

Nº 6  
2 EV.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLANEACION, DISEÑO Y  
CONSTRUCCION DEL PAR VIAL  
INDIOS VERDES**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
PRESENTAN:  
**JAVIER AVILA FLORES**  
**SALVADOR HERNANDEZ JIMENEZ**



MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

# PLANEACION DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PAR VIAL INDIOS VERDES

<b>INTRODUCCION</b>	<b>PAG.</b>
<b>I. ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
I.1 Localización .....	3
I.2 Datos Generales de la Zona .....	3
<b>II. PLANEACION</b> .....	<b>4</b>
II.1 Estudio de Tránsito .....	6
II.2 Trazo Preliminar .....	10
II.3 Estudio Geotécnico .....	13
II.4 Análisis de Factibilidad (Evaluación Económica) .....	14
<b>III. DISEÑO</b> .....	<b>25</b>
III.1 Diseño Geométrico .....	25
III.2 Curva Masa .....	38
III.3 Diseño del Pavimento .....	42
III.4 Obras de Drenaje .....	55
III.5 Señalamiento y Protección .....	64
<b>IV. PRESUPUESTO</b> .....	<b>84</b>
IV.1 Catálogo de Conceptos .....	86
IV.2 Volúmenes de Obra .....	92
IV.3 Análisis de Precios Unitarios .....	100
IV.4 Programa de Obra .....	111
IV.5 Obras Inducidas .....	111

	<b>PAG.</b>
<b>V. PROCESO CONSTRUCTIVO</b> .....	<b>114</b>
V.1 Etapas de construcción .....	114
V.2 Trazo y Nivelación .....	122
V.3 Desmonte y Despalme .....	125
V.4 Excavación .....	127
V.4.1 Equipos y Rendimientos .....	132
V.5 Explotación de Bancos de Material .....	134
V.6 Pavimentación .....	134
V.6.1 Sub-Base .....	135
V.6.2 Base .....	135
V.6.3 Carpeta .....	140
V.7 Obras de Drenaje .....	144
V.8 Obras Inducidas .....	147
V.9. Obras Complementarias .....	159
V.9.1 Sellamiento .....	159
V.9.2 Iluminación .....	163
V.9.3 Guarnición y Muro Deflector .....	173
V.9.4 Protección de Taludes .....	174
<b>VI. MANTENIMIENTO</b> .....	<b>183</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>189</b>

## INTRODUCCION

El presente trabajo es un ejemplo real de la problemática que en la actualidad tienen las principales ciudades del país, sin embargo el tramo de Indios Verdes es quizá el punto más conflictivo, al representar pérdidas apreciables a usuarios consecuentemente a la economía del país, causadas por efecto del considerable volumen de tráfico que se registra en el tramo y que circula a velocidades bajas, consecuencia de no tener la infraestructura suficiente que le permita circular a una velocidad óptima.

La solución más económica para la problemática, sin duda es la ampliación del camino actual en dos carriles por sentido y tres en donde se presentan las pendientes máximas.

Los temas tratados en esta tesis, engloban a nivel informativo, (sin llegar al detalle) todos los aspectos ligados a la formulación de los problemas que involucran la construcción de un camino, iniciando con el estudio de planeación, el cual se fundamenta, con análisis relacionados con el tránsito, geotecnia, localización y complementando con datos generales de la zona, finaliza con la comparación de beneficios y costos, lo que se desarrolla mediante un modelo de evaluación, el cual permite definir en función de indicadores económicos las características del proyecto. En cuanto a la parte del diseño, éste se desarrolla con el principal inconveniente de mejorar las condiciones actuales de velocidad, a partir de reducir las pendientes donde se presentaban problemas, además, las dificultades para trabajar con tráfico. Para el desarrollo de este tema se trataron algunos puntos a manera de ejemplo, sobre todo en el cálculo, ya que este es similar para el resto del camino.

Se inicia con el diseño geométrico, donde se analizan las curvas verticales y horizontales, siguiendo con el cálculo de la curva masa, así como lo referente al drenaje, para el cual se partió de las obras existentes, tanto en el camino como las conexiones al drenaje urbano, en cuanto al señalamiento éste se fundamenta en las normas de la Coordinación General de Transportes del D.D.F.. Una vez definida esta parte se trata lo relacionado con el proceso constructivo, el que se formó de manera conjunta con el avance de la obra con visitas al lugar acción que resultó fundamental para tener un criterio más amplio acerca de los procesos de construcción, las dificultades y las diferencias que existen en cuanto a lo proyectado, para el desarrollo de este capítulo se parte de la forma típica para construir un camino, con aspectos como desmonte, despalme, movimiento de tierras, así como el

tratado para construir cada una de las capas que forman el pavimento, complementándose con el drenaje, alumbrado, protección y señalamiento, además de la importante obra inducida como lo fue la construcción del desvío del Acueducto Chiconautla, que no estaba contemplado en el proyecto de origen y representó un incremento en el costo total, el cual se presenta a partir del presupuesto de concurso, y se describe con la inclusión de cada uno de los conceptos de obra, complementándose con análisis de costos horarios de equipos representativos, finalmente y como parte importante del proyecto se determina la conservación, lo que se trata en función de lo estipulado en las normas de la S.C.T. y que engloban todos y cada uno de los aspectos que deberán conservarse para permitir un funcionamiento óptimo durante la vida económica de esta y si es necesario más allá.

Es evidente que este trabajo encierra los aspectos necesarios para entender lo que implica la infraestructura carretera, es por eso que se pretende que sea un instrumento que de alguna manera complemente conocimientos sobre todo a estudiantes de ingeniería civil.

## I.- ANTECEDENTES

A partir de la década de 1920, el crecimiento de la Ciudad de México tanto demográfico como económico y la consiguiente extensión del área urbanizada, dio lugar a necesidades crecientes de intercomunicación y movilidad de sus habitantes. Al mismo tiempo, cobró mayor importancia el empleo de los vehículos con motor de combustión interna automóviles, autobuses y camiones.

En un primer momento, bastaron las antiguas calles y las de los nuevos fraccionamientos y colonias, junto con calzadas existentes de años atrás para canalizar los crecientes volúmenes de tránsito. Se experimentó entonces una incipiente diferenciación de las áreas urbanas, en la que destacaban la zona céntrica de negocios, comercio, gobierno y diversiones, junto con habitación popular en construcciones antiguas y vecindades así como las áreas de habitación de clase media y alta; se crearon las primeras colonias populares, así también las zonas industriales que en principio se extendieron en áreas servidas por los ferrocarriles.

A todo ello hay que agregar el empleo intenso de un importante parque de unidades de autotransporte de carga, para distribuir en toda el área urbana, un mayor número de productos manufacturados y artículos de consumo.

Los volúmenes de vehículos rápidamente fueron agotando la capacidad de las principales calles y avenidas, así como de los tramos iniciales de las primeras carreteras, convertidas en vías de acceso a las áreas que se urbanizan a uno y otro lado de ellas.

Así entre 1925 y 1945 se amplió la calzada de Tlalpan y se construyó la calzada nueva a San Angel, actualmente tramo sur de Insurgentes. Como parte de una urbanización residencial se prolongó al poniente el Paseo de la Reforma, conectándose a la carretera México-Toluca. Cabe mencionar, dentro de esta primera etapa, la construcción de la avenida Insurgentes Norte, boulevard de enlace con la carretera México-Nuevo Laredo.

Sin embargo, con la ampliación y modernización de avenidas importantes, que por sus características geométricas tenían capacidad de ofrecer un movimiento rápido en distancias considerables, como fueron en la calzada Tacubaya e Insurgentes Norte, las cuales contribuyeron en cierta medida a orientar el crecimiento urbano hacia las áreas que así resultaban mejor comunicadas.

Es así que se crea el programa 1972-1976 y el sistema vial urbano que tiene como finalidad la integración urbana del

Distrito Federal. Inicialmente la vía rápida denominada Circuito Interior se considera como la componente básica que permitiría resolver en gran medida los problemas detectados a través del análisis de la situación actual. Los estudios partieron del examen de las características de la circulación en la ciudad. Donde se muestra una tendencia a la concentración sobre itinerarios muy destacados: tramo poniente del Anillo Periférico, Viaducto Miguel Alemán, Calzada de Tlalpan, calzada Ignacio Zaragoza, avenida Insurgentes y Paseo de la Reforma, entre otros.

Debido al acelerado crecimiento en los niveles de motorización en la Ciudad de México y zona conurbada, ocasionó efectos considerables en la circulación de automotores, sobre todo en grandes avenidas y calzadas que permiten comunicar al Distrito Federal con colonias y ciudades cercanas a éste. En la actualidad uno de los problemas viales más trascendentes se localiza en al avenida de Insurgentes Norte, vía en la que convergen flujos considerables de vehículos tanto de carga como pasajeros, además de generar un tránsito importante de vehículos que realizan movimientos locales a las zonas industriales de Xalostoc, Ecatepec de Morelos, así como las colonias La Laguna, San Juan Ixhuatepec, Santa Isabel Tola, Constitución, Santa Clara, Cotitla y Tultepec, hasta entroncar con la caseta de cobro de la carretera México-Pachuca que presenta un flujo vehicular principalmente de pasajeros en viajes de negocios.

Al paso de los años el problema vial se ha ido agravando de manera acelerada, hasta convertirla en una de las vías más conflictivas de la ciudad, sin embargo los estudios y posibles soluciones a este problema se encontraron obstaculizados por algún tiempo, debido a incongruencias de opiniones de autoridades del Distrito Federal y del Estado de México, concerniente a la definición de límites urbanos.

Es hasta finales de 1990 cuando se inician los estudios para agilizar la posible ampliación del tramo, es así que en el primer semestre de 1991 se concursó y asigna la construcción del Par Vial Indios Verdes, el cual estaría a cargo de autoridades del Distrito Federal y se estimaría para su construcción y puesta en operación el transcurso de 1991.

A pesar de ello la obra tendría un desarrollo de 2.1 Km, longitud insuficiente para resolver el problema vial que continúa hacia el Estado de México.

En función de este problema el Departamento del Distrito Federal se dedicó a la tarea de buscar soluciones que permitirán aliviar el problema de vialidad de Insurgentes Norte, las cuales se fundamentaron en los planes y programas que tienen como objetivo ofrecer un mejor servicio, motivo por el que se procedió al análisis de las características actuales y crecimientos futuros.

### **I.1 LOCALIZACION**

La modernización del tramo de 2.1 km de la vía Insurgentes Norte se ubica en la parte norte del Distrito Federal y los límites del Estado de México, comúnmente conocida como salida hacia Pachuca, la totalidad del tramo en cuestión se aloja en terreno lomerío abrupto causa principal de problema vial, la modernización del tramo conflictivo tendrá afección directa al Cerro Zacatenco que se localiza del lado poniente del tramo y en el Cerro San Juanico que se ubica del lado oriente. Su desarrollo inicia en la avenida Acueducto aproximadamente a 750 metros hacia el norte de la estación del Metro Indios Verdes y termina a 200 m antes de llegar a la avenida Río de los Remedios. Con un desarrollo de 2.1 Km. En la actualidad es la conexión principal del movimiento de Pachuca hacia la ciudad de México y viceversa, además de uso local, a efecto de comunicar colonias, unidades habitacionales y una de las principales zonas industriales del país. En función de a lo anterior la ubicación de esta vía es económicamente estratégica para comunicar bienes y personas en esta región del país.

### **I.2 DATOS GENERALES DE LA ZONA**

Aunque el desarrollo de tramo conflictivo se ubica en una zona urbano-industrial, el volumen principal de personas que transita esta vía se desplaza a la zonas industriales y en menor número hacia viajes de recreo y de residencia.

El nivel económico de la zona es del considerado bajo, ya que algunos casos se carece de servicios primarios, sin embargo el asentamiento urbano ha crecido y su desarrollo es de forma irregular, acción que dificulta construir grandes avenidas que solucionen problemas de tráfico puntuales. Existen problemas graves de contaminación de humos y ruido, la ecología de la región en general es abundante contribuyendo a esta el parque Nacional del Tepeyac y a los cerros de Zacatenco y San Juanico; a pesar de ello existe la posibilidad de que las áreas verdes se reduzcan debido al crecimiento de la mancha urbana en esta región. Así también existe una alta vialidad de autobuses de pasajeros que realizan movimientos locales, que son subutilizados provocando contaminación y problemas de tráfico por descompostura y falta de suficiente tracción en los motores.

En función de lo anterior son evidentes los problemas críticos que actualmente padecen los habitantes del norte de Insurgentes, y los que por alguna razón se trasladen hacia Pachuca y sitios de interés particular y de trabajo.

## II. PLANEACION

### LA PLANEACION Y SUS ASPECTOS GENERALES

Antes de formalizar lo que serían los criterios generales sobre planeación de carreteras es necesario hacer hincapié en lo que entendemos por Planeación y sus aspectos generales.

Una de las diversas formas en que puede definirse esta disciplina es como sigue: "La Planeación es un proceso de análisis ordenado, sistemático y tan cuantitativo y cualitativo como sea posible, que se lleva a cabo cuando se pretende mejorar o modificar una situación."

La Planeación puede abarcar diversos niveles, desde lo más general, como puede ser la orientación de la situación socio-económica de un país, hasta casos más particulares como el análisis de proyectos aislados. El propósito de este proceso de análisis es el establecimiento de objetivos y metas por alcanzar.

Se inicia con la identificación del problema y las posibles alternativas de solución. El estudio de éstas, lleva a la fase de evaluación de proyectos, la que en forma sistematizada se aplica por primera ocasión en los planes elaborados en la década de los sesenta. En efecto, en ese período se introducen criterios que hacen posible el estudio de alternativas de inversión de acuerdo con la función de cada uno de los proyectos identificados, en virtud de que se impone un cuidadoso análisis de las inversiones en la infraestructura, que deberá cubrir tanto el monto de la inversión como sus efectos.

De acuerdo con la experiencia adquirida en el pasado, en la evaluación de proyectos viales, debe tomarse en cuenta que los efectos de estos son diferentes según el medio económico en el que se aplican. Es decir, las consecuencias de invertir serán muy distintas a la inversión, si se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o en otra en la que apenas se inicie un proceso de incorporación a la economía de mercado. La naturaleza de esas consecuencias da lugar al establecimiento de categorías o tipo de operación que en el caso de México se ajustó en tres: obras viales de función social, obras viales de penetración económica y obras viales para zonas en pleno desarrollo.

**Obras de Función Social:** Se refieren a aquellas cuyo objetivo principal es el de integrar al resto del país, a zonas o localidades de escasa potencialidad económica, sin embargo en ella existe un número de habitantes de cierta importancia. En función de este objetivo, el interés radica en comunicar al menor costo por habitante servido, de ahí que el criterio se haya basado en la relación costo-número de habitantes o beneficiarios.

Este criterio se ha aplicado ampliamente cuando se trata de caminos rurales, sin embargo, recientemente en la evaluación de estos se han introducido algunos conceptos de tipo económico, que podrían propiciar la eliminación del criterio inicial, mismo que si bien proporciona un indicador de selección de proyectos, conlleva que ésta se realice en beneficio de las poblaciones mayores, ubicadas en las cercanías de carreteras existentes, que podrían tener menos problema de comunicación que otras más alejadas y con igual o menor población.

Además, con este criterio sólo es posible comparar, para fines de prioridades, proyectos semejantes entre sí, al no medir los efectos o beneficios en términos económicos.

**Obras Viales de Penetración Económica:** Estas tienen como finalidad integrar mediante caminos a localidades que tienen una potencialidad económica, que pudiera tener importancia relevante con caminos cercanos de mayor trascendencia que de alguna manera promueven el desarrollo, con el principio de intercambiar mercados y transportar personas que representan una fuente de ingreso.

En la actualidad este tipo de obras se plantean en los esquemas directores estatales y tienen prioridad para los actuales planteamientos de desarrollo del actual gobierno.

Es por ello que la localización y puesta a consideración de este tipo de obras resurge como una necesidad para complementar la red troncal.

**Obras para Zonas Desarrolladas:** En este grupo se identifican las obras ubicadas en pleno desarrollo, cuyo efecto principal es la reducción de gastos, al proporcionar ahorros en los costos de transporte a los usuarios del proyecto. Estos ahorros se obtienen en función de menor distancia o tiempo de recorrido, y la posibilidad de cuantificarlos en términos monetarios, permite utilizar como criterio de evaluación el índice de rentabilidad de la inversión propuesta.

El cálculo de cada uno de los ahorros que puede proporcionar una obra, se realiza mediante la comparación entre los costos para la situación sin proyecto y los que prevalecerán una vez construida la obra propuesta. La comparación se efectúa a lo largo de la vida útil del proyecto que se va a evaluar. Para el análisis del Par Vial Indios Verdes se utilizó el criterio para una zona desarrollada. Cuyo objetivo es modernizar el tramo que presenta problemas a la circulación, tiene como finalidad abatir los costos de transporte e incorporar económicamente una amplia zona urbana, aunando el beneficio social que su ampliación trae consigo.

## II.1 ESTUDIO DE TRANSITO

Cada día es mayor el número de vehículos que congestionan la circulación sobre todo la parte limitada hacia el norte de la ciudad debido a los grandes volúmenes vehiculares que se trasladan hacia el Distrito Federal y los que salen de éste, ocasionando un elevado recuento de horas-hombre que se pierden por causa de embotellamientos.

Ante esta situación se elaboró el plan para la regulación del tráfico así como la adecuación de los servicios para el control de la vialidad. Dichos planes son los instrumentos dentro de las estrategias para el control de tránsito en el Distrito Federal y la zona fronteriza.

Dentro de las acciones que establecen estos planes; es el de contrarrestar los problemas específicos de la vialidad que resulta de gran relevancia económica debido al importante movimiento vehicular que en la actualidad se desarrolla a lo largo de la Av. Insurgentes, en el tramo comprendido entre el Paradero Indios Verdes y la salida a la Autopista México-Pachuca.

Este estudio está enfocado a mejorar la vialidad en el tramo de la Av. Acueducto de Guadalupe y Río de los Remedios, el cual presenta características físicas y de operación tales que la demanda registrada acusa la necesidad de transformación del mismo para poder absorber las demandas futuras que plantea el acelerado crecimiento de la ciudad.

Para el análisis del proyecto en cuestión la vialidad urbana se clasificó en dos grandes grupos, que son:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1. VIAS PRIMARIAS   | Vías de acceso controlado<br>Vías principales |
| 2. VIAS SECUNDARIAS | Calles colectoras<br>Calles locales           |

Las vías primarias forman la base principal por la que se desplazan los volúmenes más importantes del tránsito urbano. Si bien representan un porcentaje pequeño del kilometraje total de vialidad urbana, llevan un porcentaje importante de los volúmenes de tránsito entre los puntos más trascendentales de la zona metropolitana y de las conexiones con carreteras, terminales aéreas, áreas ferroviarias, de autobuses, etc.

**Vías de Acceso Controlado:** De las Vías Primarias se destacan las de Acceso Controlado, por sus especificaciones geométricas, y porque son aquellas que proporcionan un rápido y eficiente movimiento de grandes flujos vehiculares entre zonas a través de la mancha urbana.

**Vías Principales:** Son aquellas que dan servicio a los sectores a lo largo de la ciudad y aunque proporcionan acceso directo a propiedades requieren de ciertas normas de control de acceso de uso del área adyacente a las guarniciones.

**Calles colectoras:** Son aquellas que tienen características geométricas que permiten la comunicación entre arterias principales y locales. Presentan la peculiaridad de tener acceso a las propiedades.

**Calles locales:** Estas tienen la cualidad de servir en áreas privadas y las cuales poseen acceso directo a las propiedades. Por ser como su nombre lo indica, este tipo de calles permiten características o especificaciones más pobres que las anteriores.

Para el estudio de tránsito se determinó una área que se definió como zona de influencia la cual delimita al camino en estudio, es decir, el área que sufrirá los efectos causados por la carretera, al enriquecerse la comunicación e integración de la región urbana.

Tomando como eje la carretera, se ha definido como zona de influencia el área comprendida entre los 10 Km. a cada lado de la carretera por encontrarse en zona urbana.

Aunque esta área de influencia no necesariamente deba ser de 10 Km. a cada lado, dado que, en nuestro país la influencia carretera es notable, ésta podría ser mayor, pero para el análisis económico inmediato se tomará esta área como representativa.

En este caso las vías primarias analizadas son; La Av. Insurgentes, que se inicia a la salida de la Autopista México-Cuernavaca y continúa por Ciudad Universitaria, cruza paralelamente el Centro Histórico para terminar hasta el otro lado de la Ciudad, en la salida hacia Pachuca, Ecatepec y la Vía Morelos. Esta vía comunica el extremo de la zona sur de la ciudad con el área comercial y de servicios del centro y Nte. del Distrito Federal, mueve un volumen de tránsito de más de tres mil vehículos por hora en períodos de máxima demanda en ambos sentidos sobre 3 carriles de circulación, aunado a esto a la salida hacia Pachuca se conjuntan otras vías, como Av. San Juan de Aragón, Calzada Ticomán, Av. Lázaro Cárdenas, Calzada de Guadalupe, Calzada de los Misterios y la Vía Morelos, además de otras de menor importancia las cuales incrementan el volumen en forma considerable. El movimiento hacia Pachuca registró 22 080 vehículos promedio por día y hacia México 33 120, lo que sumado da un total de 55 200 vehículos, datos que se obtuvieron de aforar en dos estaciones ubicadas en el kilómetro 0+000 en ambos lados del tramo en cuestión (croquis II.1). Las lecturas se realizaron durante 18 horas continuas, desde las 6 de la mañana hasta las 11 de la noche, considerando como crítico el día jueves. (cuadros II.1 y II.2).

## PAR VIAL INDIOS VERDES

VOLUMENES DE TRANSITO  
MOVIMIENTO HACIA PACHUCA  
AFORO DE 18 HORAS  
DIA DE LA SEMANA: JUEVES

CUADRO N.1

TIEMPO DE OBSERVACION	TRANSITO EN EL ACCESO PUENTE						TRANSITO EN EL ACCESO LATERAL DEL PUENTE						TOTAL
	A	B	C	PESE- RAS	SUB- TOTAL	TOTAL	A	B	C	PESE- RAS	SUB- TOTAL	TOTAL	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	648	135	127	103	1013	250	19	28	1	298	1311	1311	
8	726	147	129	103	1105	265	23	27	3	318	1423	1423	
9	803	155	115	96	1189	298	29	24	3	364	1623	1623	
10	860	142	93	79	1174	252	22	18	2	294	1468	1468	
11	669	144	92	59	964	255	23	30	0	308	1272	1272	
12	643	111	82	52	888	252	16	22	2	292	1180	1180	
13	738	114	91	76	1019	272	17	25	3	317	1336	1336	
14	803	99	87	80	1079	267	21	22	3	313	1392	1392	
15	678	109	82	86	955	256	19	26	1	301	1256	1256	
16	699	99	95	72	962	258	18	22	0	294	1256	1256	
17	734	135	92	91	1062	267	23	19	3	312	1364	1364	
18	806	129	90	101	1126	296	21	23	3	343	1487	1487	
19	849	126	92	99	1166	286	25	28	3	342	1488	1488	
20	820	148	104	110	1182	274	21	30	2	327	1509	1509	
21	843	116	130	89	1178	284	27	28	3	342	1620	1620	
22	724	106	125	83	1038	267	19	18	3	307	1345	1345	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	12043	2013	1636	1379		4245	341	390	35		22080		

\* HORA DE MAXIMA DEMANDA

A: AUTOMOVILES  
B: AUTOBUSES  
C: CAMIONES

MOVIMIENTO HACIA MEXICO  
AFORO DE 16 HORAS  
DIA DE LA SEMANA: JUEVES

CUADRO II.2

TIEMPO DE OBSERVACION	TRANSITO EN EL ACCESO PUENTE					TRANSITO EN EL ACCESO LATERAL DEL PUENTE				SUB-TOTA	TOTAL
	A	B	C	PESE- RAS	SUB- TOTAL	A	B	C	PESERAS		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1160	189	178	126	1653	183	18	14	3	218	1871
8	1311	225	184	144	1864	200	16	16	4	236	2100
9	1664	292	145	143	2244	225	22	18	5	268	2512
10	1578	242	124	115	2057	210	16	10	3	239	2296
11	1254	201	123	94	1672	177	22	13	11	223	1895
12	1248	221	118	94	1681	145	20	12	4	181	1862
13	1422	185	122	111	1840	103	16	16	5	140	1980
14	1556	185	131	120	1992	155	10	5	4	174	2166
15	1562	185	162	105	2014	175	18	7	5	205	2219
16	1402	194	167	117	1900	195	22	15	5	237	2137
17	1263	196	132	112	1703	161	19	8	5	193	1896
18	1304	148	131	111	1694	149	16	16	10	191	1885
19	1278	238	117	81	1712	157	22	12	3	194	1906
20	1380	248	141	88	1855	145	26	14	2	187	2042
21	1543	253	179	106	2081	195	16	11	0	222	2303
22	1358	255	122	95	1831	195	17	3	4	219	2050
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	22280	3455	2296	1782		2770	296	188	73		33120

\* HORA DE MAXIMA DEMANDA

A: AUTOMOVILES B: AUTOBUSES C: CAMIONES

Además por encontrarse en una zona montañosa se tienen pendientes del 6.13%, que en primera instancia no parece muy crítica; pero al tener ésta un desarrollo en un kilómetro y considerando que en ella circula aproximadamente un 6% de camiones, un 12% de autobuses y un 7% de taxis colectivos del total del flujo vehicular que circula en la hora de máxima demanda.

Estudios de Velocidades y Demoras: En los sistemas de vialidad urbana una medida de la calidad del flujo son las velocidades vehiculares. Una forma de medirla es por medio de estudios de tiempos de recorrido y demoras a lo largo de un tramo de la vía, se trata de determinar los lugares donde ocurren éstas en el tránsito y las causas que ocasionan dichos retardos.

Para realizar el estudio se seleccionó un tramo de manera tal que el cruce quedara dentro de él. Se midieron los tiempos que invirtieron los conductores para entrar en el cruce y salir de él. Se citaron dos personas en cada extremo del tramo seleccionado, un observador provisto de un cronómetro y un anotador con hojas de campo. Se anotaron las 3 cifras últimas de las placas de los vehículos que pasaban frente a ellos, así como la hora.

Posteriormente en gabinete, se determinó la diferencia entre los tiempos de observación correspondientes a cada placa que serían los tiempos de recorrido de cada vehículo. Es importante mencionar que el análisis se efectuó en horas de máxima demanda.

La longitud del tramo considerado se midió directamente con cinta de acero, a lo largo 2.7 Km. Con la distancia y el tiempo de recorrido se obtuvieron las velocidades.

Para hacer el análisis de los tiempos de demoras se utilizaron los mismos datos del estudio de velocidades, donde se obtuvieron los resultados siguientes:

Para el tramo de Acueducto de Guadalupe hacia Pachuca se obtuvo una velocidad de 50 Km/Hr.

Para el tramo de Río de los Remedios hacia México se obtuvo una velocidad promedio de 35 Km/Hr.

## **II.2 TRAZO PRELIMINAR**

Una vez considerado el volumen vehicular, que en la actualidad maneja el tramo de Indios Verdes hacia la Autopista México-Pachuca y viceversa, se procedió a formular alternativas de solución.

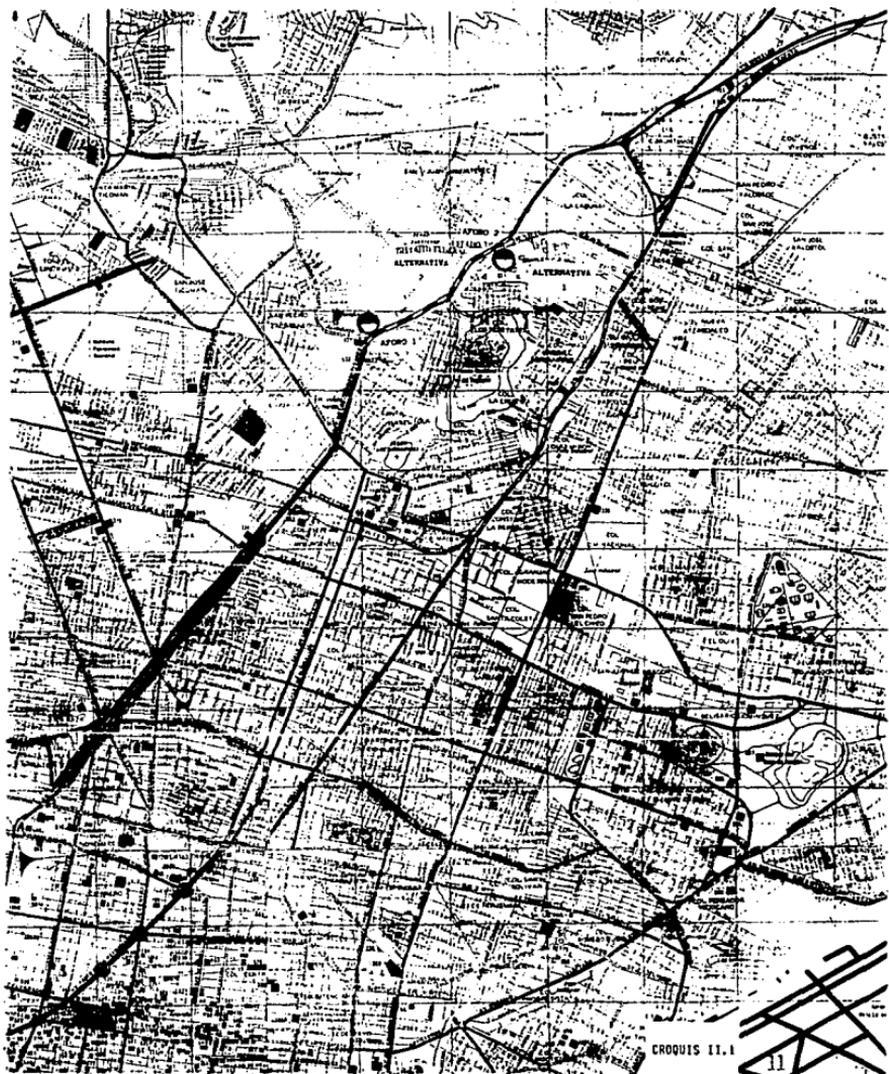
Debido a la complejidad de la zona en cuanto a derecho de vía así como al impresionante asentamiento urbano en la región se generaron dos alternativas de trazo (croquis II.1). La primera consiste en ampliar la actual avenida Centenario, a lo largo de 3 Km. la cual se localiza entre las avenidas de Los Insurgentes e Ing. Eduardo Molina, cruzando por las colonias Díaz Mirón, Vasco de Quiroga, Gabriel Hernández y del Obrero, la segunda alternativa, se aloja en colonias Santa Isabel Toia, San Pedro Zacatenco, La Laguna y la Unidad C.T.M., así como al poblado de San Juan Ixhuatepec, aproximadamente 200 m antes de cruzar la avenida río de los Remedios.

El análisis de trazo de la segunda alternativa consiste en ampliar la avenida de los Insurgentes, específicamente en el tramo conflictivo de 2.1 Km. de longitud en la actualidad presenta una pendiente de 6.13% en un kilómetro de recorrido, circunstancia que ocasiona un movimiento vehicular con baja velocidad, causa fundamental de embotellamientos en horas de máxima demanda.

El trazo se definió tomando como base la actual vía, (croquis II.1) la que tendría como acción modernizar las características geométricas, medida que redundará en el mejoramiento de la operación.

Para ambas alternativas se recomienda una ampliación de dos carriles en ambos sentidos, medida que podría soportar la actual demanda.

Para tomar la decisión sobre las 2 alternativas propuestas no fue necesario llegar a un análisis al detalle, debido a que la primera tenía un desarrollo de 3 Km. con cruce en zona



CROQUIS II.1

11

totalmente urbana, lo que traería como consecuencia un alto costo por indemnizaciones, obras inducidas y problemas graves de contaminación además de inconformidad de los habitantes que se encuentran cerca de la Avenida Centenario.

La segunda alternativa aunque a nivel construcción se consideró compleja por el hecho de trabajar con tráfico, sin embargo los beneficios en comparación con la primera son importantes, su desarrollo es de 2.1 Km. con cruce parcial en zona urbana, menor costo de construcción, además de mejorar la operación al incrementar las velocidades, reducir los costos de operación a los usuarios, ahorros significativos en horas-hombre, así como protección al medio ambiente.

**Población Beneficiada:** El dimensionamiento de la población servida es fundamentalmente industrial de la zona del Estado de México, así como en la salida y entrada de la Ciudad, particularizando en los municipios de Ecatepec, Sta. Clara, San Juan Ixhuatepec, Cuautepec, etc.

**Usos del Suelo:** Las actividades que se desarrollan normalmente en la zona influyen en los volúmenes que se presentan.

Tratándose de una zona principalmente de montaña y de negocios, el mediano porcentaje de casa-habitación es notorio.

Muy próximo al cruce, sobre la Avenida Insurgentes, hacia el poniente, se ubica una estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro. Esta corresponde a la línea tres y es la Estación Indios Verdes.

El cruce en estudio se encuentra enclavado en la Delegación Gustavo A. Madero, quedando sujeto a los planes de vialidad que marca el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de esa Delegación. Dentro de las acciones que propone este plan está la de estimular y desarrollar los distintos sistemas de transporte público colectivo.

## **ALTERNATIVAS DE SOLUCION**

### **a) Análisis de alternativas**

Los resultados de los análisis de capacidad y de las velocidades y demoras hacen ver que el cruce ya trabaja a su capacidad, con peligro para los peatones y con pérdidas apreciables para los conductores y pasajeros. Además, con el tiempo la situación se hará más crítica al aumentar la población, los vehículos y las transacciones comerciales de la zona.

A tal efecto se ensayaron alternativas de posible solución, las cuales se ven condicionadas por las pendientes de entrada y salida a la Ciudad de México.

Las actuales dimensiones de las secciones transversales permiten alojar la obra sin necesidad de afectación de propiedades. Para ello se están suponiendo dos carriles para cada acceso mejorando la pendiente en primer etapa, posteriormente reducir la pendiente en los tres carriles ya existentes.

### II.3.1 Estudio Geotécnico

Inicialmente se realizó una fotointerpretación de los mosaicos de la zona, determinándose que el proyecto en cuestión se encuentra en los bordes de los cerros Zacatenco y San Juanico, los cuales son complejos de composición andesítica con intercalaciones de materiales brechoideos, a los cuales sobreyacen tobas limosas, arenosas y pumiciticas. En las partes bajas se observan plataformas de suelos lacustres y materiales de aluvión que conforman la cubierta superior de la secuencia geológica.

Posteriormente, se realizaron recorridos por los alrededores muestreando los diferentes tipos de roca. Esta actividad permitió definir la estructura que presentan los materiales involucrados y delimitar el marco geológico para la caracterización del macizo rocoso.

De acuerdo con estos recorridos, se determinó que los cerros Zacatenco y San Juanico son de origen volcánico, compuestos en su parte interna por lavas andesíticas fracturadas y brechas andesíticas. Ambos aparatos volcánicos se encuentran cubiertos por tobas limosas compactas, tobas de pómez, depósitos de talud, abanicos aluviales sueltos y rellenos artificiales. En la parte plana, los materiales son de origen aluvio-lacustre, compuestos de arena, grava y limo.

Con el fin de colaborar y complementar el análisis geológico se realizaron 4 pozos a cielo abierto, todos en el camellón central, cuyas profundidades variaron de 1.2 a 3.5 metros.

- Pozo 1.- Este pozo se realizó en el cadenamamiento 1+940 a una profundidad de 2.5 m, de los cuales el primer metro y medio corresponde a rellenos heterogéneos poco compactados y el resto a arcillas, limos y arenas de consistencia media, este pozo se ubica en las cercanías de los materiales brechoideos del cerro San Juanico.

- Pozo 2.- Este pozo se realizó en el cadenamamiento 1+640 a una profundidad de 2.3 m. Encontrándose en los primeros 20 cm una cobertura de materiales de relleno a los cuales subyace una capa de 80 cm de arenas arcillosas intercaladas con arenas limpias en estado compacto. Posteriormente, se encuentra un limo arenoso muy compactado de aproximadamente 70 cm de espesor, a partir de los 2 m de profundidad se encuentra una roca tobácea alterada superficialmente y muy compacta que caracteriza la unidad de roca sobre la que se aloja este pozo.

- Pozo 3.- Este pozo se realizó en la zona donde se acumulan los depósitos aluviales del extremo Norte, justamente en el cadenamamiento 2+005. La profundidad de este pozo fue de 3.5 m, con una cobertura de materiales de relleno de 2.6 m. Subyaciendo estos materiales se encuentra un paquete de arenas limpias y litificadas de 70 cm de espesor y finalmente, en la base, una toba muy compacta.

- Pozo 4.- Se realizó en una de las partes altas del macizo rocoso, precisamente en el cadenamamiento 0+720, cerca de un contacto con materiales brechoides, este pozo presentó en su parte superior un espesor de aproximadamente 20 cm de materiales de relleno, a los cuales subyace un limo arenoso muy compacto y con fragmentos de roca.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo con el análisis y discusión de los resultados se determinaron 3 tipos de materiales. El material tipo 1 está constituido fundamentalmente por suelos y rellenos en estado suelto de poca o nula compactación. El material tipo 2 constituido principalmente por tobas regularmente compactas, presenta cierta resistencia por lo que se recomienda que los cortes tengan una pendiente de 3:1. El material tipo 3 está representado por brechas y lavas andesíticas de regular a buena calidad, se recomienda que los cortes se realicen con pendientes de 5:1.

Debido a que la depositación de los materiales cambia en tramos relativamente cortos, se recomienda que la excavación en roca se realice mediante el uso de precortes, medida que además de evitar el daño excesivo del macizo permitirá amortiguar las vibraciones producidas por la voladura.

## **II.4 ANALISIS DE FACTIBILIDAD (EVALUACION ECONOMICA)**

Para la realización de este capítulo se utilizó un programa elaborado por la Coordinación General de Planeación de la S.C.T., denominado "Programa de Evaluación de Carreteras" a fin de determinar la situación económica del proyecto la capacidad vehicular del tramo y el período de saturación en

caso de que se lleve a cabo la ampliación, se elaboró la corrida del modelo de evaluación que permite determinar estos aspectos. Previo a la utilización del modelo de evaluación, se realizó un análisis, el cual consiste en determinar las velocidades y capacidad. Para su desarrollo se utilizó la ayuda de hojas de codificación que se manejan para mayor facilidad y control.

Los datos más importantes utilizados para las condiciones con y sin proyecto son los siguientes:

	CONDICION CON PROYECTO	CONDICION SIN PROYECTO
Longitud	2.1 Km.	2.1 Km.
Ancho de carril	4.0 y 3.50	3.50
Tipo de Terreno	Lomerío	Montañoso
Distancia a obstáculos laterales	0.40 m	0.40 m
Porcentaje de visibilidad	85%	60%
Composición del Tránsito	A=75% B=6% C=19%	A=75% B=6% C=19%
Volumen de demanda	55 200	55 200

NOTA: El cambio en el tipo de terreno de montañoso a lomerío, se debe a que en ambas direcciones se plantea la ampliación a 5 carriles con grandes cortes al terreno, medida que permite tener pendientes adecuadas, típicas de un terreno lomerío.

En función de los datos antes mencionados se determinan las velocidades para cada nivel de servicio, así como su capacidad, este análisis permite definir que de acuerdo a la demanda durante la operación del proyecto, este alcanza su nivel de saturación al año 13 después de iniciada su operación (cuadro II.3). Esto quiere decir que después de este año las condiciones de operación se deteriorarán por el incremento de la demanda, sin embargo el tramo podrá seguir operando con velocidades menores a las de proyecto.

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### CALCULO DE LA CAPACIDAD DIARIA

CUADRO II.3

CONDICION CON PROYECTO								
No. DE CARRILES POR SENTIDO = 4 ANCHO DE ACOTAMIENTOS = 0.40								
ANCHO DE CARRILES EN METROS = 3.50 COMPOSICION A=75%,B=6%,C=19%								
TIPO DE TERRENO: LOMERIO %DE VISIBILIDAD = 85								
SERVICIO	VELOCIDAD OPERACIO	VEH. Eb	EQUIV. Ec	CAPACIDAD MEDIA HOR.	v/c	W	TI	CAP. TOTAL (PARA 4 ó 8 CARR.) C x 2
A	90	2	3	2 000	0.40	0.98	1.60	25 088
B	85	2	2.5	2 000	0.60	0.94	1.90	42 864
C	75	2	2.5	2 000	0.89	0.95	1.90	64 258
D	60	2	2	2 000	0.98	0.97	2.40	91 258
E	50	2	2	2 000	1.00	1.00	2.40	96 000
CONDICION SIN PROYECTO								
No. DE CARRILES POR SENTIDO = 2 ANCHO DE ACOTAMIENTOS = 0.40								
ANCHO DE CARRILES EN METROS = 3.50 COMPOSICION A=75%,B=6%,C=19%								
TIPO DE TERRENO: MONTAÑOSO %DE VISIBILIDAD = 60								
SERVICIO	VELOCIDAD OPERACIO	VEH. Eb	EQUIV. Ec	CAPACIDAD MEDIA HOR.	v/c	W	TI	CAP. TOTAL (PARA 4 ó 8 CARR.) C x 2
A	85	7	7	2 000	0.12	0.83	0.7050	2 360
B	75	7	10	2 000	0.24	0.84	0.5029	4 056
C	60	6	10	2 000	0.38	0.85	0.5058	6 018
D	50	4	12	2 000	0.45	0.86	0.4284	6 832
E	45	4	12	2 000	1.00	0.87	0.4284	14 908
VELOCIDADES DE OPERACION								
AÑO D OPERACION	TDPA	CON PROYECTO		SIN PROYECTO				
1991	55862	80		42				
1992	56533	79		41				
1993	57211	79		40				
1994	57898	78		40				
1995	58592	78		39				
1996	59296	77		39				
1997	60007	76		38				
1998	60727	75		37				
1999	61456	74		36				
2000	62193	73		35				
2001	62940	72		34				
2002	63695	71		34				
2003	64459	70		33		AÑO DONDE EL NIVEL DE OPERACION SE DETERIORA POR EL INCREMENTO DE TRANSITO		
2004	65233	69		33				
2005	66016	68		33				
2006	66808	67		32				
2007	67610	66		32				
2008	68421	65		31				
2009	69242	64		31				
2010	70073	64		31				

Posterior a este cuadro se vacían los datos en la hoja de codificación (tabla II.1) a efecto de ordenarlos y facilitar su uso. Con base en esta información el modelo realiza una comparación de las situaciones con y sin proyecto fundamentándose en los costos de operación de los vehículos así como los costos involucrados en horas-hombre perdidos por el bajo nivel de servicio. La tabla II.1 además de los datos del cuadro II.3 requiere principalmente de:

- Número de años de construcción
- Monto y distribución de la inversión así como la tasa de actualización.

El monto de la inversión se calculó, según los datos del D.D.F. a razón de 16'400 millones de pesos, distribuidos en un año. La tasa de actualización utilizada fue del 12% anual, por ser un proyecto de beneficio social.

- Los gastos anuales de conservación se estimaron en 24 millones para la condición sin proyecto y 48 millones con proyecto.
- Composición del tránsito, ingreso horario de conductores y pasajeros por vehículo.

El ingreso se estimó en función del salario mínimo a razón de 4 463 pesos, para conductores y para pasajeros de autobús se estimó en 2 975 pesos.

- Promedio de pasajeros por vehículo 3 para automóvil, 30 para autobús de los cuales se consideró 60% por negocios.

El modelo de evaluación proporciona 13 cuadros que debido a lo extenso de éstos solamente se mencionan los más significativos.

- Cuadro II.4. Presenta las condiciones en ausencia del proyecto.

Velocidades, costos por kilómetro y costos de operación anual para los distintos años que forman parte de la vida útil del proyecto, suponiendo que prevalecen las condiciones actuales.

MODERNIZACION Y OBRAS NUEVAS

AÑO DEL ESTUDIO		AÑO DEL PROYECTO		NOMBRE DEL PROYECTO		NOMBRE DEL TRAMO		TIPO DE TRAMO	
1990		2001		PAR VIAL INDIVIDUALES VERDES		ACUEDUCTO RVD DE LOS REVEDIBS		RVD	
FACTORES APLICABLES A LA INVERSION PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD F4.2						TASAS DE ACTUALIZACION PARA EL ANALISIS DE SENSIBILIDAD F5.3			
INVERSION		DISPERCION DE LA INVERSION		TASA DE ACTUALIZACION					
F4.1		F4.2		F5.3					
0.1		0.1		0.1					
1600000000		1000000000		0.20					
CONDUCTOR		PASAJEROS		CARGA		CARGA		CARGA	
F6.2		F6.3		F6.4		F6.5		F6.6	
1		1		1		1		1	
5500		95		19		06		2400000000	
VELOCIDADES DE AUTOMOVIL SIN PROYECTO		SOP/S.O		CONDUCTOR		PASAJEROS		CARGA	
F7.1		F7.2		F7.3		F7.4		F7.5	
00		42		41		40		19	
26		36		35		35		27	
VELOCIDADES DE AUTOMOVIL CON PROYECTO		SOP/S.O		CARGA		CARGA		CARGA	
F8.1		F8.2		F8.3		F8.4		F8.5	
00		80		79		79		78	
69		66		65		64		64	

IR = 21.40%

IRR = 97.48%

VPN =

IRI =

489 853 U.M. de Ptas.

65.85%

Alcaldía Municipal No. 1.  
Dic. 91

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### CONDICIONES EN AUSENCIA DEL PROYECTO

CUADRO II.4

AÑO	VELOCIDADES (Km/H)			COSTOS (Pesos/Km/Día/Vehículo)			COSTOS DE OPERACION ANUAL (Miles de Pesos)			TOTAL
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1990	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0
1991	42	34	22	296.8	380.7	583.1	11362720	3672486	2111421	1718830
1992	41	33	21	301.4	385.1	705.2	13770860	4480664	2678012	20908810
1993	40	33	21	304.0	389.9	717.9	16647950	5418866	3148222	25233830
1994	40	33	21	304.0	389.9	717.9	20001540	6498988	3778067	30290800
1995	39	32	20	308.8	395.2	731.1	24222210	7905118	4818567	38745800
1996	39	32	20	308.8	395.2	731.1	29066650	9488142	5842280	44096080
1997	39	32	20	308.8	395.2	731.1	34879990	11383370	6650737	52914100
1998	38	31	20	309.8	400.9	745.0	42264870	13837380	8131803	64253830
1999	38	31	20	309.8	400.9	745.0	50717610	16628830	9758284	77104720
2000	38	31	20	309.8	400.9	745.0	60861140	19964580	11708940	92525870
2001	37	30	19	313.0	407.1	759.4	73792900	24314830	14324260	112431990
2002	37	30	19	313.0	407.1	759.4	86661480	29177790	17188110	134918380
2003	37	30	19	313.0	407.1	759.4	106270688	35013380	20828630	161910868
2004	37	30	19	313.0	407.1	759.4	127524888	42016730	24782320	184293048
2005	36	29	19	318.4	413.8	774.5	154882007	51246880	30291840	23629027
2006	36	29	19	318.4	413.8	774.5	186630481	61498810	36348880	283476861
2007	35	29	18	320.2	421.0	790.2	229431838	73079190	44508870	348014888
2008	35	29	18	320.2	421.0	790.2	279618240	90095030	53404280	414017840
2009	35	29	18	320.2	421.0	790.2	344621222	129129704	64086140	488833886
2010	34	28	18	324.2	426.7	806.5	394412580	132124558	78482130	506828658

- Cuadro II.5 se presentan las condiciones en presencia del proyecto.

Proporciona los mismos datos del cuadro anterior, pero suponiendo que si se efectúa la construcción del proyecto

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## CONDICIONES EN PRESENCIA DEL PROYECTO

CUADRO II.5

AÑO	VELOCIDADES			COSTOS			COSTOS DE OPERACION ANUAL			TOTAL
	(Km/h)			(Pesos/km/Día/Vehículo)			(Miles de Pesos)			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1990	0	1	1	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0
1991	80	49	41	243.8	350.9	500.5	9283998	3385142	1524814	14193890
1992	79	48	40	244.4	350.9	501.9	11188490	4082005	1834781	17085260
1993	79	48	40	244.4	350.9	501.9	13402190	4874408	2201713	20478310
1994	78	47	40	245.1	350.9	503.3	16129100	6850158	2646636	24626900
1995	77	47	39	245.9	351.1	504.9	19417980	7022680	3189189	29629650
1996	76	46	39	246.8	351.3	506.5	23385510	8432042	3839274	35656820
1997	75	46	38	247.8	351.8	508.2	28172490	10126620	4622739	42921840
1998	74	45	38	248.8	351.9	510.0	33949040	12184770	5567203	51681020
1999	73	44	37	249.9	352.4	512.0	40820520	14818990	6706088	62243590
2000	72	44	37	251.1	353.0	514.0	49334660	17568420	8079832	74982920
2001	71	43	36	252.3	353.8	516.2	59490850	21122010	9737404	90350270
2002	70	43	36	253.6	354.4	518.8	71790020	25402250	11738130	108890400
2003	69	42	35	254.9	355.3	521.1	86547940	30559780	14153910	132281810
2004	68	41	35	256.3	356.3	523.8	104423578	36776940	17071920	158272438
2005	67	41	34	257.7	357.5	526.6	123888238	44274880	20697960	180888488
2006	66	40	34	259.1	358.7	529.7	145918888	53320740	24880400	230183988
2007	65	40	33	260.5	360.2	532.9	163480878	64239790	30015230	277858888
2008	64	39	33	262.0	361.8	536.4	221848488	77425790	36251840	338028088
2009	64	39	33	262.0	361.8	536.4	268618180	92910980	43602320	402031470
2010	64	39	33	262.0	361.8	536.4	318741787	111506100	52202790	482450687

- Cuadro II.6. Presenta la diferencia de costos de operación

Se dan las diferencias en costos de operación con y sin proyecto para todos los años de la vida útil del proyecto.

- Cuadro II.7 Ahorros y beneficios por menor tiempo de recorrido.

Se calculan los beneficios que se producen al disminuir los tiempos de recorrido, esos beneficios son ahorros de los usuarios por llegar antes a su destino.

Los resultados de esta tabla se dividen en dos grupos: en el primero se proporcionan para cada tipo de vehículo, los ahorros en hora por menores tiempos de recorrido, y en el segundo se cuantifican los beneficios anuales debidos a esos ahorros.

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## DIFERENCIAS DE LOS COSTOS DE OPERACION

(Miles de Pesos)

CUADRO II.6

AÑO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO	BENEFICIOS
1990	0	0	0
1991	17166630	14193890	2972736
1992	20806910	17065260	3741652
1993	25233830	20478310	4755522
1994	30280600	24628900	5651704
1995	36745900	29629650	7116044
1996	44095080	35656820	8439252
1997	52914100	42921840	9992252
1998	64253930	51681020	12572910
1999	77104720	62243590	14861130
2000	92525670	74982920	17542750
2001	112432000	90350270	22081700
2002	134918400	108890400	26027980
2003	161902100	131261600	30640460
2004	194282500	158259100	36023360
2005	236251800	190843800	45408020
2006	283502200	230176900	53325330
2007	345005600	277661800	67343780
2008	414006800	334995300	79011490
2009	496808100	401994300	94813780
2010	605061900	482393300	122668600

### - Cuadro II.8 Cálculo de la tasa de recuperación.

En esta tabla se calcula el valor de la tasa interna de retorno para la inversión dada. El valor de la tasa indica cual es el índice de actualización para que los beneficios y los costos actualizados son iguales durante toda la vida útil del proyecto.

Este resultado no se proporciona cuando el índice es menor que 1, ya que en ese caso los beneficios jamás llegarán a igualar a los costos, a menos que se utilice una tasa de actualización menor que la elegida. También se analiza el Índice de Rentabilidad en la tabla se proporciona, año con año, los beneficios y los costos totales y sus valores actualizados, los cuales se suman y se dividen para obtener el índice de rentabilidad.

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## AHORROS Y BENEFICIOS POR MENOR TIEMPO DE RECORRIDO

CUADRO II.7

AÑO	AHORROS (Horas)			BENEFICIOS (Miles de Pesos)			TOTAL
	A	B	C	A	B	C	
1990	0	0.000	0	0	0	0.00	0
1991	0.024	0.019	0.047	4228168	4858400	0.00	9086567
1992	0.025	0.020	0.049	5283345	6131876	0.00	11395220
1993	0.026	0.021	0.052	6644281	7955479	0.00	14599760
1994	0.026	0.021	0.051	7868296	9292255	0.00	17160550
1995	0.027	0.022	0.053	9809824	11741700	0.00	21551530
1996	0.026	0.021	0.052	11612820	13704120	0.00	25317240
1997	0.026	0.021	0.052	13739540	15970220	0.00	29709760
1998	0.027	0.022	0.054	17149990	20223280	0.00	37373280
1999	0.026	0.021	0.053	20282410	23546080	0.00	43828500
2000	0.026	0.020	0.052	23971880	27365000	0.00	51336880
2001	0.027	0.022	0.054	29959830	34734900	0.00	64694740
2002	0.027	0.021	0.054	35392880	40326080	0.00	75718960
2003	0.026	0.020	0.053	41781330	46717170	0.00	88498500
2004	0.026	0.019	0.052	49285070	53992570	0.00	103277640
2005	0.027	0.021	0.054	61692160	68791600	0.00	130483760
2006	0.027	0.020	0.053	72728000	79390130	0.00	152118130
2007	0.028	0.021	0.055	91148180	98367520	0.00	189515700
2008	0.027	0.020	0.054	129261840	113825280	0.00	243087120
2009	0.027	0.020	0.054	157081010	136590360	0.00	293671370
2010	0.029	0.023	0.058	202285010	178049780	0.00	378334790

NOTA:

	A	B	C
INGRESO HORARIO PASAJEROS	\$2 975.00	\$2 975.00	
INGRESO HORARIO CONDUCTORES	\$4 463.00		
PROMEDIO DE OCUPANTES	4	31.6	2
%VIAJES DE NEGOCIOS		44%	

- Cuadro II.9 Análisis de Sensibilidad.

Finalmente se hace un análisis de sensibilidad donde se varían los montos de inversión, es evidente que el proyecto es altamente rentable, debido a las elevadas tasas del índice de rentabilidad.

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### CALCULO DE LA TASA DE RECUPERACION

CUADRO II.8

AÑO	BENEFICIOS	FACTOR DE	SALDO	
	NETOS	ACTUALIZ	ACTUALIZADO	BALANCE
1990	-16349600	1	-16349600	-16349600
1991	12008900	0.5064	6080890	-10268710
1992	15086470	0.2564	3888258	-6400454
1993	19304880	0.1298	2506447	-3894007
1994	22761860	0.0657	1496452	-2397555
1995	28617170	0.0333	952677	-1444879
1996	33705100	0.0169	568170	-876709
1997	39651610	0.0085	338460	-538249
1998	49895790	0.0043	215662	-322586
1999	57480020	0.0022	125803	-196783
2000	68829230	0.0011	76280	-120503
2001	86726040	0.0006	48669	-71835
2002	101696500	0.0003	28898	-42936
2003	119088600	0.0001	17136	-25801
2004	139250800	0.0001	10146	-15655
2005	175841400	0	6488	-9167
2006	205468700	0	3839	-5329
2007	259781700	0	2457	-2871
2008	303116600	0	1452	-1419
2009	363750000	0	882	-537
2010	473699900	0	582	45

TASA DE RECUPERACION = 97.49

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### ANALISIS DE SENSIBILIDAD

CUADRO II.9

% INVE RSION	INVERSION EN EL TRAMO	SIN CONSIDERAR		CONSIDERANDO AHORROS	
		AHORROS EN TIEMPO		EN TIEMPO	
		I. R.	T. I. R.	I. R.	T. I. R.
100	16400000000	7.57	38.95	29.60	97.49
120	19680000000	6.36	35.25	24.84	84.90
140	22960000000	5.48	32.45	21.40	75.86
160	26240000000	4.81	30.24	18.80	69.04
180	29520000000	4.29	28.41	16.76	63.89
200	32800000000	3.87	26.88	15.12	59.39
225	36900000000	3.45	25.28	13.47	55.03
250	41000000000	3.11	23.88	12.15	51.51

## CONCLUSIONES

La relevancia que en la actualidad representa la vialidad de Indios Verdes (Insurgentes Norte) es trascendente para la Ciudad de México, ya que es la Avenida que recorre todo lo largo de la Ciudad de Norte a Sur.

Es también la vialidad donde muchos de los mexicanos que habitan al norte de la ciudad se trasladan en el menor tiempo posible a su centro de trabajo, así como el principal acceso hacia la carretera a Pachuca conjuntamente con avenidas de menor movimiento como la Av. de los Misterios, Av. Montevideo, y el Eje Central entre otras.

La importancia económica que tiene esta vialidad en la zona norte de la ciudad radica principalmente en que en ésta se encuentra a una gran población industrial de diversos sectores de producción dando como resultado, una demanda considerable de infraestructura carretera, debido a que la vialidad por donde los productos que se manufacturan en estas zonas, tengan que circular por la Avenida de los Insurgentes. Dando con ésto una importancia bastante grande económicamente al país.

En cuanto al movimiento de personas que habitan en el Estado de México y que deben trasladarse para realizar sus actividades en el Distrito Federal, utilizan la vialidad de Insurgentes dado que es el acceso principal de mucha gente del Estado de México. Como fundamento a lo expresado es necesario citar que el paradero Indios Verdes es el segundo más importante en el Distrito Federal por la gran cantidad de usuarios que lo utiliza.

Debido a lo anterior la avenida de los Insurgentes representa una vía necesaria, que sin embargo presenta problemas que se suscitan cuando una vialidad de este tipo llega a su máxima capacidad que son:

- Pérdidas de horas-hombre
- Incremento de la contaminación
- Incremento del costo de operación

En síntesis los beneficios que se lograrían al desarrollar el proyecto de Indios Verdes son muchos, ya que esto embuelve un gran número de situaciones de las cuales se mencionan las más significativas:

- a) Se reducirían los tiempos perdidos por el congestionamiento.
- b) Los costos de operación se reducirían grandemente y
- c) Se reduciría el foco de contaminación provocado por el congestionamiento.

En cuanto a los indicadores económicos obtenidos en el modelo de evaluación se obtuvieron los siguientes resultados.

La vía alcanzará un nivel de operación óptimo en el año 13 después de la puesta en operación, de tal manera que su velocidad de proyecto se irá deteriorando en función de; incremento vehicular .

Los indicadores económicos más significativos son:

Índice de Rentabilidad = 29.60%

Tasa Interna de Retorno = 97.49%

Índice de Rentabilidad Inmediata = 65.85%

Valor Presente Neto = 489 953 millones de pesos

Los resultados arrojados por el modelo de evaluación corrobora que el proyecto es altamente rentable, aunque sólo se consideren los beneficios por costos de operación.

### **III.- DISEÑO**

#### **III.1 DISEÑO GEOMETRICO**

Para dar inicio al diseño geométrico, es necesario mencionar que una de las principales condicionantes son las pendientes de entrada y salida de la Cd. de México; así mismo las secciones transversales permiten la realización de la obra sin necesidad de afectación de propiedades.

Por lo anterior se proponen dos carriles para cada acceso y el mejoramiento de las pendientes en una primera etapa, para posteriormente reducir la pendiente en los tres carriles existentes.



El grado máximo de curvatura que puede tener una curva es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto.

2) Radio de la Curva. Es el radio de la curva circular. Se simboliza como Rc. De la expresión (1) se tiene:

$$R_c = \frac{1\ 145.92}{G_c} \dots\dots\dots(2)$$

3) Angulo Central. Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como Δc En curvas simples es igual a la deflexión de las tangentes.

4) Longitud de Curva. Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se le representa como lc.

$$l_c = 20 \frac{\Delta c}{G_c} \dots\dots\dots(3)$$

5) Subtangente. Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como ST. del triángulo rectángulo PI-O-PT se tiene:

$$ST = R_c \tan \Delta c/2 \dots\dots\dots(4)$$

6) Externa. Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra E. En el triángulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$E = R_c \sec \frac{\Delta c}{2} - R_c = R_c \left( \sec \frac{\Delta c}{2} - 1 \right) \dots\dots\dots(5)$$

7) Ordenada Media. Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra M. Del triángulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta c}{2} = R_c \operatorname{sen} \operatorname{ver} \frac{\Delta c}{2} \dots\dots\dots(6)$$

8) Deflexión a un Punto Cualquiera de la Curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente de Pc y la tangente en el punto considerado. Se le representa como θ. Se puede establecer:

$$\frac{\theta}{1} = \frac{G_c}{20} \dots \theta = \frac{G_c l}{20} \dots\dots\dots(7)$$

9) Cuerda. Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Se le denomina C. S.: Esos puntos son el PC y el PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga. En el triángulo PC-O-PSC

$$C = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \dots \dots \dots (8)$$

Para la cuerda larga:

$$CL = 2 R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta c}{2} \dots \dots \dots (8)$$

10) Angulo de la Cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada. Se representa como  $\phi$ . En el triángulo PC-O-PSC

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

y teniendo en cuenta la expresión (7)

$$\phi = \frac{Gc1}{40} \dots \dots \dots (9)$$

Para la cuerda larga:

$$\phi_c = \frac{Gc1c}{40}$$

Para fines de este trabajo sólo se analizarán con fines esquemáticos una curva horizontal y una vertical, ya que para el cálculo de todas las demás se utiliza el mismo sistema.

Los datos para el cálculo, se obtuvieron previamente en campo con la ayuda del topógrafo.

A efecto de simplificar su análisis se obtendrán los resultados necesarios para su trazo en el terreno.

Una vez identificados en un plano definitivo los puntos de inflexión, los cuales marcan la ubicación de las curvas, se determina la deflexión de las tangentes mediante aparatos topográficos, para la curva del análisis este tiene un valor de  $29^{\circ}05'58''$ . El punto de inflexión PI se marca en función del cadenamieto donde se cruzan dos tangentes para esta curva el punto de inflexión se localizó en el cadenamieto  $PI=1+070.093$ , para el cálculo del grado de curvatura, es necesario apoyarse de la tabla (7-B proyecto geométrico, S.C.T.) donde se ubican las deflexiones y las cuerdas de las curvas que para este caso es de 20 m, el radio calculado en campo es de 312.086 m, y de esta manera se localiza en la tabla mencionada el radio en cuestión, el cual se analiza mediante ponderación de los ya estimados, así se ubica el grado de curvatura  $G=3^{\circ}40'$ , además de estos datos es necesario definir la ampliación de la curva, es decir de acuerdo a normas de la S.C.T. los carriles en curva tienden a ser más anchos en función de las características geométricas, esta ampliación se debe a la dificultad de maniobra de camiones y vehículos de dimensiones considerables, para determinar el ancho modificado en curva se utiliza la fórmula:

$$Z = 0.1 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad \text{donde: } V = \text{velocidad (K/H.)} \\ R = \text{radio en (M)}$$

Por lo tanto tenemos que  $Z = 0.1 (75 / \sqrt{312.086}) = 0.424 \text{ m.}$

La sobreelevación de la curva se obtiene utilizando la figura (9.3 proyecto geométrico, S.C.T.) en la cual entramos con el grado de curvatura  $G$  en este caso  $3^{\circ}40'$  seguimos la línea en forma horizontal hasta encontrar la velocidad de proyecto en este caso 75 km/hr. de esta manera se encuentra la sobreelevación que resulta de 5%, de la misma figura obtenemos la longitud de transición en m. la forma de obtenerla es partiendo del resultado de la sobreelevación que fue de 5%, entonces se traza una línea vertical, hasta alcanzar las curvas que se encuentran en la parte superior de la figura, cruzamos la curva cuya velocidad es la de proyecto y se traza una línea vertical, de esta forma se determina la longitud de transición que es de 32 m. esto quiere decir que se necesitan 32 metros para que los vehículos puedan realizar las maniobras necesarias reduciendo al mínimo la velocidad que traigan antes de entrar a la curva.

Cálculo de la curva D Izq. y D Dere.

Para D Izq.

Datos:	Delta	= $20^{\circ}05'58''$	$G = 3^{\circ}40'$
	Ampliación	= 42 cm	Sobreelevación 5%
	Longitud de transición	34 m	
	PI	= 1+079.093	

TABLA 7-B. DEFLACIONES Y CUERDAS DE CURVAS CIRCULARES

GRADO	RADIO	DEFLEXION POR METRO DE ARCO	ANGULO DE LA CUERDA PARA LONGITUD DE ARCO DE			LONGITUD DE CUERDA PARA ARCOS DE		
			3m	10m	20m	5m	10m	20m
0°	487,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1°	303,7	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	
2°	220,1	2,58	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	
3°	171,5	3,85	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	
4°	137,9	5,12	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	
5°	114,7	6,39	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
6°	98,9	7,66	0,00	0,00	0,00	0,00	120,00	
7°	86,5	8,93	0,00	0,00	0,00	0,00	140,00	
8°	76,5	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	160,00	
9°	68,7	11,47	0,00	0,00	0,00	0,00	180,00	
10°	62,5	12,74	0,00	0,00	0,00	0,00	200,00	
11°	57,7	14,01	0,00	0,00	0,00	0,00	220,00	
12°	54,1	15,28	0,00	0,00	0,00	0,00	240,00	
13°	51,4	16,55	0,00	0,00	0,00	0,00	260,00	
14°	49,4	17,82	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	
15°	48,0	19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	
16°	47,1	20,36	0,00	0,00	0,00	0,00	320,00	
17°	46,6	21,63	0,00	0,00	0,00	0,00	340,00	
18°	46,4	22,90	0,00	0,00	0,00	0,00	360,00	
19°	46,4	24,17	0,00	0,00	0,00	0,00	380,00	
20°	46,6	25,44	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00	
21°	46,9	26,71	0,00	0,00	0,00	0,00	420,00	
22°	47,3	27,98	0,00	0,00	0,00	0,00	440,00	
23°	47,7	29,25	0,00	0,00	0,00	0,00	460,00	
24°	48,1	30,52	0,00	0,00	0,00	0,00	480,00	
25°	48,5	31,79	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	
26°	48,9	33,06	0,00	0,00	0,00	0,00	520,00	
27°	49,3	34,33	0,00	0,00	0,00	0,00	540,00	
28°	49,6	35,60	0,00	0,00	0,00	0,00	560,00	
29°	49,9	36,87	0,00	0,00	0,00	0,00	580,00	
30°	50,2	38,14	0,00	0,00	0,00	0,00	600,00	
31°	50,5	39,41	0,00	0,00	0,00	0,00	620,00	
32°	50,8	40,68	0,00	0,00	0,00	0,00	640,00	
33°	51,1	41,95	0,00	0,00	0,00	0,00	660,00	
34°	51,4	43,22	0,00	0,00	0,00	0,00	680,00	
35°	51,7	44,49	0,00	0,00	0,00	0,00	700,00	
36°	52,0	45,76	0,00	0,00	0,00	0,00	720,00	
37°	52,3	47,03	0,00	0,00	0,00	0,00	740,00	
38°	52,6	48,30	0,00	0,00	0,00	0,00	760,00	
39°	52,9	49,57	0,00	0,00	0,00	0,00	780,00	
40°	53,2	50,84	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	
41°	53,5	52,11	0,00	0,00	0,00	0,00	820,00	
42°	53,8	53,38	0,00	0,00	0,00	0,00	840,00	
43°	54,1	54,65	0,00	0,00	0,00	0,00	860,00	
44°	54,4	55,92	0,00	0,00	0,00	0,00	880,00	
45°	54,7	57,19	0,00	0,00	0,00	0,00	900,00	
46°	55,0	58,46	0,00	0,00	0,00	0,00	920,00	
47°	55,3	59,73	0,00	0,00	0,00	0,00	940,00	
48°	55,6	61,00	0,00	0,00	0,00	0,00	960,00	
49°	55,9	62,27	0,00	0,00	0,00	0,00	980,00	
50°	56,2	63,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1000,00	
51°	56,5	64,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1020,00	
52°	56,8	66,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1040,00	
53°	57,1	67,35	0,00	0,00	0,00	0,00	1060,00	
54°	57,4	68,62	0,00	0,00	0,00	0,00	1080,00	
55°	57,7	69,89	0,00	0,00	0,00	0,00	1100,00	
56°	58,0	71,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1120,00	
57°	58,3	72,43	0,00	0,00	0,00	0,00	1140,00	
58°	58,6	73,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1160,00	
59°	58,9	74,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1180,00	
60°	59,2	76,24	0,00	0,00	0,00	0,00	1200,00	
61°	59,5	77,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1220,00	
62°	59,8	78,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1240,00	
63°	60,1	80,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1260,00	
64°	60,4	81,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1280,00	
65°	60,7	82,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1300,00	
66°	61,0	83,86	0,00	0,00	0,00	0,00	1320,00	
67°	61,3	85,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1340,00	
68°	61,6	86,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1360,00	
69°	61,9	87,67	0,00	0,00	0,00	0,00	1380,00	
70°	62,2	88,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1400,00	
71°	62,5	90,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1420,00	
72°	62,8	91,48	0,00	0,00	0,00	0,00	1440,00	
73°	63,1	92,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1460,00	
74°	63,4	94,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1480,00	
75°	63,7	95,29	0,00	0,00	0,00	0,00	1500,00	
76°	64,0	96,56	0,00	0,00	0,00	0,00	1520,00	
77°	64,3	97,83	0,00	0,00	0,00	0,00	1540,00	
78°	64,6	99,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1560,00	
79°	64,9	100,37	0,00	0,00	0,00	0,00	1580,00	
80°	65,2	101,64	0,00	0,00	0,00	0,00	1600,00	
81°	65,5	102,91	0,00	0,00	0,00	0,00	1620,00	
82°	65,8	104,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1640,00	
83°	66,1	105,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1660,00	
84°	66,4	106,72	0,00	0,00	0,00	0,00	1680,00	
85°	66,7	107,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1700,00	
86°	67,0	109,26	0,00	0,00	0,00	0,00	1720,00	
87°	67,3	110,53	0,00	0,00	0,00	0,00	1740,00	
88°	67,6	111,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1760,00	
89°	67,9	113,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1780,00	
90°	68,2	114,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1800,00	

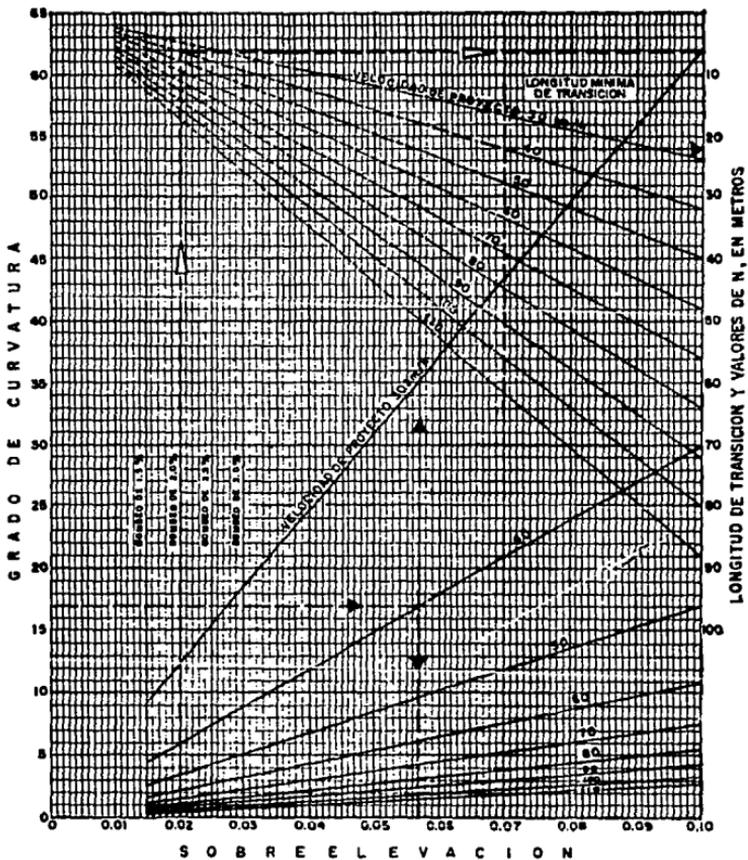


FIGURA 9.3. SOBREELEVACIONES Y LONGITUDES DE TRANSICION PARA SOBREELEVACION MAXIMA DE 10%

De acuerdo con las fórmulas mencionadas se tiene:

$$R = 1145.92/3.666 = 312.523$$

$$St = R \text{ tangente } \Delta/2 = 313 \text{ tang } \frac{29.09944}{2} = 81.11 \text{ m.}$$

$$Lc = 20 \frac{\Delta c}{Gc} = 20 \left( \frac{29.09944}{3.6666} \right) = 158.724 \text{ m}$$

$$Pc = 1+070.093 - 81 = 989.093 = 0+989.093$$

$$Pt = 989.093+158.724 = 1147.817 = 1+147.817$$

Para D Der.

Datos: Delta = 29° 32' 34"                      G = 4° 19"  
Ampliación = 46 cm                      Sobreelevación 5.7%  
Longitud de transición 31 m  
PI = 1+048.950

$$R = 1145.92/4.316 = 265.464 \text{ m}$$

$$ST = R \text{ tangente } \Delta/2 = 265.464 \text{ tangente } \left( \frac{29.5427}{2} \right) = 69.99 = 70\text{m}$$

$$Lc = 20 \frac{\Delta c}{Gc} = 20 \left( \frac{29.5427}{4.316} \right) = 136.898$$

$$Pc = 1+048.950-70 = 978.95 = 0+978.950$$

$$Pt = 978+950 + 136.898 = 1115.848 = 1+115.848$$

En las tablas (III.1.1) y (III.1.2) se presentan los datos complementarios a las curvas horizontales de el tramo.

Una vez obtenidas las dimensiones de la curva se plasma en forma gráfica en un plano en planta.

Curvas Verticales.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante.

**PAR VIAL INDIOS VERDES**  
**DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES**

TAB. 1 III.1.1

No. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO			CADENAMIENTOS				No. DE CURVA
		PI	R	ST	LC	PC	PT		
1	IZQ	0+226 221	06°57'50" (I)	164 348	10 000	19 976	0+216 221	0+236 196	1
2	IZQ	0+334 445	04°53'42" (D)	233 957	10 000	19 988	0+324 445	0+344 433	2
3	IZQ	0+543 213	03°56'57" (I)	291 282	10 000	19 982	0+533 213	0+553 205	3
4	IZQ	0+623 394	00°48'36" (D)	1414 687	10 000	20 000	0+613 394	0+633 394	4
5	IZQ	1+056 600	22°55'41" (I)	271 373	70 000	157 015	0+966 600	1+125 815	5
1	DERE	0+332 841	04°53'42" (D)	350 935	15 000	29 982	0+317 841	0+347 823	1
2	DERE	0+650 941	01°03'10" (I)	1088 438	10 000	19 988	0+640 941	0+660 940	2
3	DERE	0+754 554	01°36'52" (I)	708 742	10 000	19 988	0+744 554	0+764 553	3
4	DERE	1+046 857	29°32'34" (I)	303 401	80 000	156 438	0+966 857	1+123 296	4

**DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES**

No. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO			CADENAMIENTOS				No. DE CURVA
		PT	R	ST	LC	PC	PT		
A	IZQ	0+334 445	04°53'42" (D)	233 957	10 000	19 988	0+324 445	0+344 433	A
B	IZQ	0+543 213	03°55'57" (I)	291 282	10 000	19 992	0+553 213	0+553 205	B
C	IZQ	0+623 394	00°48'36" (D)	1414 687	10 000	20 000	0+613 394	0+633 394	C
A	DERE	0+332 841	04°53'42" (D)	350 935	15 000	29 982	0+317 841	0+347 823	A
B	DERE	0+650 941	01°03'10" (I)	1088 438	10 000	19 988	0+640 941	0+660 940	B
C	DERE	0+754 554	01°36'52" (I)	708 742	10 000	19 988	0+744 554	0+764 553	C

TAB. 1 III.1.2

No. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO			CADENAMIENTOS				No. DE CURVA
		PI	R	ST	LC	PC	PT		
D	IZQ	1+070 089	29°06'58" (I)	312.589	81.00	158.724	0+888 088	1+147 794	D
E	IZQ	1+512 254	33°46'40" (D)	355.718	108.00	308.708	1+484 254	1+613 982	E
F	IZQ	1+815 581	36°28'27" (I)	393.438	98.00	186.838	1+719 581	1+886 438	F
D	DERE	1+048 950	29°32'34" (I)	385.464	70.00	138.888	0+878 988	1+115 848	D
E	DERE	1+515 307	33°56'13" (D)	344.117	105.00	303.824	1+410 307	1+614 131	E
F	DERE	1+851 604	38°06'21" (I)	308.884	100.00	183.537	1+751 604	1+944 941	F

**DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES**

No. DE CURVA	EJE	CADENAMIENTO			CADENAMIENTOS				No. DE CURVA
		PI	R	ST	LC	PC	PT		
6	IZQ	1+509 535	33°46'40" (D)	378 774	115 00	223 299	1+394 535	1+617 835	6
7	IZQ	1+812 144	35°26'28" (I)	281 881	80 00	174 224	1+722 144	1+886 388	7
7	DERE	1+519 213	33°56'13" (D)	327 730	100 00	194 118	1+419 213	1+613 331	5
6	DERE	1+855 712	35°28'14" (I)	328 310	105 00	203 248	1+730 712	1+853 861	6

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta. Los elementos que componen una curva vertical se muestran en la figura (III.1.2) y se calculan como sigue:

1.- Longitud. Es la distancia media horizontal entre el PCV y PTV, para el análisis de este concepto, se utiliza el criterio de seguridad, el cual se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de la curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.

Par curvas en cresta:

$$D > L \quad L = 2D - \frac{C1}{A}$$

$$D < L \quad L = \frac{AD}{C1}$$

Para curvas en columpio:

$$D > L \quad L = 2D - \frac{(2+3.5D)}{A}$$

$$D < L \quad L = \frac{AD^2}{C2 + 3.5D}$$

En donde: L = Longitud de la curva vertical, en m.  
 D = Distancia de visibilidad de parada o de rebase, en m.  
 A = Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento.

C1 y C2 = Constantes que dependen de la altura del ojo del conductor o altura de los faros.

2.- Pendiente en un punto cualquiera de la curva, para determinar la pendiente  $P$ , se parte de la propiedad de la parábola, de que la variación de pendiente a lo largo de ella respecto a su longitud, es uniforme.

$$P = P_1 - \frac{A l}{L}$$

$P$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  y  $A$  están expresados en por ciento y  $l$  y  $L$  en metros.

3.- Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera, siguiendo la propiedad de la parábola, de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

$$P' = P_1 - \frac{A l}{2L}$$

4.- Desviación respecto a la tangente. Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva llamada,  $t$ : Para determinarla se aprovecha la propiedad de la parábola quedando:

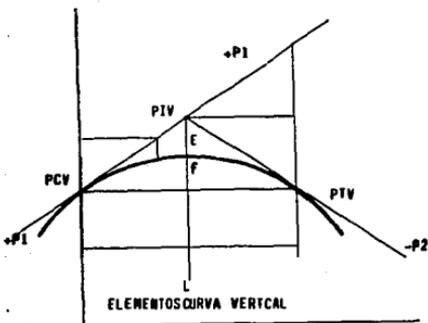
$$t = \frac{A}{200L} l^2$$

5.- Externa. Es la distancia entre el PIV y la curva medida verticalmente; se le representa como  $E$ .

$$\text{Donde: } E = \frac{AL}{800}$$

6.- Flecha. Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV, medida verticalmente; se representa como  $f$ .

$$f = \frac{AL}{800} \quad \therefore f = E$$



- PIV Punto de intersección de las tangentes
- PCV Punto en donde comienza la curva vertical
- PTV Punto en donde comienza la curva vertical
- P1 Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.
- P2 Pendiente de la tangente de salida en por ciento.
- L Longitud de la curva
- E Externa
- f Flecha

FIG. III.1.2

Para el diseño de la AASHO1 recomienda que para caminos principales, las pendientes máximas no excedan a los dados en la tabla (III.1.3)

TABLA III.1.3

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MÁXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO, EN KM/HR.						
	50	60	70	80	90	100	110
PLANO	6	5	4	4	3	3	3
LOMERIO	7	6	5	5	4	4	4
MONTANOSO	9	8	7	7	6	5	5

Para el caso del par vial la pendiente máxima manejada en la tabla anterior es de 5% para una velocidad de 75 km/hr. Es importante hacer notar que para el proyecto de modernización ésta se manejó de 5% como máxima.

Para el cálculo de las curvas verticales usaremos la siguiente fórmula.

$$En = En-1 + M + Ln$$

- En = Elevación de cualquier estación "n"
- En-1 = Elevación de estación anterior
- M = Pendiente por 20 m de la tangente de llegada
- Ln =  $KFn$  = Valor de la correlación
- K = Coeficiente de corrección =  $(-1/10) (S/N)$
- S = Resta algebraica de pendientes
- N = Número de estaciones que componen la curva
- F<sub>n</sub> = Factor correspondiente a la estación "n" constituido por un número non progresivo. Para la primera estación será 1, para la segunda 3, para la tercera 5, etc.

Esta fórmula para calcular curvas es empírica y la exactitud está en función de los decimales que se tomen, tomando cuatro decimales el error máximo obtenido es de un milímetro por cada diez estaciones, que es perfectamente aceptable.

Si el punto de inflexión vertical PIV caé en una estación cerrada de 20 m, se tomará un número para de estaciones para desarrollar la curva y un número non si el PIV caé en un punto intermedio múltiplo de 10.

Cálculo de la curva vertical mediante la fórmula empírica

$$E_n = E_{n-1} + M + Ln$$

Datos

$$S = (3.441) - (0.000) = 3.441$$

$$M = (0.034) (20) = 0.6$$

$$PIV = 0+733.000$$

$$PCV = 0+713.000$$

$$PTV = 0+763.000$$

$$N = 3$$

$$K = (-1/10)(3.441/3) = 0.11$$

$$\text{Elevación} = 2282.000$$

$$\text{Elevación} = 2281.164$$

$$\text{Elevación} = 2282.000$$

Estación	En-1	+M	+L	Elevación
PCV 0+713.000	-	-	-	2281.164
0+729.667	2281.164	0.6	0.11	2281.654
0+746.333	2281.654	0.6	0.33	2281.924
PTV 0+763.000	2281.924	0.6	0.53	2281.994

La forma para calcular las demás curvas es de manera similar, por tanto para el objetivo de este trabajo solo se analiza una a manera de ejemplo, las demás se presentan por medio de la siguiente tabla:

PAR VIAL INDIOS VERDES						
DATOS PARA EL TRAZO DE CURVAS VERTICALES						
CADENAMIENTO	PCV	ELEV.	PIV	ELEV.	PTV.	ELEV.
EJE LATERAL PONIENTE						
0+738	0+713	2281.164	0+738	2282.00	0+763	2282.00
0+932	0+907	2282.000	0+932	2282.00	0+957	2281.31
1+000	0+990	2281.340	1+000	2281.54	1+010	2281.64
1+140	0+075	2282.290	1+140	2282.94	1+205	2278.51
EJE LATERAL ORIENTE						
0+600	0+695	2271.921	0+600	2271.54	0+605	2271.74
0+700	0+680	2274.740	0+700	2275.54	0+720	2275.94

El número de estaciones necesarias para desarrollar la curva será igual a lo que indique la resta algebraica de pendientes o el número inmediato superior si es que aquella es fraccionaria.

### III.2 CURVA MASA

#### 1.- Perfiles.

Para el cálculo de la curva masa, primeramente se obtuvieron los perfiles naturales del terreno por donde pasarían las vías, las rasantes de proyecto, y las secciones de construcción.

Con el trazo para los ejes definitivos para cada vía (oriente y poniente), se obtuvieron las cotas de todas las estaciones a cada 20 Mts. y el valor de cadenamamiento para todas las cotas cerradas de metro en metro.

Con estos datos se dibujaron los perfiles de las vías conservando estas escalas; 1:2000 para horizontales y 1:400 para verticales (ver tramo tipo en la figura (III.2.1.)).

#### 2.- Proyecto de Rasantes

a) La Línea que se ha proyectado y que aparece en el perfil de la figura (III.2.1.) corresponde a la sub-rasante, ya que con sus extremos liga la sub-rasante del camino existente. La rasante estará 63.5 cm más arriba (espesor adoptado para la sub-base, base y carpeta) por lo que al calcular los volúmenes para las terracerías tendremos que sumar o restar 63.5 cm a los espesores de corte o terrapién respectivamente.

b) Para el cálculo de las rasantes en las vías oriente y poniente se tomó como objetivo principal reducir las pendientes del camino existente en 6% como máximo, respetando la elevación mínima correspondiente a los puntos determinados del camino, como son, obras de drenaje, intersecciones, etc.

En nuestro caso ya se encontraban detectados todos los puntos puesto que ya existía un camino el cual se iba a mejorar, (solamente la interferencia del colector Chiconautla no estaba prevista por lo cual cuando apareció el proyecto de la rasante no se modificó, sino que se hizo el desvío del colector).

#### 3.- Secciones de Construcción

Se tomaron secciones transversales del terreno (20 Mts. a cada lado del eje de las vías) en todas las estaciones a cada 20 Mts. y en todos los puntos intermedios que fueron necesarios. Se dibujaron en papel milimétrico a escala 1:200, apoyando en ellas los espesores de corte o terrapién deducidos del perfil, ya que conocemos la elevación del terreno y la rasante para cualquier punto.

PAR VIAL INDIO-VERDES

TUNDO: VIAL ORIENTE DEL CAD. 0+920 AL 1+220

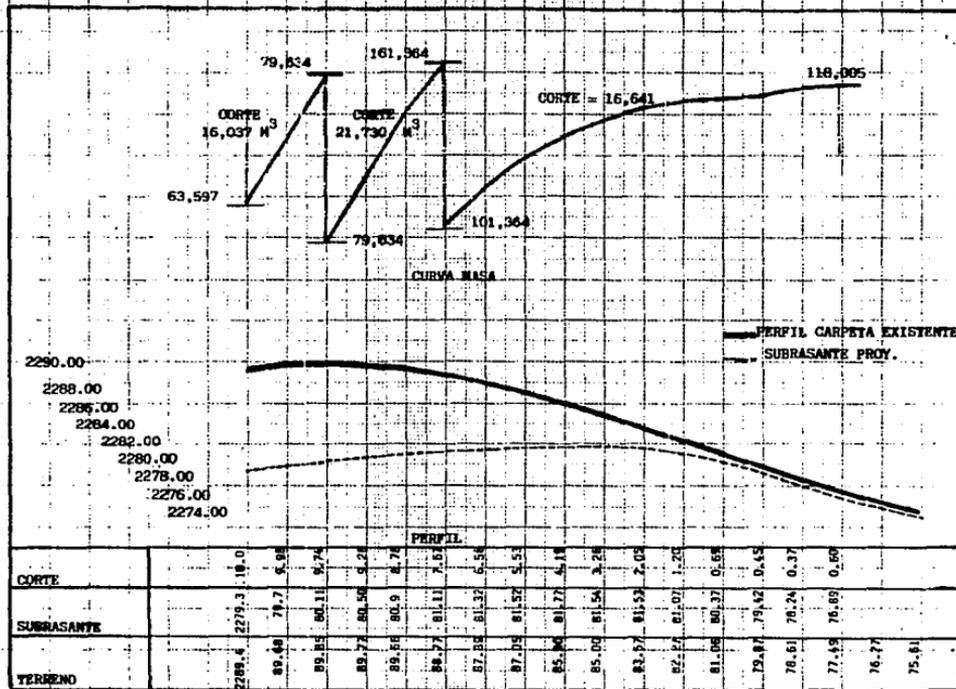
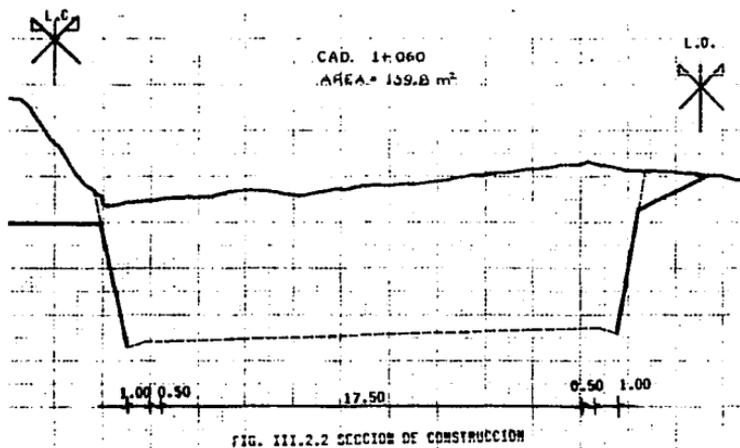


FIG. III.2.1

Se recortaron en lámina unas plantillas que representaban la sección del camino en corte para diferentes profundidades, dando las direcciones y pendientes según proyecto y especificaciones indicadas. Con estas plantillas se dibujaron las secciones de construcción (ver sección tipo en figura III.2.2)



A las secciones que comprende una curvatura horizontal, se le dio la pendiente transversal en porcentaje que corresponde a la sobreelevación propia de la curva.

Dibujadas las secciones se determinaron las áreas con planimetro y conociendo la distancia entre secciones se determinaron los volúmenes de corte.

#### 4.- Registro de la Curva Masa. (Ver cuadro III.2.1)

El registro contiene todos los datos para calcular y dibujar la curva masa.

Con el coeficiente de abudamiento indicado para cada tipo de material, se abundan los volúmenes de corte exclusivamente. Hecho lo anterior se suman algebraicamente los volúmenes de cortes y terraplén. (En nuestro caso sólo hay de cortes).

Para determinar los volúmenes acumulados (cuyo valor corresponde a las ordenadas de la curva masa) se consideran positivos los cortes y negativos los terrapienes.

### REGISTRO DE LA CURVA MASA

TRAMO: VIA ORIENTE DEL CAD. 0+820 AL 1+220

ESTACIONES	ELEV		ESP. COR T.	AREAS		SEMI VOLS.		C.ABUN		V.ABUN		SUM. ALG.		ORDENADA DE LA CURVA	
	TERR.	SUBRA		C	T	DIST.	C	T	C	T	C	T	C		T
0+820	2289.4	2279.3	10.0	3809	10	7032	1.15	8048	8048	8048	8048	63597			
+940	89.7	78.0	10.0	3146	10	6985	1.15	7997	7997	7997	71594				
+960	89.8	80.1	9.7	3848	10	8992	1.15	8040	8040	8040	79634				
+980	89.8	80.1	9.3	3416	10	7282	1.15	8361	8361	8361	87985				
1+000	89.7	81.0	8.8	2981	10	6397	1.15	7367	7367	7367	96342				
+020	88.8	81.1	7.7	2256	10	5238	1.15	6023	6023	6023	101365				
+040	87.9	81.3	6.6	1757	10	3963	1.15	4557	4557	4557	106922				
+060	87.0	81.6	5.5	1398	10	3104	1.15	3571	3571	3571	109442				
+080	86.0	81.7	4.1	1127	10	2525	1.15	2904	2904	2904	112395				
1+100	85.0	81.8	3.2	733	10	1859	1.15	2138	2138	2138	114534				
+120	83.6	81.5	2.0	347	10	1080	1.15	1242	1242	1242	116778				
+140	82.3	81.1	1.2	209	10	556	1.15	634	634	634	118410				
+160	81.0	80.3	0.7	172	10	381	1.15	438	438	438	118848				
+180	80.0	79.4	0.5	108	10	281	1.15	323	323	323	117171				
1+200	79.0	78.2	0.4	203	10	312	1.15	359	359	359	117530				
+220	77.5	77.0	0.6	209	10	413	1.15	475	475	475	118005				

#### 5.- Diagrama de la Curva Masa.

Para dibujar la curva masa usamos la escala 1:200 para horizontales y 1 cm = 5,000 m<sup>3</sup> para verticales, dibujado de izquierda a derecha (ver figura III.2.1). Como puede verse en este diagrama de masas todo el material de corte es de desperdicio, y no hay préstamos, lo que indica que no hay terrapienes.

Aquí solamente mostramos los datos de un tramo tipo representativo, comprendido entre los cadenamientos 1 + 920 al 1+ 220 de la vía oriente, en la figura (III.2.1 y cuadro III.2.1.)

### III.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Con la finalidad de construir una superficie de rodamiento segura durante su vida útil, se diseñó, para la modificación de la vialidad "Indios Verdes", una estructura de pavimento de tipo flexible.

La sección estructural del pavimento consiste en: carpeta asfáltica, riegos de impregnación y liga, base, sub-base y capa de mejoramiento o subrasante.

La carpeta asfáltica está constituida por mezcla asfáltica elaborada en caliente en planta estacionaria, los materiales de base y sub-base son materiales granulares inertes estabilizados mecánicamente. La subrasante constituida por materiales limo-arenosos estabilizados mecánicamente en la zona de terraplén y materiales granulares vibrados en zona de corte.

Las especificaciones para cada capa y material se consignan en el capítulo correspondiente al proceso constructivo, las cuales están basados en las Normas Generales de Construcción del Departamento del Distrito Federal y Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El diseño preliminar está basado en el método del Ingeniero Padrón, (Porter modificado) mediante el cual se determinaron los espesores aproximados para cada capa. El método se basa en el volumen de tráfico, composición y crecimiento, tomando en cuenta el valor relativo de soporte del terreno de apoyo de la capa subrasante.

El diseño ejecutivo se realizó tomando en cuenta la metodología indicada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el cual se basa en un modelo de comportamiento a fatiga, considerada ésta como deformación permanente acumulada; se supone que la carretera tiene una resistencia relativa uniforme en todas las capas de su estructura y llega a la falla funcional (nivel de rechazo) cuando ha soportado el número de cargas estandard especificado para la vida del proyecto.

Los conceptos empleados son los de capacidad de carga en suelos y cohesivos y la distribución vertical de esfuerzos de Boussinesq para una placa circular flexible, apoyada uniformemente en la superficie de un medio elástico, homogéneo e isótropo del comportamiento de cada capa ante cargas repetidas.

Las variables que intervinieron en el diseño ejecutivo fueron las siguientes:

Estructurales: es decir, espesor, resistencia y deformabilidad de cada capa en las condiciones de servicio esperadas.

De Carga: aquellos parámetros relacionados con el tránsito diario promedio anual, tasa de crecimiento, carga por eje sencillo o múltiple, factor de distribución y vida media.

De clima y condiciones regionales: principalmente de temperatura, precipitación pluvial, nivel freático, geología y topografía.

De conservación: fijando el nivel y tipo de mantenimiento requerido durante la vida útil.

Comportamiento: adecuado para llegar a la falla funcional después de haber resistido el tránsito de proyecto. Estas dos últimas variables son las que mayormente inciden en el costo.

Como criterios de decisión se tomaron en cuenta los costos, confiabilidad, seguridad, calidad de operación y tipos de conservación deseable. El criterio de diseño permite considerar explícitamente cuatro variables: resistencia esperada en el campo (VRS), número de aplicaciones, nivel de confianza e índice de servicio.

#### Parámetros de diseño

Se consideró a este pavimento de categoría II, es decir, nivel freático profundo y precipitación pluvial del orden de 700 mm/año, lo cual produce cambios estacionales en el camino.

Los datos utilizados para el proyecto son los siguientes:

Vida útil del pavimento	10 años
Crecimiento anual	5 %
distribución del tránsito por carril (8 carriles)	30 %
Tránsito diario promedio anual (TDPA)	55 200

**COMPOSICION DE TRANSITO Y PROPORCION DE VEHICULOS  
CARGADOS Y VACIOS DE ACUERDO A LOS AFOROS REALIZADOS**

**TABLA III.3.1**

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION %	PROPORCION	
		CARGADOS	VACIOS
AUTOMOVILES (A2)	0.75	1	0
CAMIONES LIGEROS (A'2)	0.12	0.60	0.40
AUTOBUSES (B2)	0.06	0.80	0.20
CAMION DE DOS EJES (C2)	0.03	0.70	0.30
CAMIONES DE TRES EJES (C3)	0.026	0.70	0.30
TRACTORES CON SEMIRE- MOLQUES (T3-S2)	0.0107	0.9	0.10
TRACTORES CON SEMIRE- MOLQUES (T3-S3)	0.0033	0.9	0.10

En el diseño se siguen los siguientes pasos

a) Estimación del valor relativo de soporte crítico

De acuerdo a las pruebas de compactación y resistencia de los materiales, tenemos que el valor relativo de soporte crítico esperado en campo durante la vida útil de la carretera para las diferentes capas es:

VRSc Carpeta	100%
VRSc Base	100%
VRSc Sub-base	50%
VRSc Terracería	3.5%

Y el valor relativo de soporte crítico para el diseño ( $\widehat{VRSz}$ ), tomando en cuenta la zona de la carretera, los contenidos de agua de los materiales del camino y las pruebas de laboratorio es:

$\widehat{VRSz}$ Carpeta	100%
$\widehat{VRSz}$ Base	20%
$\widehat{VRSz}$ Sub-base	9%
$\widehat{VRSz}$ Terracería	4%

#### b) Determinación del tránsito equivalente

Para determinar el tránsito equivalente o número de cargas estándar acumulada al final del período de análisis ( $\pm L$ ), se requiere de los coeficientes de daño por eje y por vehículo, que determinaremos a continuación:

#### COEFICIENTES DE DAÑO

Las fórmulas empleadas para obtener los coeficientes de daño, de acuerdo a los conceptos de capacidad de carga en suelos cohesivos y la teoría de distribución de esfuerzos verticales ( $Fz$ ) de Boussinesq deducida para una placa circular flexible de radio  $a$ , son:

$$\log d_i = \frac{\log (p Fz (i) - \log (5.8 Fz))}{\log A}$$

Para el coeficiente de influencia de Boussinesq:

$$\text{En carga estándar } Fz = 1 - \frac{(1+225)^{-3/2}}{z^2}$$

$$\text{En carga } i \text{ cualquiera de radio } a_i \quad Fz (i) = 1 - \frac{(1+ai^2)^{-3/2}}{z^2}$$

Para radio equivalente

De ejes sencillos  $a_1 = \sqrt{1000 P/2 \pi p}$

De ejes dobles  $a_2 = \sqrt{1111 P/4 \pi p}$

De ejes triples  $a_3 = \sqrt{1333 P/6 \pi p}$

donde : Z: profundidad propuesta en cm

P: carga total, en ton. del conjunto de ejes  
(sencillos, dobles o triples).

p: presión de inflado (o de contacto) en kg/cm .

a<sub>i</sub>: radio en cm.

Con los diferentes tipos de vehículos que circulan en nuestra carretera o camino de tipo A y utilizando las fórmulas anteriores se construyen las tablas siguientes: (III.3.2 a III.3.8).

\* Las profundidades son propuestas de acuerdo al espesor que creemos tendrá cada capa.

Para carpeta Z = 0 (es lo más recomendable)

Para base Z = 20

Para sub-base Z = 40

Para terraplén Z = 65 cm

Ya obtenidos los coeficientes de daño de todos los vehículos que transitan en nuestra carretera aplicamos la siguiente fórmula:

$$\Sigma L = (TDPA) (CD) (CT) \sum_{(i=1)}^P C_i (W_i \Sigma d_m + (1 - W_i) \quad dv.. \textcircled{A}$$

donde:

C<sub>i</sub> proporción de cada tipo de vehículo (i) en la corriente de tránsito (composición)

CD proporción de vehículos en el carril de proyecto (distribución direccional) CD = 0.3

CT coeficiente de acumulación de tránsito al cabo de (n) año de operación con una tasa de incremento anual (r).  
Para nuestro proyecto n = 10 y r = 5%

$$CT = 365 \frac{(1+r)^n - 1}{r} = 365 \frac{(1+0.05)^{10} - 1}{0.05} = 4591... \textcircled{B}$$

dm coeficiente de daño del vehículo tipo i cargado

dv coeficiente de daño del vehículo tipo i vacío

TDPA volumen del tránsito diario promedio anual en ambas direcciones en el año inicial de operación.

Wi proporción de vehículos cargados por cada tipo de vehículo (i).

$\Sigma L$  número de aplicaciones de carga estandar producidas por p tipos de vehículos durante n años.

Para facilitar los cálculos, resulta conveniente ordenarlos en una tabla de la siguiente manera: tabla (III.3.9)

El octavo renglón de esta tabla es la sumatoria de la ecuación  $\textcircled{A}$  y en términos generales representa en número medio de ejes equivalentes de cada vehículo (TRANSITO UNITARIO), que circula por la carretera.

El TDPA inicial en el carril de proyecto representado en el renglón 9, se obtiene de multiplicar el TDPA (Tránsito diario medio anual) por el CD del carril de proyecto.

El renglón 10 representa el coeficiente de acumulación de tránsito, o sea el número por el que se multiplica el tránsito diario inicial para obtener el número de vehículos que pasan por la carretera en 10 años, considerando una tasa de incremento de 5%. Este coeficiente se calculó con la ecuación  $\textcircled{B}$  y para comprobación se utilizó el nomograma de la Fig. A.2 que aparece en el Instructivo de Diseño del Instituto de Ingeniería. (UNAM).

c) Asignación del nivel de confianza.

Como la carretera es principal y de alto tránsito, se eligió un nivel de confianza alto de  $Q_u = 0.9$



## A2 Automóvil

Tabla III.3.2

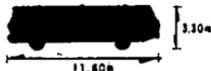
Conjunto	Peso, en ton		$p, \text{kg/cm}^2$	$+d_m$ : Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ : Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$	$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$
	Camión A,B,C										
1ª	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
2ª	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
$\Sigma$	2,0	1,6		0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000



## A'2 Camión ligero, con capacidad de carga hasta de 3 ton

Tabla III.3.3

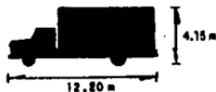
Conjunto	Peso, en ton		$p, \text{kg/cm}^2$	$+d_m$ : Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ : Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$	$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$
	Camión A,B,C										
1ª	1,7	1,3	4,6	0,268	0,001	0,000	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000
2ª	3,8	1,2	4,6	0,268	0,04	0,023	0,015	0,268	0,001	0,000	0,000
$\Sigma$	5,5	2,5		0,536	0,041	0,023	0,015	0,536	0,002	0,000	0,000



## B2 Autobús de dos ejes

Tabla III.3.4

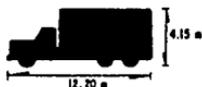
Conjunto	Peso, en ton		$p, \text{kg/cm}^2$	$+d_m$ : Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ : Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$	$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$
	Camión A										
1ª	5,5	3,5	5,8	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,04	0,001	0,010
2ª	10,0	7,0	5,8	1,000	1,84	2,56	2,86	1,000	0,59	0,46	0,433
$\Sigma$	15,5	10,5		2,000	2,08	2,70	2,98	2,000	0,63	0,48	0,443



## C2 Camión de dos ejes

Tabla III.3.5

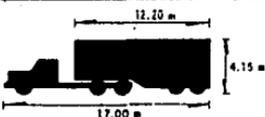
Conjunto	Peso, en ton		$p, \text{kg/cm}^2$	$+d_m$ : Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ : Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$	$z=0$	$z=20$	$z=40$	$z=65$
	Camión A										
1ª	5,5	3,5	5,8	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,04	0,01	0,01
2ª	10,0	3,0	5,8	1,000	1,84	2,56	2,86	1,000	0,02	0,00	0,00
$\Sigma$	15,5	6,5		2,000	2,08	2,70	2,98	2,000	0,06	0,02	0,01



### C3 Camión de tres ejes

Tabla III.3.6

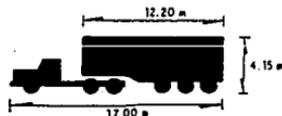
Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm <sup>2</sup>	+d <sub>m</sub> = Coeficiente daño bajo carga máxima				d <sub>v</sub> = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 20	z = 40	z = 65	z = 0	z = 20	z = 40	z = 65
1*	5,5	4,0	5,8	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,07	0,036	0,02
2**	18,0	4,5	5,8	2,000	2,68	2,56	2,85	2,000	0,01	0,002	0,001
Σ	23,5	8,5		3,000	2,93	2,70	2,97	3,000	0,08	0,03	0,021



### T3-S2 Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes

Tabla III.3.7

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm <sup>2</sup>	+d <sub>m</sub> = Coeficiente daño bajo carga máxima				d <sub>v</sub> = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 20	z = 40	z = 65	z = 0	z = 20	z = 40	z = 65
1*	5,5	4,0	5,8	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,07	0,03	0,02
2**	18,0	4,0	5,8	2,000	2,68	2,56	2,35	2,000	0,01	0,001	0,00
3**	18,0	4,0	5,8	2,000	2,68	2,56	2,85	2,000	0,01	0,001	0,00
Σ	41,5	12,0		5,000	5,61	5,26	5,82	5,000	0,09	0,032	0,02



### T3-S3 Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Tabla III.3.8

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm <sup>2</sup>	+d <sub>m</sub> = Coeficiente daño bajo carga máxima				d <sub>v</sub> = Coeficiente de daño vacío			
	+Carga máxima	Vacío		z = 0	z = 20	z = 40	z = 65	z = 0	z = 20	z = 40	z = 65
1*	5,5	4,0	5,8	1,000	0,25	0,14	0,12	1,000	0,07	0,03	0,02
2**	18,0	4,0	5,8	2,000	2,68	2,56	2,85	2,000	0,01	0,001	0,00
3***	22,5	5,0	5,8	3,000	2,24	2,56	2,85	3,000	0,004	0,001	0,00
	46,0	13,0		6,000	5,17	5,26	5,83	6,000	0,084	0,032	0,02

+ Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de Caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

\* EJE SENCILLO  
 \*\* EJE TANDEM  
 \*\*\* EJE TRIPLE

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## CALCULO DE EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO

TABLA III.3.8

COEFICIENTES DE DAÑO										N. DE EJES SENCILLOS EQUIV. DE 8.2 TON		
TIPO DE VEH.	COMP DEL TRAN. (1)	COEF C. O. V. (2)	COMP. TRAN. CARG. O VACIOS (4)	BASE			SUB-BASE Z = 40 (6)	SUBRA SANTE Z = 65 (7)	CARPET (3)*(4) (8)	BASE (3)*(5) (9)	SUB-BAS (3)*(6) (10)	SUBRA-SANTE (3)*(7) (11)
				CARP. Z = 0 (5)	Z = 20 (5)	Z = 40 (6)						
A2	0.75	CARG 1	0.75	0.004	0	0	0	0.003	0	0	0	0
		VAC 0	0	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0
A'2	0.12	CARG 0.6	0.072	0.536	0.041	0.021	0.01	0.03859	0.002952	0.001512	0.00072	
		VAC 0.4	0.048	0.536	0	0	0	0.02572	0	0	0	
B2	0.06	CARG 0.8	0.048	2	2.03	2.7	2.98	0.096	0.09984	0.1296	0.14304	
		VAC 0.2	0.012	2	0.63	0.48	0.44	0.024	0.00756	0.000576	0.000528	
		CARG 0.7	0.021	2	2.03	2.7	2.98	0.042	0.04368	0.0567	0.06258	
C2	0.03	VAC 0.3	0.009	2	2.05	0.02	0.01	0.018	0.00054	0.00018	0.00009	
		CARG 0.7	0.0182	3	2.93	2.7	2.97	0.0546	0.053328	0.04814	0.054054	
C3	0.026	VAC 0.3	0.0078	3	0.08	0.03	0.021	0.0234	0.000624	0.000234	0.0001638	
		CARG 0.9	0.00963	5	5.61	5.28	5.82	0.04815	0.0540243	0.0506538	0.0560466	
T3-S3	0.0107	VAC 0.1	0.00107	5	0.09	0.032	0.02	0.00535	0.0000963	0.0000342	0.0000214	
		CARG 0.9	0.00189	6	5.17	5.28	5.83	0.01134	0.0097713	0.0099414	0.0110187	
T3-S3	0.0033	VAC 0.1	0.00033	6	0.014	0.032	0.02	0.00198	0.0000277	0.0000105	0.0000066	
SUMAS							(8)	0.39214	0.2724418	0.298582	0.3282691	
TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO							(9)	16 560	16 560	16 560	16 560	
CT							(10)	4 591	4 591	4 591	4 591	
SUMATORIA DE "L"						(11) = (8)*(9)*(10)		30000000	21000000	23000000	25000000	

NOTA:

A2 = AUTOS

A'2 = CAMIONES LIGEROS

B2 = AUTOBUSES

C2 = CAMIONES DE DOS EJES

C3 = CAMIONES DE TRES EJES

T3-S2 = TRACTORES CON SEMIRREMOLQUE

T3-S3 = TRACTORES CON SEMIRREMOLQUE

COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO  $CT = ((1+r)^n - 1)/r = 4.591$

n = AÑOS DE SERVICIO = 10

T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 4%

TDPA = TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL = 55 200 VEHICULOS

CD = 0.3 = CARRIL DE PROYECTO

#### d) Determinación de espesores

Para establecer los espesores equivalentes se utilizó el nomograma de la Fig. A.7 del Instructivo de Diseño del Instituto de Ingeniería de la (UNAM), correspondiente al nivel de confianza  $Q_u = 0.9$ .

Los datos de entrada son el  $\widehat{VRS}_z$  y el  $\Sigma L$ .

##### CAPA SUBRASANTE

$$z = 65 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{65} = 4\%$$

$$\Sigma L = 2.5 \times 10^7$$

Entrando a la gráfica A.7 obtenemos un espesor de 86 cm.

##### CAPA SUB-BASE

$$z = 40 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{40} = 9\%$$

$$\Sigma L = 2.3 \times 10^7$$

Espesor = 56 cm entrando a la gráfica A.7

##### CAPA BASE

$$z = 20 \text{ cm}$$

$$\widehat{VRS}_{20} = 20\%$$

$$\Sigma L = 2.1 \times 10^7$$

espesor = 35 cm entrando a gráfica A.7

##### CARPETA

$$z = 0$$

$$\widehat{VRS}_0 = 100\%$$

$$\Sigma L = 3 \times 10^7$$

Para el caso de la carpeta entramos a la gráfica que aparece en la esquina derecha de la Fig. A.7, obteniendo así un espesor equivalente de carpeta de 19 cm.

Sabiendo que el espesor equivalente de carpeta en cm = al D1 tenemos al D1 = 19 cm.

donde D1 = espesor real de la carpeta

a1 = coeficiente de resistencia estructural igual a 2 por ser concreto asfáltico.

$$D1 = \frac{19 \text{ cm}}{2} = 9.5 \text{ cm}$$

El espesor de la base (D2) se deduce de:

$$a1D1 + a2D2 = 35 \text{ cm}$$

donde: D2 = espesor real de base

a2 = coeficiente igual a 1 por ser material estabilizado mecánicamente.

$$19 + (1) (D2) = 35$$

$$D2 = 16 \text{ cm}$$

\*\*\*\*\*

El espesor de la sub-base (D3) se obtuvo de manera similar

$$a1D1 + a2D2 + a3D3 = 56 \text{ cm}$$

donde: D3 = espesor real de sub-base

a3 = coeficiente igual a 1

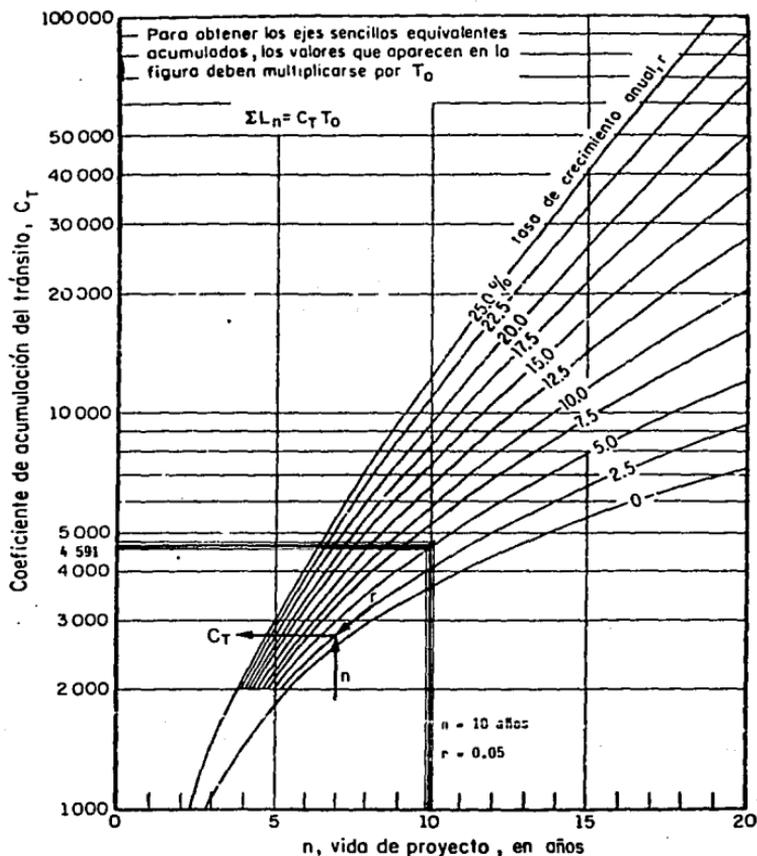
$$19 + 16 + D3 = 56 \text{ cm}$$

$$D3 = 21 \text{ cm}$$

\*\*\*\*\*

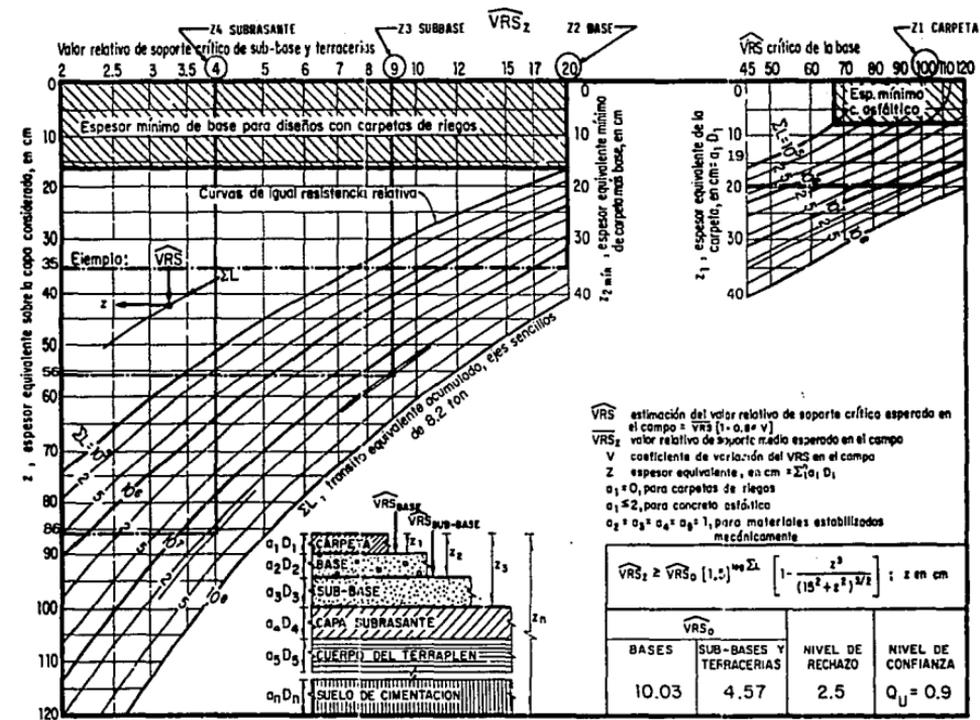
Finalmente el espesor de subrasante (D4) se obtuvo considerando el espesor total.

$$a1D1 + a2D2 + a3D3 + a4D4 = 86 \text{ cm.}$$



$C_T = 365 \sum_{i=1}^n (1+r)^{i-1} = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$	
$C_T$	coeficiente de acumulación del tránsito, para $n$ años de servicio y una tasa de crecimiento anual $r$
$T_0$	tránsito equivalente medio diario en el carril de proyecto, durante el primer año de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton
$\Sigma L_n$	tránsito acumulado al cabo de $n$ años de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

Fig A2. Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito



15

Fig A7. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

donde: D4 = espesor real de subrasante

a4 = coeficiente igual a 1

$$19 + 16 + 21 + D4 = 86 \text{ cm.}$$

$$D4 = 30 \text{ cm}$$

\*\*\*\*\*

e) Estructuración del pavimento.

	DISEÑO	CONSTRUCCION
_____ CARPETA	9.5cm	10 cm
_____ BASE	16 cm	20 cm
_____ SUB-BASE	21 cm	25 cm
_____ SUBRASANTE	30 cm	30 cm

Para el caso en que se desplante el pavimento sobre roca, la estructuración es la misma que en terraplén, únicamente se eliminará la capa subrasante colocando sólo una capa de mejoramiento de espesor variable para uniformizar el desplante de la sub-base.

#### III.4.- OBRAS DE DRENAJE

Para el diseño de las carreteras, se considera a el elemento agua como el principal causante de problemas a los caminos, ya que provoca disminución de la resistencia de los suelos, acción que involucra fallas en terrapienes, cortes y superficie de rodamiento. Lo anterior exige al drenaje, encausar los escurrimientos del agua de tal forma que esta se aleje lo más pronto posible de la carretera. Por lo que es importante mencionar que el drenaje es el alma del camino.

Antes de hacer el análisis de las características de las cunetas es necesario hacer mención de la importancia que tienen al interceptar el agua que escurre de la corona, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal, con objeto de alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino.

Para el diseño de las cunetas, no fue necesario llegar a un análisis detallado de la intensidad de lluvia, ni los gastos, para ello simplemente se tomó en consideración las ya existentes, las cuales son lo suficientemente capaces de soportar los escurrimientos más desfavorables, sin embargo es importante mencionar que su diseño se basa en los principios de flujo en los canales abiertos; donde para un flujo uniforme las relaciones básicas se realizarán mediante la conocida fórmula de Manning donde:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

V = Velocidad promedio en M/s.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (n = 0.03)

R = Radio hidráulico en metros

s = Pendiente del canal en metros por metro.

Haciendo un análisis de las características del terreno y del área de influencia se obtiene el volumen de escurrimiento ayudándose de la ecuación de intensidad que es como sigue  $Q = CIA$  donde:

C: Es coeficiente de escorrentía que dará valores en función de la zona donde se desarrolla el escurrimiento, para el caso del par vial al valor de C sería de 0.40 por ubicarse en una zona suburbana.

I: Es la intensidad de la precipitación por intervalo de tiempo, esta se mide en las horas de máxima precipitación esto es con una duración de 15 a 20 minutos, las unidades se dan en Pulg/hr.

A: Es el área de influencia del escurrimiento, esta puede formar una cuenca.

Finalmente, y de acuerdo a las características del drenaje existente, y a la cuneta tipo que propone la S.C.T. se plantea la sección transversal triangular considerada como suficiente para la mayoría de los casos, cuya profundidad es de 33 cm, ancho de 1 m., talud del lado de la corona 3:1 y del lado del corte el que corresponde según el material que se encuentre (normalmente se utiliza 1.5:1) Ver figura. (III.4.1)



FIG. III.4.1

El siguiente cuadro (III.4.1) muestra los gastos y las velocidades en cunetas de este tipo (1 m x 33 cm), la cual hace mención a diferentes pendientes longitudinales. Es importante recalcar que para las lluvias de la zona es suficiente utilizar pendientes longitudinales del 5%, la cual proporciona 270 l/s de capacidad, que es el gasto máximo detectado en la zona de influencia de la cuenca. Sin embargo los desalojos de las cunetas se realizan a cada 50 m y en casos más críticos hasta 450 m, mediante lavaderos y obras de drenaje respectivamente.

De acuerdo con la forma geométrica de la figura (III.4.1) se obtiene la capacidad con la ayuda de la ecuación de Manning donde:

$$V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\begin{aligned} S \text{ promedio} &= 5\% \\ R &= 3 + 0.45 = 3.45\text{m} \\ n &= 0.3 \text{ para roca} \\ &\quad \text{lisa} \end{aligned}$$

$$V = 1.70 \text{ m/s}$$

$$A = 0.15 + 0.0495 = 0.1995 \text{ m}$$

$Q = 0.1995 \text{ m} \times 0.283 \text{ m/s} = 0.339 \text{ m}^3/\text{s}$  Suficiente para desalojar la demanda máxima de 26 l/s que se acumula antes de llegar al desalojo en el lavadero por tanto las dimensiones propuestas son las correctas.

Cuadro III.4.1

PENDIENTE LONGITUDINAL %	VELOCIDAD m/s	GASTO m <sup>3</sup> /s
1	0.6	0.110
2	0.9	0.170
3	1.1	0.200
4	1.3	0.240
5	1.5	0.270
6	1.6	0.300
7	1.7	0.320
8	1.8	0.340
9	1.0	0.370
10	2.1	0.400

NORMAS: S.C.T.

Las contracunetas; para su diseño se tomó el mismo principio que para las cunetas, estas, generalmente son de sección trapecial, se considera su construcción a base de mampostería con 80 cm de plantilla y 50 cm de profundidad y talud de 1:1, el desarrollo de estas se deberá ubicar en los lugares convenientes en los cadenamientos 0+360 al 0+380, 0+380 al 0+480, 0+750 al 0+860 y 1+065 al 1+300 de acuerdo a las características del terreno, con objeto de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual están proyectadas de acuerdo con las normas de la S.C.T. la construcción de estas se deberá realizar con una relación mínima de 1.5 la altura del talud de acuerdo con la figura (III.4.2). En cuanto a las descargas en la dirección Indios Verdes se hará el drenaje urbano mediante la conexión con pozos de visita ya existentes.



FIG. III.4.2

Para los lavaderos que funcionan del lado oriente de la vialidad, estos tienen como principio el desfogue de una corriente de agua a manera de vertedor, el cual consiste en una cubierta o delantal de concreto armado o en su caso mampostería. Para el diseño de sus dimensiones se determinó el gasto que podría soportar una cuneta de 30 cm de ancho en el canal de desfogue y 14 cm de peralte.

De acuerdo con el promedio de gasto acumulado a lo largo de la cuneta se estimó que éste es de 6 l/s a cada 20 m esto es 15 l/s para cada lavadero ubicado a cada 50 m del camino. Para su diseño se tomó el principio de un canal donde se consideró un tirante de 7 cm promedio para cunetas tipo. En función de ese tirante se determinó su capacidad como sigue:

$$Q = VA$$

$$A = 0.30 \times 0.07 = 0.021 \text{ m}$$

V = Se consideró una velocidad promedio para una pendiente media, ya que esta varía en función del talud del terreno natural, por tanto de acuerdo con Manning se tiene que para  $s = 10\%$  la  $V = 2.1 \text{ m./s}$

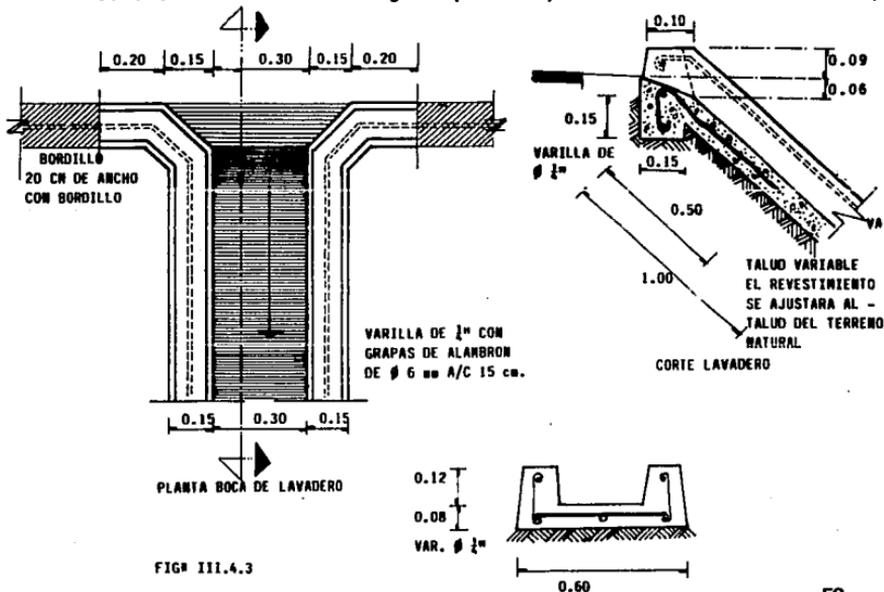
Entonces:

$$Q = 2.1 \times 0.021 = 0.0441 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 44.1 \text{ L/s}$$

Por lo tanto se considera que las dimensiones de lavadero propuesta son suficientes para el gasto de 15 l/s, sin embargo su diseño es sobrado, haciendo la prevención de lluvias extraordinarias.

Para el armado, se determinó en función de las normas de la S.C.T. con varilla de  $1/4"$  a lo largo del lavadero y empotrada con el bordillo en la parte superior mediante un gancho de 15 cm del mismo diámetro, y estribos a cada 10 cm como se muestra en la figura (III.4.3).



FIG# III.4.3

Las alcantarillas son obras de cruce, que son llamadas también de drenaje transversal, estas tienen que dar paso rápido al agua, que al no poder desviarse en otra forma tenga que cruzar de un lado a otro camino. Para el caso de esta vialidad se consideró la ubicación en el kilómetro 1+600 por tener un excesivo gasto en las cunetas, que no tenían salida a lavaderos o otra obra hidráulica, causa que pudiera presentar problemas en su conducción. Para analizar la forma de la alcantarilla se tomó en consideración que la corriente con la normal al eje del camino formaban un ángulo de 15° por lo que fue preferible alinear la alcantarilla con el fondo del arroyo aun a expensas de resultar una obra más larga y costosa que si se construyera de manera normal al camino, la razón es fundamentalmente para contrarrestar la fuerza centrífuga que trae el agua, la cual podría ser muy perjudicial si ésta golpea en forma directa a la alcantarilla provocándole problemas de erosión, sin embargo con la inclinación esta fuerza se contrarresta.

Para el cálculo del área hidráulica se tomó como principio la hipótesis de permitir el paso máximo de caudal haciéndolo de tal manera que no se provoquen trastornos al camino ni a la estructura misma.

Para el cálculo de la dimensión necesaria para el tubo, se utilizó la fórmula de TALBOT, lo cual se determinó mediante una gran cantidad de observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (máxima de 100 mm/h) su expresión es:

$a = 1.83 C A^{3/4}$  en la que

$a$  = Área hidráulica necesaria en la obra (en m<sup>2</sup>)

Para este caso  $C = 1$  al cual corresponde a terreno montañoso con suelo de roca y pendientes pronunciadas.

Utilizando el nomograma de la figura (III.4.4) a la cual en tramos con el área drenada ( $A$ ), en hectáreas y con el coeficiente  $C$ , que en este caso corresponde a la área donde  $C = 10$  por desarrollarse en terreno montañoso.

$A = 20 \text{ m} \times L$

$L = 820 \text{ m}$  que corresponde a la longitud de influencia para la alcantarilla.

Entonces:

$A = 20 \times 820 = 16400 \text{ m}^2 / 10000 = 1.64 \text{ Hs.}$

### FORMULA DE TALBOT

$$Q = 0.1832 C \sqrt{A^3}$$

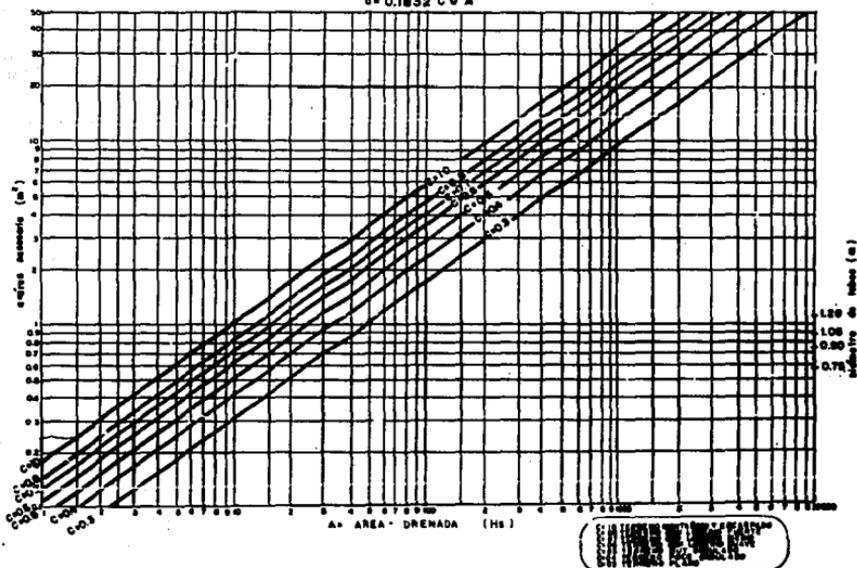


FIG. III.4.4 Nomograma para el proyecto de la sección transversal de una alcantarilla según la fórmula de Talbot.

Entramos a la gráfica con 1.64 Hs. y con C = 10 obtenemos que el área resultante es de 30 m<sup>2</sup> la cual deberá ajustarse de acuerdo a un diámetro comercial, por lo que el diámetro resulta de 45 cm.

Para el cálculo de la longitud se harán las consideraciones del grado de inclinación mencionadas con anterioridad para lo cual tenemos que de acuerdo a los 15° de inclinación y un factor de seguridad se propone un ángulo de 30° con respecto a la normal del camino para lo que:

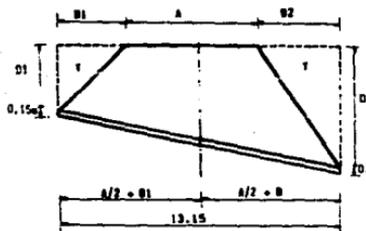
$$\cos 30^\circ = \frac{10}{x+x'}$$



Por lo que tenemos

$$x+x' = \frac{10}{0.866} = 11.54 = 12 \text{ m} - 10$$

$$x' = 12 \text{ m} - 10 = 2 \text{ m.}$$



$$A = 20 \text{ m}$$

$$T = 1.5 = 1$$

$$D1 = 0.85$$

$$D2 = 0.85 + 0.64 = 1.49$$

$$B1 = 1.5 D1$$

$$B2 = 1.5 D2$$

$$L = 10 + (1.5 \times 0.85) + (1.5 \times 1.49) = 13.51 \text{ m}$$

La longitud total de la alcantarilla deberá ser de  $L+x' = 15.51 \text{ m}$ .

La descarga se hará a; terreno natural, de tal forma de evitar afección al cuerpo del camino.

La cama del tubo deberá ser de tezontle o grava controlada a fin de dar la pendiente de 2%. Como protección se tendrá de acuerdo con normas 90 cm de colchón mínimo a partir del lomo del tubo, de tal manera que se eviten daños a la tubería.

Por otro lado el drenaje existente consiste en una alcantarilla de bóveda construida a base de mampostería de 3a. clase con pendiente de 2% y cruza los dos cuerpos del camino hasta descargar al nivel de calle a la área urbana, esta bóveda tiene como función captar los escurrimientos de las cunetas de ambos sentidos aproximadamente en una área de 2.48 Hs. hasta el nivel de parteaguas del tramo en el kilómetro 0 + 820.

A partir de este kilómetro el agua se desalojará mediante drenaje urbano del lado poniente y del lado oriente através de la alcantarilla diseñada para este fin, (kilómetro 1+620). Posterior a esta y en dirección Pachuca el agua se desalojará através de cunetas y lavaderos. Las contracunetas de la parte poniente se conectarán a pozos de visita existentes. Ver figura (III.4.5)

En realidad el diseño del drenaje no tiene mayor complejidad ya que se aprovechó el existente, el cual es suficiente para alejar el agua del camino.

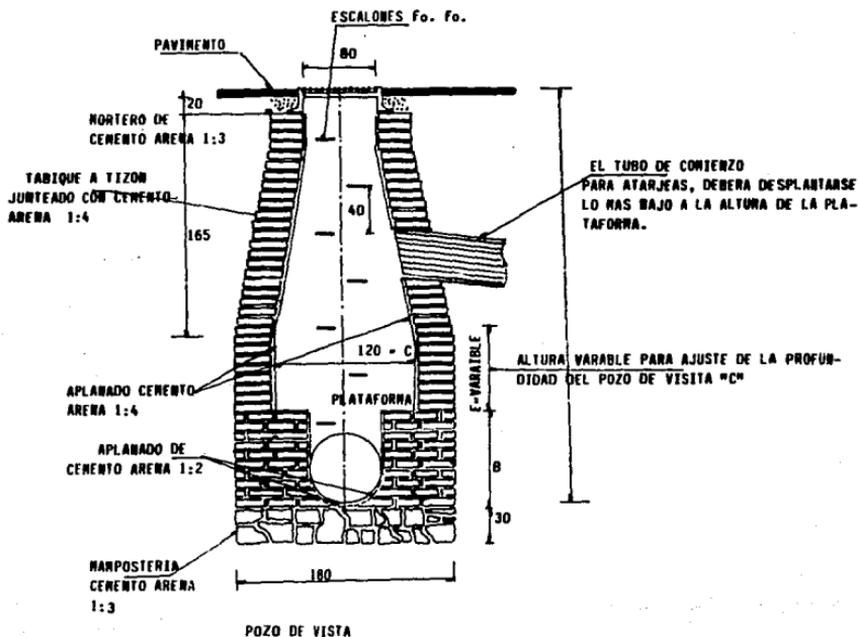
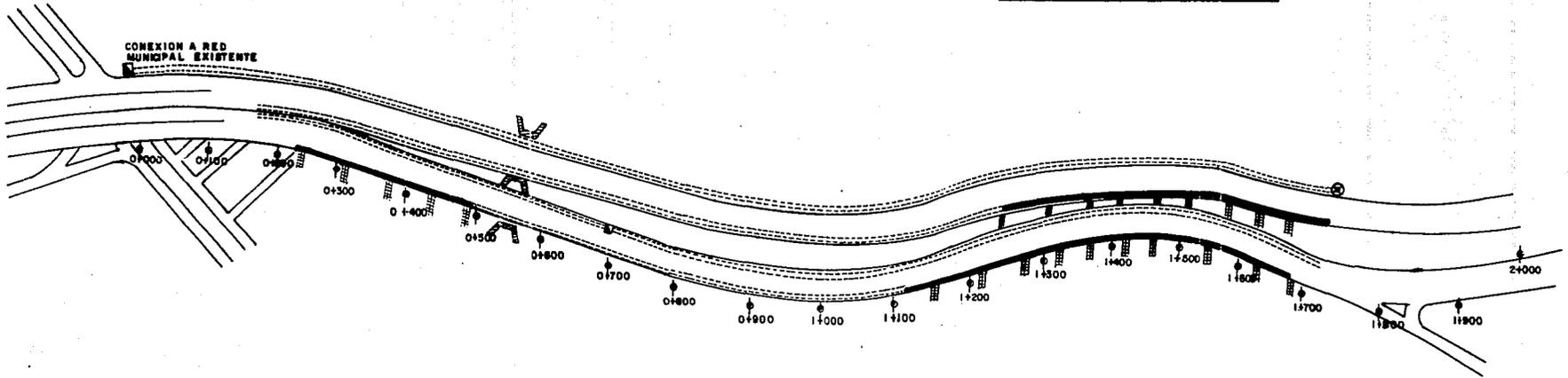


FIG. III.4.5

PAR VIAL INDIOS VERDES  
OBRAS DE DRENAJE

SIMBOLOGIA	
-----	CUNETA
=====	BORDILLO
▣	ALCANTARILLA
⊙	POZO DE VISITA
⌈	LAVADERO
∩	BOVEDA



U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CROQUIS III 4.1

### **III.5 SEÑALAMIENTO Y PROTECCION**

#### **SEÑALAMIENTO PROVISIONAL VERTICAL**

Se propone un señalamiento provisional, con el objeto de evitar accidentes que podrían presentarse durante la ejecución de los trabajos, ya que el tránsito no sufrirá interrupciones debido a la implementación de desvíos que llevarán a su vez el señalamiento adecuado para garantizar la seguridad de los usuarios.

Con el fin de informar a los conductores de la proximidad de la obra en ejecución y para protección de la misma, se utilizarán señales preventivas con leyendas como son: Peligro hombres trabajando, zona de obra, reducción de carriles, zona de derrumbes, material suelto, doble circulación, etc. Además de dispositivos como: Barreras de protección, indicadores de peligro, lámparas de destello, bollas y varilla de 3/8" de diámetro para unir dichas bollas evitando así que los peatones puedan tener acceso a la zona de trabajo.

El color que se usará tanto en el fondo de las señales provisionales preventivas como en los dispositivos que se instalen será anaranjado.

En cuanto a las señales informativas que ya existen y que se localizan a lo largo del trayecto por ampliar, éstas se trasladarán provisionalmente a los lugares en que al efectuarse el desvío y quedar una sola vialidad para ambos sentidos de la circulación, el conductor puede identificar su destino sin problemas.

#### **Señalamiento Definitivo.**

El proyecto de los dispositivos para el control del tránsito debe asegurar que sus características de tamaños, contrastes, colores, formas, composición e iluminación a efecto reflejante, donde se precise, se combinen para llamar la atención del usuario.

Que el diseño, forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje se combine para proporcionar un significado comprensible.

Que la legibilidad y el tamaño se complementen con su localización, a fin de que exista el tiempo suficiente para una reacción correcta y que la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad impongan respeto.

Por lo que se tomó en cuenta para el diseño, el Manual de Dispositivos para el control de tránsito en zonas urbanas y suburbanas del D.D.F. (CGT), con el objeto de obtener el máximo rendimiento en el sistema vial.

En cuanto a su función, los dispositivos para el control de tránsito o señales que utilizaremos en el proyecto se clasifican en:

- A) PREVENTIVAS
- B) RESTRICTIVAS
- C) INFORMATIVAS

#### SENALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas son placas o tableros fijados en postes o estructuras, con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre peligros en que, por su seguridad, le conviene disminuir su velocidad.

Las señales que requieren una explicación complementaria, además de símbolo llevarán un tablero adicional en forma rectangular con esquinas redondeadas, para formar un conjunto.

Las dimensiones que tendrán las señales y los tableros adicionales, considerado el camino como una vía rápida urbana se muestran en la tabla (III.5.1).

TABLA III.5.1

SEÑAL	DIMENSIONES EN CM	USO
Todas las señales	61 x 61	En caminos estatales y zonas urbanas y suburbanas.
Todas las señales	71 x 71	En caminos federales y -vías rápidas.
Todas las señales	91 x 91	En caminos de alta velocidad y vías rápidas urbanas.
Todas las señales	122 x 122	En autopistas.
Placa adicional para velocidad de precaución	45 x 45	Con la señal preventiva en curva, formando un conjunto.
Velocidad de salida	60 x 80	En salidas de autopistas.
Indicador de alineamiento peligroso.	60 x 80	En curvas.
Placa adicional de distancia.	86 x 25	Donde se considere necesario, de acuerdo al tamaño de la señal preventiva.
	100 x 25	Donde se considere necesario, de acuerdo al tamaño de la señal preventiva.
	128 x 25	Donde se considere necesario, de acuerdo al tamaño de la señal preventiva.

**COLOR**

Los colores de las señales preventivas utilizadas, serán en acabado reflejante. Amarillo para el fondo, y negro para los símbolos, leyendas, caracteres y filete.

## COLOCACION

### LONGITUDINAL

Las señales preventivas se colocarán antes del riesgo que se trate de señalar, a una distancia que depende de la velocidad de aproximación, de acuerdo a la siguiente tabla:

#### DISTANCIA AL RIESGO

TABLA III.5.2

VELOCIDAD EN KM/HR.	30	40	50	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA EN M.	30	40	55	75	90	115	135	155	175

Con nuestra velocidad de proyecto, de 75 km/h la distancia de colocación de la señal será de 100 m.

### LATERAL

Cuando la carretera esté en corte, el poste deberá colocarse en el talud, a nivel del hombro aproximadamente pero sin obstruir el área hidráulica de la cuneta con las medidas que marcan la figura III.5.1.

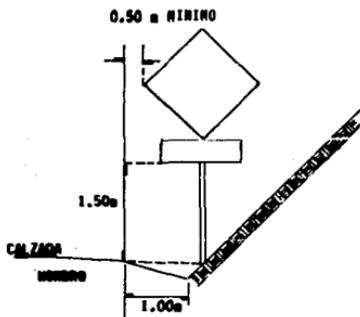


FIG. III.5.1

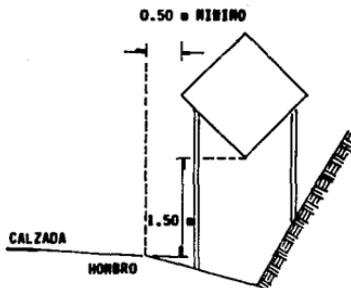


FIG. III.5.2

Para los casos en que el tamaño de la señal y la inclinación del talud del corte ocasionen que la ubicación del poste obstruya el área hidráulica de la cuneta, se podrá utilizar un solo poste excéntrico, o dos postes simétricos, de tal manera que el funcionamiento de la cuneta no sea obstruido. Figura III.5.2

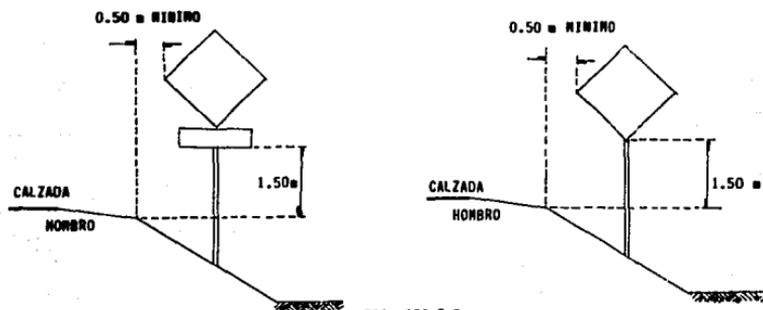


FIG. III.5.3

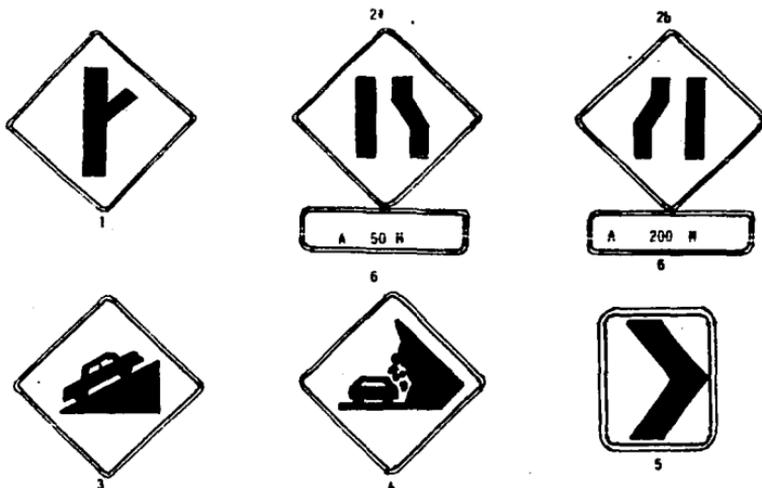
En terraplén la distancia lateral y la altura libre se pueden observar en la figura III.5.3

Las señales preventivas utilizadas para nuestro proyecto al igual que la clave con la que se identifica en el Manual de la CGT, las dimensiones y la cantidad de señales a emplear se muestran en la siguiente tabla:

TABLA III.5.3

SEÑAL	CLAVE	NUMERO	DIMENSIONES (CM)	CANTIDAD
PREVEN-TIVA	P-15	1	91 X 91	1
	P-17	2a	91 X 91	1
		2b	91 X 91	1
		3	91 X 91	2
	P-25	4	91 X 91	2
	P-26	5	61 x 80	20
	Placa Adicional	6	25 X 86	1
				28

El número con que aparece cada señal en la tabla nos sirve para localizar en el croquis (III.5.1) la ubicación exacta en las vialidades.



## B) SEÑALES RESTRICTIVAS

Las señales restrictivas tienen el propósito de informar a los usuarios, de la existencia de reglamentaciones que rigen el tránsito de vehículos y peatones. Se colocarán en el lugar donde exista alguna limitación o prohibición, quedando la placa o tablero siempre en posición vertical y a 90° con respecto al eje del camino. Sus dimensiones aparecen en la tabla (III.5.4), tomando en consideración nuestro camino como vía rápida urbana.

Las señales restrictivas que requieran una explicación adicional, además del símbolo llevarán una placa complementaria en forma rectangular para hacer un conjunto. Las dimensiones de dicha placa serán de acuerdo a la dimensión de la señal principal y al número de renglones que llevará la placa adicional tabla (III.5.5)

TABLA (III.5.4)

SEÑAL	DIMENSIONES EN CM	U S O
Alto	30 por lado	En carreteras rurales con ancho de corona mayor de 9.00 m y avenidas principales urbanas.
Ceda el paso	70 por lado	En carreteras rurales con ancho de corona hasta 9.00m y en calles y avenidas principales urbanas.
Todas las demás	61 x 61	En carreteras rurales con ancho de corona menor de 6.00 m y calles urbanas.
Todas las demás	71 x 71	En carreteras rurales con ancho de corona mayor de 6.00 y hasta de 9.00 m, y para avenidas principales urbanas.
Todas las demás	91 x 91	En carreteras rurales con ancho de corona mayor de 9.00 m y hasta 12 m en vías rápidas urbanas y en carreteras de cuatro carriles, donde se pueden ubicar para el mismo sentido en ambos lados.
Todas las demás	122 x 122	En carreteras rurales con cuatro carriles, con o sin separador central.

PLACA ADICIONAL

TABLA (III.5.5)

Dimensión de la señal en cm	Dimensiones de la placa adicional correspondiente en cm.	
	1 renglón	2 renglones
122 x 122	30 x 122	60 x 122
91 x 91	30 x 91	60 x 91
71 x 71	20 x 71	40 x 71
61 x 61	20 x 61	40 x 61

## COLOR

Todas las señales restrictivas tendrán el fondo blanco de acabado reflejante; el anillo y la franja diagonal en rojo, el filete, letras y símbolos en negro.

El color de la placa adicional será también de fondo blanco reflejante.

## COLOCACION

### LONGITUDINAL

Las señales restrictivas se colocarán en el punto mismo donde aparece la restricción o prohibición.

### LATERAL

En cuanto a la colocación lateral de las señales restrictivas, estas se harán siguiendo las mismas recomendaciones de colocación de las señales preventivas y respetando las distancias que aparecen en las figuras (III.5.4, III.5.5) para los casos de corte y terraplén respectivamente.

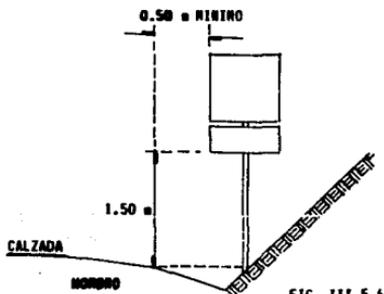


FIG. III.5.4

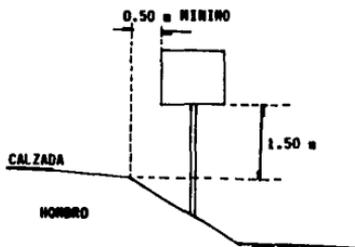
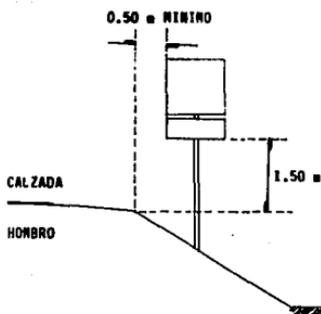
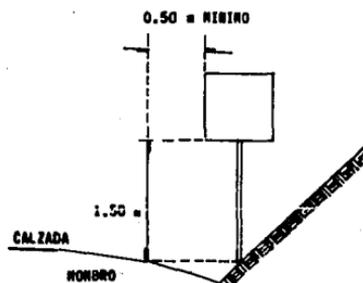
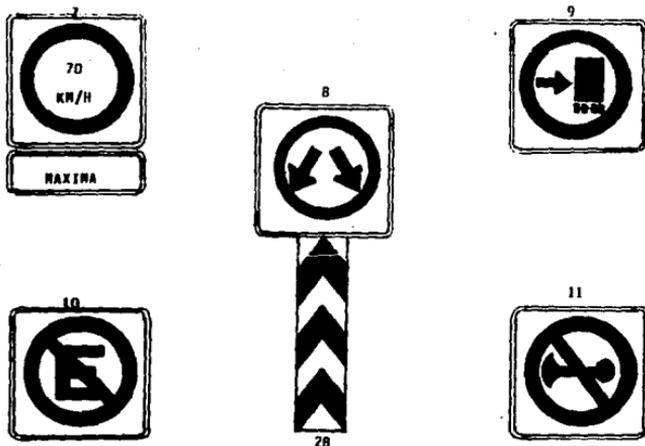


FIG. III.5.5



Las señales restrictivas empleadas son:

TABLA III.5.6

SEÑAL	CLAVE	NUMERO	DIMENSIONES	CANTIDAD
	R-4	7	91 X 91	4
	R-6	8	91 X 91	3
	R-8	9	91 X 91	1
	R-21	10	91 X 91	8
	R-31	11	91 X 91	1
	Placa adicional.	12	25 x 91	3

El número con que aparece cada señal en la tabla nos sirve para localizar en el croquis (III.5.1) la ubicación exacta en las vialidades.

### C) INFORMATIVAS

Son láminas fijas en postes o estructuras, con leyendas y/o símbolos y/o números que tienen por objeto proporcionar información al usuario sobre nombres, distancias y direcciones de ciudades pobladas u otros destinos, así como identificar parques, bosques, kilometrajes, etc., suministrando información útil, de una forma sencilla y directa.

Las señales informativas se clasifican en cinco grupos:

- 1.- De identificación
- 2.- De destino
- 3.- De recomendación
- 4.- De información general
- 5.- De servicios

De las cuales para nuestro diseño sólo elegiremos 2 y 3

Señales informativas de destino

se usarán para informar a los usuarios sobre el nombre y ubicación de cada uno de los destinos que se presenten a lo largo de su recorrido.

#### FORMA

Las señales informativas de destino, son láminas rectangulares con las esquinas redondeadas, colocadas con su mayor dimensión horizontal.

#### COLOR

Las señales informativas de destino elevadas, serán láminas con fondo color verde, con filete, letras, número, flechas y escudo federal blanco reflejante. Las señales bajas serán de fondo blanco con filete, letras, flechas y escudo negros.

Independientemente de los colores característicos de cada señal, todas llevarán el poste y el reverso pintado de color verde mate.

#### COLOCACION

##### LONGITUDINAL

De acuerdo con su ubicación longitudinal, las señales informativas de destino se clasifican en previas, decisivas y confirmativas.

Las señales previas deben colocarse anticipadas a la intersección, a una distancia tal que permita a los conductores conocer los destinos y preparar las maniobras necesarias para tomar el elegido, la distancia recomendable por ser el camino de 4 carriles oscila entre 250 m y 500 m. del entronque que indique el carril y destino.

La señal decisiva se colocará en el punto donde el usuario efectuará la maniobra para tomar la ruta por la que se ha decidido.

Las señales confirmativas se colocarán después de la intersección, a una distancia en la que ya no exista el efecto de los movimientos direccionales, pero en ningún caso a una distancia menor de 100 m. de la intersección.

#### LATERAL

Las señales se colocarán de tal manera que la orilla interna de la lámina de las señales bajas o el poste de las señales elevadas, queden a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical del hombro del camino, de acuerdo a la figura siguiente para corte y terraplén respectivamente. Figura III.5.6

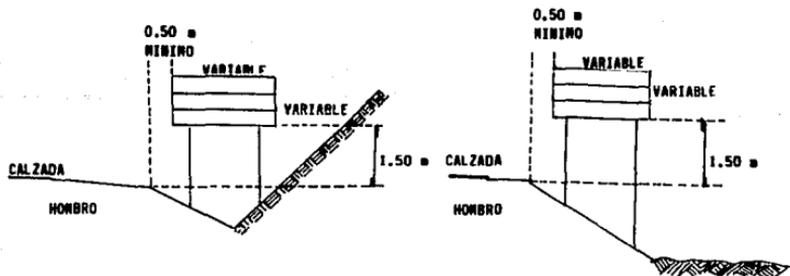


FIG. III.5.6

## TAMANO

Las dimensiones de las señales informativas de destino, tanto bajas como elevadas, dependen del ancho de corona y para nuestro diseño utilizaremos las tablas subsecuentes teniendo como dato un camino de 4 o más carriles.

### SENALES BAJAS

#### DIMENSIONES

TABLA III.5.7

ANCHO DE CORONA	ALTURA DE LETRA (CM)	ALTURA DE LA LAMINA (CM)	ALTURA DEL ESCUDO (CM)	LONGITUD DE FLECHA (CM)
Menor de 6.00 m.	15	30	30	22.5
De 6.00 a 9.00 m	20	40	40	30
De 9.00 a 12.00 m	25	56	50	37.5
4 o más carriles	30-35	86	50	37.5
Diagramáticas	30-35	122 a 366	50	variable

## SENALES ALTAS O ELEVADAS

### DIMENSIONES

TABLA III.5.8

NUMERO RENGLONES	ALTURA DE LETRA (CM)	ALTURA DE LA LAMINA (CM)	ALTURA DEL ESCUDO (CM)	LONGITUD DE LA FLECHA (CM)	USO
1	30	91	61	45	Carreteras de 2 carriles.
1	35	91	61	52.5	Carreteras de 4 carriles.
2	30	122	60	45	Carreteras de 4 carriles o más.
2		122	60	45	Carreteras de 4 carriles o más.
1	35		60	36	Carreteras de 4 carriles o más - en puente.
Con flecha hacia abajo*					

\* Para indicar el destino del carril.

La longitud de las láminas se definirá en función del mayor número de letras que tenga el nombre del destino.

### SENALES INFORMATIVAS DE RECOMENDACION

Se utilizarán con fines educativos, para recordar a los usuarios determinadas disposiciones o recomendaciones de seguridad que conviene observar durante el recorrido del camino.

La forma que llevarán las señales informativas de recomendación es rectangular con las esquinas redondeadas y colocadas con su mayor dimensión horizontal, con apoyos adecuados.

Las placas tendrán el fondo blanco reflejante, con letras y filete en negro.

## COLOCACION

### LONGITUDINAL

La colocación de estas señales no deberá interferir en ningún caso con cualquiera de los otros tipos de señales, y de preferencia se ubicarán en tramos donde no existen aquellas.

### LATERAL

La colocación lateral y la altura de este tipo de señales son similares a las que muestran en las figura (III.5.6).

### TAMANO

Las señales informativas de recomendación tendrán las dimensiones que se muestran en la tabla (III.5.9), considerando para el diseño una carretera de cuatro o más carriles.

TABLA III.5.9

NUMERO DE RENGLONES	ALTURA DE LETRAS (CM)	ALTURA DE LA LAMINA (CM)	U S O
1 2	15 15	30 61	Carretera con ancho de corona menor de 6.00 m.
1 2	20 20	40 71	Carretera con ancho de corona de 6.00 a 9.00 m
1 2	25 25	61 91	Carretera con ancho de corona mayor de 9.00 m o carreteras de cuatro o más carriles.

La longitud de las placas se definirá en función del número de letras que tenga el texto de la recomendación.

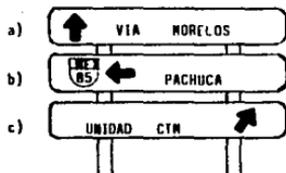
No se pondrán más de cuatro palabras por renglón, y en ningún caso la señal tendrá más de dos renglones por texto.

Las señales informativas empleadas son:

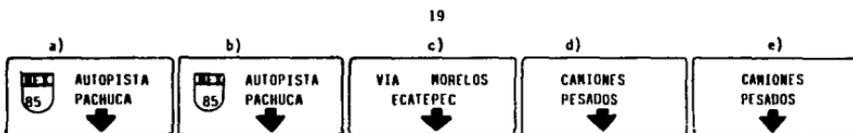
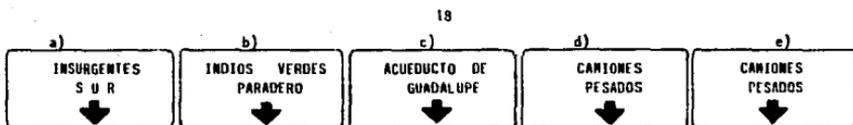
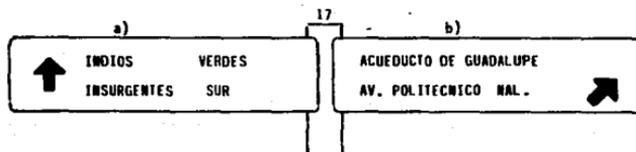
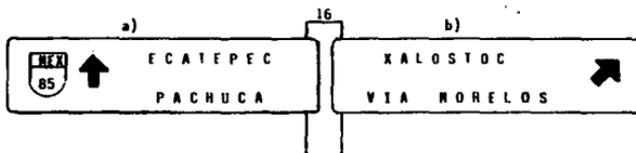
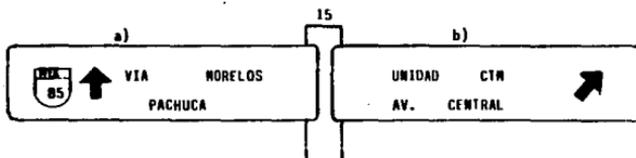
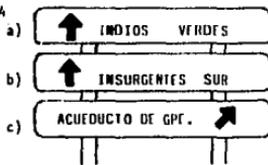
TABLA III.5.10

SEÑAL	CLAVE	NUMERO	DIMENSIONES	CANTIDAD
INFORMATIVAS DE DESTINO	I-d-15	13a	40 x 180	1
		13b	40 x 180	1
		13c	40 x 180	1
		14a	40 x 180	1
		14b	40 x 180	1
		14c	40 x 180	1
	I-d-18	15a	122 x 305	1
		15b	122 x 305	1
		16a	122 x 305	1
		16b	122 x 305	1
		17a	122 x 305	1
		17b	122 x 305	1
	I-d-19	18a	122 x 244	1
		18b	122 x 244	1
		18c	122 x 244	1
		18d	122 x 244	1
		18e	122 x 244	1
		19a	122 x 244	1
		19b	122 x 244	1
		19c	122 x 244	1
		19d	122 x 244	1
		19e	122 x 244	1
		20a	122 x 244	1
		20b	122 x 244	1
		20c	122 x 244	1
		20d	122 x 244	1
	20e	122 x 244	1	
INFORMATIVAS DE RECOMENDACION	I-r-28	21	61 x 180	2
	I-r-39	22	61 x 180	1
	I-r-41	23	61 x 180	4
	I-r-44	24	61 x 180	1
	I-r-45	25	61 x 180	4
	I-r-46	26	61 x 180	1
	I-r-47	27	61 x 180	1
OTRAS	Bifurcador de caminos	28	40 x 90	3

13



14



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

20

a)

INSURGENTES  
CENTRO HISTORICO  
↓

b)

CIRCUITO INTERIOR  
LA RAZA  
↓

c)

PARADERO  
INDIOS VERDES  
↓

d)

ACUEDUCTO  
DE GUADALUPE  
↓

21

CONSERVE SU  
CARRIL

22

LINEA CONTINUA  
NO REBASE

23

NO TIRE  
BASURA

24

CIERRE SU  
ESCAPE

25

TRANSITO LENTO  
CARRIL DERECHO

26

REDUCCION DE CARRILES  
A 100 M

27

MANEJE CON  
PRECAUCION

## MARCAS

Son las indicaciones que se aplican sobre la superficie de rodamiento, guarniciones y estructuras, dentro de o adyacentes a las vías de circulación, a base de pintura, materiales termoplásticos o vialetas de diferentes tipos.

Las marcas en el pavimento, tienen por objeto el delimitar claramente las partes de la calzada reservada a diferentes vías de circulación, o a cierto tipo de vehículos, así como indicar los movimientos a ejecutar. Son el complemento necesario del proyecto geométrico en general.

Para este proyecto en particular y de acuerdo al manual de dispositivos de la CGI, sólo utilizaremos las siguientes marcas de acuerdo a su clasificación.

### MARCAS EN EL PAVIMENTO

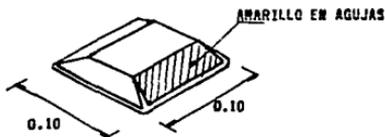
#### M-4 Raya separadora de carriles

Serán discontinuas de color blanco, en segmentos de 2.5 m de longitud, con espacio de 5.0 m utilizando a la mitad de este espacio una vialeta de 10 x 10 x 2 cm, que lleva una cara de color amarillo para guiar al usuario sin distraer su vista del camino.

Además de las rayas discontinuas, los dos carriles de la derecha de cada vialidad llevarán una raya adicional continua de color blanco; que servirá para indicar que estos carriles son exclusivos para la circulación de vehículos pesados y autobuses.

M-5 Rayas en las orillas de la calzada, para delimitar la superficie de rodamiento.

Se utilizarán, para indicar las orillas exteriores de la calzada y delimitar los acotamientos. Figura III.5.7.



DETALLE DE LA FIGURA III.5.7

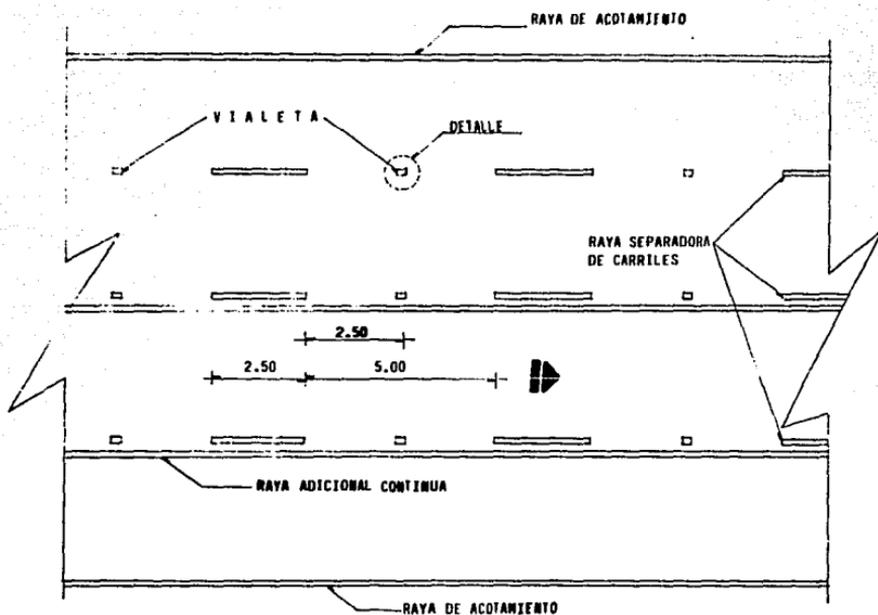


FIG. III.5.7

Deberán ser rayas continuas de color amarillo, con un ancho de 10 cm, marcadas en la orilla de la calzada, a todo lo largo de la carretera. Como se muestra en la figura anterior.

#### M-6 Rayas canalizadoras.

Son las que sirven como guía para encauzar el tránsito en ciertas direcciones, y también para formar isletas y canalizar el tránsito en la entrada y salida de nuestra vía rápida urbana.

Las rayas que delimiten el encauzamiento de los vehículos, serán continuas. Estarán pintadas de blanco y tendrán 10 cm de ancho; en los dos casos que se presentan formarán una isleta o faja separadora. Esta zona neutral deberá marcarse con rayas continuas en forma de flecha, que serán de color blanco, con un ancho de 20 cm y estarán separadas entre sí por 1.00 m. Figura (III.5.8)

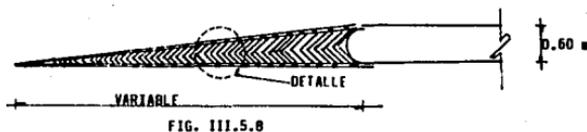
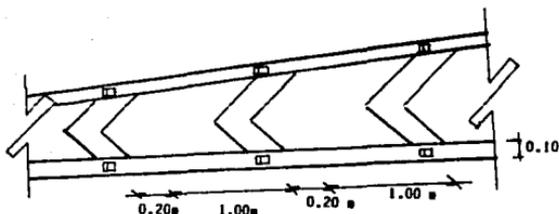


FIG. III.5.8



DETALLE DE LA FIGURA III.5.8

Se colocarán también vialetas en las rayas laterales continuas, con la finalidad de hacer sentir a los conductores que llevan una trayectoria errónea.

#### M-11 Leyendas y símbolos para regular el uso de carriles

Como se había mencionado anteriormente existirán dos carriles para vehículos pesados de los cuales, el primero será exclusivo de autobús y llevará un rombo y una leyenda con las siguientes dimensiones.  
Figura (III.5.9).

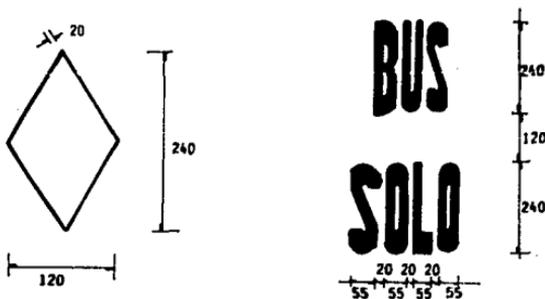
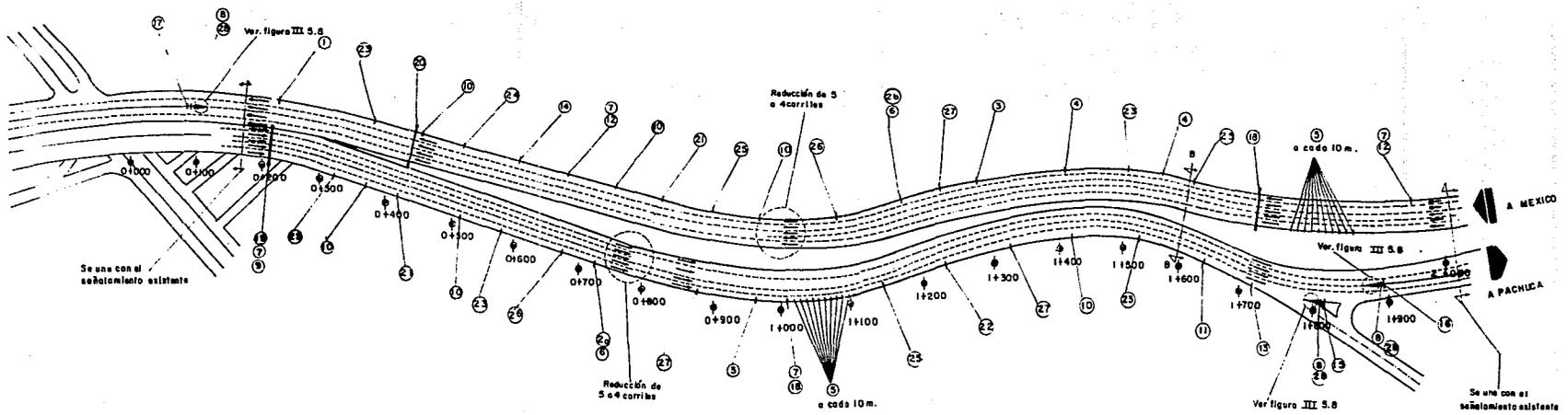


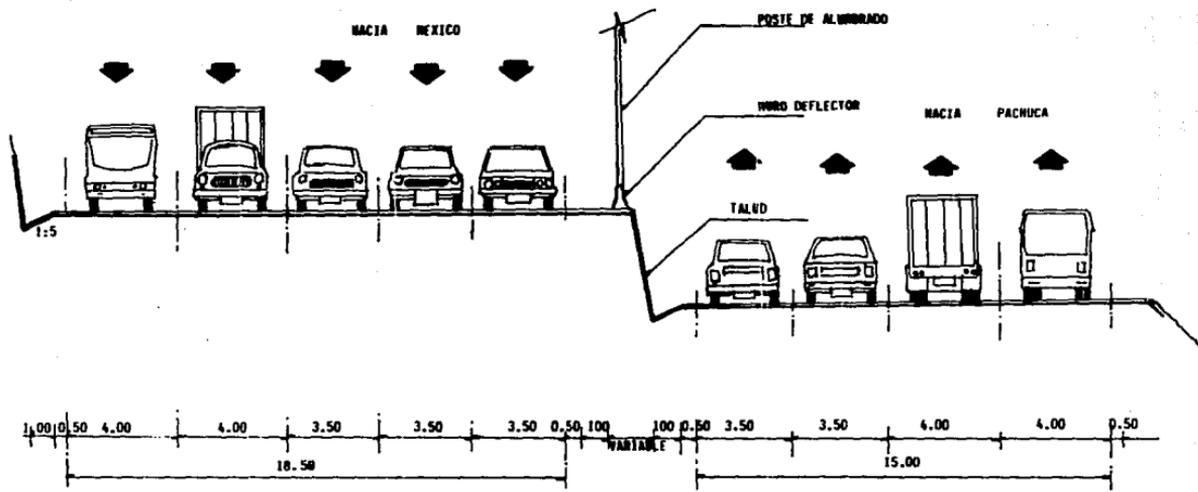
FIGURA III.5.9

PAR VIAL INDIOS VERDES  
SEÑALAMIENTO DEFINITIVO

SIMBOLOGIA	
○	Número de señal
↓	Colocamiento
⇨	Sentido de la circulación
→	Flecha sobre el pavimento



U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CROQUIS III.5.1



SECCION B-B'

#### **IV. PRESUPUESTO**

Se llama presupuesto; al cálculo del importe de una obra previo a su construcción, dicho presupuesto se hace en base a un estimativo de cantidades de obra, así como de precios unitarios de conceptos de trabajo o de parámetros de costos de partidas en que se divida la ejecución de la obra en cuestión.

Es importante mencionar que un presupuesto involucra todos aquellos factores que influyen en la realización de una obra, dentro de éstos los más significativos son: materiales, mano de obra, gastos administrativos y finalmente maquinaria. Los cuales se agrupan para mayor facilidad en los apartados que conforman el presupuesto éstos son: costo directo y costo indirecto.

El cargo a costo directo es aplicable al concepto de trabajo, que se deriva de las erogaciones por mano de obra, materiales, maquinaria, herramienta e instalaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto.

En cuanto a los costos indirectos, éstos corresponden a los gastos generales necesarios para la ejecución de la obra, no incluidos en los costos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales de organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, administración, financiamiento y prestaciones sociales correspondientes al personal directivo y administrativo y las regalías que procedan, en su caso por el uso de patentes. Dichos costos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Este porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo el resultado de esa suma entre el costo total directo de la obra de que se trate.

Dentro del costo directo se puede agrupar a los factores más representativos:

- 1.- Materiales
- 2.- Mano de obra.
- 3.- Equipo y herramienta.

Habiendo enunciado los factores del costo directo, a continuación se enlistan los gastos generales que deberán tomarse en consideración, para integrar el costo indirecto.

- 1.- Horarios, sueldos y prestaciones
  - 1.1.- Personal directivo
  - 1.2.- Personal técnico
  - 1.3.- Personal administrativo
  - 1.4.- Personal en tránsito
  - 1.5.- Cuota patronal del Seguro Social
- 2.- Depreciación, mantenimiento y rentas
  - 2.1.- Edificios locales
  - 2.2.- Campamentos
  - 2.3.- Talleres
  - 2.4.- Bodegas
  - 2.5.- Instalaciones generales
  - 2.6.- Muebles y enceres
- 3.- Servicios
  - 3.1.- Depreciación o renta, operación y vehículos
  - 3.2.- Laboratorio de campo
- 4.- Fletes y acarrees
  - 4.1.- De campamentos
  - 4.2.- De equipo de construcción
  - 4.3.- Mobiliario
- 5.- Gastos de oficina
  - 5.1.- Papelería y útiles de escritorio
  - 5.2.- Correos, teléfonos, telégrafos y radio
  - 5.3.- Copias y duplicados
  - 5.4.- Luz, gas y otros consumos
  - 5.5.- Gastos de concurso

## **6.- Fianza y financiamientos**

### **6.1.- Seguros**

### **6.2.- Primas por fianza**

### **6.3.- Intereses por financiamiento**

## **7.- Trabajos previos y auxiliares**

### **7.1.- Construcción y conservación de caminos de acceso**

## **IV.1.- CATALOGO DE CONCEPTOS**

A continuación se pretende dar una descripción del catálogo de conceptos, el primer punto a tratar es que dicho catálogo se divide en 18 partidas, las cuales engloban conceptos afines a ellas, además de los subconceptos que se deriven de éstos.

### **1.- Mejoramiento de vialidad existente para implementación de desvíos y bandeos de tránsito.**

#### **1.1.- Relleno**

##### **1.1.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.**

#### **1.2.- Carpeta.**

##### **1.2.1.- Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.**

#### **1.3.- Riego de Liga.**

##### **1.3.1.- Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.**

## 2.- Excavaciones, Demoliciones y Cortes.

2.1.- Corte y despalme en la zona de construcción, excavando toda el área que ocupa la vialidad de proyecto, con medios mecánicos.

2.2.- Corte y despalme en la zona de construcción, excavando toda el área que ocupa la vialidad de proyecto con explosivos.

### 2.3.- Demoliciones.

2.3.1.- Demolición de elementos estructurales de concreto armado.

2.3.2.- Retiro de postes.

2.3.3.- Retiro de mobiliario urbano.

2.3.4.- Retiro de parapeto metálico

2.3.5.- Demolición de concreto asfáltico o hidráulico.

## 3.- Terraplenes.

3.1.- Conformación del cuerpo del terraplén.

## 4.- Terracerías.

### 4.1.- Sub-rasante

4.1.1.- Preparación, conformación y compactación de la capa sub-rasante.

### 4.2.- Sub-Base.

4.2.1.- Preparación, conformación y compactación de la capa sub-base.

### 4.3.- Base.

4.3.1.- Preparación, conformación y compactación de base.

5.- Pavimentos.

5.1.- Riego de impregnación.

5.1.1.- Riego de impregnación con asfalto rebajado FM-1.

5.2.- Riego de liga.

5.2.1.- Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.

5.3.- Carpeta.

5.3.1.- Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.

5.4.- Riego de sello.

5.4.1.- Riego de sello a base de lechado de cemento

6.- Banquetas, guarniciones y cunetas.

6.1.- Banquetas de concreto.

6.1.1.- Banquetas de concreto simple  $f'c = 150$  kg/cm .

6.2.- Guarniciones

6.2.1.- Guarniciones de concreto de  $f'c = 200$  kg/cm .

6.3.- Cunetas.

6.3.1.- Cuneta a base de concreto de  $f'c = 250$  kg/cm .

7.- Concreto.

7.1.- Plantilla.

7.1.1.- Plantilla sobre superficie de despalme de 5cm espesor.

7.2.- Concreto hidráulico, de  $f'c = 250$  kg/cm .

8.- Acero.

8.1.- Varilla corrugada, de cualquier diámetro.

- 9.- Cimbra.
  - 9.1.- Cimbra común y decimbra
  - 9.2.- Cimbra aparente y decimbra.
- 10.- Parapetos.
  - 10.1.- Parapeto de tubo de acero.
  - 10.2.- Parapeto de concreto reforzado.
- 11.- Drenaje pluvial.
  - 11.1.- Excavaciones
    - 11.1.1.- Excavación cualesquiera que sea su clasificación.
  - 11.2.- Rellenos .
    - 11.2.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.
  - 11.3.- Suministro y tendido de tubería.
    - 11.3.1.- Cama de arena para tendido de tubería.
    - 11.3.2.- Suministro, colación y prueba de tubería de concreto.
    - 11.3.3.- Suministro y tendido de tubería circular.
  - 11.4.- Registros.
    - 11.4.1.- Registro de tabique rojo recocido de 2.00 x 1.00 x 2.50 m.
- 12.- Concreto.
  - 12.1.- Concreto hidráulico de  $f'c = 200$  kg/cm .
- 13.- Acero.
  - 13.1.- Varilla corrugada, de cualquier diámetro.
- 14.- Cimbra.
  - 14.1.- Cimbra común y decimbra

15.- Instalaciones eléctricas.

15.1.- Excavaciones.

15.1.1.- Excavación, cualesquiera que sea su clasificación.

15.2.- Rellenos.

15.2.1.- Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.

15.3.- Suministro y colocación de postes.

15.3.1.- Luminario tipo cromalite (400).

15.3.2.- Poste cónico circular.

15.3.3.- Concreto para soporte de poste de acero.

15.4.- Suministro y prueba de tubería.

15.4.1.- Combinación de interruptor termomagnético de 2 x 40 a .1000 Amp.

15.4.2.- Celda fotoeléctrica para 220 v. 60 Hz.

15.4.3.- Cable de cobre monopolar.

15.4.3.1.- No. 6 AWG

15.4.3.2.- No. 10 THW Vinanel 2000

15.4.4.- Tubo de concreto armado de 10 cm interior.

15.5.- Registros

15.5.1.- Registro de concreto armado de 50 x 65 x 64 cm.

15.5.2.- Registro de concreto armado de 60 x 80 x 124 cm.

- 16.- Señalamiento provisional vertical.
  - 16.1.- Señal informativa.
  - 16.2.- Señal preventiva.
  - 16.3.- Indicador de peligro.
  - 16.4.- Bolla.
  - 16.5.- Guarnición de concreto simple  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ .
  - 16.6.- Lámparas de destello.
  - 16.7.- Varilla de 3/8".
  - 16.8.- Barrera de protección.
- 17.- Señalamiento definitivo.
  - 17.1.- Señal informativa.
  - 17.2.- Señal restrictiva.
  - 17.3.- Señal preventiva.
  - 17.4.- Placa adicional para señal restrictiva.
  - 17.5.- Placa adicional para señal preventiva.
  - 17.6.- Indicador de separación de carriles.
  - 17.7.- Raya separadora de carriles.
  - 17.8.- Raya de acotamiento.
  - 17.9.- Agujas.
  - 17.10.- Pintura en guarniciones.
  - 17.11.- Marcador reflectorizado.
- 18.- Trasplante y reubicación de árboles.

#### **IV.2.- VOLUMENES DE OBRA:**

En este subcapítulo se describen en la tabla (IV.2.1) las cantidades de obra de los diferentes conceptos involucrados en la realización de la misma. Los volúmenes que aparecen, son los que se tomaron en cuenta para realizar el presupuesto base. Es necesario indicar que se le llama presupuesto base porque los volúmenes pueden decrecer o aumentar, trayendo con esto que el presupuesto varía en la misma proporción.

Como aspecto digno de ser aclarado es que existen algunos conceptos dentro de esta tabla (IV.2.1) que carecen del precio unitario, debido a la dificultad de tener acceso a dicha información.

Con objeto de dar una visión más clara del comportamiento del presupuesto. En la tabla (IV.2.2) aparecen identificadas las variantes en los volúmenes. En ella es evidente recalcar que el presupuesto base se incrementó, esto se debe a que los volúmenes de obra tendieron a ser más altos que los estimados.

Analizando el comportamiento de volúmenes, se concluye que el catálogo de conceptos de concurso consideraba el 65.69% del volumen ejecutado realmente en obra. Al mismo tiempo es claro que el presupuesto base debería haberse elevado un 34.31%, lo cual no fue así, lo que ocurre es que hay volúmenes que disminuyen en función de lo estimado. Esto dio motivo a tener el porcentaje de disminución de un 21.83%.

Adicional al presupuesto base se incorpora el concepto por obras inducidas o aquellos trabajos o conceptos no considerados. Es notable remarcar que este tipo de obras influyen de una manera directa a que el presupuesto base se eleve, para el caso del par vial éste fue considerable debido a la relevancia y alta complejidad de ejecución.

Es necesario hacer notar que los conceptos descritos anteriormente sólo involucran a los de catálogo del presupuesto base. La razón de las anteriores reflexiones hacen notar que el catálogo de conceptos no debe considerarse como algo obsoleto, si bien, no es exacto, es aproximado.

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## RESUMEN POR PARTIDAS

TABLA IV.2.2

DESCRIPCION	CANTIDAD		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	DIFERENCIA	IMPORTE (MILES DE P.)
	CATALOGO	REAL				
1 LIM. TRAZO Y NIVEL.	0.00	99 360	m²	256.8	(99 360)	26'516 640
2 DESMONTE DE TERRENO	0.00	99 360	m²	2 877.6	(99 360)	285'914 362
3 DESPALME DE TERRENO	0.00	99 360	m²	1 014.5	(99 360)	100'601 714
4 CORTE Y EXC. EN ZONA DE VIALIDAD	386 427	260 000	m3	22 490.6	(-106 427)	393'607 086
5 DEMOL. DE ELEM. ESTRUC.	66	7.0	m3	81 464.5	(-59)	4'806 408
6 PREPARACION, CONFORMACION Y COMP. SUBRASANTE	9 261	21 735	m3	4 963.3	(+12 474)	61'912 079
7 SUM. Y COL. DE SUB-BASE DE GRAVA SEMENTADA	21 689	18 113	m3	54 439.6	(-3 576)	184'625 902
8 SUM. Y COL. DE G. SEMENTADA	9 261	13 600	m3	62 720.3	(+4 539)	184'687 306
9 DEMOLICION DE C. ASFALTICA	414	414	m3	50 356.7	(0.00)	0.00
10 CONFORMACION C. TERRAPLEN	836	1 350	m3	10 861.1	(+514)	5'582 585
11 CONFORMACION C. TERRAPLEN	0.00	1 311	m3	10 861.1	(+1 311)	14'238 850
12 RIEGO DE IMPREGNACION	101 671	124 200	lt	797.8	(+22 329)	17'614 076
13 RIEGO DE LIGA	33 956	41 400	lt	797.8	(+7 443)	5'938 025
14 CONST. C. DE CONCRETO ASFAL.	6 825	82 800	m²	21 048.5	(+75 975)	599'159 788
15 SELLO CON CEMENTO	67 915	82 800	m²	328	(+14 885)	4'882 260
16 BANQUETA CONCRE. f'c=150Kg/cm²	336	36	m²	39 989.2	(-300)	11'996 757
17 GUARNI. CONCRE f'c=200Kg/cm²	260	120	ml	33 588.2	(-140)	4'702 060
18 CUNET A. f'c250Kg/cm²	7 840	9 670	ml	95 572.4	(+1 830)	174'937 473
19 PLANTILLA EN SUPERF. DE DESPAL.	52	52	m²	9 833.3	(0.00)	0.00
20 CONCRETO H. f'c=250Kg/cm²	92	3 583	m3	365 808.	(+3 491)	277'038 591
21 SUM. TEND. Y HAB. DE ACERO	10.78	431	Ton.	3'091 50	(+420)	297'567 809
22 SUM. Y HAB. DE CIMBRA COMUN	302	17 415	m²	32 697.2	(+17 113)	559'546 328
23 SUM. Y HAB. DE CIMB. APARENTE	210	4 107	m²	37 421.6	(+3 897)	145'631 697
24 FAB. SUM. Y COL. DE PARAPETO DE TUBO DE ACERO	3 920	4 680	ml	325 149.	(+740)	240'610 297
25 EXCAVACION EN SEPA	20 608	11 592	m3	16 797.1	(-9 016)	151'442 473
26 RELLENO DE EXCA. CON TEPETATE	8 153	3 312	m3	34 354.2	(-4 841)	155'444 230
27 SUM. Y TENDIDO DE CAMA DE ARENA	392	828	m3	27 676.8	(+436)	12'066 969
28 SUM. Y TEN. E INSTALACION DE TUBERIA DE ACERO	1 960	10 234	ml	325 138.	(+8 274)	690' 197 190
29 SUM. Y COLOCACION DE POSTE	141	197	Pza.	103 494.	(+56)	61'976 714
30 SUM. TEND. Y COLOCACION DE DOS VIAS DE DUCTO	0.00	9 250	ml	26 214.8	(+9 250)	242'486 623
31 CONSTRUCCION DE CIMIENTO PARA ARBOTANTE	148	197	Pza.	494 048.	(+49)	24' 208 389
32 CONST. DE REG. PARA LUMINARIAS	22	53	Pza.	382 969.	(+31)	11' 872 063
33 SUM. Y COL. Y PRUEBA DE CABLE	13 000	23 920	ml	12 728.6	(+10 920)	138'996 875
34 SUM. Y COL. Y P. DE LUMINARIA	104	197	Pza.	302 980.	(+93)	121'177 191
35 COMBINACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	15	19	Pza.	582 538.	(+4)	2'330 156
36 CELDA FOTOELECTRICA	15	19	Pza.	76 500.5	(+4)	306 002
37 RETIRO DE POSTES Y MOBILIARIO URBANO	123	26	Pza.	629 368.	(-97)	61'048 751
38 SEÑALAMIENTO TRANSITO (RAYA SEPARADORA CARRILES)	13 915	13 915	ml	5 819.47	(0.00)	0.00
39 SEÑALAMIENTO DE TRANSITO (RAYA DE ACOTAMIENTO)	10 120	10 120	ml	5 819.47	(0.00)	0.00
40 SEÑALAMIENTO DE TRANSITO (AGUJA)	320	320	ml	7 265.3	(0.00)	0.00

VOLUMENES DE OBRA

TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
Mejoramiento de vialidad existente para implementación de desvíos y bandeos de tránsito.				
Relleno para alcanzar nivel de proyecto con tepetate.	585	M3	34,382	20,114
Carpeta de concreto asfáltico elaborado en planta.	6,825	M	21,049	143,656
Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.	5,850	Lt.	798	4,668
Excavación, demoliciones y cortes.				
Corte y despalme en la zona de construcción. (mecánica)	36,639	M3	22,499	824,326
Corte y despalme en la zona de construcción. (explosivos)	329,788	M3	22,499	7 419,768
Demolición de elementos estructurales de concreto armado.	66	M3	81,465	5,377
Retiro de postes.	56	Pza.	629,369	35,245
Retiro de mobiliario urbano.	67	Pza.	629,369	42,168
Retiro de parapeto metálico.	2,128	M	-----	-----
Demolición de concreto asfáltico o hidráulico.	414	M3	50,367	20,852

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
<b>Terraplenes</b>				
Conformación de cuerpo de terraplén.	836	M3	10,861	9,080
<b>Terracerías.</b>				
Preparación, conformación y compactación de la capa subrasante.	9,261	M3	4,963	45,965
Preparación, conformación y compactación de la capa sub-base.	21,689	M3	54,440	1 176,385
Preparación, conformación y compactación de la base.	9,261	M3	62,720	580,852
<b>Pavimentos.</b>				
Riego de impregnación con asfalto rebajado - FM-1.	101,871	Lt	798	81,281
Riego de liga con asfalto rebajado FR-3.	33,957	Lt	798	27,094
Carpeta de concreto - asfáltico elaborado en planta.	67,915	M	21,049	1,429,509
Riego de sello a base de lechado de cemento.	67,915	M	328	22,276
<b>Banquetas, guarniciones y cunetas.</b>				
Banquetas de concreto simple de f'c=150 kg/cm	336	M	39,989	13,436
Guarniciones de concreto de f'c=200 kg/cm				
0.15 x 0.20 x 0.50	260	M	33,586	8,732
0.25 x 0.30 x 0.60	160	M	33,586	5,374
Cunetas a base de concreto de f'c=250 kg/cm .	7,840	M	95,572	749,288

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE
<b>Concreto</b>				
Plantilla sobre superficie de desplante 5 cm. - espesor.	52	M	9,633	501
Concreto hidráulico de - f'y=4200 Kg cm	92	M3	365,809	33,654
<b>Acero</b>				
Varilla corrugada, de -- cualquier diámetro f'c= 250 kg/cm .	10.12	Ton	3 891,508	39,382
<b>Cimbra</b>				
Cimbra común y descimbra obra falsa y moldes.	250	M	32,697	8,174
Cimbra aparente y descimbra, obra falsa y moldes	210	M	37,422	7,859
<b>Parapetos</b>				
Parapeto de tubo de acero de 7.5 cm de diámetro	3,920	M	325,149	1 274,584
Parapeto de concreto reforzado.	120	M	-----	-----
<b>Drenaje pluvial</b>				
Excavación por unidad de obra terminada.	7,728	M3	22,499	173,869
Relleno para alcanzar -- nivel de proyecto con -- tepetate.	3,888	M3	34,382	133,678
Cama de arena para tendido de tubería.	392	M3	27,677	10,849
Sum. colocación y prueba de tubería de concreto. f'c=150 kg/cm , de 30 cm	1,960	M	325,139	637,272

## CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
Sum. y tendido de tube- rfa circular con doble - capa de cemento asfálti- co, de 91 cm 0 cal. 20	328	M	-----	-----
Registro de tab. rojo -- recocido de 2.00 x 1.00 x 2.50.	46	Pza.	382,970	17,617
Concreto.				
Concreto hidráulico, de f'c=200 kg/cm	6.00	M3	-----	-----
Acero.				
Varilla corrugada, de - cualquier diámetro, - f'c=4200 kg/cm	0.660	Ton.	3 891 508	2,568
Cimbra.				
Cimbra común y descim- bra, obra falsa y mol- des.	52.00	M	32,697	1,700
Registros.				
Registro de tab. rojo recocido de 2.00 x 1.00 x 2.50.	46.00	Pzas	382,970	17,617
Instalaciones eléctricas				
Excavación (por unidad - de obra terminada).	12,880	M3	22,499	289,782
Relleno p' alcanzar ni- vel de Proy. con tepeta- te.	3,680	M3	34,382	126,526
Luminaria tipo cromalite (400) autobalastrodo.	104	Pzas	1 302,980	135,510

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
Poste cónico circular fa- bricado en lámina cal. 1	141	Pzas	1 103,495	155 593
Combinación de interrup- tor termomagnético de 2 x 40 A	15	Pzas	582,539	8 738
Celda fotoeléctria para 220 V 60 Hz.	15	Pzas	76,501	1 148
Cable de cobre monopolar 6 AWG (cadena cruzada)	10,000	M	12,729	127 286
Cable de cobre monopolar 10 THW vinanel 2,000	3,000	M	12,729	38 186
Registro de concreto ar- mado 50 x 65 x 64 cm.	9.0	Pza.	325,139	2 926
Registro de concreto ar- mado 60 x 80 x 124 cm.	13.0	Pza.	325,139	4 227
Concreto para soporte de poste de acero .	148.0	Pza.	494.049	73,119
Señalamiento provisional vertical.				
Señal informativa de lá- mina galv. cal. 16.				
a) 1.22 x 3.05 m.	18	Pza.	-----	-----
b) 0.61 x 1.00 m.	80	Pza.	-----	-----
Señal preventiva de Lá- mina galv. cal. 16.				
a) 0.61 x 0.61 m.	35	Pza.	-----	-----
b) 0.91 x 0.30 m.	35	Pza.	-----	-----
Indicador de peligro - doble con lámina galv. cal. 16.				
a) 0.90 x 0.20 m.	350	Pza.	-----	-----

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI- DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
Bolla de 1.50 m. h. con base de concreto - reforzado.	950	Pza.	-----	-----
Guarnición de concreto simple $f'c=100$ kg/cm . a) 1.00 x 0.30 x 0.20 cm	1,200	Pza.	-----	-----
Lámparas de destello de luz intermitente color amarilla.	70	Pza.	1 302,980	9 209
Varilla de 3/8" con pin- tura color blanco.	3,000	M	-----	-----
Barrera de protección de Lám. galv. de 244x140 cm	10.00	Pza.	-----	-----
Señalamiento definitivo				
Señal informativa de lá- mina galvanizada cal. 16				
a) 1.22 x 3.05 m.	12.00	Pzas	-----	-----
b) 0.61 x 1.00 m.	15.00	Pzas	-----	-----
Señal restrictiva de lá- mina galvanizada cal. 16				
a) 0.61 x 0.61 m	50	Pzas	-----	-----
b) 0.71 x 0.71 x 0.71 m	2	Pzas	-----	-----
Señal preventiva de lám. galv. cal. 16				
a) 0.61 x 0.61 m	18	Pzas	-----	-----
Placa adicional para se- ñal restrictiva.				
a) 0.30 x 0.61 m	16	Pzas	-----	-----
Placa adicional para se- ñal preventiva.				
a) 0.30 x 0.91 m	16	Pzas	-----	-----
Indicador de separación de carriles de lá. galv. cal. 16.				
a) 0.40 x 0.91	4	Pzas	-----	-----

CONTINUACION TABLA IV.2.1

CONCEPTO	CANTIDAD	UNI-DAD	P.U.	IMPORTE M. PESOS
Raya separadora de carriles color blanco.	13,915	M	5,819	80,978
Raya de acotamiento color blanco.	10,120	M	5,819	58 89
Agujas color blanco reflejante.	320	M	7,265	2 325
Pintura en guarniciones color amarillo tráfico	9,200	M	-----	-----
Marcador reflectorizado en una cara amarillo.	2,400	Pzas	-----	-----
Trasplante y reubicación de árboles .				
Trasplante y reubicación de árboles	136	Pzas	-----	-----
Importe total				16221,214

**IV.3.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.**

El precio unitario es la integración de todos los cargos directos e indirectos correspondientes al concepto de trabajo, así como el cargo por la utilidad del contratista y aquellos adicionales estipulados contractualmente por las dependencias.

Además el precio unitario es el importe de la remuneración o pago total que se le debe cubrir al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que realice.

A continuación se pretende dar una pequeña descripción de algunos precios unitarios, así como de los factores que intervienen en la composición de los mismos, los costos horarios para equipo representativo se ubican en los cuadros (IV.2.1 al IV.2.6).

Se analizarán los precios unitarios representativos debido a su importancia en la realización de la obra. Se tomaron los precios de mayo de 1990.

Para la elaboración del precio unitario puede observarse que el costo indirecto más utilidad, se manejó de un 24%, la razón radica en que las obras de gobierno manejan un rango del 22% al 26% de costo directo más utilidad.

## PRECIOS UNITARIOS

Nomenclatura empleada para el análisis del costo horario de la maquinaria:

- Vc = Valor de compra
- Ea = Equipo adicional
- Vn = Valor neumáticos (llantas)
- Va = Valor inicial =  $Vc + Ea - Vn$
- %Vr = % de valor de rescate
- Ve = Vida económica
- Ha = Horas trabajadas al año
- i = Tasa de interés anual
- s = Prima anual de seguro
- Q = Coeficiente para mantenimiento
- Ka = Coeficiente para almacenaje
- Hp = Potencia del motor
- Cc = Capacidad del corte
- Tipo de combustible
- Pc = Precio del combustible.
- Ce = Coeficiente experimental p/combustible
- Tipo de lubricante
- Pa = Precio del lubricante
- tc = Tiempo para cambio de aceite
- Ca = Coeficiente experimental p/lubricante
- Hn = Vida económica de los neumáticos
- H = Horas efectivas por turno.

P.U: Corte y Excavación en Zona de Const. de vialidad (m3)

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Mano de Obra					
Herramienta y Equipo.					
Tractor de cadenas caterpillar D76 motor diesel de 200 H.P.	Hr	0.0568530	319,138	18,143.99	
					18,143.99
Costo directo:				18,143.99	
Utilidad + costo indirecto (24%):				4,354.56	
Total P.U. (m3):				22,498.55	

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.1

TIPO DE MAQUINARIA: COMPACTADOR DE RODILLOS COMPACTO-HUBER CD-810 8T 73 HP			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARI
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D=Va-Vr/Va$	$D=64'982,000-6'498,200/6,000$	9,747
Inversión	$I=(Va+Vr)/2Ha$	$I=(64'982,000)/(6'498,200)/2*1,200*0.03$	10,722
Seguros	$S=((Va+Vr)/2Ha)s$	$S=(64'982,000)/(6'498,200)*0.03/2*1,200$	894
Mantenimiento	$M=Q*D$	$M=0.80*9,747$	7,798
Almacenaje	$A=Ka*D$	$A=0.03*9,747$	0.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>29,161</b>
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E=Ce*Pc$	$E=10.00*550$	5,500
Lubricantes	$A=(Cc/tc+Ca)*Pa$	$A=(12/100+0.250)*3,043$	1,126
Neumáticos	$LL=Vn/Hn$	$LL=$	
<b>SUBTOTAL</b>			<b>6,626</b>
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
	$Op=$	$Op=63,666/8$	7,958
<b>SUBTOTAL</b>			<b>7,958</b>
<b>Observaciones</b>			<b>43,745</b>

**Vc** = Valor de compra... \$64'982,000.00  
**Ea** = Equipo adicional... 0.00  
**Vn** = Valor neumáticos (llantas) ... \$64'982,000.00  
**Vr** = Valor de rescate... \$6'498,00.00  
**Ve** = Vida económica... 6,000 Hrs  
**i** = Tasa de interés anual... 36.00%  
**s** = Prima anual de seguro... 3.00%  
**Q** = Coeficiente para mantenimiento. 0.80  
**Ka** = Coeficiente para almacenaje. 0.00  
**Ha** = Horas trabajadas al año... 1200 Hrs  
**Va** = Valor inicial = Vc+Ea-Vn. \$64'982,000  
**Vr** = % de valor de rescate... 10.00%

**Hp** = Potencia del motor ....73 H.P.  
**CC** = Capacidad de cortes... 12 Lts.  
 Tipo de combustible..... Diesel  
**Ce** = Coef. experimental p/combustible..100,000 Lts/Hr.  
 Tipo de lubricante.... Aceite brio rojo pemex  
**Pa** = Precio del lubricante.... 3,043  
**tc** = Tiempo para cambio de aceite... 100 Hrs.  
**Ca** = Coef. experimental p/lubricante..0.250 Lts./Hrs.  
**Hn** = Vida económica de los neumáticos....0 Hrs.  
**H** = Horas efectivas por turno.... 8 Hrs.  
**Pc** = Precio del combustible ....\$550.00

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.2

TIPO DE MAQUINARIA: PAVIMENTADORA BARDER-GREEN COMPLETA SB-131 130 HP			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D=Va-Vr/ve$	$D=678'041,000-67'804,100/7,000$	87,177
Inversión	$I=(Va+Vr)/2Ha$	$I=((678'041,000)+(67'804,100))*36/2*1,000$	134,252
Seguros	$S=((Va+Vr)/2Ha)s$	$S=((678'041,000)+(67,804,100))*0.03/2*1,000$	11,188
Mantenimiento	$M=Q*D$	$M=1.20*87,177$	104,612
Almacenaje	$A=Ka*D$	$A=0.00*87,177$	0.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>337,229</b>
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E=Ce*Pc$	$E=19.00*550$	10,450
Lubricantes	$A=(Ce/ta+Ca)*Pa$	$A=(19/140+0.480)*3,043$	1,874
Neumáticos	$LL=Vn/Hn$	$LL=25'896,000/3,500$	7,399
<b>SUBTOTAL</b>			<b>19,722</b>
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
Op=		Op=81,177/8	10,147
<b>SUBTOTAL</b>			<b>10,147</b>
<b>Observaciones</b>			<b>COSTO HORARIO</b>
			<b>367,098</b>

Vc = Valor de compra... \$703'937,000  
 Ea = Equipo adicional... 0.00  
 Vn = Valor neumáticos (Hantz) ... \$25'896,000  
 Vr = Valor de rescate... \$67'804,100  
 Ve = Vida económica... 7,000 hrs  
 i = Tasa de interés anual... 36.00%  
 s = Prima anual de seguro... 3.00%  
 Q = Coeficiente para mantenimiento... 1.20  
 Ka = Coeficiente para almacenaje... 0.00  
 Va = Valor inicial = Vc+Ea-Vn... \$678'041,000  
 Vr = % de valor de rescate... 10%  
 Ha = Horas trabajadas al año... 1000 hrs.

Hp = Potencia del motor .... 130 HP  
 CC = Capacidad de cortes... 19 Lts.  
 Tipo de combustible..... Diesel  
 Ce = Coef. experimental p/combustible... 19.00 Lts/Hr  
 Tipo de lubricante.... Aceite brio rojo pemex  
 Pa = Precio del lubricante.... 3,043  
 tc = Tiempo para cambio de aceite... 140 hrs.  
 Ca = Coef. experimental p/lubricante... 0.480 Lts/hra.  
 Hn = Vida económica de los neumáticos... 3,500 hr.  
 H = Horas efectivas por turno.... 8 Hrs.  
 Pc = Precio del combustible... \$550.00

IB

103

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.3

TIPO DE MAQUINARIA: COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-PACTOR 30 TON. 105 HP			
CARGO	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D = Va - Vr / Ve$	$D = 82'244,600 - 8,224,460$	13,458
Inversión	$I = (Va + Vr) / 2Ha$	$I = ((82'244,600) + (8,224,460)) * .36 / 2 * 1,100$	14,804
Seguros	$S = ((Va + Vr) / 2Ha) s$	$S = ((82'244,600) + (8,224,460)) * .03 / 2 * 1,100$	1,234
Mantenimiento	$M = Q * D$	$M = 1.20 * 13,458$	16,150
Almacenaje	$A = Ka * D$	$A = 0.00 * 13,458$	0.00
SUBTOTAL			45,646
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E = Ce * Pc$	$E = 14.00 * 550$	7,700
Lubricantes	$A = (Ce / tc + Ca) * Pa$	$A = (25 / 160 + 0.350) * 3,043$	6,209
Neumáticos	$LL = Vn / Hn$	$LL = 15,523,400 / 2,500$	6,209
SUBTOTAL			15,450
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
	$Op =$	$Op = 63,666 / 8$	7,958
SUBTOTAL			7,958
TOTAL			69,054
Observaciones			

Vc = Valor de compra... \$97'768,000.00  
 Ea = Equipo adicional... 0.00  
 Vn = Valor neumáticos (llantas) ... \$15'523,400  
 Vr = Valor de rescate... \$8'244,460.00  
 Ve = Vida económica.. 5,500 hrs  
 i = Tasa de interés anual.. 36.00%  
 s = Prima anual de seguro.. 3.00%  
 Q = Coeficiente para mantenimiento. 1.20  
 Ka = Coeficiente para almacenaje. 0.00  
 Va = Valor inicial = Vc + Ea - Vn... \$82'244,600  
 Vr = % de valor de rescate... 10%  
 Ha = Horas trabajadas al año... 1100 hrs

Hp = Potencia del motor ....105 HP  
 CC = Capacidad de cortas... 25 Lts.  
 Tipo de combustible..... Diesel  
 Ce = Coef. experimental p/combustible...14.00Lts/hr  
 Tipo de lubricante.... Aceite brío joro pemax  
 Pa = Precio del lubricante.... 3,043  
 tc = Tiempo para cambio de aceite... 160 hrs.  
 Ca = Coef. experimental p/lubricante...0.350 Lts/Hr  
 Hn = Vida económica de los neumáticos....2,500 hrs.  
 H = Horas efectivas por turno.... 8 Hrs.  
 Pc = Precio del combustible...\$550.00

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.4

TIPO DE MAQUINARIA: CAMION DE VOLTEO FAMS DE 7 M3 MOTOR DIESEL 140 HP			
CARGOS	FORMULA	C A L C U L O	C. HORARIO
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D=Va-Vr/Ve$	$D=83'335,474-12'500,321$	8,433
Inversión	$I=(Va+Vr)/2Ha$	$I=((83'335,474)+(12'500,321))*0.36/2*1,400$	12,322
Seguros	$S=((Va+Vr)/2Ha)s$	$S=((83'335,474)+(12'500,321))*0.03/2*1,400$	1,027
Mantenimiento	$M=Q*D$	$M=1.10*8,433$	9,276
Almacenaje	$A=Ka*D$	$A=0.00*8,433$	0.00
SUBTOTAL			31,057
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E=Ce*Pc$	$E=25,000*590$	14,750
Lubricantes	$A=(Ce/tc+Ca)*Pa$	$A=(7/140+0.625)*3,043$	2,054
Neumáticos	$LL=Vn/Hn$	$LL=4'898,400/1,800$	2,721
SUBTOTAL			19,525
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
	$Op=$	$Op=51,165/8$	6,396
SUBTOTAL			6,396
OBSERVACIONES			TOTAL
			58,978

Vc = Valor de compra... \$88'233,874.00

Ea = Equipo adicional... 0.00

Vn = Valor neumáticos (llantas) ... \$4'898,400.

Vr = Valor de rescate... \$12'500,321

Ve = Vida económica... 8,400 hrs.

I = Tasa de interés anual... 36.00%

s = Prima anual de seguro... 3.00%

Q = Coeficiente para mantenimiento... 1.10

Ka = Coeficiente para almacenaje... 0.00

Va = Valor inicial = Vc+Ea-Vn... \$83'335,474.0

Vr = % de valor de rescate... 15%

Ha = Horas trabajadas al año... 1400 hrs.

Hp = Potencia del motor ....140 HP

CC = Capacidad de cortes... 7 Lts.

Tipo de combustible..... Gasolina Nova

Ce = Coef. experimental p/combustible...25,000 Lts/hr.

Tipo de lubricante.... Aceite brio rojo pemex

Pa = Precio del lubricante... 3.043

tc = Tiempo para cambio de aceite... 140 hrs.

Ca = Coef. experimental p/lubricante...0.625 Lts/hra.

Hn = Vida económica de los neumáticos...1,800 hrs.

H = Horas efectivas por turno.... 8 Hra.

Pc = Precio del combustible...\$590.00

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### COSTO HORARIO

CUADRO IV.2.5

TIPO DE MAQUINARIA: TRACTOR DE CADENAS CATERPILLAR DE 76 MOTOR DIESEL DE 200 HP			
CARGO	FORMULA	CALCULO	C. HORARIO
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D=V_a-V_r/V_e$	$D=918'195,000-91'819,500/9,800$	84,324
Inversión	$I=(V_a+V_r)/2Ha$	$I=((918'195,000)+(91'819,500))/0.36/2*1,400$	129,859
Seguros	$S=(V_a+V_r)/2Ha*s$	$S=((918'195,000)+(91'819,500))/0.3/2*1,400$	10,822
Mantenimiento	$M=Q*D$	$M=0.80*84,324$	64,459
Almacenaje	$A=K_a*D$	$A=0.00*84,324$	0.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>292,462</b>
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E=C_e*P_c$	$E=32,000*550$	17,600
Lubricantes	$A=(C_a/t_c+Ca)*Pa$	$A=(28/150+0.180)*3,043$	1,116
Neumáticos	$LL=V_n/H_n$	$LL=$	0.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>18,716</b>
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
$Op=$		$Op=63,666/8$	7,958
<b>SUBTOTAL</b>			<b>7,958</b>
Observaciones			<b>319,138</b>

$V_c$  = Valor de compra... \$918'195,000.00  
 $E_a$  = Equipo adicional... 0.00  
 $V_n$  = Valor neumáticos (llantas) ... \$0.00  
 $V_r$  = Valor de rescate... \$91'819,500.00  
 $V_e$  = Vida económica... 9,800 hrs.  
 $i$  = Tasa de interés anual... 36.0%  
 $s$  = Prima anual de seguro... 3.00%  
 $Q$  = Coeficiente para mantenimiento. 0.80  
 $K_a$  = Coeficiente para almacenaje. 0.00  
 $V_a$  = Valor inicial =  $V_c+E_a-V_n$ ...\$918'195,000.  
 $V_r$  = % de valor de rescate...10.00%  
 $H_a$  = Horas trabajadas al año... 1400 Hrs

$H_p$  = Potencia del motor ...200 HP  
 $CC$  = Capacidad de cortes... 28 Lts.  
 Tipo de combustible..... Diesel  
 $C_e$  = Coef. experimental p/combustible...32,000Lts/hr.  
 Tipo de lubricante.... Aceite brlo rojo pemex  
 $P_a$  = Precio del lubricante.... 3,043  
 $t_c$  = Tiempo para cambio de aceite... 150 hrs.  
 $C_a$  = Coef. experimental p/lubricante...0.180 Lts/hr.  
 $H_n$  = Vida económica de los neumáticos...0.00  
 $H$  = Horas efectivas por turno.... 8 Hrs.  
 $P_c$  = Precio de combustible ..\$550.00

# PAR VIAL INDIOS VERDES

## COSTO HORARIO

CUADRO IV.2-6

TIPO DE MAQUINARIA: MOTOCONFORMADORA CATERPILLAR 140 G. MOTOR DIESEL 150 H.P.			
CARGO	FORMULA	CALCULO	C. HORARIO
<b>CARGOS FIJOS</b>			
Depreciación	$D=V_a-V_r/V_a$	$D=479'679,040-47'967,904/15,400$	28,033
Inversión	$I=(V_a+V_r)/2Ha$	$I=((479'679,040)+(47'967,904))/2*1,400$	67,840
Seguros	$S=(V_a+V_r)/2Ha*s$	$S=((479'679,040)+(47'967,904))/2*1,400*0.03$	5,653
Mantenimiento	$M=Q*D$	$M=1.20*28,033$	33,640
Almacenaje	$A=Ka*D$	$A=0.00*28,033$	0.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>135,167</b>
<b>CARGOS POR CONSUMO</b>			
Combustible	$E=C_e*P_c$	$E=22,000*550$	12,100
Lubricantes	$A=(C_e/t_c+Ca)*Pa$	$A=(28/150+0.550)*3,043$	2,206
Neumáticos	$LL=V_r/H_n$	$LL=11'544,000/4,000$	2,882
<b>SUBTOTAL</b>			<b>17,182</b>
<b>CARGOS POR OPERACION</b>			
$Op=63,668/8$			7,958
<b>SUBTOTAL</b>			<b>7,958</b>
<b>Observaciones</b>			<b>TOTAL</b>
			<b>160,317</b>

Vc = Valor de compra... \$491,223,040

Ea = Equipo adicional... 0.00

Vn = Valor neumáticos (llantas) ... \$11,544,000

Vr = Valor de rescate... \$47'967,904.00

Va = Vida económica... 15,400 hrs

I = Tasa de interés anual... 36.0%

s = Prima anual de seguro... 3.00%

Q=Coeficiente para mantenimiento. 1.20

Ka = Coeficiente para almacenaje. 0.00

Va = Valor inicial = Vc+Ea-Vn...\$479'679,040.

Vr = % de valor de rescate....10.00%

Ha = Horas trabajadas al año... 1400 Hrs

Hp = Potencia del motor ...150 HP

CC = Capacidad de correa... 28 Lts.

Tipo de combustible..... Diesel

Ce = Coef. experimental p/combustible...22,000 Lts/hr

Tipo de lubricante.... Aceite brio rojo pemex

Pa = Precio del lubricante.... 3,043

tc = Tiempo para cambio de aceite... 150 hrs.

Ca = Coef. experimental p/lubricante...0.550 Lts/hr.

Hn = Vida económica de los neumáticos....4,000 Hrs.

H = Horas efectivas por turno.... 8 Hrs.

Pc = Precio del combustible...\$550.00

P.U.: Sum. y Col. de Sub-base de Grava Cementada (m3)

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Materiales: Grava cementada.	m3	1.05	34,564	36,293.06	36,293.06
Herramienta y Equipo.					
Camión de volteo. FAMSA de 7 m3 motor diesel 140 H.P.	Hr	0.0298	56,978	1,697.94	
Motoconformadora Caterpillar 140 G diesel -- 150 H.P.	Hr	0.0300	160,317	4,809.51	
Compactador dos rodillos compacto Huber CD-810 8T, 73 H.P.	Hr	0.0252	43,745	1,102.37	7,609.82

Costo directo: 43,902.88  
 Utilidad + costo indirecto (24%) 10,536.69  
 Total P.U. (m3): 54,439.57

P.U. Sum. y Col. de Base de Grava Cementada (m3)

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOTALES
Materiales. Grava cementada controlada.	m3	1.05	34,994	36,744.33	36,744.33
Herramienta y Equipo.					
Camión de volteo FAMSA de 7 m3 motor diesel 140 H.P.	Hr	0.102	56,978	5,811.76	
Motoniveladora caterpillar 140 G motor diesel 150 H.P.	Hr	0.0300	160,317	4,809.51	
Compactador dos rodillos compacto Huber CD-810 8T, 73 H.P.	Hr	0.0735	43,745	3,215.26	13,836.53

Costo directo: 50,580.86  
 Utilidad + costo indirecto (24%): 12,139.41  
 Total P.U. (m3): \$62,720.27

P.U. Construcción de Carpeta de Concreto Asfáltico (m )

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE	TOALES
<b>Materiales</b>					
Concreto asfáltico en planta	m3	0.12	97,923	11,750.77	11,750.77
Mano de obra Cuadrilla No. 1 (peon)	Jor	0.0666	19,557	1,302.50	1,302.50
<b>Herramienta y Equipo</b>					
Camión de volteo FAMSA de 7m3 motor diesel 140 H.P.	Hr	0.0069	56,978	393.15	
Pavimentadora Barber-Green completa 58-131 130 H.P.	Hr	0.0069	367,098	2,532.98	
Compactador dos rodillos compacto Huber CD-810 8T, 73 H.P.	Hr	0.0117	43,745	511.82	
Compactador de llantas neumáticas Duo-Pactor 30 Ton. 105 H.P.	Hr	0.0070	69,054	483.38	
					3,921.33
Costo directo:			16,974.60		
Utilidad + costo indirecto (24%):			4,073.90		
Total P.U. (m ):			21,048.50		

**IV.4.- PROGRAMA DE OBRA:**

**PAR VIAL INDIOS VERDES**

**PROGRAMA DE OBRA**

CONCEPTO	UNI.	CANT.	1990		1991			
			NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
PRELIMINARES	LOTE	1	■					
DESMON-DESP.	M	80000	■			■		
EXCA. EN CORT	M3	350000		■	■		■	
SUB-BASE	M3	18000		■	■		■	
BASE	M3	16000		■	■		■	
CARPETA ASFA	M	80000		■	■		■	
O. DE DRENAJE	LOTE	1		■	■	■	■	
PRO. DE TALUD	LOTE	1		■	■	■	■	
MURO DE CONT	LOTE	1		■	■	■	■	
MURO DEFLECT	LOTE	1		■	■	■	■	
ALUMBRADO	LOTE	1			■	■	■	
SEÑALAMIENTO	LOTE	1					■	■

**PROGRAMA ORIGINAL**

Los trabajos se inician en la vía poniente, una vez terminados éstos, se continúa con la vía oriente.

**IV.5.- OBRA INDUCIDA:**

Para finalizar el presente capítulo es de relevancia hacer notar que dentro de la obra hubo diversas variantes que dispararon el presupuesto. Dentro de éstos la obra inducida de mayor importancia corresponde a la desviación del Acueducto Chiconautla el que conduce agua potable, la cual no había sido considerada dentro del presupuesto, ni dentro del proyecto, ya que el nivel de la carretera quedaba abajo del acueducto, de tal forma se optó por hacer las obras necesarias para darle solución a este problema. Dichas obras

trajeron como consecuencia una inversión adicional de cuatro mil millones de pesos. Para su realización se utilizaron los materiales que aparecen a continuación:

### LISTA DE PIEZAS ESPECIALES

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
BRIDA DE ACERO DE CUELLO SOLDABLE DE 1219 mm (48") diam.	3	PZA.
VALVULA DE MARIPOSA DE 48" DIAM. CLASE 150	2	PZA.
REDUCCION DE 72"x48" diam. DE ACERO BRIDADA EN SU EXTREMO DE 48" L=100cm.	3	PZA.
JUNTA DRESSER DE 72" PARA UNA CARGA DE TRABAJO DE 50 mca.	3	PZA.
CODOS DE ACERO DE 72" diam. DE		
57 09'	2	PZA.
56 27'	1	PZA.
44 51'	1	PZA.
40 08'	2	PZA.
40 00'	1	PZA.
47 00'	1	PZA.
30 57'	1	PZA.
33 19'	1	PZA.
22 01'	1	PZA.
21 37'	1	PZA.
17 56'	1	PZA.
13 28'	1	PZA.
13 18'	1	PZA.
15 10'	1	PZA.
8 11'	1	PZA.
7 84'	1	PZA.
1 19'	1	PZA.
CAJA TIPO PARA VALVULAS 4-4-U	2	PZA.

**CANTIDADES DE TUBERIA**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
TUBERIA DE ACERO GRADO B e = 3/4" DE 72" diam.	389	MIL

**CANTIDADES DE OBRA**

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
EXCAVACION	3,000	M3
PLANTILLA DE ARENA COMPACTADA	270	M3
PLANTILLA DE CONCRETO SIMPLE f' = 150 kg/cm	16	M3
CONCRETO PARA ATRAQUES f'=250 kg/cm	120	M3
ACERO DE REFUERZO f'y=4200 kg/cm	1,000	kg
<b>CANTIDADES DE OBRA TAPONAMIENTOS</b>		
CONCRETO f'c=250 kg/cm CON FI- BRAS DE NYLON DE 5 cm DE LONGI- TUD Y DE 0.005 Y 0.007 DE DIAM.	12	M3
MURO DE TABIQUE ROJO JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO ARENA 1.3 CON IMPERMEABILIZANTE FESTER- GRAL	6	M
CONCRETO f'c=250 kg/cm	1.20	M3
ACERO DE REFUERZO f'y=4200 kg/cm DE 9.5 mm (3/8") DE DIAMETRO	0.10	TON.
ACERO DE REFUERZO f'y=4200 kg/cm DE 15.6mm (5/8") DE DIAMETRO	0.20	TON.

## **CONCLUSIONES:**

Se concluye que el presupuesto que se concursó incluía los posibles volúmenes de obra, los cuales no correspondieron a los que se realizaron en campo, lo anterior no debe de dar motivo a considerar al monto concursado como algo obsoleto, debe pensarse que es una guía que mantiene estandares ya sea positivos o negativos. Con esto es necesario pensar que cuando se hace un presupuesto la dependencia ya sea privada o pública debe tener en mente que el valor de la obra puede aumentar o disminuir por diversas causas ajenas a las consideradas en el proyecto original.

## **V.1 PROCESO CONSTRUCTIVO**

### **V.1.1 Etapas de Construcción**

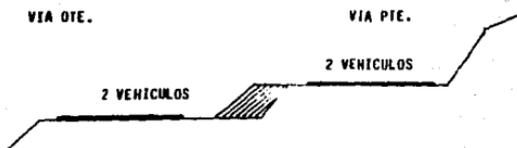
Se tomó la opción de ampliar provisionalmente la vía oriente en 3.50 mts. adicionales, para hacerla de cuatro carriles y así recibir el tráfico de la vía poniente (Ver figura V.1.1).

Una vez terminada la ampliación de dicha vía, se hicieron los desvíos I y II (ver figura V.1.2) y se procedió a atacar la vía poniente mediante dos frentes de trabajo, primeramente se quitó la carpeta asfáltica existente y se acarreo al lugar del banco de desperdicios, luego se recuperó la base y sub-base y se acarreo al banco de almacén de obra (Cap. 1+900) dicho material fue ocupado al hacer la sub-base del nuevo pavimento.

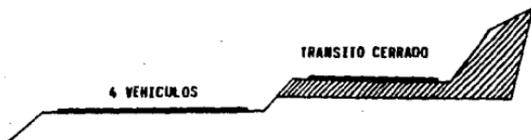
Se iniciaron los cortes en la vía Pte. en los dos frentes de trabajo. En los tramos donde no hubo cortes, se iniciaron los trabajos de pavimentación: sub-base, base y carpeta (ver figura V.1.3).

En el cadenamamiento 1+100 al estar haciendo los cortes se encontró una interferencia no prevista en el proyecto, consistente en el Acueducto Chiconautla de 2.20 Mts. de diámetro. (ver figuras: V.1.2, V.1.3). Debido a lo anterior se tuvieron que modificar las etapas constructivas de origen.

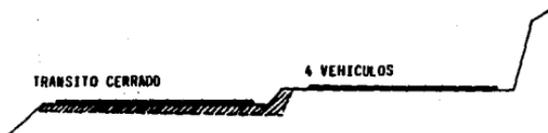
ETAPAS DE CONSTRUCCION  
PLANTEAMIENTO ORIGINAL



A.- ANPLIACION PROVISIONAL EN VIA PTE.

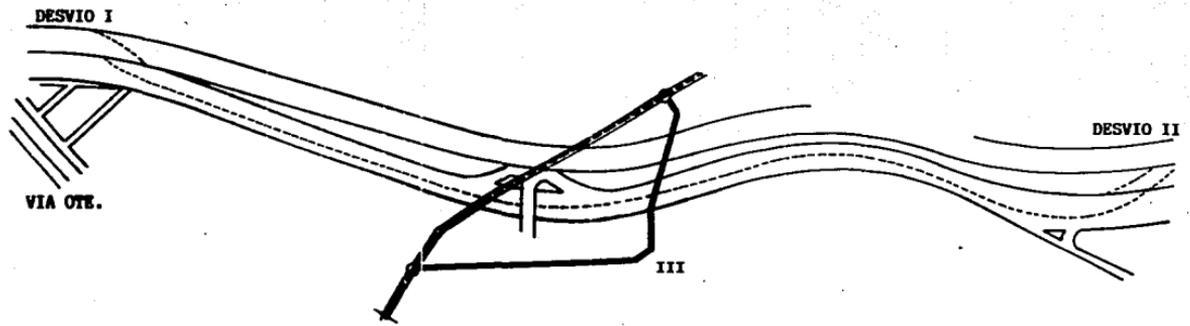


B.- TRABAJOS EN VIA PTE.



C.- TRABAJOS DEFINITIVOS EN VIA OTE.

FIG. No. V.1.1



116

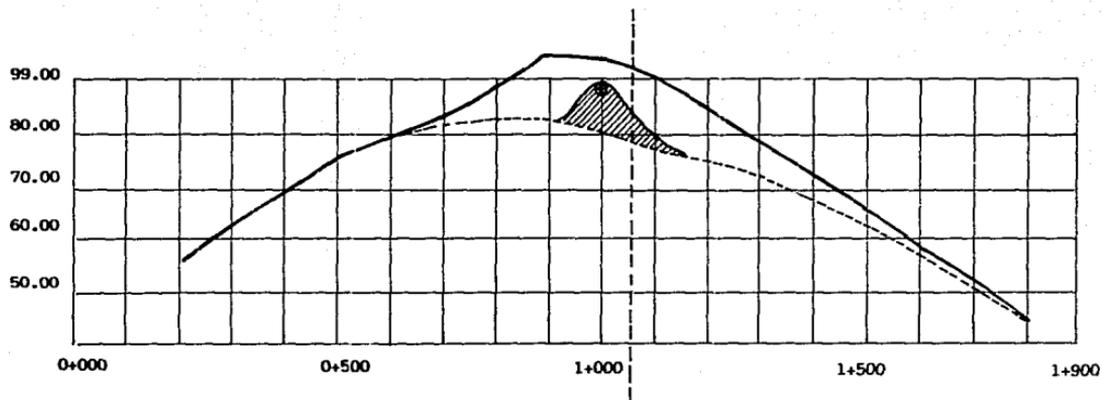


 ACUEDUCTO EXISTENTE  
 T.A.P. PROYECTO 1.83 MTS.   
 PEGUE PARA DESVIO

FIG. V.1.2

PAR VIAL INDIOS VERDES

PERFIL VIA PONIENTE



FRENTE 1

FRENTE 2

▨ CORTE SUSPENDIDO TEMPORALMENTE  
HASTA TERMINACION DE DESVIO DE T.A.P.

⊕ ACUEDUCTO EXISTENTE 72" Ø

#### V.1.A Etapas Constructivas de Origen

- 1.- Ampliación provisional de la vía oriente a cuatro carriles.
- 2.- Desvíos de tráfico de la vía poniente a la vía oriente (ver desvíos I y II en figura No. V.1.2).
- 3.- Ejecución de los trabajos en la vía poniente.
- 4.- Desvío de tráfico de la vía oriente a la vía poniente.
- 5.- Ejecución de los trabajos definitivos en la vía oriente.
- 6.- Cancelación de desvíos I y II, circulando el tráfico de México a Pachuca por la vía oriente y del sentido contrario por la poniente.

Así pues los trabajos de la etapa No. 3 no se terminaron, quedando pendientes temporalmente hasta que se terminara el desvío del Acueducto Chiconautla. (ver figuras No. V.1.2 y V.1.3). Por lo cual se tuvieron que modificar las etapas constructivas, tomando en cuenta los trabajos que ya se habían ejecutado, y pensando en no incrementar mucho el programa de la obra, las nuevas etapas quedaron así: (ver figura No. V.1.4).

#### V.1.1.B- Planteamiento modificado:

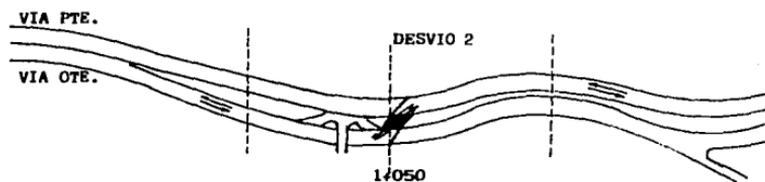
Etapa No. 1.- Se hacen de inmediato los trabajos de tubería de agua potable en el tramo correspondiente al cruce de las vías, simultáneamente se trabaja en la pavimentación en el tramo "D" de la vía poniente, al terminar dichos trabajos se hace el desvío No. 2 en el cadenamiento 1+050 se inician los trabajos de pavimentación en el tramo "C" de la vía oriente, y se pavimenta el tramo "A" de la vía poniente.

Etapa No. 2.- Se hace el desvío No. 1 para el tráfico que va de norte a sur, y se termina de pavimentar el tramo "C" de la vía oriente.

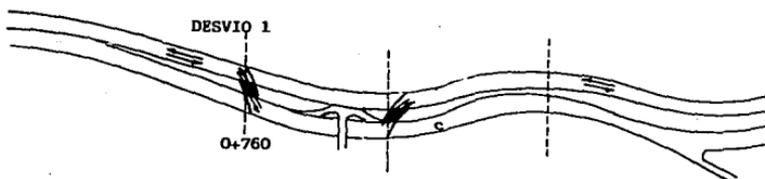
Etapa No. 3.- Se hace el desvío No. 3 en el cadenamiento 1+330, cancelándose el desvío No. 2 y se continúan con los cortes faltantes suspendidos temporalmente en la vía poniente ya que para esta etapa ya debe de estar terminado el desvío de la tubería de agua potable de 1.83 Mts. de diámetro y ya se puede demoler el colector que interfiere con la vía poniente, se pavimenta el tramo "C" de la vía poniente y después el tramo "B" de la misma vía.

PAR VIAL INDIOS VERDES

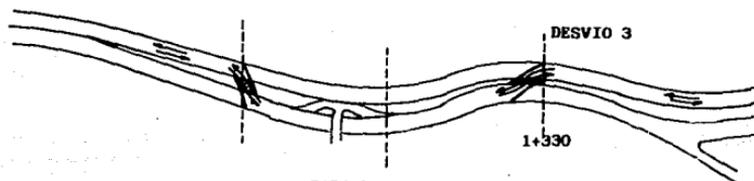
ETAPA No. 1



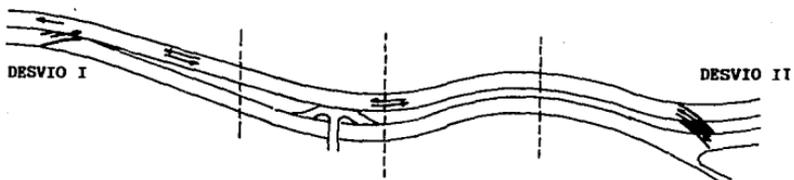
ETAPA No. 2



ETAPA No. 3



ETAPA No. 4



TRAMO A

TRAMO B

TRAMO C

TRAMO D

LAMINA V.1.4

Etapa No. 4.- Una vez terminado de pavimentar el carril poniente, se cancelan los desvíos 1 y 3 y se hacen los desvíos I y II en los extremos para que el tráfico de ambos sentidos pase por la vía poniente, haciéndose así los trabajos definitivos en los tramos A, B y D de la vía oriente.

#### V.1.C.- Adecuaciones de la Avenida Insurgentes.

Los trabajos que a continuación mencionamos fueron provisionales y necesarios para los desvíos de tráfico, sin los cuales la obra hubiera tenido mayor grado de dificultad y el tráfico que no se interrumpió hubiera sido muy lento causando embotellamientos en esa zona.

##### 1.- Trabajos de Ampliación:

Con la finalidad de ampliar la vialidad existente en la vía oriente, se realizaron rellenos en las zonas de acotamientos y cunetas, así como cortes en las zonas en que la sección existente era insuficiente para alcanzar los carriles proyectados.

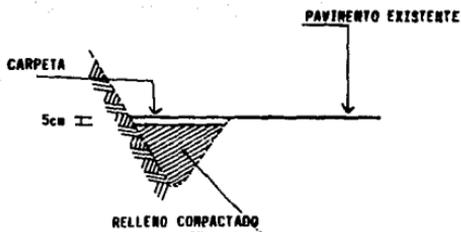


Fig. V.1.5 Relleno de cunetas

Los rellenos se hicieron con material inerte con partículas de tamaño máximo de 3" en capas de 15 cm. (máximo) compactadas al 95% de la prueba proctor modificado, durante esta actividad se respetaron las obras de drenaje existentes tales como alcantarillas.

Sobre los rellenos se aplicó un riego de liga con producto asfáltico tipo FR-3 a razón de 0.7 Lt/m<sup>2</sup> y transcurridos 30 minutos de aplicado se colocó la carpeta asfáltica de las siguientes características:

Espesor	5cm
Temperatura de colocación	90°C (mínimo)
Temperatura de compactación	70°C (mínimo)
Grado de compactación	95% (mínimo)

Los cortes para obtener el ancho requerido en la vialidad temporal se realizaron en cada uno de los diferentes materiales de acuerdo a los procedimientos a utilizarse en las excavaciones para materiales tipo 1, 2 ó 3. (como se verá en el capítulo V.4 Excavaciones y Terracerías), como este material fue de desperdicio, fue acarreado y tirado al banco de San Juanico a 8 Km de distancia.

## 2.- Rehabilitación de Pavimento en las Vías Alternas

El tratamiento de rehabilitación (bacheo) consistió en el retiro del material fallado, y en la conformación de una nueva superficie de rodamiento, las actividades que se desarrollaron posteriores al retiro de material fueron:

- Retiro de partículas sueltas
- Material de base que presentó fallas se sustituyó por otro similar y se compactó (95%).
- Sobre la base libre de partículas sueltas se colocó la mezcla asfáltica.

Cuando la zona fallada fue mayor al 20% se recarpetó todo el tramo con las siguientes actividades:

- Se retiró la carpeta a lo largo de la longitud fallada escarificando hasta una profundidad de 15 cm.
- Se compactó nuevamente el material al 95% (prueba proctor modificada), en las áreas donde existieron capas de desplazamiento, el material se retiró y se sustituyó por tezontle acomodado.
- Retiro de partículas sueltas.
- Sobre el área compactada seca, se colocó la mezcla asfáltica.

### 3.- Habilitación de las Vialidades Alternas

Con la finalidad de aumentar la fluidez del tránsito en las vías alternas se hizo lo siguiente:

- Retiro de todos los topes y obstáculos que influyen en el flujo vial.

- Se eliminó el funcionamiento de semáforos

- Se colocaron señales que marcaron la ruta alterna

\* Todas estas actividades se terminaron 30 días antes del inicio de la obra.

### V.2. TRAZO Y NIVELACION

Al inicio de los trabajos, la cuadrilla de topografía localizó los bancos de nivel o de trabajo que servirán como puntos de referencia para hacer el nuevo trazo de la carretera, esto se hizo a base de una nivelación diferencial a doble altura de aparato.

Tomando como base el Banco de Nivel de origen que corresponde al Banco de Nivel de Insurgentes con elevación = 2232.563 m.s.n.m., ubicado sobre la tapa de coladera pluvial, la cual está en la acera norte de calle Sierra Vista y a 30.10 Mts. al poniente de la Avenida Insurgentes Norte. (Ver figura V.2.1 ), se determinaron los bancos restantes, mismos que fueron ubicados inicialmente por la topografía de proyecto, tomando en cuenta la distancia máxima permisible para el buen funcionamiento de los aparatos en tramos que no dieran una visibilidad óptima.

Otros bancos fueron puntos obligados (Independientemente de la distancia) debido a las condiciones que presentaba el terreno.

Generalmente se ubicaron para mayor facilidad sobre los tornillos de las mojoneras ya existentes de torres de alta tensión, aunque en algunos casos fue necesaria la construcción de nuevas mojoneras de concreto.

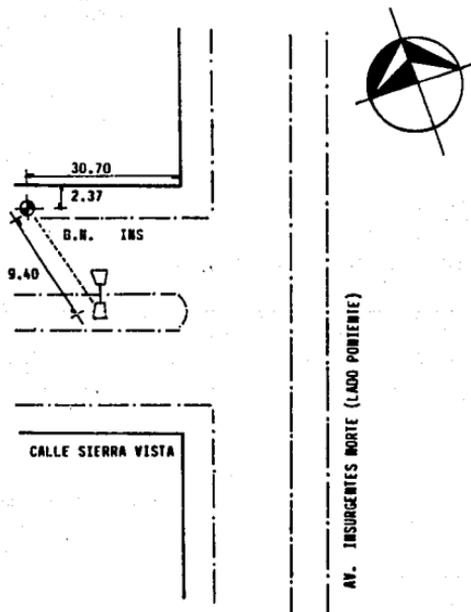


FIG. V.2.1

BANCO DE NIVEL		ELEVACION (m)	OBSERVACIONES
B.N.	ACO-I	2241.081	Sobre el tornillo de arbotante, localizado en esquina sureste - de calle Acueducto - e Insurgentes Norte.
B.N.	T-1	2234.105	Ubicado sobre la caja de agua potable.
B.N.	T-2	2235.059	Ubicado sobre guar-nición.

B.N.	T-3	2241.984	Ubicado sobre el tornillo de base de la torre de alta tensión.
B.N.	T-4	2246.270	
B.N.	T-5	2258.491	Ubicado sobre tornillo de base de la torre de alta tensión.
B.N.	T-6	2278.605	Ubicado sobre base de torre de alta tensión.
B.N.	T-7	2298.847	Ubicado sobre el tornillo ahogado en concreto, el cual está entre las dos bases de la torre de alta tensión, cerca de la entrada del parque.
B.N.	T-8	2239.652	Ubicado sobre la base de la torre de alta tensión, Avenida de las Torres (lado NW de la torre).

Fue necesario antes de iniciar el movimiento de tierras, la colocación de estacas que sirvieron de guía para los trabajos, estas estacas se colocaron a cada lado de la línea de centro, en los puntos en que el talud lateral de corte o de terraplén intersectó a la superficie del terreno natural.

En los cortes definitivos en las laderas los taludes tendrán una relación vertical-horizontal sea de 1:2 para material 1, 3:1 para material 2 y 5:1 para material 3 .

Por resultar muy peligroso debido al tránsito vehicular, utilizar los mismos ejes de trazo de la carretera ya existente, para la nueva ampliación, fue necesario trazar los ejes por los hombros derecho e izquierdo de esta carretera como se muestra la sección tipo que aparece en el capítulo de curva masa.

## **SECCIONES TRANSVERSALES**

Tomando como polígono de apoyo los ejes de los hombros de las vías, se obtuvieron en estaciones a cada 10 m de distancia, los perfiles o secciones transversales del terreno por medio de una nivelación trigonométrica.

### **V.3. DESMONTE Y DESPALME**

Se entiende por desmonte al despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia vegetal en el cuerpo de la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad de acuerdo con lo fijado con el proyecto.

Se entiende por despálme a la extracción de la capa del material vegetal expuesta a la superficie de la tierra.

Para nuestro caso ya existían dos vías pavimentadas (Oriente y Poniente) que de acuerdo al proyecto están siendo ampliadas de 2 carriles cada una a 4 ó 5 dependiendo de las pendientes por lo que el desmonte y despálme fue relativo.

### **AMPLIACION PROVISIONAL DE VIA OTE.**

Las actividades de desmonte y despálme se realizaron simultáneamente con un tractor (bulldozer), utilizando un ancho promedio de 3.70 m a lo largo de toda la vía. La finalidad era alcanzar un nivel que nos permitiera colocar una base de 0.30 m y una carpeta de 0.080 m de espesor con un ancho provisional de 3.5 m. (Figura V.3.1).

En cuanto al material de desperdicio se utilizó un cargador sobre orugas (capacidad: 1.91 M<sup>3</sup>) y mediante camiones de volteo de 8m<sup>3</sup> de capacidad se transportó al banco de tiro San Juanico (de PEMEX) ubicado a 8 Km de la obra.

Esta carpeta como se había mencionado anteriormente es provisional para dar un alivio al tránsito vehicular.

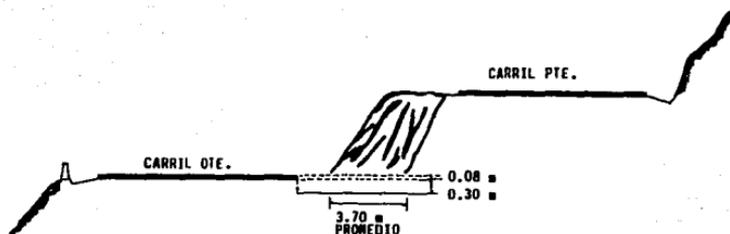


FIG. V.3.1

### AMPLIACION VIA PONIENTE

Utilizando el mismo tractor que en la vía oriente se hizo el desmonte y despalme pero sólo en la parte del talud. Antes de realizar las actividades mencionadas, se tuvo que levantar la carpeta asfáltica ya existente, mediante un tractor y se transportó al banco de tiro San Juanico. En cuanto a la BASE y SUB-BASE el material se recuperó y fue acarreado a un almacén en la obra ubicado en el cadenamiento (1+900), para ser utilizado posteriormente sólo como sub-base porque debido al movimiento y acarreo las granulometrías se mezclaron. (Fig. V.3.2).

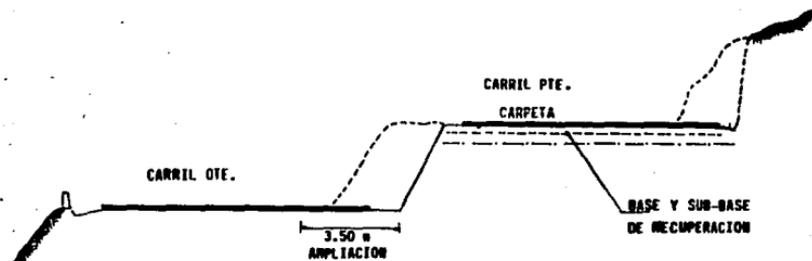


FIG. V.3.2

#### **V.4 EXCAVACIONES**

##### **a.- Descripción de los Materiales**

En el tramo excavado existieron materiales de diferentes litologías y propiedades mecánicas las cuales se clasificaron como sigue:

**Material 1.-** Depósitos de relleno y suelos blandos de origen residual, aluvial o lacustre de baja resistencia.

**Material 2.-** Tobas de composición pumítica, tobas limosas, brechas andesíticas alteradas y escorias en estado compacto o muy compacto.

**Material 3.-** Roca fija de composición antisética, muy densa con algún fracturamiento sin orientación definida.

##### **B.- Procedimiento de Excavación**

###### **1.- En material tipo 1.**

Se realizaron los cortes necesarios con equipos ligeros como el cargador sobre orugas. Los taludes finales que se dejaron fueron 1:2 (relación vertical-horizontal).

###### **2.- En material tipo 2.**

Se realizaron con equipo mecánico (como el tractor bulldozer) en espesores tales que no sobrepasaron la capacidad del tractor, cuando ya no se pudo cortar con la cuchilla se utilizó el diente para aflojar el material y posteriormente entró la cuchilla del bulldozer para hacer los montones que fueron cargados con máquina, para este material los taludes que se dejaron fueron de 3:1 (relación vertical-horizontal).

###### **3.- En material tipo 3.**

La excavación de estos materiales fue necesariamente a través del uso de explosivos en cantidades mínimas para no causar daños a casas habitación u obras de infraestructura, por lo cual los niveles de vibración fueron mínimos, ya que se realizaron diseños de plantilla de voladuras con bajos pesos de explosivos, por lo cual los banqueos máximos fueron de 6.00 Mts. (ver Fig. V.4.1.)

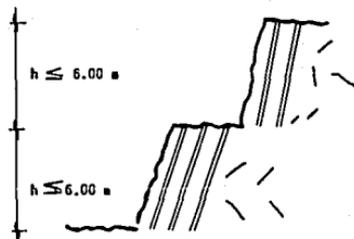


FIG. V.4.1 BANQUEOS EN ROCA

Se hicieron precortes a todo lo largo del tramo de roca definiendo así los límites de tajos por excavar y garantizando la estabilidad de excavación evitando el daño del macizo rocoso y disminuyendo los niveles de vibración. (ver Fig. V.4.2).

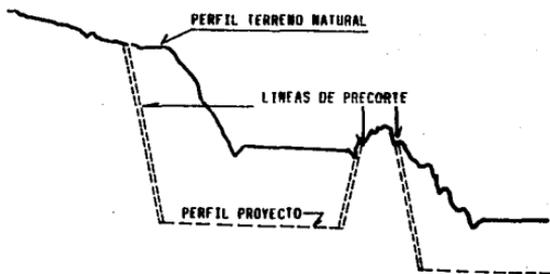
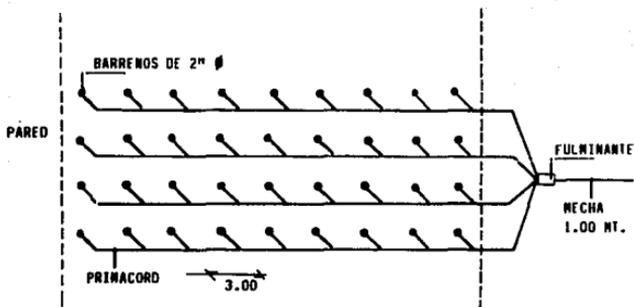


FIG. V.4.2 ZONAS DE PRECORTE

A.- BARRENOS PARA VOLADURA



B.- BARRENOS CARGADOS CON CARTUCHOS UNIDOS CON CORDON DETONADOR

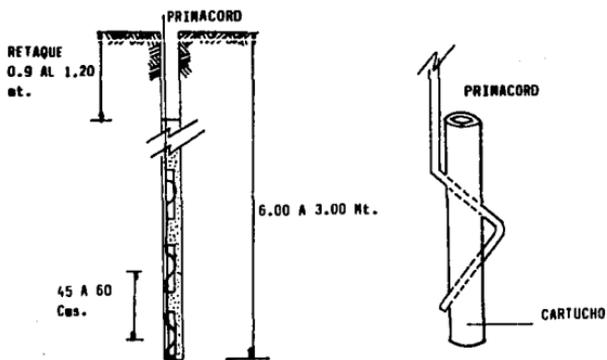


FIG. V.4.3

Así pues se hicieron barrenos de 2" de diámetro a una profundidad de 3.00 a 6.00 Mts. y a una distancia entre ellos de 3.00 Mts., en cada perforación se metieron tres cartuchos de 1 1/4 x 8", unidos con un cordón detonador que se utiliza como mecha o cañuelo que en este caso fue primacord, luego se relleno el barreno con nitrato de amonio (mexamon) y al final se hizo un retoque con material del lugar (gravilla o arena) de 1.00 m promedio, ya en la superficie todos los cordones de primacord se unieron a un fulminante y de este siguió una mecha de 1.00 m con dos minutos de duración. (ver figura V.4.3).

Cabe mencionar que al dinamitar no se produjeron voladuras, el material solamente se fracturó, y posteriormente entró el tractor con el desgarrador ajustable de un diente, para aflojar su material, y con la cuchilla lo amontonó para ser cargado.

Los bloques de roca que no pudieron ser movidos fue necesario monearlos para fragmentarlos, el moneo se realizó con explosivos de baja energía. Así también en el acabado del fondo de la excavación cuando se encontraron salientes de roca se moneo. (ver figura V.4.4).



FIG. V.4.4 ZONAS DE MONEO

#### Medidas de Seguridad.

Para la realización de las voladuras se contó con dispositivos de seguridad para interrumpir el tránsito de vehículos en ambos sentidos en distancias de 100 m del área de las voladuras, además en los casos en que algunas rocas invadieron el pavimento, se retiraron, se coordinó con el D.G.O.P. y D.G.P.V. los horarios de las voladuras para garantizar la seguridad de los transeúntes y evitar congestionamientos.

Una vez realizada cada voladura se hizo un reconocimiento en el hombro del talud en un ancho mínimo de 30.00 mts. con la finalidad de detectar discontinuidades que se generan debido al pateo de la voladura y pusieran en riesgo la estabilidad del macizo rocoso, este reconocimiento se repitió posteriormente al resago y en las costillas centrales (ver figura V.4.5).

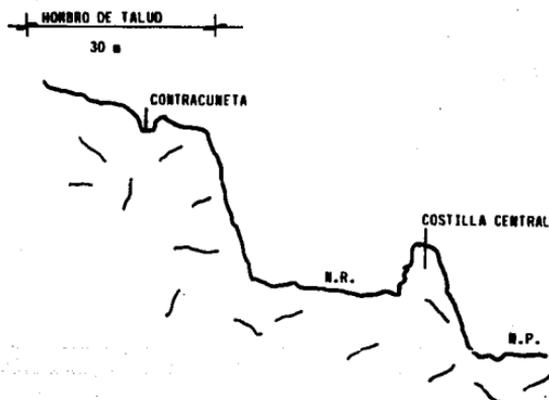


FIG. V.4.5 HOMBRO DEL TALUD Y COSTILLA

En los casos en que se detectaron zonas inestables del macizo posteriores a la voladura o resago, los probables caídos, se peñaron a través de anclajes o retiros parciales (ver figura V.4.6).

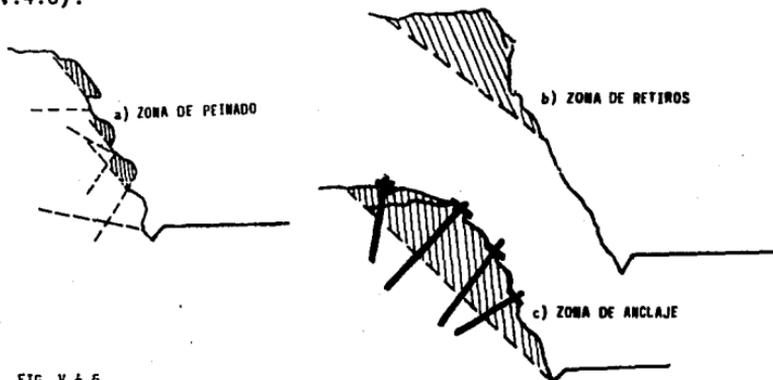


FIG. V.4.6

El fondo de la excavación sobre la cual se colocó la estructura del pavimento quedó de un acabado uniforme de poca rugosidad y las prominencias rocosas que quedaron fueron menores de 15 cm y en los casos en que fueron mayores se menearon o se afinaron con tractor, dependiendo del estado de la roca.

#### Interferencias.

En la vía poniente fue necesario suspender los cortes en el cadenamamiento 1+100 en la zona del cruce del colector Chiconautla de 2.20 Mts. de diámetro ya que no estaba previsto que pasara como a 8.00 mts. sobre la rasante de proyecto, por lo cual los trabajos se reiniciaron hasta después de haber terminado los trabajos de desvío del colector (ver figuras V.1.2 y V.1.3)

#### C.- Carga y acarreos.

Todo el material de corte fue de desperdicio, para su carga se utilizaron: cargador de orugas, cargador de neumáticos y retroexcavadora sobre orugas, y fue acarreado en camiones de volteo de 8 m<sup>3</sup> de capacidad a una distancia de 8 Km hasta el banco de tiro denominado San Juanico.

#### V.4.1 Equipos y Rendimientos.

A.- Equipos: Se anexa tabla (ver tabla V.4.1)

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### EQUIPOS Y RENDIMIENTOS

TABLA V.4.1

EQUIPO	MARCA	MODELO	CAPAC. REND.		CANTIDAD			
			M3	M3/HR	EXPLOT	DESM.	EXCAV.	TERR
					BANCO	DESPAL	CORTES	PAVI
Tractor	Caterpillar	D9L	11.90	288	1	1	3	
Tractor	Komatsu	D155A	8.70	210			1	
Desgarrador	Kelley	D155		622				
Cargador s/orugas	Caterpillar	963	1.91	182	1	1	2	
Cargador s/neumáticos	Caterpillar	966D	3.25	250	1	1	2	
Retro c/cargador	Clase	580K	0.57	30			1	
Retroexcav. s/orugas	Caterpillar	235B	2.10	106				
Motoconformadora	Caterpillar	C-120		175				3
Plancha			10 Ton	188				1
Compactador liso	Dinapal		8 Ton	266				1
Compactador mixto	Bonal	BN210A	19 Ton	340				1
Compactador mixto	Muller	VAP70L	19 Ton	340				1
Compactador mixto	Compacto	CV275	19 Ton	340				1
Compactador neumático		PS130	12 Ton	314				1
Camión pipa p/agua	Dina	S-500 (1991)	10					2
Camión pipa p/agua	Ford	F-600 (1991)	10					1
Camión/petrolizadora	Ford	1990	10	40 000 m <sup>3</sup> /h				1
Esparciador	Blaw-Knox	PF-150		24.75				1
Camión volteo	Ford	1990	8		8	8	16	8
Compresor portátil	Gardner-D	325		05 Lb/P <sup>2</sup>			3	
Perforadora neumática	Gardner-D	558		3 M <sup>3</sup> /Hr			12	

\* Distancias Consideradas p/rendimientos: En tractores: 45 mts., en cargadores: 20 Mts.

### B.- Rendimientos

Para esta obra se tuvieron rendimientos en todos los equipos por debajo de los normales (o especificados) debido a:

- 1.- Las vías por ampliar no contaban con espacios para maniobras (por la topografía del terreno)
- 2.- Se tenía planeado hacer el desvío de tráfico en la longitud total de una vía para atacar completamente la otra. Y debido a la interferencia del acueducto, se hicieron desvíos parciales.

3.- Los accesos a la obra contaban con tráfico excesivo.

4.- Debido a que las etapas de construcción, se tuvieron que modificar por las interferencias, los equipos sufrieron tránsitos adicionales que disminuyeron sus horas efectivas de trabajo.

Por todo lo anterior y tomando en cuenta las horas activas y ociosas del equipo, así como los volúmenes ejecutados los rendimientos promedio disminuyeron en un 35% su comparación con los normales.

#### **V.5 EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES**

Tomando en cuenta los requisitos que deben de satisfacer los materiales empleados como base y sub-base, (no incluimos aquí los materiales usados para la carpeta, ya que estos vinieron de planta y en ella el personal de laboratorio estuvo checando el cumplimiento de especificaciones respectivas) se hicieron las pruebas de laboratorio respectivas a los materiales encontrados en los bancos:

El Gallinero.- A 20 Km de la obra (Municipio Edo. de México)

Mina Rancherías.- A 20 Km de la obra (Municipio Edo. de México).

En ambos casos los materiales naturales encontrados no requirieron ningún tratamiento de trituración o cribado y fueron utilizados de acuerdo a su granulometría como sigue:

Banco Gallinero: Grava controlada de 1" a 2" para sub-base.

Mina Rancherías: Grava controlada de 3/4" a 1" para base.

Nota: El material rescatado de la base y sub-base del pavimento existente, se mezcló y se utilizó como sub-base y el faltante se trajo del banco El Gallinero, y para la base se utilizó únicamente el de la Mina Rancherías.

#### **V.6 PAVIMENTOS**

El pavimento que se está utilizando es de tipo flexible, constituido por una capa sub-base, una capa base y una carpeta asfáltica (Fig. V.6.1).

Previo a la construcción del pavimento se preparó la superficie, de tal forma que no existieran prominencias mayores a 10 cm, ni material suelto en ella.

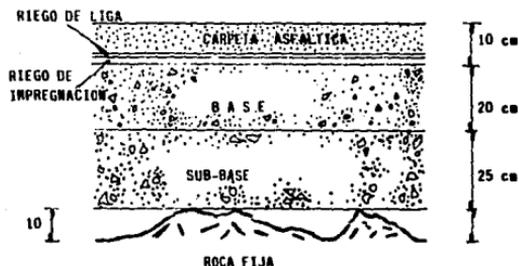


FIG. V.6.1

#### V.6.1 CAPA SUB-BASE

Sobre la superficie preparada se construye la capa sub-base, la cual tiene la finalidad de eliminar todas las irregularidades de la capa subrasante, y soportar todos los esfuerzos que transmite la base distribuyéndolos uniformemente.

Las características de la capa sub-base son las siguientes:

ESPESOR	25 cm
COMPACTACION PROCTOR	95%
GRANULOMETRIA	Grava controlada de 1 1/2" a 2" (obtenida del banco el Gallinero).
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)	50%
VALOR CEMENTANTE	5 Kg/cm <sup>2</sup>

#### V.6.2 CAPA BASE

Esta capa cuya función es soportar las cargas rodantes y distribuir los esfuerzos a las capas inferiores, cuenta con las siguientes características:

ESPESOR	20 cm
COMPACTACION PROCTOR	100%
GRANULOMETRIA	Grava controlada de 3/4" a 1" (traída de la Mina Rancherías)
CONTENIDO DE FINOS	25% máximo
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)	100%
VALOR CEMENTANTE	5 Kg/cm2
EQUIVALENTE EN ARENA	50%

#### CONSTRUCCION DE BASES Y SUB-BASES

Los materiales que se están empleando se traen directamente del banco el Gallinero y Mina Rancherías, ubicados a 38 Km de la obra en el lugar denominado Venta de Carpio.

Dichos materiales se transportan en camiones de volteo con capacidad de 8m3 y se acamellonan en la obra cerca del tramo que se pretende pavimentar, para verificar su volumen y checar que estos cumplan con las especificaciones de diseño.

La motoconformadora se encarga de extender el material que se encuentra acamellonado, abriéndolo parcialmente hacia la corona de la obra a una velocidad promedio de 5 a 8 Km/hr. (Foto 1). Inmediatamente después la pipa de 10,000 litros de capacidad, pasa haciendo un primer riego a una velocidad promedio de 6 a 8 Km/hr, para evitar con esto encharcamientos de agua. (Foto 2).

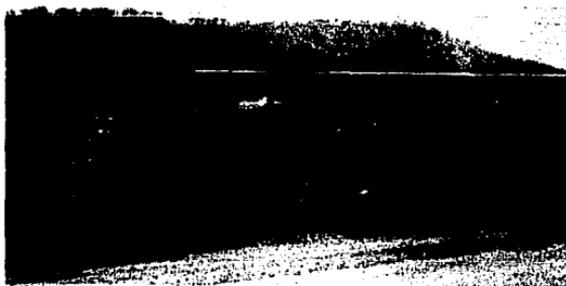


FOTO 1

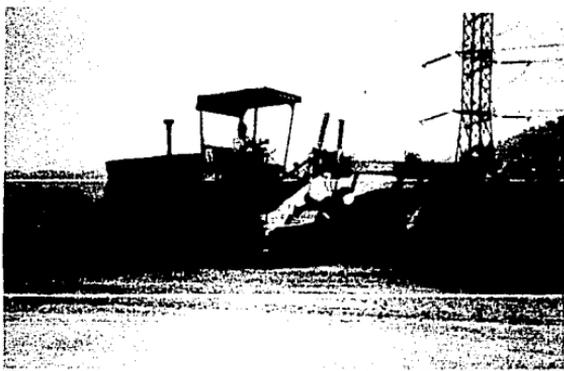


FOTO 1

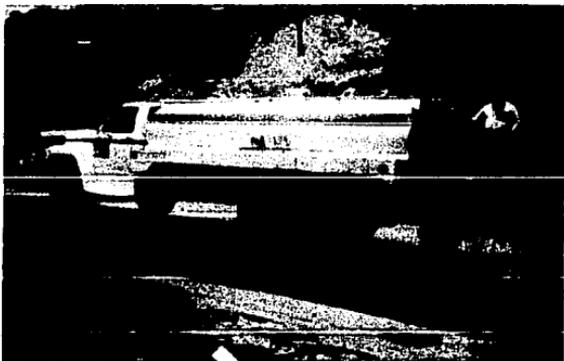


FOTO 2

Posteriormente la motoconformadora abre una nueva cantidad del material y lo coloca sobre el ya humedecido, vuelve a pasar la pipa tantas veces como sea necesario hasta proporcionar la humedad adecuada que está entre el 14 y 16%.

En seguida se homogeniza la humedad en todo el material por medio de la motoconformadora, que hace cambios sucesivos del material hacia un lado y otro, sobre la corona de la obra.

Ya que se consigue uniformizar la humedad en todo el material, se distribuye a través de la corona, para formar en el caso de la sub-base 2 capas con un espesor suelto de 15 cm cada una, y para la base otras dos capas con su respectivo espesor suelto de 13 cm cada una.

Se dan los espesores con un coeficiente de abundamiento, para que con la compactación se alcance el espesor de diseño.

Una vez que se tenia extendida la primer capa de la sub-base se compactó, utilizando un rodillo liso vibratorio con neumáticos de (12 toneladas de peso). (Foto 3).

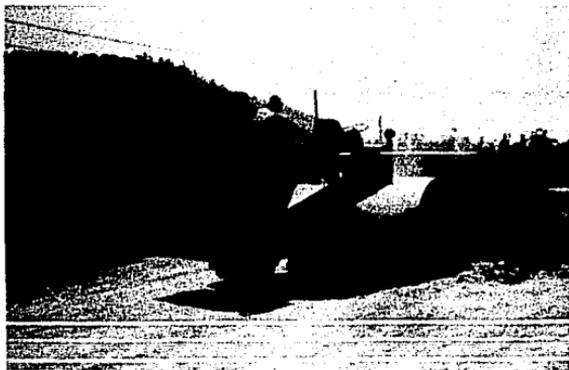


FOTO 3

Para esta compactación fueron necesarias cinco pasadas de la máquina, de las cuales las últimas dos se dieron utilizando el mecanismo de vibración para lograr una compactación uniforme.

La velocidad promedio empleada para el movimiento de la máquina fue de 150 m/min y la forma de hacerlo fue desplazándola de las orillas al centro, utilizando su ancho total y procurando ir borrando la huella de la anterior pasada. Con la segunda capa de la sub-base de 15 cm de espesor suelto se siguió el mismo procedimiento mencionado.

Para el caso de la capa base, se ha trabajado con el mismo rodillo liso de neumáticos utilizado para la sub-base, el procedimiento de compactación es muy similar la diferencia está en el número de pasadas de la máquina, que para la base y en nuestro caso fue de seis, empleando el vibrador en las últimas tres, con la finalidad de lograr un mayor grado de compactación como lo especifica el diseño. Otra diferencia es el espesor suelto que se maneja en el tendido de material que hace la motoconformadora de cada capa. (Para la base 2 capas de 13 cm de espesor suelto). Y por último la disminución de la velocidad del rodillo compactador de 100 m/min.

En algunas partes en que se presentó mucha humedad debido a las constantes lluvias, fue necesario estabilizar el material agregándole cal hidratada, con objeto de evitar deformaciones en la base que nos pudieran provocar agrietamientos prematuros en la carpeta cuando ésta estuviera colocada.

Para los casos que en el momento de efectuar la compactación, ya sea de base o sub-base, el material se encontraba muy seco debido a las condiciones climatológicas, fue necesario que la pipa de 10,000 litros de capacidad diera de 1 a 2 pasadas a todo lo largo y ancho del tramo por compactar para alcanzar la humedad óptima y mencionada.

#### **RIEGO DE IMPREGNACION**

Antes de construir la carpeta, se impregnó la base terminada con un producto asfáltico rebajado de fraguado medio (FM-1), traído de la planta de asfalto (COTEPSA) ubicada a 38 Km de la obra en Venta de Carpio. El producto presentaba las siguientes características:

- Relación producto asfáltico/área	1.5 t/m <sup>2</sup>
- Penetración	3 a 5 mm
- Absorción total	24 horas
- Periodo normal de curación	48 horas

La impregnación se realizó de la siguiente manera:

Se utilizó una compresora (de 650 cpu), para eliminar de la base todo el polvo suelto y materias extrañas que se encontraban en su superficie.

Para el riego del asfalto fue necesaria una petrolizadora (con una capacidad de 10,000 litros) dotada de un equipo de calentamiento y algunos aditamentos para su buen funcionamiento.

La distribución de este riego se aplicó en forma uniforme, en las horas más calurosas del día, empleando la petrolizadora una velocidad de 120 m/min.

Cuando existió posibilidad de lluvia o el viento estaba muy fuerte o en caso de que la base se encontraba mojada, se pospuso dicha actividad.

La base ya impregnada se cerró al tránsito en un tiempo de 48 horas, hasta que el producto asfáltico penetró y fraguó superficialmente.

### **RIEGO DE LIGA**

El producto asfáltico (FR-3' de fraguado rápido), utilizado para este riego fue traído también de la planta (COTEPSA).

Para su aplicación, fue necesario que la base estuviera preparada e impregnada, mostrándose limpia y seca, y que además no existiera posibilidad de lluvia.

El riego se dio con una petrolizadora mecánica (de 10,000 litros), sobre toda la superficie que se cubriría con la carpeta a razón de 0.7 l/m<sup>2</sup>.

Pasando a una velocidad promedio de 80m/min, para evitar con ésto acumulaciones del producto asfáltico.

### **V.6.3 CARPETA**

La carpeta fue construida a base de concreto asfáltico, con un espesor de 10 cm. La mezcla se elaboró en la planta (COTEPSA), habiendo cumplido los requisitos de la prueba Marshall.

Se transportó al tramo en construcción en camiones de volteo de 8m<sup>3</sup> provistos de una lona, para evitar con ésto la pérdida de calor durante el trayecto. La temperatura de llegada de la mezcla fue de 115°C.

Antes de colocar la carpeta se dejan pasar 30 min. después de la aplicación del riego de liga. Posteriormente los camiones descargan el concreto asfáltico en la caja de la parte delantera de la máquina extendidora que va formando para nuestro caso, franjas de 3.50 m de ancho con un espesor de 13 cm. (Foto 4).



FOTO 4

La velocidad aproximada de la máquina es de 3 a 6 m/min, y la temperatura de colocación de la mezcla es de 110°C.

Al terminar de vaciar el camión la mezcla que acarrea, se para el tren de extendido y luego al ensamblarse el siguiente se reanuda el trabajo, por lo que entre vehículo y vehículo se tiene una junta donde puede haber una discontinuidad que se evita llevando en la parte posterior de la extendidora un equipo de rastrilleros (que van del 4 al 6), cuya misión es asegurar una textura conveniente en la superficie y borrar las juntas longitudinales y transversales entre franjas (Foto 5).



FOTO 5

Además de los rastrilleros se encuentra una persona con un escantillon para ir cuidando el nivel o espesor del concreto asfáltico y otra que inserta un termómetro de agujas en la mezcla recién colocada para determinar la temperatura en que se debe efectuar la compactación.

Cuando se ha alcanzado una temperatura de 90°C, se inicia la compactación de la franja, para lo que se está utilizando una plancha tandem de 8 toneladas de peso (Foto 6).



FOTO 6

Dicha máquina da en total 8 pasadas, de las cuales 4 se hacen a una velocidad promedio de entre 3 a 5 Km/hr y las 4 restantes de 8 a 10 Km/hr con la finalidad de lograr un buen acomodo de los materiales y proporcionar el espesor pedido en el diseño.

Para dar el acabado y cerrado de la carpeta se utiliza un compactador de neumáticos formado por un chasis que soporta una caja para lastre y dos ejes de ruedas (de 12 toneladas de peso). (Foto 7). El número de pasadas es de 4 a una velocidad promedio de 15 Km/hr.

El grado de compactación de acuerdo al Método Marshall es del 95% por ser una carretera con una influencia del tránsito considerable.

Los tramos en que se fue construyendo la carpeta de las dos vialidades comprendían entre 100 y 200 m de longitud por lo que se utilizaron traslapes con cortes a 45° en la terminación de los tendidos para darle continuidad a la carretera.



FOTO 7

## **RIEGO DE SELLO**

Una vez terminada la carpeta y antes de abrirse al tránsito, se aplicó un riego de sello a base de cemento tipo Portland.

Sobre la carpeta limpia de polvo y materias extrañas, pasó la pipa dando un sólo riego de agua a todo lo largo de la vía por sellar, para dejar la superficie humedecida. Inmediatamente después utilizando un camión de volteo de 8m<sup>3</sup> y una cuadrilla de trabajo se fue esparciendo a mano el cemento, con una relación aproximada de cemento/área = 0.75 Kg/m<sup>2</sup>.

## **REENCARPETADO**

Hubo tramos en que fue necesario reencarpetar para alcanzar el nivel de rasante pedido en el proyecto.

Para estos casos sobre el pavimento ya existente se hicieron perforaciones con pico de 1 a dos centímetros de profundidad, siendo estas entre 90 y 100 en un área de 1 m<sup>2</sup>, para lograr con ésto la adherencia de la siguiente capa.

La unión entre capas se hizo mediante su respectivo riego de liga, con producto asfáltico FR-3 a razón de 0.7 litros/m<sup>2</sup>, teniendo limpia la superficie mediante una compresadora de (650 cpu).

El procedimiento que se siguió para la construcción de las capas de concreto asfáltico fue el mismo que se utilizó para la carpeta.

## **V.7 OBRAS DE DRENAJE**

Las obras de drenaje, consisten en forma general en: cunetas, contracunetas, alcantarillas, lavaderos, bordillos y registros .

Las cunetas se ubican prácticamente a todo lo largo del camino, en algunos casos en ambos hombros éste, las dimensiones de diseño se construyeron de acuerdo con normas de la S.C.T. . En realidad las cunetas son zanjas que se tienen como único objetivo recibir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo él, en las curvas), así como la que escurre por los cortes y a veces también la que corre en pequeñas áreas adyacentes.

Según lo indica el proyecto, las cunetas se construyeron al borde del acotamiento del camino, iniciando con una compactación previa al 95% según técnica proctor con un espesor de 10 cm, enseguida se realizan trabajos de afine con objeto de darle a la cuneta la característica del talud que en este caso se utilizó con relación 3:1, y así como la pendiente del 2%.

La construcción se realiza iniciándose con la colocación de la cimbra. Para este trabajo se utilizó madera, en tramos de 6 m. Como agregado se necesitó concreto del tipo elaborado en planta con un  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ , con agregado grueso de tamaño de  $3/4"$ , el vaciado en obra se realizó en forma directa del camión, mediante canales telescópicos, éste se distribuyó sobre la superficie del terreno hasta alcanzar un espesor de 10 cm, esta acción permite agilizar el vaciado del concreto en espacios no mayores de 6m en diferentes tramos del camino. El decimbrado se realizó en función al clima, el cual varía aproximadamente de 2 a 3 días, inmediato a este fraguado, se colocaba nuevamente la cimbra en los tramos subsecuentes. En realidad los tiempos de colado no se consideraron importantes, ya que las cunetas se construyen en función del avance del camino. Por último las juntas de construcción se sellaron con material asfáltico.

La descarga de las cunetas se efectuará a terreno natural adecuándose en obra la geometría y dimensión de la canalización necesaria para que no represente problemas a las capas que conforman el pavimento, mediante lavaderos y en su caso alcantarillas.

En cuanto a las cunetas: lateral de la vialidad poniente (Río de los Remedios-Acueducto) y central de la vialidad oriente (Acueducto-Río de los Remedios). Se adecuarán en obra de acuerdo a la planeación del drenaje pluvial de la zona, se propone una canalización de ambos escurrimientos en una atarjea única que vierta en las aguas del Río de los Remedios.

La construcción de las contracunetas, se realizó en los lugares marcados de acuerdo con el proyecto, para su elaboración se utilizó mampostería de 3a. clase, puntada con mortero con relación cemento arena 1:2, la piedra utilizada se trasladó de bancos de material próximos al camino, las pendientes y conexiones a la descarga se determinó en función de las pendientes del terreno.

Los lavaderos: estos son construidos en el lugar, su ubicación en el camino es en las secciones en terraplén, se alojan en las partes bajas de los bordillos. A fin de garantizar su anclaje a los taludes, se construyeron dentellones o pijas con objeto de evitar su deslizamiento.

Para su construcción se utilizó varilla de 1/4" con grapas de alambón de 6 mm a/c 15 cm, las características del concreto son similares a la utilizada en las cunetas, previo al vaciado de éste, se excavó en forma manual la zanja que alojará el lavadero, así también se realizó una compactación al terreno a efecto de apisonarlo lo mayor posible. Posteriormente se procede a realizar el armado con acero de refuerzo, el colado se efectuó en forma directa mediante el maneobreo de camiones revolvedora. Es importante hacer notar que la pendiente para cada lavadero es variable ya que el revestimiento se ajustó al talud del terreno natural.

Los bordillos, éstos se ubican en terrenos de lomerío abrupto debido a que este tipo de terreno presenta lugares en los que sería muy costoso desaguar con una alcantarilla una pequeña cuenca que quede del lado exterior de una curva, ya sea porque para ello requeriría una alcantarilla muy pendiente, si el terreno lo es, o muy larga si el terraplén es alto. Para la construcción de los bordillos se tomaron las consideraciones de gasto máximo, en función de éste se determinó la ubicación de lavaderos a cada 50 m. El proceso de construcción, se fundamentó en excavar una zanja de aproximadamente 25 cm de profundidad, la cual se compactó en forma manual, posterior a ello se colocó una cimbra metálica, la cual permite hacer múltiples usos y rápidos desplazamientos, el vaciado del concreto se realizó en forma directa, similar al proceso elaborado para las cunetas, de igual forma las características de resistencia del concreto y agregados. Son las mismas que mencionamos con anterioridad. Por último se utilizó un riego de sello en las juntas constructivas del bordillo con la carpeta asfáltica, a fin de evitar filtraciones al cuerpo de terraplén.

En el kilómetro 1+600 hubo necesidad de hacer una obra de drenaje especial, debido a que la construcción de un lavadero sería inadecuado, a causa de la pendiente casi insuficiente del talud a lo largo de 100 m, la obra consiste en hacer una caja a base de mampostería y tubo de concreto. La construcción consistió en hacer una excavación con equipo pequeño, con objeto de poder maniobrar y obtener las dimensiones requeridas para la estructura, el terreno de desplante se compactó al 95% con un compactador de rodillos entandem, posterior a ello se desplantó una estructura de mampostería de 3a. clase junteado con mortero de cemento arena 1:5; con las dimensiones mostradas en el diseño, para la colocación del tubo se efectuó una compactación previa al terreno natural, posteriormente se desplantó el tubo en una cama de tezontle y se ahogó con concreto hidráulico. El desalajo del agua de este tipo de estructura se hace en forma directa al drenaje urbano.

El encauzamiento de los escurrimientos de las cunetas que se ubican en la parte interna de la vialidad oriente se realiza a base de pozos de visita, la construcción de estas estructuras se llevó a cabo con normas y reglamentos de la D.G.C.O.H., el desplante se efectuó sobre terreno compactado a base de mampostería con cemento arena 1:4 a una altura de 30 cm sobre el terreno natural, posteriormente se utilizó la manera convencional para dar la forma geométrica al pozo a base de tabique junteado con cemento arena 1:4, hasta alcanzar una altura de 2.30 m. La tubería se colocó previo a una cama formada por aplanado de cemento arena 1:2, el diámetro de ésta es de 60 cm. El brocal y la tapa del pozo de visita es de material fierro fundido. Las paredes del pozo se construyeron a base de cemento arena 1:4, la tubería de desalojo cruza el cuerpo de terraplén, el cual es ahogado en concreto de  $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$ . Para su construcción se respetaron las normas en cuanto a colchón mínimo a fin de proteger la tubería.

Es importante hacer mención, que las alcantarillas ya existían y solamente se realizaron las conexiones correspondientes de acuerdo con normas y supervisión de la D.G.C.O.H.

#### **V.8 OBRAS INDUCIDAS**

Línea de interconexión de 183 cm de diámetro del Acueducto Chiconautla.

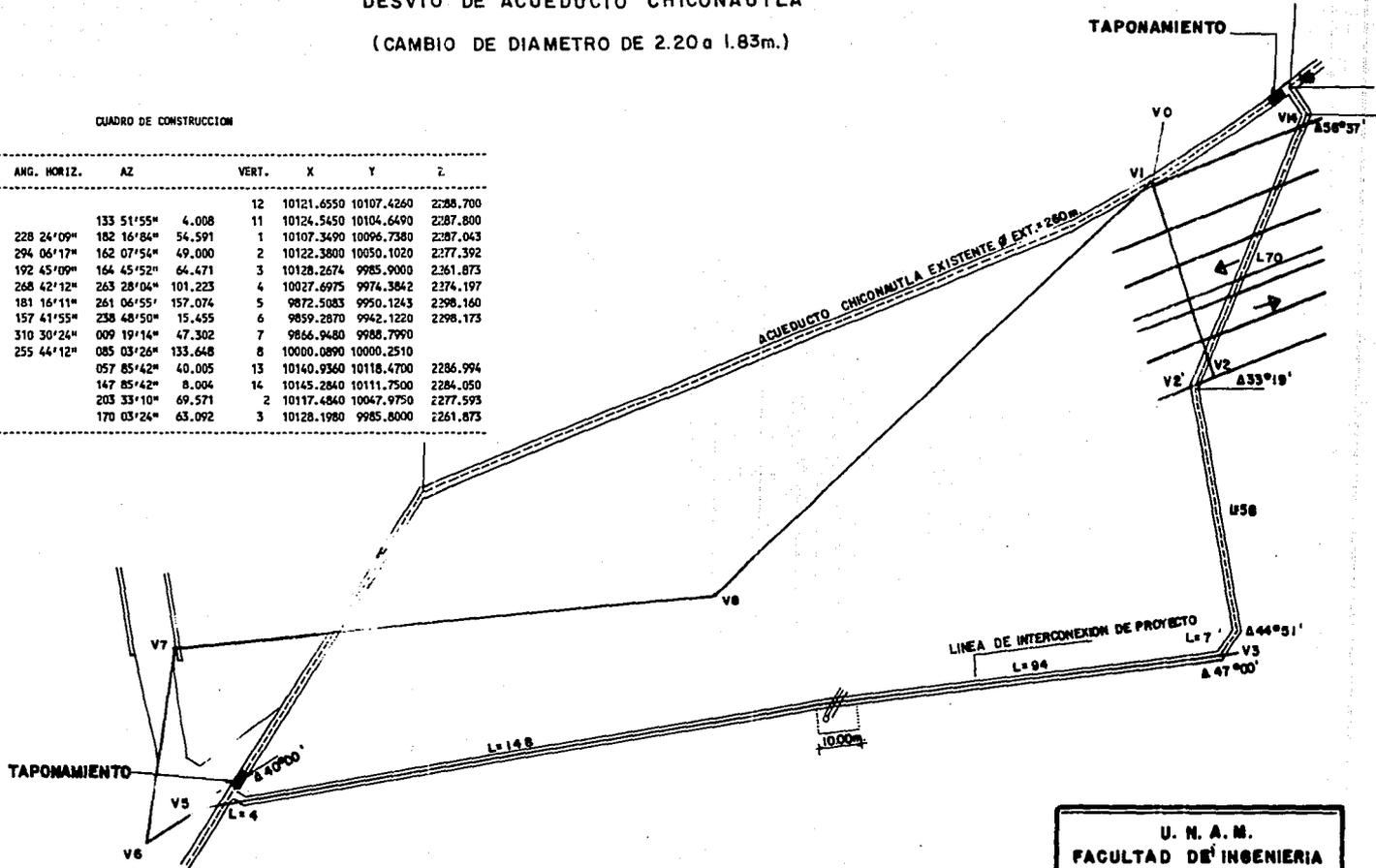
Como ya se mencionó anteriormente al hacer los cortes de la vía puente (Cad. 1+100) y faltando 8 M. para llegar a la rasante de proyecto, apareció el Acueducto Chiconautla de 2.20 Mts. de diámetro, por lo cual de inmediato se proyectó el desvío para eliminar la interferencia del Acueducto al cruzar las vías.

Para el proyecto del desvío hubo necesidad de librar otras interferencias como el cruce del colector de 1.83 m de diámetro que debió pasar por debajo de la tubería de agua potable ver figura (V.8.1), el libramiento de una torre de alta tensión de C.L.F.C., así como respetar los colchones mínimos permisibles en el tramo del cruce de las vías vehiculares como fuera de éstas, por lo que se tuvo un cuadro de construcción ver croquis (V.8.1) el cual contiene los datos necesarios para el trazo y nivelación. Las deflexiones horizontales y verticales sirvieron como base para el diseño de codos y biseses ver figuras (V.8.2, 3, 4), así como para el proyecto de los atraques ver figuras (V.8.5, 6, 7).

PAR VIAL INDIOS VERDES  
 DESVIO DE ACUEDUCTO CHICONAUTLA  
 (CAMBIO DE DIAMETRO DE 2.20 a 1.83m.)

CUADRO DE CONSTRUCCION

EST.	P.V.	ANG. HORIZ.	AZ	VERT.	X	Y	Z	
V12	V11		133 51'55"	4.008	12	10121.6550	10107.4260	2288.700
V11	V1	228 24'09"	182 16'84"	54.591	1	10107.3490	10096.7380	2287.043
V1	V2	294 06'17"	162 07'54"	49.000	2	10122.3800	10050.1020	2277.392
V2	V3	192 45'09"	164 45'52"	64.671	3	10128.2674	9985.9000	2261.873
V3	V4	268 42'12"	263 28'04"	101.223	4	10027.6975	9974.3842	2274.197
V4	V5	181 16'11"	261 06'55"	157.074	5	9872.5083	9950.1243	2298.160
V5	V6	157 41'55"	238 48'50"	15.455	6	9859.2870	9942.1220	2298.173
V6	V7	310 30'24"	009 19'14"	47.302	7	9866.9480	9988.7990	
V7	V8	255 44'12"	085 03'26"	133.648	8	10000.0890	10000.2510	
V1	V13		057 85'42"	40.005	13	10140.9360	10118.4700	2286.994
V13	V14		147 85'42"	8.004	14	10145.2840	10111.7500	2284.050
V14	V2'		203 33'10"	69.571	2	10117.4840	10047.9750	2277.593
V2'	V3		170 03'24"	63.092	3	10128.1980	9985.8000	2261.873



U. N. A. M.  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CROQUIS X 0.1

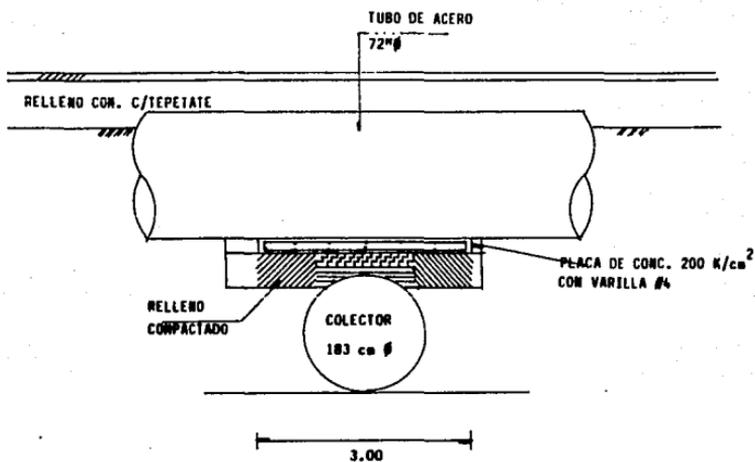


FIG. V.8.1 CRUCE CON COLECTOR DE 183 cm  $\phi$

Para la construcción de las cajas de válvulas se utilizaron los planos tipo de la DGCOH.

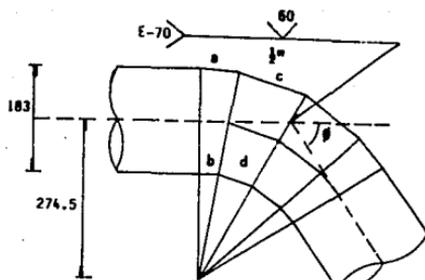


FIG. V.8.2 DISEÑO DE CODOS

FIG. V.B.3 DISEÑO DE CODOS VERTICALES Y HORIZONTALES DE 25°-45°

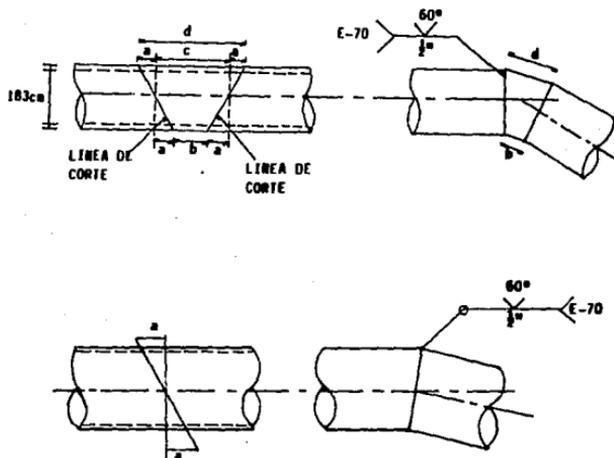


FIG. V.B.4 DISEÑO DE BISELES HORIZONTALES Y VERTICALES DE 0°-25°

$\theta$	47°00'	56°21'	44°51'	59°04'	33°57'	40°00'	40°09'	25°41'	33°19'
a (cm)	53.10	60.65	48.02	61.42	13.65	16.13	16.18	10.30	13.40
b (cm)	26.55	30.32	24.01	30.71	10	10	10	10	10
c (cm)	108.2	121.29	96.04	122.84	37.80	42.26	42.37	30.60	36.79
d (cm)	53.10	60.65	48.02	61.42	64.60	74.52	74.78	51.20	63.58
CODOS	HOR	HOR	HOR	VERT	VERT	HOR	VERT	VERT	HOR

$\theta$	1°19'	7°41'	8°12'	13°18'	17°56'	22°01'	21°37'
a (cm)	1.03	5.64	6.52	10.66	14.44	17.80	17.74
CODOS	VERT	VERT	VERT	VERT	VERT	VERT	VERT

FIG. V.8.5 ATRAQUE No. 3, CODO VERTICAL

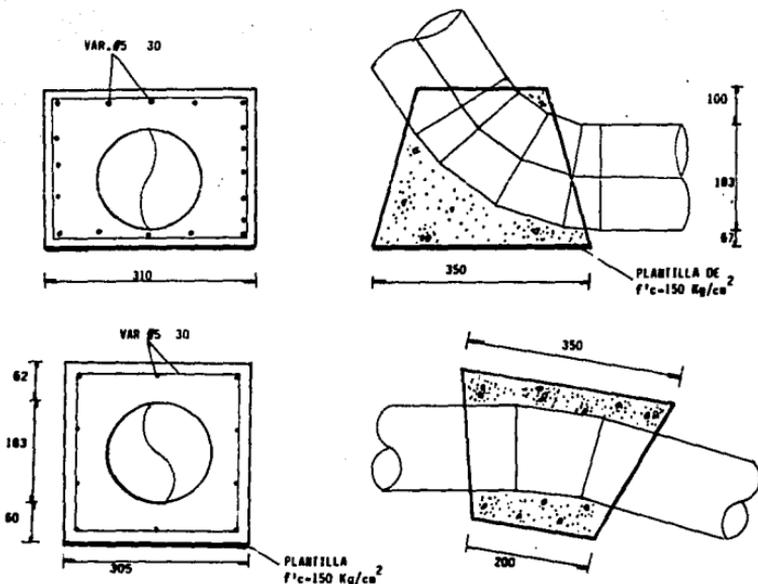


FIG. V.8.6 ATRAQUE No. 1, 4, 5 y 6, PARA Codos HORIZONTALES

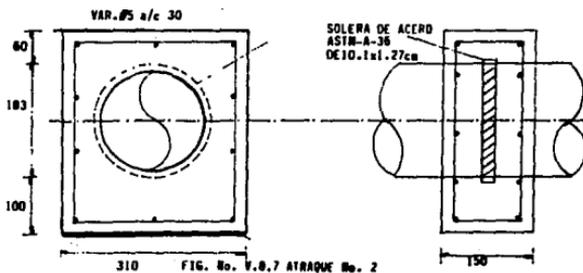


FIG. No. V.8.7 ATRAQUE No. 2

### **Etapas de construcción:**

**Primera etapa.-** Se instala la tubería de acero, incluyendo codos, atraques y válvulas sin interrumpir el funcionamiento del Acueducto, dejando la preparación para la unión inicial y el cierre con el acueducto.

**Segunda etapa.-** Se cierran las compuertas localizadas aguas arriba del desvío para derivar el gasto hacia la línea existente de 122 cm de diámetro, dejando el acueducto en seco en el tramo de la obra. Posteriormente se construyeron los pegues como se indica en los detalles que marca el proyecto.

### **Proceso Constructivo:**

**Primera etapa.-** Instalación de la tubería de acero.

- Limpieza de terreno.- Consistió en el despalme y desmonte del área por donde pasó la tubería, para lo cual se utilizó el bulldozer.

- Trazo y nivelación. Mediante una cuadrilla de topografía que tomó como banco de nivel el BNT-7 (de la contratista) con una elevación de 2 298.847 M.S.N.M., se marcó en cada deflexión la cota de proyecto, y el trazo se referenció a 10.00 Mts. del eje de la tubería.

- Excavación de cepa.- Esta se hizo mediante una retroexcavadora sobre orugas de 2.1 M3. dejando un talud de 1:5 en las paredes de la cepa, se inició a partir del cadenamiento 0+000, con el fin de determinar primero el tramo que cruza las vías vehiculares, a fin de que en éstas se continúen los trabajos faltantes. Cuando la profundidad de excavación fue mayor de 6 Mts., se realizó el trabajo con el cargador sobre orugas a fin de hacer una rampa para entrar en la cepa, y continuar con éste los cortes del terreno, hasta llegar al nivel de proyecto, para el desplante de plantilla. Todo el material producto de la excavación, fue cargado en camiones de volteo de 8 M3 y acarreado al tiro oficial de la obra a 8 Kms. de distancia.

- Plantilla.- Para las cepas tipo, la plantilla que se colocó fue de arena, compactada con rodillo liso (manual) de 8 Ton., el camión de volteo condujo en forma directa el material a la cepa, posteriormente el material se repartió en forma manual. Ver figura (V.8.8).

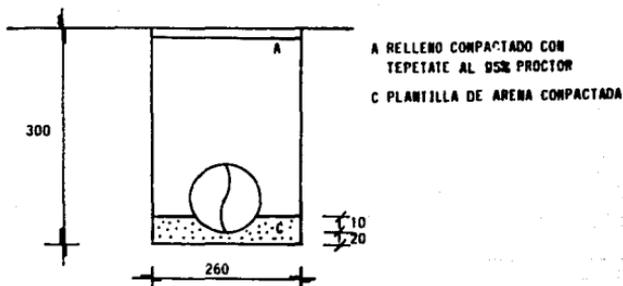


FIG. No. V.8.8 ZANJA TIPO

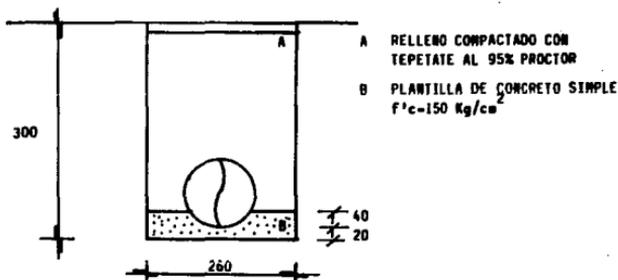


FIG. No. V.8.9 ZANJA EN CRUCE CON VIALIDAD

Para la zanja que cruzó la vialidad, se utilizó plantilla de concreto simple de  $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$ , el concreto utilizado fue premezclado y vaciado en forma directa por un canal telescópico, a fin de evitar disgregación de los materiales, posteriormente la cuadrilla de colado la repartió adecuadamente para ubicarlo y nivelarlo ver figura (V.8.9).

En ambos casos la plantilla se realizó en dos etapas: La primera para alcanzar el desplante del tubo, y la segunda para el nivel de plantilla terminada.

- Suministro y colocación de tuberías; la tubería de acero de 1.83 Mts. de diámetro fue suministrada en obra (previa fabricación en taller de pailería) en tramos de 10 a 12 Mts., con las siguientes características: Acero, grado B1 e = 3/4", teniendo una protección anticorrosiva tanto interior como exterior de acuerdo al siguiente procedimiento:

a) Interior.- Quedó libre de grasa, herrumbre y óxido, al limpiarse con cepillo de alambre antes de hacer la aplicación de la capa de epóxico (inhibidor de 2 mm), finalmente se aplicaron dos capas de resinas epóxicas, con alto contenido de sólidos con espesor de 10 mm.

b) Exterior.- El procedimiento de limpieza fue igual al anterior, posteriormente se aplicaron dos capas de resina alquitrán de hulla con epóxico catalizado con emínón.

Para la colocación de la tubería se utilizó una grúa de 1.5 Ton. de capacidad, la cual colocó a un lado de la cepa los tramos de tubería de 10 a 12 Mts., con ayuda de cuadrillas auxiliados por el topógrafo, a fin de colocar el tubo a nivel de trazo definitivo, finalmente intervinieron los soldadores calificados para hacer las juntas de los tubos, para lo cual se utilizó soldadura E-70, y plantas de corriente directa para un portaelectrodo, el biselado para la unión de los tubos se muestra en la figura (V.8.10).

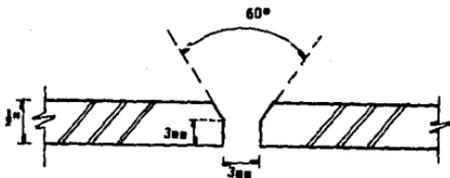


FIG. V.8.10 DETALLE DEL BISELADO

Los codos se fabricaron en taller, con el mismo control de calidad de la tubería, para su colocación se utilizó el mismo equipo. Para el fabricado de éstos se siguieron las especificaciones de acuerdo al diseño ver figuras (V.8.2, 3, 4).

- Para la construcción de los atraques (ver diseño en figuras V.8.5, 6, 7). Se hizo una sobreexcavación de 0.60 Mts. para facilitar el cimbrado y descimbrado, la plantilla fue de concreto simple y su colocación se elaboró similar a la de desplante de tubería.

El acero de refuerzo se habilitó en el lugar, dejando un recubrimiento de 5 cm, para la cimbra se colocaron tableros de triplay de 19 mm y de 1.22 x 2.44 Mts. haciendo los ajustes necesarios. Para el colado se utilizó concreto premezclado y su vaciado se hizo mediante un canalón, la cuadrilla de personal contó con dos vibradores de gasolina, 24 horas después del colado se inició el descimbrado, posteriormente se curó y se relleno con tepetate en capas de 20 cm auxiliando la compactación con equipo pequeño hasta alcanzar el 95% (prueba proctor)

- Cajas de válvulas.- Su procedimiento constructivo es similar al de los atraques, para el armado, cimbra y concreto, en un inicio los topógrafos realizaron el trazo y la nivelación. La excavación faltante se efectuó con el mismo equipo que se utilizó en la tubería, después se llevaron a cabo las siguientes etapas: plantilla de concreto, armado, cimbrado y colado de losa inferior, dejando barbas de acero como preparación para el armado de los muros, posteriormente se colaron los muros y 24 horas después se descimbraron.

- Prueba de tubería.- Con el fin de facilitar el cargado y descargado de agua con rapidez se dejaron en la tubería dos derivaciones de 8" de diámetro, una en la parte más alta para llenar la tubería por gravedad y la otra en la parte más baja para descargarla después de hacer la prueba, la cual se realizó en las siguientes etapas:

#### Primera etapa.

a.- Se inició con el taponamiento en sus extremos con placa de acero de 1" de espesor, reforzadas con cuatro vigas IPR de 35 de 12" x 6.5" apoyadas en otras de 18" x 8.75" que se empotraron a dos dados de concreto armado como lo muestra la figura (V.8.11).

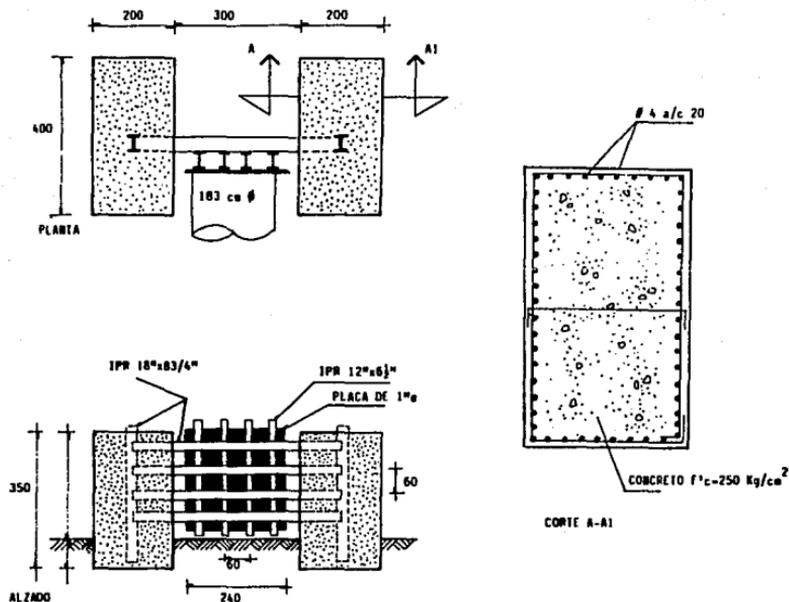


FIG. V.8.11 ATRAQUE PARA PRUEBA HIDRAULICA

b.- Se cargó la tubería por gravedad y se le aplicó presión mediante una bomba eléctrica hasta alcanzar una presión en el manómetro de 12 Kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual a la mitad de la longitud de la tubería se dejó la derivación para colocar el manómetro.

c.- Se descargó la tubería mediante la derivación de 8" de diámetro del nivel más bajo.

d.- Las tapas de 1" de espesor en los extremos de la tubería fueron eliminadas, y se tiene listo en campo las piezas especiales para los pegues.

e.- Se continuó con el relleno de la cepa de la tubería ya que anteriormente sólo se había acostillado para la realización de la prueba, para este trabajo se utilizaron rodillos vibratorios en la primera etapa (acostillado) y el compactador liso DINAPAC para la segunda etapa (colchón).

#### Segunda etapa, pegues.

a.- se cerraron las compuertas localizadas aguas arriba del desvío, y se derivó el gasto en la línea existente de 48" de diámetro, quedando seco el acueducto en el tramo de la obra.

b.- Se construyeron los pegues, utilizando las piezas especiales que consistieron en una "T" de acero de 1.83 Mts. de diámetro, y como el acueducto existente es de 2.20 Mts. de diámetro, se le hizo una media caña en el tramo del pegue y sobre esta se asentó la "T" de acero ver figura (V.8.12), el hueco formado entre la media caña y la tubería se relleno con un aditivo estabilizador de volumen, una vez colocada la pieza en el lugar adecuado, se procedió hacer el atraque, que en este caso cumplió dos funciones, la primera por su forma, posición y tamaño, ver figura (V.8.13) éstas son el soportar el empuje y unir monolíticamente la pieza especial de 1.83 Mts. de diámetro con el colector de 2.20 Mts. de diámetro.

c.- Se hacen los taponamiento en los cadenamientos 0+000 y 0+371 como lo muestran los detalles en la figura (V.8.14)a,b,y c.

d.- Se abren las compuertas de aguas arriba, la cual fue muy importante para la ejecución de los pegues, el trabajo en conjunto que realizaron topógrafos, tuberos, soldadores, albañiles, maniobristas y sobre todo la buena coordinación por parte de los técnicos, esto debido a los tiempos de ejecución mínimos por la necesidad de reanudar inmediatamente el suministro de agua.

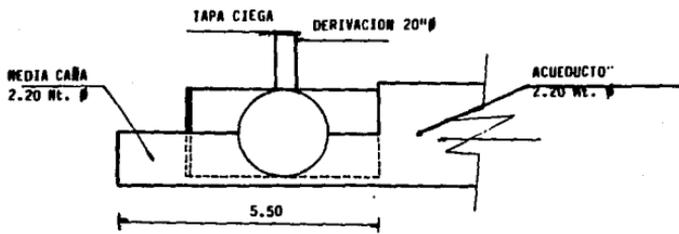
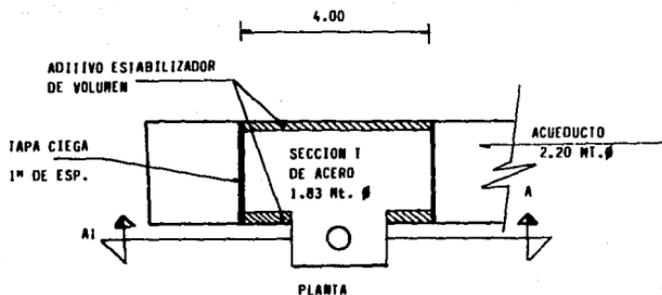


FIG. V.8.12 PIEZA ESPECIAL PARA PEGUE

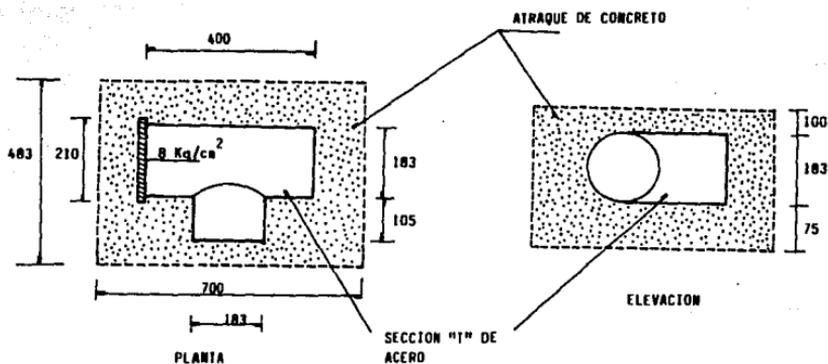
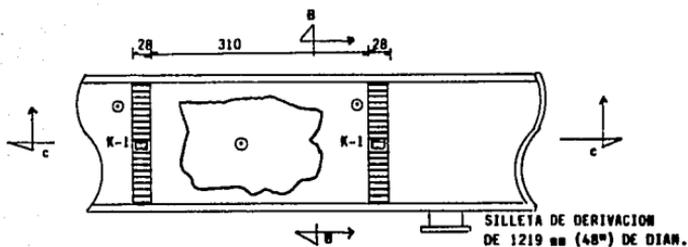


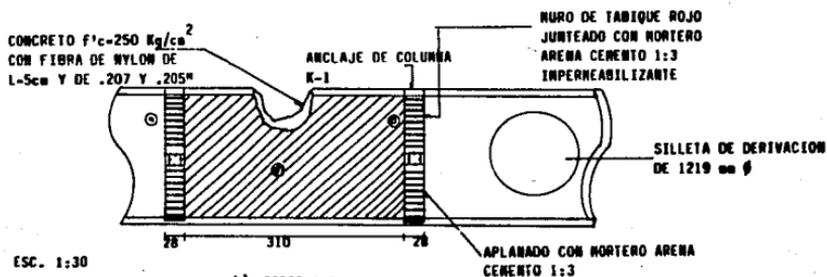
FIG. V.8.13 ATRAQUE PARA PEGUE

FIG. V.8.14 DETALLES DE TAPONAMIENTO (KM 0+000 Y KM 0+371)



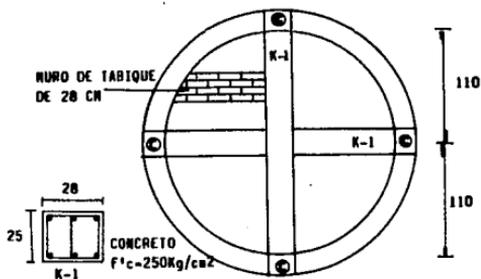
ESC. 1:30

a) PLANTA



ESC. 1:30

b) CORTE C-C



c) CORTE D-D

## V.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS

### V.9.1 Señalamiento

De acuerdo con el diseño para la instalación del señalamiento, se determinaron tres tipos : preventivo, restrictivo e informativo, los cuales conforman de manera general las señales del camino, el primero tiene la finalidad de indicar de antemano las características que son peligrosas para el usuario, la segunda tiene como objetivo mantener la integridad física de los usuarios, al anunciar restricciones de velocidad, arcos de rebase, etc., el tercero mantiene al usuario información anticipada de las poblaciones, colonias y conexiones con vías principales.

Todas las señales utilizadas en el tramo fueron construidas con materiales, dimensiones y colores de acuerdo al manual de la Coordinación General de Transportes del Departamento del Distrito Federal (D.D.F.).

Es importante mencionar la recomendación, en cuanto a la colocación del señalamiento el cual deberá estar en lugar visible si la propuesta del proyecto se viera obstaculizada.

Dentro del señalamiento especial se realizó la colocación de 3 agujas para rampa de entrada o salida e incorporaciones, con las características y dimensiones de la C.G.T.D.F. estas se elaboraron, a base de pintura blanca con las características reflejantes y de calidad para caminos, la aplicación se efectuó con equipo convencional para señalamiento urbano el cual mediante previo trazo del topógrafo, colocó las líneas perimetrales sobre la carpeta con un ancho de 10 cm., dentro del perímetro se realiza el pintado de las flechas de indicación del sentido de la bifurcación, éstos se trazan con un ancho de 20 cm y tamaño variable (en función de la figura triangular de la aguja). Posterior a esta acción se colocaron marcadores reflectorizados sobre el perímetro, con separaciones a cada metro, la instalación de éstos se llevó a cabo empotrando en la carpeta al bástago provisto en los marcadores, esta acción se realizó previo a una profundidad de 7 cm. donde se coloca el bástago y se ahoga con lechado de cemento portland y arena fina, estas señales se ubican en las partes donde el camino tiene entronques con vías secundarias.

Dentro del señalamiento informativo y restrictivo se colocaron 3 anuncios, los cuales constructivamente fueron los más importantes, por la complejidad de cruzar 5 carriles en el sentido México-Pachuca y viceversa, la estructura de soporte es a base de acero. Debido a las dimensiones y peso de esta pieza prefabricada hubo necesidad de utilizar una grúa telescópica que tiene como finalidad la colocación exacta. La fijación se efectuó mediante el atornillado a una placa que se empotró mediante cuatro varillas distribuidas en el área de la placa a una profundidad de 35 cm. haciendo un gancho de aproximadamente 20 cm. sobre la placa se soldaron cuatro tornillos de 3/4" y por último se colocó la base de la estructura formada también por una placa de acero la cual finalmente quedó sujeta mediante cuatro tuercas. Este señalamiento tiene la función de indicar la restricción e indicación en forma conjunta, en ella se menciona el destino en el sentido de circulación, así como la ubicación de camiones pesados dentro de los carriles.

Es muy importante hacer mención al señalamiento que anticipa la reducción de cinco a cuatro carriles, lo cual hace anticipadamente a 100 y 50 m con tableros impresos de dimensiones adecuadas para ser observado inmediatamente, para esta indicación se utiliza un tipo de señal compuesta por dos anuncios, en la parte inferior se indica de manera impresa la próxima reducción y en la parte superior se hace de forma gráfica.

En realidad el proceso constructivo del señalamiento preventivo, restrictivo e informativo es similar, las piezas componentes de cada señal son elaboradas con especificaciones de resistencia y colores de acuerdo con las normas de la Coordinación General de Transporte, estas son transportadas al camino y distribuidas de acuerdo con el diseño. Para su colocación se excavó manualmente a fin de empotrar el tubular de 2"x2" que soporta el señalamiento aproximadamente 50 cm. el cual se ahoga con concreto de  $f'c$  100 Kg/cm<sup>2</sup>, el anuncio elaborado con lámina del 16 se fija con tornillos de 1 cm. de diámetro.

En la siguiente figura (V.9.1.2) se muestra el detalle de construcción.

Existe además una barrera de contención metálica que tiene como objetivo funcionar como protección además de señalar la existencia de terraplén que indica máxima atención por parte del usuario, para la construcción de esta protección metálica se fundamentó en la construcción del murillo que sirvió de base al sustento de esta estructura, las piezas utilizadas para esta protección fueron prefabricadas y transportadas al camino, la construcción se fundamentó en un soporte formado por una placa de 5 mm de espesor, a la cual se encuentra soldada en la parte central una varilla de 3/4" figura (V.9.1.2.)

Esta se ahogó al momento de colar el bordillo, en la parte superior de la placa se soldó al poste, que sirve de sosten a la protección, la soldadura fue del tipo eléctrica, para sujetar la señal en este caso de tipo lámina acanalada, se utilizaron dos tornillos en los extremos y 3 en la parte central la fijación de éstos se realizó de forma manual, posterior a ello se procedió al pintado. Con las dimensiones y colores en función de las normas. Las dimensiones se muestran en la figura (V.9.1.3).

Debido a la necesidad de trabajar con tráfico antes de operar el camino en forma regular hubo necesidad de realizar un señalamiento provisional en el sentido (Pachuca-México), con objeto de construir al mismo tiempo el cuerpo paralelo, las características de señalización se hicieron para un camino de circulación en ambos sentidos separados con líneas paralelas de color amarillo, una vez terminado el tramo faltante, se procedió a cubrir las señales preliminares con mezcla asfáltica FR3 para colocar sobre ésta el señalamiento definitivo.

Debido a la necesidad de trabajos con tráfico antes de operar el camino en forma regular hubo necesidad de realizar un señalamiento provisional en el sentido (Pachuca-México), con objeto de construir al mismo tiempo el cuerpo paralelo, las características de señalización se hicieron para un camino de circulación en ambos sentidos separados con líneas paralelas de color amarillo, una vez terminado el tramo faltante, se procedió a cubrir las señales preliminares con mezcla asfáltica FR3 para colocar sobre ésta el señalamiento definitivo.

En la cuneta a la dirección México-Pachuca una vez terminada la construcción, se instaló señalamiento definitivo para lo cual se trazó con ayuda del equipo topográfico puntos de referencia a 10 m de distancia en tramos en recta y a cada 5 m en curva, con estos puntos el equipo que realiza el pintado de la carpeta tiene la cualidad de hacer trazos precisos.

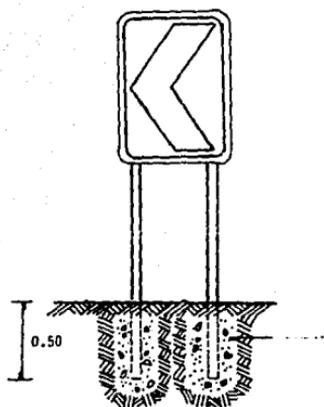


FIG. V.9.1.1

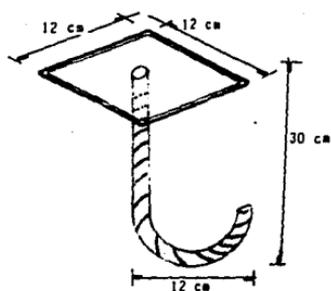


FIG. V.9.1.2

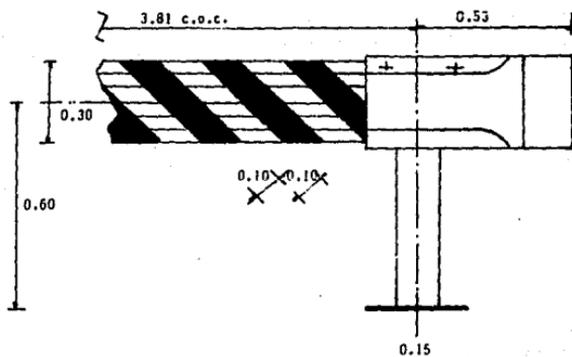


FIG. V.9.1.3

Para la separación del carril que alojará el tránsito pesado se trazó del lado anterior de éste dos líneas paralelas continuas de color blanco, de 10 cm de espesor y 10 cm de separación, el ancho de este carril es de 4 m., pero el siguiente se trazó del mismo ancho pero sólo con una línea discontinua de 10 cm de ancho y 2.5 m de longitud, con separaciones entre sí de 5 m., los carriles subsecuentes se trazaron de 3.50 m de ancho con las características del carril anterior.

El suministro y control de los materiales corrió a cargo del D.D.F. así como la supervisión.

## **V.9.2 ILUMINACION**

Esta ampliación contará con alumbrado en sus dos vialidades.

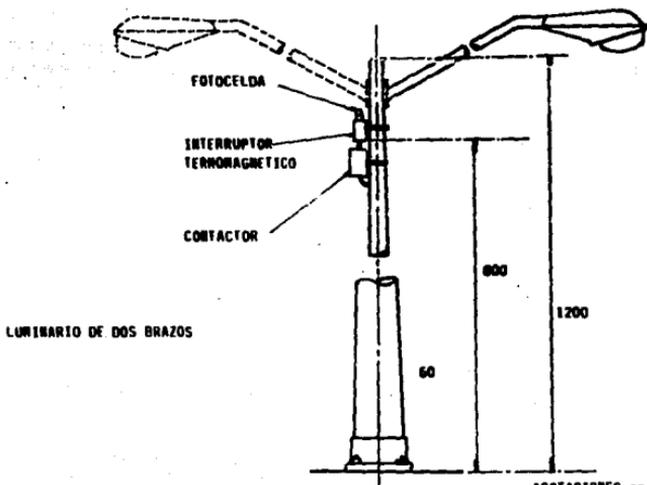
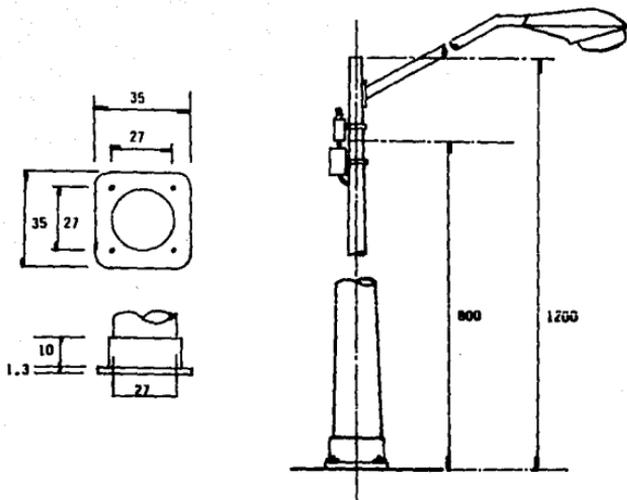
Para este trabajo no se consideró el diseño eléctrico debido a que este pertenece a otra rama de la ingeniería, solamente se tratarán los asuntos relacionados con obra civil, a fin de quedar esquematizado lo concerniente al proceso constructivo.

La fabricación y colocación de los postes y accesorios para alumbrado se concesionaron a empresas particulares (PEPSA y LUMISISTEMAS), las cuales deben seguir las normas y lineamientos establecidos por la compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLF).

El detalle del poste y los accesorios que lo componen, lo mismo que sus dimensiones se muestran en la siguiente figura (Fig V.9.2.1).

La distancia de colocación entre postes es de 50 m, medida de eje a eje, utilizando un arreglo tresbalillo como se muestra en el (croquis V.9.2.1).

En la cimentación se utiliza una base de concreto armado (prefabricada con  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ ) en forma de tronco piramidal, que sirve de soporte al poste de acero. Los detalles y dimensiones de esta base aparecen en la figura V.9.2.2).



LUMINARIO DE DOS BRAZOS

FIG. V.9.2.1

ACOTACIONES cm

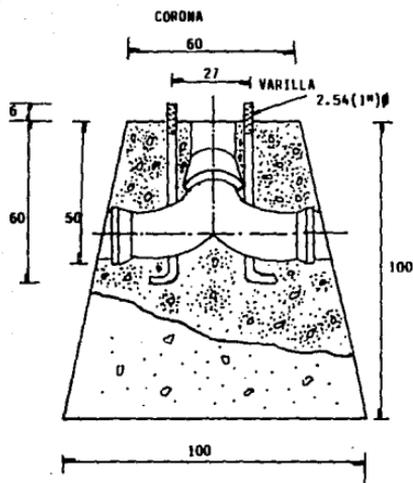


FIG. V.9.2.2

Las cuatro varillas redondas de 1"  $\emptyset$  sirven de anclas entre la placa base de 35 cm x 35 cm x 1.3 cm del poste y la base de concreto, mediante un gancho empotrado en el concreto y cuatro rondanas planas, una para cada ancla, colocadas en las cuerdas salientes de 6 cm.

Las conexiones "Y" instaladas en cada cimiento son de P.V.C. de 10 cm de  $\emptyset$ .

#### COLOCACION DE CIMIENTOS

Los cimientos o bases de concreto se van colocando según las condiciones que va presentando el terreno.

Para el caso de talud natural que no lleva ninguna protección, sólo las bermas, se excava a una profundidad de 1.10 m a 1.20 m, utilizando un ancho y largo de 1.20 x 1.20 m.

Se compacta el fondo y se coloca sobre este un firme de concreto simple de  $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se acomoda el cimientto con un cargador frontal sobre neumáticos e inmediatamente después se rellena la excavación con el mismo material retirado de ésta, hasta tapar totalmente el cimientto.

El funcionamiento de este cimientto debido a su peso (1.5 Ton.) es por gravedad. Ver (Fig. V.9.2.3).

En los casos en que la ubicación de cimienttos corresponden a partes donde hay que proteger el talud, estos se ahogan total o parcialmente en el mismo concreto de protección dándoles un mayor empotramiento.

En las partes de terraplén donde existen guarniciones o bordillos, los cimienttos se colocaron sobrepuestos en firmes de concreto simple de  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$  con 10 cm de espesor, protegiendo el tubo de concreto de 10 cm de  $\phi$  diámetro que alimenta a los registros de candelabro, y el P.V.C. que alimenta al luminario con concreto y relleno con tepetate hasta aproximadamente 80 cm de la altura del cimientto. (Fig. V.9.2.4).

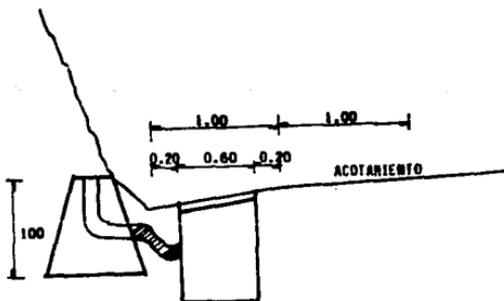
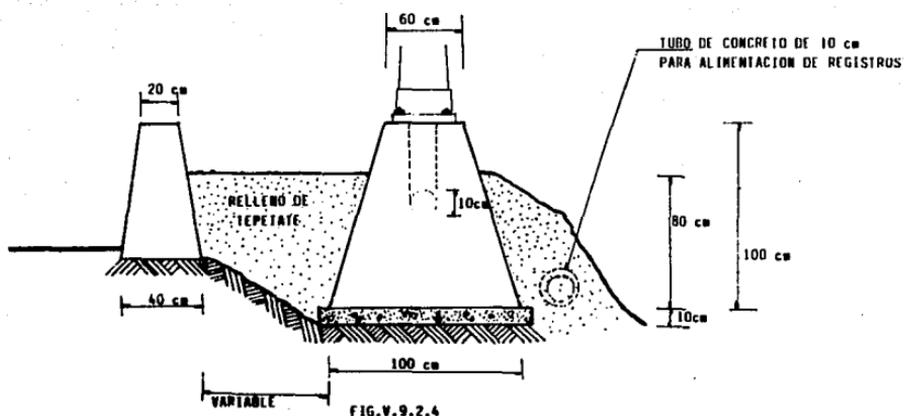
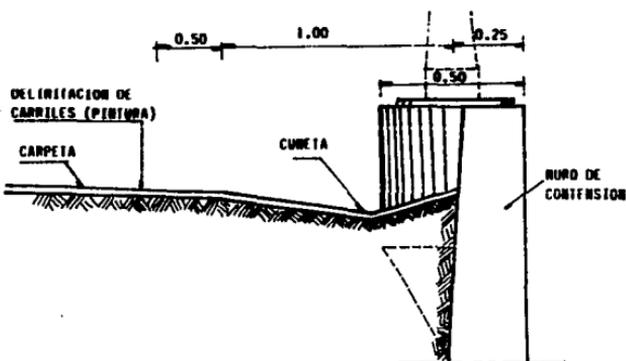


FIG. V.9.2.3



Por último para el tramo donde existía muro de contención no se colocó cimiento prefabricado, ya que utilizando el mismo muro y concreto simple de  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, se completó la base de soporte del poste como lo muestran las (figuras V.9.2.5 y V.9.2.6).



PERFIL FIG. V.9.2.5

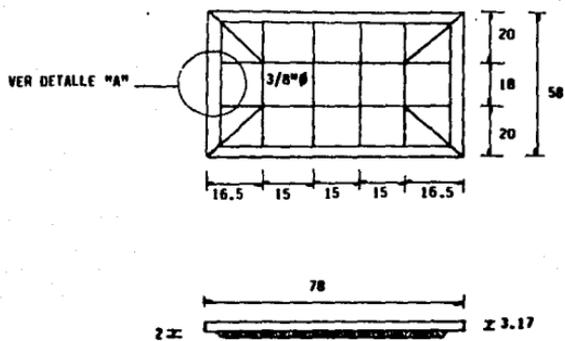
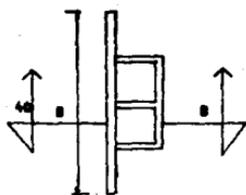
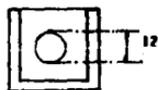


FIG. V.9.2.11

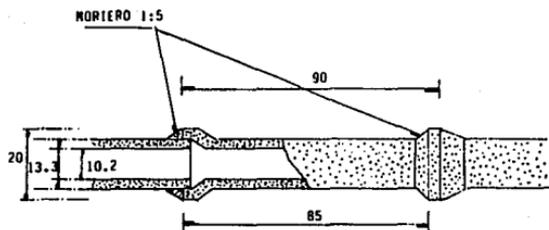


DETALLE "A"

ESC. 1:2



CORTE B-B



DETALLE DE INSTALACION DE DUCTO  
FIG. V.9.2.12

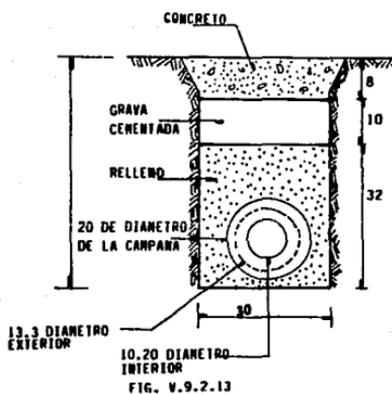


FIG. V.9.2.13

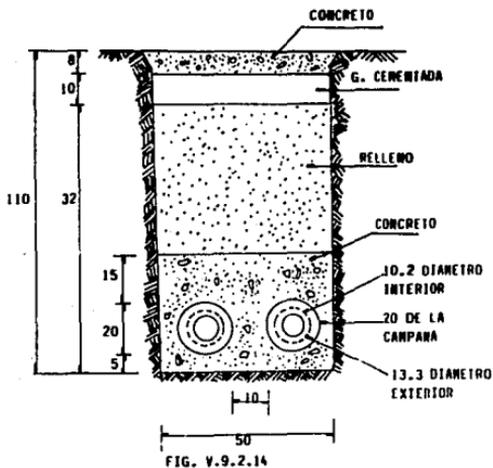


FIG. V.9.2.14

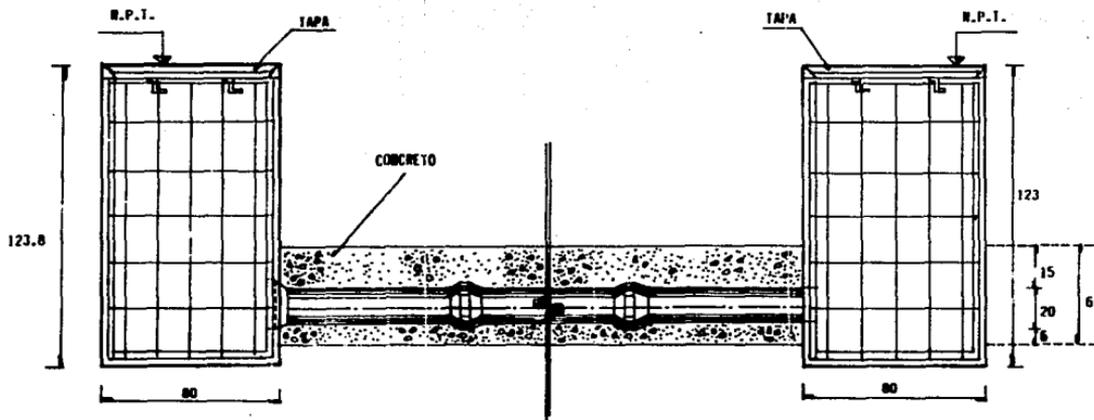
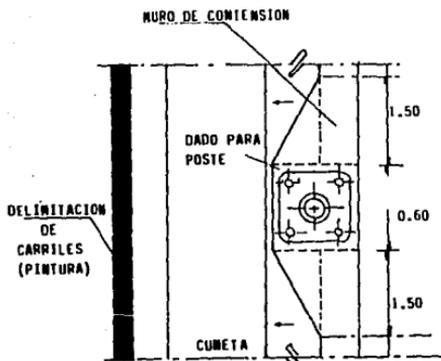


FIG. V.9.2.15

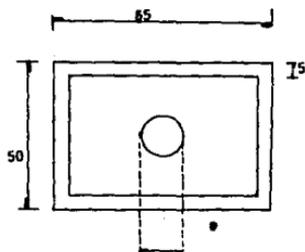
ACOTACION EN CM



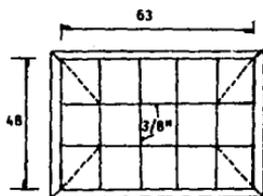
PLANTA FIG. V.9.2.6

Para la alimentación de la energía eléctrica, en cada poste se coloca un registro de concreto armado llamado de candelabro de 50 cm x 65 cm x 64 cm, que se cuele en el lugar utilizando cimbra de maderas y concreto con  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ . (Ver Fig. V.9.2.7).

Este registro cuenta con una tapa que tiene un marco de fierro ángulo (1 1/4" x 1/4" x 3/16"), armada con varilla de 3/8"  $\phi$  y colada utilizando una charola con concreto  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ . (Ver Fig. V.9.2.8).



PLANTA REGISTRO  
FIG. V.9.2.7



PLANTA TAPA  
FIG. V.9.2.8



N  
2

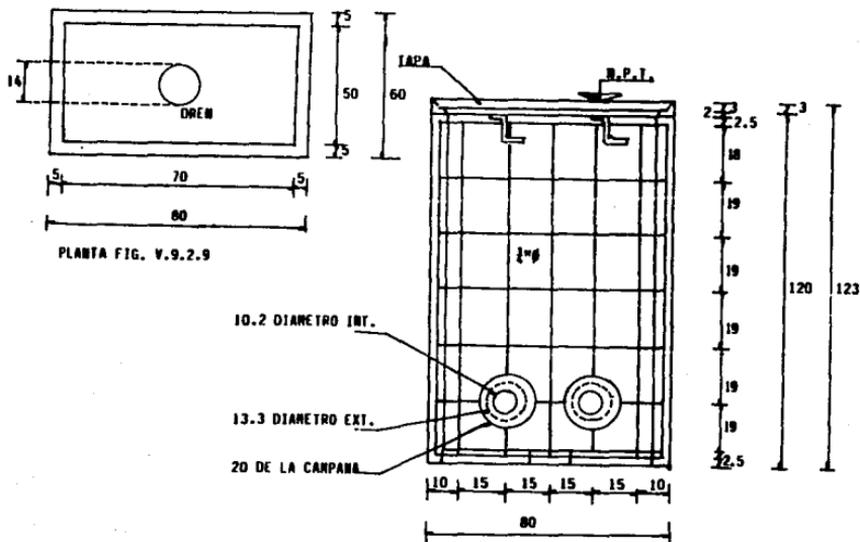
El conductor eléctrico que alimenta a cada circuito hasta el nivel de los registros, es calibre del No. 6 AWG (CADENA CRUZADA) y el que alimenta a los luminarios es calibre No. 10 THW.

Además de los registros de candelabro se colocan registros llamados de paso, que dan la alimentación de energía eléctrica a todo el circuito, cuya acometida es determinada en campo con C.L.F.

El registro de paso es también de concreto armado de 60 x 80 x 1.24 cm, utilizando cimbra de madera y concreto con  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ , de agregado máximo (3/4") y varilla de 1/4" Ø para el armado. Ver figuras V.9.2.9 y V.9.2.10.

Se coloca un marco para registro de fierro con ángulo (1 1/2' x 1/2' x 3/16'), que utiliza como anclas varillas de 3/8" de Ø distribuidas según se muestra en la figura (V.9.2.11). Dicho marco queda empotrado al registro cuando se hace el colado.

La tapa que tiene las mismas características que las tapas de registro de candelabro exceptuando sus dimensiones, se solda al marco para quedar terminado el registro de paso.



PLANTA FIG. V.9.2.9

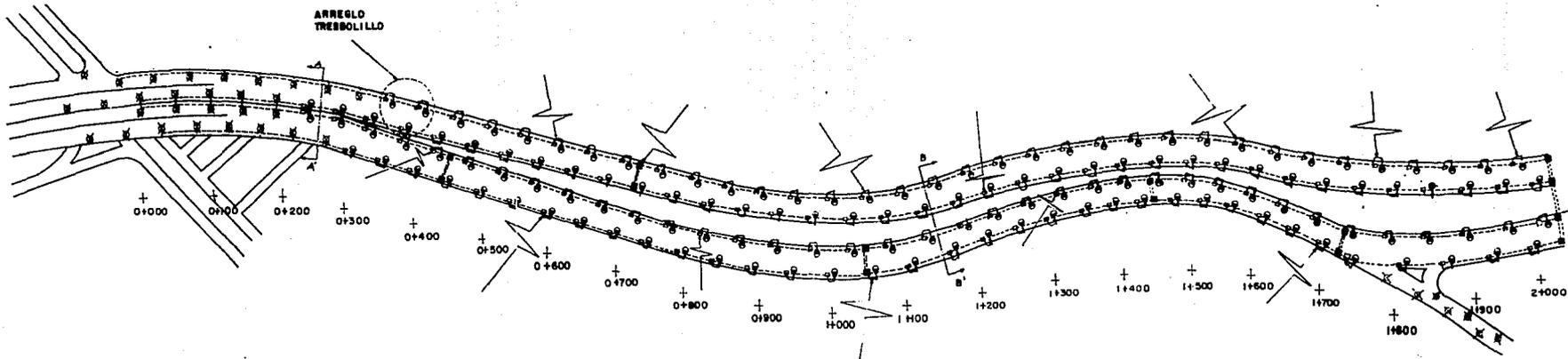
ALZADO FIG. V.9.2.10

PAR VIAL INDIOS VERDES

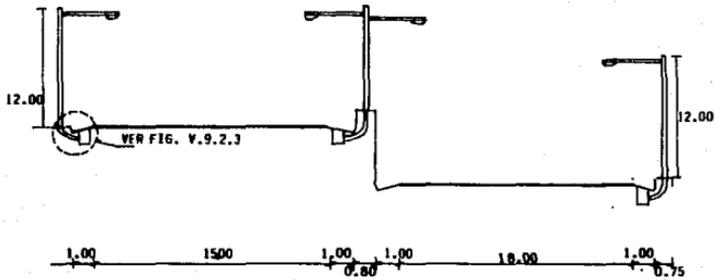
ILUMINACION

**SIMBOLOGIA**

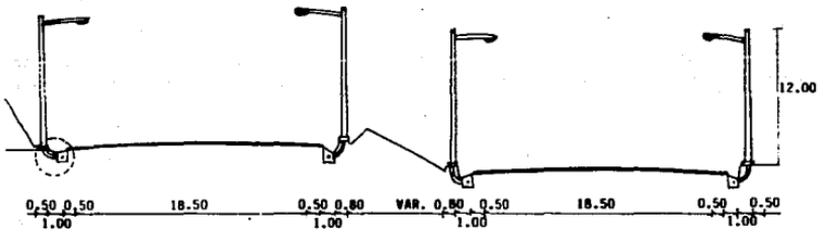
	LUMINARIO EN POSTE DE DOS BRAZOS EXISTENTE
	LUMINARIO EN POSTE DE DOS BRAZOS PROYECTADO
	LUMINARIO EN POSTE DE UN SOLO BRAZO EXISTENTE
	LUMINARIO EN POSTE DE UN SOLO BRAZO PROYECTADO
	REGISTRO DE CANDELABRO
	REGISTRO DE PASO
	TUBO DE CONCRETO DE 102mm (4"Ø)
	DOS VIAS DUCTO DE CONCRETO DE 102mm (4"Ø)
	ACOMETIDA DE CL Y FC



U. N. A. M.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CROQUIS E. 92.1



SECCION A-A'



SECCION B-B'

## **INSTALACION DE TUBERIAS**

Los ductos son de concreto de 10 cm de diámetro interior y llevan un recubrimiento asfáltico también interior de 3 mm de espesor. El junteo de estos se hace con mortero de cemento proporción 1:5, el detalle de instalación se muestran en la (figura V.9.2.12).

La pendiente normal de colocación de tuberías hacia los registros, ya sea de candelabro o de paso es del 3%.

Cuando los ductos se encuentran ubicados en camellón o banqueteta, es decir, los que alimentan a los registros de candelabro, su instalación se hace a 50 cm de profundidad y un ancho de zanja de 30 cm, con los detalles que muestran en la (figura V.9.2.13).

El relleno es del material producto de la excavación, dándole una ligera compactación manual.

La capa de concreto para llegar al nivel de piso terminado es de  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ .

En los registros de paso se utilizan dos ductos que cruzan el arroyo, se instalan para su protección a una profundidad de 110 cm, con un ancho de zanja de 50 cm. (Fig. V.9.2.14)

Estos ductos van recubiertos con concreto de  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ , llevando cada uno en su interior cables calibre No. 6 AWG, para la conducción de energía eléctrica. (Fig. V.9.2.15).

### **V.9.3.- MURO DEFLECTOR**

El muro deflector se utilizó como divisor de carril, diseñado especialmente para separar tráfico en oposición en carreteras de cuatro o más carriles, este tipo de barrera tiene costados cóncavos para evitar que se invada el carril contrario.

Este muro se colocó en los tramos donde no hay muro de contención, ya que éste hace las funciones del muro deflector al quedar a 0.90 m arriba del nivel de la rasante de la vía más alta, generalmente el muro deflector quedó en los tramos donde existía sección de balcón entre la vía oriente y poniente (ver figura V.9.3.1)

Sobre el muro deflector se colocó un parapeto que sirve como barra protectora (ver Fig. V.9.3.2)

Construcción de Muro.- Se hizo la excavación a mano hasta el nivel de desplante, procurando no alterar las condiciones del terreno ya compactado, la excavación para alojar el muro fue de 20 cm mayor a cada lado de la sección transversal del desplante del muro, y al final se le dio una compactación con equipo manual al 90% de la prueba proctor.

- Una vez habilitado el acero en el patio de maniobras de la obra, se armó en el lugar y se cimbró con moldes de cimbra metálica, que fueron colados en tramos de 10.00 m debiendo existir juntas constructivas entre estos. Al terminar el cimbrado y antes de colar se colocaron las placas de 12.5 cm x 12.5 cm de 3/4" de espesor con sus anclas amarradas al acero de refuerzo mismas que servirán para que sobre ellas se solde el parapeto metálico, el colado se hizo con concreto premezclado y se contó con dos vibradores de gasolina para su correcta colocación.

Fabricación y colocación de parapeto.- En el taller de paillería de la obra se habilitaron los tramos verticales, mismos que fueron soldados a las placas que ya se habían dejado como preparaciones a cada dos metros al colar el muro y posteriormente se soldaron los tramos horizontales, para la ejecución de estos trabajos se contó con soldadores calificados ya que se utilizó soldadura E-70, auxiliados con plantas de soldar de corriente directa para un portaelectrodo.

Finalmente la tubería se limpio con cepillo de alambre quedando libre de grasas, herrumbre y óxido y se le aplicó pintura anticorrosiva y pintura esmalte.

#### V.9.4 Protección de Taludes

##### A.- En vía poniente

Existían algunos tramos de inestabilidad potencial, debido a que no se habían respetado las pendientes indicadas en la especificación para los cortes, principalmente en los materiales tipo 3, ubicados en los cortes de mayor altura, así mismo existían una gran cantidad de fragmentos rocosos aislados y materiales en estado suelto cubriendo prácticamente la totalidad del hombro del talud en el lado poniente y la costilla central.

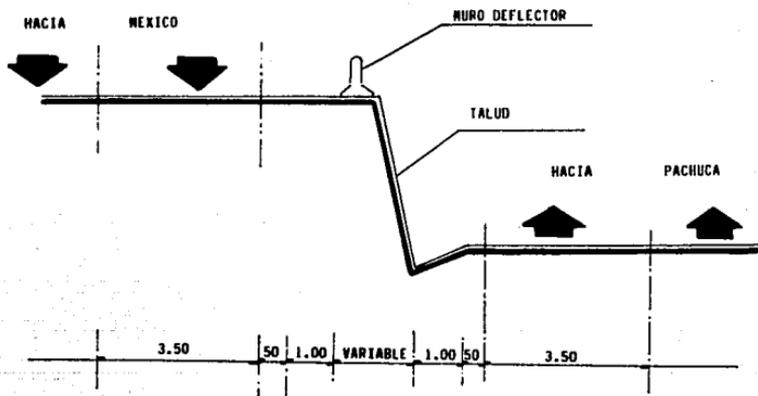


FIG. V.9.3.1 UBICACION DE MURO DEFLECTOR

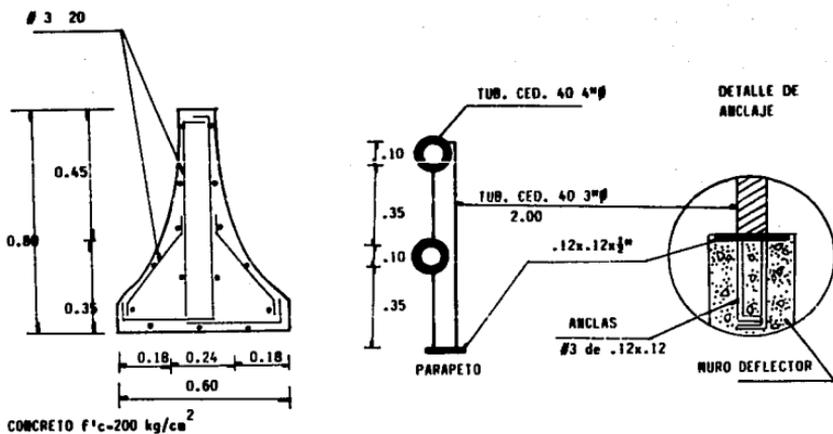


FIG. V.9.2 MURO DEFLECTOR Y PARAPETO

Los tramos que mostraron una potencial falla por deslizamiento fueron:

- 0+350 a 0+38.- Donde ya había ocurrido un desprendimiento debido al corte vertical y a la presencia de brecha.
- 0+380 al 0+480.- En la zona cercana al cadenamamiento 0+380 existe material poco cementado en la parte superior del talud el cual incrementaba su espesor hasta ocupar todo el corte hacia el cadenamamiento 0+480.
- 0+750 al 0+860.- El material poco cementado se acuña hacia el cadenamamiento 0+860.
- 1+065 al 1+300.- El material poco cementado se encuentra en la mitad superior del corte.

Con la finalidad de estabilizar las zonas potenciales de falla se siguieron los métodos correctivos consignados a continuación:

Retiro inmediato de todos los materiales sueltos y fragmentos rocosos que cubrían el hombro del talud en un ancho mínimo de 12.00 Mts. en los casos en la pendiente de la ladera del Cerro Zacatenco fue mayor a 26° hacia el corte, se construyó un bordo de protección paralelo al corte a una distancia de este igual a la altura del mismo, y se construyó con los mismos materiales que se removieron utilizando aquellos que tenían un porcentaje mayor al 25% de fragmentos rocosos. (Ver. Fig. V.9.4.1).

-Construcción de contracunetas, con capacidad suficiente para desalojar el agua que escurra del cerro a la mayor velocidad posible y que no propicie estancamiento o filtración al subsuelo. (más información en capítulo de obras de drenaje).

-Los materiales que mostraron inestabilidad por interperismo acelerado o por cualquier otro fenómeno que ponía en peligro la estabilidad de los cortes de forma parcial o total se estabilizaron teniendo el corte a una relación 2:1 (Ver. Fig. V.9.4.2)

-En un tramo de la costilla central no fue posible tender el talud de acuerdo a lo especificado, se tendería hasta donde fue posible y se descubrió con una capa de 5 cms. de concreto lanzado previa colocación de malla electro soldada 4.4-12.12 anclada al terreno como mínimo 70cms. mediante varillas del No. 4 colocadas a cada 3 Mts. en tres bordillos. (ver Fig. V.9.4.3)

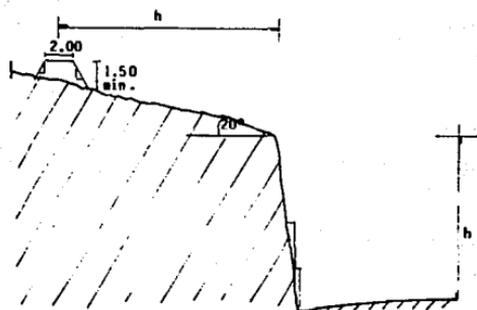


FIG. V.9.4.1 BORDE DE PROTECCION

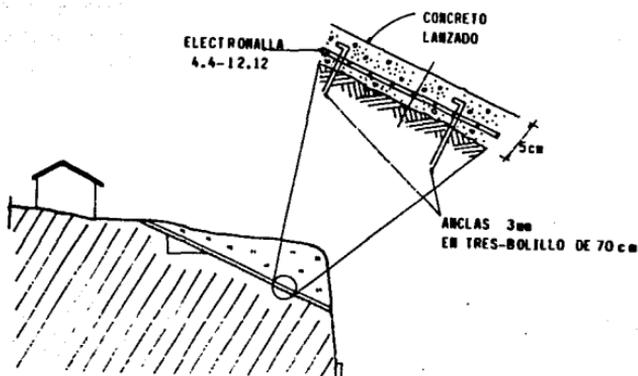


FIG. V.9.4.3 PROTECCION DE TALUDES

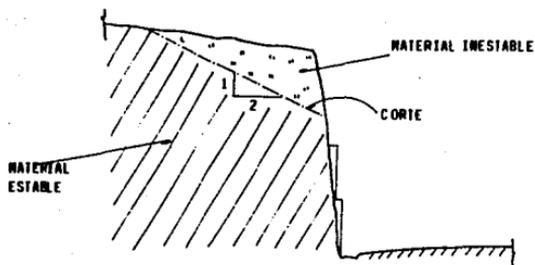


FIG. V.9.4.2 CORTE PARA ESTABILIZAR

## B.- En vía oriente

Debido a los diferentes desniveles entre la vía oriente y poniente, se formaron taludes de diferentes pendientes, ya que la distancia entre sus hombros fue también variable, por lo cual en algunos tramos no se pudieron respetar las pendientes especificadas y se dieron las siguientes soluciones para la protección de los taludes formados.

- Cuando la distancia entre los hombros de las vías era mínimo de tal forma que el talud formado tenía una pendiente casi vertical se optó por construir muro de concreto armado como contención, ya que la pendiente no cumplía con lo especificado.
- Si el talud formado no cumplía con la pendiente especificada, se protegía con concreto previa colocación de malla electro soldada, pero si el talud contaba con pendientes de acuerdo a lo especificado para cada tipo de material, se protegió con pasto cuando se tenía material tipo 1.

### 1.- Protección de talud.

Primeramente se buscó tener una superficie más o menos uniforme, utilizando la cuchilla de la motoconformadora para peinarlos y auxiliándose de pala y pico. Cuando el material era roca se auxilió de pistolas rompedoras para eliminar las salientes mayores de 20 cm. primero se cubrió el talud con malla electro soldada 4.4-12.12, luego se cimbró con tableros de triplay de 1.22 x 2.44 y se coló con concreto premezclado de 150 Kg/cm<sup>3</sup> la cimbra guardó un recubrimiento de 5 cm con respecto a las zonas más sobresalientes el colado se hizo en una o más etapas dependiendo de la altura del talud, su decimbrado se hizo 24 hrs. después del colado e inmediatamente se le aplicó una membrana impermeable para su curado. Cuando la pendiente del talud fue menor de 60 no se utilizó cimbra.

### 2.- Muro de contención

A continuación anexamos, su diseño, características y localización (figuras, V.9.4.4, V.9.4.5, V.9.4.6 y tabla V.9.4.1.).

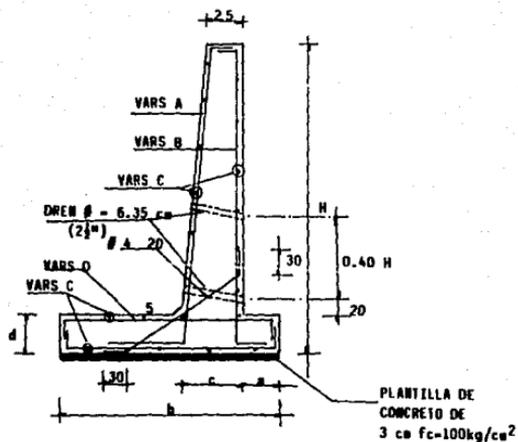


FIG. V.9.4.4 MURO DE CONTENION

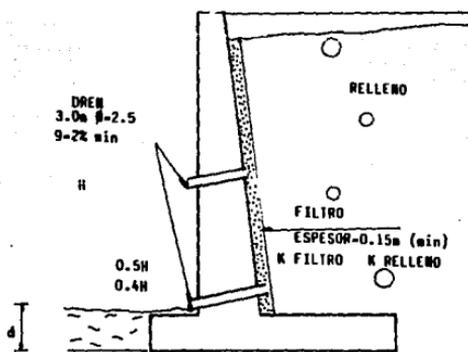


FIG. V.9.4.5 SISTEMA DE DRENAJE PARA MURO

## PAR VIAL INDIOS VERDES

### CARACTERISTICAS DEL MURO DE CONCRETO

CADENAMIENTO	H
	(cm)
0 + 460	50
0 + 480	480
0 + 500	50
0 + 510	(INICIA MURO)
0 + 520	340
0 + 540	500
0 + 560	70
0 + 570	(TERMINA MURO)
0 + 620	50
0 + 640	210
0 + 660	50
1 + 750	(INICIA MURO)
1 + 760	440
1 + 780	380
1 + 790	(TERMINA MURO)

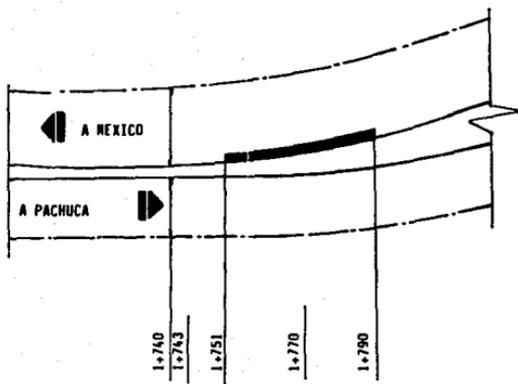
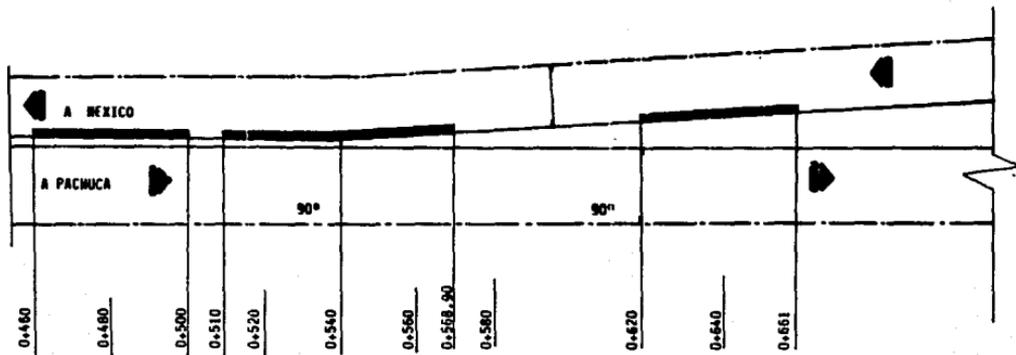
TABLA V.9.4.1

RANGO DE H (cm)		ARMADOS				d (cm)
DESDE - HASTA	VS.A	VS.B	VS.C	VS.D		
50 - 100	#4/c20	#4/c20	#4/c25	#4/c20	20	
100 - 200	#4/c20	#4/c20	#4/c25	#4/c20	30	
200 - 300	#6/c30	#4/c15	#4/c15	#6/c30	40	
300 - 400	#6/c20	#4/c15	#4/c15	#6/c25	50	
400 - 500	#6/c15	#6/c25	#6/c25	#6/c15	60	

La excavación fue hasta el nivel en que se encontró roca firme, procurando no alterar las condiciones naturales del terreno para ésto en algunos tramos se utilizó la pistola rompedora para eliminar las sobresalientes de roca mayores de 20 cms. se dejó una sobre excavación de 40 cms. a cada lado de la sección transversal de la zapata. En los tramos de material tipo 3 se dejaron los taludes verticales y en materiales tipo 2 y 1 con el doble de la pendiente especificada.

Una vez limpia y libre de partículas sueltas la superficie de desplante se colocó una plantilla de concreto pobre ( $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ ) de 5 cm de espesor, se utilizó concreto premezclado, vaciado directamente en el lugar y extendido y nivelado por una cuadrilla de colado, y sobre la plantilla se realizaron todos los trabajos inherentes al cavado de zapata.

Después de 24 hrs. de colada la plantilla se armó el acero de la zapata que previamente se habilitó en obra, se dejaron colocadas las barbas y una vez colado este elemento (zapata) se trasladó el acero y se continuó con el armado del muro.



LOCALIZACION DEL MURO DE CONTENCIÓN

FIG. V.9.4.6

Para el cimbrado de la zapata se habilitaron tableros con triplay de 19 mm de 0.60 Mts. x 2.44 Mts. ya que las alturas fueron de 0.20, 0.40 y 0.60 Mts. dependiendo de la altura del muro.

El colado de la zapata se hizo con concreto premezclado, vaciado el trompo directamente al lugar, y la cuadrilla de colado lo extendió, libró y niveló, e inmediatamente terminado el colado se curó con membrana impermeable.

La cimbra del muro se hizo con tableros de triplay de 1.22 x 2.44 Mts. de 19 mm de espesor, para dejar un buen acabado aparente se le aplicó a la cara de contacto un aditivo desmoldante, cuando los muros tuvieron alturas mayores a 2.44 Mts., se cimbraron y colocaron en dos etapas para facilitar el buen acomodo y vibrado del concreto.

Aquí también como en el muro deflector se colocaron las placas de acero que quedarían ahogadas en el concreto, al colar el muro y sobre las cuales se soldará el paradero, ya que como ya se había mencionado en los tramos donde se hizo muro de contención no se colocó muro deflector, también aquí fue muy importante la colocación de las preparaciones para los drenes del muro que quedaron entre el armado del muro y para lo cual se utilizó tubo de P.V.C. de 10 cms, colocados a cada 3.00 Mts. su tresbolillo por medio de dos líneas. ubicando: la primera (superior) a 0.60 de la altura del muro inferior, entre 10 y 20 cm sobre el nivel del piso. cuando los muros tuvieron una altura menor a 3.00 Mts. se tendió únicamente la línea inferior, para el ancho del muro se colocaron separadores metálicos con sus cuñas.

Antes de iniciar el colado del muro se dio una checada a los tubos de los drenes, que guardaran su posición adecuada, se utilizó concreto premezclado, vaciado directamente de la olla en alturas iguales o menores de 3.00 Mts. en alturas naturales se auxilió de la bomba de concreto, se colocaron tramos de 20 m máximo y se dejaron juntas constructivas entre estos, se cuida que el nivel de muro terminado coincida con el nivel del muro deflector ya que sobre los dos se soldó el parapeto. Veinticuatro horas después de colado el muro se decimbró e inmediatamente se le aplicó la membrana de curado.

Para estos trabajos se tomaron en cuenta las siguientes notas generales:

- El concreto utilizado fue de 250 Kg/cm<sup>2</sup>
- Recubrimiento máximo 10 cm
- Recubrimiento mínimo 3 cm.
- No se traslapó más de 33% de acero en la misma sección

- No se traslapó más de 33% de acero en la misma sección
- Las juntas de colado o construcción fueron de acabado rugoso y se uso adhesivo cuando se continuó el nuevo colado.

Después de curado el muro se colocó el material de filtro y el relleno. para el relleno se utilizó material limo arenoso (tepetate) se compactó con equipo manual (rodillo vibratorio) en capas de 15 cms. a un grado de compactación del 95% de la prueba proctor standard.

lrs

Para garantizar el drenaje y evitar el empuje del agua contra el muro se colocó un filtro sobre la capa interior con grava-arena de 2" de tamaño máximo y 5% de finos, el filtro se comunicó con los drenes mencionados y para evitar que se contaminara con el material de relleno se puso de 20 cms. de espesor y se colocó manualmente, siguiendo las cavas de 15 cms. del relleno.

## VI. MANTENIMIENTO

A semejanza de cualquier esfuerzo que el hombre desarrolla para conservar su salud, asimismo la conservación de las carreteras viene siendo la mejor inversión posible, ya que una conservación adecuada no sólo garantiza la inversión inicial de la construcción, sino que disminuye el costo de explotación y alarga la vida tanto de la carretera como de los vehículos que la usan.

Los pavimentos que constituyen las carreteras, con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que se manifiestan en la superficie de rodamiento disminuyendo su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo, rápido y seguro al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos.

Se denomina conservación normal al conjunto de trabajos constantes o periódicos que se ejecutan para evitar el deterioro o destrucción prematuras de una obra y que la mantienen en su calidad y valor.

Los trabajos de conservación normal en pavimentos asfálticos consisten generalmente de :

- a) Relleno de grietas
- b) Bacheo
- c) Renivelación
- d) Riego de sello
- e) Inspección y programación de obras de drenaje
- f) Limpieza de cunetas y contracunetas
- g) Limpieza de alcantarillas
- h) Deshierbe
- i) Arreglo de taludes
- j) Remoción de derrumbes
- k) Relleno de deslaves
- l) Reparación de servicios de tránsito

a) Relleno de grietas

Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales que lo componen.

En el caso de grietas, no es posible dar un valor numérico que nos indique cuando debemos corregirlas mediante labores de conservación y cuando debe procederse a efectuar una reconstrucción.

Sin embargo, como norma puede establecerse que siempre que se presenten agrietamientos en un pavimento, deberá procederse de inmediato a su relleno o corrección, para evitar que la falla progrese y puedan presentarse deterioros mayores en el pavimento.

## b) Bacheo

Es el conjunto de labores requeridas para reponer una porción de la superficie de rodamiento que ha sido destruido y removido por el tránsito. Estas porciones se dividen por su tamaño en calaveras y baches, según sea su dimensión en el primer caso éstas no deben de exceder los 15 cm, para el segundo se considera que sean mayores de 15 cm.

Cuando las calaveras lleguen a presentarse en número de una por cada diez metros de camino, o bien que se note que su número tienda a incrementarse tan rápidamente, por ejemplo, que se dupliquen en un lapso de tres meses, entonces deberá procederse de inmediato al estudio de la falla para programar la reconstrucción en el menor tiempo posible.

Esta reparación deberá efectuarse con suficiente anticipación para no permitir, en ningún caso, que llegue a ser un número de orden de una calavera por cada doce metros cuadrados de superficie.

Las calaveras deben atenderse oportunamente para impedir que se conviertan en baches y originen mayor costo de reparación y serios perjuicios al tránsito.

Cuando los baches se presentan en número uno o dos por cada veinte metros de camino, y esto suceda en tramos de cien metros o mayores, deberá iniciarse de inmediato al estudio de la falla y programar la reconstrucción, para que en ningún caso llegue a existir cinco o más baches por cada veinte metros, o bien que en superficie representen más de un metro cuadrado.

## c) Renivelación

Es el conjunto de labores requeridas para reponer la porción de la superficie de rodamiento que ha sufrido alguna deformación y/o desplazamiento en su nivel original.

Se estudiará con el auxilio del laboratorio la causa de la falla, a fin de efectuar la corrección adecuada y que garantice que la deformación no vuelva a presentarse en un lapso previsible.

Siempre que existan asentamientos y se programa alguna reconstrucción sobre la superficie de rodamiento, se deberán efectuar previamente los trabajos de renivelación necesarios, para lograr uniformidad en los espesores y en la superficie de rodamiento de las nuevas carpetas.

#### d) Riego de sello

Se considera el riego de sello como labor de conservación cuando la superficie tratada no exceda de 1000 metros lineales continuos.

Quando no se tiene el equipo adecuado para realizar este tipo de riego se puede hacer lo siguiente:

- En superficies que no excedan de sesenta metros cuadrados, cubriendo de baches, renivelaciones o tramos agrietados, el producto asfáltico y el material pétreo podrán aplicarse a mano.
- En superficies no mayores a seis mil metros cuadrados continuos, sólo podrá extenderse a mano el material pétreo
- Aun en trabajos de volúmenes pequeños, deberá usarse material pétreo que cumpla con las especificaciones, tanto por lo que se refiere a la calidad del material, como a granulometría, cuidando que no tenga polvo.

#### e) Inspección y programación de obras de drenaje

En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo, será disponer de un sistema de inspección establecido que permita una adecuada programación de los trabajos. Este sistema estará sujeto a las siguientes consideraciones:

- Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al año en todo el sistema, de manera que una de ellas, se lleve a cabo con anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminarlas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada deberá efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los desperfectos que las obras pueden haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.
- Independientemente de las anteriores deberán efectuarse inspecciones durante las lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta será la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.
- Durante la temporada de lluvias, deberá dársele atención preferentemente a las labores de limpieza, efectuándolas con la periodicidad necesaria.

- Para estas obras de drenaje, las labores de conservación no deberán limitarse o mantener en buenas condiciones las existentes, sino que debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir, mediante obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción, que la experiencia en la conservación del camino indique como necesarias.

#### f) Limpieza de cunetas y contracunetas

La limpieza consiste en la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que reduzcan las secciones de las cunetas y contracunetas impidiendo el escurrimiento libre del agua.

En ningún caso deberá permitirse que una cuneta o contracuneta tenga asolve y otro obstáculo que ocupe más de (1/3) de su profundidad.

#### g) Limpieza de alcantarillas

La limpieza consiste en la remoción de materiales ajenos, tales como tierra, piedras, hierbas, troncos u otros que obstruyeran la entrada, salida o interior de la alcantarilla, impidiendo el libre escurrimiento del agua.

En general podremos decir que la limpieza de alcantarillas deberá efectuarse por lo menos dos veces al año, una antes de la temporada de lluvias y otra durante ésta, de acuerdo con los resultados de las inspecciones, y tienen por objeto lograr que en ningún caso lleguen a tener un asolve u otro obstáculo que obstruya más del veinte por ciento del área de la sección transversal o que en altura sobrepase la tercera parte del claro vertical de la alcantarilla.

#### h) Deshierbe

En las zonas laterales del derecho de vía, deberá efectuarse periódicamente el deshierbe, ya que la existencia de arbustos y hierbas, son un inconveniente por las siguientes razones:

- Resta visibilidad al usuario del camino.
- Tapa total o parcialmente el señalamiento, reduciendo su eficiencia o anulándolo.
- Propicia el incremento de la humedad del suelo, lo cual suele ser perjudicial.

- Causa pésima impresión en el usuario, quien lo interpreta como signo de descuido en la conservación del camino.
- Propicia las invasiones al derecho de vía por los propietarios de predios colindantes.

#### i) Arreglo de taludes

Las labores de conservación en relación con los taludes son de gran importancia, ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos presentan.

Con respecto a cortes en roca, deberán removerse de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presenten peligro de caer a la corona del camino. Si el tamaño de las piedras es tal que el removerlas puedan ocasionar desperfectos en la corona del camino, habrá que protegerla, colocando sobre ella una capa de arena.

En cortes en tierra, deberá mantenerse el talud con una vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

En cuanto a terraplenes el afinamiento de los taludes deberá considerarse una labor de rutina, con objeto de obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de las mismas, evitando asentamientos, erosiones o deslaves.

#### j) Remoción de derrumbes

Las labores de remoción de derrumbes deberán ante todo tender a lograr con la mayor brevedad posible, la reanudación de la circulación. Por lo mismo, deberá atacarse primero la zona de la corona en que haya menos material, a fin de despejar, por lo menos, el ancho suficiente para permitir la circulación de un carril.

Si por la magnitud del derrumbe o el peligro que se preve pueda presentarse durante su remoción, no es posible reanudar la circulación en un lapso razonable, deberá adaptarse una desviación, cuya construcción tendrá prioridad respecto a los trabajos de remoción.

#### k) Relleno de deslaves

El deslave puede, o no, afectar la corona del camino.

Cuando un deslave afecte a la corona del camino, deberá considerarse como situación de emergencia y por lo mismo se procederá a su arreglo considerándolo preferente a las labores de conservación.

En estos casos deberán colocarse inmediatamente las señales requeridas de acuerdo con el "Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito". Si el deslave afecta media corona o más y deja un ancho de circulación de seis metros o menos, deberá regularse la circulación con bandereros.

#### l) Reparación de servicios de tránsito

La reparación de los servicios de tránsito incluye funciones continuas, tales como el pintado de la raya central, la reparación de los avisos, y el mantenimiento de las luces o servicios de iluminación de las carreteras.

### VII. CONCLUSIONES

En el trabajo presentado se trata de cubrir todos los aspectos que se ligan con la construcción de un camino, haciendo hincapié en la historia y desarrollo de estos en el centro urbano, así como en la periferia de la ciudad de México, misma que debido al incremento de asentamientos irregulares, requiere de aumento de vías rápidas para soportar el tráfico que entra y sale de la ciudad. A pesar de la dificultad de maniobras para realizar la obra, así como para regular el tránsito de los desvíos, que trajeron como consecuencia bajos rendimientos en los equipos y personal al ampliar el camino existente, se justificó la elección de esta alternativa por el alto volumen de tránsito registrado.

La construcción del camino exigió utilizar las formas más adaptables a la situación, como fue el caso del uso de explosivos en los cortes, así como del desvío del Acueducto entre otros, con las únicas limitantes de realizar los trabajos con el menor costo y máxima calidad posible, sin embargo los tiempos se modificaron debido a imprevistos técnicos y administrativos, motivo por el cual el presupuesto de origen se incrementó, además del costo que representó la aparición del Acueducto Chiconautla, cuya desviación no se tenía contemplada, la cual fue trazada con precaución por tratarse de una obra de dimensiones considerables.

Se planteó la conservación brindando mayor seguridad al usuario del camino, así como alargar la vida del mismo, es importante recalcar que el mantenimiento debe de ser constante y de calidad, ya que actualmente la red carretera sufre un alto déficit en este sentido y es causa principal del retraso que tienen los caminos de México.

Para evitar que al estar construyendo la obra se presenten imprevistos que nos obliguen a hacer en tiempos cortos modificaciones en la planeación, proyecto, procedimiento constructivo y programa, debemos hacer muy completos los estudios de localización, datos generales de la zona así como reinterferencias al proyecto, evitando incrementos altos de presupuesto y de tiempo de ejecución.

A pesar de la eficiencia del proyecto, esta es una solución parcial, ya que solamente resuelve el problema en el tramo en que se ampliaron las vías, pues hacia el lado norte hasta la caseta de cobro el problema persiste, siendo su solución más económica ya que no se requiere de grandes cortes por encontrarse en una planicie, solamente de una modificación adecuada a la urbanización ya existente que permita dar continuidad a la fluidez del par vial.

Es interesante recalcar que las soluciones que permiten integrar los caminos de México, base para el mejoramiento de la economía del país no debieran truncarse por razones políticas, ya que en nuestro caso la continuidad del par vial está pendiente por estar en vías de definición los límites entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Tomando en cuenta las perspectivas que tiene nuestro gobierno al pretender desarrollar el país de una forma competitiva al afrontar los tratados de libre comercio con otras naciones, debemos de estar preparados para la solución futura, cuando se sature la primera alternativa que ya hemos desarrollado, planeando y ejecutando a tiempo otras que resuelvan los problemas viales futuros de la zona.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Zonas Urbanas y Suburbanas 1984 (Departamento del Distrito Federal)
- 2.- Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras (No. 444) INSTITUTO DE INGENIERIA (UNAM)
- 3.- Estructuración de Vías Terrestres (FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE)
- 4.- Caminos hacia el Futuro (Rodolfo Félix Valdés, Colegio de Ingenieros Civiles)
- 5.- Revista de Ingeniería No.2 1984 (Facultad de Ingeniería)
- 6.- Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras, México 1970. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)
- 7.- Manual del Ingeniero Civil, Volumen II (Frederick S. Merritt)
- 8.- Manual del Ingeniero, Tomo III (Academia Hótle de Berlín)
- 9.- Carreteras y Transportes de México.  
Asociación Mexicana de Caminos.  
Rómulo O'Farril  
Presidente Vitalicio del Consejo Directivo  
Ing. Bernardo Quintana Arriola  
Presidente del Comité Ejecutivo  
Ing. José Rivera R.  
Vicepresidente Ejecutivo
- 10.- Manual de Drenaje de Caminos  
Por Salvador Mosqueira R.  
Ing. Encargado de Especificaciones del Departamento de Puentes.
- 11.- Secretaría de Obras Públicas  
Planeación de Carreteras en México  
INTERTRANSPORTS  
Instituto de Ingeniería, UNAM  
Noviembre 1970 México, D.F.
- 12.- Estudio de Tránsito Empresa RIOBOO S.A.
- 13.- Estudio Geotécnico de la Zona RIOBOO S.A.
- 14.- Manual de Proyecto Geométrico S.C.T.