

71
26j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"CAMINOS ASFALTICOS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JORGE ARTURO DE HARO PAYAN

MEXICO, D. F.

1987





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E .

PAG.

I. GENERALIDADES.

1.1.	Definición de camino asfáltico.....	1
1.2.	Definición de Asfalto.....	2
1.3.	Estructuración del camino Asfáltico.....	2
1.4.	Tipos de Vehículos.....	4
1.5.	Factor de Daño.....	6

II. PRUEBA DE LABORATORIO.

2.1.	Pruebas Índice.....	8
2.1.1	Determinación actual del límite plástico.	8
2.1.2.	Determinación del límite líquido.....	8
2.2.	Prueba de Compactación.....	9
2.2.1	Prueba Porter Estándar.....	13
2.2.2	Porter Modificado.....	15
2.2.3.	Cuerpo de Ingenieros.....	17
2.3.	Prueba Valor Relativo de Soporte.....	19
2.3.1	Prueba de Placa.....	19
2.3.2	Prueba de Laboratorio.....	19
2.4.	Prueba Equivalente de Arena.....	20

III. CALCULO DE ESPESORES.

3.1.	Consideraciones sobre diseño de caminos asfálticos.....	28
3.2.	Pasos a seguir para el diseño de Caminos Asfálticos.....	28

3.3.	Métodos de Diseño.....	44
3.3.1.	Método del Instituto de Ingeniería de la - U.N.A.M.	
3.3.2.	Método de la S.O.P.....	54
3.3.3.	Método del Instituto de Sañaltos de Norte- américa.....	57
3.3.4.	Tecnología Porter Modificada.....	67

IV. FALLAS DEL ASFALTO.

4.1.	Principales Fallas Estructurales.....	77
4.2.	Fallas Funcionales.....	81
4.3.	Reparación de Carpetas Asfálticas.....	81
4.3.1.	Tratamiento de Grietas.....	82
4.3.2.	Tratamiento de Baches.....	87
4.3.3.	Fallas por Drenaje.....	91

V.	CONCLUSIONES.....	96
----	-------------------	----

	BIBLIOGRAFIA	100
--	--------------------	-----

I.- GENERALIDADES .

El camino asfáltico es considerado como un pavimento flexible y tiene como superficie de rodamiento una carpeta asfáltica.

1.1 DEFINICION DE CAMINO ASFALTICO.

El camino asfáltico puede definirse como la capa ó conjunto de capas de materiales apropiados comprendidos 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 apropiada, resistentes a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes perjudiciales así como la de transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

Otra definición más simple es la que designa al pavimento como la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía prevista en el proyecto.

1.2 DEFINICION DE ASFALTO.

El asfalto es un material bituminoso, sólido ó semi sólido, con propiedades aglutinantes y que se licua gradualmente al calentarse. El asfalto está constituido, -- principalmente, por asfaltinos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

1.3 ESTRUCTURACION DEL CAMINO ASFALTICO.

Está formado por una carpeta que es una mezcla de a gragados pétreos con un aglutinante asfáltico, esta capa constituye la superficie de rodamiento.

Abajo de esta capa se deben colocar siempre la base y la sub-base, la base es de material granular y la sub-base está formada preferentemente por un suslo granular; aunque se pueden admitir materiales de menor calidad con mayor contenido de finos y menor exigencia respecto a la granulometría.

Abajo de la sub-base, se dispone de otra capa denominada sub-rasante con menor requisito de calidad de la sub-base y base.

En la sub-rasante aparece material convencional de la terracería, solo tratado mecánicamente, en lo referente a la compactación dándole una resistencia menor que -- las terracerías.

Por lo consiguiente las capas que generalmente cons tituyen un camino asfáltico son:

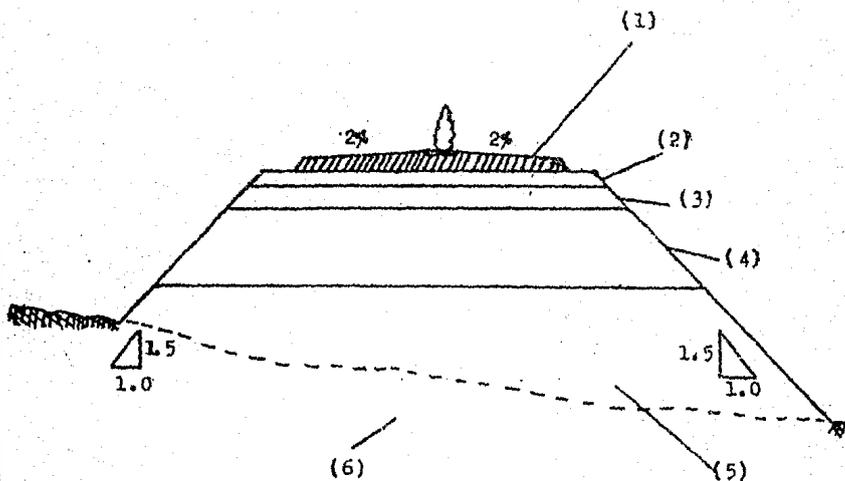
- Carpeta asfáltica: que es la superficie de rodamiento
- Base
- Sub-base
- Sub-rasante

es lo que constituye las terracerías y el cuerpo de terraplen.

- Terreno natural: es donde se apoya toda la estructura.

En la siguiente figura se muestran las diferentes capas que comprenden un camino asfáltico.

SECCION EN TERRAPLEN.



- (1) Carpeta asfáltica
- (2) Base
- (3) Sub-base
- (4) Capa subrasante
- (5) Cuerpo de terraplen
- (6) Terreno natural

1.4 TIPOS DE VEHICULOS.

Hay gran diversidad de vehículos que se pueden agrupar en: automóviles, autobuses, camiones de carga (ligeros, medianos y pesados), tractores, remolques; cada uno de los cuales tienen diferentes capacidades de carga, que es transmitida al camino de acuerdo con la presión de las llantas, la colocación de los ejes y la disposición que - en el extremo de estos tengan las llantas; así se clasifican en llantas sencillas, dobles y tandem.

Una de las clasificaciones que se dan se presentan - en el siguiente cuadro (1.4.1.).

Se considera casi imposible conocer todas y cada una de las características de los vehículos que transitan en un camino, para su aplicación se toma en cuenta la clasificación según los tipos señalados en el cuadro (1.4.1.).

Lo que se hace es que se estandarizan las cargas por rueda y tipo de vehículo y la disposición de las llantas; es decir se trabaja con un solo dato, se efectúa la equivalencia de esas posiciones a un eje de características - estándar.

Según sea la carga y la presión de las llantas es la dimensión de la huella, la que se puede considerar como - circular y el radio puede calcularse con la siguiente ecuación:

R = radio de contacto

P = carga total en la llanta

P' = presión de la llanta

$$R = \sqrt{\frac{P}{P' \pi}}$$

$$P = P' \pi R^2$$

que se supone igual a la presión de contacto.

A ₂		C.E. = 0.0004
A' ₂		Peso bruto = 5.5 Ton C.E. = 0.040
B ₂		Peso bruto = 15.5 Ton C.E. = 2.414
C ₂		Peso bruto = 15.5 Ton C.E. = 2.414
C ₃		Peso bruto = 23.5 Ton C.E. = 2.276
T ₂ -S ₁		Peso bruto = 25.5 Ton C.E. = 4.626
T ₂ -S ₂		Peso bruto = 33.0 Ton C.E. = 4.488
T ₃ -S ₂		Peso bruto = 41.5 Ton C.E. = 4.350
T ₃ -S ₃		Peso bruto = 46.00 Ton C.E. = 4.375

C.E. COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA

CUADRO 1.4.1

También puede ser considerada en forma aproximadamente elíptica y pudiéndose calcular con la siguiente fórmula:

$$L = \sqrt{\frac{A}{0.5227}} \qquad A = \sqrt{\frac{P}{P'}}$$

P = Carga total de la llanta

P' = Presión de contacto igual a la presión de la llanta.

Ejemplo: para la consideración circular.

Carga de un eje = 8.2 ton.

Carga de una llanta = 4.1 ton. = 4,100 kg.

Presión = 5.8 kg/cm²

$$R = \sqrt{\frac{4,100 \text{ kg.}}{5.8 \text{ Kg/cm}^2 \pi}} = 15 \text{ cm}$$

1.5 FACTOR DE DAÑO (EQUIVALENCIA)

Este daño está referido a los esfuerzos ó deformaciones de la estructuración del camino.

De acuerdo con los esfuerzos y profundidades que tomen en cuenta los investigadores, los factores de equivalencia adquieren diferentes valores.

En varias oficinas de caminos de Estados Unidos dan la expresión siguiente:

$$F = \left(\frac{P_r}{P_e} \right)^4$$

P_r = Carga por rueda real

P_e = Carga por rueda estándar

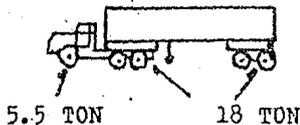
American association of State Highway and transportation officials (AASHTO) tiene factores de equivalencia - con función de cargas reales.

$$F = \left(\frac{Q \text{ eje (TON)}}{8.2} \right)^4 \quad \text{eje sencillo}$$

$$F = \left(\frac{Q \text{ eje (TON)}}{15} \right)^4 \quad \text{eje en tandem}$$

La equivalencia de ejes de una disposición con respecto a un eje estándar, se lleva a cabo relacionando el daño que causa el eje ó disposición de las ruedas real, con respecto al daño que causa el eje estándar; se le denomina a ésta relación factor de equivalencia.

EJEMPLO:



T₃-S₂ (Camión Pesado)

$$FS = \left(\frac{5.5 \text{ TON}}{8.2} \right)^4 + 2 \left(\frac{18 \text{ TON}}{15} \right)^4$$

FS = 4.35 FS = Factor de daño.



A₂ (Vehículo ligero)

$$FS = 2 \left(\frac{1}{8.2} \right)^4$$

FS = 0.0004

II.- PRUEBAS DE LABORATORIO .

Es importante conocer las pruebas de laboratorio ya que estas nos apoyan para el cálculo de los espesores del camino asfáltico, así como para el control de calidad de los materiales. A continuación se nombran las principales pruebas que se aplican a terracerías.

2.1 PRUEBAS INDICE.

Estas pruebas como su nombre lo indica, son las que nos dan las características principales del suelo, como son: la humedad, límite plástico, límite líquido, granulometría y clasificación en el sistema S.U.C.S.

2.1.1 DETERMINACION ACTUAL DEL LIMITE PLASTICO.

Se tiene que hacer un cilindro del suelo requerido con un diámetro de 3 mm (1/8"). La formación de los rollos se hace usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca, para acelerar la pérdida de humedad del material; también es frecuente efectuar el rolado sobre una placa de vidrio, cuando ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; en tal momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

2.1.2 DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO.

Se usa la copa de casagrande que es un recipiente de bronce ó latón, este trabaja a base de golpes contra la

base. Sobre la copa se coloca el suelo y se procede a hacerle una ranura trapezoidal, para hacer la ranura debe utilizarse el ranurador laminar.

Se define como el contenido de agua del suelo para el que la ranura se cierra a lo largo de 1.27 cm. (1/2"), con 25 golpes de la copa.

De hecho el límite líquido se determina conociendo 3 ó 4 contenidos de agua de diferentes puntos en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazando la curva. Contenido de agua, número de golpes. La ordenada de esa curva correspondiente a 25 golpes es el contenido de agua al límite líquido.

2.2 PRUEBA DE COMPACTACION.

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas.

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtiene al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumentan su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

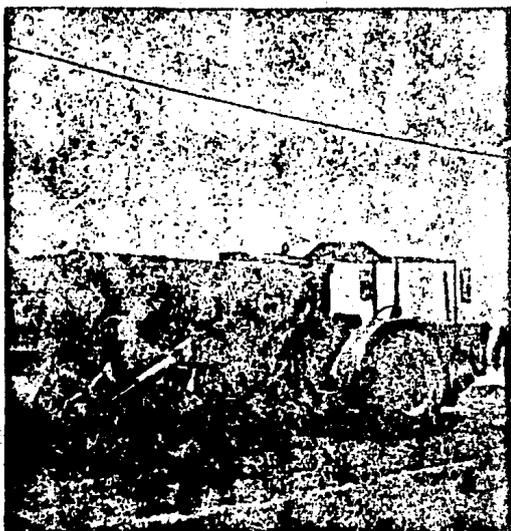
Existen diversos equipos para éste trabajo, tales como plataformas vibratorias, rodillos lisos, neumáticos y pata de cabra; hoy existen gran variedad de sistemas y pesos, de manera que el Ingeniero tiene la posibilidad de elegir entre muchos implementos adecuados a cada particular. Los factores que influyen en la compactación del suelo podrían decirse que son dos los más importantes: el contenido de agua del suelo y la energía específica empleada en dicho proceso.

La compactación producida en los suelos por diferentes equipos se ve, evidentemente influida por el número de pasadas. En la práctica se ha encontrado que el número económico de pasadas fluctúa entre 5 y 10, según los casos.

El material por compactar se deposita por capas, generalmente de espesor comprendido entre 10 y 30 cm., siendo común el de 20 cm.



APLANADORA DE 3 RODILLOS.



COMPACTADOR

O

DUO - FACTOR

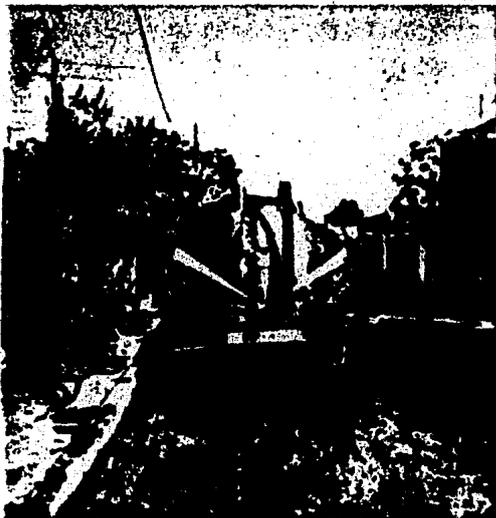
PATAS DE
CABRA.





RODILLO
VIBRATORIO

PIPA DE
AGUA.



Por energía se entiende: la energía de compactación suministrada al suelo por unidad de volumen.

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en el laboratorio unas condiciones dadas de compactación de campo. Los más conocidos hoy en día son: la Prueba Porter Estándar, Porter Modificada y Cuerpo de Ingenieros.

2.2.1. PORTER ESTANDAR.

Materiales:

- a) Se tiene un cilindro de 0.94 lt. de capacidad aproximada, de 10.2 cm (4 pulgadas) de diámetro y 11.7 cm. (4.59 pulgadas) de altura, provisto de una base metálica con -- tornillos de mariposa.
- b) Una varilla de punta de bala de diámetro 5/8" y peso - 2.5 Kg. (5.5 libras) dejando caer el pison desde una altura de 30.5 cm. (12 pulgadas).
- c) Charolas, básculas, guantes, etc.
- d) Marco de carga

Procedimiento:

- 1.- De la muestra integral que se trae, se saca una muestra de 5 Kg. representativos.
- 2.- Se agrega una cierta cantidad de agua, homogenizando el material.
- 3.- En una charola se le agrega agua; una cierta cantidad en una probeta.
- 4.- Cuando el laboratorista cree que el material está en su humedad óptima deja de agregar agua.
- 5.- Se introducen tres capas aproximadamente de 4.5 Kg. en el molde.

- 6.- En cada capa se dan 25 golpes con una varilla punta de bala.
- 7.- Después se pone un papel filtro.
- 8.- Se lleva al aparato marco de carga.
- 9.- Se pone una placa trasmisora de carga.
- 10.- Se empieza a cargar cada 5 min. con una carga de 20 Kg.
- 11.- Se deja reposar el material en cada carga.
- 12.- La carga debe llegar hasta 140 Kg.
- 13.- Al llegar a esta carga si se presenta una gota de agua abajo del molde quiere decir que la cantidad de agua fué la óptima.
- 14.- Si sale más de una gota quiere decir que se pasó de agua, si no sale nada quiere decir entonces que le falta agua.
- 15.- Si pasa cualquiera de las cosas del inciso anterior hay que repetir la prueba.
 - A) si no sale nada hay que aumentar el agua.
 - B) si sale más de una gota hay que ponerle menos agua.
- 16.- Después del paso 13 si el agua es la cantidad obtenida al comprimir el molde se ve la altura faltante.
- 17.- Se toma la altura del molde.
- 18.- Se saca la altura del molde menos la altura del material.
- 19.- Se multiplica la altura real por el área del cilindro y nos dá el volúmen.
- 20.- Conocemos el peso del material y dividiéndolo entre el volúmen nos dá el peso volumétrico húmedo.
- 21.- Se toma un pedazo de muestra del material y se mete al horno, 24 horas previamente pesado y se encuentra la humedad.

- 22.- Para encontrar el peso volumétrico seco se divide - peso volumétrico húmedo entre uno, más la humedad.
- 23.- Se coloca una coladera con un vástago y dos sobrecargas de 4 1/2 Kg. (representación del suelo en el sitio).
- 24.- Se coloca un tripié con un micrómetro.
- 25.- Se mete al tanque de saturación durante 72 Hrs.
- 26.- Se mide la expansión en por ciento de altura del material.
- 27.- Se deja de tres a cuatro minutos de escurrimiento.
- 28.- Después se saca y se lleva a hacer la prueba de penetración.
- 29.- Con la prueba de penetración se saca su VRS.

2.2.2. PORTER MODIFICADA.

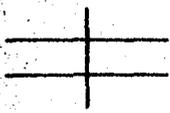
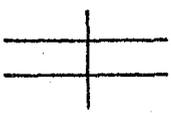
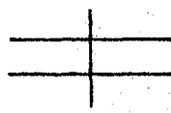
Debido al rápido desenvolvimiento del equipo de compactación de campo comercialmente disponible, la energía específica de compactación de la prueba proctor estándar empezó a no lograr representar en forma adecuada las compactaciones mayores que podían lograrse con dicho nuevo equipo. Esto condujo a una modificación de la prueba aumentando la energía de compactación, de modo que conservando el número de golpes por capa se elevó el número de estas de tres a cinco, aumentando al mismo tiempo el peso del pisón punta de bala y la altura de caída del mismo. Las nuevas dimensiones son: 4.5 Kg. (10 lb.) y 45.7 cm. - (18 pulg.) aprox. La energía específica de compactación es ahora de 27.2 Kg. cm/cm^3 . El procedimiento es el mismo que la prueba proctor estándar.

P O R T E R M O D I F I C A D A

PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO (γ'_m) Kg/m³ _____
 HUMEDAD ÓPTIMA (w_o) _____
 HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w_1) _____

GRADO DE COMPACTACIÓN %		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN
MOLDE Nº				
PESO VOLUMÉTRICO SECO (γ') Kg/m ³		LEC. I =		LEC. I =
HUMEDAD DE PRUEBA (w_2) %		LEC. F =		LEC. F =
PESO MATERIAL USADO (P), Gr.		DIF =		DIF =
VOLUMEN DEL MOLDE (V) cm ³		H =		H =
AGUA POR AGREGAR cm ³ = $P(w_2 - w_1) / (100 + w_1)$		% Exp =		% Exp =
PESO MATERIAL HÚMEDO EN Gr. $P_w = \gamma'_d (1 + w_2) V$				
CARGA DE COMPACTACIÓN EN Kg				
HUMEDAD REAL DE PRUEBA				
PESO VOLUMÉTRICO SECO CORREGIDO				
GRADO DE COMPACTACIÓN CORREGIDO				

P E N E T R A C I Ó N	CARGA		CARGA		CARGA		CARGA	
	ANILLO	KG	ANILLO	KG	ANILLO	KG	ANILLO	KG
1.27 mm (0.05")								
2.54 mm (0.10")								
3.81 mm (0.15")								
5.08 mm (0.20")								
7.62 mm (0.30")								
10.16 mm (0.40")								
12.70 mm (0.50")								
VALOR RELATIVO DE SCORTE CORREGIDO								

HUMEDAD QUE CONTIENE EL MATERIAL (w_1)	COMPROBACIÓN DE LA HUMEDAD DE PRUEBA
	
	

2.2.3 CUERPO DE INGENIEROS.

Esta prueba nos proporciona mayor desenvolvimiento en la elección de maquinaria. También nos dá un área de humedad óptima, energía específica y mejor exactitud en sus resultados.

PRIMERA PARTE DEL CUERPO DE INGENIEROS.

Esta prueba es parecida a la prueba Proctor y consiste en lo siguiente:

- 1.- Se debe tener una cantidad de material de 75 Kg., se divide en tres partes quedando una de 25 Kg.
- 2.- Se homogeniza el material.
- 3.- Se toman 5 Kg. y se agrega una cierta cantidad de agua por debajo del óptimo.
- 4.- Se compacta con un molde (los mismos de la prueba Proctor).
- 5.- Se utiliza un pison de 4.5 Kg.
- 6.- Se compacta en 5 capas.
- 7.- Entre cada capa se dan 12 golpes en toda el área.
- 8.- Se quita el collarían y se enrasa o corta.
- 9.- Se toma el peso del material.
- 10.- Se toman otros 5 Kg. y se aumenta el 2% más de agua.
- 11.- Se repite el procedimiento desde el inciso 2.
- 12.- Se hacen 4 pruebas con 12 golpes.
- 13.- De cada 5 Kg. se toma de los sobrantes de la humedad testigo para saber la humedad del material.
- 14.- Se hace una gráfica donde está el contenido de agua y el peso del material.
- 15.- Se saca la humedad óptima del material.

SEGUNDA PARTE DEL CUERPO DE INGENIEROS.

- 1.- Se repite el procedimiento anterior pero con una diferencia de energía de 25 golpes por capa.
- 2.- También en cinco capas.
- 3.- Se traza la gráfica para 25 golpes.

TERCERA PARTE DEL CUERPO DE INGENIEROS.

- 1.- Con los otros 5 kg. se repite el procedimiento anterior pero con una energía de 55 golpes en cada 5 capas.
- 2.- Se traza su gráfica.
- 3.- Con las tres gráficas en las puntos de humedad óptima se unen y se saca el área de la humedad óptima.

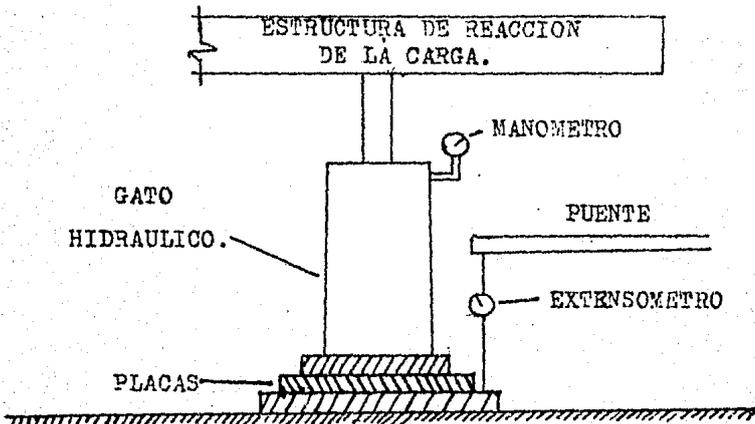
Los principios que gobiernan la compactación de suelos en el campo son esencialmente los mismos para las pruebas de laboratorio; así los pesos específicos secos máximos obtenidos resultan ser fundamentalmente función del tipo de suelo, de contenido de agua y la energía específica aplicada por el equipo que se utilice, la cual depende del tipo y peso del equipo y del número de pasadas sucesivas que se apliquen.

En la compactación de terrámenes se realiza con rodillos "Pata de cabra", lisos, neumáticos y equipos vibratóreos. Los rodillos pata de cabra compactan el suelo de abajo hacia arriba ejerciendo un efecto de amasado, los demás rodillos compactan al suelo de la superficie hacia abajo, - los rodillos pata de cabra ejercen presiones sobre el suelo entre 10 y 40 kg./cm² y los rodillos lisos pesan aproximadamente 10 toneladas por eje.

2.3 PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE. (V.R.S.)

2.3.1 PRUEBA DE PLACA. (Prueba de campo).

La prueba consiste en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiendo las deformaciones correspondientes a diferentes cargas. Es frecuente el uso de placas de 76.2 cm. (30 pulgadas) de diámetro o de placas de área igual al contenido de una llanta. Para impedir la flexión del elemento se coloca encima otras placas de diámetros decrecientes, que dan el conjunto la rigidez deseada. La carga se transmite con gatos hidráulicos con relación dada generalmente con camiones cargados. Las deformaciones suelen medirse en cuatro puntos, 2 a 2 opuestos, por medio de extensómetros ligados a puentes, cuyo apoyo se coloca lo suficientemente lejos de la placa como para poder considerarlo fijo. En la figura siguiente se muestra esquemáticamente el conjunto.



2.3.2 PRUEBA DE LABORATORIO. (Penetración).

1.- En una muestra se compacta, por los diferentes tipos de compactación.

2.- Con una aguja penetramos a una velocidad de 0.127 cm/min. a una profundidad de 1.27, 2.54, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16, hasta 12.7 cm. (la aguja mide tres pulgadas cuadradas).

3.- Trazamos una curva viendo la penetración y la carga (Kg.) que tuvimos que ejercer para tener esa penetración.

4.- Esta curva la pasamos a las gráficas de valor relativo de soporte (V.R.S.).

5.- Con la penetración de 2.54, vemos en las gráficas que carga necesita para deformarse.

6.- Con el mismo valor vemos la calidad del material para base, sub-base, sub-rasante.

7.- El V.R.S. lo encontramos por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ V.R.S.} = \frac{\text{Carga necesaria para penetrar 2.54} \times 100}{1360}$$

1360 = constante porter.

2.4 PRUEBA EQUIVALENTE DE ARENA.

E Q U I P O :

A) SOLUCION CONCENTRADA

Contenido (Solución para un galón)

Cloruro de calcio anhídrico (1 libra 450 gr.)

Glicerina (1640 ml. 2050 gr.)

Formolhidro (45 ml. 40 a 47 gr.)

- B) PROBETA CON AGUA POTABLE (15 pulgadas)
- C) CAPSULA QUE TIENE UNA CAPACIDAD DE 110 Gr. DE MATERIAL SUELTO (PROMEDIO).
- D) MALLA # 4
- E) AGITADOR
- F) VARILLA SIFON

PROCEDIMIENTO :

- 1.- Esta prueba sólo se hace para materiales que pasen la malla # 4.
- 2.- Se pone a la probeta 4 1/2 pulgadas de agua.
- 3.- Vaciado del material en la probeta.
- 4.- Se expulsa el aire de la probeta.
- 5.- Se procede a dejar el material en reposo 10 min.
- 6.- Después se agita el material con una velocidad de 90 ciclos en treinta segundos.
- 7.- Se pone la solución concentrada con la varilla sifón; ésto sirve para separar los finos de los gruesos.
- 8.- Se reposa el material 20 minutos.
- 9.- Se ensarta la varilla medidora lentamente para que no se lleve los finos.
- 10.- Se mide la cantidad de grava que tiene el material.
- 11.- Se mide la altura de la arcilla.
- 12.- Se pasan estos datos al informe equivalente de arena (el cuál se muestra a continuación) donde tenemos como datos la lectura de la arcilla como de arena

En resumen, es de gran utilidad para el ingeniero conocer las diferentes pruebas de laboratorio, ésto le dará mayor criterio para el cálculo de espesores del camino asfáltico.

Los materiales usados en los diferentes espesores deberán cumplir ciertos requisitos que manejará el Ingeniero proyectista, principalmente tendrá que conocer humedad óptima del material, peso específico se o máximo que se tendrá que usar (compactación), expansión de los materiales y su valor relativo de soporte V.R.S., se han hecho tablas para los materiales de las diferentes capas del camino asfáltico, teniendo un rango de materiales desahables, adecuado y tolerable, cómo se muestra a continuación, otra de las ca racterísticas que debe analizar es la situación del camino asfáltico, para poder escoger entre las diferentes pruebas, estará principalmente en importancia del camino, maquinaria de compactación, clima, drenaje, materiales más cercanos y costo.

En éstos datos se basará el Ingeniero Proyectista para el cálculo de espesores del camino asfáltico.

Requisitos que deben cumplir las capas del cuerpo del camino asfáltico.

T A B L A 1 .
PARA TERRACERIA.

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE
Tamaño máx. (mm.)	76	1500 ó	2000
% malla No. 200	30 máx.	0.5 espesor de capa - - -	0.5 espesor de capa - - -
W_L (%)	40 máx.	50 máx.	60 máx.
I. P. (%)	- - -	- - -	25 máx.
Compactación	95 mín.	90 \pm 2 0 bandeado	90 \pm 2 0 bandeado
VRS (%)	5 mín.	5 mín.	3 mín.
Expansión (%)	- - -	- - -	3

T A B L A I I .
SUB-RASANTE.

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE
Tamaño máx. (mm)	75	75	75
☼ malla No. 200	25 máx.	35 máx.	- - -
W _L (%)	30 máx.	40 máx.	50 máx.
I. P. (%)	10 máx.	20 máx.	25 máx.
Compactación (%)	100 mín.	100 \pm 2	100 \pm 2
VRS (%)	30 mín.	20 mín.	15 mín.

T A B L A I I I .
SUB-BASE Y REVESTIMIENTOS

CARACTERISTICAS	DESEABLES	TOLERABLE	REVESTIMIENTO
Tamaño máx. (mm)	51	51	76
☒ malla No. 200	15 máx.	25 máx.	10 - 20
Zona granulométrica	1. y 2	1 a 3	1 a 3
W _L ' (%)	25 máx.	30 máx.	40 máx.
I.P. (%)	6 máx.	10 máx.	4 - 15
E.A. (%)	40 mín.	30 mín.	- - -
Compactación (%)	100 mín.	100 mín.	95 mín.
VRS (%)	40 mín.	30 mín.	30 mín.
Contracción lineal (%)	- - -	- - -	7 - 4 máx.

T A B L A I V .

B A S E S .

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA
Tamaño máx. (mm)	38	38
% Δ malla No. 200	10 máx.	15 máx.
Zona granulométrica	1 y 2	1, 2 y 3
W_L (%)	25 máx.	30 máx.
I.P. (%)	6 máx.	6 máx.
B.A. (%)	50 mín.	40 mín.
Compactación (%)	100 mín.	100 mín.
VRS (%)	100 mín.	80 mín.

III.- CALCULO DE ESPESORES .

3.1 CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO DE CAMINOS ASFALTICOS.

Se hace imperativo que el camino asfáltico cumpla con los siguientes requisitos:

- a) Ser estable ante agentes del intemperismo.
- b) Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- c) Tener textura apropiada al rodamiento.
- d) Ser durable.
- e) Tener condiciones adecuadas en lo referente a la permeabilidad.
- f) Ser económico.

Estos conceptos nos conducen a diferentes alternativas de espesores, puede decirse que el problema de dimensionamiento consistirá en principio, en hacer variar el espesor y la calidad de los materiales empleados en cada capa.

3.2 PASOS A SEGUIR PARA EL DISEÑO DE CAMINO ASFALTICO.

3.2.1 Desplazamiento del terreno natural (material orgánico) de espesor e , profundidad y el ancho necesario para alojar la sección.

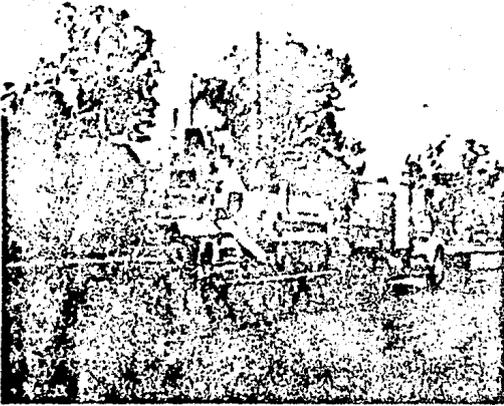
3.2.2 Compactar la superficie descubierta en 15 cm de es-



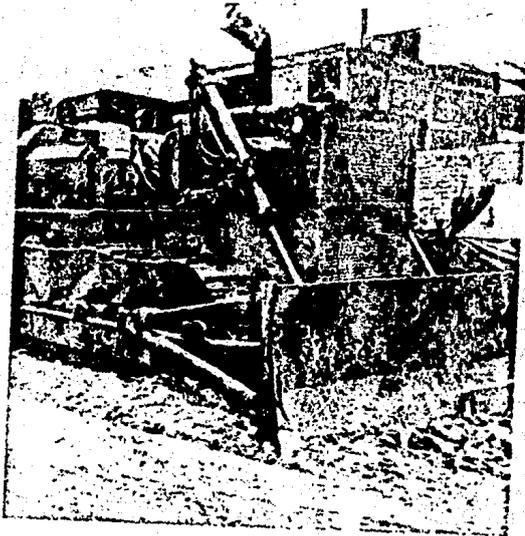
TRAXCAVO O
CARGADOR
FRONTAL DE
NEUMATICOS.

CARGADOR
FRONTAL DE
CADENA (ORUGAS)
(TRAXCAVO).





TRANSPORTADOR
DE MAQUINARIA
(CAMA BAJA).



TRACTOR
BULDOZER

pesor al 90 %.

3.2.3. Formar el cuerpo de terraplén en capas cuyo espesor sea en función del tamaño máximo de agregados y del equipo de compactación al 90 % hasta 30 cm. abajo del nivel de sub-rasante.

3.2.4. Construir la capa sub-rasante compactada al 95 %

3.2.5. Construir sub-base compactación al 100 %.

3.2.6. Construir base compactación al 100 %.

3.2.7. Riego de impregnación.

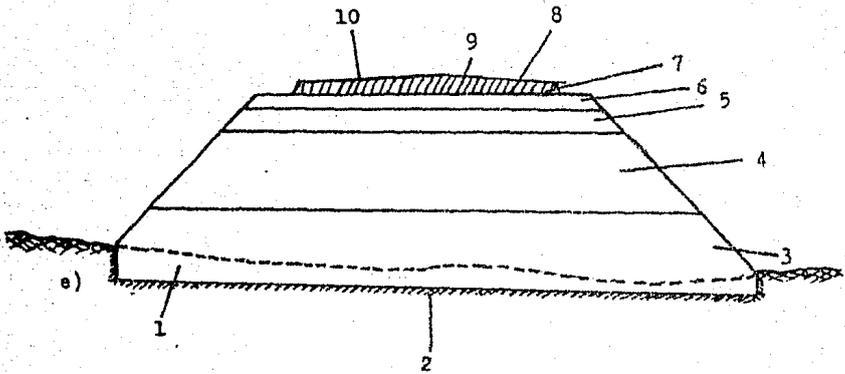
El riego de impregnación es utilizado generalmente un asfalto rebajado del tipo FM - 0, FM - 1, a razón de uno punto dos litros por metro cuadrado (1.2 lt/m^2) - aproximadamente sobre la superficie previamente compactada, este riego llegará a una profundidad de tres centímetros (3 cm.) y sirve para unir el terreno con el riego de liga.

Cuando los solventes de riego de impregnación se hayan evaporado convenientemente se procederá a aplicar el riego de liga.

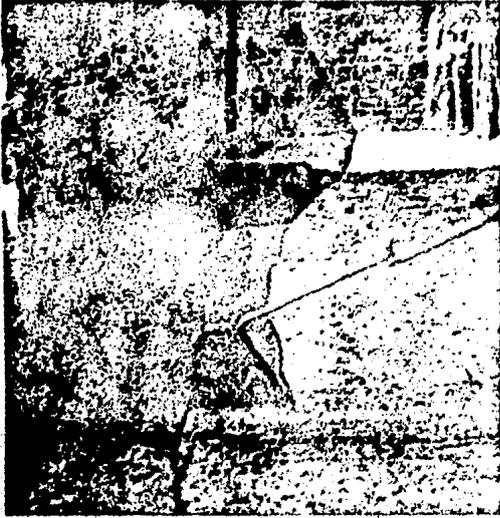
El ingeniero tiene una gran diversidad de riegos - desde los F L (Fraguado lento), F M (Fraguado medio), - F R (Fraguado rápido) dependiendo del tiempo de elaboración será el tipo de fraguado y dependiendo de la cantidad de solventes tendremos desde cero hasta cuatro, - siendo el (0) cero el más rebajado, y el cuatro (4) el más espeso, así por ejemplo para riego de impregnación el más usado es el F M - 0 (Fraguado medio rebajado).

DISEÑO DEL CAMINO ASFALTICO.

- 1.- Desplazamiento del terreno natural.
- 2.- Compactación de la superficie.
- 3.- Cuerpo de Terraplén.
- 4.- Capa subrasante.
- 5.- Capa sub-base.

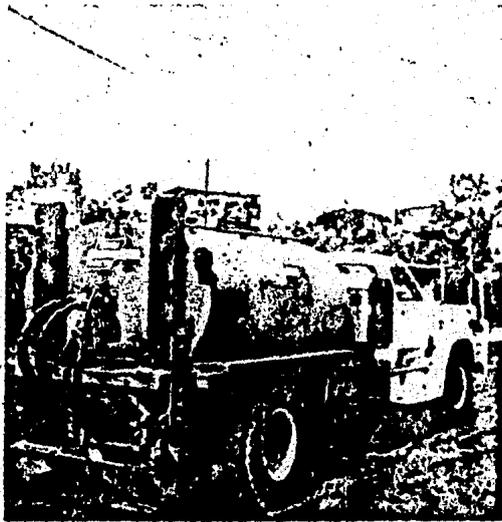


- 6.- Base
- 7.- Riego de impregnación
- 8.- Riego de liga
- 9.- Carpeta asfáltica.
- 10.- Riego de sello.



RIEGO DE LIGA
CON BACHEADOR

PETROLIZADORA



3.2.8. Riego de Liga.

Una vez efectuado lo anterior se aplicará el riego de liga, por medio de una petrolizadora en condiciones adecuadas de funcionamiento, empleando un asfalto rebajado siendo usual el tipo F R - 2, F R - 3 en una aproximación de un litro por metro cuadrado (1 lt/m²), del producto asfáltico.

3.2.9. Carpeta Asfáltica.

3.2.9.1. Manteo.

Se considera manteo cuando el espesor del asfalto es menor de 3 cm., no se considera que sirva para soportar cargas, siempre se mantee después de haber puesto el riego de liga, esto se efectúa regando el asfalto a mano en una pequeña capa cubriendo el riego de liga, con objeto de que los camiones no se lleven el riego de liga al pasar las llantas. Otra utilidad del manteo es cuando no se pueda tender carpeta asfáltica se mantee en un espesor de 3 a 2 cm. y se compacta, esto sirve para proteger a las terracerías de las lluvias ó del tránsito.

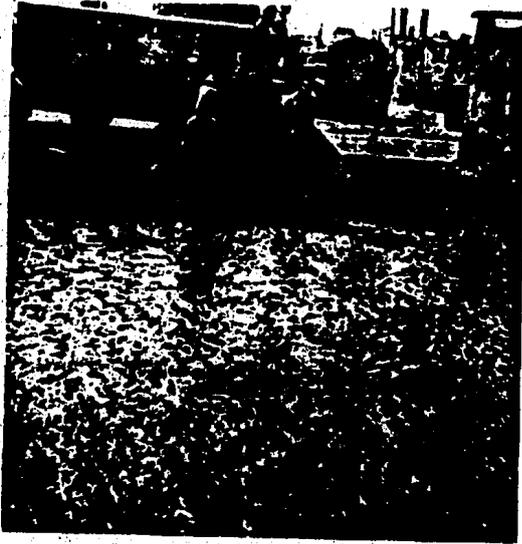
3.2.9.2. Carpeta asfáltica.

Capa ó conjunto de capas que se coloca sobre la base, constituidas por material pétreo y un producto asfáltico.

Función.

Proporcionar al tránsito una superficie estable, --- prácticamente impermeable, uniforme y de textura apropiada.

Cuando se coloca en espesores de cinco centímetros (5 cm.) ó más se considera que contribuye, junto con la base, a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos.



MANTEO DE
TERRACERIA

RIEGO DE LIGA
CON BACHEADOR

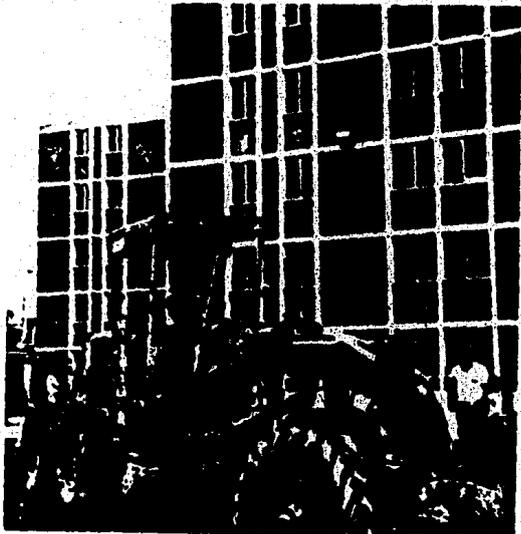




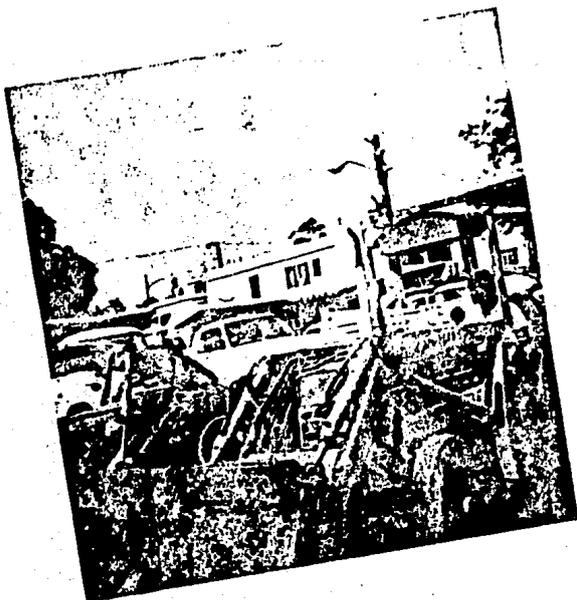
PAVIMENTADORA

O

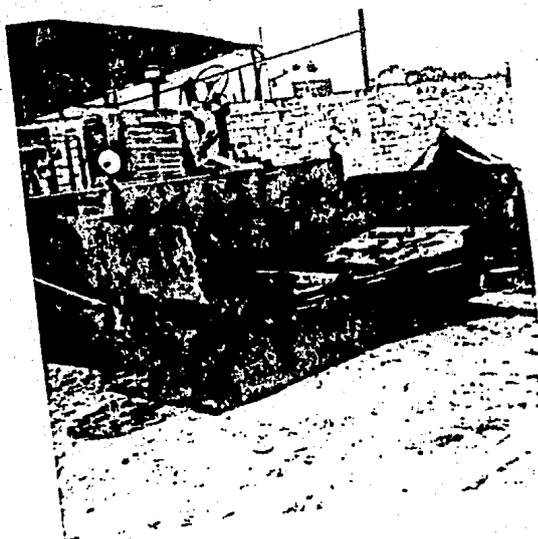
FINISHER



MOTOCONFORMADORA



RETROEXCAVADORA
O
MANO DE CHANGO

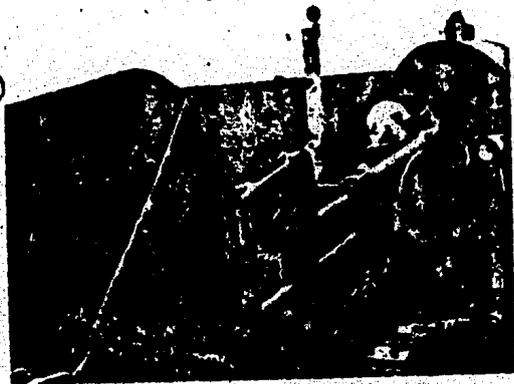


PAVIMENTADORA
O
FINISHER



PIPA DE AGUA

CARGA FRONTAL
DE CADENA (ORUGAS)
(TRAXCAVO)



El equipo de compactación deberá ser de siete a once toneladas (7 a 11 ton,) y los compactadores de llantas neumáticas de cuatro a siete toneladas (4 a 7 ton.). Las mezclas se elaboran en plantas estacionarias, se transportan en camiones cubiertos con lona para que la pérdida de calor sea mínima, no deberán permitirse los trabajos, si la temperatura ambiente es inferior a 5°C , y se pondrá en Obra a una temperatura entre 60°C y 80°C no inferior a 60°C .

Requisitos:

- a) No deberán desplazarse ni desintegrarse por acción del tránsito.
- b) Deberán tener resistencia al intemperismo.
- c) Deberán soportar, sin agrietarse, pequeñas deformaciones.

Tipos de carpeta:

Las carpetas de los caminos asfálticos pueden ser - mezclas asfálticas en el lugar, con planta en caliente, o de riegos (1, 2, ó 3 riegos). Las carpetas de mezcla en planta en caliente, con cemento asfáltico, son las de más alta calidad y se emplean en carreteras con elevada intensidad de tránsito o con tránsito pesado y en pistas de aeropuertos.

A continuación daremos una tabla en la cual se mostrarán algunas de las características que debe de cumplir la mezcla asfáltica en planta en caliente.

TABLA I.
MATERIAL PETREO DE CARPETA.

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA
Tamaño máx. (mm)	0.75 del espesor 6 38 mm. máx.	0.5 del espesor 6 38 mm. máx.
% < malla No. 200	0%	5 % máx.
W (%)	0%	1 % máx.
I.P. (%)	0 %	5 % máx.
Equivalente de arena (%)	60 % mínimo	55 % mín.
Partículas alargadas y/o en forma de laja	25 % máx.	50 máximo.

3.2.10. Riego de Sello.

El Riego de Sello se aplicará en aquellos casos que se juzgue necesarios, y tiene varias funciones importantes, entre las que destacan las siguientes:

- a) Impermeabilización de la carpeta.
- b) Protege el asfalto de la mezcla contra los agentes del intemperismo, principalmente del sol y del agua, evitando su envejecimiento.
- c) Mejoran la visibilidad del conductor durante la noche, por su color en general más claro que el de la carpeta.
- d) Favorece la rugosidad de la superficie de rodamiento, haciéndola antiderrapante y evitando accidentes, sobre todo en época de lluvias.

Se emplean preferentemente materiales pétreos extraídos y procesados de los bancos de materiales con una granulometría tipo 3 - A ó 3 - E, en una porción aproximada de diez (10) litros por metro cuadrado (10 lt/m²).

El producto asfáltico correspondiente será un asfalto rebajado del tipo PR - 2, PR - 3.

En la siguiente tabla se indican las características que debe reunir los materiales pétreos y asfálticos recomendados para el riego de sello.

T A B L A

Relación de materiales y dosificaciones correspondientes en trabajos de riego de sello.

C O N C E P T O	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO.	
	3 - A	3 - B
I Material pétreo		
1. Granulometría		
A) Que pase por la malla de	9.5mm (3/8")	9.5mm (3/8")
B) Y se retenga en la malla de	Núm. 8	Núm. 4
2. Dosificación en lt/m^2 ..	8 a 10	9 a 11
II Material asfáltico		
FR3. Temperatura de aplicación $60^{\circ}C$ a $80^{\circ}C$ lt/m^2 .	0.9 a 1.3	1.0 a 1.3

3.2.11 Sobre Carpeta.

Carpeta que se coloca sobre un pavimento deteriorado por el uso.

Función:

Restituir las características adecuadas de servicio que tuvo el camino cuando fué originalmente terminado, aumentar la resistencia estructural del pavimento.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE.

- A) Se efecturán trabajos de bacheo y tratamiento de grietas que se requieran.
- B) Las actuales superficies de rodamiento deberán picarse con herramientas de mano o maquinaria, procurando tener espacios de treinta centímetros aproximadamente.
- C) Se aplicará sobre la superficie donde se construirá la sobrecarpeta un riego de liga.
- D) Finalmente se pondrá la carpeta asfáltica con las recomendaciones indicadas anteriormente.

3.3 METODOS DE DISEÑO.

En México los métodos de diseño de pavimento generalmente más usados son el del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el Instituto de Asfaltos de Norteamérica, el Método de AASHO y el Método de la S.O.P. Todos ellos proponen espesores de pavimento en función de la resistencia del suelo (Valor Relativo de Soporte V.R.S.) de las capas de apoyo y el volumen de tránsito.

3.3.1 METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM.

La S.O.P. encargó al Instituto de Ingeniería de la UNAM a partir de 1962, un programa de investigación encaminado a obtener un método racional para el diseño estructural de pavimentos flexibles.

La investigación incluye desde desarrollos teóricos hasta tramos de prueba y prototipos, como es el caso de la pista circular ubicada en el Laboratorio Fernando Espinoza del propio Instituto de Ingeniería.

Todas estas investigaciones han culminado hasta la fecha con un método racional que se encuentra en el fascículo 444 de la serie uno del Instituto de Ingeniería, en la cual se indica con detalle los lineamientos para calcular espesores de tránsito, su composición y la resistencia (Valor Relativo de Soporte V.R.S.) de las capas de apoyo. Las condiciones para las cuales se realizó el método son las imperantes en la República Mexicana.

Por lo consiguiente solamente mencionamos éste método pues ya viene explicado en el fascículo antes mencionado.

EJEMPLO DE CALCULO DE ESPESORES DE UN CAMINO ASFALTICO.
(Para los tres métodos).

Laboratorio.

Para poder diseñar la sección estructural de éste camino carretero se realizó un estudio geotécnico sobre el trazo del mismo y los bancos de material con que se pretende formar las terracerías, realizándose sondeos y muestreos a cada 600 m., sobre el trazo y un número de 6 muestras por cada banco seleccionado para terraplén, base, y sub-rasante, obteniéndose las características de calidad y resistencia mencionados en el capítulo II (Tablas I, II, III, y IV).

Para éste ejemplo se tomará un valor relativo de soporte (V.R.S.) mostrados en la siguientes tablas, estos valores se aplicarán para los métodos de la S.O.P., Instituto de Asfaltos y Porter Modificada.

TIPO DE CAMINO ASFALTICO.

Este tramo carretero se construirá con dos carriles de circulación y 12 Km. de longitud, sobre un terreno plano.

De acuerdo con un estudio de tránsito realizado en la zona y haciendo inducciones, se obtuvo un tráfico promedio diario anual (T.P.D.A.) de 15,500 vehículos con la siguiente composición.

COMPOSICION DEL TRANSITO.

	A) Automóviles	$A_2 = 45 \%$
		$A'_2 = 25 \%$
Vehículos Pesados	B) Autobuses	$B_2 = 10 \%$
		$C_2 = 8 \%$
		$C_3 = 6 \%$
	C) Camiones Pesados.	$t_3 - S_2 = 4 \%$
		$t_3 - S_3 = 2 \%$

La tasa de crecimiento anual (r) estimada es de 10 %
y un periodo de vida útil de 10 años.

VALORES DE RESISTENCIA. (VRS).

Terreno Natural.

Estación.	0 + 000	0 + 600	1 + 200	1 + 800
	2.2	2.6	4.5	2.8
Estación.	2 + 400	3 + 000	3 + 600	4 + 200
	4.0	2.1	2.0	2.7
Estación.	4 + 800	5 + 400	6 + 000	6 + 600
	2.3	3.5	2.5	2.9
Estación.	7 + 200	7 + 800	8 + 400	9 + 000
	3.2	2.3	3.6	2.6
Estación.	9 + 600	10 + 200	10 + 800	11 + 400
	2.6	2.3	2.1	3.8
Estación	12 + 000			
	2.1			

CUERPO DEL TERRAPLEN. (Material de Banco).

Sondeo	1	2	3	4	5	6
VRS Modificado al 90% de Compactación.	6.2	5.0	6.8	7.1	8.0	6.5

CAPA SUBRASANTE. (Material de Banco).

Sondeo	1	2	3	4	5	6
VRS Modificado al 95% de Compactación.	25.0	18.0	22.0	21.0	19.0	24.0

Este método utiliza el (V.R.S.) al 90 Porcentual que es un valor que se obtiene de la siguiente manera.

V.R.S. DEL TERRENO NATURAL.

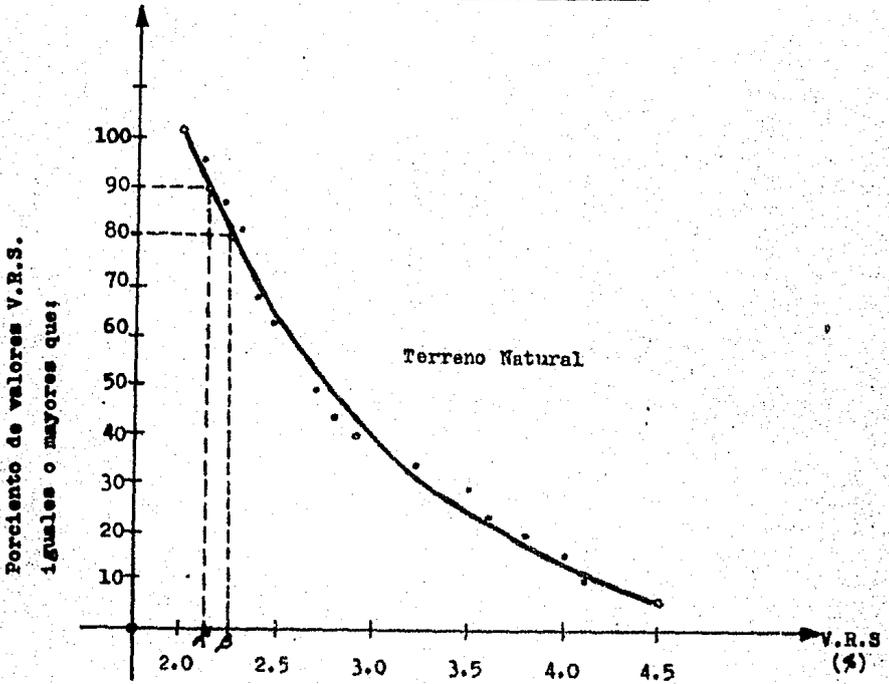
Valores V.R.S. ordenados de menor a mayor.	Valores V.R.S. iguales ó mayores que:	Porcentaje de valores iguales ó mayores que:
2.0	21	$21/21 \times 100 = 100$
2.1,2.1,2.1	20	$20/21 \times 100 = 95.24$
2.2	17	$17/21 \times 100 = 80.95$
2.3,2.3,2.3	16	$16/21 \times 100 = 76.19$
2.5	13	$13/21 \times 100 = 61.90$
2.6,2.6	12	$12/21 \times 100 = 57.14$
2.7	10	$10/21 \times 100 = 47.61$
2.8	9	$9/21 \times 100 = 42.85$
2.9	8	$8/21 \times 100 = 38.09$
3.2	7	$7/21 \times 100 = 33.33$
3.5	6	$6/21 \times 100 = 28.57$
3.6	5	$5/21 \times 100 = 23.80$
3.8	4	$4/21 \times 100 = 19.04$
4.0	3	$3/21 \times 100 = 14.28$
4.1	2	$2/21 \times 100 = 9.52$
4.5	1	$1/21 \times 100 = 4.67$

Interpolando

$$\frac{95.24 - 80.95}{2.2 - 2.1} = \frac{95.24 - 90.00}{X}$$

V.R.S. Diseño para el terreno natural = $2.1 + 0.036 = 2.13$

CALCULO DE V. R. S. DE DISEÑO.



A { α : V.R.S. 90 porcentual = 2.13 % \pm 2.1 %

β : V.R.S. 80 Porcentual = 2.26 % \pm 2.3 %

V.R.S. DEL CUERPO DE TERRAPIEN AL 90 PORCENTUAL

Valores V.R.S. ordenados de menor a mayor	Valores V.R.S. iguales ó mayores que:	Porcentaje de valores iguales ó mayores que:
5.0	6	$6/6 \times 100 = 100$
6.2	5	$5/6 \times 100 = 83.33$
6.5	4	$4/6 \times 100 = 66.66$
6.8	3	$3/6 \times 100 = 50.00$
7.1	2	$2/6 \times 100 = 33.33$
8.0	1	$1/6 \times 100 = 16.60$

Interpolando

$$\frac{100 - 83.33}{6.2 - 5} = \frac{100 - 90.00}{X}$$

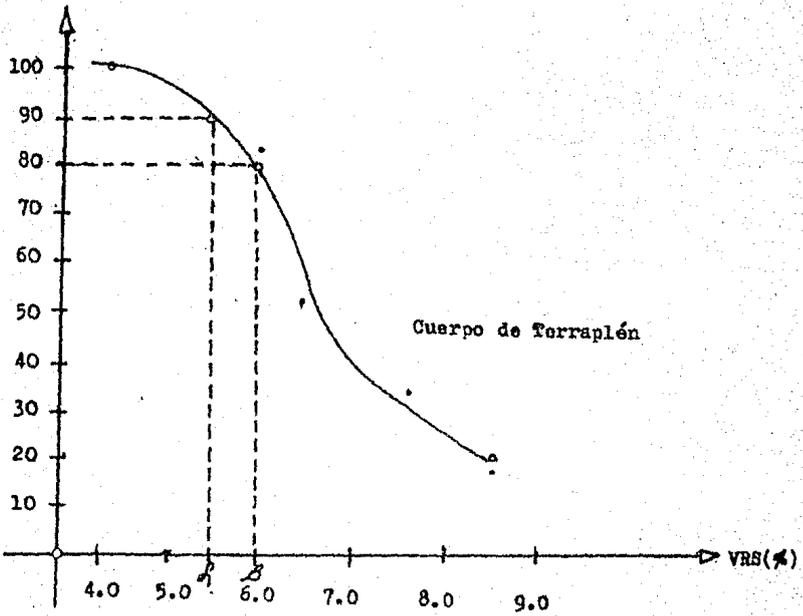
$$\frac{16.67}{1.2} = \frac{10.00}{X} \quad \begin{array}{l} X = 5.00 + 0.71 \\ X = 5.71 \end{array}$$

Valor Relativo de Soporte para diseño de Cuerpo de Terra-plén será de 5.71

d : V.R.S. 90 porcentual = 5.7

B : V.R.S. 80 porcentual = 6.0

Porcentaje de valores V.R.S.
iguales o mayores que:



CALCULO DE V.R.S. DE DISEÑO.

V.R.S. DE DISEÑO DEL CUERPO DE TERRAPLEN.

$$5.00 + 0.71 = 5.71$$

V.R.S. DE LA CAPA SUBRASANTE AL 90% PORCENTUAL

Valores V.R.S. ordenados de menor a mayor	Valores V.R.S. iguales ó ma- yores que:	Porcentaje de va- lores iguales ó mayores que:
18.0	6	$6/6 \times 100 = 100$
19.0	5	$5/6 \times 100 = 83.33$
21.0	4	$4/6 \times 100 = 66.66$
22.0	3	$3/6 \times 100 = 50.00$
24.0	2	$2/6 \times 100 = 33.33$
25.0	1	$1/6 \times 100 = 16.60$

Interpolando

$$\frac{100 - 83.33}{19.0 - 18.0} = \frac{100 - 90.00}{X}$$

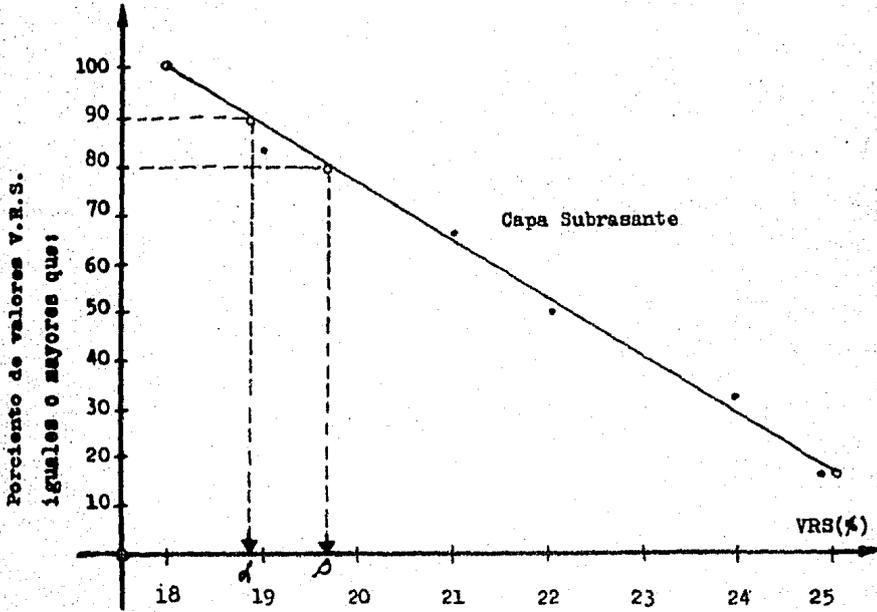
$$\frac{16.67}{1} = \frac{10.00}{X}$$

$$X = 18.00 + 0.59$$

$$X = 18.59 = 18.60$$

Valor Relativo de Soporte para diseño de terraplén será de 18.60

CALCULO DE V. R. F. DE DISEÑO.



$$\alpha : V.R.S._{90} \text{ Percentual} = 18.85 \% \hat{=} 18.9 \%$$

$$\beta : V.R.S._{80} \text{ Percentual} = 19.7 \% \hat{=} 19.7 \%$$

3.2 METODO DE LA S.O.P.

Este método propone espesores sobre la capa sub-brasante, los vehículos que se cuantifican son los que tienen más de tres toneladas de peso (3 ton.). En éstas curvas no se considera el espesor de la carpeta asfáltica, este método ha dado buenos resultados; sin embargo para tránsitos diarios intensos se podría requerir de un número mayor de curvas que proporcionen espesores mayores a los de la curva uno (I); así mismo, para tránsitos menores a los de la curva cuatro (IV) se requeriría establecer curvas para menor tráfico.

Con el avance de la técnica, se ha considerado que lo más conveniente para el proyecto de pavimentos es determinar la intensidad del tránsito, con el número de ejes equivalentes en función de un vehículo estándar a través de la vida útil de la obra.

Además se observa que para un tránsito de dos mil - vehículos, por ejemplo, con un valor relativo del 6 % de la capa sub-brasante se necesita un espesor de sub-base de 43 cm. si se trata de veinte mil vehículos, el resultado casi sería el mismo, lo cual no es real ni adecuado -- pues el construir una misma estructura para un tránsito promedio diario anual (T.P.D.A.) de 20,000 vehículos que para 2,000 es obvio que con el tránsito mayor la estructura será insuficiente.

A continuación se dará la gráfica de éste método y un ejemplo de aplicación.

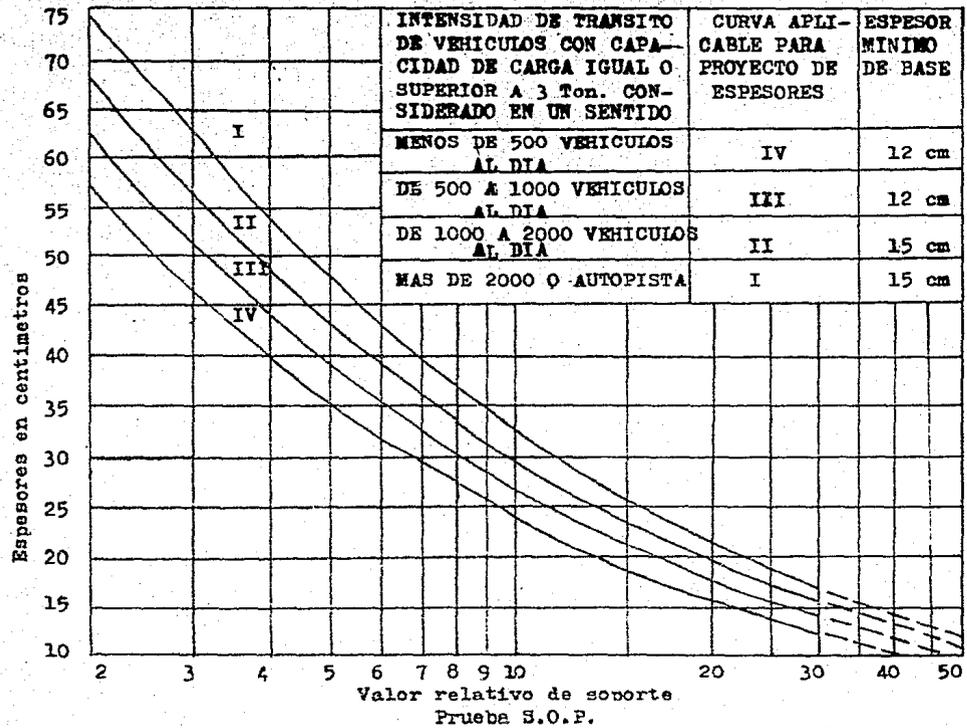


Fig: 0 CURVAS PARA CALCULAR EL ESPESOR MINIMO DE SUB-BASE MAS BASE, EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA CAMINOS EN FUNCION DEL V.R.S. DE LA SUB-RASANTE

ESTRUCTURACION DEL CAMINO ASFALTICO

METODO DE LA S.O.P.

DE LA FIG. 0

SUB-PASANTE

80% V.R.S. 18.9 nos dá 23. cm

TERRAPLEN

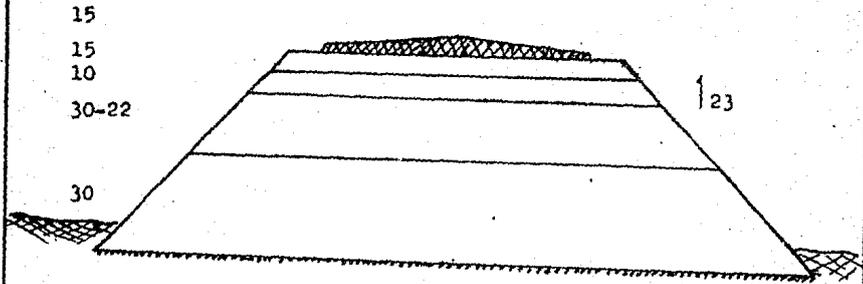
80% V.R.S. 6.0 nos dá 45 cm

TERRENO NATURAL

80% V.R.S. 2.3 nos dá 75 cm

$75.00 - 45.00 = 30$ cm

$45.00 - 23.00 = 22$ cm



3.3.3 CALCULO DE ESPESORES POR MEDIO DEL METDODO DEL INSTITUTO DE ASFALTOS DE NORTEAMERICA.

- a) Tránsito promedio diario inicial (T.P.D.A.) en ambas direcciones de 15,500 vehículos, obtenidos de aforos ó de libros de datos viales editados por la S.C.T.

$$R = 15,500 \text{ veh\u00edculos}$$

- b) Se nota el porcentaje de veh\u00edculos pesados que van a circular en el carril de dise\u00f1o en ambas direcciones.

$$A = 70 \% \quad B = 10 \% \quad C = 20 \%$$

$$R = B + C = 30 \%$$

- c) Coeficiente de distribuci\u00f3n para el carril de dise\u00f1o.

TABLA A.

N\u00famero de carriles en ambas direcciones.	Coef. de distribuci\u00f3n para el carril de dise\u00f1o.
2	50
4	45 (35-48) [±]
6 o m\u00e1s	40 (25- 48) [±]

± Rango Probable.

$$R = \text{Coef. } 50\%$$

- d) Determina el número diario promedio de camiones pesados esperados en el carril de diseño (IDT), multiplicado por el T.P.D.A. por el porcentaje del carril de diseño y el de vehículos pesados.

$$R = (15,500)(0.30)(0.5) = 2325.00$$

- e) Después, hay que obtener la carga máxima por eje sencillo que nuestro país es de 10.00 toneladas.

$$\frac{10.00 \text{ ton}}{0.4535} = 22.05 \text{ libras} \quad R = 22 \text{ lb.}$$

- f) Se estima el promedio del peso bruto de los vehículos pesados multiplicando el (IDT), por los porcentajes de cada tipo de vehículo y su peso, para luego sumarlos y el resultado se divide entre el IDT obteniéndose el valor esperado.

$$B_2: 0.10 \times 15.5 = 1.55$$

$$C_2: 0.08 \times 15.5 = 1.24$$

$$C_3: 0.06 \times 23.5 = 1.41$$

$$T_3 - S_2: 0.04 \times 41.5 = 1.66$$

$$T_3 - S_3: 0.02 \times 46.0 = 0.92$$

$$\underline{6.78}$$

$$\text{Prom} = \frac{15,500 \times 6.78}{15,500 \times 0.30}$$

$$\text{Prom} = \frac{105,090}{4650}$$

$$\text{Prom} = 22.6 \text{ ton/vehículos} \quad \text{Prom} = \frac{22.6}{0.4535} = 49.83 \frac{\text{Kips}}{\text{veh.}}$$

- g) Con el promedio del peso bruto de los vehículos pesados, el número de camiones pesados y la carga máxima por eje sencillo, se obtiene en número de tránsito inicial ITN, usando el nomograma de la figura número 1 que se considera autoexplicativa; cuando el ITN sea menor o igual a 10 se corregirá por automóviles y camiones ligeros de acuerdo a la gráfica número 2.

En base al nomograma de la figura número 1 y con los datos de carga máxima 22 lbs, promedio pesado de vehículos 49.83 kips/vehículo y el número de camiones pesados 2,325 se encuentra el ITN.

$$R = ITN = 5,500.$$

ITN = número de tránsito inicial.

- h) Se establece el período de diseño del pavimento (n) y se estima la tasa de incremento anual (r), con estos dos valores se encuentra a la tabla B y se obtiene el factor de corrección de ITN.

Periodo de diseño (n) 10 años

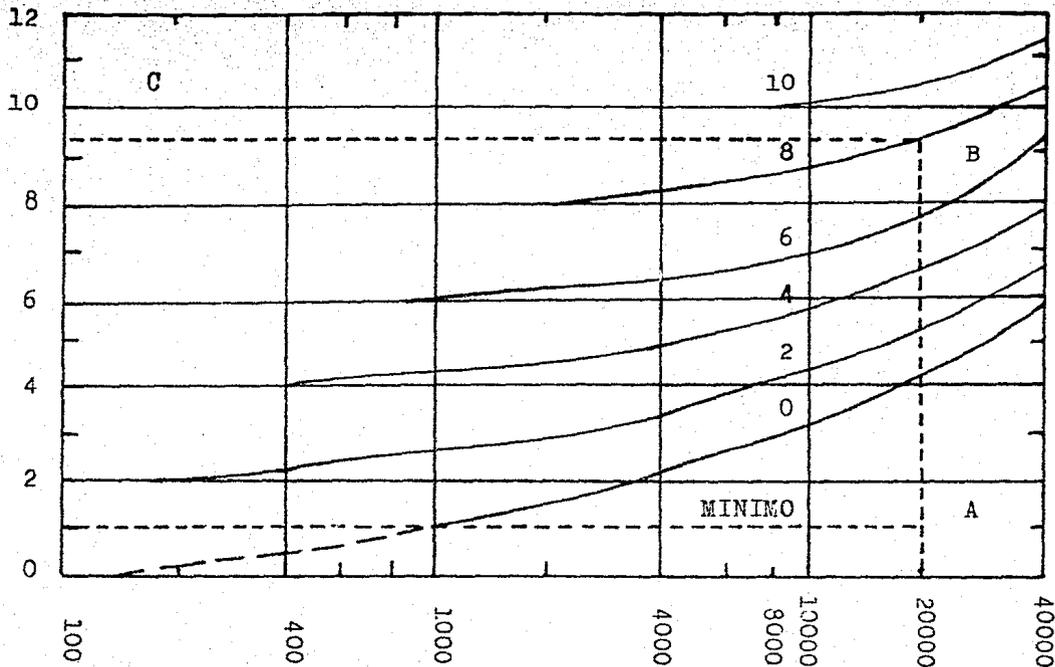
Tasa de crecimiento (r) 10 %

R = Factor de corrección 0.8

- i) Se determina el número de tránsito para diseño DTN multiplicado por el ITN y el factor de corrección obtenida.

$$R = DTN = 5,500(0.8) = 4,400.$$

NUMERO DE TRANSITO INICIAL

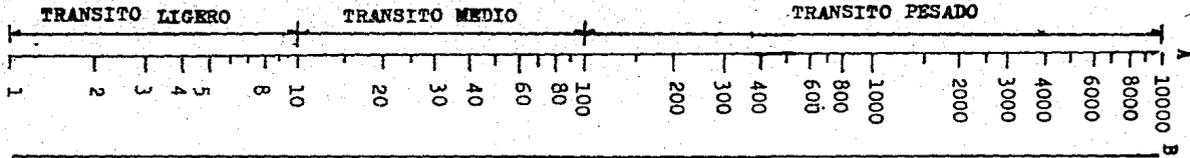


VOLUMEN DIARIO DE AUTOMOVILES Y CAMIONES LIGEROS EN EL CARRIL DE DISEÑO

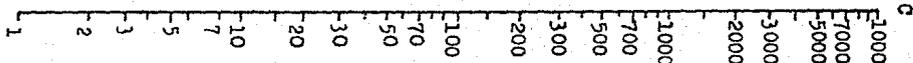
Gráfica para corregir el número de tránsito inicial (ITN) por volumen de automóviles ó vehículos ligeros.

GRAFICA #2

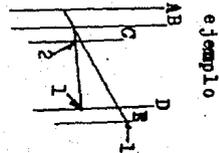
NUMERO DE TRANSITO INICIAL (I T N)



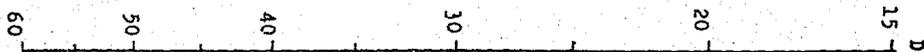
LINEA PIVOTE



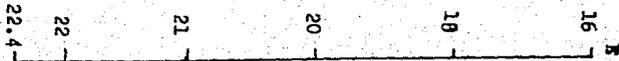
NUMERO DE CAMIONES PESADOS
(PROMEDIO DIARIO EN EL CARRIL DE DISEÑO)



PROMEDIO APROXIMADO DEL PESO DE LOS CAMIONES PESADOS, MILES DE LBS.



CARGA MAXIMA PERMISIBLE EN EJE SENCILLO, MILES DE LBS.



MONOGRAFIA DE ANALISIS DE TRANSITO

FIGURA 1

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

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

TABLA B . FACTORES DE CORRECCION PARA EL NUMERO
DE TRANSITO INICIAL (ITN).

j) Se determina el número de tránsito para diseño DTN, - multiplicado el ITN por el factor de correlación obtenida.

$$R = DTN = 5,500 (0.8) = 4,400$$

k) Con los valores del DTN y el VRS de diseño obtenido - previamente, se entra al nomograma de la figura número 2 se obtiene el espesor necesario de carpeta asfáltica sobre la capa considerada. Entonces se puede obtener primero un espesor sobre las terracerías, luego otro sobre la sub-rasante, después otro sobre la sub-base y así sucesivamente en función del VRS de cada capa.

R= V.R.S. =	T.N.	C.T.	S.R.
	2.13 %	5.71 %	18.6 %

De la figura número 2 se obtiene el espesor necesario.

V.R.S.	2.13 %	17.5" x 5.08	88.9 cm.
e.t.	5.71 %	12.0" x 5.08	60.96 cm.
S.R.	18.6 %	7.3" x 5.08	37.08 cm.

1) Factor de conversión del concreto asfáltico a las diferentes capas del pavimento son los que se dan en la Tabla C siguiente.

R= de la tabla mencionada arriba nos dá un grado de conversión a grava equivalente.

$$(2)(2.54) = 5.08$$

2 = Factor de conversión

2.54 = Para convertir pulgadas a cm.

ESPESOR TOTAL EN PULGADAS DE CONCRETO ASPALTICO ARRIBA DE LA SUPERFACIE, TA

(CARPETA Y BASE)

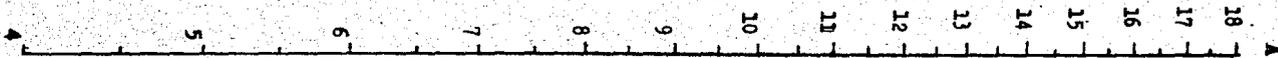
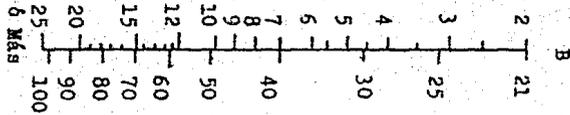


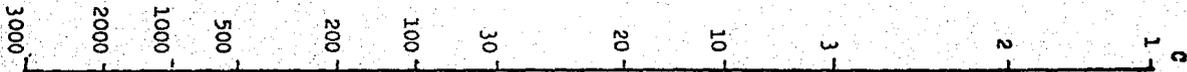
FIGURA # 2

GR CALIFORNIA



VALOR SOPORTE PRUEBA DE PLACA, PSI;
 DIAMETRO DE LA PLACA 12 PULGADAS, Ø.2
 PULGADAS DE DEFLEXION, 10 REPETICIONES.

NUMERO DE TRANSITO PARA DISEÑO (D T N)



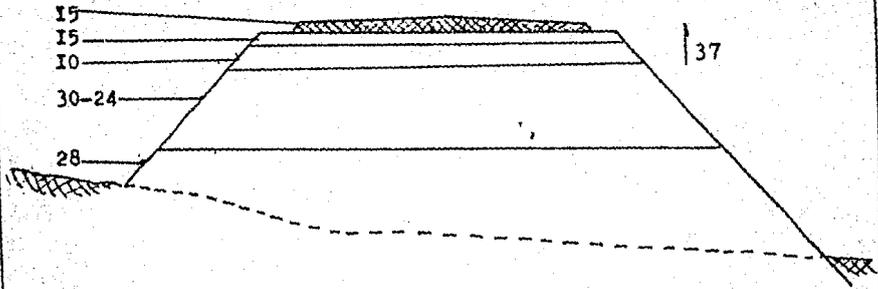
MONOGRAMA DE DISEÑO DE ESPESORES PARA
 PAVIMENTOS ASPALTICOS USANDO LA PRUEBA
 DEL GR 6 LA PRUEBA DE PLACA

TABLA C .

CAPAS CONVENCIONALES	PARA OBTENER EL ESPESOR EQUIVALENTE DE x cm. DE CONCRETO ASFALTICO MULTIPLIQUESE POR:
Bases asfálticas de arena, mezclas en - planta.	1.3
Bases asfálticas elaboradas con asfaltos líquidos o emulsificados.	1.4
Bases granulares de alta calidad (VRS > 100 %).	2.0
Bases granulares de baja calidad (VRS < menor 20%).	2.7

ESTRUTURACION DEL CAMINO ASPALTICO

INSTITUTO DE ASPALTOS DE NORTEAMERICA



V.R.S. 90% 18.60 nos dá 37.08 cm. = 37 cm.

V.R.S. 90% 5.71 nos dá 60.86 cm. = 61 cm.

V.R.S. 90% 2.13 nos dá 88.90 cm. = 89 cm.

61.00-37.00=24.00 cm.

89.00-61.00=28.00 cm.

3.3.4 TECNOLOGIA PORTER MODIFICADO.

Se determinan las variables de los métodos anteriores, es decir, se determinan las características del tránsito - actual y a futuro y se buscan los índices de resistencia en base a pruebas de V.R.S., hechas en especímenes compactados por medio de la prueba Porter Modificada.

a) De la misma manera que en el caso del Instituto de Asfaltos de Norteamérica, se calculan los V.R.S. de diseño al 80 % porcentual, tomando los datos anteriores se obtiene lo siguiente:

i) Terreno Natural al 80 % porcentual

$$\frac{80.95 - 76.19}{2.3 - 2.2} = \frac{80.95 - 80.00}{X} \quad X = 0.019$$

$$\text{V.R.S.} = 2.2 + 0.019 = 2.21$$

ii) Cuerpo de Terrellen al 80 % porcentual

$$\frac{83.33 - 66.66}{6.5 - 6.2} = \frac{83.33 - 80.00}{X} \quad X = 0.05$$

$$\text{V.R.S.} = 6.20 + 0.05 = 6.25$$

iii) Capa Sub-rasante al 80 % porcentual

$$\frac{83.33 - 66.66}{21.00 - 19.00} = \frac{83.33 - 80.00}{X} \quad X = 0.39$$

$$\text{V.R.S.} = 19.00 + 0.39 = 19.39$$

b) Se obtiene el T.P.D.A. en ambos sentidos por medio de aforos ó de los datos viales de la Dirección de Ingeniería de Tránsito, de la S.C.T.

Para hacer más fácil éste procedimiento se hará uso - de la tabla D, como se muestra a continuación.

$$R = \text{T.P.D.A.} = 15,500$$

c) Con el dato anterior se calcula el tránsito diario - en el carril de diseño multiplicado por T.P.D.A. por 0.6 (60%) si la carretera es de dos carriles y por 0.5 (50%) si la carretera es de cuatro carriles.

$$R = \text{Tránsito diario en el carril de diseño} \\ (60\%)(15,500) = 9,300$$

d) Se fija el periodo de diseño en años (n) y la tasa de crecimiento anual (r).

$$R = r = 10 \%$$

e) Usando los datos del inciso anterior, calcúlese el factor de conversión (c) empleando la gráfica número 3, ó mediante la expresión:

$$C = \frac{365 (1 + r)^n - 1}{r} \quad (r \text{ en decimal})$$

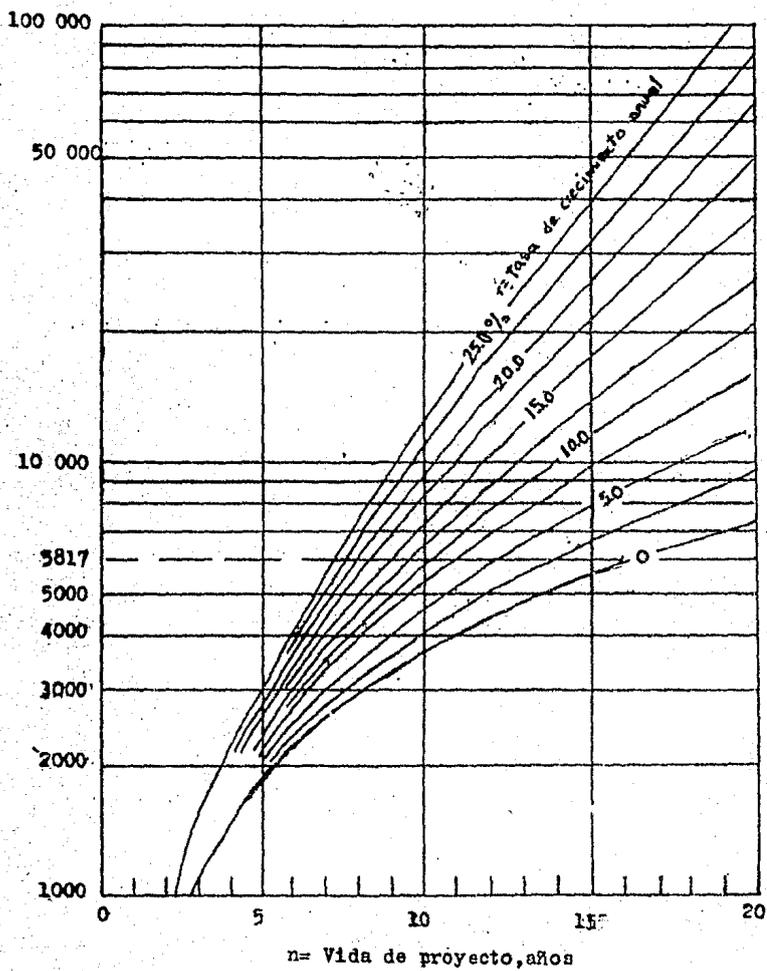
$$R = \text{Factor de conversión (c)} = \\ = 5,817.$$

f) Para el cálculo del tránsito equivalente en ejes de 8.2 ton. sobre el carril de diseño, se van llevando las columnas de la tabla D de la siguiente manera:

En la columna (1) se colocan los tipos de vehículos más usuales en nuestra red carretera.

Dentro de la columna (2) se anotan los porcentajes de cada tipo de vehículo ó composición del tránsito.

Los valores de la columna tres se calculan multiplicando el tránsito diario en el carril de diseño predeterminado, por el porcentaje de cada tipo de vehículo de la columna (2).



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

GRAFICA. 3

Para obtener los valores de la columna (5), se multiplican los resultados de la columna (3) por los coeficientes de equivalencia de la columna (4). Estos coeficientes de equivalencia son determinados mediante las siguientes fórmulas:

$$K \text{ sencillo} = \frac{L s^4}{8.2}$$

$$K \text{ tándem} = \frac{LT^4}{15}$$

Donde:

LS = Carga por eje sencillo, en ton.

LT = Carga por eje tándem, en ton.

g) Se suman los valores de la columna (5) y el resultado es el tránsito equivalente en el año inicial.

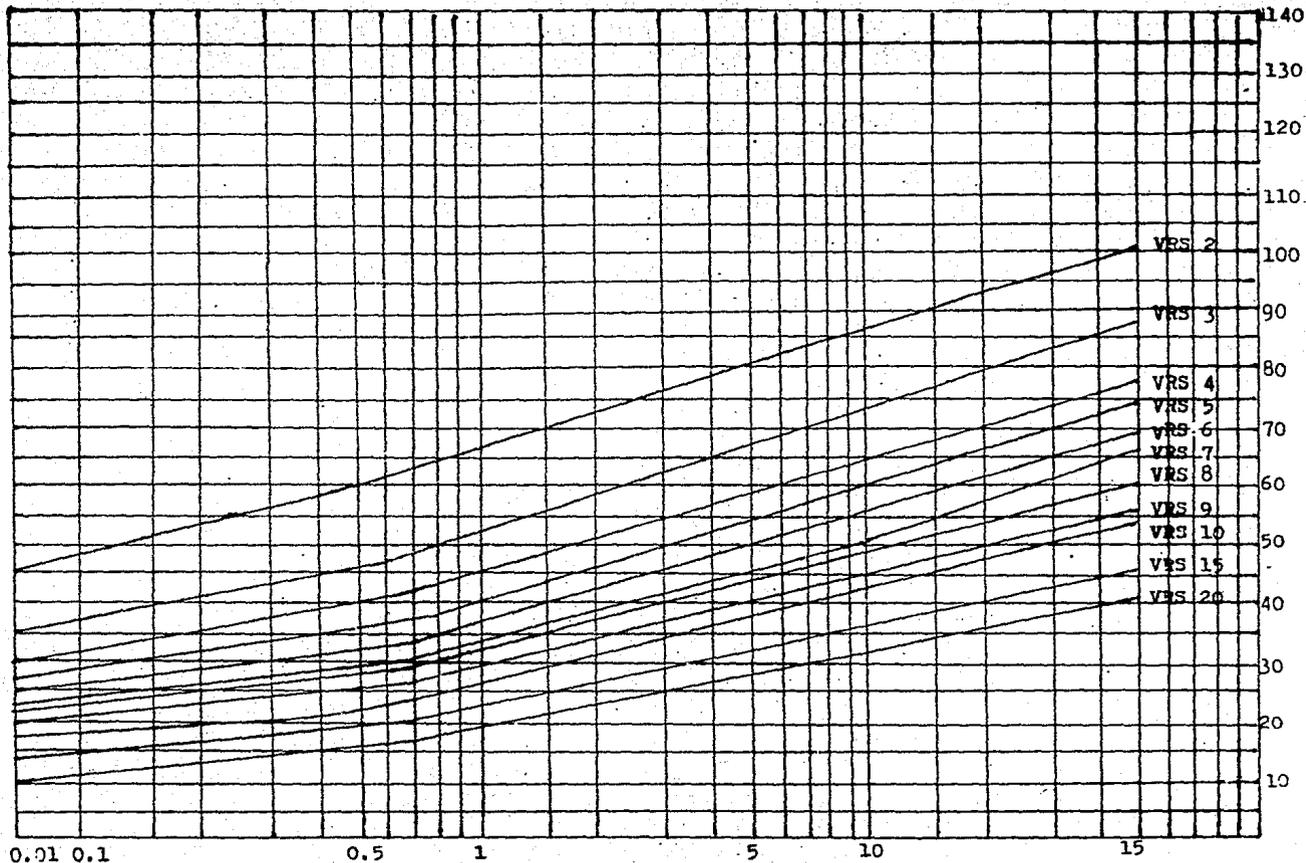
$$R = 7,902.93$$

h) Multiplicando este tránsito por el factor de conversión (c), se obtiene el tránsito equivalente al final del periodo de diseño o sea el número de ejes equivalentes acumulados.

$$R = (7,902.93)(5,817.00) = 45'971,343.81$$

i) Para el cálculo de espesores se emplea la gráfica número 3, entrando con el número de ejes equivalentes calculado (escala horizontal) hasta cruzar la curva VRS del proyecto, que se obtiene de igual manera que como se explicó en el método del Instituto de Asfaltos, solo que aquí se toma el 80 porcentual de los valores, trazando luego una línea horizontal y leyendo un espesor requerido (escala vertical).

Calculando un espesor sobre las terracerías y después



L = Ejes acumulados (Millones)

GRAFICA #3 -GRAFICA PARA EL CALCULO DE ESPESORES: PORTER MODIFICADA

sobre la sub-rasante, se hace la diferencia entre ella y el resultado es el espesor requerido de la capa sub-rasante, este espesor se puede reducir por requerimientos de espesores en las capas superiores, pero no será inferior a 30 cm. en ninguno de los métodos.

Se recomienda tomar un V.R.S. máximo para la capa sub-rasante de 20 %.

El método recomienda que siempre que haya material de base bajo la carpeta asfáltica y cuando se requiera sub-base, su espesor será la mitad a dos tercios del espesor calculado de base más sub-base.

Los espesores que se obtienen de la figura número 3, son de materiales hidráulicos o naturales.

Cuando se tengan materiales tratados con productos como asfalto, cal o cemento será necesario multiplicar el espesor propuesto de la capa por los factores de la tabla E para obtener su equivalente en material hidráulico y ver si cumple con el espesor requerido de material hidráulico.

TABLA E.

FACTORES DE EQUIVALENCIA

MATERIAL	FACTOR
Concreto asfáltico	2.0
Base tratada con cemento Portland	1.8
Base tratada con cal	1.5
Mezcla asfáltica o carpeta de 2 ó 3 riegos	1.3-1.5
Materiales hidráulicos (Naturales) o tratados mecánicamente	1.0

1.-TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL EN AMBOS SENTIDOS	15 500
2.-TRANSITO DIARIO EN EL CARRIL DE DISEÑO (60 %)	9 300
3.-PERIODO DE DISEÑO (n, EN AÑOS)	10
4.-TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (r)	10%
5.-FACTOR DE CONVERSION (c)	5 817

CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE

TIPO DE VEHICULO (1)	DIST. DEL TRANS.(%) (2)	DIST. DEL TRANS. (VEHICULOS) (3)	COEP. DE E QUIV. (4)	EJES SENCILLOS EQUIV. DE 8.2 Ton (5)
A ₂	45	4 185	0.0004	1.67
A' ₂ (5.5 Ton)	25	2 325	0.048	111.60
B ₂ (15.5 Ton)	10	930	2.414	2245.02
C ₂ (15.5 Ton)	8	744	2.414	1796.01
C ₃ (23.5 Ton)	6	558	2.276	1270.00
T ₂ -S ₁ (25.5 Ton)			4.626	
T ₂ -S ₂ (33.0 Ton)	4	372	4.488	1669.53
T ₃ -S ₁ (41.5 Ton)	2	186	4.350	809.10
T ₃ -S ₃ (46.0 Ton)			4.375	

SUMA

7902.93

TRANSITO ACUMULADO AL FINAL DE LA VIDA UTIL
(SUMA POR FACTOR DE CONVERSION)

45 971 343.81

CALCULO DE ESPESORES

1.-VRS DE DISEÑO DE LAS TERRACERIAS		2.21 (T.N.)	5.5 (C.T.)
2.-INDICE DE ESPESOR (cm)		95	70
3.-VRS DE DISEÑO DE LA CAPA SUBRASANTE			19.39(S.R.)
4.-INDICE DE ESPESOR (cm)			40
5.-ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO EN ESPESORES - EQUIVALENTES :	CARPETA DE BASE (B)		
	SUB-BASE (SB)		
	SUB-RASANTE (SR)		
6.-ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO EN ESPESORES - REALES :	CARPETA DE BASE (B)	15	15
	SUB-BASE (SB)	15	30
	SUB-RASANTE (SR)	10	40
	SUB-RASANTE (SR)	30	70
OBSERVACIONES :		PROPUESTO	ACUMULADO

CALCULO DE ESPESORES. PORTER MODIFICADA
TABLA D

De acuerdo con el tránsito, el método -
recomienda los espesores y tipo de carpe-
ta asfáltica de la Tabla F.

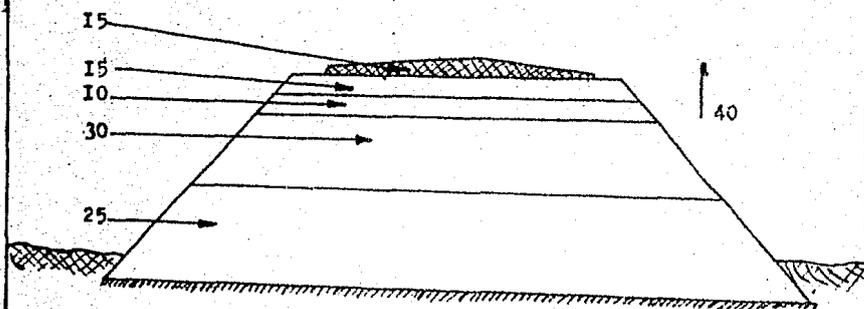
VEHICULOS PESADOS EN AMBOS SENTIDOS	TIPO DE ESPESORES DE CARPETA ASFALTICA.
Menos de 500 diarios	Carpeta de un riego.
De 500 a 2,000 diarios	Carpeta de riego o -- mezclas en el lugar - de 4 a 6 cm.
De 2,000 a 3,000 dia-- rios	Carpeta de tres rie-- gos o mezclas en el - lugar de 6 a 10 cm.
Más de 3,000 diarios	Carpeta de concreto - asfáltico de 15 cm. - sobre base hidráulica, o de 8 cm. mínimo so- bre base tratada con- cemento Portland.

TABLA F .

En el caso de carpetas de concreto asfáltico se hace la recomendación de que tengan apoyo bases rigidizadas o espesor mínimo de 15 cm., para evitar agrietamientos en la superficie de la carpeta al tener mejor sucesión de módulos de elasticidad entre la base y la capa asfáltica.

ESTRUTURACION DEL CAMINO ASPALTICO

PORTER MODIFICADO



V.R.S. = 19.39 nos dá 40 cm.

V.R.S. = 5.5 nos dá 70 cm.

V.R.S. = 2.26 nos dá 95 cm.

95.00- 70.00= 25.00 cm.

70.00- 40.00= 30.00 cm.

IV.- FALLAS DEL ASFALTO .

Es muy importante el analizar la superficie del camino asfáltico, porque en ellas se reflejan las fallas - que pudiera tener un camino.

Aunque hablaremos principalmente en este trabajo sobre las fallas o deterioros del camino asfáltico, cabe - mencionar aquí que los desperfectos que se presentan en estos, en muchas ocasiones no son atribuibles al propio camino en sí, sino a deficiencias en alguno de los tres elementos fundamentales de la obra, que hemos mencionado; consideramos conveniente describir en seguida, aunque sea en forma breve y a manera de ejemplos algunas de estas deficiencias.

En caso del terreno de cimentación, se puede originar problemas en el comportamiento de la obra, cuando dicho terreno está constituido por materiales de mala calidad (suelos orgánicos o muy plásticos), que bajo los efectos de las variaciones de humedad, experimentan cambios - volumétricos importantes, que dan lugar a asentamientos, deformaciones y - agrietamientos en la superficie de rodamientos. Puede también presentarse el caso de que el suelo de cimentación no haya sido compactado en forma adecuada para soportar el peso propio del terraplén, siendo factible que por este hecho se presenten defectos como los - que acabamos de señalar.

Por lo que respecta a las terracerías en corte, se pueden tener materiales inestables en los taludes que den lugar a derrumbes ó deslizamientos que afecten el pavimento. En los rellenos o terraplenes se pueden haber usado suelos de mala calidad inadecuadamente compactados o que presenten exceso de agua. Pueden ser suelos elásticos que dan lugar al fenómeno de rebote, cuyo efecto es susceptible a deteriorar el pavimento. Cuando en los terraplenes se usan fragmentos de roca, pueden no haber quedado éstos bien acomodados y dar origen después a movimientos perjudiciales en el cuerpo de la obra. En las terracerías en balcón, la falta de escalones de liga, produce desplazamientos del terraplén y agrietamientos en el camino asfáltico. También se presentan al caso de materiales erosionables en los taludes de terraplén y cortes, que los originan cuando no se protegen en forma adecuada.

A continuación mencionaremos algunas de las principales fallas del camino asfáltico.

4.1 PRINCIPALES FALLAS ESTRUCTURALES.

Son aquellas en que hay una destrucción de la estructura del pavimento, esto debido generalmente a espesores reducidos, a que los materiales usados fueron de mala calidad, y a menudo combinados con un mal drenaje o mala compactación de las capas.

4.1.1. FALLA PIEL DE COCODRILO (O DE MAPA).

Es un tipo de agrietamiento que figura la piel del cocodrilo y se debe a las siguientes causas:

- Movimientos verticales excesivos de las capas --
subyacentes a la carpeta.

- Fatiga de la carpeta.

Originados por capas de apoyo mal compactadas o --
con espesores inadecuados.

4.1.2 GRIETAS REFLEJADAS.

Este tipo de fallas ocurren solo en las sobrecarpetas y son la reflexión de grietas de un pavimento anti-guio en la misma sobrecarpeta. En estas es necesario cuidar que no se permitan infiltraciones de agua por medio de sellados.

4.1.3 FALLA LONGITUDINAL.

Son grietas paralelas al eje del camino que aparecen a poca distancia del borde del pavimento y que suelen acompañarse con ramificaciones transversales hacia los acotamientos; se originan por falta de soporte lateral, asentamiento de los terraplenes, cambios de humedad y temperatura o uso de materiales con alta contracción. Esta grieta también puede aparecer en la carpeta o en la junta entre la carpeta y el acotamiento por causa de un mal proyecto, o sea no dar los acotamientos el ancho suficiente para que la grieta no se produzca en ellos.

4.1.4 FALLAS POR CONSOLIDACION O MOVIMIENTOS DEL TERRENO DE CIMENTACION.

Estas se manifiestan por depresiones o abultamientos en zonas grandes aisladas y pueden ser indicios de posibles fallas de talud, por lo que hay que investigar

las.

Empiezan con el agrietamiento longitudinal o semi-circular de la superficie de rodamiento y termina con las depresiones o abultamientos que se reflejan en la carpeta.

4.1.5 FALLAS TRANSVERSALES.

También se les conoce como de "tabla de lavadero" y son ondulaciones pequeñas transversales al eje del camino que se produce en la superficie de rodamiento. Se originan por inestabilidad de las mezclas o derramamiento de diesel o aceite en la carpeta, así como por procedimientos de construcción deficientes.

4.1.6 DEPRESIONES EN LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.

Son asentamientos en zonas pequeñas aisladas y pueden ser originadas por tráfico que excede al diseñado, hundimiento de las capas inferiores o defectos de construcción.

4.1.7 DESINTEGRACION DE CARPETAS.

Es la destrucción de las mismas en pequeños fragmentos sueltos que se conoce como "hoyancos" y "calaveras" y son agujeros en la superficie del pavimento.

Se deben a zonas débiles por falta de asfalto, superficies de desgaste delgadas, exceso o falta de finos, mal drenaje, mala construcción, uso de materiales degradables, poca afinidad de los pétreos y el asfalto, falta de limpieza de los agregados.

El proceso puede avanzar de la superficie hacia abajo y de las orillas al centro llamándose erosión.

4.1.8 FALLAS POR CONDICIONES ADVERSAS DEL AGUA Y NIVEL FREÁTICO.

El agua en exceso dentro del pavimento, reduce sus características de calidad y resistencia y pueden volverlo peligroso cuando los materiales empleados en su construcción son inestables o se genera una subpresión. Por ejemplo, si el agua llega a las terracerías o a la subrasante y el material de estos es expansivo, el resultado es fatalmente predecible.

También el agua de lluvia que escurre a los lados del terraplén de un camino, por ejemplo puede erosionar el talud del mismo, causando su inestabilidad. El agua sea superficial o subterránea, si no es tratada adecuadamente siempre originará problemas. Una vez que se conocen los tipos de falla y sus posibles causas, se puede pasar a los métodos de corrección de los mismos.

4.1.9 FALLA POR CORTANTE.

Tiene su origen en la falta de cohesión y fricción interna en la sub-estructura, se les conoce por el bufamiento a los lados de la rodada; cuando los scotamientos no están bien contruidos o diseñados, esta falla ocurre en la rodada exterior.

4.1.10 FALTA DE ADHERENCIA.

Esta falla se manifiesta por corrimientos en el sentido del tránsito y/o desprendimientos de la capa superior, que pueden ocurrir entre la base y la carpeta o la carpeta y la sobrecarpeta, debido a la falta de liga entre las capas.

4.2 FALLAS FUNCIONALES.

Las fallas funcionales son aquellas que tienen los caminos cuando las deformaciones superficiales son mayores a las tolerables, de acuerdo al tipo del camino del cual se trate; ya que se puede tener una superficie de rodamiento con deformaciones, que son aceptables para caminos secundarios, pero que pueden considerarse inconvenientes para autopistas.

4.2.1 PAVIMENTO RESBALOSO.

Es la falla que consiste en que la superficie de rodamiento no sea ya antiderrapante y por lo tanto sea insegura. Las razones por lo que esto sucede, son: excedencia o afloramiento del asfalto de la mezcla y pulido de los pétreos de la superficie.

4.2.2 FALLA DE CONSOLIDACION.

Se puede producir en una o varias capas del pavimento y se debe a deficiencias de compactación o a materiales degradables.

4.3 REPARACION DE CARPETAS ASFALTICAS.

Las recomendaciones que se dan se consideran pertinentes para la reparación de los deterioros clasificados como menores, en vista de que, donde se presentan con un grado mayor o más frecuente, el proyecto contempla la reconstrucción general de la carpeta. Por lo tanto, estos procedimientos sólo se aplicarán en los siguientes casos:

- a) En los acotamientos en general
- b) Cuando los deterioros se presenten en forma local y/o aislada.

c) Cuando los baches no excedan del cinco por ciento del área total por tratar, en tramos de cien metros o mayores.

d) Cuando el parche tratado sea aislado y represente signos de inestabilidad, (grietas y/o deformaciones mayores)

e) Cuando las grietas, aunque se encuentren en forma aislada o en áreas relativamente pequeñas, tengan una abertura de tres milímetros o mayor, sin presentar evidencias de inestabilidad (desplazamientos y/o deformaciones apreciables).

4.3.1 TRATAMIENTO DE GRIETAS.

4.3.1.1. GRIETAS AISLADAS.

A) Antes de rellenar las grietas deberán limpiarse estas con cepillos de cerdas duras y preferentemente con aire comprimido.



B) Rellénese las grietas, sin desbordarse con un asfalto rebajado, utilizando cepillos y enrasadores. En ningún caso deberán ampliarse las aberturas de las grietas para tratar de obtener una mejor penetración del material de relleno.



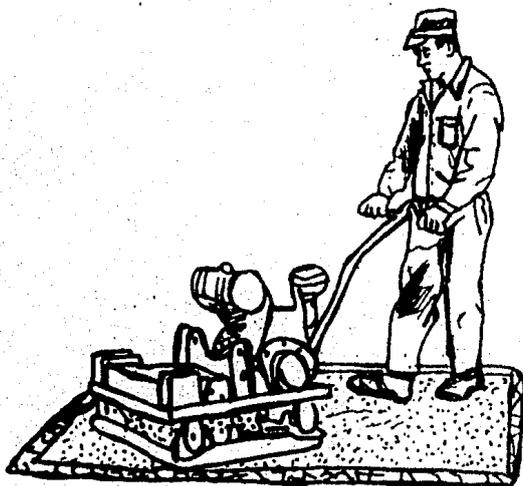
4.3.1.2. GRIETAS POLIEDRICAS.

A) Córtese una ranura superficial a treinta centímetros al rededor del área afectada, con el objeto de proporcionar una superficie vertical perimetral, de tal manera que se obtengan figuras rectangulares que delimiten las zonas por tratar, con dos de sus lados perpendiculares al eje del camino.



- B) Limpiense las áreas agrietadas con cepillos de cerdas duras y, si es necesario, con aire comprimido.
- C) Espárzase mortero asfáltico sobre el área agrietada, - con un cepillo de cerdas duras de tal manera que se rellenen las grietas en forma adecuada.

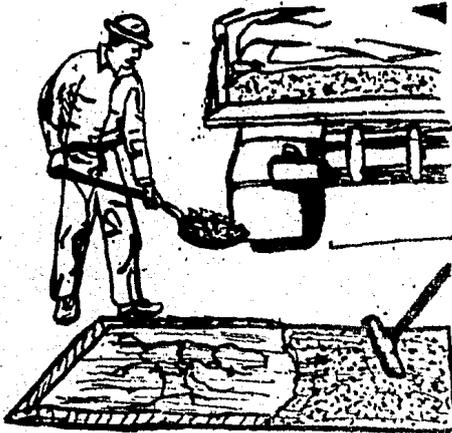
D) Compactese el área tratada preferentemente con un equipo vibratorio manual o rodillo liso vibratorio.



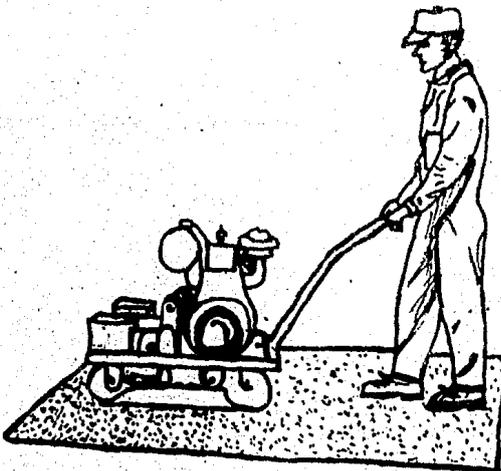
E) Aplíquese un riego de liga en toda el área por tratar, empleando un asfalto rebajado del tipo FR - 2, o FR - 3, en una proporción aproximada de 1 litro por metro cuadrado (1 lt/m²).



- F) Renivéllese en caso necesario el área delimitada por la ranura, con concreto asfáltico, rellenando con la misma mezcla la ranura y usando una rastreadora para eliminar los agregados de tamaño mayor que sobresalgan del nivel requerido.



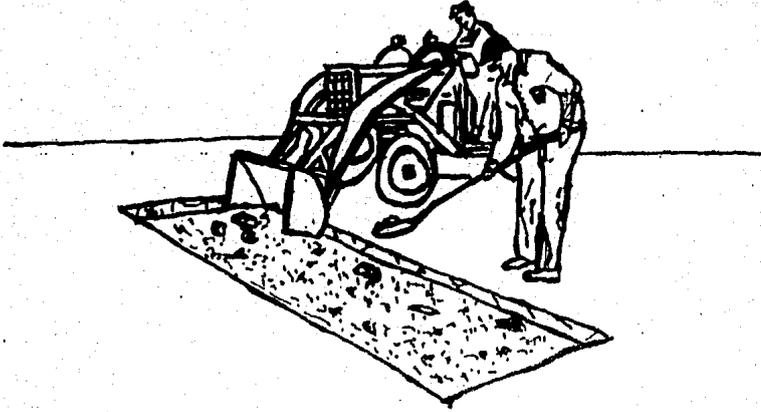
- G) Compactese finalmente el parche preferentemente con equipo vibratorio manual o de rodillo liso vibratorio.



4.3.2 TRATAMIENTO DE BACHES.

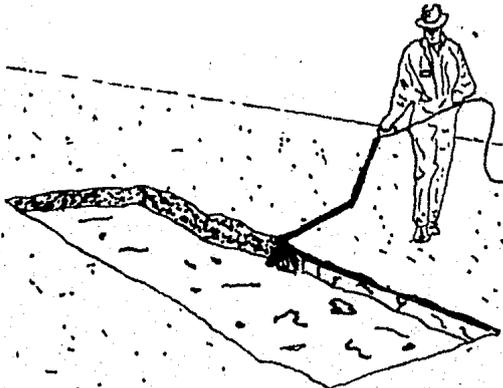
A) Extráigase el material en malas condiciones abriendo una caja de forma rectangular, de dimensiones tales que abarque treinta centímetros más del tamaño del área afectada, con dos de sus lados perpendiculares al eje del camino y cuyas caras sean verticales. Esta operación podrá llevarse a cabo con herramienta manual o equipo ligero, dependiendo de las dimensiones del bache por tratar, hasta una profundidad tal que se excaven por lo menos diez centímetros dentro del material en buenas condiciones, cuando el deterioro abarque las capas inferiores de base, sub-base, y/o sub-rasante; en el caso de que sólo la carpeta se encuentra afectada se procurará no tocar las capas inferiores a ella.

Cuando se traten baches profundos, la excavación deberá tener un ancho mínimo de sesenta centímetros o bien su lado menor deberá ser cuando menos el doble del ancho del pisón o una y media veces el ancho del rodillo ligero, para obtener las condiciones apropiadas de trabajo, que garanticen la debida colocación y compactación del material de relleno. El material excavado será desperdiciado o recargado sobre los taludes de los terraplenes por lo menos a una distancia mínima de cinco metros del hombro de las mismas.

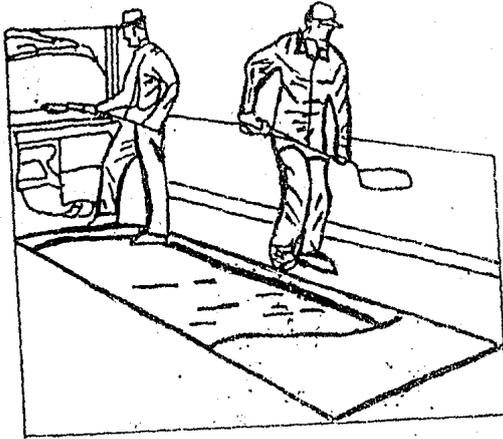


B) Cuando se afecten las capas inferiores a la carpeta se compactará la superficie descubierta hasta alcanzar el 90 por ciento de su peso volumétrico seco máximo en los quince centímetros superiores, como mínimo, empleando equipo ligero o manual, dependiendo de las dimensiones del bache en tratamiento.

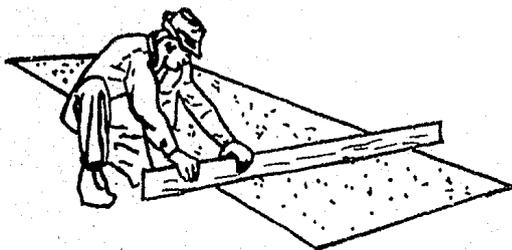
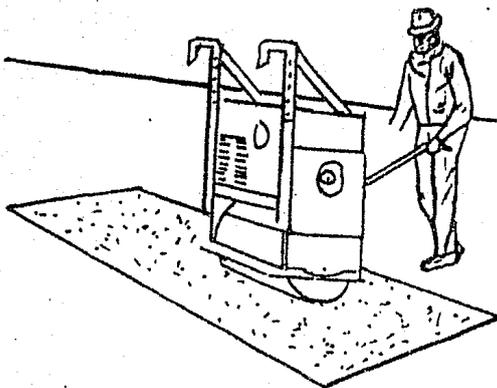
C) Aplíquese un riego de liga en las paredes verticales de la caja empleando un asfalto del tipo FR - 2 o FR 3 en una proporción aproximada de un litro por metro cuadrado.



- D) En caso de que sólo resulte afectada la capa superior de la sobre carpeta y las capas asfálticas inferiores presenten un agrietamiento no muy abundante, o bien - que la caja resulte de cinco centímetros a diez de profundidad, se aplicará sobre la superficie descubierta un riego de liga ya mencionado.
- E) A continuación se rellenará la caja con concreto asfáltico, que cumpla con las características y recomendaciones ya mencionadas, compactándose por capas con espesores no mayores a siete centímetros, con el equipo adecuado para las dimensiones del bache.

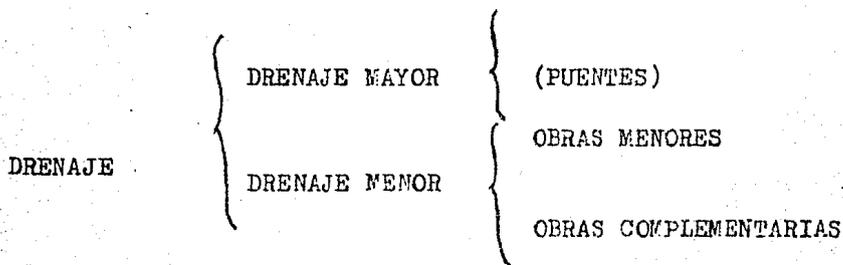


F) La última capa deberá dejarse ligeramente excedida en volúmen aproximadamente en un veinte porciento, para que al compactarse quede al mismo nivel que la superficie de radamiento existente. Finalmente verifíquese con una regla el alineamiento del parche.



4.3.3 FALLAS POR DRENAJE.

Como mencionamos anteriormente una de las principales fallas es la debida al drenaje, es por ello que es importante analizarlo por separado, a continuación citamos sus características.



OBRAS MENORES:

- a) Cajones
- b) Bóvedas
- c) Losas
- d) Tubos

OBRAS COMPLEMENTARIAS:

- a) Guarniciones
- b) Bordillos
- c) Lavaderos
- d) Cunetas
- e) Contracunetas
- f) Canales Interceptores
- g) Alcantarillas
- h) Vegetación en taludes de cortes y terraplenes.

Los puentes son también obras de drenaje que se construyen para salvar cañadas o cruzar corrientes de cierta importancia y cuyos claros son mayores de seis metros. En las alcantarillas y puentes en ocasiones se producen deterioros que afectan la estructura de la carretera, cuando son insuficientes en su capacidad o número, cuando no se les hacen las debidas canalizaciones para que las corrientes se encaucen fácilmente a través de ellos, produciendo se almacenamientos de agua perjudiciales o erosiones en las terrecerías, que muchas veces llegan a afectar al pavimento. Hay casos en que las alcantarillas no quedan alojadas debidamente en los causes de las corrientes, otro en que no se les proporciona limpieza para eliminar azolves, se descuidan en ocasiones las salidas de las mismas propiciando que las descargas de agua erosionen los terraplenes, etc.

Las cunetas, sino se les vigila frecuentemente y se les limpia de azolves, no funcionan en forma correcta y el agua que debía correr por ellas, lo hace por la superficie de rodamiento, ocasionando deterioros en ésta. A veces no se les protege con el escurrimiento necesario, sufriendo erosiones que pueden perjudicar al pavimento. En el caso de las contracunetas, si no tienen la debida pendiente o no son adecuadamente impermeabilizadas, pueden ser causa de desperfectos en los taludes del corte y hasta el camino asfáltico, ya que si el agua permanece estancada en ellas, es factible que se originen filtraciones peligrosas; cuando se descuidan las canalizaciones para llevar hacia las alcantarillas las descargas de agua

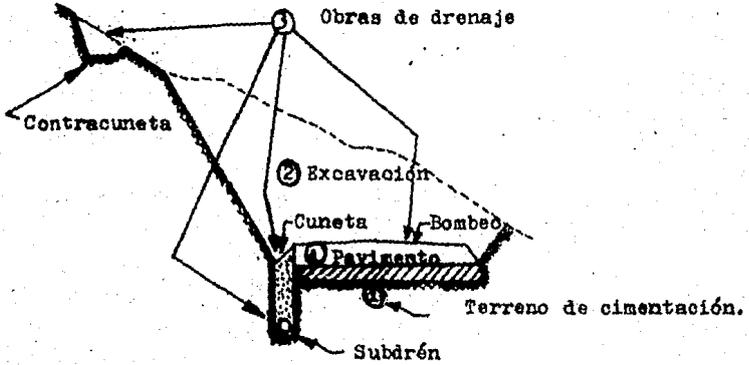
captadas por las contracunetas, pueden producirse almacenamientos perjudiciales de aguas e erosiones en las terracerías.

Los bordillos, que encausan hacia los lavaderos las aguas de lluvia que caen en la superficie de rodamiento, a veces no se construyen con materiales adecuados o no se les proporciona el debido anclaje o liga con el pavimento, originándose su destrucción y produciéndose erosiones en los taludes de los terraplenes y en el propio pavimento. En ocasiones, las entradas hacia los lavaderos se hacen defectuosas y el agua no es encauzada fácilmente hacia ellos, corriendo por la corona de la carretera. Los lavaderos, si no quedan bien apoyados sobre el terraplén o bien anclados, se destruyen rápidamente y las aguas erosionan los taludes y las orillas del camino esfáltico.

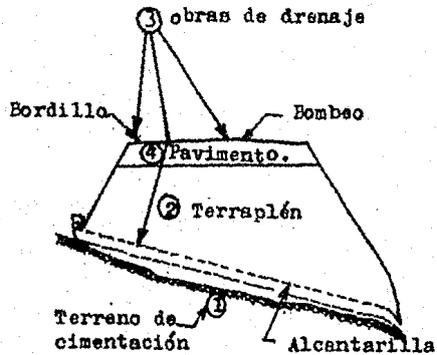
En caso de los subdrenes en zanja cuando no existen en los lugares en que se requieren, se producen filtraciones de agua de los cortes hacia la corona del camino, en donde dan lugar a asentamientos, baches, deformaciones o agrietamientos, por disminución de la resistencia de las capas de terracerías, pavimento.

En ocasiones, aún cuando se tengan subdrenes, éstos pueden estar funcionando mal, bien sea por no tener la profundidad necesaria para cortar el paso del agua, porque el material filtrante fué inadecuado y se encuentra obstruido o porque las deformaciones del tubo están tapadas, presentándose situaciones que pueden ser aún más

TERRACERIAS EN CORTE.



TERRACERIAS EN TERRAPLEN.



perjudiciales que las que se producen en el primer caso - en que no existe subdrén, ya que el agua, al no tener fá- cil salida, satura el material adyacente y adquiere cier- ta presión que hace que busque vías más accesibles, yen- do a ocasionar deterioros en áreas cercanas hasta en o- tras relativamente alejadas del subdrén existente. A ve- ces los propios tubos se azolvan y si no se les proporci- na limpieza, se presentan situaciones como las acabadas de señalar. Es frecuente, en el caso del material, fil- trante que se recurra a gravas y arenas que no tienen la adecuada granulometría, originándose la obstrucción ya - señalada del mismo, por efecto del material saturado, o la obstrucción de las perforaciones del tubo, por el pro- pio material filtrante, lo cual ocurre cuando no se toman en cuenta la elección de éste.

Los defectos de acabado de la superficie de rodamien- to, que no aseguran un bombeo adecuado y que en consecuen- cia impiden la rápida eliminación del agua pluvial, dan - lugar a encharcamientos de la misma que, sobre todo cuan- do permanezcan bastante tiempo, hacen que el agua se vaya infiltrando hacia las capas subyacentes del pavimento y - hasta las propias terracerías, originándose baches, defor- maciones, agrietamientos, desintegraciones etc.

No está por demás citar que entre las fallas más im- portantes se encuentra la del drenaje, pues por modesto o importante que sea un camino asfáltico, no podrá funcio- nar satisfactoriamente, sino cuenta con un drenaje eficien- te.

V.- CONCLUSIONES .

Las veredas que existían a la llegada de los españoles fueron ampliadas para permitir el paso de vehículos de tracción animal, y fué en esta forma como quedó comunicada la Capital de la República con Veracruz, Acapulco y centros mineros del interior.

Los primeros gobiernos del México Independiente se vieron impedidos de ocuparse de la red de caminos debido a la inestabilidad política que había en el país y fué -- hasta mediados del siglo XIX cuando empieza la construcción del sistema ferroviario que durante el régimen del General Porfirio Díaz llegó a alcanzar una longitud similar a la de ahora.

Al comenzar el movimiento armado de 1910 no existían en el país caminos adecuados para el tránsito de vehículos de motor y no es sino hasta que termina este movimiento cuando se empieza a tener una política vial.

Como consecuencia del incremento de la actividad económica y ante la necesidad de atender a la demanda de caminos originada por el creciente número de automóviles, se establece en el año de 1925 las leyes y se crean los -- órganos necesarios con los que se inicia la construcción de la red caminera.

Las primeras construcciones se encargan a una empresa extranjera, pero a partir de 1928 todas las carreteras han sido proyectadas por técnicos y compañías nacionales.

El problema de la red caminera se agrava con el transcurso de los años y provoca en 1955 una revisión completa de la política vial. Desde entonces a la fecha, el gobierno ha venido dedicando crecientes sumas de dinero a la construcción de caminos asfálticos que actualmente integran la red nacional de carreteras.

Por lo tanto, para hacer una correcta valoración de lo que en México se ha hecho respecto a carreteras, hay que atender a tres factores que son:

- 1.- Gran extensión territorial.
- 2.- Su accidentada topografía.
- 3.- Su población tan dispersa.

La superficie de nuestro país está constituida en su mayor parte de tierras altas y zonas montañosas, debido a la cadena orográfica que surca el país en casi todas sus direcciones.

México tiene una densidad demográfica promedio de veinticinco habitantes por kilómetro cuadrado, pero la población se encuentra distribuida irregularmente, pues en las grandes ciudades absorben la mayor parte de la población y el resto se agrupa en pequeños poblados o rancherías.

Para incorporar a todas estas pequeñas poblaciones en todo el país se ha llevado la creación de programas de construcción de carreteras.

Como consecuencia del incremento de la actividad económica y ante la necesidad de atender la demanda de

caminos, se destinan un buen porcentaje del presupuesto anual a la conservación y reconstrucción de caminos asfálticos, medida que ha permitido mejorar la situación económica de varias ciudades y poblaciones, pero hoy en día hay mucha necesidad de comunicar, por medio de carreteras a más poblaciones.

Actualmente tanto las ciudades grandes, como los pequeños poblados, tienen la necesidad de tener vías de comunicación, así también como tener una infraestructura urbana, como podemos mencionar la construcción de calles y avenidas para el mejoramiento, económico, social y político de sus habitantes.

El transporte se considera como parte integrante de la producción, debido a que genera bienes y servicios, --- mientras el transporte no pueda desarrollarse, la satisfacción de las necesidades humanas estará restringida a las cosas y bienes locales. En consecuencia, puede decirse que la eficiencia en la transportación es la llave que frecuentemente libera grandes almacenamientos de riqueza natural, mediante el desarrollo.

Como hemos visto las carreteras tienen una gran importancia, pues de ello depende en parte el desarrollo de un país.

Por eso es importante conocer cómo se diseña una carretera, su mantenimiento, que es lo que hemos querido tratar en éste trabajo.

Por estas circunstancias el Ingeniero deberá buscar en la construcción de un camino asfáltico la sección más óptima, económica, tratando siempre de tener en cuenta los materiales más cercanos, su buena calidad y la adecuada --

construcción y sin olvidar la constante vigilancia que deberá tener para su buen funcionamiento, ya que siempre será afectado por los diversos agentes (clima, Vegetación, - desgaste, etc.).

En pocas palabras podremos decir que deberá estar pendiente de su mantenimiento.

B I B L I O G R A F I A

Eugene L. Grant. Control Total de Calidad Estadístico. Editorial Continental. 1973.

A. V. Feigenbrum. Control Total de la Calidad. Editorial Continental. 1975.

Corro y Prado. Diseño Estructural de Carreteras con pavimento flexible. Instituto de Ingeniería UNAM. 1974.

Sánchez R. D. Instructivo para la Rehabilitación de Pavimentos Flexibles para Carreteras. Dirección General de Control. 1972. (S.O.P.)

Sánchez R. D. Instructivo para la Rehabilitación de Pavimentos Flexibles para Carreteras. Dirección General de Control. SOP. 1972.

Moreno, Torres, Corro y F. Olvera. Seminario de Terracerías. SAHOP. 1978.

Hudson y Mc. Coullough, Conferencias Sobre Pavimentos Asfálticos. México D. F. 1977 y 1978.

E. J. Yoder. Ciclo de Conferencia Segundo Simpo sio Colombiano de Pavimentos. Popayán, Colombia. 1977.

Especificaciones Generales de Construcción. Se- cretaria de obras públicas. Partes II, IV y VII.

E. J. Yoder. Principles of Pavement Design. E.J. Yoder. 1a. Edición. 1959.

Tecnología para el Proyecto de Pavimentos Flexi- bles. Departamento de Publicaciones UNAM. 1a. Edición. 1983.