

875215



**UNIVERSIDAD VILLA RICA**

**ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA AUTOPISTA  
GUTIERREZ ZAMORA - TIHUATLAN**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**JAIME JUAN YAMADA VAZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. José Vladimiro Salazar Siqueiros**

**REVISOR DE TESIS:**

**Ing. Juan Francisco Capallera Cabada**

**BOCA DEL RÍO, VER.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**2004**



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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## INDICE

<b>Introducción</b>	
<b>Capitulo I. Antecedentes</b>	<b>1</b>
<b>Capitulo II. Construcción</b>	<b>5</b>
II.1 Terracerías	5
II.1.1 Desmonte y Despalme	5
II.1.2 Excavación en Cortes	7
II.1.2.1 Protección de Taludes con Concreto Lanzado	11
II.1.3 Terraplenes	20
II.1.3.1 Cuerpo del Terraplén	20
II.1.3.2 Capa Subrasante	25
II.1.4 Tratamientos Especiales	28
II.1.4.1. Pedraplén	28
II.1.4.2. Capa Rompedora	29
II.1.4.3. Capa Estabilizadora	32
II.1.4.4. Cuerpo de Terraplén con Material No Compactable	35
II.2 Procedimiento de Construcción de Obras de Drenaje	36
II.2.1. Construcción de una Obra de Drenaje de Tubos de Concreto	37
II.2.2. Procedimiento de Construcción de una Obra de Drenaje Tipo Losa	38
II.2.3. Construcción de una Obra de Drenaje Tipo Cajón	44
II.3 Pavimentos Flexibles	52
II.3.1. Base Hidráulica	52
II.3.2. Riego de Impregnación	54
II.3.3. Riego de Liga para Base Asfáltica	59
II.3.4. Base Asfáltica	60

II.3.5. Carpetas de Mezcla Elaborada con Cemento Asfáltico	62
II.3.6. Superficie de Rodamiento de Textura Abierta	72
II.4 Estructuras	89
II.4.1 Estudios	90
II.4.1.1. Topohidráulicos	90
II.4.1.2. De Cimentación	93
II.4.1.3. Geotécnicos y de Pavimentos	94
II.4.2. Proyecto	94
II.4.2.1 Estructural	95
II.4.3. Etapas Constructivas de los Puentes	99
II.4.3.1. Pilotes Precolados	99
II.4.3.2. Pilotes Metálicos	101
II.4.3.3. Pilotes Colados en el Lugar	101
II.4.3.4. Cimentación con Cilindro	103
II.4.3.5. Subestructura	105
II.4.3.6. Superestructura	109
II.4.3.7. Construcción Del Puente “Acuatempan”	111
<b>Capitulo III. Señalamiento</b>	<b>150</b>
III.1 Señalamiento Horizontal	150
III.1.1. Raya Separadora de Sentidos de Circulación	151
III.2 Señalamiento Vertical	151
III.2.1. Señalamiento Preventivo	152
III.2.2. Señalamiento Restringido	154
III.2.3. Señalamiento Informativo	157
III.2.4. Señalamiento de la Carretera	181
<b>Conclusiones</b>	<b>190</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>193</b>

## INTRODUCCION

Carretera: Veracruz – Tuxpan – Tampico

Tramo: Cardel – Tihuatlán

Subtramo : Ent. Gutiérrez Zamora – Ent. Tihuatlán del Km. 181+361 al Km.  
218+650

El subtramo del entronque de Gutiérrez Zamora a Tihuatlán tiene una longitud de 37.3 km. éste se considero como el de mayor rentabilidad al estimarse un tránsito inicial a 4,000 vehículos con un porcentaje importante de camiones, el ahorro en distancia de recorrido será de 13 km. y en tiempo de 45 min. al librar la Ciudad de Poza Rica y evitar el tramo sinuoso Poza Rica – Papantla – Gutiérrez Zamora, esta obra se pretende construir en un tiempo de 9 meses a partir de enero del año 2000 a septiembre del mismo año.

Proyecto:

Este proyecto cuenta con las siguientes características técnicas, velocidad de proyecto de 110 Km./HR., grado de curvatura de  $1^{\circ}30'$  pendiente gobernadora de no mayor al 3% subrasante de 30 cm., súbbase de 26 cm., base asfáltica 10 cm., carpeta asfáltica 10 cm. Superficie de rodamiento de 3 cm. De espesor tipo open graded.

Se tienen los proyectos de obras de drenaje, plantas y perfiles de los 37.3 km. se contempla construcción de 11 puentes, 8 P.I.V., 4 entronques, con una longitud de puentes de 1,297.01 mts. siendo el más grande de éstos el *Puente Cazonas III* con una longitud de 468.00 mts. Ubicado en el km. 206+750.

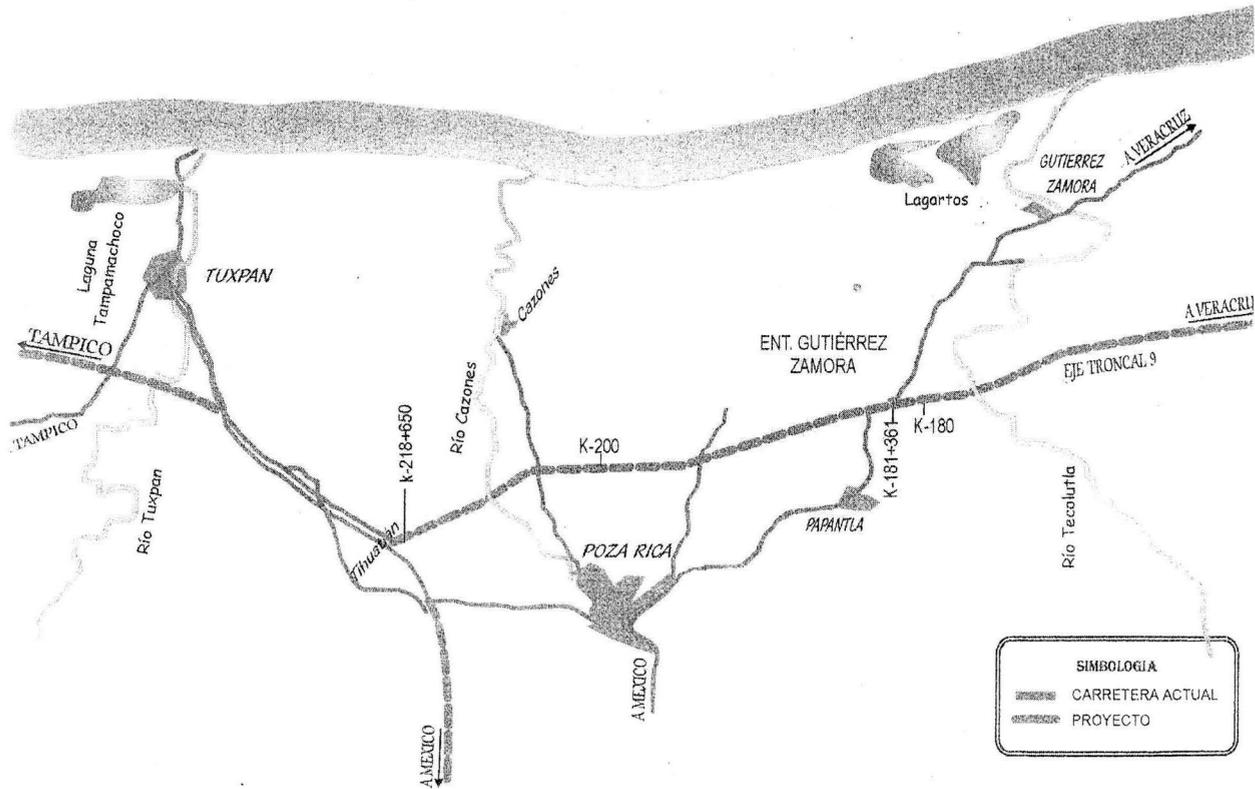
#### Datos Socioeconómicos:

Este proyecto beneficiará directamente a los Municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Poza Rica y Tihuatlán, así como a las comunidades que convergen a éstos Centros de Población de mayor importancia, permitiendo la comunicación más ágil y rápida para la transportación de los productos agrícolas como son los cítricos y la ganadería, así como los industriales derivados de la producción del petróleo, permitiendo también el acceso a la zona turística de Casitas y Costa Esmeralda.

#### Datos Técnicos de la Obra

Longitud : (1ra. Etapa)	37.3 Km.
Tipo de Carretera:	A-2
Velocidad de Proyecto:	110 Km./Hr.
Ancho de Corona:	12 Metros
Número de Puentes:	11 Piezas
Longitud:	1,279.01 Mts.
Número de P.I.V's:	8 Piezas
Longitud:	273.06 Metros
Entronques:	4 Piezas

# CROQUIS DE UBICACION



## **Capítulo I. Antecedentes**

Se ha visto que a medida que surge una nación, tanto económica como políticamente, así surge la infraestructura de un país; un caso particular es la construcción de carreteras, ya que a través de éstas no solamente se tiene una unión de ideas y de costumbres, sino que también sirven para transportar satisfacciones de una población a otra.

Desde la época prehispánica, el territorio conocido actualmente con el nombre de República Mexicana, tenía vías de comunicación, aunque fuesen simples brechas, que comunicaban a la mayoría de los reinos con Tenochtitlán, debiéndose este fenómeno al afán de conquista de los aztecas hacia otros pueblos más débiles.

Hasta el año de 1570, se estableció la primera carretera para transportar mercancías de Veracruz a México, desapareciendo poco después debido a las grandes dificultades topográficas, tomando un incremento inusitado la arriería.

Al efectuarse la independencia de nuestra patria en 1810, había varios caminos carreteros, algunos de los cuales eran: México-Acapulco, México-Veracruz, México-Guadalajara, etc; dichas carreteras sumaban aproximadamente 7600 km., sin tomar en cuenta los caminos de herradura, los cuales conectaban a las rancherías más importantes de las diversas regiones del país y eran cerca de 20 000 km.

En 1853 se creó en forma ya oficial, la primera de las dependencias gubernamentales para construir, conservar y proyectar nuevas vías, y en el año de 1857, bajo el mandato del Licenciado Benito Juárez, se logra el primer presupuesto para caminos, con una cantidad de \$1200 000.00 en 1906 aparece el automóvil en nuestros caminos carreteros y hasta 1925 se crea en forma ya más definida la Dirección Nacional de Caminos, dando principio, por decirlo así, a la etapa de la construcción moderna de los mismos, tomando más tarde esta dependencia los nombres de SCOP, SOP, SAHOP y hasta ésta fecha la SCT misma que ha continuado con el objetivo de mejorar la técnica constructiva de las vías terrestres, creando carreteras con altas especificaciones.

El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, establecen entre los principales objetivos del Sector de Comunicaciones y Transportes conservar, modernizar y ampliar la infraestructura del transporte y las comunicaciones, a fin de impulsar el crecimiento económico, la integración regional y el desarrollo social, así como contar con la infraestructura y los servicios de transporte y comunicaciones, con niveles de seguridad suficientes, que permitan el tránsito de personas y bienes a través de las vías generales de comunicación, con tranquilidad y confianza.

El Convenio de Desarrollo Social 1999 que celebraron el Gobierno Federal y el Gobierno del Estado de Veracruz, tiene por objeto promover el Desarrollo Regional Integral, a través de: acciones y proyectos que fomenten el aprovechamiento de las potencialidades productivas e impulsen la generación de empleos; la orientación de dichas acciones preferentemente a las regiones prioritarias y de atención inmediata, así como aquellas áreas o grupos sociales identificados por condiciones de rezago y marginación, la concentración en paquetes integrales de atención social de los esfuerzos institucionales, programáticos y presupuestarios de los tres Ordenes de Gobierno; el impulso a la

participación y organización social para el desarrollo y promoción de las capacidades comunitarias; promover la igualdad de las oportunidades; fortalecer la participación estatal y municipal en el desarrollo de la Política Social y para la Superación de la Pobreza; vinculación de las acciones de los programas sectoriales, regionales, institucionales y especiales que lleven a cabo las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, con la planeación nacional de desarrollo, así como coadyuvar al cumplimiento de los objetivos señalados en el Capítulo 4 del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, así como al Plan Estatal de Desarrollo.

El citado Convenio constituye la única vía de coordinación entre Administraciones Públicas Federal y Estatal, y prevé que la ejecución de programas y acciones y el ejercicio de recursos que se lleven a cabo coordinadamente en la Entidad Federativa.

El Gobierno Federal y el Gobierno del Estado Libre y Soberano de Veracruz Llave, reconoce la necesidad de integrar a la geografía veracruzana, una carretera moderna que haga más expedita la comunicación entre las ciudades de Tihuatlán y Gutiérrez Zamora, a fin de facilitar de manera significativa, la conexión entre ambos centros de población y a la vez, mejorar una importante región del sureste del país.

Uno de los propósitos estratégicos del Plan Veracruzano de Desarrollo 1999-2004 es promover la construcción de redes carreteras que cubra, mediante tecnologías modernas, la totalidad del territorio habitado del Estado.

La construcción de la carretera Tihuatlán – Gutiérrez Zamora facilitará la comunicación de Veracruz con otras regiones del país y contribuirá al desarrollo sustentable y al aprovechamiento de las ventajas geográficas y económicas de la región. Asimismo, dará un nuevo impulso a su actividad económica y a la

elevación del nivel de vida de la población al mejorar sus posibilidades de acceso al empleo y a coadyuvar al abatimiento de los costos de transportes de las empresas regionales, lo que les permitirá ofrecer precios más bajos a los consumidores de bienes y servicios.

El proyecto de infraestructura pública productiva, correspondientes a la construcción de la carretera Tihuatlán - Gutiérrez Zamora, es la obra que se describe como tema de ésta tesis.

## **Capítulo II. Construcción**

El objetivo de esta Tesis es el de describir los aspectos constructivos en la construcción de una carretera, haciendo énfasis en la normatividad aplicable, emanada de la SCT y algunos problemas específicos y la atención que se le dió para darle solución a los problemas que presentó. Hecho éste comentario me permito propiamente comenzar con la parte medular de esta Tesis.

### **II. 1 Terracerías**

La Dependencia en las Bases de Licitación, relativo a los trabajos por ejecutar, estableció en el punto 2 Procedimiento Constructivo, en las terracerías de los trabajos de desmonte, despalme, excavación en corte, así como la construcción del cuerpo del terraplén y capa subrasante, se basara en el proyecto de terracerías, el cual fue entregado por el Residente de la obra por parte del Centro SCT al Superintendente de la Empresa, conteniendo los datos de topografía en procesos electrónicos, así como los planos correspondientes.

#### **II.1.1 Desmonte y Despалme**

El Derecho de Vía de esta carretera es de 60 mts., sin embargo la instrucción de la Secretaría para realizar el desmonte y el despалme, es que debería ser

únicamente entre la línea de ceros, ya sea de los cortes o terraplenes tal y como lo autorizó la SEMARNAT para evitar mayor daño a la ecología.

El tipo de vegetación encontrado en el trazo de la obra en general fueron terrenos con cultivo y pastizales y en algunas zonas aisladas cítricos, por lo que propiamente el desmonte y despalme se hizo en forma simultanea, depositando el producto de estos fuera de la línea de ceros en ambos lados para que posteriormente utilizarlos como arropo de los taludes.



Km. 210+000 adelante, se aprecia el desmonte y el despalme con un tractor D155 A2

Para la realización de estos trabajos se programaron 4 frentes de trabajos con el siguiente equipo.

Frente 1

Despalme Km. 181+300 al Km. 183+000

Tractor D9N No. Econ. IEA740Q1209

Tractor D8 No. Econ. IEB245EO370

Motocompactador	No. Econ. IEA268E0030
Excavadora 335b2	No. Econ. IEA212EO110

#### Frente 2

Desmonte	del Km. 183+000 al Km. 185+200
Tractor D8R	No. Econ. IEA740E11285
Tractor D8R	No. Econ. IEA740E11250

#### Frente 3

Tractor D9N	No. Econ. IEA740E1219
-------------	-----------------------

### II.1.2 Excavación en Cortes:

Una vez efectuado el desmonte y despalme se procedió a definir cuales cortes serían aprovechables y cuales deberían desperdiciarse, así como ubicar los bancos de desperdicio, ya que originalmente el proyecto marcaba el 90 % como material aprovechable y el 10 % como material de desperdicio de los 4'185,767 m<sup>3</sup> de corte.

Dado a que en la zona predominan materiales arcillosos de alta plasticidad que no cumplen con las normas de calidad de SCT, y ser zona de alta precipitación pluvial, lo que ocasiona que la humedad natural de la zona sea alta, desfavoreciendo con esto el comportamiento de las arcillas mencionadas, considerando lo anterior el material de desperdicio se incrementó en un 16 %.

Dado las características del material, la superficie de los cortes en general, presentó exceso de humedad, por lo que fue necesario abrir caja para colocar una capa subyacente con material grava-arena que permitiera tener una capa estable y al mismo tiempo no permitiera el ascenso de humedad por capilaridad, construyendo posteriormente la subrasante con material de préstamo de banco.

Para realizar estos trabajos se utilizaron en general los siguientes tipos de equipo: excavadoras, tractores, motoescrepa y cargadores, seleccionando éstos donde pudiera obtener mejores rendimientos formándose los siguientes frentes de trabajo.

En aquellos cortes que presentaban menor dureza material B se utilizaban excavadoras ya que si tienen mayor dureza se programaron tractores y en algunas ocasiones cuando el material con la clasificación B presentando mínima dureza dentro de su clasificación y el material producto de los cortes se utilizó en la formación de terraplén, como equipo de corte y acarreo motoescrepas.

#### Frente 1

##### Excavación y Terraplén

Excavadora	No. Econ. IEA212Z0080
Excavadora	No. Econ. IEA212Z0086
Motocompactor	No. Econ. IEA268Z0003
Tractor	No. Econ. IEA740E1208

#### Frente 2

##### Excavación y Terraplén

Excavadora	No. Econ. IEA212Z0083
Excavadora	No. Econ. IEA212Z0079
Motocompactor	No. Econ. IEA268Z0009
Tractor	No. Econ. IEA740E1259

#### Frente 3

##### Excavación y Terraplén

Excavadora	No. Econ. IEA212U0107
Excavadora	No. Econ. IEA212Z0085
Motocompactor	No. Econ. IEA268Z0001
Tractor	No. Econ. IEA740E1221

Tractor	No. Econ. IEA740E1231
Cargador	No. ECON. IE223E346
Tractor	No. ECON. IEA740E1210
Motocompactor	No. Econ. IEA268E0043
Frente 4	
Excavación Y Terraplén	
Excavadora	No. Econ. IEA212Z0082
Cargador	No. Econ. IEA223E0330
Tractor	No. Econ. IEA740E1242
Tractor	No. Econ. IEA740E1169
Vibrocompactador	No. Econ. IEA260E1078
Retroexcavadora	No. Econ. IEA226E0146
Frente 5	
Excavación y Terraplén	
Excavadora	No. Econ. IEA212Z0077
Tractor	No. Econ. IEA740Q1209
Motoescrepa	No. Econ. IEA225E0083
Motoescrepa	No. Econ. IEA225E0084
Motoescrepa	No. Econ. IEA225E0085
Motocompactor	No. Econ. IEA268Z0002
Vibrocompactador	No. Econ. IEA260E1066
Motocompactor	No. Econ. IEA268U0028
Tractor	No. Econ. IEA740E1178
Tractor	No. Econ. IEA740E1283
Frente 6	
Desmonte	
Tractor	No. Econ. IEA740E1285

Tractor No. Econ. IEA740E1250

Frente 6 - A

Despalme

Tractor No. Econ. IEA740E1219

Frente 7

Obra de Drenaje

Excavadora No. Econ. IEA212Z0072

Retroexcavadora No. Econ. IEA226Z0078

Retroexcavadora No. Econ. IEA226Z0079

Compactador No. Econ. IEA261E0130

Compactador No. Econ. IEA261U0074

Excavadora No. Econ. IEA212Z0073

Frente 8

Subrasante

Motoconformadora No. Econ. IEA250E0289

Motoconformadora No. Econ. IEA250E0316

Motoconformadora

Vibrocompactador

Vibrocompactador No. Econ. IEA260E1064

Tractor

Dado la inestabilidad que presentaron algunos cortes, la Secretaría ordenó en las bases de licitación su protección de diferentes formas según las características del lugar.

### II.1.2.1 Protección de Taludes con Concreto Lanzado

En aquellos cortes cuyo material altera sus características y comportamiento por efectos climatológicos, se ordeno se recubriera con concreto hidráulico lanzado apegado a la especificación particular:

#### Especificación Particular

##### EP 026-E.09 Concreto Hidráulico Lanzado para Estabilización de Taludes

Ejecución: El concreto hidráulico lanzado, con resistencia a la compresión (Fc.) de doscientos cincuenta (250) kilogramos por centímetro cuadrado, para la estabilización de taludes, con refuerzo de malla electrosoldada, se deberá colocar en el talud conforme al procedimiento constructivo señalado en el proyecto.

#### Procedimiento Constructivo para la Colocación de Concreto Lanzado con Refuerzo de Malla Electrosoldada

En aquellos subtramos en donde se requiere recubrir el talud mediante concreto lanzado con un espesor del orden de 6 cm. previa colocación de malla electrosoldada con alambres de 3.43 mm. de diámetro y abertura de 10 x10 cm. dicha malla deberá colocarse de arriba hacia abajo conforme al avance del corte.

Los traslapes de malla deberán ser de 0.30 m. y deberán amarrarse con alambres y anclarse.

#### Colocación del Concreto Lanzado

La superficie donde se lanzará el concreto deberá estar debidamente afinada, perfilada y la malla amacizada perfectamente, en toda su superficie.

Una vez efectuado el amacice y debidamente sujeta la malla al talud, se lanzará el concreto, manteniendo una distancia entre la boquilla y la superficie de aproximadamente 1 m. el lanzamiento deberá realizarse moviendo la boquilla en una serie continua de ambos traslapados circulares elípticos.

Teniendo cuidado de no dejar huecos atrás de los alambres de la malla, para lograr esto se podrá variar el ángulo de la boquilla, pero en general deberá permanecer perpendicular a la superficie del talud.

Deberán colocarse microdrenes de PVC de ½" de diámetro y de 12 cm. de longitud colocados a cada 2 m. a tres bolillo garantizando que estos queden incrustados un mínimo de 3 cm. en la pared del talud e incrustados en el concreto lanzado, amarrados y sujetos en la malla para evitar su movilización en el momento del tiro del concreto lanzado, colocándose un tapón (cartón y/o papel) para su posterior retiro y que funcionan como respiraderos.

La resistencia del concreto a los 28 días deberá ser  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

En cualquier caso los materiales utilizados en la elaboración de los morteros y concretos presentados en estos procedimientos, deberán cumplir con las normas para construcción e instalaciones, de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Edición 1985, del Libro 4 parte 01 título 02

El cemento deberá cumplir con lo indicado en los capítulos 004-B.01 al 004-B.09 del libro 4 parte 01 título 02.

El agregado fino deberá cumplir con lo indicado en los capítulos 004-5 al 004-E.02 y 004-E.04 del libro 4 parte 01, título 02.

El agregado grueso deberá cumplir con lo indicado en los capítulos 004-e, 004-E.03 y 004-E.04, del libro 4 parte 01, título 02.

#### Proporcionamiento de Mezclas

<b>Mezcla Seca</b>	
<b>Material</b>	<b>Porcentaje del peso total de la revoltura seca</b>
Cemento Pórtland tipo 1	10.4
Tamaño máximo de agregado	9 mm.
Agregado grueso	41.4 %
Arena	48.2 %
<b>Mezcla Húmeda</b>	
<b>Material</b>	<b>Porcentaje del peso total de la revoltura seca</b>
Cemento tipo 1	12.8
Tamaño máximo del agregado	13 mm.
Agregado grueso	29.9 %
Arena	52.2 %
Agua	5.1 %

En cualquier caso al tamaño máximo del agregado no excederá de un tercio más restringida de la manguera.

Para mejorar las condiciones de lanzado se deberá utilizar un acelerante para la proporción de ésta en la mezcla, cuando la mezcla es seca el acelerante se podrá adicionar a ésta y cuando es húmeda se deberá adicionar en la boquilla.

La mezcla tipo de concreto lanzado contiene los siguientes porcentajes de componentes secos:

Cemento	15 – 20 %
Agregado grueso	30 – 40 %
Agregado fino	40 – 50 %

La relación agua – cemento para concreto lanzado seco se sitúa en el rango de 0.3 a 0.5 y se ajusta por el operador según las condiciones locales. Para concreto lanzado de mezcla húmeda, la relación agua – cemento se sitúa entre 0.4 y 0.6

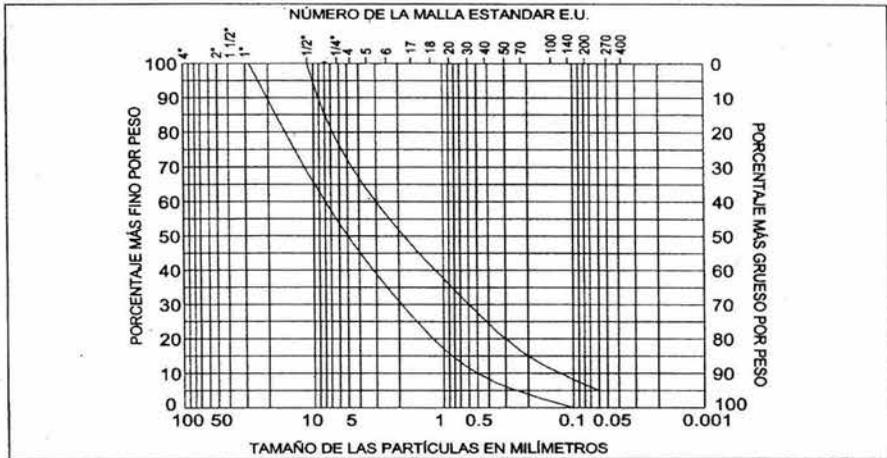
El laboratorio de campo deberá hacer las correcciones pertinentes según las condiciones que se presente en obra.

La granulometría de los agregados es sumamente importante para la mezcla, en la siguiente tabla se indican las recomendaciones para la granulometría que se pueden utilizar como base de selección del agregado:

<b>Agregados finos: Malla</b>	<b>Porcentaje que pasa la malla en peso</b>
3/8" (9.5 mm.)	100
No. 4 (4.75 mm)	95 a 100
No. 8 (2.36 mm)	80 a 100
No. 16 (1.18 mm)	50 a 85
No. 30 (0.60 mm)	25 a 60
No. 50 (0.30 mm)	10 a 30
No. 100 (0.15 mm)	2 a 10

<b>Agregados gruesos: Malla</b>	<b>No. 8 a 3/8"</b>	<b>No. 4 a 1/2"</b>	<b>No. 4 a 3/4"</b>
1" (25 mm)	-	-	-
3/4" (19 mm)	-	100	90 – 100
1/2" (12.5 mm)	100	90-100	-
3/8" (9.5 mm)	85 – 100	40 – 70	20 – 55
No. 4 (4.75 mm)	10 – 30	0 – 15	0 – 10
No. 8 (2.36 mm)	0 – 10	0 – 5	0 – 5
No. 16 (1.18 mm)	0-5	-	-*

En la siguiente figura se señala una escala de granulometría para una combinación de agregados gruesos y finos para el uso en el concreto lanzado.



**CURVA DE LÍMITES GRANULOMÉTRICOS APLICABLES AL CONCRETO LANZADO CON AGREGADOS FINOS Y GRUESOS COMBINADOS.**

*Sikamente* HE y/o Similar

Superfluidificante Acelerante

Tipo: Estabilizador sintético para consistencia superfluida del concreto fresco.

Descripción:

*Sikament* HE es un producto sintético, adicionado de estabilizadores especiales, que produce, agregado al concreto fresco plástico, una consistencia superfluida y alta trabajabilidad. No contiene cloruro, ni cáustico ni flamable.

*Sikament* HE se caracteriza por un alto poder dispersante, permitiendo una perfecta distribución de las partículas del cemento en el concreto, provocando su habitación completa, obteniendo el máximo efecto adherente del cemento.

Descripción:

*Sikament* HE: Líquido color café  
Densidad: 1.12 a 20 C  
PH : Aprox. 7

Descripción:

*Sikament* HE proporciona al concreto las siguientes propiedades:

#### 1.- Concreto Superfluido

- a) Consistencia fluida, sin disminuir resistencias finales del concreto endurecido
- b) Óptima homogeneización del concreto fresco *Sikament* HE, obteniéndose resistencias finales uniformes.
- c) No ocurre ni sangrado ni segregación en el concreto fresco *Sikament* HE, obteniéndose, a condición de que el diseño del concreto base sea correcto.
- d) Notable disminución de contracción y de la tendencia a la fisuración en concreto elaborados con *Sikament* HE
- e) Mayor impermeabilidad, durabilidad y resistencia, aun al hielo, a condiciones de que el diseño original del concreto sea el adecuado.
- f) Fácil y rápida coloración del concreto fresco *Sikament* HE, ahorrando mano de obra y tiempo (hasta 50 % por cada concepto)
- g) El vibrado se puede casi eliminar, salvo en partes densamente armadas

- h) El concreto fresco *Sikament* HE es autonivelante y autocompactante
- i) El concreto *Sikament* HE colocado mediante bomba permite máximos incrementos del colado por unidad de tiempo con un mínimo de mano de obra y esfuerzo. Taponamientos de las bombas se eliminan por completo y las bombas trabajan hasta un tercio de menos presión que en concreto bombeables tradicionales.
- j) Concreto aparente, elaborado a base de concreto *Sikament* HE se distingue por sus superficies tersas y perfectamente uniformes, exento de nidos y otras imperfecciones.
- k) *Sikament* HE no incluye aire en el concreto.

## 2 . Reductor de Agua

- l) *Sikament* HE permite reducir el agua de mezcla entre 10 a 25 %

En casos que no se necesita el efecto superfluidizante, se puede utilizar *Sikament* HE como plastificante reductor de agua y acelerante. Agréguese *Sikament* HE al concreto de baja consistencia, obteniéndose luego un concreto con excelente plasticidad y superior trabajabilidad, comparado con un concreto testigo de revenimiento idéntico.

- m) Los incisos b, c, d, e y k del párrafo I son aplicables para el párrafo II.

## 3. Acelerante

Acelerar el endurecimiento del concreto permitiendo descimbrar a corto plazo, se recomienda hacer pruebas para destiempo del descimbrado

Modo de Empleo

A) Como Superfluidizante

Dosificación: 2 a 3% de *Sikament HE* en peso sobre el peso del cemento. Se admite una redosificación en caso de necesidad.

*Sikament HE* se agrega al concreto al pie de la obra

En mezcladores de  $\frac{1}{2}$  a 2 sacos de cemento se agrega *Sikament HE* en el momento cuando ya se elaboró el concreto base, teniendo éste un revenimiento base de 6 a 8 cm. Con *Sikament HE* se incrementa entre un 14 –16 cm. No se debe agregar *Sikament HE* al agua de mezcla, si no precisamente tal cual, al final del tiempo del mezclado normal. Tiempo de incorporación (mezclado) de *Sikament HE*: dos a tres minutos

En caso de tratarse de ollas, se verifica el revenimiento al llegar a la obra, se agrega la dosis adecuada de *Sikament HE*

Tiempo de mezclado: Según el tamaño de la olla

Ollas de 4 a 5 m <sup>3</sup>	2 minutos
Ollas de 6 a 10 m <sup>3</sup>	3 a 5 minutos

El concreto *Sikament HE* fresco tiene que colocarse y acabarse sin demora

La permanencia del efecto de superfluidéz se mantiene durante 30 a 60 minutos

El lapso de la permanencia obedece a las temperaturas del concreto fresco *Sikament HE* y del ambiente.

## B) Como Plastificante Reductor de Agua

### Dosificación:

2 a 3 % de *Sikament* HE en peso sobre el peso del cemento presente en el concreto mediante pruebas previas se determina la relación agua-cemento inicial del concreto base, agregándose la dosis de elección (2 a 3 %) de *Sikament* HE con el fin de lograr un concreto plástico de alta resistencia final.

### Curado:

En el colado de losas o en otras superficies donde el concreto fresco *Sikament* HE es expuesto al sol, aire y viento, es imprescindible aplicar en el momento propicio el tipo de curado más adecuado, de acuerdo con las normas.

### Almacenaje:

*Sikament* HE puede almacenarse por lo menos dos años en lugar seco, fresco, bajo techo y bien tapado.

### Presentación:

Tambores de 200 lts. y cubetas de 20 lts.

**Medición:** El concreto lanzado se medirá tomando como unidad el metro cúbico con aproximación de una (1) decimal de concreto lanzado y colocado con el espesor señalado en el proyecto y/o ordenado por la Dependencia, sin considerar rebote para la revisión o verificación del espesor de la capa de concreto lanzado, observándose lo que corresponda de lo estipulado en el proyecto, así como todo lo que directa o indirectamente se requiera para la correcta ejecución del trabajo, la Dependencia hará las mediciones adicionales que considere pertinentes.

**Base de Pago.** El pago por unidad de obra terminada se hará al precio fijado en el concreto para el metro cúbico de concreto lanzado colocado; este precio unitario

incluye todo lo que corresponda de lo estipulado en el inciso 3.01.02.026-H.10 de las normas para construcción e instalaciones de la SCT, afine y amacice de los taludes de material suelto en la superficie de los taludes; recolección del material desprendido, su carga en el vehículo de transporte que se emplee, el acarreo, descarga y acomodo del mismo en el banco de desperdicio que elija el contratista, adquisición, traslado a la obra, fletes y maniobras de carga y descarga, adquisición y/o elaboración del concreto y la malla; transporte, habilitación, mermas, desperdicios y colocación de la malla electrosoldada; lanzamiento del concreto, aditivos acelerantes y/o similares; todos los equipos y materiales necesarios para su correcta ejecución; así como todo lo que directa o indirectamente se requiera para la correcta ejecución de este concepto. El señalamiento preventivo desde el inicio y hasta el término de los trabajos que garantizan la seguridad del usuario. Y todo lo necesario para la correcta ejecución del trabajo y aceptado por la dependencia.

### II.1.3 Terraplenes

Dentro del concepto de terracerías en terraplenes se distinguen generalmente tres capas de diferentes espesores como se especifica en la Norma P-005.E.07.a de las Bases de Licitación, en función de la altura del terraplén, calidad del material y el tratamiento para mejorar sus características, siendo estas tres capas.

#### II.1.3.1 Cuerpo de Terraplén

Generalmente se utilizan materiales producto de los cortes y el valor relativo de soporte sea superior a 4 compactada al 90 % de su peso volumétrico máximo suelto, para esta obra pidió que el VRS mínimo fuera de 10.

Las finalidades de esta parte de la estructura de un vía terrestre son las siguientes: alcanzar la altura necesaria para satisfacer principalmente (sobre todo

en lo relativo a la pendiente longitudinal), resistir las cargas del tránsito transmitidas por las capas superiores y distribución de los esfuerzos a través de su espesor para transportarlos en forma adecuada el terreno natural, de acuerdo con su resistencia. Con este material se fueron construyendo los cuerpos de terraplén. El proceso constructivo fue el siguiente: ir extendiendo capas de material admisible para este, en espesores de 40 cm. y con el compactado de la pata de cabra dando un grado de compactación de 90 %.

### Compactación

La compactación es el proceso mecánico por medio del cual se reduce el volumen de materiales en un tiempo relativamente corto, con el fin de que resistan las cargas y tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante la vida útil de la obra.

En la compactación el volumen del suelo se reduce utilizando maquinaria especializada.

Este cambio se presenta principalmente por la reducción del volumen de agua que contiene el material, al darle cierto número de pasadas con el equipo adecuado; tiempo por lo general se mide en horas. Es preciso hacer notar que hay materiales que, con cierto grado de compactación se tornan muy expansivos en presencia de agua. Por esa razón no conviene utilizarlos en las obras viales en forma natural pues si se compactan aumenta su volumen.

En caso de que por economía sea necesario utilizar alguno de esos materiales se debe estabilizar con cal o cemento Pórtland lo cual influiría en los costos.

La consolidación es un fenómeno semejante a la compactación, pero se diferencia de esta en que es un suceso natural que se lleva a cabo durante mucho tiempo, quizá siglos y el volumen disminuye a costa del aire y el agua que pierde el suelo.

#### Acción del Agua en la Compactación

El agua es el elemento importante en el proceso de compactación y su acción se explica de la siguiente manera: supóngase que se tienen varias muestras de un mismo material en diferentes recipientes (charolas). Este material es de tipo plástico y pasa 100 % por la malla No. 4 cuando está seco, hay grumos de diferentes tamaños.

El material de la primera muestra se compacta con una energía de compactación por medio de pisón, esta energía se empleará principalmente en romper los grumos de material y el grado de compactación será bajo. Si a la siguiente muestra de material se le agrega un poco de agua los meniscos que forman los grumos empezarán a romperse por lo que al proporcionar el material la misma energía de compactación esta será más efectiva y se obtendrá un peso volumétrico y será todavía mayor. Si se sigue vertiendo agua a las muestras del material llega un momento en que baja el peso volumétrico seco porque el agua ocupa el lugar que antes ocupa parte del suelo y absorbe parte de la energía de compactación; este fenómeno es más marcado mientras más aumente el agua.

Si los datos resultantes se colocan en ejes coordenadas, donde las abscisas corresponden a las humedades de las muestras y las ordenadas a los pesos volumétricos correspondientes que se obtuvieron al proporcionar la energía de compactación se traza una curva de compactación Proctor para la energía de compactación (lo mismo sucede en la probeta porter completa)

Curva *Proctor* que muestra la acción del agua en la compactación de los suelos, el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima.

Al mayor peso volumétrico obtenido se le denomina peso volumétrico seco máximo (PVSM), y la humedad correspondiente es la humedad óptima (WO). En obra el personal de laboratorio obtiene el grado de compactación para ello se utiliza la formula siguiente:

$\% \text{ de Compactación} = (\text{Peso Vol. Seco de Campo}) / (\text{Peso Vol. Seco Max. Laboratorio}) (100)$



Formación y compactación de terraplén al 90%, realizado por un vibro compactador (rodillo vibratorio)



Abriendo caja para obtener el material y determinar su grado de compactación.

El procedimiento de la prueba de compactación en campo es como muestra en el cuadro siguiente:

#### Determinación del Grado de Compactación

Obra	Supervisión de construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimento de concreto asfáltico, estructura, entronque y obras complementarias incluyendo en puente cazones iii y sus accesos
Carretera	Veracruz-Poza Rica Km. 181+361 al Km. 200+000 al Km. 718+335
Tramo	Gutierrez Zamora-Tihuatlan en el Estado de Veracruz
Fecha	2 de septiembre del 2000
Tramo no. 1 km: 181+361 al 200+000	

A	Subtramo	194+190 – 194+270			194+190 – 194+270		
B	Ubicacion	194+200	194+220	194+260	194+200	194+220	194+260
C	Capa	26	26	26	27	27	27
D	Lado	Izq.	Ctro.	Der.	Izq.	Ctro.	Der.

1	VOL.SONDEO M.EXIT.		5,505.0 0	4,330.00		4,130.00		5,505.00		5,530.00		5,515.0 0
2	P.ARENA TORAL		5,000.0 0	5,000.00		5,000.00		5,000.00		5,000.00		5,000.0 0
3	P.ARENA SOB.		1,040.0 0	1,905.00		2,100.00		1,040.00		1,040.00		1,040.0 0
4	P.ARENA OCUP.2-3=4		3,960.0 0	3,095.00		2,900.00		3,960.00		3,960.00		3,960.0 0
5	P.VOL.ARENA LAB.		1,325.0 0	1,325.00		1,325.00		1,325.00		1,325.00		1,325.0 0
6	P.MAT. HUM.INIC. 4/5=6		2.99	2.34		2.99		2.99		2.99		2.99
8	HUMEDAD OPT.LAB.+100	17.8 0	117.80	117.80		117.80		117.80		117.80		117.80
9	P.VOL.SECO*100		1,563.6 3	1,573.63		1,601.85		1,563.63		1,570.73		1,566.4 7
10	P.VOL.MAXIMO LAB.		1,730	1,730		1,730		1,730		1,730		1,730
11	% DE COMPACT.9/10*1 00	0.90	90.38	90.96	0.93	92.59	0.90	90.38	0.91	90.79	0.91	90.55

## Determinación de Humedad

1	P. Humedo	166.90											
2													
1	P. Seco	145.20											
3													
1	P. Agua	21.70											
4													
1	% W en campo	14.94											
5													
Observaciones		El porcentaje de compactacion en el cuerpo de terraplen cumple con especificaciones de sct material extraido del corte 193+620 – 193+800 esta capa fue verificada por el metodo tradicional (arena de atawa)											

Se observa en el tendido de material proveniente del banco o prestamos laterales cuyo tendido y compactado, es realizado por un tracto-compactador (pata de abra)



Tendido de material compactable

### II.1.3.2 Capa Subrasante

Para garantizar un buen comportamiento de la capa subrasante se utiliza material de préstamo de banco que cumpla con las especificaciones, indicado en las bases, especificación particular EP.005.-E.05 Capa Subrasante



Riego de agua con pipa de 18,000 lts. para obtener la humedad óptima. Se aprecia la espera de motoconformadora CAT 14G para iniciar la homogenización.



Km. 209+700 adelante capa subrasante en proceso de homogenización con dos motoconformadoras CAT 14G para después darle la compactación al 100 % de su PVSM.



Km. 211+240 capa subrasante en proceso de construcción, vibrocompactadores CS563C dándole la compactación hasta alcanzar el 100 % de su PVSM.



Km. 211+240 atrás capa subrasante terminada compactada al 100 % de su PVSM.

## Especificación Particular

### EP005-E.05.- Capa Subrasante

La formación y compactación al cien por ciento (100 %) por unidad de obra terminada corresponde a la construcción de la capa subrasante de treinta (30) centímetros de espesor en cortes y terraplenes, por lo que el contratista deberá considerar, todo lo que se requiera y sea necesario para que los materiales obtenidos de los bancos de préstamo fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaria cumplan los requisitos para capa subrasante estipulados en las Normas, ya sea que deba efectuarse en los bancos, la selección de los materiales aprovechables para capa subrasante y eliminación de los tamaños mayores de setenta y seis (76) milímetros (3") que contengan, o bien deban disgregarse, triturarse parcialmente y/o cribarse a dicho tamaño máximo de setenta y seis (76) milímetros (3").

En la construcción de los terraplenes se utilizaron algunos materiales producto de los cortes que cumplían con las normas, en algunos otros se tuvo la necesidad de utilizar materiales de préstamo de banco ejecutándose un total de 4'311,223 m<sup>3</sup>.

#### II.1.4 Tratamientos Especiales

Problemas de inestabilidad consistentes en arcillas de alta plasticidad con exceso de humedad, afloramiento de agua y zonas inundables que obligó a dar soluciones particulares a cada caso como a continuación se comenta.

##### II.1.4.1 Pedraplén

Del km. 205+640 al 206+000, zona aledaña al río Cazonas de su terreno natural presentaba una arcilla de alta plasticidad con exceso de humedad, además en temporada de lluvias en algunas ocasiones desborda el río mencionado, inundando toda esa zona, por lo que se determinó construir un pedraplén con

material del río Cazonos formando capas de 50 cm. de espesor ronceadas con tractor CAT D 8 R haciendo el relleno con el procedimiento similar al método de punta de flecha, tal y como se indica en las especificaciones particulares de las bases de licitación.

#### Especificación Particular

EP.005-E.02.- formación de la parte de los terraplenes y de sus cuñas de sobreebanco, construidas con material no compactable.

Ejecución.- Cuando de acuerdo con lo señalado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaria se requiera formar parte de los terraplenes con material no compactable, se procederá en la siguiente forma.

- a) La construcción del terraplén se efectuará por capas sensiblemente horizontales que abarquen todo el ancho de la sección, el espesor de cada capa será el mínimo que permita el tamaño mayor del material y la altura del terraplén. En cada capa se dará el acomodo del material mediante tres (3) pasadas por cada lugar "ronceado" con tractor D-8 o similar en peso.
- b) En la última capa subyacente a la capa subrasante, además de las tres (3) pasadas por cada lugar con tractor D-8 señaladas en el párrafo anterior, deberán darse tres (3) pasadas por cada lugar con rodillo de rejillas, o equivalente, con peso no menor de seis (6) toneladas.

#### II.1.4.2 Capa Rompedora

Después de haber ejecutado el desmonte, despalme y limpieza tocó el turno al desplante del cuerpo de terraplén. En esta etapa se hacen los sondeos a cielo abierto en el terreno natural a una profundidad como lo marca en el capítulo

6.01.01.002 muestreo y pruebas de materiales del libro 6.01.01 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en varios subtramos como el que se ubica en el km. 209+786 al km. 210+000 presentaba espejos de agua sobre arcillas blandas de alta plasticidad, resolviéndose este problema construyendo una capa rompedora de capilaridad, abriendo caja en todo lo ancho de la sección de proyecto con una profundidad de 1.50 m. con retroexcavadora 320, 330 y 345. Una vez hecha la caja se fue rellenando con material grava-arena del banco Río Cazonés, con un tractor D155A2, por el procedimiento de punta de flecha, el cual consiste, que al inicio de la caja, los camiones fleteros, van descargando el material de grava – arena y el tractor lo va tendiendo y bandeando en capas de 50 cm. Repitiéndose este proceso hasta la sustitución total del material saturado, por el material grava-arena, para continuar con este material hasta nivel de subrasante. Este procedimiento se efectuó en los tramos que se mencionan con antelación a este y de acuerdo a la especificación particular de las Bases de Licitación:



Km. 209+400 adelante, capa rompedora de capilaridad.  
Se aprecia la excavación en caja al fondo y al frente el tendido y bandeado de la grava-arena formando la capa estabilizadora.

## Especificación Particular

### EP 005-E-II.- Capa Rompedora de Capilaridad

Ejecución.- La capa rompedora de capilaridad se construirá de acuerdo con las instrucciones de la Secretaría, con material pétreo de tamaño máximo de setenta y seis (76) milímetros (3") procedente de los bancos fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría; dicho material para ser usado en la capa rompedora de capilaridad no deberá contener mas de cinco por ciento (5%) de finos que pasen por la malla numero doscientos (200), debiendo acomodarse mediante tres (3) pasadas por cada uno de los puntos de la superficie de la capa con tractor D-8 o similar en peso, avanzado y retrocediendo la maquina con movimiento ronceado.

Medición.- La medición se hará determinando el material acomodado en la capa por medio de seccionamientos utilizando el método del promedio de las áreas extremas y tomando como base la sección del proyecto, haciendo las modificaciones necesarias por cambios autorizados por la Secretaría. Se tomara como unidad el metro cúbico, redondeando el resultado a la unidad.

Base de Pago.- El pago por unidad de obra terminada se hará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico acomodado en la capa, aplicando el que corresponda para cada banco en particular. Estos precios unitarios incluye lo que corresponda por: desmonte, despalme de bancos, extracción del material aprovechable y del desperdicio, cualquiera que sea su clasificación: disgregado, separación, recolección, carga y descarga del desperdicio en el sitio señalado, instalaciones y desmantelamiento de la planta, trituración parcial o total, cribados y desperdicios de los cribados, eliminación de finos en exceso al limite máximo especificado, que pasen por la malla numero doscientos (200) carga y descarga de los materiales, todos los acarrees locales necesarios para los tratamientos y de los desperdicios de ellos, formación de los almacenamientos, formación de la capa

rompedora de capilaridad, incluyendo el mezclado, tendido y acomodo del material, trabajo del equipo con movimiento ronceado, reducción de volúmenes por acomodo del material, trabajo del equipo con movimiento ronceado, reducción de volúmenes por acomodo del material, afinamiento en los tiempos de los vehículos empleados durante los trabajos de carga y descarga.

Con el tratamiento antes mencionado de tres pasadas con movimiento ronceado de tractor D-8 o similar en peso, se considera que se logrará el acomodo del material en la capa; en el caso que se hiciera dar con el mismo equipo un número distinto de pasadas que las antes especificadas; estas se pagaran adicionalmente o se deducirán, según se ordene aumentar o disminuir el numero de pasadas, a los precios que la secretaria obtenga por pasada de tractor D-8 o similar en peso, basándose en los análisis detallados de precios unitarios que presentó el contratista, formando parte de su proposición en el concurso.

#### II.1.4.3 Capa Estabilizadora

En algunos otros subtramos como el que se ubica en el km. 212+000 – 213+000 similar al anteriormente señalado se hizo el siguiente tratamiento:

Una vez hecho el estudio del piso de cimentación de los terraplenes, este arrojó un valor relativo de soporte abajo del mínimo permitido por las especificaciones, en virtud que este subtramo es zona inundable, y esta conformado por arcillas francas de alta plasticidad, se determinó para la cimentación del cuerpo de terraplén una capa estabilizadora con material de préstamo de banco del tipo conglomerado basáltico con una clasificación 00-20-80 del banco ubicado en el km. 710+980 con desviación izquierda 770 m. después de hecha la extracción con un tractor D8R CAT. Se seleccionó desde un tamaño de "6" a "15", eliminando finos y tamaños chicos con una retroexcavadora 345 BL.



Km. 215+200 atrás excavación en caja con profundidades de 0.60 a 1metro y retiro de material saturado con camiones fleteros.



km. 215+000 atrás construcción de capa estabilizadora con material de tipo basáltico lado derecho

A continuación se enlistan las normas de calidad que debe de cumplir para cuerpo de terraplén

#### Análisis Granulométrico Simplificado

CONCEPTO		LIMITE	
Mallas	75.03"	Retenido	5% al 15% Aceptable
	7.75 No. 4		5 al 20 %
	0.425 No. 40		15 %
	0.75 No. 200		
V.R.S.		5 al 10 % Aceptable	
Expansión		3 a 4.5 %	
Limite Líquido		30 a 50 %	
Contracción Lineal		3% a 4.5 %	
Grado de Compactación		90 %	
Índice Plástico		2.5 – 3.0	

Se puede aplicar pruebas dinámicas de compactación de acuerdo a las variaciones que se asignen.

	TAMAÑO MAXIMO	PESO PISON (KG)	No. DE GOLPES	No. DE CAPAS	ENERGIA COMPACTA CION (KF/CM3)
Proctor estándar	4.75 10% 9.5	2.50	25	3	4.967
Proctor SOP	4.75 10 % 9.5	2.50	30	3	7.272
AASTHO estándar	4.75	2.50	25/56	3	6.060
AASTHO modificado	4.75	4.54	25/56	3	16.489
3 Capas	19				

Materiales para cuerpo de terraplén no compactable, se determinan los porcentajes del tamaño máximo y el volumen total, además la compactación se

realiza a través de un Tractor de Oruga (D8R) bandeado 7.5 tons. Capas no mayores de 50 cm.

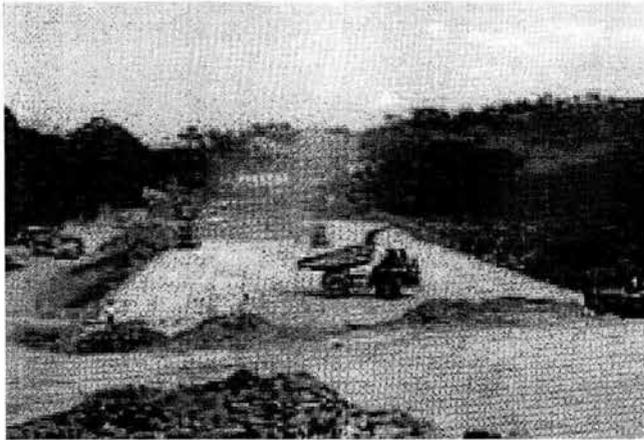
75.0 – 3" ---15 – 20% Min. Retenido Vol. % ---- 15% 20% T.Max.----6" = 5%

#### II.1.4.4 Cuerpo de Terraplén con Material No Compactable

Para el material no compactable cuando hubo duda de que cumplieran los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido, se sometieron a prueba tal como se detalla a continuación dicha prueba de campo

- 1) Se tendió una capa del espesor que permitió el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm. En todo el ancho del terraplén y en 20 mts. de longitud.
- 2) Se regó agua sobre la capa en cantidad aproximada a 100 litros por m3 de material
- 3) Se sometió la capa regada al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de 20 tons pasando 3 veces por cada uno de los puntos que formaron.
- 4) Se hicieron sondeos a cielo abierto en los 20 cm. Superiores de la capa con volumen aproximado de 0.5 m3 en cada sondeo
- 5) El material producto de los sondeos por norma deberían de tener como máximo un 20 % en volumen de material retenido en la malla 76 mm. (3")
- 6) Por norma el material retenido debería contener como máximo al 5% del volumen total de fragmentos de roca mayores de 15 cm. (6")

- 7) Se tomó el promedio de los resultados en 3 sondeos efectuados en distintos lugares por la Secretaría de acuerdo con la distribución indicada



Formación del cuerpo de terraplén del km. 212+460 al km. 212+718, material del corte compensado conforme a la curva-mesa.

## II.2 Procedimiento de Construcción de Obras de Drenaje

En esta obra ubicada en zonas bajas costeras e inundables se construyeron obras de drenaje del tipo que a continuación se mencionan.

1. De tubos de concreto de diferentes diámetros
2. Losas apoyadas en estribos de concreto
3. Cajones de concreto armado

Para el presente trabajo se mencionan y se describen los procedimientos de construcción del km. 209+176.85 al km. 218+335 por el tipo de cimentación.

#### II.2.1. Construcción de una Obra de Drenaje de Tubos de Concreto

Obra de drenaje de tubos de 1.05 m. de  $\varnothing$  de concreto ubicada en km. 217+225.50; una vez efectuada la topografía con una retroexcavadora 330 CAT, se procedió a efectuar la excavación, una vez terminada esta actividad se checaron los pisos de desplante; y aquellos que tuvieron la capacidad de carga de 2 kg/cm<sup>2</sup> se les compactó, el desplante al 90 % de PVSM; y en aquellos casos en donde no se tuvo una capacidad de carga aceptable, sobre todo por ser zonas bajas, con presencia de espejos de agua y por ser el suelo un material de arcillas francas de alta plasticidad, se abrió caja en toda la longitud se sustituyó con material rocoso del tipo basáltico\* con tamaños de 6" a 15" libre de finos con espesor de 1.0 m. dicho material fue ronceado de 6 a 8 veces con un tractor D8R en capas de 50 cm. y con personal obrero se hizo el afine.

Del almacén al lugar de la obra se traslado la tubería con un tractocamión con plataforma, cargada con una retroexcavadora 320 L CAT, para continuar con el proceso, se verificaron ejes y niveles para iniciar con la colocación de la tubería con la retroexcavadora 330, una vez instalada toda la tubería se procedió a efectuar el junteo con mortero, con proporción 1:5 y la construcción de los cabezotes de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$

Una vez que la resistencia del junteo y de los cabezotes conforme a especificaciones fue la indicada, se procedió a la ejecución de los aproches con material compactable, en la zona de las costillas de la tubería se compactó en capas de 20 cm. Con equipo de compactación menor (rodillos y planchas vibratorias), una vez compactado hasta el nivel medio de la tubería se continuó

con equipo mayor de compactación en capas de 30 cm. La compactación ejecutada fue del 90 % de su PVSM y para finalizar la limpieza de la obra.

Rendimientos principales obtenidos en el proceso de construcción.

CONCEPTO	RENDIMIENTO
Excavación	600 m <sup>3</sup> /h
Colocación del tubo	7 tubos de 2 m/h
Concreto	
Colocación	
1 Maestro Carpintero + 1 Ayudante	10 m <sup>3</sup> /h
Dosificadora de concreto Marca OPISA	21 m <sup>3</sup> /h

#### II.2.2. Procedimiento de Construcción de una Obra de Drenaje de Tipo Losa.

Ubicada En El Km. 210+374

La ubicación de esta obra menor, se encuentra en el cauce de un arroyo el cual tiene un régimen intermitente con el nivel de agua máximas extraordinarias de 2.5 m.

Características de la obra

Losa de 6 X 5 m.

Para la construcción de ésta se procedió primeramente a la limpieza de arena de construcción y el área de almacén de materiales, de habilitado de la cimbra de acero de refuerzo.

Previamente hecha la topografía conforme al proyecto; con una retroexcavadora 345BL CAT se ejecutó la excavación, pero debido a la baja capacidad de carga, se abrió una caja de 1.0 m. con un sobreebancho de 50 cm., se construyó una capa estabilizadora para aumentar la capacidad de carga, la cual se ronco con un

tractor D8R con un número de pasadas de 6 a 8 veces, con personal obrero se hizo el afine del piso de desplante.

Una vez concluida la estabilización, se procedió a retrazar ejes y a poner niveles de desplante para efectuar el desplante de los estribos, se construyó una plantilla de concreto simple de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , misma que sirve para evitar la contaminación del concreto y del acero por temperatura, el cual sirve para evitar fisuras y agrietamientos, en virtud de que los estribos son de concreto simple de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$

Ya construida la plantilla de concreto, se colocó al armado por temperatura de los estribos, los cuales para acelerar el proceso se armaron afuera y su colocación se hizo con el apoyo de una retroexcavadora 330BL CAT., una vez que se realizó esta actividad se cimbraron las zapatas de ambos estribos, para posteriormente efectuar el colado, el concreto se elaboró en una planta dosificadora marca ODINSA de acuerdo al proyecto, el transporte se llevó a cabo en camiones revolvedoras de  $7 \text{ m}^3$ , colocándose el concreto con dos vibradores de inmersión por el poco volumen que se colocó.

Paralelamente a esta actividad se habilitó un juego de cimbra de madera para una sección de 2.40 m. de altura.

Primeramente se cimbró poniéndole diesel a la cara de contacto para mejor descimbrado el estribo No. 2 previamente al colado se checkaron ejes y niveles y la rigidez de la cimbra, la cual se llevó a cabo con torzales de alambre recocido y alambazón, después de verificar su geometría, se ejecutó el colado; y para la colocación del concreto se utilizaron 3 vibradores de inmersión y un tubo de guardia para sustituir a cualquiera de los tres que presentara fallas mecánicas. A las 24 hrs. después de efectuarse el colado se descimbró, se limpió la cimbra y se le puso diesel a la cara de contacto.

Una vez efectuada la limpieza de la cimbra se coló en la primera sección del estribo No. 1 se atorsaló para evitar cualquier deformación de la geometría del mismo.

Posteriormente a los trabajos previos, se verificó la geometría del elemento en proceso de construcción y se llevó a cabo el colado con el mismo equipo de colocación del colado del cuerpo del estribo No. 2

El procedimiento de construcción se siguió en ambos estribos hasta llegar el coronamiento del mismo. Haciéndose los ajustes en la última sección de colado.

Una vez terminados los estribos se procedió hacer la limpieza entre los estribos. Terminada la limpieza se inició la obra falsa para la cimbra de la losa, la cual se formó con los polines de 10 X 10 cm. (4" X 4") colocándose a cada 60 cm. Misma que se dejó para recibir la cimbra de contacto elaborada de madera (cimbraplay) la cual se colocó conforme al proyecto.

Para dar por terminado el proceso se llevó a cabo el armado, se colocó la cimbra perimetral y se coló la losa conforme a lo indicado en el proyecto, retirándose la cimbra a los 14 días conforme a las especificaciones de la SCT

Construcción de los aproches terminada la losa se inició con la construcción de un muro seco o dren seco en los respaldos de los estribos mismo que se hizo con personal obrero.

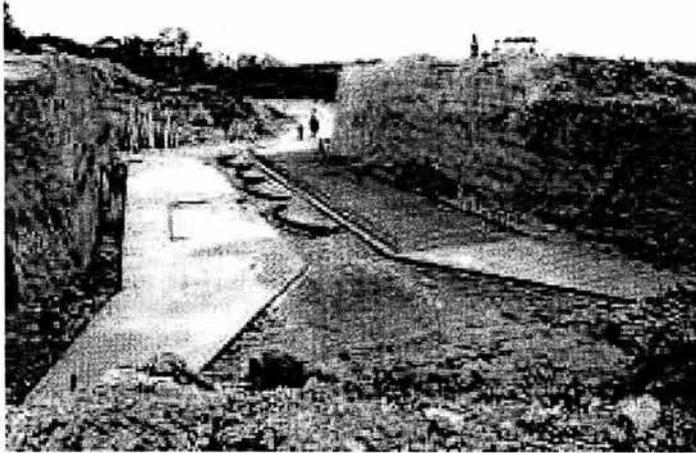
Concluido este concepto, se compactó en capas de 30 cm. Al 90 % de su PVSM con equipo menor de compactación y equipo mayor, hasta llegar al nivel de terracerías.



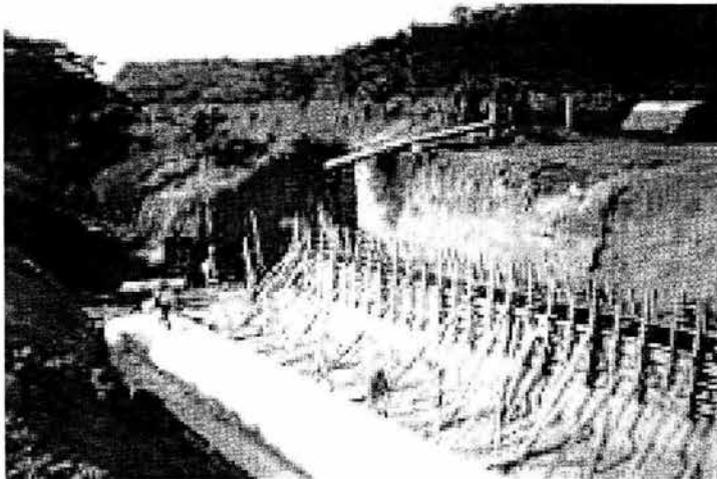
Excavación con una retroexcavadora 330 BL CAT y retiro del material con un camión articulado.



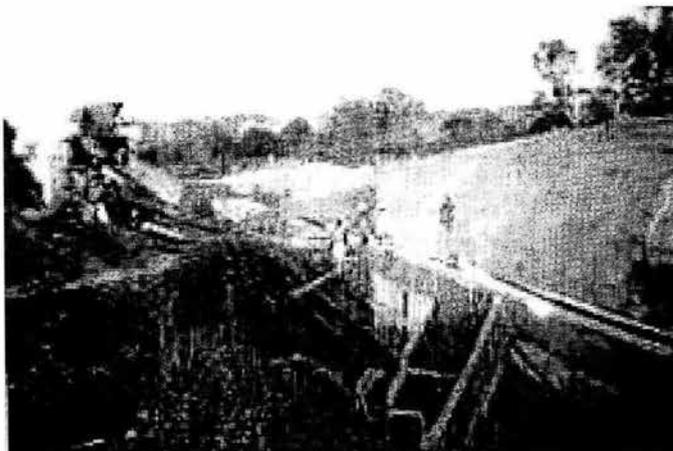
Excavación a nivel desplante con la capa estabilizadora ya construida y el trazo para construir la plantilla de concreto simple.



Plantillas para desplante de las zapatas y colocación del acero por temperatura en el estribo dos.



Estribo numero dos cimbrado de la primera secciona para efectuar el colado.



Colado al 100 % de la sección del estribo numero dos y cimbrado del estribo numero uno para colar la segunda sección.

## Rendimientos Principales Obtenidos en el Proceso de Construcción.

CONCEPTO	RENDIMIENTO
Acero de refuerzo	
Habilitado y Armado	
1 Maestro Fierro + 1 Ayudante	600 kg. / jornada
Cimbra	
Cimbra de madera de pino 3 <sup>a</sup> .	
Habilitado y cimbrado	
1 Maestro Carpintero + 1 Ayudante	18 m2/jornada
Concreto	
Colocación	
1 Maestro albañil + 1 Ayudante	12m3/jornada
Dosificadora de concreto	
Marca ODISA	21 m3/h

## II.2.3. Construcción de una Obra de Drenaje Tipo Cajón

Para esta Tesis se considera la obra tipo cajón de 5 X 4.50 m.

Previamente a los trabajos de topografía, se ejecutó la excavación con un tractor CAT D8R hasta la cota de desplante, como ya habíamos comentado antes que debido a la poca capacidad de carga, se abrió una caja de 1.00 m. de material del banco ubicado en el km. 210+980 desviación izquierda 770 m. este material es del tipo basalto alterado, el cual se fue depositando en la excavación y con el tractor CAT D8R, le dio de 6 a 8 ronceadas (bandeo) para su acomodo en capas de 50 cm. El citado material sus tamaños fueron de 6" a 5".

Una vez construida la capa estabilizadora se le dio el afine con material compactable con personal obrero. Se checaron ejes y niveles y se procedió a la construcción de la plantilla de concreto conforme al proyecto para evitar la

contaminación del acero y el concreto; terminada esta se desplanto el acero de refuerzo de la losa interior, el cual se calzó con dados de concreto para dar el recubrimiento del proyecto para llevar a cabo el colado, mismo que se ejecutó conforme a las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Una vez terminado el cimbrado en los costados de la losa del cuerpo del cajón se procedió a continuar con el armado de los muros, los cuales en su proceso, se checaron sus ejes (plomos).

Una vez efectuado el armado de los muros, se llevó a cabo el cimbrado con cimbras de madera la cual se habilitó paralelamente al inicio de la excavación en secciones de 1.20 m.

Las secciones de colado se hicieron para mejor acomodo del concreto de 1.20 m. de la altura haciéndose los ajustes hasta la última sección (nivel de la losa inferior).

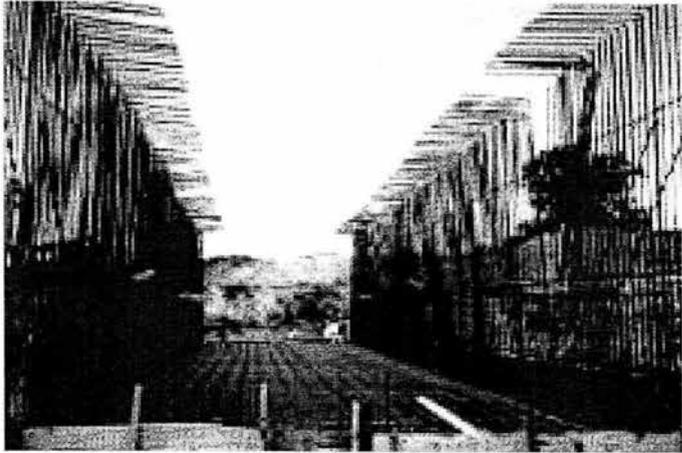
Después de la terminación de los muros, se dio inició con la obra falsa y cimbra de contacto de losa la cual una vez terminada, se armó el acero de refuerzo conforme a la geometría de proyecto.

Para terminar con la losa se checaron nuevamente niveles y ejes, se calzó el acero con cubos de concreto para darle el recubrimiento indicado en el proyecto y se efectuó el colado, curando la losa con agua durante 7 días. Ya terminado el cajón se construyeron los aleros conforme al proyecto; en las juntas de construcción se limpió, se lavó y se le hecho una lechada rica de cemento – arena con proporción 1:3 para no tener juntas frías.

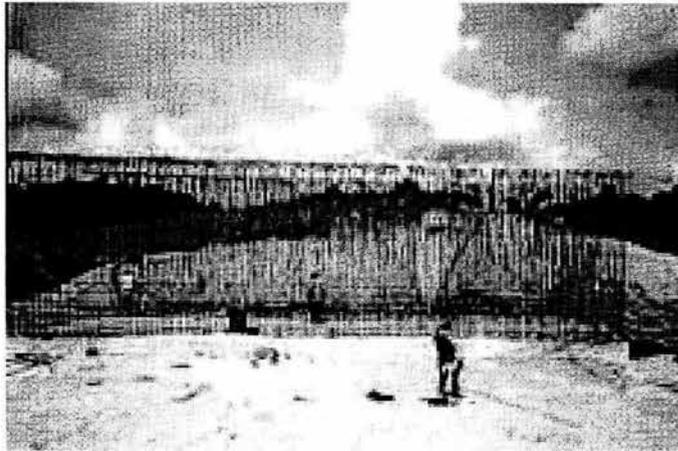
Ya terminada la construcción, se iniciaron los aproches colocando previamente en la parte exterior de los muros una capa de piedra de 30 cm. de tamaño, el aproche se llevó a cabo material compactable, en capas de 30 cm. Y al 90 % de compactación de su P.V.S.M.

Rendimientos principales obtenidos en el proceso de construcción

CONCEPTO	RENDIMIENTO
Acero de refuerzo Habilitado y Armado 1 Maestro Fierro + 1 Ayudante	600 kg. / jornada
Cimbra Cimbra de madera de pino 3ª. Habilitado y cimbrado 1 Maestro Carpintero + 1 Ayudante	18 m2/jornada
Concreto Colocación	
CONCEPTO	RENDIMIENTO
1 Maestro albañil + 1 Ayudante	12m3/jornada
Dosificadora de concreto Marca ODISA	21 m3/h



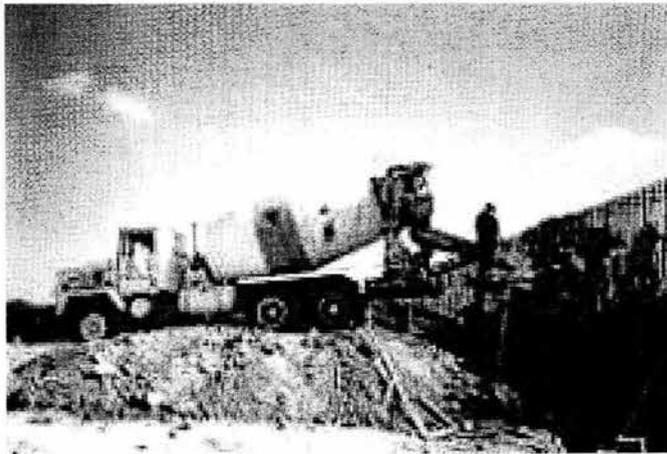
Se observa el armado de la zapata al 100 % y la presentación del acero de refuerzo de los muros.



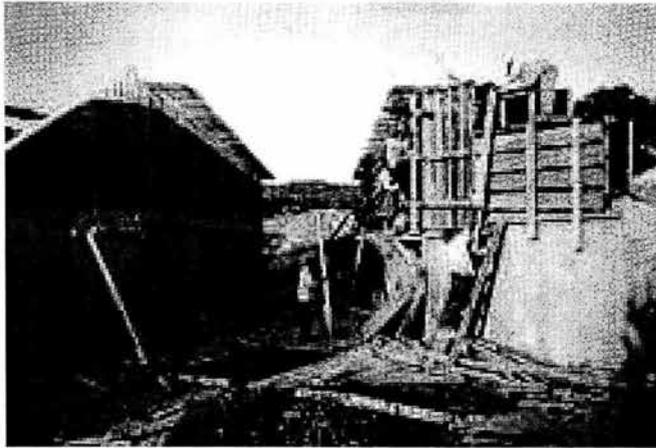
Se aprecia el colado de losa inferior al 100 % y actividades en el armado del acero de refuerzo de los muros.



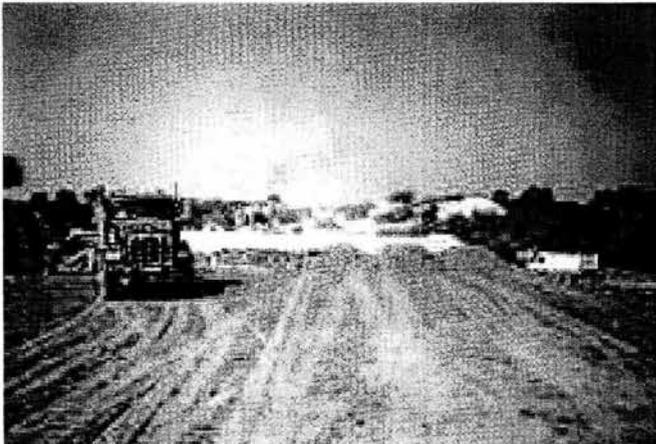
Colado de la primera sección del muro numero dos.



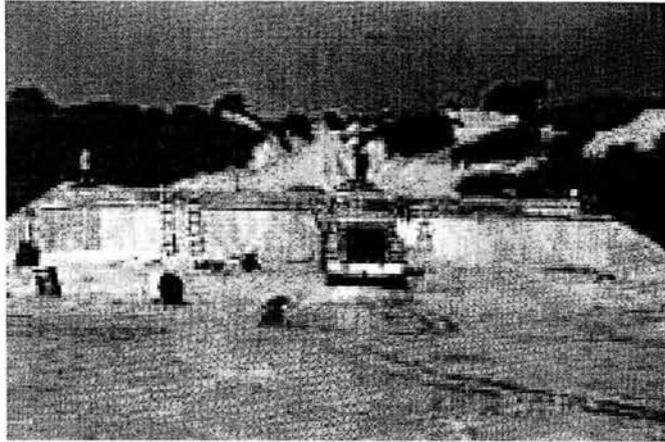
Colado de la primera sección del muro numero dos con camión  
revolvedora de 7 m3 con vaciado directo.



Se aprecia en la presente vista el colado del muro numero dos al 100 % y el cimbrado en proceso para colar la segunda sección del muro numero uno.



Se aprecia la colocación del muro seco ó dren seco antes de la ejecución de los aproches, camión fletero acarreado material para el aproche.



Se aprecia la pipa de 18,000 lts. con personal efectuando el curado de la losa, el cual se hizo durante siete días conforme a las especificaciones de construcción de la SCT

Rendimientos principales obtenidos en el proceso de construcción

CONCEPTO	RENDIMIENTO
Acero de refuerzo Habilitado y Armado 1 Maestro Fierro + 1 Ayudante	600 kg. / jornada
Cimbra Cimbra de madera de pino 3ª. Habilitado y cimbrado 1 Maestro Carpintero + 1 Ayudante	18 m2/jornada
Concreto Colocación 1 Maestro albañil + 1 Ayudante	12m3/jornada
Dosificadora de concreto Marca ODISA	21 m3/h

Calidad de Materiales para Capa Subrasante  
Análisis Granulométrico Estándar

CONCEPTO		LIMITE	
Tamaño Máximo 3"	7.75 No. 4	Retenido	5% al 15% Aceptable
	0.425 No. 40		5 al 20 %
	0.75 No. 200		25 % a 40% variado
V.R.S.		30 Min.	
Expansión		3 %	
Límite Líquido		30 % Máx.	
Contracción Lineal		3% Máx.	
Grado de Compactación		95 % y/o 100 %	

	TAMAÑO MAXIMO	PESO PISON (KG)	No. DE GOLPES	No. DE CAPAS	ENERGIA COMPACTA- CION (KF/CM3)
AASTHO Modificado	4.75	4.54 GR.	25/56	3	16.489
3 capas	19.0	2.50	30	3	7.272
AASTHO Estándar	4.75	4.54 gr.	25/56	5	27.484
5 Capas	19.0				
Además se recomienda aplicar la prueba PORTER Estándar Modificada A 100 – 95 – 90 %					

### II.3 Pavimentos Flexibles.

En este tramo, el proyecto contempla la construcción de un cuerpo nuevo de 12.00 m. de corona. La sección transversal estará constituida por dos carriles de circulación de 3.50 m. de ancho cada uno y acotamientos interior y exterior de 2.50 m.

La estructura del pavimento a considerar la conformaran una capa de base hidráulica, una capa de base asfáltica y una capa de concreto asfáltico; además, se construyó una superficie de rodamiento de textura abierta, la cual funcionará como capa drenante y desgaste (tipo *Open Grade*) así también, se considera que el bombeo hacia ambos acotamientos sea del 2 %.

#### II.3.1. Base Hidráulica

La base hidráulica cuya función principal es de distribuir los esfuerzos transmitido por las cargas también sirvió como una especie de colchón que absorbiera deformaciones de las terracerías, debidas a cambios volumétricos por efectos de humedad y efectos de rebote elástico.

Otra de sus funciones es la de desalojar el agua que infiltre en el pavimento y a su vez impedir la ascensión del agua procedente de las terracerías por el fenómeno llamado capilaridad.

Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá una capa de base hidráulica de 0.26 m. de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos del proyecto. El material que conforme esta capa se deberá compactar al 100 % de su PVSM de la prueba AASHTO modificada (5 capas) citada en el capítulo 6.01.03.009m4 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.k.005 del libro 6.01.03 de las

normas para muestreo y pruebas de material, equipos y sistemas; carreteras y autopistas; pavimentos.

Los materiales utilizados deberán de ser del tipo indicado en la cláusula 073-D del libro 3, parte 01, título 03 y para su ejecución se deberá seguir todos los lineamientos indicados en la cláusula 074-f del libro 3, parte 01 título 03

Los materiales utilizados para la base hidráulica se rigen bajo la normatividad de la siguiente tabla SCT

**Materiales para Capa de Base Hidráulica  
Análisis Granulométrico Standard**

<b>CONCEPTO</b>	<b>LIMITE</b>
Tamaño máximo	2" a 1 ½" – 2
Granulometría	Zona 1 a 3 ( entre 1 y 3 )
% que pasa la malla 200	10 % Máx.
Límite líquido	30 % Máx.
Índice Plástico	6% Máx.
Equivalente de Arena	50 % Máx.
AASTHO Modificado	100 % Máx.
Desgaste Los Ángeles	40% Máx.
V.R.S	80 % Máx.
Expansión	3 % Máx.
Grado de Compactación	100 % Máx.

## Materiales para Capa de Base Hidráulica

CARACTERISTICAS	Zonas en que se clasifican el material de acuerdo con su granulometría.		
	1	2	3
Contracción Lineal en porcentaje (máx.)	6.0	4.5	3.0
Valor cementante para materiales angulosos en kg/cm <sup>2</sup> (min.)	3.5	3.0	2.5
Valor cementante para materiales redondeados y lisos kg/cm <sup>2</sup> (min.)	5.5	4.5	3.5
Valor relativo de soporte estándar saturado en porcentaje.	50 min.		
Equivalente de arena, en porcentaje	20 min. (tentativo)		

## II.3.2. Riego de Impregnación

Una vez alcanzado el grado de compactación de proyecto en las bases, estos se dejan secar superficialmente. Cuando la capa ya está seca, se barre para retirarle el polvo y las partículas sueltas que pueda haber, con ayuda de cepillos manuales o mecánicos.

Sobre la superficie y taludes de la capa de base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicó en todo lo ancho de la sección así como en dichos taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltico catiónica a razón de 1.0 lts./m<sup>2</sup>

El producto asfáltico (emulsión catiónica) fue del tipo mencionado en la cláusula 076-D del libro 3 parte 01 título 03, así mismo cumplió con las normas de calidad establecidas en el inciso 001-B.04.f del libro4, Parte 01, Título 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del libro 3, Parte 01, Título 03.

### Criterios Generales.

Esta fase consiste en la aplicación superficial, mediante rociado de un producto asfáltico que penetre por absorción en la parte superior de las capas tratadas, sin quitarle consistencia a dicha parte superior. Como procedimiento de construcción normal se aplica en las capas de base hidráulica, principalmente para formar en ella una transición o establecer continuidad entre dichas capas y las de tipo asfáltico que se les construyan encima, siendo también importante la impermeabilidad que en muchos casos se obtiene, dependiendo esto de la textura superficial correspondiente; así mismo, el riego de impregnación sirve para formar protección a las capas de base mientras se construye sobre ellas la carpeta.

También se aplicó riego de impregnación en capas de sub-rasante para proteger a estas de una inminente temporada de lluvias y en el caso de que se difiera la construcción de las capas que se les vayan a construir encima o bien, cuando sobre ellas esté dispuesta la construcción de una base asfáltica.

En los riegos de impregnación el asfalto debe quedar totalmente absorbido por el material de la capa tratada, sin que se forme una lámina de asfalto sobre la superficie de la misma, debiendo ser uniforme el aspecto del riego, para lo cual se requiere de un asfalto adecuado y una textura conveniente de la superficie que reciba la aplicación.

No cualquier superficie admite la penetración del asfalto, por lo cual se recomienda que el material pétreo de la capa no tenga más de 10 % de partículas que pasen la malla No. 200.

## Problemas de Humedad y Polvo

La penetración deseada del asfalto de impregnación es de unos 2 o 3 mm. Para lo cual no debe haber humedad en los 5 mm. Superiores de la capa. Los encharcamientos del producto asfáltico y la retención de este en la superficie, serán índice de un riego de impregnación defectuoso; un asfalto que penetra suficientemente deja opaco el color negro del asfalto superficial.

El polvo es otro elemento que impide riegos asfálticos uniformes, por lo cual las superficies de aplicación deben ser barridas convenientemente antes de la aplicación; cuando así exista polvo perjudicial para el tratamiento, previamente a su ejecución debe darse un riego matapolvo con una rociada uniforme y rápida de agua, que cubra toda la superficie seca, debiendo aplicarse el asfalto cuando esta se opaque y empiece a secar en zonas aisladas.

## Inconvenientes de Poréo

Una práctica errónea que se sigue en los riegos de impregnación y puede tener repercusiones inconvenientes posteriores a la construcción, es la aplicación de poréo con arena, el cual es aceptado por Normas de la Secretaría, pero solo como emergencia en los casos en que haya urgencia de dar paso al tránsito de vehículos y no exista otra solución menos desfavorable. El encarpamiento que se forma con la arena del poréo y el asfalto de impregnación, aparte de evitar la penetración de esta, normalmente constituye un elemento frágil en el que se incrustan las partículas de la carpeta cuando esta es de riegos, los cuales deberían ser ocupados por el asfalto de la liga, el que por ellos tiende a salir causando llorado en la superficie; por otra parte, ese encarpamiento de arena y asfalto, y la carpeta de riegos, con el tiempo se fracturan y se desprenden, por el aislamiento que produce el primero. En las carpetas de mezcla asfáltica es en la que menor perjuicio se tendría, pero de todas maneras el poréo puede ser

causado de corrimiento en estas, por falta de anclaje entre el encarpamiento de arena a la base.

Se recomienda limitar la práctica del poréo a casos en que sea completamente indispensable su aplicación, y de llevarse a cabo se sugiere reducir en todo lo posible las cantidades de asfalto y arena, y posponer al máximo posible la aplicación de ésta última.

#### Aspectos Fundamentales para el Control de Riegos

El control por parte de los laboratorios, en el caso de los riegos de impregnación, debe consistir en limitar el contenido de particular que pasan la malla No. 200 en el material de la base, determinar el aditivo que se puede requerir por falta de adherencia, efectuar pruebas de campo para definir la cantidad de producto que se requiere aplicar; muestrear y ensayar el asfalto que se vaya a utilizar y controlar durante la realización del trabajo, el barrido y las cantidades de asfalto aplicadas, en total y por metro cuadrado.

Como recomendaciones generales en el caso de los riegos de impregnación se consideraran las siguientes:

1. Verificar al construir las capas que recibirán el tratamiento, que sea inferior al 10 % el contenido de particular que pasan la malla No. 200 en el material pétreo utilizado.
2. Evitar clasificaciones en las capas que se vayan a tratar y corregir las depresiones que tengan éstas.

3. Determinar y utilizar el aditivo para definir la cantidad de asfalto que convenga aplicar, incluyendo ya el aditivo que se requiera para mejorar la adherencia.
4. Hacer pruebas de campo para definir la cantidad de asfalto que convenga aplicar, incluyendo ya el aditivo que se requiera para mejorar la adherencia.
5. Que al efectuar la aplicación la superficie por tratarse se encuentre seca en todos los casos.
6. Que antes de aplicar el asfalto se barra la superficie de la capa que se vaya a tratar.
7. Que si la textura esta muy cerrada se procure abrir dicha textura con un "barrido pesado"
8. Que la petrolizadora funcione bien, que tenga todos los aditamentos necesarios, y que sus espreas estén limpias.
9. Que controlen debidamente las aplicaciones, juzgando más bien por los criterios que se han expuesto, que por las cantidades predeterminadas para sollicitación.
10. Que no quede asfalto superficial después del periodo de absorción, el cual puede considerarse de una semana.
11. No porear
12. No permitir tránsito sobre la impregnación en aproximadamente una semana, por lo menos.

### II.3.3. Riego de Liga para Base Asfáltica

#### Descripción General

Se consideran como riegos de liga en la construcción de pavimentos, las aplicaciones asfálticas que se realizan previamente a la construcción de las carpetas o de las asfálticas, para promover cierta unión entre estas capas y las inmediatas anteriores.

El que puede considerarse con más propiedad como riego de liga, es el que se aplica antes del tendido de las capas de mezcla asfáltica, ya sea que se trate de carpetas o de bases asfálticas. La función del riego de liga en este caso es la de establecer cierta continuidad entre dos capas, pudiendo ser la anterior o inferior, capa hidráulica o asfáltica, y la posterior o superior asfáltica necesariamente. La cantidad de asfalto que se utiliza debe ser la mínima que se estima puede ser aplicada en forma normal y con buen control mediante petrolizadora; no importa que este tipo de riego de liga se aprecie escaso por no cubrir las espreas toda franja que cada una le corresponde, es decir, se acepta que el riego quede escaso. (rayado)

Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, se aplicó en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica, a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica) fue del tipo mencionado en la cláusula 076-D del libro 3 Parte 01, Título 03, así mismo cumplió con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del libro 4 parte 01, Título 03 y para su aplicación con una cláusula 080-F del libro 3 parte 01, Título 03

El otro tipo de riego es el que se aplica formando parte de las carpetas de riegos y por ello tiene otras funciones adicionales, a las cuales se hace referencia más adelante; en este caso, la cantidad de asfalto de acuerdo con el número de riegos que vaya a construir la carpeta, pero por lo general cada aplicación es superior a 1.10 lts/m<sup>2</sup>.

#### II.3.4 Base Asfáltica

Sobre la capa de base hidráulica, debidamente terminada, se construyó una capa de base asfáltica de 0.10 m. de espesor, utilizando material procedente del banco indicado para este fin en la tabla de bancos de este proyecto. El material que forme esta capa se deberá compactar al 95 % de su peso volumétrico Marshall. Los materiales utilizados deberán ser de los tipos indicados en la cláusula 073-D del libro, parte 01, Título 03, además estos deberán cumplir con las normas de calidad establecidas en el inciso 009-C.06 del libro 4, parte 01 título 03. El proceso asfáltico será el cemento asfáltico AC-20 en una proporción de 130 lts. /m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto, elaborando dicha mezcla en planta caliente.

#### Especificación Particular

##### EP.074-E.014.- Materiales para Base de Pavimento

Del valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, como "tentativos-2 pasan a ser "obligatorios", los fijados en el cuadro que aparecen a continuación, determinados de acuerdo con los métodos de prueba citados en el capítulo (01.03.009) del libro 6.

- 1) en carreteras.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR	EQUIVALENTE ARENA	INDICE DE DURABILIDAD
100 MIN.	* 50 MIN.	*40 MIN.

- Se eliminan los criterios de intensidad de tránsito del capítulo (01.03.009-C) del libro 4
- e) De grado de compactación en la carretera el material deberá compactarse al cien por ciento mínimo del peso volumétrico máximo determinado en la prueba AASHTO modificada (cinco capas) citada en el capítulo 6.01.03 de las NORMAS PARA MUESTEO Y PRUEBAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS; carreteras y Aeropistas; Pavimentos (1)

Este párrafo sustituye al párrafo 4.01.03.009-C.07 c) al párrafo 4.01.03.009-C.08 a) 3) y al párrafo 4.01.08.009-f), todos relativos al grado de compactación de las bases en pavimentos asfálticos y de las subbases en pavimentos de concreto hidráulico.

#### Riego de Liga para Carpeta de Concreto Asfáltico

Sobre la superficie de la capa de la base hidráulica debidamente terminada, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica, a razón del 0.6 lts/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica), deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del libro 3, parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las normas de calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del libro 4, parte 01, título 03, para su aplicación con la cláusula 080-f del libro 3, parte 01, título 03.

## Emulsiones

Se deberán indicar el tipo de emulsión asfáltica a emplear para efectos de control de calidad y recepción de la obra; se requiere además, obtener la dosificación adecuada en cada caso conforme a las pruebas de laboratorio necesarias según el trabajo a realizar.

### II.3.5 Carpetas de Mezcla Elaborada con Cemento Asfáltico

#### Descripción General

En el empleo que se hace en el país, de las mezclas elaboradas con cementos asfálticos, ha sido frecuente considerar como único tipo de éstas al concreto asfáltico, el cual corresponde, como requisito característico, a una mezcla densa y resistente; sin embargo, debe considerarse también las posibilidades constructivas de poder utilizar mezclas finas y mezclas gruesas o bien, la posibilidad de tener superficies de rodamiento con textura abierta, sin que tales casos necesariamente se cumplan los requisitos de vacíos y resistencia con que se controla a los concretos asfálticos. A las mezclas elaboradas con cementos asfálticos también se les conocer como "Mezclas elaboradas en caliente" o como "Mezclas elaboradas en planta", la razón es que estas mezclas solo pueden ser elaboradas de esa manera, por el manejo que requiere el cemento asfáltico, pero el calentamiento y las plantas no son condiciones exclusivas o privativas de este tipo de mezclas.

Considerando la necesidad de realizar la elaboración de las mezclas en caliente utilizando una planta, para que el producto final sea de muy buena calidad; por ello, normalmente se establece un control riguroso de la granulometría y calidad de los materiales pétreos, los cuales, aunado a la buena calidad que ya en si produce el solo empleo del cemento asfáltico, conduce realmente a la obtención

de mezclas asfálticas consideradas como las de mejor calidad para utilizarse en la carpeta de carreteras de alta intensidad de tránsito, constituido éste en gran parte por vehículos pesados; esto en general es cierto, pero hasta en este tipo de mezclas asfálticas existen ciertos problemas que requieren de estudios y consideraciones especiales de parte de la ingeniería experimental. Aun cuando lo normal ha sido que las mezclas elaboradas con cemento asfáltico reciban un control riguroso, en ocasiones se preparan mezclas de menor calidad en cuanto a su uniformidad, por no controlarse ampliamente la granulometría del pétreo; estas mezclas casi siempre son para utilizarse en la construcción de bases asfálticas, en carreteras de tipo secundario, pues en las de primer orden, hasta en las bases asfálticas se ha utilizado mezclas de alta calidad. En México hemos empleado el concreto asfáltico en gran escala y, en algunos casos en que se escasean los materiales granulares, se han utilizado mezclas finas; inclusive, recientemente se utilizó una mezcla fina con azufre, tratando de obtener características de estabilidad alta, que solo podrían obtenerse con materiales granulares.

#### Pruebas de Diseño de las Mezclas Asfálticas

Para el diseño de las mezclas se cuenta con las pruebas de Hveem y Marshall. Esta última más crítica que la primera, por no corresponder a un esfuerzo tridimensional, como es el trabajo normal de las capas de pavimento, pero resulta práctica y de suficiente aproximación; sólo quienes no han tenido suficiente experiencia directa con ella, le atribuyen diversos problemas casi insalvables. Ambas pruebas pueden considerarse incompletas, principalmente por no considerarse efectos de fatiga. La prueba Hveem sí es una prueba confinada que se basa en la respuesta del comportamiento plástico de las mezclas, pero resulta bastante complicada y requiere de un equipo para ajustar el proyecto de la mezcla a las condiciones reales de producción.

La prueba *Marshall* se estableció para determinar la resistencia al flujo transversal a la aplicación de la carga, actuando esta en la superficie circular de las probetas cilíndricas, elaboradas con relación altura / diámetro del orden de 0.6 (pastillas); como resultados se obtiene, la resistencia al flujo (se les domina estabilidad) y la deformación a la falla (a esta última se le denomina flujo) bajo condiciones severas, muy controladas, utilizando equipo especificado para el objeto. Principalmente se controlan, la granulación del material pétreo, reproduciéndola en cada probeta, en el caso de tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ " mediante 11 fracciones; la velocidad de aplicación de la carga, que es de 2" por min. y la temperatura de prueba, que es de 60°C. por parte se establece como condición crítica la saturación de los especímenes en agua, a la mencionada temperatura de prueba, por un tiempo del orden de 30 min. por el tipo de esfuerzos, se pueden encontrar en este sistema de prueba, cierta semejanza al efecto que sufren las carpetas en las zonas adyacentes a la de aplicación de carga, por medio de las ruedas de los vehículos, siendo la discrepancia más sensible, la falta de confinamiento puede presentar un cierto margen de seguridad, si no se establece la corrección correspondiente entre los resultados de la prueba, las normas más respectivas y el comportamiento de las carpetas. El Sr. *Marshall* recomienda ciertos valores de estabilidad y flujo, según el tipo de tránsito que vaya a tener la carpeta; pero fundamentalmente sugiere que en cada país y en cada zona de éste se realicen las correcciones necesarias para el tipo de servicio que vaya a dar la carpeta.

La prueba de *Hveem* corresponde a un ensaye confinado mediante carga lateral controlada, aplicación en la superficie curva de especificaciones parecidas a los de *Marshall*; la carga de prueba se aplica a una de las caras planas de las probetas, midiéndose como resultados preliminares, los efectos producidos en cuanto a deformación transversal y carga lateral de confinamiento, lo cual permite calcular el resultado fundamental en que esta prueba se denomina "Valor R de Estabilidad"; los especímenes previamente se compactan por amasado en un equipo específico, y se someten a ciertas condiciones especiales de humedad,

vapor de agua y temperatura. También se mide en otra serie de especímenes, la resistencia de la mezcla a la designación, su alteración volumétrica por saturación (expansión) y la permeabilidad respectiva. Como una tercera fase de la prueba se determina la resistencia a la cohesión de la mezcla. En todo se utiliza equipo especialmente diseñado para esta prueba. La elaboración de especímenes, como en el caso de la prueba *Marshall*, se hace en forma sumamente controlada.

Alternativas del Contenido de Asfalto, del Espesor de la Película Asfáltica Envoltiente y de la Granulometría.

Fragilidad y Módulos de Elasticidad.

Las Normas establecen los valores que deben cumplir las mezclas elaboradas con cemento asfáltico, según se trate de aeropistas, de carreteras o de bases asfálticas para dichos tipos de obra; desde luego, como antes se indicó, para carpetas sólo se está considerando utilizar concreto asfáltico, con tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ " aun cuando de acuerdo a las referidas Normas éste puede variar de  $\frac{1}{2}$ " a 1". Adicionalmente se establecen como requisitos que caracterizan al concreto asfáltico, los vacíos con aire que deben tener la mezcla como requisitos que caracterizan al concreto asfáltico, los vacíos con aire que debe tener la mezcla (3 a 5 %) y los vacíos mínimos del agregado mineral (o pétreo), que para el tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ " es de 14%. El límite inferior de vacíos tiene por objeto impedir el llenado total de ellos con asfalto, para evitar con la sobrecompactación del tránsito, que pudiera existir llorando y/o inestabilidad por alta presión de poro. El límite superior de vacíos se establece para asegurar que las mezclas sean masivas, densas e impermeables, lo cual se consigue, por este segundo valor está muy cerca al primero y solo discrepa lo suficiente para dar cabida práctica a cierta variación tolerable, que no conduce a modificación real en dichas características que se desean obtener. El valor de 14% que corresponde a VAM mínimo, se establece para que junto con el cumplimiento de los vacíos, se evite utilizar

películas de asfalto muy delgadas, por un bajo contenido de este ligante, dejando a la vez campo al proyectista de las mezclas, para que se escoja la mejor combinación de VAM y contenido de asfalto correspondiente a una mayor cantidad de VAM, un óptimo de asfalto más alto, lo que conduce a mas durabilidad y flexibilidad de la mezcla; sin embargo, a cambio de esto, puede haber cierta reducción en la estabilidad y requerirse más control en la granulometría y en la incorporación del asfalto, para no entrar en problemas con la permeabilidad de la capa. Debe dejarse perfectamente aclarado que la fragilidad de las mezclas permeables, no se deben precisamente a tal situación, sino principalmente a las películas de asfalto delgadas, condición que no solo se obtiene con un relativo bajo contenido de asfalto, sino con cantidades regulares de éste cuando los materiales son muy absorbentes. También un alto contenido de finos puede obligar a dejar película delgada de asfalto, aún cuando la cantidad utilizada de éste, sea relativamente alta. Dicho de otra manera, contando con materiales de baja absorción y de bajo contenido de finos podemos obtener una mezcla de apariencia rica, aplicando una cantidad relativamente baja de asfalto, la cual inclusive podemos ajustar y controlar, para que nos proporcione una capa impermeable y más flexible que otras, y con valores de flujo menos peligrosos, aunque si, con un valor de estabilidad menos alto, el cual puede ser de todas maneras satisfactorio, si el agregado pétreo tiene suficientes aristas (naturales o de trituración).

Junto el contenido de asfalto, que el proyectista de mezclas asfálticas debe aprender a manejar, la granulometría es otro parámetro que también debe saber controlar, aun cuando debe darse por descontado que no es posible garantizar condiciones y características iguales en las mezclas, para igual granulometría, densidad y absorción, de dos materiales distintos, lo cual seguramente se debe a la forma de las partículas de uno y otro. En términos generales se considera que las curvas de granulometría establecidas en las Normas, son las que definen graduaciones adecuadas para los concretos asfálticos, pero obtener VAM muy

bajo (menor a lo permitido) normalmente se requiere una proporción de grava retenida en malla No. 4 del orden de 65 a 70 %, empacada con 35 a 30 % de arena y finos (5 a 8 %, o un poco más, pasando la malla 20)

Las mezclas finas de textura cerrada, no tienen que ajustarse a las características de granulometría establecidas para los concretos asfálticos, aunque en sus demás características deben controlarse convencionalmente y aplicar las Normas respectivas que se han establecido, bien sea que dichas mezclas vayan a emplearse en base de pavimento o bien, que se utilicen en capas de sellado, como frecuentemente lo hacen en los Estados Unidos de la Unión Americana. Respecto a las mezclas de textura abierta, deben aclararse que nuestras Normas y experiencia constructiva, no las han considerado, aun cuando en casos aislados se ha caído en ellas por efecto de construcción, de acuerdo con lo cual se ha visto que resultan aceptables si se emplean con una cantidad de asfalto que les de apariencia de exceso. Sobre este último tipo de mezclas, se consideran que deben procurarse tramos experimentales en diferentes carreteras del país.

Al iniciarse en México el empleo del concreto asfáltico, la producción de materiales pétreos presentan varios problemas por falta de finos, debido a lo cual en algunas carreteras existió permeabilidad de cierta consideración; sin embargo, dichos concretos asfálticos en general tenía la ventaja de ser relativamente ricos en asfalto, lo que se les hacía resistentes al efecto combinado del agua y el tránsito, aunque es de aclararse que este último aún no alcanzaba cifras muy altas. Más adelante hubo mayor empeño en obtener capa de textura cerrada, haciendo más denso el concreto asfáltico, lo cual implicó mejorar la producción de los materiales pétreos se cayó en el uso indiscriminado de materiales de mejoramiento, constituido por arenas finas, arenas limosas y limos arenosos, pero no se tuvo cuidado en limitar la cantidad de estos materiales, ni su absorción, llegándose inclusive a utilizar materiales pumíticos que implican el uso de una elevada cantidad de asfalto; ello condujo a la absorción de mezclas densas

impermeables, muy uniformes, de elevada cantidad de asfalto; ello condujo a la obtención de mezclas densas, impermeables, muy uniformes, de elevada estabilidad. Pero de un módulo elástico alto que las convirtió en frágiles y tomando en cuenta las condiciones flexibles de las demás capas del pavimento (de bajo modulo de elasticidad) que constituye el apoyo de las capas asfálticas, al incrementarse en las carreteras el tránsito se tuvieron, y aún se siguen teniendo, frecuentes problemas de agrietamiento en las carpetas. Por supuesto, este problema está ligado al efecto de fatiga y la gran diferencia de los módulos elásticos, pero se puede tener dos puntos de vista en cuanto a su solución; por una parte, como antes se indicó, se considera el relativamente elevado el modulo de elasticidad de las carpetas de concreto asfáltico que hacen pensar en reducirlo para quitarles rigidez a estas capas (aumentarles flexibilidad) y por otro lado, la consideración de modulo elástico bajo por parte del conjunto de capas en las que se apoya la carpeta, o que lleva a tratar de mejorar la estructuración general de las carreteras. Una tercera posición sería una solución combinada en ambos puntos de vista. La rigidez de una carpeta depende de dos factores fundamentales, por una parte del mayor espesor de capa y por el otro lado del mayor módulo elástico de la mezcla compactada; este último, a su vez, aumenta con granulometría densa del pétreo, a la que se corresponde una lámina muy delgada del asfalto de envoltura, que además hace que la mezcla sea muy susceptible a los efectos del agua. Los bajos módulos de elasticidad de las capas en que se apoyan las carpetas, se deben al predominio de materiales de baja calidad y tal vez al bajo espesor de los materiales de mejor calidad que se utilizan en el pavimento. De acuerdo con lo expuesto, la solución del problema de referencia sería por una parte, conseguir mezclas asfálticas más flexibles, pero resistentes al flujo plástico y a los efectos del agua, lo cual puede conseguirse con una graduación menos densa de los materiales pétreos, para que admitan un poco más de cemento asfáltico. También puede considerarse esto con dicha solución y el empleo de una fibra, pudiéndose esperar así mucho mejores resultados. Finalmente puede resolverse el problema de referencia con el uso de algún

aditivo apropiado. El otro tipo de solución implica el empleo de materiales de mejor calidad en las terracerías y pavimentos, y en mayor cantidad, desechando gran parte de los materiales existentes y aumentando los espesores de las capas de material seleccionado para integrar estructuras multicapa importantes, que sean más resistentes y tengan un módulo elástico mayor. Ambas soluciones requieren ser estudiadas para definir las suficientemente e implementarlas de la manera más conveniente, pero obviamente, la más simple y económica es la primera; es decir la modificación de las características de las mezclas asfálticas.

#### Aspectos Importantes de los Procedimientos de Construcción

Durante las etapas de la construcción, los problemas que se afrontan en muchos casos se inician desde la obtención del material pétreo, el cual debe tener una granulometría semejante a la del proyecto, lo cual puede implicar esforzar la maquinaria de las plantas, reducir la producción de éstas y en general, encarecer el producto con relación a lo previsto.

Otro problema es que se obtiene para reproducir la granulometría de proyecto, ya que la separación de fracciones durante la producción del material, dista mucho de ser perfecta, resultando las proporciones respectivas con una cantidad variable de partículas más finas, en más cantidad cuando las Cribas son relativamente chicas y/o por la mayor velocidad del equipo; esta situación implica la necesidad de un trabajo uniforme, para poder establecer un control adecuado.

Algo parecido puede suceder con el asfalto cuando su abasto no es uniforme y es por ello muy necesario estandarizar el trabajo como antes se indicó, trabajando a una velocidad fija y evitando interrupciones. Esta podríamos decir, es el de las medidas más necesarias en el trabajo de las plantas de mezclado, principalmente las de producción continua.

En las plantas más modernas de mezcla asfáltica se ha eliminado la dosificación en caliente y en cambio han reforzado la dosificación en frío, lo cual seguramente ha tenido por objeto disminuir la contaminación ambiental, lo que en general no parece haber complicado la obtención de la granulometría en el pétreo. Sin embargo, en dichas plantas se han introducido otras dos modificaciones que sí deben tomarse en cuenta, no solo el control del trabajo si no también para el diseño del concreto asfáltico al nivel laboratorio el acortamiento del cilindro de secado aunado a la inclusión del mezclado en el extremo del propio cilindro y el perfeccionamiento del despolve para evitar la contaminación, el cual termina depositando los finos en un tanque de sedimentación; estos son dos aspectos muy importantes que deben tomarse en cuenta. El acortamiento del cilindro fue posible aumentando la temperatura y velocidad de secado, lo cual puede causar calcinación en el asfalto, principalmente cuando la lámina asfáltica de cubrimiento es muy delgada; es decir, cuando el porcentaje de asfalto es relativamente bajo. El otro aspecto, el despolve, obliga al proyectista a considerar la necesidad de diseñar mezclas asfálticas con muy bajo contenido de finos, pues aun cuando se proponga incorporarlos por separado, el ciclón de despolve de todas maneras eliminará el polvo añadido.

Tocante al tendido y compactación de las capas asfálticas, cabe considerar varias medidas; primera que el riego de liga sea realmente escaso y que el garapiñado, siendo suficiente, deje partículas y no forme plasta; otra sugerencia es la de que las franjas paralelas se tiendan el mismo día para evitar la junta fría longitudinal en la unión, aunque esta de todas maneras conviene realizarla, y cuando no haya sido posible tender dichas franjas el mismo día, es recomendable, en la capa de cierre de la junta, que en vez de eliminar la mezcla traslapada se utilice esta para recargar dicha junta del lado de la última capa tendida y al compactar, aumentar este trabajo en la unión. Tocante a la compactación, es recomendable buscar la mayor temperatura que puede ser soportada por el equipo de compactación, sin que éste cause corrimiento de la mezcla, (no confundir una marcada reducción del

espesor de la mezcla por compactación, con el corrimiento de la mezcla), debiendo utilizarse para la primera cerrada un rodillo también ligero y luego equipo pesado; es decir, tendido de por medio solo el rodillo también ligero, debe procurarse aprovechar el equipo pesado y la elevada temperatura de la mezcla para tener la mejor eficiencia en la compasión.

#### Carpeta de Concreto Asfáltico

Sobre la capa de base asfáltica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construyó una carpeta de concreto asfáltico de 0.10 m. de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de banco de este proyecto y cemento asfáltico AC-20 con una dosificación aproximada de 125 lts. /m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente, y el tendido se efectuará compactándola al 95 % de su peso volumétrico determinado en la prueba *Marshall*

Los materiales pétreos y cemento asfáltico que conforma en la carpeta deberán cumplir con las normas especificadas en los incisos 010-C. 01 y 011-B.04.b, respectivamente del libro 4, parte 01 título 03.

La mezcla se proyectara en procedimiento *Marshall* para que cumpla con los requisitos de diseño que se indica en la columna de intensidad de transito de mas de 2000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 011-D.03 del libro 4. Parte 01, Título 03

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 081-F del libro 03, Parte 01, Título 03.

Dado que se utilizará cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140°C y 165°C.

La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora, deberá tener una temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130°C.

#### Riego de Liga para Carpeta de Textura Abierta

Sobre la superficie de la carpeta de concreto asfáltico, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica a razón de 0.6 lts. /m<sup>2</sup>

El material asfáltico será del tipo mencionado en la cláusula 076-D del libro 3, Parte 01, Título 03 y deberá cumplir con las normas de calidad establecida en el inciso 011-B.04.f del libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del libro 3, Parte01, Título 03.

#### II.3.6 Superficie de Rodamiento de Textura Abierta

En todo el ancho de la corona, sobre la carpeta asfáltica terminada se tenderá una capa superficial de textura abierta de 0.03 m. de espesor que servirá como capa drenante y de desgaste. Los materiales deberán ser procedentes del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto, con tratamiento de trituración total y cribado (sanos, limpios y duros) y cemento asfáltico SC-20 modificado con polímeros y/o hule molido de neumáticos con una dosificación aproximada de 130 l/m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto.

La mezcla será elaborada en planta y en caliente y la construcción se ejecutará de acuerdo a lo indicado en las "Especificaciones de la capa superficial premezclada de textura abierta" anexa a este procedimiento constructivo.

#### Aditivos

Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos. Se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el Laboratorio de Control de la Secretaría, después de que agregado el pétreo haya sido debidamente tratado.

Los tipos de aditivos que se utilizaron en el cemento asfáltico AC-20 se incorporaron en una proporción aproximada del 1% en peso, que se ajustó de acuerdo con las pruebas realizadas por el Laboratorio de Control de la Secretaría.

La capa de textura abierta se apegó a la especificación particular expresada en las Bases de Licitación.

#### Especificación Particular

EP.074-E.08.- Especificaciones de la Capa Superficial Premezclada de Textura Abierta (*Open Grade*)

La capa superficial premezclada de textura abierta consistirá de una capa compuesta por agregados pétreos, concreto asfáltico AC-20 modificado con polímeros o hule molido producto del reciclado de neumáticos y filler mineral mezclados en una planta central. Esta capa se colocará con las dimensiones mostradas en el proyecto de la superficie preparada de acuerdo a estas especificaciones.

Esta capa servirá como una capa de desgaste antiderrapante con características drenantes para evitar acuaplaneo de los vehículos.

#### Materiales

En la elaboración de la mezcla y en la construcción de la capa superficial premezclada de textura abierta, se emplearan materiales que en lo general cumplan con lo establecido en el capítulo 4.01.03.010 de las Normas para la Construcción e Instalación calidad de los materiales editada por la SCT, debiendo cumplir con los requisitos de calidad que a continuación se señalan:

#### Materiales Pétreos:

Los materiales pétreos deberán ser producto de trituración total y cribados, y deberán provenir de mantos de rocas sana y limpia con características de dureza y durabilidad adecuadas de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>PRUEBA</b>	<b>ESPECIFICACION</b>
Descaste de los Ángeles	30 % max.
Equivalente de arena	64 % min.
Índice plástico	0- 74 %
Partículas alargadas y alajeadas retenidas en malla 9.5 mm.	15 % máx.
Intemperismo acelerado en sulfato de sodio, 5 ciclos (15 % máx. si se usa sulfato de manganeso)	12 % máx.
Partículas retenidas en la malla 4.75 mm. (No. 4) deberá tener por lo menos:	
Una cara fracturada	90 % min.
Dos caras fracturadas	75 % min.
Absorción	2 % máx.
Índice de durabilidad del grueso y fino AASHTO T210	40 min.

Mezclas con agregados con carbonato relativamente puro y agregados con pulimento no debe usarse.

#### Filler Mineral

Consistirá de un mineral finamente dividido de roca basáltica, caliza, dolomita o cal hidratada que deberá cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 242 (AASHTO M17). Al momento de usarse deberá estar lo suficientemente seco para una adecuada circulación y libre de aglomeraciones. El filler debe estar libre de impurezas orgánicas y tener un índice plástico no mayor de 4 no se permitirá ninguna compensación adicional al contratista por suministrar y usar Filler mineral que sea requerido por esta especificación.

#### Asfalto Modificado

Consistirá de cemento asfáltico AC-20 modificado con polímeros o hule molido producto de reciclado de neumáticos. El polímero y los procedimientos de incorporación deben estar aprobados por la Secretaría.

El asfalto modificado deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

a) Pruebas requeridas al cemento asfáltico modificado.

CARACTERISTICAS	AC-20 Y HULE NEUMATICO	AC-20 Y POLIMEROS
Viscosidad absoluta 60°, poises, mínimo		5,000
Viscosidad cinemática 135°, centistokes, máx.		2,000
Viscosidad brokfield, Tipo Kaake, poises (ASTM-D4402)	15 – 60	
Penetración a 25 °C 100g. 5 seg. 0.1 mm.	20 - 60	40 – 75
Penetración a 4 °C, 200 g. 60 seg. 0.1 mm.	10 - 30	25 – 50
Punto de inflamación. "C" mínimo		240
<b>PROPIEDADES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO DE LA PELÍCULA DELGADA</b>		
Perdida por calentamiento, % máximo	1.0	1.0
Penetración a 4° C, 200 g, 60 seg. 0.1 mm.		13
Penetración a 4 °C % mínimo (ASTM-D1754)	75	
Ductibilidad retenida a 4°C % mínimo (ASTM-D113)	50	

#### B) Agente modificado

La proporción en peso de los agentes modificadores del asfalto, deberá ser los siguientes:

Polímeros	2.5 a 4.5 %
Hule molido	15 a 25 %

En caso de utilizar hule molido como agente modificador del asfalto, este deberá estar libre de partículas metálicas y de nylon. Durante el proceso de molienda de transporte no se deberá usar aceites que impregne el hule.

El hule molido deberá tener un proceso de cribado para obtener un tamaño máximo de particular menores a la malla número 20, debiendo cumplir con la siguiente granulometría.

<b>MALLA</b>	<b>% Que pasa</b>
16	100
20	95 – 100
40	35 – 70
200	0 – 5

#### c) Aditivos

En caso necesario, el laboratorio hará pruebas para determinar la necesidad del uso y tipo de aditivos para proporcionar a la mezcla una estabilidad térmica y controlar el escurrimiento del producto asfáltico de la mezcla. Comúnmente se usan en una proporción de 0.5 % respecto al cemento asfáltico.

Para proporcionar mejor trabajabilidad de la mezcla y para evitar que esta se adhiera a los equipos de transporte podría requerirse el empleo de silicón en una proporción de 30 mililitros por cada 19 m<sup>3</sup> de mezcla asfáltica.

#### d) Certificación

El productor de asfalto modificado con polímero deberá proporcionar un certificado que contenga los resultados de las pruebas especificadas, antes y después de la modificación, cada semana durante la producción.

## Composición de la Mezcla

### Mezcla de Diseño

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, quedará a cargo del contratista y será propuesto a la Secretaría, cuya aprobación no liberará al contratista de la obligación de obtener una obra todas las características para la mezcla asfáltica de textura abierta, así como los acabados en la obra.

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, quedará a cargo del contratista y será propuesto a la Secretaría, cuya aprobación no liberará al contratista de la obligación de obtener en obra todas las características para la mezcla asfáltica de textura abierta, así como los acabados en la obra.

A continuación se citan dos métodos comúnmente utilizados para determinar el contenido óptimo de asfalto de la mezcla.

#### e) Método A

Un método para determinar el contenido de asfalto adecuado es elaborar mezclas de prueba en el laboratorio con diferentes contenidos de asfalto y almacenarlas en el transcurso de una noche a 60°C. El contenido de asfalto adecuado se obtiene visualmente seleccionando la mezcla de prueba de la que drene hacia el fondo del recipiente una pequeña cantidad de asfalto y la mezcla aun luzca brillante.

#### f) Método B

El contenido de asfalto también se puede estimar de la formula:

### Secciones de Prueba

Antes de comenzar las operaciones de producción, el contratista deberá preparar una cantidad de mezcla de acuerdo a la mezcla de diseño suficiente para construir una sección de prueba de 15 m. de largo por 6 m. de ancho como mínimo designada por la Secretaría.

La mezcla deberá colocarse en dos secciones y deberá ser del mismo espesor especificado en el proyecto. El pavimento sobre el cual se construirá la sección de prueba deberá ser de las mismas características que el del resto del proyecto. El equipo a usar en la construcción de la sección de prueba deberá ser del mismo tipo y peso a ser utilizado en el resto del proyecto.

Si se observa que la sección de prueba no da resultados satisfactorios, será necesario ajustar la mezcla de diseño, la operación de la planta, y o los procedimientos de compactación. Se deberán construir tantas secciones de prueba adicional como se requieran y evaluarse de conformidad a las especificaciones. Cuando las secciones de prueba no queden dentro de las especificaciones se deberán remover y reemplazar con cargo al contratista. El proponente deberá contemplar, dentro de su precio, la construcción de las secciones de prueba, por lo que no se pagará ningún monto adicional por este concepto. La producción no podrá comenzar sin aprobación de la Secretaría.

### Ejecución

En general los procedimientos de ejecución se llevaran a cabo, de acuerdo a los lineamientos indicados en el inciso 3.01.03.81 de las normas SCT, con el espesor compactado, forma y dimensiones indicados en el proyecto y de acuerdo a lo siguiente:

## Planta de Mezclado

### g) Preparación del material pétreo

El material pétreo para la mezcla deberá ser secado y calentado en la planta antes de entrar al tambor mezclador. Cuando se introduzca al tambor mezclador, el contenido de humedad de la combinación de agregados deberá ser menor a 0.25 % para agregados con absorción menor de 2.5 % o menor a 0.50 % para agregados con absorción mayor. La absorción para la mezcla de agregados deberá determinarse como el promedio pesado de los valores de absorción del agregado grueso retenido en la malla No. 4 (4.75 mm) y del agregado fino que pasa la malla No. 4. En ningún caso se permitirá un contenido de humedad tal que ocasione espuma en la mezcla asfáltica antes de la colocación.

El agregado deberá dividirse en los tamaños específicos y manejados en contenedores separados listo para mezclarse.

El Filler mineral almacenado deberá mantenerse seco y deberá incorporar directo al tambor mezclador de manera uniforme.

### h) Preparación de la mezcla

El material pétreo deberá combinarse en la planta en las cantidades proporcionales de cada tamaño requerido para obtener la granulometría especificada. Se deberá medir y transportar al tambor mezclador la cantidad de material pétreo determinada. La cantidad de material asfáltico para cada proceso de mezclado o la cantidad calibrada para mezcladoras continuas deberán medirse en peso e introducirse al mezclador dentro de los rangos de temperatura especificados. Para mezcladoras de tambor, los agregados deberán estar en el tambor mezclador antes de que se adicione el material asfáltico.

Dependiendo el tipo de cemento asfáltico a utilizar, la mezcla deberá realizarse dentro de los siguientes rangos de temperatura:

AC-20	140° C – 165 ° C
AC-20 modificado con hule molido	177 ° C – 205 ° C
AC-20 modificado con polímero	De acuerdo a la recomendación del fabricante

La temperatura del agregado no deberá estar por arriba de 4° C de la temperatura del material asfáltico en ningún caso. La temperatura máxima y la velocidad del calentamiento deberán ser tal que no se dañe los agregados. Se deberá tener particular cuidado en no dañar por sobrecalentamiento agregados con contenido alto de calcio o magnesio.

La mezcla deberá continuar hasta que todas las partículas estén uniformemente cubiertas. No se permitirá el almacenaje de la mezcladora por ninguna circunstancia.

i) Inspección de la planta

La Secretaría o su representante autorizado deberá tener acceso, en todo momento, a todas las partes de la planta para inspeccionar el equipo, la operación de la planta, así como verificar el peso, proporciones, características de los materiales y temperaturas mantenidas durante la preparación de las mezclas.

j) Laboratorio

El contratista deberá proveer un laboratorio para el control y aceptación de la producción. El laboratorio deberá contar con el equipo adecuado, espacio e instalaciones que se requieran para la ejecución de las pruebas especificadas.

## Transporte de la Mezcla

Los camiones utilizados para el transporte de la mezcla deberán tener cajas metálicas herméticas, limpias y lisas. Para prevenir que la mezcla se adhiera a la caja de los camiones, estas se podrán cubrir ligeramente con una solución concentrada de cal hidratada y agua. Las cajas de los camiones deberán levantarse para drenar cualquier exceso de solución antes de cargar la mezcla. Cada camión deberá tener una cubierta adecuada para mantener la temperatura de la mezcla.

En caso de que se represente flujo excesivo de asfalto en la caja de los camiones, este podrá corregirse controlando la temperatura de mezclado o corrigiendo las deficiencias en los procedimientos de manejo y mezclado.

El tiempo total de manejo y transporte de la mezcla no deberá exceder de 1 hora o 60 km.

El transporte de la mezcla se deberá programar de manera que el tendido y compactado de la producción de un día sea completado ese mismo día antes de oscurecer.

## Tendido

La colocación de la mezcla deberá realizarse en una superficie seca cuando la temperatura ambiente sea mayor de 15°C y en ascenso y no haya indicios de lluvia o neblina.

La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora, deberá tener una temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora.

Las máquinas pavimentadoras deberán ser del tipo usado en la colocación de las mezclas asfálticas normales, equipadas con sensores electrónicos. La pavimentadora deberá tener la capacidad de esparcir y tender la capa de la mezcla asfáltica con el espesor, pendiente y uniformidad de perfil especificados. Además deberán tener la capacidad de operar a velocidades consistentes con un tendido satisfactorio de la mezcla.

No se permitirá la circulación sobre la mezcla previamente tendida hasta que el material haya sido planchado y haya tenido un periodo de al menos 12 horas para desarrollar su estabilidad. En zonas con altas temperaturas, la circulación de los vehículos no se deberá permitir sino hasta el siguiente día. La circulación deberá discontinuarse si se observa cualquier indicio de cerramiento de la mezcla.

#### Planchado

El planchado se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menor de 130 °C. Se aplicarán las pasadas necesarias del rodillo para densificar la mezcla asentando las particularidades de los agregados de modo que se genere un contacto firme entre ellas. El número adecuado de pasadas así como el peso óptimo del rodillo metálico, deberá determinarse durante las secciones de prueba. El aplicar un número excesivo de pasadas puede causar que se rompa la adhesión entre el asfalto y los agregados. Generalmente se requiere de una a dos pasadas de un rodillo liso metálico para asentar la mezcla.

Se deberá con un mínimo de dos rodillos lisos metálicos los cuales deberán estar en buenas condiciones y tener la capacidad de operar a bajas velocidades para evitar desplazamientos de la mezcla. Las ruedas deberán estar equipadas con dispositivos para evitar que la mezcla se adhiera a las mismas. El peso de cada

rodillo deberá ser de 8 a 10 toneladas. No se deberá usar equipo con peso excesivo que fracture los agregados.

La secuencia de planchado de la primera franja pavimentada deberá ser: compactar primero el borde inferior (con respecto a la pendiente transversal) de la franja y después compactar el borde superior. El interior de la franja deberá plancharse traslapando las franjas. En franjas adyacentes de pavimentación, planchado deberá comenzar traslapando la junta (con la franja previamente pavimentada) en 15 a 25 cm. y después compactar el borde de la nueva franja.

El planchado deberá continuar hasta que se eliminen todas las marcas dejadas por los rodillos y la superficie tenga una textura uniforme.

En áreas no accesibles a los rodillos, la mezcla deberá compactarse con pistones calientes de mano.

Cualquier mezcla suelta, inestable, mezclada con polvo o defectuosa de algún modo deberá removerse y remplazarse con una nueva mezcla y compactarse inmediatamente. Este trabajo se deberá hacer con cargo al contratista. No se permitirán trabajos de bacheo o trabajo manual con la mezcla.

### Juntas y Bordes

La formación de las juntas deberá ser en tal manera que se asegure una adherencia continua entre las secciones nuevas y las previamente colocadas de la capa asfáltica. Todas las juntas deberán presentar la mismas textura, densidad y uniformidad, las juntas longitudinales deberán formarse a no menos de 30 cm. de la junta longitudinal de la capa inferior.

El rodillo no deberá pasar sobre el final de la mezcla excepto cuando se requiera formar una junta transversal. Para formar la junta se deberá cortar el borde en línea recta en todo el ancho y espesor de modo que se cree una cara vertical, antes de continuar con la pavimentación después de la junta, se deberá aplicar un riego de liga a las superficies de contacto.

Mientras la superficie este siendo planchada y terminada, el contratista deberá dar un acabado vertical a los bordes longitudinales de esta capa. Cuando se tenga una transición entre estas capas, el pavimento existente, las orillas transversales deberán construirse con una granulometría más fina de la mezcla.

#### Operación Continua

La producción de la planta, el transporte de la mezcla y las operaciones de tendido deberán coordinarse de tal manera que se mantenga una continuidad de los trabajos. Si las operaciones de tendido se interrumpen, la Secretaría podrá requerir la construcción de una junta transversal en cualquier momento que la mezcla colocada inmediatamente después de la pavimentadora se enfríe debajo de los 102 °C.

#### Tolerancia

Para dar por terminada la construcción de la capa superficial de textura abierta, se deberá verificar la alineación, el perfil, la sección, el acabado y el espesor, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y de acuerdo a lo establecido en el inciso 3.01.03.081-F-20 de las Normas de la SCT.

Las tolerancias de la mezcla con respecto a la mezcla de diseño basadas en una sola prueba serán las siguientes:

<b>TOLERANCIA</b>	<b>+ ó -</b>
Agregado que pasa por la malla No. 4 ó mayor	7.0 %
Agregado que pasa por la malla No. 8 y No. 30	4.0 %
Contenido de asfalto	0.40 %
Temperatura de la mezcla	14 °C

### Muestreo y Control de Calidad

Las muestras deberán tomarse de acuerdo con lo establecido en los capítulos 6.01.03.010, 011 y 012 de las Normas para muestreo y pruebas de Materiales Editados por la SCT.

#### k) Muestreo de materiales

Se deberá entregar a la Secretaría los muestreos de los materiales asfálticos y pétreos que el contratista propone usar, junto con un informe de características y procedencia de aprobación.

El contratista deberá requerir al productor del cemento asfáltico modificado cumplir con las especificaciones estipuladas y certificar los materiales suministrados. El contratista deberá proporcionar los reportes de prueba certificados por el fabricante por cada lote o equivalente de material asfáltico enviado al proyecto. El reporte deberá entregarse a la Secretaría antes de autorizarse su empleo. El reporte o prueba certificado por el fabricante no se interpretará como base para la aceptación final. Todos los reportes de prueba estarán sujetos a verificación para el uso de los materiales en el proyecto.

Para la aceptación o rechazo de las remezas que llegan o se tratan en la obra se deberá verificar que se cumplan los requisitos de viscosidad del cemento asfáltico modificado.

### l) Muestreo de Mezcla

Se deberá tomar muestras de mezcla asfáltica en el punto de descarga de las unidades de transporte para verificar la uniformidad del contenido de cemento asfáltico y la granulometría. Se deberá tomar suficiente mezcla para preparar pruebas por duplicado en cada muestreo. Se deberá tomar muestras por lo menos una vez por cada producción de la planta de más de 30 minutos y al menos dos veces por cada producción de más de 4 horas.

En caso de que el contenido asfáltico de las pruebas por duplicado no difiera en más del 0.5 % se registrará el promedio de los resultados. Variaciones mayores al 0.5 % entre pruebas por duplicado de la misma muestra deberán también registrarse y de deberán correr pruebas por duplicado en muestra adicional. El promedio del contenido asfáltico no deberá variar en más del 0.4 % del contenido asfáltico de la muestra de diseño. En caso de que el promedio del contenido asfáltico de cuatro muestreos no se este dentro de la tolerancia, la Secretaría podrá ordenar a la contratista parar la producción hasta que se corrija esta situación. Se deberá determinar la granulometría del agregado residual y compararse con la aprobada en la muestra de diseño.

Las muestras de mezcla asfáltica serán usadas para controlar la uniformidad de la producción. El contratista deberá marcar claramente la unidad de transporte de la cual se tome muestra de modo que esa misma mezcla pueda ser ubicada en el pavimento.

La capa de mezcla asfáltica deberá determinarse como "aceptable" o "inaceptable" en base a inspección visual por la Secretaría. La Secretaría notificará al contratista sobre los defectos tales como textura no uniforme, marcas de los rodillos, sangrado del asfalto, agrietamiento y corrimiento de la mezcla, evidencia

de fracturamiento de los agregados durante las operaciones de planchado, o no uniformidad de la superficie de acuerdo a las tolerancias especificadas.

Se deberá retirar la mezcla calificada como "inaceptable" dejando una cara vertical en los extremos para posteriormente proceder a limpiar esa zona y aplicar un riego de liga previo a la colocación de la nueva mezcla. Estos trabajos serán con cargo al contratista. La mezcla calificada como "inaceptable" no será medida para efectos de pago.

Además de hacer un muestreo y probar la mezcla asfáltica, la Secretaría muestreará cada tolva de almacenaje de material pétreo dos veces al día y realizará un análisis de granulometría de cada tolva.

Los análisis de granulometría en combinación deberán estar dentro de la tolerancia de la mezcla de diseño. En caso de un análisis granulométrico no cumpla con la tolerancia de la mezcla de diseño (en el mismo tamaño de malla) La Secretaría podrá ordenar otro análisis para confirmar los resultados de las pruebas o para ordenar al contratista parar la producción hasta que tal condición sea corregida.

#### Protección del Pavimento.

Después del planchado final, no se permitirá la circulación de ninguna clase de vehículos hasta que transcurra al menos 12 hrs. La apertura al tránsito vehículos no deberá hacerse antes de 24 hrs. No se permitirá el paso de vehículos hasta que el pavimento tenga una temperatura de 60°C o menor.

## Medición

La medición se efectuará de acuerdo a lo establecido en el inciso 3.01.03.81-G de las NORMAS SCT

## Base de Pago

El pago se efectuara de acuerdo a los precios unitarios de contrato por metro cúbico por capa superficial premezclada de textura abierta por litro de material asfáltico modificado. Los precios serán la entera compensación de suministrar los materiales, por la preparación y almacenamiento de los materiales, por limpieza y preparación de la superficie existente, por mezclar, transportar, colocar y compactar la mezcla (incluyendo las secciones de prueba inicial), y por las herramientas, equipos e incidentes por completar cada concepto. No se incluirá pago por separado en el contrato por suministrar y adicionar el Filler mineral.

## II.4 Estructuras

Para decidir la construcción de un puente se considera su importancia como obra de servicio, a fin de establecer su prioridad con respecto a otras; hechos los estudios topográficos, hidráulicos, geológicos, de mecánica de suelos, de diseño estructural, se elige el proyecto de menor costo; esto en ocasiones ha llevado a soluciones de no gran belleza, pero en la actualidad se realizan puentes que satisfacen tanto las exigencias estéticas, como las estructurales.

A continuación se mencionan los tipos de estructuras de puentes, más comunes construidos en la Republica Mexicana.

- Puentes de la época de la colonia

- Puentes de concreto reforzado
- Puentes de concreto pretensado
- Puentes de concreto postensado
- Puentes atirantados
- Puentes urbanos
- Puentes peatonales

## II.4.1 Estudios

### II.4.1.1.- Topohidráulicos

Un estudio topohidráulico, que se realiza en el sitio de cruce de una vía de transporte con una corriente de agua, sirve de apoyo para proyectar la estructura necesaria de drenaje y conocer la socavación en los apoyos de los puentes o viaductos. El término topohidráulico, que al parecer fue acuñado por ingenieros mexicanos, designa los trabajos que comprenden tanto los detalles topográficos de la zona del cruce como las características hidráulicas de la corriente estudiada. Un estudio completo debe contener la siguiente información: planos de planta general; planos de planta detallada; perfil de construcción; perfil detallado; plano de pendientes y secciones hidráulicas; croquis de localización; croquis de puentes cercanos e informe.

Para el programa de puentes de acuerdo con las condiciones geotécnicas del cruce, así como con la localización definida de los ríos con escurrimientos perennes durante los 365 días del año, los elementos de los estudios Topohidráulicos se reúnen como se describe a continuación:

### Planos de Planta General.

Se presenta una topografía hasta de 800 m aguas arriba del cruce y 300 m. Aguas abajo, abarcando en el sentido transversal al flujo hasta 50 m. Fuera del nivel de aguas máximas de diseño, con la localización del eje de trazo, ubicación de los monumentos, sentido de la corriente, etc.

### Planos de Planta Detallada

Se elabora en todos los estudios curvas de nivel a cada 50 cm. Y hasta 60 m. En una franja de terreno adyacente al eje de proyecto, en el sentido del escurrimiento aguas arriba y aguas abajo; en el sentido transversal a la corriente se levanta hasta 50 m. Fuera del nivel de aguas máximas de diseño, en escala 1:200

### Perfil de Construcción

Por lo general se deben de cubrir tramos de 250 m. Mínimo en cada margen, a partir de la intersección del Name y el terreno natural sobre el eje de proyecto del camino a construir o en su defecto el existente, con la finalidad de que el proyectista diseñara la subrasante de proyecto, basándose principalmente en el nivel de aguas máximas extraordinarias.

### Perfiles Detallados

Son la base para ubicar los sondeos geotécnicos en el campo y definir con detalle las dimensiones y ubicación de los puentes.

### Planos De Pendiente y Sección Hidráulica

Se dibujan los perfiles del fondo del cauce con longitudes mínimas de 500 m. Tanto aguas arriba como aguas abajo del eje del cruce, efectuando secciones transversales al cauce; una en el sitio del cruce complementada con una a 250 m. Aguas arriba, y una a 250 m. Aguas abajo del mismo.

Los cálculos de las velocidades y los gastos fueron fundamentados por la fórmula de *Manning* (método de sección y pendiente) aplicable a flujo uniforme.

### Croquis de Localización

En estos se registran la ubicación de poblaciones cercanas, vías de comunicación, ríos, arroyos, etc. con auxilio de cartas topográficas.

### Croquis de Puentes Cercanos

Donde existan puentes cercanos al cruce en estudio que estuvieran construidos sobre la misma corriente, se investiga su antigüedad, su comportamiento hidráulico, sus dimensiones y que tipo de estructura se utilizó en su fabricación, realizando un croquis de la estructura observada.

Finalmente, se elabora un informe en cada uno de los cruces en estudio, presentando en forma general todos los datos importantes que se consideran útiles para el proyectista.

#### II.4.1.2. De cimentación

El objetivo de un estudio de cimentación es conocer las propiedades mecánicas de cada uno de los estratos del subsuelo analizados, con la finalidad de proponer alternativas de cimentación, profundidad de desplante, capacidad de carga, hundimientos y todo lo concerniente del propio cimiento, considerando en cada caso el peso y la importancia de la obra.

Las etapas que se considerarán en los estudios de cimentación para los puentes son las siguientes: trabajos de exploración; trabajos de laboratorio en las muestras obtenidas, estratigrafía y propiedades mecánicas; análisis de la cimentación, y conclusiones y recomendaciones.

##### Trabajos de Exploración

Una vez que se cuenta con el trazo y con los datos geométricos e hidráulicos, se deberá realizar una visita al lugar con la finalidad de conocer las condiciones geotécnicas de la zona. Con estos datos se podrá definir el número, profundidad y tipo de sondeos, así como el tipo de muestreo.

Por lo que se deberán hacer los sondeos necesarios a la profundidad donde se encuentre el estrato resistente, que es el que se indicará el desplante del elemento estructural de la cimentación.

##### Trabajos de Laboratorio en las Muestras Obtenidas

Las muestras obtenidas de los diferentes cruces se enviarán al laboratorio para practicarles pruebas índices, de consolidación y pruebas triaxiales.

## Estratigrafía y Propiedades Mecánicas

Son de vital importancia, ya que de ellas depende la ubicación y tipo de puente.

## Análisis De La Cimentación

Con los trabajos de campo y laboratorio, y considerando las cargas vivas y muertas dadas por las estructuras, se analizaron diferentes tipos de cimentación con el objeto de proporcionar aquella que ofreciera optimización en términos de binomio costo-estabilidad.

### II.4.1.3. Geotécnicos y de Pavimentos

El proyecto geométrico de las vías terrestres debe adaptarse en lo posible a las condiciones ambientales, geotécnicas y topográficas del terreno, de tal forma que resulte una obra económica y segura, sin demérito de la calidad y la durabilidad. Lo anterior requiere la realización cuidadosa de estudios geotécnicos y de pavimentos, entre otros, para determinar la longitud de los accesos.

### II.4.2. Proyecto

La elaboración del proyecto constituye una etapa de gran trascendencia en el proceso de construcción de cualquier obra, pues es donde se concibe la solución al problema considerando todos los aspectos que influyen en el mismo. Esta etapa explica la razón de ser de la forma y el fondo; es, asimismo, la etapa en que se presenta al proyectista la disyuntiva entre técnica y economía, que supone una capacidad para encontrar con visión e inteligencia el balance entre las mejores soluciones estructurales y la disponibilidad de recursos económicos y materiales,

**Falta página**

**N° 95**

vehículos, el cual puede sustituirse por una carga uniforme equivalente. En puentes cortos, será crítica la posición de un solo vehículo, particularmente pesado, el cual debe representarse como una serie de cargas concentradas que coinciden con los ejes de ruedas del vehículo.

Se mencionan las cargas móviles utilizadas en los proyectos estructurales de puentes y algunos criterios de diseño relacionados con dichas cargas que son de uso en México.

Las especificaciones que normalmente se utilizan en el proyecto de puentes son las que estipula la *American Association of State Highways and Transportation Officials* (AASHTO) de los Estados Unidos de América. Estas especificaciones han ido evolucionando al paso del tiempo, pudiéndose mencionar las ediciones de 1931, que fue la primera publicada; la de 1944, que fue la cuarta; la de 1977, que fue la duodécima y también la última traducida y publicada por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en 1984; y la de 1996, decimosexta, que es la más reciente.

En México, no obstante que se utiliza las normas AASHTO para el proyecto de puente, las cargas móviles de diseño que se usan son las denominadas T3-S3 y T3-S2-R4, que identifican a camiones reales cuyo tránsito está permitido en las carreteras federales del país, según lo indica el Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 1996. de acuerdo con el reglamento mencionado vigente, el camión tipo T3S3 consta de un tractor con tres ejes y un semiremolque con tres ejes, cuyo peso bruto vehicular máximo autorizado es de 48.5 toneladas métricas para circular en caminos tipo A y B, pudiendo aumentarse este peso a 54.5 tons. Si el camión cuenta con suspensión neumática en todos sus ejes, excepto el direccional. El camión tipo T3-S2-R4 consta de un tractor con tres ejes,

un semiremolque con dos ejes y un remolque con cuatro ejes, con peso bruto vehículos máximo autorizado de 66.5 ton para camiones tipo A y B que puede aumentarse a 72.5 ton durante el periodo del 8 de enero de 1997 al 8 de enero de 2002 si cuenta con un sistema auxiliar de frenos independiente al de balatas (posteriormente al periodo referido, el peso se ajustará a 66.5 ton); además de lo anterior, el peso bruto vehículos de este camión podrá aumentarse a 91.5 ton si cuenta con suspensión neumática en todos sus ejes, excepto el direccional.

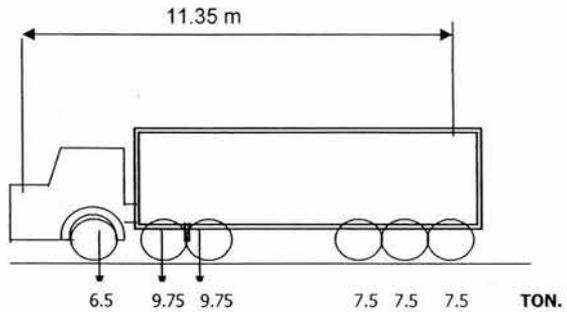
La propia AASHTO ha establecido algunas reglas para la aplicación de la carga viva estándar, transcritas a continuación:

- a) La carga por carril o el vehículo estándar ocupan un ancho de 3.5 m. estas cargas se colocan en bandas de 3.6 m. distribuidas a lo ancho de la calzada en números y posiciones tales que produzcan fuerzas internas máximas. Cuando el ancho de la calzada se encuentra entre 6 y 7.2 m. se consideran dos carriles de circulación de la mitad del ancho de la calzada.
- b) Cada carga de carril o vehículo estándar se consideran como unidades indivisibles y no se podrán aplicar fracciones de ellos
- c) Cuando se considera más de un carril de circulación, se reducirán las fuerzas internas calculadas a los siguientes porcentajes, considerando lo que es poco probable que las cargas máximas coincidan en varios carriles.
- d)
 

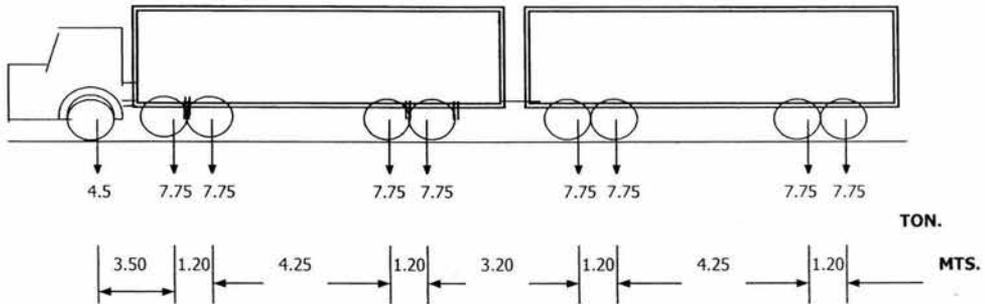
Uno o dos carriles	100 %
Tres carriles	90 %
Cuatro o más carriles	75 %

Cargas de Diseño para Puentes

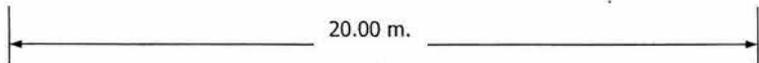
Camiones Tipo  
Reglamento S.C.T.  
1997.



T 3 - S 3 Peso Tot. 48.5 Ton.



T 3 - S 2 - R4 Peso Tot. 66.5 Ton.



### II.4.3. Etapas Constructivas de los Puentes

Infraestructura

Subestructura

Superestructura

La Infraestructura se refiere principalmente a la cimentación del tipo profundo en una estructura, que a continuación se mencionan:

#### II.4.3.1. Pilotes Precolados

Los pilotes precolados se emplean para soportar cargas verticales en las cimentaciones o bien cargas combinadas verticales y laterales en diversos tipos de estructuras.

Los pilotes deben reforzarse para resistir los momentos flexionantes debidos al manejo, a esfuerzos combinados axiales y de flexión causados por hincado y por las cargas estáticas, y a los esfuerzos de tensión ocasionados por el izado.

Los pilotes llevan mayor refuerzo transversal en los extremos, porque en estos tramos se concentran los esfuerzos generados durante el hincado. En pilotes de concreto reforzado se recomienda absorber estos esfuerzos en una longitud de pilote, misma que se destruye después del hincado; esta longitud será como mínima de 1.0 m.

Cuando las condiciones del terreno lo requieren, los pilotes van previstos de puntas metálicas para facilitar su penetración, como se observa en las figuras mencionadas.

De ser necesario se coloca previamente a su fabricación una tubería dentro del pilote, se le inyecta agua a presión y erosiona el material adyacente y lubrica las paredes del pilote, facilitando el hincado.

El espaciamiento mínimo entre centros de pilote no debe ser menor de dos veces su diámetro 1.75 veces su dimensión diagonal, y no menor de 80 cm. Otras recomendaciones establecen que los pilotes de punta se separen a no menos de tres diámetros de centro a centro, y que los pilotes de fricción estén espaciados a un mínimo de tres a cinco diámetros del pilote.

Aisladamente, cada pilote transmite su carga al suelo por fricción o por apoyo directo de la punta.

La cimentación con pilotes, precolados o prefabricados, ofrece notables economías, tomando como base el costo por toneladas de capacidad de carga, y su empleo data de cientos de años, salvo en lo referente a materiales con que actualmente se fabrican

Las piloteadoras que se han venido usando son del tipo fija sobre rodillos y móviles sobre orugas.

Los pilotes se hincarán con martillo de doble acción, que desarrolle una energía por golpe no menor de ochocientos treinta (830) kilogramos –metro.

Los martillos mas usados son el *Delmag* y *Súper Vulcan* en piloteadoras móviles; en el caso de las piloteadoras fijas, operan mediante un sistema de cables accionados, por su propio malacate.

#### II.4.3.2. Pilotes Metálicos

El mismo equipo utilizado para los pilotes de concreto es el empleado para los pilotes metálicos.

No es recomendable para ninguno de los casos el uso de los vibrohincadores, la experiencia ha demostrado que carece de la energía necesaria para llegar a la cota de desplante.

#### II.4.3.3. Los Pilotes Colados en el Lugar.

Los pilotes colados en el lugar son elementos de concreto simple o reforzado que forma parte de la cimentación de un estructura, colados ya sea dentro de un tubo, de un forro hincado en el terreno o de una perforación en el propio terreno.

Para la ejecución de los pilotes es necesario:

1. Formar una excavación o perforación en cilindro vertical el cual se puede estabilizar así mismo, con ayuda de ademes metálicos o de lodos Armar el acero de refuerzo para introducirlo dentro de la perforación, garantizando el recubrimiento específico.
2. Colar el concreto en el barreno en seco cuando no hay filtraciones, o en lodo mediante el sistema *Trémie* par efectuar la perforación se requiere una grúa fija o móvil de 45 a 80 tons opera el equipo de perforación

Los rotatorios basan su operación en la transmisión de un par motriz a una barra *Kelly*, en cuyo extremo inferior se encuentra un dispositivo cortador que penetra en el terreno a base de rotación.

Estos equipos pueden ser brocas espirales, cilíndricas o cónicas estando formadas por una hélice colocada alrededor de una barra central; los elementos de corte están constituidos por dientes o cuchillas de acero de alta resistencia.

Las espirales oblicuas se emplean preferentemente en suelos cohesivos que se encuentran arriba del nivel freático, de manera que sea posible la extracción del material perforado.

En cambio las brocas espirales cónicas, son útiles en suelos duros o con presencia de boleos.

Los botes cortadores son cilíndricos con una tapa articulada en su base. En esta tapa se localizan elementos de corte, además de unas trampas que permitan la entrada del material cortado pero que impiden su salida. Se emplean tanto en suelos cohesivos aun abajo del nivel freático.

En ocasiones cuando es necesario ampliar su sección al nivel del desplante, se les acondiciona un dispositivo formado por uno o dos alerones cortadores que van sobresaliendo del bote a medida que van cortando el fondo de la perforación formando así la campana o ampliación de base.

Cuando es necesario romper rocas o boleos o para empotrar los pilotes se emplea el trépano que en si es un pesado cincel que trabaja por impacto.

#### Lodo Bentonítico

Se denomina así a una mezcla de agua con arcilla coloidal, generalmente bentonita, la cual estabiliza las paredes de la perforación formando una película plástica o impermeable producida por el depósito de las partículas sólidas del lodo al filtrarse este en las paredes de la perforación.

Esta película llamada también enjarre o costra (*cake*), permite que se desarrollen las presiones hidrostáticas del propio lodo contra las paredes de la perforación buscando así su estabilización, a la vez impide la pérdida excesiva del agua del mismo lodo y por supuesto el paso del agua hacia el interior de la perforación lo cual es una de las causas de inestabilidad de las paredes.

El lodo estabilizador debe sustituir al material extraído de la perforación teniendo especial cuidado de mantener el nivel de aquel muy cercano al brocal, para garantizar que aplique la máxima carga hidrostática sobre las paredes.

En algunos casos de gran inestabilidad, se acostumbra además la parte superior de la perforación dejando que el lodo bentonítico llene el resto. El análisis de estabilidad, para una perforación inundada con lodo bentonítico, debe compararse por un lado a presión hidrostática producida por el lodo en sí, contra la presión externa debida al agua existente en el subsuelo más la presión activa del suelo.

#### II.4.3.4. Cimentación con Cilindro

Este sistema de cimentación, en el que se emplean cilindros de concreto reforzado de pared gruesa, está basado en los llamados pozos indios, procedimiento muy antiguo, ideado para la construcción de pozos de agua, y que aún se emplea en la actualidad.

Sobre la superficie donde se va a cimentar el apoyo se nivela una plataforma de trabajo, y en ella se instala una cuchilla cortadora de acero estructural, la cual constituye el borde de ataque. Dentro de la cuchilla se arma el acero de refuerzo del cilindro, continuando el armado según progresa la construcción del cilindro; y

una vez colocados los forros de madera o acero que moldean las superficies interior y exterior del cilindro, se procede a su colado.

Ya endurecido el concreto, el cucharón de almeja de la draga excava en el interior del cilindro, que se hunde por su peso y falta de apoyo; cuando el borde superior de la sección colada se encuentra prácticamente al nivel del terreno, se construye un nuevo tramo, y se continua con tal proceso hasta que dicho cilindro llegue a la profundidad prevista para su cimentación, de acuerdo con las consideraciones técnicas al respecto.

El primer tramo del cilindro presenta una sección tronco-cónica en su interior para alojar posteriormente al terminarse el hincado una losa, denominada tapón inferior, y que no requiere refuerzo debido a su gran peralte y poco claro.

Como regularmente hay agua en el interior de los cilindros aun en cauces aparentemente secos, por la presencia de corrientes subterráneas, se precisa colar dicha losa bajo agua.

Para esta delicada operación se aplica el sistema de colado *Trémie*. Cuando por sondeos y control de revolturas, se deduce que el nivel del concreto ha llegado al borde superior del tapón, se suspende el colado excepto cuando, por indicaciones de proyecto o por desperfectos que haya sufrido el cilindro durante su hincado, sea necesario continuar con el colado hasta un nivel superior. Por lo regular el nivel del concreto se deja arriba del borde del tapón inferior en un espesor tal que corresponde al concreto contaminado con el agua y por consiguiente defectuoso.

Las fracturas en los cilindros pueden ser ocasionadas por el empleo de explosivos, en el fondo de la excavación, ya que el efecto de estos desaloja el agua hacia arriba, y al recuperar su nivel se produce un efecto de golpe de ariete.

Después de colado el tapón inferior y una vez que el concreto ha adquirido suficiente resistencia, se efectúa su inspección, para lo cual se extrae el agua del interior del cilindro, con una bomba de pozo profundo o un bote de colado con una válvula para admisión y expulsión del agua.

Como durante el colado se lava parcialmente el concreto, el agua se enturbia y, al decantarse, el cemento se precipita formando una gruesa capa sobre el concreto vaciado, la cual es preciso retirar para fines de inspección.

Finalmente, sobre el borde superior del cuerpo del cilindro, se cuela y apoya una losa superior de concreto reforzado, en la cual se desplantará el apoyo por construir. Si la infraestructura del apoyo la integran dos o más cilindros, el tapón superior los conectará.

Como este tapón se cuela generalmente abajo del nivel de aguas mínimas, por razones de estética, el cuerpo del cilindro se prolonga en una longitud igual al peralte del tapón superior, con un espesor de 20 cm. A manera de ademe.

Para evitar el empleo de una obra falsa suspendida no recuperable, en la construcción del tapón superior, es usual rellenar el interior del cilindro con arena u otro material mediante una draga.

#### II.4.3.5. Subestructura

La subestructura es la parte de la obra que permite la transmisión adecuada de las cargas provenientes de la superestructura, cuando son elementos estructurales desplantados a cielo abierto, estribos y pilas la transmisión es al terreno de desplante y cuando la transmisión de carga es a la infraestructura, son caballetes y pilas con zapatas desplantadas sobre pilotes.

Los materiales que forman los elementos de la subestructura serán conforme al proyecto, el cual por economía debe considerar los materiales que se tienen en la región.

### Excavación a Cielo Abierto

Estas excavaciones tal, como su nombre lo indica, son aquellas en las que el material se extrae directamente, por el procedimiento que se juzgue conveniente para cada caso en particular, hasta llegar al nivel de desplante de la estructura; auxiliándose, en caso necesario, de bombas, a fin de abatir el nivel del agua.

Cuando las excavaciones no son profundas y los taludes del material tienden a la vertical y el bombeo es poco, es usual efectuar a mano la extracción del material de las partes más bajas. En estos casos es preciso traspalearlo con gente colocada a diferentes niveles; o bien auxiliándose de una pluma operada con un malacate, o inclusive utilizando un cable vía en dirección de la mayor dimensión de la excavación, mediante el cual el producto se leva y se transporta fuera de la misma.

En excavaciones profundas y con escurrimientos de agua factibles de ser abatidos económicamente, se emplea equipo pesado.

Primeramente se dimensiona la excavación en función de su profundidad y de los taludes probables de los materiales a través de los cuales va a ser efectuada. Si es considerablemente profunda, se estiman para este efecto, las plataformas, que sean necesarios construir con sus respectivas rampas, para que el equipo de trabajo tenga acceso al fondo de la excavación. Con los datos así determinados, se trazan los ceros de la excavación.

El material superficial localizado arriba del nivel freático, se remueve con un buldózer, por se esto lo más rápido y económico. A continuación, una draga dotada de cucharón de arrastre, inicia su trabajo, vaciando de preferencia el producto del ataque en camiones de volteo, a fin de que estos lo tiren fuera de los ceros de la excavación, de lo contrario, la draga misma tendría que efectuar una serie de traspaleos, tanto para extraer el material de las partes más profundas, hasta niveles superiores, como para retirarlo del área de la excavación; lo que resulta lento y costoso.

Por las limitaciones propias del equipo de bombeo, se precisa ir bajando al interior de la excavación, y por lo tanto, en la etapa más difícil de la misma, este equipo estará situado abajo del nivel freático; por lo cual debe contarse necesariamente con suficientes unidades de reserva, que garanticen poder sostener el bombeo cuando una o varias unidades lleguen a fallar. De lo contrario pueden quedar atrapadas dentro del agua.

Todos estos factores descritos, han restringido el empleo de las cimentaciones por superficie, no obstante ser un sistema ideal, pues el material de desplante puede inspeccionarse en el lugar.

Una variante de las excavaciones a cielo abierto, se presenta con el empleo de tablestacas metálicas. Estas, una vez hincadas en el terreno que necesariamente tiene que ser blando, deben llegar a un manto impermeable, que normalmente es el propio suelo de desplante. De lo contrario, toda el agua del subsuelo entraría por la parte inferior de la ataguía, cuyas reducidas dimensiones no permiten alojar un considerable número de bombas y menos aún si éstas son de gran diámetro.

Por otra parte, debe contarse con un contraventeo interior, para que el empuje de tierras no doble las tablestacas, al ir efectuando la excavación.

A continuación se describe este procedimiento de construcción, dentro del género de excavaciones a cielo abierto. Sobre el terreno natural convenientemente nivelado, se construye un anillo de concreto reforzado de sección rectangular del diámetro requerido, dotado de soportes de varilla o solera en cara superior, cuyo objeto se indicará más adelante.

Las tablestacas se hincan en varios ciclos en torno del anillo del concreto, mediante una draga dotada de guías y martillo de gravedad, o de vapor o mediante un vibrohincador.

Se hincan sucesivamente unos dos metros procurando que las primeras conserven la verticalidad, dado que unas engargolan con otras.

Una vez terminado el cierre del primer ciclo de hincado, se continua con los siguientes, hasta que se empotren en el terreno firme.

Estas deben contar con un largo tal, que libre el espesor de la excavación. En su defecto, puede combinarse una excavación inicial a cielo abierto con este procedimiento.

Terminando el hincado, el anillo de concreto primeramente construido se suelda a las tablestacas, mediante los soportes metálicos de los anillos a que se aludió anteriormente.

Se procede a continuación a extraer material dentro del área de excavación, hasta una profundidad que está en función del momento resistente de las tablestacas y del empuje de tierras. En este nivel se cuela un segundo anillo de concreto reforzado, que se suspende igualmente de la manera antes descrita; prosiguiendo con igual sistema hasta llegar al piso de desplante.

Las filtraciones dentro de la ataguía son mínimas, si el hincado fue correcto, las fallas aisladas se enmiendan calafateando las aberturas.

Una vez desplantada y construido el apoyo en el interior de la ataguía, sin obstáculos de contraventeo, dado que los anillos de concreto dejan totalmente libre el área de la excavación, se procede a rellenarla.

Al llegar con el relleno al nivel del primer anillo de concreto (contando de abajo a arriba) se cortan las barras de suspensión y se fractura el concreto a fin de que el anillo deje de aprisionar a las tablestacas con el terreno; con lo cual es factible extraerlas.

Se repite el mismo procedimiento en los demás anillos, hasta llegar a la parte superior del tablestacado y mediante un extractor neumático, (martillo de hincado de acción invertida), o el vibrohincador suspendido de una grúa, se procede al rescate de estos elementos metálicos, lo cual no siempre es posible, por lo que debe hacerse un estudio económico durante esta operación de rescate, a fin de determinar su conveniencia.

Por lo descrito se infiere que este procedimiento es, en si, costoso, por lo que su empleo está condicionado a casos particulares.

#### II.4.3.6 Superestructura

La superestructura es la parte que soporta directamente las cargas para las cuales fue diseñado el puente, pero así mismo es la parte de la obra que esta en contacto permanente con el usuario de la misma.

La superestructura de los puentes puede ser:

Metálicas

- a) Armadura metálica tipo *Warren*
- b) Trabes simples metálicas
- c) Arcos metálicos
- d) Arcos de concreto
- e) Esteroespaciales
- f) Ortotrópicas

De Concreto Reforzado

- a) Losas planas macizas
- b) Losas aligeradas con tubos de cartón comprimido
- c) Losas sección doble cajón
- d) Losas nervuradas

### De Concreto Presforzado

- a) Losas con doble nervaduras
- b) Losas sobre traveses pretensadas
- c) Losas sobre traveses postensadas

### Superestructuras Especiales

- a) Superestructura continua de concreto presforzado, construidas con el sistema de doble voladizo.
- b) Superestructura de concreto presforzado, que se construyen con el sistema de empujado.
- c) Superestructura construida por el proceso de dovelas en doble voladizo sin obra falsa atirantada.

Dado a que al describir los inversos puentes que se construyeron en la Autopista resultaría un trabajo muy extenso únicamente me voy a permitir enunciar la construcción del puente Acuatempa ubicado en el km. 212+823 y que prácticamente en todos los demás puentes se utilizó el mismo procedimiento constructivo.

#### II.4.3.7 Construcción del Puente "Acuatempa"

#### Construcción de la Infraestructura

Para esta tesis se tomará la construcción de los pilotes del apoyo No. 3, como realmente se llevó a cabo, del cual será representativo para todos los demás

Una vez hecha la topografía trazo, niveles y colocación del centro del pilote para su perforación se inició con el procedimiento de construcción del mismo con una perforadora IMT AF 16.

Conforme a la planeación para la construcción de la infraestructura, los trabajos se iniciaron en época de estiaje muy cercana a la temporada de lluvias, razón por la cuál se eligió el apoyo no. 3, cercano al cauce del arroyo, mismo que con la última avenida máxima en 1998 alcanzó un tirante de agua en el lugar del apoyo no.3 del orden de 3 m arriba del terreno natural.

Primeramente la perforadora centra la broca espiral ya colocada en la barra (*Kelly*) en el centro del pilote no.4, este equipo no necesita apoyo de ningún topógrafo para que le de los plomos, ya que su centrado es automático.

Terminado éste trabajo se inició la perforación con la broca espiral, una vez que tuvo una profundidad aproximada de 2 m., el operador hizo el cambio de broca por un bote cortador, mismo que sacó el material ya aflojado por la broca espiral, dió forma a la excavación de la cuál fue sacando el material producto de la misma, y siguió el proceso con el bote cortador sin interrupción hasta llegar a los estratos saturados y al nivel freático, se suspende la actividad y se bombea lodo bentonítico a la perforación con la densidad adecuada para estabilizar las paredes evitando desprendimientos de las mismas, evitando deformación de la perforación por las cavernas que se pudieran formar, una vez llenada la perforación con una columna de 2 m de bentonita arriba del inicio de los estratos saturados, se midió en forma directa con el *Kelly* y para checar, se utilizó una cuerda de nylon amarrada a un extremo de una placa de acero y se introdujo a la perforación, y la longitud del terreno natural al fondo de la perforación se midió con una cinta de 50

m. y se verificó la profundidad al nivel freático y la columna de bentonita; se continuó con la perforación con el bote cortador, hasta llegar a la cota de desplante conforme al proyecto.

Para dar por terminada la perforación se quitó el bote cortador del *Kelly* y se colocó el bote ampliador para hacer la campana de 1.80 m de altura.

Ya construido el armado, del pilote en proceso de construcción, se le colocaron dados de concreto de 9 cms. alrededor para cuidar el recubrimiento. Y con la perforadora se trasladó el armado cercano al apoyo no.3 y se colocó cuidando la geometría de proyecto.

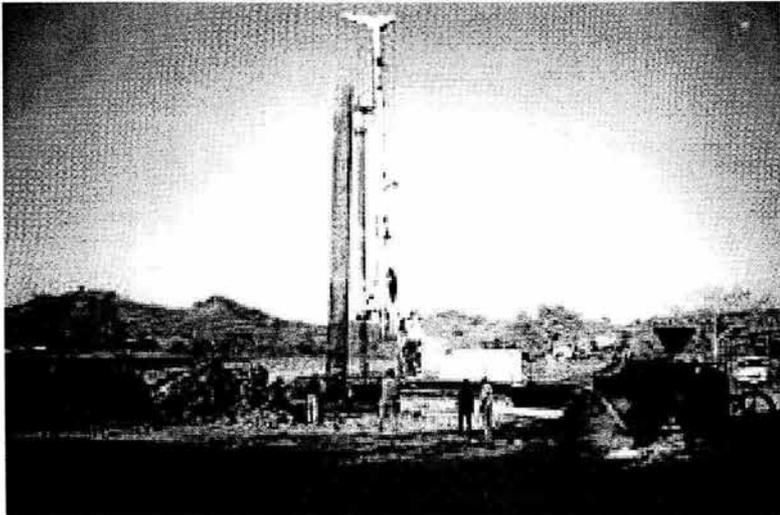
Una vez instalado el acero en la perforación se checaron los plomos conforme a la geometría del proyecto.



Perforación con la Broca Espiral.



Bombeo de lodo bentonítico a la perforación que se encuentra en proceso para estabilizar las paredes, evitando deformaciones por caídos y por las cavernas que se forman en los suelos arcillosos blandos.



Colocación del acero armado dentro de la perforación.

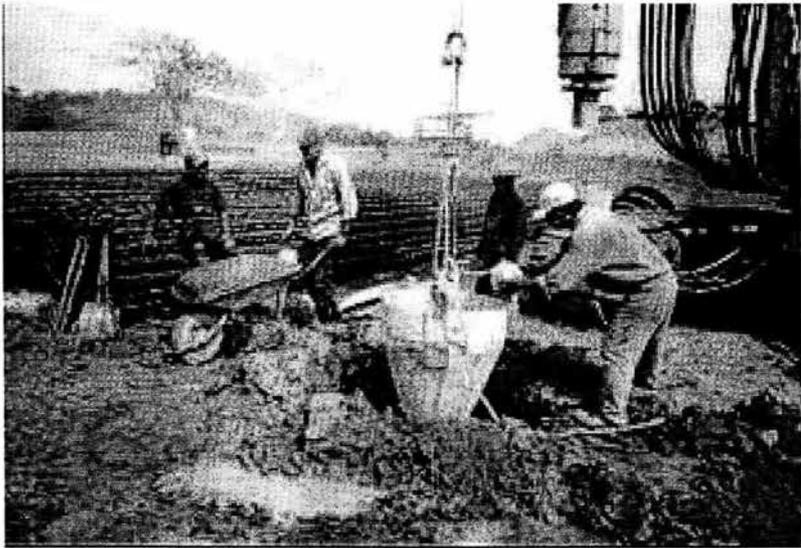
## Colado del Pilote

Antes de efectuar el colado, se checó con 24 hrs. de anticipación, los materiales, la dosificadora de concreto, los camiones revolvedoras, vibradores de inmersión y la existencia del fluidizante.

Para iniciar con el colado, se instaló en el *Kelly*, el tubo tremí o trompa de elefante con la longitud adecuada para quedar la punta a escasos 40 cm. del fondo de la perforación, esto es muy acertado con la habilidad de los operadores.

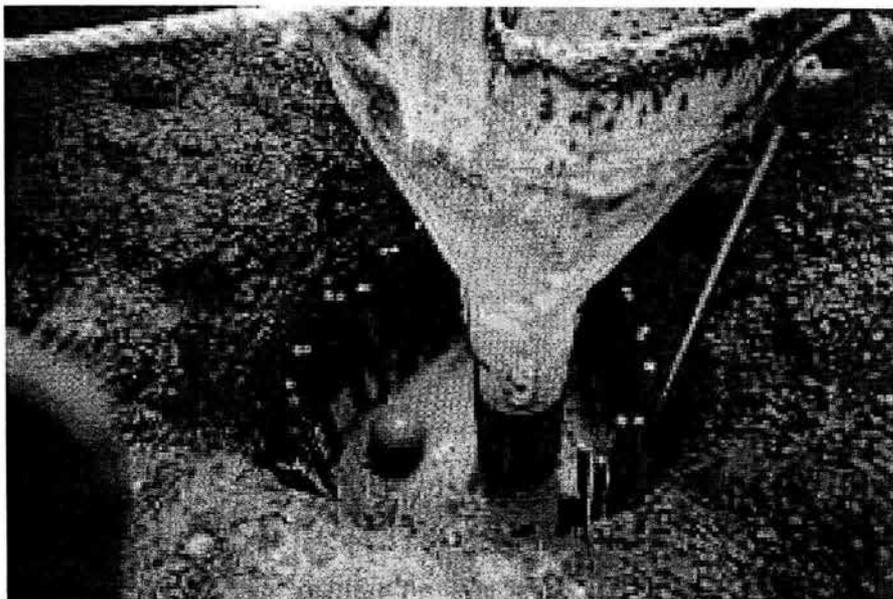
Ya instalado el tubo, se introdujo una pelota de plástico esta al vaciar el concreto, debido a su densidad suben los finos contaminados en suspensión junto con la pelota, hasta terminar el llenado de concreto la perforación.

Se depositó el concreto de la primera olla montada con vaciado directo en la entrada del tubo, a la cuál se le suministro fluidizante al concreto, para tener un concreto fluido, durante el proceso el operador accionó el tremí dando movimientos hacia arriba y hacia abajo procurando que el tremí no se saliera de la masa de concreto para el acomodamiento de éste y que al concluir el vaciado de los primeros 6 M3, el tremí quedó ahogado dentro de la masa de concreto una profundidad aproximada de 1.50 m, repitiéndose el proceso hasta que el tercer camión revolvedora vació el concreto, salió la pelota de plástico y el concreto contaminado, se siguió vaciando el concreto hasta que la perforación derramó concreto sano el cuál se detectó por su color gris, garantizando que el concreto del pilote construido cumplió con la calidad conforme a las especificaciones del proyecto.



En la presente vista se aprecia el tubo tremi y el deposito de la pelota de plástico la cual indicará la salida de los materiales organicos en suspensión.





Salida de la pelota de platica y de la materia orgánica hacia la superficie.

Este procedimiento se repitió a los seis pilotes del apoyo No. 3.

La construcción de la infraestructura se continuó como se menciona: apoyo 2, apoyo 4, apoyo 5, y apoyo 6 y apoyo 7 y apoyo 1.

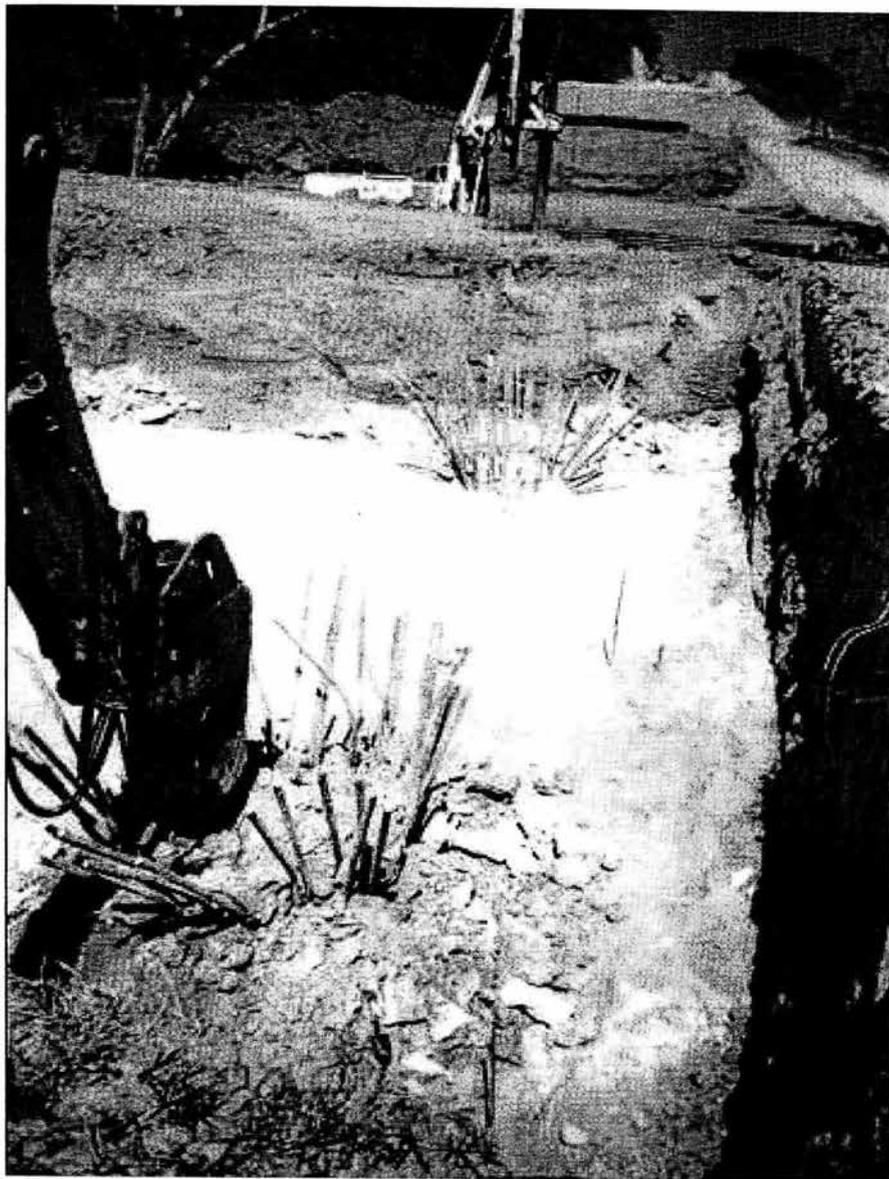
Para el caso de los apoyos 1 y 7 se construyeron previamente los terraplenes de acceso conforme al proyecto y se procedió a la perforación, colocación del armado y colado, dichos terraplenes se construyeron en virtud de que los pilotes son elementos estructurales continuos, y estos salen arriba el terreno natural en el orden de 3.5 m. razón por lo que se construyeron los terraplenes previamente, garantizado el elemento estructural con calidad.



Formación y compactación de los terraplenes de accesos antes de la construcción de los pilotes del apoyo uno y siete.

#### Descabece de Pilotes.

Una vez construidos los pilotes, se hizo la excavación hasta nivel de plantilla, con una retroexcavadora 416C con martillo se fracturó el concreto el concreto contaminado hasta el nivel superior del pilote conforme al proyecto, quedando las puntas del acero limpias al lavarse con agua preparadas para empotrar con el acero de la parrilla interior de las zapata de la pila.



Descabece de pilotes

## Construcción de la Subestructura

### Armado de la Zapata.

Ya terminado el descabece de pilotes, se construyó la plantilla de concreto previamente afinado el piso de desplante; la plantilla se construyó de concreto simple de  $f'c = 100 \text{ kg/m}^2$  para evitar contaminación del acero y del concreto.

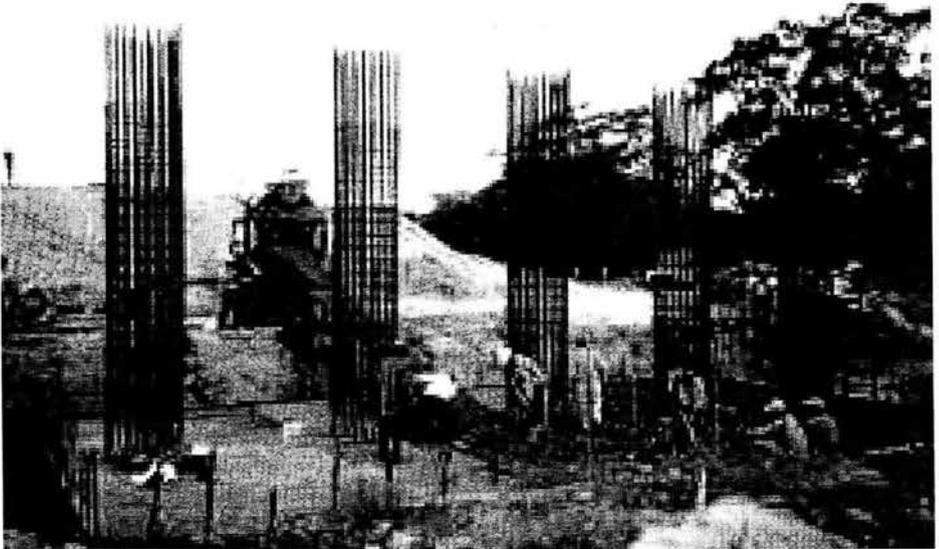
En el siguiente paso se llevó a cabo el armado de la zapata conforme a la geometría del proyecto, colocando dados de concreto al acero de la parrilla inferior y perimetralmente para garantizar los recubrimientos del concreto conforme al proyecto, para dicho armado el acero se habilitó con anterioridad a su ejecución.



Armado de la zapata.

### Colado de la Zapata

Antes del colado se cepilló y se lavó todo el armado y cimbra, se cimbró perimetralmente, se checaron ejes y niveles, se checó la cimbra, una vez terminada esta actividad se ejecutó el colado, quedando el refuerzo principal de las columnas para su armado. El curado se hizo con agua durante 7 días, conforme a las especificaciones de construcción de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.



Colado de zapata

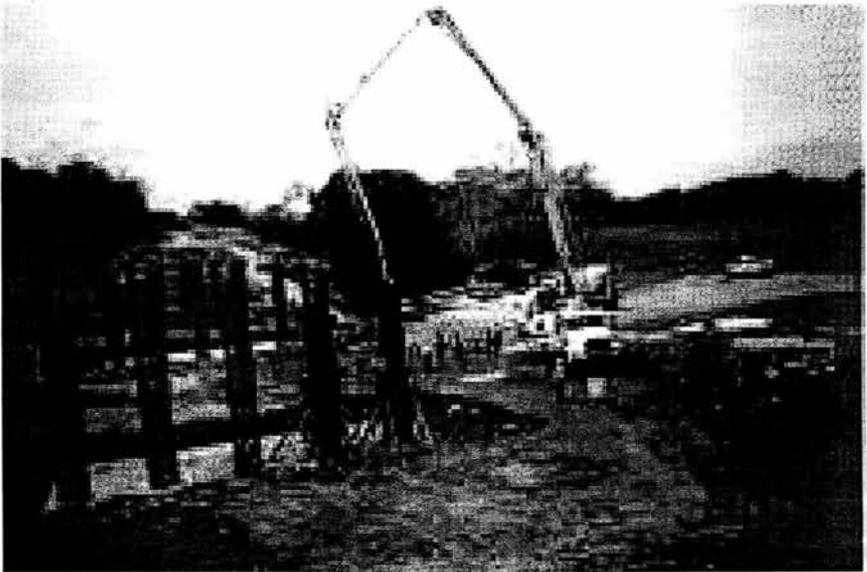
### Armado de Columnas

Ya colada la zapata, se inició el armado de las columnas, ejecutando el armado conforme al proyecto, quedando la preparación previa del armado que empotró con el cabezal. Todas las columnas se rigidizaron con torzales de alambre recocido, para mantener los plomos con apoyo de la topografía.

### Colado de Columnas

Primeramente se colocó la cimbra metálica (moldes metálicos) con altura de 3 m con el apoyo de la topografía, se coló cuando el armado se tuvo ligeramente arriba del molde metálico, para facilitar el colado y se acomodó el concreto con vibradores de inmersión, repitiéndose el proceso de ejecución en las 4 columnas, haciendo los ajustes al llegar al paramento inferior del cabezal conforme al proyecto.

El colado se llevó a cabo con una bomba de concreto vertical, la elaboración se hizo en una planta dosificadora de concreto marca ODISA y el transporte se ejecuto en camiones revolvedores de 7 m<sup>3</sup>. se sacaron muestras de concreto en cilindros metálicos para su ensaye correspondiente.



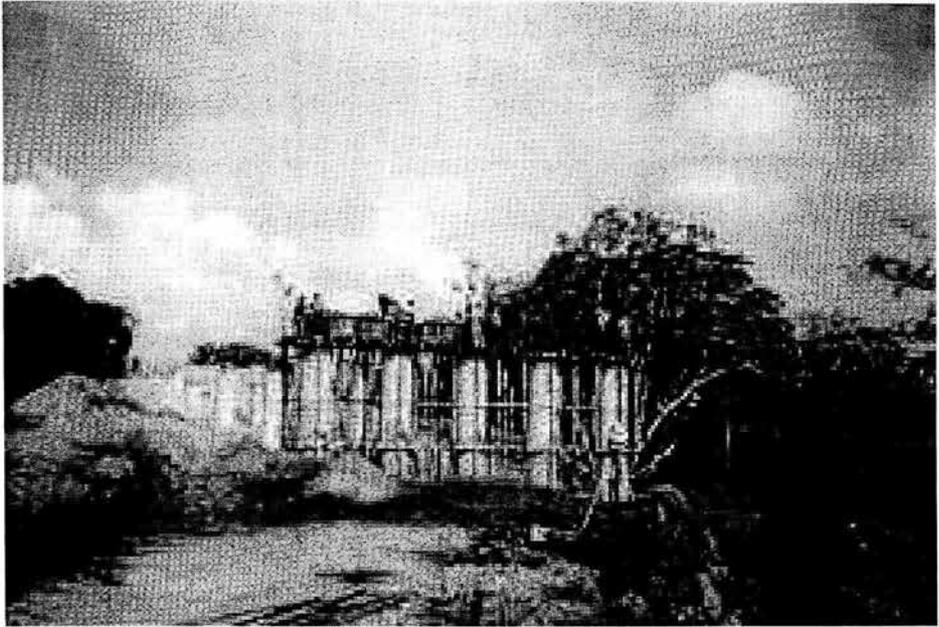
Colado de columnas.

Cimbrado del Cabezal.

Terminando el colado de las columnas, se construyó la obra falsa y se colocó la cimbra de contacto para recibir el armado del cabezal.

Armado del Cabezal

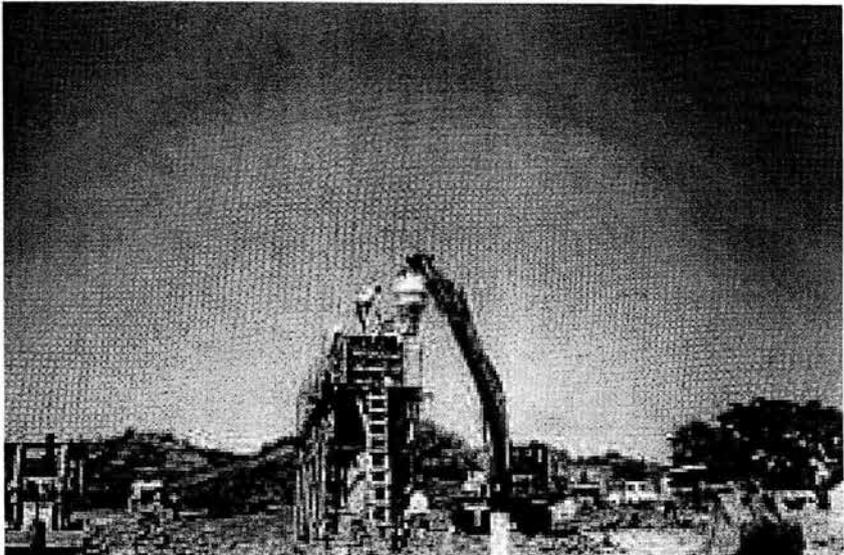
El armado del cabezal debido a la altura su proceso fue lento hasta que se llegó a su terminación, ya terminado el armado del cuerpo del cabezal, se armaron los bancos de apoyo con la geometría de proyecto. Una vez colocado el armado del cabezal y bancos, se cimbraron los costados del mismo quedando listo para el colado.



Cimbrado y armado del cabezal.

#### Colado del Cabezal

El colado se ejecutó con un bote (bacha) izado con una retroexcavadora 345 BL CAT. llenado el bote de concreto, izado y colocado arriba del área a colar, se quitó el seguro de la tapa en la parte inferior del bote y se liberó el concreto el cuál se acomodó con dos vibradores de inmersión; el concreto se elaboró en planta y acarreado con camiones revolvedoras.



Colado de cabezal.

Para dar por terminado, se hizo limpieza al armado de los bancos, se cimbraron y se colaron con los niveles de proyecto. En la ejecución de esta pila se checkaron trazo y niveles, las veces que fueron necesarias.

Después de construir al 100% la infraestructura y subestructura de la pila No.3, se siguió el mismo proceso hasta la pila No.6.

Caballote No. 1

Armado del Cabezal, Diafragma, Bancos y Topes Laterales.

Ya descabezados los pilotes, se procedió al colado de la plantilla de concreto  $f'c = 100 \text{ kg/m}^2$  igual a las de las zapatas, se desplantó el acero de refuerzo, ya

concluido el armado del cabezal, se armaron los bancos, diafragmas, topes y aleros, conforme a lo especificado en el proyecto.

#### Colado del Cabezal Bancos, Diafragmas, Bancos y Topes Laterales

Primeramente se cimbró el cabezal, topes laterales y bancos, ya terminada la cimbra se llevó a cabo el colado con la calidad que indica el proyecto.

La secuela fue la siguiente: primero se coló el cabezal, después topes laterales, bancos y diafragma, el caballete No.7 se coló similarmente.

#### Construcción de la Superestructura Trabes

Para la construcción de las trabes postenzadas en obra, se solicitó la autorización previa a la Dirección de Proyectos de la Dirección General de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes quien fue la contratante, misma que dio su autorización para el cambio de proyecto de pretenzadas a postenzadas. Para la Fabricación de las trabes pretenzadas se debe tener una mesa de presfuerzo con todas sus instalaciones y las plantas de fabricación de las trabes pretenzadas, casi siempre se encuentran alejadas de las obras a grandes distancias, teniendo la Contratista costos muy elevados por fabricación y transporte, en cambio con las trabes postenzadas, son muy versátiles en su construcción toda vez que pueden fabricarse en obra y tener transporte local dentro de la misma.

#### Generalidades del Concreto Presforzado

El presforzado puede definirse como un artificio mediante el cual se provocan, a un material, esfuerzos internos, con anterioridad a la aplicación de cargas

exteriores, o simultáneamente a éstas, en magnitud y distribución tal, que combinados con los que originan las cargas exteriores, se produzcan esfuerzos comprendidos dentro de los límites que el material pueda soportar indefinidamente. En tal virtud, puede tenerse concreto presforzado, acero presforzado, madera presforzada, etc.

Este concepto y su aplicación data de hace mucho tiempo; sin embargo hasta estos últimos años se ha concebido y aprovechado realmente la idea del presforzado, con la creación de materiales de mejor calidad.

Una estructura presforzada difiere, por consiguiente, de una no presforzada, en su comportamiento. Una viga simplemente apoyada, sea de concreto, madera o acero, se flexiona bajo el efecto de su propio peso, deformación que se incrementa al aplicarle en igual sentido otras fuerzas exteriores, sean éstas uniformes, concentradas o móviles; al flexionarse, las fibras longitudinales se deforman, acortándose las situadas arriba del eje neutro, y alargándose las que quedan debajo de éste, como resultado de los esfuerzos de compresión y tensión respectivamente.

En el caso de la viga de concreto reforzado, como éste material es incapaz de soportar esfuerzos considerables de tensión, una gran parte de la zona que queda abajo del eje neutro se agrieta, y solo se considera capaz de admitir esfuerzos de compresión la parte que queda arriba del eje neutro, debiendo tomar todo el esfuerzo de tensión el acero de refuerzo, por lo tanto, el concreto abajo del eje neutro gravita inútilmente.

El artificio del concreto presforzado permite que el comportamiento de la viga bajo las condiciones antes descritas sea diferente, ya que se logra que toda la sección esté sujeta únicamente a esfuerzos de compresión permanente, aprovechándose íntegramente y evitando el agrietamiento.

La fabricación de las traves postensadas son siempre elementos con especificaciones de construcción muy rígidas, toda vez que si fallara una trabe por un problema estructural ya puesta en servicio sería fatal ya que pondría en peligro la unidad de los usuarios.

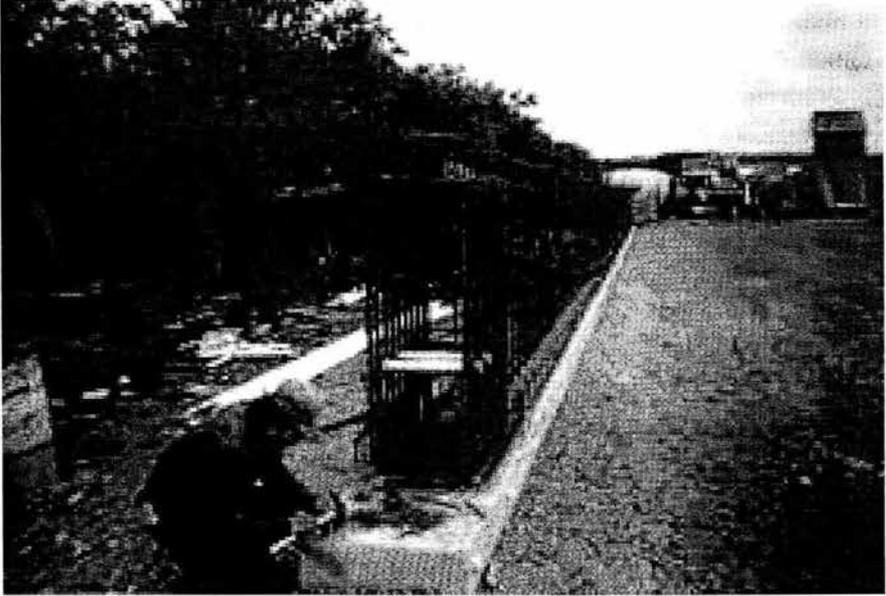
#### Construcción de la Trabe No.1

##### Construcción de Plantilla

Para la construcción de las traves se eligió el patio de fabricación en el km. 209+100 L/D.

Las traves que se contemplan en el proyecto son de 30.60 m. ASSTHO IV con un peso aproximado de 40 tons., por esta razón se compactó y se niveló el desplante y construyó una plantilla de concreto armado de 40 cms.

Terminada la plantilla, se habilitó el acero, se armaron los anillos y sobre la plantilla, los fierros primeramente presentaron las varillas del patín inferior, se colocaron y armaron los anillos, una vez terminado y estabilizado el armado inicial se instalaron los ductos donde se aloja el acero de presfuerzo y se armaron las varillas superiores instalando previamente los anclajes del presfuerzo y los ganchos de izaje conforme a la geometría del proyecto.

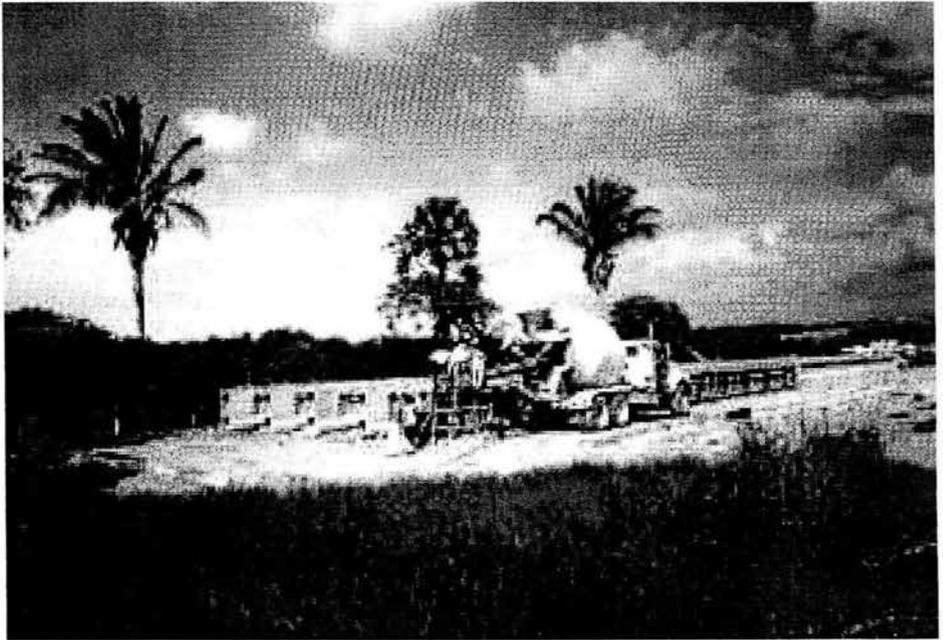


En la presente toma se aprecia la plantilla terminada, el armado de la trabe en proceso de construcción y los ductos de presfuerzos.

#### Cimbrado y Colado de la Trabe.

Terminado el armado de la trabe, se cimbró los extremos con cimbra de madera, dejando la preparación previa (una caja) para instalar los accesorios del presfuerzo y hacer el postensado.

El colado se ejecutó con la resistencia de proyecto, utilizando grava de  $\frac{3}{4}$ " limpia y sana de impurezas del material tipo basáltico, se le aplicó al concreto un fluidizante para incrementar el revenimiento sin afectar la resistencia de proyecto para un mejor acomodo del concreto y evitar oquedades, el revestimiento de 10 se incrementó a 18, el vaciado del concreto fue directo del camión revoladora a la trabe, el acomodo se hizo con vibradores de inmersión y con vibradores de contacto



Cimbrado y colado de trabe



En la presente vista se aprecia el vibrado del concreto con vibradores de inmersión y de contacto.

Ya colada la trabe, se esperó a que tuviera la resistencia mínima especificada del 90% y el apoyo del laboratorio de campo; y se efectuó el postensado como a continuación se describe:

El procedimiento de incluir esfuerzos de precomprensión en una estructura de concreto, después de colada y obtenida la resistencia requerida para el postensado, puede en principio, considerarse general y por lo mismo, independiente de los sistemas en particular.

Se puede notar que el acero de sección delgada es más eficiente que las barras gruesas, ya que durante el tensado se acepta alcanzar el 80% del valor de ruptura, valor que es más elevado mientras menor sea el diámetro del acero. Esto se debe a las propiedades físicas del mismo, como su mejor homogeneidad.

En ningún caso puede esperarse lograr efectos de presfuerzo eficientes y económicos, empleando aceros dulces de bajo límite elástico, ya que al alcanzar el 80% de éste y presentarse las pérdidas (acortamiento instantáneo y diferido del concreto, relajamiento del acero, etc.), son tan significativas, que el presfuerzo remanente sería prácticamente nulo; esto no acontece con el acero de alta resistencia, por razones obvias.

Las operaciones de presforzado en sí, pueden generalizarse en el siguiente orden:

1. Debe ponerse especial atención en la colocación de los ductos que alojarán los cables de presfuerzo siguiendo lo más apegado posible a las trayectorias que marca el proyecto en virtud de que en caso de formarse quiebres se presentarían problemas durante el tensado por las fricciones adicionales que esto ocasionaría y que pueden ser de consideración.

2. Es muy conveniente la colocación de un poliducto dentro del ducto de lámina que formaría el hueco donde se colocan los cables de presfuerzo, el cual se utilizará después del colado para permitir la colocación del acero. Tiene por objeto evitar la entrada de lechada en caso de rompimiento de la lámina de ducto y en consecuencia prevenir la formación de tapones, así mismo, se logra una mejoría notable en las trayectorias de los cables.
3. Antes del tensado del acero se procede al estudio de los diagramas de esfuerzos, anotando los valores exigidos, con objeto de conocer las fuerzas de gateado necesarias en los respectivos cables, teniendo especial cuidado en los valores de fricción y en la caída de tensión necesaria el final del tensado.
4. Es preciso conocer la curva esfuerzo – deformación del acero por emplear y calcular con ella y con los datos de proyecto (longitudes de cable y tensiones a lo largo del mismo), las elongaciones por lograr.
5. Conocer el funcionamiento del gato y el área del pistón que cubrirá la presión por aplicar durante el gateado, mediante la bomba de inyección regulada con un manómetro.

Investigar el porcentaje de pérdida de eficiencia del gato, respecto a la capacidad teórica determinada con los datos señalados, lo cual generalmente lo informa la firma que suministrara el equipo de tensado.

Con estos datos se formará un cuadro de equivalencias, en el cual se anotará la correspondencia, en toneladas, de cada lectura del manómetro, es decir: fuerza que desarrolla el gato cuando el manómetro indique  $50 \text{ k/cm}^2$ ,  $100 \text{ kg/cm}^2$ , etc., a fin de conocer los esfuerzos desarrollados en el

cable en proceso de tensado, del cual, por proyecto se conoce el área respectiva.

6. Antes de iniciar el tensado purgar el gato para expulsar burbujas de aire, basura, etc., ya que queda aire comprimido por el aceite, no lográndose la carrera del pistón ni la fuerza de gato necesaria.
7. Calibrar los manómetros, operación que se efectúa generalmente en el laboratorio.

Para verificación se comparan los manómetros por emplear en la obra con un manómetro patrón, o bien se calibran con una prensa y se hace una tabla de correspondencias de lecturas; cuando al efectuar el tensado, sea preciso aplicar por ejemplo  $100 \text{ kg/cm}^2$ , se consultará el cuadro de correspondencias de la verificación, con objeto de ver la lectura que deba señalar el manómetro verificado.

8. Comprobar que el cable corra libremente dentro del ducto, a fin de asegurar que la acción de tensado se distribuya a todo lo largo del cable, para lo cual se golpea en un extremo, debiendo salir el cable por el lado opuesto; en caso de que no corra, se conecta el gato de tensado a uno de los extremos del cable con el fin de romper los taponamientos que puedan existir en el interior del ducto, los cuales, con este procedimiento, llegan a fracturarse y permiten el deslizamiento del cable obstruido.

Cuando es posible lograr estos resultados, puede localizarse el lugar del tapón, con bastante precisión, por efecto del alargamiento que sufra el cable con relación a la presión aplicada, con lo cual se reduce la longitud estirada de éste y por consiguiente, el sitio del taponamiento.

En caso de hacerse ranuras al concreto para demoler el tapón, deben localizarse con mayor exactitud posible, y proceder a su demolición cuidando de no dañar el cable, ya que cualquier golpe con el cincel lo afecta sensiblemente.

La localización y la magnitud necesaria de las ranuras deben ser revisadas en detalle, previamente a su ejecución, a fin de cerciorarse de que debiliten la capacidad de trabajo de la trabe.

Las perforaciones que se hacen al concreto con este fin, se tapan, posteriormente al tensado del cable, cubriendo la parte demolida con grava gruesa, sellada en su exterior con yeso; la lechada, al ser inyectada al cable después del tensado, entra a presión dentro del ducto, penetrado en todas las oquedades del agregado que se colocó previamente en la forma antes descrita, logrando con ello que el sello de las ranuras no se desprenda posteriormente; en esta forma se tiene continuidad con la mezcla inyectada.

9. Tensado del cable: se aplica inicialmente una tensión del orden de 10 a 20% del total, hecho lo cual se marcan en algunos alambres, con mayor exactitud posible, distancias arbitrarias para medir los agrietamientos, teniendo la trabe como referencia.

A continuación se aumenta la tensión al doble de la inicial y se mide la elongación y así sucesivamente se sigue aumentando con incrementos iguales, hasta a la prevista para lograr las fuerzas calculadas, que en ningún caso deben exceder el límite elástico del acero.

La razón por la cual no se registra el alargamiento inicial del cable obedece a que durante esta etapa, tiene lugar en un acomodamiento de los

elementos que lo forman dando un alargamiento aparente mucho mayor al que corresponde al esfuerzo aplicado.

Para determinar el alargamiento total efectivo el tensado, se anotan los resultados registrados en una grafica: en el eje de las ordenadas se anotan las lecturas del manómetro y sus correspondencias a fuerza de gateo; en las abscisas, los alargamientos en milímetros; se traza una recta de tal manera que se compensen las desviaciones de los puntos respecto a ésta.

Esta línea intercepta el eje de las ordenadas y debe prolongarse en el cuadrante siguiente, hasta cortar el eje de las abscisas.

El alargamiento inicial no registrado (ya que la marca para medir se puso después de haber aplicado esta presión), se determina gráficamente, midiendo a escala la distancia de esta intercepción al eje de las ordenadas.

Se suma esta alargamiento, al medido físicamente, lo que da el alargamiento total. Si el teórico no se obtuvo a la fuerza prevista se requiere una revisión al cálculo o al procedimiento seguido.

10. En caso de que el tensando se haga por ambos lados, se procede en forma semejante a la antes indicada, es decir, instalando dos gatos de tensado, trabajándose al mismo tiempo.

En este caso (debido a que la aplicación de la fuerza en ambos extremos no es rigurosamente uniforme, dado que los gatos se operan independientemente), no se obtendrá aisladamente en cada extremo, la recta esfuerzo-deformación, lograda al tensarse un solo lado, sin embargo, sumando a igual fuerza de gateado los alargamientos de uno y otro extremo de la trabe, se obtiene dicha gráfica.

Ahora bien, es usual seguir el siguiente procedimiento para efectuar el tensado con gatos en ambos extremos del cable: si al aplicar en cada extremo la primera tensión en que se hará lectura, los alargamientos en uno y otro lado son sensiblemente diferentes en la siguiente elevación de tensión, deberá aumentar primeramente la del lado del alargamiento menor, hasta que sensiblemente se igualen; al lograrlo se continuará aumentando simultáneamente la tensión en ambos lados, no debiendo nunca aplicarse distintas fuerzas de tensado, en los extremos del cable, al final de cada una de las etapas.

Como es frecuente incurrir en errores, es conveniente el empleo de algún sistema eficiente de intercomunicación entre los técnicos que estén controlando el tensado en ambos extremos.

11. Al final del tensado, la distribución de tensiones a lo largo del cable es variable, siendo menor en el centro y mayor en los extremos, pero como la máxima requerida debe ser al centro (normalmente) es preciso reducir las tensiones máximas en los extremos sin afectar las exigidas por el proyecto para efectos de trabajo.

Regularmente los sistemas de anclaje provocan cierto corrimiento del cable, hacia adentro de la trabe, durante la operación de anclaje, lo que representa una caída de tensión en los extremos del cable; esta caída no se propaga por igual a lo largo de éste, debido a los efectos de fricción, que obran en sentido inverso de cómo actúan durante el tensado, con los esfuerzos del cable en las zonas donde deben ser máximos por razones de proyecto (después de las operaciones de tensado) no se abaten.

El corrimiento del cable hacia el interior de la trabe durante su anclaje varía de 1 a 8 mm. según el sistema de tensado que se haya empleado, y el cual es un factor determinante en el diseño. Son de preferirse los sistemas que permiten los mayores corrimientos al efectuar el anclaje, pues con ello es posible trabajar provisionalmente el acero a mayores esfuerzos, lo que redundaría en una considerable economía de corrimientos dado que dichos sistemas garantizan una considerable caída de tensión de los esfuerzos del cable, en la zona próxima a los anclajes, donde los esfuerzos de tensado son máximos debido – como se dijo anteriormente – a que la fricción obliga a trabajar el acero a mayores esfuerzos que los necesarios (refiriéndonos en este caso a vigas simplemente apoyadas).

En sistemas de anclaje rígidos, que no permiten corrimiento al cable, es usual soltarlo, bajando la presión de la bomba de inyectado del gato de tensado, de manera de provocar la caída de tensión prevista en el proyecto, aun cuando cabe advertir que los resultados de esta operación son dudosos. Para seguridad de la correcta distribución de esfuerzos se hace necesario, entonces, trabajar el acero a menores esfuerzos, por lo que se precisara emplearlo en mayor cantidad.

También conviene hacer mención de que deben emplearse preferentemente aceros estirados en frío, a aceros estirados en caliente, ya que estos últimos, por razones complejas de carácter metalúrgico, tienen mas propensión a la falla por rotura plana (que difiere de las fallas por tensión, donde antes de romperse el cable su sección se reduce y la rotura presenta un cuello o estrangulamiento).

Debe tenerse especial cuidado de que por ningún motivo se realicen trabajos de soldadura en lugares cercanos, ya que dañaría el acero de presfuerzo.

12.-Se procederá finalmente a la mayor brevedad posible, a efectuar la inyección de la lechada que rellenará el espacio entre acero y ductos, ya que de lo contrario, pueden corroerse los cables por oxidación, fenómeno que cristaliza el acero haciéndolo perder resistencia. En los aceros tensados, por estarlo, este efecto es mas sensible que en el acero no tensado.

Antes del inyectado se introduce primeramente agua para la limpieza del cable y del ducto. Después del lavado se inyecta una mezcla de agua-cemento, con un aditivo para hacer fluida la mezcla y con propiedades de expansor para evitar las contracciones por fraguado y obtener así una mayor adherencia.

La inyección preferentemente debe hacerse desde el punto más bajo de la trayectoria del cable, dejando respiraderos en los lugares más altos para evitar que queden zonas sin rellenos o burbujas de aire.

Una vez que la lechada sale con las mismas características que tiene donde se está fabricando y después de cerciorarse de que no arrastra burbujas, se obtura el orificio de salida y se levanta presión en la bomba de inyección para asegurar que quede completamente lleno el ducto, procediéndose a sellar la entrada.

#### Tensado de la Trabe

Se lavaron los cables con aceite soluble, ya limpios de impurezas los cables, los técnicos de la empresa MEXPRESA Especialista en Presfuerzo, introdujo los cables en los ductos, colocaron los dispositivos del presfuerzo, para llevar a cabo

el tensado de los cables se instaló la bomba de inyección y con el apoyo de una retroexcavadora 416 C se acomodó el gato en los cables salientes en el extremo de la trabe, y se introdujeron en las mordazas del gato, ya instalados en los cables en el gato, se procedió con la bomba a inyectar presión al gato y se efectuó el postensado dándole las cargas y alargamientos conforme al proyecto, terminada esta actividad, se cortaron las puntas, se cimbraron los extremos de la trabe y colaron los extremos sellando cualquier oquedad perjudicial y para evitar la oxidación y mas tarde la corrosión del acero.

Para dar por terminada se llevó a cabo la inyección de los ductos sellando los respiraderos puestos con antelación.

Este procedimiento se llevó a cabo para las 54 trabes.



Colocación de los cables en las mordazas del gato hidráulico.



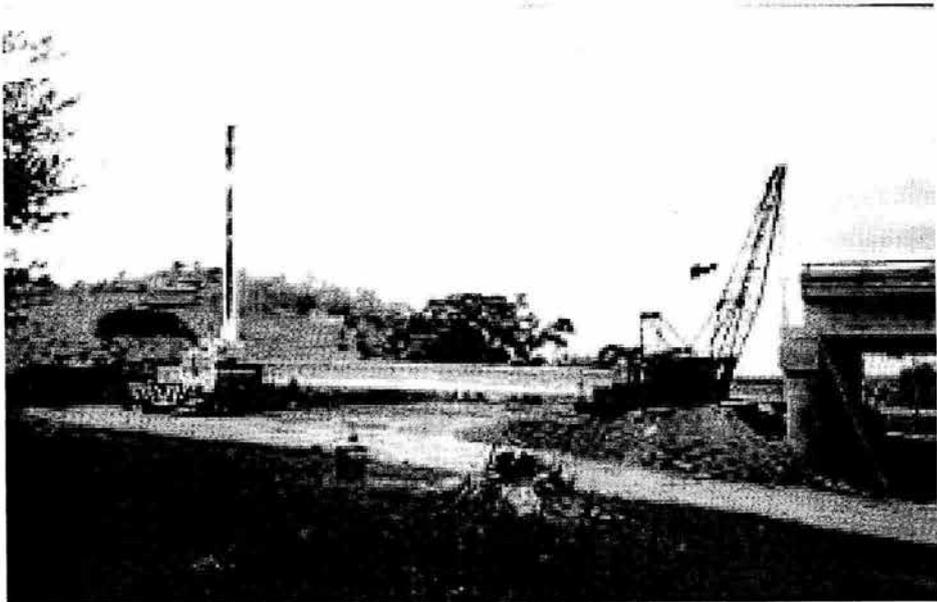
Se parecía el tensado y medición de los alargamientos del acero de preesfuerzo en la trabe.

### Montaje de Trabes

Debido a la cercanía de la temporada de lluvias, se tuvo que iniciar con el montaje del claro 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7 y terminar con el claro 1-2; haciendo el montaje en este orden, no hubo problemas para los accesos debido al bajo tirante de agua del arroyo que empuja esta estructura. En caso contrario, se hubiera tenido que montar hasta que hubiera otra temporada de secas.

Para el presente trabajo se tomará el claro 1-2, el cual es representativo para los demás trabajos previos.

Se hicieron rellenos para formar una plataforma de material compactable, el cual fue bandeado con un tractor DBR CAT., hasta alcanzar un promedio de altura de 50 cm. ya terminada la plataforma, se inició el transporte de la trabe uno y dos en dos tractocamiones con *Dollys*; se acomodó la primera trabe abajo del claro 1-2 sobre la plataforma, se acomodaron las grúas, una de 50 ton, y una de 40 tons., hicieron las maniobras de descargue del tractocamión y se llevó a cabo el montaje de la trabe No. 1, previamente se colocaron las placas de neoprenos en apoyos y los de los topes laterales.



Se aprecia el montaje de la trabe numero uno del claro 1-2.

Concluido el montaje, siguió el montaje de la trabe no. 2, repitiéndose el proceso hasta hacer el montaje de la trabe No. 9

Se tuvo especial cuidado en el patio de fabricación al hacer las grúas las maniobras de carga a los *Dollys*, del transporte al lugar de la estructura y de las maniobras de montaje, ya que cualquier golpe a la trabe las puede fracturar sin poder utilizar el elemento estructural.

### Construcción de la Superestructura Losa

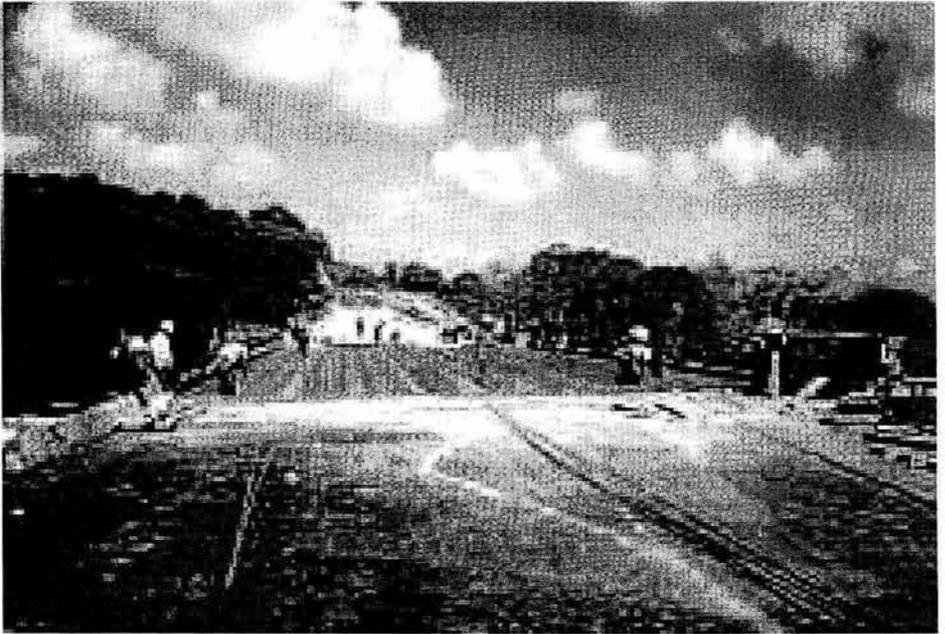
Primeramente se inició con el cimbrado, siguiendo con el armado y colado de los diafragmas extremos e intermedios dejando previamente el acero que se amarrara con el armado de la losa.

Paralelamente al cimbrado de los diafragmas, se construyó la obra falsa del cuerpo de losa, misma que se apoyó en los patines inferiores de las traveses.

Sobre las obra falsa terminada se construyó la cimbra de contacto, la cual una vez terminada, se inicio con la obra falsa de los voladizos, se colocaron escuadras que se apoyaron sobre el patín inferior tanto del volado izquierdo y derecho, dichas escuadras son armadas y rigidizadas del acero saliente de las traveses, una vez terminadas las cimbras de los voladizos se construyó la cimbra de contacto. Terminada todo la cimbra de contacto, a la cual se le puso diesel para facilitar el acabado y descimbrado de la losa.

### Armado de Losa

Ya habilitado el acero de refuerzo se llevó a cabo el armado de la losa dejando preparado el armado de las guarniciones sobre losa, drenes de plástico de 76 mm de  $\emptyset$ , colocación de silletas y calafateo de la cimbra. Para terminar los carpinteros colocaron la cimbra en los bordes izquierdo y derecho (fronteras).



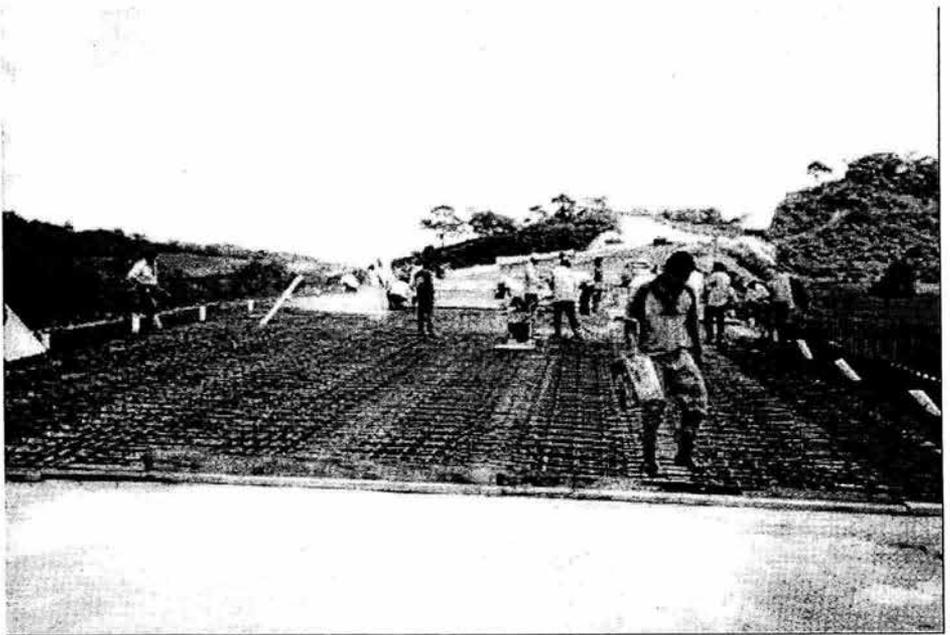
Armado de losa

### Colado de la Losa

Previamente al colado con 24 hrs. de anticipación se tuvo listo el equipo como son, la dosificadora de concreto, camiones revoladoras, vibradores de inmersión y agregados.

Teniendo construido los tramos 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 y 6-7, se inició el colado con vaciado directo por el caballete No. 1, y para distancias mas al centro, se utilizó

una retroexcavadora 345 BL CAT. a la cual se le depositó el concreto del camión revolvedora en el bote de la retroexcavadora y lo fue depositando para su acomodo, el cual se efectuó con vibradores de inmersión. Una vez efectuado el colado hasta la máxima distancia por el caballete No. 1, se trasladó por el camino de acceso entrando por el caballete no. 7 hasta el claro 2-3, y se repitió la operación hasta terminar el colado.



Colado de losa claro 1-2.

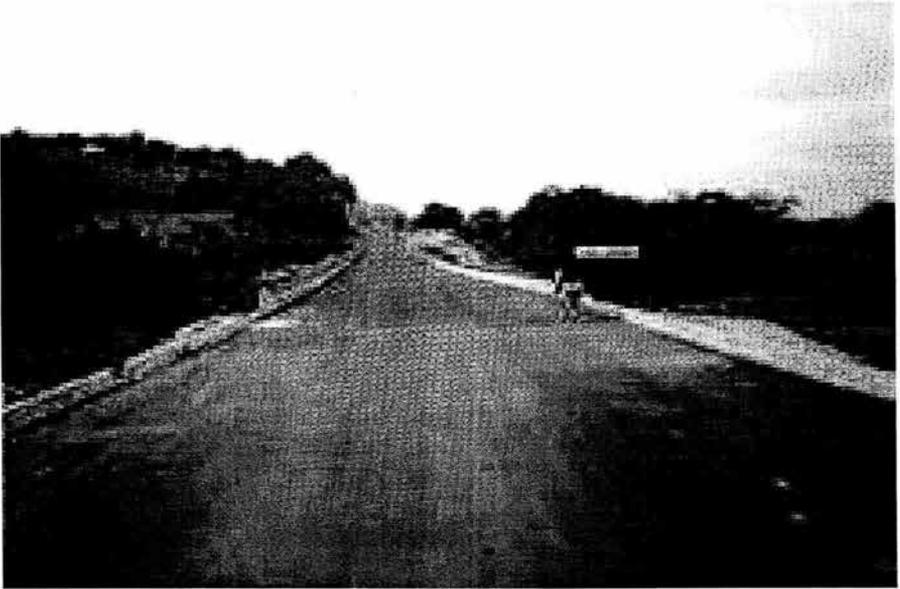
El curado de la losa se efectuó con agua durante 7 días conforme a las especificaciones de construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El descimbrado se llevó a cabo 14 días después conforme a las Normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Terminada la losa se construyeron los parapetos quedando al 100% la superestructura.

Para dar por terminada la estructura, se construyeron las guarniciones de acceso, los lavadores y los conos de derrame conforme al proyecto.

Ya concluidos los trabajos se puso en servicio, ya que debido a su importancia, evitó atrasos en los acarrees para la construcción de la pavimentación.



Puente en servicio.



Puente en servicio.

### Capítulo III. Señalamiento

El señalamiento tanto horizontal como vertical de esta Autopista se colocó tal y como se especificó en las Bases de Licitación en apego a las Normas:

N.PRY-CAR.10.01.001/99

N.PRY-CAR.10.01.002/99

N.PRY-CAR.10.01.003/99

N.PRY-CAR.10.01.004/99

N.PRY-CAR.10.01.005/99

III.1. Señalamiento Horizontal de acuerdo a la Norma N.PROY.CAR-10.01.001/99,

Es el conjunto de marcas que tiene por objeto delinear las características geométricas de las vialidades y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos, letras o dispositivos, que se pintan o

colocan sobre el pavimentos, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vialidades.

### III.1.1. Raya Separadora de sentidos de circulación (M-1)

Se utiliza para separar los sentidos de circulación vehicular en calles, carreteras y autopistas. Se sitúa por lo general al centro de la calzada, tanto en tangentes como en curvas, y debe ser de color amarillo reflejante. Esta raya se puede complementar con vialitas conforme a lo indicado en la cláusula G. de la Norma.

En apego a la Norma las marcas en el pavimento de esta autopista se realizaron tal y como se indica en la siguiente figura según la norma N.PROY.CAR.10.01.002/99

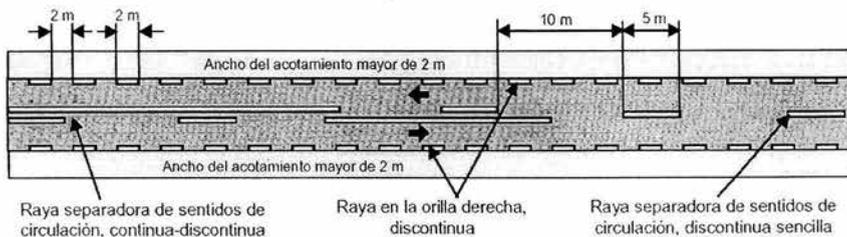


FIGURA 3.- Marcas en el pavimento en carreteras con ancho de calzada mayor de 6,5 m

### III.2. Señalamiento Vertical

El señalamiento Vertical consiste en tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto guiar al conductor en su trayecto por la carretera y en términos generales consiste en: Señalamiento Preventivo, Restrictivo, Informativo, Turístico y de Servicios.

### III.2.1. Señalamiento Preventivo

Se colocó en apego a la Norma N.PRY.CAR.10.01.003/99:

Las señales preventivas (SP) son tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza. Son señales bajas que se fijan en postes y marcos. El catálogo completo de estas señales, las condiciones bajo las que se deben emplear, así como las dimensiones de los símbolos y leyendas, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (Incisos SP-6 al SP-40).

#### Tablero de la Señales

Los tableros de las señales preventivas deben ser cuadrados, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5 ) centímetros, con una diagonal en posición vertical y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

#### Tamaño de los Tableros

El tamaño de los tableros de las señales preventivas se debe determinar como se indica a continuación :

#### Tableros de las Señales

Los tableros de las señales preventivas, deben tener las dimensiones indicadas en la Tabla 1.

**TABLA 1.- Dimensiones del tablero de las señales preventivas**

Dimensiones de la señal <sup>[1]</sup> cm	Uso
71 x 71	En carreteras con ancho de corona menor de 9 m, calles y avenidas principales.
86 x 86	En carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m, vías rápidas y carreteras de cuatro carriles donde se puedan ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
117 x 117	En carreteras de cuatro o más carriles, con o sin separador central y carreteras con accesos controlados.

[1] En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa autorización de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría.

### Ubicación

Longitudinalmente, las señales preventivas se deben colocar antes de la zona de riesgo que se señala, a una distancia determinada en función de la velocidad, conforme con lo indicado en la Tabla 3 de la Norma. Esta distancia puede variar a juicio del proyectista en situaciones especiales para lograr las mejores condiciones de visibilidad. Cuando sea necesario colocar una señal de otro tipo entre la preventiva y la zona de riesgo, aquella se debe colocar a la distancia a la que iría originalmente la preventiva, y ésta al doble de esa distancia. Si son dos las señales que es necesario colocar entre la preventiva y la zona de riesgo, la primera de aquellas se debe colocar a la distancia a la que originalmente iría la preventiva, la segunda al doble de ésta distancia y la preventiva al triple. En vialidades con una velocidad hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, se puede colocar un máximo de dos (2) señales entre la preventiva y la zona de riesgo, y únicamente una (1) en vialidades con velocidades mayores. Lateralmente, las señales preventivas se deben colocar como señales bajas, según lo indicado en la

Fracción D.1. de la Norma N PRY CAR·10·01·008, Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales.

#### Color

Todos los colores que se utilicen en las señales preventivas, a excepción del negro, deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas. El color del fondo de las señales preventivas debe ser amarillo reflejante. El color para los símbolos, caracteres y filetes debe ser negro, a excepción del símbolo de "ALTO " en la señal de "ALTO PRÓXIMO", que debe ser rojo y el símbolo de la señal "TERMINA PAVIMENTO", que debe ser negro con blanco.

El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte, debe ser gris mate que cumpla con el patrón autorizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría o acabado galvanizado.

#### III.2.2. Señalamiento Restrictivo.

Se colocó en apego a la Norma N.PRY.CAR.10.01.004/99

Las señales restrictivas (SR) son tableros con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad. Generalmente son señales bajas que se fijan en postes y marcos, y en algunos casos pueden ser elevadas cuando se instalan en una estructura existente. El catálogo completo de estas señales, las condiciones bajo las que se deben emplear, así como las dimensiones de los símbolos y leyendas, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (Incisos SR-6 al SR-33 y SIG -11).

### Tableros de las Señales

Los tableros de las señales restrictivas deben ser cuadrados, con dos de sus lados en posición horizontal y las esquinas redondeadas, exceptuando los de las señales de "ALTO", "CEDA EL PASO" y "SENTIDO DE CIRCULACIÓN". El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

El tablero de la señal de "ALTO" debe ser de forma octagonal, con dos de sus lados en posición horizontal, con las esquinas sin redondear y con un filete de un (1) centímetro de ancho a un (1) centímetro de la orilla del tablero.

El tablero de la señal de "CEDA EL PASO" debe ser de forma triangular con los tres lados iguales, con un vértice hacia abajo y las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cinco (5) centímetros, con un contorno de seis (6) centímetros.

El tablero de la señal de "SENTIDO DE CIRCULACIÓN" debe ser rectangular, con su mayor dimensión horizontal y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de dos (2) centímetros y no lleva filete. En virtud de que esta señal establece el sentido en que deben circular los vehículos, tiene carácter de restrictiva, por lo que se incluye en la Norma aunque el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras se considere únicamente como señal informativa.

### Tableros de las Señales

Los tableros de las señales restrictivas, ya sean con ceja perimetral doblada o sin ella, deben tener las dimensiones indicadas en la Tabla 1.

## Ubicación

Longitudinalmente, las señales restrictivas se deben colocar en el lugar mismo donde existe la prohibición o restricción, eliminando cualquier objeto que pudiera obstruir su visibilidad. Lateralmente, las señales restrictivas se deben colocar como señales bajas, según lo indicado en la Fracción D.1 de la Norma N PRY CAR 10-01-008, Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales, a menos que, previa autorización de la Secretaría, se coloquen como elevadas en una estructura existente.

TABLA 1.- Dimensiones del tablero de las señales restrictivas

Dimensiones de la señal <sup>[1]</sup> cm	Uso
71 x 71	En carreteras con ancho de corona menor de 9 m, calles y avenidas principales.
86 x 86	En carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m, vías rápidas y carreteras de cuatro carriles donde se puedan ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
117 x 117	En carreteras con cuatro carriles o más, con o sin separador central y carreteras con accesos controlados.
Alto 30 por lado	En todos los casos
Ceda el paso 85 por lado	En todos los casos
Sentido de circulación 20 x 61 <sup>[2]</sup>	En zona urbana.
Sentido de circulación 30 x 91	En zona rural.

[1] En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa autorización de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría.

[2] Esta señal no requiere ceja perimetral doblada.

## Color

A excepción de las señales de "ALTO", "CEDA EL PASO" y "SENTIDO DE CIRCULACIÓN", el color del fondo de las señales restrictivas debe ser blanco

reflejante, los anillos y las franjas diametrales de color rojo reflejante, y los símbolos, caracteres y filetes de color negro. El fondo de la señal de "ALTO" debe ser de color rojo con letras y filete en color blanco, ambos reflejantes. El fondo de la señal de "CEDA EL PASO" debe ser de color blanco reflejante, el contorno de color rojo reflejante y la leyenda en color negro. El fondo de la señal de "SENTIDO DE CIRCULACIÓN", debe ser de color negro y la flecha de color blanco reflejante, con la forma y dimensiones que se establecen en el inciso SIG-11 del Manual antes mencionado.

El tablero adicional debe tener fondo color blanco reflejante, con letras y filetes de color negro.

El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte debe ser gris mate que cumpla con el patrón autorizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o acabado galvanizado.

Los colores blanco y rojo deben estar dentro del área correspondiente.

### III.2.3. Señalamiento informativo.

Se colocó en apego a la Norma N.PRY.CAR.10.01.005/99

Las señales informativas (SI) son tableros fijados en postes con leyendas, escudos y flechas que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles, carreteras y autopistas, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones, lugares de interés, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Son señales bajas o elevadas que se fijan en postes, marcos y otras estructuras. El catálogo completo de estas señales, las condiciones bajo las

que se deben emplear, así como las dimensiones de los símbolos y leyendas, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (Incisos SII-6 al SII-15, SID-8 al SID-15, SIR-6 y SIG-7 al SIG-10).

### Señales Informativas de Identificación (SII)

Son señales bajas que pueden ser de Nomenclatura cuando se usan para identificar las vialidades según su nombre, de Ruta cuando se usan para identificar carreteras y autopistas según su tipo y número de ruta y de kilometraje cuando se usan para ubicar al usuario dentro de la carretera o autopista.

#### Tableros de las señales de nomenclatura

Los tableros de las señales de nomenclatura deben ser rectangulares, con su mayor dimensión en posición horizontal, sin ceja, con las esquinas redondeadas y tener la leyenda en ambas caras. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros. El filete se debe suspender en su parte inferior cuando la señal lleve alguna información complementaria, como colonia, delegación, o código postal. Siempre que la vialidad que identifica la señal de nomenclatura sea de un solo sentido, se debe complementar con una señal restrictiva de "SENTIDO DE CIRCULACIÓN".

#### Tableros de las señales de ruta

Los tableros de las señales de ruta deben tener forma de escudo, sin ceja y con un margen de un (1) centímetro entre el contorno del escudo y la orilla del tablero. El escudo puede ser de tres formas diferentes, según se trate de una carretera federal, estatal o camino rural, como se indica en los incisos SII-7 al SII-10 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Los escudos deben estar complementados con flechas de las formas y dimensiones establecidas en los incisos SII-11 al SII-13 del mismo Manual, que indiquen al usuario la trayectoria que sigue la carretera en su paso por las poblaciones, pintados o colocados sobre un tablero rectangular con su mayor dimensión en posición horizontal, sin ceja y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

#### Tableros de las señales de kilometraje

Los tableros de las señales de kilometraje deben ser rectangulares, con su mayor dimensión en posición vertical, sin ceja y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el contorno de dos (2) centímetros de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros, con la forma definida en los incisos SII-14 y SII-15 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, según sea el caso. Para los kilometrajes múltiplos de cinco, las señales deben mostrar en la parte superior un escudo de ruta de cuarenta por treinta (40 x 30) centímetros, en el caso de carreteras y autopistas federales y estatales. Para los demás kilometrajes, la señal debe ser sin escudo, al igual que en los caminos rurales.

#### Tamaño de los Tableros

El tamaño de los tableros de las señales informativas de identificación se debe determinar como se indica a continuación:

### Tableros de las señales de nomenclatura

Los tableros de las señales de nomenclatura deben estar formados por una placa de veinte por noventa y un (20 x 91) centímetros en todos los casos.

### Tableros de las señales de ruta

Las dimensiones de los tableros de los escudos para las señales de ruta deben ser de sesenta por cuarenta y cinco (60 x 45) centímetros para el caso de carreteras y autopistas federales o estatales, y de sesenta por sesenta y dos coma dos (60 x 62,2) centímetros para el caso de carreteras rurales. Los tableros para las flechas complementarias deben ser en todos los casos de treinta y seis por cuarenta y cinco (36 x 45) centímetros.

### Tableros de las señales de kilometraje

Los tableros de las señales de kilometraje con escudo deben ser de ciento veinte por treinta (120 x 30) centímetros y los tableros de las señales sin escudo deben ser de setenta y seis por treinta (76 x 30) centímetros.

### Ubicación

La ubicación longitudinal de las señales informativas de identificación, según su función, debe cumplir con lo que se indica en los Incisos respectivos y lateralmente se deben colocar como señales bajas, según lo establecido en la

Fracción D.1. de la Norma N·PRY·CAR·10·01·008, Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales.

#### Señales de nomenclatura

Las señales de nomenclatura se deben fijar en postes colocados sobre la banqueta en el lugar más visible de las esquinas de las vialidades, usando soportes especiales que permitan la legibilidad de ambas caras de los tableros. Cuando sea necesario colocar señales de sentido de circulación, estas se deben fijar en el mismo poste de las señales de nomenclatura.

#### Señales de ruta

En zonas urbanas por las que cruza una carretera, las señales de ruta se deben colocar a intervalos deseables de doscientos (200) metros, en los lugares más visibles para el conductor y siempre en aquellos sitios donde la ruta cambie de dirección o en la intersección de dos rutas diferentes.

#### Señales de kilometraje

En carreteras de dos carriles, las señales de kilometraje con escudo deben ser colocadas a cada cinco (5) kilómetros y a cada kilómetro las señales sin escudo. En ambos casos deben estar alternadas, colocando los tableros con números nones a la derecha y los pares a la izquierda, en el sentido del cadenamiento, orientadas hacia el sentido de circulación que corresponda al lado en el que se coloquen. Al inicio de un tramo con nuevo cadenamiento, se debe colocar la señal

de kilometraje con escudo correspondiente al kilómetro cero, del lado derecho de la vialidad en el sentido del cadenamamiento.

Para las carreteras de cuatro o más carriles y autopistas, para cada sentido de circulación, las señales de kilometraje con escudo deben estar a cada cinco (5) kilómetros y los tableros sin escudo a cada kilómetro.

### Color

El color del fondo de las señales informativas de identificación debe ser blanco reflejante, conforme al área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Norma. El color para los caracteres, flechas, contornos y filetes debe ser negro. El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte debe ser gris mate que cumpla con el patrón autorizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o acabado galvanizado. En las señales de nomenclatura, la leyenda debe estar en ambas caras.

### Señales Informativas de Destino (SID)

Se usan para informar el nombre y la dirección de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo del recorrido, de manera que su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta deseada según su destino. Se deben emplear de forma secuencial, para permitir que el usuario prepare con la debida anticipación su maniobra en la intersección, la ejecute en el lugar debido y confirme la correcta selección e la ruta, por lo que pueden ser:

**Previas:** Son señales bajas o elevadas que se colocan antes de la intersección con el propósito de que el usuario conozca los destinos y prepare las maniobras necesarias para tomar la ruta deseada.

**Decisivas:** Son señales bajas o elevadas que se colocan en los sitios de la intersección, donde el usuario debe tomar la ruta deseada.

**Confirmativas:** Son señales bajas que se colocan después de la intersección o a la salida de una población para confirmar al usuario que ha tomado la ruta deseada, indicándole la distancia por recorrer.

#### Forma de los Tableros

Los tableros de las señales informativas de destino deben ser rectangulares, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas de las señales bajas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros. El radio para redondear las esquinas de las señales elevadas debe ser de ocho (8) centímetros, quedando el filete de dos (2) centímetros de ancho con radio interior para su curvatura de cuatro (4) centímetros.

#### Tamaño de los Tableros

El tamaño de los tableros de las señales informativas de destino se debe determinar en función de su tipo, como se indica a continuación:

### Tableros de las señales bajas

La altura de los tableros de las señales informativas de destino bajas, se debe determinar conforme a lo establecido en la Tabla 2 de la Norma. La longitud de los tableros se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda. Para señales de dos o más renglones o para conjuntos de dos o más tableros colocados en el mismo soporte, la longitud de los mismos debe ser la que resulte con el destino que contenga el mayor número de letras.

**TABLA 2.- Altura del tablero de las señales informativas de destino bajas**

Altura del tablero por renglón cm	Uso
30	En calles.
40	En carreteras con ancho de corona menor de 9 m y avenidas secundarias.
56	En carreteras con ancho de corona mayor o igual a 9 m y avenidas principales.

Para determinar la longitud de los tableros con base en la altura de las letras mayúsculas y los elementos contenidos en la señal, se debe tomar como guía la Tabla 3.C del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

En las señales de destino diagramáticas bajas, el tamaño de los tableros que se coloquen a un lado de la vialidad, debe ser de dos coma cuarenta y cuatro (2,44) metros de alto por tres coma sesenta y seis (3,66) metros de base. Los tableros para las señales diagramáticas en zona urbana que indiquen los movimientos indirectos de vuelta izquierda deben ser de uno por uno coma cinco (1 x 1,5) metros.

### Tablero de las señales elevadas

La altura de los tableros de las señales informativas de destino elevadas, se debe seleccionar conforme a lo establecido en Tabla 3. Si la señal se integra por más de un tablero y al menos uno de ellos lleva dos renglones, la altura de todos los tableros debe ser la misma, dimensionada con base en el tablero de dos renglones. La leyenda de los tableros de un renglón, debe tener la misma altura de la letra utilizada en el tablero de dos renglones y se coloca centrada en el tablero.

**TABLA 3.- Altura del tablero de las señales informativas de destino elevadas**

Número de renglones	Altura del tablero <sup>[1]</sup> cm	Uso
1	61	En avenidas principales y vías rápidas.
1 <sup>[2]</sup>	91	
2	122	
1	76	En carreteras de dos carriles.
2	122	
1	76	En carreteras de cuatro o más carriles y carreteras con accesos controlados.
1 <sup>[2]</sup>	122	
2	152	

[1] En casos especiales, la altura de los tableros puede ser mayor, previa autorización de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría.

[2] Señal con flecha hacia abajo.

La longitud de los tableros se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda. Cuando la señal se integra por más de un tablero, la longitud de cada uno puede ser diferente, dependiendo del número de letras de cada leyenda.

Para determinar la longitud de los tableros con base en la altura de las letras mayúsculas y a los elementos contenidos en la señal, se debe tomar como guía la

Tabla 3.E del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

Cuando la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes apruebe la colocación de una señal informativa de destino diagramática elevada, su tamaño debe ser el que indique dicha Dirección General, sin embargo, en ningún caso el tablero podrá tener más de tres coma sesenta y seis (3,66) metros de altura por seis coma un (6,1) metros de base.

#### Ubicación

La ubicación longitudinal de las señales informativas de destino, según su función, debe cumplir con lo que se indica en los siguientes Incisos y lateralmente se deben colocar como señales bajas o elevadas, según sea el caso, de acuerdo con lo establecido en las Fracciones D.1 y E.1 de la Norma N.PRY.CAR.10 01 008, Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales, respectivamente.

#### Señales previas

Estas señales se deben colocar antes de la intersección, a una distancia que dependerá de las condiciones geométricas y topográficas de las vialidades que se interceptan, así como de las velocidades de operación y de la presencia de otras señales con las que no debe interferir; sin embargo, en carreteras y autopistas, las señales no deben estar a menos de ciento veinticinco (125) metros de la intersección o de doscientos (200) metros cuando sean elevadas en puente.

En carreteras de dos carriles, las señales previas pueden ser bajas o elevadas a criterio del proyectista, tomando en cuenta la velocidad de operación, el volumen del tránsito y el tipo de intersección.

Cuando la vialidad principal sea de dos o más carriles por sentido, es recomendable colocar una señal elevada de puente previa adicional, a una distancia de quinientos (500) a mil (1000) metros de la intersección, indicando el carril para cada destino.

#### Señales decisivas

Estas señales se deben colocar en el sitio de la intersección, donde el usuario deba tomar la ruta deseada. En carreteras de dos carriles, las señales pueden ser bajas o elevadas a criterio del proyectista, tomando en cuenta la velocidad de operación, el volumen de tránsito y el tipo de intersección.

#### Señales confirmativas

Estas señales se deben colocar después de una intersección o a la salida de una población, a una distancia tal, que no exista el efecto de los movimientos direccionales ni la influencia de tránsito urbano, pero en ningún caso a una distancia menor de cien (100) metros.

#### Contenido

En las señales informativas de destino, se deben incluir los nombres de los destinos y en su caso, las flechas que indiquen las direcciones a seguir, los escudos de las rutas correspondientes y las distancias en kilómetros por recorrer. En el caso especial que la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes autorice la colocación de señales informativas de destino turístico o de servicios bajas, dichas señales contendrán los mismos elementos aquí mencionados, exceptuando el escudo de ruta, el cual se sustituye, en su caso, por la señal turística o de servicios correspondiente.

Para la separación y distribución de los elementos de las señales, se debe tomar en cuenta lo indicado en las Tablas 3.C y 3.E del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. Si el proyectista lo considera necesario, los espacios pueden variar para una mejor distribución, siempre y cuando la señal no pierda su presentación y no se alteren las dimensiones del tablero.

Conforme a la geometría de la intersección, en las señales previas y decisivas, el escudo y la flecha del movimiento que sigue de frente pueden colocarse a la izquierda o derecha del tablero, de tal manera que proporcione a los usuarios, la indicación más clara de la dirección a seguir y que queden alternados con los escudos y flechas de los demás destinos. La flecha y escudo del destino hacia la izquierda se colocan a la izquierda del tablero o a la derecha cuando el destino sea hacia ese lado. En las señales confirmativas, el escudo de ruta se debe colocar siempre a la izquierda del tablero.

### Leyenda

En las señales bajas, se debe indicar un destino por renglón, y en ningún caso más de tres destinos por con junto o tablero, con excepción de las señales diagramáticas en zona urbana que indican movimientos indirectos de vuelta izquierda, que no deben tener leyenda alguna.

En las señales elevadas se debe indicar un destino por renglón y un máximo de dos destinos por tablero. En señales elevadas en puente se debe colocar sólo un tablero por carril. Si la señal indica el acceso a un poblado o sitio de interés, la leyenda debe incluir la distancia por recorrer en kilómetros. En el caso de señales previas y confirmativas, los nombres de los destinos deben corresponder a los de las poblaciones o lugares más cercanos a la intersección donde empiece o termine el kilometraje de la carretera. Cuando se trate de señales confirmativas,

deben indicar la distancia por recorrer en kilómetros y el nombre del mismo destino que aparece en la señal decisiva y, en su caso, los nombres de hasta dos poblaciones o sitios intermedios de cierta importancia, con las distancias en kilómetros por recorrer correspondientes. En las demás señales que muestren más de un destino, en la parte superior se debe colocar el destino que sigue de frente, en la intermedia el de la izquierda y en la inferior el de la derecha. En este caso, cuando se utilice un solo tablero, los destinos superior e inferior deben estar separados verticalmente del filete a la distancia indicada en la Tabla 3.C del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras y el intermedio, centrado verticalmente en el tablero.

La geometría y separación de las letras o cifras, se debe determinar como lo establece el Capítulo VIII Letras y Números para Señales del Manual mencionado, dando preferencia, hasta donde sea posible, al uso de la Serie 3 ahí descrita. La separación entre palabras de la leyenda más larga, que rija en la determinación de la longitud de los tableros, debe ser la mitad de la altura de las letras mayúsculas, para las demás leyendas, dicha separación puede variar desde la ya mencionada hasta la altura de las letras mayúsculas como máximo. Cuando la leyenda contenga números, la separación entre palabras y números, debe ser en todos los casos, igual a la altura de las letras mayúsculas. Cuando se utilicen en una misma señal leyendas con diferentes series de letras, la diferencia de los números de serie en textos adyacentes debe ser de uno como máximo.

Cuando la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes así lo apruebe, se puede utilizar en las señales elevadas un tamaño de letra mayor al considerado en el Manual mencionado, hasta de cincuenta (50) centímetros de altura como máximo, conservando las proporciones establecidas en el Capítulo VIII Letras y Números para Señales del mismo Manual.

Cuando el texto de una leyenda en una señal, tenga menos letras que el texto que sirvió para dimensionar la longitud del tablero y se haya usado la máxima serie posible en su caso y aún así sobre espacio, la leyenda se debe escribir alineada al lado de la flecha y/o escudo respetando el espaciado correspondiente a la serie usada, excepto en las señales elevadas de puente con flecha hacia abajo, donde la leyenda debe estar centrada. Si una leyenda resulta demasiado larga, se pueden utilizar abreviaturas, siempre y cuando el nombre del destino quede claro.

### Flechas

Las flechas para indicar en las señales las direcciones a seguir, ya sean horizontales, verticales o inclinadas, deben tener una longitud de uno coma cinco (1,5) veces la altura de las letras mayúsculas del destino correspondiente. Su forma y dimensiones deben ser las establecidas en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

En las señales diagramáticas que indiquen movimientos indirectos de vuelta izquierda, las flechas deben ser alargadas, con rasgo de ocho (8) centímetros. En zona rural y vialidades rápidas urbanas, los rasgos de las flechas en las señales diagramáticas deben ser de quince (15) centímetros para la trayectoria principal y de diez (10) centímetros para las secundarias.

Cuando el tablero de una señal elevada indique dos destinos que tengan la misma ruta y la misma dirección, se debe usar una flecha de cincuenta y dos coma cinco (52,5) centímetros de longitud, dejando un espacio entre ésta y el texto de diecisiete coma cinco (17,5) centímetros y centrada verticalmente en el tablero. En este caso, se debe hacer el ajuste pertinente en la longitud del mismo.

En el caso particular de las señales elevadas en puente, las flechas hacia abajo que indican el carril para cada destino, deben tener la longitud establecida en la

Tabla 3 D del Manual antes mencionado, con las dimensiones y geometría indicadas en la Figura 3 4 del mismo .E 4.3. Escudos

Los escudos de las rutas correspondientes a cada destino, deben tener la altura que se establece en las Tablas 3 B y 3 D del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. Sus dimensiones y geometría deben ser las indicadas en los incisos S II-7 a S -II-10 del mismo Manual, según se trate de carreteras federales, estatales o rurales.

Las señales diagramáticas para avenidas y calles, que indiquen movimientos indirectos de vuelta izquierda, no deben tener escudo alguno. En las señales diagramáticas en zona rural y vialidades rápidas urbanas, en su caso, los escudos deben ser de sesenta (60) centímetros de altura.

Cuando el tablero de una señal elevada indique dos destinos que tengan la misma ruta y la misma dirección, el escudo debe ser de sesenta (60) centímetros de altura, dejando un espacio libre entre este y el texto de diecisiete coma cinco (17,5) centímetros y centrado verticalmente en el tablero. En este caso se debe hacer el ajuste pertinente en la longitud del tablero.

Señales informativas de destino turístico o de servicios En los casos especiales en que la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, autorice la colocación de señales informativas de destino turístico o de servicios, estas tendrán el mismo contenido que las señales bajas no diagramáticas, con excepción del escudo de ruta, el que se debe sustituir, en su caso, por la señal turística o de servicios que corresponda al destino que se señala. Los catálogos completos de las señales turísticas y de servicios se presentan en el Manual de Señalamiento Turístico y de Servicios, sin embargo, sólo se deben utilizar en las vialidades las que se indican en las Tablas 1.B y 1.C del mismo Manual (Figura 3). Dicha señal turística o de servicios debe

tener la misma altura del tablero de la señal informativa y se debe hacer el ajuste correspondiente en la longitud de la zona destinada para la leyenda. La geometría de los pictogramas y del filete de dichas señales turísticas o de servicios, debe ser la establecida en los Capítulos Segundo y Tercero del Manual antes mencionado, conforme con lo indicado en el Inciso 1.5.1 Simbología y Sistema de Trazo, del mismo.

### Color

Todos los colores que se utilicen en las señales informativas de destino, a excepción del negro, deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la Norma. El color del fondo de las señales debe ser verde reflejante, excepto cuando se trate de señales informativas de destino turístico o de servicios, en las que debe ser azul reflejante (Figura 3); los símbolos, caracteres y filetes deben ser de color blanco reflejante. Los escudos y las señales diagramáticas que indiquen movimientos indirectos de vuelta izquierda, deben tener el fondo de color blanco reflejante, con los caracteres, símbolos, contornos y filetes de color negro. En su caso, las señales turísticas o de servicios, que se incluyan en las señales informativas de destino turístico o de servicios, deben tener el fondo de color azul reflejante con pictogramas, caracteres y filetes de color blanco reflejante, y en las señales AUXILIO TURÍSTICO y MÉDICO, la cruz debe ser de color rojo reflejante. El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte, debe ser gris mate que cumpla con el patrón autorizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o acabado galvanizado.



Unidades en centímetros

FIGURA 3.- Señales informativas de destino turístico y de servicios

### Forma de los Tableros

La forma de los tableros, según su uso, debe ser como se indica a continuación:

#### Tableros de las señales

Los tableros de las señales informativas de recomendación deben ser rectangulares, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho, con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

#### Tableros Adicionales

Las señales informativas de recomendación que requieran información complementaria, deben tener abajo un tablero adicional de forma rectangular, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. Los radios de las esquinas y filetes deben ser iguales a los del tablero principal. El tablero adicional puede tener, entre otras, las leyendas "PRINCIPIA", "TERMINA", o la

longitud en que se presenta la situación que se señala. El tablero adicional se debe fijar centrado en la parte inferior del tablero de la señal.

#### Tamaño de los Tableros

El tamaño de los tableros de las señales informativas de recomendación se debe determinar como se indica a continuación:

#### Tableros de las señales

La altura de los tableros de las señales informativas de recomendación se debe ajustar a lo indicado en la Tabla 4 de la Norma. La longitud del tablero se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda.

Para determinar la longitud de los tableros con base en la altura de las letras mayúsculas y números contenidos en la señal, se debe tomar como guía la Tabla 3.G del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

**TABLA 4.- Altura del tablero de las señales informativas de recomendación e información general**

Número de renglones	Altura del tablero de la señal cm	Altura del tablero adicional * cm	Uso
1 2	30 56	30	En calles y avenidas principales.
1 2	40 71	40	En bulevares, vías rápidas urbanas y carreteras con ancho de corona menor de 9 m.
1 2	56 86	56	En carreteras con ancho de corona mayor o igual a 9 m, de cuatro o más carriles y carreteras con accesos controlados.

\* Únicamente para las señales informativas de recomendación

### Ubicación

Longitudinalmente, las señales informativas de recomendación se deben colocar en aquellos lugares donde sea conveniente recordar a los usuarios la observancia de la disposición o recomendación que se trate. En ningún caso deben interferir con cualesquiera de los otros tipos de señales, y de preferencia se deben colocar en tramos donde no existan aquellas.

No hay un límite sobre las disposiciones o recomendaciones al usuario, sin embargo, se debe restringir el número de señales y evitar la diversidad en dimensiones. Lateralmente se deben colocar como señales bajas, según lo establecido en la Fracción D.1 de la Norma N-PRY CAR 10-01-008 Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales.

## Contenido

En las señales informativas de recomendación, se debe indicar, por medio de leyendas, las disposiciones o recomendaciones de seguridad que deben observar los usuarios de las vialidades.

Algunas señales requieren información complementaria que se debe indicar en tableros adicionales. Para la separación y distribución de los elementos dentro de las señales informativas de recomendación, se debe tomar en cuenta lo indicado en la Tabla 3.G del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, al igual que para los tableros adicionales considerándolos como si se tratara de un tablero principal. Si el proyectista lo considera necesario, los espacios pueden variar para una mejor distribución, siempre y cuando la señal no pierda su presentación y no se alteren las dimensiones del tablero.

Las leyendas deben tener no más de cuatro palabras o números por renglón y en ningún caso más de dos renglones. Los tableros adicionales deben tener un solo renglón. Cuando el texto de un renglón tenga menos letras que el texto del renglón que sirvió para dimensionar la longitud del tablero y se haya usado la máxima serie posible en su caso y aún así sobre espacio, el texto se debe escribir centrado en la longitud del tablero.

La geometría y separación de las letras o cifras, se debe determinar como lo establece el Capítulo VIII Letras y Números para Señales, del Manual antes mencionado, dando preferencia, hasta donde sea posible, al uso de la Serie 3 ahí descrita. La separación entre las palabras del renglón más largo, que rija en la determinación de la longitud del tablero, debe ser la mitad de la altura de las letras mayúsculas. En el caso de que el renglón contenga números, la separación entre estos y las palabras debe ser igual a la altura de las letras mayúsculas. Cuando una disposición o recomendación en una señal se distribuya en dos renglones, o

se requiera información complementaria en un tablero adicional, la diferencia en el número de serie de letras en el texto de cada renglón o entre la señal y el tablero adicional, debe ser de uno como máximo.

#### Color

El color del fondo de las señales informativas de recomendación debe ser blanco reflejante, conforme al área correspondiente, con los caracteres y filetes de color negro.

El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte debe ser gris mate que cumpla con el patrón autorizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o acabado galvanizado.

#### Señales De Información General (SIG)

Son señales bajas que se utilizan para proporcionar a los usuarios información general de carácter poblacional y geográfico, así como para indicar nombres de obras importantes en el camino, límites políticos, ubicación de elementos de control, como casetas de cobro y puntos de inspección, entre otras. En los Incisos SIG-7 al SIG -10 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, se dan algunos ejemplos del tipo de información que pueden contener estas señales.

#### Forma de los Tableros de las Señales

Los tableros de las señales de información general, deben ser rectangulares, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. El radio para

redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

### Tamaño de las Señales

La altura de los tableros de las señales se debe ajustar a lo correspondiente en la Tabla 4 de la Norma. La longitud del tablero se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda.

Para determinar la longitud de los tableros con base en la altura de las letras mayúsculas y números contenidos en la señal, se debe tomar como guía la Tabla 3.1 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.

### Ubicación

Longitudinalmente, las señales de información general se colocan, en la medida de lo posible, en el punto al que se refiera la información de la leyenda, o al principio del sitio que se desea anunciar.

En ningún caso deben interferir con cuales quiera de los otros tipos de señales. Además de las señales que indiquen un punto de control, se deben colocar señales previas, preferentemente a quinientos (500) y doscientos cincuenta (250) metros del lugar. Lateralmente, las señales de información general se deben colocar como señales bajas, según lo establecido en la Fracción D.1. de la Norma N PRY CAR 10-01-008, Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales.

## Contenido

En las señales de información general se debe indicar, a través de leyendas, la información general necesaria para el usuario. Para la separación y distribución de los elementos dentro de las señales, se debe tomar en cuenta lo indicado en la Tabla 3.I del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. Si el proyectista lo considera necesario, los espacios pueden variar para una mejor distribución, siempre y cuando la señal no pierda su presentación y no se alteren las dimensiones del tablero.

Las leyendas deben tener no más de cuatro palabras o números por renglón y en ningún caso más de dos renglones.

Cuando el texto de un renglón tenga menos letras que el texto del renglón que sirvió para dimensionar la longitud del tablero y se haya usado la máxima serie posible en su caso y aún así sobre espacio, el texto se debe escribir centrado o repartido en la longitud del tablero. La geometría y separación entre letras o cifras, se debe determinar como lo establece el Capítulo VIII Letras y Números para Señales, del Manual antes mencionado, dando preferencia, hasta donde sea posible, al uso de la Serie 3 ahí descrita. La separación entre las palabras del renglón más largo, que rija en la determinación de la longitud del tablero, debe ser la mitad de la altura de las letras mayúsculas. En el caso de que el renglón contenga números, la separación entre estos y las palabras debe ser igual a la altura de las letras mayúsculas.

Cuando la leyenda de la señal se distribuya en dos renglones, la diferencia en el número de serie de letras en el texto de cada renglón, debe ser de uno como máximo.

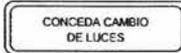
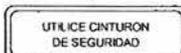
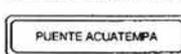
## Color

El color del fondo de las señales de información general debe ser blanco reflejante, conforme al área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas, con los caracteres y filetes de color negro.

III.2.4. Considerando las Normas, enumeradas anteriormente, el señalamiento colocado en la autopista Gutiérrez Zamora – Tihuatlán, es el siguiente:

SEÑALAMIENTO COLOCADO  
CARRETERA: VERACRUZ – TUXPAN – TAMPICO  
TRAMO: GUTIERREZ ZAMORA – TIHUATLAN

## SEÑALAMIENTO VERTICAL DE LA TRONCAL

CLAVE	DIMENSIONES	PZAS.	LEYENDA	OBSERVACIONES	UBICACIÓN	
					LADO DER.	LADO IZQ.
SIR-	71 X 239	2		DE RECOMENDACIÓN	709+500.00	709+500.00
SIR-	71 X 239	2		DE RECOMENDACIÓN CONCEDA CAMBIO DE LUCES	710+500.00	710+500.00
SIR-	71 X 239	2		DE RECOMENDACIÓN UTILICE CINTURON DE SEGURIDAD	715+000.00	715+480.00
SIR-	71 X 239	2		DE RECOMENDACIÓN	716+550.00	716+550.00
SIR-	40 X 239	2		DE NOMENCLATURA PUENTE ACUTEMPA	712+740.00	712+960.00
SIR- 18	86 X 86	8		DE RECOMENDACIÓN PROHIBIDO REBASAR	710+900.00 711+980.00 713+000.00 713+900.00	711+200.00 711+900.00 713+550.00 714+540.00
SII - 14	30 X 120	2		KILOMETRAJE CON RUTA "MEXICO 180 D"	710+000.00	710+000.00
SII - 14	30 X 120	2		KILOMETRAJE CON RUTA "MEXICO 180 D"	715+000.00	715+000.00
SII - 15	30 X 76	2		KILOMETRAJE SIN RUTA	711+000.00	711+000.00
SII - 15	30 X 76	2		KILOMETRAJE SIN RUTA	712+000.00	711+920.00

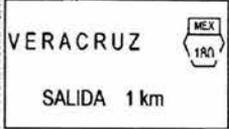
## SEÑALAMIENTO VERTICAL DE LA TRONCAL

CLAVE	DIMENSIONES	PZAS	LEYENDA	OBSERVACIONES	UBICACIÓN	
SII - 15	30 X 76	2	Km 2 1 3	KILOMETRAJE SIN RUTA	713+000.00	713+000.00
SII - 15	30 X 76	2	Km 2 1 4	KILOMETRAJE SIN RUTA	714+000.00	714+000.00
SII - 15	30 X 76	2	Km 2 1 6	KILOMETRAJE SIN RUTA	716+000.00	716+000.00
SII - 15	30 X 76	2	Km 2 1 7	KILOMETRAJE SIN RUTA	717+000.00	717+000.00
SII - 15	30 X 76	2	Km 2 1 8	KILOMETRAJE SIN RUTA	718+000.00	718+000.00

## SEÑALAMIENTO VERTICAL DEL ENTRONQUE

CLAVE	DIMENSIONES	No. DE PIEZAS	LEYENDA	OBSERVACIONES
SR - 7	70 X 70 X 70	3		CEDA EL PASO
SR - 9	86 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 9	86 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 9	86 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 11	71 X 71	1		CIRCULACION
SR - 19	86 X 86	3		ENTRONQUE LATERAL OBLICUO
TABLERO	30 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
TABLERO	30 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
TABLERO	30 X 86	1		VELOCIDAD MAXIMA
SID - 11	40 X 239	1		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239	2		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239	2		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239	1		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239	1		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 178	1		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 178	1		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO

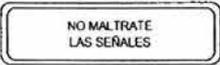
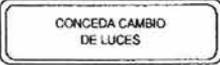
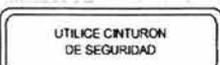
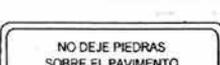
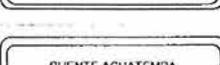
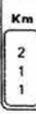
## SEÑALAMIENTO VERTICAL DEL ENTRONQUE

CLAVE	DIMENSIONES	No. DE PIEZAS	LEYENDA	OBSERVACIONES
SID -	122 X 360	2		SALIDA A UN 1 KM
SP - 6	71 X 71	4		CURVA A LA DERECHA
SP - 17	71 X 71	3		INCORPORACION
SP -	86 X 86	1		VEL. EN ENTRONQUE
SP -	86 X 86	2		VEL. EN ENTRONQUE
TABLERO	30 X 86	3		SALIDA
OD - 5	30 X 122	1		INDICADOR DE OBSTACULOS
OD - 5	61 X 122	3		INDICADOR DE OBSTACULOS EN BIFURCACIONES
OD - 6	13 X 100	342		DELINEADORES
OD - 12	45 X 60	206		INDICADOR DE CURVA PELIGROSA

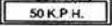
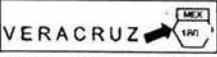
## SEÑALAMIENTO VERTICAL DEL ENTRONQUE

CLAVE	DIMENSIONES	PIEZAS	LEYENDA	OBSERVACIONES
SID - 14	2T 122 X 488	1		CONFIRMATIVA
SID - 14	2T 122 X 488	1		DECISIVA
SID - 14	2T 122 X 488	1		DECISIVA

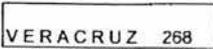
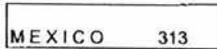
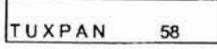
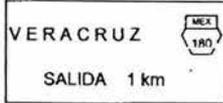
## SEÑALAMIENTO VERTICAL (TRONCAL Y ENTRONQUE)

CLAVE	DIMENSIONES	LEYENDA	OBSERVACIONES
SIR-	71 X 239		DE RECOMENDACIÓN NO MALTRATE LAS SEÑALES
SIR-	71 X 239		DE RECOMENDACIÓN CONCEDA CAMBIO DE LUCES
SIR-	71 X 239		DE RECOMENDACIÓN UTILICE CINTURON DE SEGURIDAD
SIR-	71 X 239		DE RECOMENDACIÓN
SIR-	40 X 239		DE NOMENCLATURA PUENTE ACUATEMPA
SIR- 18	86 X 86		DE RECOMENDACIÓN PROHIBIDO REBASAR
SII - 14	30 X 120		KILOMETRAJE CON RUTA "MEXICO 180 D"
SII - 14	30 X 120		KILOMETRAJE CON RUTA "MEXICO 180 D"
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA

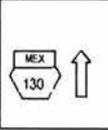
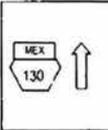
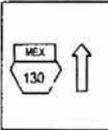
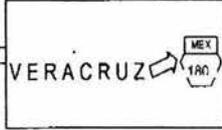
## SEÑALAMIENTO VERTICAL (TRONCAL Y ENTRONQUE)

CLAVE	DIMENSIONES	LEYENDA	OBSERVACIONES
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SII - 15	30 X 76		KILOMETRAJE SIN RUTA
SR - 7	70 X 70 X 70		CEDA EL PASO
SR - 9	86 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 9	86 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 9	86 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
SR - 11	71 X 71		CIRCULACION
SR - 19	86 X 86		ENTRONQUE LATERAL OBLICUO
TABLERO	30 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
TABLERO	30 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
TABLERO	30 X 86		VELOCIDAD MAXIMA
SID - 11	40 X 239		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 239		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO

## SEÑALAMIENTO VERTICAL (TRONCAL Y ENTRONQUE)

CLAVE	DIMENSIONES	LEYENDA	OBSERVACIONES
SID - 11	40 X 239		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 178		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID - 11	40 X 178		SEÑAL CONFIRMATIVA DE DESTINO
SID -	122 X 360		SALIDA A UN 1 KM
SP - 6	71 X 71		CURVA A LA DERECHA
SP - 17	71 X 71		INCORPORACION
SP -	86 X 86		VEL. EN ENTRONQUE
SP -	86 X 86		VEL. EN ENTRONQUE
TABLERO	30 X 86		SALIDA
OD - 5	30 X 122		INDICADOR DE OBSTACULOS
OD - 5	61 X 122		INDICADOR DE OBSTACULOS EN BIFURCACIONES
OD - 6	13 X 100		DELINEADORES
OD - 12	76 X 90		INDICADOR DE CURVA PELIGROSA

## SEÑALAMIENTO VERTICAL (TRONCAL Y ENTRONQUE)

CLAVE	DIMENSIONES	LEYENDA		OBSERVACIONES
SID - 14	2T 122 X 488		MEXICO - VERACRUZ 	CONFIRMATIVA
SID - 14	2T 122 X 488		MEXICO - TUXPAN 	DECISIVA
SID - 14	2T 122 X 488		TUXPAN - VERACRUZ 	DECISIVA

### Conclusiones

Como país de vocación caminera, México es un ejemplo de la importancia que tienen las carreteras para el desarrollo de las naciones. Su historia política, económica y social se encuentra estrechamente ligada a la de sus caminos y hoy, como hace décadas, éstos constituyen la pieza mas importante del sistema nacional de transporte: tanto por la intensidad de su uso como por el valor de las cargas que a través de ellos se movilizan, su predominio es grande y continuará siéndolo durante largo tiempo.

Actualmente, el sistema carretero mexicano tiene una longitud de 333,247.1 kms. y las cuales enlazan a las capitales de los estados, cabeceras municipales, zonas urbanas y rurales, puertos aéreos y marítimos y fronteras, así como a los principales centros de producción y consumo. La mayor parte del flujo terrestre de pasajeros y carga circula por estas carreteras: el 98.5% del traslado de pasajeros y más del 56.2 % del movimiento terrestre de carga y en el convergen numerosas necesidades. Entre ellas destacan las de realizar obras de conservación, destinadas a mejorar el estado físico de las vías; las de modernización, para hacer más rápida, económica y segura la circulación por los caminos; y la construcción de obras nuevas, destinadas a satisfacer las demandas generadas por la actividad económica.

Lo anterior plantea la necesidad de canalizar importantes recursos económicos a los caminos, de los que en este momento no dispone el Estado por las cantidades que requiere destinar al gasto social en materias como la dotación de servicios de salud y la educación. A ese respecto, el Plan Nacional de desarrollo 2001 – 2006 (PND), documento rector de la acción gubernamental, señala que, para obtener un crecimiento económico de calidad, sostenido, dinámico, creador de empleos, incluyente, capaz de abatir la pobreza y abrir espacios a los emprendedores, así como de generar igualdad de oportunidades entre regiones, empresas y hogares y de insertar exitosamente a México en la nueva economía globalizada, en materia de infraestructura y servicios públicos es necesario impulsar la inversión y el financiamiento privados en proyectos socialmente rentables, así como promover mayores flujos de inversión extranjera directa.

En lo que se refiere a la infraestructura carretera, el PND propone, entre otras acciones, involucrar al sector privado en la construcción de una red de vías de alta capacidad destinadas a dotar de accesos adecuados a corredores industriales y de abasto.

En concordancia con ello, la política carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se articula en torno a estos objetivos:

- Ampliar la cobertura y accesibilidad e la infraestructura carretera para toda la población.
- Conservar y mejorar el estado de la infraestructura carretera existente, con la participación de los tres órdenes de gobierno y del sector privado.
- Fomentar la interconexión de la infraestructura carretera con los diferentes modos de transporte, para lograr un sistema integral de enlace en el territorio nacional.
- Mejorar la operación de la red carretera, eliminando las condiciones que inhiben el uso óptimo de la capacidad instalada.

El cumplimiento de esos objetivos demanda continuar avanzando en la modernización de los 14 ejes troncales que comunican al país, lo cual se logrará construyendo nuevas vías y modernizando o ampliando carreteras existentes, de manera que se incremente la disponibilidad de vías de altas especificaciones para disminuir costos asociados al transporte e impulsar la actividad económica.

Para lograrlo, una de las herramientas desarrolladas por la SCT y otras instancias del gobierno federal, como la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y Banobras, es el esquema de concesionamiento de autopistas de cuota que se presenta en este documento. Al ponerlo en práctica, se busca avanzar en la construcción de proyectos carreteros bajo condiciones en las que, a cambio de una inversión, además de un uso más eficiente para los recursos públicos y un adecuado rendimiento para el capital privado que se invierta.

## Bibliografía

- *Bases de Licitación de la Obra*, Elaboradas por el Centro SCT Veracruz
- *Normas para la Construcción de Carreteras*, elaboradas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras* 1ª. Edición, 2ª. Impresión, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1976.
- Olivera Bustamante, Fernando, *Estructuración de Vías Terrestres*, 2ª. Edición, México, D.F., Editorial CECSA
- Juárez Badillo, Eulalio y Rico, Rodríguez Alfonso, *Mecánica de Suelos*, 3ª. Edición, México, D.F., Editorial LIMUSA
- Crespo Villalaz, Carlos, *Vías de Comunicación*, 3ª. Edición, México, D.F., Editorial LIMUSA