

23



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**METODOLOGIA PARA LA MODERNIZACION DE LA  
CARRETERA MEXICO - VERACRUZ TRAMO PUEBLA -  
ORIZABA., APLICADA A LA SECCION ESTRUCTURAL  
DEL PAVIMENTO.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A N :**

AYALA AGUILAR, CARLOS

SABIDO CASTILLO, CARLOS FERNANDO

México, D. F.

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENAMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-35

Señores CARLOS AYALA AGUILAR y  
CARLOS FERNANDO SABIDO CASTILLO,  
Presentes .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Gabriel García Altamirano, para que lo desarrollen como TRABAJO ESCRITO en opción de tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"METODOLOGIA PARA LA MODERNIZACION DE UNA CARRETERA  
APLICADA AL PAVIMENTO"

- I. Introducción.
- II. Estudios previos, de características geométricas, de tránsito, geotécnicos del terreno natural y bancos de materiales.
- III. Análisis de alternativas de secciones estructurales.
- IV. Proyecto ejecutivo para su construcción.
- V. Conclusiones.

Ruego a ustedes se sirvan tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberán prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares del trabajo escrito, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 7 de febrero de 1986  
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

①  
OARCH/ROCH/sho.

METODOLOGIA PARA LA MODERNIZACION DE LA CARRETERA MEXICO-  
VERACRUZ TRAMO FUEFLA-ORIZABA, APLICADA A LA SECCION ESTRUC-  
TURAL DEL PAVIMENTO.

I N D I C E

INTRODUCCION.

OBJETIVO DE LA TESIS.

CAP. I.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA EN DONDE SE DESARROLLA  
EL PROYECTO.

I.1.- LOCALIZACION.

I.2.- GEOLOGIA REGIONAL.

I.3.- GEOLOGIA LOCAL.

I.4.- TOPOGRAFIA.

I.5.- CLIMA.

CAP. II.- NECESIDADES DE LA MODERNIZACION.

II.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA SECCION  
ESTRUCTURAL.

II.2.- OBRAS DE DRENAJE.

CAP. III.- ESTUDIOS GEOTECNICOS.

III.1.- CONSIDERACIONES PARA LA LOCALIZACION Y  
SELECCION DE BANCOS DE MATERIALES.

III.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA BANCOS DE MATE-  
RIALES A EMPLEARSE EN EL CUERPO DE TERRA-  
PLEN Y CAPA SUBRASANTE.

III.3.- EVALUACION CUALITATIVA DEL CUERPO ACTUAL  
DEL PAVIMENTO.

III.4.- ESTUDIOS GEOTECNICOS DE BANCOS DE MATE-

## RIALES PARA PAVIMENTO.

- CAP. IV.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE LA SECCION ESTRUCTURAL.
- IV.1.- POR EL METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM.
- IV.2.- POR EL METODO DEL INSTITUTO DE ASPALTOS DE NORTEAMERICA.
- IV.3.- POR EL METODO PORTER MODIFICADO.
- IV.4.- SELECCION DE ALTERNATIVAS.
- CAP. V.- PROYECTO EJECUTIVO PARA SU CONSTRUCCION.
- V.1.- TERRACERIAS.
- V.2.- PAVIMENTO.
- V.3.- CUNETAS DEL CAMELLON CENTRAL.
- V.4.- GUARNICION CENTRAL.

## BIBLIOGRAFIA

## I N T R O D U C C I O N

Dada la importancia que tiene la comunicación entre un punto y otro dentro de la República Mexicana y el crecimiento de las poblaciones que requieren de un mayor número de vehículos para su transportación, han dado como resultado la saturación de algunos caminos existentes dentro de la red carretera nacional, es por ésta razón, por lo que las primeras carreteras que se diseñaron para ir formando dicha red, han quedado obsoletas, por lo que se han tenido que ir modernizando para cumplir su verdadero objetivo, que es el de brindar un buen servicio al usuario, es por ello que en éste trabajo se enfoca el tema de la ampliación de una carretera aplicada a la sección estructural del pavimento.

## OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo de la tesis, es establecer una metodología respecto a los estudios que se deben realizar para la modernización de una carretera en lo que respecta a la sección estructural del pavimento.

Dado que para la realización de un nuevo camino o una ampliación, se requiere de estudios previos para su proyecto, en este trabajo, se muestran solamente los estudios que hacen falta para poder fundamentar su ampliación y diseñar su sección estructural o pavimento.

La forma de llevar a cabo este trabajo es ejemplificándolo por medio del tramo de la carretera México-Veracruz del Km. 170+000 al 190+000 con origen en México, en el que actualmente se está construyendo la ampliación del mismo, del lado derecho de la sección actual.

## I.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA EN DONDE SE ENCUENTRA LA CARRETERA

**LOCALIZACION:** El tramo se localiza en el Estado de Puebla, entre los paralelos  $18^{\circ}45'$  y  $19^{\circ}15'$  de Latitud Norte y los meridianos  $97^{\circ}45'$  y  $98^{\circ}15'$  de Longitud Oeste, como se muestra en la figura I-1.

**GEOLOGIA REGIONAL:** El tramo se encuentra dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, caracterizada por afloramientos de rocas ígneas extrusivas de composición andesítica y algunas aisladas de volcanismo riolítico; también se encuentran rocas sedimentarias del cretácico superior que forman parte del sector Sur de la Sierra Madre Oriental, las rocas aflorantes son calizas.

**GEOLOGIA LOCAL:** Está formada por tobas y cenizas volcánicas; el suelo del terreno natural es limo-arenoso, de baja compacidad en toda la línea del camino.

**TOPOGRAFIA:** El trazo del tramo estudiado se localiza en una zona plana. Las altitudes sobre el nivel del mar varían entre 2,200 m. y 2,600 m.

**CLIMA:** El clima de la zona es tipo mexicano, que de acuerdo a la clasificación Köppen - Geiger es del tipo (CwH), el significado de cada una de las letras es:

C = clima templado caluroso. Temperatura media del mes más frío entre  $18^{\circ}$  y  $-3^{\circ}\text{C}$

w = tiempo seco en invierno

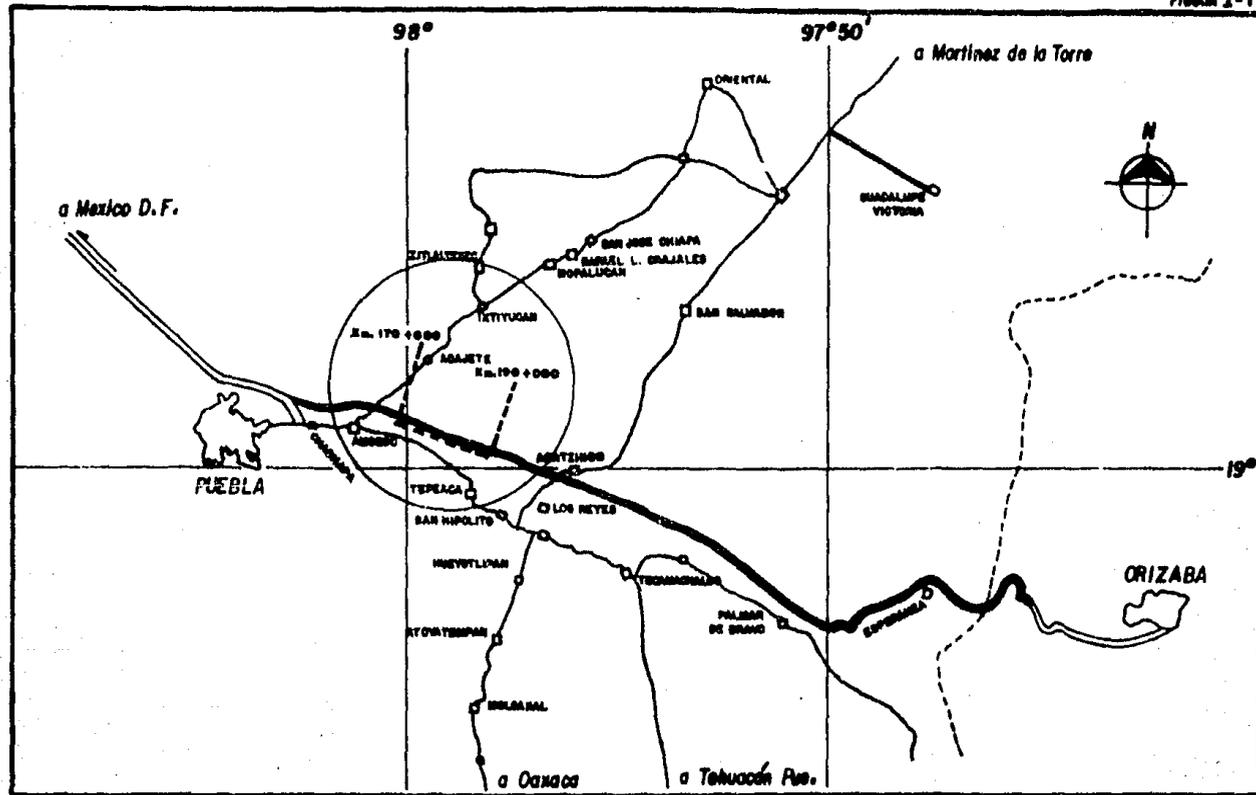
H = clima de montaña. Extremoso, tipo alpino

## II.- NECESIDADES DE LA MODERNIZACION.

La carretera México-Veracruz es la vía más directa que comunica el sureste del país con el Distrito Federal, y por ende, el vínculo por donde se les puede dar más fácilmente acceso a los alimentos y productos marítimos que provienen de dicha región, esto, aunado al incremento del peso de los tractores y el alto número de vehículos que circulan actualmente, así como el hecho de ser el camino por el cual se comunica a las zonas de amplia captación turística, dan como resultado un enorme volumen de tránsito. Ahora bien, en la época en que se construyó la carretera, los factores antes mencionados no eran de tal magnitud; al aumentar los vehículos se ha tenido como resultado que a todo lo largo de la carretera se tengan problemas de capacidad en lo que respecta al número máximo de vehículos, problemas de tránsito, accidentes, altos costos de operación, de consumo y de tiempos de recorrido.

Son estos los motivos por los cuales es necesario realizar el proyecto de modernización para incrementar la capacidad y el nivel de servicio (que posteriormente se definirá) debido a las condiciones actuales y futuras del tránsito que demandan un mejor y más eficiente servicio.

La modernización de la carretera quedará debidamente fundamentada mediante un análisis de capacidad y nivel de servicio que a continuación se presenta.



CARRETERA	MEXICO - VERACRUZ	TRAMO	PUEBLA - ORIZABA
SUB TRAMO	PUEBLA - ESPERANZA DEL KM 101000 100+000	ORIGEN	MEXICO, D.F.

TESIS PROFESIONAL  
CROQUIS DE LOCALIZACION  
UNAM  
MEXICO D.F.

Para la determinación del nivel de servicio actual de la carretera Puebla-Orizaba, se empleará una metodología simplicada que publicó la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para carreteras de dos carriles. Para el desarrollo de éste método, se requieren de ciertos datos como son; el tránsito diario promedio anual (volumen de demanda), la clasificación del tránsito (tipo de vehículos) y el tipo de terreno en que se desarrolla la carretera (terreno plano, lomerío o montañoso).

Los resultados de la cantidad y características del tránsito son: 10,500 vehículos, la clasificación del tránsito es: A=56%, B=9%, C=35%, estas cantidades se hallan en el volumen de datos viales que anualmente edita la Subdirección de Ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Para saber en que tipo de terreno se desarrolla la carretera se tiene que hacer un recorrido físicamente y en nuestro tramo se vió que es del tipo de terreno plano.

Para mayor claridad de algunos conceptos que se utilizan en éste método, a continuación se definen.

**CAPACIDAD:** Es el número máximo de vehículos por unidad de tiempo (generalmente una hora) que razonablemente puede esperarse que pase por un tramo, bajo las condiciones importantes del camino y del tránsito.

**NIVEL DE SERVICIO:** Es una medida que determina la calidad del flujo cualitativamente, del efecto que pueden tener en la capacidad muchos factores, tales como la velocidad, el

tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de maniobras, la seguridad, etc. Los niveles de servicio se definen mediante letras que van de la "A" a la "F", el significado de cada uno de los niveles se indican a continuación:

**NIVEL DE SERVICIO "A".-** Condiciones de flujo libre, con muy bajos volúmenes de vehículos respecto al ancho de la corona y altas velocidades. Hay poca o nula limitación de maniobras por la presencia de otros vehículos.

**NIVEL DE SERVICIO "B".-** Condiciones de flujo estable en los que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tránsito.

**NIVEL DE SERVICIO "C".-** Corresponde a un flujo estable pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes de tránsito.

**NIVEL DE SERVICIO "D".-** Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectados por los cambios en las condiciones del tránsito.

**NIVEL DE SERVICIO "E".-** A éste nivel se le conoce como capacidad, representa una operación a menores velocidades que en el nivel de servicio "D", con volúmenes que se acercan a la saturación del tramo.

La secuencia a seguir para determinar la capacidad y el nivel de servicio es la siguiente.

Mediante la clasificación del tránsito se obtienen los

porcentajes de autobuses y camiones que pasan por la carretera, estos porcentajes son 9% y 35% respectivamente, con estos valores se entra al monograma de la tabla II-1 que como ya se mencionó es para terreno tipo plano, los porcentajes de autobuses y camiones se marcan en las escalas de la derecha e izquierda respectivamente. Estos dos puntos se unen mediante una línea recta, la cual interseca la escala central correspondiendo dicho punto al factor de ajuste para autobuses y camiones  $T=TL \times BL$ , siendo de 0.61, ahora con el valor de ajuste obtenido, nos apoyamos de la tabla II-2 para obtener el volumen de servicio que le corresponde a cada nivel, esto se obtiene multiplicando el factor de ajuste por las expresiones que se encuentran en la quinta columna del cuadro que pertenece al tipo de terreno plano, realizando dichas operaciones obtenemos los siguientes volúmenes de servicio para cada nivel.

$$A = 3,640 (0.61) = 2,220 \text{ veh/día}$$

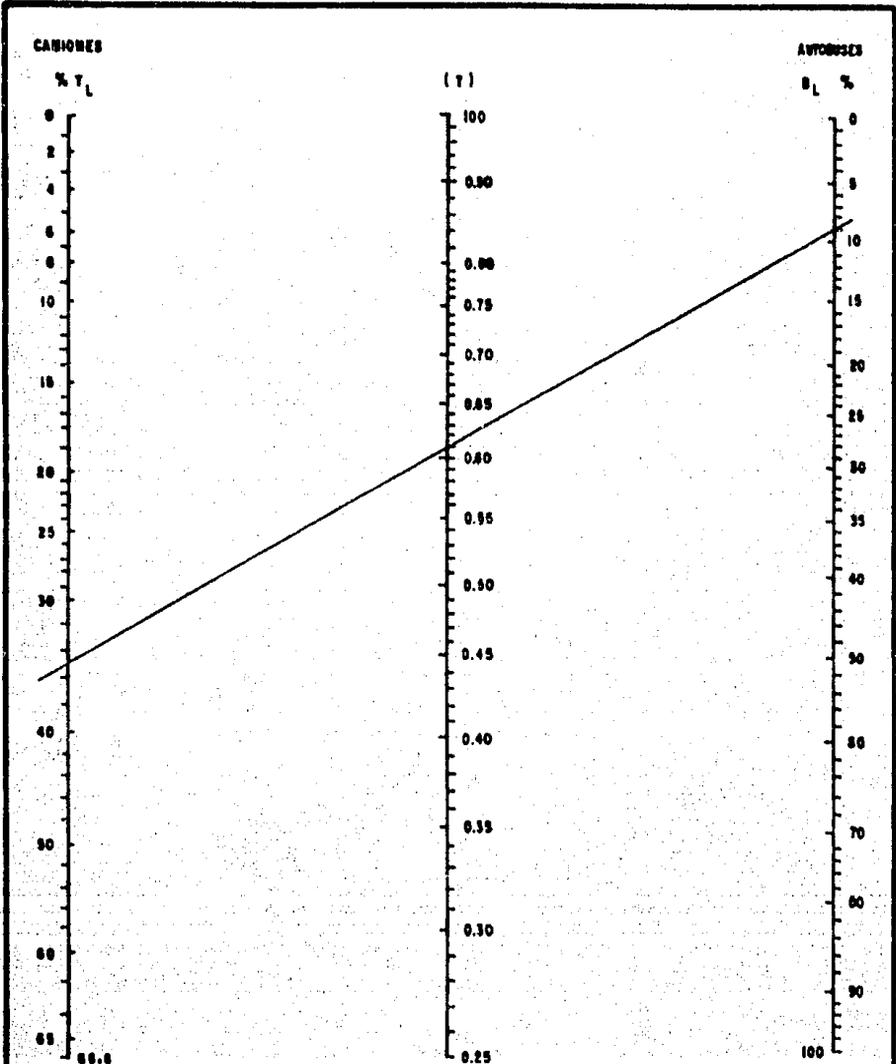
$$B = 6,920 (0.61) = 4,221 \text{ veh/día}$$

$$C = 10,920 (0.61) = 6,661 \text{ veh/día}$$

$$D = 14,560 (0.61) = 8,882 \text{ veh/día}$$

$$E = 18,600 (0.61) = 11,386 \text{ veh/día}$$

y el volumen de demanda (TDPA), como ya se mencionó es de 10,500 veh/día. Ahora, comparando el volumen de demanda con los volúmenes de servicio se aprecia que prácticamente se ha llegado al nivel de servicio "E", que es la capacidad total de la carretera, y dado que ésta carretera es de gran impor-



NOMOGRAMA PARA OBTENER  
 EL FACTOR DE AJUSTE "T"  
 (Terreno plano)  $E_T = 2.5$   $E_B = 20$

TIPO DE TERRENO PARAMETROS NIVEL DE SERVICIO	PLANO					LOMERIO					MONTAÑOSO						
	DVR	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} \cdot \frac{V}{C} \cdot W$	DVR	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} \cdot \frac{V}{C} \cdot W$	DVR	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} \cdot \frac{V}{C} \cdot W$		
"A"	90%	0.1955	0.93	0.10	3,640 T	80%	0.1255	0.81	0.10	2,030 T	0.75	0.10			----		
"B"	80%	0.3720			6,920 T	60%	0.2690			4,680 T					20%	0.1885	2,800 T
"C"	50%	0.5970			10,920 T	40%	0.4815			7,800 T					20%	0.2055	3,080 T
"D"	40%	0.7830			14,560 T	30%	0.3260			10,140 T					20%	0.3455	5,180 T
"E"		1.0000			18,600 T		1.0000			16,200 T						1.0000	15,000 T

T = Factor de ajuste por autobuses y camiones =  $B_L \cdot T_L$

$$VS = \frac{2000}{K} \cdot \frac{V}{C} \cdot W \cdot B_L \cdot T_L$$

VS = Volumen de Servicio en vehículos por día

DVR = Distancia de visibilidad de Rebase (%)

$\frac{V}{C}$  = Volumen / Capacidad

W = Factor de ajuste por ancho de carril y  
Distancia a obstáculos laterales

K = Volumen Horario / Tránsito Promedio Diario Anual

TABLA II - 2 VOLUMEN DE SERVICIO EN FUNCION DEL FACTOR DE AJUSTE "T"

tancia para el país por lo anteriormente mencionado queda justificada la modernización de la carretera México-Veracruz por lo menos a cuatro carriles, dos en cada sentido.

Por otra parte, los volúmenes de servicio correspondientes a cuatro carriles serán el doble de los volúmenes analizados para dos carriles, obteniéndose los siguientes volúmenes de servicio.

$$A = 2,220 \text{ veh/día} \times 2 = 4,440 \text{ veh/día}$$

$$B = 4,221 \text{ veh/día} \times 2 = 8,442 \text{ veh/día}$$

$$C = 6,661 \text{ veh/día} \times 2 = 13,322 \text{ veh/día}$$

$$D = 8,882 \text{ veh/día} \times 2 = 17,764 \text{ veh/día}$$

$$E = 11,386 \text{ veh/día} \times 2 = 22,772 \text{ veh/día}$$

De lo anterior se observa que con la modernización el nivel de servicio que prácticamente se encontraba en la capacidad de la carretera se eleva al nivel de servicio "B".

Ahora bien, el tiempo (n, en años) que se necesita para que se presente la saturación del camino se determina como sigue; considerando una tasa de crecimiento  $t=7\%$  anual y el TDPA= 10,500 veh/día. Que sustituyéndolos en la expresión  $\text{TDPA} \times (1 + r)^n$  y tabulando se obtiene que para  $n=11$  años se llega a un volumen de servicio de 22,100 veh/día, que es aproximadamente la capacidad de la carretera.

## II.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA SECCION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA.

Por medio de un estudio topográfico que queda fuera del alcance de este trabajo y tomando en cuenta las especificaciones geométricas para caminos de primer orden contenidas en las Normas de Servicios Técnicos para Proyectos Geométricos, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se dimensiono la sección geométrica tipo, que se muestra en la figura II-3.

La rasante actual cumple con las especificaciones de alineamiento vertical, por lo que la rasante de la ampliación será aproximadamente la misma que la del cuerpo actual.

Lo anterior trae como consecuencia que la sección tipo esté en terraplén con una altura promedio entre el terreno natural y la subrasante de 1.20 mts.

## II.2.- OBRAS DE DRENAJE.

Para conocer el estado actual de las obras de drenaje menor, se hizo un recorrido en donde se pudo apreciar que dichas obras están formadas por un tubo de concreto de 0.90 cm. de diámetro desplantadas sobre el terreno natural y localizadas aproximadamente a cada 200 mts. de distancia, la mayoría se encuentra en buen estado y son suficientes, solo algunos tubos están parcialmente azolvados, por lo que habrán de limpiarse.

En base a lo anterior, solo se prolongarán las obras existentes de modo que atraviese el nuevo cuerpo. (fotos 1y2)

# Sección Geométrica Tipo

Anotaciones en metros sin escala.

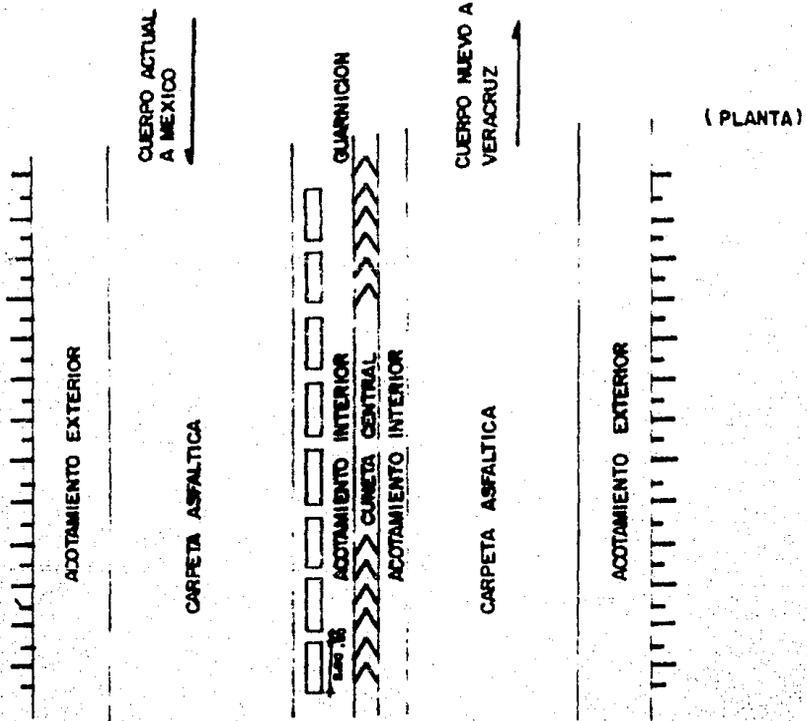
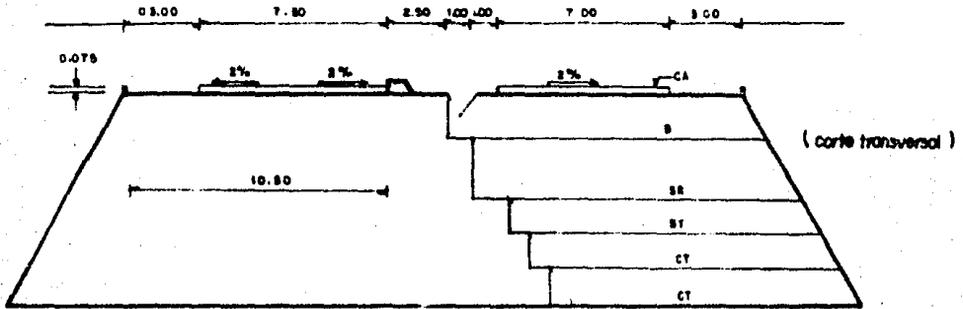


FIGURA II-3



FOTOGRAFIA No.1 - Vista longitudinal de la ampliación de las obras de drenaje menor, localización Km. 174 + 200



FOTOGRAFIA No.2 - Vista transversal en donde se aprecia el diámetro de las obras de drenaje menor, ubicación Km. 174 + 200

### III.- ESTUDIOS GEOTECNICOS.

Se dá el nombre de estudios geotécnicos al conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que conducen a las recomendaciones y conclusiones necesarias para establecer las normas geotécnicas a las que han de someterse los proyectos ejecutivos y los procedimientos de construcción a utilizar en la vía terrestre. La importancia de la realización de los estudios, radica en que a través de los resultados obtenidos y su debida interpretación se debe proporcionar la información sobre el terreno de cimentación y uso adecuado de los materiales encontrados, señalando los tratamientos que se requieren en todos los suelos y rocas por usar, dicha información debe presentarse en forma clara y sencilla interpretando las características encontradas en el campo.

Dado que la sección tipo está en terraplén con una altura promedio al nivel de subrasante de 1.20 mts. y como los materiales a usar en el cuerpo de terraplén y capa subrasante son de banco, no se requirió del estudio geotécnico a lo largo del terreno natural, por lo que solo se hizo un recorrido por el tramo y auxiliados con cartas de DETENAL se pudo apreciar que el tipo de terreno de cimentación es un limo arenoso de baja compacidad y se pudo calcular el despalme a realizar.

#### III.1.- CONSIDERACIONES PARA LA LOCALIZACION Y SELECCION DE BANCOS DE MATERIALES.

Para la búsqueda y localización de bancos de materiales es conveniente recabar la información que se tenga al respecto de la zona con dependencias como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) y apoyados con cartas de DETENAL, se elabora un plan de recorrido para localizar y seleccionar de la manera más adecuada los bancos de materiales en los cuales deba encontrarse un volumen alcanzable y explotable de los materiales que han de emplearse en la construcción, tomando en cuenta en forma general como marco de referencia los siguientes aspectos: Primero, que los materiales cumplan con la calidad y resistencia requerida para el uso a que se dedican; Segundo, deben ser los más fácilmente accesibles con las mínimas distancias de acarreo renglón cuya repercusión en los costos, es de los más importantes; Tercero, tienen que ser aquellos que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos requiriendo los mínimos tratamientos, por último, deben de localizarse de manera que su explotación no conduzca a problemas legales y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

### III.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA LOS BANCOS DEL CUERPO DE TERRAPLEN Y CAPA SUERASANTE.

En lo particular, además de lo mencionado anteriormente para este tipo de bancos, es conveniente fijarlos a distancias máximas de 5 Kms. entre banco y banco. Para la for-

mación del terraplén y capa subrasante, generalmente los bancos deben localizarse en el tramo en estudio no dejando de mencionar que tratándose de caminos de primer orden donde se tienen altas especificaciones, no deben utilizarse los suelos compresibles y arcillosos por ser susceptibles a cambios volumétricos cuando se presentan variaciones de humedad ocasionando serios problemas a la sección estructural.

En el recorrido se observó que la zona es plana donde solo existe un cerro cercano denominado Santa Rosa, ubicado en el Km. 164+200 con 1000 mts. desviación izquierda que al explorar en forma preliminar con pozos a cielo abierto se pudo conocer el tipo de material considerándose una zona prometedora aunque rebasa los lineamientos recomendables respecto a su ubicación. A pesar de que en la zona aledaña al derecho de vía el material es adecuado, no se podrá comprar por ser propiedad particular donde se siembra, y como los préstamos laterales quedan al pie del talúd de la corona actual se tendría que excavar en el derecho de vía que no es recomendable. Por lo antes mencionado, para éste caso fué más económico usar solo el banco Santa Rosa y en consecuencia se llevó a cabo la exploración definitiva, hecha con el mismo tipo de sondeos en mayor número; las muestras obtenidas se ensayaron en el laboratorio realizando las pruebas que se presentan en la tabla III-1.

Con los resultados de las pruebas de granulometría y de límites de plasticidad se clasifica el suelo de acuerdo

**TESIS PROFESIONAL — ESTUDIOS GEOTECNICOS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**MEXICO D.F.**

**INFORME DE TERRACERIA**

CORA <u>MATERIAL PARA SUBRASANTE</u>	ENSAYES N° <u>2-2-1004-1005</u>
LOCALIZACION <u>AMPLIACION DEL CUERPO REBREGO DE LA SUPERCARRETERA PUEBLA-ORIZABA TRAMO PUEBLA-ESPERANZA</u>	FECHA DE RECIBO <u>23 / XII / 86</u>
	FECHA DE INFORME <u>8 / XX / 86</u>

<b>IDENTIFICACION</b>	DIMENSION DE ENSAYES (E)	1004	1005					
	ESTACION	BANCO STA. ROSA Km 164 + 200 DESVIACION LOMBERA 1000 M.						
	LADO	129	DER					
	CAPA	0.80 - 2.00	0.60 - 2.00	<b>PROMEDIO REPRESENTATIVO</b>				

<b>CARACTERISTICAS DEL MATERIAL</b>	TAMAZO MAXIMO	N° 4	N° 4	N° 4		
	% RETENIDO EN MALLA DE 75mm.	—	—	—	—	
% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm.	100	100		100		
% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm.	76	87		81.5		
% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm.	42	48		45		
EQUIVALENTE DE HUMEDAD DE CAMPO %	18.7	11.9		13.8		
LIMITE LIQUIDO %	31.4	36.5		32.95		
INDICE PLASTICO %	14.1	16.9		15.5		
CONTRACCION LINEAL %	5.2	5.4		5.3		
P.E.S. ESTRATO Kg. / m <sup>3</sup>	1870	1820		1848		
P.E.S. MAXIMO Kg. / m <sup>3</sup>	1650	1590		1620		
HUMEDAD OPTIMA %	17.7	22.7		20.2		
HUMEDAD NATURAL %	16.6	13.6		15.1		
COMPACTACION DEL LUNAR %	0.93	0.98		0.95		
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	20.5	17.2		18.85		
EXPANSION %	0.78	0.88		0.83		
CLASIFICACION SOP	SC	SC		SC		

	TIPO DE PRUEBA	<b>PORTER MODIFICADA VARIANTE IX</b>				
<b>ESTUDIOS DE RESQUEZOS</b>	CURVA DE PROYECTO					
	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	V.R.S. %					
	ESPESOR REQUERIDO Cm.					
	HUMEDAD DE PRUEBA	23.7	27.7		25.7	
	V.R.S. %	16.2	5.7		7.9	
	ESPESOR REQUERIDO Cm.					
	HUMEDAD DE PRUEBA	22.2	26.2		24.2	
	V.R.S. %	16.7	14.9		15.8	
	ESPESOR REQUERIDO Cm.					
	HUMEDAD DE PRUEBA					
	V.R.S. %	23	21		23	
	ESPESOR REQUERIDO Cm.					

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

POR LOS RESULTADOS OBTENIDOS ESTE MATERIAL PODRA EMPLEARSE PARA LAS CONSTRUCCIONES DE CUERPO DE TERRAPLEN Y DE LA CAPA SUBRASANTE

EL LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIOS
------------------	---------------------	----------------------

al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). En éste caso se tiene que el 100% del material está constituido por partículas menores de 7.6 cm. (3") por lo que se trata de un suelo y dado que más de la mitad se retiene en la malla # 200 (0.075 mm.) se trata de un suelo granular, además, toda la muestra pasa la malla # 4 (4.75 mm.) entonces el material es una arena, pero como también más del 12% en peso pasa la malla # 200 es una arena con finos. Ahora bien, los resultados de los límites son:

Límite líquido (LL) = 32.95 %

Índice plástico (IP) = 15.5 %

Donde:  $32.95 \% < 50 \%$  y  $15.5 \% > 6 \%$

Con estos datos y entrando a la carta de plasticidad se tiene que el suelo (finos) se encuentra ubicado en la zona II tratándose de una arcilla de baja compresibilidad cuyo símbolo es CL por lo tanto, el suelo es una arena arcillosa que simbólicamente se representa SC de acuerdo al sistema SUCS.

A continuación trataremos de explicar el llenado de la tabla III-2 que presenta la información de los estudios geotécnicos para terracería. Conocida la granulometría del suelo y sus límites de plasticidad se procede a comparar los demás resultados de las pruebas con los valores establecidos en la política propuesta por las instituciones dedicadas al proyecto y construcción de vías terrestres tomada como norma general de comparación. Así, de los resultados se tiene:

V. R. S. = 7 %

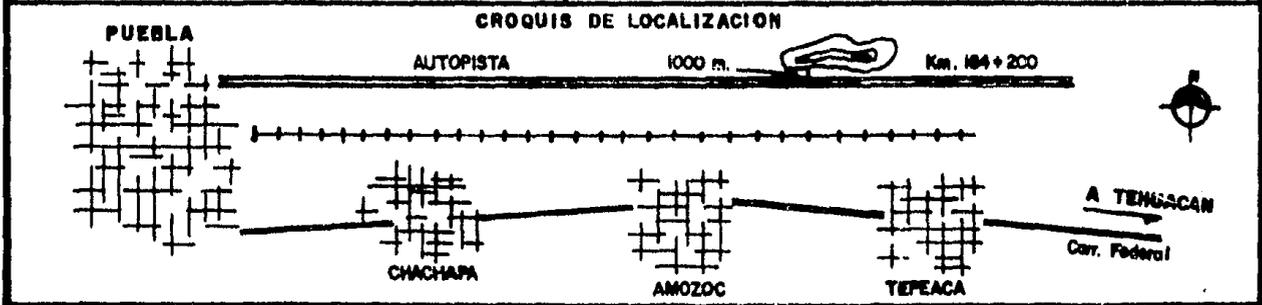
CROQUIS DE LOCALIZACION DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA MEXICO - VERACRUZ  
 TRAMO PUEBLA - ORIZABA  
 SUBTRAMO PUEBLA - ESPERANZA Km 170+000 al 190+000  
 ORIGEN MEXICO D.F.

PRESTAMO DE MATERIAL PARA CUERPO DE TERRAPLEN Y C. SUBRASANTE DENOMINACION BDO. SANTA ROSA

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	Nº	ESPESOR METROS			70 %	90 %	100 %	BARDEADO	A	B	C
Km. 184+200 con 1000 m.	1	0.20	TIERRA VEGETAL	DESALME					100	00	00
DESVIACION IZQUIERDA	2	0.00	ARENA ARCILLOSA, COLOR CAFE CLARO DE MEDIANA COMPACTACION	COMPACTADO	1.00	1.0	0.95		60	40	00

DIMENSIONES LARGO <u>400m.</u> ANCHO <u>300m.</u> ESPESOR <u>8m.</u>	VOLUMEN APROVECHABLE <u>960,000 m<sup>3</sup></u>	OBSERVACIONES <u>EXISTE FRENTE DE ATAQUE</u>
--	--	---



EXPANSION = 0.83 %

LL = 32.95 %

IP = 15.5 %

Las normas establecen que para capa subrasante el VRS debe ser como mínimo 5% y la expansión no debe ser mayor de 3% además, el LL < 50% y el IP < 25% comparando los resultados se concluye que el material analizado puede emplearse para capa subrasante quedando implícito su uso para el cuerpo del terraplén.

En cuanto al tratamiento probable, las normas de calidad de los materiales de la S.C.T. recomiendan que debe darse un tratamiento de compactación al 90% de su P.V.S.M. para el cuerpo de terraplén y de 95% para la capa subrasante.

El coeficiente de variación volumétrica (Cv<sub>v</sub>) es un número que expresa la variación entre el peso volumétrico seco en estado natural y el mismo concepto cuando el material está compactado a un cierto grado de compactación, su expresión es:

$$Cv_v = \frac{\delta d_n / \delta d_{m\acute{a}x}}{G_c}$$

$\delta d_n$  = Peso volumétrico seco del suelo en estado natural, en el lugar del que ha de ser extraído.

$\delta d_{m\acute{a}x}$  = Máximo peso volumétrico seco que puede obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se está empleando.

$G_c$  = Grado de compactación que se especifique para el caso.

En la tabla III-1 se presentan los valores que se necesitan para determinar los Cvv a los diferentes grados de compactación.

$$d_n = 1545 \text{ Kg/m}^3$$

$$d_{\text{máx}} = 1620 \text{ Kg/m}^3$$

Obteniéndose:

Gc	90%	95%	100%
Cvv	1.06	1	0.95

La importancia de determinar el Cvv consiste en que con éste se establecen los volúmenes de materiales que han de excavarse y obtenerse del banco para llegar al volumen que se requiere en la terracería; es decir, en éste caso para 1 m<sup>3</sup> compacto al 90% de su P.V.S.M. se necesita un volumen de material de banco igual a  $\frac{1}{C_{vv} 90\%} = \frac{1}{1.06} = 0.94 \text{ m}^3$ , de igual manera se determinan los volúmenes necesarios para diferentes grados de compactación. Aunque para todos los casos debe considerarse un factor por desperdicio.

Por último, para la clasificación del presupuesto se trata de establecer una clasificación de materiales que han de moverse hecha con fines de pago; se conocen tres tipos de materiales:

Material "A": Es un suelo que es fácilmente excavable con pico y pala.

Material "B": Es aquel que para su remoción necesita de maquinaria.

Material "C": Es el material que ha de ser extraído con explosivos.

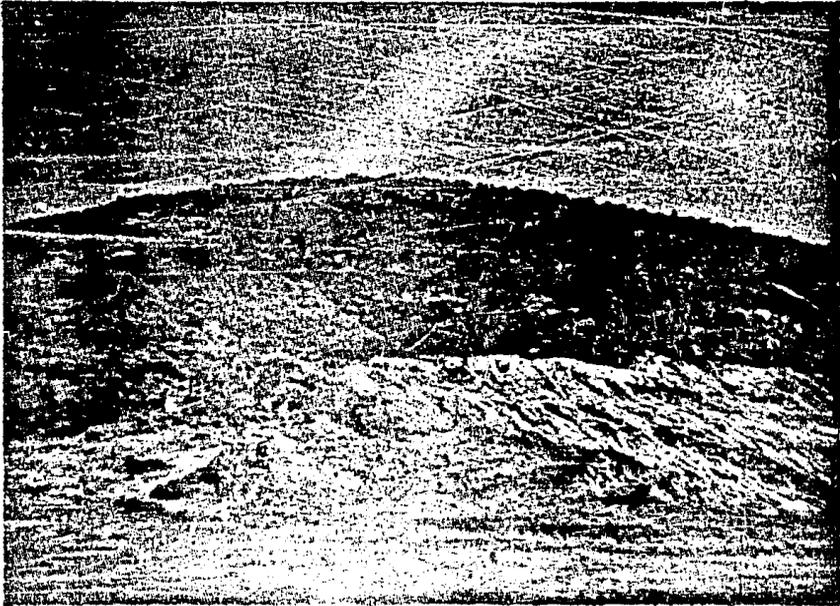
Una vez conocidos los tipos de materiales para fines de pago, la descripción se da por medio de tres números que sumen siempre 100. Las fotos 3 y 4 muestran el tipo de material del banco Santa Rosa.

### III.3.- EVALUACION CUALITATIVA DEL CUERPO ACTUAL DEL PAVIMENTO.

Es conveniente evaluar en primera instancia los deterioros superficiales del pavimento para luego en función de éstos determinar si se requiere una evaluación cuantitativa de las diferentes capas del pavimento. En este caso, la evaluación cualitativa se hizo mediante la calificación actual de la superficie del pavimento y los resultados obtenidos se muestran en la tabla III-3, teniéndose una calificación promedio de 4.1 y no encontrándose a lo largo del tramo deformaciones, grietas, desprendimientos y baches abiertos, sobre la superficie de rodamiento, únicamente existen baches tapados y zonas lloradas en un 0.37% y 36% respectivamente de la superficie, por lo que se concluyó que el estado actual del pavimento es más que aceptable y en consecuencia no fué necesario hacer una evaluación cuantitativa o estudio geotécnico. Solo se piensa reforzar la estructura actual como medida preventiva. En las fotos 5 y 6 que son representativas del tramo, se aprecia el estado actual que presenta la superficie de rodamiento.

### III.4.- ESTUDIOS GEOTECNICOS DE BANCOS PARA PAVIMENTO

Además de los aspectos considerados en forma general para la localización y selección de los bancos de materiales



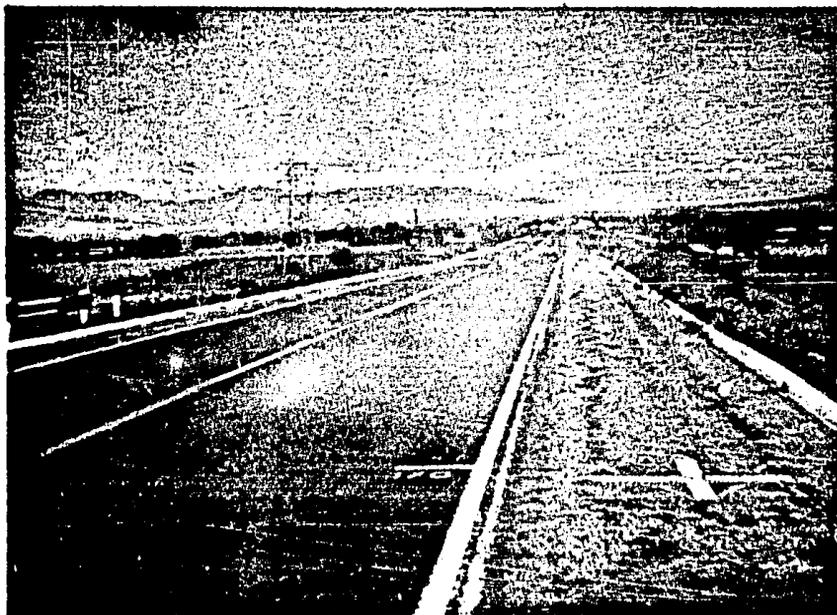
FOTOGRAFIA No.3 - Vista panorámica del banco SANTA ROSA en donde se puede observar el volumen aprovechable del material. Km. 164+200 con 1000 mts. de desviación izquierda.



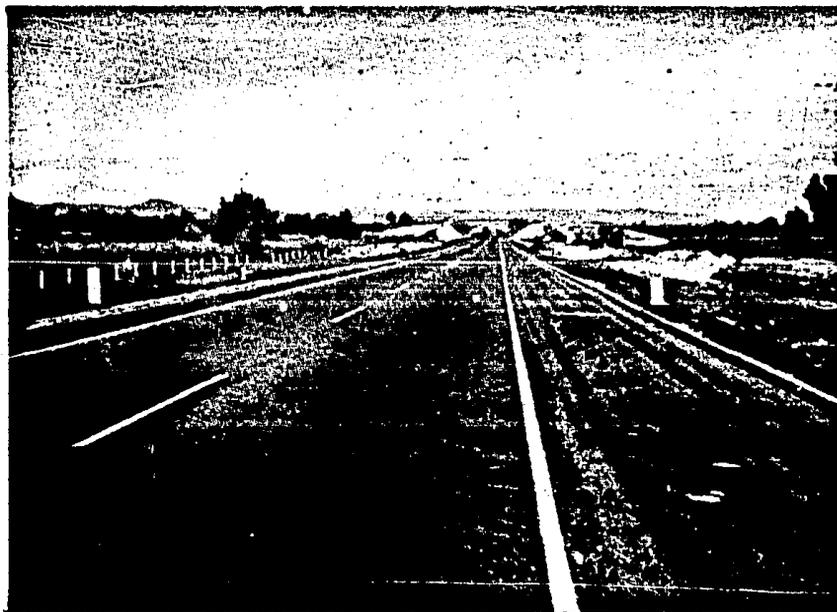
FOTOGRAFIA No.4 - Vista parcial del banco SANTA ROSA en donde se puede apreciar el tipo de material y el frente de ataque existente.

MILOMETRAJE DE		170+000			175+000			180+000			185+000									
		A			175+000			180+000			185+000			190+000						
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	5 MUY BUENO																			
	4 BUENO																			
	3 REGULAR																			
	2 MALO																			
	1 MUY MALO																			
CALIFICACION ACTUAL		4.00			4.2			4.5			3.8									
PAVIMENTO ACEPTABLE	SI	X			X			X			X									
	NO																			
	DUBOSO																			
DESCRIPCION DE DAÑOS	N= Ninguno L= Ligero F=Fuerte		N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F	N	L	F
	DEFORMACIONES		NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA								
	CRIETAS		NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA								
	BACHES	ABIERTOS	NINGUNO			NINGUNO			NINGUNO			NINGUNO								
		TAPADOS	0.1%			0.1%			0.04%			0.13%								
	ZONAS LLOMADAS		6%			10%			12%			8%								
	DESPRENDIMIENTO		NINGUNO			NINGUNO			NINGUNO			NINGUNO								
OBSERVACIONES		El estado que presenta actualmente el pavimento es mas que aceptable																		
		Fecha de evaluacion: 26 AGOSTO 85																		

TABLA III-3 CALIFICACION ACTUAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO



FOTOGRAFIA No.5 - Estado actual del pavimento en el inicio del tramo en estudio. Ubicación Km. 170 + 000.



FOTOGRAFIA No.6 - Fin del tramo en estudio, en donde se observa que el pavimento está en perfectas condiciones. Km.190 + 000.

se debe tomar en cuenta que los materiales para pavimentos suelen estar condicionados en forma importante por los tratamientos mecánicos que llegan a requerir para satisfacer las normas de calidad y resistencia y por la necesidad de no trasladar las instalaciones que se necesitan, pues esto repercute considerablemente en los costos; sin embargo, para el tramo por construir no se realizaron exploraciones para la localización de un banco para pavimento porque en el Km. 159 +500 se localiza el banco Tepeaca II y solo se obtuvieron muestras del material triturado, mismas que se ensayaron en el laboratorio dando los resultados que se presentan en la tabla III-4.

Al realizar el análisis de clasificación granulométrica de acuerdo al sistema SUCS de igual manera que se hizo para el material de terracería, se tiene una GW-GC tratándose de una grava arcillosa bien graduada dando una curva granulométrica con forma similar a las establecidas, quedando en la zona 1.

Otros resultados son:

Contracción lineal	=	2.3 %
Valor cementante	=	10.5 Kg/cm <sup>2</sup>
V.R.S. (estándar)	=	123.7 %
Equivalente de arena	=	28.5 %

Mismos que al comparar con lo que se presenta en las tablas que se anexan 1.9 y 1.10 de las requisiciones para la capa de base de las normas de calidad y resistencia de la

**TESIS PROFESIONAL -- ESTUDIOS GEOTECNICOS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**MEXICO D. F.**

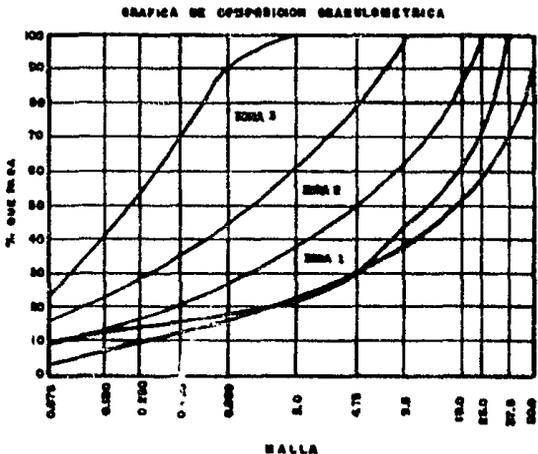
**INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB BASE Y BASE**

OBRA <u>MATERIAL PARA SUB BASE Y BASE HDR. T. MAX. 1V2</u>	ENSAYE N° <u>2-2-1009-4</u>
LOCALIZACION <u>AMPLIACION DEL CUERPO DER. DE LA SUPERCARRETERA</u>	FECHA DE RECIBO <u>9-IV-66</u>
<u>PUEBLA-ORIZABA TRAMO, PUEBLA-ESPERANZA</u>	FECHA DE REPORTE <u>9-VI-66</u>

MATERIAL PARA CAPA DE:	SUB BASE <input type="checkbox"/>	BASE <input checked="" type="checkbox"/>
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL	<u>BOCA CALIZA TRIT. TOTAL A 1V2</u>	
CLASE DE DEPÓSITO SUBSTRATO	<u>BO. TEMEACA XX</u>	
TREMIENTO PREVIO AL MUESTREO	<u>MUESTRA REPRESENTATIVA</u>	
UBICACION DEL BANCO:	<u>KM. 199+900 (20), CURV. 000 M.</u>	

PESO SECO MEDIO $kg/m^3$	<u>1710</u>
PESO SECO MAX $kg/m^3$	<u>2130</u>
HUMEDAD OPTIMA %	<u>67</u>
PESO DEL LIQUID $kg/m^3$	
HUMEDAD DEL LIQUID %	

	MALLA	% RETENIDO
	ES 80.0	
	ES 57.5	
	MALLA	% QUE PASA
	2" 80.0	
	1 1/2" 57.5	<u>100</u>
	1" 50.0	<u>70</u>
	3/4" 40.0	<u>61</u>
	3/8" 30.0	<u>48</u>
	40 4.75	<u>30</u>
	10 2.00	<u>21</u>
	20 0.85	<u>19</u>
	60 0.425	<u>10</u>
	80 0.250	<u>14</u>
	100 0.150	<u>10</u>
	200 0.075	<u>10</u>



VIGILANTIA %	<u>100.7</u>
EXPANSION %	<u>0.0</u>
VALOR COMPACTO $kg/cm^2$	<u>10.5</u>
COMPACTANTE DE REFER. %	<u>20.5</u>

PRUEBAS EN MAT. SACOS CON LA MALLA NOM. 0.075 = 40	
ABSORCION %	<u>4.6</u>
HUMEDAD	<u>2.50</u>
DESARROLLO	<u>—</u>

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA NOM. 0.075 = 40	
LÍMITE LIQUIDO %	<u>107.3</u>
LÍMITE PLASTICO %	<u>—</u>
INDICE PLASTICO %	<u>—</u>
UNIV. NOM. DE CORPO %	<u>2.3</u>
CONTRACCION LINEAL %	<u>2.3</u>
EXPANSION SUCC	<u>60-60</u>

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS ESTE MATERIAL PODRA EMPLEARSE PARA LA CONSTRUCCION DE LAS CAPAS DE SUB-BASE Y BASE.

LABORATORISTA	JEFE DEL LABORATORIO	JEFE DE LABORATORIOS

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Límite líquido, en por ciento.	30 Máx.	30 Máx.	30 Máx.
Contracción lineal, por ciento.	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
Valor cementante para materiales angulosos, en Kg./cm. <sup>2</sup>	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en Kg./cm. <sup>2</sup>	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.

TABLA 1.9 REQUISICIONES PARA LA CAPA DE BASE.

INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTAN- DAR.	EQUIVALENTE DE ARENA (TENTATIVO)	INDICE DE DURABILIDAD (TENTATIVO)
HASTA 1,000 VEHICULOS PESADOS AL DIA.....	80 Mín.	30 Mín.	35 Mín.
MAS DE 1,000 VEHICULOS PESADOS AL DIA.....	100 Mín.	50 Mín.	40 Mín.

LOS VEHICULOS PESADOS INCLUYEN LOS AUTOBUSES Y LOS CAMIONES EN TODOS SUS TIPOS.

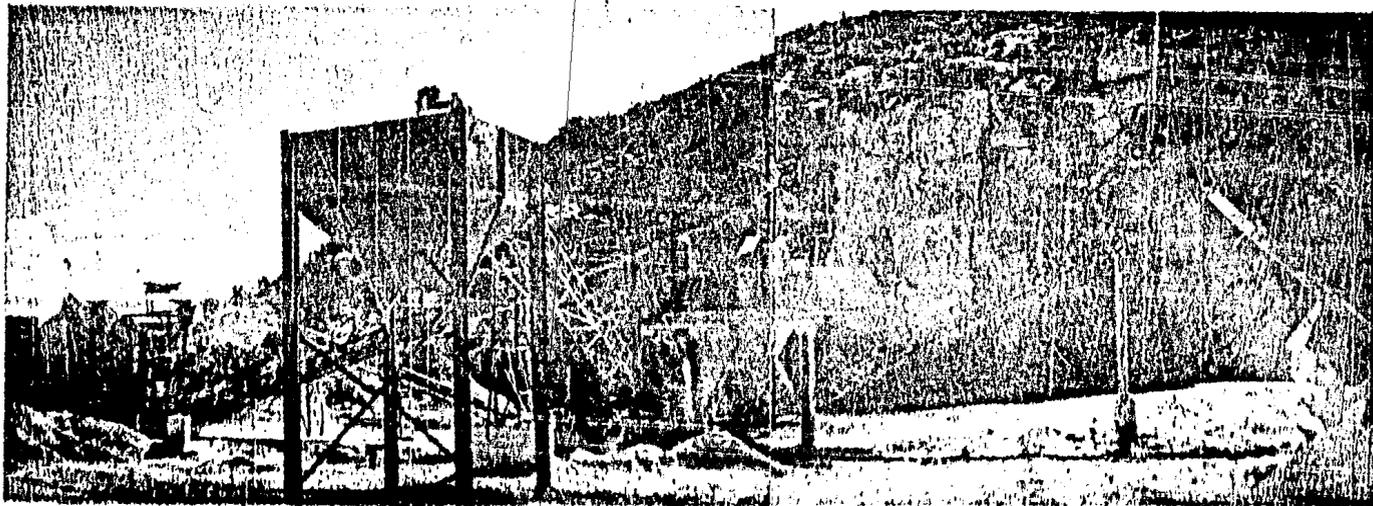
TABLA 1.10 REQUISICIONES PARA LA CAPA DE BASE

S.C.T. para las diferentes capas del pavimento, se observa que dicho material está dentro de las especificaciones para poder usarse en la formación del pavimento. Con lo anterior, se comienza el llenado de la tabla III-5 que presenta la información correspondiente a los estudios geotécnicos de bancos para pavimentos. En lo referente al empleo del material se considera adecuado para la capa de base.

En cuanto al tratamiento, las normas indican que las partículas no deben ser mayores de  $1\frac{1}{2}$ " para la capa de base, y como el banco se trata de un macizo rocoso, se está realizando una trituración total a diferentes tamaños, para esto, en explotación existe una planta trituradora. Dada la calidad y resistencia del material, así como la cercanía del banco y previo a un análisis de costos por parte de la Secretaría, se consideró conveniente efectuar un contrato para la obtención de material del Banco Tepeaca II.

El casillero correspondiente a la clasificación geológica y de presupuesto, ésta se da por especialistas en el ramo, requiriéndose para la clasificación geológica de un geólogo con experiencia y para la de presupuesto, se sigue el mismo procedimiento descrito para el banco Santa Rosa. En las fotografías 7 y 8 se pueden apreciar, la planta trituradora y el tipo de material que existe en el banco Tepeaca II.





FOTOGRAFIA N° 7 - Panorámica donde se aprecia la planta de trituración del banco --  
Tepeaca II, localizado en el Km 159+500 con 500 mts. de desvia --  
ción izquierda.



FOTOGRAFIA No. 2 - Vista parcial del banco TEPEACA II en donde se aprecia el tipo de material y el frente de ataque existente. Ubicación Km. 159 + 500.

Analogamente, los resultados de las pruebas realizadas al material pétreo a emplearse en la elaboración del concreto asfáltico se presenta en la tabla III-6.

De la gráfica de composición granulométrica, se observa que la curva del material presenta una forma similar a las establecidas quedando dentro de la zona especificada.

Otros resultados son:

Densidad .....	2.42 %
Absorción .....	2.70 %
Desgaste .....	22.00 %
Equivalente de arena ..	38.50 %
Contracción lineal ....	2.10 %

Mismos que al compararse con los especificados por las Normas de Materiales Petreos para Carpetas y Mezclas Asfálticas, se tiene que son aceptables para que el material sea empleado en la elaboración de la carpeta asfáltica.

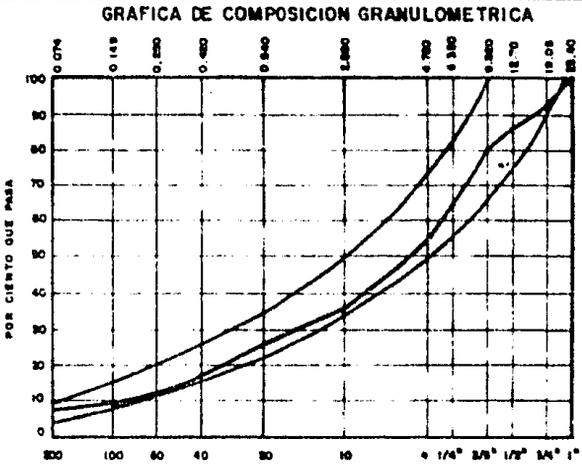
Se aclara, que el porcentaje de Equivalente de Arena es inferior al especificado, por lo que se considera conveniente darle un tratamiento de lavado al material.

**TESIS PROFESIONAL – ESTUDIOS GEOTECNICOS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**MEXICO D.F.**  
**REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO**

MATERIAL <u>PETREO PARA CONCRETO ASFALTICO</u>	EXPEDIENTE _____
ENSAYE NUM <u>1094-4</u>	MUESTRA NUM _____
ENVIADA POR _____	FECHA RECIBO <u>26-IV-64</u>
PROCEDENCIA <u>TOMADO DEL MATERIAL "RITURADO EN EL BARCO TEPEACA II KM 139+300 SUPERCARRETERA</u>	FECHA INFORME <u>3-VII-64</u>
<u>PIEBLA - ORIZABA</u>	

**PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO**

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____	
<u>ROCA CALIZA</u>	
PESO VOL. BUELTU	<u>170 Kg / m<sup>3</sup></u>
% QUE PASA MALLA	
1°	<u>100</u>
3/4°	<u>92</u>
1/2°	<u>86</u>
3/8°	<u>80</u>
1/4°	<u>63</u>
Nº 4	<u>54</u>
10	<u>34</u>
20	<u>29</u>
40	<u>17</u>
60	<u>11</u>
100	<u>9</u>
200	<u>6</u>
DENSIDAD	<u>2.42</u>
ABSORCION	<u>2.70</u>
% DESESBASTE	<u>22.0</u>
EQUIVALENTE DE ARENA	<u>98.9</u>
CONTRACCION LINEAL	<u>2.1</u>



**CARACTERISTICAS DEL ASFALTO**

TIPO _____	CONT. OPT. DE ASFALTO (%) _____ (D)	GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % _____
TEMPERATURA RECOMENDABLE _____	PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA _____ (Kg/cm <sup>3</sup> )	CONT. ASFALTO EN MEZCLA _____ (D)
DE APLICACION _____	ADITIVO RECOMENDADO _____	PERMEABILIDAD DE LA CARPETA _____
PENETRACION _____		

**PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA**

**RECOMENDACIONES:**

*DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, EL MATERIAL PETREO SE  
 CONSIDERA APTO PARA SER EMPLEADO EN LA ELABORACION  
 DEL CONCRETO ASFALTICO.*

EL LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO	JEFE DE LA OFICINA
_____	_____	_____

**TABLA III-6**

#### IV.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE LA SECCION ESTRUCTURAL.

Al realizar el análisis de alternativas de la sección estructural, conviene indicar qué se entiende por sección estructural, las capas que la constituyen y la función de cada una de ellas.

Se entiende por sección estructural a la formación de una terracería que es el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial más la capa de pavimento, siendo ésta última, el conjunto de capas comprendidas entre la superficie de terracerías (subrasante) y la superficie de rodamiento de dicha obra.

Las capas que forman la sección estructural y sus funciones son las siguientes:

**CAPA SUBRASANTE:** Disminuye la carga de los vehículos y resiste las cargas que llegan a su nivel.

Abate los esfuerzos de tal forma que llegan al cuerpo de terraplen solo los necesarios.

Elimina irregularidades del terreno natural.

Es una capa relativamente de menor costo que todas las demás que forman la sección estructural (excluyendo el cuerpo del terraplén), por lo tanto, puede reducir espesores de las demás capas.

Sirve como una capa de transición entre el cuerpo del terraplén y las capas del pavimento.

**CAPA DE SUB-BASE:** Una función de la sub-base es de carácter económico, esto es, que se prefiere tener un espesor

mayor de un material más barato que la base y de naturaleza friccionante.

Sirve de transición entre la base y la subrasante y como el material de la sub-base tiene un tamaño máximo de agregado mayor que el de la base, puede actuar como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

Otra finalidad, es la de absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, como son, cambios volumétricos ocasionados por cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento. Actúa como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base procedente de la terracería.

**CAPA DE BASE:** Como consideración económica, permite reducir el espesor de la carpeta que es más costosa, sin embargo, la función fundamental, radica en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

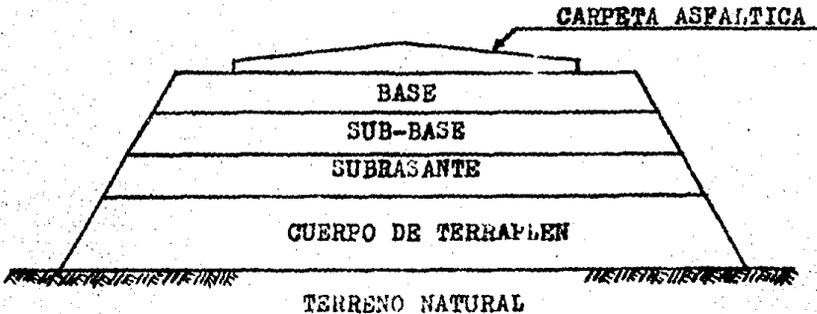
Puede actuar como capa drenante para eliminar el agua que se introduzca por la carpeta o por los acotamientos, así como impedir el ascenso capilar.

**CARPETA ASFALTICA:** Con la carpeta se da una capa resistente a la tensión puesto que la capacidad de carga de los materiales friccionantes es baja por falta de confinamiento, además tiene como finalidad proporcionar una superficie de

rodamiento uniforme, resistente al tránsito y al intemperismo, también debe ofrecer la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con las llantas de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.

En general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo cuanto más cercanas se encuentran a la superficie de rodamiento.

El siguiente esquema muestra la sección típica de un pavimento flexible en terraplén.



Para el diseño de las alternativas de la sección estructural, se calcularán los espesores por los siguientes métodos.

- Método del Instituto de Ingeniería U.N.A.M.
- Método del instituto de Asfaltos de Norte América.
- Método Porter Modificado.

El método que se tomará para su diseño, será con el que se obtenga el mayor espesor calculado de pavimento, siendo esto para estar totalmente del lado de la seguridad dada la importancia de la obra.

A continuación se presentan los cálculos de los métodos mencionados.

#### IV.1.- METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.

- 1) Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA): 10,500 vehículos.
- 2) Composición del tránsito:  $A_2=46\%$ ,  $A_2'=10\%$ ,  $B_2=9\%$ ,  $C_2=5\%$ ,  $C_3=12\%$ ,  $T_2-S_1=5\%$ ,  $T_2-S_2=6\%$ ,  $T_3-S_2=5\%$ ,  $T_3-S_3=2\%$ .
- 3) Coeficiente de distribución para el carril de diseño: 40 %
- 4) Número de vehículos en ambos sentidos: (TDPA) x (% de cada tipo de vehículos).
- 5) Número de vehículos en el carril de diseño: (Número de vehículos en ambos sentidos) x (Coeficiente de distribución).
- 6) Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton.: (Número de vehículos en el carril de diseño) x (Cada uno de los coeficientes de daño por tránsito).
- 7) Tránsito equivalente inicial (T): Sumatoria del número de ejes equivalentes de 8.2 Ton. de cada una de las profundidades (Z)
- 8) Tasa de crecimiento anual (t): 7 %
- 9) Periodo de diseño (n): 10 años.
- 10) Coeficiente de acumulación del tránsito (C): 5,043.00
- 11) Tránsito acumulado al final del periodo de diseño:  $L_{ni}=CT_i$  (Coeficiente de acumulación del tránsito) x (Tránsito equivalente inicial). Ver tabla IV-1.
- 12) Nivel de confianza (C): 0.8 (Este coeficiente está dado en base al control de calidad, al procedimiento constructivo y por la granulometría de las partículas que nunca son las óptimas).
- 13) El cálculo de los espesores se hará entrando a la gráfica No. IV-2.

CARRETERA MEXICO -- VERACRUZ TRAMO PUEBLA -- ORIZABA SUB-TRAMO PUEBLA -- ESPERANZA  
 VDPA (1984) 10 500 COMPOSICION: A<sub>2</sub> 40 A<sub>1</sub> 10 B<sub>2</sub> 9 C<sub>2</sub> 5 C<sub>3</sub> 12 T<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> 5 T<sub>2</sub>-S<sub>2</sub> 6 T<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> 5 T<sub>3</sub>-S<sub>2</sub> 2

TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS EN AMBOS LADOS	Nº DE VEHICULOS EN EL CARRIL DE PROJ.	COEFICIENTE DE DAÑO POR TRANSITO				NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS			
			z: 0 cms	z: 15 cms	z: 30 cms	z: 60 cms	z: 0 cms	z: 15 cms	z: 30 cms	z: 60 cms
A <sub>2</sub>	4.830	1932	0.004	0.000	0.000	0.000	7.728	0	0	0
A <sub>2</sub>	1.050	420	0.536	0.064	0.023	0.015	225.12	26.88	9.66	6.3
B <sub>2</sub>	945	378	2.000	1.890	2.457	2.939	756	714.42	928.746	1110.942
C <sub>2</sub>	525	210	2.000	1.890	2.457	2.939	420	396.9	515.97	617.19
C <sub>3</sub>	1260	504	3.000	2.817	2.457	2.940	1512	149.768	238.328	1481.75
T <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	525	210	3.000	3.431	4.747	5.759	630	720.51	996.87	1209.59
T <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	630	252	4.000	4.358	4.747	5.760	1008	1098.216	1196.244	1451.52
T <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	525	210	5.000	5.285	4.747	5.761	1050	1109.85	996.87	1209.81
T <sub>3</sub> -S <sub>2</sub>	210	84	6.000	5.239	4.746	5.758	504	440.076	398.664	483.672
<b>TOTAL</b>		<b>4200</b>	<b>T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> Transito equivalente inicial</b>				<b>6112.848</b>	<b>5926.82</b>	<b>6281.352</b>	<b>7370.584</b>

Nº de carriles en ambas direcciones	Coeficiente de distribución para el carril de proy (%)
2	50
4	40 -- 50
6 o mas	30 -- 40

Año de servicio, n = 10 Tasa de crecimiento anual, i = 7%  
 Coeficiente de acumulación del tránsito, C = 5.043.00  
 Tránsito acumulado:  $\Sigma L_n \cdot C T_1$  30 827 092.46  $\Sigma L_n \cdot C T_2$  29 887 944.66  
 $\Sigma L_n \cdot C T_3$  31 676 858.14  $\Sigma L_n \cdot C T_4$  38 178 455.11

Coef de distribución por carril 40

**TABLA IV-1 PARA CALCULO DEL TRANSITO ACUMULADO EN FUNCION DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS.**

**TESIS PROFESIONAL — ESTUDIOS GEOTECNICOS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**MEXICO D. F.**

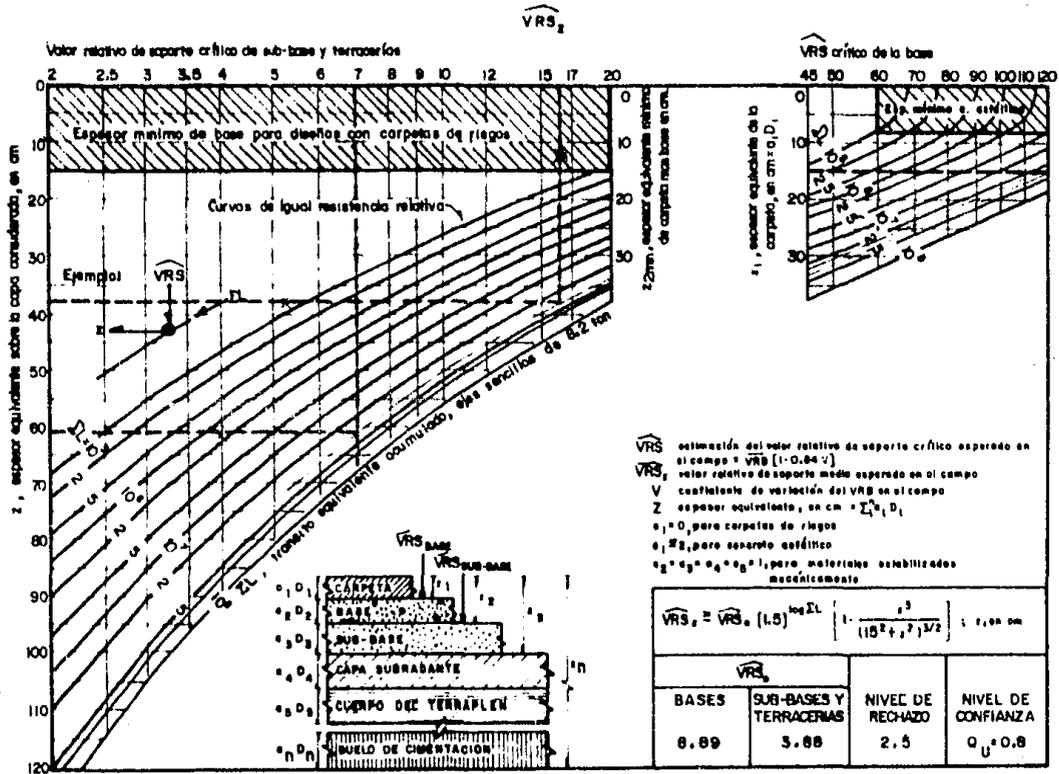
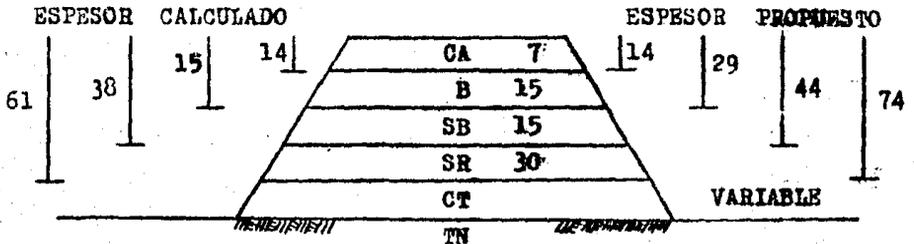


FIGURA IV-2 Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA U. N. A. M.

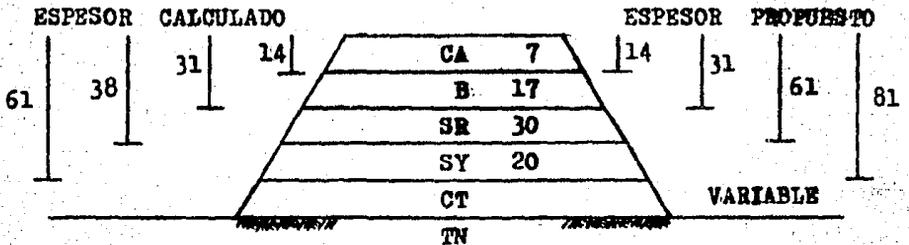
ALTERNATIVA No. 1

CAPA	VRS	Z	ESPESOR	
			CALCULADO	PROPUESTO
CT	7.0 %	60 cm.	61 cm.	< 74 cm.
SR	15.8 %	60 cm.	38 cm.	< 44 cm.
SB	120.0 %	30 cm.	15 cm.	< 29 cm.
B	120.0 %	15 cm.	14 cm.	= 14 cm.



ALTERNATIVA No. 2

CAPA	VRS	Z	ESPESOR	
			CALCULADO	PROPUESTO
CT	7.0 %	60 cm.	61 cm.	< 81 cm.
SY	15.8 %	60 cm.	38 cm.	< 61 cm.
SR	23.0 %	30 cm.	31 cm.	= 31 cm.
B	120.0 %	15 cm.	14 cm.	= 14 cm.



## IV.2.- METODO DEL INSTITUTO DE ASPALTOS DE NORTE AMERICA.

- 1) Tránsito diario inicial: 10,500 vehículos.
- 2) Composición de tránsito: A=56 %, B=9 %, C=35 %.
- 3) Porcentaje de camiones pesados en ambas direcciones:  $9\%+35\%=44\%$ .
- 4) Porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño (Coeficiente de distribución):  $45\%$  (4 carriles).
- 5) Número de camiones pesados en el carril de diseño:  $(B+C) \times (0.45) \times (TDPA) = 0.44 \times 0.45 \times 10,500 = 2,079$  vehículos.
- 6) Estimación del promedio del peso bruto de los vehículos pesados.

TIPO DE VEHICULOS	COMPOSICION DE CADA TIPO DE VEHICULOS		PESO DE LOS CAMIONES PESADOS	=	
B2	9 %	x	15.5 Ton.	=	1.395 Ton.
C2	5 %	x	15.5 Ton.	=	0.775 Ton.
C3	12 %	x	23.5 Ton.	=	2.820 Ton.
T2-S1	5 %	x	25.5 Ton.	=	1.275 Ton.
T2-S2	6 %	x	33.0 Ton.	=	1.980 Ton.
T3-S2	5 %	x	41.5 Ton.	=	2.075 Ton.
T3-S3	2 %	x	46.0 Ton.	=	<u>0.920 Ton.</u>
					<u>11.240 Ton.</u>

Equivalencia: 1 Ton. = 2,204.62 Lbs.

$$\frac{11.24}{0.44} = 25.54 \text{ Ton.} \times 2,204.62 \text{ Lbs.} = 56,318.02 \text{ Lbs.}$$

- 7) La carga máxima por eje sencillo en México es: 10 Ton. (22,050 libras).
- 8) Número de tránsito inicial (ITN): 6,600 (Ver figura No. IV-3)
- 9) Periodo de diseño (n): 10 años.

NOTA: Si el periodo de diseño no es de 20 años se debe hacer

una corrección, para ello se deberá utilizar la tabla No. IV-4

10) Tasa de crecimiento: 7 %.

11) Factor de corrección:  $\frac{(1+r)^n - 1}{20(r)} = 0.69$

12) Número de tránsito para diseño (DTN): (ITN) x (Factor de corrección) = 6,600 x 0.69 = 4,554.00

13) Entrando a la gráfica No. IV-5 se obtienen los espesores de las diferentes capas del pavimento por medio de los VRS obtenidos previamente.

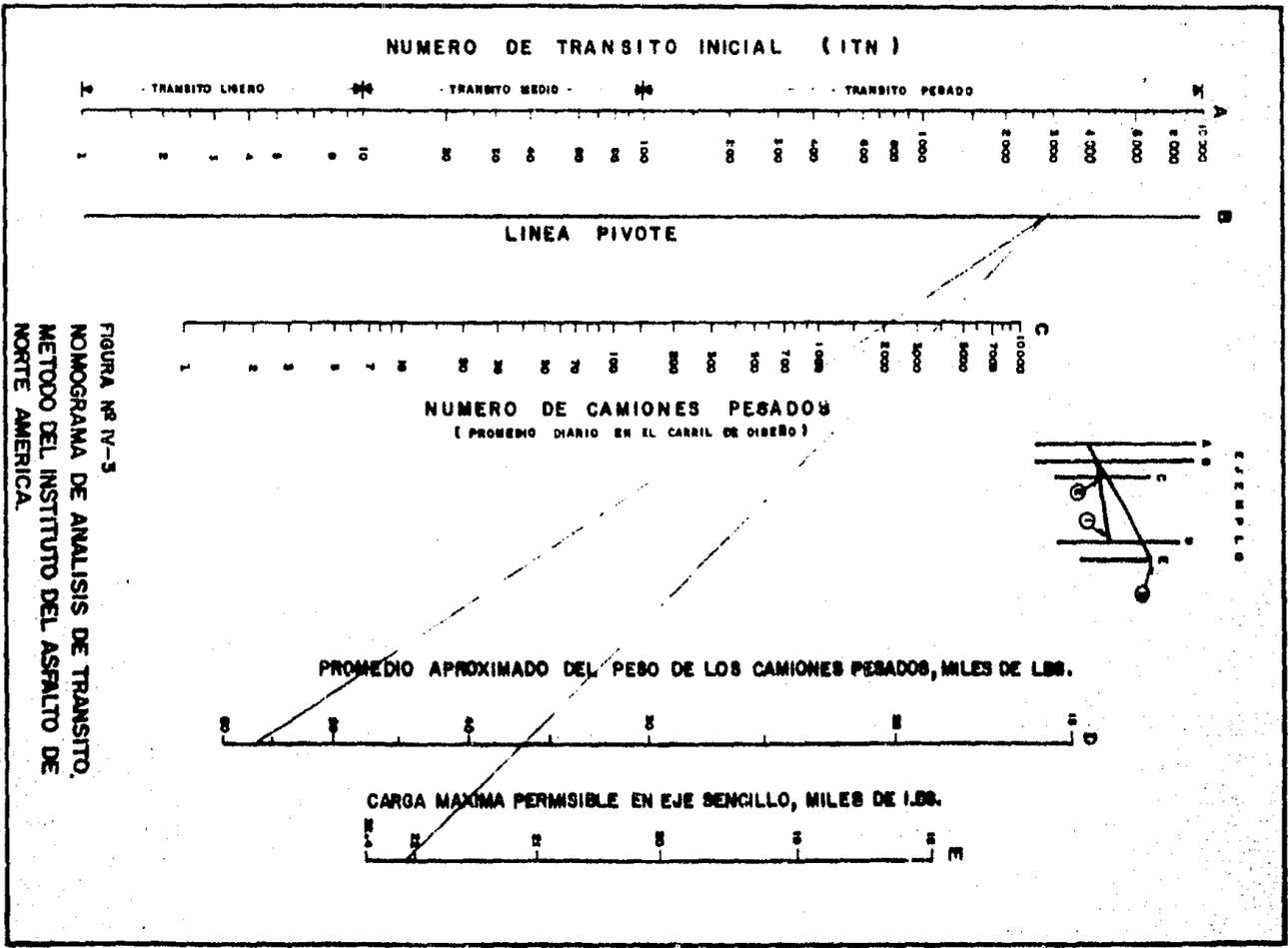


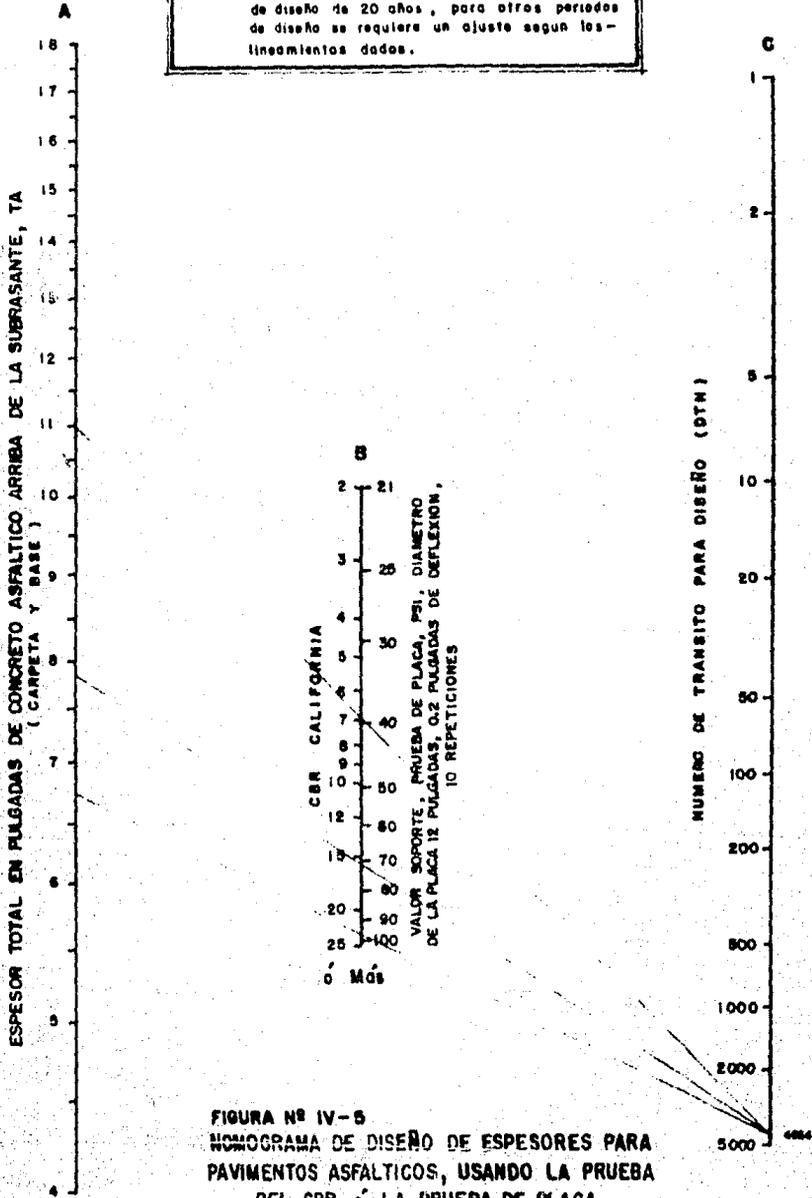
FIGURA Nº N-5  
 NOMOGRAMA DE ANALISIS DE TRANSITO.  
 METODO DEL INSTITUTO DEL ASPALTO DE  
 NORTE AMERICA.

**TABLA Nº IV-4 FACTORES DE CORRECCION PARA EL NUMERO DE TRAN-  
SITO INICIAL (ITM).**

Periodo de Diseño en Años ( n )	Tasa de crecimiento anual, Por ciento ( r )					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

$$\text{Factor} = \frac{(1+r)^n - 1}{20 r}$$

**NOTA:** Este nomograma esta basado en un periodo de diseño de 20 años, para otros periodos de diseño se requiere un ajuste segun los lineamientos dados.

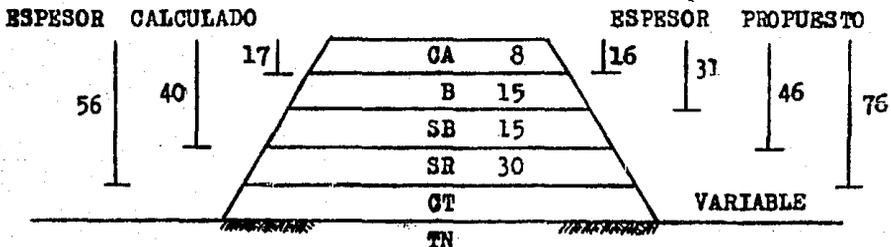


**FIGURA Nº IV-5**  
**NOMOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS, USANDO LA PRUEBA DEL CBR ó LA PRUEBA DE PLACA**

METODO DEL INSTITUTO DE ASPALTOS DE NORTE AMERICA.

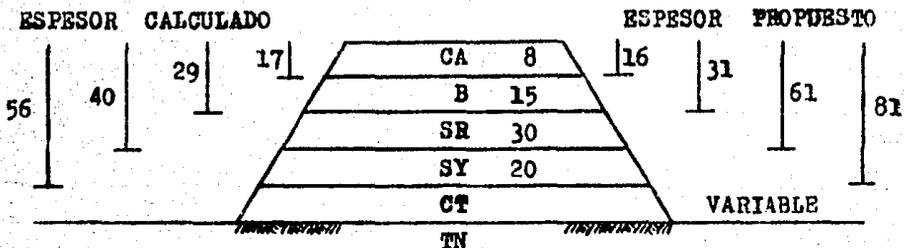
ALTERNATIVA No. 1

CAPA	VRS	ESPEJOR EN PULG.	FACTOR DE CORRECCION	ESPEJOR CALCU LADO EN GRAVA EQUIVALENTE.	ESPEJOR PROPUESTO
CT	7.0%	11.0	2	56 cm.	< 76 cm.
SR	15.8%	7.8	2	40 cm.	< 46 cm.
CA mín.				17 cm.	≈ 16 cm.



ALTERNATIVA No. 2

CAPA	VRS	ESPEJOR EN PULG.	FACTOR DE CORRECCION	ESPEJOR CALCU LADO EN GRAVA EQUIVALENTE.	ESPEJOR PROPUESTO
CT	7.0%	11.0	2	56 cm.	< 81 cm.
SY	15.8%	7.8	2	40 cm.	< 61 cm.
SR	23.0%	5.73	2	29 cm.	< 31 cm.
CA mín				17 cm.	≈ 16 cm.



## IV.3.- METODO PORTER MODIFICADO.

- 1) Tránsito Diario Promedio Anual en ambos sentidos: 10,500 vehi-  
culos.
- 2) Tránsito diario en el carril de diseño (50%): 5,250 vehiculos
- 3) Periodo de diseño (n, en años): 10 años.
- 4) Tasa de crecimiento anual (r): 7 %
- 5) Factor de conversión (c): 9,172.09

## CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE

TIPO DE VEHICULOS	DISTRIBUCION DEL TRANSITO EN (%)	DISTRIBUCION DEL TRANSITO (VEHICULOS)	COEF. DE EQUIVALENCIA.	EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 3.2 TON.
A2	46	2,415	0.0004	0.966
A2' ( 5.5 Ton)	10	525	0.048	25.2
B2 (15.5 Ton)	9	473	2.414	1141.822
C2 (15.5 Ton)	5	263	2.414	634.682
C3 (23.5 Ton)	12	630	2.276	1433.88
T2-S1 (25.5 Ton)	5	263	4.626	1216.638
T2-S2 (33.0 Ton)	6	315	4.488	1413.72
T3-S2 (41.5 Ton)	5	263	4.350	1144.05
T3-S3 (46.0 Ton)	2	105	4.375	459.375
				7,470.533

TRANSITO ACUMULADO AL FINAL DE LA VIDA UTIL. (SUMA x FACTOR DE CONVERSION) = (7,470.533 x 9,172.09) = 37'673,897.92

- 6) El cálculo de los espesores se obtiene entrando a la gráfica de la figura No. IV-6.

$$D = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3 + \dots$$

c = factor de equivalencia de espesor de la capa

a = 2.0 Carpeta de concreto asfáltico

a = 1.3 a 1.8 Mezclas asfálticas

a = 1.8 Base mejorada con cemento Pt

a = 1.0 Materiales naturales o tratados mecánicamente

a = 1.5 Base mejorada con cal

a = 0 Carpeta de un riego

### TIPO Y ESPESORES DE CARPETA

#### TDPA (Vehículos pesados)

Menos de 500

De 500 a 2000

De 2000 a 3000

Más de 3000

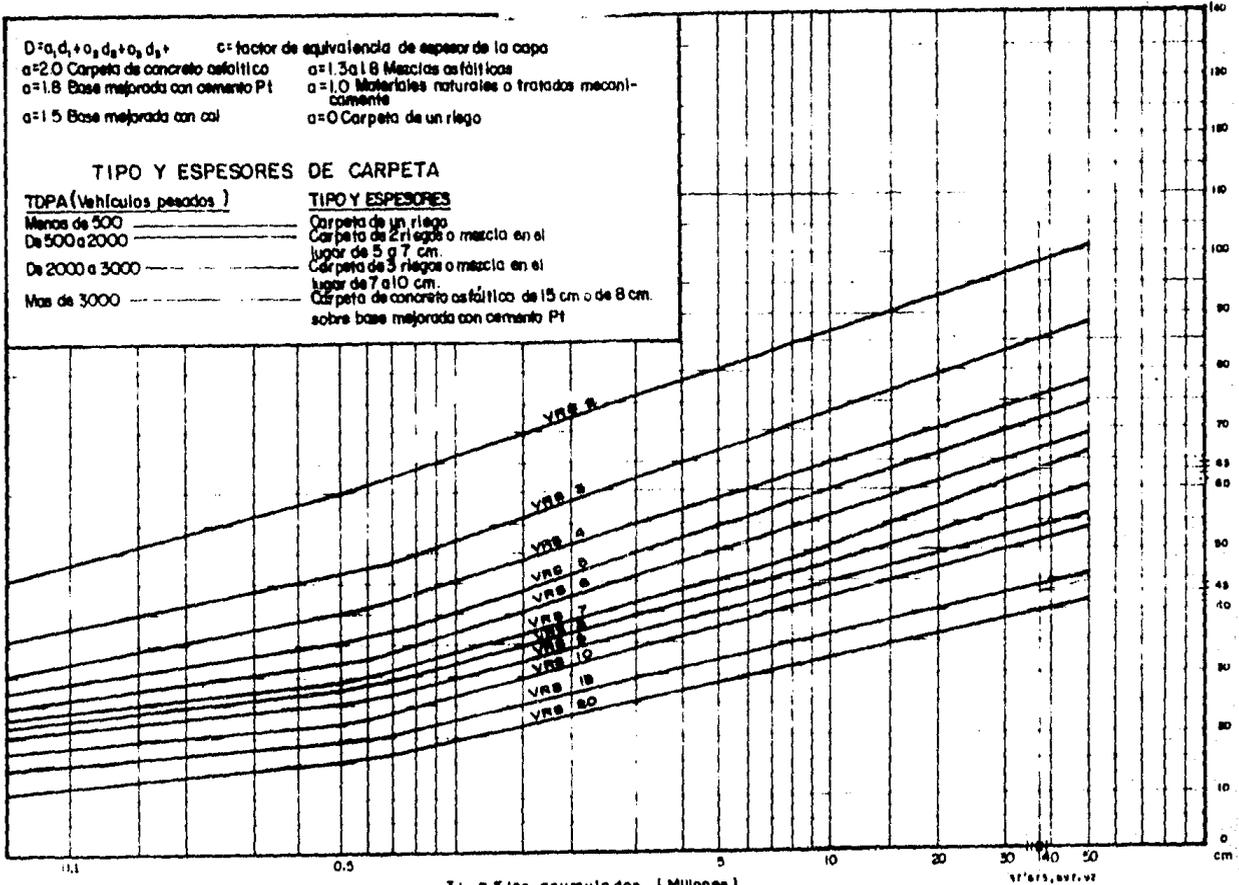
#### TIPO Y ESPESORES

Carpeta de un riego

Carpeta de 2 riegos o mezcla en el lugar de 5 a 7 cm.

Carpeta de 3 riegos o mezcla en el lugar de 7 a 10 cm.

Carpeta de concreto asfáltico de 15 cm o de 8 cm. sobre base mejorada con cemento Pt

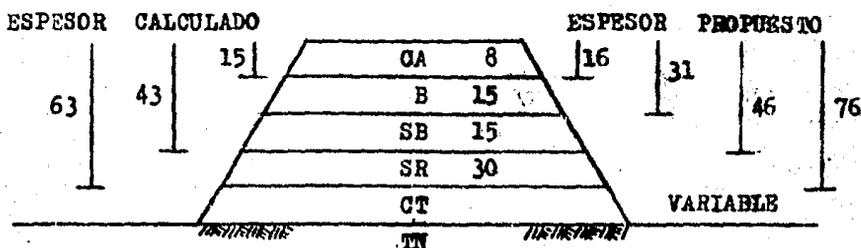


IV-6 GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESORES PORTER MODIFICADA.

## METODO PORTER MODIFICADO.

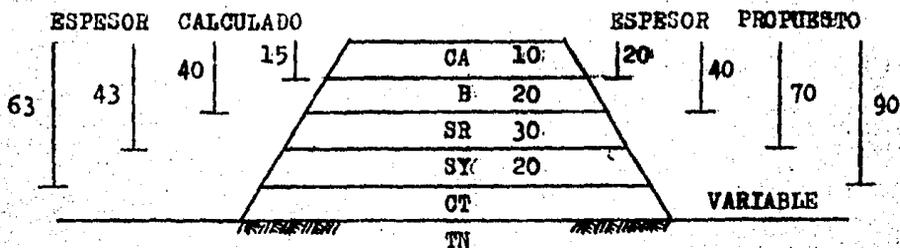
## ALTERNATIVA No. 1

CAPA	VRS	ESPEJOR CALCULADO		ESPEJOR PROPUESTO
CT	7.0 %	63 cm.	<	73 cm.
SR	15.8 %	43 cm.	<	46 cm.
CA mínimo		15 cm.	<	16 cm.



## ALTERNATIVA No. 2

CAPA	VRS	ESPEJOR CALCULADO		ESPEJOR PROPUESTO
CT	7.0 %	63 cm.	<	90 cm.
SY	15.8 %	43 cm.	<	70 cm.
SR	23.0 %	40 cm.	=	40 cm.
CA mínimo		15 cm.	<	20 cm.



#### IV.4.- SELECCION DE ALTERNATIVAS.

Una vez realizado el análisis de alternativas, se seleccionará la alternativa más económica de las estructuradas con el método Pórtter Modificado debido a que con éste se obtuvo el mayor espesor calculado.

Para lo cual, se realizó un análisis económico con precios unitarios de febrero de 1985 de la S.C.T. excluyendo del análisis las obras de drenaje y señalamientos, (se anexa presupuesto). Del costo estimado para cada alternativa, la que resultó más económica es la alternativa No. 2 (Ver cuadro comparativo IV-7).

## ANALISIS ECONOMICO DE LA SECCION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

CARRETERA : MEXICO - VERACRUZ

TRAMO : PUEBLA - ORIZABA

DEL KM. : 170+000 - 190+000

ORIGEN : MEXICO, D.F.

CONCEPTO	CANTIDAD	U	P.U.	COSTO
<b>TERRACERIAS</b>				en miles de pesos
Construcción del cuerpo del terraplen en un espesor promedio de 1.20 mts. Vol. Comp. = 20,000 x 12.25 x 1.20	294,000			
Despalse del terreno natural en un espesor de 30 cms. Vol. = 20,000 x 12.50 x 0.30	75,000	M3	75.92	5'694
Compactación del T.N. en un espesor de 20 cms. al 90 % de su P.V.S.M. Vol. = 20,000 x 12.50 x 0.20	50,000	M3	76.11	3'806
<b>BANCO SANTA ROSA.</b> UBICACION: KM. 164+200 con 1000 m. $\frac{D}{I}$				
Despalse en el banco Sta. Rosa. Vol. = 220.0 x 290.0 x 0.40	25,520	M3	131.45	3'355
Extracción del material del banco con una composición: 60-40-00 V.C.x1.10 = 294,000 x 1.10 = 323,400				
Material tipo "A" = 323,400 x 0.6	194,040	M3	141.25	27'408
Material tipo "B" = 323,400 x 0.4	129,360	M3	165.75	21'441
Carga del material: 323,400 x 1.30	420,420	M3	55.00	23'123
Acarreo ler. Km. con tarifa (50-25)	420,420	$\frac{M3}{Km}$	50.00	21'021
Acarreo a 15 Kms. subsecuentes 420,420 x 15	6'306,300	$\frac{M3}{Km}$	25.00	157'658
Acamellonamiento del material abundado	420,420	M3	45.70	19'213
				<u>262'719</u>

CONCEPTO	CANTIDAD	U	P.U.	COSTO
Adquisición del agua para la compactación del C.T. formado por capas en un 15 % del V.C. 294,000 x 0.15	44,100	M3	209.85	9'254
Acarreo del agua a una distancia de 5 Kms. 44,100 x 5	220,500	$\frac{M3}{Km.}$	48.70	10'738
Operación de mezclado, tendido y compactación del cuerpo de terraplen por capas compactadas al 90 %	294,000	M3	254.69	74'879
Compactación al 95 % de la capa subyacente en un espesor de 20 cms. V.C.= 20,000 x 12.15 x 0.20 (22.94 es la diferencia del 95 al 90%)	48,600	M3	22.94	1'115
Construcción de la capa subrasante de 30 cms. de espesor. V.C.= 20,000 x 12.20 x 0.30	73,200			95'986
Extracción del material del banco Sta. Rosa. composición: 60-40-00 V.C. x 1.10 = 73,200 x 1.10 = 80,520	48,312	M3	141.25	6'824
Material tipo "A" = 80,520 x 0.6	32,208	M3	165.75	5'338
Material tipo "B" = 80,520 x 0.4				
Carga del material: 80,520 x 1.30	104,676	M3	55.00	5'757
Acarreo ler. Km. con tarifa (50-25)	104,676	$\frac{M3}{Km.}$	50.00	5'234
Acarreo a 15 Kms. subs. 104,676 x 15	1,570,140	$\frac{M3}{Km.}$	25.00	39'254
Acamellonamiento del mat. abundado	104,676	M3	45.70	4'784
Incorporación de agua para la compactación de la capa subrasante en un 20% del V.C. 73,200 x 0.20	14,640	M3	209.85	3'072
Acarreo del agua a una distancia de 5 Kms. 14,640 x 5	73,200	$\frac{M3}{Km.}$	48.70	3'565
Operación de mezclado, tendido y compactación de la capa subrasante compactada al 100% de su P.V.S.M.	73,200	M3	390.00	28'548
				102'376

CONCEPTO	CANTIDAD	U	P.U.	COSTO
<b>PAVIMENTOS</b>				
Construcción de la capa de sub-base con un espesor de 15 cms. V.C. = 20,000 x 12.11 x 0.15	36,330	M3		
BANCO TEPEACA II UBICACION: KM. 159+500 con 500 m. $\frac{D}{T}$				
Adquisición del material del banco Tepeaca II, incluye tratamiento y carga	1.0	M3	2000.00	2000.00
Acarreo al 1er. Km. con tarifa (50=25)	1.3	$\frac{M3}{Km.}$	50.00	65.00
Acarreo a 20 Kms. subsecuentes 1.3 x 20	26.0	$\frac{M3}{Km.}$	25.00	650.00
Acamellonamiento del material abundado	1.3	M3	45.00	58.50
Adquisición del agua para la compactación de la sub-base al 100% de su P.V.S.M. en un 20% del V.C.	0.2	M3	209.85	41.97
Acarreo a 5 Kms. de distancia 0.20 x 5	1.0	$\frac{M3}{Km.}$	48.70	48.70
Operación de mezclado, tendido y compactación en la formación de la capa de sub-base de 15 cms. de espesor compactos al 100% de su P.V.S.M.	1.0	M3	390.00	390.00
				<u>3254.17</u>

C O N C E P T O	CANTIDAD	U	P.U.	C O S T O
<b>PAVIMENTOS</b>				
Construcción de la capa de base con un espesor de 20 cms. V.C.= 20,000 x 12.15 x 0.20	48,600	M3		
BANCO TEPEACA II UBICACION: Km. 159+500 con 500 m. $\frac{D}{I}$				
Adquisición del material del banco Tepeaca II con tamaño máximo del agregado de 1 1/2" incluye tratamiento y carga	1.0	M3	2,300.00	2,300.00
Acarreo al 1er. Km. con tarifa (50-25)	1.3	$\frac{M3}{Km.}$	50.00	65.00
Acarreo a 20 Kms. subsecuentes 1.3 x 20	26.0	$\frac{M3}{Km.}$	25.00	650.00
Acamellonamiento del material abundado	1.3	M3	45.00	58.50
Incorporación del agua para compactar al 100% de su P.V.S.M. en un 25% del V.C.	0.25	M3	209.85	52.46
Acarreo a 5 Kms. de distancia 0.25 x 5	1.25	$\frac{M3}{Km.}$	48.70	60.88
Operación de mezclado, tendido y compactación en la formación de la capa de base de 0.20 m. de espesor compactados al 100% de su P.V.S.M.	1.0	M3	390.00	<u>390.00</u>
				3,576.84

CONCEPTO	CANTIDAD	U	P.U.	COSTO
<b>PAVIMENTOS</b>				
Riego de impregnación				
Barrido de la base por tratar 20,000 x 11.00	22.00	Ha.	19,974.95	439,448.9
Riego de impregnación con asfalto tipo FM-1 (1.2 lts./m <sup>2</sup> ) 20,000 x 11.00 x 1.2	254,000.0	lts.	60.00	15,240,000.0
				<u>16,279,448.9</u>
Riego de liga				
Riego de liga con asfalto FR-3 (0.5 lts./m <sup>2</sup> ) 20,000 x 7.00 x 0.5	70,000.0	lts.	60.00	4,200,000.0
Carpeta de concreto asfáltico				
Adquisición de concreto asfáltico elaborado en planta y dosificado por volumen	1.0	M <sup>3</sup>	9,100.00	9,100.0
Acarreo 1er. Km. con tarifa (50-25)	1.0	$\frac{M^3}{Km.}$	50.00	50.0
Acarreo a 50 Kms. subsecuentes	50.0	$\frac{M^3}{Km.}$	25.00	1,250.0
Operación de construcción de la carpeta de concreto asfáltico y compactada al 95% de la prueba Marshall.	1.0	M <sup>3</sup>	3,472.95	<u>3,472.9</u>
				13,872.9
Riego de sello				
Riego de sello con material pétreo tipo 3-E a razón de 10 lts./m <sup>2</sup> , incluye: suministro del material pétreo, barrido de la superficie, riego de liga con asfalto FR-3 a razón de 1.2 lts./m <sup>2</sup> , tendido, plan chado, rastreo y remoción del mate rial excedente. 20,000 x 11.0	220,000.0	M <sup>2</sup>	154.65	34,023,000.0

IV.7.- CUADRO COMPARATIVO DEL COSTO DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS.

ALTERNATIVA No.1

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U	COSTO
Cuerpo del terraplén	294,000 M3	1284.31	377'590
Capa subrasante	73,200 M3	1398.58	102'376
Capa de sub-base	36,330 M3	3254.17	118'224
Capa de base	36,450 M3	3576.84	130'038
Riego de impregnación	220,000 M2	73.98	16'279
Riego de liga	70,000 lt	60.00	4'200
Carpeta asfáltica	11,200 M3	13872.95	155'377
Riego de sello	220,000 M2	154.65	<u>34'023</u>
			938'107

ALTERNATIVA No.2

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U.	COSTO
Cuerpo del terraplén (incluye subyacente)	294,000 M3	1288.11	378'705
Capa subrasante	73,200 M3	1398.58	102'376
Capa de base	48,600 M3	3576.84	173'834
Riego de impregnación	220,000 M2	73.98	16'279
Riego de liga	70,000 lt	60.00	4'200
Carpeta asfáltica	14,000 M3	13872.95	194'221
Riego de sello	220,000 M2	154.65	<u>34'023</u>
			903'638

## CAP.V.- PROYECTO EJECUTIVO PARA SU CONSTRUCCION.

El proyecto de modernización para éste tramo de carretera, contempla la construcción de un cuerpo nuevo del lado derecho paralelo al actual de 11.00 m. de corona, con separación de 1.00 m. de hombro a hombro; el cuerpo actual de 13.0 m. de corona queda sin modificación (ver sección tipo en figura No. II-3).

Con el objeto de no interrumpir la circulación del tránsito, se iniciarán los trabajos con la construcción del cuerpo nuevo cuyo ancho de corona es de 11.00 m. para alojar el acotamiento central de 1.00 m., la carpeta de 7.00 m. y el acotamiento lateral de 3.00 m. para lo cual se deberán seguir los procedimientos siguientes:

### AMPLIACION DEL LADO DERECHO

#### V.1.- TERRACERIAS.

La construcción se iniciará con los trabajos de desmonte, despalle y limpieza general del terreno natural en la zona por ampliar incluyendo el talud del terraplén actual; el terreno natural despallado se compactará al 90 % de su PVSM, en una profundidad mínima de 0.20 m. para obtener una buena cama de trabajo, luego se continuará con la construcción del terraplén cuyo espesor será variable dependiendo del nivel de la rasante de proyecto, debiendo compactarse al 90 % de su PVSM; para lograr una buena liga entre el terraplén actual y las nuevas terracerías, se deberán abrir escalones de liga con peralte igual al de la capa por construir.

Terminada la construcción del cuerpo del terraplén hasta su nivel definitivo en la zona ampliada, se continuará con la formación de la capa subyacente que tendrá un espesor de 0.20 m; la compactación del material que forme ésta capa y del piso del escalón abierto será del 95 % de su PVSM.

Sobre la capa de transición debidamente terminada se construirá la capa subrasante de 0.30 m. de espesor compactada al 100 % de su PVSM, la cual, una vez terminada deberá quedar a su nivel definitivo, a 0.30 m. aproximadamente abajo de la superficie de rodamiento de la carretera actual con pendiente transversal mínima del 2 % (bombeo).

Los materiales que se requieran para formar las capas que integran las terracerías antes descritas procederán del préstamo del banco Santa Rosa.

## V.2.- PAVIMENTO.

Los incisos a que se hace mención en los párrafos siguientes corresponden a las Especificaciones Generales de Construcción de la extinta Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Partes IV y VIII, ediciones 4a. y 3a. respectivamente.

### BASE HIDRAULICA.

Sobre la capa subrasante debidamente terminada, se construirá la capa de base hidráulica de 0.20 m. de espesor, utilizando material procedente del banco Tepeaca II, debiéndose compactar al 100 % de su PVSM el material que la forme. El material deberá cumplir con las normas de calidad especi-

ficadas en el inciso 91-03.6 de la parte VIII y para su ejecución con la cláusula 51-04 de la parte IV.

#### RIEGO DE IMPREGNACION.

Sobre la base hidráulica terminada, superficialmente seca y barrida se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico tipo FM-1 a razón de 1.2 lts./m<sup>2</sup> aproximadamente, en todo el ancho de la corona y en los materiales que formen el talud del pavimento.

El producto asfáltico deberá cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 93-02.4C correspondiente a la parte VIII y para su ejecución con la cláusula 54-04 de la parte IV de la extinta S.O.P..

#### CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

Sobre la base hidráulica impregnada totalmente seca y barrida se aplicará un riego de liga con producto asfáltico FR-3 en una proporción aproximada de 0.5 lts/m<sup>2</sup> y se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 0.10 m. de espesor, elaborada en planta y en caliente con materiales pétreos de tamaño máximo de 19.1 mm. (3/4") procedente del banco Tepeaca II y cemento asfáltico No.6, con una dosificación aproximada de 100 Kg/m<sup>3</sup> de material petreo seco y suelto; debiendo compactar el material que forme dicha mezcla al 95 % de su Peso Volumétrico obtenido en la prueba Marshall.

Los materiales pétreos y el cemento asfáltico que formen la carpeta propuesta deberán cumplir con las normas de calidad de la extinta S.O.P. especificadas en los incisos

92-03.2 y 93-02.4A respectivamente, el PR-3 para el riego de liga con el inciso 93-02.4B de la parte VIII y para su ejecución con la cláusula 57-04 de la parte IV.

La mezcla se proyectará por el procedimiento Marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que se indican en la columna de intensidad de tránsito de más de 1000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 93-04.3 de la parte VIII.

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 57-04 de la parte IV.

#### **RIEGO DE SELLO.**

En todo el ancho de la corona se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-E a razón de 10 lts/m<sup>2</sup> debiendo cumplir con las normas de calidad indicadas en los incisos 93-03.2 y 93-02.4B respectivamente de la parte VIII, debiendo construirse de acuerdo a los lineamientos indicados en la cláusula 55-04 de la parte IV.

#### **V.3.- CUNETA DEL CAMELLON CENTRAL.**

Una vez concluida la construcción del pavimento hasta su nivel definitivo, se procederá a la construcción de la cuneta misma que quedará alojada en la zona del camellón central.

Dicha cuneta tendrá 1.00 m. de ancho y la inclinación de los taludes será de 1.5:1.0; se revestirán con losas prefabricadas de concreto hidráulico de un f'c = 100 Kg/cm<sup>2</sup> de 0.05 m. de espesor con agregado pétreo de 3/4" (19.1 mm)

#### V.4.- GUARNICION CENTRAL.

Con el objeto de evitar que los conductores utilicen como un tercer carril la zona del camellón de la carretera actual, se deberá construir guarnición discontinua en el camellón central alojada a 10.50 m. del hombro exterior hacia el centro y se construirá en tramos cuya longitud será de 2.00 m. con separación entre una y otra de 0.50 m; los tramos de guarnición se construirán con concreto hidráulico de un  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$  y agregada pétreo de 38.1 mm. (1 1/2") con revenimiento de 6 a 8 cm. y sección tipo tradicional.

#### V.5.- MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Se utilizará el señalamiento adecuado con el objeto de evitar accidentes durante la etapa de construcción, siendo éste preventivo, indicativo y restrictivo.

## BIBLIOGRAFIA

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.  
Volumen de Datos Viales 1984.  
Edición, 1984.
- S.C.T. Secretaría de Infraestructura.  
Dirección General de Servicios Técnicos.  
Artículo del mes.  
"Evaluación de los Niveles de Servicio de la  
Red Carretera Federal de México".  
México; Agosto 1984.
- S.C.T. Normas de Servicios Técnicos.  
Proyecto Geométrico (Carreteras).  
México; Octubre 1984.
- Rico Rodríguez, A., Del Castillo, H.  
La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.  
Tomo II. Limusa, S.A. México; 1981.
- Juárez Badillo, E., Rico Rodríguez, A.  
Mecánica de Suelos. Tomo I.  
Limusa, S.A. México; 1977.
- Frías Aldaraca, R., García Altamirano, G.  
Evaluación de la Sección Estructural de un  
Pavimento.  
Tesis Profesional. E.N.E.P., Aragón, U.N.A.M.  
México, 1982.

- S.C.T. (extinta S.O.P.).  
Especificaciones Generales de Construcción.  
Parte IV y VIII.  
México, D.F. 1981.
- S.C.T. Dirección General de Servicios Técnicos,  
Puebla.  
Estudios Geotécnicos de los Bancos de Materiales  
para Terracerías y Pavimentos.  
México, 1985.
- Juárez Badillo, E., Rico Rodríguez, A.  
Mecánica de Suelos. Tomo II.  
Linusa, S.A. México; 1979.
- Corro, S., Magallanes, R., Prado, G.  
Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos  
Flexibles para Carreteras.  
Serie I. No.444. Inst. de Ing. U.N.A.M.  
México, Noviembre 1981.
- Frias Aldaraca, R., García Altamirano, G.  
Métodos de Diseño más Comunes en Carreteras para  
Calcular la Sección Estructural de Pavimentos  
Flexibles.  
Tesis Profesional. E.N.E.P., Aragón. U.N.A.M.  
México, Mayo 1984.