

870115

2e;

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERIA



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Raul Villegas', is written to the right of the seal.

RECONSTRUCCION ESTRUCTURAL
DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS
GUADALAJARA, JALISCO 1987



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.

Guadalajara, Jal., Mayo 20 de 1986.

H. COMISION DE TESIS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Estimada Comisión:

Por la presente me permito a su consideración y aprobación en su caso, mi tema de TESIS PROFESIONAL, titulada:

"RECONSTRUCCION ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE"

Y que constará de los siguientes temas:

- I.- INTRODUCCION
- II.- ANTECEDENTES Y NECESIDADES.
 - II.1. Generalidades
 - II.2. Características Climatológicas.
 - II.3. Características Topográficas.
 - II.4. Características Hidráulicas e Hidrológicas.
 - II.5. Antecedentes de Proyecto de Pavimentación.
- III.- PLANO TOPOGRAFICO Y LOCALIZACION.
- IV.- TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS
 - IV.1. Definición de las fallas.
 - IV.2. Descripción del proceso de fallas en sus diferentes capas.
 - IV.2.A. En los pavimentos flexibles.
 - IV.2.B. En los pavimentos semirrígidos.
 - IV.2.C. En los pavimentos rígidos.
 - IV.3. Definición de las fallas.
 - IV.4. Clasificación de las fallas.
 - IV.5. Causas de las fallas.
 - IV.5.A. El tránsito.
 - IV.5.B. Condiciones climatológicas.
 - IV.5.C. El diseño del pavimento.
 - IV.5.D. La calidad y colocación de los materiales.
- V.- ESTUDIO DE CAMPO Y CARACTERISTICAS FISICAS.
 - V.1. Generalidades
- VI.- ESTUDIOS DE BANCOS DE MATERIAL Y LOCALIZACION.

- VII.- ASFALTOS DE PETROLEO.
- VIII.- EL PAVIMENTO.
 - VIII.1. Estudio de pavimento flexible y especificaciones de los materiales que lo constituyen.
 - VIII.2. Analisis de tránsito y métodos de diseño.
- IX.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.
 - IX.1. Generalidades.
 - IX.2. Terracerfas.
 - IX.3. Pavimentos.
- X.- PROGRAMACION DE LA OBRA.
- XI.- SUPERVISION Y CONTRAOL DE CALIDAD DE LA OBRA.
 - XI.1. Terracerfas.
 - XI.2. Pavimentos.
 - XI.3. Riego de Sello.
 - XI.4. Obras de drenaje.
- XII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- XIII.- BIBLIOGRAFIA.

El tema de TESIS escogido es debido a que mi trabajo en la Secretaría - de Comunicaciones y Transportes, en el área de Conservación de Carreteras Federales, me ha permitido desarrollar diversas actividades relacionadas con las carreteras, conociendo así la problemática existente de las mismas, principalmente en lo que respecta a su aspecto estructural y a la funcionalidad en su nivel de servicio.

Esperando que este tema cumpla con los requisitos necesarios para ser aprobada o en su caso, hacer las modificaciones que crean pertinentes, quedo de ustedes como su seguro servidor.

A t e n t a m e n t e,

C. JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS
 Legalidad No. 282
 Lomas de Independencia
 C.P. 44370 Tel. 51-05-91
 Guadalajara, Jal.

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I
INTRODUCCION

El progreso social y económico de nuestro país, demanda que todos los integrantes de la colectividad disfruten de los últimos adelantos de la civilización.

En la actualidad México se encuentra ante esta perspectiva de desarrollo, dedicando al máximo de su capacidad económica para lograr una mejor distribución de su riqueza, a la vez que se incrementa "La Comunicación Humana".

En todas las regiones de nuestro Territorio Nacional, aún en aquellos sitios hasta donde parecía imposible llegar a un grado de desarrollo de esta naturaleza, está siendo posible gracias al avance inusitado que los medios de comunicación han tenido, y en particular gracias a los caminos que cumplen con la función de comunicar las áreas por donde cruzan, facilitando y acelerando el paso de los bienes de la esfera productora a la de consumo.

A través del tiempo las necesidades de los pueblos y regiones que estaban unidos por un camino, fueron aumentando, y los caminos, ahora carreteras también, han tenido que irse adecuando a las necesidades del tránsito que por ellos pasa.

El presente trabajo presenta la restructuración del tramo carretero ACATLAN - TECOLOTLAN, cuya vida útil ya pasó, y que necesita nueva estructura, para soportar el volumen de tránsito y carga, que dan salida a los productos de las regiones por las que pasa el camino ACATLAN - MELAQUE, que une a Guadalajara con la zona costera del Estado de Jalisco.

CAPITULO II

ANTECEDENTES Y NECESIDADES

II.1 GENERALIDADES

Inicialmente, en resumen, se puede decir que la finalidad en México de los caminos, era el comunicar las capitales y centros importantes de producción económica. Después, con el proceso de desarrollo se construyeron caminos con la finalidad de integrar el país al proporcionar comunicación permanente a las poblaciones incomunicadas. Con esto se dió servicio a zonas actualmente potenciales en producción, con lo que mejoraron la distribución de su ingreso. Como es de pensar, lo lógico, estos caminos se hicieron con la congruencia al tipo de vehículos, volúmenes de tránsito y cargas que por ellos circulaban, pero el progreso industrial y volúmenes de producción han traído como consecuencia vehículos con mayor capacidad de carga, por lo que han sido modernizadas o reforzadas en su estructura muchos caminos carreteros, que en la actualidad se encontraban saturados en volumen de tránsito y obsoletos en su capacidad de carga.

En la actualidad, este proceso de cambio estructural en nuestras carreteras continúa, a pesar de la crisis económica que atraviesa nuestro país, México hace el esfuerzo.

II.2. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

En general el clima en la zona por donde cruza el camino se puede clasificar como TEMPLADO. La temperatura media anual alcanza un promedio de 23° C, teniéndose como extremas temperaturas máximas de 28° C y mínima de 11.8° C.

II.3. CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS

El territorio por el cual atraviesa este camino se puede clasificar como lamerlo suave y más o menos terreno plano, cuyas altitudes varían entre 1,200 y 2,100 m. sobre el nivel del mar, exceptuando los extremos Norte y Noroeste donde varían entre 2,100 y 2,600 mts.

II.4. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS E HIDROLOGICAS

La mayoría del territorio está ocupado por áreas con régimen pluviométrico superior a 1461.6 mm. anuales y en promedio recibe una precipitación pluvial de 808.9 milímetros anual.

Existen cuatro procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla y son las siguientes:

- 1.- POR COMPARACION.
- 2.- METODO EMPIRICO.
- 3.- PROCEDIMIENTO DE SECCION Y PENDIENTE.
- 4.- PROCEDIMIENTO RACIONAL MEDIANTE LA PRECIPITACION PLUVIAL

Solamente se enumeran los métodos ya que solo se trata de la restructuración del pavimento, utilizándose el mismo trazo sin haber modificación alguna. Pero generalmente, cuando hay alguna modificación en el trazo, casi siempre si la obra de drenaje del trazo original no falló en su área hidráulica, se utiliza el método de comparación y se define una alcantarilla de la misma área hidráulica a la original.

II.5 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Los municipios que cruzan esta carretera cuentan con muchas comunidades que son unidas entre ellas y la cabecera por caminos rurales y algunos de estos se entroncan directamente con la carretera.

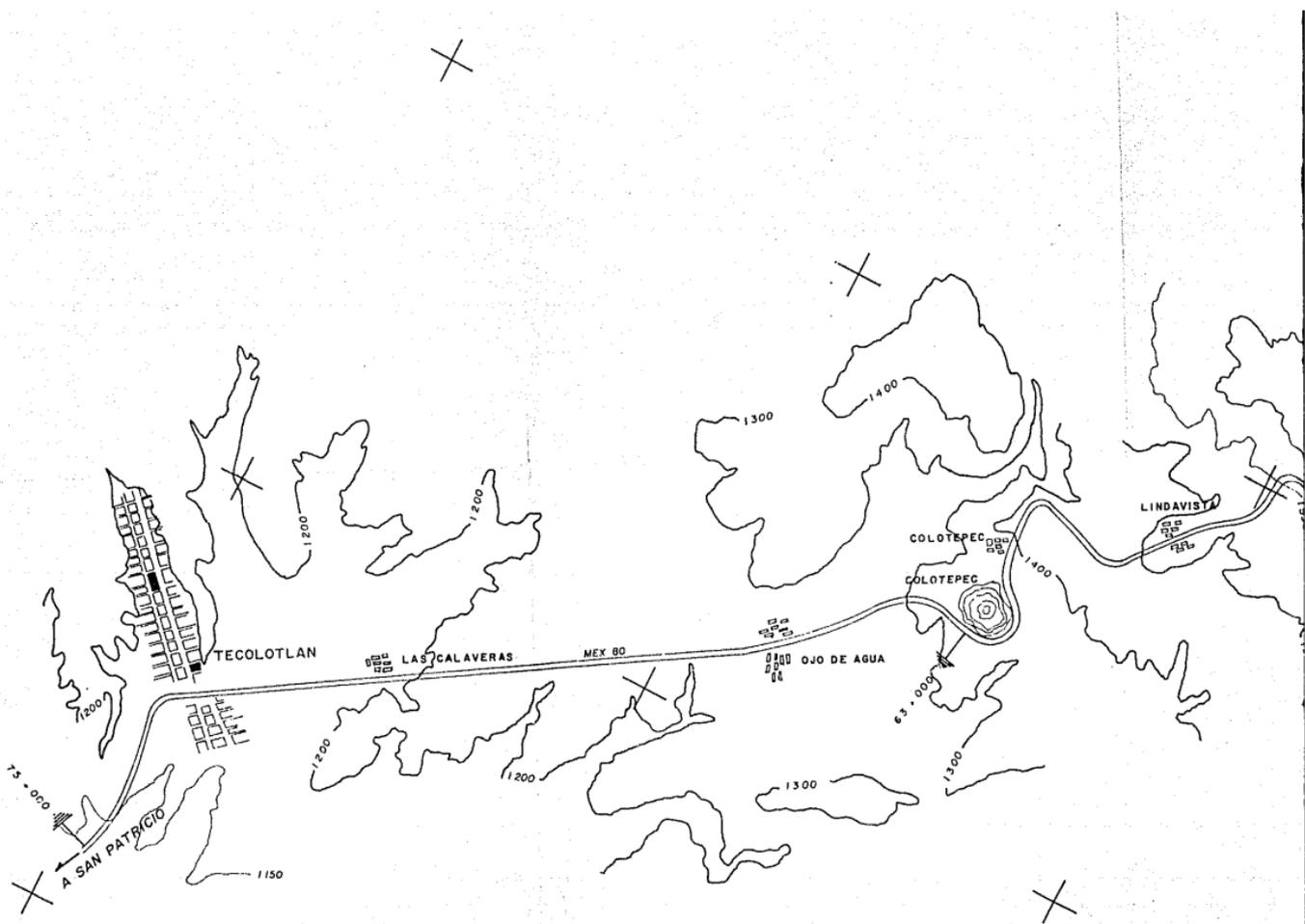
Todo esto nos demuestra que a través del tiempo, como ha habido progreso, también han aumentado las necesidades de los pueblos -- que han sido unidos por un medio de comunicación, en este caso por una vía terrestre "CARRETERA".

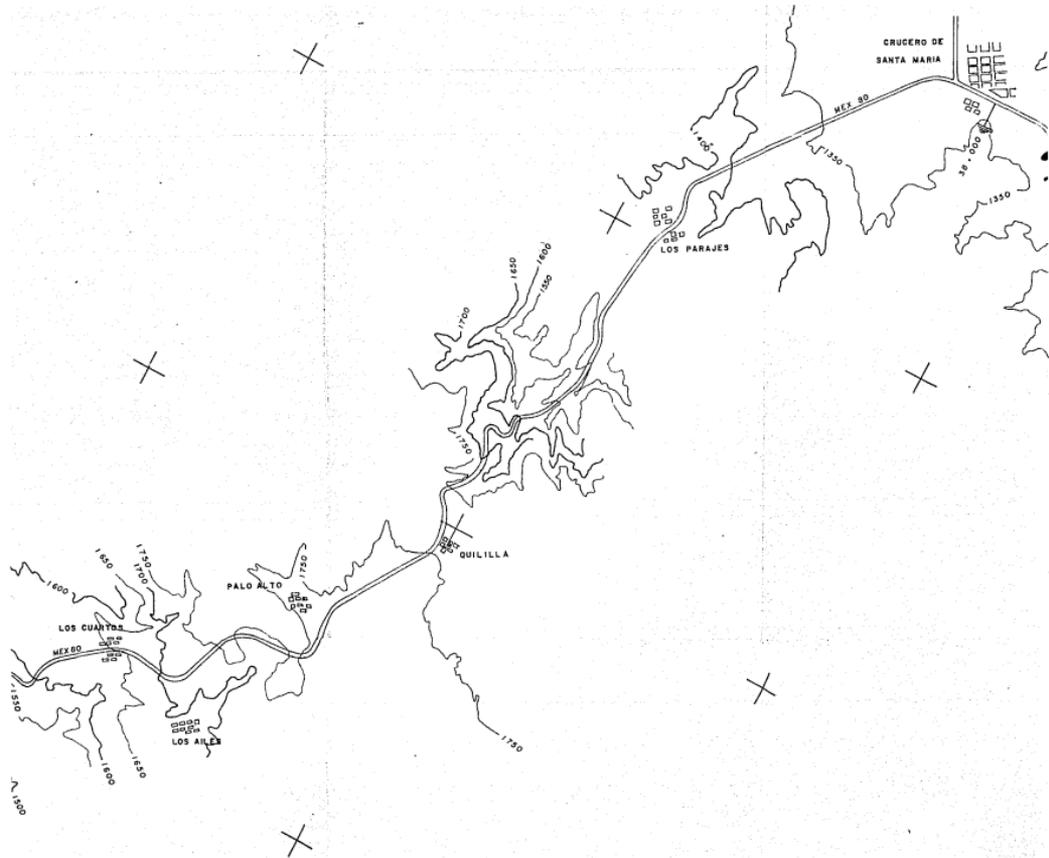
En este caso nos referimos a los poblados de los diferentes municipios que une la carretera TAMPICO - BARRA DE NAVIDAD, en su tramo ACATLAN - TECOLOTLAN.

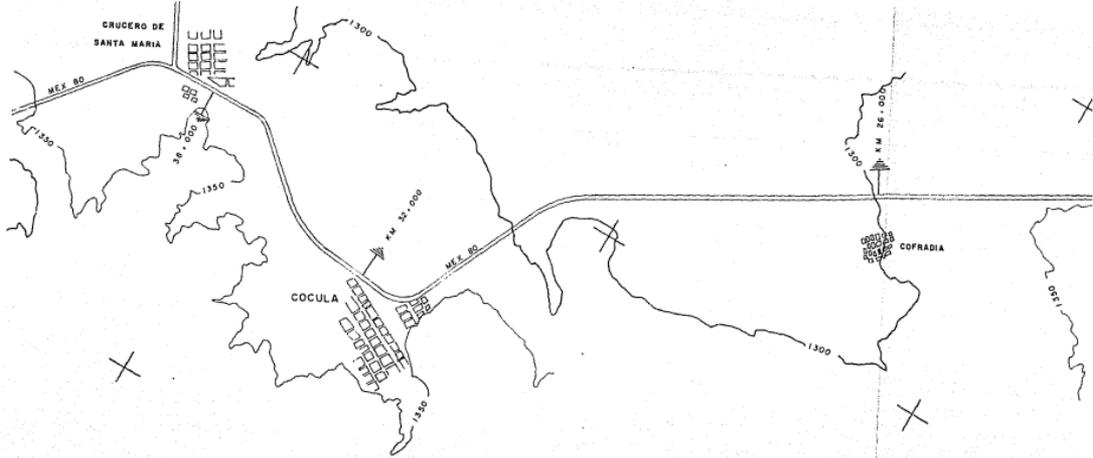
Estas necesidades han sido producto del mismo desarrollo Industrial, Agropecuario, Comercial y Turístico de la región, y para dar salida a éstos servicios y productos al mercado exterior se utiliza, como es común en México, el Autotransporte, lo cual trajo como consecuencia volúmenes de tránsito y cargas mayores a las que originalmente se considerarían cuando se construyó este camino en estudio.

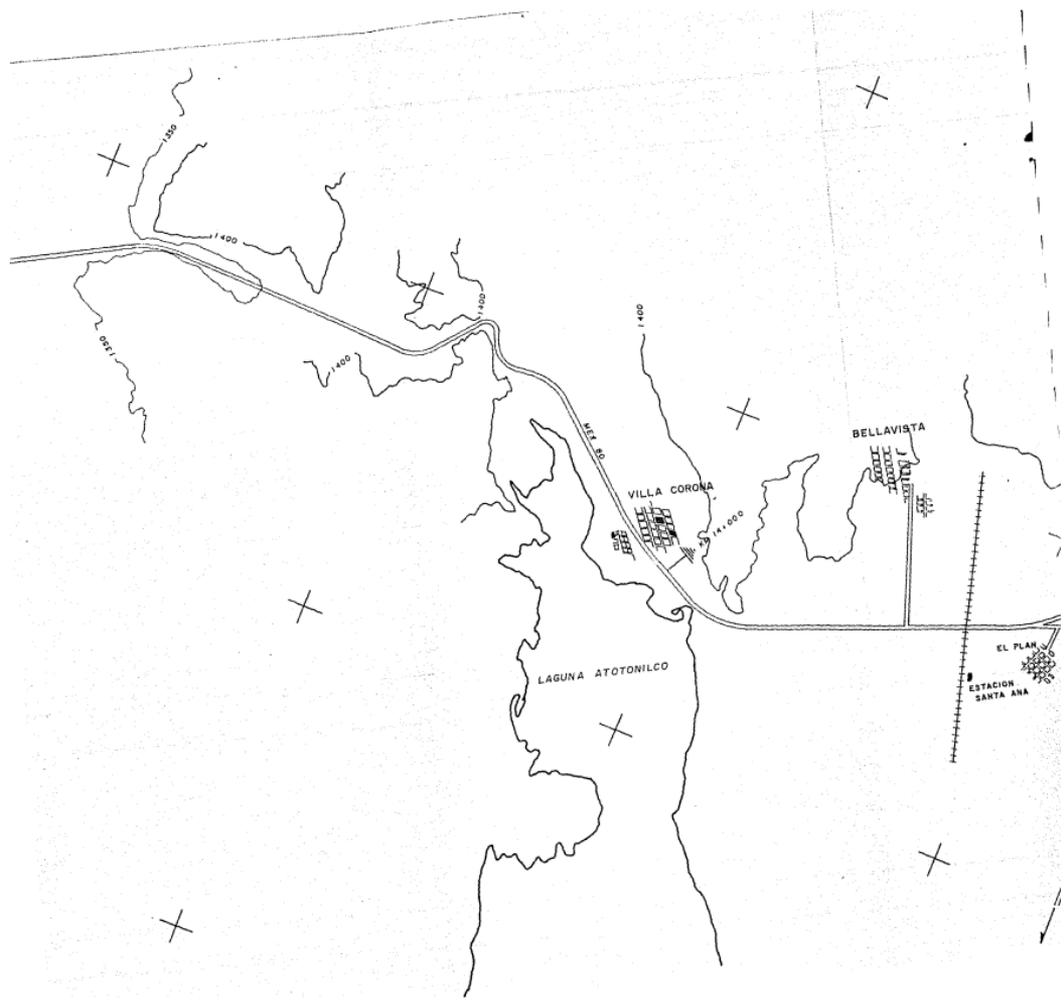
Lo anterior expuesto nos da la razón por la cual este tramo carretero requiere de una reconstrucción o más bien una reestructuración -- del pavimento flexible, para así poder aumentar su capacidad de carga y poder soportar esos volúmenes de tránsito que han aumentado considerablemente, ya que este camino no se diseñó para los volúmenes de tránsito y cargas actuales.

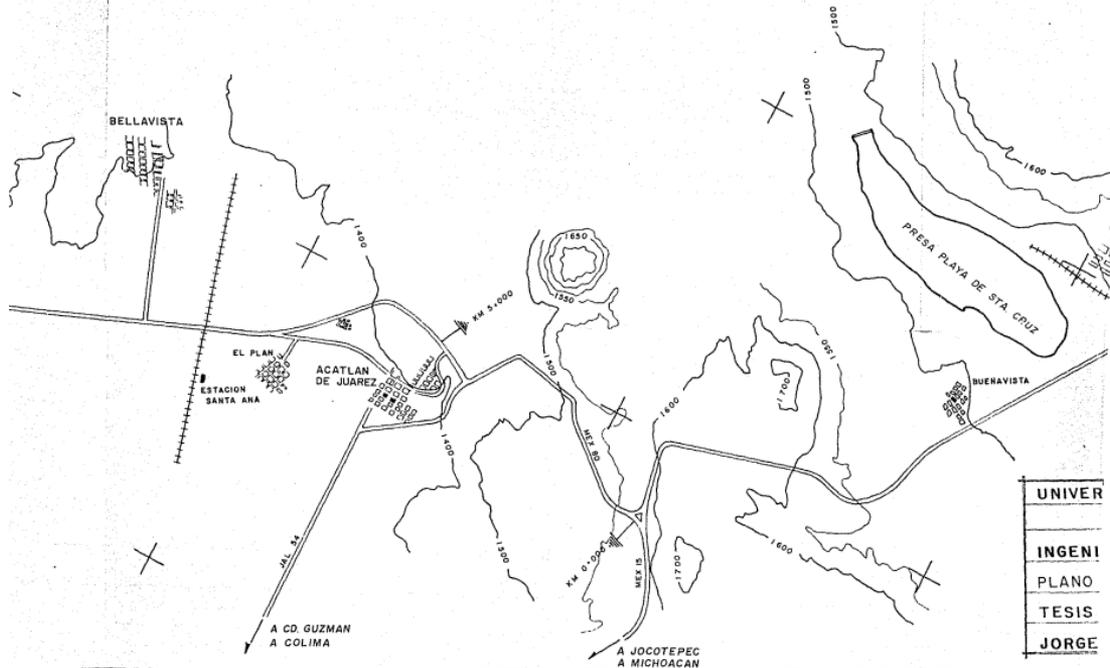
CAPITULO III
PLANO TOPOGRAFICO Y LOCALIZACION











UNIVER
INGENI
PLANO
TESIS
JORGE

CAPITULO IV

TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

IV.1 GENERALIDADES

Al tratar de asociar las fallas a tal o cual tipo de estructura, resulta conveniente clasificar los tipos de pavimentos, que existen en tres grandes tipos considerando que también pueden existir casos intermedios.

- 1.- PAVIMENTOS FLEXIBLES.
- 2.- PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS:
- 3.- PAVIMENTOS RIGIDOS.

Los pavimentos flexibles a su vez se subclasifican en:

- A.- Pavimentos tradicionales, que son los pavimentos con capa de base hidráulica sin tratamiento y están constituidos-- por una capa superficial (superficie de rodamiento) llamada carpeta asfáltica y está construída por un sistema de riegos o con mezcla asfáltica elaborada en el lugar o en planta estacionaria sobre una capa de base y otra de sub-base naturales o sea sin tratamiento especial.
- B.- Pavimentos de gruesas capas asfálticas, que son los pavimentos cuya capa de base de pavimento ha sido tratada con asfalto y el espesor total de las capas de base y carpeta es del orden de 20 cms.

PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS

Estos pavimentos tienen capas de base y en ocasiones tienen - capas de base y sub-bases, tratadas por medio de aglutinantes hidráulicos (cemento hidráulico).

La capa superficial es una capa asfáltica que en ocasiones -- descarga por interposición de una capa de liga también asfáltica sobre la capa de base tratado hidráulicamente mínimo debe ser de 10 cms.

PAVIMENTOS RIGIDOS

Estos pavimentos están constituidos por una losa de concreto - hidráulico, eventualmente reforzado, correspondiente a la capa superficial y a la de base de un pavimento flexible que descansa sobre una capa de sub-base que puede ser grava natural sin tratamiento, de grava tratada con aglutinantes asfálticos o -- con aglutinantes hidráulicos.

IV.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FALLAS EN SUS DIFERENTES CAPAS

Cada una de las capas de un pavimento desempeña un papel importante en la distribución de las cargas ejercidas principalmente por el tránsito pesado.

IV.2.A. EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Las capas superficiales deben resistir el esfuerzo cortante y absorber los esfuerzos horizontales, y la capa de base debe distribuir los esfuerzos verticales, además de esfuerzos cortantes aunque menores a la resistencia del material de base.

En el caso de los pavimentos tradicionales con capas tratadas de poco espesor y en ocasiones mínimo (Riegos superficiales), los materiales sin liga soportan la acción de las cargas repartidas, y el pavimento llega al final de su vida, ya sea cuando las deformaciones permanentes se vuelven excesivas, por ejemplo, volúmenes considerables de tránsito o bien cuando hay variaciones bruscas en las características físicas de las terracerías.

Por lo que se refiere a los pavimentos de gruesas capas asfálticas, éstas desempeñan un papel de distribuidor de esfuerzos, y que están sometidos a esfuerzos de flexión tanto más elevados cuando las cargas sean mayores, y que las capas inferiores sean rígidas, fallan esencialmente por deformación, sin figuración de las carpetas o por figuración, cuando las capas inferiores están agrietadas que ya no pueden desempeñar su papel de distribuidor, o bien cuando se combinan éstos dos fenómenos.

IV.2.B. LOS PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS:

Estos pavimentos con capa de base tratado mediante adiciones hidráulicas están sometidas a esfuerzos de flexión (Capa de base), tanto más elevados cuando las cargas sean más intensas y que las capas inferiores sean menos rígidas, y el pavimento llega al final de su vida cuando las capas tratadas con adicionantes hidráulicos ya no desempeñan su papel distribuidor, y cuando comienza una rápida degradación de la superficie de rodamiento.

IV.2.C. LOS PAVIMENTOS RIGIDOS.

La superficie de rodamientos debe resistir esfuerzos cortantes ya que la losa de concreto debe soportar los esfuerzos de tensión y flexión sin sufrir algún daño.

El comportamiento global y la identificación del proceso de degradación, por lo general son similares en estos dos últimos tipos de pavimentos. Las juntas y los bordes constituyen los puntos más débiles.

La capacidad de las diferentes capas para desempeñar las distintas funciones que les son conferidas depende en su mayoría de los espesores proyectados, y de los procedimientos de construcción y de la calidad de los materiales en el sitio de obra.

Cuando no se satisfacen las funciones previstas, o ya no pueden satisfacerse, tarde o temprano se manifiestan las fallas, visibles en la capa superficial, produciendo una sensación de malestar al usuario y un problema de conservación.

PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRIGIDOS.

ASENTAMIENTO:	Variación del nivel de la sección.
CORRUGACION:	Prominencia que aparecen en la superficie del pavimento.
ESCARPELADO:	Separación de la película de asfalto que envuelve el material pétreo.
HUELLA DE RODADO:	Impresión en relieve localizada en la superficie de rodamiento.
PIEL DE COCO DRILLO:	Agrietamiento en forma reticular que se produce en las capas superficiales.
FISURAS O GRIETAS:	Líneas de ruptura.
ONDULACIONES:	Depresión en forma redondeada.
PAVIMENTO LISO:	Desgaste del agregado en la superficie o llorado por exceso de asfalto que lo vuelve liso y resbaloso.
BACHES:	Conidad en forma redondeada, de bordes francos, creada en la superficie del pavimento por levantamiento del material.
RODERA:	Deformación longitudinal permanente que se origina bajo el peso de las ruedas.
DESCOSTRADO:	Zona más o menos localizada en la que la capa de rodamiento se ha desprendido totalmente del pavimento.
DESGRAMAMIENTO:	Desprendimiento de la gravilla de la carpeta.
AFLORACION DE AGUA:	Aparición de una zona húmeda en la superficie de rodamiento.
LLORADO:	Zonas más o menos localizadas en la que aparecen en exceso de asfalto en la superficie.

SUPERFICIE RU Piedras duras que aparecen en el relieve de la
GOSA: superficie del pavimento.
RIZADO: Deformación perpendicular al eje del pavimento.

PAVIMENTOS RIGIDOS.

AFLORACION DE LECHADA: Aparición en la superficie del rodamiento de un residuo blancusco a lo largo de una grieta.
AFLORACION DE MORTERO: Separación del mortero y de los agregados que -- descienden hasta la parte baja de la carpeta.
FRACTURA: Agrietamiento completo de la losa de concreto -- que la separa en dos.
ESCARPELADO O ESCAMADA: Desintegración superficial del concreto.
EVECCION DE LA JUNTA: Material que sale por la junta de dilatación.
RESQUEBRAMIENTO: Deformamiento del borde de la losa al nivel -- de la junta.
BOMBEO (Efecto de): Cavidad que se forma bajo las losas que llena -- de agua y lodo que sale proyectando al paso de los vehículos pesados.
LEVANTAMIENTO DE LOSA: Desnivel transversal en la junta.

IV.4 CALSIFICACION DE LAS FALLAS

Las fallas de los pavimentos flexibles tanto las tradicionales, semirrigidas y rígidas se clasifican en cuatro grandes grupos:

- 1.- DEFORMACIONES.
- 2.- AGRIETAMIENTOS.
- 3.- DESPENDINGIENTOS.
- 4.- AFLORACIONES O MOVIMIENTOS DEL MATERIAL.

IV.5. CAUSAS DE LAS FALLAS

Las causas de las fallas en los pavimentos son muy numerosas y diversas, de índole cuantitativo (Volumen de tránsito, etc.), cualitativo (Tipo de material que constituye el cuerpo del pavimento), o -- también aleatorio (lluvia, humedad, etc.), estos factores a la vez causa y efectos, es decir, cuando las fallas evidentes se vuelven la causa -- de nuevas fallas, éstas se desarrollan rápidamente.

Cada factor tiene un efecto preponderante pero temporal y aleatorio, y conviene ser muy prudente en cuanto al valor de esta influencia. Al realizar un balance de estos factores en función de los diferentes tipos de fallas no tenemos más que una aproximación del problema.

No obstante es posible clasificar las causas de las fallas -- de acuerdo a cuatro criterios a saber:

- 1.- El tránsito
- 2.- Las condiciones climáticas y el medio ambiente y sus consecuencias.
- 3.- El diseño del pavimento.
- 4.- De calidad de los materiales y su colocación.

IV.5.A. EL TRANSITO

El tránsito vehicular, es un parámetro cuya influencia segura todavía no ha podido definirse debidamente. Los ensayos de la A.A.S.T. H.O., han mostrado que la evolución de las deformaciones, del agrietamiento, etc., están asociadas a la carga de los ejes, y a la duración de su aplicación y al número de pasadas, pero que estos resultados, si los podían aplicar a un pavimento determinado apoyado sobre un suelo -- dado y en condiciones climáticas precisas, por consiguiente, es necesario ser muy prudente al interpretar estos resultados y aplicarlos a un pavimento cualquiera.

IV.5.B. LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

Los parámetros que influyen en el cuerpo del pavimento son la presencia de agua en mayor cantidad que la normal y los ciclos de hielo deshielo en las zonas frías.

LA PRESENCIA DEL AGUA:

El agua se infiltra en el cuerpo del pavimento ya sea por la superficie del pavimento, entonces, basta con proteger el pavimento superficial por medio de un sello lo suficientemente estanco para detenerla.

POR INFILTRACION LATERAL:

El agua que proviene de los acotamientos se desplaza horizontalmente, éste fenómeno si no es el más importante desde el punto de vista de cantidad de agua por unidad de tiempo, es el más frecuente y el más peligroso, pero, puede resolverse en forma adecuada impermeabilizando los acotamientos y construyendo un drenaje eficaz.

LA AFLORACION CAPILAR:

El agua proviene del nivel freático, en este caso el problema de la evacuación del agua es completamente y requiere casi siempre un estudio especial.

EL CONTENIDO DE AGUA DEL SUB-SUELO:

Cuando éste es muy elevado puede provocar importantes trastornos ya que llega a modificar la capacidad de soporte del suelo en forma importante, o bien agravar el desgaste por fricción de ciertos materiales, como los calizos.

LOS CICLOS DE HIELO Y DESHIELO:

Durante las heladas (en el momento del hielo), el agua que existe dentro del pavimento se transforma en cristales de hielo y hay una demanda de agua en las zonas congeladas hacia las zonas congeladas, durante el deshielo, el contenido de agua del suelo es muy elevado dentro de un espesor variable, el tránsito pesado provoca entonces asentamientos más o menos importantes, produciendo deformaciones y - grietamientos que hacen que el cuerpo del pavimento envejezca prematuramente.

Mencionemos igualmente la acción de los fundentes químicos - que tienen por efecto mantener la humedad permanente en la superficie. En efecto, el pavimento sufre por la ausencia de protección térmica; - el pavimento experimenta un choque térmico ocasionado por la reacción endotérmica en función de la nieve o del deshielo por los fundentes, se fragiliza por bajas temperaturas y se mantiene un estado permanente de humedad y sufre fallas superficiales por el agua retenida en las fisuras (grietas).

IV.5.C. EL DISEÑO DEL PAVIMENTO

Hace algunos años el diseño de las capas del pavimento interventa de manera menos sensible en las causas de las fallas, el tránsito pesado era menos intenso y la carga media por eje menos elevada. El proyecto escaso correspondía más bien a los ensanchamientos ligeros, - en aquellos sitios donde el camino empezaba a invadir los acotamientos; en la actualidad el diseño adquiere cada día mayor importancia sobre todo en el caso de los pavimentos antiguos de poco espesor (de 10 a 15 cm.), cuando el cuerpo del pavimento está completamente contaminado.

IV.5.D. LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y SU COLOCACION

Estos dos criterios son esenciales, al establecer un enlace de las fallas; se observa que dos terceras partes de las mismas provienen de:

MATERIALES INADECUADOS:

Granulometría incorrecta.
Porcentaje elevado de elementos redondeados.
Insuficiencia dureza de los agregados.
Agregados sucios.
Rápido pálido de los agregados (desgaste excesivo).
Exceso de finos y/o plásticos.

FABRICACION DEFICIENTE:

Porcentaje incorrecto del asfalto o de fino.
Insuficiente mezclado.

COLOCACION QUE NO SATISFACE LAS CONDICIONES REQUERIDAS:

INSUFICIENTE COMPACTACION:

Excesiva compactación.
Insuficiente temperatura de colocación.
Segregación durante la colocación.

El tramo carretero que se estudia ya contaba con fallas de toda clase que se describen para los pavimentos flexibles, esto causado principalmente por el tránsito, que como se ha mencionado consta de volúmenes altos y cargas mayores a las que se tomaban en cuenta anteriormente para el diseño de la estructura de un pavimento, y también obvio por el diseño del pavimento, y la calidad de los materiales.

CAPITULO V

ESTUDIO DE CAMPO Y CARACTERISTICAS FISICAS

V.1. EN GENERAL.

CARACTERISTICAS FISICAS Y RESISTENCIA DEL TERRENO DE CIMEN
TACION.

Con el objeto de conocer las características del suelo de cimentación se efectuaron sondeos a cada 500 metros sobre el trazo ya existente del Km. 5 + 000 al 70 + 000 obteniéndose muestras alteradas con la finalidad de efectuar en el laboratorio las pruebas de calidad requeridas.

Los resultados obtenidos muestran mala calidad del suelo de cimentación, encontrándose arcilla, con altas contracciones lineales y valores relativo de soporte variable con tendencia a ser bajas.

Se efectuaron pruebas de V.R.S. modificada al 90, 95 de su peso volumétrico seco máximo, utilizando la variable II por tratarse de una zona de drenaje deficientes y de alta precipitación; de las pruebas de efectuadas a los materiales a utilizar en la restructuración del pavimento se obtuvieron los siguientes resultados:

	V	R	S
T. NAT.			
6.7	14.3	50	121.9

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

INFORME DE COMPACTACION DE TERRACERIAS EN CUERPO DE TERRAPLEN

OBRA: RECONSTRUCCION. ENSAYE(S) N° _____
 LOCALIZACION: TRAMO ACATLAN - TEOLUTLAN. FECHA DE RECIBO _____
 (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)
CARRETERA TAMPICO - B. DE NAVARRA. FECHA DE INF. _____

REPORTE DE CAMPO N° _____ COMPACTACION RECOMPACTACION
 GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA(S) CAPA(S) ENSAYADA(S) _____

ENSA- YE N°	ESTACION	LADO	CAPA N°	ESPESOR DE LA CAPA ENSA- YADA	ALTURA DE PRO- YECTO DEL TER- RA- PLEN	ALTURA FALTAN- TE AL NIVEL DE CAPA SUB- RASANTE	HUMEDAD, %		PESO ESPECIFICO SECO kg/m³		% DE COMPAC- TACION
							DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR	MAXIMO	
	27+000	IZQ.	1 ^a	19.0			19.0	15.9	1325	1510	88
	27+500	DER.	"	13.0			20.0	19.8	1371	1578	87
	28+000	IZQ.	"	21.0			14.0	10.4	1547	1785	98
	28+500	DER.	"	12.0			13.0	16.5	1440	1620	89
	29+000	DER.	"	17.0			12.6	15.9	1587	1631	97
	30+000	IZQ.	"	14.0			12.0	24.0	1591	1592	99
	30+500	DER.	"	15.0			13.5	23.0	1540	1630	94
	31+000	IZQ.	"	18.0			11.5	22.5	1580	1700	93
	31+500	IZQ.	"	16.0			12.0	14.5	1463	1695	88
	32+000	DER.	"	22.0			15.0	15.0	1494	1680	89
	32+500	IZQ.	"	18.0			13.8	17.7	1482	1638	90
	33+000	IZQ.	"	15.0			10.5	18.1	1560	1630	97
	33+500	DER.	"	13.5			7.7	15.0	1463	1700	86
	34+000	IZQ.	"	10.0			16.1	12.4	1360	1694	80
	34+500	DER.	"	26.0			10.5	16.7	1422	1580	90
	35+000	IZQ.	"	20.0			11.1	12.8	1355	1687	80
	35+500	DER.	"	21.0			11.2	8.3	1828	2008	91
	36+000	IZQ.	"	18.0			12.5	20.0	1370	1600	86
	36+500	DER.	"	15.5			15.0	17.5	1340	1510	89
	37+000	IZQ.	"	17.0			20.3	20.0	1326	1648	80
	37+500	DER.	"	7.0			16.8	17.8	1209	1427	83
	38+000	IZQ.	"	17.0			17.6	17.4	1248	1460	85

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vc. Bc.
------------------	-------------------------	---------

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

INFORME DE COMPACTACION Y ESPESORES DE SUB-BASE BASE REVESTIMIENTO

OBRA RECONSTRUCCION. ENSAYES N° _____
 LOCALIZACION TRAMO ACATLAN - TECOLOTLAN. FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)
 CARHETERA: TAMPICO - B. DE NAVIDAD. FECHA DE INFORME _____

REPORTE DE CAMPO N° _____ COMPACTACION RECOMPACTACION
 GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA CAPA ENSAYADA _____
 ESPESOR DE PROYECTO ORIGINAL _____ ESPESOR AJUSTADO, QUE SE ORDENO CONSTRUIR _____
 MOTIVO DEL AJUSTE DEL ESPESOR _____

ENSAYE N°	ESTACION	LADO	ESPESOR DE LA CAPA ENSAYADA	HUMEDAD %		PESO ESPECIFICO SECO kg/m ³		% DE COMPACTACION
				DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR	MAXIMO	
	27+000	Izq.	20.5	17.0	10.2	1339	1493	90
	27+500	DER.	8.0	11.0	10.6	1355	1604	84
	28+000	Izq.	15.0	7.0	8.0	1716	1831	94
	28+500	DER.	16.5	7.0	8.0	1694	1734	97
	29+000	Izq.	9.5	8.0	8.0	1870	1892	99
	29+500	DER.	8.0	7.5	9.2	1598	1742	91
	30+000	Izq.	8.0	10.0	9.4	1793	1848	97
	30+500	DER.	10.0	8.2	9.0	1720	1840	93
	31+000	Izq.	8.2	7.0	3.5	1700	1820	93
	31+500	Izq.	8.0	21.8	12.2	1569	1750	89
	32+000	DER.	14.0	10.4	12.2	1394	1672	83
	32+500	Izq.	8.0	13.8	11.3	1728	1717	100
	33+000	DER.	10.5	10.0	11.0	1729	1767	98
	33+500	Izq.	19.0	10.1	12.1	1479	1774	83
	34+000	DER.	15.0	10.0	10.2	1451	1675	87
	34+500	Izq.	10.0	5.7	9.8	1506	1773	85
	35+000	DER.	11.0	5.5	7.1	1609	1776	91
	35+500	Izq.	9.0	7.1	10.4	1745	1740	100
	36+000	DER.	10.5	8.4	10.2	1720	1760	98
	36+500	Izq.	11.5	7.4	9.8	1740	1770	98
	37+000	DER.	9.0	8.9	8.6	1599	1787	89
	37+500	Izq.	12.0	6.1	8.4	1464	1786	82
	38+000	DER.	8.0	6.6	9.1	1371	1790	77

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
------------------	-------------------------	---------

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron de los sondeos sobre el camino y pruebas en el laboratorio, se observó que efectivamente además de tener espesores escasos y no uniformes en base, sub-base y terracerías, no tenían la compactación requerida, lo que causaba un mayor daño reflejado en la superficie con fallas como deformaciones, agrietamientos, desprendimientos y movimientos laterales.

Además en algunas zonas se encontró que los terraplenes estaban saturados, y materiales fatigados por el tránsito actual, reflejando también fallas en la superficie.

Considerando lo anterior se, optó por estudiar los espesores requeridos para el tránsito actual, y analizando las calidades de los materiales de base y sub-base del camino actual, se considero que podían aprovecharse para la restructuración en las capas nuevas de sub-rasante y sub-base, utilizando para la base material nuevo de mayor calidad de las Bancos Colotepec y Villa Corona, y para la carpeta y sello material del Banco colotepec (basalto) triturado con sus calidades requeridas.

CAPITULO VI

ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIAL Y LOCALIZACION

V.I.- ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIAL Y LOCALIZACION

La localización de los bancos de material es muy importante para que un proyecto de pavimentación quede bien resuelto.

En la actualidad las zonas de materiales o bancos de materiales, ya han sido determinados, puesto que en la mayoría de las ocasiones nos hemos dado cuenta que vamos a atacar bancos de material que ya con anterioridad han sido explotados.

En el caso de que se tenga que localizarlos se tomarán en cuenta principalmente los siguientes aspectos.

- A.- El uso a que será destinado el material.
- B.- Tipos diversos de bancos (mantos rocosos solos o combinados con otro material, conglomerados, depósitos de ríos, etc.).
- C.- La exploración de campo y el estudio previo para la localización de los bancos, que debe llevarlo a cabo una persona con experiencia y con el equipo indispensable, debe fijar los lugares probables donde pueden localizarse él o los bancos. Para éste objetivo se hacen varios recorridos por la región que atraviesa o atravesará el camino en cuestión y donde se tomarán en forma todos los datos pueden ser de utilidad, como son: ubicación, desviaciones, tipo de material disponible, posibilidad de empleo, volumen aproximable. Estos recorridos generalmente se efectúan a bordo de vehículos de tipo terrestre, aéreos, aun que a veces se presentan casos en el cual es necesario hacerlo a pie o a caballo.
- D.- Estudio de los bancos probables para determinar sus características propias y la conveniencia de su explotación. Para este fin se hacen exploraciones en cada uno de los bancos, mediante sondeos a cielo abierto, con posteadora o con barrenos de acuerdo a la formación del banco, tomándose las muestras necesarias para su ensaye; en algunas -

ocasiones, se realizan estudios geofísicos, con el objeto de obtener mayor aproximación al área que conviene -- sondear precisar en cada banco los datos siguientes:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1.- Despalme | 6.- Contenido de agua |
| 2.- Tipo de material | 7.- Procedimiento de ataque. |
| 3.- Espesor aprovechable | 8.- Probable uso a que puede destinarse el material, etc. |
| 4.- Volumen disponible | |
| 5.- Uniformidad | |

E.- Tratamiento que debe sujetarse el material extraído del banco, para obtener la calidad adecuada.

De acuerdo a los ensayos de laboratorio verificadas a las muestras representativas en cada uno de los bancos, se define el tratamiento adecuado a que debe someterse a los materiales extraídos, para su empleo en la sub-base, o base de pavimento, etc.

Este tratamiento puede consistir comúnmente en una o varias de las siguientes operaciones: Disgregado, cribado - triturado parcial o total; estabilización con otro material, lavado y secado, siendo éste último caso aplicable en ciertas ocasiones a bases asfálticas.

También puede presentarse el caso, poco común, de que el material, extraído del banco no requiera tratamiento para su utilización en sub-base.

La producción de los materiales es una de las etapas más importantes para la correcta ejecución de una obra, pues de ello dependen en gran parte la calidad, costo y cumplimiento del programa de trabajo.

Los requisitos que deben cumplir los materiales para la sub-base y base son los siguientes:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1.- Tamaño máximo | 4.- Límites de Consistencia, |
| 2.- Granulometría | 5.- Equivalente de arena. |
| 3.- Valor relativo de soporte | 6.- Valor cementante. |

EL TAMAÑO MÁXIMO.

El tamaño máximo, que comúnmente se recomienda para sub-base y bases de 1½" aunque se presentan casos particulares en la construcción de sub-bases, en que pueden permitirse en tamaño máximo hasta 2" y no existe razón alguna que justifique la presencia de desperdicios (tamaños mayores al máximo especificado) en el material triturado o cribado, cuando se cuenta con el equipo apropiado y éste sea operado correctamente. Se puede aceptar el material en estas condiciones cuando el desperdicio no exceda del 5%.

GRANULOMETRIA.

Forma y condición de superficie de las partículas y baja plasticidad.

Puede decirse que estas características son las que más influyen en el comportamiento de los suelos, debiéndose lograr en la medida en que sea posible, sus condiciones más favorables como son: Buena graduación, forma cúbica, rugosidad de las partículas y la baja plasticidad.

VALOR DE SOPORTE.

El valor de soporte de un suelo, guarda estrecha relación con las características señaladas en los puntos anteriores y es una medida de resistencia del suelo compactado, por lo tanto constituye en índice de la capacidad del suelo para soportar y transmitir en forma adecuada las cargas impuestas por los vehículos.

LIMITES DE CONSISTENCIA

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder, reformarse hasta cierto límite, sin variación volumétrica apreciable.

Esta se puede medir gracias a los trabajos realizados por Atterberg y A. Casagrande. La utilidad de conocer la plasti-

idad de un suelo radica en que ha sido posible establecer - correlaciones entre sus valores y las propiedades fundamentales del suelo; estas correlaciones son suficientemente confiables, por lo menos, para trabajar en las etapas iniciales de un proyecto cuando la identificación y clasificación de los suelos es importante.

Generalmente el uso de las pruebas de plasticidad y el manejo de los valores correspondientes en los suelos que figuran en un proyecto dado, no exige al ingeniero de realizar a fin de cuentas las pruebas indispensables de compresibilidad, - resistencia al esfuerzo cortante, etc., pero le permite identificar y clasificar a los suelos, dejando de trabajar a ciegas y recibiendo valiosísima orientación para programas de - exploración y muestreos definitivos de pruebas de laboratorio más elaborados y costosos etc.

Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los 4 estados de consistencia de los suelos coherentes. Estos límites son: límite líquido, plástico y de contracción lineal; y se - determinan, empleando suelo que pasa la malla no. 40.

EQUIVALENTE DE ARENA.

La prueba de equivalente de arena que originalmente fue desarrollada por F.N. Hveem en el Depto. de carreteras de California, ha alcanzado hoy amplia y merecida difusión. Las máximas virtudes de esta prueba destacan precisamente cuando se emplea para determinar la calidad de los suelos o la de los productos de trituración procedentes de los bancos.

Todos los materiales que se utilizan en las terracerías y los pavimentos contienen en mayor o menor grado partículas finas, cuyo monto y actividad depende en gran parte, como es sabido el comportamiento mecánico del conjunto. La prueba de equivalente de arena fue desarrollada por Hveem para valuar en forma cualitativa la cantidad y actividad de los finos que exis-

ten en una mezcla de partículas que constituyen el suelo que se va a utilizar. El valor de la prueba de equivalente de arena de una idea de la actividad de la fracción arcillosa.

RENDIMIENTO DEL MATERIAL PROCESADO

Este aspecto tiene gran importancia en la producción de materiales pétreos para la construcción de bases y sub-bases, por esto que el costo y el programa de la obra se encuentran directamente afectados por éste rendimiento, por lo consiguiente deben estudiarse oportunamente todos los aspectos que intervienen para lograr la mejor solución posible a éste aspecto.

A continuación se presentan los bancos de material disponibles para la producción de los materiales requeridos en las diferentes etapas de la reconstrucción.

CUADRO DE BANCOS DE MATERIAL Y SUS CARACTERISTICAS

NO.	BANCO	LOCALIZACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION.	MEZCLA APROX. P/EMPLEO % EN VOLUMEN.
I	NUM. 1	KM.10 + 600 - D/D 800 MTS. C. ACATLAN - MELAQUE.	LIMO ARENOSO	DISGREGADO	TERRACE- RIA Y/O SUERASANTE.	
II	VILLA CORONA	KM. 19 + 000 CARR.TAMP. - B. DE NAVIDAD D/D 100 MTS.	ARENA PUMITICA	DISGREGADO	BASE HI- DRAULICA Y/O CAR- PETA SUB- BASE.	15% BANCO II 85% BANCO III
III	COLOTE PEC.	KM.62 + 800 CARR.TAMP. B. DE NAVIDAD D/I 40 MTS.	BASALTO	TRITURA- CION TOTAL Y CRIBADO PARA OBTENER MATERIAL DE TAMAÑO - MAXIMO DE - 38 MM. A FI- NOS.	BASE HI- DRAULICA	85% BANCO III 15% BANCO II
				TRITURA- CION TOTAL Y CRIBADO PARA OBTENER MATERIAL DE TAMAÑO MA- XIMO DE 19 MM A FINOS.	CARPETA ASFALTI- CA.	SE USARA SOLO.
				TRITURA- CION TOTAL Y CRIBADO PARA OBTENER MATERIAL PARA SELLO 3-A.		

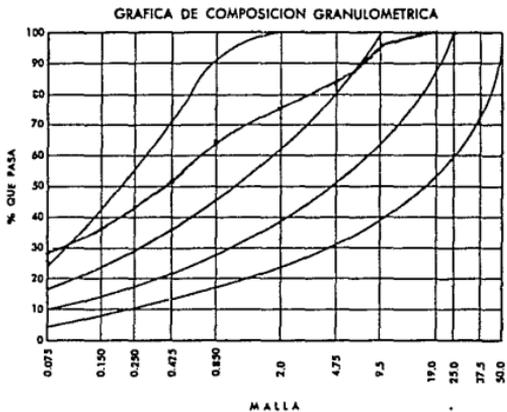
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE BANCO N° 1.

OBRA RECONSTRUCCION TRAMO ACATLAN - TECOLOTLAN. ENSAYE N° _____
 LOCALIZACION CARRETERA TAMICO-BARRA DE NAVIDAD. FECHA DE RECIBO _____
 (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME _____

DATOS DEL MUESTREO MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL ARENA LIMOSA
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO MUESTREO A CIELO ABIERTO.
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO DSSPALME
 UBICACION DEL BANCO 10 + 600 D/D 800 Mts.

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	923		
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1357		
HUMEDAD OPTIMA %	25		
P.E. DEL LUGAR kg/m ³	—		
HUMEDAD DEL LUGAR %	—		



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA	% RETENIDO
	EN 50.0	
EN 37.5		
		% QUE PASA
50.0		
37.5		
25.0	100	
19.0	100	
9.5	96	
4.75	83	
2.00	76	
0.85	65	
0.425	51	
0.250	44	
0.150	37	
0.075	29	

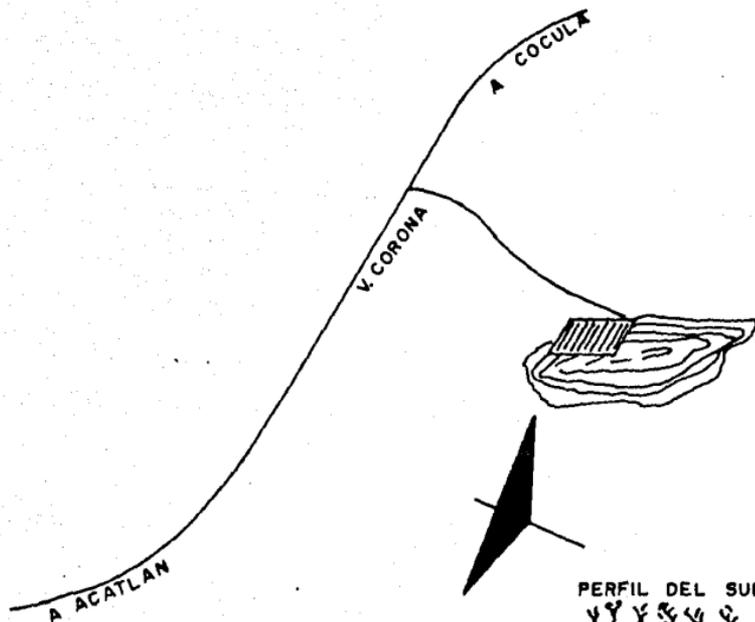
V.R.S. (ESTANDAR) %	61.8
EXPANSION %	0.09
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	23.0
EQUIVALENTE DE ARENA %	

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N°m. 9.5	
ABSORCION %	MATERIAL DEGRADABLE.
DENSIDAD	" "
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°m. 0.425	
LIMITE LIQUIDO %	42
LIMITE PLASTICO %	NP
INDICE PLASTICO %	IND.
EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
CONTRACCION LINEAL %	2.4
CLASIFICACION SOP	SM.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
 EL MATERIAL ENSAYADO ES ACEPTABLE PARA UTILIZARSE COMO SUB/BASE Y/O CORRECTIVO.

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Va. No.
		33

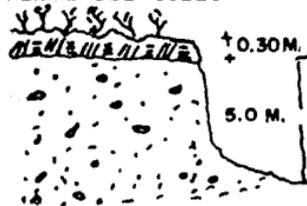


CLASIFICACION: LIMO ARENOSO
 USO: SUBRASANTE Y/O CEMENTANTE
 TRATAMIENTO: EXTRACCION
 DESPALME: 30 CMS.
 VOLUMEN M³: 50,000
 EXPLOTACION: TIPO B (0-100-0)
 PROPIEDAD: EJIDAL
 ACCESIBILIDAD: TODA EPOCA
 RECOMENDACIONES:

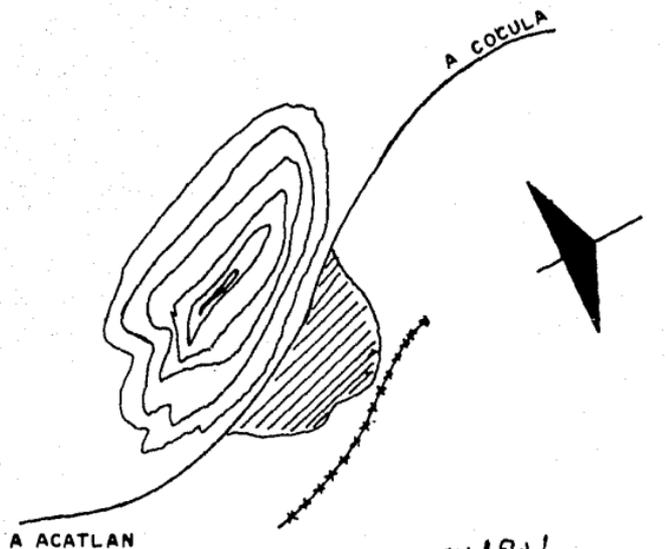


ZONA RECOMENDADA

PERFIL DEL SUELO



UNIV. AUTONOMA DE GUAD.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 BANCO: N° 1
 UBICACION: KM. 10+600 D/D 800
 CARR. TAMPICO-B. DE NAVIDAD
 TESIS PROFESIONAL
 JORGE RAUL AGUILAR V.



CLASIFICACION: ARENISCA CEMENTADA
USO: TERRACERIA: SUB-RASANTE
BASE HIDRAULICA Y SUB-BASE COMO
COMPLEMENTO
TRATAMIENTO= EXTRACCION
DESPALME= 0-10 MTS.
VOLUMEN M³: 30,000
EXPLOTACION: TIPO A-B (80-20-0)
PROPIEDAD: EJIDAL
RECOMENDACIONES:


ZONA RECOMENDADA



UNIV. AUTONOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BANCO: VILLA CORONA
UBICACION: KM. 18+200 D/D 100 MTS.
CARRT. TAMPICO-B. DE NAVIDAD
TESIS PROFESIONAL
JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGA

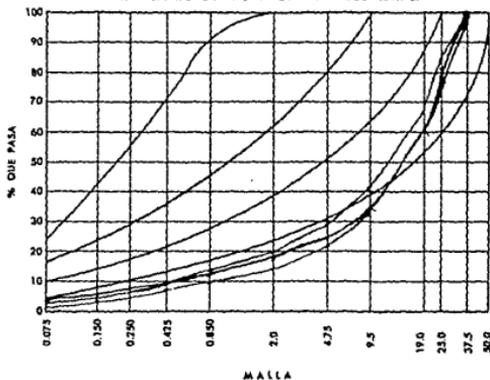
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE BCO. COLOTEPEC.

OBRA: RECONSTRUCCION TRAMO ACATLAN - TECOLOTLAN. ENSAYE N° _____
 LOCALIZACION: CARRETERA TAMPICO - BARRA DE BAVILAND. FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CARINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADEMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL: BASALTO TRITURADO.
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO: TOLVA # 1
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: TRITURACION TOTAL.
 UBICACION DEL BANCO: KM. 02 + 800 D/I. 100 Mts.
 BANCO COLOTEPEC.

P.E. SECO SURETO kg/m ³	1530	1490	1460
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	2120	2060	2040
HUMEDAD OPTIMA %	7.8	6.8	6.9
P.E. DEL LUGAR kg/m ³			
HUMEDAD DEL LUGAR %			

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



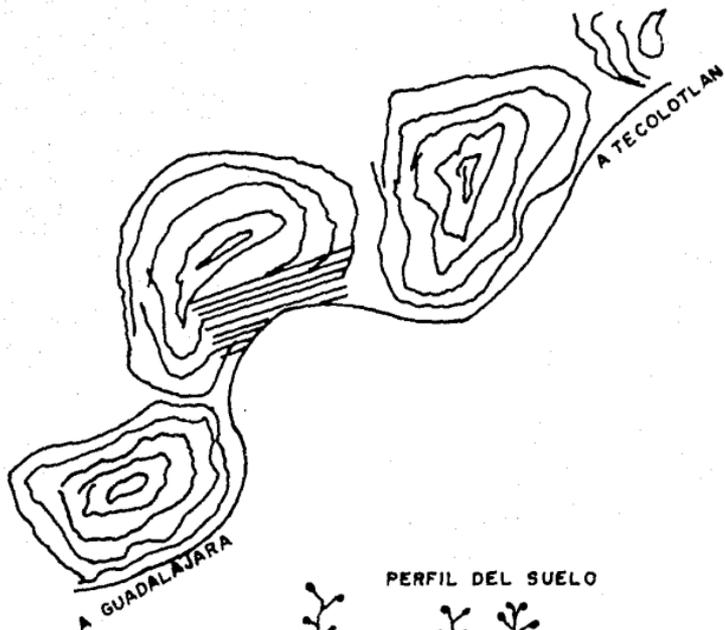
COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO		
	EN 50.0		
EN 37.5			
	% QUE PASA		
50.0			
27.5	100	100	100
25.0	82	84	78
19.0	60	67	60
9.5	34	42	34
4.75	24	29	22
2.00	17	19	15
0.83	12	13	10
0.425	9	9	8
0.250	7	6	6
0.150	6	5	4
0.075	5	4	3

V.R.S. (ESTANDAR) %	88.3	81.4	78.8	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 20			
EXPANSION %	0.10	0.10	0.10	ABSORCION %	1.4	2.0	2.1
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	8.3	7.9	7.2	DENSIDAD	2.6	2.5	2.5
EQUIVALENTE DE ARENA %	74.8	72.6	68.4	DURABILIDAD			

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 0.425							
LIMITE LIQUIDO %	25	24	26	EQUIV. HUM. DE CAMPO %			
LIMITE PLASTICO %	IND.	IND.	IND.	CONTRACCION LINEAL %	0.8	0.5	0.9
INDICE PLASTICO %	NP	NP	NP	CLASIFICACION SOP			

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. So.
		37

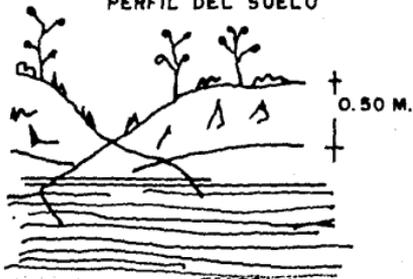


CLASIFICACION: ROCA BASALTICA
 USO: BASE HIDRAULICA Y/O CARPETA ASFALTICA
 TRATAMIENTO: TRITURACION TOTAL
 DESPALME: 0.50 MTS.
 VOLUMEN M : 100,000
 EXPLOTACION: (0-0-100)
 PROPIEDAD: EJIDAL
 ACCESIBILIDAD: TODA EPOCA
 RECOMENDACIONES:



ZONA RECOMENDADA

PERFIL DEL SUELO



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 BANCO: COLOTEPEC.
 UBICACION: KM. 62 + 800 D/I 40 MTS.
 CARR. TAMPICO - B. DE NAVIDAD
 TESIS PROFESIONAL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

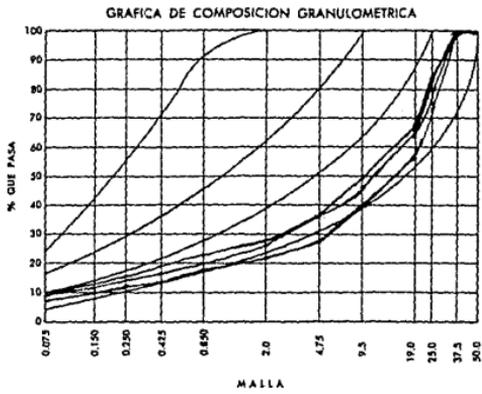
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA RECONSTRUCCION TRAMO ACATLAN - TECOLUTLAN. ENSAYE N° _____
 LOCALIZACION CARRETERA TAMICO-B. DE NAVIDAD. FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME _____

DATOS DEL MUESTREO
 MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE BASE
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL MEZCLADO DE SUELOS
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO _____
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO MEZCLADO 85% BCO. COLOTEPEC 15% BCO. VILLA CORONA
 UBICACION DEL BANCO _____

P.E. SECO SUETIO kg/m ³	1623	1578	1548
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	2011	1954	1972
HUMEDAD OPTIMA %	8.8	8.8	6.6
P.E. DEL LUGAR kg/m ³			
HUMEDAD DEL LUGAR %			

MALLA	% RETENIDO		
	EN 50.0		
EN 37.5			
% QUE PASA			
50.0	100		
37.5	99	100	100
25.0	84	80	74
19.0	66	61	56
9.5	48	47	39
4.75	36	36	27
2.00	26	28	22
0.85	20	23	18
0.425	16	18	14
0.250	14	16	12
0.150	12	13	10
0.075	9	10	7



V.R.S. (ESTANDAR) %	93.7	119.8	102.9
EXPANSION %	0.53	0.52	0.48
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	13.4	14.3	0.6
EQUIVALENTE DE ARENA %	27.9	22.6	25.2

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N°m. 9.5			
ABSORCION %	1.8	1.8	1.6
DENSIDAD	2.6	2.7	2.6
DURABILIDAD			

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N°m. 0.425			
LIMITE LIQUIDO %	32	33	27
LIMITE PLASTICO %	NP	NP	hP
INDICE PLASTICO %	IND.	IND.	IND.
EQUIV. HUM. DE CAMPO %			
CONTRACCION LINEAL %	1.4	1.5	1.0
CLASIFICACION SOP			

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

EL LABORATORISTA	EL JEFE DEL LABORATORIO	Vo. Bo.
		39

CAPITULO VII
ASFALTOS DE PETROLEO

VII. ASFALTOS DE PETROLEO

UN ANTIGUO MATERIAL DE CONSTRUCCION " EL ASFALTO ".

El asfalto, el material de construcción más versátil del mundo actual, no es en modo alguno nuevo, en la antigüedad fue usado de muchas formas en Mesopotamia, Siria y Egipto.

El asfalto utilizado por los antiguos era material nativo procedente de los yacimientos o lagunas asfálticas, donde el crudo asfáltico subió a la superficie y las fracciones más ligeras se evaporaron naturalmente.

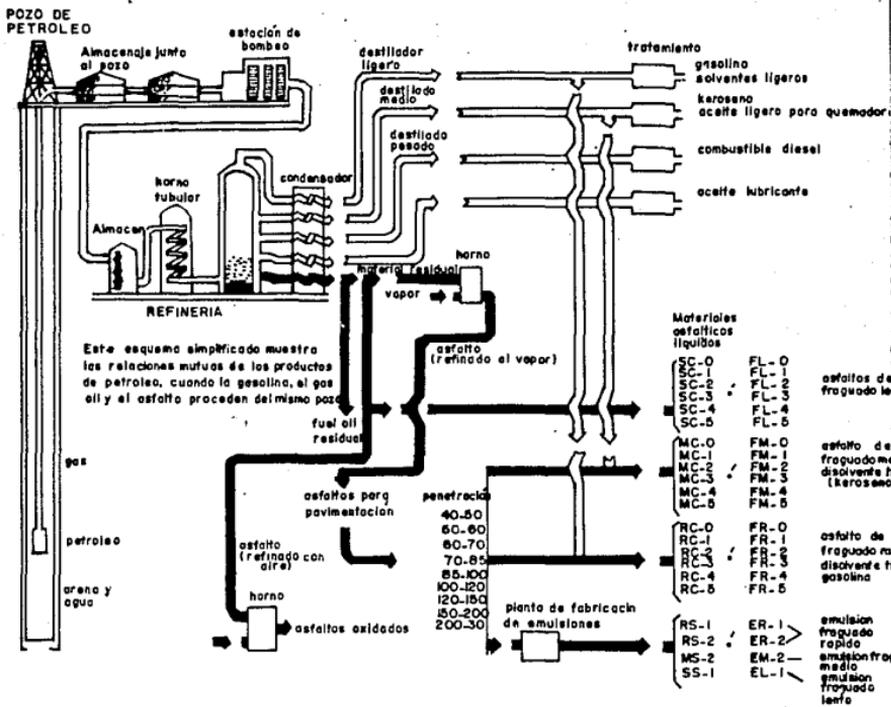
El residuo pesado permanente contenía usualmente proporciones diversas de agua, tierra y otras impurezas; pero mediante métodos de destilación lentos y burdos se obtuvieron combustibles para las lámparas y productos bituminosos para matices, impermeabilización y pavimentación. Los yacimientos más extensos de asfalto nativo fueron encontrados hace 4 o 5 millares de años en Irak.

PROCESO DE REFINO.

Los materiales asfálticos de construcción son una parte del crudo de petróleo de cientos de miles de pozos en todo el mundo. La cantidad de asfalto que puede contener un crudo de petróleo es muy variable y depende de la densidad API (American Petroleum Institute) -- del mismo. Cuando más baja es la densidad del crudo, mayor es su contenido de asfalto; p. ej., un crudo de densidad API 15 produce, aproximadamente, un 60% de asfalto y un 40% de destilados de petróleo más ligeros, tales como gasolina, Keroseno, fuel-oil, aceites lubricantes, etc. mientras que un crudo de densidad API 35 puede producir solo un 10% de asfalto y alrededor de un 90% de fracciones más ligeras.

Cada uno de estos asfaltos debe guardar ciertas características y especificaciones, que deben corroborarse también por métodos de laboratorio y son:

- 1.- Punto de inflamación (°C).- Se toma en cuenta para evitar incendio durante su calentamiento y manipulación. (Cementos asfálticos y Asfaltos Rebajados).
- 2.- Viscosidad saybolt furol (X°C).- (Segundos) Es una medida la resistencia al flujo. (Cementos Asf., Emulsiones Asf. y Asfaltos Rebajados).
- 3.- Destilación (% de destilado total a X°C).- Se conoce el % de asfalto, % de disolvente y % de agua. (Cementos Asf., - Asfaltos Rebajados y Emulsiones).
- 4.- Penetración X°C 100 grs. 5 Seg.- Muestra la rigidez del asfalto y con esto el grado que tiene de unir los agregados (Asfaltos rebajados, Cementos Asf.) (Emulsiones: Al residuo de la destilación).
- 5.- Ductibilidad X°C.- Estiramiento límite del asfalto sin romperse (cms.). (Cementos Asf., Asfaltos rebajados) (Emulsiones: Al residuo de la destilación).
- 6.- Solubilidad en tetracloruro de carbono %.- Se expresa en % - la proporción de asfalto que es soluble en esta solución. - (Cementos Asf., Asfaltos rebajados) (Emulsiones: Al residuo de la destilación).



ESQUEMA DE LA OBTENCIÓN DE LOS ASFALTOS

UNIV. AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 INGENIERIA CIVIL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

CAPITULO VIII

EL PAVIMENTO

VIII. EL PAVIMENTO

En la actualidad se puede decir que no existe una terminología única para designar las diferentes partes que forman un pavimento, sin embargo, comúnmente tal como se representa en la figura VIII.A, un pavimento, en su forma más completa se construye de varias capas teniendo cada una de ellas su función específica. ←

En general los pavimentos se dividen en dos tipos: Los pavimentos rígidos o de concreto hidráulico y los pavimentos flexibles o de asfalto. La diferencia estructural entre ellos estriba en que los pavimentos flexibles presentan muy poca resistencia al esfuerzo de flexión.

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados comprendida (s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuada a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la superestructura de la obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades de tal suerte que puede estar formado por una sola capa, o más comúnmente, por varias a su vez, dichas capas, pueden ser de materiales seleccionados, sometidos a muy diversos tratamientos; su superficie de rodamiento propiamente dicho puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materias pétreas compactadas.

ESTRUCTURACION DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

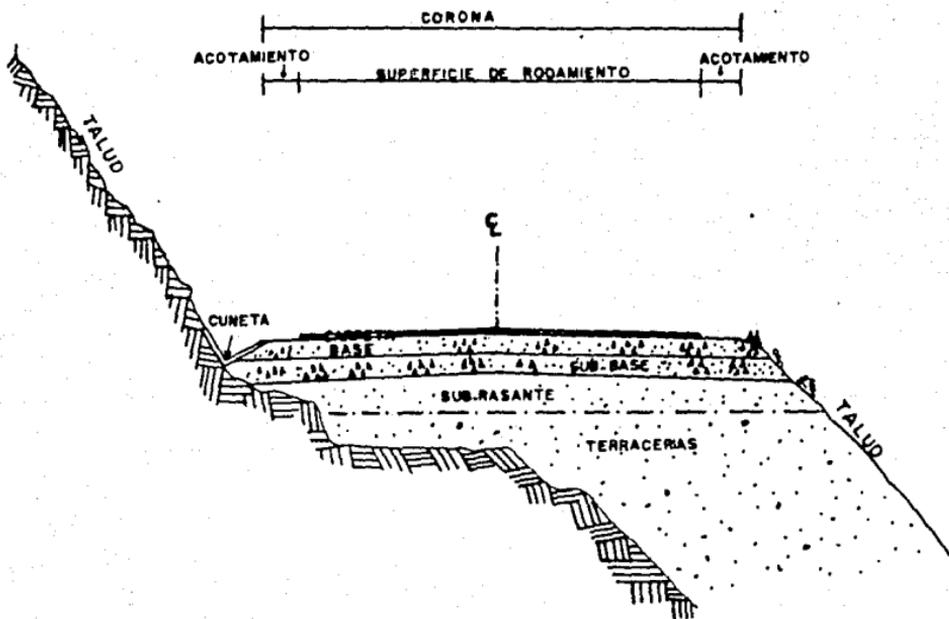


FIG. VIII a.

UNIV. AUTONOMA DE GUAD.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
INGENIERIA CIVIL
JORGE RAUL AGUILAR VILLEGA

VIII. I. ESTUDIO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y ESPECIFICACIONES DE
LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN.

GENERALIDADES.- El pavimento de asfalto o pavimentos flexible, es una estructura formada por varias capas (sub-base, base y carpeta asfáltica) con el fin de satisfacer los siguientes propósitos.

- 1.- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. Un pavimento de asfalto debe estar constituido de tal manera que las cargas que sobre él se aplican no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la subrasante sobre la cual está colocada, y a la vez, se implica la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tránsito. Por lo tanto un pavimento de asfalto debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.
- 2.- Tener la impermeabilidad necesaria. El pavimento debe tener la suficiente impermeabilidad para impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso provoca aumento de la presión de poro en el material con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte.
- 3.- Resistir la acción destructora de los vehículos. La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento.
- 4.- Tener resistencia a los agentes atmosféricos. Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocándole meteorización y alteración de los materiales que le forma.

5.- Tener una superficie de rodamiento adecuado que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehiculos.

6.- Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o sub-base.

En no pocas ocasiones, por una u otra circunstancia, generalmente controlables, se presentan pequeños asentamientos ya sea de la base o sub-base, los cuales no son en extremo perjudiciales, de ahí que convenga que el pavimento tenga cierta flexibilidad que la haga capaz de adaptarse a esas pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

Las características fundamentales de un pavimento flexible son:

- a)- Resistencia estructural
- b)- Deformabilidad
- c)- Durabilidad
- d)- Costos
- e)- Requerimientos de Conservación
- f)- La comodidad

Bajo la carpeta bituminosa, formada típicamente por una mezcla de agregado pétreo y un aglutinante asfáltico que constituye la superficie de rodamiento, se disponen casi siempre por lo menos dos capas bien diferenciadas, una base, de material granular y una sub-base, formada, preferentemente, también por un suelo granular, aunque el requisito obligue menos que en la base, en el sentido de poderse admitir suelos de menor calidad con mayor contenido de finos y menos exigencia en lo que se refiere a granulometría, la razón es obviamente, el mayor alejamiento de la sub-base de la superficie de rodamiento, por lo que llegan esfuerzos de menor intensidad.

Bajo la sub-base se dispone casi universalmente en el momento presente, otra capa, denominada sub-rasante todavía con menores requisitos de calidad mínima que a la sub-base por la misma razón.

Bajo la sub-rasante aparece material convencional de la terracería tratado mecánicamente en la actualidad casi sin excepción, - por lo menos en la referente a la compactación.

SUB-RASANTE. - La sub-rasante con superficie, espesor y calidad permitirá importantes ahorros en los espesores de los pavimentos su prayacentes, sin perjuicio de la función estructural conjunta, pues será capaz de absorber niveles de esfuerzo relativamente altos provenientes de la superficie y transcribir los suficientemente disminuidos a las terracerías.

Desde el punto de vista económico resultan igualmente la calidad y el espesor, los materiales que se usan en la capa sub-rasante nunca pueden ser demasiado buenos, de manera que la contribución de la capa usualmente descansa más en el espesor que en la calidad pero es incuestionable que si se logra una alta calidad en el material de la sub-rasante (guardando las razonables proporciones en relación a los de sub-base y base) podrán tenerse los más importantes ahorros en los espesores de las capas de pavimento.

En muchos países, la sub-rasante no se construye con un material diferente al de la terracería y se distingue de éste sólo por un mejor tratamiento de compactación. Esta es una norma conveniente, sin duda cuando el material de la terracería es suficientemente bueno, pero si no lo es, la experiencia mexicana parece indicar que es sistemáticamente económica y conveniente buscar un mejor material y acarrearlo desde un banco apropiado.

Pocas reglas generales pueden darse respecto al espesor que convenga dar a la capa sub-rasante, como quiera que se construya. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México ha establecido para sus carreteras la cifra mínima de 30 cms. y llega a 50 cms. en caminos de alto tránsito o en lugares en donde el material de terracerías no sea de confiar; la misma cifra de 50 cms. se utiliza sistemáticamente

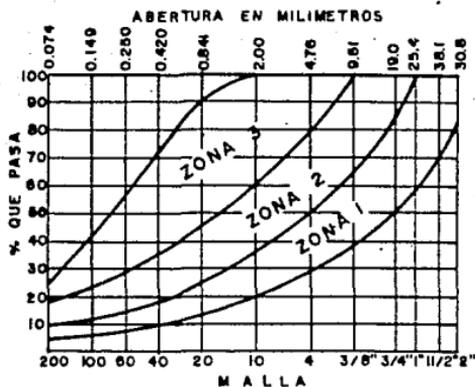
te en acropistas y éstas aún pueden aumentarse, como es el caso, por ejemplo, del aeropuerto de la ciudad de México. La Secretaría establece también en carreteras que el material de sub-rasante no debe tener partículas mayores de 7.5 cms. (3"); elimina los suelos finos (MH, CH), cuyo límite líquido sea mayor de 100% y todos los suelos orgánicos con límite líquido mayor de 50% (OH). Especifica grados de compactación mínimos de 95% respecto a los estándares en uso de la Institución.

Exige, finalmente un valor relativo de soporte mínimo de 5% - con el material en condición saturada en acropistas, se pide un grado de compactación de 100% y se prohíbe en términos generales el uso de - cualquier material MH, CH, u OH.

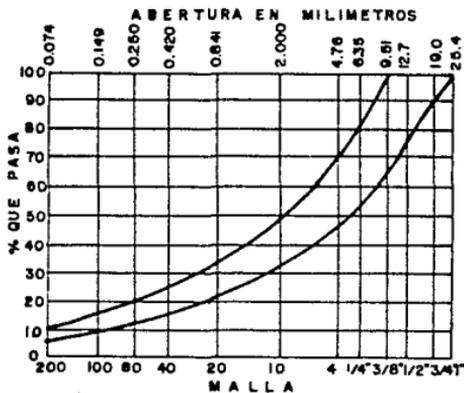
Las reglas anteriores se presentan como norma de criterio, más que como regla rígida, pues como ya se hizo ver, muchos factores circunstanciales influyen en el compartamiento de un material en un caso dado; el criterio correspondiente no puede ser ajeno a la intensidad del tránsito y a las condiciones de sub-drenaje principalmente.

SUB-BASE.- Para muchos, la principal función de la sub-base de un pavimento flexible, es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un material de alta calidad como el usado en la base, pero se refiere hacer aquella más delgada y sustituirla en parte por una capa de menor calidad aunque haya de ser aumentado el espesor, pues, naturalmente cuando menos sea la calidad del material colocado tendrá que ser mayor el espesor necesario para soportar y transmitir los esfuerzos.

Otra función de la sub-base consiste en servir de transición entre el material de la base, generalmente granular grueso y el de la sub-rasante, que tiende a ser mucho más fino; actúa también como filtro de la base e impide su incrustación en la sub-rasante.



REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE UN MATERIAL DE SUB-BASE Y BASE



REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE UN MATERIAL DE CARPETA ASFALTICA

FIG. VIII b.

UNIV. AUTONOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
INGENIERIA CIVIL
JORGE. RAUL AGUILAR VILLEGAS

Esta también absorbe deformaciones perjudiciales en la subbase (cambios volumétricos asociados a cambios de humedad), que podrían reflejarse en la superficie del pavimento.

Otra función es actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre desde arriba y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedentes de la terracería.

De todas las funciones anteriores, la estructural y la económica existen seguramente en todas las subbases que se proyectan; las otras dependen un tanto de las circunstancias del caso y de la calidad del material que se utilice en la propia sub-base.

Respecto al último punto mencionado, es común exigir a los materiales de sub-base requisitos de tamaño máximo, granulometría, plasticidad, equivalente de arena y valor relativo de soporte cuando, como es común todavía; este último concepto se utilice para diseñar los espesores de las capas de pavimento. También suelen fijarse requerimientos mínimos de compactación.

La figura VIII.B. muestra la zona en la que debe desarrollarse la curva granulométrica del material que se emplee en una sub-base según las normas de la S.C.T. Se pide que la curva además de estar comprendida en las zonas 1, 2 ó 3, tenga una forma semejante a los trazos que marcan esas zonas, sin cambios bruscos de curvatura.

En relación del porcentaje, en peso, que pase la malla no. 200 al que pase la malla no. 40 no deberá exceder de 0.85, el tamaño máximo del material se limita a 51 mm. (2").

Se fija tentativamente, que el equivalente de arena del material sea 20 como máximo. La S.C.T. utiliza muy extensivamente el método del valor relativo de soporte para proporcionar sus pavimentos; a los materiales de sub-base se les fija un valor relativo de soporte --

mínima de 50% con el material en condición saturada. Respecto al grado de compactación se exige 95%. La propia Secretaría establece una serie de posibilidades de estabilización de materiales como productos asfálticos, cemento o cal, para aquellos suelos que por sí mismos no satisfagan los requerimientos generales, concretamente de plasticidad media básicamente con la prueba de equivalente de arena y límites de plasticidad.

Básicamente conviene buscar dos cualidades principales en un material de sub-base que son la resistencia friccionante y la capacidad drenante. La primera beneficiará la resistencia del conjunto y - buen comportamiento en cuanto a deformabilidad.

La capacidad drenante permitirá al pavimento eliminar convenientemente tanto el agua que se filtre por su superficie, como la que asciende por capilaridad.

Los espesores de sub-base son muy variables y dependen de cada proyecto específico, pero suele considerarse 12 ó 15 cm. como la dimensión mínima constructiva.

BASE.- Hasta cierto punto existe en la base, que es la capa que sigue a la sub-base, en el orden ascendente adoptado, una función económica análoga a la discutida por la propia sub-base, pues permite reducir el espesor de la carpeta, más costosa, pero la función fundamental de la base de un pavimento flexible es estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas. La base también tiene una importante función drenante.

El material que constituye la base de un pavimento flexible debe ser, entonces, friccionante y suficientemente provisto de vacíos. La primera cualidad garantiza la resistencia estructural adecuada así

como la permanencia de dicha resistencia al variar condiciones circun-
tanciales, como por ejemplo el contenido de agua. Naturalmente que so-
lamente emplear material friccionante no garantiza la debida resisten-
cia a las debidas caracterfsticas de deformidad, es preciso que ese ma-
terial, cuyas caracterfsticas potenciales son buenas, las adquiera re-
almente y la adecuada compactación es el modo con el que se logra ésto
una vez que el material friccionante ha adquirido la compacidad y tra-
bazón estructuras que una buena compactación proporciona, se llega a -
una base adecuada.

Las mismas zonas señaladas en la figura V.III.b para el caso
de sub-base son las que usa la Secretaría de Comunicaciones y Transpor-
tes para limitar las curvas granulométricas de sus bases, señalando --
preferencia por aquellas que queden comprendidas en las zonas 1 ó 2.
Se exige que la curva granulométrica tenga una forma parecida a las --
fronteras que se señalan, sin cambios bruscos de curvatura y que la --
relación del porcentaje, en peso, que pase la malla no. 40 no sea mayor
de 0.65. El tamaño máximo del agregado pétreo se fija en 52 mm. (2")
en materiales naturales que no requieran tratamiento y en 38 mm. (1½")
en materiales que han de cribarse o triturarse.

La Secretaría también exige que el límite líquido del mate-
rial de base sea 30% como máximo, el equivalente de arena, 30, como m^á-
nimo en caminos con menores de 1,000 vehículos pesados al día y 50 en
carreteras con un tránsito más intenso; en aeropistas, el equivalente
de arena mínimo es de 50, para operación de aviones comerciales. El -
valor relativo de soporte se fija como mínimo en 80% para carreteras
de menos de 1,000 vehículos pesados al día, en 100% para carreteras -
con más de 1,000 vehículos pesados al día y también en 100% para aero-
pistas propias para vuelos comerciales.

El grado de compactación que fijan las especificaciones méxi-
canas para base es 95% respecto a los estándares usuales en el país, pe-
ro es práctica normal llevar la compactación hasta el 100%.

Las especificaciones generales de la Secretaría señalan también una serie de normas para estabilizar los materiales naturales, - que de por sí no son satisfactorios, con asfalto, cemento o cal.

Los espesores de las bases son también muy variables de acuerdo con el proyecto de que se trata, pero suele considerarse de 10 ó 15 cm. es el espesor mínimo que conviene construir.

En cuanto a finos debe señalarse que en este caso particular la Secretaría opera prácticamente siempre en las zonas 1 y 2 de las gráficas, aceptándose la zona 3 sólo en casos muy especiales. Se ve también una exigencia de un 50% de material fino como mínimo y valores en el orden de 18 ó 20% como máximo práctico. Esto porque, como se ha señalado, la base necesita para su comportamiento ante las cargas de tránsito una resistencia de tipo friccionante y ésta se ve perjudicada por la presencia de finos, tanto más cuanto mayor sea el contenido de éstos, así como su actividad y características de plasticidad. Otro tanto puede decirse, en términos generales de la deformidad de la base y de la posibilidad de que constituya una capa con características de drenaje adecuadas. Desde este punto de vista la base debería de estar formada por materiales friccionantes puros, sin finos.

Sin embargo, los materiales, naturales o triturados, puramente friccionantes y sin finos, al ser compactados formando la base, presentan el problema de que la zona superior de la capa pierde rápidamente su compactación y queda sin ninguna resistencia al desplazamiento lateral de las partículas, una vez que la base ha sido terminada. Es un hecho experimental universalmente aducido por los constructores, que la incorporación de un cierto porcentaje de finos en su curva granulométrica aminora mucho los inconvenientes anteriores, haciendo el material más trabajable y de superficie más estable, cuando ésta está expuesta.

CARPETA.- La carpeta debe proporcionar en el pavimento flexible una superficie de rodamiento estable, capaz de resistir la aplicación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los producidos por las fuerzas centrífugas, los impactos, etc., debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo y drenaje apropiado. La naturaleza de la carpeta debe ser tal que resista la acción de los agentes del intemperismo. Es de desear que tenga un color que evite reflejos del sol durante el día o de luces artificiales durante la noche.

Es cada vez mayor la utilización de carpetas de concreto asfáltico de gran espesor, que a las funciones tradicionales arriba enlistadas, añaden necesariamente una importante función estructural e influyen mucho en el comportamiento esfuerzo - deformación de toda la sección resistente de la vía terrestre, al incorporar al conjunto un elemento cuya gran rigidez no debe ignorarse.

La exposición directa a las cargas del tránsito y la indeformabilidad necesaria para el buen servicio implican que la carpeta esté formada con material que ofrezca suficiente resistencia bajo condiciones de presión normal exterior nula, que priva en la frontera superior del pavimento; en otras palabras se requiera ahora un material que posea "Cohesión" y es precisamente el producto asfáltico que liga los agregados pétreos el que la proporciona, en el caso de las carpetas bituminosas.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas, elaborando en planta estacionaria deberán satisfacer las siguientes normas.

- 1.- La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la figura VIII.b correspondiente.
- 2.- Contracción lineal ... 2% Máximo.
- 3.- De afinidad con el asfáltico de acuerdo con la siguiente tabla:

PRUEBA	DESPRENDI MIENTO POR FRICCION %	CUBRIMIENTO CON ASFALTO MET. INGLES %	DESPRENDI MIENTO DE LA PELIGU LA %	PERDIDA DE REQUISI ESTABILIDAD DE POR INMER- SION DE -- AGUA.	REQUISI TOS DE ACCEPTA- CION.
CAPA DE PAVIMENTO					
CARPETAS ASFAL TICAS EN PLANTA ESTACIONARIA.	25 MAX.	90 MIN.	---	25 MAX.	QUE CUMPLA CUANDO ME- NOS DOS (2) DELAS PRUE BAS MARCADAS

4.- Equivalente de arena . . . 55% Míximo

5.- La mezcla o concreto asfáltico de la carpeta deberá suje-
tarse a las siguientes normas:

CONCRETO ASFALTICO (PRUEBA MARSHALL)

CARACTERISTICAS	USO DE LA MEZCLA ASFALTICA ELABO- RADA C/CEMENTO ASF.	PARA CARRETERAS TRANSITO DIARIO CON AMBOS SENTIDOS	
		HASTA 2000 VEHICULOS PESADOS (a)	MAS DE 2000 VEHICULOS PESADOS (a)
NUMERO DE GOLPES POR CARA ESTABILIDAD MINIMO, XI LOGRAMOS.	PARA CARPETA, CAPAS DE RENIVELACION BASES ASF. Y BACHEO	50	75
FLUJO, EN MILIMETROS	PARA CARPETAS, CAPAS DE RENIVELACION BASES ASF. Y BACHEO.	450	700
POR CIENTO DE VACIOS EN LA MEZCLA RESPECTO AL VOLUMEN DEL ESPECI MEN.	PARA CARPETAS Y CAPAS DE RENIVELACION.	2-4.5	2-4
POR CIENTO DE VACIOS EN EL AGREGADO.	PARA BASES ASFALTICAS	3-5	3-5
MINERAL (VAM), RESPEC TO AL VOLUMEN DEL ES PECIMEN DE MEZCLA, DE ACUERDO CON EL TA MAÑO MAXIMO DEL MATE RIAL PETREO MINIMO.	PARA CARPETA, CAPAS DE RENIVELACION, BASES ASF. Y BACHEO.	3-8	3-8
	(4.76 mm (NUM. 4)	18	18
	6.35 mm (1/4")	17	18
	0.51 mm (3/8")	16	16
	12.7 mm (1/2")	15	15
	19.0 mm (3/4")	14	14
	25.4 mm (1")	13	13

(a).- Se considera como vehículos pesados los camiones de to-
dos sus tipos y los autobuses.

SELLO: El riego de sello es la aplicación de un material asfáltico, que se cubre con una capa de material pétreo para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los casos en los que se recomienda el riego de sello:

- 1.- Cuando se requiera proporcionar una superficie de desgaste a una carpeta.
- 2.- Cuando la carpeta existente esté agrietada y/o tenga textura abierta, para evitar que se introduzca agua y especialmente que éste llegue a la base.
- 3.- Dar rugosidad a la superficie para hacerla antiderrapante.
- 4.- Revivir el asfáltico de una carpeta puesta a la acción de --intemperie.
- 5.- Proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento y/o desgaste superficial.
- 6.- Obtener en la superficie de rodamiento en color adecuado para mayor visibilidad nocturna.

Los casos en que no deberá recurrirse al riego de sello por no ser una solución adecuada, son los siguientes:

- 1.- Cubrir defectos de construcción que, en primer lugar no debieron haberse tolerado y cuya solución no sea el riego de sello.
Esto es el caso por ejemplo, de carpeta con exceso de - asfalto o disolventes, mala granulometría del material u otra.
- 2.- Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta y/o drenaje o sub-drenaje.
- 3.- Tratar de corregir desplazamientos del material debidos - a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de la liga deficientes.

Tanto los materiales pétreos, como los asfálticos deberán -- ajustarse íntegramente a lo asentado en las especificaciones.

En la siguiente tabla se indican las características que deben reunir los materiales pétreos y asfálticos recomendados para el -- riego de sello, así como las dosificaciones adecuadas para cada tipo - de material.

C O N C E P T O		DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
		3-A	3-E
I.- MATERIAL PETREO			
1.- Granulometría			
a)- Que pase por la malla de . . .	9.5 mm (3/8")	9.5 mm (3/8")	
b)- Se retenga en la malla de . . .	Núm. 8	Núm. 4	
2.- Dosificación en Lt/m ² . . .			
	8 a 10	9 a 11	
II.- MATERIAL ASFALTICO			
1.- Cemento asfáltico (Temperatura de aplicación 130° C a 160° C)...			
	0.7 a 1.0	0.8 a 1.0	
2.- FR-3 (75% de cemento asfáltico) (Temp. de aplicación 60° C a 80° C. . . .			
	0.9 a 1.3.	1.0 a 1.3	
3.- FR-4 (80% de cemento asfáltico) (tem. de aplicación 80° C. a 100° C)...			
	0.9 a 1.3	1.0 a 1.3	
4.- Emulsión catiónica (60% de cemento asf.) (Temp. de aplicación 5° C a 40° C)...			
	1.2 a 1.7	1.3 1 1.7.	
5.- Emulsión aniónica (55% de cemento asfáltico) (Temperatura de aplicación -- 5° C a 40° C)...			
	1.3 a 1.6	1.4 a 1.8	

VIII.2 ANALISIS DE TRANSITO Y METODO DE DISEÑO.

VIII.2.A ANALISIS DE TRANSITO

La composición del tránsito actual es:

		<u>CANTIDAD</u>	<u>%</u>
Automóviles	(A)	4,205	64
Autobuses	(B)	526	8
Camiones	(C)	<u>1,839</u>	<u>28</u>
T.P.D.A.		6,570	100 %

Clasificación vehicular:

<u>TIPO DE VEHICULO</u>	<u>% DE VEHICULO</u>	<u>CANTIDAD</u>
AP	44	2,891
AC	20	1,314
B	5	329
C2	3	197
C3	2	788
T2 - S1	7	460
T2 - S2	12	131
T3 - S3	<u>?</u>	<u>460</u>
TOTALES:	100 %	6,570 (TDPA)

VIII.2.B METODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Se ha comentado la gran dificultad que actualmente se tiene - en plantear teóricamente el problema de los pavimentos y es natural que esa dificultad o, para decirlo con mayor claridad, el hecho de no haberse logrado plantear en forma satisfactoria ninguna solución teórica, se refleja en los métodos de diseño existentes. La mayor parte de los métodos de diseño de espesores tienen como base una prueba de laboratorio o un conjunto de pruebas, que se supone sirven como índice para representar el comportamiento real de los pavimentos por medio de alguna correlación o correlaciones más o menos razonables y seguras, que deben de -

existir entre el comportamiento de los materiales en el laboratorio y - en la estructura. Es natural de esperar que los métodos de diseño que - se basan en una prueba de laboratorio y en su correlación con el compor - tamiento estructural presenten las limitaciones y defectos que son de - imaginarse.

Por otra parte cuando más representativo sea la prueba de fn - dice, más posibilidades habrá de sacarle más partido.

Existen varios métodos para el diseño de pavimentos flexibles, pero el usual en México y que es el usado por la SCT es el recomendado - por "El Instituto de Ingeniería de la UNAM", del cual se hace un desarro - llo ejemplificado, y los demás solamente se enumerarán:

- a) Método del "Depto. de Carreteras de California (HVEEM).
- b) Método del "Instituto Norteamericano del Asfalto".
- c) Métodos del "Instituto de Ingeniería de la UNAM".
- d) Métodos de KANSAS.

VIII.2.C METODO RECOMENDADO POR EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM.

ESTUDIO DE TRANSITO DE VEHICULOS

En este procedimiento el volumen de tránsito real mezclado - - (TPDA) se convierte en tránsito equivalente de ejes sencillos de 8.2 Ton. mediante la aplicación adecuada de los coeficientes de daño por el trán - sito para vehículos típicos de figura del apéndice "A".

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, se ha basado en la tipi - ficación del tránsito y en los coeficientes de daño de los siguientes tí - pos de vehículos que pueden obtenerse a partir de las pruebas de la AASHO. Para obtener su propia tabla de tipificación y sus propios coeficientes - de daño. Con base en experiencias realizadas en la pista circular de prue - bas y en el estudio del comportamiento de tramos experimentados que la - - propia Institución controla en diversos puntos de la Red Nacional Mexica - na de Carreteras, el Instituto de Ingeniería diversificó un tanto la - -

valuación de daños producidos por los diferentes vehículos en los pavimentos distinguiéndose en profundidad de 0, 15, 30 y 60 cms.

A.I.- Determinación del tránsito equivalente acumulado. En la tabla no. VII se presenta el procedimiento para transformar el tránsito mezclado al correspondiente tránsito equivalente acumulado a ejes sencillos de 8.2. Tons. referido al carril de diseño. (ΣL).

La composición del tránsito de la columna 1 es el porcentaje de cada tipo de vehículo con relación al total de los mismos (TPDA). En la columna 2 se presenta el porcentaje de vehículos cargados y vacíos de cada tipo y es lo que se llama coeficiente de distribución de vehículos cargados y vacíos.

La columna 3, que representa la composición del tránsito cargados y vacíos, se obtiene de la multiplicación de los datos correspondientes a la columna 1 y su coeficiente de distribución de vehículos cargados y vacíos correspondiente de la columna 2.

Los datos de las columnas 4 y 5, que corresponden a los coeficientes de daño de cada tipo de vehículos cargados y vacíos, y una profundidad $Z = 0$ y $Z = 30$ cm. se obtienen en la tabla de coeficiente de daño de las figuras del apéndice "A".

El número de ejes sencillos equivalentes de 8.2. ton. de la columna 6 ($Z = 0$) para cada renglón se determina multiplicando el número correspondiente a la composición del tránsito cargados y vacíos columna 3, por el coeficiente de daño correspondiente de la columna 4; así mismo para la columna 7 ($Z = 30$ cm), para cada renglón se determina multiplicando el número correspondiente a la composición del tránsito cargados y vacíos columna 3, por su respectivo coeficiente de daño de la columna 5.

La suma de estos resultados parciales se tiene en el renglón - 8, para dos valores de profundidad Z ; cada una de éstas sumas representa ejes quivalentes para tránsito unitario.

Los datos del renglón 9 corresponden al TPDA inicial en el carril de proyecto, se obtiene de multiplicar el tránsito diario promedio anual (TPDA) por el coeficiente de distribución para carril de proyecto (%), el cual fue seleccionado en función del número de carriles (2 en es te caso) de la carretera, de acuerdo con las recomendaciones que se presentan a continuación sugeridas por el Instituto de Ingeniería.

NO. CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COEF. DE DISTRIBUCION PARA CARRIL DE PROYECTO %
2	50
4	40 - 50
6 ó más	30 - 40

TABLA No. VIII

El renglón 10 corresponde al dato del coeficiente de acumulación del tránsito (C_T) para $n = 10$ años de servicio y una tasa de crecimiento anual de $r = 7.0$ % que se puede obtener mediante la ecuación:

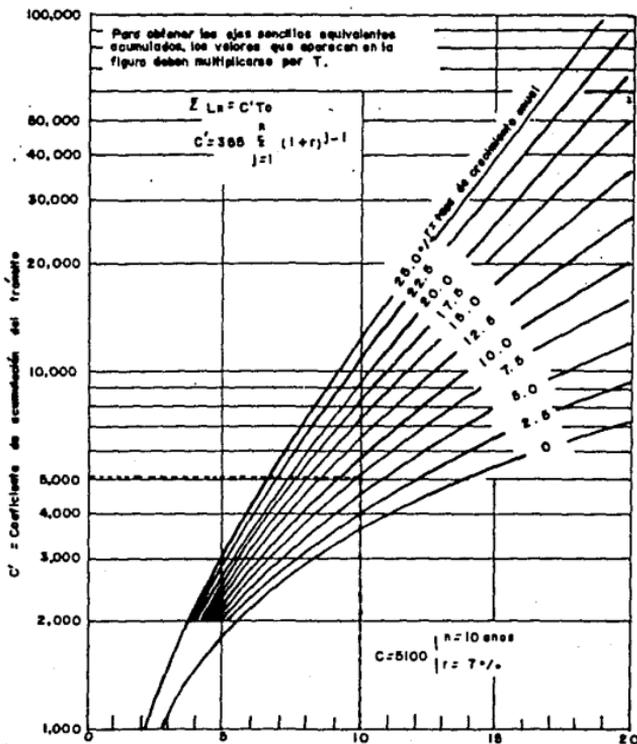
$$C_T = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$$

$$C_T = \frac{(1+0.07)^{10} - 1}{0.07} \times 365 = 5043$$

Expresión cuya solución gráfica aparece en la figura VIII.j

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO (1)	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS (2)	COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS (3) · (1) · (7)	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton		
				CARPETA Y BASE Z ₁ = 0 (5)	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z ₂ = 30 (6)	CARPETA Y BASE (3) x (4) (8)	SUB-BASE Y TERRACERIAS (3) x (5) (9)	
A2 (2,891)	0.440	CARGADOS	0.70	0.308	0.004	0.000	0.001	0.000
		VACIOS	0.30	0.132	0.004	0.000	0.001	0.000
A'2 (1,314)	0.200	CARGADOS	0.70	0.140	0.536	0.023	0.075	0.003
		VACIOS	0.30	0.060	0.536	0.000	0.032	0.000
B2 (329)	0.050	CARGADOS	0.70	0.035	2.000	1.589	0.070	0.056
		VACIOS	0.30	0.015	2.000	0.360	0.030	0.005
C2 (197)	0.030	CARGADOS	0.70	0.021	2.000	1.589	0.042	0.033
		VACIOS	0.30	0.009	2.000	0.018	0.018	0.000
C3 (788)	0.120	CARGADOS	0.70	0.084	3.000	1.178	0.252	0.099
		VACIOS	0.30	0.036	3.000	0.030	0.108	0.001
T2 - S1 (460)	0.070	CARGADOS	0.70	0.049	3.000	3.072	0.147	0.151
		VACIOS	0.30	0.021	3.000	0.027	0.063	0.001
T2 - S2 (131)	0.020	CARGADOS	0.70	0.014	4.000	2.661	0.056	0.037
		VACIOS	0.30	0.006	4.000	0.033	0.024	0.000
T3 - S3 (460)	0.070	CARGADOS	0.70	0.049	6.000	4.746	0.294	0.233
		VACIOS	0.30	0.021	6.000	0.040	0.126	0.001
SUMAS (6570)	1.000	—	8.0	1.000	EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO (8)		1.339	0.620
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$ n = AÑOS DE SERVICIO = 10 T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 7.0%				TOPA INICIAL EN FL CARRIL DE PROYECTO (9)		3285	3285	
				C _T (10)		5043	5043	
TOPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL = 6570				CD CARRIL PROYECTO = 0.5	$\Sigma L (11) \cdot (8) \cdot (9) \cdot (10)$		22'182,215	10'271,078

 TABLA VII.- Cálculo del tránsito equivalente acumulado (ΣL)



GRAFICA PARA ESTIMAR EL TRANSITO EQUIVANTE ACUMULADO
Fig. VIII.]

n = Vida de proyecto, años

L_n = Tránsito acumulado al cabo de n años de servicio, ejes equivalentes de 8.2 Ton.

C = Coeficiente de acumulación de tránsito, para n años de servicio y una tasa de crecimiento anual r .

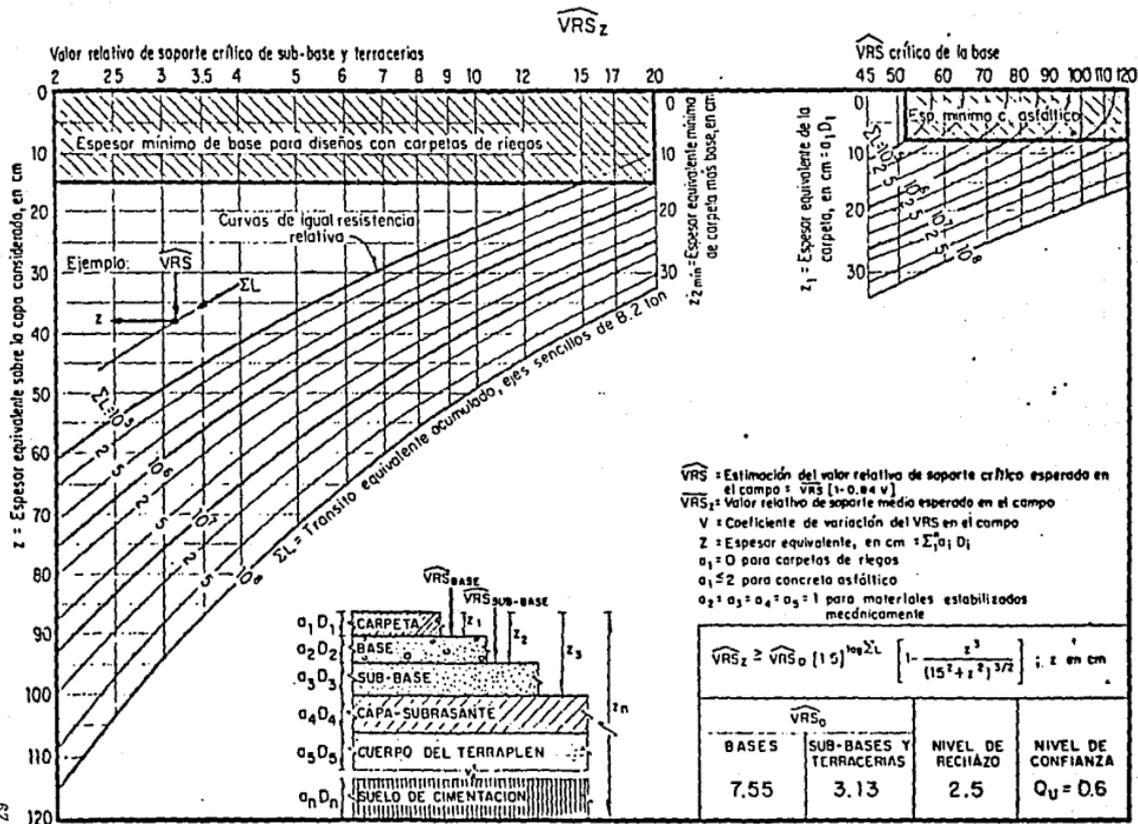
T = Tránsito medio diario por camión en el primer año de servicio, ejes equivalentes de 8.2 Ton.

$T_e = \sum N_j F_j = \sum N_j F_j'$

N_j, N_j' = Pasaes diario por carril de vehículo tipo I (cargados y descargados, respectivamente) durante el primer año de servicio.

F_j, F_j' = Coeficiente de deterioro producido por cada viaje de vehículo I (cargado y descargado, respectivamente), ejes equivalentes de 8.2 Ton.

UNIV. AUTONOMA DE GUADALAJARA
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
INGENIERIA CIVIL
JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS



\widehat{VRS} = Estimación del valor relativo de soporte crítico esperado en el campo + $\widehat{VRS} [1 - 0.84 V]$

\widehat{VRS}_z = Valor relativo de soporte crítico esperado en el campo

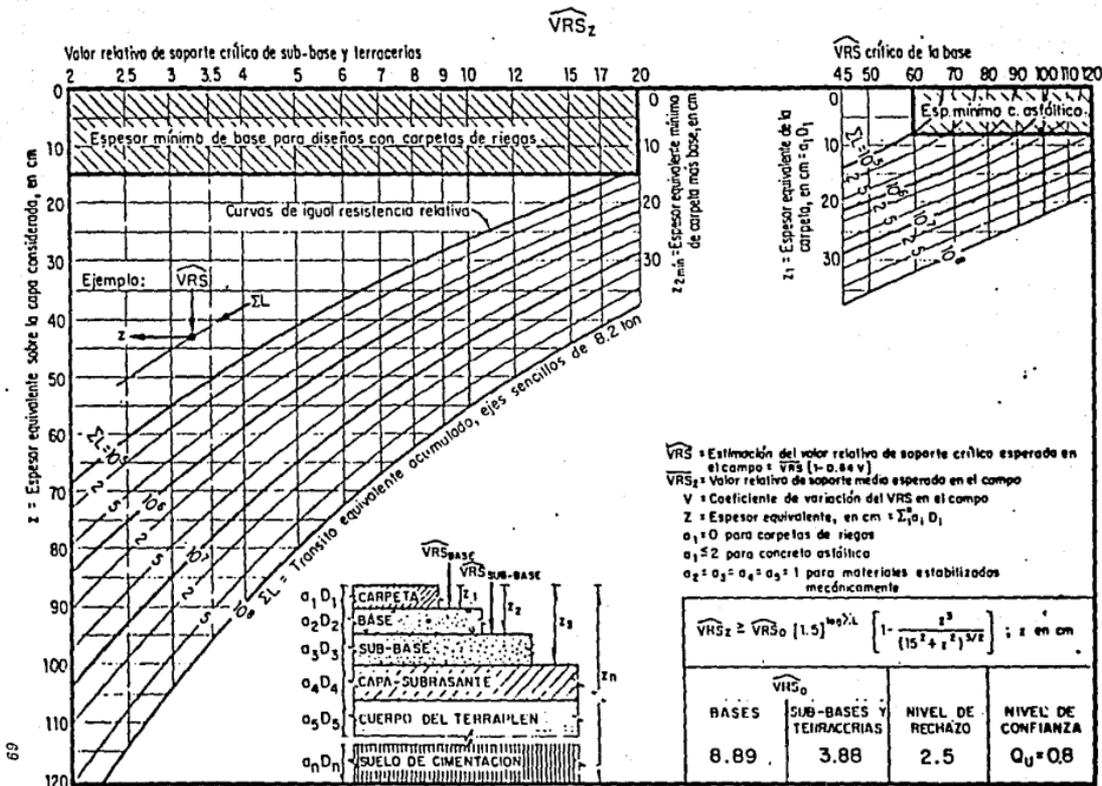
V = Coeficiente de variación del \widehat{VRS} en el campo

Z = Espesor equivalente, en cm = $\Sigma a_i D_i$

$a_1 = 0$ para carpeta de riegos

$a_1 \leq 2$ para concreto asfáltico

$a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente



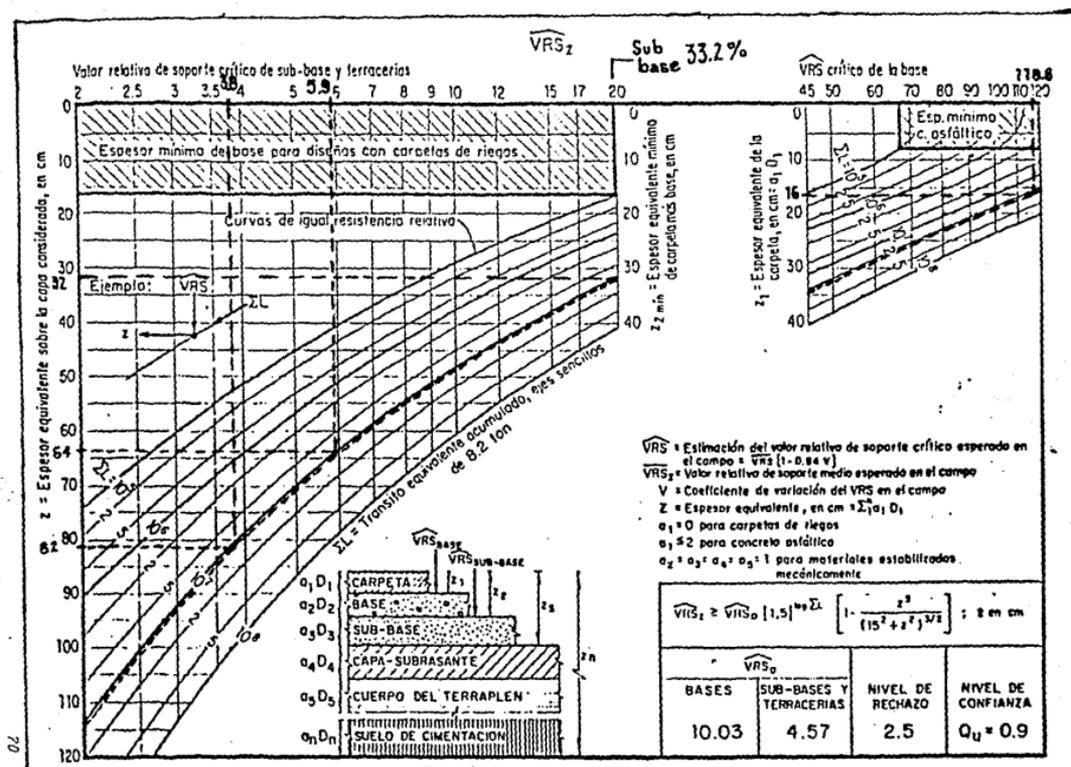


FIG - VIII - Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

$\widehat{VRS}_z \geq \widehat{VRS}_D [1.5]^{0.25 Z} \left[\frac{1 - \frac{Z^3}{(15^2 + Z^2)^{3/2}}}{1} \right]; Z \text{ en cm}$			
\widehat{VRS}_D		NIVEL DE RECHAZO	NIVEL DE CONFIANZA
BASES	SUB-BASES Y TERRACERIAS		
10.03	4.57	2.5	$Q_U = 0.9$

Así bien, el cálculo de tránsito equivalente acumulado (ΣL), del renglón 11, se calcula mediante la multiplicación de los datos correspondientes del renglón 8, por los del renglón 9 y por los del renglón 10, para cada una de las profundidades Z.

$$(Z = 0) = 22'182215$$

$$(Z = 30) = 10'271078$$

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CARPETA

De acuerdo con las características de la carretera proyectada, el diseño estructural de ésta se hace mediante el uso de cualquiera de las gráficas de las figuras VIII.K, VIII.L, VIII.M y VIII.N., que representan diferentes condiciones de diseño y niveles de confianza. En este caso se utilizará la figura VIII.N. para un nivel de confianza $Q_u = 0.9$.

La asignación del nivel de confianza dependerá del tipo de carretera, importancia del camino, del control de calidad que se llevará a cabo en su construcción, volumen de tránsito, composición del tránsito topografía y la conservación que se le dará. Es decir, depende mucho del criterio y experiencia del proyectista y calculista.

Utilizando los datos de tránsito acumulados ya obtenidos, se dibuja sobre la figura VIII.N. una curva de igual tránsito equivalente acumulado (ΣL) correspondiente. Estas curvas aparecen en la figura mencionada, trazada con una línea punteada.

$$Z = 0 \quad \Sigma L = 22'182255$$

$$Z = 30 \quad \Sigma L = 10'271078$$

A continuación se procede a determinar los espesores de las capas de la estructura del camino que en este caso corresponden a la capa subrasante, sub-base, base y carpeta. Para ello es necesario conocer la resistencia de cada uno de los materiales que constituirán dichas capas.

Para determinar estas resistencias es necesario efectuar pruebas físicas, ya sea en laboratorio o en el campo, según corresponda, utilizando los bancos con que se construirá la obra (Valor relativo de soporte).

Una vez determinados los valores de VRS en los diferentes materiales se procede a calcular el VRS crítico correspondiente a cada capa, mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$VRS = \overline{VRS} (1 - 0.84C)$$

Donde: VRS = valor crítico de VRS para fines de diseño.

\overline{VRS} = valor medio de cada material.

C = coeficiente de variación de los valores de pruebas.

0.84 = constante dependiente del nivel de confianza.

Cálculo de los VRS que presenten los materiales para cada capa:

Suelo Natural o del terraplén	SUB-RASANTE	SUB-BASE	BASE
6.3	10.5	33.1	122.5
7.5	38.8	46.1	118.29
9.6	12.3	88.2	125.0
2.7	25.7	75.4	365.78
10.6	3.2	36.6	
6.4	3.8	70.9	
9.4	9.1	16.5	
2.7	23.5	61.7	
2.2	4.1	36.2	
9.6	12.4	51.4	
87.0	14.1	49.6	
	157.6	20.4	
		86.7	
		44.8	
		91.0	
		17.3	
		18.2	
		63.1	
		906.2	

$$\overline{VRS} = \frac{VRS}{\text{NO. PRUEBAS}}$$

$$\overline{VRS}_1 = \frac{67.0}{10.0} = 6.7 \quad \overline{VRS}_2 = 157.5 = 14.3$$

$$\overline{VRS}_3 = \frac{906.2}{18} = 50.0$$

$$\overline{VRS}_4 = \frac{365.79}{3} = 121.9$$

$$S^2 = (X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2 / (n-1)$$

$$\text{Desviación Standard } S = \sqrt{S^2}$$

$$S_1^2 = 10.3$$

$$S_1 = 3.2$$

$$S_2^2 = 120.1$$

$$S_2 = 10.9$$

$$S_3^2 = 622.6$$

$$S_3 = 24.9$$

$$S_4^2 = 11.5$$

$$S_4 = 3.4$$

$$\text{Coeficiente de variación } V = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{S}{\overline{VRS}}$$

$$V_1 = \frac{3.2}{6.7}$$

$$V_2 = \frac{10.9}{14.3}$$

$$V_3 = \frac{24.9}{50}$$

$$V_4 = \frac{3.4}{121.9}$$

$$V_1 = 0.5$$

$$V_2 = 0.7$$

$$V_3 = 0.4$$

$$V_4 = 0.03$$

$$\text{Para el terreno natural } \widehat{VRS}_5 = 6.7 [1 - 0.84(0.50)] = 3.8$$

$$\text{Para la Sub-rasante } \widehat{VRS}_4 = 14.3 [1 - 0.84(0.70)] = 5.9$$

$$\text{Para la Sub-base } \widehat{VRS}_3 = 50 [1 - 0.84(0.4)] = 33.2$$

$$\text{Para la base } \widehat{VRS}_2 = 121.9 [1 - 0.84(0.03)] = 118.8$$

Con datos de VRS y la gráfica de la figura VIII.N. Se obtiene los diferentes espesores del pavimento de la carretera mediante el procedimiento que a continuación se describe:

El espesor total del material equivalente que deberá colocarse sobre el terreno natural se determina dibujando una línea vertical - partiendo del punto cuyo VRS es de 3.8 hasta interceptar la curva que se trazó, de acuerdo con el procedimiento que se vió anteriormente, denominado punto crítico, que proyectado en el eje de las ordenadas (i) - proporciona un espesor total de 82 cms. Es espesor de la capa sub-rasante es igual a la distancia entre los puntos críticos correspondientes a los valores VRS de 3.8 y 5.9 dando 18 cms., determinada en forma similar con los valores VRS de 5.9 y 33.2 se obtuvo en espesor de 32 cm. para la capa de sub-base, ver figura V.III.N.

La diferencia entre el espesor total y la suma de espesores - de la sub-base y sub-rasante es igual al espesor disponible para alojar la base y la carpeta, en grava equivalente $82 - (18 + 32) = 32$.

Ahora bien, con el VRS de 118.8 en la gráfica VIII.N. resulta que se requiere un espesor de carpeta de 16 cm en grava equivalente. Por diferencia con el espesor disponible (32 cm), nos resulta para la base un espesor de 16 cm.

Con el coeficiente de equivalencia para carpeta es de 2, el espesor real de ésta será de 8 cm. de concreto asfáltico.

La estructuración del camino quedará finalmente de la siguiente manera:

Capa sub-rasante	18 cm. de q.e.
Capa sub-base	32 cm. de q.e.
Capa base Hca.	16 cm. de q.e.
Capa carpeta concreto asf.	8 cm. de C.A.

Ahora bien, los datos anteriores, el proyectista de acuerdo con su experiencia puede analizarlos con otras alternativas, y así -- elegir las más adecuadas tomando en cuenta las diferentes variables de diseño.

APENDICE "A"

COEFICIENTES DE AÑO DE DIFERENTES TIPOS DE
VEHICULOS



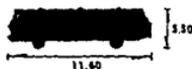
A2 Automóvil

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente de 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 ^a	2,0		0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
2 ^a	1,0	0,8	2,0	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Σ	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

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente de 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 ^a	2,7		1,3	4,6	0,268	0,003	0,000	0,000	0,268	0,001
2 ^a	3,8	1,2	4,6	0,268	0,061	0,023	0,015	0,268	0,001	0,000	0,000
Σ	3,5	2,5		0,536	0,064	0,023	0,015	0,536	0,002	0,000	0,000



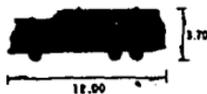
B2 Autobús de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton		p, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente de 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 ^a	5,5		3,5	5,8	1,000	0,343	0,167	0,119	1,000	0,079
2 ^a	10,0	7,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,679	0,501	0,433
Σ	15,5	10,5		2,000	1,880	2,457	2,939	2,000	0,757	0,502	0,443
1 ^a	5,0	5,5	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,001	0,010
2 ^a	9,0	6,5	5,8	1,000	1,234	1,483	1,650	1,000	0,558	0,359	0,292
Σ	14,0	10,0		2,000	1,495	1,589	1,701	2,000	0,637	0,360	0,302
1 ^a	4,0	3,0	5,8	1,000	0,126	0,002	0,021	1,000	0,044	0,000	0,004
2 ^a	8,0	6,0	5,8	1,000	0,944	0,900	0,878	1,000	0,448	0,248	0,190
Σ	12,0	9,0		2,000	1,070	0,902	0,899	2,000	0,492	0,248	0,194

+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.

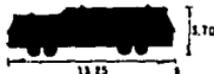
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig 1. Coeficientes de daño



B3 Autobús de tres ejes

Conjunto	Peso, en ton			P_s , kg/cm ²	d_{cm} = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
	\uparrow Carga máxima	Vacío			$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
	Camión A											
1 ^{ra}	5,5	4,0	5,4	0,666	0,285	0,155	0,116	0,666	0,107	0,034	0,021	
2 ^{da}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037	
Σ	19,5	12,0		1,999	1,369	0,877	0,852	1,999	0,321	0,091	0,058	
Camión B												
1 ^{ra}	4,0	4,0	5,4	0,666	0,216	0,099	0,070	0,666	0,107	0,034	0,021	
2 ^{da}	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026	
Σ	18,0	11,5		1,999	1,299	0,821	0,805	1,999	0,279	0,076	0,047	
Camión C												
1 ^{ra}	4,0	3,5	5,4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,068	0,018	0,010	
2 ^{da}	14,0	7,5	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,172	0,042	0,026	
Σ	18,0	11,0		1,999	1,190	0,756	0,756	1,999	0,240	0,060	0,036	



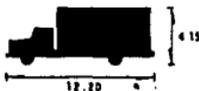
B4 Autobús de cuatro ejes

Conjunto	Peso, en ton			P_s , kg/cm ²	d_{cm} = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
	\uparrow Carga máxima	Vacío			$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
	Camión A											
1 ^{ra}	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003	
2 ^{da}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037	
Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040	
Camión B												
1 ^{ra}	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003	
2 ^{da}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037	
Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040	
Camión C												
1 ^{ra}	7,0	5,0	5,4	1,333	0,136	0,030	0,018	1,333	0,038	0,006	0,003	
2 ^{da}	14,0	8,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,214	0,057	0,037	
Σ	21,0	13,0		2,666	1,219	0,752	0,753	2,666	0,252	0,063	0,040	

+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 TANDEN
- ***EJE TRIPLE

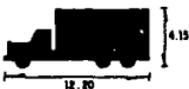
Fig 2. Coeficientes de daño



C2 Camión de dos ejes

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Camión	Conjunto	Peso, en ton		h, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente de 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 ^a	2 ^a	Σ	1 ^a	2 ^a	Σ		
Camión A	1 ^a	5,5	3,5	5,0	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
	2 ^a	10,0	3,0	5,0	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 ^a	5,0	3,0	5,0	1,000	0,261	0,106	0,073	1,000	0,044	0,009	0,004
	2 ^a	9,0	3,0	5,0	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004
	Σ	14,0	6,0		2,000	1,495	1,589	1,703	2,000	0,088	0,018	0,008
Camión C	1 ^a	4,0	2,5	5,0	1,000	0,126	0,036	0,021	1,000	0,022	0,003	0,002
	2 ^a	8,0	2,5	5,0	1,000	0,944	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



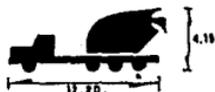
C3 Camión de tres ejes

Camión	Conjunto	Peso, en ton		h, kg/cm ²	+d _m = Coeficiente de 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 ^a	2 ^a	Σ	1 ^a	2 ^a	Σ		
Camión A	1 ^a	5,5	4,0	5,0	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 ^a	10,0	4,5	5,0	2,000	2,460	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 ^a	5,0	3,0	5,0	1,000	0,261	0,106	0,073	1,000	0,106	0,028	0,016
	2 ^a	25,0	4,2	5,0	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,021	0,002	0,001
	Σ	30,0	8,0		3,000	1,876	1,178	1,160	3,000	0,127	0,030	0,017
Camión C	1 ^a	4,0	3,5	5,4	0,666	0,107	0,034	0,021	0,666	0,068	0,018	0,010
	2 ^a	14,0	4,0	5,4	1,333	1,083	0,722	0,735	1,333	0,015	0,002	0,001
	Σ	18,0	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 camiones de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

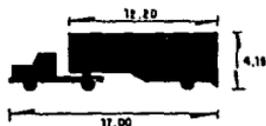
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig 3. Coeficientes de daño



C4 Camión de cuatro ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		A, kg/cm ²	+ d_m = Coeficiente de 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*	5,5		4,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,167
2**	22,5	8,0	5,8	3,000	2,422	2,289	2,818	3,000	0,064	0,020	0,011	
Σ	28,0	12,5		4,000	2,771	2,456	2,937	4,000	0,271	0,084	0,051	



T2-S1

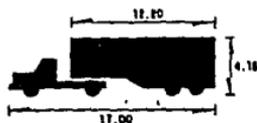
Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje

Camión B	Conjunto	Peso, en ton		A, kg/cm ²	+ d_m = Coeficiente de 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*	5,5		3,2	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,057
2*	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,016	0,009	
3*	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,016	0,009	
Σ	25,5	10,0		3,000	3,431	4,747	5,759	3,000	0,199	0,044	0,024	
1*	5,0	3,0	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,044	0,009	0,004	
2*	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004	
3*	9,0	3,0	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,044	0,009	0,004	
Σ	23,0	9,0		3,000	2,729	3,072	3,331	3,000	0,132	0,027	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.

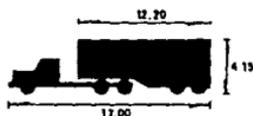
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig 4. Coeficientes de daño



T2-S2 Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		h, m	+ k_m = Coeficiente de daño bajo carga máxima				+ k_v = 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 ^a	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 ^a	10,0	3,5	5,8	1,000	1,541	2,290	2,821	1,000	0,079	0,019	0,010
	3 ^a	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	I	33,5	11,5		4,000	4,358	4,747	5,760	4,000	0,222	0,057	0,032
Camión B	1 ^a	5,0	3,4	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,071	0,016	0,009
	2 ^a	9,0	3,4	5,8	1,000	1,234	1,483	1,630	1,000	0,071	0,016	0,009
	3 ^a	15,0	3,7	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,012	0,001	0,001
	I	29,0	10,5		4,000	3,110	2,661	2,790	4,000	0,154	0,033	0,019



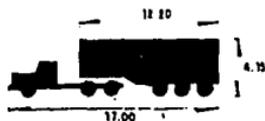
T3-S2 Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes

	Conjunto	Peso, en ton		h, m	+ k_m = Coeficiente de daño bajo carga máxima				+ k_v = 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 ^a	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 ^a	10,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 ^a	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	I	41,50	12,0		5,000	5,285	4,747	5,761	5,000	0,160	0,040	0,023
Camión B	1 ^a	5,0	3,5	5,8	1,000	0,261	0,106	0,071	1,000	0,079	0,019	0,010
	2 ^a	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 ^a	15,0	4,0	5,8	2,000	1,615	1,072	1,089	2,000	0,017	0,002	0,001
	I	35,0	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.

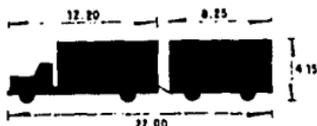
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE

Fig 5. Coeficientes de daño



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

Conjunto	Peso, en ton			ϕ_{m} = Coeficiente de daño bajo carga máxima				ϕ_{v} = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacio	P, kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ^a	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
2 ^{aa}	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
3 ^{aaa}	22,5	5,0	5,8	3,000	2,422	2,289	2,818	3,000	0,011	0,002	0,001
I	46,0	13,0		6,000	5,239	4,746	5,758	6,000	0,154	0,040	0,023

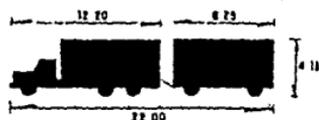


C2-R2 Camión de dos ejes con
remolque de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton			ϕ_{m} = Coeficiente de daño bajo carga máxima				ϕ_{v} = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacio	P, kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ^a	5,5	3,5	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,079	0,019	0,010
2 ^a	10,0	3,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,044	0,009	0,004
3 ^a	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
4 ^a	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000
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.

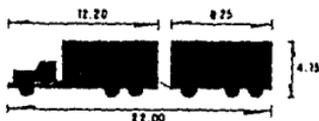
- *EJE SENCILLO
- **EJE TANDEM
- ***EJE TRIPLE



C3-R2

Camión de tres ejes con
remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		P, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente de 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 ^a	5,5		4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126
2 ^a	18,0	4,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002	
3 ^a	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
4 ^a	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
Σ	43,5	12,5			5,000	5,899	7,037	8,560	5,000	0,172	0,041	0,023



CR-R3

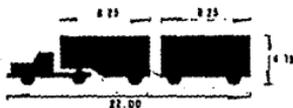
Camión de tres ejes con
remolque de tres ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		P, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente de 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 ^a	5,5		4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126
2 ^a	18,0	4,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,028	0,003	0,002	
3 ^a	10,0	2,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,009	0,001	0,000	
4 ^a	18,0	3,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,003	0,000	0,000	
Σ	51,5	13,5			6,000	6,826	7,037	8,561	6,000	0,168	0,040	0,023

†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

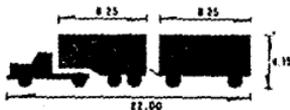
Fig 7. Coeficientes de daño



T2-S1-R2

Tractor de dos ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton			ϕ_{4m} = Coeficiente daño bajo carga máxima				ϕ_y = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacío	P_0 , kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ^a	5,5	3,2	5,8	1,000	0,344	0,167	0,119	1,000	0,047	0,012	0,004
2 ^a	10,0	3,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,071	0,018	0,009
3 ^a	10,0	2,4	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,038	0,003	0,001
4 ^a	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,035	0,002	0,001
5 ^a	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,033	0,002	0,001
E	45,5	13,5		5,000	6,513	9,327	11,399	5,000	0,174	0,035	0,018



T2-S2-R2

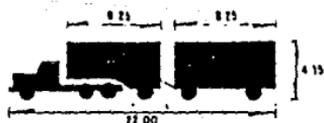
Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Conjunto	Peso, en ton			ϕ_{4m} = Coeficiente daño bajo carga máxima				ϕ_y = Coeficiente de daño vacío			
	Carga máxima	Vacío	P_0 , kg/cm ²	z=0	z=15	z=30	z=60	z=0	z=15	z=30	z=60
1 ^a	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
2 ^a	10,0	4,0	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,126	0,036	0,021
3 ^a	10,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000
4 ^a	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,035	0,002	0,001
5 ^a	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,033	0,002	0,001
E	53,5	16,0		6,000	7,440	9,327	11,400	6,000	0,289	0,077	0,044

+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

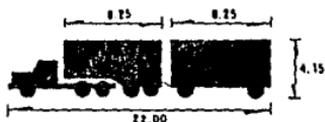
Fig 8. Coeficientes de daño



T3-S1-R2

Tractor de tres ejes con semirremolque de un eje y remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		P, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente de 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 ^o	2 ^{do}	3 ^o	4 ^o	1 ^o	2 ^{do}	3 ^o	4 ^o
	1 ^o	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 ^{do}	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 ^o	10,0	2,5	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,022	0,003	0,002
	4 ^o	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001
	5 ^o	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001
	I	53,5	15,0		6,000	7,440	9,327	11,400	6,000	0,193	0,045	0,026



T3-S2-R2

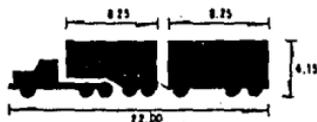
Tractor de dos ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de dos ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton		P, kg/cm ²	+ d _m = Coeficiente de 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 ^o	2 ^{do}	3 ^o	4 ^o	1 ^o	2 ^{do}	3 ^o	4 ^o
	1 ^o	5,5	4,0	5,8	1,000	0,349	0,167	0,119	1,000	0,126	0,036	0,021
	2 ^{do}	18,0	4,0	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,017	0,002	0,001
	3 ^o	18,0	3,5	5,8	2,000	2,468	2,290	2,821	2,000	0,009	0,001	0,000
	4 ^o	10,0	2,3	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,015	0,002	0,001
	5 ^o	10,0	2,2	5,8	1,000	1,541	2,290	2,820	1,000	0,013	0,002	0,001
	I	61,5	16,0		7,000	8,367	9,327	11,401	7,000	0,180	0,043	0,024

+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

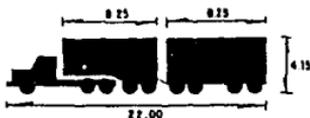
Fig 9. Coeficientes de daño



T3-S2-R3

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de tres ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			$\pm k_m$ = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	$k, \text{kg/cm}^2$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
					1.000	0.349	0.167	0.119	2.000	0.126	0.036	0.021
1 ^a	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	2.000	0.126	0.036	0.021	
2 ^a	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001	
3 ^a	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000	
4 ^a	10.0	2.3	5.8	1.000	1.541	2.290	2.820	1.000	0.015	0.002	0.001	
5 ^a	18.0	3.2	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.006	0.001	0.000	
I	69.5	17.0		8.000	9.294	9.327	11.401	8.000	0.173	0.042	0.023	



T3-S2-R4

Tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes

Camión A	Conjunto	Peso, en ton			$\pm k_m$ = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d_v = Coeficiente de daño vacío			
		Carga máxima	Vacío	$k, \text{kg/cm}^2$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$	$z=0$	$z=15$	$z=30$	$z=60$
					1.000	0.349	0.167	0.119	2.000	0.126	0.036	0.021
1 ^a	5.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	2.000	0.126	0.036	0.021	
2 ^a	18.0	4.0	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.002	0.001	
3 ^a	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000	
4 ^a	18.0	3.3	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.007	0.001	0.000	
5 ^a	18.0	3.2	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.006	0.001	0.000	
I	77.5	18.0		9.000	10.221	9.327	11.403	9.000	0.165	0.041	0.022	

+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 10. Coeficientes de daño

CAPITULO IX

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

IX.1 GENERALIDADES

La obras de reconstrucción de este pavimento flexible se su jetaron a los siguientes lineamientos que se describen a continuación.

Como se tiene un ancho de corona de (8) ocho metros, se trabajará por alas en forma alternada, con el objeto de no interrumpir la circulación de vehículos por el camino.

IX.2 TERRACERIAS

Se efectuará la escarificación del material del pavimento actual en un espesor apropiado de (30) treinta centímetros disgregando el material obtenido y eliminando los granos de tamaño mayor de (7) -- siete centímetros que no fueron posibles disgregar, por último se levantará el material y se acmellonará para dejar descubierta la mayor parte de la superficie.

A continuación se perfilará el material de la superficie descubierta, e inmediatamente se procederá a darle un riego de agua para darle al material la humedad óptima, posteriormente se procederá a utilizar el equipo de compactación, que nos servirá para alcanzar el (95) noventa y cinco por ciento en la superficie descubierta en una profundidad no menor de (18) dieciocho centímetros. Después de tener una de las alas compactadas, se procederá a cambiar el camellón producto de la escarificación y se efectuarán los mismos trabajos hasta tener la totalidad de la superficie descubierta compactada.

En las zonas inestables que se detectan durante la operación anterior se efectuará un bacheo de caja eliminando el material inadecuado, hasta una profundidad necesaria, la caja abierta se rellenará en capas con espesores máximos de (10) diez centímetros con material para base hidráulica y compactándola al (100%) cien por ciento de su P.V.S.M. hasta alcanzar el nivel del piso terminado.

IX.3. PAVIMENTOS

SUB - BASE

Con el material producto de la escarificación del pavimento - que exista, se procederá a darle humedad óptima y después proceder a tenderlo en todo el ancho de la sección y se compactará al (95%) noventa y cinco por ciento como mínimo construyéndose así una capa de mejoramiento de sub-base, en un espesor de 32 cm.

BASE

Los materiales de los bancos que fueron seleccionados para la formación de la base deben reunir las siguientes características físicas por la zona, resistencia a los cambios de humedad, volumen y temperatura.

Una vez, después que fue aceptada la compactación del mejoramiento de la sub-base por el laboratorio, se construirá sobre la sub-base la capa de base y para ésta se acarreará material triturado del banco núm. III Colotepec Km. 62 + 800 D/I 40 mts. que fue aprobado por el laboratorio, en combinación con el material del Banco Núm. II en proporción 85% y 15% respectivamente.

La motoconformadora o motoniveladora como también se le llama es muy utilizada en diferentes fases de la construcción de un pavimento. El operador de este tipo de máquina es necesario que sea muy diestro en su operación, pues de la debida colocación de la cuchilla dependerá -- los buenos trabajos a efectuar, pues una mala colocación de la misma en el material a tender, en este caso la base, provocaría la segregación o clasificación del mismo material, así como los trabajos de homogenización para dar humedad óptima. Todos éstos puntos se refieren a cuando la base será lo que llamamos base hidráulica, ya que en la actualidad se habla o se utiliza la base asfáltica que viene a ser una capa de mezcla asfáltica con tamaños máximos de una base.

Para el presente trabajo la base será hidráulica y tendrá un ancho de 8.30 mts. con un espesor de 16 cms. y deberá alcanzar un 95% de la compactación.

Procedimiento: Se acarreará al tramo el material triturado y se acamellonará a lo largo del tramo a trabajar, también se acarrea al tramo el material de corrección en volumen necesario para dar la dosificación requerida antes mencionada. Se revolverán los materiales con la motoconformadora hasta hacer una mezcla homogénea, y así dar la granulometría de laboratorio, y se acamellonará.

La motoconformadora procederá a perfilar el material para luego empezar a darle la humedad óptima dando vuelta al material de un lado a otro para uniformar la humedad y dejarlo listo para el tendido.

Posteriormente, procede a darle línea y el ancho de la corona al operador de la motoconformadora para que se le facilite la operación del tendido; una vez terminado el tendido se procederá a darle su debida compactación con el equipo necesario que será ya sea una plancha tendena o de rodillos, o el más usual actualmente para este tipo de trabajos que es el rodillo vibratorio y el neumático el cual nos servirá para cerrar la textura de la base y sacar los finos por si la base se encuentra clasificada o disgregada. Antes de terminar la compactación se afinará la su superficie con la motoconformadora y se dará el bombeo respectivo y así ya dejarla lista para compactar al 95% de compactación del proyecto.

Después de que se considera que el tramo de base alcanzó su debida compactación se llamará al laboratorio para que realice las pruebas necesarias para verificar el acabado, tendido y compactación, entonces, se procederá a la impregnación, por lo que la superficie deberá estar exenta de material vegetal, arcillas y otras sustancias que pudieran afectar de tal manera que al tenderse y compactarse forme una base densa y bien unida.

Un área segregada o clasificada será aquella en donde los gruesos se han separado de los finos, donde no existe liga entre las partículas, sino solamente un apoyo entre una y otra sin llenarse los vacíos que éstas dejan y que al afinarse los gruesos son fácilmente removibles.

Una base segregada o clasificada puede traer como consecuencias, que al impregnarla de asfalto (FM-1), los gruesos tomen el asfalto con el riesgo de que después se levante, también se habló de segregación cuando hay acumulación de finos y en este caso la penetración del asfalto es muy superficial del orden de 3 mm. o menos, ya que por ser más absorbente que los gruesos no dejan penetrar al asfalto, y en tonces se conoce como que fué una impregnación muy pobre.

La segregación o clasificación del material puede suceder en tres modos:

- 1.- Al cargar el material.
- 2.- Durante el tendido.
- 3.- O, durante la descarga del material sobre el camino.

RIEGO DE IMPREGNACION

El riego de impregnación se dará sobre la superficie de la base hidráulica bien compactada, nivelada, seca y barrida a fin de que el producto asfáltico regado tenga una penetración de más de 4 mm. que marcan las especificaciones de la S.C.T.. Este debe ser absorbido en casi su totalidad, nunca debe quedar encharcado superficialmente después de dos o tres días, es posible pasado éste tiempo dejar pasar el tránsito sobre la base hidráulica sin que se tengan desprendimientos. El objeto de la impregnación es impermeabilizar y/o estabilizar para favorecer la adherencia entre la base y la carpeta asfáltica.

El riego de impregnación se dará con un asfalto del tipo FM-0 o FM-1 en la cantidad de 1.0 a 1.5 Lts/m². de acuerdo con las texturas de la superficie.

RIEGO DE LIGA

El riego de liga se realizará una vez terminado el proceso -- del riego de impregnación que se dejará reposar del orden de 3 días con el objeto de que quede bien impregnada la base.

Para este tipo de riego de liga se empleará asfalto del tipo FR-3 y se regará a razón de 0.5 Lts/M². sobre la superficie barrida exenta de polvo y materiales extraños. Su función es que sirve de liga - entre la base impregnada y la carpeta.

CARPETA

En la capa o conjunto de capas que se colocan sobre la base, - constituidos por material pétrico y un producto asfáltico, con un espesor de 8 cm. de este caso.

Una vez que se realizó el riego de liga se procederá a reali-
-...- sar la carpeta la cual deberá sujetarse a las siguientes condiciones:

La carpeta se hará con mezcla elaborada en el lugar.

Las condiciones climatológicas que se requieren para este tipo de carpeta deben ser buenas, es decir, sin lluvia, bastante sol, poco o nada de viento al inicio de la incorporación del asfalto ya que al voltear el material se pierden muchos finos del pétrico que son los que más producto asfáltico absorben y nos varía la dosificación.

Debe tenerse cuidado así mismo que el material que se vaya a resolver en ningún caso sufra contaminaciones de finos extraños, o arcillas de los lados del camino.

En la práctica la temperatura ambiental para este tipo de mezcla elaboradas en el lugar, y elaboradas con asfalto del tipo FR-3 deben ser superiores a los 20°C; para el presente caso la mezcla asfáltica se realiza con material del banco Núm. III Colotepec y con asfalto tipo FR-3 y con una dosificación de 90 Lts/M3. de material.

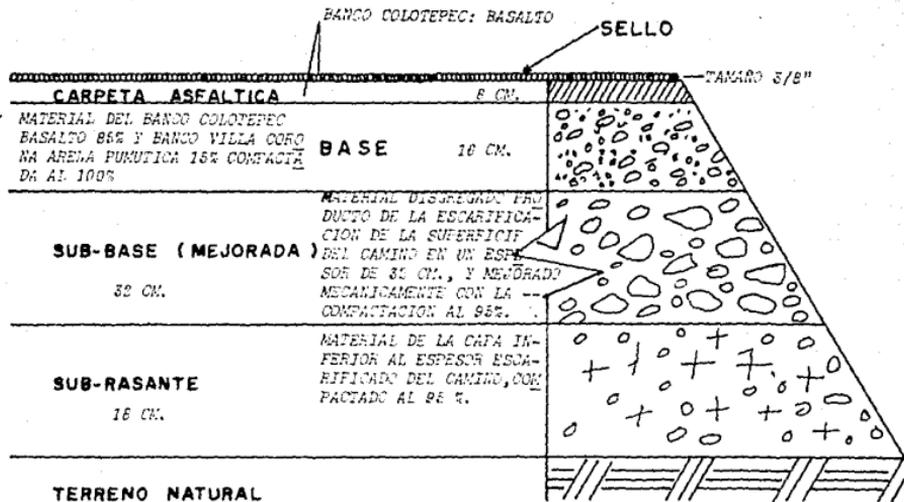
RIEGO DE SELLO

Es la aplicación de un material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo para impermeabilizar el pavimento y protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Esta fase se realiza de la siguiente manera: Una vez terminada la carpeta y compactada al 100% se procederá a barrer la superficie de ésta para quitar el polvo o impurezas, se hará un riego de liga con asfalto del tipo emulsión catiónica y con una dosificación de 1. a 1.2 Lts/M2. aplicándose éste con una petrolizadora, teniendo cuidado de que los esparcidores se encuentren en óptima condiciones para realizar el riego. Una vez impregnada la superficie de la carpeta con el riego de liga se esperará a que transcurran máximo 10 minutos para inmediatamente empezar a recoger el material pétreo 3E ó 3A, según el especificado en proyecto, con camiones de volteo adaptados con puertas especiales de expansión, y tender el material uniformemente con una dosificación de 10 Lts. de material pétreo por M2.

Una vez que la superficie tenga el material pétreo uniformemente tendido en todo lo ancho de la carpeta por la longitud del tramo a tratar, se procederá a incrustar el material pétreo con el paso de una plancha tandem o de rodillo liso que no exceda de las 8 toneladas de peso, para que no fracture el material pétreo, sino nada más lo incruste-

Después de haberse efectuado una pasada con la plancha se procederá a darle dos pasadas más con un compactador neumático con el fin de cerrar y de que quede completamente sellada la superficie a tratar -- terminando con esto el procedimiento de riego de sello.



UNIV. AUTONOMA DE GUADALAJARA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 INGENIERIA CIVIL
 SECCION TIPO
 TESIS PROFESIONAL
 JORGE RAUL AGUILAR VILLEGAS

CAPITULO X

PROGRAMACION DE LA OBRA

PROGRAMACION DE LA OBRA

Programación es la elaboración de tablas o gráficas en las que se muestran los tiempos de duración, de iniciación y de terminación de las actividades que forman un proceso productivo, en éste caso la Re construcción de esta, carretera.

Se contará con un presupuesto base para la iniciación de la obra. El buen avance que se puede tener estará sujeta a la buena programación de los trabajos a realizar, tratando en lo posible que los trabajos se lleven a cabo consecutivamente de manera que se puedan reducir los tiempos muertos ocasionados por diversas razones, entre ellas la -- falta de materiales, falta de equipo, maquinaria y falta de transporte, etc.

Considerando la programación un factor importante para cumplir la será además, el contar con los RECURSOS HUMANOS en cantidad, calidad y capacidad necesaria para que con la mayor eficiencia se lleven a cabo los trabajos encomendados.

Para la programación de ésta obra, primero se hizo un desglose de los trabajos a realizar por conceptos generales y posteriormente definir los trabajos iniciales, intermedios y finales, intercalándolos para que haya continuidad.

E j e m p l o :

PROGRAMACION POR CONCEPTOS GENERALES TRAMO KM. - A - KM.

ORDEN	CONCEPTO	AÑO	1 9 8 5			1 9 8 6				
			MES	NOV.	DIC.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO
1	TERRACERIAS		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX							
2	OBRAS DE DRENAJE			XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
3	PAVIMENTO							XXXXXXXXXXXXXX		

PROGRAMACION DE SUB-CONCEPTOS DEL TRAMO KM. - A - KM.

ORDEN CONCEPTO SUB-CONCEP.	AÑOS MES	1 9 8 5		1 9 8 6				
		NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO
2 OB. DE DRENAJE								
2-1 ALCANTARILLAS		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
2-2 CONTRACUNETAS		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX						
2-3 CUNETAS								XXXXXXXXXXXX

Este tipo de programas nos indican los avances programados - contra los realizados, y así poder equilibrar valorando, si van retrasados ver que es lo que falla y si va adelantado verificar si se le -- puede dar continuidad a los trabajos consecutivos, y así poder llevar el control de la obra.

También éstas gráficas se pueden relacionar con la erogación de los conceptos que se vayan llevando a cabo y así llevar un avance - de erogaciones y gastos.

CAPITULO XI

SUPERVISION Y CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA

XI.1 TERRACERIAS

- A.- La supervisión de la escarificación del pavimento actual, que fué aproximadamente de 30 cm. de espesor, se realizó verificando que el hayster disgregará al máximo totalmente el material, y también que los grumos de tamaño máximo mayor de 7 cm, que no fué posible disgregar fueran eliminados.
- B.- Se procedió después a supervisar que el bacheo de caja -- fuera correctamente efectuado, es decir, que todos los materiales contaminados que provocan zonas inestables fueran repuestas por material bueno de base hidráulica, de acuerdo con las especificaciones de la S.C.T. al respecto.
- C.- Posteriormente se procedió a verificar que se le diera la humedad a la superficie descubierta procediendo luego a compactarla, viendo como el material va cerrando hasta haber alcanzado la compactación requerida, que será verificada por el laboratorio sacando el grado de compactación.
- D.- Después se supervisó que estuvieran correctas, la humedad óptima y la homogenización, tendido y compactación del material escarificado previamente del pavimento existente.

Una vez lograda la compactación requerida el laboratorio lo verificó determinado al grado de compactación sea el especificado (95% mínimo).

XI.2 PAVIMENTOS

- A.- Una vez tendida la capa anterior se procedió igualmente a verificar que la capa de base hidráulica, en primer lugar que las dosificaciones tanto del material triturado como el material que se empleará como correctivo sean las co--

rectas, esto se verificará visualmente en el lugar controlando los volúmenes de los camiones de volteo que hacen el acarreo de los materiales. El laboratorio supervisará que el material no estuviera contaminado con materias extrañas y revisará que la humedad óptima como la homogenización y tendido del material fuese el correcto, - siendo el tendido del camellón central hacia los lados - para evitar su clasificación, y por último la compactación, que el laboratorio corroborará que ésta sea del 100% mínimo.

B.- Se supervisó que la superficie de la base hidráulica estuviera correctamente barrida, libre de polvo, impurezas y materia orgánica, para que no nos afectara la correcta penetración del riego de impregnación. Se revisó la correcta aplicación del asfalto FM-1 que se regó a razón - de 1.5 Lts/M².

Posteriormente se revisó que la superficie impregnada estuviera debidamente barrida y libre de impurezas, para la aplicación del riego de liga, con asfalto FR-3 a una temperatura de aplicación de 80° C a razón de 0.5 Lts/M².

C.- En la elaboración de la mezcla asfáltica se supervisó -- primero la dosificación correcta de asfalto, con la temperatura adecuada. La mezcla deberá estar correctamente homogenizada, y después del tendido la compactación deberá ser primero con rodillo liso y enseguida con neumático para cerrar la textura de la superficie. El laboratorio nos ayudó a controlar las dosificaciones de material pétreo y asfalto, así como la compactación de la carpeta, corroborando que fuera de 100%.

XI.3 RIEGO DE SELLO

- A.- Se supervisó que la superficie de rodamiento de la carpeta asfáltica estuviera correctamente barrida y limpia de impurezas para la aplicación del riego de liga con emulsión catiónica a razón de 1.0 ó 1.2 Lts/M².
- B.- Inmediatamente después del riego de liga se procederá a regar el material pétreo 3E, verificando que éste se hiciera a 12 Lts/M². de material pétreo. El laboratorio nos ayudó mediante pruebas a verificar que la emulsión cumpliera con las especificaciones, lo mismo que el material pétreo.

XI.4 OBRAS DE DRENAJE

En cuanto a las obras de drenaje solamente se procedió a revertir las cunetas con concreto, ya que las obras de cruce y contracuentas se encontraban en buenas condiciones.

Así pues, se supervisó que la dosificación entre el agua, cemento, arena y grava fueran las correctas de acuerdo con la resistencia y especificaciones.

El laboratorio tomó muestras del concreto para el revestimiento de las cunetas en los cilindros correspondientes para posteriormente someterlos a la prueba destructiva de compresión y verificar su resistencia $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$ de acuerdo a sus especificaciones, también probar el revestimiento, que sea correcto.

Con ésto se termina la supervisión y control de calidad apegándonos a las especificaciones generales de reconstrucción de pavimentos flexibles que nos rigen en México.

CAPITULO XII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

XII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El tramo Acatlán-Tecolotlán Km. 5 + 000 - Km. 70 + 000 con origen en Acatlán de la carretera Tampico - B. de Navidad, fue construido aproximadamente hace 20 años con las especificaciones para un nivel de servicio de un camino tipo B, en la actualidad el camino debido a la saturación vehicular, no funciona con ese nivel de servicio. Además, de que ese aumento vehicular, ha dado como consecuencia una mayor fatiga a la estructura antigua, que se calculó con otro tipo de cargas y volúmenes de tránsito menores, que comparadas con los actuales, quedan absolutos.

Para poder dar un adecuado servicio tanto al usuario vehicular como reducir los costos de operación se tuvieron que aumentar las especificaciones de soporte de las capas del pavimento, ya que era fastidioso y lento transitar por un camino cuyo pavimento padecía de fallas de todo tipo y en sus diferentes capas, siendo la superficie el reflejo de éstas.

En la actualidad ya terminada la reconstrucción de éste tramo, se observa mayor fluidez del tránsito debeficiéndose las zonas de influencia, como también se controla con mayor facilidad la conservación del mismo, ya que son mínimas las zonas que se van dañando.

Al reducir los costos de operación, se tiene como consecuencia un incremento en las ventas de los productos agropecuarios, ya que el tránsito es más ágil sobre el camino.

En general se nota una mejoría y bienestar en toda la región.

RECOMENDACIONES

En cuanto a recomendaciones se refiere, en el proceso de reconstrucción, es estar continuamente en el lugar donde se lleva el proceso de la obra y poder llevar la bitácora al día con los datos necesarios para cualquier aclaración.

Una vez terminada la obra se recomienda, al que queda encargado de la conservación del tramo, seguir las especificaciones de conservación de carreteras para seguir manteniendo un buen nivel de servicio al mismo; y que en general abarcan éstos cuatro conceptos; que a grandes rasgos son:

- 1.- Superficie de rodamiento: El tratar de conservar una superficie rugosa y sellada, para mantenerla impermeabilizada - contra el agua y al mismo tiempo una superficie antiderrapante.
- 2.- Obras de drenaje: El tener las obras de drenaje longitudinales desasolvadas (cunetas, contracunetas y lavaderos), lo mismo que las obras de cruce bien desasolvadas y partes dadas sustituir las (cabezotes, aleros, etc.), para que drenen perfectamente y se desaloje el agua acumulada que afecta bastante los terraplenes.
- 3.- Zonas laterales o Derecho de Vía: El deshierbe de las zonas laterales es importante para tener una correcta visibilidad del usuario del camino, evitando así accidentes de fatales consecuencias en curvas horizontales y verticales. También tratar de conservar los taludes de los terraplenes en buen estado.
- 4.- Señalamiento: Conservar las señales en buen estado y colocarlos en lugares conflictivos para evitar percances.

Lo mismo pintar raya central, y lateral donde se requiera como entronques, etc., y constantemente restituirlos.

CAPITULO XIII
BIBLIOGRAFIA

XIII. BIBLIOGRAFIA

Manual de Ingeniería de Tránsito.
(Guido Rodelat Egues)

Catálogo de fallas de pavimentos
(S.C.T.)

*Especificaciones Generales de Conservación y Reconstrucción
de Carreteras.*
(S.C.T.)

*Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de
Carreteras.*
(S.C.T.)

Costos y Procedimientos de Construcción en las Vías Terrestres
(S.A.H.O.P) (Ing. Julian Neme Maccise)

Datos de Proyecto de la Reconstrucción del Tramo.
(Residencia General de Conservación, Centro S.C.T. Jalisco).

Datos Viales para el Proyecto
(Servicios Técnicos, Ingeniería de Tránsito, Centro S.C.T.
Jalisco).

La Ingeniería de los Suelos en las Vías Terrestres.
(Alfonso Rico y Hermilio del Castillo Tomo II).

Pavimentos Asfálticos (Proyecto y Construcción)
(J.R. Martín H. A. Wallace).

Mecánica de los Suelos Tomo I.
(Juárez Badillo y Rico Rodríguez).

Manual para el Diseño de Pavimentos Flexibles de Carreteras
(Santiago Corro Caballero) (Ins. de Ing. de la UNAM) (1980).