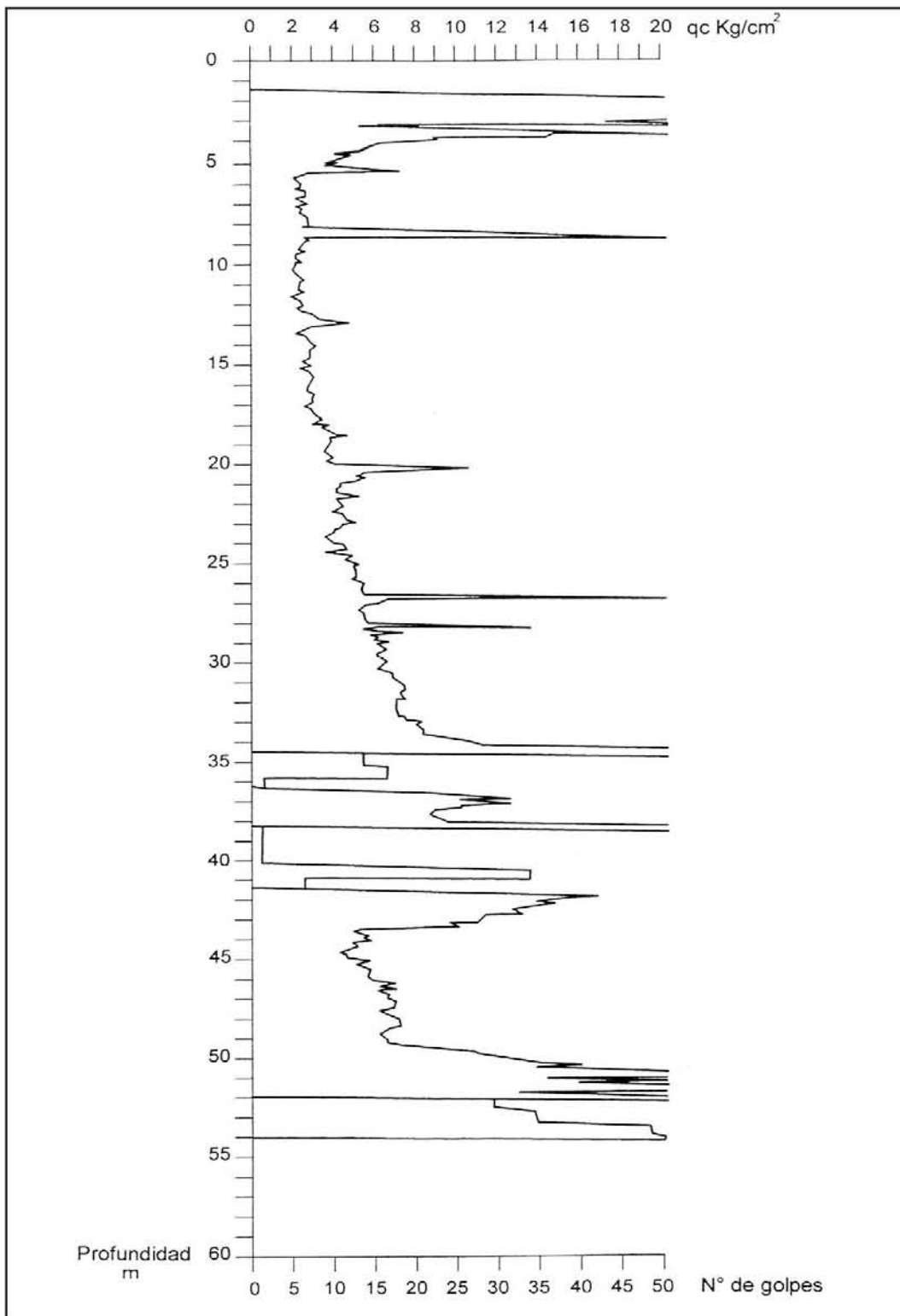


Fig. 2.4 SONDEO DE CONO SC-02 PA

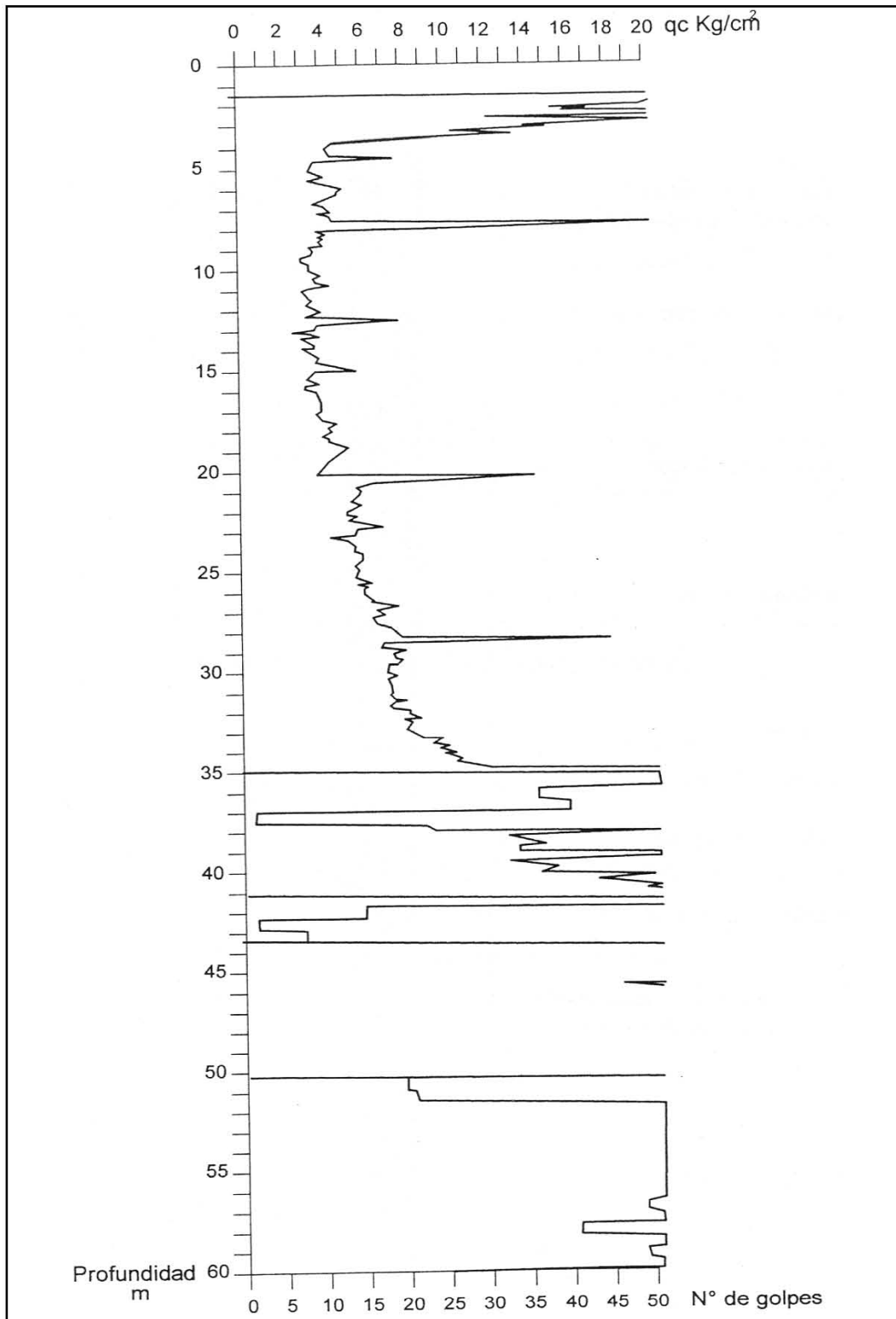


Fig. 2.5 SONDEO DE CONO SC-03 PA

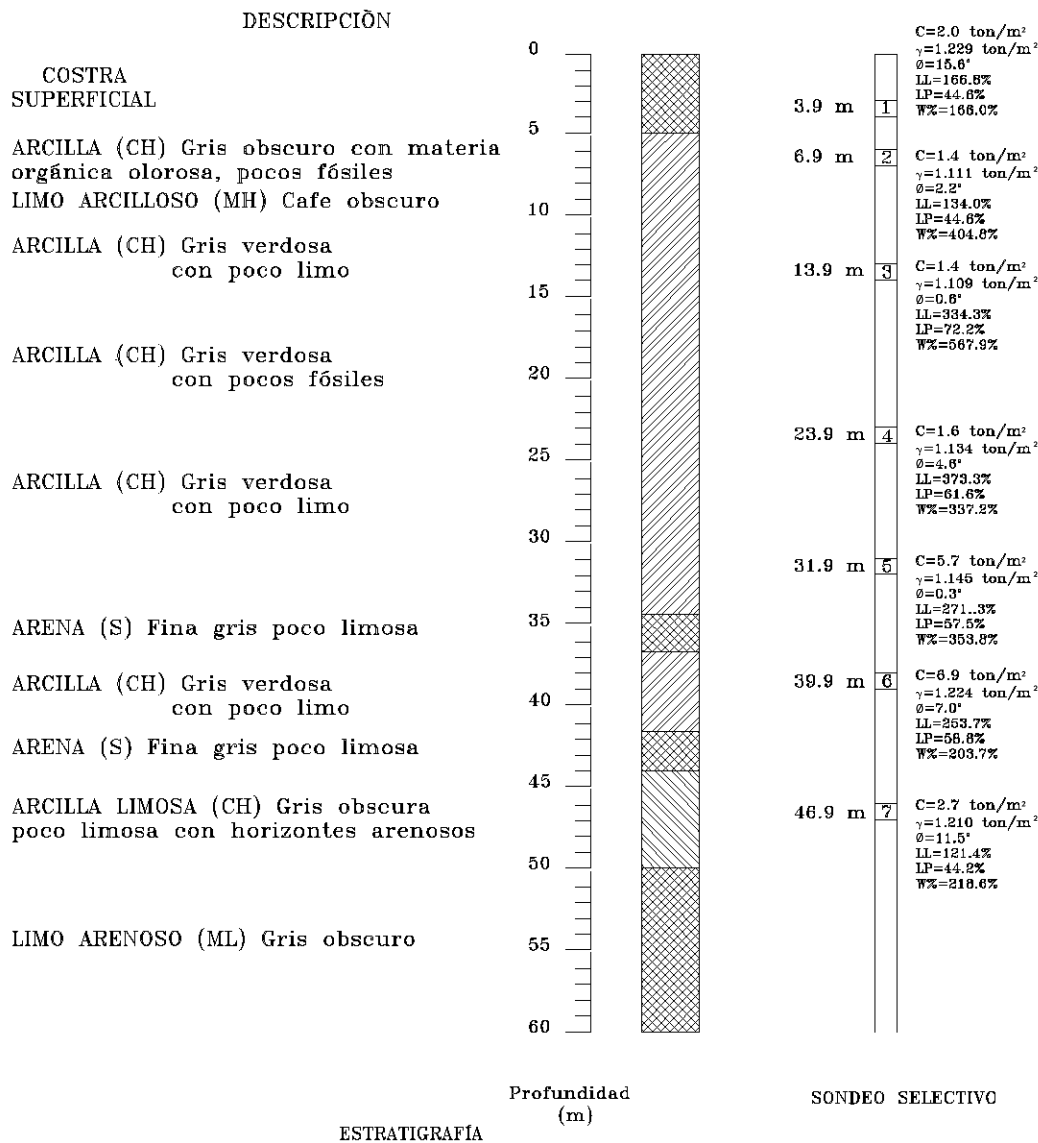


Fig. 2.6

### III Diseño

#### III.1 Subestructura

##### III.1.1 Cimentación

A continuación se presentará la descripción de los elementos que intervienen para la determinación del Sistema de Cimentación (SC) de un proyecto, lo cuál permitirá comprender los criterios con los que se determinó el sistema de cimentación del Puente Vehicular Distribuidor Vial Zaragoza-Oceanía (PVDVZ-O).

Las cargas sobre una estructura y su peso propio se conciben en el diseño como fuerzas que es necesario transmitir a una zona de los mantos de suelo, mismo que resultará afectado por los cambios de esfuerzo, dando una respuesta determinante para la estabilidad y funcionamiento de las estructuras, esto se logra por medio de un sistema de soporte, integrado por un elemento estructural de transición y el suelo, siendo este sistema el que proporciona seguridad y confiabilidad, para garantizar que las estructuras van a ser estables y funcionales durante su vida útil.

Los cimientos son los elementos estructurales que permiten la transición entre la superestructura y el suelo, adecuando las cargas a formas más tolerables para los mantos de suelo.

Para identificar el SC más adecuado primeramente se consideran dos factores:

- Magnitud y distribución de las cargas aportadas por las estructuras.
- Las características del suelo sobre el cuál se apoyara la estructura.

Cada factor proporciona un parámetro comparativo entre ellos, de tal forma que en el diseño de una cimentación se debe cumplir que “las cargas transmitidas por las estructuras, sean adecuadamente transferidas al suelo, de manera que no sobrepase la capacidad de carga del suelo ó se presenten deformaciones excesivas que afecten la estructura.”

##### III.1.2 Magnitud y distribución de cargas

Para valorar las características de las cargas de una estructura, es necesario conocer su naturaleza, algunos elementos que lo permiten son:

- Proyecto arquitectónico; proporciona la forma de la estructura y distribución de las cargas.
- Solución estructural; aporta el dimensionamiento de los elementos, así como los materiales que se utilizarán para la construcción de la estructura, lo cuál permitirá valorar el peso de la misma.
- Función de la estructura; determina el tipo y magnitud de las cargas a que será exigida la estructura y el grado de serviciabilidad que esta proporcionará.

Para determinar las cargas partimos del proyecto arquitectónico, del que se observa que el puente tiene una forma variable y una longitud considerable, también se nota que el peso se distribuye hacia el suelo por medio de pares de columnas y se tiene circulación vehicular a nivel de puente, como por debajo de la estructura a nivel del terreno.

Por reglamento, las cargas a considerarse correspondientes al tipo de estructura son:

- Carga muerta
  - Peso propio.
- Cargas vivas
  - Tren de cargas.
  - Frenado.
  - Fuerza centrífuga.
  - Empuje sobre las barreras de protección.
  - Sobre carga de uso específico.
- Cargas accidentales.
  - Viento.
  - Nieve.
  - Granizo.
  - Térmicas.
  - Sismo.
  - Asentamiento.
  - Proceso constructivo.
  - Pretensado.
  - Fluencia del concreto.
  - Retracción del concreto.

Para el análisis del Sistema de Cimentación de este proyecto, solo será necesario utilizar cargas muertas (peso propio) y el peso debido a los vehículos de proyecto (carga viva) ya que esta combinación resulta ser la más representativa.

La estructura esta formada por traveses pretensados (TA, TC, TCA) apoyadas sobre cabezales prefabricados y apoyados sobre pares de columnas.

donde:

- TA → Trabe de apoyo.
- TC → Trabe de central.
- TCA → Trabe central de apoyo.

De lo anterior, se tienen elementos con longitudes desde 16 m, hasta 40 m y con peralte aproximadamente de 2 m, con lo que se tienen pesos que van de 80 a 200 toneladas aproximadamente por elemento, presentándose 5 o más elementos que convergen a un apoyo, por consiguiente cada cimiento aporta 1000 ton. o más a los mantos de suelo. **Esto implica considerarla como una estructura pesada.**

### III.1.3 Clasificación del sistema de cimentación

De acuerdo al tipo de suelo y estructura, se requiere cierta profundidad de desplante de cimientos bajo la superficie de terreno, esto implica clasificar las cimentaciones en:

- Cimentaciones superficiales ó someras.  
Estas son cuando la profundidad de desplante no es mayor que el doble de ancho del cimiento ( $D_f \leq 2b$ ) generalmente se escogen cuando las cargas de la estructura y la capacidad de carga del suelo son compatibles para garantizar un buen funcionamiento, y su clasificación es la siguiente:
  - Zapata aislada.
  - Zapata aislada rigidizada ( Zapatas unidas con contra trabes)
  - Zapata corrida ( De concreto ó piedra)
  - Losa de cimentación.
  
- Cimentación profunda.  
Cuando la profundidad de desplante sobrepasa el doble del ancho del cimiento se considera cimentación profunda ( $D_f \geq 2b$ ), estas son utilizadas cuando las cargas de la estructura son relativamente altas, también cuando se tienen suelos compresibles o con baja resistencia, su clasificación es la siguiente:
  - Cajones de cimentación ( Cimentaciones compensadas)
  - Pilotes de cimentación.
  - Pilas de cimentación.
  - Cilindros de cimentación.

### III.1.4 Solución

De las consideraciones anteriores se trata de una Cimentación Profunda, como una primera consideración, pero debido a que se tiene un estrato de 30 m aproximadamente de arcillas blandas, siendo una altura considerable para llegar al estrato de arena con mayor resistencia, una solución con pilotes de punta o pilas resulta costoso, esto implica optar por una solución más, que es una cimentación compensada, misma que requiere mover grandes volúmenes de material, ya que se requiere hacer una excavación, que representa un gran costo y dificultad constructiva.

Por lo tanto se decide una solución que combina la compensación parcial con pilotes que trabajan por fricción, la idea es que bajo la sollicitación del peso propio, cargas variables y cargas permanentes menos las descargas por excavación y subpresión en la base del cajón de concreto, los pilotes de fricción absorban la carga remanente y se acoplen al hundimiento del terreno en el sitio sin emerger.

Entonces el **Sistema de Cimentación** será **Cajones de Cimentación apoyados Sobre Pilotes de Fricción.**

### III.1.5 Diseño de pilotes

En el caso que nos ocupa, se utilizarán como ya se determinó, pilotes de fricción, cuyas dimensiones de su sección transversal no deberán exceder de 60 cm, en caso contrario sería llamada pila, para el diseño de pilotes y pilas intervienen tres variables, que son:

Primero, la forma como se transmite la carga al subsuelo, ya sea a una capa dura, recibiendo el nombre de pilotes de punta, o por fricción al suelo que los rodea.

Segundo, el material con que se fabrican, como es el concreto, acero, madera, y.

Tercero, su procedimiento constructivo.

En el proyecto se utilizarán pilotes de fricción prefabricados de concreto reforzado e hincados a percusión previa, son de forma rectangular, menos eficientes que la circular, pero que aporta mayor facilidad para su elaboración y tiene un área transversal de contacto mayor.

Los pilotes son fabricados en talleres, puesto que representa, en este caso, una ventaja económica, se fabrican de concreto armado ya que tienen mayor durabilidad y facilidad para ligar a los cajones de cimentación, el refuerzo es necesario principalmente para resistir los esfuerzos que se producen por el traslado e hincado de estos. La longitud del pilote se determina de manera preliminar por el estudio del perfil del suelo, la resistencia y la compresibilidad del mismo, esta longitud debe ser tal que garantice la distribución de esfuerzos en la masa de suelo, para reducir a un mínimo el asentamiento y obtener la adecuada seguridad del grupo total de pilotes, por lo tanto, del diseño de cada uno de los elementos que conforman la cimentación profunda del puente, se determino el uso de tres longitudes, llamándoles "tipo de pilote", la especificación esta indicada en el plano de cimentación, de la cantidad y del tipo que se usará.

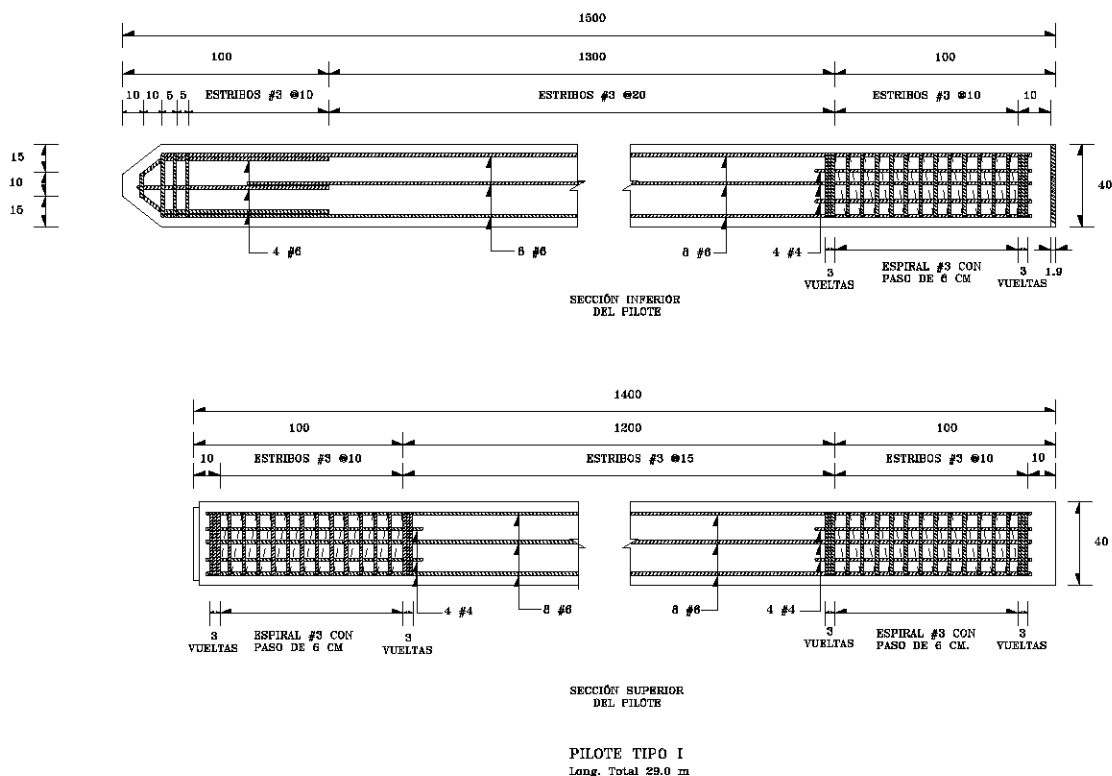
Tipos de pilotes:

- Tipo I Longitud 29 m en dos tramos, tramo inferior 15 m y superior 14 m Fig. 3.1
- Tipo II Longitud 28.30 m en dos tramos, tramo inferior 15 m y superior 13.30 m (misma sección)
- Tipo III Se tiene una longitud de 11 m en un solo tramo.

Para la elaboración de los pilotes se utilizarán los siguientes agregados:

- El agregado grueso (grava) será el producto de roca sana, con un TMA de  $\frac{3}{4}$ "
- El agregado fino (arena) deberá ser grado duro, sin contener arcilla ó materia orgánica, se recomienda que el material más fino que pasa por la malla n° 200 este comprendido entre el 3% y 5% del peso del material.
- El agua debe de ser limpia y no tratada.
- Se utilizará cemento Pórtland tipo II
- El acero de refuerzo contará con  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

El concreto que se utilizará será premezclado y que adquiera una resistencia a los 28 días, con una resistencia  $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ .



SIN ESCALA. ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.1

### III.1.6 Diseño del cajón de cimentación

Como ya se determino el Sistema de Cimentación que se utilizará es una Cimentación Compensada (Pilotes de fricción y cajón de cimentación).

La cimentación compensada consiste en remover una cierta cantidad de suelo, para buscar que la carga de la estructura a cimentar sea igual al peso de suelo excavado, para buscar que el estado de presiones que se obtenga, pueda representar características semejantes al estado de presiones original, de lo anterior se obtienen los siguientes casos:

- Que la carga de la estructura sea igual al peso del suelo excavado, la cual se denomina como cimentación totalmente compensada.
- Que el peso del suelo excavado sea mayor que la carga de la estructura, la cual se denomina cimentación sobre compensada.
- Que el peso del suelo excavado sea menor que la carga de la estructura, la cual se denomina cimentación sub compensada o parcialmente compensada.

Se denomina incremento neto de carga aplicado por una estructura, al resultado de sustraer de la carga total transmitida por la estructura, la carga total previamente existente en el suelo a nivel de desplante. Fig. 3.2



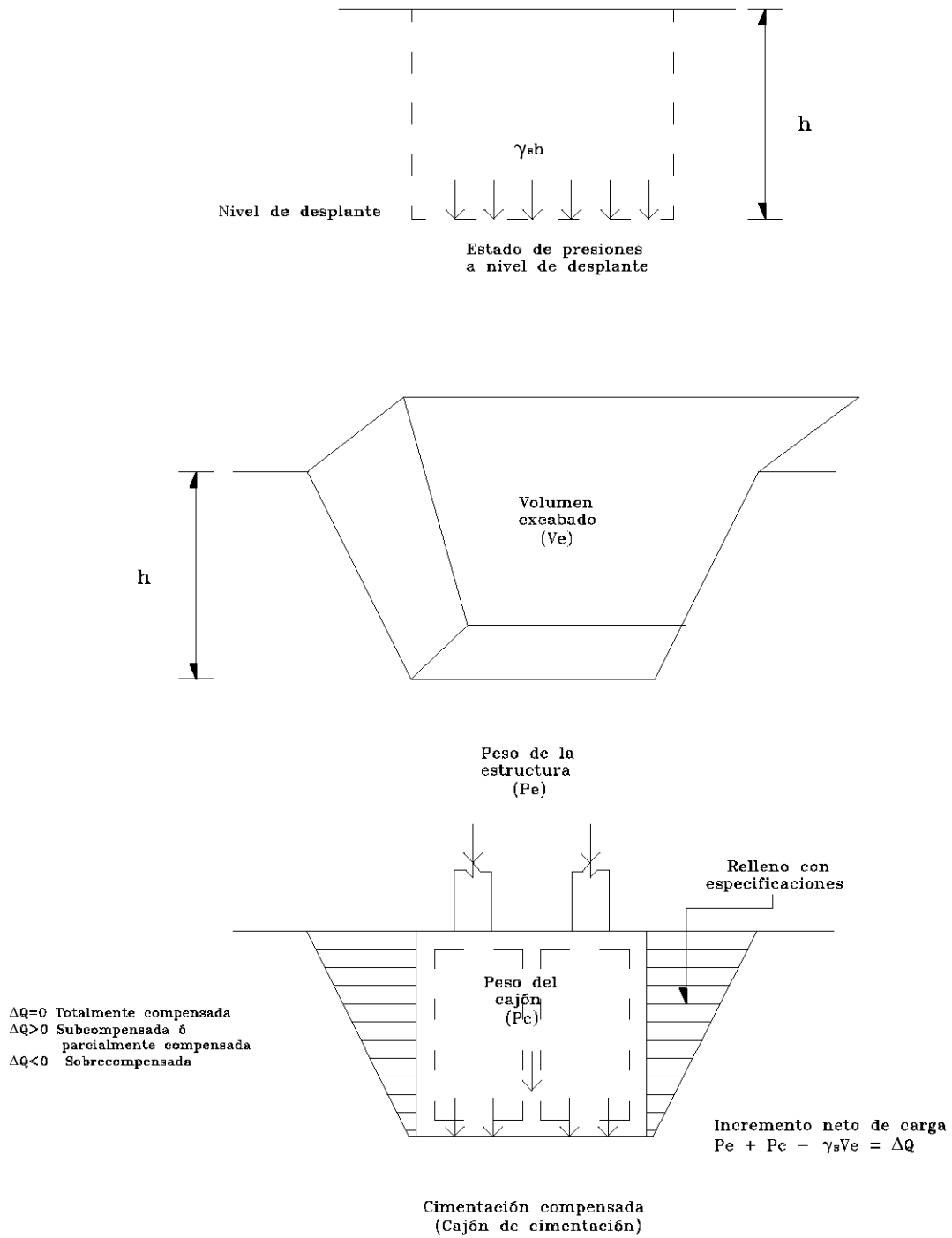


Fig. 3.2

$$\Delta Q = P_e + P_c - \gamma_s V_e$$

Donde:  $P_e$  → Peso de la estructura.  
 $P_c$  → Peso del cajón.  
 $\gamma_s$  → Peso específico del agua.  
 $V_e$  → Volumen excavado.

En algunos casos ( como el que nos ocupa) la carga compensada no es suficiente para que la capacidad de carga del suelo lo soporte, esto implica complementar el SC con el uso de pilotes, que para el caso en particular de nuestro proyecto, son de fricción.

Se le llama cajón de cimentación a la estructura que hace posible la transmisión de carga de la superestructura, a un nivel de desplante determinado del suelo o a otro elemento como en el caso del proyecto que se analiza, el cajón de cimentación lo forma una losa de fondo, muros perimetrales o contra trabes y una losa tapa, elementos que deberán ser diseñados para soportar las presiones debidas al contacto con el suelo, los esfuerzos por penetración debido al contacto con los pilotes, así como el empuje de la masa de suelo sobre los elementos perimetrales

Cuando se diseñan elementos estructurales es imprescindible se especifique a la vez el método de construcción, adquiriendo especial relevancia la cimentación, ya que se deben considerar los diversos fenómenos que se presentan en el suelo debido a la alteración de su estado natural, por ejemplo:

- Estabilidad de taludes en estado natural.
- Expansión en el fondo de la excavación debido a la descarga de la zona.
- Flujo de agua hacia las excavaciones.
- Movimientos inmediatos o diferidos en la zona circundante.
- Presencia de instalaciones o construcciones que interfieren con los elementos de la cimentación

Fenómenos que se deberán prever, para mitigar las consecuencias de presentarse, ya que todo repercute en un costo económico y de tiempo.

También se considera la existencia de instalaciones o construcciones que restrinjan en forma o dimensión a los elementos del SC, ya que esto permitirá adecuarlos a las condiciones existentes.

### III.2 Estructura

La estructura esta formada por elementos de concreto armado, ubicadas sobre los ejes de apoyo, donde se encuentra el cajón de cimentación correspondiente. Las columnas cuentan en sus extremos inferior y superior con un capitel de concreto armado, el primero sirve en la base de la columna como un refuerzo en el sistema columna-cajón de cimentación, ya que por debajo de capitel inferior, se tiene en la columna las varillas que sirven de anclaje. La función del capitel superior, con una geometría específica, se explicará más adelante. Cabe mencionar que en esta obra se utilizaron columnas prefabricadas y coladas en sitio.

En el proceso de armado, la presencia de la brigada de topografía es de vital importancia, para que en todo momento, incluso durante el colado de la misma, se verifique la correcta colocación y posición de la columna, teniendo una repercusión en la seguridad estructural de la misma.

Las columnas que se presentarán en general, muestran una sección oblonga, cuyas dimensiones son de 150 cm. de diámetro por 200 cm. de largo Fig. 3.3 y circular con un diámetro de 80 cm.

Para las columnas oblongas el armado se compone de 96 varillas del Núm. 10, hasta una altura A y de 40 var. del Núm. 10, hasta una altura B, como se muestra en la Fig.3.4, el acero deberá tener un  $f_y = 4200 \text{ kg / cm}^2$ , el armado de las columnas es considerable debido a la magnitud de los esfuerzos a que será sometida, las columnas variaron en la altura conforme se avanzo en la construcción del puente.

En el caso de existir traslapes de acero, este no podrá exceder más del 33 % en una misma sección, los anclajes y traslapes se trabajarán según la tabla de “detalles de refuerzo”, la soldadura será al arco eléctrico y se usarán electrodos de la serie E-90xx, la placa o ángulo de respaldo que se utilizará tendrá 6 mm. doblada en “media caña” y 8 mm. Respectivamente con un  $f_y=2530\text{kg/cm}^2$

Los estribos para las columnas, serán formados con varillas del Núm. 4 @ 15 cm y se colocarán como se muestra en la Fig. 3.4. También serán colocados 70 torones por cada columna, cuyo diámetro será de 1.2 cm (1/2”) y serán tensados a 13700 kg cada uno.

Con el fin de garantizar la posición de las varillas hasta terminar el armado de las mismas, se colocaron dos plantillas (al inicio y final de la columna)

Una recomendación importante es que ningún elemento prefabricado deberá ser perforado, ni balearse sin previa consulta a la empresa constructora de prefabricados (RIOBO S.A.)

En la parte superior de la columna existe una estructura llamada capitel, que en conjunto trabajan como un solo elemento, el capitel superior es el remate de la columna y su función es tomar los esfuerzos que se generan por los elementos que están por encima de el y concentrarlos en la columna, ya que visto en planta el capitel tiene un área mayor al de la columna.

En el armado de capitel se utilizarán 10 varillas del Núm. 8, 24 del Núm. 4, además de 19 varillas que se colocarán solo en el caso de que el cabezal tenga su fin en esta columna, también se colocará un accesorio que es un ángulo formado con placa de espesor  $e = 1.90 \text{ cm}$ .

En el capitel inferior se utilizarán 12 varillas del Núm. 12 y 64 de núm. 4.

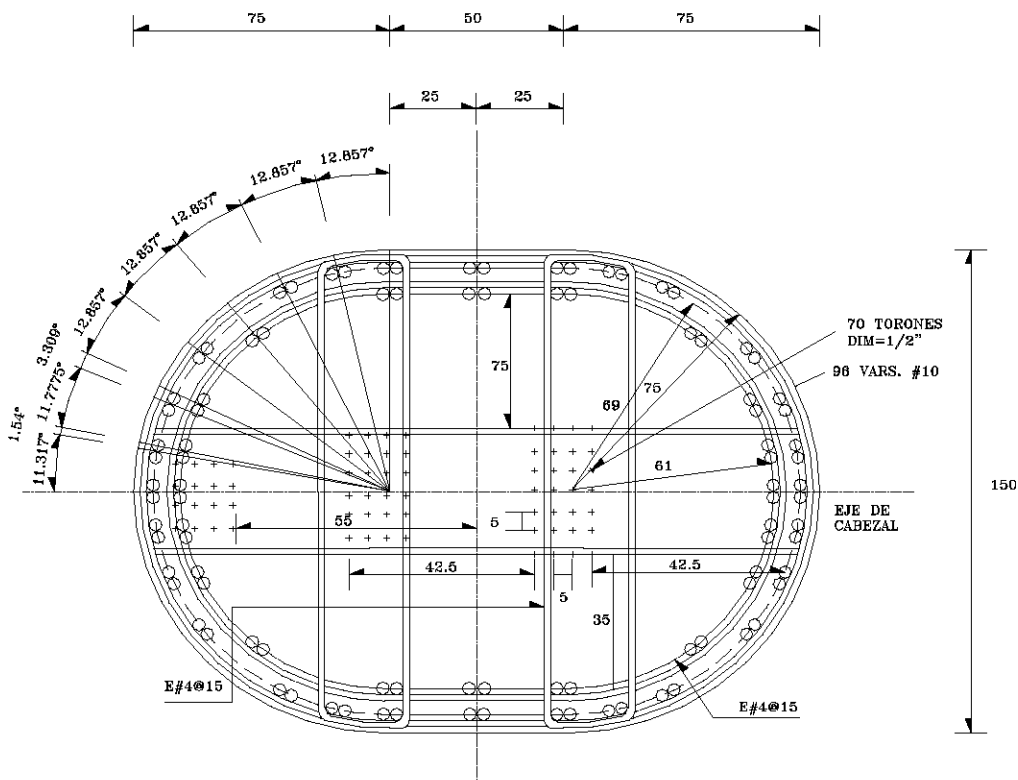
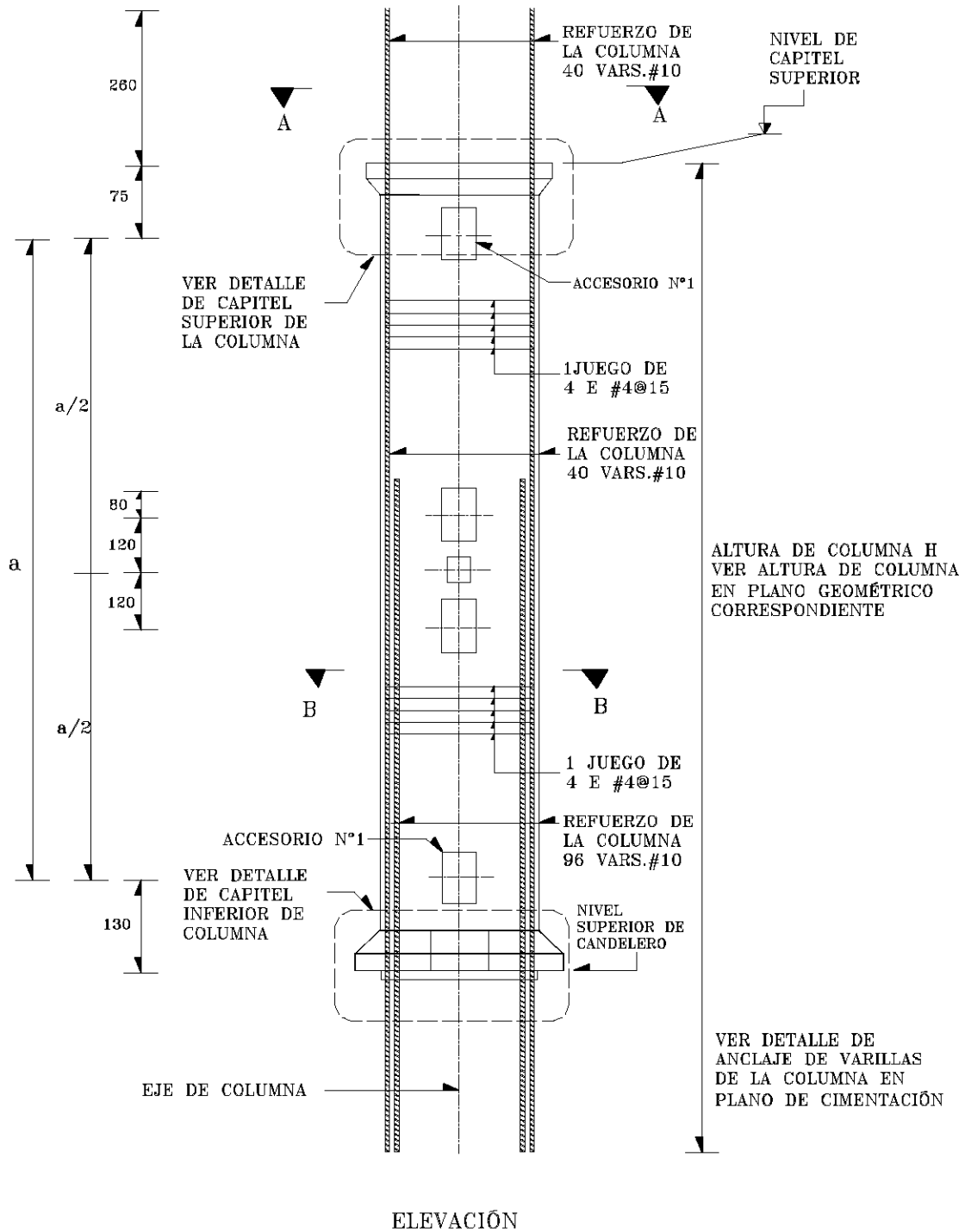
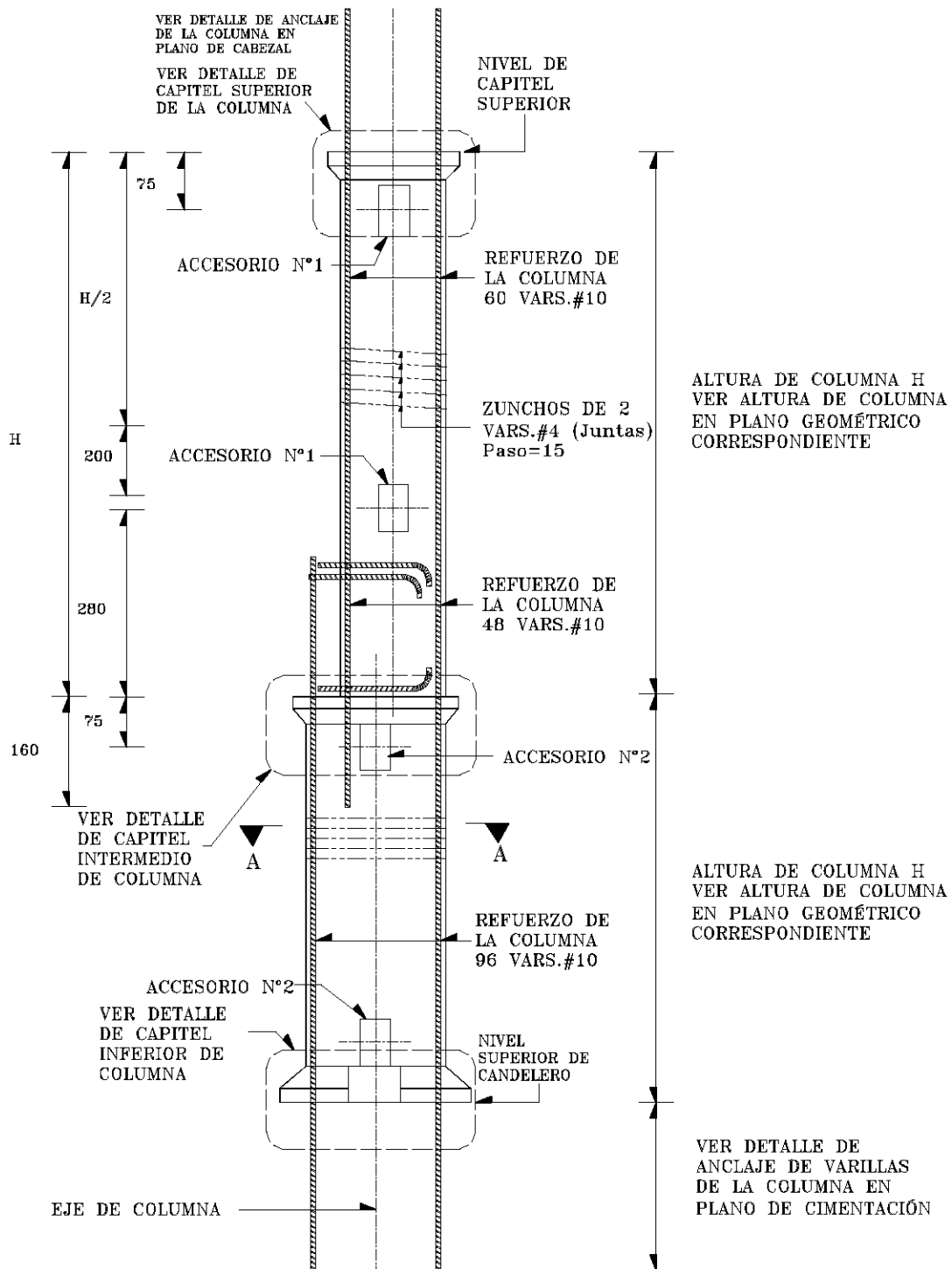


Fig.3.3 Sección transversal de columna



SIN ESCALA, ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.4 Columna (Primer nivel)



SIN ESCALA. ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.5 Columna de dos niveles

### III.3 Superestructura

La solución estructural empleada en la superestructura, para este caso, fue definida mediante vigas tipo Gerber, mismas que serán apoyadas en el sentido longitudinal al eje del puente sobre capiteles de concreto armado.

La superestructura fue diseñada para resistir cargas iguales o menores referentes al vehículo de proyecto como carga viva, que es del tipo IMT 66.5 para el análisis longitudinal de claros iguales ó mayores a 30 m aplicados a diseños de puentes en carreteras troncales y principales, Fig. 3.6 y como carga muerta se consideraron los pesos referentes a los parapetos, señalizaciones, postes de luz con sus respectivas instalaciones, de todo lo antes mencionado, dio como resultado que se utilizaran traveses tipo cajón aligeradas. Elementos que serán prefabricados.

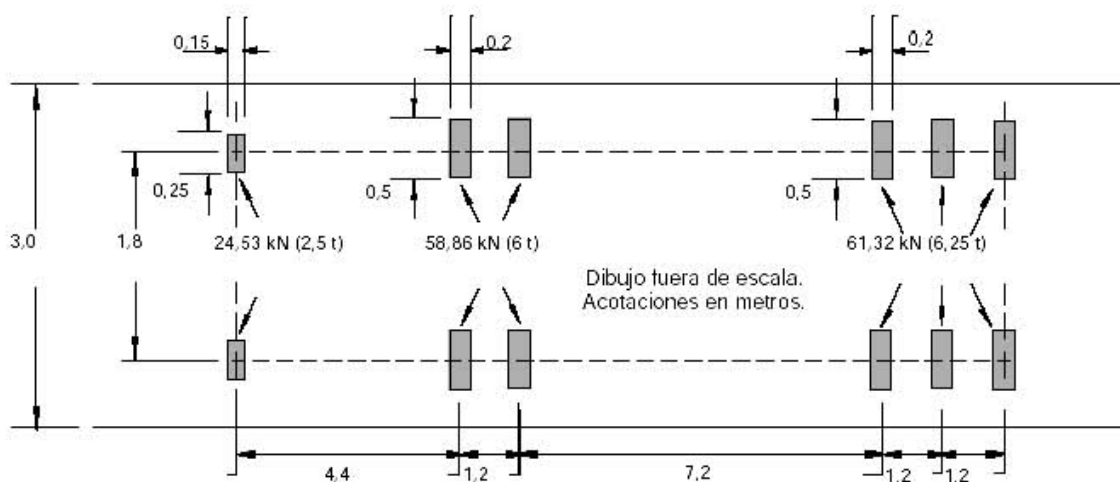


Fig. 3.6 Modelo de cargas vivas vehiculares IMT 66.5 para el análisis Transversal o tridimensional de puentes y estructuras similares

Se utilizarán traveses de apoyo (TA) y traveses de cierre (TC), ambas serán pretensadas, el peralte de las traveses aproximado es de 2 m, son de sección trapezoidal hueca, con alerones de 4 m para formar la pista de rodadura, las longitudes de estos elementos fueron desde 16 m hasta 40 m, el pretensado consistió en colocar paquetes de alambre (torones) en los elementos, se tuvo una tolerancia de 2 cm en la construcción longitudinal de las traveses, ya que la precisión con que se trabaja es una exigencia propia del proyecto, el pretensado se realizó en mesas especiales, antes del colado del elemento, cabe hacer mención que como se tienen TA y TC, la colocación de los torones es en la parte superior e inferior para soportar tensión respectivamente.

En dichas mesas de tensado se introducirá el armado de la trabe, que es realizado previamente, exterior a la mesa y posterior al tensado, se realiza el colado y cuando el concreto alcanza la resistencia de proyecto, se libera la tensión en los torones, transmitiendo estos una compresión al concreto por medio de la adherencia entre ambos.

Por su posición dentro del puente las traveses se clasifican en TA y TC.


Las TA se encuentran directamente colocadas sobre las columnas, unidas mediante una trabe transversal (Cabezales y diafragmas)

Las TC se encuentran apoyadas sobre las TA, dando continuidad al puente. Las TA presentan una saliente en sus extremos, en la parte inferior, a la que se asignó el nombre de “tacón” y su función es ser el apoyo y soporte de las TC.

Las TC También presentan una saliente en sus extremos, pero en la parte superior, a esta se asignó el nombre de “nariz”, misma que sirve para dar apoyo a la TC sobre el tacón de la TA.

Sobre cada tacón de la TA, se localizan dos pernos, los que tienen la función de sujetar en el sentido vertical para restringir los movimientos horizontales a las TC y formar juntas constructivas (Móviles o fijas) con las TC, además sobre el tacón se colocaron bases de neopreno, para evitar el contacto directo de los concretos de ambas travesas. Fig. 3.7

Travesas de Apoyo; estas se construyeron bajo las siguientes especificaciones:

- El concreto que se utilizará tendrá un  $f'c = 400 \text{ kg / cm}^2$  y al destensar  $f'ci = 320 \text{ kg / cm}^2$ .
- El tamaño máximo de agregado grueso será de  $\frac{1}{2}$ ".
- En ningún caso se podrá traslapar más del 33 % del acero de refuerzo en una misma sección.
- El acero de refuerzo grado duro tendrá un  $f_y = 4200 \text{ kg / cm}^2$ .
- El acero en placas, accesorios metálicos y tensores tendrá un  $f_y = 2530 \text{ kg / cm}^2$ .
- El acero de preesfuerzo será 270 kg, con  $f_{pu} = 19000 \text{ kg / cm}^2$  y con un área de torón de  $1.03 \text{ cm}^2$ .
- Tensar torones a 13700 kg cada uno.
- La soldadura que se utilizará será al arco eléctrico y se usarán electrodos de la serie E-70xx.
- El revenimiento máximo será de 10 cm, se considera la trabajabilidad del concreto de alta resistencia.
- Emplear concreto clase I, con un módulo de elasticidad  $E = 14000\sqrt{f'c} \text{ kg / cm}^2$  y con peso volumétrico en estado fresco superior a  $2.2 \text{ T / m}^3$ .
- Los elementos presforzados no deberán perforarse ni balearse.
- El recubrimiento mínimo será de 2 cm, excepto donde se indique otra dimensión.
- Todas las piezas llevan orientación,  con el anterior símbolo que señala el extremo marcado..

En las travesas de apoyo se utilizaron dos pernos ahogados en el tacón, con una longitud de 1.3 m, para las travesas que tuvieran 1.4 m de peralte máximo y de 1.9 m para travesas con un peralte de 2 m, en la parte superior cuenta con una tuerca de diámetro inferior igual a 3.18 cm y una cuerda superior estándar (8 cm), en la parte inferior cuenta con dos placas cuyas dimensiones son  $20 \times 20 \times 2.54 \text{ e (cm)}$  y  $10 \times 10 \times 1.27 \text{ e (cm)}$

En el armado se colocaron los accesorios respectivos de cada travesa, como son las placas metálicas en el tacón, también lleva accesorios en las caras laterales del patín, que son placas de acero ahogadas en el concreto, mostrando una cara al ras del acabado en donde se colocó el diafragma metálico. También existen otros accesorios como; ganchos de izaje (de cable o placa), unidos al armado del elemento, se tienen ocho por cada travesa.

En las travesas de apoyo se colocaron 40 torones por cada una, colocados en la parte superior de la travesa.

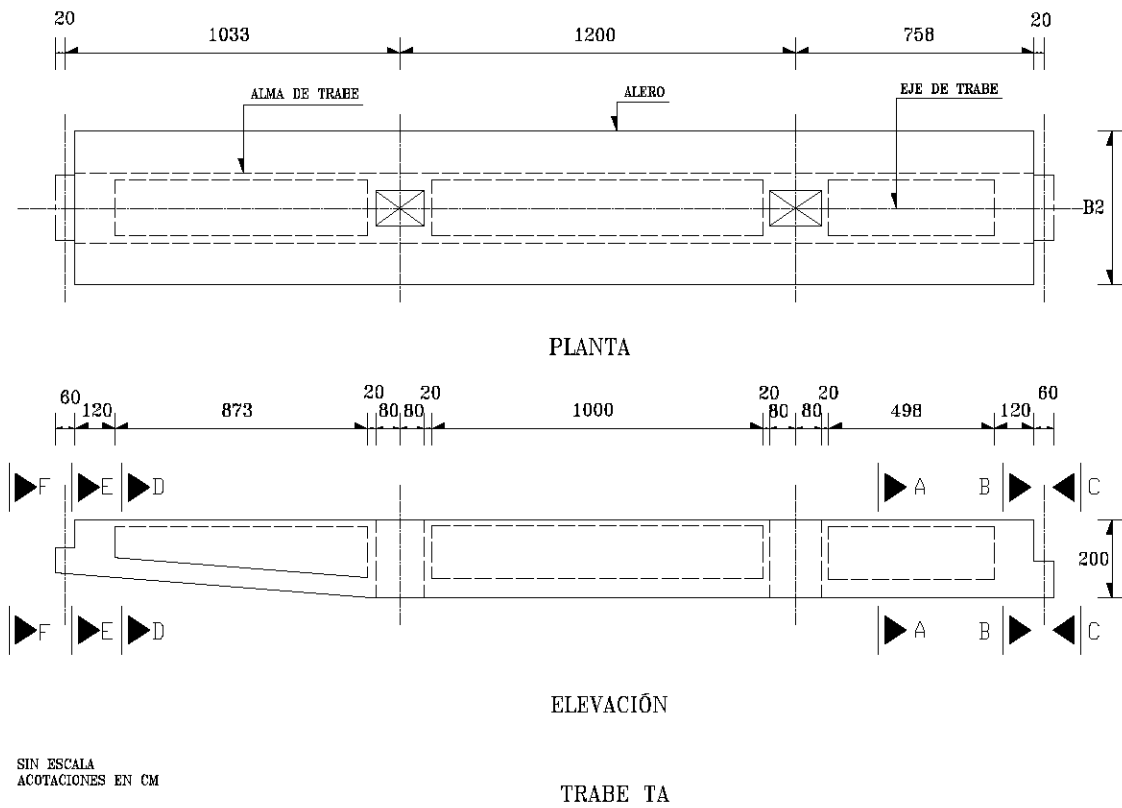


Fig. 3.7

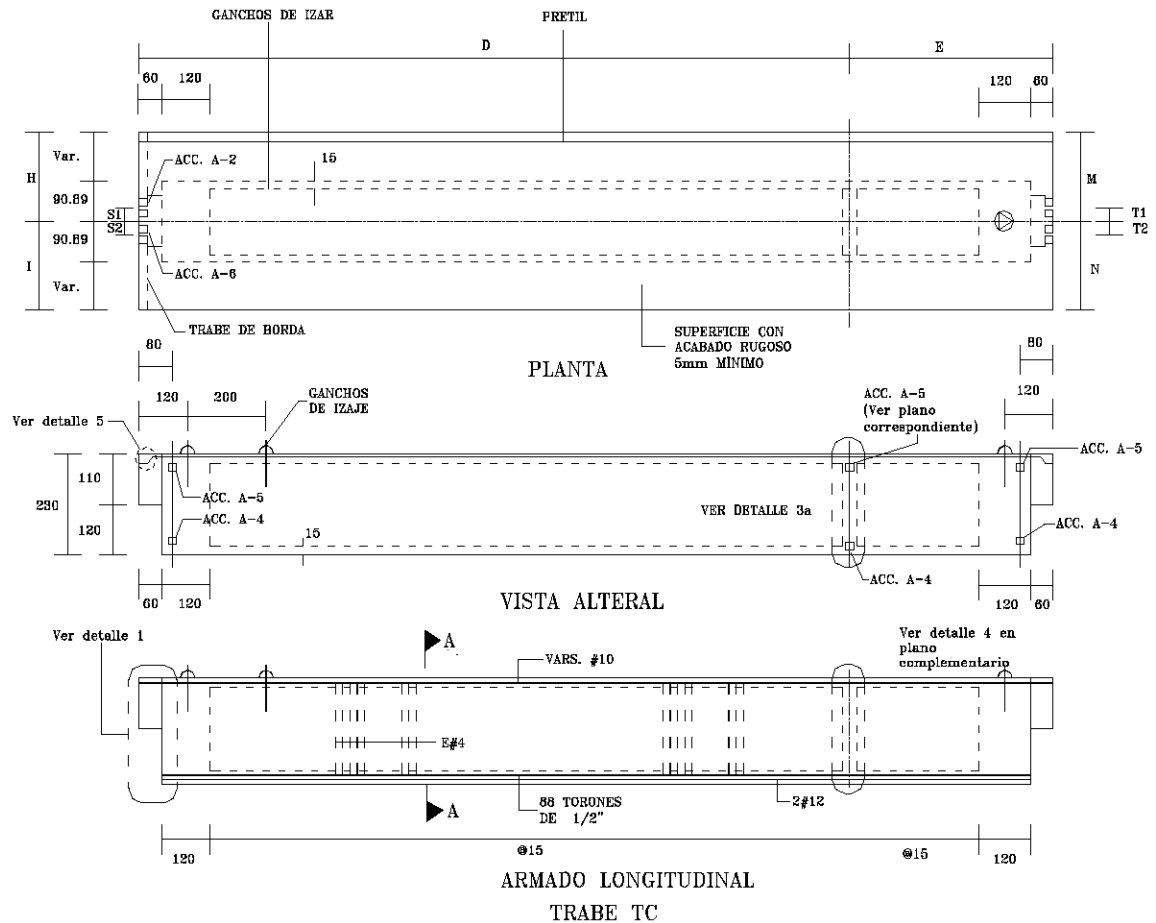


Trabes de cierre:

Las trabes de cierre se fabricaron con las mismas características de concreto y acero, que las TA, en este tipo de trabes no existen pernos, pero sí ganchos de izaje. Fig. 3.8

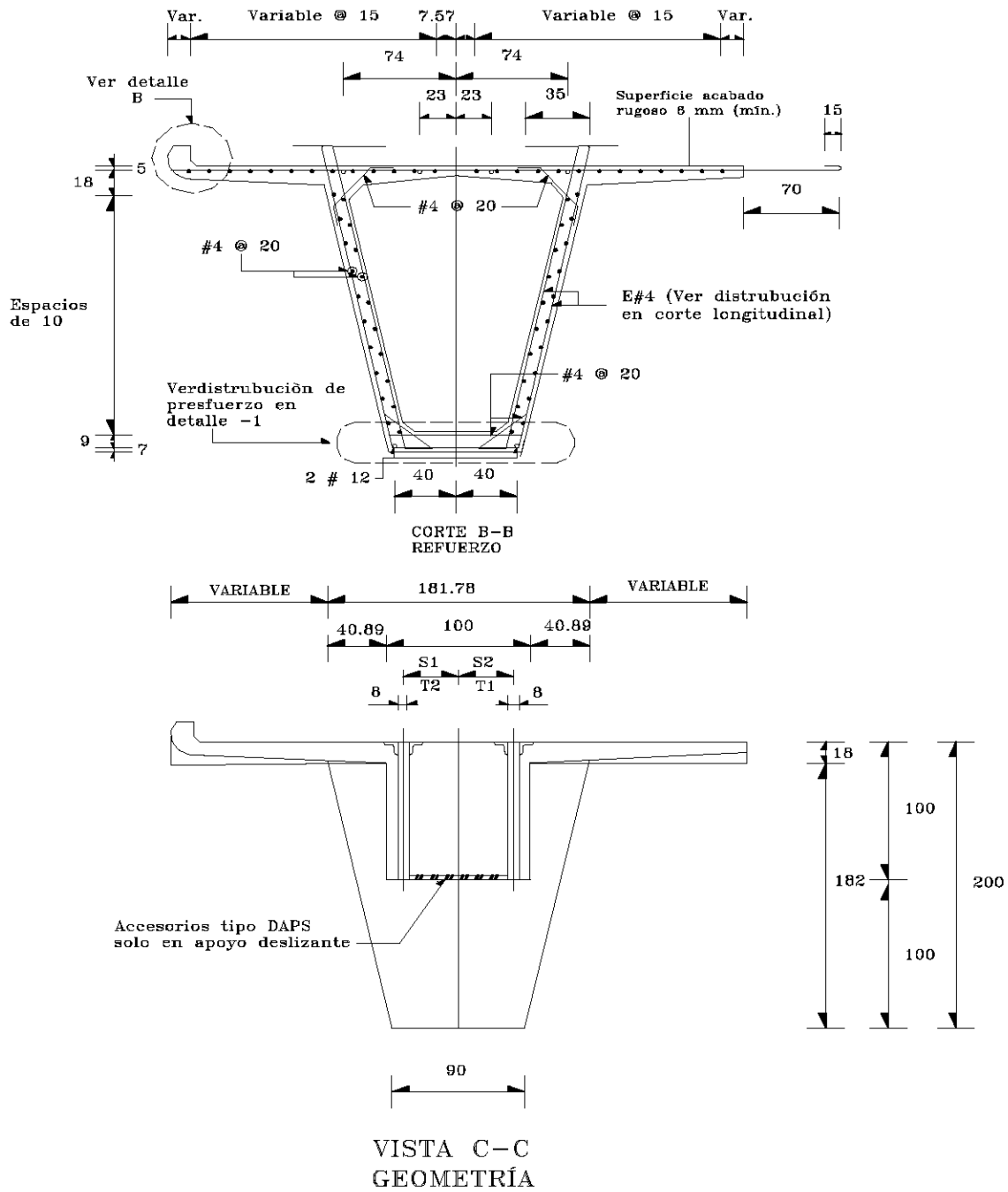
Las TC por su longitud cuentan con 26, 30 y 38 torones, con un diámetro de 1/2”, distribuidos en la parte inferior de la trabe a ambos lados del su eje longitudinal. Fig. 3.9

Para lograr la adherencia de torones con el concreto, se verifico que en los primeros no existiera aceite o grasa



SIN ESCALA. ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.8



SIN ESCALA, ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.9 Sección Transversal en TC

#### Muros laterales y muro estribo:

La función que desarrolla esta estructura, formada por muros laterales y muros estribo (ML y ME) es contener el material del terraplén que sirve de acceso al puente, el ME también sirve de apoyo de las traveses de cierre iniciales, por lo tanto su sección de soporte tiene la forma del tacón de una trabe de apoyo, la sección de ML es trapezoidal, con una altura que va decreciendo a partir del ME hasta el nivel de la vialidad existente.

Para la cimentación del ME, se utilizó una cimentación profunda, con 5 pilotes en dos secciones, en la geometría del ME (corona) sobresalieron 4 pares de pernos similares a los de TA, los pernos son de acero, con una longitud de 1.4 m ó 1.9 m dependiendo del peralte de las TC, con un  $\phi = 3.18\text{cm}$  y un  $f_y = 7080 \text{ kg / cm}^2$ , la función de los pernos es sujetar a las TC.

La cimentación del ML consistió en excavar hasta la profundidad de proyecto con medios mecánicos (retroexcavadora), para continuar con el colado de una plantilla de concreto pobre con una resistencia  $f'_c = 100 \text{ kg / cm}^2$ .

Cuando la plantilla fue colada se procedió al armado de la zapata del ME, el cual se realizó con acero del Núm 6 @ 15 cm, en ambas direcciones, desde el proceso anterior también se armó el acero de ML.

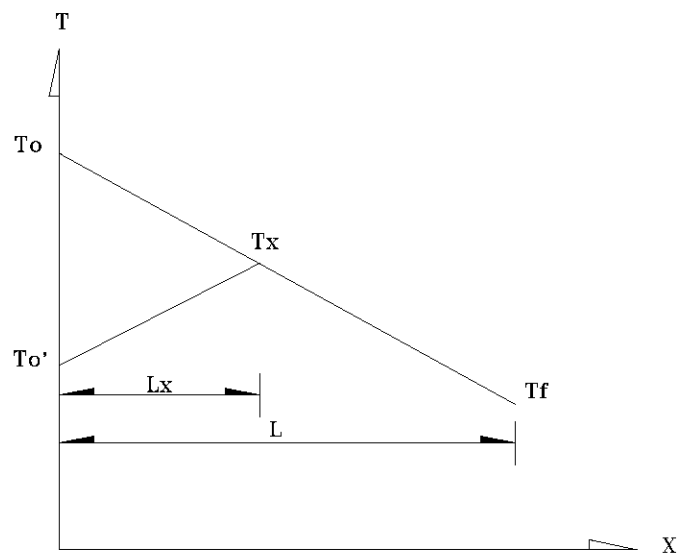
#### Cabezales:

Este elemento sirve para hacer la unión de los elementos columna-capitel-trabe, su función es conectar transversalmente al eje del puente, a las TA, además de distribuir en los apoyos las cargas que se originan por el peso propio de las traveses prefabricadas. El peralte de un cabezal es similar al de la trabe que le corresponda.

El armado de cabezal se realizó con las siguientes características:

- En ningún caso se podrá traslapar más del 50 % del acero en una misma sección.
- La soldadura será al arco eléctrico y se usarán electrodos de la serie E-90xx.
- Los cables de preesfuerzo se tensarán en el orden en que están numerados.
- Se utilizarán 2 cables formados por 15 torones cada uno, con un  $\phi = \frac{1}{2}$ ".
- Diagrama de tensado para cables 1 y 2 (Ambos cables se colocarán en la parte superior)  
Fig. 3.10 .
- Los anclajes para el postensado son placas de  $35 \times 35 \times 0.95\text{e}$ , mismas que serán a 12 varillas del Núm. 4 ahogadas en el concreto.
- El acero que se utiliza tanto en el lecho superior como inferior del cabezal es del Núm. 12 y como refuerzo transversal y longitudinal es del Núm. 4. Fig. 3.11.

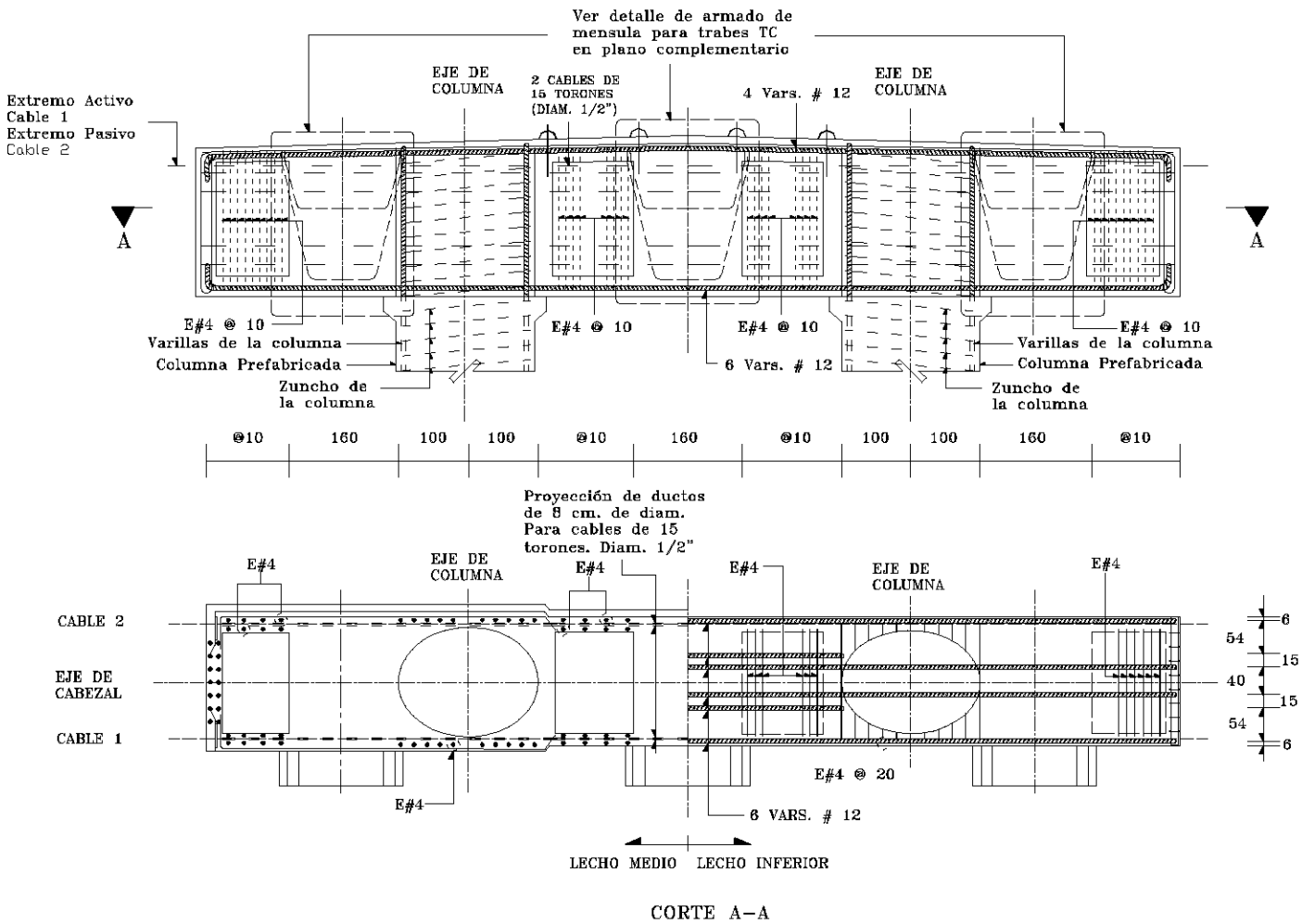
Concepto	Unidad	Cables 1 y 2
$L_x$	Cm	434.48
$L$	Cm	1390.00
$P_o$	Ton	279.30
$T_o$	Ton	209.48
$T'_o$	Ton	156.15
$T_x$	Ton	204.09
$T_p$	Ton	102.86



Nomenclatura, cables 1 y 2:

- $P_o$  → Tensión última por cable.
- $T_o = 0.750$  Tensión de tensado por cable.
- $T'_o = 0.559$  Tensión al anclar por cable.
- $T_x = 0.731$  Tensión máxima al anclar por cable.
- $T_f = 0.368$  Tensión en extremo pasivo al anclar y tensar por cable.

Fig. 3.10 Diagrama de tensado para cables 1,2



SIN ESCALA. ACOTACIONES EN CM

Fig. 3.11 Diagrama de Cabezal

### III.4 Obras complementarias (Diseño)

El conjunto de obras que serán mencionadas, forman parte integral de las obras complementarias, las cuales son:

#### Armado del Firme de Compresión:

El armado del firme de compresión, se realizó con dos parrillas, cada una en sentido longitudinal y transversal. Las varillas transversales al eje del puente contaron con elementos del Núm. 5 y las longitudinales del Núm. 4, en ambas parrillas la separación de las las varillas fue de 10 cm.

#### Armado de Parapeto

Este se armo de varillas del Núm. 6, dobladas en forma de anclas y soldadas a una placa de acero de  $\frac{3}{4}$ " de espesor y de sección  $30 \times 30$  cm, las anclas quedaron ahogadas en el concreto del firme de compresión, sobre las placas se colocaron los postes metálicos, que darían forma al parapeto metálico.

#### Parapeto metálico:

Son estructuras metálicas formadas por tubos con diámetro de 6" y 4", cédula 40 y su proceso de armado es el siguiente:

- Como ya se mencionó, quedo ahogado en el concreto el poste ( $\varnothing = 6$ " ), unido por soldadura a una placa, que en conjunto es la base del parapeto metálico.
- Cuando los postes estaban en su posición definitiva, se procedió a ranurar el poste en la parte superior, para darle la geometría requerida, ya que allí sería colocado un tubo transversalmente de  $\varnothing = 6$ " y después se ranuró a media altura, para colocar allí un tubo de  $\varnothing = 4$ ".
- Una vez que se contó con las ranuras y se colocaron los tubos, se puntearon con soldadura al arco eléctrico.
- Posteriormente, se verificó la alineación y nivelación de los tubos.
- Cuando se tenía la certeza de que lo anterior estaba correcto, se procedió a soldar correctamente cada poste.

Los trabajos realizados en el puente como son; firme de compresión, parapeto de concreto y metálico, también se realizaron en las gasas, de manera similar.

#### Solución Pluvial:

Proceso de recolección de agua; el puente en su sección cuenta con cunetas, las cuales llevan el agua hasta las rejillas de captación (coladera) colocadas @ 20 m, las franjas de rodamiento cuentan también con una pendiente del 2 %, que conduce el agua hasta la cuneta, de tal forma el agua empieza a bajar por medio de las tuberías, para las bajadas de agua del tercer nivel hasta el segundo se utilizaron tubos con  $\varnothing = 4$ " y para bajar agua del segundo nivel hasta nivel de piso se utilizaron tubos con  $\varnothing = 6$ " , así el agua es llevada hasta un canal-dren a nivel de piso para conducción y descarga de agua pluvial, de sección rectangular, de concreto reforzado

Todas las tuberías son sujetadas a las columnas respectivas con una abrazadera tipo omega de  $\frac{3}{16}$ " $\times$ 1" y utilizando taquete expansivo metálico de  $\varnothing = \frac{1}{4}$ " con tornillo cabeza exagonal de  $\frac{1}{4}$ " $\times$ 2".

Los tubos que se utilizaron fueron soldados con electrodos recubiertos del tipo E-6010 ó E6011, para garantizar las uniones.

De tal forma que a nivel de piso, el canal-dren descarga el agua en un colector, al mismo tiempo las aguas en la vialidad a nivel de piso son captadas por las rejillas de piso con bisagras de dimensiones  $0.60 \times 0.40$  m, cayendo a un cajón de mampostería de tabique rojo recocido que tiene un acabado pulido, cuya base inferior es de concreto simple con una resistencia  $f'c = 100$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo desalojada el agua con tubería de concreto simple de  $\varnothing = 30$  cm y junteados con mortero.

Ambos conductos transportan el agua hasta un pozo de visita donde se desalojará todo el gasto que se genere, por medio de un sub-colector.

El material que se utilizó fue:

- Tubería de acero con un  $\varnothing = 6''$  y  $\varnothing = 4''$ , cédula 40.
- Yee de acero  $\varnothing = 6''$ , cédula 40.
- Yee doble de acero  $\varnothing = 6''$ , cédula 40.
- Codo de 90° de acero  $\varnothing = 6''$ , cédula 40.
- Coladera pluvial tipo rejilla Irwin mod. 15-01-48-381 de  $0.15 \times 0.30$  m.
- Elementos de sujeción; abrazadera, taquete expansivo y tornillos.

Alumbrado sobre Puente:

La distancia para postes en el puente será de 30.0 m de eje a eje de acuerdo a despiece de postes de parapeto, salvo a una acotación aclaratoria, el poste será cónico circular fabricado de lámina calibre Núm. 11 con longitud de 9.0 m, con brazos de 2.4 m y  $\varnothing = 2''$ , suministrado con placas base de  $35 \times 35 \times 1.9$  e cm. Y juego de anclas de fierro dulce de  $\varnothing = 1''$  y 60 cm de longitud, 10 cm de cuerda estándar de 8 hilos por pulgada y roldanas para cada ancla.

Se contará con una celda fotoeléctrica que se instalará en el poste de tal forma que no reciba directamente alguna luz intensa durante la noche, que engañe al interruptor fotoeléctrico.

La acometida para la alimentación se determinará en el campo con la compañía de luz y fuerza (LyF), para este efecto se dejarán cables con 5 m de longitud.

El conductor eléctrico que alimentará a cada circuito hasta nivel de registros y las bases de postes, será calibre Núm. 6 AWG y el que alimentará a las luminarias será calibre Núm 10 THW-LS.

Todas las conexiones de luminarias contarán con una conexión puesta a tierra, para esto se utilizará una varilla con revestimiento de cobre puro de un espesor de 1''.

Los cables se identificarán por medio de etiquetas de plástico y por medio de cintas de acuerdo al siguiente código:

	Color
Fase A	Negro
Fase B	Azul
Fase C	Rojo
Neutro	Blanco
Tierra física	Verde

## IV Programación

### IV.1 Programa de Construcción:

Es la elaboración de una lista de sucesos de orden cronológico conducentes, que forman el proceso de duración de cada una de las actividades definidas en base a rendimientos de los recursos económicos, humanos y de infraestructura a utilizarse ( Gráficas de barras que indican los tiempos y cronología de iniciación y terminación de un suceso.)

En el capítulo presente trataremos la programación que se llevo a cabo para la realización de la obra civil en la zona "A" del distribuidor Vial Zaragoza-Oceanía "Ing. Heberto Castillo Martínez", entre los cade 1 + 128.000 y 1 + 741.921, así como los ramales de incorporación de Emilio Carranza e Ignacio Zaragoza, hechos a base de estructura de concreto reforzado.

Dicha programación consta de un programa de construcción, un resumen calendarizado económico por partida y un resumen económico del presupuesto por concepto y/o partida, de los cuales se hablará posteriormente.

Una vez que se dieron a conocer los requerimientos de la obra tanto en contrato como en proyecto, se elaboró la programación de la misma, la cual consiste en gráficas de barras de actividades.

Se realizaron programas de obra en forma global y particular de cada actividad propuesta por la compañía contratista y conciliada con la supervisión, desde obras inducidas hasta juegos infantiles, el cual esta constituido por un orden secuencial que es el siguiente:

- Obra inducida.
- Hincado de pilotes.
- Cimentación de las zapatas y estribos.
- Subestructura.
- Superestructura.
- Transportación y montaje de traveses y tableta.
- Suministro y colocación del firme de compresión.

Los conceptos que anteriormente se indicaron tienen un tiempo global de duración, además de fecha de inicio y terminación, posteriormente se manifiestan las mismas actividades, que involucran los conceptos que contienen en forma particular.

Conceptos en forma desmenuzada de cada concepto global:

Obra inducida:

- Desvío de líneas de agua potable.
- Líneas de alcantarillado.
- Afectaciones a propiedad privada.
- Líneas de CFE.
- Líneas del STCM.
- Líneas de PEMEX.

Hincado de pilotes:

- Menciona los diferentes frentes de obra y el número de pilotes que se colocaron por cada frente.

Cimentación de zapatas y estribos:

- Menciona las zapatas y estribos que se manejaron por cada frente.



---

**Subestructura:**

- En este concepto se manejaron columnas prefabricadas de las cuales se tomo en cuenta la instalación y preparativos de planta que involucran los moldes, fabricación y adecuación para su transportación y montaje. También se tuvieron columnas coladas en sitio.

**Superestructura:**

- Los factores a considerar son la fabricación de cabezales, su transportación y montaje y que además existió la fabricación en sitio.

**Transportación y montaje de traveses y tablas:**

- Solo se consideró la transportación y montaje de traveses y tablas.

**Suministro y colocación de firmes de compresión:**

- Los conceptos que se manejaron son pavimentos en puente y rampa.

**Otros conceptos a considerar son:**

- Estructuras metálicas.
- Alumbrado público.
- Drenaje pluvial.
- Señalamiento definitivo.
- Obras viales complementarias.
- Mobiliario urbano.
- Plantas y jardines.
- Juegos infantiles.

- Resumen calendarizado económico por partida del Distribuidor Vial Zaragoza-Oceanía:

Este nos maneja conceptos de los cuales nos presenta un gasto económico mensual, de acuerdo a como se presentaba cada partida en el tiempo de ejecución de la misma, un gasto económico acumulado total y son los siguientes:

- Preliminares.
- Adecuaciones geométricas por bandeos vehiculares.
- Retiro de árboles.
- Confinamiento.
- Excavaciones, demoliciones y extracciones.
- Agua potable y agua tratada.
- Atarjeas.
- Rellenos y pavimentos.
- Colganteo para tubería de PEMEX.
- Estructura para colganteo de ductos de Telmex.
- Hincado de pilotes.
- Control y apuntalamiento de predios aledaños.
- Cimentación.
- Estribos y muros de contención.
- Columnas, travesaños y cabezales colados en sitio.
- Columnas prefabricadas.
- Superestructura.
- Pavimentos en puente y rampa.
- Estructuras metálicas.
- Alumbrado sobre puente.
- Alumbrado bajo puente.
- Alumbrado vialidad coincidente.
- Drenaje pluvial.
- Señalamiento horizontal.
- Señalamiento vertical.
- Obras viales complementarias.
- Mobiliario urbano.
- Plazas y jardines.
- Juegos infantiles.
- Seguridad vial y materiales.

RESUMEN CALENDARIZADO POR PARTIDA (HOJA-1)

PARTIDA	04-Dic-02	TOTAL	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
A01 1.- PRELIMINARES	41,456.05	41,456.03	505,849.38	472,266.38	276,726.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A02 2.- ADECUACIONES GEOMÉTRICAS POR BANDEOS VEHICULARES	0.00	0.00	49,801.70	180,646.20	47,713.44	38,133.09	33,520.99	33,520.99	33,520.99	33,520.99	33,520.99		300,688.60
A03 3.- RETIRO DE ÁRBOLES	11,270.10	11,270.10	11,270.10	11,270.10	11,270.10	37,267.93	37,267.93	37,289.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A04 4.- COMFINAMIENTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	252,912.64	252,499.90	252,499.90	252,499.90	252,499.90	252,499.90
A0501 5.1.- EXCAVACIONES, DEMOLICIONES Y EXTRACCIONES	82,521.92	82,521.92	484,708.20	402,183.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A0502 5.2.- AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA	6,855.96	6,855.96	231,921.26	940,596.57	375,668.74	142,410.50	564,539.15	170,926.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A0503 5.3.- ATARJEAS	10,122.55	10,122.55	41,754.49	62,552.70	62,931.57	35,266.30	33,511.33	21,818.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A0504 5.4.- RELLENOS Y PAVIMENTOS	0.00	0.00	0.00	122,797.05	122,799.59	134,451.00	134,450.99	122,797.05	122,797.05	0.00	0.00	0.00	0.00
A0505 5.5.- COLGANTEO PARA TUBERÍA DE PEMEX	53,900.41	53,900.51	655,286.27	751,611.59	751,610.04	19,005.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A0506 5.6.- ESTRUCTURA PARA COLGANTEO DE DE DUCTOS DE TELMEX	12.63	12.63	4,481.49	50,891.49	50,891.17	50,891.49	50,891.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A06 6.- HINCADO DE PILOTES	0.00	0.00	426,523.17	1,395,311.69	962,768.37	862,276.16	862,276.16	462,877.16	462,877.16	462,877.16	322,434.04	0.00	0.00
A07 7.- CONTROL Y APUNTALAMIENTO DE PREDIOS ALEDAÑOS	1,129.68	1,129.68	8,855.33	74,891.95	74,889.93	74,891.95	73,762.27	73,762.27	73,762.27	73,762.27	73,762.27	73,762.27	73,762.27
A08 8.- CIMENTACIÓN	30,290.72	30,290.72	974,369.91	4,619,764.68	4,627,297.05	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.86	4,627,197.84
A09 9.- ESTRIBOS Y MUROS DE CONTENCIÓN	44,285.55	44,285.55	925,453.97	925,453.97	925,443.16	925,453.97	925,453.97	925,453.97	925,453.97	925,453.97	925,453.97	925,453.97	36,233.80
A1001 10.1.- COLUMNAS, TRABES Y CABEZALES COLADOS EN SITIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	434,945.90	434,975.43	434,945.90	434,945.90
A1002 10.2.- COLUMNAS PREFABRICADAS	0.00	0.00	0.00	1,788,731.59	4,954,549.37	8,088,597.67	8,640,226.41	4,420,711.29	2,378,819.93	2,112,924.53	0.00	0.00	0.00
A11 11.- SUPER ESTRUCTURA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	857,612.23	2,965,525.60	2,749,656.32	5,602,981.88	3,245,504.90	2,166,154.60
A12 12.- PAVIMENTOS EN PUENTE Y RAMPA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A13 13.- ESTRUCTURAS METÁLICAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1401 14.1.- ALUMBRADO SOBRE PUENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1402 14.2.- ALUMBRADO BAJO PUENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1403 14.3.- ALUMBRADO VIALIDA COINCIDENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A15 15.- DRENAJE PLUVIAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1601 16.1.- SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A1602 16.2.- SEÑALAMIENTO VERTICAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A17 17.- OBRAS VIALES COMPLEMENTARIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A18 18.- MOVILIARIO URBANO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A19 19.- PLAZAS Y JARDINES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A20 20.- JUEGOS INFANTILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A21 21.- SEGURIDAD VIAL Y MATERIALES	217,551.44	217,551.44	217,551.44	217,551.44	217,551.44	217,551.44	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79
SUMA PARCIAL	499,397.01	499,397.01	4,537,826.71	12,016,521.34	13,462,110.29	15,253,394.79	16,200,574.34	12,224,356.03	12,089,930.56	11,890,314.69	12,490,302.13	9,898,213.78	8,108,938.70
SUMA TOTAL	499,397.01	499,397.01	4,537,826.71	12,016,521.34	13,462,110.29	15,253,934.79	16,200,574.34	12,224,356.03	12,059,930.56	11,890,314.69	12,490,302.13	9,898,213.78	8,108,938.70
TOTAL ACUMULADO	499,397.01		5,037,223.72	17,053,745.06	30,515,855.35	45,769,790.14	61,970,364.48	74,194,720.51	86,254,651.07	98,144,965.76	110,635,267.89	120,533,461.67	128,642,420.37
IMP. TOTAL REDONDEADO AL PESO INMEDIATO SUP.	499,398.00	499,398.00	4,537,827.00	12,016,522.00	13,462,111.00	15,253,935.00	16,200,575.00	12,224,357.00	12,059,931.00	11,890,315.00	12,490,303.00	9,898,214.00	8,108,939.00

RESUMEN CALENDARIZADO POR PARTIDA (HOJA-2)

	PARTIDA	DIC	TOTAL	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	03-Ago-04	TOTAL	TOTAL
A01	1.- PRELIMINARES	0.00	1,254,841.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,296,297.81
A02	2.- ADECUACIONES GEOMÉTRICAS POR BANDEOS VEHICULARES	352,314.25	1,258,715.57	82,546.22	82,548.42	82,548.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	247,642.92	1,506,358.49
A03	3.- RETIRO DE ÁRBOLES	0.00	145,635.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	156,905.50
A04	4.- COMFINAMIENTO	252,499.93	1,767,912.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,767,912.07
A0501	5.1.- EXCAVACIONES, DEMOLICIONES Y EXTRACCIONES	0.00	886,892.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	969,414.06
A0502	5.2.- AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA	0.00	2,426,062.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,432,918.80
A0503	5.3.- ATARJEAS	0.00	257,835.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267,957.86
A0504	5.4.- RELLENOS Y PAVIMENTOS	0.00	790,092.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	760,092.57
A0505	5.5.- COLGANTEO PARA TUBERÍA DE PEMEX	0.00	2,177,513.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,231,413.74
A0506	5.6.- ESTRUCTURA PARA COLGANTEO DE DE DUCTOS DE TELMEX	0.00	208,047.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	208,059.96
A06	6.- HINCADO DE PILOTES	0.00	6,220,221.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6,220,221.19
A07	7.- CONTROL Y APUNTALAMIENTO DE PREDIOS ALEDAÑOS	73,762.27	823,627.32	73,762.27	73,762.27	73,762.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	221,286.76	1,046,043.76
A08	8.- CIMENTACIÓN	4,618,004.79	51,857,019.29	4,615,187.79	4,615,187.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9,230,375.51	61,117,685.52
A09	9.- ESTRIBOS Y MUROS DE CONTENCIÓN	0.00	9,290,762.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9,335,048.09
A1001	10.1.- COLUMNAS, TRABES Y CABEZALES COLADOS EN SITIO	434,945.90	2,174,759.03	434,945.90	434,945.90	434,945.90	434,945.90	434,945.94	0.00	0.00	0.00	2,174,729.54	4,349,488.57
A1002	10.2.- COLUMNAS PREFABRICADAS	0.00	32,384,560.79	0.00	0.00	437,293.04	253,238.54	0.00	0.00	0.00	0.00	690,511.58	33,075,092.37
A11	11.- SUPER ESTRUCTURA	1,745,917.86	19,333,433.39	1,946,299.44	5,577,858.24	3,361,277.52	5,289,416.94	6,858,775.12	4,797,350.19	0.00	0.00	27,830,977.45	47,164,410.84
A12	12.- PAVIMENTOS EN PUENTE Y RAMPA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,476,994.55	1,477,007.82	1,477,007.84	4,431,010.21	4,431,010.21
A13	13.- ESTRUCTURAS METÁLICAS	0.00	0.00	0.00	2,925,181.57	2,925,181.57	2,925,181.57	2,925,181.57	2,925,181.56	0.00	0.00	14,625,907.84	14,625,907.84
A1401	14.1.- ALUMBRADO SOBRE PUENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	392,802.76	392,802.69	0.00	0.00	0.00	0.00	785,605.45	785,605.45
A1402	14.2.- ALUMBRADO BAJO PUENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	395,656.45	395,656.45	395,569.06	0.00	0.00	1,186,881.96	1,186,881.96
A1403	14.3.- ALUMBRADO VIALIDA COINCIDENTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	469,816.11	469,816.10	0.00	939,632.21	939,632.21
A15	15.- DRENAJE PLUVIAL	0.00	0.00	0.00	0.00	256,657.02	256,657.02	256,599.09	0.00	0.00	0.00	769,913.13	769,913.13
A1601	16.1.- SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121,714.50	121,714.20	121,714.40	0.00	365,143.10	365,143.10
A1602	16.2.- SEÑALAMIENTO VERTICAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	105,815.69	105,727.09	105,815.68	0.00	317,358.45	317,358.46
A17	17.- OBRAS VIALES COMPLEMENTARIAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	884,017.33	884,017.33	884,017.32	884,017.30	0.00	3,536,069.28	3,536,069.21
A18	18.- MOVILIARIO URBANO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	602,076.32	602,076.32	602,076.32	602,076.22	0.00	2,408,305.18	2,408,305.14
A19	19.- PLAZAS Y JARDINES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	464,342.59	464,345.02	464,342.57	0.00	1,393,030.18	1,393,030.19
A20	20.- JUEGOS INFANTILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15,146.76	15,146.76	15,146.76	15,146.67	60,586.95	60,586.95
A21	21.-SEGURIDAD VIAL Y MATERIALES	217,475.79	2,610,012.08	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.79	217,475.19	0.00	1,522,329.93	4,349,893.45
	SUMA PARCIAL	7,694,920.79	135,837,944.15	7,370,217.41	13,926,959.91	8,181,944.10	11,651,468.55	13,281,747.15	12,475,413.99	4,357,412.02	1,492,154.51	72,737,317.64	209,074,658.80
	SUMA TOTAL	7,694,920.79	135,837,944.15	7,370,217.41	13,926,959.91	8,181,944.10	11,651,468.55	13,281,747.15	12,475,413.99	4,357,412.29	1,492,154.51	72,737,317.64	209,074,658.80
	TOTAL ACUMULADO	136,337,341.16		143,707,558.52	157,634,518.48	165,816,462.58	177,467,931.13	190,749,678.28	203,225,092.27	207,582,504.29	209,074,658.80		
	IMP. TOTAL REDONDEADO AL PESO INMEDIATO SUP.	7,694,921.00	135,837,945.00	7,370,218.00	13,926,960.00	8,181,945.00	11,651,469.00	13,281,748.00	12,475,414.00	4,357,413.00	1,492,155.00	72,737,318.00	209,074,659.00

## Resumen del Presupuesto (Terminación de la Construcción del Distribuidor Vial Zaragoza, Zona "A")

PARTIDA	MONEDA	TOTAL	TOTAL
1.- PRELIMINARES	PESOS	1,296,297.81	1,296,297.81
2.- ADECUACIONES GEOMÉTRICAS POR BANDEOS VEHICULARES	PESOS	1,506,358.49	1,506,358.49
3.- RETIRO DE ÁRBOLES	PESOS	156,905.50	156,905.50
4.- CONFINAMIENTO	PESOS	1,767,912.07	1,767,912.07
5.- OBRA INDUCIDA	PESOS		<b>6,869,857.19</b>
5.1.- EXCAVACIONES, DEMOLICIONES Y EXTRACCIONES	PESOS	969,414.06	
5.2.- AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA	PESOS	2,432,918.80	
5.3.- ATARJEAS	PESOS	267,957.86	
5.4.- RELLENOS Y PAVIMENTOS	PESOS	760,092.57	
5.5.- COLGANTEO PARA TUBERÍA DE PEMEX	PESOS	2,231,413.74	
5.6.- ESTRUCTURA PARA COLGANTEO DE DE DUCTOS DE TELMEX	PESOS	208,059.96	
6.- HINCADO DE PILOTES	PESOS	6,220,221.19	6,220,221.19
7.- CONTROL Y APUNTALAMIENTO DE PREDIOS ALEDAÑOS	PESOS	1,046,043.76	1,046,043.76
8.- CIMENTACIÓN	PESOS	61,117,685.52	61,117,685.52
9.- ESTRIBOS Y MUROS DE CONTENCIÓN	PESOS	9,335,048.09	9,335,048.09
10.- SUBESTRUCTURA	PESOS		<b>37,424,580.94</b>
10.1.- COLUMNAS, TRABES Y CABEZALES COLADOS EN SITIO	PESOS	4,349,488.57	
10.2.- COLUMNAS PREFABRICADAS	PESOS	33,075,092.37	
11.- SUPER ESTRUCTURA	PESOS	47,164,410.84	47,164,410.84
12.- PAVIMENTOS EN PUENTE Y RAMPA	PESOS	4,431,010.21	4,431,010.21
13.- ESTRUCTURAS METÁLICAS	PESOS	14,625,907.84	14,625,907.84
14.-ALUMBRADO PÚBLICO	PESOS		<b>2,912,119.62</b>
14.1.- ALUMBRADO SOBRE PUENTE	PESOS	785,605.45	
14.2.- ALUMBRADO BAJO PUENTE	PESOS	1,186,881.96	
14.3.- ALUMBRADO VIALIDA COINCIDENTE	PESOS	939,632.21	
15.- DRENAJE PLUVIAL	PESOS	769,913.13	769,913.13
16.- SEÑALAMIENTO DEFINITIVO	PESOS		<b>682,501.56</b>
16.1.- SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	PESOS	365,143.10	
16.2.- SEÑALAMIENTO VERTICAL	PESOS	317,358.46	
17.- OBRAS VIALES COMPLEMENTARIAS	PESOS	3,536,069.21	3,536,069.21
18.- MOVILIARIO URBANO	PESOS	2,408,305.14	2,408,305.14
19.- PLAZAS Y JARDINES	PESOS	1,393,030.19	1,393,030.19
20.- JUEGOS INFANTILES	PESOS	60,586.95	60,586.95
21.-SEGURIDAD VIAL Y MATERIALES	PESOS	4,349,893.45	4,349,893.45
IMPORTE DEL PRESUPUESTO	PESOS	209,074,658.80	209,074,658.80

## V Construcción

Durante toda la etapa de construcción se realizará el control de la obra, actividad ejecutada con el soporte técnico de la oficina central (empresa), considerando que cada obra tiene diferentes importes, tiempos de ejecución, localización, accesos y riesgos, personal técnico y administrativo, así como comunicaciones, fletes y oficina de campo, etc.

Para el seguimiento del programa de obra global y particular se realizaron recorridos y juntas periódicas en la obra, en la cual se encontraban los responsables de cada actividad, proyectista, supervisión, contratista y personal de la dependencia (La Dirección General de Obras Públicas (DGOP)). En estas juntas se hacía un recuento de los avances, retrasos y justificación de los mismos, así como las posibles soluciones, siendo estas las óptimas, que no generaran retrasos significativos de las actividades secuenciales. De tal manera se presentaba el avance a la fecha de corte, por medio de gráficas, avances de obra semanal ó mensual, en costos y porcentajes, las observaciones, los acuerdos y/o las decisiones se asentaban en documentos oficiales llamados “minutas”.

La empresa que gana el concurso para la construcción del tramo “A” del Distribuidor Vial Zaragoza-Oceanía es Gutsa Inmobiliaria SA de CV, misma que presento el programa de construcción, gráficas de barras siguientes (Ruta crítica).

### V.1 Cimentación profunda y superficial

En el caso del proyecto, se utilizarán como ya se determinó, pilotes de fricción, de los cuales se explicará el procedimiento de perforación e hincado.

#### - Perforación:

Con la finalidad de guiar y facilitar el hincado de pilotes, además de evitar movimientos excesivos en la masa de suelo, se realizó una perforación previa, en los puntos que de antemano debían ser ubicados, antes de iniciar la perforación previa, se verificará la posición del pilote y del cajón de cimentación, lo cual no variará en mas de 2 cm con respecto a las medidas de proyecto.

La perforación que se utilizará de guía, tendrá una profundidad de 5 m en todos los pilotes, con extracción de material. En aquellos pilotes que tengan una distancia menor a 4 m de cualquier instalación hidráulica adyacente, se prolongará la perforación hasta 1 m por debajo del lecho inferior de estos, pudiendo realizar la perforación sin extracción, sino por simple remoldeo de material.

El equipo contará con capacidad suficiente para hincado de pilotes y la herramienta deberá ser la adecuada para realizar una perforación del 80 % del área transversal del pilote, de modo que la perforación quede inscrita en la sección del pilote, con una tolerancia de  $\pm 2.5$  cm.

El tiempo máximo entre la perforación y el hincado será de 36 hrs. De no ser así el terreno se recupera.

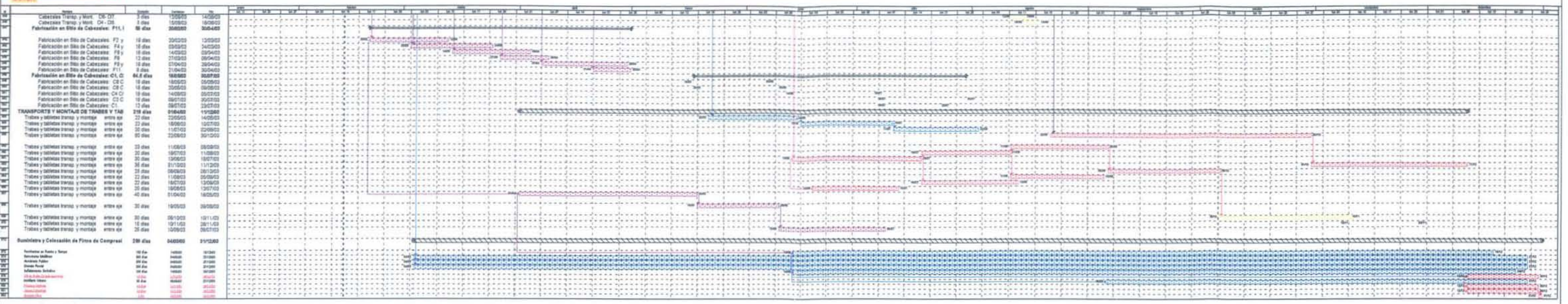
#### - Hincado de pilotes:

La colocación de los pilotes de concreto reforzado, debe realizarse de tal forma que se garantice la integridad estructural del mismo elemento y se obtenga la integración deseada con el subsuelo, se procurará no causar daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo, por lo cual se debe considerar lo siguiente:











- Todos los pilotes deberán estar limpios y su cabeza será perpendicular al eje del mismo.
- Los pilotes que presentan grietas o fisuras no serán colocados.
- Cuando los pilotes han sido aceptados, es conveniente que se coloquen marcas, para así llevar un registro del número de golpes necesarios por cada decímetro en el tramo indicado.
- Cuando los pilotes tienen cuando menos un 75 % de la resistencia del proyecto, serán izados mediante estrobos y se colocarán en la perforación previa.
- Durante la construcción de pilotes se diseña un sistema de izaje, este permite la manipulación de los pilotes para su traslado, almacenaje e hincado, en la Fig. 5.1 se muestra en detalle donde se tiene el sistema y el refuerzo.

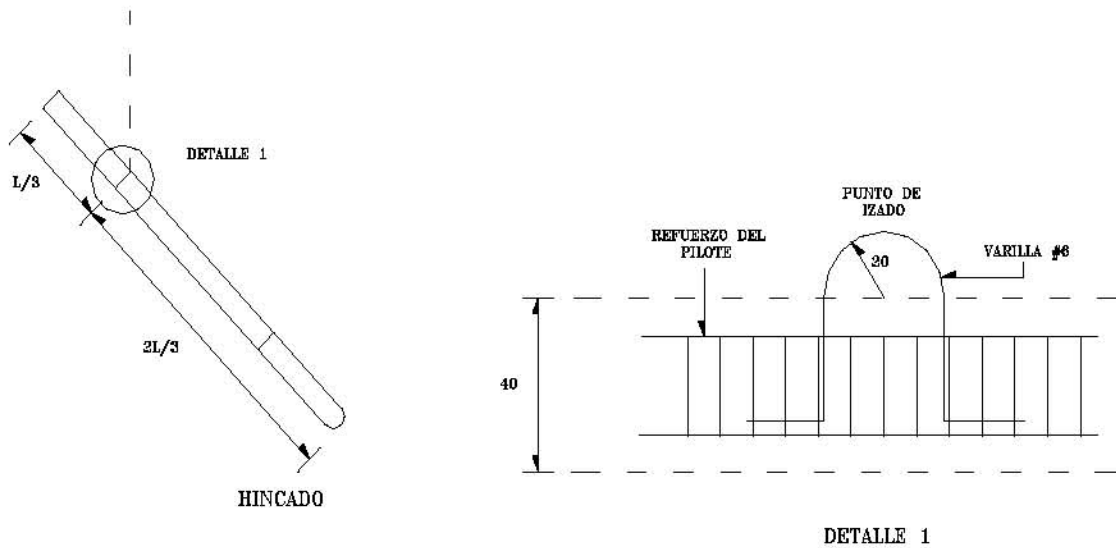
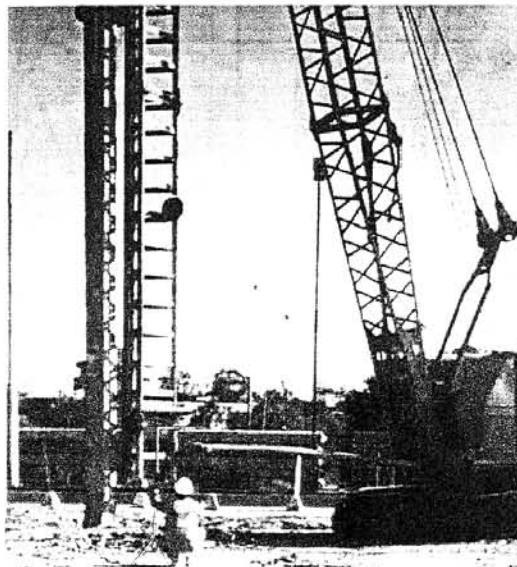


Fig.5.1



Revisión de la verticalidad de un pilote.

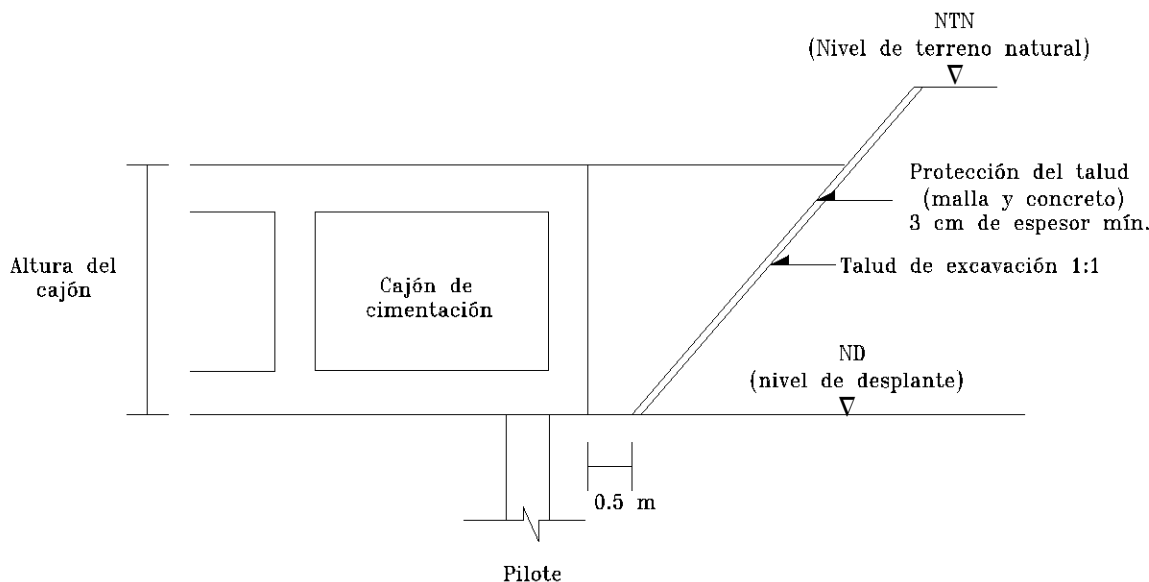
- Cimentación superficial:

Debido a que se utilizará una Cimentación Compensada (Pilotes de fricción y cajón de cimentación), se explicará en los siguientes incisos la excavación y estanqueidad del cajón de cimentación.

- Excavación:

La excavación para los cajones se iniciará una vez que la totalidad de los pilotes hayan sido hincados, esta se realizará en una sola etapa, hasta la profundidad de desplante, de acuerdo con la geometría de proyecto, en todos aquellos casos donde se pueda desarrollar el talud y no existan interferencias.

La excavación para los cajones de cimentación contará con taludes cuya relación vertical-horizontal sea 1:1 y ocupará un área cuyos lados serán 0.5 m más grandes que los del cajón al nivel de desplante. Como se muestra en la figura siguiente.



Excavación para los cajones de cimentación.

Para todos los casos, la excavación permanecerá abierta el tiempo mínimo posible ( 7 días máximo) y será protegida con malla de gallinero recubierta de concreto, con 3 cm de espesor.

La profundidad promedio de la excavación es de 4.5 m, la cual no es considerable, pero como se realiza en el suelo llamado arcilla ( blanda), se especifica un talud 1:1, lo cual implica no colocar ademes para detener las paredes de la excavación, basta colocar una malla revestida con concreto, para evitar derrumbes y prevenir la erosión debido a factores climatológicos. Fig. 5.2

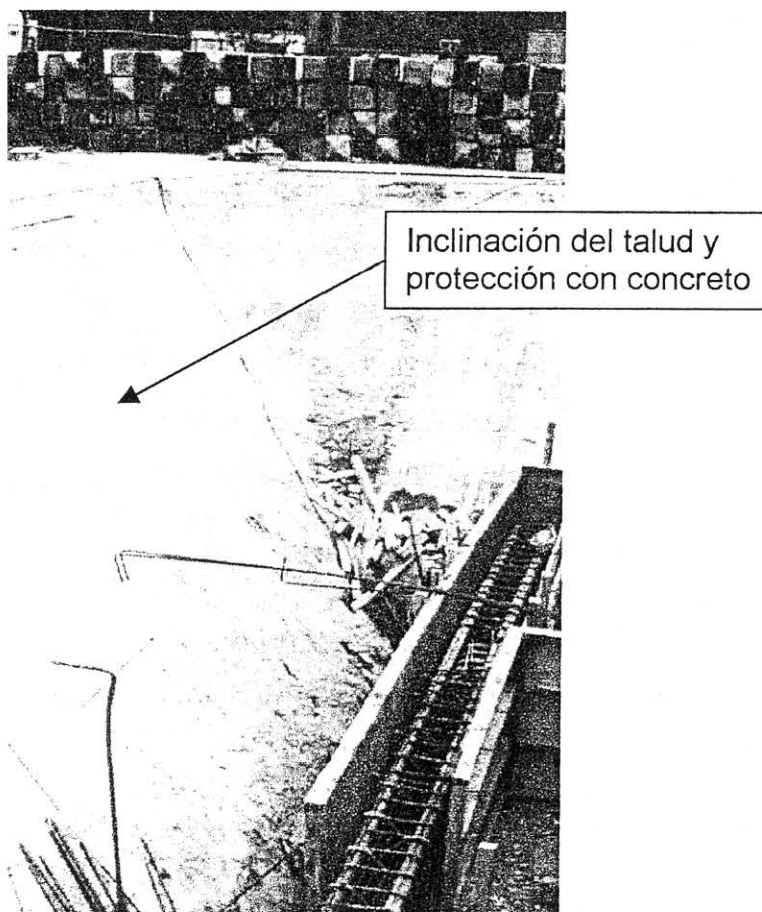


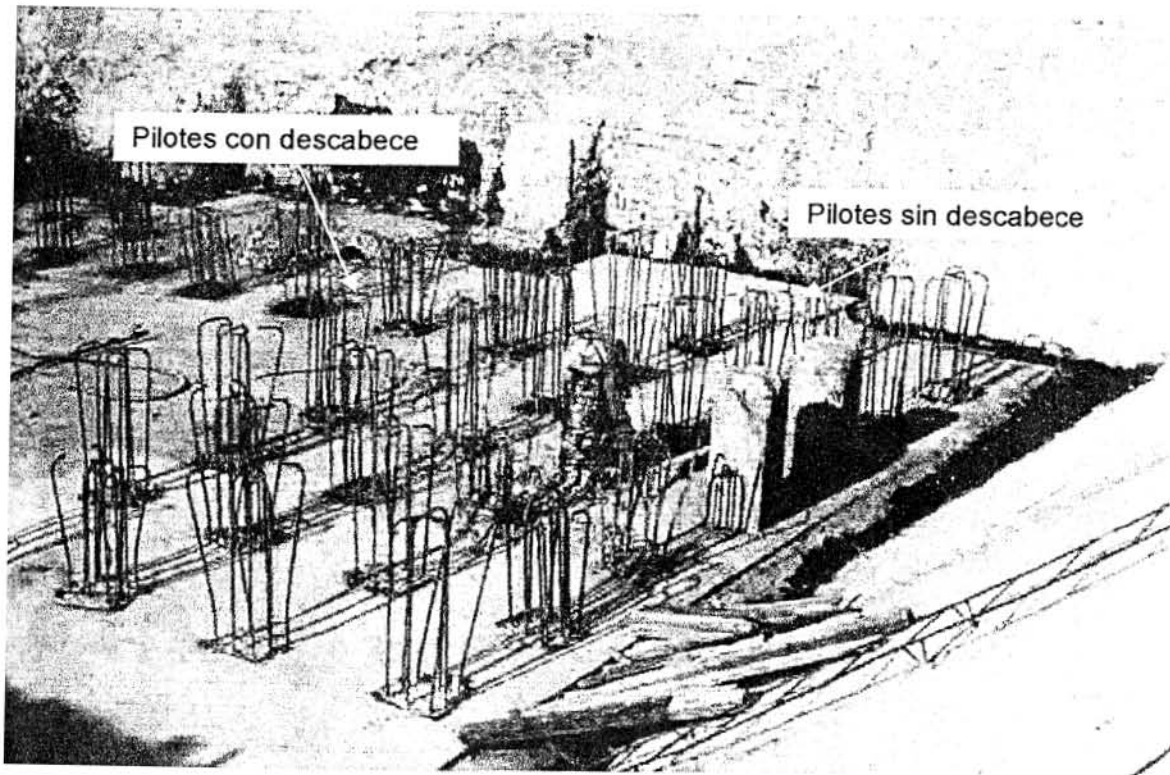
Fig. 5.2

Concluida la excavación en su totalidad se coloca una plantilla de concreto pobre, con una resistencia  $f'c = 100 \text{ Kg / cm}^2$  de 0.5 cm de espesor, solo para el área del cajón, posteriormente se procede al descabece de pilotes que consiste en retirar el concreto de una parte del pilote con el fin de descubrir el acero, mismo que se utilizará como unión entre los pilotes y el cajón, para formar posteriormente un solo elemento, cuya longitud será de 80 m, la herramienta que se utilizará para el descabece serán martillos rompedores, cuñas, etc. Queda prohibido utilizar explosivos, posteriormente se retirarán en su totalidad los fragmentos de concreto, así como materiales ajenos a la cimentación. Figs. 5.3 y 5.4

La finalidad de la plantilla es proporcionar una base firme, para la losa de concreto, así como prevenir la corrosión del acero, para este caso se dispuso una membrana impermeable entre dos plantillas, esto también evita que el cajón se llene de agua y se tenga una carga no contemplada.

Durante la etapa de excavación se contará con un sistema de bombeo de achique que pueda resolver cualquier eventualidad.

Una vez que se concluyo con los trabajos de excavación se procede a la colocación de acero como lo muestran los planos de diseño para cajón de cimentación y a su vez también se colocará la cimbra correspondiente



Figs. 5.3 y 5.4

- Estanqueidad

Los cajones de cimentación se impermeabilizan para evitar la inundación de las celdas de los cajones y por lo tanto evitar una carga excedente.

Se debe tomar en cuenta también que los elementos del concreto contengan las especificaciones de proyecto, por ejemplo:

- El agregado grueso contará con el tamaño adecuado para que se introduzca en el armado.
- El concreto deberá contener de forma integral y homogénea algún aditivo impermeabilizante.
- El concreto será colado y vibrado adecuadamente para evitar conductos generados por aire o cualquier discontinuidad por efecto de la segregación.
- El colado se realizará en forma monolítica para evitar juntas frías.
- Si existen juntas frías, no se admitirán en la losa de fondo, en muros perimetrales, así como la conexión de estos.
- El fraguado del concreto se controlará con un método tal que asegure la no-generación de grietas o fisuras, esto mediante un curado basándose en películas o aditivos.

Para impermeabilizar exteriormente el cajón se colocará una membrana laminar prefabricada, formada por una hoja central de polietileno de 90 micras de espesor de alta densidad recubierta por ambos lados con asfalto catalítico plastificado y terminado en su lado exterior por una película de polietileno de alta densidad de 30 micras de espesor y en su lado exterior una tela de fibras no tejidas de poliéster de alta resistencia mecánica de 125 gr / cm<sup>2</sup>. El espesor de la membrana impermeable es de 4 mm. Esta membrana se colocará en toda la periferia del cajón y hasta la altura de la losa tapa o por lo menos a 50 cm por arriba del NAF del sitio. La colocación de rellenos se colocará de tal forma que se garantice la integridad de la película. Fig. 5.5

En la losa de fondo se aplicará un tratamiento análogo al de muros, en las juntas entre cajón y pilotes se cubrirá con 20 cm de la membrana impermeabilizadora. Fig. 5.6 y 5.7

El registro de la losa tapa del cajón sirve para recuperar la cimbra y posteriormente verificar la estanqueidad de los cajones de cimentación. Fig. 5.8

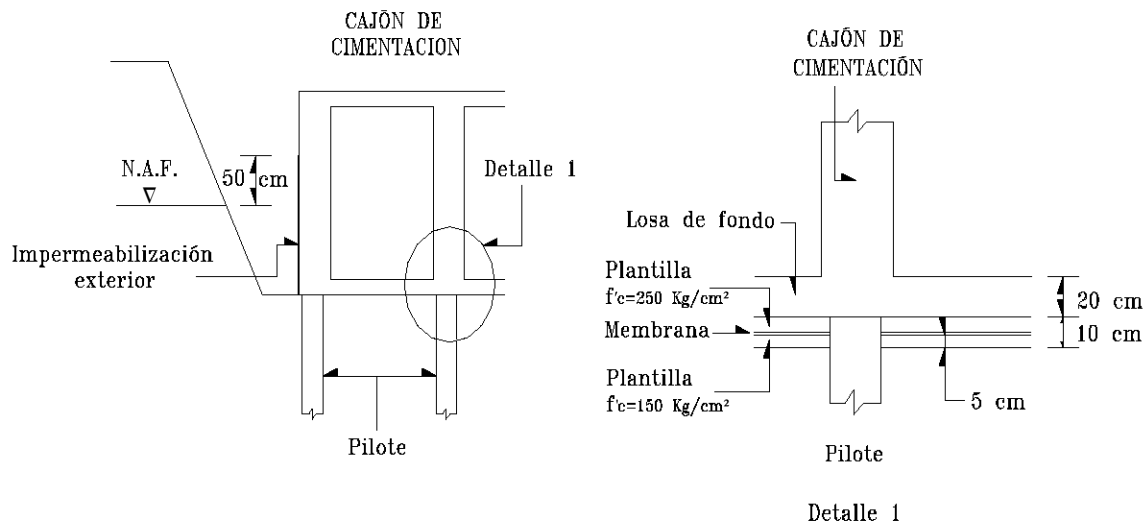


Fig. 5.5 Impermeabilización Exterior

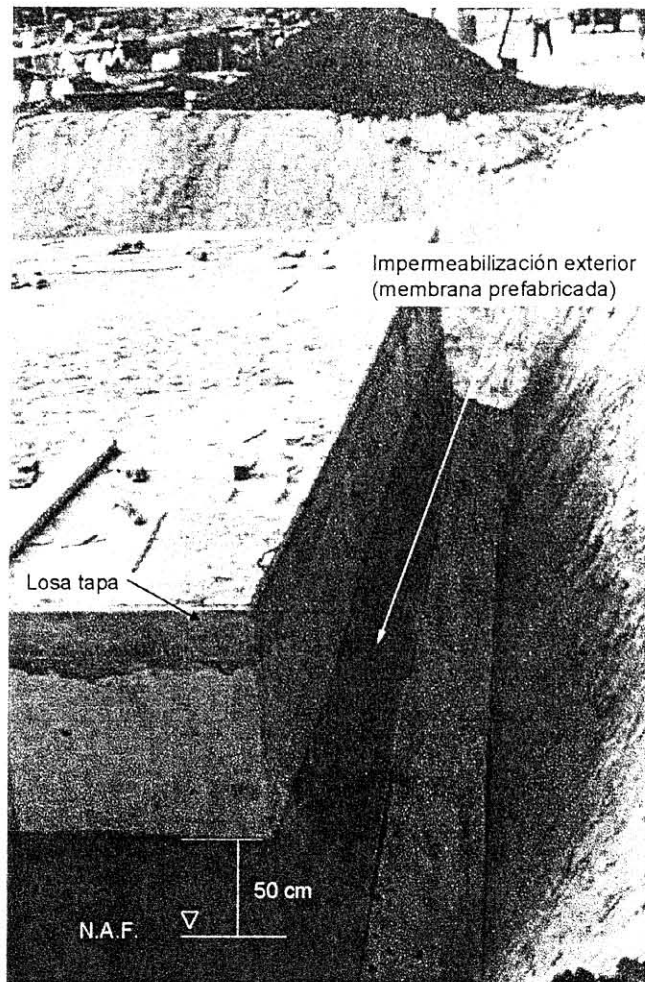


Fig. 5.6

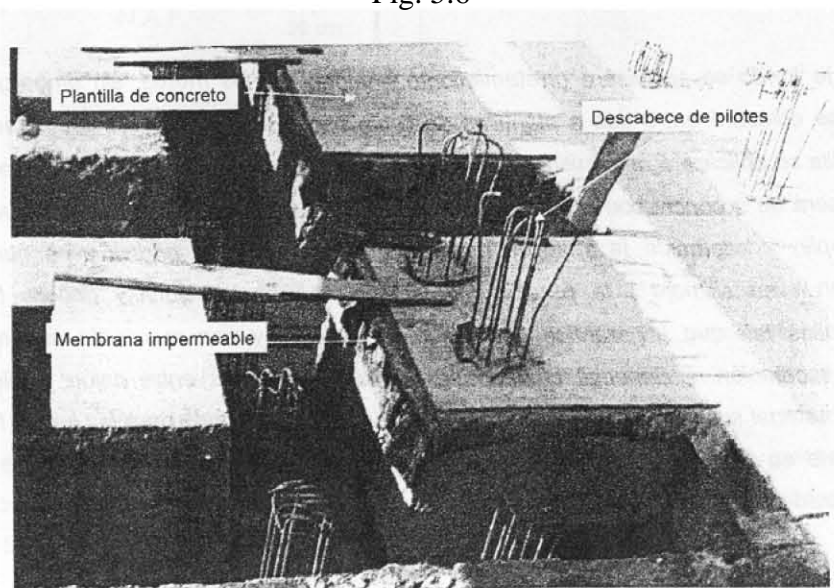


Fig. 5.7

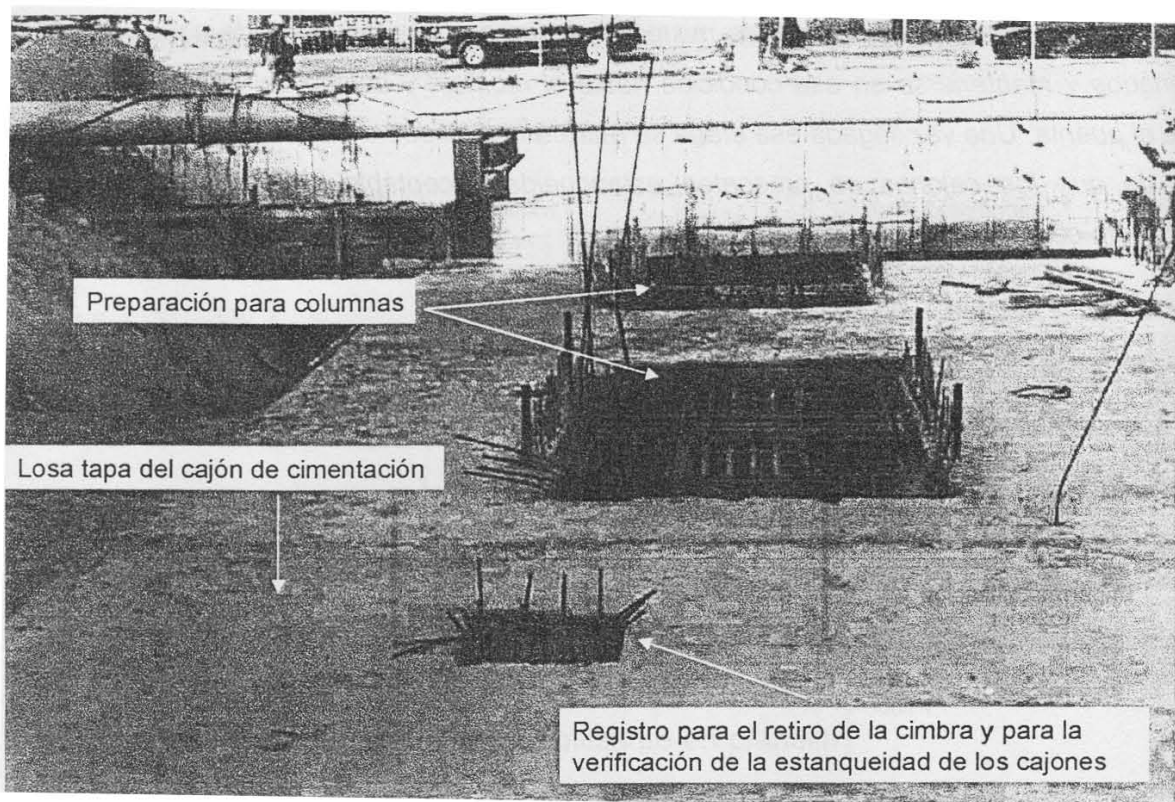


Fig. 5.8

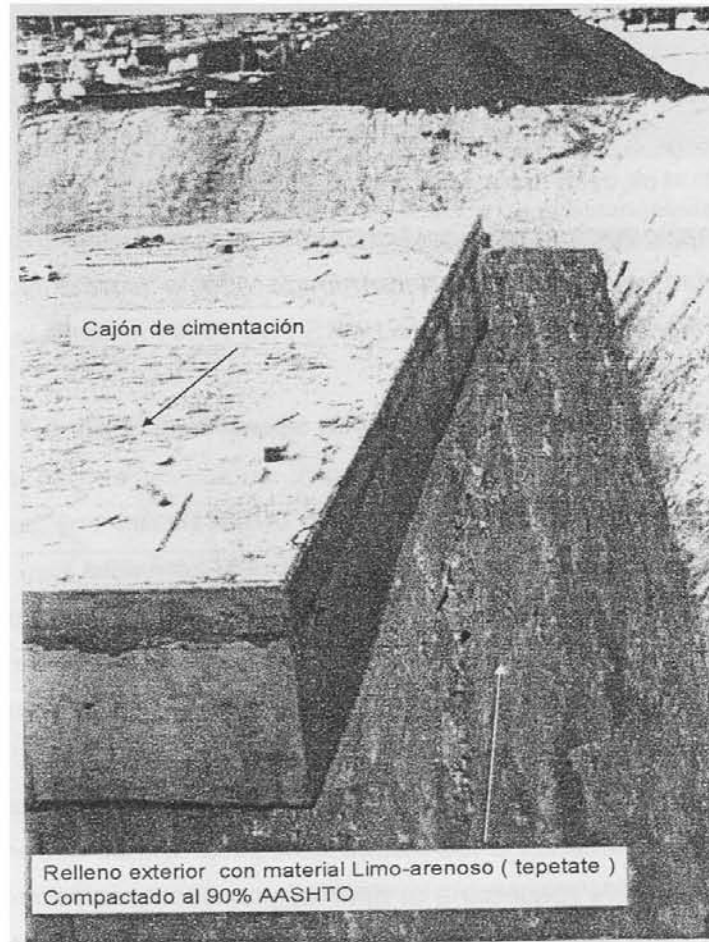
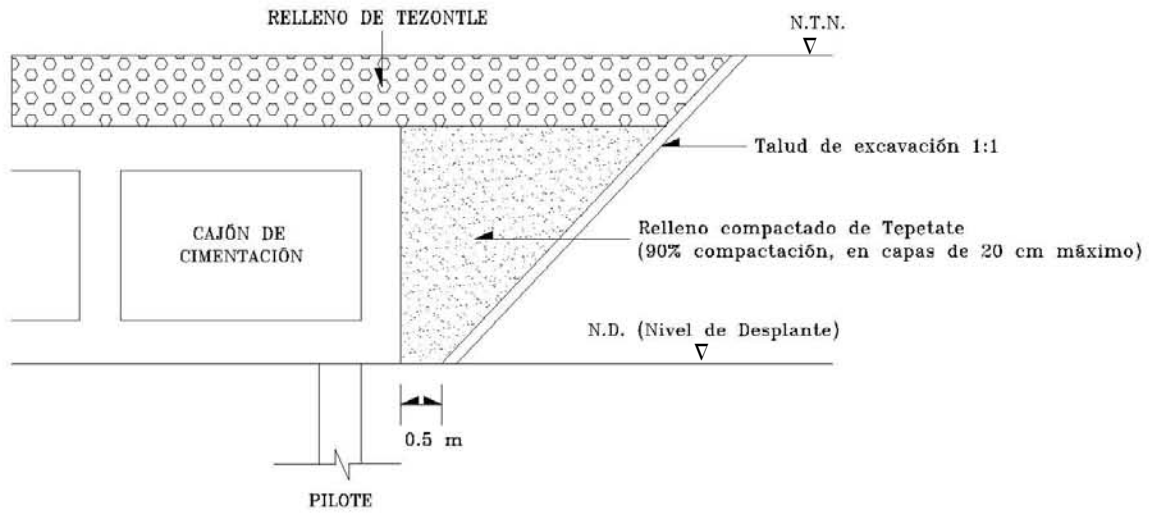
- Rellenos locales

El objeto de los rellenos es ajustar el comportamiento de la masa de suelo, debido a que en el caso de cargas circundantes verticales a la zona de excavación se inducen empujes horizontales, los cuales, en el caso de no existir mecanismos para resistirlos se pueden traducir en una cedencia lateral, con lo que se asocian asentamientos locales, para evitar esto se colocan rellenos compactados.

Colado y descimbrado el cajón de cimentación, se rellenará la parte exterior del mismo, hasta el nivel de losa o capa de sub-base con material limo-arenoso (tepetate), compactado al 90 % en capas de 20 cm de espesor y obtener un valor relativo de soporte de 20 %. Fig. 5.9, 5.10 y 5.11

En aquellos cajones que invadan parcialmente la vialidad o cruzan tuberías, se ha dejado una profundidad libre entre la tapa del cajón y el nivel de terreno donde se colocará un relleno con material aligerado (tezontle) en capas de 30 cm hasta el nivel de desplante de la sub-base de la estructura de pavimentos.





Figs. 5.9 y 5.10





Fig. 5.11

## V.2 Obra inducida

Es el departamento encargado de retirar todos aquellos obstáculos que interfieran en la obra, por ejemplo, cuando se afecta la propiedad privada, debido a que el trazo del proyecto pasa por la misma, es entonces cuando los funcionarios de obra inducida se encargan de negociar con los particulares, para obtener la solución que convenga a ambas partes.

Las obras inducidas que se encuentran para este proyecto son:

- Ductos de PEMEX.
- Ductos de Telmex.
- Líneas de Luz y Fuerza de Centro.
- Líneas del Sistema de Transporte Eléctrico (Trolebús).
- Sector Comunicaciones y Transporte (Tránsito).
- Tuberías de agua potable.
- Obras de alcantarillado.
- Sistema de Transporte Colectivo; Metro (Línea 1).
- Metrogas (Tubos de 4").
- Propiedad Privada.

Algunas soluciones aportadas por la DGOP mediante el departamento de Obras Inducidas en colaboración de las instancias gubernamentales o privadas respectivamente, son las siguientes, para el caso el caso de ductos de Pemex, no fue posible darle una reubicación, debido a los diámetros que manejan (8" y 12") y sustancias que transportan, por lo tanto, se optó por adecuar la posición

de los pilotes y se adaptó la posición de los cajones de cimentación, posteriormente se diseñó un procedimiento constructivo que permite la excavación y construcción de los cajones de cim. Los cuales se ubicaron por debajo de los ductos, denominado de “colgante”, el cual consiste en construir un sistema de soporte para los ductos, este se realiza con perfiles estructurales IPR, tubo de 20” ced. 40 como se muestra en la fig. 5.12, todo lo anterior se realiza con excesivas medidas de seguridad, con el objetivo de prevenir accidentes. Posteriormente a la construcción del cajón de cimentación se realizan los rellenos de soporte para los ductos, utilizando un material areno-limoso.

Para los casos distintos a Pemex, por ejemplo L y F, STE, etc.; la solución consistió en una reubicación de líneas, las cuales se realizaron entre el departamento de Obras Inducidas que es quien proporciona el plano de obra y la instancia correspondiente que hace un estudio de solución en campo.

Para la situación en que se afecta a propiedad privada, se realizó un levantamiento para obtener un avalúo, es importante hacer notar que el valor que se maneja es comercial, no catastral, con esta información se realiza una negociación con los propietarios y se da la solución que a ambas partes mejor convenga.

Es importante mencionar que los predios y vía pública pertenecientes al gobierno que resulten afectados, también son acreedores de una negociación, no obstante que la obra pertenezca al Gobierno Federal.

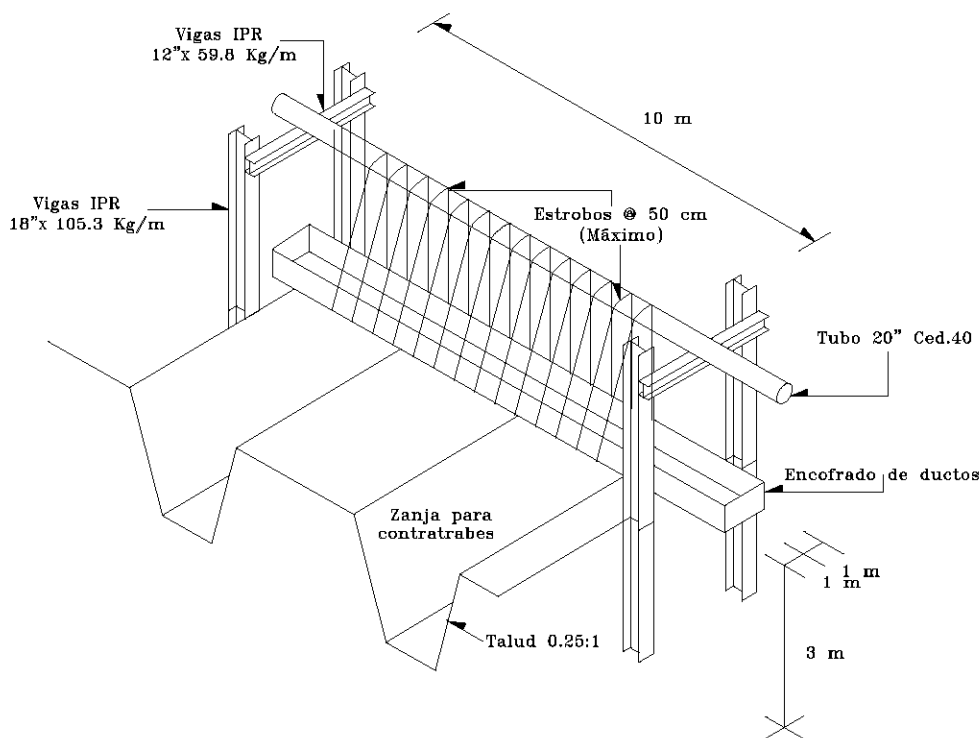


Fig., 5,12

### V.3 Estructura

Este elemento esta formado básicamente por columnas con su correspondiente capitel superior e inferior, de los cuales, durante el proceso de armado, la presencia de la brigada de topografía es de vital importancia, para que en todo momento, incluso durante el colado de la misma, se verifique la correcta colocación y posición de la columna, teniendo una repercusión en la seguridad estructural de la misma.

#### - Cimbrado de columnas

La diferencia entre las geometrías de las columnas implica la existencia de cimbras con diferentes dimensionamientos. Mismas que proporcionarán un molde que resista el peso del concreto fresco y el empuje del vibrador y que además de la forma, se obtenga la textura de acabado que se requiere por proyecto, de tal forma que se utilizó para la construcción de la cimbra, lámina de acero de ¼", confinada en su estructura metálica prefabricada con ángulo de 2", este tipo de cimbra tiene la característica de ser de fácil manejo, tanto en la colocación como en el retiro, para las columnas circulares se utilizó solo una pieza con radio de 40 cm y para columnas oblongas se utilizaron cuatro partes, dos con un radio de 75 cm para la parte del medio círculo y dos para la parte recta de 50 cm. Se habilito la cimbra por módulos, para facilitar su colocación, cada uno de los módulos contó con una ceja de placa de ½", barrenada a una distancia equidistante, los orificios consecuencia de la barrenación, sirvieron para unir los módulos por medio de un tornillo y así armar la geometría solicitada.

Una vez que se colocó el acero de refuerzo, tanto en la sección longitudinal como transversal, se procedió a la colocación de la cimbra, previamente engrasada, para evitar que el concreto quedara adherido a la cimbra y así respetar el acabado de proyecto. Para troquelar la cimbra se utilizó madera (polines).

#### - Colado de columnas

Posterior al cimbrado de columnas, se realiza la plomeada de la cimbra, para garantizar la verticalidad de la misma y después se hace una limpieza adecuada a base de aire comprimido y agua, de esta forma queda lista la pieza para ser colada, con las características de concreto que se especifican a continuación:

- Concreto con una resistencia  $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$  ; al detensar  $f'ci = 240 \text{ kg / cm}^2$ .
- Tamaño máximo de agregado grueso ½".
- Revenimiento máximo 10 cm.
- Porcentaje de finos 50 %.
- Contenido de aire 6 %.
- El recubrimiento mínimo será de 2 cm, excepto donde se indique otra dimensión.

El vaciado será a través de una bomba telescópica con manguera flexible, que permita su introducción a la columna, hasta una altura tal que el concreto no caiga de más de 1.5 m

Debido a la obstrucción que se provoca por el acero de refuerzo, se tuvo que dotar a los vibradores con chicote flexible más largo, de esta forma se logró llegar a las partes más bajas de la columna y se evitó la segregación del concreto.

Se colocaron aditivos (Adecón) en las juntas de colado, para garantizar la unión entre concretos, con el consecuente tratamiento de juntas, como el aditivo es fluidizante, este permitió que el concreto llegara a toda sección interna de la columna.

- Cimbra de Capitel

Posterior a los trabajos de armado se realizó la cimbra de capitel, el material empleado fue fibra de vidrio, para lograr darle un acabado aparente al elemento, con esta fibra se construyeron los moldes con las dimensiones requeridas por el proyecto, por cada capitel se utilizaron dos moldes simétricos, en la parte donde se realizó la unión de los moldes, se dejó una ceja del mismo material (fibra), la cual sirvió para sujetar, utilizando como elementos de sujeción tornillos con sus correspondientes tuercas.

Cuando la cimbra fue colocada y asegurada debidamente, se procedió a la verificación topográfica. (Altura, nivelación y alineación con respecto al eje de apoyo) y una vez aprobada quedó lista para poder ser colada.

- Colado y descimbrado de capitel

El concreto utilizado tuvo una resistencia  $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$  y un revenimiento de 10 cm, este fue realizado en obra, debido a que el volumen utilizado no justificaba la utilización de una olla concretera, no obstante y fiel a los procedimientos para la realización de concretos, se verificó en todo momento, que la dosificación fuera la correcta, también se le agregó un aditivo (Adecón), que garantiza la unión entre concretos, los colados se realizaron necesariamente a primera hora de la jornada de trabajo, con el objeto de poder retirar la cimbra por la tarde y poder cimbrar otro capitel, para que de igual manera fuera colado por la mañana siguiente. El vaciado de concreto se realizó subiendo el concreto con botes alcohólicos a través de andamios, teniendo cuidado de no contaminar en ningún momento el concreto.

#### V.4 Superestructura

Es un elemento, ubicado en la parte superior de las columnas, formado esencialmente por traveses (de cierre y apoyo) y cabezales.

Debido a que las traveses fueron prefabricadas se procederá a describir el proceso de montaje:

- Montaje de traveses de apoyo:

Para realizar el montaje de TA, se realizó el trazo de ejes sobre los capiteles y las traveses, se utilizó pintura de esmalte, realizando en forma triangular estos ejes, para lograr lo anterior, se hizo presente la brigada de topografía.

Los ejes, tanto de la travesa como de los capiteles debían coincidir, una vez colocada la travesa, esto se realizó con el afán de evitar que las traveses quedaran en posición fuera de eje, ya que esto ocasionaría que las demás traveses no entraran en la posición adecuada.

Para subir las piezas se utilizaron grúas estructurales con la capacidad para soportar el peso de las traveses, es importante hacer notar que cuando se inició con la colocación de una travesa en su posición definitiva, esta maniobra no se interrumpía, además el elemento debía permanecer suspendida en el aire el menor tiempo posible.

En lo sucesivo llamaremos diafragma a la unión columna-travesa y la unión travesa-columna-travesa se le conocerá como cabezal, que es una travesa transversal al eje longitudinal del puente.

La colocación de las traveses de las gasas resultó ser más rápida, ya que cuentan con menor volumen y peso, lo que permitió maniobrar más ágilmente.

- Cabezales:

Como se debe de generar una estructura monolítica entre columnas y TA, se contará con otro elemento travesa transversal (llamado cabezal) para formar marcos sismo resistentes, de tal forma que el acero de refuerzo de las columnas se continuará en su extremo superior, hasta llegar al firme de compresión.

En la losa superior de las TA se dejó un hueco, por el cual pasará el acero principal de las columnas y donde también se construyó parte del cabezal, cuyo refuerzo longitudinal y transversal se cruza y une con el acero de refuerzo de las columnas, cuyas especificaciones se presentan en la figura correspondiente.

- Cimbra en cabezales:

La cimbra de cabezal se formó con parte de la TA y consistió en una saliente (Cajón cimbra) ubicado a un costado de la trabe, a la altura de los huecos que se han dejado para el habilitado del acero, formando un cajón, con preparación para poder unirse a la trabe contigua. Para la parte restante del cabezal fue necesario utilizar andamio que pudiera sostener la cimbra a base de madera (Polines) y hojas de triplay y como consecuencia el peso del armado y del concreto al momento del colado, la cimbra formó un cajón con geometría trapezoidal y de la misma altura que de las TA.

- Colado de cabezal:

Cuando se vio terminada la tarea de armado y colocados los ductos para el postensado, se procedió al colado de los cabezales, para lo cual se utilizó concreto premezclado con una resistencia  $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$  y al tensar  $f'ci = 240 \text{ kg / cm}^2$ , con un tamaño máximo de agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ ", con un revenimiento máximo de 10 cm y un porcentaje de finos de 50 %, con un contenido de aire de 6 %.

El recubrimiento mínimo libre será de 2 cm, excepto donde se indique otra dimensión, el concreto contendrá un aditivo estabilizador de volumen, como el cabezal se encuentra interior de la cimbra de cabezal y de la TA, el acceso para el concreto se realizó sobre la TA, siendo conducido por medio de bomba telescópica.

Pasados 3 días se obtuvo el 80 % de resistencia de proyecto, momento en el que se aplicó el postensado.

- Montaje de trabes de cierre:

Cuando se ha concluido con el trabajo de TA y cabezales, se procedió a la colocación de TC, primeramente se colocó una base de concreto de alta resistencia llamado zoclo de nivelación, en el tacón de la TA, cuya función es conjunta con la base de neopreno, se trata de dar un soporte y altura adecuadas para alcanzar la nivelación entre TA y TC.

Determinadas las dimensiones del zoclo, se coló, utilizando Grout de  $F'c = 500 \text{ kg / cm}^2$ , que es un producto químico libre de cloruros. Sobre el zoclo de nivelación se asentó la base de neopreno, para evitar el contacto directo de los concretos de las TA y TC.

De igual manera que para TA, cuando se inició el montaje de una TC el trabajo no era suspendido hasta terminar con toda la maniobra. También se utilizaron 2 grúas por cada TC

Las TC fueron montadas sobre las TA y sujetadas por medio de conexiones como son placas metálicas, pernos y apoyos de neopreno (Móviles y fijos)

Las TA y TC en conjunto con los cabezales, formaron una retícula plana que permite que el puente presente un comportamiento satisfactorio para soportar las cargas vivas móviles.

- Cimbrado y colado de muros laterales y muro estribo

La cimbra utilizada debía proporcionar dos tipos de textura, la primera por la parte interior, que era de acabado común y la segunda por la parte exterior que era de acabado aparente.

Después de colocadas las cimbras correspondientes, se plomearon y alinearon, posteriormente, se procedió al colado, para lo cual, se realizó concreto premezclado con resistencia  $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$  para ME y con concreto premezclado con  $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$  para ML, el vaciado se realizó directamente de la olla por medio de canalones, y luego se vibró el concreto para evitar oquedades por aire atrapado y para no tener segregación del concreto.

El descimbrado se llevo a cabo cuando el concreto alcanzo la resistencia de proyecto mínima.

Cuando los ME y ML estuvieron terminados se procedió a la construcción de terracerías y pavimentos, estructuras que en su momento dieron forma a las rampas de acceso a puentes.

## V.5 Obras complementarias (Construcción)

Estas obras se realizan cuando se tienen terminados los trabajos de la superestructura y son los siguientes:

### V.5.1 Firme de compresión

Este elemento es una losa de concreto armado, esta ubicado a lo largo y ancho del aireplen (dejando el espacio para parapeto de concreto y metálico), es decir, sobre las traveses de apoyo y traveses de cierre y solo es interrumpida por juntas constructivas, llamadas "peines", esto para evitar que se tuviera un colado monolítico que pudiera fracturarse con el movimiento generado por las cargas y/o los hundimientos diferenciales.

#### - Cimbrado:

Con la cimbra que se utilizó se trato de darle un acabado aparente, para ser compatible con el terminado de las traveses y columnas, la cimbra fue colocada debajo de los alerones, entre TA con TA y TC con TC y sujeta con torzales ( Paquetes de alambre recocido entrelazados) de las varillas previamente apoyadas sobre los alerones de dichas traveses. Posteriormente se realizó el armado del cual ya se dieron especificaciones.

### V.5.2 Accesorios

Estos se colocaron simultáneamente al armado de la parrilla del firme de compresión, ya que al ser colado el firme, los accesorios formaron parte integral del mismo, los accesorios son:

- Juntas constructivas ( Peines) de rodamiento, estos se colocaron solo en apoyos móviles, para que la aparición de grietas no tomara otra dirección, que no fuera la junta entre traveses.

- En la unión de TA con TC se colocaron en los pernos, placas metálicas de ¼" de espesor y de 15×20 cm de sección, a manera de roldana y sobre estas se colocó la respectiva tuerca del perno. Las roldanas fueron perforadas con el diámetro del perno, 33 mm para apoyo fijo y para apoyo móvil la perforación fue de forma oblonga del mismo diámetro y de 63 mm de longitud, con el objeto de darle movilidad a la junta, También en la unión de las TA con TC y bajo los peines se colocó una junta de celotex, para garantizar el funcionamiento de los peines y de los apoyos tanto fijos como móviles.

#### - Colado del firme de compresión:

Cuando todos los accesorios estuvieron colocados, se procedió al colado del firme de compresión, con la ayuda de hilo (reventones) se hizo una retícula, con la característica que toda debe de estar a una misma altura, partiendo de la losa superior de la trabe, para que a su vez el concreto posea una misma altura en todas las áreas, después se colocaron "maestras de concreto", que son las bases sobre las cuales serán apoyadas las reglas de madera, las que sirven para dar una distribución uniforme al concreto.

El concreto que se utilizó tuvo una resistencia  $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$ , con revenimiento de 10 cm, el colado se realizó directamente de la olla, cuando esta pudo acceder, en caso contrario se, utilizó bomba telescópica.

### V.5.3 Parapeto

Su función es de una estructura que proporciona seguridad al usuario, ya que es una barrera para evitar que los vehículos puedan salirse del puente, cabe recordar que el segundo y tercer nivel solo tienen un sentido de circulación.

- Cimbrao y colado de parapeto:

Una vez que se realizó el armado de acuerdo a especificaciones, se colocaron las placas que sirven de soporte a los tubos metálicos, que debían ser niveladas y los tubos (De 6" de diámetro, cedula 40) se soldaron a ellas, el parapeto fue construido de la misma sección en todo el puente, la distancia entre postes fue variable según despiece.

La cimbra que se utilizó fue madera de primera clase, para proporcionar un acabado aparente, la geometría que se le dio al parapeto fue para darle continuidad a la forma que ya se tenía en las traveses en la parte extrema de los alerones (Pecho de paloma)

El concreto que se utilizó fue con una resistencia  $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$ , realizado con equipo menor (Revolvedora de un saco), sobre los apoyos móviles, en los peines, se interrumpió el armado y colado del parapeto con una junta constructiva a base de celotex, que permitiera los movimientos en conjunto con el resto del puente.

- Parapeto metálico:

Su función es la de una barrera de contención para automóviles, además de actuar de manera sugestiva sobre el conductor, ya que causa la sensación de seguridad al transitar por el puente, cuyas características son presentadas en el tema de diseño.

### V.5.4 Pavimentos

Las presentes especificaciones rigen el procedimiento constructivo de los pavimentos del puente vehicular, así como todas las vialidades adyacentes y de servicio para el Distribuidor Zaragoza - Oceanía.

A continuación se describen las actividades referentes para la rehabilitación, reconstrucción, ampliación de pavimentos adyacentes y nuevos pavimentos, los que se construirán sobre el puente y aireplén, así como los pavimentos temporales por desvío del tránsito vehicular con motivo de las obras.

#### A Trabajos preliminares.

Previo a los trabajos de rehabilitación, reconstrucción y restitución de los pavimentos se procederá a renivelar todos los brocales de alcantarilla conforme a la rasante de proyecto, así como los registros de instalaciones públicas y municipales, tomando en cuenta todas las especificaciones propias de cada una de ellas.

Adicionalmente deberán realizarse los trabajos de adaptaciones de las áreas de trabajo, trazos y nivelaciones, así como las demoliciones y dismantelamientos para el buen desarrollo de la obra. Por otra parte se deberá tomar en cuenta la realización de pozos y calas para determinar las características de los pavimentos existentes, así como las del terreno natural. Se podrán ejecutar exploraciones adicionales para aclarar o complementar la información de la zona, para aplicar adecuadamente las recomendaciones contenidas en estas especificaciones.

Como medida de precaución se deberán marcar sobre la superficie del terreno todas las trayectorias de las instalaciones municipales (luz, agua, drenaje, Pemex, teléfonos, etc.), con la finalidad de no interferir con ellas durante los trabajos de construcción de los pavimentos.

## **B** Rehabilitación.

La rehabilitación consistirá en el reencarpetado y bacheo de los pavimentos, se realizará de la siguiente forma:

### **B.1** Reencarpetado;

Este proceso consistirá en la sustitución parcial de la carpeta existente, de las diferentes áreas que muestren un deterioro en la carpeta asfáltica y consistirá en la sustitución parcial de la carpeta existente, será necesaria en aquellos casos en que la carpeta, evaluada en tramos de 20 m, muestre daños severos (calavereo, desintegración de la carpeta, agrietamiento, deformación de la superficie por deficiencia en la estabilidad de la mezcla), cubriendo estos una superficie superior al 20 % del área. Además, siempre y cuando las capas inferiores satisfagan con los requerimientos de espesor y calidad. El proceso de reencarpetado será conforme al siguiente procedimiento.

#### **B.1.1** Fresado y limpieza de la carpeta.

Las áreas a tratar deberán ser barridas y limpiadas de materias extrañas, posteriormente se retirará la parte superior de la carpeta existente en 3 cm (mínimo) mediante el procedimiento de fresado en frío, a fin de corregir la geometría, eliminar roderas y desprendimientos. Si la superficie fresada aún muestra deterioro considerable, será necesario incrementar el espesor de tratamiento pudiendo llegar incluso al retiro total de la carpeta existente. El equipo que se utilizará para el fresado deberá contar con dispositivos automáticos de control de niveles, así como para recoger y cargar producto del corte, la superficie no deberá presentar depresiones o escalones y se sujetará a las siguientes tolerancias:

- a.- nivel de superficie fresada ..... - 0.50 cm
- b.- ancho del corte del centro de línea a la orilla ..... + 1.00 cm

El material producto del fresado será depositado en el sitio que indique el ingeniero residente, la superficie una vez fresada deberá ser barrida utilizando cepillos de cerda dura y chiflón de aire.

#### **B.1.2** Riego de liga y carpeta asfáltica.

Seca y libre la superficie de materiales sueltos se rellenará con asfalto las fisuras existentes, si la carpeta no presentara una superficie razonablemente nivelada, se deberá colocar una capa niveladora con material de carpeta asfáltica cuyas características se indican en el inciso Carpeta asfáltica. Realizando lo anterior, se aplicará el riego de liga que cumpla con las características indicadas en el inciso Riego de liga con Emulsión Modificada en todo lo ancho de la calzada.

Inmediatamente se procederá a construir una carpeta de 4 cm de espesor en todo el ancho de la vialidad. El concreto asfáltico deberá cumplir con lo señalado en los puntos antes mencionados, terminada la construcción de esta, se colocará en todo lo ancho, una capa de mezcla asfáltica semidensa de alto comportamiento 0/12.5 de 5 cm de espesor, conforme lo indicado en el inciso F.7.4 sobre puentes de concreto hidráulico.



**B.2 Zona de bacheo.**

En los casos en que la estructura del pavimento muestre daños aislados que se localicen relativamente separados entre sí, se aplicará el bacheo. Para aplicarlo será necesario evaluar, mediante inspección visual y calar el estado que muestre cada capa, poniendo énfasis en la cantidad de grietas y baches que se tengan en la superficie de rodamiento, así como la magnitud de deformaciones.

Como criterio general para evaluar la magnitud de las deformaciones admisibles, se considerará indispensable el bacheo cuando existan depresiones mayores a 2.5 cm, medidos con respecto a una regla horizontal de 3 m fig. 5.13, debiendo tomar en cuenta las pendientes de proyecto existentes.

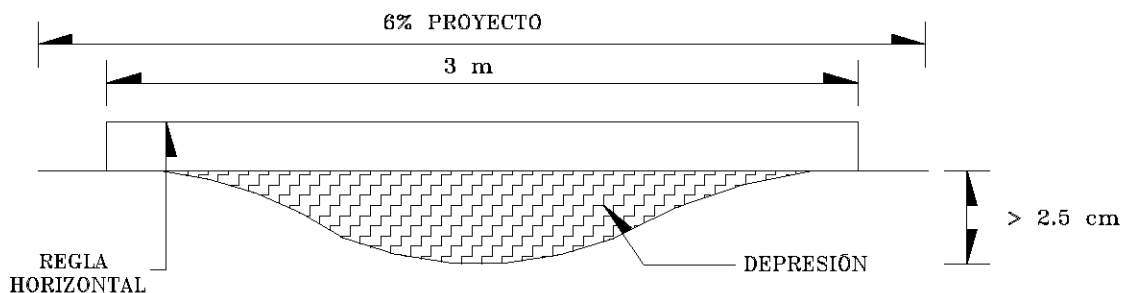


Fig.5.13 Depresiones en pavimento

El bacheo se realizará abriendo caja hasta abarcar la zona y capas dañadas, dando un sobre ancho de 30 cm fig. 5.14. Cada una de las capas dañadas se sustituirá con materiales que cumplan con las especificaciones aplicables.

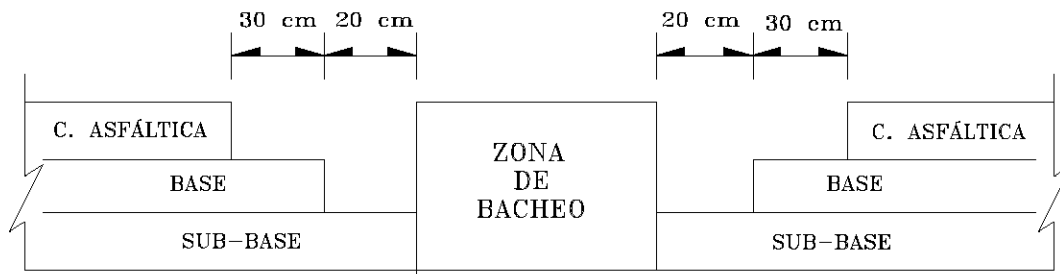


Fig. 5.14 Bacheo

Para que la vialidad presente una superficie razonablemente uniforme en las zonas restituidas, es conveniente que la mezcla asfáltica se coloque con una sobre elevación ligeramente mayor a la existente en 1 cm.

**B.3 Pavimentos temporales.**

Para las obras de desvío vehicular temporal en la zona de construcción de las zapatas, el pavimento que se coloque será de tipo flexible y consistirá en una capa de material aligerado (tezontle), sub base y carpeta asfáltica que cumplirán con las siguientes especificaciones:

- Se deberá excavar toda el área que ocupa la vialidad a 0.5 m bajo el nivel de terreno natural. La excavación se realizará en una sola etapa y con equipo ligero. En caso de existir rellenos no controlados deberán retirarse en su totalidad.
- El fondo de la excavación se escarificará a una profundidad de 15 cm, retirando cualquier material que pudiera ser nocivo al comportamiento del pavimento, como materia orgánica, materiales con excesiva humedad y consistencia muy blanda, cascajo y fragmentos líticos mayores a 4”, etc. Posteriormente se recompactará al 80 % (mínimo) respecto a la prueba AASHTO estándar (T-99), de no ser posible se colocará material de relleno aligerado (tezontle) propiciando la incrustación hasta obtener una superficie de trabajo uniforme.
- Tiempo seguido, se colocará el tezontle en una sola capa con espesor máximo de 30 cm en todo el ancho de la vialidad y hasta el nivel de desplante de la capa subbase. Las características del material serán las indicadas en el inciso F.1
- El pavimento se construirá sobre el relleno aligerado y estará constituido por capa subbase y carpeta asfáltica con los espesores mostrados en la fig. 5.15 . Las características de los materiales para ambos casos serán los mismos especificados para las dos capas en los incisos correspondientes del presente documento.

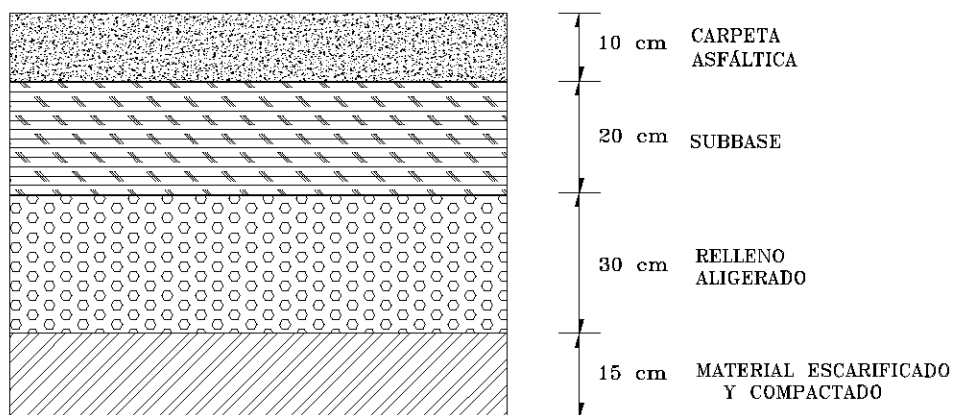


Fig. 5.15 Sección de pavimento temporal

La conexión longitudinal con los pavimentos existentes, deberá efectuarse en forma escalonada para cada capa que compone a la estructura. El ancho de los escalones será de al menos 30 cm. En caso de que la estructura nueva presente espesores de capas diferentes a los existentes se deberá considerar una zona de transición, con una longitud de 3.0 m (mínimo).

**C Reconstrucción del pavimento.**

La reconstrucción del pavimento consistirá en eliminar el ya existente y sustituirlo por uno nuevo, de tipo flexible, cuyos espesores se indican en la fig. 5.16 . La reconstrucción se realizará conforme a los siguientes puntos:

- Se procederá a realizar el corte en el pavimento existente, la profundidad del corte será tal para alojar la estructura nueva del pavimento. Para el corte se utilizará un tractor con cuchilla y ripper para romper la carpeta, inmediatamente se utilizará equipo convencional, a base de motoconformadoras ó excavadoras de cucharón. El material excavado producto del pavimento existente será disgregado, mezclado y acamellonado para su posterior utilización como material de subbase del nuevo pavimento.
- Realizado el corte se procederá a escarificar y recomprimir la superficie del terreno al 90 % de su PVSMT determinado mediante la prueba AASHTO estándar, inmediatamente se construirá la capa de subrasante mediante un material aligerado con un espesor mínimo de 30 cm. Sobre la capa anterior se colocará un geotextil para construir las capas de subbase y base, posteriormente el riego de impregnación y de liga, para finalmente construir la carpeta asfáltica y sobre ésta una carpeta semidensa de alto comportamiento 0/12.5

Todos los materiales deberán cumplir con las características indicadas en el punto F de las presentes especificaciones.

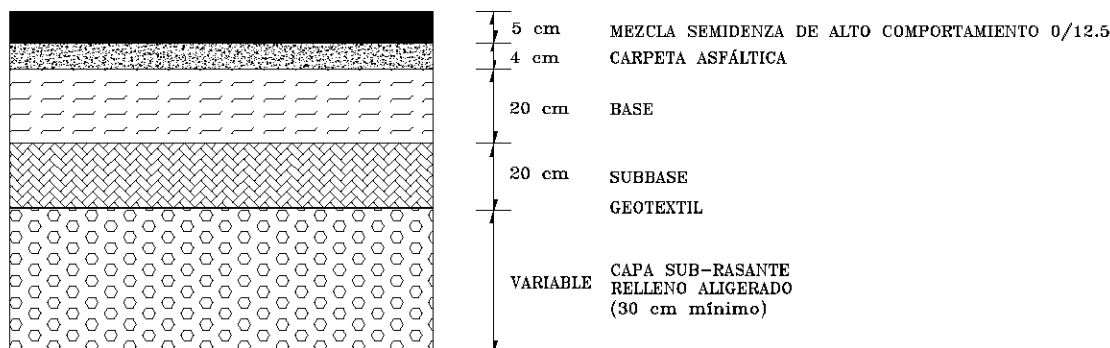


Fig. 5.16 Sección del pavimento

**D Pavimentos en zona de ampliación.**

En las zonas de ampliación (camellón, zonas de afectación, etc.), el pavimento tendrá la sección del pavimento al que se empalmará, el pavimento en la zona de ampliación se colocará bajo el siguiente procedimiento:

- Se retirará cualquier material que pueda ser nocivo al comportamiento del pavimento, como material producto de la excavación, así como materiales con; excesiva humedad, consistencia blanda, cascajo y fragmentos mayores a 4”. Las excavaciones se realizarán con retroexcavadora equipada con cucharón con cuchilla de corte recto, evitando el paso del personal y equipo para no remoldear la estructura del suelo.

- Posteriormente la superficie del suelo se compactará al 90 % de su PVSM determinado en la prueba AASHTO estándar, debiendo alcanzarse en los 15 cm superiores
- Sobre el material compactado se construirá la estructura del pavimento con los mismos espesores del pavimento al cual se le empalmará, en caso de no ser así, el espesor de las capas de subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica serán los que se indican en la fig. 5.16 . Una vez terminada de construir la carpeta asfáltica en ambos casos se construirá en toda la vialidad la carpeta semidensa de alto comportamiento 0/12.5. Todas las capas mencionadas se construirán conforme a lo indicado en el punto Características de los materiales para el pavimento, de las presentes especificaciones.
- En caso de requerirse empalmar lateralmente el pavimento nuevo con el existente, será necesario formar un escalón, haciendo un corte de 20 cm de ancho a partir de la orilla del corte, eliminando la carpeta y el material de base existente, de manera que la nueva capa de base cubra el sobre ancho del escalón. Posteriormente se colocará el riego de impregnación, liga y carpeta asfáltica con las características indicadas en el punto F de las presentes especificaciones.
- La conexión longitudinal con los pavimentos existentes, deberá efectuarse en forma escalonada para cada capa que compone a la estructura. El ancho de los escalones será de al menos 30 cm.

## **E Pavimentos nuevos.**

Los pavimentos nuevos se construirán en vialidades nuevas, así como los cajones o contratrabes de cimentación, puente y aireplen. A continuación se dan las especificaciones correspondientes según sea el caso:

### **E.1 En vialidades nuevas y cajones o contratrabes de cimentación.**

Considerando que algunos pavimentos se construirán tanto en vialidades nuevas como aquellas que se localizan sobre cajones o contratrabes de cimentación. Los espesores de las diferentes capas del pavimento deberán ser tal y como se indican en la fig. 5.16, a excepción de la capa subrasante donde variará según sea el caso.

Cuando el pavimento sea nuevo se llevará la siguiente forma de construcción:

- Se procederá a abrir caja hasta una profundidad que de cabida a la nueva estructura del pavimento, la excavación se realizará con retroexcavadora equipada con un cucharón con cuchilla de corte recto, evitando el paso del personal y equipo para no remoldear la estructura del suelo. Se retirará cualquier material que pueda ser nocivo al comportamiento del pavimento, como material producto de la excavación, así como materiales con; excesiva humedad, consistencia blanda, cascajo y fragmentos mayores.
- Posteriormente la superficie del suelo se compactará al 90 % de su PSVM determinado en la prueba ASSHTO estándar, debiendo alcanzarse en los 15 cm superiores.
- Sobre el material compactado se construirá la estructura del pavimento con las características indicadas en la fig 5.16, las capas mencionadas se construirán conforme a lo indicado en el punto F.7.4 de las presentes especificaciones.

Cuando el pavimento se construya sobre un cajón o trabe de cimentación la capa subrasante se apoyará directamente sobre la estructura con un espesor de aproximadamente 45 cm. Sobre esta capa se colocarán las instalaciones municipales, además de satisfacer los niveles y pendientes de proyecto con el fin de mantener constante el espesor del pavimento. Terminada de construir la capa subrasante se construirán las capas del pavimento conforme a la sección de la fig. 5.16, cumpliendo con las características indicadas en el punto F.

La conexión longitudinal con los pavimentos existentes, deberá efectuarse en forma escalonada para cada capa que compone a la estructura. El ancho de los escalones será de al menos 30 cm.

## **E.2** Sobre puente y aireplen.

Cuando el pavimento se construya sobre el puente o sobre el aireplen, únicamente se construirá la carpeta asfáltica y la carpeta semidensa de alto comportamiento 0/12.5 con 4 y 5 cm de espesor, respectivamente, cumpliendo las características indicadas en el punto F.7.4. Estas se colocarán una vez que se limpien las superficies de apoyo y se realice el riego de liga conforme a las indicaciones de los puntos F.7 y F.7.4

## **F** Características de los materiales para el pavimento.

Los materiales que se utilizarán para las diferentes capas del pavimento, deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

### **F.1** Subrasante con material aligerado.

El material aligerado (tezontle) se colocará en capas de 30 cm (máximo), compactado por vibración con un rodillo de 4 a 6 ton de peso y una frecuencia de vibración de 1200 a 1400 r.p.m., el cual se deberá de aplicar seis pasadas por un mismo punto.

El material aligerado no deberá contener partículas plásticas, los fragmentos mayores a 4" no excederán el 30 % y no más del 5 % de fragmentos mayores a 8". La sección de los materiales podrá ser mediante cribado en banco o bien mediante pepena en sitio.

Los últimos 10 cm el tezontle deberá presentar un aspecto cerrado, lográndose mediante una granulometría predominantemente arenosa y que preferentemente se ubique dentro del área sombreada de la fig. 5.17 .

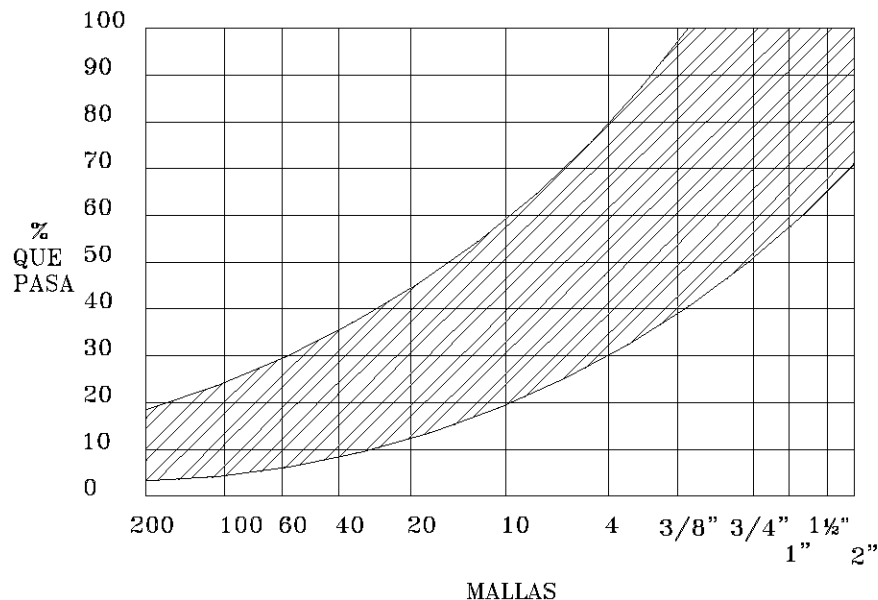


Fig. 5.17 Granulometría en relleno aligerado

◦ El material que pase por la malla 40 deberá cumplir con lo siguiente:

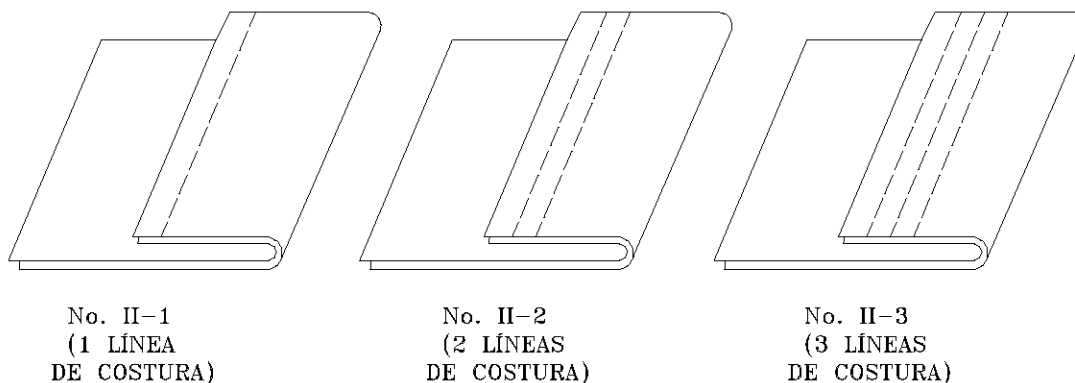
Límite líquido	20 % (máximo)
Índice plástico	7 % (máximo)
Equivalente de arena	70 % (máximo)

En esta capa se colocará, las instalaciones municipales, además de satisfacer los niveles y pendientes de proyecto con el fin de mantener constante el espesor del pavimento.

**F.2 Geotextil.**

Las características de la capa geotextil serán conforme a lo siguiente:

- Ser un geotextil no tejido, de fibras no biodegradables de poliéster, con espesor de 1.2 mm (ASTM D 1777), 30 kg de resistencia a la perforación (ASTM D 4833), 1.1 ton /m de resistencia a la tensión en sus sentidos de fabricación longitudinal y transversal, respectivamente, determinados por el método ASTM D 4595 y coeficientes de permeabilidad de 0.09 cm / seg, de acuerdo con el método ASTM D 2434 mod.
- El geotextil se colocará sobre el área designada, en paneles cocidos para minimizar la cantidad de traslapes, efectuando la unión entre rollos mediante costuras del tipo “J”, fig. 5.18, con hilo de poliéster con la cantidad y tipos de puntadas que garanticen que la costura resistirá cuando menos 650 kg / m, determinado de acuerdo al método ASTM D 4884, o en forma equivalente, y que mediante la citada prueba que obtengan resistencias de la costura mayores que la resistencia del producto geotextil.
- Una vez alcanzado el nivel de subrasante se colocará un geotextil, vigilando que el piso sea plano y no presente objetos puntiagudos. El geotextil se colocará de tal forma que no coincidan dos o más traslapes en una misma sección transversal.



COSTURA TIPO " J "

Fig. 5.18 Costuras del geotextil

- Los traslapes deberán ser de cuando menos 0.30 m y deberán efectuarse de manera tal que el sentido de los mismos sea contrario al flujo de la construcción para evitar que el material de la subbase penetre por debajo de los traslapes. Arriba de cada junta entre paneles cosidos o traslapes, se colocarán paladas de material de la subbase a cada 3.0 m, para evitar que dichas juntas se desplacen.
- En las zonas donde no hay traslapes será suficiente colocar una palada de material por cada 5 m<sup>2</sup>, lo que impedirá que el geotextil se desplace con el viento.
- Los paneles de geotextil serán suministrados cubriendo áreas de 350 m<sup>2</sup> aproximadamente para lograr que el peso de los mismos permita su manejo en la obra de forma sencilla.
- La colocación, unión y demás características de los geotextiles serán bajo la supervisión y responsabilidad del fabricante.

**F.3 Subbase.**

Previa verificación y aceptación de la capa subrasante se construirá la capa de subbase. Las características que debe cumplir se enlistan a continuación:

CARACTERISTICA	
Compactación AASHTO modificada (T-180)	95 % (mínimo)
Granulometría deseada	Zona 2, fig. 5.19
Contenido de finos	25 % (máximo)
Valor relativo de soporte saturado (VRS)	50 (mínimo)
Equivalente de arena	20 % (mínimo)
Valor cementante	3 kf / cm <sup>2</sup>
Contenido de partículas iguales o mayores a 2"	50 % (máximo)

La fracción que pase la malla 40 deberá de cumplir con lo siguiente:

Límite líquido	30 % (máximo)
Índice plástico	6 % (máximo)
Contracción lineal	4 % (máximo)

La subbase se formará con al menos dos capas, cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60 % del total, debiendo compactar la primera preferentemente con rodillo neumático ligero, con la finalidad de que la compactación sea uniforme.

Para dar por terminada la capa subbase deberá verificarse la alineación, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto con las siguientes tolerancias:

Nivel de la superficie	±1 cm
Pendiente transversal	±0.5 %
Profundidad de depresiones con regla de 3 cm	±1.50 cm
Espesor	±10 %

Se aceptará en la compactación una variación del - 2 % en el 20 % de las calas volumétricas, siempre que el grado de compactación promedio sea mayor que el especificado. Se sugiere realizar 1 cala volumétrica por cada 25 m<sup>3</sup> de material colocado.

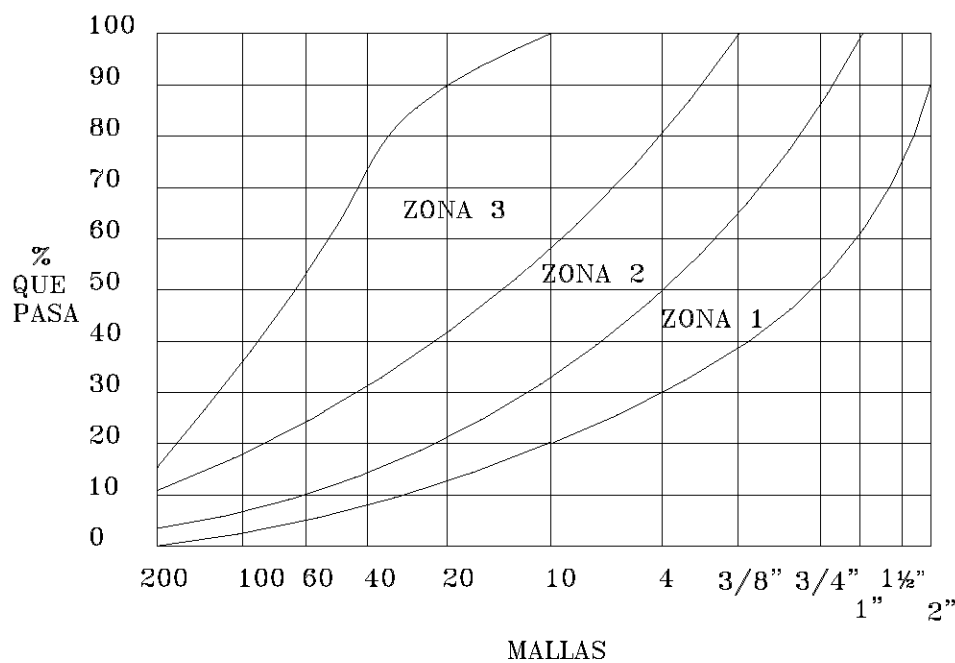


Fig. 5.19 Curvas granulométricas para materiales de base y subbase



**F.4 Base.**

Habiendo cumplido la capa de subbase con las especificaciones anteriores, se construirá la capa base, con las siguientes especificaciones:

CARACTERISTICA	
Compactación AASHTO modificada (T-180)	100 % (mínimo)
Granulometría deseada	Zona 1, fig. 5.19
Contenido de finos	10 % (máximo)
Valor relativo de soporte saturado (VRS)	100 (mínimo)
Equivalente de arena	40 % (mínimo)
Valor cementante	3 kf / cm <sup>2</sup>
Tamaño máximo de agregado	1 ½”

La fracción que pase la malla 40 deberá de cumplir con lo siguiente:

Límite líquido	30 % (máximo)
Índice plástico	6 % ( máximo)
Contracción lineal	3.5 % ( máximo)

La base se formará con al menos dos capas, cuyo espesor máximo de cualquiera de ellas será del 60 % del espesor de la capa y compactarse con rodillo liso vibratorio.

Para dar por terminada la capa base deberá verificarse la alineación, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto con las siguientes tolerancias:

Nivel de la superficie	±1 cm
Pendiente transversal	±0.5 %
Profundidad de depresiones con regla de 3 cm	±1.0 cm
Espesor	±6 %

Se aceptará en la compactación una variación del – 2 % en el 20 % de las calas volumétricas, siempre que el grado de compactación promedio sea mayor que el especificado. Se sugiere realizar 1 cala volumétrica por cada 25 m<sup>3</sup> de material colocado.

**F.5 Riego de impregnación.**

Una vez que la capa de base haya cumplido con las especificaciones, sobre la base seca, libre de polvo y partículas sueltas, se aplicará un riego de impregnación en base de emulsión catiónica de rompimiento medio RM-2K, en proporción de 0.70 ltr / m<sup>2</sup>, la emulsión deberá cumplir con las características de la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICA	ROMPIMIENTO MEDIO
Tipo	Rm-2k
Viscosidad	50-500
Residuo a la destilación, por ciento de peso, mínimo	60
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento máximo	5
Cubrimiento del agregado (en condición de trabajo). Prueba de resistencia al agua: -Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo -Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo	80 60
Retenido en la malla núm. 20, por ciento máximo	0.10
Carga de la partícula	Positiva
Disolvente en volumen por ciento, máximo	20
Pruebas al residuo de la destilación	100-250
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento mínimo	97
Ductibilidad en cm	40

**Nota :** La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30 % al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar mas de 30 % al subir su temperatura de 20°C a 40°C.

La base impregnada se cerrará a cualquier actividad por un plazo de 48 hrs. (mínimo). En caso de existir posibilidades de lluvia, el riego se pospondrá.

**F.6 Riego de liga.**

Transcurridas 48 hrs. (Mínimo) de aplicado el riego de impregnación y 30 min. antes de la colocación de la mezcla asfáltica, se aplicará el riego de liga. No deberá de existir la posibilidad de lluvia durante la aplicación del riego y mezcla asfáltica, manteniendo en todo momento la superficie de aplicación limpia y seca.

El riego de liga se realizará con una emulsión modificada, cuyas características se expresan en el subinciso Riego de liga con emulsión modificada perteneciente al inciso F.7.4

La base impregnada se cerrará a cualquier actividad por un plazo de 48 hrs. (Mínimo). En caso de existir posibilidades de lluvia, el riego se pospondrá.

En caso de existir acumulación excesiva de material, deberá retirarse el exceso mediante cepillos.

**F.7 Carpeta asfáltica.**

Transcurridos 30 min. (Máximo) a la aplicación del riego de liga se formará una carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactado de mezcla elaborada en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico.

La carpeta asfáltica deberá cumplir con las características siguientes:

CARACTERÍSTICA	
Compactación Marshall	95 % (mínimo)
Temperatura de colocación	110 – 120 °C
Temperatura de terminado	70 °C
Permeabilidad	6 % (máximo)
Absorción total	24 hrs. (máximo)

La carpeta se formará con el número de capas necesarias para garantizar la compactación. No deberá tenderse mezcla asfáltica sobre la superficie húmeda o cuando existan posibilidades de lluvia durante el proceso de colocación y compactación. Las características del material pétreo, mezcla asfáltica y cemento asfáltico deberán cumplir con las siguientes posibilidades:

**F.7.1 Material pétreo.**

CARACTERÍSTICA	
Granulometría necesaria	Zona 1 de fig. 5.20
Tamaño máximo	3/4”
Contracción lineal	2% (máximo)
Desgaste	40 % (máximo)
Absorción	7 % (máximo)
Partículas de forma alargada	35 %
Contenido de finos	4 %
Equivalente de arena	55 % (mínimo)

**F.7.2 Mezcla asfáltica.**

Deberá cumplir con los siguientes requisitos, de acuerdo al procedimiento Marshall.

CARACTERÍSTICA	
Número de golpes por cara	75
Estabilidad	1000 kg (mínimo)
Flujo	2 - 4 mm (máximo)
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla	14 % (mínimo)
Porcentaje de vacíos en la mezcla respecto al volumen del espécimen	3 - 5 %

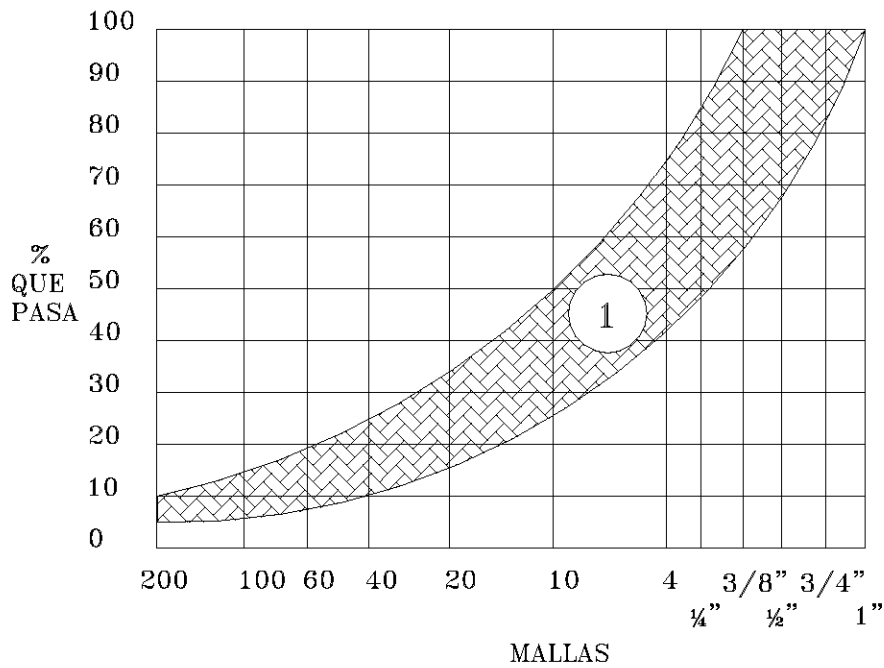


Fig. 5.20 Granulometría para material pétreo

**F.7.3** Cemento asfáltico.

CARACTERÍSTICA	
Tipo	Núm 6 o similar
Penetración	100 g. 5s. 25 °C. 90 – 100 °C
Viscosidad Saybolt – furol (135 C)	85 (mínimo)
Inflamación (Cleveland)	230 °C (mínimo)
Reblandecimiento	50 °C
Solubilidad en tetracloruro de carbono	99.50 % (mínimo)
Ductibilidad	25 - 100 cm

Prueba de la película delgada, 50 cm<sup>3</sup>, 5 h, 163 °C

Penetración retenida	50 %
Pérdida por calentamiento	1 %

La granulometría y forma del material pétreo deberá cumplir cuando menos con dos de los siguientes requisitos:

Desprendimiento de asfalto por fricción	25 % (máximo)
Cubrimiento con asfalto	90 % (mínimo)
Pérdida de estabilidad por inmersión en el agua	25 %

En las juntas de construcción transversales deberán recortarse aproximadamente a 45°, antes de iniciar el siguiente tendido, también deberán ligarse cemento asfáltico con un material de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente franja.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo a proyecto.

**F.7.4** Revestimiento asfáltico sobre puentes de concreto hidráulico.

A raíz de la construcción del Distribuidor Vial San Antonio, se planteó la necesidad de construir carpetas asfálticas más durables, que ofrecieran además de un mayor confort para los usuarios, niveles inferiores de ruido para los habitantes de la zona.

Originalmente se planteó como una solución posible, la colocación de una carpeta drenante, conocida como Open Graded, según su nomenclatura en inglés.

A solicitud de la DGOP del Gobierno del D.F., se emite una carta en la que se aconseja no utilizar este tipo de tratamiento por las razones siguientes:

- Riesgos de acumulación del agua al penetrar y encontrarse con las juntas constructivas del concreto hidráulico, o bien con las guarniciones. Esta situación ocasionará eventualmente un deterioro acelerado del rodamiento.
- Riesgos de deterioro acelerado en las gasas, en donde el radio de curvatura es pequeño.
- Valor estructural muy por debajo de una carpeta clásica.

### MEZCLA SEMIDENSA DE ALTO COMPORTAMIENTO 0 / 12.5

En contraparte se propuso una mezcla asfáltica semidensa de alto comportamiento 0 / 12.5, como una solución que responde de manera eficiente a los criterios esperados para este tipo de utilización, que ofrece las ventajas siguientes:

- Alto desempeño en su comportamiento a la fatiga, por el uso de asfalto modificado con elastómero tipo SBS, así como a su formulación específica que incluye la incorporación de filler de aportación de alta calidad.
- Mayor resistencia a las roderas en caso de tránsito pesado, en relación con una mezcla densa 0 – 19 o una carpeta drenante ( Open Graded)
- Eliminación de problemas de segregación (clasificación) en la mezcla, disminuyendo de manera sustancial los riesgos de formación de baches.
- Mayor confort para el usuario.
- Disminución de los niveles de ruido con relación a mezclas tradicionales.

Los espesores de aplicación van de 6 a 7 cm con un mínimo de 4 cm (ver especificaciones adjuntas). Bajo este criterio, cuando se aplica una capa de renivelación de 4 cm, una capa final de mezcla semidensa de alto comportamiento 0 / 12.5 de 5 cm es suficiente.

### CAPA DE RENIVELACION

Independientemente de las características de la capa de renivelación, es necesario colocar sobre el tablero de un puente, una capa de renivelación variable, en función de las características superficiales de dicho tablero.

Se puede proponer diferentes tipos de mezclas para efectuar la renivelación, según la amplitud de las deformaciones existentes.

En caso de una mezcla de tamaño máximo de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ”), el espesor mínimo de aplicación es de 3 cm, lo que nos conduce a una media de 4 a 5 cm. En las zonas de obra en las que el espesor mínimo de renivelación es inferior a los 3 cm existen riesgos de “desorganización de la mezcla”, provocando una segregación (clasificación) que trae consigo de manera directa una baja densidad de la mezcla y una permeabilidad por encima de la normal.

- Especificaciones de carpeta de granulometría continua con tamaño máximo de 12.5 mm, para carretera de alto tránsito pesado
- Riego de liga con emulsión modificada.

Previo se tendrá que barrer eficazmente con todo tipo de equipo necesario. Con objeto de conseguir una perfecta adherencia, se dará un riego de liga con emulsión modificada tipo polynova o similar, a razón de 500 a 850 grs / m<sup>2</sup>.

Las características a respetar son:

Contenido C.A.	65 % (mínimo)
Asentamiento a 5 días	5 % (máximo)
Viscosidad Saybolt – furol a 50 °C	100 mínimo

Sobre residuo de destilación:

Penetración a 25 °C	100 – 250
Punto de reblandecimiento Anillo / Esfera	57 °C (máximo)
Recuperación elástica por torsión	40 % (mínimo)

El proveedor deberá presentar todas las garantías necesarias de capacidad de fabricación o suministro de este producto, tendrá también que presentar los estudios y pruebas de laboratorio completos correspondientes.

- Asfalto modificado con SBS para la capa de rodamiento.

El asfalto una vez modificado tendrá que cumplir con los criterios siguientes:

Penetración a 25 °C. 100gr. 5seg. (0.1 mm)	40 -60
Puntos de reblandecimiento Anillo / Esfera (°C)	>54
Contenido mínimo de SBS	2.5 %
Viscosidad Brookfield 135 °C	900 - 1500
Recuperación elástica por torsión (25 °C)	>50 %
Separación diferencia Anillo / Esfera (°C)	<2.2 %

El proveedor deberá presentar todas las garantías necesarias de capacidad de fabricación o suministro de este producto, tendrá también que presentar los estudios y pruebas de laboratorio completos correspondientes.

- Concreto asfáltico de alto comportamiento.

Después o al mismo tiempo de la aplicación del riego de liga se procederá a colocar una capa de rodamiento de mezcla asfáltica elaborada en planta y colocada en caliente. El TMA será de 10 mm de procedencia de trituración total. Esta capa tendrá un espesor constante de 50 mm.

La colocación se hará con una pavimentadora equipada con un sistema integrado para realizar el riego de liga inmediatamente antes de la caída de la mezcla o tradicional.

Materiales y requisitos adicionales para la ejecución:

El material pétreo deberá ser una mezcla de una arena de TMA de 6 mm, de un sello de TMA de 10 mm y de finos calizos de aportación o cemento Pórtland. Adicionalmente cumplirá con los siguientes requisitos:

MEZCLA 0 / 10:

Denominación		% que pasa de la malla
1/2”	12.5 mm	100
3/8”	9.50 mm	100 - 85
1/4”	6.30 mm	80 - 40
Nº 4	4.75 mm	65 - 45
Nº 10	2.00 mm	45 - 25
Nº 60	0.26 mm	15 - 5
Nº 200	0.075 mm	8 - 5

El contenido de asfalto modificado de la mezcla estará entre: 5.8 y 6.5 %

El módulo de riqueza mínimo será de:

Desgaste los Ángeles	30 % (máximo)
Partículas alargadas y/o en forme de laja	35 % (máximo)
Equivalente de arena	60 % (mínimo)
Partículas trituradas	100 % (mínimo)
Densidad	2.40 (mínimo)

▪ Tolerancias

Espesor mínimo	4 cm
Espesor máximo	7 cm
Tolerancia	±0.5 cm

**G** Señalamiento horizontal y vertical.

Realizados los trabajos de riego de sello y retirados los excedentes, se procedió a la colocación del señalamiento correspondiente.

- Señalamiento Horizontal; Son aquellos que se encuentran pintados sobre la superficie de la carpeta asfáltica, tales como rayas separadoras de carriles, de orilla, continuas, discontinuas, flechas, rayas transversales para paso de peatones, etc. Este tipo de señalamiento es de gran importancia para los conductores, principalmente aquellos que transitan durante la noche, sin minimizar la acción durante el día, la pintura que se utiliza es de color blanco, reflejante y termoplástica, se procurará dar mantenimiento regularmente.



- Señalamiento Vertical; Son elementos colocados al margen del rodamiento, con la intención de dar un aviso del tipo restrictivo, preventivo o informativo. Todas las señales serán en lámina galvanizada calibre 16, las de tipo bandera serán con fondo verde mate y leyenda en color blanco reflejante de alta intensidad, al igual que las de fondo azul y leyenda en color blanco reflejante de alta intensidad y del mismo modo las restrictivas de velocidad. El señalamiento que este en mal estado se retirará al igual que el provisional por obra.

Se utilizarán los postes de alumbrado para la colocación del señalamiento, sin que varíe mucho el proyecto y para señales bajas, el poste será de PTR de 2", siendo que la parte más baja estará a 2.2 m de la banqueta, todas las señales de nomenclatura serán a doble cara. Una recomendación que fue importante en su momento es que para evitar conflictos y confusiones a los usuarios de esta obra vial y debido al número de destinos con que cuenta este distribuidor vial, no se permitió su operación en tanto no se implementará al 100 % el proyecto de dispositivos de control de tránsito correspondiente ( señalamiento horizontal y vertical, semáforos, etc.) tanto a nivel de puentes como superficial.

#### **H** Generales.

Las especificaciones antes mencionadas se complementarán con los planos de proyecto geométrico, topográficos, estructurales, arquitectónicos y todos aquellos documentos que tengan relación con el proyecto, así como las Normas Generales de Construcción del DDF y Normas de Construcción e Instalaciones de SCT, así como las Normas de la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo, antes COVITUR.

## VI Acabados

Es necesario tener todos los trabajos de construcción, con relación al puente, concluidos al 100 %, para proceder a la entrega del inmueble al Departamento del Distrito Federal, en este tema se mencionarán los últimos conceptos para cumplir con el porcentaje mencionado.

### VI.1 Jardinería

Con el objeto de proporcionar una obra, que contribuya en lo posible, a un alivio ambiental, se contó con áreas destinadas para jardinería, con una vegetación arbórea, de cubre pisos y arbustiva, tanto en cantidad como en variedad, además de la vegetación existente.

Tabla de vegetación arbórea, con sus características principales:

NOMBRE	Densidad (m)	Altura de compra (m)	Diámetro (cm)
Astronómica (Lagerstroemia Indica)	Cada 5	2.0	4
Alamo Plateado (Populus Alba Linn)	Cada 6	2.0	4
Alamillo (Populus Tremuloidea)	Cada 8	2.5	4
Calistemo (Calistemon Lanceolatum)	Cada 5	2.5	4
Ficus (Ficus Benjamina)	Cada 6	2.0	—

Tabla de vegetación arbustiva, con sus principales características:

NOMBRE	Densidad ( pzas /m l)	Altura de compra (cm)
Piracantol (Pyracantha Coccinea)	6	50
Boy Arrayan (Buxus Semperirens)	10 Alternadas	35
Bugambilia (Bubambillea Glabra) Planta Ornamental	4	50
Azalea (Azalea Indica)	4	50

Tabla de vegetación cubre pisos, con sus principales características:

NOMBRE	Densidad (pzas / m <sup>2</sup> )	Estacas (cm)
Hiedra en piso (de hoja grande)	45	30
Hiedra en columnas (Trepadora)	8	150
Dedomoro (Mesembryanthemum Educe)	45	20

Además se colocará pasto (alfombra), que será traído en rollo de 35 cm de ancho. Toda la vegetación, se distribuyo a lo largo y ancho del distribuidor vial Zaragoza – Oceanía.

En las zonas destinadas para pavimentos, se utilizó:

- Tezontle.
- Pavimento de concreto, color rosa pastel.
- Paramento de construcción.

Lo anterior fue aplicado en obras como son:

- Rampas para discapacitados
- Unidades de soporte múltiple
- Entradas de estacionamiento

En esta obra también se tomo en cuenta el factor distracción, ya que se cuenta con los espacios para ello, por eso se crearon canchas de básquet bol, futbol rápido, ping pong, aparatos para abdominales y argollas. También se tienen juegos infantiles, como son; columpios, resbaladillas, sube y baja, además de pasamanos.

Y para la gente que busca un descanso se construyeron bancas sencillas y dobles.

## VI.2 Pintura.

El acabado a base de pintura, se aplicó en los diafragmas metálicos, parapetos metálicos, postes, tubería para desagüe, con un acabado en color gris mate.

El tono mate, se utilizó para evitar deslumbrar al conductor con el reflejo de la luz del día o los reflectores nocturnos. Antes de la pintura se aplico “primer”, para evitar la oxidación, y después la pintura en dos capas.

La pintura que se aplicó en señalamiento horizontal fue en color blanco reflejante, y en señalamiento vertical fue en color verde mate con fondo blanco reflejante y en color azul con fondo blanco reflejante.

En general, los elementos de la estructura, tanto los colados en sitio como los prefabricados tuvieron un acabado aparente. Para aquellas piezas que tenían impurezas producto de la lechada de cemento, únicamente se retiró con un cepillo de alambre y equipo menor, otros elementos que en el proceso de colocación sufrieron una despostillada, fueron resanados con pasta de cemento, se hacía lo necesario hasta lograr el acabado requerido por proyecto, "aparente".

## VII Conclusiones

En la concepción del puente Vehicular Distribuidor Zaragoza-Oceanía, se trata de dar solución a los problemas de tránsito originados por las siguientes causas, el limitado desplazamiento de vehículos, provocado por cruceros que cuentan con semáforos, el desorden provocado por el servicio de transporte público (Microbuses y taxis), ya que al hacer parada hasta en doble fila, genera una congestión vehicular, aunado a esto, también se tiene en el área el movimiento excesivo de autobuses pertenecientes a la central TAPO, para llevar a cabo la realización del puente se hicieron los respectivos estudios de planeación y se determino la realización del puente para ejercer un funcionamiento del 100% en horas de mayor demanda.

Después de planear la obra, se lleva a cabo la realización de la misma, por lo cual se concluye que:

- El sistema de cimentación basado en cajones de cimentación sobre pilotes de fricción representa una opción con grandes posibilidades para cimentar estructuras pesadas desplantadas en suelos arcillosos con grandes estratos, como son los de la zona del lago de la Ciudad de México.
- Con relación a la función de la estructura del puente esta consiste fundamentalmente en hacer posible el tránsito de vehículos con seguridad, comodidad, eficiencia y economía, para lo cual es importante tomar en cuenta que en todo proyecto se deben establecer en los planos, especificaciones, lineamientos constructivos, recomendaciones y acciones que deban ejercerse para satisfacer dichos requisitos.
- Por otra parte, durante la construcción es importante que la supervisión y el control de calidad vigilen el cumplimiento de las acciones y recomendaciones prescritas.

En la importancia que adquiere cada una de las etapas de un proyecto (Planeación, diseño, construcción y operación) debe existir un compromiso profesional, a fin de desarrollar para el país una infraestructura del transporte eficiente, que permita competitividad.

Posterior a que la obra fue ejecutada en su totalidad, el siguiente paso es hacer la entrega a las autoridades del Gobierno del D.F, mismas que se harán responsables de la operación y mantenimiento de la misma.

Existe un rubro llamado jardinería, el cual en la actualidad no ha sido cuidado en buena medida, esto proporciona un aspecto desagradable de la obra y que por su envergadura es estéticamente bella, por lo cual es recomendable que se tenga el mantenimiento necesario para dar realce a ese concepto y otros, como son, pintura en obra de herrería y señalamiento, tanto horizontal como vertical. Además la importancia principal que proporciona la vegetación arbórea, a ras de piso y arbustiva, es proporcionar un alivio a la contaminación existente, ayudando al consumo de gases contaminantes

En cuanto a su funcionamiento podemos observar que tanto en el segundo y tercer nivel no se trabaja al 100% de la demanda vehicular, pero que si cumple con las expectativas, ya que la circulación es continua y constante, el problema se presenta en el primer nivel, lugar en donde el servicio de transporte público sigue contribuyendo a tener un funcionamiento inadecuado, por la acción de realizar el ascenso y descenso hasta en doble fila, y en donde las autoridades correspondientes deberán hacer respetar el reglamento de tránsito que rige a este servicio.

Al entrar en operación este Distribuidor Vial, se mejoró la circulación vehicular, reduciendo de 90 a 17 minutos el tiempo de traslado desde Ciudad Azteca hasta la Avenida Fray Servando Teresa de Mier, con importantes beneficios, por ejemplo la disminución de consumo de combustible cuyo reflejo principal es económico y de menor emisión de gases contaminantes.

Distribuidor vial “Ing: HEBERTO CASTILLO MARTÍNEZ” (Angulo sup. izq. Francisco del Paso y Troncoso)



Distribuidor Vial "Ing. HEBERTO CASTILLO MARTÍNEZ" (Sobre Punteros ó Liga de carretas)





Distribuidor Vial “Ing. HEBERTO CASTILLO MARTÍNEZ” (Parte central sup. Oceanía)



### Bibliografía

- Introducción al Concreto Presforzado  
Allen, Imcyc  
México 1979
- Manual de Ingeniería Civil  
Federico S. Merrit  
3a Edición Tomo III  
Mc. Graw Hill
- Reglamento de Construcciones para el D.F.  
Editorial Trillas  
Luis Arnal Simón  
Max Betancourt Suárez
- Informes Mensuales de Obra  
D.G.O.P.
- Apuntes de Cimentaciones  
Facultad de Ingeniería  
UNAM