



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

28

185

CONSTRUCCION DE CARPETAS ASFALTICAS

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a

MANUEL RODRIGUEZ MUCIÑO

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO		PAGINA.
I	GENERALIDADES -----	1
II	MATERIALES -----	4
III	ESPECIFICACIONES -----	11
IV	EQUIPOS -----	21
V	PROCEDIMIENTOS DE CONTRUCCION ----	30
VI	CONTROL DE CALIDAD -----	45
VII	CONCLUSIONES -----	56
	BIBLIOGRAFIA -----	58

CAPITULO I

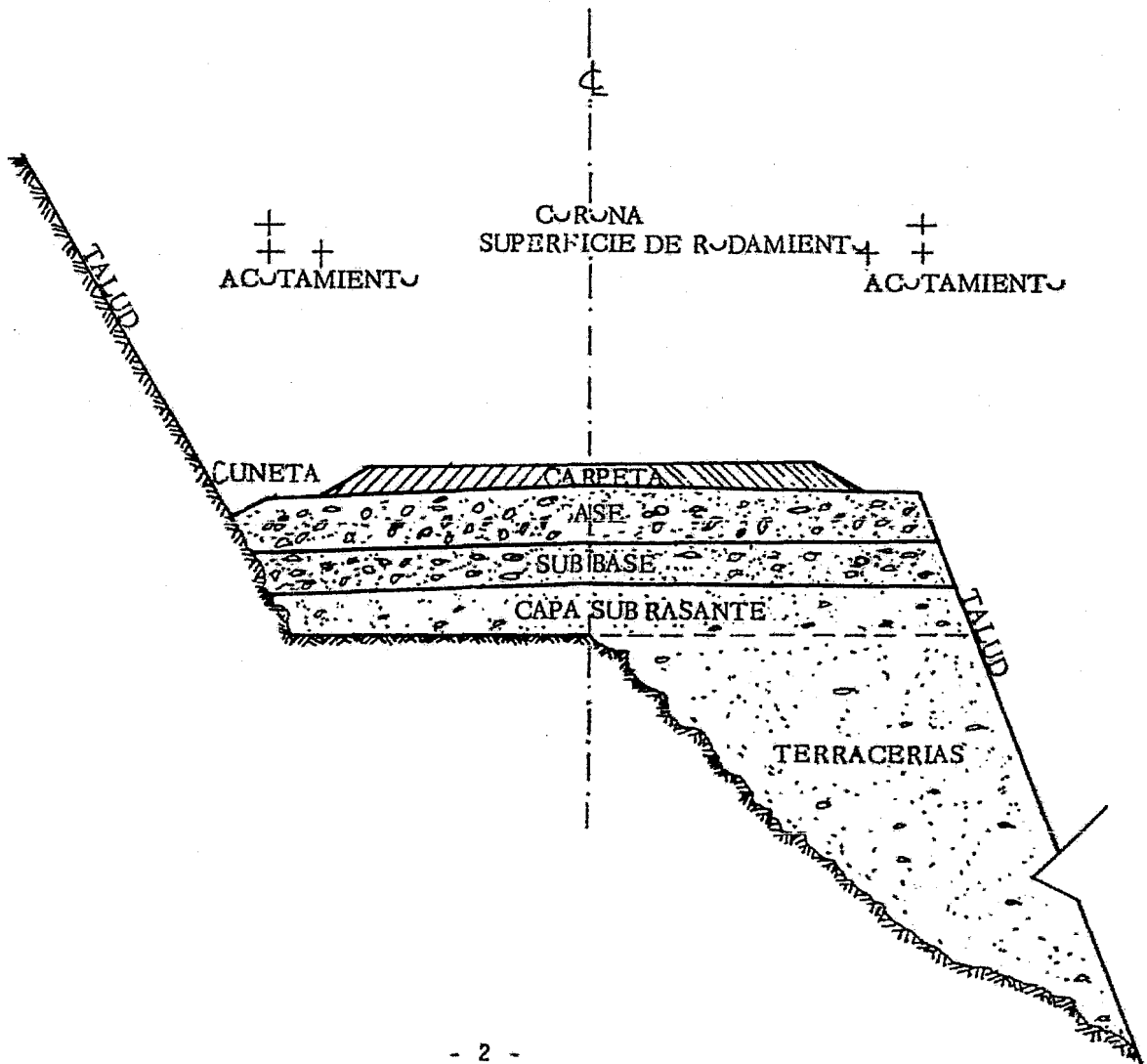
GENERALIDADES

La carpeta asfáltica es la capa superior de la estructura que forma el pavimento flexible de una carretera cuya función es proporcionar una superficie de rodamiento estable, uniforme, impermeable y de textura apropiada a los vehiculos y transmitir a las capas inferiores, las presiones que sobre de ella estos ejercen.

Para que cumpla en forma satisfactoria su función, dicha carpeta deberá poseer la resistencia necesaria, para que las cargas que deba soportar, no provoquen en ella deformaciones perjudiciales, No deberá desintegrarse por los efectos del tránsito, así como del intemperismo. Tendrá que ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme de textura ligeramente áspera, que la haga antiderrapante.

Para satisfacer estos requisitos, es indispensable seleccionar correctamente los materiales pétreos y asfálticos que constituyen la carpeta, contar con un diseño apropiado de la misma, emplear el procedimiento constructivo más adecuado, todo ello en función del tipo y frecuencia del tránsito que deba soportar, de las condiciones climatológicas, y del presupuesto disponible para la obra.

SECCION TRANSVERSAL TIPICA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE
EN UNA SECCION EN BALCON.



Las carpetas asfálticas, de acuerdo con los materiales empleados y los procedimientos de construcción, se clasifican en:

- 1.- Carpetas asfálticas por el sistema de riego:
 - a).- Carpetas de un riego.
 - b).- Carpeta de dos riegos.
 - c).- Carpeta de tres riegos.
- 2.- Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar.
- 3.- Carpetas de concreto asfáltico elaborado en planta.

CAPITULO II

MATERIALES

Los materiales empleados en la construcción de carpetas asfálticas son principalmente: pétreos y asfálticos.

1.- MATERIALES PETREOS.

Podemos clasificar a los materiales pétreos en los -- grupos siguientes:

- a).- Materiales granulares naturales que no requieren ningunapreparación previa de trituración o cribado, tales como las arenas.
- b).- Materiales granulares naturales que requieren -- una trituración parcial o cribado, para eliminar las partículas de tamaño mayor que el especificado, tales como las gravas y arenas de río.
- c).- Materiales naturales procedentes de la explota-- ción de bancos de roca, que deberán triturarse y clasificarse por medio de una operación de cribado.
- d).- Los materiales de los grupos anteriores contami-- nados con arcilla ó un % de finos, requieren un tratamiento de lavado.

BANCOS DE MATERIALES.

En Ingeniería Civil se llama banco de material, a todo depósito natural de suelo, roca o agua que puede ser utilizado en la construcción de una estructura. La localización adecuada de estos depósitos, influye determinantemente en el costo y calidad de una obra. No todos los lugares son privilegiados en contar con buenos bancos, y algunos ya se agotaron. Un aspecto económico muy importante, es que el material no se tenga que acarrear de grandes distancias. Aquí es cuando conviene estudiar la posibilidad de mejorar o estabilizar un material fuera de especificaciones, pero cercano a la obra.

En las obras de pavimentación, importantes, la dependencia que realiza el diseño, localiza y estudia los bancos de materiales para la obra y anexa una lista completa de ellos.

En las grandes ciudades, los bancos de materiales se encuentran bien definidos.

CLASIFICACION DE ROCAS.

Atendiendo a su origen geológico, las rocas se clasifican en:

1).- ROCAS IGNEAS. Son aquellas que han sido formadas por la solidificación del magma sobre (Extrusivas) o debajo (Intrusivas) de la superficie terrestre.

2).- ROCAS SEDIMENTARIAS. Son rocas que han sido formadas por la consolidación de sedimentos. Pueden ser de tres distintos orígenes: mecánico, químico y orgánico.

3).- ROCAS METAMORFICAS. Se han formado a expensas de ígneas y sedimentarias, por transformaciones en su composición mineralógica y estructura, a causa de las grandes presiones, temperaturas elevadas de las capas profundas de la corteza terrestre y de las emanaciones volcánicas gaseosas.

GRAVAS Y ARENAS

Podemos definir como grava, todo material granular de origen natural, mayor de 4.76 mm en su máxima dimensión y generalmente de aristas redondeadas. En la actualidad es muy usada la grava que se obtiene mediante la trituración de rocas, pudiendo obtener productos de un tamaño y características previamente establecidas. Por su parte las arenas se diferencian de las gravas por su tamaño menor de 4.76mm.

Generalmente las gravas se encuentran almacenadas en las curvas de los ríos, por lo que su explotación puede hacerse por medio de dragas o palas. La grava producto de rocas se obtiene mediante la explotación de bancos, de los cuales se extraen grandes porciones de rocas que posteriormente son reducidas de tamaño mediante una planta de trituración.

PRODUCCION DE AGREGADOS.

La producción de agregados consiste en transformar el material en greña proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales de tamaños diferentes, desde bloques grandes, hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios y angulosos, clasificados en las categorías granulométricas requeridas. FIG. (2-1)

Los materiales pétreos triturados, aunque lo hayan sido parcialmente, proporcionan carpetas con mayor estabilidad que las que se obtienen con materiales redondeados, debido a que la angulosidad de sus partículas proporcionan un mejor acuñamiento entre ellas.

2.- MATEIALES ASFALTICOS.

ASFALTO.

El asfalto se define como un material ligante sólido o semisólido, rápidamente adhesivo, muy permeable y durable, de color entre negro y marrón oscuro, que gradualmente se funde al calentarlo. Es además una substancia plástica que imparte flexibilidad controlable a las mezclas de agregados pétreos con las que combina invariablemente.

El asfalto se obtiene por destilación natural o artificial. La destilación artificial se efectúa cuando el petróleo crudo es conducido a la refinería por un sistema de bombeo para ser sometido a una proceso de destilación.



PRODUCCION DE AGREGADOS.

(FIG. 2-1)

El Asfalto refinado o de destilación natural se produce en una variedad de tipos y calidades, que varían desde los sólidos duros y quebradizos, hasta líquidos casi tan fluidos como el agua.

La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico, pues de él se parte para la obtención de los asfaltos rebajados y las emulsiones.

Los productos asfálticos empleados en la construcción de carpetas afálticas son:

1.- CEMENTOS ASFALTICOS. Son los productos obtenidos por medio de la destilación del petróleo, al que se han eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración normal varía entre 40 y 300 grados.

2.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO. Son los productos asfálticos que se obtienen mediante la adición de gasolina o nafta a un cemento asfáltico.

3.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO. Son los productos que se obtienen mediante la adición de kerosina a un cemento asfáltico.

4.- ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO. Son los productos asfálticos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.

5.- EMULSIONES ASFALTICAS. Son dispersiones estables de un cemento asfáltico en agua.

CLASIFICACION DE ASFALTOS

CLASIFICACION DE ASFALTOS				
CEMENTOS	ASFALTOS PRECALCULADOS			ENUNCIACION
ASFALTOS	FRAGUADO RAPIDO	FRAGUADO MEDIO	FRAGUADO LENTO	ASFALTOS
Nº 3	FR-0	FM-0	FL-0	FRAGUADO
Nº 4	FR-1	FM-1	FL-1	RAPIDO
Nº 7	FR-2	FM-2	FL-2	FRAGUADO
Nº 8	FR-3	FM-3	FL-3	LENTO
	FR-4	FM-4	FL-4	

CAPITULO III
ESPECIFICACIONES

1.- ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES PETREOS.

ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS EMPLEADOS EN CARPETAS DE RIEGO O PARA RIEGOS DE SELLO,

Los materiales que se emplean en la construcción de carpetas por el sistema de riego, se clasifican como se indica a continuación:

DESIGNACION MAT. PETREO	QUE PASE POR MALLA DE	Y SE RETENGA EN MALLA DE
1	25.4 mm (1")	12.7 mm (1/2")
2	127 mm (1/2")	6.3 mm (1/4")
3-A	95 mm (3/8)	Nº 8
3-B	63 mm (1/4")	Nº 8
3-C	95 mm (3/8)	Nº 4

DESGASTE LOS ANGELES: 30% Máximo.

INTEMPERISMO ACELERADO: 12% Máximo.

PARTICULAS ALARGADAS: 35% Máximo.

% FINOS: Se tolera el 5% máximo según mallas especificadas.

HNAT: (humedad natural). Debe ser igual o superior a la

la de absorción aún cuando se usen adicionantes.

En la construcción de carpetas por el sistema de riego, no deberán regarse productos asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, y también cuando la intensidad de viento impida su distribución uniforme.

A).- DE GRANULOMETRIA:

La curva granulométrica del material pétreo para mezclas en el lugar deberá cumplir con lo que indique el proyecto en cada caso y, en términos generales, deberá quedar comprendido entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior a la zona 2, de la Fig. No. 1. La zona 1, corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa y la zona 2; a los materiales pétreos de granulometría fina. La curva granulométrica del material pétreo, deberá efectuar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en las dos terceras (2/3) partes de su longitud, cambios bruscos de pendiente.

B).- DE CONTRACCION LINEAL.

1.- Cuando la curva granulométrica del material pétreo queda ubicada en la zona 1, de la Fig. No. 1 3% máximo.

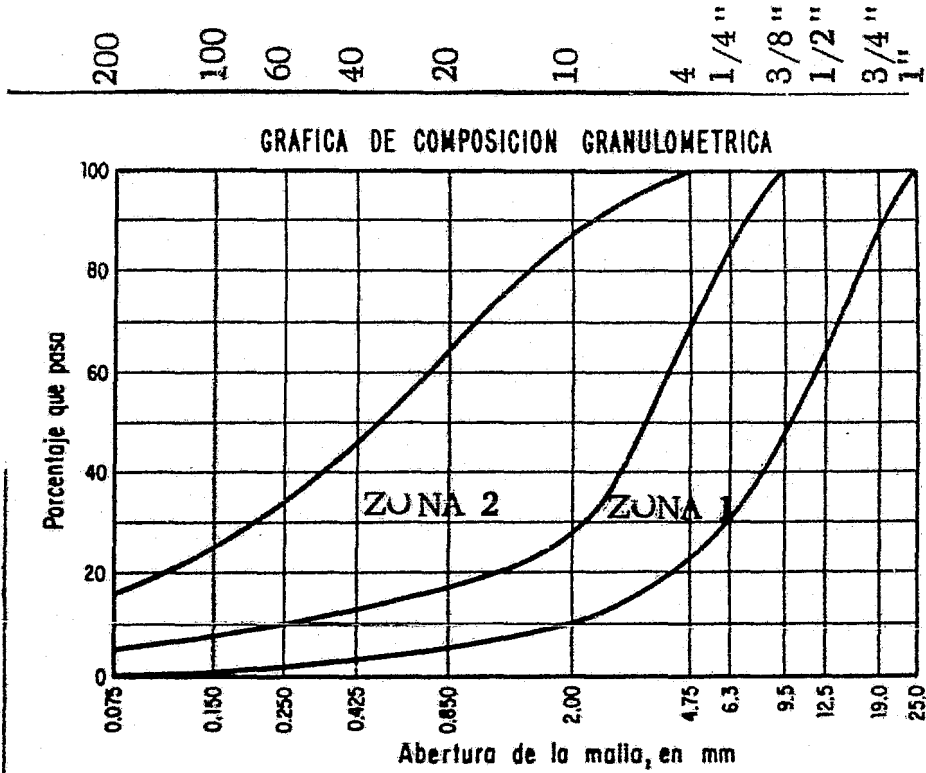
2.- Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede ubicada en la zona 2, de la Fig. No. 1 2% máximo.

3.- Materiales pétreos para concretos asfálticos 2% máximo.

C).- Desgaste los Angeles: 40% máximo

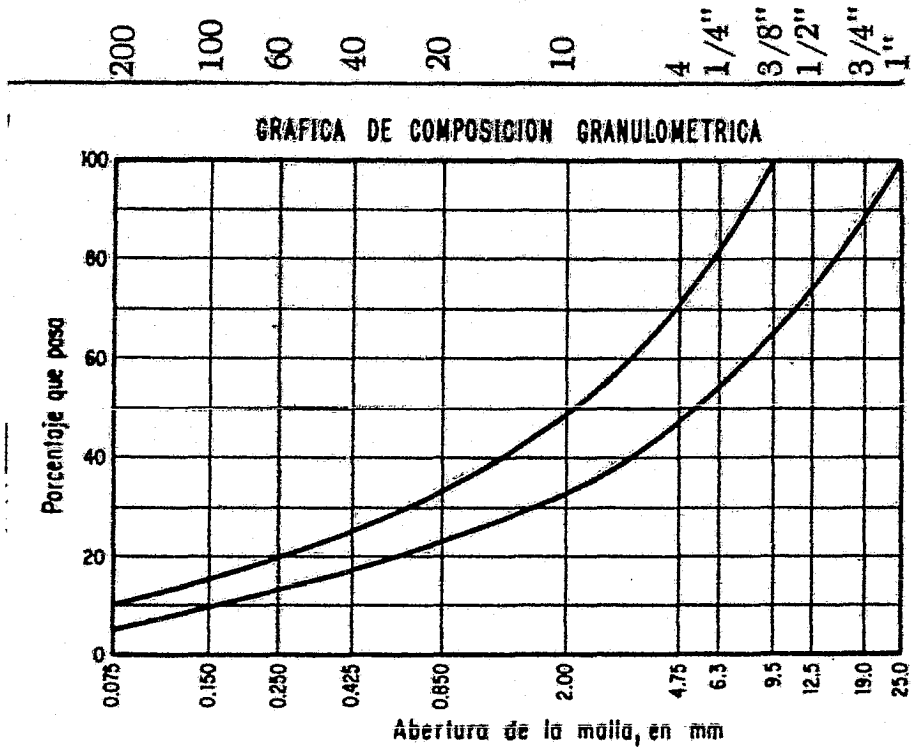
D).- Partículas alargadas: 35% máximo, % de compactación: 95% mínimo, Permeabilidad: Menor de 10%.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
 PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
 EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR



La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar comprendido en la zona limitada por las dos curvas de la Fig. No. 2. En cada caso el proyecto señalará la granulometría, de acuerdo con los requisitos fijados en el diseño de la mezcla.

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA
 PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
 EN CONCRETOS ASFALTICOS



Valor de	Hasta 2 000 vehículos pesados	Más de 2 000 vehículos pesados
Estabilidad Marshall	450 kg mín	700 kg mín
Flujo en rra	2.0 a 4.5	2 a 4
*Vacios en la mezcla respecto al volumen del espécimen %	3 a 5	3 a 5
Vacios en el agregado (VAM) respecto al volumen del espécimen de mezcla	Tamaño máx % Núm. 4 18 1/4" 17 3/8" 16 1/2" 15 3/4" 14 1" 13	Tamaño % Núm. 4 18 1/4" 17 3/8" 16 1/2" 15 3/4" 14 1" 13
% de compactación	95 mínimo	
Permeabilidad	Menor de 10%	

Para el diseño de la mezcla asfáltica, se utilizan hasta el momento algunas pruebas del laboratorio que intentan predecir su comportamiento en el campo; como es la prueba MARSCHALL en la que se revisa la resistencia a la deformación (ESTABILIDAD) y las relaciones volumétrica como son vacíos y vacíos en el agregado mineral. (VAM), así como el grado de compactación con el que se construye en el campo. Esta prueba es de las más generalizadas, para el diseño de las mezclas.

ESPECIFICACION PARA MEZCLAS DE CONCRETO ASFALTICO.

PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.	GRUPO DEL PRODUCTO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
Punto de gelación (capa asfáltica de Cleveland)			35°C	35°C	35°C
Viscosidad Saybolt Furol: a 25°C seg. a 50°C seg. a 60°C seg. a 82°C seg.	75-150 --- --- ---	--- 75-150 --- ---	--- --- 100-200 ---	--- --- 250-500 ---	--- --- --- 125-250
Penetración del asfalto blando (grados)	80-100	70-80	80-100	80-100	80-100
Destilación % del total destilado a 360°C. Hasta 150°C más de Hasta 225°C más de Hasta 260°C más de Hasta 315°C más de Residuo de la destilación a 360°C % del volumen por diferencia, mínimo.	15 55 75 90 50	10 30 70 85 80	— 40 65 87 67	— 25 55 83 73	— 8 40 80 78
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en cast. (mínimo)	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de Carbono, % mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Para definir la calidad de un cemento asfáltico, se efectúan diferentes pruebas como las que se enuncian en el cuadro de arriba, con sus límites correspondientes.

ESPECIFICACIONES PARA LOS PRODUCTOS ASFALTICOS.

Para definir la calidad de un producto asfáltico rebajado de fraguado rápido se efectúan diferentes pruebas, como las que se enuncian en el siguiente cuadro con sus límites correspondientes.

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
Pruebas en el prod. original					
Punto de ignición máxima. (Copa rápida Cleveland)	33°C	33°C	66°C	66°C	66°C
Viscosidad Saybolt Furol:					
a 25°C	75-150	---	---	---	---
a 50°C	---	75-150	---	---	---
a 60°C	---	---	100-200	250-500	---
a 87°C	---	---	---	---	125-250
Penetración del asfalto básico (grados).	80-100	80-100	60-100	80-100	40-100
Destilación: % del total destilado a 360°C					
Hasta 225°C	25 mín.	20 mín.	10 mín.	5 mín.	0
Hasta 260°C	40-70	25-65	15-55	5-40	30 mín.
Hasta 315°C	75-91	70-90	60-87	55-85	40-60
Residuo de la destilación a 360°C (% del volumen por gravedad mín.)	50	60	67	73	78
Penetración (grados)	120-300	120-300	120-360	120-360	120-200
Dureza en cm mm.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono % mín.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Para definir la calidad de un producto asfáltico rebajado de fraguado medio se efectúan diferentes pruebas, como -- las que se muestran en la tabla de abajo con sus límites correspondientes.

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL ESTADIO ORIGINAL					
Punto de ignición med. copa abierta de Cleveland.	66°C	66°C	80°C	99°C	107°C
Viscosidad Saybolt Furol					
a 25°C seg.	75-150	---	---	---	---
a 50°C seg.	---	75-150	---	---	---
a 60°C seg.	---	---	100-120	250-300	---
a 82°C seg.	---	---	---	---	125-250
Penetración del asfalto blando (grados).	80-100	80-100	80-100	80-100	80-100
Destilación: Destilado total a 250°C. % volumen	15-30	10-30	5-25	2-15	10 máx.
Filtración a 50°C (2%)	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Contenido de asfalto de 100 grados de penetración (aprox.)	40 min.	50 min.	60 min.	70 min.	75 min.
Durabilidad en cm (mínima).	100	100	100	100	100
Solubilidad en Tetracloruro de carbono, % mínima	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Para definir la calidad de un producto asfáltico rebajado de fraguado lento, se efectúan diferentes pruebas como las que se enuncian a continuación con sus límites correspondientes.

USOS	CLIMA CALIENTE O CLIMA TEMPLADO	CLIMA FRIO
Aeropistas		
Aeropistas	60-70	120-150
Cintas de Rodaje	60-70	83-100
Carreras		
Trafico pesado	60-70	85-100
Trafico medio	55-100	120-150
Trafico liviano	85-100	120-150
Calle		
Trafico pesado	60-70	85-100
Trafico medio	55-100	85-100
Trafico liviano	55-100	85-100
Estacionamiento		
Industrial	60-70	85-100
Comercial	60-70	85-100
Recreacion		
Canchas de tenis	55-100	85-100
Canchas de juego	55-100	85-100

El siguiente cuadro nos muestra los diferentes grados de penetración de los cementos asfálticos sugeridos para -- distintos climas y usos.

CAPITULO IV

EQUIPOS

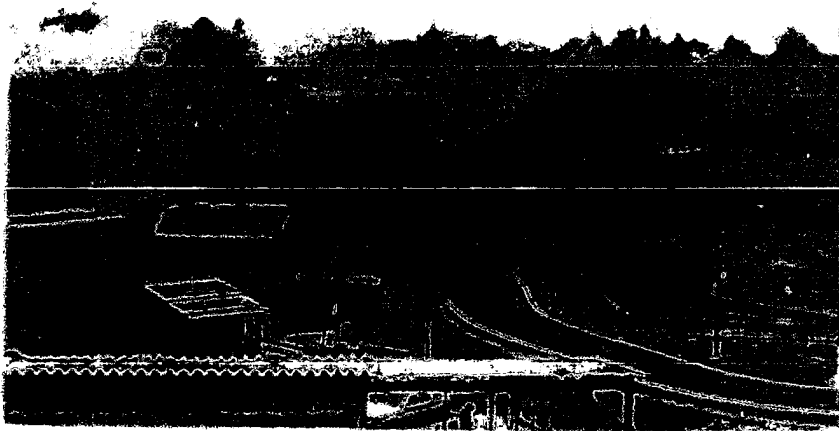
PLANTAS DE ASFALTO.

El funcionamiento de una planta de asfalto puede ser de tipo continuo o discontinuo. La diferencia, como su nombre lo indica., es que mientras en una la alimentación de la mezcladora es un forma continua, en la última la alimentación se hace por pesadas ("bachas").

Las plantas de tipo discontinuo son las más comunes en nuestro país. Pueden ser de diferentes capacidades, pero - las más usuales son las de 2000 y 4000 libras por "bacha". Fig. (4.1)

Las plantas de asfalto están compuestas de cinco partes fundamentales:

- 1.- Un calentador o secador del agregado pétreo.
- 2.- Cribas o tolvas para separar y almacenar los diversos tamaños del agregado caliente.
- 3.- Tanque para almacenar y calentar el asfalto.
- 4.- Despositivos proporcionadores para pesar los componentes de la mezcla.
- 5.- Una mezcla mezcladora.



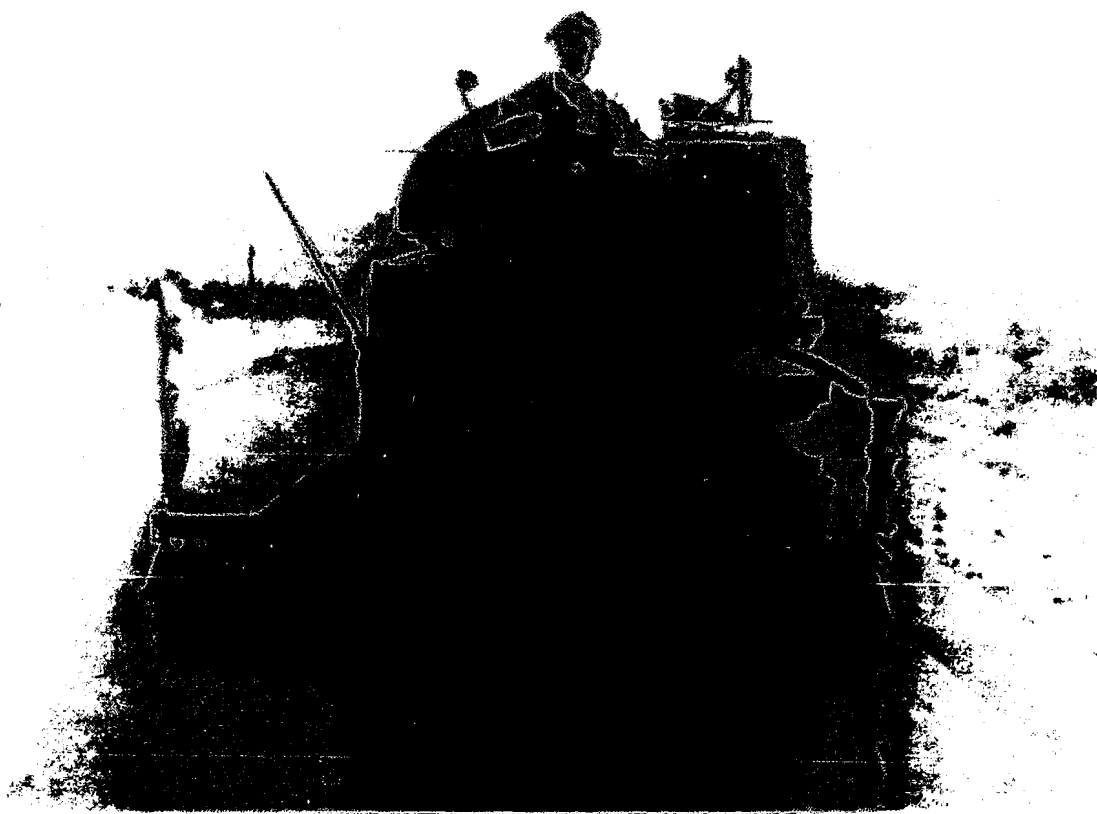
PLANTA DE ASFALTO.

PETROLIZADORA.

La petrolizadora consiste básicamente de un camión, - sobre el cual va montado un tanque de almacenamiento para el asfalto, y está provisto de un sistema de calentamiento, generalmente quemadores de aceite o diesel, que calienta - directamente la tubería que pasa por todo el tanque. En la parte trasera del tanque, cuenta con una barra con un sistema de espréas riego, a travéz de las cuales se aplica el asfalto a presión sobre la superficie del camino. Esta barra debe regar por lo menos tres metros de ancho. Se debe tener en el tanque un termómetro apropiado para comprobar en cualquier momento la temperatura del producto asfáltico que se está regando.

Se calcula la velocidad de la máquina en función del número de litros por segundo de asfalto que tiran las barras y de la dosificación para el riego. Esta velocidad se controla con el tacómetro, que es una pequeña rueda adicional que mide velocidades pequeñas con una gran presión. La carátula del tacómetro se encuentra cerca del volante visible al operador.

La petrolizadora deber ser capaz de regar el asfalto de una manera uniforme y dosificada. Para ello, el asfalto deberá regarse a una temperatura adecuada regulada por un termómetro en el tanque para determinar facil y rapido la temperatura de su contenido (regularmente se tira a 50°C), y la presión en las espréas debe ser uniforme. Fig. (4.2)



DE TELEFONAZADORA.

PAVIMENTADORA.

La pavimentadora consta de dos unidades principales: la unidad tractiva y la unidad extendedora.

La unidad tractiva va montada sobre orugas o sobre neumáticos. Esta unidad incluye: la tolva receptora de la mezcla asfáltica, el motor, dos centros de control, los tornillos esparcidores y el asiento del operador.

La unidad extendedora es remolcada por la unidad tractiva y consiste de: la placa maestra, barra compactadora, controles para variar el espesor de tendido y los calentadores de la placa maestra.

La función de la pavimentadora es tender uniformemente la mezcla asfáltica, dejando una superficie terminada, lista para ser sometida a la compactación final.

EQUIPOS DE COMPACTACION.

GENERALIDADES: Las mezclas se pueden compactar completa y fácilmente si las temperaturas de tendido y compactación son las apropiadas, según la viscosidad del asfalto. El rodillado debe comenzar tan pronto como sea posible después de que el material haya sido tendido. Pero como en otras fases de la pavimentación, el rodillado se hará con sumo cuidado para obtener la testura deseada de la superficie del pavimento.

APLANADORA DE RODILLOS METALICOS LISOS.

Las aplanadoras de este tipo se dividen en dos tipos aplanadoras de tres ruedas y aplanadoras tándem. Los dos tipos se fabrican en pesos variados. Las aplanadoras o planchas de tres ruedas se fabrican con rodillos huecos que pueden ser lastrados.

Normalmente la plancha de tres ruedas es usada en la compactación de sub-bases y bases de pavimentos debido a la mayor presión que ejercen las ruedas traseras. Estas ruedas están colocadas con su borde interno alineado con el borde externo del rodillo delantero, de manera que pasan por las orillas de las huellas dejadas por el rodillo delantero. Las ruedas traseras son las motrices y el rodillo delantero es direccional.

El rodillo de tres ruedas tiene la ventaja de que cubre por completo el área por donde pasen los rodillos motrices. Estas aplanadoras se fabrican comúnmente en tamaños de 5 a 12 toneladas.

Las aplanadoras tándem deben su nombre a la disposición de los rodillos en línea o en tándem. Pueden tener dos o tres rodillos, y se fabrican en diversos tamaños, anchos y diámetros de rodillos con pesos que varían de 3 a 14 toneladas. Las aplanadoras tándem se emplean generalmente para compactar mezclas asfálticas.

RODILLOS DE ACERO.

Son básicamente de dos tipos: tres ruedas y tándem:

Los rodillos de tres ruedas están equipados con dos ruedas impulsoras en el mismo eje y un rodillo de dirección. Las ruedas impulsoras tienen un diámetro de 1.397 mts. a 1.753 mts. por 61.0cm. de ancho el rodillo de dirección es--

de menor diámetro pero más ancho sus pesos varían desde 5 toneladas hasta 14 toneladas. Los rodillos de tres ruedas de acero son usados principalmente para el rodillado final de mezclas asfálticas.

RODILLOS TANDEM.

Son de dos tipos, dos ejes y tres ejes:

Los de dos ejes: varían en peso desde 3 hasta 14 toneladas o más. Algunas de las más pequeñas cuentan con llantas neumáticas auxiliares para facilitar su movimiento durante el trabajo. El peso de los rodillos tándem de tres ejes varía desde 10 a más de 20 toneladas. El rodillo de eje central está dispuesto de tal manera que en él se puede aplicar la mayor parte del peso total del rodillo como se requiere para ciertos trabajos. Este tipo de equipo produce una compactación muy buena-

RODILLOS DE LLANTAS NEUMATICAS:

Existen dos tipos: El tándem autopropulsado y el tipo remolcado.- El primero tiene de dos a ocho ruedas al frente y de cuatro a ocho en la parte de atrás, el peso del rodillo de llanta neumática tándem autopropulsado varía desde tres hasta treinta y cinco toneladas. Los de llantas neumáticas tipo remolcado se fabrican con una sola hilera de ruedas o tándem, con más de 7 ruedas por eje, su peso varía entre dos y 50 toneladas este tipo de equipo produce compactación muy buena.

RODILLOS VIBRATORIOS.

Entre los rodillos vibratorios se tiene varias clases de ellos. Los hay con ruedas metálicas o con llantas neumáticas y, además, los hay con autopropulsión o de remolque. El rodillo vibra a frecuencia relativamente bajo mediante la acción de un motor independiente. Este tipo de equipo produce una compactación muy buena en materiales arenosos. Fig. (4.3)

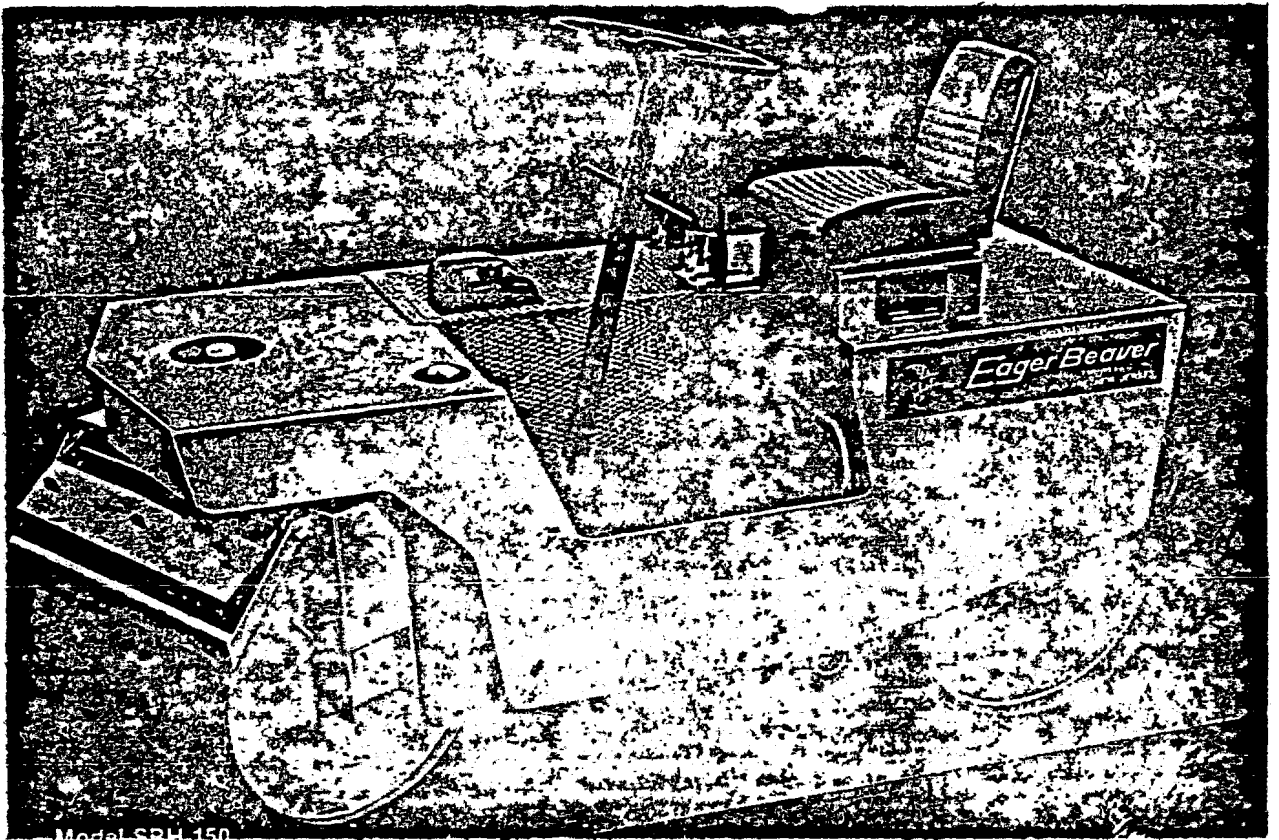


Fig. (4.3)

RODILLO VIBRATORIO AUTROPULSADO.

CAPITULO V

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

RIEGO DE IMPREGNACION.

Antes de proceder a la construcción de una carpeta - asfáltica, sobre la base debidamente compactada y seca, se aplica un riego de impregnación, por medio de una petrolizadora, de un asfalto rebajado de fraguado medio -- (generalmente se utiliza asfalto FM-1), con el objeto de impermeabilizarla y/o estabilizarla, para permitir la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

El riego de impregnación deberá aplicarse, de preferencia, en las horas más calurosos del día, para facilitar la penetración inicial. Por ningún motivo deberá impregnarse a una base cuando se encuentre mojada.

La superficie impregnada deberá cerrarse al tránsito cuando menos 24 horas después de aplicado el riego, Cuando por causas de fuerza mayor esto no pueda lograrse, ésta se cubrirá con arena.

1.- CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS.

Son las carpetas que se contruyen mediante la aplicación de riegos de productos asfálticos (generalmente se usa asfalto FR-3), cubiertos sucesivamente con capas de -

de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados.

Inmediatamente después de la aplicación del material asfáltico, se extiende el material pétreo por medio de un esparcidor mecánico que se adapta en la parte trasera de un camión de voltéo, con el fin de aprovechar la fluidez del asfalto y obtener la adherencia de la máxima cantidad de agregados.

Tan pronto como han extendido los agregados sobre el material asfáltico, para tener una mejor distribución del mismo, se le pasará una rastra ligera con cepillo de fibra o de raíz, dejando así la superficie exenta de ondulaciones, bordos y depresiones. Seguidamente se apisona toda la superficie con un rodillo liso ligero.

Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará mediante barrido y se removerá el material pétreo excedente que no se adhiere al material asfáltico.

CARPETAS DE UN RIEGO.

Para la construcción de carpetas de un riego en términos generales se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- 1.- Se barrera la base impregnada.
- 2.- Sobre la base superficialmente seca, se dará un riego de material asfáltico.
- 3.- Se cubra el riego de material asfáltico con una -- capa de material pétreo 3-A ó 3-E.
- 4.- Se rastreará y planchará el material pétreo.

- 5.- Transcurrido un tiempo no menor de tres días, se recolectará mediante barrido y se moverá el material pétreo excedente que no se adhiere al material asfáltico.

CARPETAS DE DOS RIEGOS.

En este tipo de carpetas, se procederá con las etapas siguientes:

- 1.- Barrer la base impregnada.
- 2.- Riego de material asfáltico.
- 3.- Tendido de material pétreo No. 2
- 4.- Rastreo y planchado.
- 5.- Riego de material asfáltico.
- 6.- Tendido de material pétreo 3-B.
- 7.- Rastreo y planchado.
- 8.- Remoción de material excedente.

CARPETAS DE TRES RIEGOS.

Las operaciones a ejecutar son las siguientes:

- 1.- Barrer la base impregnada.
- 2.- Riego de material asfáltico.
- 3.- Tendido de material pétreo No. 1
- 4.- Rastreo y planchado.
- 5.- Riego de material asfáltico.
- 6.- Material pétreo No. 2
- 7.- Rastreo y planchado
- 8.- Riego de material asfáltico.
- 9.- Tendido de material pétreo No. 3-B
- 10.- Rastreo y planchado.
- 11.- Remoción de material excedente.

CARPETAS ASFÁLTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.

La mezcla asfáltica en el lugar o en el camino se lleva a cabo revolviendo los agregados pétreos con el producto asfáltico mediante el uso de motoconformadoras o empleando mezcladoras ambulantes.

El mezclado con motoconformadora constituye uno de los más antiguos de construcción de carpetas asfálticas. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Los agregados se colocan sobre el camino en un camellón de espesor y anchura uniformes, y se riegan con material asfáltico por medio de una petrolizadora.

La cantidad necesaria de asfalto se reparte en varias aplicaciones iguales, después de cada aplicación de asfalto los materiales pétreos y éste se mezclan, removiendo los materiales con la motoconformadora sobre el camino o sobre la zona de mezclado, hasta que el asfalto se ha dispersado uniformemente, se continúa aplicando asfalto y removiendo la mezcla hasta conseguir el contenido total de asfalto necesario en buen estado de dispersión, la temperatura del producto asfáltico en el mezclado y el tendido no deberán hacerse cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C. (fig 5.1).

Los materiales asfálticos más adecuados para el mezclado con motoconformadora son los asfaltos rebajados de fraguado rápido tipo FR-2 y FR-3, y la emulsión asfáltica tipo RM-2. Cuando se emplea emulsión asfáltica es necesario añadir agua a la mezcla para obtener la dispersión y envoltura adecuadas.



FIG. 1
MEDICAL INTELLIGENCE SECTION, 1950

El tendido de la mezcla en el lugar generalmente se realiza con la misma motoconformadora, Como este tendido es muy preciso, la máquina debe estar en buenas condiciones y el operador debe ser altamente calificado.

La compactación de estas mezclas se realizan inmediatamente después del tendido y se pueden usar planchas tandem o rodillos vibratorios autopropulsados, posteriormente se dan unas pasadas con rodillo neumático con el objeto de "cerrar" la carpeta, es decir, darle una textura fina y disminuir la permeabilidad de la carpeta.

Para mezclar los materiales pétreos y el material --asfáltico se suelen emplear también plantas móviles de --diversos tipos. El más común es la mezcladora mecánica, --que recoge los agregados de un camellón y los hace pasar --através de un mezclador de tipo continuo. El material asfáltico se mezcla con los agregados en proporciones determinadas cuando éstos entran en la cámara de mezcla.

3.- CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.

Estas carpetas se contruyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos (Concreto Asfáltico).

El agregado pétreo para la elaboración de la mezcla es secado y calentado en la planta antes de entrar en la mezcladora. Después de calentado, que se depositarán en compartimientos, listos para ser mezclados con el cemento asfáltico.

Una vez calentados y separados los diversos tamaños - de agregados, se procederá a pesarlos exactamente, proporcionando sus cantidades de manera que la mezcla resultante se ajuste a la granulometría especificada. El material pétreo dosificado se introduce en la mezcladora y a continuación se añade el cemento asfáltico para proceder al mezclado. El cemento asfáltico se calienta en tanques apropiados que produzcan un calentamiento uniforme. La cantidad de cemento asfáltico la fija el laboratorio. La temperatura de material pétreo deberá estar comprendida entre 120 y 160 grados en el momento de agregarle el cemento asfáltico. Esto no deberá calentarse a más de 177 grados. La temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120 y 150 grados, al salir de la planta de elaboración.

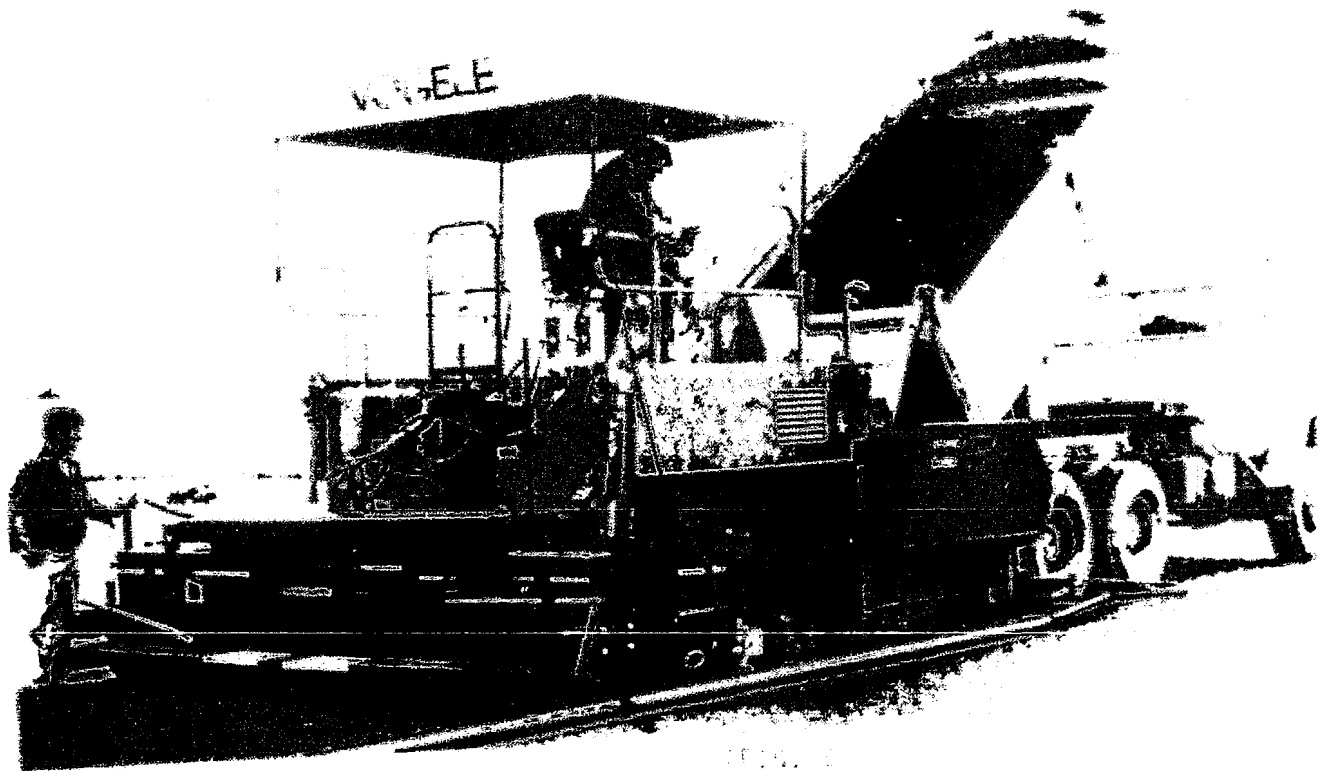
El transporte de la mezcla se hará en camiones de volteo que deberán ser limpiados cuidadosamente para evitar - que la mezcla se adhiera, y se cubrirá con una lona que lo preserve del polvo, materia extraña y de la pérdida de calor durante el trayecto. (FIG. 5.2)

El concreto asfáltico es volcado en la tolva receptora de la extendidora desde el camión, la cual lo distribuye uniformemente y le dá el espesor especificado, el cuál se controla por medio de los tornillos niveladores. Esta operación se efectúa manualmente, para lo cual se requiere personal con cierta habilidad para este tipo de trabajo. Algunas extendidoras tienen como equipo complementario un controlador de niveles que es accionado por medio de impulsos Electricos. Con este procedimiento se evita la necesidad de los "tornilleros", los que si no tienen la habili-



THREE

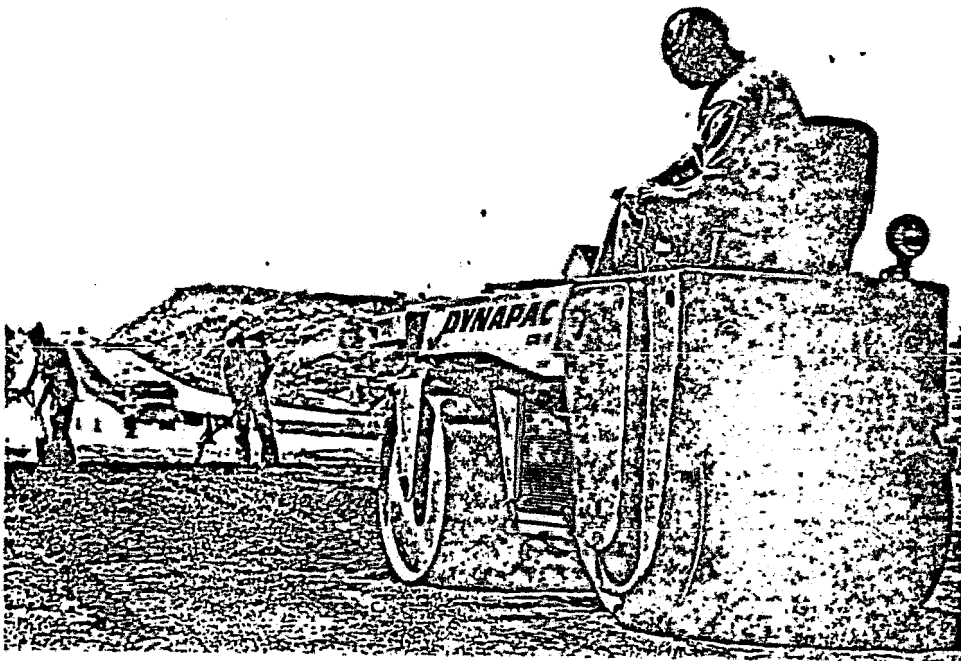
THREE



TENIDOS DE LA M...

La compactación de la mezcla asfáltica puede dividirse en dos etapas: Compactación primaria y acabado final.

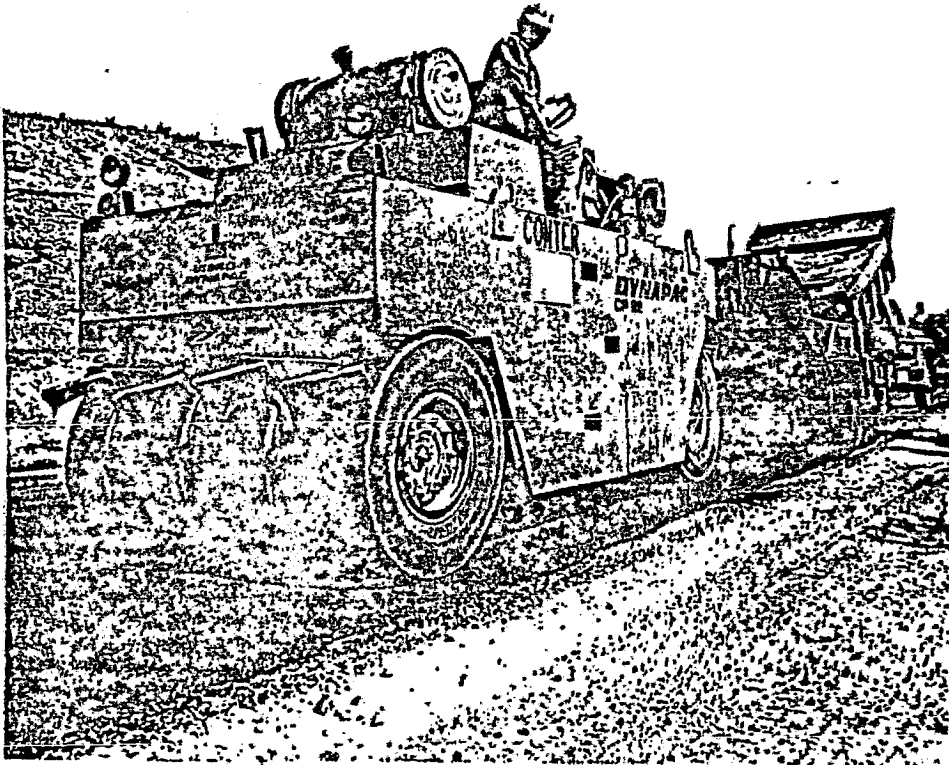
La compactación primaria se ejecutará con aplanadoras tándem de 10 a 12 toneladas. Se recomienda que la compactación se inicia a una temperatura alrededor de 100°C con el objeto de no provocar corrimiento de la mezcla. Generalmente son suficientes dos o tres pasadas de aplanadora, siendo muy importante que ésta no haga cambios de dirección ni se estacione sobre la mezcla. (FIG. 5.4)



(FIG. 5.4)

COMPACTACION INICIAL.

Inmediatamente después de terminar su labor la aplanadora, se continúa la compactación con un compactador neumático autropulsado que proporciona una compactación uniforme, ya que tiene la tendencia de "cerrar" la superficie y, por lo tanto, contribuye a la impermeabilidad de la carpeta. Se recomienda que esta compactación se termine cuando la mezcla tenga una temperatura mínima de 70°C. (FIG. 5.5)



(FIG. 5.5)

COMPACTACION FINAL

Es conveniente que cuando la temperatura de la mezcla se encuentre aproximadamente a 50°C se le dé un acabado final con una aplanadora tipo tándem, con el objeto de borrar las huellas que hubieran quedado de la compactación anterior.

La temperatura a la cual se efectúa la compactación es básica para obtener una buena carpeta, ya que una compactación efectuada cuando la mezcla ha perdido su temperatura, no logra darle el acomodo y la densidad necesaria lo que sería desperdiciar cualidades del concreto asfáltico.

El elaborar concreto asfáltico en planta, sea ésta de tipo continuo o discontinuo, permite lograr una mezcla con características casi exactas a las previstas en el proyecto, por lo que es absolutamente necesario que las personas que intervienen tanto en el proyecto como en la elaboración, tendido y supervisión conozcan perfectamente el funcionamiento, posibilidades y limitaciones de la planta que se use.

La carpeta asfáltica elaborada en planta y con cemento asfáltico es la de mejor calidad y la más costosa por lo tanto, es indispensable que la elaboración, tendido y compactación se efectúa con el cuidado necesario, con el objeto de obtener la calidad de acuerdo a la inversión que se hace.

RIEGO DE SELLO.

Las carpetas asfálticas de mezcla en el lugar y de concreto asfáltico, deben recibir un riego de sello, que consiste en la aplicación de un material asfáltico que se cubre con una capa de material pétreo, con el objeto de impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los riegos de sello pueden ser de dos clases: De tratamiento superficial y de mortero asfáltico (Slurry Seal).

Los riegos de sello por tratamiento superficie consisten en aplicar asfalto FR-2 ó FR-3 ó una emulsión asfáltica y cubrirlo con material pétreo No. 3-A ó 3-E.

Los riegos de sello con mortero asfáltico consisten en mezclar un agregado (arena), emulsión asfáltica, cemento Portland cal y agua, haciendo un lodo asfáltico, el cual se coloca en frío sobre las carpetas.

CAPITULO VI CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de una carpeta asfáltica, es básicamente un problema de muestreo y ensayo. Para ello, se deben obtener muestras representativas de los materiales empleados y ensayarlas en el laboratorio.

1.- ENSAYOS EN LOS MATERIALES PETREOS.

GRANULOMETRIA.

Se define como la adecuada proporción de los tamaños de las partículas que forman el material con el fin de tener el mínimo de vacíos para lograr una mayor estabilidad resistencia e impermeabilidad.

Para que esto pueda lograrse, se requiere una sucesión adecuada de tamaños que permite que los huecos dejados por las partículas mayores sean ocupadas por partículas de menor tamaño y que a la vez en los huecos que dejen éstas últimas se acomoden partículas más finas, y así sucesivamente.

La composición granulométrica es la determinación, por el procedimiento de cribado, de las partículas que formen el material. Consiste en separar las partículas del material tamizándolo de una sucesión de mallas de abertura cuadrada y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, relacionándolas como porcentaje del peso total de la muestra. Se acostumbra representarla por medio de una gráfica que tenga por abscisa, a escala lo -

garítmica, las aberturas de las mallas, y por ordenada, - los porcentajes de materiales que pasa por dichas mallas, a escala aritmética.

ES pertinenete dejar claro que la determinación de - tamaños de las partículas por el procedimiento de criba- do, nos dá una idea de éstos solamente en dos dimensiones por lo que un material cuyas partículas afectan la forma_ de lajas o de agujas, puede presentar una gran cantidad - de vacíos, aún cuando su curva granulométrica indique una sucesión sdecuada de tamaños. En este caso, es indispensa ble hacer las correcciones necesarias.

DESGASTE.

Esta prueba tiene por objeto conocer la calidad del_ material pétreo en cuanto su resistencia al tráfico. Para_ ello se empléa la máquina Los Angeles. La prueba se efectúa de la manera siguiente: La muestra a ensayar se lava para . eliminar el polvo que tenga adherido y luego se seca. Des_ pués se criba a través de una serie de mallas para conocer su graduación. Luego se empléa una cantidad determinada - de cada tamaño que justamente con unas pequeñas esferas a- brasivas de acero se colocan en la máquina y se hace girar a una velocidad constante un número dererminado de revolu- ciones. A continuación se saca la muestra de la máquina y se criba a trávez de la malla No. 12, pesándose el material que pasa. Este peso expresado como porcentaje del peso ori_ ginal de la muestra, es el porcentaje de desgaste.

CONTRACCION LINEAL.

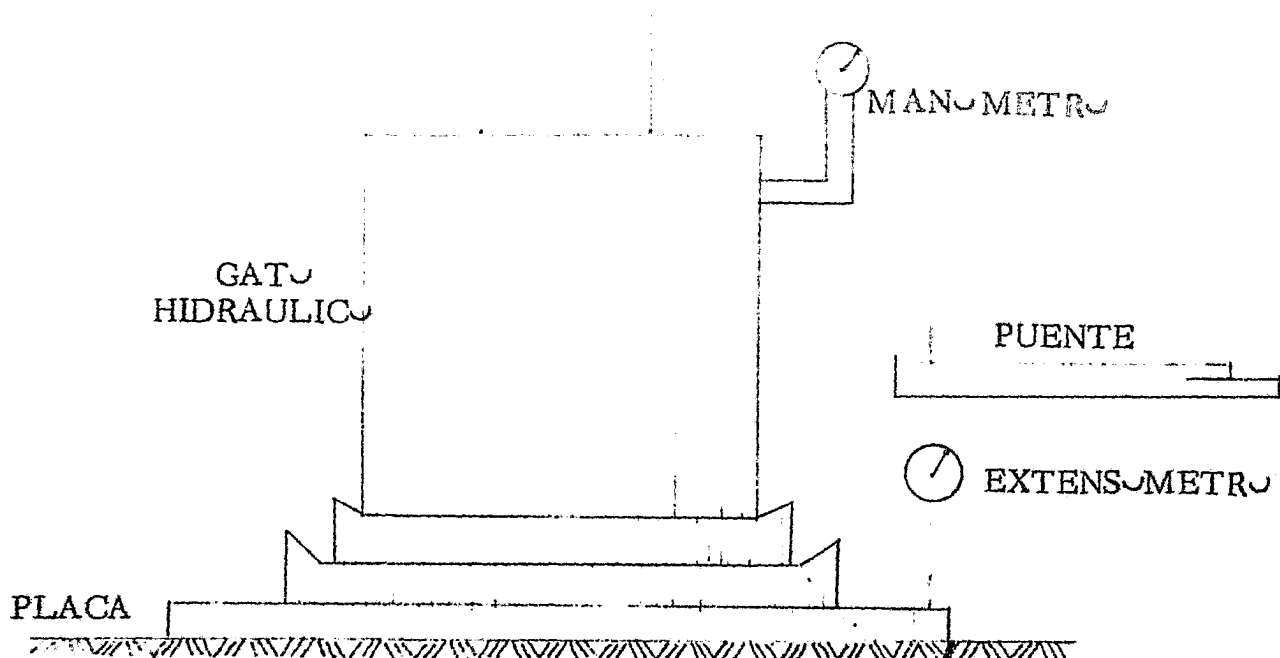
La contracción lineal de los finos del material pétreo nos indica la presencia de mucha o poca actividad de la arcilla que contenga. Si la arcilla se presenta en forma de película delgada adherida al material pétreo, provoca una baja adherencia del asfalto con el agregado pétreo. Si la arcilla se encuentra en grumus o terrones serán puntos debiles y de falla de la carpeta en presencia del agua. La contracción lineal es la disminución en porcentaje de la dimensión original cuando su contenido de humedad se reduce desde una cantidad igual a la humedad del límite líquido del material hasta el límite de contracción del mismo, esta prueba no es muy recomendable en la ciudad de México por la poca representatividad que tiene.

PRUEBAS DE PLACA.

Se hacen para valuar la capacidad portante de la subrazante las bases y en pavimentos completos se utilizan en la actualidad tanto en pavimentos rigidos como flexibles.

La prueba consiste en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiendo las deformaciones finales correpondientes a los distintos incrementos de carga utilizados.

ESTRUCTURA DE RELACION DE LA CARGA



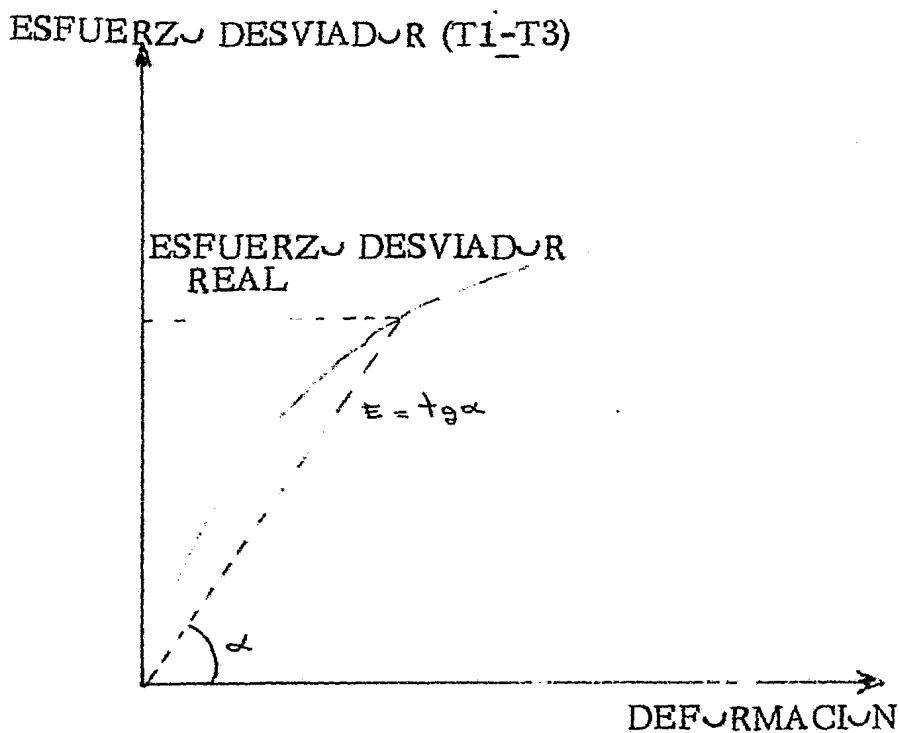
ESQUEMA DEL DISPOSITIVO PARA LA PRUEBA DE PLACA.

PRUEBAS TRIAXIALES.

Las pruebas se han aplicado a determinar las propiedades de los subrasantes y de las capas de pavimento propiamente dichas, incluyendo en algunos casos a las carpetas.

La prueba mide el módulo de formación de los suelos, de finido para obviar problemas de representividad de la muestra el espécimen utilizado dentro de la cámara triaxial es grande (10 cms. de diametro) las condiciones de humedad más desfavorables para la vida del pavimento se reproduce saturando el espécimen, pero se acepta que esta condición puede resultar conservadora en exceso por lo que se le introduce un factor corrector "n" función de la precipitación pluvial de la zona de construcción.

El modulo de deformación se determina en la prueba haciendo uso de una grafica esfuerzo desviador (t1- t3) deformación y señalando en ella el esfuerzo desviador - que se supone actuará en el pavimento real; el modulo_ de deformación es el secante correspondiente a ese punto.



CRITERIO PARA OBTENER EL MODULO DE DEFOR-
MACION EN LA PRUEBA DE KANSAS.

INTEMPERISMO ACELERADO.

La prueba de intemperismo acelerado, al determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos causada por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfato de sodio o de magnesio en los huecos o fisuras del agregado, es un índice del grado de alteración que puede alcanzar éste por la acción de los agentes atmosféricos. Deberá hacerse únicamente cuando se tenga duda acerca de la calidad del material.

2.- ENSAYOS DE LOS MATERIALES ASFALTICOS.

PUNTO DE IGNICION.

El punto de ignición mínimo de un asfalto representa la temperatura crítica arriba de la cual deberá tomarse precauciones para evitar los peligros de incendio durante el calentamiento y manipulación del mismo. Para la ejecución de la prueba se emplea la copa abierta de Cleveland.

Se llena la copa hasta la marca interior con el producto asfáltico, previamente calentado hasta hacerlo fluido, para poderlo vaciar.

Con una llama se calienta la parte inferior de la copa de tal forma que la temperatura del asfalto suba en una relación aproximada de 1.5°C por minuto. Se agita el asfalto con el termómetro a intervalos durante la prueba para uniformizar la temperatura. A intervalos de cada grado centígrado se pasa una pequeña flama horizontalmente por los bordes de la copa y se observa si se producen ---

unas pequeñas chispas. Cuando esto suceda, se anota la temperatura que marca el termómetro que será la de ignición del producto.

VISCOSIDAD.

El objeto de la prueba de viscosidad es el de determinar el grado de fluidez de un asfalto líquido a determinada temperatura. La prueba se ejecuta mediante un viscosímetro - Saybolt con orificio Furo 1'

Se coloca en un vaso 150gramos aproximadamente del producto asfáltico y se calienta hasta una temperatura establecida, agitando durante el calentamiento hasta que la temperatura sea uniforme. Se vacía el producto en el tubo del viscosímetro hasta el nivel de derrame, se tapa y se mantiene durante 15 min. hasta alcanzar la temperatura de prueba. Se abre el obturador y se empieza a contar el tiempo en segundos que tarda el producto en llenar el matraz de 60cc -- pasando a través del tubo Furo 1. Este tiempo expresará la viscosidad del producto a la temperatura de prueba.

PENETRACION.

La prueba de penetración tiene por objeto el determinar el grado de dureza del residuo de la destilación de -- los asfaltos rebajados o la dureza del cemento asfáltico -- original. La prueba consiste en dejar caer una aguja de --

100 gramos de peso durante 5 segundos sobre la muestra - y a una temperatura de 25°C, midiendo en la carátula - la distancia penetrada. Se hacen unas cuatro penetraciones teniendo cuidado de limpiar bien la aguja después de cada penetración, y se toma el promedio de dichas penetraciones como el valor correcto. La penetración se expresa en décimas de milímetros que denominan grados de penetración. (FIG. 6.1)

DESTILACION.

El objeto de la prueba de destilación es determinar la cantidad de disolvente que contiene el producto asfáltico y conocer sus características en lo referente a volatilización.

Se coloca en un matríz de destilación una cantidad determinada del producto asfáltico. Se calienta gradualmente para que los disolventes volátiles se desprendan, condensen y caigan en una probeta graduada. Se anotan los volúmenes destilados a temperaturas de 190, 225, 260, -- 315 y 360 grados centígrados. Al alcanzar la temperatura de 360°C, se retira la fuente de calor, se desconecta el matríz de destilación del condensador e inmediatamente se vacía el residuo asfáltico en una cápsula metálica para efectuar posteriormente la prueba de penetración.

ENSAYOS EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS.

METODO DE MARSHALL.

Este método está limitado al proyecto y control de

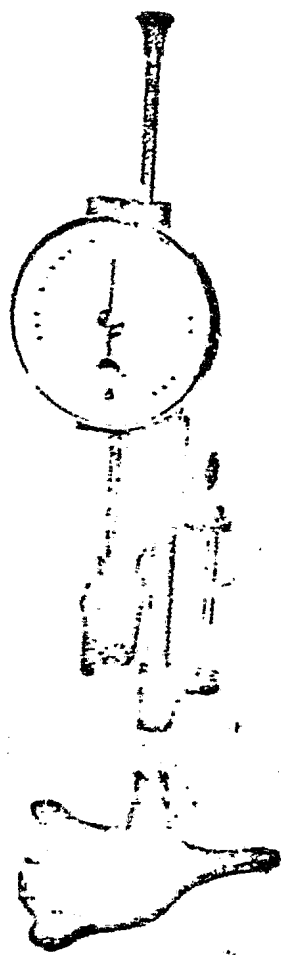


Figura Núm. 7 Aparato de penetración para asfaltos

(FIG. 6.1)

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE PENETRACION.

mezclas asfálticas elaboradas en planta estacionaria, en caliente, empleado cemento asfáltico. Con la prueba de -- Marshall se determinan los valores de estabilidad y de -- flujo en especímenes cilíndricos, compactados axialmente_ con un sistema determinado y probado a 60°C. El valor de estabilidad se determina midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen, aplicada en sentido normal a su eje. La deformación vertical producida en el espécime por dicha carga será el valor de flujo. El valor _ de estabilidad expresa la resistencia estructural de la - mezcla compactada y está afectado principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y el tipo de agregados. Principalmente el valor de estabilidad_ es un índice de la calidad del agregado. El valor de flu- representa la deformación requerida, en el sentido del -- diámetro del espécimen, para producir la fractura. Este - valor es una indicación de la tendencia de la mezcla para alcanzar una condición plástica, y consecuentemente de la resistencia que ofrecerá la carpeta asfáltica de formar_ se bajo la acción de las cargas impuestas por los vehícu- los.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES.

La calidad de una carpeta asfáltica depende de una selección correcta de los materiales empleados y de un proceso constructivo apropiado. Estos materiales deberán cumplir con las especificaciones correspondientes. Para ello se requiere de un buen control de calidad tanto en el campo como en el laboratorio; y sobre todo en banco.

Las carpetas de riego son sencillas de construir y con poco equipo, pero de poca calidad. Se usan para tránsito ligero.

Las carpetas asfálticas de mezcla en el lugar son de mejor calidad que las anteriores y para su construcción no se requiere de equipo especial no costoso. Se usan para tránsito pesado.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mejor calidad, por lo tanto las más costosas. La construcción de este tipo de carpetas solo se justifica cuando el tránsito sea muy pesado e intenso.

El porcentaje del tránsito total de autos (Incluyendo camionetas).

POR CARRIL Y POR HORA:

TIPO DE CARRETERA	VEHICULO
Autopistas Urbanas-----	1,500
Autopistas Sub-Urbanas-----	1,200
Autopistas-----	1,000
Carreteras de Tránsito Medio-----	700-900
Carreteras de bajo tránsito-----	500-700

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.
S.A.H.O.P. Partes IV Y VIII.
- 2.- VIAS DE COMUNICACION. Ing. Carlos Crespo Villalaz.
- 3.- MANUAL DE PAVIMENTOS. Ing. Jesús Moncayo V.
- 4.- PROCEDIMIENTOS ACTUALES EN LA ELABORACION TENDIDO Y
COMPACTACION DE MEZCLAS ASFALTICAS.
Tesis Profesional. José Faustino Mendoza Aguilar.
- 5.- MOVIMIENTO DE TIERRAS. Apuntes. Facultad de Ingenie-
ría U.N.A.M.
- 6.- MATERIALES. Apuntes. Facultad de Ingeniería.
U.N.A.M.