



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN

REHABILITACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA  
"AVENIDA CENTRAL", EN LOS MUNICIPIOS DE ECATEPEC,  
NEZAHUALCOYOTL Y EL LIMITE CON LA DELEGACION GUSTAVO  
A. MADERO DEL DISTRITO FEDERAL.

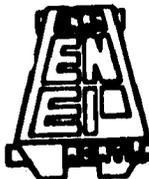
# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ALBERTO LEDESMA CISNEROS



ACATLAN, EDO. DE MEXICO

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

13  
2ij



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

Sr. LEDESMA CISNEROS ALBERTO.  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.  
P R E S E N T E :

DE ACUERDO A SU SOLICITUD PRESENTADA CON FECHA 10 DE ENERO DE 1991 ME COMPLACE NOTIFICARLE QUE ESTA JEFATURA DEL PROGRAMA TUVO A BIEN ASIGNARLE ES SIGUIENTE TEMA DE TESIS PROFESIONAL: "REHABILITACION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE "LA AVENIDA CENTRAL" EN LOS MUNICIPIOS DE ECATEPEC, NEZAHUALCOVOTL Y EL LIMITE CON LA DELEGACION GUSTAVO A. MADERO". EL CUAL SE DESARROLLARA COMO SIGUE:

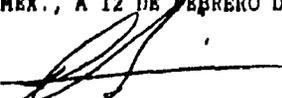
- I.- ESTADO ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.
- II.- EVALUACION DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO.
- III.- DETERMINACION DEL ESFUERZO.
- IV.- BANCOS DE MATERIAL.
- V.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

ASI MISMO FUE DESIGNADO COMO ASESOR DE TESIS EL SR. ING. ARMANDO HERNANDEZ TREJO.

PIDO A USTED TOMAR NOTA QUE EN CUMPLIMIENTO DE LO ESPECIFICADO EN LA LEY DE PROFESIONES, DEBERA PRESTAR SERVICIO SOCIAL DURANTE UN TIEMPO MINIMO DE SEIS MESES COMO REQUISITO BASICO PARA SUSTENTAR EXAMEN PROFESIONAL, ASI COMO DE LA DISPOSICION DE LA DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES EN EL SENTIDO DE QUE SE IMPRIMA EN LUGAR VISIBLE DE LOS EJEMPLARES DE LA TESIS, EL TITULO DE TRABAJO REALIZADO. ESTA COMUNICACION DEBERA IMPRIMIRSE EN EL INTERIOR DE LA TESIS.

SIN MAS POR EL MOMENTO, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
ACATLAN, EDO. DE MEX., A 12 DE FEBRERO DE 1996

  
ING. CARLOS ROSALES AGUILAR  
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



EN P. ACATLAN  
JEFE DEL  
PROGRAMA DE INGENIERIA

En este espacio aprovecho para agradecer a todos los maestros, ingenieros y familiares que ayudaron a la realización del presente trabajo, que significa la culminación de mi más grande deseo y lo dedico muy en especial:

Al Ing. Armando Hernández Trejo, por su especial paciencia y en reconocimiento de ser el la pieza fundamental en el logro de este trabajo.

A mi familia, que son la razón de todo mi esfuerzo y deseo de superación y a quienes debo de dar el ejemplo.

A mis padres porque merecen ver realizado un resultado de alguien en quien depositaron tanta fé y confianza desde pequeño.

A mi abuelo que no pudo lograr ver, en vida, mi sueño anhelado.

Al Ing. Roberto García M., digno ejemplo de superación a seguir.

Sinceramente

Alberto

**TEMA:** " REHABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA "AVENIDA CENTRAL", EN LOS MUNICIPIOS DE ECATEPEC, NEZAHUALCÓYOTL Y EL LIMITE CON LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO DEL DISTRITO FEDERAL".

**OBJETIVO:** DISEÑAR EL REFUERZO APLICABLE PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL, PARA INCREMENTAR SU VIDA ÚTIL RESEÑANDO EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y LA SOLUCIÓN AL DRENAJE PLUVIAL QUE PROTEGERÁ DEL AGUA A LA ESTRUCTURA REHABILITADA DEL PAVIMENTO.

**ALBERTO LEDESMA CISNEROS.**

**TEMARIO:**

<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>I.- ESTADO ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>I.1.- RECORRIDOS A LA VIALIDAD.....</b>	<b>8</b>
<b>I.2.- LOCALIZACIÓN DE FALLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1.- AGRIETAMIENTO TIPO PIEL DE COCODRILO.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.2.- AGRIETAMIENTOS LONGITUDINALES.....</b>	<b>12</b>
<b>I.3.- TRATAMIENTOS ANTERIORES.....</b>	<b>23</b>
<b>II.- EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>II.1.- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....</b>	<b>25</b>
<b>II.1.1.- MÉTODO DE CALIFORNIA.....</b>	<b>25</b>
<b>II.1.2.- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA VIALIDAD.....</b>	<b>31</b>
<b>II.2.- ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....</b>	<b>31</b>
<b>III.- DETERMINACIÓN DEL REFUERZO .....</b>	<b>37</b>
<b>III.1.- MÉTODO DE CALIFORNIA .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.- MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM .....</b>	<b>44</b>
<b>III.3.- SOLUCIÓN AL DRENAJE PLUVIAL .....</b>	<b>52</b>
<b>IV.- BANCOS DE MATERIAL .....</b>	<b>54</b>
<b>IV.1.- LOCALIZACIÓN DE BANCOS .....</b>	<b>55</b>
<b>IV.2.- BANCOS DE MATERIALES PARA LA REHABILITACIÓN DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>58</b>

V.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	63
V.1.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL REFUERZO DEL PAVIMENTO .....	64
V.1.1.- CALZADAS LATERALES .....	64
V.1.2.-CALZADAS CENTRALES .....	65
V.2.- DRENAJE PLUVIAL .....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
ANEXO I.- DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO .....	70
ANEXO II.- COEFICIENTES DE DAÑO .....	83
ANEXO III.- CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA .....	88
BIBLIOGRAFÍA .....	93

# ANTECEDENTES

El imperio romano ofrece quizá el primer ejemplo, de como, una red de caminos bien construida y conservada, ayuda a la conquista y sostenimiento de un dominio universal.

Ahora esa idea prevalece y determina el desarrollo económico de un país. Mientras más amplia sea la red de caminos en México, mayor será la posibilidad de incrementar nuestro desarrollo.

Pero al igual que todas las obras construidas por un ingeniero civil, las carreteras, también requieren de un constante mantenimiento para que prevalezcan en condiciones óptimas de funcionamiento, y así, también conservar positiva la pendiente del desarrollo con respecto al tiempo. Es por esto que la rehabilitación del pavimento de las carreteras también constituye un factor importante para el desarrollo económico de un país como el nuestro.

La rehabilitación y mantenimiento de un pavimento consiste en la preservación y conservación de cada una de las diferentes capas que lo integran, tan igual como sea posible a su condición original, tal como fue construido, para proporcionar un transporte satisfactorio y seguro, incrementando la vida útil de éste.

La falta de un mantenimiento constante o la incorrecta aplicación del mismo, no garantiza la inversión de la construcción o del mantenimiento de un pavimento, al contrario, da lugar muy pronto a fallas cada vez más críticas, ocasionando a su vez una mayor erogación innecesaria de capital (para el gobierno o para quien tenga a concesión un camino). Y para los usuarios, stress debido a los largos períodos de tiempo en poca distancia de recorrido, incremento de la repetición de cargas, además de afectar mecánicamente a los vehículos.

El incremento en el tiempo de recorrido causa, en muchas ocasiones, que los trabajadores no puedan llegar puntualmente a sus labores y con ello se ve disminuida la productividad en las distintas actividades económicas que desempeñen.

En zonas altamente pobladas, esta problemática suele agravarse, como es el caso de la "Avenida Central", que se encuentra en municipios con alta densidad de población, escasos de vías de comunicación de importancia, con una población en constante crecimiento y mayores necesidades de transporte.

La Avenida Central (Carlos Hank González), se encuentra al noreste del Distrito Federal e inicia en la delegación Gustavo A. Madero, atraviesa los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec de Morelos; y continúa hasta desembocar en la carretera México-Tepepan (Texcoco) y/o México-Teotihuacán (ver Fig 1.1). El tramo materia de esta tesis inicia en los límites del Distrito Federal-Estado de México (km. 0+000.000) y termina en el Boulevard de los Aztecas (km. 8+500.000).

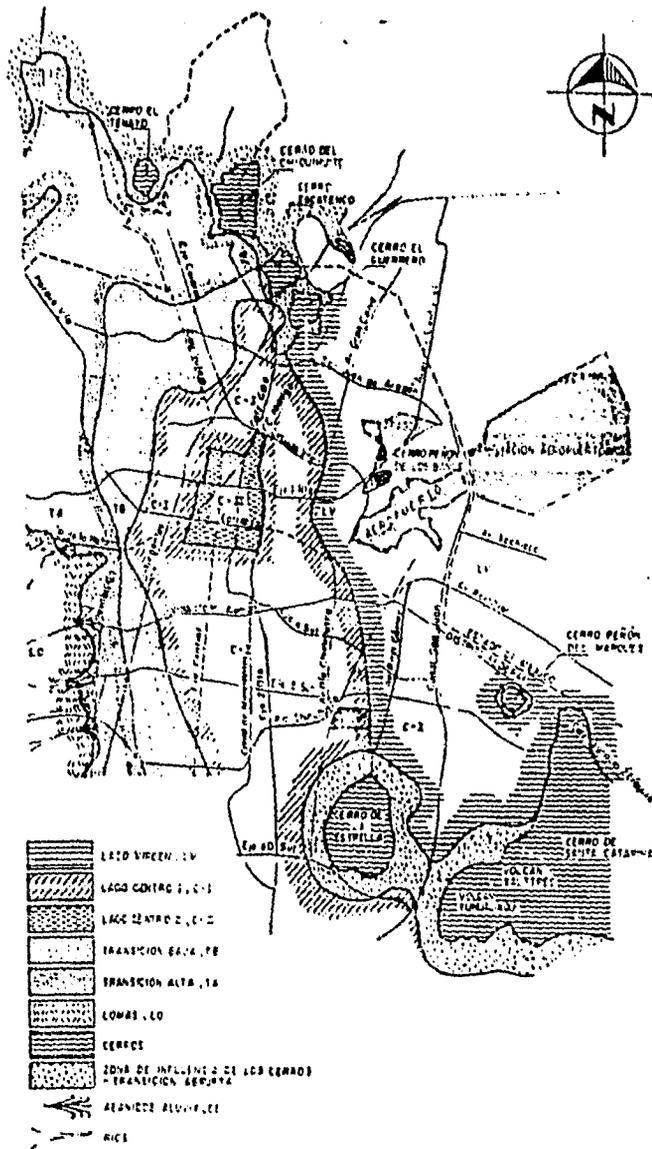
Para llegar a esta Avenida, es necesario transitar por vías que se encuentran, por lo regular, demasiado congestionadas debido al gran flujo vehicular y a la baja velocidad de circulación.

Este flujo es constituido por numerosos automóviles particulares hasta grandes camiones de carga, además de presentarse con incrementos continuos a lo largo de la avenida, viéndose más saturada kilómetro a kilómetro. Lo anterior da como resultado que el recorrido de aproximadamente 8 kilómetros y medio (tramo en estudio), se realice hasta en 18 minutos en promedio en carriles centrales y hasta de 20 minutos en los laterales. La velocidad del flujo promedio es de 30 kilómetros por hora, debido a las malas condiciones del pavimento (baches, desniveles, oquedades e imperfecciones de la superficie de rodamiento como el acodrilamiento de la carpeta asfáltica), condiciones que empeoran en las horas "pico" o de mayor demanda.

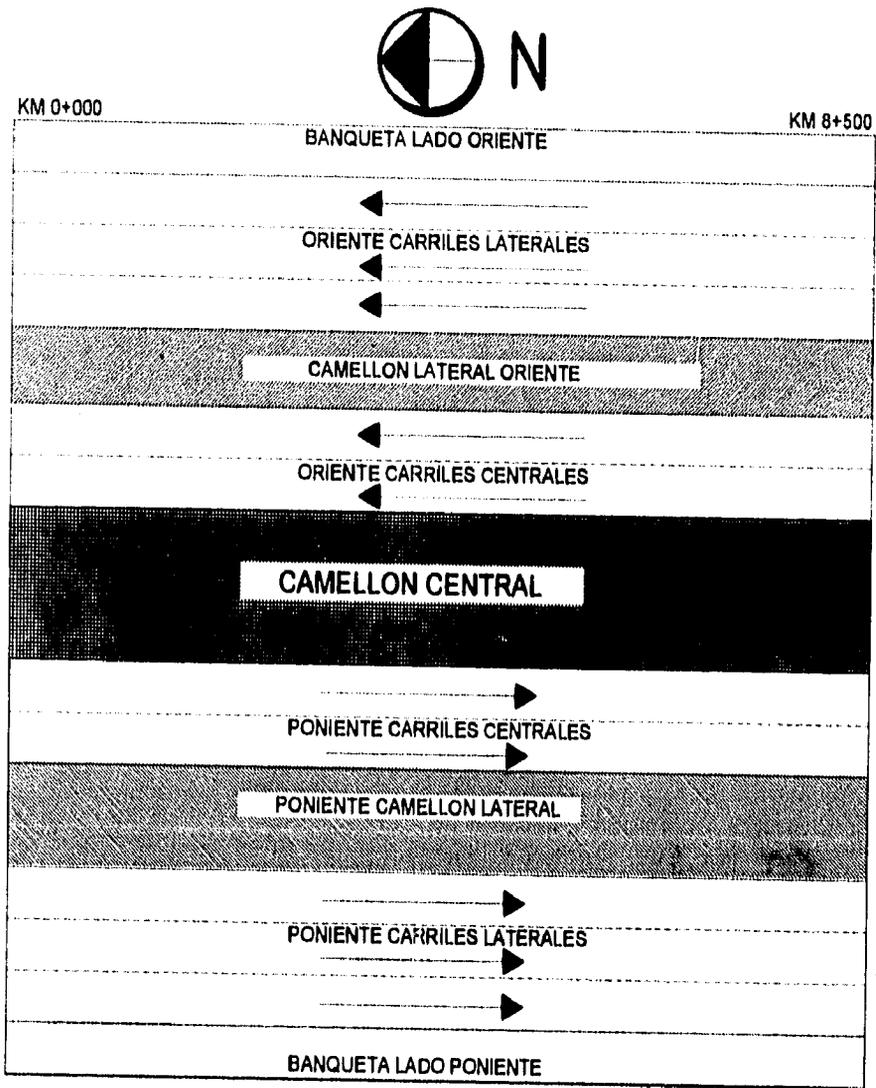
Esta vialidad cuenta con cuatro calzadas; dos en sentido de oriente a poniente y dos del sentido contrario (dos calzadas por sentido), denominadas de la siguiente manera: "Calzada Lateral Oriente, Calzada Lateral Poniente, Calzada Central Oriente y Calzada Central Poniente". Las cuales están divididas por un camellón central y dos laterales (figs. 1.2.1 y 1.2.2), en el primero se tiene el proyecto de la construcción de una nueva línea de transporte colectivo metropolitano.

Por todo esto la Avenida Central cobra gran importancia para poder efectuar un transporte eficiente, siendo necesario tener en buenas condiciones su estructura de pavimento, detectando sus deficiencias tanto en la superficie del pavimento como las del drenaje pluvial.

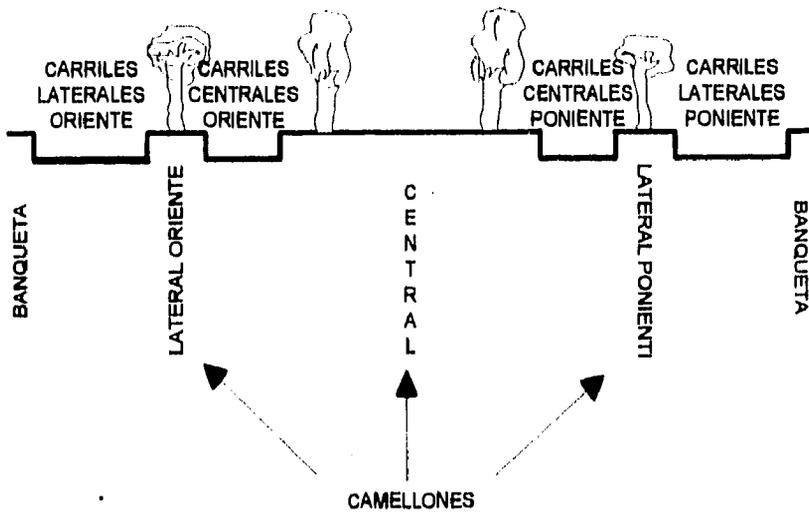
Así es necesario evaluar no sólo sus condiciones superficiales sino también las de su estructura, con el fin de implementar mecanismos que den seguridad y rentabilidad a los usuarios de esta vía, que es y cobra día con día un papel cada vez más importante en el desarrollo económico, político y social de esta zona del Distrito Federal y Estado de México.



UBICACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO  
FIGURA 1.1



**PLANTA GENERAL**  
**FIGURA 1.2.1**



SECCION TIPO AVENIDA CENTRAL  
 CARLOS HANK GONZALEZ  
 FIGURA 1.2.2

# **CAPITULO I**

**"ESTADO ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO"**

### *1.1.- RECORRIDOS A LA VIALIDAD.*

Siendo esta la única alternativa vial entre los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl, con la zona noreste del Distrito Federal, la demanda de usuarios es creciente y el desplazamiento por la vía se torna más difícil conforme transcurre el día.

En temporada de lluvias la Avenida Central se convierte en una vía aún más conflictiva debido a las grandes acumulaciones de agua pluvial, almacenada sobre la superficie de rodamiento debido a que no existe un drenaje eficiente, en las orillas de la vía, es decir, en los paramentos de guarnición, se observa una gran cantidad de material acarreado por las lluvias y a su vez un gran número de coladeras completamente azolvadas por basura y material acarreado; esto evita que haya una salida o evacuación del agua. Este acumulamiento de agua, además de entorpecer el tráfico, haciéndolo más pesado, hace el recorrido más tedioso e incrementando el tiempo total de recorrido en la vía notablemente; provocando que el agua tienda a buscar una salida que encuentra infiltrándose al través de las grietas observadas en la carpeta asfáltica llegando de esta manera a la estructura del pavimento reduciendo así, la capacidad de carga y el Valor Relativo de Soporte (V. R. S.), de cada una de las capas del pavimento e incrementando el contenido de humedad; sobre todo en las capas más cercanas a la superficie. Causa que origina que el pavimento se encuentre en situaciones aún más críticas que las que se debieron haber tomado en consideración en el diseño original, principalmente en las capas de mayor importancia como son la base y la sub-base, ya que son éstas, las capas próximas a la superficie.

Numerosas son las colonias, talleres automotrices, y comercios existentes, pero más aún son los diferentes comercios, fraccionamientos y grandes centros comerciales que se están construyendo (fotografías 1 y 2), que incrementaran tanto la densidad de población como la importancia de esta zona agravando cada vez más el problema de transporte sobre la vía.

Por lo observado, se advierte no sólo la necesidad de rehabilitar exclusivamente la carpeta, sino que también, será necesario dar una solución al problema de las precipitaciones pluviales, y en caso de ser necesario, hacer llegar dicha rehabilitación a las capas del pavimento que lo requieran, luego de comprobar si las existentes son o no de calidad aceptable.



FOTOGRAFÍA 1.- CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ASENTAMIENTOS, QUE INCREMENTARÁN LA DEMANDA DE USUARIOS EN LA AVENIDA CENTRAL.



FOTOGRAFÍA 2.- CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS ASENTAMIENTOS, QUE INCREMENTARÁN LA DEMANDA DE USUARIOS EN LA AVENIDA CENTRAL.

## *1.2.- LOCALIZACIÓN DE FALLAS.*

Para que la rehabilitación de un pavimento resulte menos costosa y más eficiente se requiere realizar una amplia revisión preliminar de el estado físico de la superficie de rodamiento, así como de su estructura, para determinar su funcionalidad y la necesidad de rehabilitar la vía, tomando en cuenta los esfuerzos a los que se sujetará en su vida útil a fin de hacer una aplicación de recursos más racional, elemento indispensable sobre todo en épocas de crisis económicas como en la que se vive actualmente, los lineamientos de referencia vendrán a ser un auxiliar importante en la toma de decisiones y en la fijación de prioridades de obra.

La evaluación de un pavimento no sólo debe realizarse en tramos carreteros o calles con pavimentos en mal estado sino que resulta de una gran utilidad realizar esta evaluación en tramos de en condiciones aceptables con la finalidad de determinar cuando resultará conveniente realizar trabajos de conservación rutinarios en previsión de daños mayores, lográndose una mejor aplicación de los recursos disponibles y en el momento en que resulte técnica y económicamente más factible.

En este capítulo se describe la superficie del pavimento tal y como se encontró, habiendo hecho varios recorridos a la avenida, y determinado, los tramos con imperfecciones, tales como:

### **1. 2. 1.- Agrietamiento tipo "piel de cocodrilo".**

Este fenómeno se observa en toda la superficie del pavimento o en una parte del mismo y da el aspecto visual de una piel de cocodrilo (fotografía 3 y 4). Indica que una o más de las capas del pavimento ha sufrido movimientos excesivos.

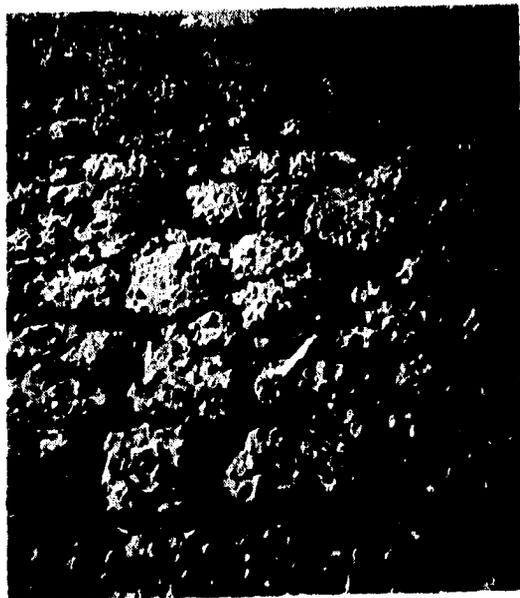
Es común en pavimentos flexibles construidos en terracerías resilientes o que tienen una subrasante con resiliencia o, pavimentos con bases débiles o mal compactadas.

En algunos casos este fenómeno puede ir en aumento y provocar desprendimientos de la carpeta y una rápida remoción de agregados granulares expuestos, esto da referencia de que el pavimento sufre de deficiencias estructurales de la base.

Es importante distinguir si se trata de un fenómeno debido al tiempo que ha estado funcionando el pavimento o, si este proceso sufre de un aceleramiento por una deficiencia estructural o al exceso de agua.



FOTOGRAFÍA 3.- PRESENCIA TÍPICA DEL AGRIETAMIENTO TIPO PIEL DE COCODRILO EN LA AVENIDA CENTRAL.



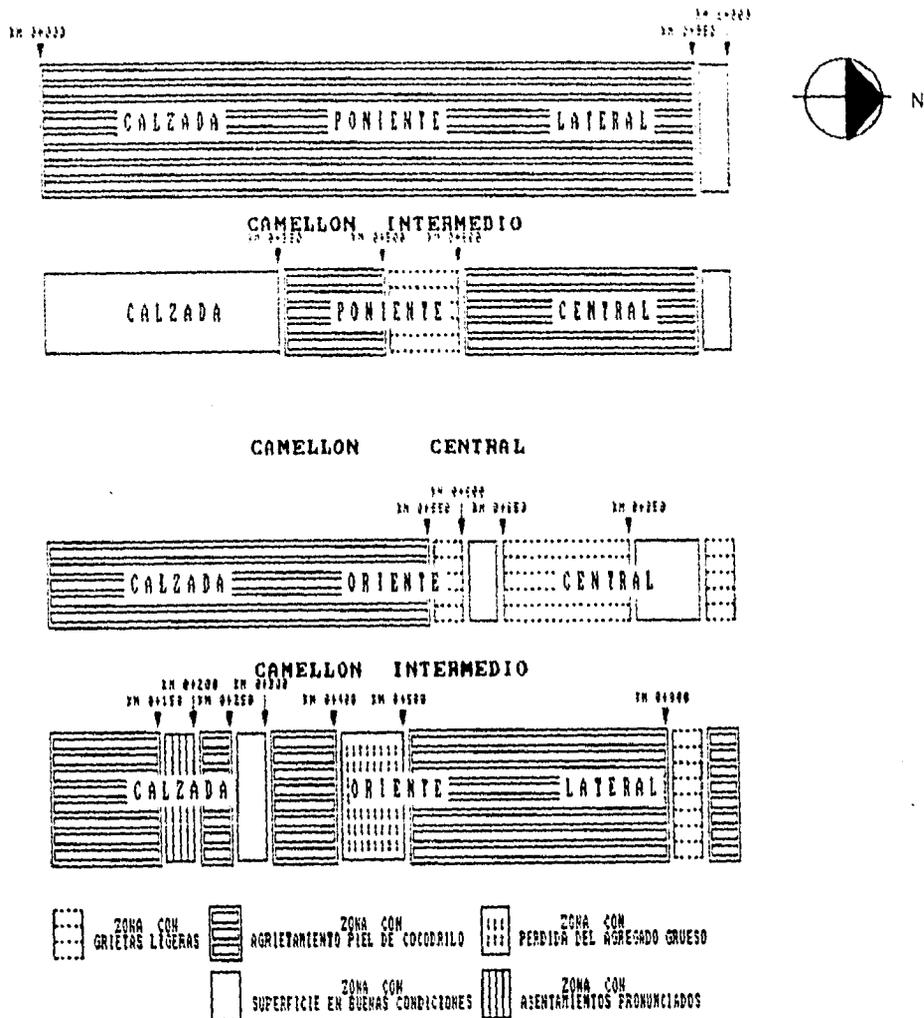
FOTOGRAFÍA 4- ADEMÁS DE OBSERVAR UNA PRÁCTICAMENTE GENERALIZADA FALLA TIPO PIEL DE COCODRILO SE OBSERVA TAMBIÉN PÉRDIDA DEL AGREGADO EN LA CARPETA ASFÁLTICA.

### 1. 2. 2. - Agrietamientos longitudinales.

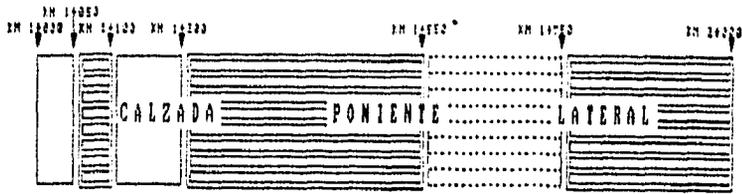
Provocadas por variaciones en el contenido de humedad en los materiales que forman el pavimento, sobre todo en la subrasante o a los movimientos en dirección horizontal, ya sea en la base, sub-base o subrasante.

Son grietas que aparecen por donde pasan las ruedas de los vehículos a todo lo largo y que tienen una abertura del orden de medio centímetro. Por lo que nos sugiere que en los tramos en los que en la superficie del pavimento se presenta en buenas condiciones, se requiera de una revisión de las capas de su estructura a fin de detectar las posibles fallas ocultas.

Con el propósito de ilustrar lo anterior y mostrar más a detalle lo antes expuesto, a continuación se presenta el croquis de la Avenida con el levantamiento físico realizado (Figuras 2.1 a 2.9) y los porcentajes de daño en toda la avenida (Figura 2.10).



LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 0+000 AL 1+000  
 FIGURA 2.1



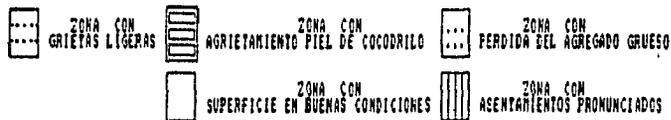
**CAMELLON INTERMEDIO**



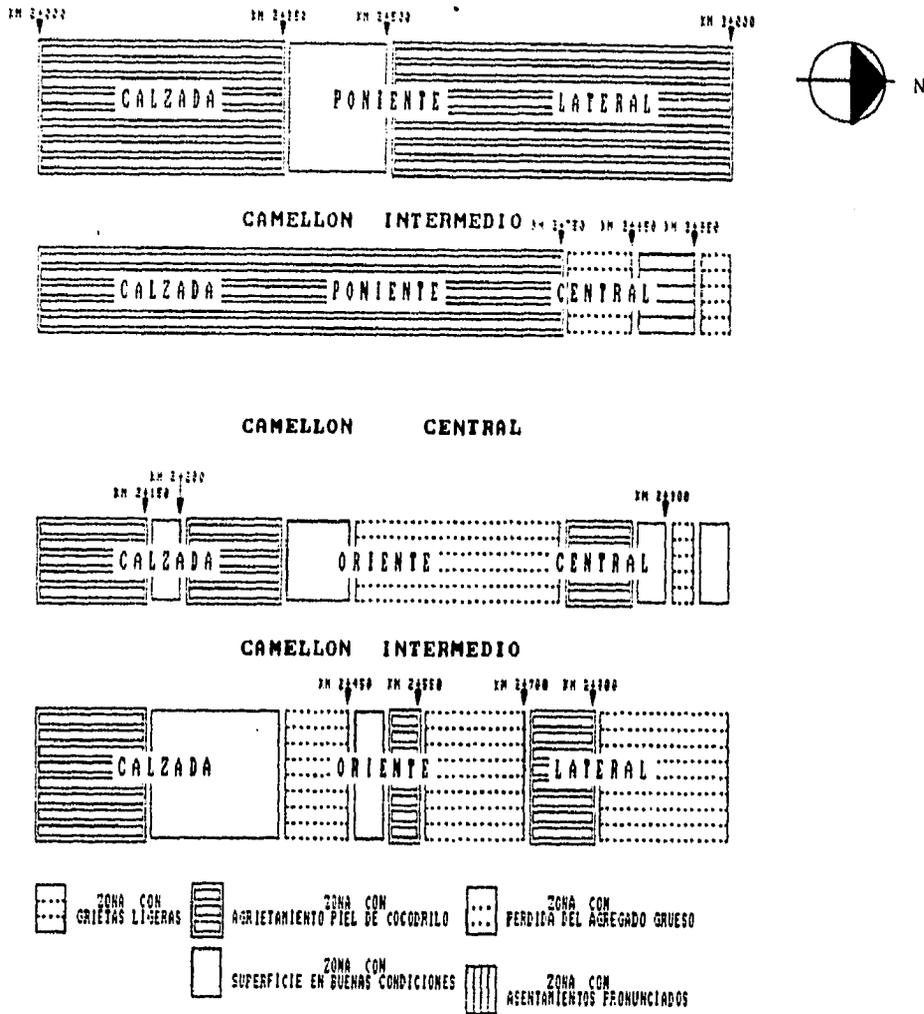
**CAMELLON CENTRAL**



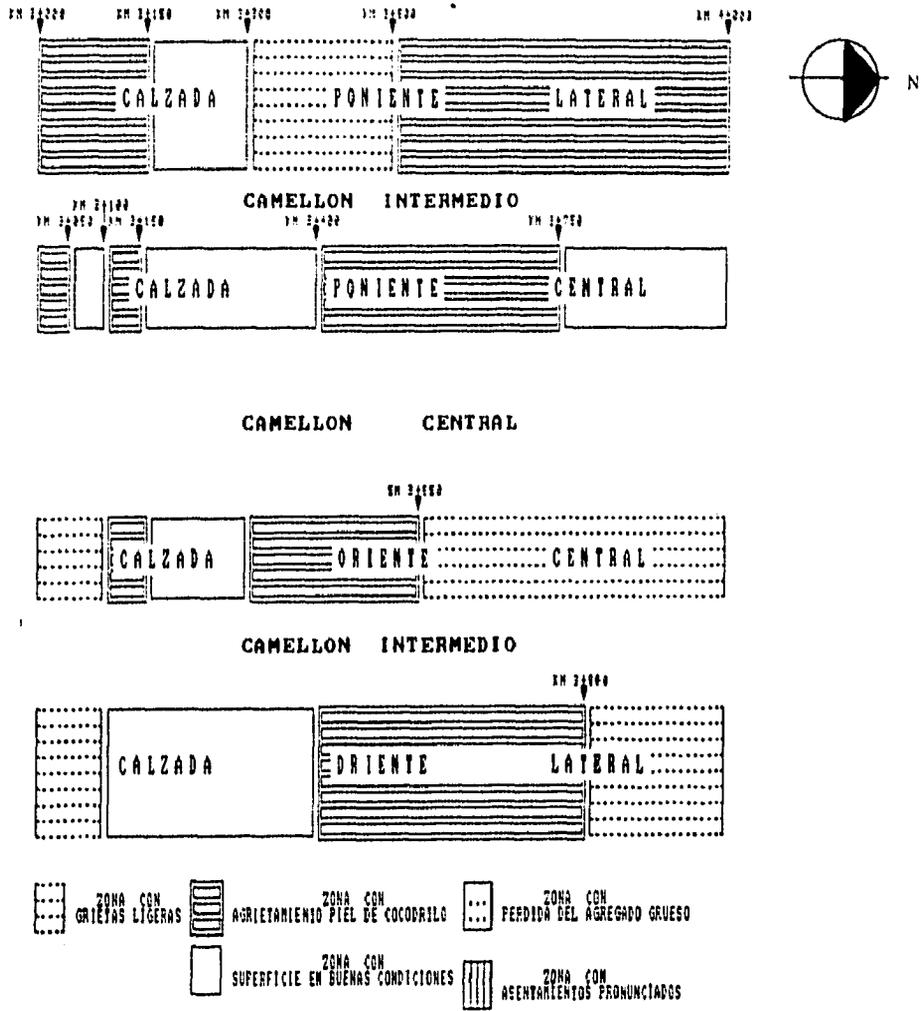
**CAMELLON INTERMEDIO**



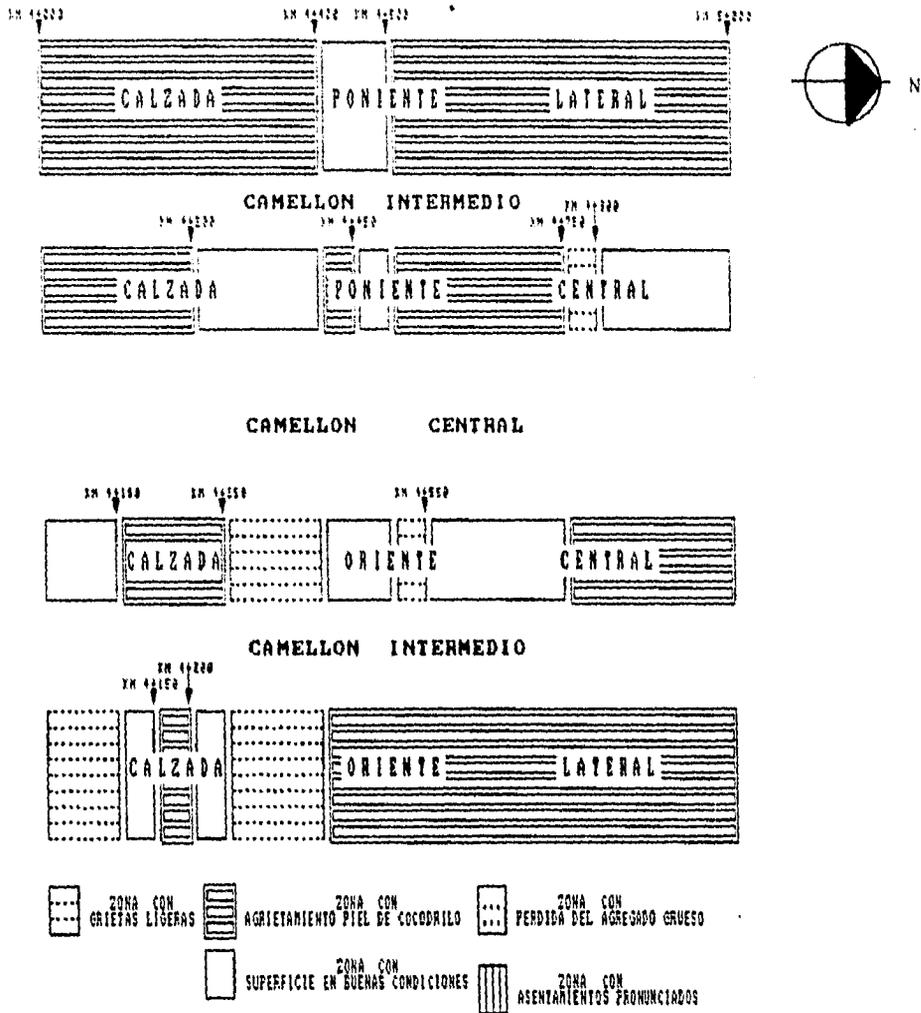
**LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 1+000 AL 2+000  
FIGURA 2.2**



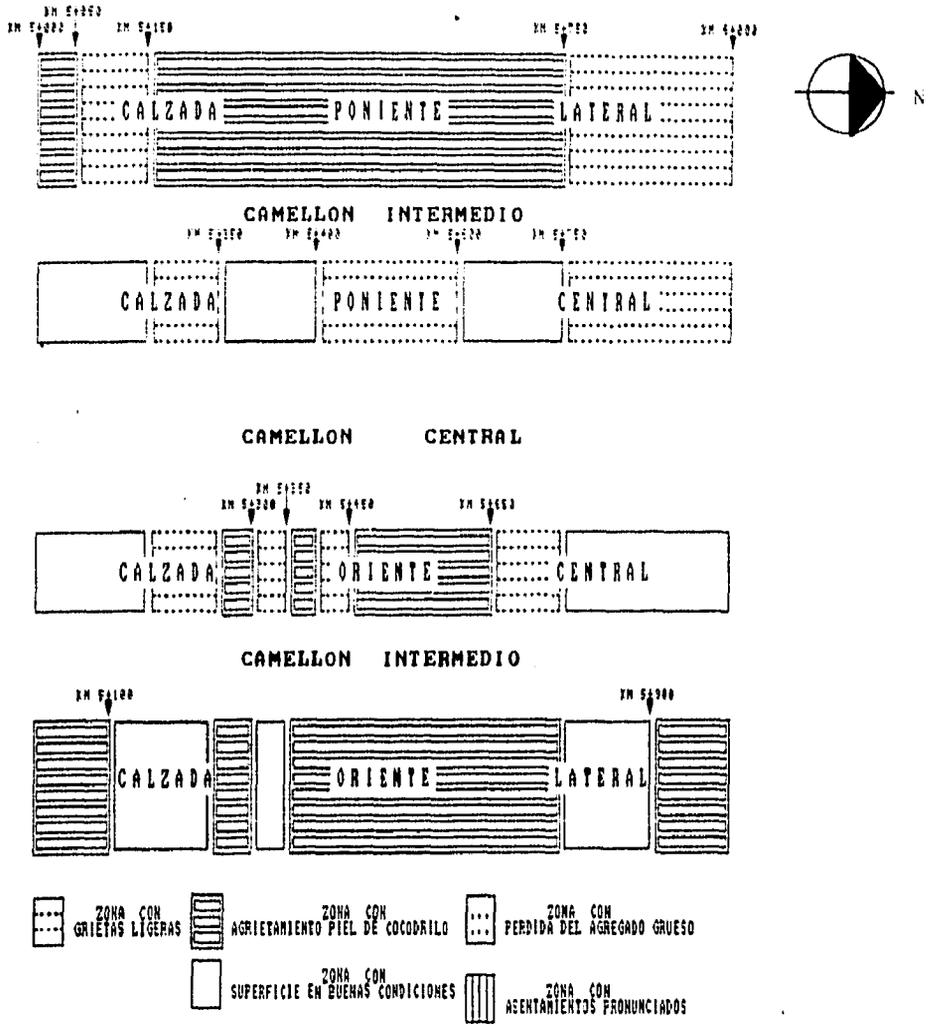
LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 2+000 AL 3+000  
 FIGURA 2.3



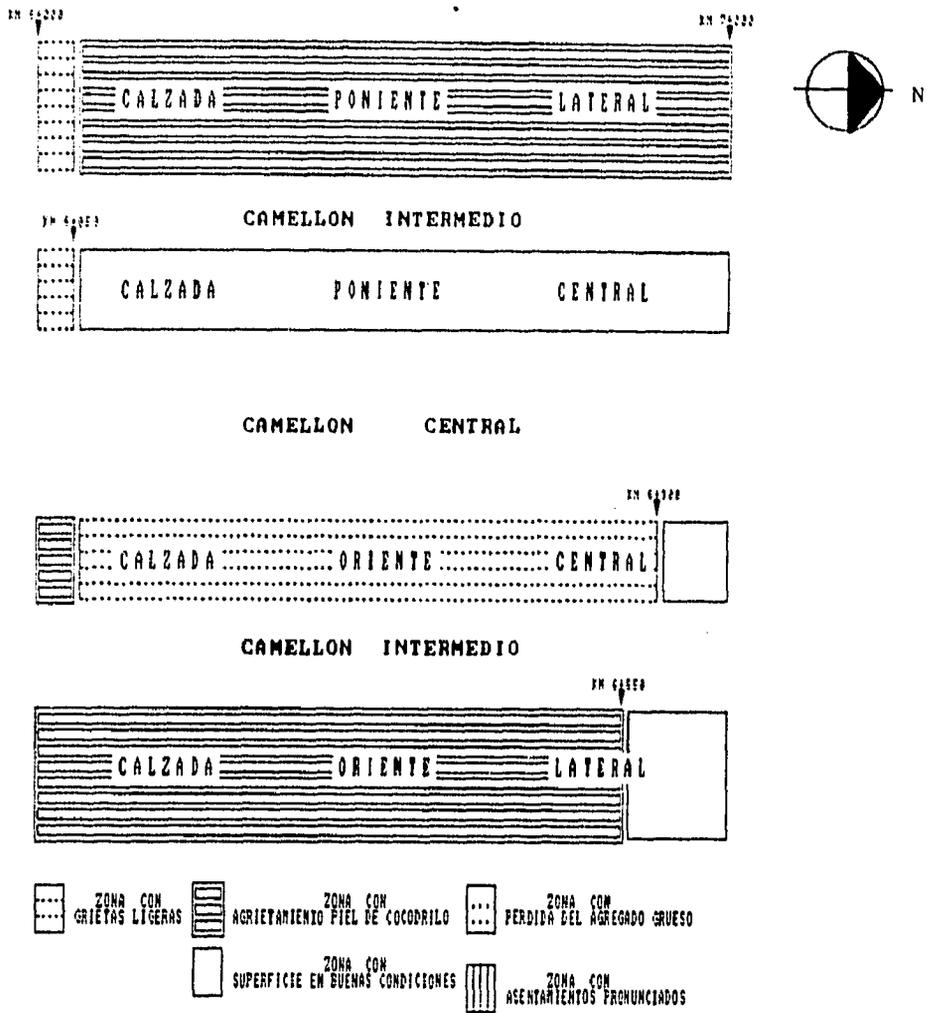
LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 3+000 AL 4+000  
 FIGURA 2.4



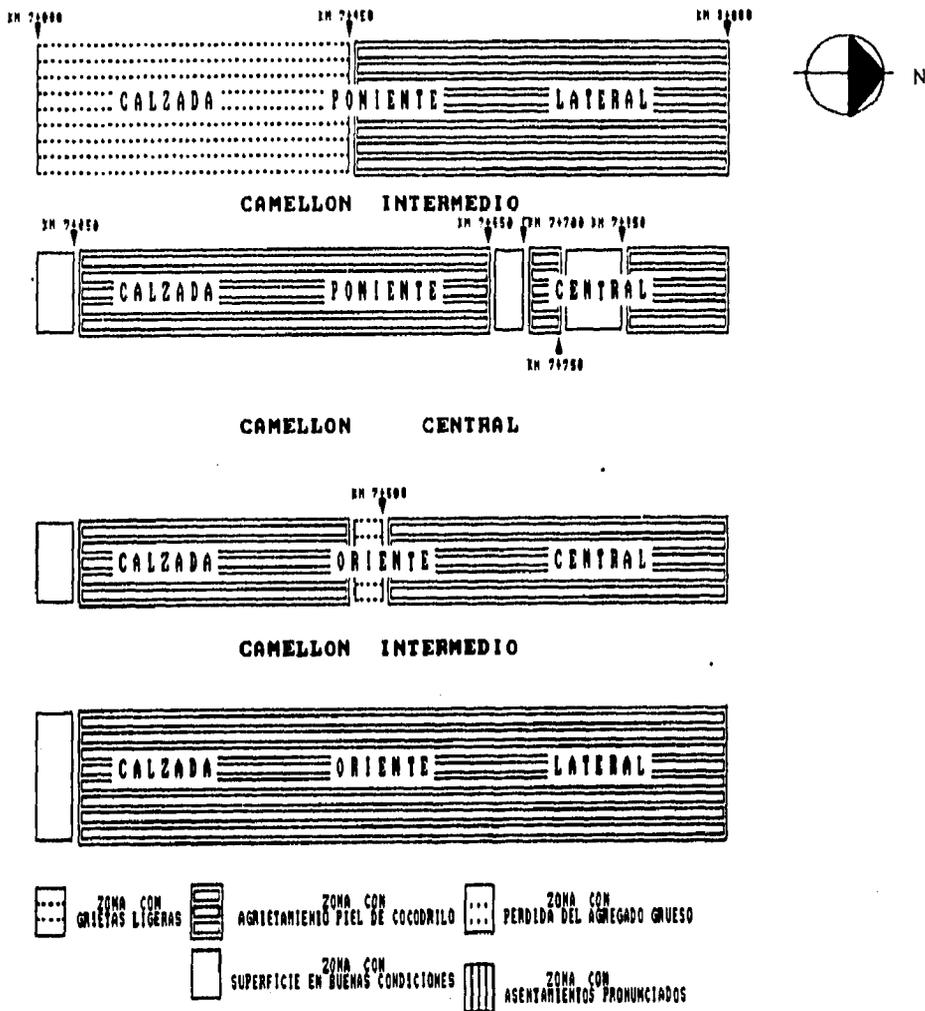
LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 4+000 AL 5+000  
 FIGURA 2.5



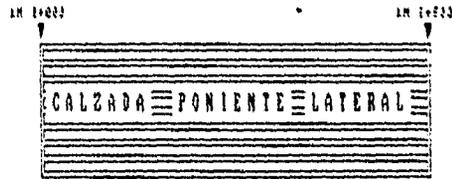
LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 5+000 AL 6+000  
 FIGURA 2.6



LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 6+000 AL 7+000  
 FIGURA 2.7



LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 7+000 AL 8+000  
 FIGURA 2.8



**CAMELLON INTERMEDIO**



**CAMELLON CENTRAL**



**CAMELLON INTERMEDIO**



-  ZONA CON GRÍTERAS LIGERAS
-  AGRIERTAMIENTO PIEL DE COCODRILO
-  ZONA CON PERDIDA DEL AGREGADO GRUESO
-  ZONA CON SUPERFICIE EN BUENAS CONDICIONES
-  ZONA CON AGERTAMIENTOS PRONUNCIADOS

**LEVANTAMIENTO FISICO DEL KM 8+000 AL 8+500**  
**FIGURA 2.9**

CADENAMIENTO DEL	AL	GRIETAS LIGERAS	PIEL DE COCODRILO	PERDIDA DE AGUDO GRUESO	BUENAS CONDICIONES	ASENTAMIENTOS PRONUNCIADOS
0+000	1+000	0.73%	8.69%	0.29%	1.90%	0.15%
1+000	2+000	1.47%	6.47%	0.00%	3.83%	0.00%
2+000	3+000	2.79%	1.59%	0.00%	7.39%	0.00%
3+000	4+000	2.79%	7.39%	0.00%	1.59%	0.00%
4+000	5+000	1.47%	7.21%	0.00%	3.09%	0.00%
5+000	6+000	3.53%	4.71%	0.00%	3.53%	0.00%
6+000	7+000	2.65%	5.59%	0.00%	3.53%	0.00%
7+000	8+000	1.47%	9.41%	0.00%	0.88%	0.00%
8+000	8+500	0.58%	3.53%	0.00%	1.75%	0.00%
SUMA		17.48%	54.59%	0.29%	27.49%	0.15%
ACUMULADO		17.48%	72.07%	72.36%	99.85%	100.00%

**PORCENTAJE DE DAÑOS EN LA AVENIDA  
FIGURA 2.10**

### *1.3.- TRATAMIENTOS ANTERIORES.*

El tratamiento que ha recibido el pavimento de la Avenida Central ha sido el denominado "bachéo" que consiste en abrir caja para compactar la superficie descubierta aplicando un riego de asfalto en frío, antes de la colocación de la mezcla asfáltica.

La solución que hasta ahora se le ha dado además de ser un tratamiento preventivo y no correctivo ha dado como consecuencia el incremento de las fallas, ya que tras la aplicación constante de este método se pierde la regularidad en la superficie. Antes de concluir el "bachéo" la vialidad retoma sus características anteriores, volviéndose un gasto innecesario que requiere de trabajos constantes.

Es por esto que el mantenimiento debe ser más efectivo, el cuál debe surgir de un estudio más profundo de causas y efectos de las imperfecciones localizadas en la superficie o, de ser necesario, en la estructura del pavimento.

# **CAPITULO II**

**"EVALUACION DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL PAVIMENTO"**

## II.1.- ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los Ensayos no Destructivos (END) se basan en la respuesta (deflexiones) de la estructura del pavimento por la acción de una carga, complementado con algunas sondeos para el estudio de sus componentes.

Estos últimos tienen mayor aplicación por las siguientes ventajas:

Se puede estudiar la estructura de un pavimento "in-situ", anulando el error obtenido en los ensayos destructivos por perturbación y, los ensayos requeridos tienen que hacerse por medio de personal experimentado y calificado.

### II.1.1.- Método de California

Este método evalúa pavimentos flexibles ya construídos, y mediante una buena estadística indica prioridades para su refuerzo. Las mediciones se hacen con una brigada de 3 personas capacitadas.

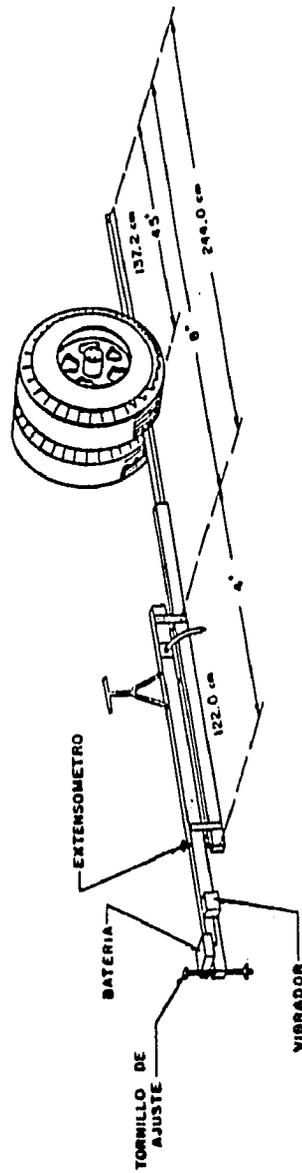
Se emplean aparatos que miden deflexiones en carpetas asfálticas. El método consiste en medir la deflexión total del pavimento, causada por una carga de 8.2 ton (18,078 lb) con un eje sencillo (9,038 lb de un eje dual). Las deflexiones se comparan con límites permisibles determinados para una sección estructural similar y el tránsito equivalente de 2.27 ton (5,000 lb). El espesor de refuerzo necesario se expresa como "Grava Equivalente" y el requerido es reducido con factores de equivalencia.

#### A.- Equipo

Se inserta un brazo de palanca de 2.44m (8 ft) long. entre las ruedas del camión (11 x 22.5, 12 ply y presión de 70 lb/in<sup>2</sup>), cargando 8.2 ton (18,078 lb) de carga de eje sencillo, las deflexiones se miden con un extensómetro con 0.001" de aproximación. La representatividad de las muestras obtenidas.

Da lugar a un elevado número de ensayos sin dañar el pavimento.

El método empleado en la vialidad fue el de el Método de California, el cual tiene el inconveniente de que para que sus resultados sean completamente representativos la limitante es que da el valor de deflexión total a baja velocidad (ver fig. 3.1 ).



POSICIÓN DE ENSAYE PARA DETERMINAR  
 DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN  
 FIGURA 3.1

## B.- Procedimiento preliminar

### I.- Recopilación de datos.

a.- Determinación de la estructura actual, viendo el proyecto o con otras fuentes, resolviendo todas sus variaciones.

b.- Determinar el índice de tránsito.

El tránsito se expresa en términos del número de ruedas sencillas equivalentes a 5,000 lb (EWL), que se espera circulen por el carril de diseño, durante el período de vida de la obra, en años. El cálculo empieza con la multiplicación de las constantes listadas en la tabla 3.1 por el tránsito diario promedio anual para cada tipo de vehículo (TDPA), en un solo sentido.

El resultado de este producto se multiplica por un factor, el cual se calcula para cada tipo de vehículo, tomando en cuenta el incremento que pueda tener a lo largo del período de diseño. A este factor se le denomina factor del futuro.

Con estos productos, se determina el EWL promedio anual, en una dirección. Sumando dichos productos, se obtiene el EWL total, el cual a su vez se multiplica por el número de años del período de diseño, para tener como resultado el EWL de diseño.

TABLA 3.1	
CONSTANTES PARA EJECUTAR EL EWL.	
NÚMERO DE EJES	CONSTANTES
2	280
3	930
4	1,320
5	3,190
6	1,950

c.- Determinar las condiciones de drenaje de la cimentación o causas fuera de lo común que pudieran tener efecto en el comportamiento del pavimento, durante su construcción, estudiando la bitácora de obra.

**2.- Trabajo preliminar de campo**

a.- Registrar naturaleza, extensión y límites de los niveles de destrucción y cualquier restricción vertical existente.

b.- Seleccionar secciones representativas para cualquier cambio en las condiciones del pavimento. Referenciarlas con algún punto conocido. Se descartan tanto curvas horizontales como verticales.

c.- Obtener fotografías de cada sección de prueba (mayor deterioro del pavimento).

### C.- Métodos de recopilación de datos.

- a.- Método WASHO obtención de deflexiones menores de 0.050".
  - a.1.- Se estaciona el camión en el origen de la sección de prueba.
  - a.2.- Se coloca la viga a 1.37 m adelante de las ruedas traseras.
  - a.3.- Se activa el vibrador y ajusta el extensómetro.
  - a.4.- Se mueve el camión hacia adelante 7.62 m a una velocidad mínima y se anota la lectura máxima ( $D_i$ ).
  - a.5.- Al estabilizarse la aguja del marcador se anota la lectura final ( $D_f$ ).
  - a.6.- La deflexión será  $d = 2 D_i - D_f$
  - a.7.- Se repite este proceso cada 7.62 m. alternándose el lado de las llantas (izquierda o derecha).
  - a.8.- Se recorta el promedio de las deflexiones y se calcula el 80 percentil, o sea el 20% de las mediciones son mayores que el calculado y el 80% son más bajas.

Esto para cada línea y/o carril.

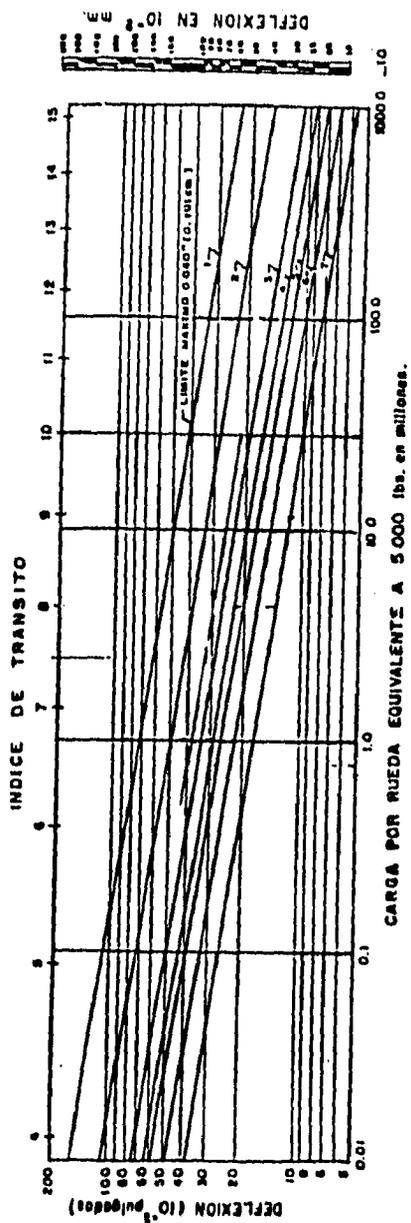
### D.- Análisis de los datos y selección de sobrecarpeta.

#### Reparación o tratamiento de mantenimiento.

1.- Comparar el 80 percentil con el nivel de deflexión permisible (según figura 3.2) para el espesor actual y el tránsito de diseño. El límite máximo de deflexión permisible es de 0.004".

a.- Si el 80 percentil es menor que la deflexión permisible, no se requiere sobrecarpeta, siendo suficiente con un riego o una capa delgada de concreto asfáltico.

b.- Si es mayor:



TIPUS DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO	ESPESOR cm.	DETS
1.-TRACEMETO SUPERFICIAL	1.8	0.04
2.-CONCRETO ASPALTICO	3	0.10
3.-CONCRETO ASPALTICO	5	0.20
4.-CONCRETO ASPALTICO	7.5	0.30
5.-CONCRETO ASPALTICO	9	0.30
6.-CONCRETO ASPALTICO	10	0.40
7.-CONCRETO ASPALTICO	16	0.50
7.-BASE TRATADA CON CEMENTO	15	0.50

VARIACION DE LAS DEFLEXIONES TOLERABLES  
 (CRITERIO DEL DEPTO. DE CARRETERAS DE CALIFORNIA)  
 FIGURA 3.2

b.1.- Con la deflexión permisible y el 80 percentil, se determina el porcentaje de reducción de la deflexión con la fórmula siguiente, de PRD (Porcentaje de Deflexión Reducido):

$$\text{PRD} = \frac{80 \text{ percentil} - \text{deflexión permisible}}{80 \text{ percentil}} \times 100$$

PRD= Porcentaje de reducción de la deflexión.

b.2.- Con la gráfica de la figura 3.3, el PRD se encuentra el G.E. (espesor necesario de grava equivalente), usando los factores de conversión de esta gráfica.

#### II.1.2.- Ensayos no destructivos en la vialidad.

Para llevar a cabo los END se definieron secciones de ensayo en las diferentes calzadas de las zonas Poniente y Oriente de la Avenida basándose en las siguientes consideraciones:

- Representatividad de la condición de la sección de ensayo.
- Longitud del tramo de la calzada sujeta a evaluación.
- Carril con mayores aplicaciones de carga.
- Así como el estudio de diferencias en el comportamiento de estructuras.

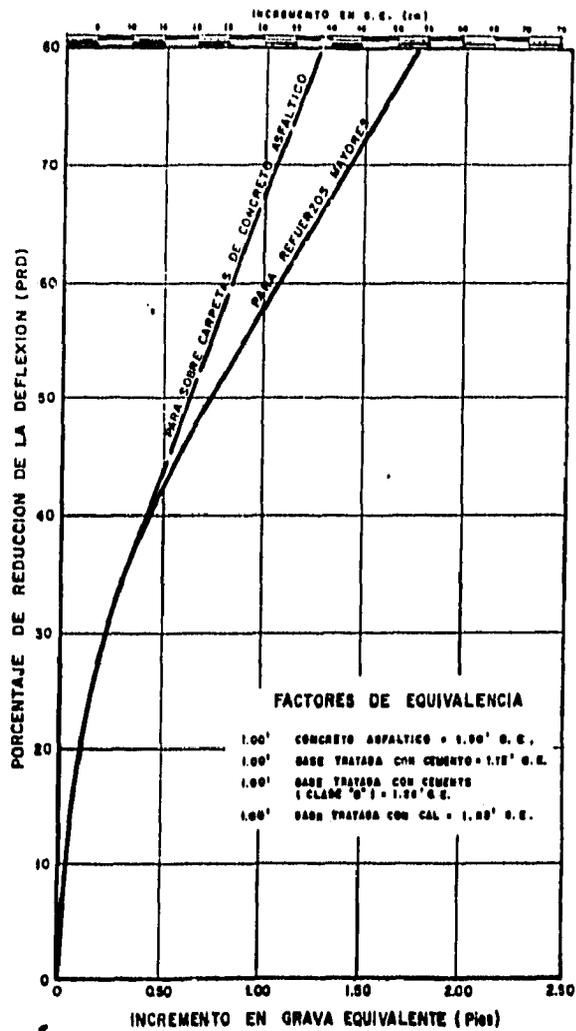
Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se estableció un programa de medidas de deflexiones con Viga Benkelman, obteniendo las siguientes secciones de ensayo (figura 3.4).

Se llevaron mediciones cuyos resultados son adjuntos en el anexo 1.

La ubicación de las secciones de ensayo se muestran en la figura 3.4

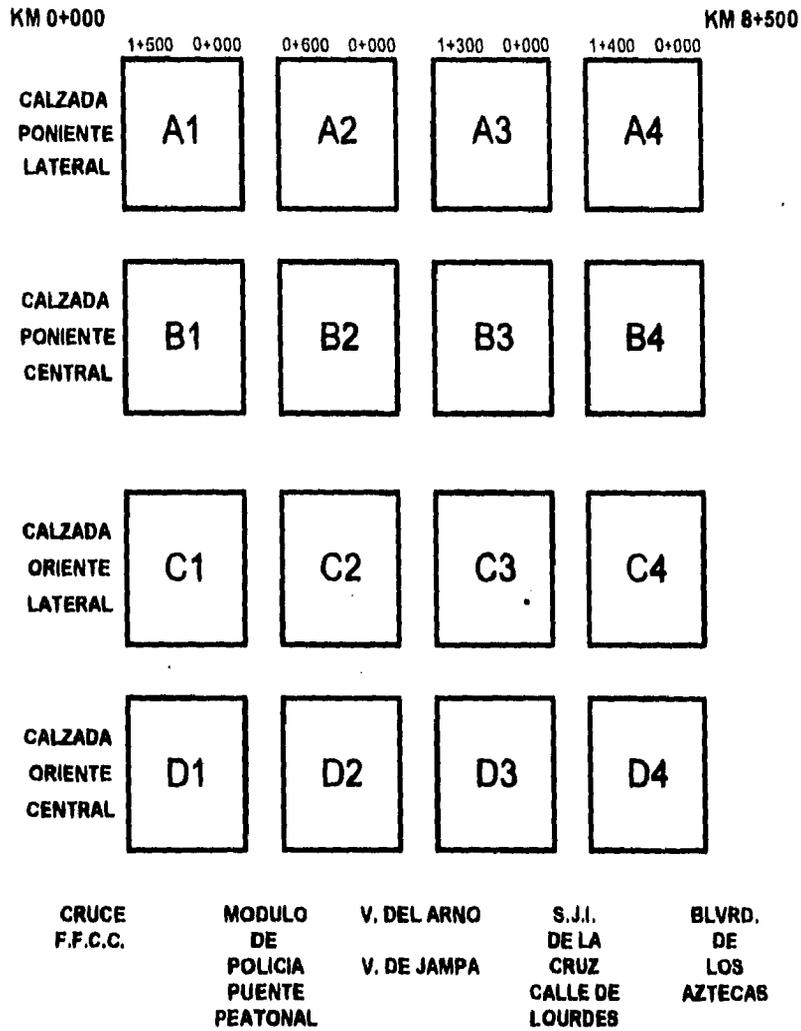
#### II.2.- ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

El método de exploración más satisfactorio para conocer las condiciones de la estructura del pavimento y las condiciones mecánicas que poseen los materiales constitutivos de las capas de este, es el de los pozos a cielo abierto, que consisten en excavar un pozo del espesor del pavimento, más 50.00 cm.



REDUCCION DE LA DEFLEXION COMO RESULTADO  
DE LA RECONSTRUCCION DEL PAVIMENTO  
FIGURA 3.3

## AVENIDA CENTRAL CARLOS HANK GONZALEZ



**UBICACION DE LAS SECCIONES DE ENSAYO  
FIGURA No 3.4**

abajo del terreno natural dimensiones suficientes para que un técnico pueda examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo, además de tomar muestras alteradas de las diferentes capas del pavimento existente y su espesor real, estas muestras se envían al laboratorio de mecánica de suelos a fin de examinar las características principales con las que cuenta cada capa del pavimento, tales como: su contenido de humedad, Valor Relativo de Soporte y granulometría para poder determinar si es que con las condiciones en las que se encuentran actualmente cualquiera de las capas podrá resistir el tránsito diario promedio anual al que se verá sometido o en caso contrario, evaluar su necesidad de rehabilitación.

Las características recomendables para las capas del pavimento y terracerías se describen en el capítulo IV en la tabla *Normas de Materiales*.

Para determinar las características de las capas del pavimento y terracerías se hicieron pozos a cielo abierto obteniendo las características geométricas y geotécnicas de las capas del pavimento y las diferencias existentes en el comportamiento estructural con el objetivo de correlacionarlos en los END.

Los pozos a cielo abierto se ubicaron en:

**- CALZADA PONIENTE LATERAL:**

Bldv Aztecas a C. Lourdes: 0+500 y 1+100

S.J.I. de la Cruz a V. Jampa: 0+400

V del Arno a Pte. Peatonal: 0+450

Modulo de policía a cruce FFCC: 0+300 y 1+250

**- CALZADA PONIENTE CENTRAL:**

S.J.I. de la Cruz V. Jampa: 0+400

Modulo de policía a cruce FFCC: 0+400

**- CALZADA ORIENTE CENTRAL:**

Blvd Aztecas a C. Lourdes: 0+600

V. del Arno a Pte Peatonal: 0+350

**CALZADA ORIENTE LATERAL:**

S.J.I. de la Cruz a V. Jampa: 0+150

Los espesores de las capas del pavimento y subrasante encontrados se muestran en la tabla 3.2

UBICACION		CANTIDAD	MODULO	VALOR						
<b>CALZADA PONIENT LATERAL</b>	HVD. AZTECAS A C. LOURDES	0+500	6.00	10.00	----	20.00	30.00	----	25.00	66.00
		1+100	6.00	15.00	----	25.00	29.00	----	25.00	75.00
	S. J. I. DE LA CRUZ A V. JAMPA	0+100	7.00	14.00	14.00	24.00	17.00	----	25.00	76.00
	V. DEL ARNO A PTE. PEATONAL	0+450	6.00	15.00	14.00	11.00	22.00	35.00	22.00	68.00
	MODULO DE POLICIA A CRUCE F.F.C.C.	0+300	6.00	18.00	10.00	11.00	35.00	----	20.00	80.00
		1+250	8.00	12.00	22.00	13.00	38.00	60.00	22.00	93.00
<b>CALZADA PONIENT CENTRAL</b>	S. J. I. DE LA CRUZ A V. JAMPA	0+400	7.00	14.00	14.00	24.00	17.00	----	25.00	76.00
	MODULO DE POLICIA A CRUCE F.F.C.C.	0+400	8.00	12.00	22.00	13.00	38.00	60.00	22.00	93.00
<b>CALZADA ORIENTE CENTRAL</b>	V. DEL ARNO A PTE. PEATONAL	0+350	11.00	12.00	11.00	50.00	----	50.00	----	84.00
	HVD. AZTECAS A C. LOURDES	0+600	11.00	23.00	12.00	40.00	----	----	----	86.00
<b>CALZADA ORIENTE LATERAL</b>	S. J. I. DE LA CRUZ A V. JAMPA	0+150	10.00	12.00	14.00	60.00	----	----	----	96.00

**RESULTADO DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO  
EFECTUADOS EN EL PAVIMENTO.  
TABLA I**

# **CAPITULO III**

**"DETERMINACIÓN DEL REFUERZO"**

La Avenida central es un camino cuyo pavimento se debe diseñar para resistir y mantener adecuadamente el paso de los vehículos. De esta manera el ingeniero debe considerar criterios de resistencia, seguridad y calidad en la estructura del pavimento. Criterios de resistencia que dependen a su vez de:

- El volúmen y tipo de tránsito
- El costo y disponibilidad de materiales
- Condiciones climáticas
- Terreno de cimentación
- Y, si la construcción se realizará en etapas o para un periodo determinado.

La estructura de un pavimento va desde la estabilización mecánica del terreno natural hasta concretos asfálticos de alta calidad o concreto hidráulico compactado con rodillos, que constituyen los dos tipos de pavimentos de alta calidad, flexibles y rígidos respectivamente.

Los procedimientos de diseño de pavimentos flexibles, que generalmente se basan en la suposición de que los suelos se representan adecuadamente mediante el Valor Relativo de Soporte (VRS).

Para el desarrollo de este trabajo se tomaron como métodos el del "Instituto de Ingeniería de la UNAM" y el "Método de California", ambos fundamentados en que para un número de repeticiones de carga de 8.2 ton. en una vida útil, operará adecuadamente sin llegar a la falla funcional, que se considera cuando la calificación promedio es de 2.5, usando la tabla 4.1 de calificaciones de la SCT, como sigue:

TABLA 4.1	
Calificación	Condición Superficial
4.1 a 5.0	Excelente
3.1 a 4.0	Bueno
2.6 a 3.0	Regular a Bueno

TABLA 4.1	
Calificación	Condición Superficial
2.1 a 2.5	Regular a Malo
1.1 a 2.0	Malo
0.0 a 1.0	Pésimo

Se recomienda:

a) Zonificar por medio de condiciones climatológicas, geológicas, de diseño estructural, geométrico, procedimiento constructivo y conservación

b) Estimar condiciones de contenido de agua.

c) Pruebas de laboratorio que reproduzcan condiciones reales de campo, para observar tendencia en los cambios de VRS.

Si la resistencia es susceptible a la humedad, conviene destacar un drenaje adecuado en vez de diseñar grandes espesores de pavimento.

Estimación del contenido de agua óptimo en subrasantes y terracerías.

Para conocer la humedad de equilibrio, es necesario conocer: clima, geotécnia, estructuración, diseño geométrico y experiencia regional suficiente.

### III.1.- Método de California

Para dar la determinación del refuerzo en la vía es necesario calcular el índice de tránsito. Que se expresa en términos del número de ruedas sencillas equivalentes (EWL) que se espera circulen por el carril de diseño durante un periodo de vida de la obra, en años.

Por aforos realizados con anterioridad se obtuvo un TDPA de 18,660 vehículos en ambos sentidos.

De esta manera el TDPA/VEHÍCULO/CARRIL se calcula según tabla 4.2:

TABLA 4.2			
Clasificación	Porcentaje /Vehículo	TDPA /Vehículo	TDPA /carril
C2	0.22	4,105	1,642
C3	0.12	2,239	896
C4	0.09	1,679	672
C6	0.02	373	149

Y el EWL será como se indica en la tabla 4.3:

TABLA 4.3				
Número de ejes	Constantes	TDPA	Factores Futuro	EWL/ VEHÍCULO/
2	280	1,642	1.50	689,640
3	930	896	1.50	1'249,920
4	1,332	672	1.50	1'342,656
6	1,950	149	1.50	435,825
<b>SUMA</b>				<b>3'718,041</b>

Si la vida útil es de 10 años el EWL de diseño es:

$$EWL_d = 10 \text{ años} \times 3'718,041 = 37'180,410$$

De la ecuación:

$$IT = 6.7 \left( \frac{EWL \quad 0.119}{10 \text{ E}+06} \right)$$

Se obtiene el Índice de Tránsito, que es igual a:

$$IT = 6.7 \left( \frac{37'108,410 \quad 0.119}{10 \text{ E}+06} \right) = 10$$

Después de haber obtenido las deflexiones del tramo con  $(2d_{\max} - d_f)$  (dos veces la deflexión máxima menos la deflexión final), se calcula "d" (deflexión promedio), con su "s" (variancia), con el fin obtener, por tramo, la "d<sub>c</sub>" (deflexión característica).

Como caso particular, en el tramo A1 de la Calzada Lateral Poniente del km. 0+000 al 1+500 donde se tiene una deflexión característica de 0.051" y tomando en cuenta la "d<sub>p</sub>" deflexión permisible de 0.018", misma que se obtiene de la figura 3.2 del capítulo II, con el IT y el espesor de la carpeta de 8 cm, el porcentaje de reducción de la deflexión será:

$$PRD = \frac{d_c - d_p}{d_c} \times 100$$

Substituyendo en la ecuación:

$$PRD = \frac{0.051 - 0.019}{0.051} \times 100 = 62\%$$

Con este valor, se entra a la gráfica de la figura 3.3 del capítulo II y se obtiene el espesor de sobrecarpeta en grava equivalente del tramo que es de 34 cm, como el método propone que un centímetro de carpeta asfáltica es igual a 1.9 de grava equivalente; el refuerzo resulta de 18 cm.

De la misma forma se realizan los cálculos del refuerzo en todos los tramos de la vía

obteniendose los resultados mostrados en la siguiente tabla 4.4:

TABLA 4.4		
Calzada	Tramo	Refuerzo Conc. Asf ( cm )
Lateral Poniente	A1	18
	B1	15
	C1	20
	D1	19
Central Poniente	A2	9
	B2	7
	C2	9
	D2	12
Central Oriente	A3	10
	B3	8
	C3	6
	D3	12
Lateral Oriente	A4	18
	B4	11
	C4	19
	D4	20

Como solución, se propone una base hidráulica, con el fin de disminuir el costo de la rehabilitación y uniformizar la sobrecarpeta en cada Calzada para facilitar su procedimiento de construcción, quedando la estructura del refuerzo del pavimento como se indica en la tabla 4.5 como sigue:

TABLA 4.5			
Calzada	Tramo	Base hidráulica ( cm )	Refuerzo Conc. Asf ( cm )
Lateral Poniente	A1	15	10
	B1	10	10
	C1	20	10
	D1	17	10
Central Poniente	A2	--	9
	B2	--	7
	C2	--	9
	D2	--	12
Central Oriente	A3	--	10
	B3	--	8
	C3	--	6
	D3	--	12
Lateral Oriente	A4	15	10
	B4	13	10
	C4	17	10
	D4	19	10

### III.2.- Método del Instituto de Ingeniería UNAM.

Con el fin de efectuar la evaluación de la condición estructural actual del pavimento como el que se requieren datos tales como: el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), tasa de crecimiento anual, distribución vehicular y vida útil de proyecto.

Para simplificar esta información generalmente el tránsito mezclado con sus distintas cargas por eje y distribución de llantas se transforma a ejes sencillos, con peso de 8.2 ton. y presión de inflado de llanta de 5.8 kg/cm<sup>2</sup>, mediante el empleo de factores teóricos o empíricos obtenidos en función de los coeficientes de daño que provoca cada una de los vehículos.

A continuación se describen las capas de una estructura típica de pavimento del tipo flexible.

#### Carpetas

Soportarán esfuerzos a tensión y condiciones de clima.

Debido a las altas temperaturas que se presentan en el país, se recomienda un coeficiente de equivalencia estructural ( $a_1$  menor ó igual  $a_2$ ); para carpetas de uno o dos riegos, se considera este factor ( $a_1=0$ ).

#### Bases estabilizadas mecánicamente por compactación

Para estas bases, el coeficiente de equivalencia estructural es igual a 1 ( $a_2=1$ ) y el VRS no debe de exceder de 120 (daría espesores de carpeta muy delgados).

#### Sub-bases estabilizadas mecánicamente por compactación

Cuando se requiera esta capa debe ser drenante, el VRS se limita a 20 para garantizar un espesor de carpeta y base adecuados. Su coeficiente de equivalencia estructural es igual a 1 ( $a_3=1$ ).

#### Terracerías

La mayoría de las veces, los suelos empleados en esta capa son similares al de cimentación con mayor resistencia debido al cambio de contenido de agua. Su estimación afecta principalmente al proyecto estructural y a la economía de la obra.

Su resistencia fluctúa entre el 2 y 20% del VRS crítico; para VRS menores al 2% se deben prever problemas como la consolidación, expansión o deflexiones excesivas, 20% máximo admisible del espesor mínimo de base y carpeta.

El coeficiente de equivalencia estructural es igual a 1 ( $a_i = 1$ , donde  $i$  es mayor o igual que 4).

#### Tránsito

El análisis del tránsito se realiza considerando los diferentes tipos de vehículos y frecuencia en que éstos ocurren en la vía. Para su cálculo se utiliza la tabla de la figura 4.1, que se basa en la fórmula:

$$L = (TDPA \cdot C_d \cdot C_T) \sum_{i=1}^p (C_i (W - d_m + (1 - W_i) d_v))$$

$L$  = Número de aplicaciones de carga estándar producidas por "p" tipos de vehículos durante "n" años.

TDPA = Tránsito diario promedio anual.

$C_d$  = Número de vehículos por carril.

COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE CARRILES	
NÚMERO DE CARRILES	COEFICIENTE DE DAÑO
2	0.5
4	0.4 a 0.5
6 ó más carriles	0.3 a 0.4

$C_T$  = Coeficiente de acumulación de tráfico al cabo de "n" años y una tasa de crecimiento anual "r".

$C_i$  = Proporción de cada vehículo (  $i$  ) en la corriente de tránsito (composición).

$N_i$  = Vehículos cargados por cada vehículo (  $i$  ).

$d_m$  = Coeficiente de daño carga máxima.

$d_v$  = Coeficiente de daño vacío.

CARRETERA: \_\_\_\_\_

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRÁNSITO ①	COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE VEHICULOS CARGADOS Ó VACIOS ②		COMPOSICION DEL TRÁNSITO CARGADOS Ó VACIOS ③ = ④ x ⑤	COEFICIENTES DE DAÑO		NÚMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
					CARPETA y BASE Z = $\frac{0}{3}$ ⑥	SUB-BASE y TERRACERÍAS Z = $\frac{30}{5}$ ⑦	CARPETA y BASE ⑧ = ⑥ x ③	SUB-BASE y TERRACERÍAS ⑨ = ⑦ x ③
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
SUMAS	1.000	-----		1.000				
COEFICIENTE DE ACUMULACIÓN DEL TRÁNSITO, n = AÑOS DE SERVICIO =					$C_r = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$	EJES EQUIVALENTES PARA TRÁNSITO UNITARIO ⑩		
T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRÁNSITO = %						TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑪		
TDPA = TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL =					CD CARRIL PROYECTO =	$\sum L \text{ (11)} = \text{(10)} \times \text{(8)} \times \text{(9)}$		

### Nivel de confianza

Varía en forma continua de 0.6 a 0.9, mientras mayor sea el nivel de confianza, más espesor de las capas y mejor estructura de pavimento, en detrimento económico.

Para su elección se debe considerar tanto la importancia de la carretera y procedimiento constructivo como su control, tipo de conservación y riesgo.

Ejemplo:           Camino rural       -   0.6    Nivel de confianza.  
                      Camino secundario - 0.7 - 0.8   Nivel de confianza.  
                      Camino principal  -   0.9    Nivel de confianza.

El criterio de diseño no es factible para  $VRS < 2$  y el máximo de 120, esto es VRS menor o igual que 120.

Utilizando este método se requiere verificar si el espesor de las capas del pavimento actual, podrán soportar la acción del tránsito durante su vida útil (considerada de 10 años).

En caso contrario, determinar el espesor de pavimento por cubrir y la manera en que debe ser cubierto, ya que, la carretera presenta guarniciones, banquetas y edificaciones que impiden elevar la rasante.

Para proceder con la ejecución del método se debe de realizar el cálculo del tránsito equivalente acumulado en el que se convierten las cargas axiales variables del tránsito en una distribución de cargas de diseño para expresar el volumen del tránsito como el número de repeticiones del eje de carga de diseño, que es un eje sencillo de 8.2 Ton. Así el tránsito se expresa como cargas equivalentes sobre un eje sencillo de 8.2 Ton.

En la Avenida Central, como ya se había señalado, por aforos efectuados por la Comisión de Transporte del Estado de México (COTREM), se determinó que para 1990, el tránsito diario promedio anual (TDPA) fue 18,660 vehículos en ambos sentidos con una tasa de crecimiento de 10.23 % y con la siguiente distribución vehicular (tabla 4.6):

TABLA 4.6	
Tipo de Vehículo	Composición (%)
A2	43
A'2	12
B2	13
C2	9
C3	12
T2-S2	9
T3-S3	2

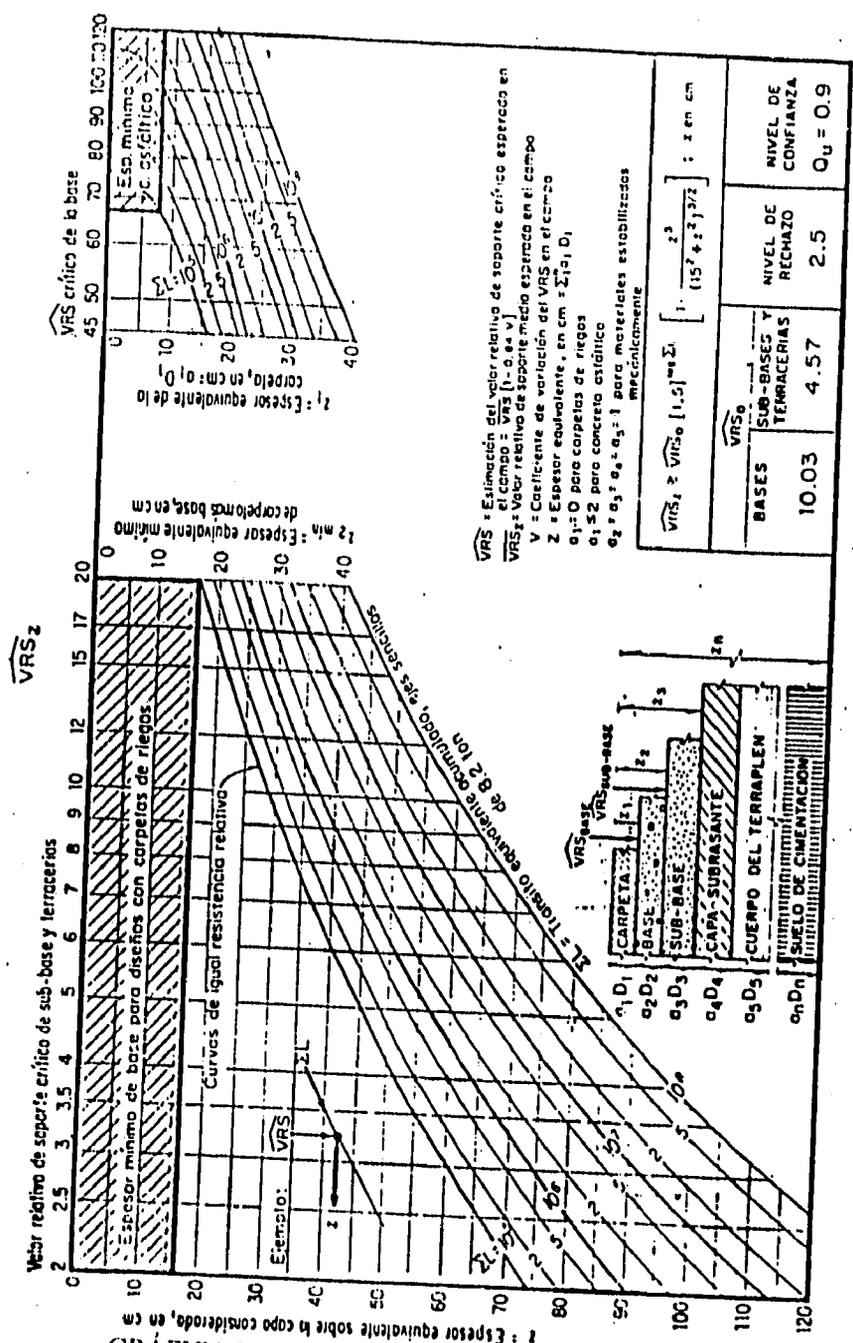
De esta manera puede ser calculado el tránsito equivalente acumulado, el cual se encuentra en la figura 4.2, cuyos coeficientes de daño, propuestos por el mismo método se encuentran en el anexo 2.

En la gráfica de la figura 4.3 se observa que existen curvas para los distintos tránsitos equivalentes acumulados de ejes sencillos de 8.2 ton que dependen del número  $n = 10$  años de diseño, tasa  $r = 10.23\%$  de crecimiento, número de carriles, nivel de confianza ( $Q_u = 0.90$ ) y tomando el  $VRS = 2.5\%$  de las terracerías que soportarán al camino, se obtiene el espesor de pavimento, que debe existir para soportar las cargas del proyecto. Así, con este VRS y la suma de ejes equivalentes acumulados obtenidos en la figura 4.4 se obtiene un espesor de pavimento de 118 cm. es decir, si no existiera camino, el espesor del pavimento sería de 118 cm. en sus diferentes capas.

Por otra parte, en el tramo A1 de la Calzada Poniente Lateral (Módulo de policía a cruce de F.F.C.C. kilómetro 0+300), que tiene un espesor total del pavimento igual a 80 cm. obtenido de los resultados de los pozos a cielo abierto contenidos en la tabla 3.2 del capítulo II, el espesor del refuerzo se determina restando el espesor requerido para el nuevo horizonte de proyecto menos el actual. Esto es:

CARRETERA: FINCA CENTRAL (CARLOS HANK GONZALEZ)

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
					CARPETA y BASE $Z = \frac{0}{5}$	SUB-BASE y TERRACERIAS $Z = \frac{30}{5}$	CARPETA y BASE $6 = 3 \times 2$	SUB-BASE y TERRACERIAS $7 = 3 \times 3$
A-2	0.43	CARGADOS	1.00	0.43	0.004	0.000	0.0017	0.0000
		VACIOS						
A'-2	0.12	CARGADOS	1.00	0.12	0.536	0.023	0.0643	0.0028
		VACIOS						
B-2	0.13	CARGADOS	1.00	0.13	2.000	2.457	0.2600	0.3194
		VACIOS						
C-2	0.09	CARGADOS	1.00	0.09	2.000	2.457	0.1800	0.2211
		VACIOS						
A-3	0.12	CARGADOS	1.00	0.12	3.000	2.457	0.3600	0.2948
		VACIOS						
T2-S2	0.09	CARGADOS	1.00	0.09	4.000	4.747	0.3600	0.4272
		VACIOS						
T3-S3	0.02	CARGADOS	1.00	0.02	6.000	4.746	0.1200	0.0949
		VACIOS						
SUMAS	1.000		7.00	1.000			1.3460	1.3602
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, n = AÑOS DE SERVICIO = 10.00					$C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$			
T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 10.23 %								
TDPA = TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL = 18,660					CD CARRIL PROYECTO = 0.4			
					EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO		5	
					TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO		6	7,464
					$C_T$		10	5,881.70
					$\sum L$		10	59,090,758
							10	59,714,152



GRÁFICA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE  
FIGURA 4.3

118 - 80 = 38 cm. de refuerzo en grava equivalente

Tomando en consideración que el método establece una equivalencia de 1 cm de carpeta asfáltica igual a 2 cm de grava equivalente, el espesor de refuerzo de carpeta asfáltica es de 19 cm, similar al espesor que se obtuvo por el Método de California. De la misma forma, se van calculando los espesores para cada tramo, al hacerlo, se observa que los resultados coinciden con los resultados del método de deflexiones, por lo que, incluso la propuesta del método, concuerda con lo calculado en el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, recomendándose aplicar al pavimento el refuerzo resultante en el Método de Deflexiones.

### III.3.- Solución al Drenaje Pluvial.

Una vez determinado el espesor de pavimento para la vía, con la finalidad de brindar un pavimento en buenas condiciones, se estimó la necesidad de corregir los defectos que se presentan relacionados con el drenaje pluvial, ya que en gran medida las fallas presentadas se deben al agua pluvial que al no fluir libremente, por las tuberías existentes, se estanca sobre el pavimento infiltrándose por sus capas, reduciendo las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la estructura del pavimento, presentándose nuevamente las fallas hasta en la carpeta.

Lo anterior se debe a que al drenaje no se le dió un mantenimiento periódico, provocando que las tuberías y coladeras se azolvaran, impidiendo el desalojo del agua oportunamente.

Por otra parte, los asentamientos que se presentan en la zona, debidos a la extracción de agua freática por medio de pozos artesianos, hacen que las tuberías que se colocan con una pendiente, adquiera una contrapendiente, que dificulta el drenado y facilita la sedimentación.

Entonces, se hace imperante que esta rehabilitación se lleve a cabo también en su drenaje, concluyéndose que lo más conveniente es construir un drenaje exclusivo para la vialidad, que desaloje el agua a los colectores existentes en operación.

Lo anterior originó que se hiciera un nuevo proyecto, cuyos datos se describen a continuación.

- Área = 10,000 ha.
- Método Racional Americano
- Intensidad de Proyecto = 34.34 mm/hr
- Duración = 30 min
- Coeficiente de Escurrimiento = 0.40
- Período de Retorno = 10 años
- Gasto pluvial = 3.14 m<sup>3</sup>/s
- Velocidad Mínima = 0.06 m/s
- Velocidad Máxima = 3.00 m/s

La localización de las tuberías con sus características se denotan en el anexo 3.

# **CAPITULO IV**

**"BANCOS DE MATERIALES."**

Un banco de material lo constituyen los materiales del terreno natural que serán extraídos para su aprovechamiento en el pavimento de la Avenida Central.

El costo de los materiales para la construcción de la vía es importante, éste depende de la localización y selección de los bancos. Razón por la cual se debe buscar el más cercano y con material de características más convenientes.

La detección de bancos se basa, desde la simple observación del terreno, el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, barrenos, maquinaria o de manera más rápida mediante métodos geofísicos de exploración hasta el prescindir de la experiencia en caso de bancos reconocidos en la región y de ser necesario, realizar pruebas de laboratorio con el fin de conocer con más precisión las características del material del banco.

#### IV.1.- Localización de bancos

Al localizar un banco no basta con descubrir un volumen de material suficiente, explotable y de buena calidad; también debe ser fácilmente accesible, con un método de explotación económico, menor distancia de acarreo a la obra, que conlleve a un proceso más sencillo y económico. Su explotación no debe conducir a problemas legales cuya solución sea lenta y perjudique a los habitantes de la región.

La Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones de la SCT, realizó unas normas para materiales que pueden formar una sección estructural, estas se describen en el anexo titulado "*Normas de Materiales para Carreteras y Aeropistas con Concreto Asfáltico*", (figura 5.1).

Su selección es tan importante como el dimensionamiento, por lo que se les practican pruebas de laboratorio para determinar sus propiedades y valores índice con el fin de anticipar su comportamiento.

Las pruebas de laboratorio resultan económicas en comparación con el costo total de la obra, dependen de la experiencia del diseñador.

Son pocas las pruebas que se requieren, entre las que se deben de tomar en cuenta son:

#### Granulometría

Dos conceptos son los que primordialmente determinan el comportamiento para pavimentos, el

DEMOLICION DE LA CAPA	ESPESOSES MINIMOS	CARACTERISTICAS	INDICE
CARPETA	----	CONCRETO ASFALTICO ELABORADO EN PLANTA	
BASE	20 CM	GRANULOMETRÍA (BIEN GRADUADO) PLASTICIDAD COMPACTACIÓN CALIDAD	100% < 38.1 mm 95% > 0.074 mm LL < 25% IP < 6% EA > 50% 100% PROCTOR MODIFICADA V.R.S. > 100%
SUB -BASE	15 CM	GRANULOMETRÍA (BIEN GRADUADO) PLASTICIDAD COMPACTACIÓN CALIDAD	100% < 38.1 mm 85% > 0.074 mm LL < 25% IP < 6% EA > 40% 95% PROCTOR MODIFICADA V.R.S. > 60%
SUBRASANTE	40 CM	GRANULOMETRÍA (BIEN GRADUADO) PLASTICIDAD COMPACTACIÓN CALIDAD	100% < 76 mm 75% > 0.074 mm LL < 30% IP < 10% 100% PROCTOR MODIFICADA V.R.S. > 30%
CAPA SUPERIOR DEL TERRAPLEN	100 CM EN TERRAPLENES 30 CM EN CORTES	GRANULOMETRÍA (BIEN GRADUADO) PLASTICIDAD COMPACTACIÓN CALIDAD	95% < 200 mm 80% < 76 mm 70% < 0.074 mm LL < 50% 95% +/- 2% PROCTOR MODIFICADA V.R.S. > 20%
CUERPO DEL TERRAPLEN	H	GRANULOMETRÍA (BIEN GRADUADO) PLASTICIDAD COMPACTACIÓN CALIDAD	100% < 1500 mm 80% < 750 mm 100% < 0.50 mm LL < 50% BANDEADO Ó 90% +/- 2% PROCTOR ESTANDAR V.R.S. > 5%

**NORMAS DE MATERIALES PARA  
CARRETERAS Y AEROPISTAS CON CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO  
FIGURA 5.1**

primero, material bien graduado: que es aquel que puede ser fácilmente compactado y desarrollar alta resistencia al esfuerzo cortante y capacidad de carga; el segundo, material mal graduado: que se refiere a un material con partículas gruesas, finas o de graduación salteada, estos materiales poseen menor capacidad de soporte.

#### Plasticidad

Determinada por los "Límites de Atterberg", en suelos finos (partículas que pasan la malla No 200); considerando el contenido de agua que se requiere para llegar a los distintos límites del suelo, tales como: el líquido, líquido, semisólido y el sólido. El IP (índice plástico), es la diferencia entre el límite líquido y el plástico.

#### Compactación

Las pruebas Próctor estandar y Proctor Modificada nos dan la mínima relación de vacíos que puede tener un material dependiendo de la energía de compactación y/o la humedad óptima, teniendo en cuenta que para más energía de compactación menor será el contenido de humedad óptima.

#### Valor Relativo de Soporte

Básicamente es una prueba de penetración, es decir, la fuerza necesaria para penetrar un material y se compara con la necesaria para penetrar de igual forma una caliza triturada. El resultado se expresa como relación de ambas fuerzas.

Un material de VRS = 22%, ofrece un 22% de la resistencia a la penetración requerida para la caliza triturada.

#### IV.- Bancos de materiales para la rehabilitación del pavimento.

Se consideran cuatro bancos de materiales de construcción que a continuación se detallan.

1.- Bancos de "Ranchería" y "Atzompa": En donde se encuentra material del tipo SC (arena arcillosa) que sirve para conformar terracerías, capas de subrasante y material cementante para la base hidráulica. Este material posee un VRS de entre el 82% y 93%, por lo que es recomendable conformar capas a un grado mínimo de compactación del 95%

2.- Bancos "Totolcingo" y "Chiconautla": En ambos predomina material granular no plástico, el cual puede ser empleado para conformar bases hidráulicas mezclándolo junto con el material de los bancos mencionados en el párrafo anterior, de la siguiente manera: 70% en peso del material de "Totolcingo" o "Chiconautla" y 30% en peso de "Ranchería" o "Atzompa".

A continuación se muestran los cuadros de ubicación, volumen aprovechable y conformación de los bancos, así como también el informe de ensaye en materiales para sub-base, (figuras 5.2 a 5.5).

<b>U.N.A.M.</b> <b>ENEP ACATLÁN</b>		CARRETERA: <u>MEXICO - TEXCOCO</u>									
TESIS PROFESIONAL ALBERTO LEDESMA CISNEROS		TRAMO: <u>CRUCE FF.C.C. a BLVD. AZTECAS</u>									
		SUBTRAMO: <u>KM 0+000 al KM 8+500</u>									
		ORIGEN: <u>BOULEVARD DE LOS AZTECAS</u>									
PRESTAMO DE MATERIAL PARA: <u>TERRAPLEN Y SUBRASANTE</u> DENOMINACIÓN: <u>ATZOMPA</u>											
UBICACIÓN	ESTRATO		CLASIFICACIÓN	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO		
	No	ESPESOR (m)			90%	95%	100%	BANDEAJE	A	II	C
KM 1+000 CON DA 2,000 m DE LA AF. CENTRAL.	1	0.30	TIERRA VEGETAL	DESPALME					100	00	00
	2	12.00	CONGLOMERADO FORMADO POR BOLOS EMPACADOS EN ARENA ARCILLOSA AL ATACAR SE OBTENDRÁN (SP - SC)	COMPACTADO	1.05	0.99	0.94		40	60	00
DIMENSIONES LARGO 100 m. ANCHO 40 m. ESPESOR 14 m.		VOLUMEN APROVECHABLE 56,000.00 m <sup>3</sup>		OBSERVACIONES. MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES POR EJECUTAR PARA FORMAR LA CAPA SUBRASANTE SERÁ CONVENIENTE ELIMINAR LOS FRAGMENTOS MAYORES A 7.6 cm.							
V.R.S Est. = 93.00%		L.L. = 24.00%		I.P. = 17.00%		G = 43.00%					
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN											

**ESTRATIGRAFÍA Y VOLUMETRÍA DEL BANCO "ATZOMPA"**  
**FIGURA 5.2**

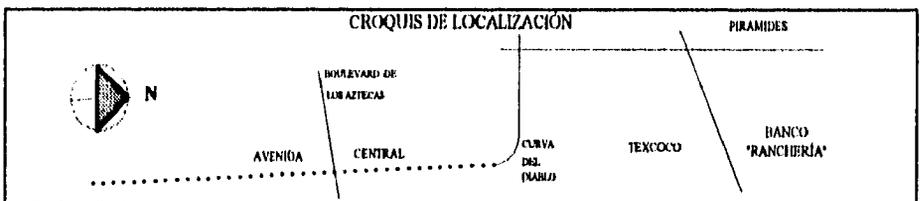
<b>U.N.A.M.</b> <b>ENEP ACATLÁN</b>	CARRETERA:	<u>MÉXICO - TEXCOCO</u>
	TRAMO:	<u>CRUCE F.F.C.C. a BLVD. AZTECAS</u>
TESIS PROFESIONAL ALBERTO LEDESMA CISNEROS	SUBTRAMO:	<u>KM 0+000 al KM 8+500</u>
	ORIGEN:	<u>BOULEVARD DE LOS AZTECAS</u>

PRESTAMO DE MATERIAL PARA: TERRAPLEN Y SUBRASANTE DENOMINACIÓN: RANCHERÍA

UBICACIÓN	ESTRATO		CLASIFICACIÓN	TRATAMIENTO PROFANILE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO		
	No	ESPESOR (m)			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
KM 10+700 SOBRE EL EJE DE EL LIBRA- MIENTO	1	0.30	TIERRA VEGETAL	DESPAIAIE					100	00	00
	2	20.00	ARENA ARCILLOSA MEDIANAMENTE COMPACTA C/ 10% DE BOLEOS MEDIANOS CHICOS 15C1	COMPACTADO	0.97	0.92	0.88		40	60	00

<b>DIMENSIONES</b> LARGO 100 m. ESPESOR 20 m.	<b>VOLUMEN APROVECHABLE</b> 400,000.00 m <sup>3</sup>	<b>OBSERVACIONES:</b> PRESENTA FRENTE DE ATAQUE EN EXPLOTACIÓN COMERCIAL PARA FORMAR LA CAPA SUB-RASANTE SERÁ CONVENIENTE ELIMINAR LOS FRAGMENTOS MAYORES A 7.60 cm.
---	--	---

V.R.S. Est. = 82.00%      L.L. = 26.00%      I.P. = 16.00%      Q = 52.00%



**ESTRATIGRAFÍA Y VOLUMETRÍA DEL BANCO "RANCHERÍA"**  
**FIGURA 5.3**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

ENEP

ACATLÁN

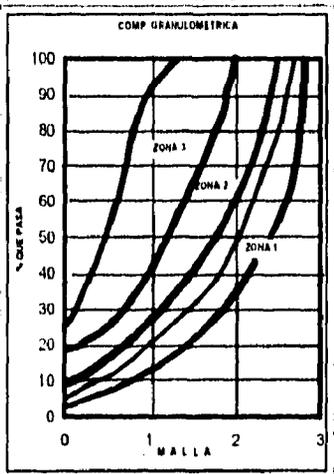
TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

**INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE**

OBRA:	AV. CENTRAL (C. HANK GONZALEZ)	PRUEBA No:	4771
PROCEDENCIA:			
LOCALIZACION:	BANCO CHICONAUTLA	FECHA:	22 - IX - 90
ENVIADO POR:			

MATERIAL PARA CAPA DE:	SUB-BASE	XXXX	BASE	XXXX
DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL:	DEPOSITO ALUVIAL		
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:			
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO		
	UBICACION DEL BANCO:			

P.E. SECO SUELTO kg/cm <sup>3</sup>	1,720	NORMAS DE CONSTRUCC. S.C.T.
P.E.S. MAXIMO kg/cm <sup>3</sup>	1,260	
HUMEDAD ÓPTIMA %	6.00	
P.E. DEL LUGAR %	.....	
HUMEDAD DEL LUGAR %	.....	



G R A N U L O M E T R I A	MALLA % RETENIDO	
	MALLA	% QUE PASA
	50.000	
	37.500	100
	25.000	81
	19.000	72
	9.500	53
	4.750	40
	2.000	29
	0.650	20
	0.425	17
	0.250	12
	0.150	10
	0.075	5

VRS (ESTANDAR)	158	PRUEBAS EN MATS. TAMIZADOS MALLA 9.5
EXPANSION %	-0-	ABSORCION %
VALOR CEMENTANTE kg/cm <sup>2</sup>	-	DENSIDAD
EQUIVALENTE DE ARENA %	60	DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA NUM. 0.425			
LIMITE LIQUIDO	20	EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO	N.P.	CONTRACCION LINEAL	-0-
INDICE PLASTICO	-	CLASIFICACION SOP	GW

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

EL LABORATORISTA	EL JEFE DE LABORATORIO	EL JEFE DE LA OFICINA
------------------	------------------------	-----------------------

**GRANULOMETRÍA DEL BANCO CHICONAUTLA  
FIGURA 5.4**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

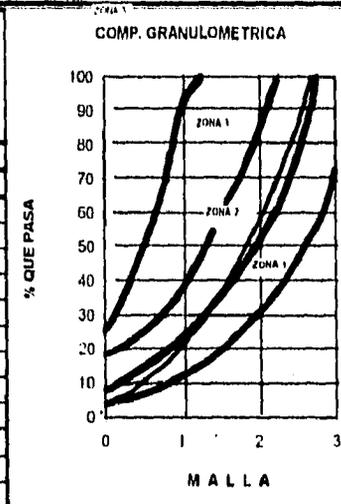
**INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE**

OBRA:	AV. CENTRAL (C. HANK GONZALEZ)	PRUEBA No:	4771
PROCEDENCIA:		FECHA:	22 - IX - 90
LOCALIZACION:	BANCO TOTOLCINGO		
ENVIADO POR:			

DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE:	SUB-BASE	XXXX	BASE	XXXX
	DESCRIPCION PETROGRÁFICA DEL MATERIAL:	DEPOSITO ALUVIAL			
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:				
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO			
UBICACION DEL BANCO:					

P.E. SECO SUELTO kg/cm <sup>3</sup>	1.830	NORMAS DE CONSTRUCC. S.C.T.
P.E.S. MAXIMO kg/cm <sup>3</sup>	2.120	
HUMEDAD ÓPTIMA %	8.30	
P.E. DEL LUGAR %	.....	
HUMEDAD DEL LUGAR %	.....	

G R C O M P L O S I C I R D N A	MALLA % RETENIDO	
		% QUE PASA
	50.000	
	37.500	100
	25.000	86
	19.000	79
	9.500	60
	4.750	48
	2.000	33
	0.650	21
	0.425	15
	0.250	10
	0.150	8
	0.076	4



VRS (ESTANDAR)	100	PRUEBAS EN MATS. TAMIZADOS MALLA 9.5
EXPANSION %	-0-	ABSORCION %
VALOR CEMENTANTE kg/cm <sup>2</sup>	.	DENSIDAD
EQUIVALENTE DE ARENA %	57	DURABILIDAD

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA NUM. 0.425

LIMITE LIQUIDO	21	EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO	N.P.	CONTRACCION LINEAL	-0-
INDICE PLASTICO	.	CLASIFICACION SOP	GW

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

EL LABORATORISTA	EL JEFE DE LABORATORIO	EL JEFE DE LA OFICINA
------------------	------------------------	-----------------------

**GRANULOMETRIA DEL BANCO TOTOLCINGO  
FIGURA 5.5**

# **CAPITULO V**

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO"**

## V.1.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL REFUERZO DEL PAVIMENTO

### V.1.1.- CALZADAS LATERALES

Para realizar de manera correcta la rehabilitación de la vía será necesario iniciar con una escarificación y fresado de la carpeta existente, ya que en su mayoría se encuentra seriamente afectada y los tramos que se encuentran en buenas condiciones son relativamente muy pocos y se encuentran demasiado aislados.

Una vez construidas por tramos las instalaciones de drenaje pluvial (tuberías, pozos de visita y conexiones) y realizando el relleno de zanjas hasta el nivel de sub-base actual, se llevará a cabo la recompactación de la superficie descubierta de sub-base actual, compactándola al 95% de su P.V.S.M. de la prueba Próctor Modificada. Posteriormente se realizarán los trabajos de nivelación indicados en el proyecto de rasantes. El material de nivelación será con calidad de sub-base hidráulica, compactándolo al 95% de su P.V.S.M. de la prueba Próctor Modificada.

Es de mucha importancia que todos los brocales y coladeras sean nivelados hasta el nivel de rasante de proyecto, ya que de ser rebasado será inútil su rehabilitación.

A todo lo ancho de la calzada, se hará el tendido de una capa de base hidráulica "negra" obtenida del reciclado del material producto del fresado de la carpeta, compactando el material al 100% de su P.V.S.M. determinada mediante la prueba Próctor Modificada, con los espesores que se indican a continuación.

#### Calzada Lateral Oriente

del Km	al Km	Espesor ( m. )
0+000.0	4+112.0	0.15
4+112.0	8+345.9	0.20

#### Calzada Lateral Poniente

del Km	al Km	Espesor ( m. )
0+000.0	1+962.0	0.15
1+962.0	2+920.0	0.10

2+920.0

8+287.9

0.20

Una vez terminada la base hidráulica "negra" le será aplicado un riego de impregnación con un producto asfáltico rebajado tipo FM-1, a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup>.

Posteriormente a la impregnación y debiendo dejar pasar el tiempo necesario para su penetración se le aplicara un riego de liga con un producto asfáltico rebajado tipo FR-3, a razón de 0.5 l/m<sup>2</sup>.

La carpeta de concreto asfáltico se construirá a todo lo largo y ancho de la vía, con un espesor de 0.10 m, compactando el material al 95% de su peso volumétrico Marshall.

Una vez finalizada la construcción de la carpeta se procederá independientemente de la permeabilidad de dicha capa, a aplicar una capa de sello, dosificando los materiales de la forma siguiente: Emulsión asfáltica a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup> y material pétreo a razón de 11.0 l/m<sup>2</sup>.

En caso de que el proyecto lo requiera y previo a los trabajos anteriores, deberán demolerse las guarniciones existentes y en su oportunidad con su nuevo alineamiento, volverlas a construir. Estas nuevas guarniciones tendrán una luz libre de 0.20 m.

Asimismo, para el tipo de coladera pluvial de banquetta con brocal y tapa de concreto y sin rejilla (media luna abierta), en la guarnición se dejará una media luna abierta en todos y cada uno de los puntos en que se ubiquen.

#### V.1.2.- CALZADAS CENTRALES

Se le aplicara a la carpeta existente un riego de liga con un producto asfáltico rebajado tipo FR-3, a razón de 0.50 l/m<sup>2</sup>, para que reciba el sobre refuerzo de concreto asfáltico.

Exclusivamente en estos cuerpos se realizará el refuerzo del pavimento por medio de un sobre encarpetao.

La carpeta de concreto asfáltico se construirá a todo lo largo y ancho de la vía, con un espesor de 0.10 m, compactando el material al 95% de su peso volumétrico Marshall de la misma manera que los cuerpos laterales, debiendo ser la mezcla asfáltica elaborada en planta y colocada con pavimentadora del tipo Finisher o similar.

Una vez finalizada la construcción de la carpeta en ambos cuerpos (laterales y centrales) se

procederá independientemente de la permeabilidad de dicha capa, a aplicar una capa de sello, dosificando los materiales de la forma siguiente. Emulsión asfáltica a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup> y material pétreo a razón de 11.0 l/m<sup>2</sup>.

En caso de que el proyecto lo requiera y previo a los trabajos anteriores, deberán demolerse las guarniciones existentes y en su oportunidad con su nuevo alineamiento, volverlas a construir. Estas nuevas guarniciones tendrán una luz libre de 0.20 m.

Asimismo, para el tipo de coladera pluvial de banquetas con brocal y tapa de fierro fundido y sin rejilla (media luna abierta), en la guarnición se dejará una media luna abierta en todos y cada uno de los puntos en que se ubiquen.

## V.2.- DRENAJE PLUVIAL

En el planteamiento de soluciones del drenaje pluvial para la Avenida Central, se establece el criterio base que implica las siguientes consideraciones.

Se requiere de la colocación de coladeras pluviales mediante el uso de estructuras de piso, alojadas en las partes más bajas y a cada 30 metros de acuerdo con las elevaciones de rasantes de proyecto.

Realizar la conexión de estas por medio de la construcción de atarjeas madrinas con trayectorias cortas minimizando diámetros y obligando descargas rápidas hacia los colectores existentes que presentan una operación adecuada.

Procurar de manera estricta que la captación sea de aguas pluviales precipitadas exclusivamente sobre la Avenida Central y evitar la conexión de otras vías o la conexión de cualquier otro tipo de drenaje.

La ubicación de conductos serán adyacentes a los camellones laterales y sobre los arroyos laterales en ambos sentidos de la vialidad ( Calzadas Laterales Oriente y Poniente ).

Será también de gran importancia la creación de cajas de conexión sobre los colectores existentes, para recibir las descargas de la nueva red.

Los diámetros obtenidos resultaron de la correcta aplicación de las Curvas Isoyetas de Intensidad

de lluvia para diferentes zonas del Distrito Federal, para períodos de retorno de 3 años y 60 minutos de duración de lluvia, y atendiendo además a los lineamientos marcados por las Normas de Proyecto para obras de Alcantarillado editadas por SDS (Secretaría de Desarrollo Social).

Para la construcción de las obras de drenaje pluvial de la Avenida Central, se considerarán los siguientes conceptos:

a).- **EXCAVACIÓN:** Se realizará la excavación en cepa para la instalación de tubería a las profundidades indicadas en el proyecto, con el ancho de zanja de acuerdo a los siguientes valores:

DIÁMETRO (cm)	ANCHO DE LA ZANJA (m)
30	0.80
38	0.90
45	1.00

Para el caso en que se presenten derrumbes en las paredes de la zanja, se buscará el ángulo de reposo del material se ademarará hasta donde las condiciones lo permitan, pero conservando siempre su ancho de acuerdo con el diámetro indicado.

b).- **PLANTILLA:** La tubería se desplantará sobre una cama de arena de 10 cm de espesor en todos los casos, hasta lograr asentarla y acoplarla perfectamente en el fondo de la zanja.

c).- **INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA:** Las tuberías de concreto simple se colocarán de acuerdo a las líneas y niveles señalados en el proyecto.

d).- **RELLENO:** El relleno de la zanja se hará con tepetate o con material producto de la excavación que se presente adecuado, apisonándolo y compactándolo con agua en capas no mayores de 20 cm de espesor al 90 % de la prueba próctor y hasta el nivel de la sub-rasante. El relleno restante se cubrirá con el mejoramiento del terreno y la estructura del pavimento, por parte de los responsables de la pavimentación.

e).- **POZOS DE VISITA DE LA RED DE COLECTORES:** Serán del tipo común de acuerdo con el plano tipo (V.C. 1985), con brocales pesados y tapa abierta de fo.fo. para reforzamiento de la captación pluvial.

f).- **COLADERAS PLUVIALES:** Serán de banquetta con brocal y tapa de concreto sin rejilla (media luna abierta) de acuerdo al proyecto.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Como resultado de la evaluación de la estructura del pavimento y por las fallas observadas se advierte que primordialmente las capas del pavimento por rehabilitar se encuentran a partir de la capa sub-rasante, por esta razón es conveniente diseñar un pavimento cuya rehabilitación comprenda una vida útil mayor que la que daría un "bacheo".
- La rehabilitación en los cuerpos laterales se realizará a partir de la capa base por medio de una "base negra" formada por material producto del fresado de la carpeta existente hasta la reconstrucción de la carpeta por medio del método de "mezcla en caliente" y en los cuerpos centrales será únicamente por medio de un re-encarpetado. Lo anterior se debe básicamente a la distribución del tráfico en los diferentes cuerpos y al tránsito diario promedio anual, observado por la *Comisión de Transporte del Estado de México (COTREM)*.
- Debido a las pocas zonas con pavimento en buen estado es conveniente realizar la rehabilitación en todo el tramo a fin de dejar una superficie regular a lo largo de los 8.5 km.
- Ya que es evidente que la pérdida de V.R.S. ( Valor Relativo de Soporte ) se debe al mal drenaje de las aguas de lluvia, que como requisito primordial debe ser corregido y adecuado para un satisfactorio cumplimiento de requisitos del pavimento en su vida útil, de no realizar la rehabilitación del drenaje pluvial junto con la del pavimento, su vida útil se verá severamente reducida.
- Con respecto al diseño de pavimentos, se observó que ambos métodos llegan prácticamente a un mismo resultado, por lo que la aplicación de cualquiera de estos métodos será la de los recursos con los que se cuente, en cuanto a la capacidad técnica del personal de la empresa; la existencia, facilidad y cercanía en la que se encuentre el equipo para la realización de los ensayos.
- Es de gran importancia que el procedimiento constructivo sea realizado al pie de la letra, con un estricto apego a las normas de calidad en la construcción de pavimentos vigente y que sea efectuado en épocas de estiaje a fin de reducir desviaciones y errores.

# **ANEXO I**

**"DEFLEXIONES DEL PAVIMENTO"**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA PONIENTE LATERAL

TRAMO A1

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.
			CMS. DE DISTANCIA A LEJE				AMBE.	CARPETA	
			50 MAX.	100	150				
1+500	CALZ.	EXT.	20	33	40	52	25	24	PIEL COCOD.
1+450	PTE.	"	16	29	34	48	25	24	
1+400	LAT.	"	23	36	45	59	26	24	← REGULAR PIEL COCOD
1+350	"	"	16	26	30	44	25	23	
1+300	"	"	21	29	32	45	26	23	← REGULAR PIEL COCOD.
1+250	"	"	23	30	33	43	25	23	
1+200	"	"	17	19	19	28	25	24	← REGULAR PIEL COCOD.
1+150	"	"	10	11	12	17	25	23	
1+100	"	"	13	17	22	32	24	23	← REGULAR PIEL COCOD.
1+050	"	"	22	33	36	43	23	24	
1+000	"	"	29	37	39	48	23	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+950	"	"	15	20	20	25	23	23	
0+900	"	"	15	16	18	24	23	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+850	"	"	20	29	32	45	25	23	
0+800	"	"	15	22	25	37	23	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+750	"	"	15	21	24	35	22	23	
0+700	"	"	13	16	17	19	22	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+650	"	"	23	29	29	31	20	23	
0+600	"	"	15	19	19	24	23	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+550	"	"	20	26	29	31	26	23	
0+500	"	"	15	18	19	19	25	24	← REGULAR PIEL COCOD.
0+450	"	"	13	13	13	13	25	24	
0+400	"	"	12	14	15	15	25	24	← REGULAR PIEL COCOD.
0+350	"	"	14	15	15	15	25	24	
0+300	"	"	14	16	16	17	24	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+250	"	"	12	15	16	18	24	23	
0+200	"	"	15	19	19	22	24	23	← REGULAR PIEL COCOD.
0+150	"	"	13	16	17	17	25	23	
0+100	"	"	9	11	11	11	24	24	← REGULAR PIEL COCOD.
0+050	"	"	14	15	15	15	27	24	
0+000	"	"	16	16	17	19	25	24	

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA PONIENTE CENTRAL TRAMO A2

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.	
			CMS. DE DISTANCIA ALEJE				AMBTE.	CARPETA		
			50 MAX.	100	150					
1+500	CALZ.	EXT.	7	14	17	23	24	27	GRIETAS LIGERAS PIEL COCOD.	
1+450	PTE.	"	8	16	17	20	24	28		
1+400	CENTRO	"	6	9	11	13	24	28		
1+350	"	"	12	19	22	31	24	29		
1+300	"	"	9	14	15	21	23	29		
1+250	"	"	14	24	27	33	24	29		
1+200	"	"	8	13	14	14	24	30		
1+150	"	"	14	17	18	23	24	30		
1+100	"	"	7	13	14	21	24	30		
1+050	"	"	18	23	25	29	24	31		
1+000	"	"	13	18	22	25	26	31	←	
0+950	"	"	12	17	18	18	27	30	REGULAR	
0+900	"	"	8	12	14	24	26	30	PIEL COCOD.	
0+850	"	"	6	10	12	23	25	30	GRIETAS LIGERAS PIEL COCOD.	
0+800	"	"	14	21	24	35	24	29		
0+750	"	"	16	23	26	34	25	29		
0+700	"	"	12	16	18	25	22	30		
0+650	"	"	7	12	15	17	23	29		
0+600	"	"	21	39	43	60	23	28		←
0+550	"	"	7	11	14	17	24	28		
0+500	"	"	10	17	19	23	23	25		
0+450	"	"	10	18	22	27	23	28		
0+400	"	"	15	24	29	34	24	30		
0+350	"	"	10	17	19	25	24	30	←	
0+300	"	"	8	12	13	17	24	26	REGULAR	
0+250	"	"	15	20	23	26	26	31	PIEL COCOD.	
0+200	"	"	14	22	24	28	27	32	GRIETAS LIGERAS PIEL COCOD.	
0+150	"	"	5	10	12	15	28	30		
0+100	"	"	8	11	14	18	27	28		
0+050	"	"	11	14	16	19	27	28		
0+000	"	"	8	12	15	18	27	30		←

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ)

TRAMO : CALZADA ORIENTE CENTRAL TRAMO A3

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS			TEMPERATURA °C AMBTE. CARPETA	OBSERV.		
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE						
			50 MAX.	100	150				
1+500	CALZ.	EXT.	15	25	28	31	24	36	PIEL COCOD
1+450	OTE.	"	15	28	31	33	24	37	
1+400	CENTRO	"	18	27	29	31	26	36	REGULAR
1+350	"	"	10	17	18	22	26	36	
1+300	"	"	8	12	15	18	25	36	G. LIGERAS REGULAR
1+250	"	"	13	15	16	19	24	38	
1+200	"	"	8	12	13	15	25	38	G. LIGERAS REGULAR
1+150	"	"	9	13	16	19	26	39	
1+100	"	"	8	13	16	19	25	39	G. LIGERAS REGULAR
1+050	"	"	9	10	10	13	25	39	
1+000	"	"	8	15	17	20	25	38	G. LIGERAS REGULAR
0+950	"	"	8	16	21	25	24	39	
0+900	"	"	8	18	18	25	25	38	G. LIGERAS REGULAR
0+850	"	"	8	16	19	20	25	39	
0+800	"	"	9	16	18	20	25	38	G. LIGERAS
0+750	"	"	8	12	15	18	25	39	
0+700	"	"	8	14	17	20	26	38	REGULAR G. LIGERAS PIEL COCOD.
0+650	"	"	13	20	25	29	27	38	
0+600	"	"	10	16	19	19	26	38	
0+550	"	"	10	13	15	17	26	39	
0+500	"	"	12	20	23	23	25	38	
<b>0+450</b>	"	"	10	17	19	24	25	39	
0+400	"	"	13	18	21	23	25	40	
0+350	"	"	12	20	23	27	25	40	
0+300	"	"	15	23	26	30	25	41	
0+250	"	"	12	22	23	25	25	40	
0+200	"	"	13	25	21	21	28	39	
0+150	"	"	15	23	25	25	25	39	
0+100	"	"	10	17	18	20	25	39	
0+050	"	"	8	18	16	18	26	40	
0+000	"	"	10	18	20	22	26	40	

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA PONIENTE LATERAL TRAMO B1

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.
			CMS. DE DISTANCIA ALEJE				AMBE.	CARPETA	
			60 MAX.	100	160				
0+600	CALZ.	EXT.	6	10	18	32	27	32	PIEL COCOD.
0+550	PTE.	"	7	12	15	28	28	33	
0+500	LAT.	"	10	24	31	48	26	34	
0+450	"	"	14	17	20	24	25	32	
0+400	"	"	25	33	35	39	25	33	
0+350	"	"	15	25	29	35	28	31	
0+300	"	"	18	28	31	38	24	31	
0+250	"	"	18	24	34	40	25	33	
0+200	"	"	13	18	17	18	28	33	
0+150	"	"	20	31	34	34	28	33	
0+100	"	"	20	23	23	24	28	34	
0+050	"	"	21	23	24	25	25	34	
0+000	"	"	12	15	18	18	24	36	

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA PONIENTE CENTRAL , TRAMO B2

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

### DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE				AMBTE.	CARPETA	
			60 MAX.	100	150				
0+600	CALZ.	EXT.	4	9	11	19	27	34	REGULAR
0+550	PTE.	"	10	24	34	49	26	34	PIEL COCOD.
0+500	CENTRO	"	14	21	23	28	24	28	G. LIGERAS.
0+450	"	"	8	12	15	19	24	34	PIEL COCOD.
0+400	"	"	7	9	9	12	26	32	REGULAR
0+350	"	"	7	10	11	14	27	34	←
0+300	"	"	5	6	6	7	27	34	GRIETAS
0+250	"	"	5	7	7	7	25	30	LIGERAS
0+200	"	"	6	10	12	14	26	30	PIEL COCOD.
0+150	"	"	12	21	23	23	24	30	
0+100	"	"	9	15	17	18	24	31	
0+050	"	"	10	14	15	15	23	34	
0+000	"	"	12	16	17	17	23	34	←

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA ORIENTE CENTRAL. TRAMO B3

FECHA DE PRUEBA: DICEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C AMBTE. CARPETA	OBSERV.	
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE						
			50 MAX.	100	150				
0+600	CALZ.	EXT.	10	14	16	17	22	34	PIEL COCOD.
0+550	O.TE.	"	8	14	15	16	22	34	GRIETAS
0+500	CENTRO	"	8	15	18	21	23	25	LIGERAS
0+450	"	"	10	18	21	24	22	34	REGULAR
0+400	"	"	8	12	13	14	23	36	G. LIGERAS
0+350	"	"	8	10	11	12	22	37	REGULAR
0+300	"	"	6	11	13	15	22	37	PIEL COCOD.
0+250	"	"	9	15	19	23	23	38	←.J.
0+200	"	"	8	13	14	15	23	37	GRIETAS
0+150	"	"	5	10	13	16	23	37	LIGERAS
0+100	"	"	8	11	12	16	23	38	
0+050	"	"	8	13	16	21	23	39	
0+000	"	"	5	9	10	12	23	38	←.J.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP ACATLÁN  
TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ)

TRAMO : CALZADA PONIENTE LATERAL TRAMO C1

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C	OBSERV.	
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE						
			50 MAX.	100	150	AMBTE. CARPETA			
1+300	CALZ.	EXT.	17	27	32	39	24	36	PIEL COCOD.
1+250	PTE.	"	20	28	30	36	25	30	
1+200	LAT.	"	15	20	22	27	26	36	
1+150	"	"	18	28	30	35	25	34	
1+100	"	"	18	23	25	32	24	34	
1+050	"	"	18	22	25	33	23	36	
1+000	"	"	20	26	30	40	23	34	
0+950	"	"	16	18	20	27	23	34	
0+900	"	"	16	22	25	33	23	34	
0+850	"	"	16	22	26	33	22	34	
0+800	"	"	16	22	23	33	22	34	
0+750	"	"	14	17	18	26	23	36	
0+700	"	"	8	9	10	15	24	34	
0+650	"	"	7	8	9	15	25	33	
0+600	"	"	5	6	7	15	26	32	
0+550	"	"	32	38	41	49	25	30	
0+500	"	"	20	28	45	55	24	32	
0+450	"	"	16	29	34	43	25	35	
0+400	"	"	22	34	40	49	24	32	
0+350	"	"	23	33	37	48	24	30	
0+300	"	"	20	37	44	55	24	30	
0+250	"	"	21	28	30	38	25	31	
0+200	"	"	17	26	30	38	25	34	
0+150	"	"	15	21	25	30	24	35	
0+100	"	"	23	34	38	39	28	34	
0+050	"	"	11	12	13	14	25	33	
0+000	"	"	11	14	14	17	25	30	

← LIGERAS  
GRIETAS  
PIEL COCOD.

← REGULAR

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ)

TRAMO : CALZADA PONIENTE CENTRAL TRAMO C2

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS			TEMPERATURA °C		OBSERV.	
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE			AMBTE.	CARPETA		
			50 MAX.	100	150				
1+300	CALZ.	EXT.	8	12	13	13	26	34	REGULAR
1+250	PTE.	"	0	7	7	7	25	33	
1+200	CENTRO	"	7	10	11	11	27	32	←
1+150	"	"	8	13	13	15	26	32	LIGERAS
1+100	"	"	8	10	10	12	27	33	GRIETAS
1+050	"	"	8	11	11	14	27	34	
1+000	"	"	6	9	10	16	28	34	←
0+950	"	"	9	11	12	16	27	32	REGULAR
0+900	"	"	8	12	14	18	28	31	
0+850	"	"	7	9	9	012	25	32	←
0+800	"	"	9	12	14	14	26	32	LIGERAS
0+750	"	"	6	7	7	7	25	33	GRIETAS
0+700	"	"	8	10	10	10	24	31	REGULAR
0+650	"	"	10	13	14	16	26	31	
0+600	"	"	8	11	13	17	27	34	
0+550	"	"	4	6	7	8	25	34	
0+500	"	"	7	9	10	14	25	35	
0+450	"	"	10	11	11	14	28	34	
0+400	"	"	10	11	12	15	29	34	←
0+350	"	"	8	18	21	25	28	33	G. LIGERAS
0+300	"	"	12	14	14	15	28	34	PIEL COCOD.
<b>0+250</b>	"	"	12	16	17	21	30	34	
0+200	"	"	12	16	18	19	29	36	
0+150	"	"	12	15	15	18	29	36	
0+100	"	"	15	18	23	22	30	35	←
0+050	"	"	11	14	15	17	26	34	REGULAR
0+000	"	"	10	13	15	17	26	34	PIEL COCOD.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA ORIENTE CENTRAL TRAMO C3

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE				AMBTE.	CARPETA	
			50 MAX.	100	150				
1+300	CALZ.	EXT.	24	29	30	41	17	23	GRIETAS
1+250	OE.	"	8	14	14	14	19	24	LIGERAS
1+200	CENTRO	"	10	14	14	16	20	24	PIEL COCOD
1+150	"	"	11	20	22	25	29	24	
1+100	"	"	14	20	21	24	21	24	
1+050	"	"	13	16	18	19	22	25	
1+000	"	"	15	21	23	25	19	26	G. LIGERAS
0+950	"	"	15	20	21	23	19	27	PIEL COCOD
0+900	"	"	8	13	15	16	20	27	G. LIGERAS
0+850	"	"	12	18	20	22	20	28	PIEL COCOD.
0+800	"	"	8	15	16	17	21	27	G. LIGERAS
0+750	"	"	10	17	18	20	22	27	
0+700	"	"	6	9	10	12	19	28	REGULAR
0+650	"	"	4	10	12	14	19	27	
0+600	"	"	9	12	13	14	19	27	
0+550	"	"	8	15	17	20	21	28	
0+500	"	"	10	13	15	18	20	29	
0+450	"	"	5	8	10	12	20	30	
0+400	"	"	6	10	11	15	21	31	
0+350	"	"	7	11	13	18	22	30	
0+300	"	"	10	20	23	29	20	33	
0+250	"	"	10	17	18	21	21	32	
0+200	"	"	6	10	11	15	22	34	
0+150	"	"	5	12	13	15	24	34	
0+100	"	"	10	16	17	20	24	34	
0+050	"	"	8	11	12	14	23	36	
0+000	"	"	7	10	11	12	24	36	



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

**OBRA :** AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

**TRAMO :** CALZADA PONIENTE CENTRAL TRAMO D2

**FECHA DE PRUEBA:** DICIEMBRE DE 1991

## DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS				TEMPERATURA °C		OBSERV.
			CMS. DE DISTANCIA ALEJE				AMBTE.	CARPETA	
			50 MAX.	100	150				
1+400	CALZ.	EXT.	7	10	12	12	29	34	G. LIGERAS.
1+350	PTE,	"	8	10	10	10	27	35	REGULAR
1+300	CENTRO	"	8	13	14	17	27	36	PIEL COCOD.
1+250	"	"	8	12	12	17	26	36	REGULAR
1+200	"	"	10	11	11	11	27	34	G. LIGERAS.
1+150	"	"	13	20	23	30	26	36	PIEL COCOD.
1+100	"	"	12	15	17	22	28	36	
1+050	"	"	12	16	17	20	27	36	
1+000	"	"	15	20	22	27	29	37	
0+950	"	"	13	20	22	28	29	37	
0+900	"	"	8	8	8	8	25	36	
0+850	"	"	12	17	20	27	24	36	
0+800	"	"	14	20	24	33	26	35	←- - - - -
0+750	"	"	7	13	16	24	27	36	REGULAR
0+700	"	"	8	12	14	17	25	36	←- - - - -
0+650	"	"	23	31	36	43	27	37	PIEL COCOD.
0+600	"	"	7	10	13	18	28	37	REGULAR
0+550	"	"	10	16	19	28	29	37	PIEL COCOD.
0+500	"	"	20	32	38	49	28	36	
0+450	"	"	8	13	17	30	28	37	
0+400	"	"	18	24	24	25	25	37	
0+350	"	"	10	17	22	37	22	47	
0+300	"	"	7	10	18	37	26	36	
0+250	"	"	11	23	32	54	27	37	
0+200	"	"	13	22	30	48	29	37	
0+150	"	"	12	20	28	48	29	38	
0+100	"	"	16	25	32	46	28	38	
0+050	"	"	8	13	17	30	28	37	
0+000	"	"	18	24	24	25	25	37	←- - - - -

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENEP

ACATLÁN

TESIS PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA : AVENIDA CENTRAL (CARLOS HANK GONZÁLEZ).

TRAMO : CALZADA ORIENTE CENTRAL. TRAMO D3

FECHA DE PRUEBA: DICIEMBRE DE 1991

### DEFLEXIÓN DEL PAVIMENTO POR MEDIO DE LA "VIGA BENKELMAN"

KILÓMETRO	CUERPO	RODADA	LECTURAS			TEMPERATURA °C		OBSERV.	
			CMS. DE DISTANCIA AL EJE			AMBTE.	CARPETA		
			50 MAX.	100	150				
1+400	CALZ.	EXT.	15	22	29	47	14	18	PIEL COCOD.
1+350	OTE.	"	9	2	28	47	14	14	
1+300	CENTRO	"	7	15	23	38	14	15	←-J-
1+250	"	"	7	15	22	37	16	18	GRIETAS
1+200	"	"	9	16	20	35	16	19	LIGERAS
1+150	"	"	12	23	29	40	15	18	PIEL COCOD.
1+100	"	"	9	18	27	60	15	18	←-J-
1+050	"	"	7	15	18	28	15	17	REGULAR
1+000	"	"	10	16	18	27	15	18	
0+950	"	"	6	12	14	18	15	19	←-J-
0+900	"	"	8	15	17	23	17	18	PIEL COCOD.
0+850	"	"	20	22	26	34	17	19	
0+800	"	"	7	12	14	21	17	18	
0+750	"	"	12	25	29	38	18	20	
0+700	"	"	13	22	25	35	17	20	
0+650	"	"	12	16	17	22	16	19	
0+600	"	"	8	15	26	22	17	20	
0+550	"	"	12	20	25	33	17	20	
0+500	"	"	14	22	28	33	17	21	
0+450	"	"	10	15	16	20	16	20	←-J-
0+400	"	"	12	20	23	29	18	19	G. LIGERAS
0+350	"	"	14	23	26	32	18	20	PIEL COCOD.
0+300	"	"	12	18	19	22	16	21	
0+250	"	"	4	8	10	10	18	20	
0+200	"	"	17	22	22	28	16	22	
0+150	"	"	15	25	27	30	17	18	
0+100	"	"	12	17	29	21	16	19	
0+050	"	"	13	19	21	25	16	20	
0+000	"	"	9	17	19	20	17	21	←-J-

# **ANEXO II**

**"COEFICIENTES DE DAÑO"**



**A2** Automóvil

Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		$\rho$ , kg/cm <sup>3</sup>	$d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 <sup>a</sup>	1,0	0,6	3,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	
2 <sup>a</sup>	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

Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		$\rho$ , kg/cm <sup>3</sup>	$d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 <sup>a</sup>	1,7	1,3	4,6	0,268	0,003	0,000	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000	
2 <sup>a</sup>	3,8	1,2	4,6	0,268	0,061	0,023	0,015	0,268	0,001	0,000	0,000	
$\Sigma$	5,5	2,5		0,536	0,064	0,023	0,015	0,536	0,002	0,000	0,000	



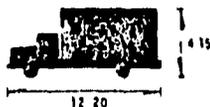
**B2** Autobús de dos ejes

Camino A, B, C	Conjunto	Peso, en ton		$\rho$ , kg/cm <sup>3</sup>	$d_m$ = Coeficiente daño bajo carga máxima				$d_v$ = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
Camino A	1 <sup>a</sup>	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,001	0,010
	2 <sup>a</sup>	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,679	0,501	0,433
	$\Sigma$	15,5	10,5		2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,757	0,502	0,443
Camino B	1 <sup>a</sup>	5,0	3,5	5,8	1,008	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,001	0,010
	2 <sup>a</sup>	9,0	6,5	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,558	0,359	0,292
	$\Sigma$	14,0	10,0		2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,637	0,360	0,302
Camino C	1 <sup>a</sup>	4,0	3,0	5,8	1,000	0,126	0,002	0,021	1,000	0,044	0,009	0,004
	2 <sup>a</sup>	8,0	6,0	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,448	0,249	0,190
	$\Sigma$	12,0	9,0		2,000	1,070	0,902	0,899	2,000	0,492	0,258	0,194

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

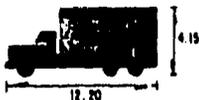
- \*EJE SENCILLO
- \*\*EJE TANDEM
- \*\*\*EJE TRIPLE

Fig D1. Coeficientes de daño



**C2** Camión de dos ejes

Camión	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=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
Camión A	1 <sup>n</sup>	5.5	3.5	5.8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
	2 <sup>n</sup>	10.0	3.0	5.8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004
	Σ	15.5	6.5		2,000	1,890	2,457	2,939	2,000	0,123	0,028	0,014
Camión B	1 <sup>n</sup>	5.0	3.0	5.8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,044	0,009	0,004
	2 <sup>n</sup>	9.0	3.0	5.8	1,000	1,214	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004
	Σ	14.0	6.0		2,000	1,475	1,589	1,701	2,000	0,088	0,018	0,008
Camión C	1 <sup>n</sup>	4.0	2.5	5.8	1,000	0,126	0,036	0,021	1,000	0,022	0,003	0,002
	2 <sup>n</sup>	8.0	2.5	5.8	1,000	8,944	0,900	0,878	1,000	0,022	0,003	0,002
	Σ	12.0	5.0		2,000	1,070	0,936	0,899	2,000	0,044	0,006	0,004



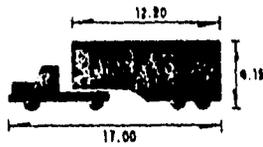
**C3** Camión de tres ejes

Camión	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=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
Camión A	1 <sup>n</sup>	5.5	4.0	5.8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 <sup>n</sup>	10.0	4.5	5.8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002
	Σ	15.5	8.5		3,000	2,817	2,457	2,940	3,000	0,154	0,039	0,023
Camión B	1 <sup>n</sup>	5.0	3.0	5.8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,186	0,028	0,016
	2 <sup>n</sup>	15.0	4.2	5.8	2,000	1,615	3,072	1,089	2,000	0,021	0,002	0,001
	Σ	20.0	7.2		3,000	1,876	3,178	1,160	3,000	0,127	0,030	0,017
Camión C	1 <sup>n</sup>	4.8	3.5	5.4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,068	0,018	0,010
	2 <sup>n</sup>	14.0	4.0	5.4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,015	0,002	0,001
	Σ	18.8	7.5		1,999	1,190	0,756	0,756	1,999	0,083	0,020	0,011

↕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

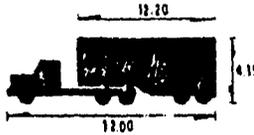
Fig D3. Coeficientes de daño



**T2-S2**

Tractor de dos ejes con  
semirremolque de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		h, kg/cm <sup>2</sup>	d <sub>m</sub> = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d <sub>v</sub> = Coeficiente de daño vacío			
		†Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
Camino A	1 <sup>ra</sup>	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 <sup>da</sup>	10,0	3,5	5,8	1,000	1,541	2,290	2,020	1,000	0,079	0,019	0,010
	3 <sup>ra</sup>	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,021	2,000	0,017	0,002	0,001
	Σ	33,5	11,5		4,000	4,358	4,747	5,760	4,000	0,222	0,057	0,032
Camino B	1 <sup>ra</sup>	5,0	3,4	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,071	0,016	0,009
	2 <sup>da</sup>	9,0	3,4	5,8	1,000	1,234	1,481	1,610	1,000	0,071	0,016	0,009
	3 <sup>ra</sup>	15,0	3,7	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,012	0,001	0,001
	Σ	29,0	10,5		4,000	3,110	2,661	2,790	4,000	0,154	0,033	0,019



**T3-S2**

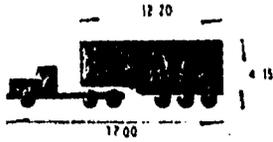
Tractor de tres ejes con  
semirremolque de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		h, kg/cm <sup>2</sup>	d <sub>m</sub> = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d <sub>v</sub> = Coeficiente de daño vacío			
		†Carga máxima	Vacío		z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
Camino A	1 <sup>ra</sup>	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 <sup>da</sup>	10,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,021	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 <sup>ra</sup>	10,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,021	2,000	0,017	0,002	0,001
	Σ	41,50	12,0		5,000	5,285	4,747	5,761	5,000	0,160	0,040	0,023
Camino B	1 <sup>ra</sup>	6,0	3,3	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,019	0,010
	2 <sup>da</sup>	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 <sup>ra</sup>	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001
	Σ	36,0	11,5		5,000	3,491	2,250	2,249	5,000	0,113	0,023	0,012

†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

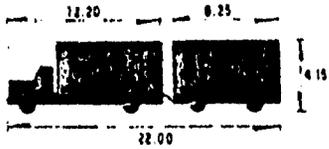
Fig D5. Coeficientes de daño



T3-S3

Tractor de tres ejes con  
semirremolque de tres ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			$\uparrow d_m$ = Coeficiente de daño bajo carga máxima				$d_v$ = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacio	p, kg/cm <sup>2</sup>	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
					1	2	3	4	5	6		
1	1	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
2	2	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
3	3	22,5	5,0	5,8	3,000	2,422	2,289	2,818	3,000	0,011	0,002	0,001
I	I	46,0	13,0		6,000	5,239	4,746	5,758	6,000	0,154	0,040	0,021



C2-R2

Camión de dos ejes con  
remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			$\uparrow d_m$ = Coeficiente de daño bajo carga máxima				$d_v$ = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacio	p, kg/cm <sup>2</sup>	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
					1	2	3	4	5	6		
1	1	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
2	2	10,0	3,0	5,8	2,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004
3	3	10,0	2,8	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
4	4	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
I	I	35,5	10,5		4,000	4,972	7,037	8,579	4,000	0,141	0,030	0,014

†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 TANDEN
- \*\*\*EJE TRIPLE

Fig D6. Coeficientes de daño

# **ANEXO III**

**"CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA"**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ENEP                      ACATLAN

TESIS      PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA:                      AV.CENTRAL ( CARLOS HANK GONZALEZ )  
TRAMO:                    CALZADA PONIENTE LATERAL

**TABLA SOLUCIÓN AL DRENAJE PLUVIAL**

CADENAMIENTO		TUBERIA DE CONCRETO		PENDIENTE (AL MILLAR)	UBICACIÓN
DEL KM	AL KM	DIAMETRO (CMS)	TIPO		
0+260	2+970	30	SIMPLE	2	BANQUETA
3+100	3+300	45	"	"	CAMELLON LATERAL
3+300	3+530	38	"	"	"
3+530	3+750	30	"	"	"
3+750	3+900	38	"	"	"
3+900	4+130	30	"	"	"
4+130	4+300	38	"	"	"
4+300	4+730	30	"	"	"
4+730	5+030	38	"	"	"
5+030	5+125	45	"	"	"
5+125	5+215	38	"	"	"
5+215	5+310	30	"	3	"
5+310	5+405	30	"	2	"
5+405	5+790	38	"	"	"
5+790	5+672	30	"	3	"
5+672	5+858	30	"	2	"
5+858	6+068	38	"	"	"
6+068	6+166	30	"	3	"
6+166	6+362	30	"	2	"
6+362	6+558	38	"	"	"
6+558	6+656	30	"	3	"
6+656	6+852	30	"	2	"
6+852	6+950	30	"	4	"
6+950	7+045	30	"	2	"
7+045	7+241	38	"	"	"
7+241	7+241	30	"	3	"
7+241	7+339	30	"	2	BANQUETA
7+339	7+900	30	"	"	CAMELLON LATERAL
7+900	7+600	38	"	"	"
7+600	7+900	30	"	"	BANQUETA
7+900	8+100	38	"	"	"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

ENEP                      ACATLAN

TESIS      PROFESIONAL  
ALBERTO LEDESMA CISNEROS

OBRA:                      AV.CENTRAL ( CARLOS HANK GONZALEZ )  
TRAMO:                    CALZADA PONIENTE LATERAL

**TABLA SOLUCIÓN AL DRENAJE PLUVIAL**

CADENAMIENTO		TUBERIA DE CONCRETO		PENDIENTE (AL MILLAR)	UBICACIÓN
		DIAMETRO (CMS)	TIPO		
DEL KM	AL KM				
0+100	0+200	30	SIMPLE	5	CAMELLON LATERAL
0+200	0+300	"	"	4	"
0+300	0+650	38	"	2	"
0+650	0+720	45	"	"	"
0+720	0+830	30	"	5	"
0+830	0+940	"	"	2	"
0+940	1+145	"	"	3	"
1+145	1+333	"	"	2	"
1+333	1+439	"	"	3	"
1+439	2+870	"	"	2	"
2+870	0+720	"	"	7	"
0+720	0+823	"	"	3.4	BANQUETA
0+823	0+933	45	"	3.6	"
0+933	1+048	"	"	3.8	"
1+048	1+138	30	"	3	"
1+138	1+532	"	"	2	"
1+532	1+622	"	"	6	"
1+622	2+870	"	"	2	"
2+870	3+125	"	"	7	"
3+125	3+400	"	"	2	CAMELLON LATERAL
3+400	3+800	38	"	"	"
3+800	3+700	"	"	3	"
3+700	4+130	30	"	2	"
4+130	4+205	"	"	3	"
4+205	3+400	"	"	2	"
3+400	5+220	"	"	"	BANQUETA
5+220	6+815	"	"	"	"
6+815	4+985	"	"	"	"
4+985	5+078	"	"	3	CAMELLON LATERAL
5+078	5+155	"	"	2	"
5+155	5+211	38	"	"	"





## BIBLIOGRAFIA.

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.  
*"Lineamientos para la Evaluación de Pavimentos Flexibles de Carreteras".*  
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.  
Subsecretaría de Infraestructura.  
Dirección General de Servicios Técnicos  
México 1988.
  
- ING. GONZALEZ MARTINEZ ROBERTO, ING. CASTAÑEDA DE ISLA PUGA JAIME ERIC e  
ING. ALBARRAN ASCENCIO JOSE ALBERTO.  
*"Diseño de Refuerzos para Pavimentas en Carreteras Análisis Mediante Deflexiones (Método de California)".*  
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.  
Departamento de Proyectos.  
Oficina de Geotécnica y Proyecto de Pavimentos  
México 1978.
  
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
*"Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras".*  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.  
Subsecretaría de Obras Públicas.  
Dirección General de Servicios Técnicos.  
México, 1980.
  
- ALFONSO RICO y HERMILO DEL CASTILLO  
*"La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres". tomo I*  
Limusa  
México, 1987.
  
- ALFONSO RICO y HERMILO DEL CASTILLO  
*"La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres". tomo II*  
Limusa  
México, 1987.
  
- EULALIO JUÁREZ BADILLO y ALFONSO RICO RODRIGUEZ  
*"Mecánica de Suelos." tomos I, II y III*  
Limusa  
México, 1986.
  
- LAMBE, P. W. WHITMAN, R. V.  
*"Mecánica de Suelos"*  
Limusa - Wiley, S. A.  
México, 1972

- JIMÉNEZ SALAS, J. A. y JUSTO ALPAÑES, J. L.  
*"Geotécnica y Cimientos" tomo I*  
 Rueda  
 Madrid, 1971
  
- MARGAL, R. J. MORENO, E. NÚÑES, A. CUELLAR, R. y MORENO, R.  
*"Investigación Sobre el Comportamiento de Suelos Granulares y Muestras de Enrocamiento".*  
 C. F. E.  
 México, 1965
  
- CORRO, S. y PRADO, G.  
*"Análisis del Comportamiento Estructural de Pavimentos Flexibles en la Pista Circular"*  
 Publicación del Instituto de Ingeniería de la UNAM  
 México, 1972
  
- CORRO, S. y PRADO, G.  
*"Diseño de Pavimentos Flexibles"*  
 Publicación del Instituto de Ingeniería de la UNAM  
 México, 1970
  
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
*"Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas. Materiales para Terracerías".*  
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
 libro 6.01.01  
 México, 1986
  
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
*"Normas para Construcción e Instalaciones; Carreteras y Aeropistas. Pavimentos".*  
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
 libro 3.01.03  
 México, 1983
  
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
*"Normas de Servicios Técnicos; Proyecto Geométrico. Carreteras".*  
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
 libro 2.01.01  
 México, 1984
  
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
*"Normas Para Muestreo y Pruebas de los Materiales Equipos y Sistemas; Parte 6.01 Carreteras y Aeropistas Título 6.01.03 Pavimentos (II) tomo I"*  
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
 libro 6.01.03  
 México, 1991