

74
2 Ejes



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA
División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica

Apuntes de la Clase de Sistemas
de Transporte Terrestre, parte V

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL
P r e s e n t a

NELSON HENESTROSA ZARATE



MEXICO, D. F.

MARZO 1985



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

CAPITULO I

Sub-rasante, Sub-base y Base.

1-1. Sub-rasante.....	1
1-1.1 Introducción.....	1
1-1.2 Estudio y requisitos.....	2
1-1.3 Materiales.....	3
1-1.4 Ejecución.....	4
1-1.4.1 En corte.....	4
1-1.4.2 En terraplén.....	6
1-1.5 Verificación y tolerancias.....	8
1-2 Sub-base.....	9
1-2.1 Definición.....	9
1-2.2 Función.....	9
1-2.3 Materiales.....	10
1-2.4 Tendido y compactación.....	17
1-2.5 Verificación y tolerancias.....	18
1-3 Base.....	24
1-3.1 Definición.....	24
1-3.2 Materiales.....	24
1-3.3 Ejecución.....	25
1-3.4 Bases estabilizadas.....	26
1-3.5 Verificación y tolerancias.....	31

CAPITULO II

Pavimentos .

2. Pavimentos.....	34
2-1 Carpetas por el Sistema de Riegos.....	35
2-1.1 Definición.....	35
2-1.2 Materiales.....	35
2-1.3 Materiales Asfálticos.....	36
2-1.4 Riego de impregnación.....	49
2-1.5 Riego de liga.....	51
2-1.6 Riego de sello.....	52
2-1.7 Carpetas de un riego.....	58
2-1.8 Carpetas de dos riegos.....	58
2-1.9 Carpetas de tres riegos.....	61
2-1.10 Verificación y tolerancias.....	62
2-2 Carpetas Asfálticas por el Sistema de Mezcla en el Lugar.....	64
2-2.1 Definición.....	64
2-2.2 Materiales.....	64
2-2.3 Dosificación de materiales para la mezcla asfáltica.....	67
2-2.4 Elaboración, tendido y compactación de la mezcla asfáltica.....	75
2-2.5 Verificación y tolerancias.....	81
2-3 Carpetas de Concreto Asfáltico.....	85
2-3.1 Definición.....	85
2-3.2 Materiales.....	85
2-3.3 Elaboración y transporte del concreto asfáltico.....	87
2-3.4 Tendido y compactación del concreto asfáltico.....	90
2-3.5 Verificación y tolerancias.....	93

2-4 Losas de Concreto Hidráulico para Pavimentos.....	95
2-4.1 Definición.....	95
2-4.2 Materiales.....	95
2-4.3 Espesor de la losa.....	96
2-4.4 Juntas.....	99
2-4.4.1 Tipo de juntas.....	99
2-4.5 Ejecución.....	102
2-4.5.1 Cimbrado.....	102
2-4.5.2 Colocación y acabado.....	103
2-4.5.3 Curado del concreto hidráulico.....	105
2-4.6 Verificación y tolerancias.....	106
Anexo A.....	109

CAPITULO III

Conservación .

3. Conservación.....	114
3-1 Conservación Normal.....	115
3-1.1 Definición.....	115
3-1.2 Trabajos necesarios de la Conservación Normal.....	115
3-1.3 Mantenimiento de los Pavimentos de concreto.....	124
3-1.4 Programa de los trabajos de la Conser- vación Normal.....	125
3-2 Bacheo.....	128
3-2.1 Definición.....	128
3-2.2 Tipos de fallas y sus causas que la originan.....	128

3-2.3 Ejecución.....	129
BIBLIOGRAFIA.....	133

CAPITULO I

1-1 SUB-RASANTE.

1-1.1 INTRODUCCION.

La construcción de terracerías debe atender a la solución más económica, para lo cual debe procurarse el máximo aprovechamiento en los terraplenes, del material de los cortes, pero limitando los acarrees de éste, a las distancias en que resulte más apropiado utilizar material extraído de préstamos; la solución correspondiente se obtiene con un estudio adecuado de curva-masa, considerando los cambios volumétricos y la calidad de los materiales, de acuerdo con el estudio geotécnico respectivo.

Para fijar la forma como deben utilizarse los materiales en la construcción de terracerías, normalmente se distinguen dos porciones; la capa sub-rasante que se localiza en la parte superior con un espesor generalmente de 30 cm., formándose con una o varias capas de material seleccionado, del espesor parcial que se fije (12 a 15 cm.), y el cuerpo de terraplén, correspondiente al resto de los materiales con que se forman las terracerías.

Independientemente de la calidad que tengan los materiales, estos normalmente se compactan a un grado más alto en la ca

pa sub-rasante que en el cuerpo del terraplén, a fin de obtener un valor de soporte en la parte superior, que conduzca a la construcción más económica del pavimento; pero además, -- cuando los estudios geotécnicos acusan problemas en los materiales correspondientes a cuerpo de terraplén, porque sean de masiado arcillosos o expansivos, o bien acusan valor de soporte muy bajo, se aumenta el espesor de la capa sub-rasante y -- en ocasiones también se fija una mayor compactación, en un espesor determinado, de la capa sub-yacente a la de sub-rasante , que corresponde a la parte superior del cuerpo de terraplén . No olvidemos que la función que tiene la capa de la sub-rasante es; la de soportar las cargas que transmite el pavimento.

1-1.2 ESTUDIO Y REQUISITOS.

Al iniciarse el estudio de la sub-rasante en un tramo se -- deben de analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima que se requiere para dar cabida a las estructuras.

Para el proyecto de la sub-rasante hay que tomar en cuenta que:

1. La sub-rasante debe cumplir con las especificaciones de Proyecto Geométrico dadas.
2. En general el alineamiento horizontal es definitivo, -- pues todos los problemas inherentes a él han sido previstos en la fase de anteproyecto. Sin embargo hay casos en que se requiera modificarlo localmente.

3. La sub-rasante a proyectar debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades perjudiciales a las terracerías o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

1-1.3 MATERIALES.

La calidad de los materiales que se encuentren en la zona en donde se localiza el camino, es factor muy importante para lograr el proyecto de la sub-rasante, ya que además del empleo que tendrán en la formación de las terracerías, servirán de apoyo al camino. La elevación de la sub-rasante está limitada en ocasiones por la capacidad de carga del suelo que servirá de base al camino. Como ya se ha mencionado, la capa sub-rasante está formando parte de la terracería, pero que constituye una transición con el pavimento, ya que requiere de materiales con cierta selección; se exige que éstos no tengan un valor relativo de soporte inferior de 30% ni una expansión mayor de 5. Además, debe evitarse la utilización de turba o de materiales que contengan una proporción considerable de materia vegetal.

No obstante que estas indicaciones en la construcción de la capa sub-rasante son un tanto pobres, las capas sub-rasante han tenido cierta tendencia a ser construidas con materiales de mejor calidad.

Los materiales se clasifican por su granulometría y plasticidad, de acuerdo con el sistema utilizado por la Secretaría

de Obras Públicas, que en términos generales se indican a continuación.

Fragmentos de rocas:

Son aquellos cuyos tamaños son mayores de 7.5 cm. (3") y menores de 2 mts.; se subdividen en grandes cuando son mayores de 75 cm. y menores de 2 mts., medianos si son mayores de 20 cm. y menores de 75 cm. y chico cuando son mayores de 7.6 cm. (3") y menores de 20 cm.

Suelos:

Son aquellos que tienen partículas menores de 7.6 cm. (3") , subdividiéndose en suelo con partículas gruesas, que son en los que más de la mitad del material se retiene en la malla No. 200, y suelos con partículas finas en los que más de la mitad del material pasa la malla No. 200; finalmente se tienen los suelos altamente orgánicos.

Los suelos con partículas gruesas se subdividen a su vez en gravas y arenas; en las primeras más de la mitad del material se retiene en la malla No. 4, en las segundas más de la mitad del material pasa la malla No. 4.

Los suelos con partículas finas están formados por limos y arcillas, cuyo límite líquido puede ser menor de 50%, entre 50 y 100% y mayor de 100%.

1-1.4 EJECUCION.

1-1.4.1 EN CORTE.

Quando se construya la sub-rasante sobre un corte en roca, es necesario colocar una capa de suelo o una capa granular de

amortiguamiento entre el fondo del pavimento y la superficie rocosa. Para alojar esta capa se excavará abajo de la sección a una profundidad media de 30 cm.; no deben quedar salientes - a menos de 15 cm. debajo de la sub-rasante. Posteriormente se terminará hasta la sub-rasante utilizando el material adecuado.

Si el material del corte no es adecuado para la construcción de la capa sub-rasante, se hará una excavación adicional abajo de la sub-rasante, ésta se obtendrá construyendo un terraplén de relleno sobre la cama, utilizando para ello material adecuado, formada y compactada como se requiere. En aquellos cortes en que no se haya necesitado excavación adicional, ni relleno para formar la sub-rasante, es decir que se trata de un material bueno, se escarificará y se compactará ésta en el espesor fijado.

En zonas de corte en donde los pesos volumétricos sean bajos será necesario remover el suelo y recomprimirlo o bien recurrir al empleo de equipo de compactación pesado. Una atención particular se debe poner en los materiales suaves, orgánicos y en todos aquellos que son realmente inaceptables. Todos estos materiales deben removerse en toda la profundidad estudiada, o bien tomar providencias especiales a fin de consolidarlos o en algunos casos compensar su baja resistencia aumentando el espesor del pavimento.

En la construcción de vías terrestres en muchos sitios es preciso utilizar suelos arcillosos o con muy importante contenido de arcilla. Muy frecuentemente estos suelos presentan -- marcadas características de expansividad; son los suelos denominados activos, cuya característica es sufrir grandes cam--

bios de volumen, cuando varía su contenido de agua. Es común la presencia de estos suelos en el cuerpo de las terracerías y no es rara en la capa sub-rasante.

Todos los métodos prácticos para evitar los daños que produce la expansión de un suelo susceptible pueden agruparse en tres grandes categorías:

- a) Reemplazo o mejoría por mezcla de un suelo inerte de todo o parte del espesor activo o de la capa del pavimento que muestre o sea susceptible de actividad.
- b) Neutralización de la presión de expansión previamente valuada, por la colocación de la sobrecarga suficiente sobre el terreno o la capa de pavimento de que se trate ; la sobrecarga impuesta es generalmente peso de tierra
- c) Reducción o control de los cambios de contenido de agua en los suelos susceptibles por drenaje, subdrenaje, utilización de cubiertas impermeables u otros métodos.

Cabe mencionar que en los últimos años se ha desarrollado alguna experiencia en el mejoramiento de las cualidades de expansión de los suelos por añadido de aditivos que reaccionen químicamente con él. La cal hidratada ha dado buenos resultados en el tratamiento de capas no muy gruesas (15-30 cm.).

1-1.4.2 EN TERRAPLEN.

Cuando se utilicen materiales no compactables en la construcción de terraplenes, estos se formarán con dichos materiales a volteo hasta una elevación tal, que no queden salientes aisladas a menos de treinta (30) centímetros abajo de la sub-

rasante de proyecto. Los terraplenes se terminarán hasta la sub-rasante, utilizando material adecuado. Cuando el material sea compactable, éste se le dará una compactación (95% mínimo), con el fin de aumentar su valor de soporte.

La compactación de terraplenes se hará observando lo siguiente:

- a) Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección, según los grados de compactación que se fije.
- b) Se dará al material uniformemente la humedad conveniente.
- c) Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente.
- d) Efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agregará agua si es necesaria, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.

Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con talud diferente, que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de los cerros; se obtendrán así las cuñas laterales de sobreancho, en las cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

Los procedimientos de ejecución para el mezclado, tendido y compactación de la capa sub-rasante formado con material seleccionado en la elevación de sub-rasante en cortes y/o terraplenes existentes; de la capa sub-rasante sobre terraplenes -

construidos con material no compactable y de la capa sub-ra--
sante en los cortes en que se haya ordenado excavación adicio
nal, cuando el proyecto y/o la Secretaría indiquen que el tra
bajo se lleve a cabo mediante un tratamiento similar al de --
construcción de sub-bases, en términos generales, serán los -
siguientes:

- a) Cuando se empleen dos (2) o más materiales se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.
- b) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad . A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de quince (15) centímetros.
- c) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado, sobreponiéndose las capas hasta alcanzar el espesor y sección fijados. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación unicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.
- d) En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

1-1.5 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la capa sub-ra--

sante, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección (forma, anchura y acabado), de acuerdo con lo fijado en el -- proyecto, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

	Corte	Terraplén
a) Niveles en sub-rasante,	± 3	± 3
b) Ancho de la corona, al nivel de la sub-rasante, del centro línea a la orilla,	+ 10 cm	+ 10 cm
c) En los taludes,		
1) En Material A o B,	+ 10 cm	+ 30 cm
2) En Material C.	+ 50 cm	+ 75 cm

1.2 SUB-BASE.

1-2.1 DEFINICION.

Capa de materiales seleccionados comprendida entre la sub-rasante y la base de caminos, patios y plataformas.

1-2.2 FUNCION.

- 1) Transmitir los esfuerzos a la capa sub-rasante en forma conveniente.
- 2) Constituir una transición entre los materiales de la base y de la capa sub-rasante, de modo tal que evite la contaminación y la interpenetración de dichos materia--

les.

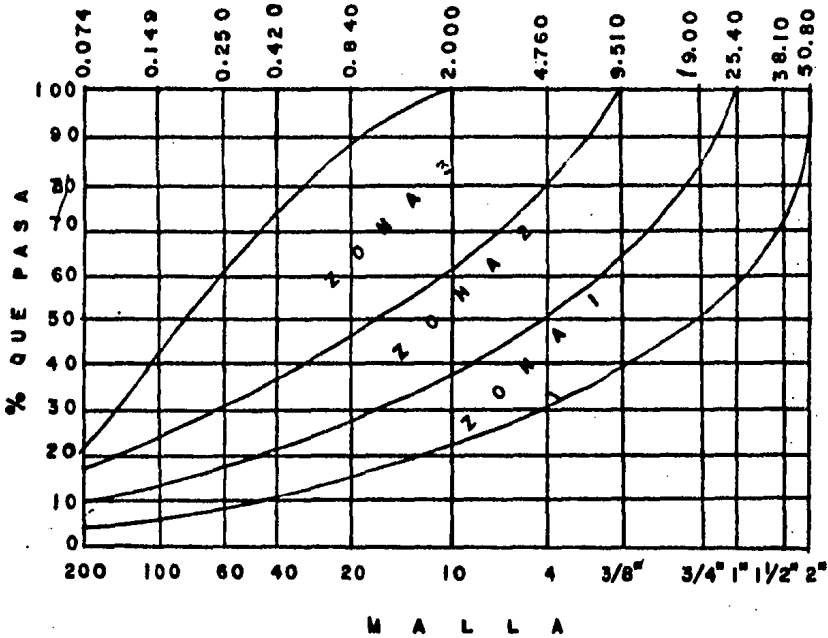
- 3) Disminuir efectos perjudiciales en el pavimento, ocasionados por cambios volumétricos y rebote elástico del material de las terracerías o del terreno de cimentación.
- 4) Reducir el costo de pavimento, ya que es una capa que por estar bajo la base queda sujeta a menores esfuerzos y requiere de especificaciones menos rígidas, mismas que pueden satisfacerse normalmente con un material más barato que el de la base.
- 5) Contribuir en algunos casos al drenaje de la carretera.

1-2.3 MATERIALES.

En un camino o aeropista, la sub-base podrá tomar carácter de superficie de rodamiento temporal, para permitir su uso en todo tiempo. Esta superficie de rodamiento (revestimiento - - transitorio) pasará total o parcialmente a constituir la sub-base, cuando se continuen las siguientes etapas de construcción del pavimento.

Los materiales seleccionados que se empleen en la construcción de sub-base, deberán satisfacer los requisitos que a continuación se mencionan, según se trate de materiales que se utilicen como superficie temporal de rodamiento o como sub-base de pavimento.

- A) Los materiales empleados como superficie temporal de rodamiento en caminos y aeropuertos, deben llenar los requisitos siguientes:
 - 1) De granulometría.



El material deberá quedar comprendido entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3. De preferencia no deben utilizarse materiales comprendidos en la zona 1.

La curva granulométrica deberá afectar las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación del porcentaje en peso que pase la malla Núm. 200 al que pase la malla Núm. 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65). Para sub-base el tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de dos pulgadas (2") 50.80 mm, y para base, el tamaño máximo no deberá ser mayor de una pulgada y media (1 1/2") 38 mm, ni mayor de 2/3 del espesor de la capa de la base.

ii) De contracción lineal, valor cementante y valor relativo de soporte; los indicados en el siguiente cuadro:

ZONA EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
Contracción lineal en -- por ciento.	6.0 máx	4.5 máx	3.0 máx
Valor cementante en Kg/ cm ² para materiales an- gulosos.	5.5 mín	4.5 mín	3.5 mín
Valor cementante en Kg/ cm ² para materiales re- dondados y lisos.	0.8 mín	6.5 mín	5.0 mín
Valor relativo de sopor- te en por ciento.		50 mín	

B) Los materiales empleados como sub-base de pavimento en caminos y aeropuertos, deben llenar los requisitos siguientes:

1) De granulometría. Lo mismo que para la sub-base de superficie temporal de rodamiento.

ii) De contracción lineal, valor cementante y valor relativo de soporte; los indicados en el siguiente cuadro.

ZONA EN QUE SE CLASIFICA

EL MATERIAL DE ACUERDO ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3
CON SU GRANULOMETRIA.

Contracción lineal en --
por ciento. 6.0 máx 4.5 máx 3.0 máx

Valor cementante en Kg/
cm2 para materiales an-
gulosos. 3.5 mín 3.0 mín 2.5 mín

Valor cementante en Kg/
cm2 para materiales re-
dondados. 5.5 mín 4.5 mín 3.5 mín

Valor relativo de sopor
te en por ciento. 50 mín

Los materiales seleccionados que se empleen en la construcción de sub-bases y bases, deberán ser de los tipos que se incan a continuación:

Materiales que no requieren tratamiento.

Materiales que requieren ser disgregados.

Materiales que requieren ser cribados.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y criba
dos.

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribado
s.

Los materiales que no requieren tratamiento son los poco o
nada cohesivos, como limos, arenas y gravas, que al extraer--

los quedan sueltos y que no contengan más del cinco por ciento (5%) de partículas mayores de cincuenta y un (51) milímetros (2").

Los materiales que requieren ser disgregados son los tezon-
tles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados
y rocas muy alteradas, que al extraerlos resultan con terro-
nes y que una vez sometidos a la acción del equipo de disgre-
gación, no contengan más del cinco por ciento (5%) de partícu-
las mayores de cincuenta y un (51) milímetros (2").

Los materiales que requieren ser cribados son los poco o -
nada cohesivos, como mezclas de gravas, arenas y limos, que -
al extraerlos quedan sueltos y con un contenido entre el cin-
co por ciento (5%) y el veinticinco por ciento (25%) de mate-
riales mayores de cincuenta y un (51) milímetros (2") para e-
liminar este material.

Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y
cribados son los siguientes:

- A) Materiales poco o nada cohesivos, como mezclas de gra-
vas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y
contienen más del veinticinco por ciento (25%) de partí-
culas mayores de cincuenta y un (51) milímetros (2"). -
Estos materiales deberán ser triturados y cribados por
la malla de treinta y ocho (38) milímetros (1¹/₂").
- B) Tezontles y materiales cohesivos, como tepetates, cali-
ches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas, que
al extraerlos resulten con terrones que pueden disgre-
garse por la acción del equipo mecánico y que posterior-
mente a dicho tratamiento contienen más del cinco por -
ciento (5%) de partículas de tamaño mayor de cincuenta

y un (51) milímetros (2"). Estos materiales deberán ser triturados y cribados por la malla de treinta y ocho -- (38) milímetros ($1\frac{1}{2}$ "), sin que previamente deban disgregarse por la acción de equipo mecánico.

Los materiales que requieren trituración total y cribado a través de la malla de treinta y ocho (38) milímetros ($1\frac{1}{2}$ "), son los que provienen de:

- A) Piedra extraída de mantos de roca.
- B) Piedra de pepena.
- C) Piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

En México, las sub-bases y bases se construyen, en general, con un material granular (grava) mezclado con: cementante natural y agua, cemento y agua, cal y agua, emulsión asfáltica, o asfalto fluxado, o bien, se construyen de arena mezclada con emulsión asfáltica. Las más usuales son las construidas con un material granular (grava mezclado con cemento natural y agua, y las construidas con arena y emulsión asfáltica).

Los materiales que más uso tienen en sub-bases y bases hidráulicas son las gravas-arenas procedentes de ríos, las cuales generalmente deben ser sometidas a trituración parcial y cribado, y en mayor parte de los casos es necesario mezclarlas con otro material que posea ciertas características, para que complementen su granulometría, mejoren su cementación, abatan su plasticidad, etc.; estos materiales se prefieren a otros, debido a lo económico que resultan tanto en su extracción, como en su tratamiento.

Otro de los materiales que frecuentemente se emplean son los conglomerados, y aunque su uso más común es en sub-bases,

también se emplean en bases; en ambos casos después de su trituración parcial y cribado, lo más usual es que se les agregue un material fino inerte, para reducir principalmente sus características plásticas. Los conglomerados también son de uso probable y para su empleo, en general se someten a trituración parcial y cribado, mejorándose sus características en caso de ser necesario, con algún otro material en la forma señalada para las gravas-arenas de río.

La arenisca es otro de los materiales que generalmente se emplean en sub-bases, dichos materiales normalmente sólo se someten a tratamiento de disgregado o trituración parcial; también se emplean como materiales de mejoramiento en los de base (15 a 25%), los cuales comúnmente son materiales triturados total o parcialmente cribados.

Principalmente en las sub-bases se emplean algunos tipos de rocas alteradas, las que en la mayoría de las ocasiones se les da tratamiento de disgregado o trituración parcial, dependiendo éste de su grado de alteración. En ocasiones se utilizan en un porcentaje reducido (de 15 a 30%), como materiales de mejoramiento en las mismas sub-bases y/o bases. Cuando se encuentran muy alteradas se han empleado en la construcción de la capa sub-rasante.

Los materiales sometidos a trituración total y cribado, como las rocas procedentes de mantos, depósitos, pepena, etc., se emplean principalmente en bases hidráulicas, pero en ocasiones, debido a la escasez de otros materiales más económicos como las gravas-arenas, los conglomerados, etc., se emplean también en sub-bases; en ambos casos dichos materiales se usan solos cuando cumplen con los requisitos especificados

, como sucede con las calizas, pero en ocasiones es necesario incorporarles algún otro material, con ciertas características que complementen o mejoren las que tiene el material triturado como es el caso por ejemplo del basalto.

Los tipos de materiales antes señalados, son los que se emplean con mayor frecuencia, pero también se usan otros materiales de tipo especial, como son, el tezontle, las escorias de fundición, los desperdicios de minas, las conchuelas de mar, el yeso y el sascab.

1-2.4 TENDIDO Y COMPACTACION.

La planta mezcladora de sub-base y base constituye la herramienta más apropiada para realizar el mezclado de los materiales. A pesar de lo anterior, en México este mezclado todavía se hace, en la mayoría de los casos, utilizando motoconformadoras.

La construcción de la sub-base se iniciará cuando las terracerías estén terminadas.

El volumen de material por estación de 20 metros, será el necesario para dar el espesor que se fije. La longitud máxima en el camino para descargar material, antes de construir la sub-base, deberá ser la adecuada.

El tendido y compactación de los materiales para la formación de la sub-base, se hará como sigue:

- a) Se extenderá parcialmente el material previamente desagregado y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad que se fije. A continuación se extenderá y compactará -

en una o más capas que den espesores mayores de quince (15) centímetros para el material ya compactado, hasta obtener el espesor y sección que se fije.

- b) Cuando deban emplearse dos (2) o más materiales, previamente disgregados, se mezclarán en seco, con objeto de obtener una mezcla uniforme. Posteriormente se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad óptima. La mezcla deberá tenderse y compactarse cuando quede homogénea en granulometría y humedad, evitando la clasificación del material. El tendido deberá hacerse en capas sucesivas que den espesores mayores de quince (15) centímetros para la mezcla ya compactada, hasta obtener el espesor y sección fijado. Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado mínimo de noventa y cinco por ciento (95%). Se darán riegos superficiales de agua, únicamente durante el tiempo que dure la compactación, para compensar la pérdida de humedad por evaporación.
- c) Para la compactación, se requiere de un compactador vibratorio autopropulsado de 9 ton. de peso estático compuesto de un solo rodillo, y de un compactador neumático autopropulsado de 11 ton. con llantas de 90 psi. En las tangentes y curvas, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas con sobreelevación, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

1-2.5 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la sub-base, se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, - espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- | | |
|---|----------|
| a) Ancho de la sección, del eje a la orilla; para caminos. - En patios y plataformas de su línea de base. | + 10 cm. |
| b) Nivel de la superficie, en sub-base para losas de concreto hidráulico. | ± 1 cm. |
| c) Pendiente transversal, para caminos. | ± 0.5 %. |
| d) Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de tres (3) metros de longitud para caminos, y de cinco (5) metros de longitud para patios y plataformas, paralela y normalmente al eje:
Para caminos, máximo. | 2 cm. |
| Para patios y plataformas: | |
| i) Pavimento rígido, máximo. | 1 cm. |
| ii) Pavimento flexible, máximo. | 1.5 cm. |

En espesores para caminos, patios y plataformas, la raíz -

cuadrada, del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba al espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que catorce centésimos (0.14) del espesor real promedio de la sub-base para el caso de pavimentos flexibles, igual o menor que doce centésimos (0.12) del espesor real promedio de la sub-base de pavimentos rígidos; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al ochenta y cuatro por ciento (84%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para la sub-base de pavimentos flexibles, al noventa por ciento (90%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para la sub-base de pavimentos rígidos. Lo anterior también se puede expresar de la siguiente manera:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.14 \bar{e}$$

para sub-base de pavimentos flexibles,

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.12 \bar{e}$$

para sub-base de pavimentos rígidos; y para sub-base de pavimentación flexibles,

$$|e_r - e| \leq 0.20 e$$

en el ochenta y cuatro por ciento (84%) de los casos como mínimo, y

$$|e_r - e| \leq 0.20 e$$

en el noventa por ciento (90%) de los casos como mínimo, para sub-base de pavimentos rígidos.

en donde:

e = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n, e_r$ = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

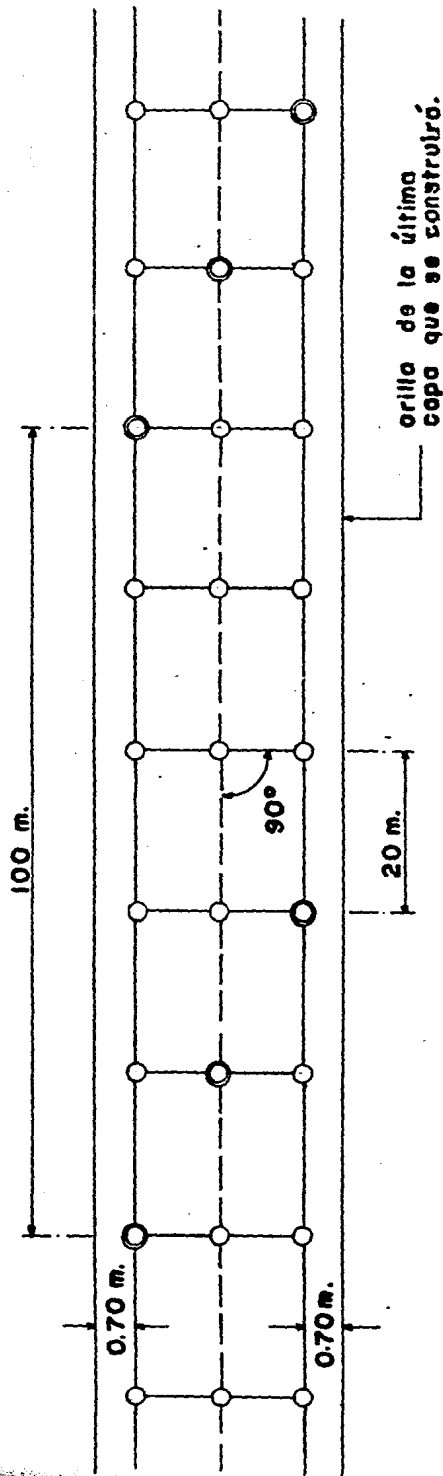
$$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n}{n} = \text{Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.}$$

n = Número de verificaciones de espesor real hechos en el tramo.

La distribución de los puntos donde se llevarán a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancias, deberá ser la indicada en las figuras 1-2.5.1 y 1-2.5.2 respectivamente.

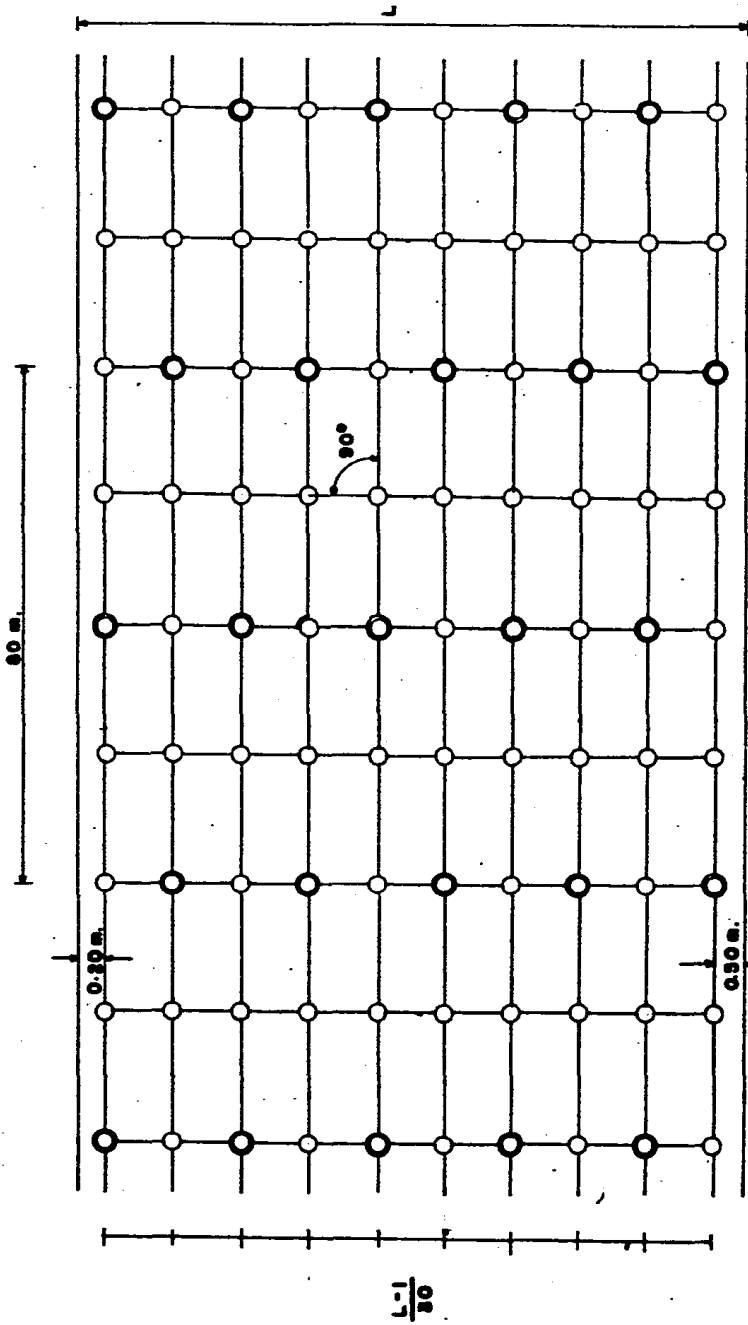
PUNTOS DE VERIFICACION CAMINOS

FIG. 1-2.5.1.



- Puntos de nivelación.
- ⊙ Puntos de nivelación y sondeo.

PUNTOS DE VERIFICACION ²² PÁTIOS Y PLATAFORMAS
 FIG. 1-2. S. 2.



orilla de la última copa que se construirá.

20 m.

0.30 m.

0.30 m.

○ Puntos de nivelación.

● Puntos de nivelación y sondos.

L=ancho de la plataforma o patio en metros.

1-3 BASE.

1-3.1 DEFINICION.

Capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante de caminos, patios y plataformas, limitadas en su parte superior por la carpeta. Teniendo como función, soportar apropiadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y distribuir los esfuerzos a la sub-base o capa sub-rasante, en tal forma que no les produzca deformaciones perjudiciales.

1-3.2 MATERIALES.

Los materiales seleccionados que se empleen en la construcción de base, deberán satisfacer los requisitos que a continuación se mencionan.

- a) De granulometría, serán los mismos que se han indicado para la sub-base.
- b) De contracción lineal y valor cementante, según lo indicado en el cuadro 1-3.2.1.
- c) De valor relativo de soporte:
 - Para caminos con un volumen de tránsito hasta de 1000 vehículos por día. 80 %.
 - Para caminos con un volumen de tránsito mayor de 1000 vehículos por día. 100 %.

- | | |
|--|----------------------------|
| d) De afinidad con el asfalto. Desprendimiento por fricción. | Máximo 25%.
(tentativo) |
| e) Pérdida de estabilidad. Por inmersión en agua. | Máximo 25%.
(tentativo) |

ZONA EN QUE SE CLASIFICA

EL MATERIAL DE ACUERDO ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3
CON SU GRANULOMETRIA.

Contracción lineal en --
por ciento. 4.5 máx 3.5 máx 2.0 máx

Valor cementante en Kg/-
cm² para materiales an--
gulosos. 4.5 mín 3.5 mín 2.5 mín

Valor cementante en Kg/-
cm² para materiales re--
dondados y lisos. 7.0 mín 5.0 mín 4.0 mín

CUADRO 1-3.2.1.

1-3.3 EJECUCION.

La construcción de la base se iniciará cuando la sub-base o las terracerías, si la base se construye directamente sobre éstas, estén terminadas.

El volumen de material por estación de 20 metros, será el necesario para dar el espesor adecuado. La longitud máxima en el camino para descargar material, antes de construir la base, deberá ser la adecuada.

El tendido y compactación de los materiales para la forma-

ción de la base, se hará siguiendo los mismos procedimientos descritos para la sub-base.

1-3.4 BASES ESTABILIZADAS.

La escasez de materiales pétreos adecuados para la construcción de sub-bases o bases, obliga algunas veces a utilizar los materiales disponibles que se encuentran cercanos a la obra, y que por sí solos no reúnen características físicas satisfactorias para dichos fines. En esos casos, mediante la adición de un producto estabilizante, se logra disminuir su plasticidad y aumentar su resistencia.

Los casos más frecuentes de estabilizaciones, de acuerdo con el tipo de estabilizante empleado, son los siguientes:

- A) Estabilización con asfalto. Es una solución muy empleada en el caso de construcción de bases en caminos en operación, ya que presenta las siguientes ventajas:
 - 1) Pueden emplearse materiales pétreos cuya granulometría no sería adecuada para base. Ello es muy importante en algunas zonas del país, en que es preciso utilizar bancos de material cercanos a la zona de trabajo, pues de otra manera se encarece mucho la obra.
 - 2) Provoca menos molestias a los usuarios, en los casos de caminos en que no es económico hacer desviaciones. Cuando se elabora una base no estabilizada con asfalto, se produce polvo, o lodo, y además las interrupciones al tránsito son más prolongadas.
 - 3) Su espesor, en general es menor que el requerido pa-

ra base sin estabilizar, aproximadamente en un treinta y tres por ciento (33%). El disminuir el espesor y utilizar en consecuencia un volumen menor de material pétreo es especialmente conveniente cuando se trata de materiales con un alto costo de extracción y/o tratamiento, o que requieren acarreos largos. -- Frecuentemente en estos casos, el abatimiento del -- costo del material pétreo compensa el costo del producto asfáltico que requiere.

Sin embargo, no todas son ventajas en el uso de bases estabilizadas con asfalto, ya que con frecuencia se tiene dificultad para disponer oportunamente de las cantidades necesarias de productos asfálticos por problemas de adquisición, acarreo y almacenamiento. Asimismo, las grandes cantidades de productos asfálticos requeridas para las estabilizaciones podrían limitar la construcción de carpetas, sobrecarpetas y riegos de sello.

Por lo anterior, es indispensable estudiar con detalle las condiciones de bancos de materiales en la zona, así como el diseño del pavimento en sí, para poder escoger la mejor solución técnica y económica.

En cuanto a procedimiento de construcción, las bases estabilizadas tienen el mismo que las carpetas, con las siguientes diferencias básicas:

- a) De preferencia el acabado superficial deberá tener textura abierta, para que se logre una buena adherencia con la carpeta, especialmente si ésta es de riegos.
- b) Una vez compactada, deberá tener un espesor no menor

de ocho (8) centímetros.

- c) Cuando el espesor sea superior a doce (12) centímetros, deberá construirse en dos o más capas, cuidando de que el tamaño máximo del material pétreo no sea mayor del sesenta y seis por ciento (66%) del espesor de la capa que lo contiene.

B) Estabilización con cemento. Pueden ser de dos tipos:

- 1) Estabilización del tipo flexible. Se logra empleando únicamente la cantidad necesaria de cemento para neutralizar la arcilla por acciones físico-químicas, -- sin llegar a alcanzar la aglutinación suficiente para producir una masa rígida. Aun cuando se utilizan porcentajes relativamente bajos de cemento, puede -- producirse una cierta rigidez en la capa compactada, que es perjudicial cuando las deformaciones en la terracería ocasionadas por cargas, producen en la capa estabilizada esfuerzos mayores que los que ésta puede resistir. Esto puede dar lugar a la formación de fisuras y grietas e inclusive a la desintegración de la capa estabilizada. Para evitar esta rigidez, es necesario que transcurra un periodo mínimo de tres (3) días entre la incorporación del cemento y el agua y la compactación del suelo estabilizado. Durante este periodo deberá removerse la mezcla dos (2) veces al día. Será conveniente ampliar dicho lapso, si por el tipo de cemento empleado, o por alguna otra causa, se observan contracciones elevadas en el camellón al finalizar el periodo de tres (3) días.

- 2) Estabilización del tipo rígido. Difiere de la anterior en que el cemento no solamente neutraliza la actividad de la arcilla, sino que también proporciona al suelo una elevada resistencia que le permite, una vez compactado, trabajar en forma semejante al pavimento de concreto hidráulico. La cantidad de cemento que se utiliza varía en función de la finura, granulometría y plasticidad del suelo y es generalmente entre seis y catorce por ciento (6 y 14%) del peso del suelo seco.

El procedimiento de construcción en una estabilización de tipo rígido es el mismo que el usado para bases no estabilizadas, hasta el momento en que se tiene el camellón de material pétreo homogéneo en seco.

Una vez que se tiene el material pétreo homogéneo se abre el camellón en canal en forma de "V", se deposita el cemento en la parte interior de dicho canal, de acuerdo con la dosificación señalada por el laboratorio, y se procede a revolver ambos materiales en seco y a iniciar su mezclado por medio de mototoconformadoras o de mezcladoras móviles.

Tan pronto se logre una mezcla homogénea, se procederá a incorporarle agua hasta obtener la humedad óptima que recomiende el laboratorio.

A continuación se procederá a su tendido y compactación. Para esta última se usará un compactador neumático y posteriormente un rodillo metálico de diez (10) a doce (12) toneladas.

Debido a la cantidad elevada de cemento que se uti

za, se pueden producir grietas de contracción, que es necesario evitar o disminuir, protegiendo la capa compactada de la evaporación, curándola en forma similar a la acostumbrada para losas de concreto hidráulico. Para ese efecto, puede colocarse una capa de arena o paja o cualquier otro material que conserve la humedad durante el período de curado, o bien aplicar una película asfáltica, recomendándose específicamente para esto el uso de emulsiones.

Una vez terminado el curado de la base se deberá proceder a la brevedad posible a su impregnación y a la construcción de la carpeta, eliminando previamente la capa asfáltica si se usa emulsión para el curado.

- C) Estabilización con cal. Se usa fundamentalmente para abatir plasticidad en los suelos que la tienen en exceso. Los resultados obtenidos varían mucho con las características del suelo y de la cal, tanto en el momento de elaborar la mezcla como en el transcurso del tiempo.

Aun cuando en general, los resultados que se obtienen son satisfactorios, se han presentado casos en los que la plasticidad de los suelos prácticamente no sufre reducción al añadirles la cal, o bien acusa un aumento — con el tiempo y en ocasiones llega a tener el valor original de plasticidad. Por ello, es necesario antes de hacer la estabilización efectuar investigaciones preliminares con los materiales que se vayan a usarse, las que requieren normalmente un lapso de varios meses. Di-

chos estudios deberán definir el porcentaje óptimo de cal y el procedimiento de construcción a seguir, en caso de que su resultado sea satisfactorio.

El procedimiento de construcción, en general, es el mismo que en el caso de bases sin estabilizar, pero debe tenerse la precaución de tender el material inmediatamente después de terminado el mezclado.

Las bases de mezcla estabilizada con cal presentan -- muy poca resistencia al desgaste superficial, por lo -- que deberán impregnarse y protegerse con carpeta, a la brevedad posible.

1-3.5 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la base, se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

- a) Ancho de la sección, del eje a la orilla; para caminos. -
En patios y plataformas de su línea de base. + 10 cm.
- b) Nivel de la superficie, en bases para carpetas asfálticas, para patios. ± 1 cm.
- c) Pendiente transversal, para caminos. ± 0.5 %.
- d) Profundidad de las depresio-

nes, observadas colocando -- una regla de tres (3) metros de longitud para caminos, y de cinco (5) metros de longitud para patios y plataformas, paralela y normalmente al eje:

Para caminos, máximo	1.5 cm.
Para patios y plataformas; Pavimento flexible, máximo	1 cm.

En espesores para caminos, patios y plataformas, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba al espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que doce centésimos (0.12) del espesor real promedio de la base de pavimentos flexibles e igual o menor que nueve centésimos (0.09) del espesor promedio conjunto de sub-base más base de pavimentos flexibles; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al noventa por ciento (90%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para la base de pavimentos flexibles y al noventa y cinco por ciento (95%) como mínimo, en el caso del conjunto de sub-base más base de pavimentos flexibles, siempre deberá ser igual o menor que el veinte por ciento (20%) de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \cong 0.12 \bar{e}$$

para base de pavimento flexibles; y

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \cong 0.09 \bar{e}$$

para sub-base más base de pavimentos flexibles,

$$|e_r - e| \leq 0.20 e$$

en el noventa por ciento (90%) de los casos como mínimo, para base de pavimentos flexibles; y

$$|e_r - e| \leq 0.20 e$$

en el noventa y cinco por ciento (95%) de los casos como mímo, para sub-base más base de pavimentos flexibles.

La distribución de los puntos donde se llevarán a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y a aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancias, deberá ser la indicada en las figuras -- 1-2.5.1. y 1-2.5.2. respectivamente.

CAPITULO II

2 PAVIMENTOS.

El pavimento es una estructura formada por varias capas -- de materiales seleccionados que dan lugar en su parte superior a una superficie de rodamiento, que se denomina carpeta. El pavimento tiene por objeto aminorar el efecto de las cargas directas del tránsito, es decir, transmite las cargas de los vehículos a las terracerías, pero en una superficie más amplia, con lo cual se logra disminuir las presiones que deben soportar las terracerías, para que estas puedan funcionar adecuadamente.

Existe una gran variedad de pavimentos; sin embargo, en general podemos hablar de dos grandes grupos: los pavimentos de tipo flexible y los pavimentos de tipo rígidos.

Los pavimentos flexibles están constituidos por diversas capas de materiales seleccionados, y en la parte superior están constituidos por una carpeta formada con material pétreo y un producto asfáltico. Estas carpetas las podemos clasificar como sigue:

1. Carpetas por el Sistema de Riegos.
2. Carpetas por el Sistema de Mezcla en el Lugar.

3.- Carpetas de Concreto Asfáltico.

Los pavimentos rígidos están constituidos en la parte superior por losas de concreto hidráulico; en su parte inferior - generalmente se construye una sub-base, pero a veces no.

2-1 CARPETAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS.

2-1.1 DEFINICION.

Se define como carpeta asfáltica por el sistema de riegos, las que se construyen mediante uno (1) o más riegos de productos asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños, triturados y/o cribados.

Estas carpetas podrán ser de un (1), dos (2) o tres (3) -- riegos de materiales pétreos. El número de riegos que se apliquen es el que da el nombre a la carpeta.

2-1.2 MATERIALES.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción - de carpetas por el sistema de riegos, se clasifican como se - indica en la tabla 2-1.2.1.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas construídas por el sistema de riegos (tratamientos superficiales) y - para riego de sello, deberán satisfacer los requisitos siguientes:

- a) De granulometría, (véase la tabla 2-1.2.2.).
- b) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo máximo 30 %.
- c) De intemperismo acelerado. máximo 12 %.
- d) De afinidad con el asfalto.
 - d.1) Desprendimiento por fricción máximo 25 %.
 - d.2) Cubrimiento con asfalto. mínimo 90 %.
- e) Pérdida de estabilidad. Por inmersión en agua. máximo 25 %.

Los productos asfálticos que se empleen en la construcción de carpetas por el sistema de riegos, serán rebajados de fraguados rápido o emulsiones de rompimiento rápido.

2-1.3 MATERIALES ASFÁLTICOS.

Son materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos o semisólidos, que se licuan gradualmente al calentarse, cuyos componentes básicos son hidrocarburos. Los materiales asfálticos se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y de sello, en construcción de carpetas y en elaboración de mezclas y morteros.

Los materiales asfálticos se clasifican en:

a) Cemento asfáltico.

Asfaltos obtenidos por un proceso de destilación de petróleo para eliminar sus solventes volátiles y parte de

Material pétreo	que pasa por malla de	y se retenga en malla de.
Núm. 1	25.4 mm (1")	12.7 mm (1/2")
Núm. 2	12.7 mm (1/2")	6.3 mm (1/4")
Núm. 3-A	9.5 mm (3/8")	Núm. 8
Núm. 3-B	6.3 mm (1/4")	Núm. 8
Núm. 3-E	9.5 mm (3/8")	Núm. 4

TABLA 2-1.2.1.

MALLA	CONDICIONES	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO.				
		1	2	3-A	3-B	3-E
De 31.8 mm (1 1/4")	Debe pasar	100 %				
De 25.4 mm (1")	Debe pasar	95 % mínimo				
De 19.1 mm (3/4")	Debe pasar		100 %			
De 12.7 mm (1/2")	Debe pasar		95 % mínimo	100 %		100 %
	Debe retenerse	95 % mínimo				
De 9.5 mm (3/4")	Debe pasar			95 % mínimo	100 %	95 % mínimo
	Debe pasar				95 % mínimo	
De 6.3 mm (1/4")	Debe retenerse		95 % mínimo			
	Debe retenerse					95 % mínimo
Nda. 4	Debe retenerse			95 % mínimo		100 %
Nda. 8	Debe retenerse		100 %	95 % mínimo	95 % mínimo	100 %
Nda. 10	Debe retenerse			100 %	100 %	

TABLA 2-1.2.2.

sus aceites; se divide en 4 grupos.

- a.1) Cemento asfáltico número 3
- a.2) Cemento asfáltico número 6
- a.3) Cemento asfáltico número 7
- a.4) Cemento asfáltico número 8

b) Asfaltos rebajados.

- b.1) Fraguado rápido (FR)
- b.2) Fraguado medio (FM)
- b.3) Fraguado lento (FL)

b.1) Asfaltos rebajados de fraguado rápido.

Materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la nafta o gasolina.

Materiales	T I P O S				
Asfáltico	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
Residuo en %	50	60	67	73	78

b.2) Asfalto rebajado de fraguado medio.

Material asfáltico compuesto de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la querosina.

Materiales	T I P O S				
Asfáltico	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
Residuo en %	50	60	67	73	78

b.3) Asfalto rebajado de fraguado lento.

Material asfáltico compuesto de un cemento asfáltico y un disolvente poco volátil o aceite ligero.

Materiales	T I P O S				
Asfáltico	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
Residuo en %	50	60	67	73	78

c) Emulsiones asfálticas.

Materiales asfálticos líquidos estables, formados de 2 fases no miscibles, en los cuales la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto.

Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones -- pueden ser:

c.1) Emulsiones Aniónicas.

Constituidas por glóbulos de cargas electronegativas.

c.2) Emulsiones Catiónicas.

Constituidas por glóbulos de cargas electropositivas.

Por el tipo de rompimiento las emulsiones asfálticas se clasifican en:

- a) Rompimiento rápido.
- b) Rompimiento medio.
- c) Rompimiento lento.

Los diferentes tipos de materiales asfálticos mencionados, deberán de satisfacer las siguientes pruebas:

A) Cemento asfáltico.

CONCEPTO	GRADO DEL CEMENTO ASPALTICO			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración, 100 gr. 5 seg, 25°C, grados.	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybol-Furoil: A 135°C, seg. mínimo.	60	85	100	120
Punto de inflamación (Copa abierta de Cleveland), °C. mínimo.	200	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C.	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo.	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo.	1.4	1	0.8	0.8

B) Asfaltos rebajados de fraguado rápido

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	PR-0	PR-1	PR-2	PR-3	PR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.					
Punto de inflamación - (Copa abierta de Tag), °C mínimo.			27	27	27
Viscosidad Saybol-Furol:					
A 25°C, seg.	75-150				
A 50°C, seg.		75-150			
A 60°C, seg.			100-200	250-500	
A 82°C, seg.					125-250
Destilación: por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 190°C, más de	15	10			
Hasta 225°C, más de	55	50	40	25	8
Hasta 260°C, más de	75	70	65	55	40
Hasta 315°C, más de	90	88	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C., por ciento del volumen total por diferencia, mínimo.	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.					
Penetración (grados).	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en cm. (mínimo).	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

C) Asfaltos rebajados de fraguado medio.

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FM-0	FM-1	FM-2	FM-3	FM-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.					
Punto de inflamación - (Copa abierta de Tag), °C mínimo.	38	38	66	66	66
Viscosidad Saybol-Furol:					
A 25°C, seg.	75-150				
A 50°C, seg.		75-150			
A 60°C, seg.			100-200	250-500	
A 82°C, seg.					125-250
Destilación: por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 225°C.	25 máx	20 máx	10 máx	5 máx	0
Hasta 260°C.	40-70	25-65	15-55	5-40	30 máx
Hasta 315°C.	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 360°C., por ciento del volumen total por diferencia, mínimo.	50	60	67	73	78
Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.					
Fenestración (grados).	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en cm. (mínimo).	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

D) Asfaltos rebajados de fraguado lento.

CONCEPTO	GRADO DEL PRODUCTO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL.					
Punto de ignición (Copa abierta de Cleveland), °C mínimo.	66	66	80	93	107
Viscosidad Saybol-Furol:					
A 25°C, seg.	75-150				
A 50°C, seg.		75-150			
A 60°C, seg.			100-200	250-500	
A 82°C, seg.					125-250
Destilación: por ciento del total destilado a 360°C.					
Hasta 225°C, más de	25	20	10	5	0
Hasta 260°C, más de	40-70	25-65	15-55	5-40	30 máx
Hasta 315°C, más de	75-93	70-90	60-87	55-85	40-80
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, por ciento, mínimo.	40	50	60	70	75
Agua por destilación, por ciento, máximo.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION.					
Flotación en el residuo de la destilación, a 25°C, segundos.	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C. en cm, mínimo.	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo.	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

E.1) Emulsiones asfálticas aniónicas.

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O D E L P R O D U C T O					
	ROMPIMIENTO RÁPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-1	RR-2	RM-2	RM-2	RL-1	RL-2
PRUEBAS AL MATERIAL ASPALTICO						
Viscosidad Saybol-Puro1 a 25°C, segundos	20-100	74-400	100 mfn	20-100	20-100	20-100
Viscosidad Saybol-Puro1 a 50°C, segundos	57	62	62	57	57	57
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo.	3	3	3	3	3	3
Asentamiento en 5 días, diferencia por ciento, máximo.	60	50				
Demulsibilidad:						
35 ml. de 0.02N CaCl ₂ , por ciento, mínimo.			30			
50 ml. de 0.10N CaCl ₂ , por ciento, mínimo.						
Retenido en la malla No. 20, por ciento máximo.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo.				2.0	2.0	2.0
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION.						
Penetración, 25°C, 100 g., 5 segundos, -- grados.	100-200	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, - por ciento, mínimo.	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo.	40	40	40	40	40	40

NOTA: La viscosidad de las emulsiones no debe suener más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cuarenta grados centígrados (40°C).

E.2) Emulsiones asfálticas catiónicas.

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O D E L P R O D U C T O					
	ROMPIMIENTO RAPIDO	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	ROMPIMIENTO LENTO
PRUEBAS AL MATERIAL ASPALTICO.						
Viscosidad Saybol-Furol a 25°C, segundos	20-100	100-400	50-500	50-500	20-100	20-100
Viscosidad Saybol-Furol a 50°C, segundos	60	65	60	65	57	57
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo.	5	5	5	5	5	5
Asentamiento en 5 días, diferencia en -- por ciento, máximo.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Retenido en la malla No. 20, por ciento, máximo.						
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo). Prueba de resistencia al agua:						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo.			80	80		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo.			60	60		
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo.	+	+	+	+	2	2
Carga de la partícula.					6.7	6.7
PH, máximo.	3	3	20	12		
Disolvente en volúmen, por ciento, máximo.						

E.2) Emulsiones asfálticas catiónicas (continuación).

C A R A C T E R I S T I C A S	G R A D O D E L P R O D U C T O					
	ROMPIMIENTO RAPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	HU-2K	HL-3K
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION.						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 segundos, --- grados.	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250	100-250
Solubilidad en tetracloruro de carbono, --- por ciento, mínimo.	97	97	97	97	97	97
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo.	40	40	40	40	40	40

NOTA: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30%) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a diez grados centígrados (10°C), ni bajar más de treinta por ciento (30%) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20°C) a cuarenta grados centígrados (40°C).

Las temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo deberán ser las que se indican a continuación

A) Cementos asfálticos.	Núm. 3	de 120°C a 160°C
	Núm. 6	de 120°C a 160°C
	Núm. 7	de 120°C a 160°C
	Núm. 8	de 120°C a 160°C
B) Asfaltos rebaja- dos de fraguado rápido.	FR-0	de 20°C a 40°C
	FR-1	de 30°C a 50°C
	FR-2	de 40°C a 60°C
	FR-3	de 60°C a 80°C
	FR-4	de 80°C a 100°C
C) Asfaltos rebaja- dos de fraguado medio.	FM-0	de 20°C a 40°C
	FM-1	de 30°C a 60°C
	FM-2	de 70°C a 85°C
	FM-3	de 80°C a 95°C
	FM-4	de 90°C a 100°C
D) Asfaltos rebaja- dos de fraguado lento.	FL-0	de 20°C a 30°C
	FL-1	de 30°C a 45°C
	FL-2	de 75°C a 85°C
	FL-3	de 85°C a 95°C
	FL-4	de 95°C a 100°C
E) Emulsiones asfál- ticas.		de 5°C a 40°C

Por ningún motivo deberán aplicarse los materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5°C), cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizadora sea uniforme.

Al hacerse la aplicación del producto asfáltico, deberá tenerse especial cuidado para evitar los empalmes en los riegos y deberá vigilarse que las espreas de la petrolizadora no estén obstruidas y que queden a la altura conveniente para que la distribución del riego sea uniforme.

Cuando lo fije el proyecto, se agregará a los materiales asfálticos algún aditivo, del tipo y en la proporción fijados . El aditivo deberá agregarse en la petrolizadora o en los --tanques de almacenamiento de la planta mezcladora, según sea el caso, cuando los materiales asfálticos se encuentren a la temperatura requerida. Se tomarán las precauciones necesarias para asegurar que el aditivo se mezcle adecuadamente con el material asfáltico.

2-1.4 RIEGO DE IMPREGNACION.

Consiste, en la aplicación de un producto asfáltico rebajado de fraguado medio o lento, a la base terminada.

La función de este riego es la de impregnar superficialmente y hasta la profundidad a que penetre el asfalto, para formar una transición entre la base y la carpeta asfáltica y dar a la base mayor impermeabilidad y resistencia al intemperismo y a la abrasión, para que se proteja durante el tiempo que --transcurra entre su terminación y la construcción de la carpeta.

El riego de impregnación se realizará como se indica a continuación:

Terminada la base se procederá al barrido de la misma para

eliminar todo el polvo suelto y materias extrañas a la base, que se encuentren en la superficie. Esta operación deberá efectuarse utilizando escobas, cepillos de mano o barredoras - mecánicas. Se procederá en seguida a dar el riego de asfalto. Al usar asfaltos rebajados, se debe tener siempre en mente -- que este material debe tener una baja viscosidad inicial para que pueda ser enteramente absorbida por el material de la base que fué tratada. Después de que el riego de asfalto rebajado haya sido aplicado y antes de que la absorción haya terminado, el material asfáltico debe empezar a desarrollar dureza y propiedades de cimentación.

La clasificación del asfalto que se use dependerá de la -- textura de la base, así como una base de piedra triturada se puede esperar un buen funcionamiento si se imprime con FM-1 ó FM-2; y una base de material tepetatoso, cuya textura es cerrada se puede esperar un buen funcionamiento si la base se imprime con asfaltos de fraguado lento FL-1 ó FL-2. Cuando se usen asfaltos de fraguado medio FM-2, la aplicación puede variar de 1 a 1.5 lt/m²., para asfaltos rebajados de fraguado - FM-1, FL-1, FL-2; la aplicación puede ser por término medio - de 1.20 a 1.70 lt/m².

Como regla general se puede seguir la siguiente: Cuando la aplicación de los asfaltos en los riegos de penetración, sean mayores de 1 lt/m² es conveniente el darlo en dos riegos, llevando la precaución de que no se regará la segunda parte del mismo hasta en tanto no se haya absorbido y secado la primera parte del riego. El tiempo que dura en secar un riego de impregnación, dependerá de la textura de la base, condiciones - climáticas e intensidad del viento, por lo que no es posi--

ble predecir dicho tiempo, pero puede variar de 24 a 48 horas según el tipo de asfalto que se use.

La parte impregnada del camino deberá cerrarse al tránsito y por ningún motivo deberá permitirse el paso de vehículos -- hasta que el producto asfáltico haya penetrado y fraguado superficialmente, durante 24 horas como mínimo, después de la a plicación. Cuando por causas de fuerza mayor sea necesario abrir al tránsito el camino, podrá cubrirse inmediatamente el riego con arena.

2-1.5 RIEGO DE LIGA.

El riego de liga tiene por objeto unir perfectamente la ba se con la mezcla asfáltica mediante la aplicación de un rebajado asfáltico en la superficie.

Normalmente se aplica a las bases o sub-bases impregnadas antes del tendido de la base negra o carpeta asfáltica, dependiendo del diseño del pavimento; también se aplica entre la base asfáltica y la carpeta asfáltica cuando el tendido entre una y otra capa es mayor de treinta y seis (36) horas; entre pavimento existente (carpeta asfáltica o concreto hidráulico) y carpeta asfáltica cuando se trate de una sobrecarpeta; entre los riegos pétreos en carpeta de riegos.

La superficie de la base o sub-base impregnada, de la base asfáltica o del pavimento existente deberá estar seca y sin materias extrañas o sueltas, deberá barrerse perfectamente para después aplicarse el riego de liga con petrolizadora, utilizando un producto asfáltico de fraguado rápido y a la tempe

gua especialmente que ésta llegue a la base.

- 3) Dar rugosidad a la superficie para hacerla antiderrapante.
 - 4) Revivar el asfalto de una carpeta expuesta a la acción de la intemperie.
 - 5) Proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento y/o desgaste superficial.
 - 6) Obtener en la superficie de rodamiento un color adecuado para mayor visibilidad nocturna.
- B) Los casos en los que no deberá recurrirse al riego de sello, por no ser la solución adecuada, son los siguientes:
- 1) Cubrir defectos de construcción que, en primer lugar no debieron haberse tolerado y cuya solución no sea el riego de sello. Este es el caso, por ejemplo, de carpeta con exceso de asfalto o disolventes, mala granulometría del material u otros.
 - 2) Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta y/o del drenaje o sub-drenaje.
 - 3) Tratar de corregir desplazamientos del material debidos a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de liga deficientes.

MATERIALES.

- A) Tanto los materiales pétreos, como los asfálticos, deberán ajustarse íntegramente a lo asentado en las Especificaciones. En la tabla 2-1.6.1. se indican las características -

ratura especificada. Para condiciones normales se usará una dosificación de cero punto cinco (0.5) a cero punto setenta y cinco (0.75) litros de asfalto por metro cuadrado. Esta dosificación podrá aumentarse, cuando se trate de riego de liga sobre carpeta de textura muy abierta y/o agrietada, o bien disminuirse si se trata de carpeta con exceso de asfalto y/o textura muy cerrada.

No es conveniente que este riego de liga este expuesto mucho tiempo sin tender la mezcla asfáltica, ya que puede adquirir impureza, tales como polvo, agua o materias extrañas. Lo recomendable es que, la petrolizadora vaya adelante haciendo el riego, a una distancia de 100 metros del tendido de la mezcla asfáltica.

2-1.6 RIEGO DE SELLO.

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

USO.

A) Los casos en los que se recomienda el riego de sello son los siguientes:

- 1) Cuando se requiera proporcionar una superficie de desgaste a una carpeta.
- 2) Cuando la carpeta existente esté agrietada y/o tenga textura muy abierta, para evitar que se introduzca a

gua especialmente que ésta llegue a la base.

- 3) Dar rugosidad a la superficie para hacerla antideslizante.
 - 4) Revivar el asfalto de una carpeta expuesta a la acción de la intemperie.
 - 5) Proteger la carpeta cuando se inicia el proceso de desgranamiento y/o desgaste superficial.
 - 6) Obtener en la superficie de rodamiento un color adecuado para mayor visibilidad nocturna.
- B) Los casos en los que no deberá recurrirse al riego de sello, por no ser la solución adecuada, son los siguientes:
- 1) Cubrir defectos de construcción que, en primer lugar no debieron haberse tolerado y cuya solución no sea el riego de sello. Este es el caso, por ejemplo, de carpeta con exceso de asfalto o disolventes, mala granulometría del material u otros.
 - 2) Tratar de corregir deformaciones o agrietamientos ocasionados por defectos de las capas inferiores a la carpeta y/o del drenaje o sub-drenaje.
 - 3) Tratar de corregir desplazamientos del material debidos a la inestabilidad de las mezclas asfálticas o riegos de liga deficientes.

MATERIALES.

- A) Tanto los materiales pétreos, como los asfálticos, deberán ajustarse íntegramente a lo asentado en las Especificaciones. En la tabla 2-1.6.1. se indican las características -

que deben reunir los materiales pétreos y asfálticos recomendados para el riego de sello, así como las dosificaciones adecuadas para cada tipo de material.

B) Como puede verse en la tabla, existe cierto margen en la dosificación de los materiales. Dentro de esta variación, aceptada por las Especificaciones, deberá fijarse la dosificación precisa que se requiera, dependiendo de las condiciones existentes en la superficie por sellar y de las características del material pétreo a usar, considerando los siguientes lineamientos generales:

- 1) Se efectuarán una serie de tanteos con distintas dosificaciones de materiales asfálticos y pétreos, en áreas de un (1) metro cuadrado.
- 2) La dosificación más adecuada será aquella con la que se logre una carpeta totalmente cubierta con sello, que tenga un desprendimiento de material pétreo no mayor del diez por ciento (10%) y que no presente afloramientos de asfalto.
- 3) Cuando, por experiencia anterior en condiciones similares se pueda definir la dosificación probable, se podrá iniciar el trabajo en tramos cortos, de longitud no mayor de trescientos (300) metros, e ir haciendo los ajustes que procedan en los tramos subsecuentes.
- 4) Deberá verificarse la cantidad de asfalto regada por metro cuadrado, colocando en el tramo por regar un papel de un (1) metro cuadrado y pesando el papel antes y después del riego. Se efectuarán en forma sistemática tres (3) de estas verificaciones por cada mil (1000) metros lineales de avance.

- C) Cuando, para corregir alguna deficiencia en los materiales pétreos, se requiera usar aditivos, deberán ser del tipo y con la dosificación recomendada por el laboratorio.
- D) Aun cuando ya se ha indicado que los materiales deben cumplir íntegramente lo asentado en las Especificaciones, por su importancia se consiguiera necesario insistir en que el material pétreo, además de tener la granulometría adecuada, satisfaga los siguientes requisitos:
- 1) El desgaste no debe ser mayor del treinta por ciento -- (30%) de acuerdo con la prueba de Los Angeles.
 - 2) Presentar afinidad con el asfalto. Esta se determina -- por medio de la prueba de desprendimiento por fricción y no debe ser mayor del veinticinco por ciento (25%).
 - 3) Las partículas que se rompan en forma de laja no deben exceder del treinta y cinco por ciento (35%).

EJECUCION.

La superficie por sellar deberá limpiarse de materia extraña y barrer perfectamente para eliminar el polvo. Inmediatamente se procederá a aplicar un riego de producto asfáltico - del tipo y la cantidad por metro cuadrado fijados, considerando los siguientes lineamientos:

- 1) La petrolizadora deberá arrancar por lo menos diez (10) - metros antes del punto en que deba empezar a regar, con - objeto de que al pasar por ese punto, ya lleve la velocidad adecuada.
- 2) Deberá tenerse especial cuidado de evitar los traslapes - de los riegos, cubriendo el lugar donde se inician con u-

na banda de hule o tiras de papel.

Antes de que hayan transcurrido veinte (20) minutos se cubrirá el riego de producto asfáltico con el material pétreo. Inmediatamente después se pasará la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones. Se procederá al planchado, el cual se iniciará con el rodillo liso, que se pasará hasta haber cubierto toda la superficie dos veces; posteriormente y usando en forma alterna con la rastra, se planchará con el compactador de llantas neumáticas el tiempo necesario para asegurar que el máximo de material pétreo se haya adherido al material asfáltico. Esta compactación deberá efectuarse en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el lado exterior.

Al terminar el planchado del camino deberá evitarse el tránsito en un lapso mínimo de seis (6) horas, al cabo de las cuales podrá abrirse, procurando que la velocidad de los vehículos no exceda de treinta (30) kilómetros por hora, durante los cuatro (4) primeros días.

Si se cuenta con desviaciones apropiadas, es conveniente no abrir el tramo al tránsito los cuatro (4) primeros días, durante los cuales se deberá reacomodar el material, pasando en forma alterna el compactador de llantas neumáticas y la rastra. Después de este tiempo, deberá procederse al barrido y remoción del material pétreo suelto sobrante, que no se haya adherido al pavimento durante estas operaciones.

DOSIFICACION DE MATERIALES PETREOS Y ASFALTICOS PARA LA
CONSTRUCCION DE UN RIEGO DE SELLO.

CONCEPTO	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO		
	3-A	3-B	3-E
I. MATERIAL PETREO			
1. Granulometría			
A) Que pase por la malla de	9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")	9.5 mm (3/8")
B) que se retenga en la malla de	Núm. 8	Núm. 8	Núm. 4
2. Dosificación en litros/m ² .	De 8 a 10	De 6 a 8	De 9 a 11
II. MATERIAL ASFALTICO			
1. FR-3 (75% de cemento asfáltico).	De 0.9 a 1.3	De 0.9 a 1.3	De 1.0 a 1.3
2. FR-4 (80% de cemento asfáltico).	De 0.9 a 1.3	De 1.1 a 1.5	De 1.0 a 1.3
3. Emulsión catiónica (60% de cemento asfáltico).	De 1.2 a 1.7	De 1.0 a 1.5	De 1.3 a 1.7
4. Emulsión aniónica (55% de cemento asfáltico).	De 1.3 a 1.8	De 1.0 a 1.5	De 1.4 a 1.8

TAHLA 2-1.6.1.

2-1.7 CARPETAS DE UN RIEGO.

En la construcción de carpetas de un (1) riego, sobre la base impregnada y limpia, se procederá a aplicar un (1) riego de producto asfáltico. Una vez aplicado el riego del producto asfáltico, se cubrirá con material pétreo 3-A, 3-B ó 3-E. El tendido del material pétreo se hará por medio de esparcidores mecánicos. Una vez tendido el material pétreo, se distribuirá uniformemente con rastras de cepillos metálicos o de fibra, con objeto de que la superficie quede exenta de ondulaciones, bordos, depresiones, etc., iniciándose en seguida el planchado usando aplanadora de rodillo liso o neumático, con peso de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos y - - máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, principiando el planchado en las tangentes, de la orilla hacia el centro, y en las curvas, del lado interior hacia el lado exterior. Transcurrido un tiempo no menor de tres (3) días se recolectará mediante barrido y se removerá el material pétreo que no se adhiera al material asfáltico.

Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de un riego serán las indicadas en la tabla 2-1.6.1.

2-1.8 CARPETAS DE DOS RIEGOS.

En la construcción de carpetas de dos (2) riegos, sobre la base impregnada y limpia, se procederá a aplicar el primer riego de producto asfáltico. Una vez aplicado el primer riego, se cubrirá con material pétreo n.º 2. El tendido del material pétreo n.º 2 se hará por medio de esparcidores mecáni-

cos, uniformando el tendido por medio de rastras de cepillos metálicos o de fibra, procediéndose en seguida al acomodo de este material, usando rodillo liso con peso mínimo de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos y máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, --- principiando el planchado en las tangentes, de la orilla del camino hacia el centro, en las curvas, del lado interior de la curva hacia el lado exterior. Al terminar la compactación de la primera capa se deberá dejar pasar un lapso mínimo de seis (6) horas antes de abrir al tránsito, y cuarenta y ocho (48) horas después, como mínimo, y previo barrido del material suelto excedente. Cuando el material pétreo núm. 2 quede uniformemente distribuido y acomodado, se procederá a dar el segundo riego de producto asfáltico. Inmediatamente después, se procederá a cubrirlo con material pétreo núm. 3-B. El tendido del material pétreo 3-B se hará por medio de esparcidores mecánicos y se distribuirá uniformemente con rastras de cepillos metálicos o de fibra, iniciándose en seguida el planchado usando aplanadoras de rodillo liso o neumáticos, con peso mínimo de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos y máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, principiando el planchado en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro, y en las curvas, del lado interior de la curva hacia el exterior. Transcurrido un tiempo no menor de tres (3) días se recolectará y removerá el material pétreo 3-B excedente que no se adhiere al material asfáltico del segundo riego.

Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de dos riegos serán las indicadas en la tabla 2-1.8.

DOSIFICACION DE MATERIALES PETREOS Y ASFALTICOS PARA LA
CONSTRUCCION DE CARPETAS DE DOS RIEGOS.

C O N C E P T O	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO	
	No. 2	No. 3-B
I. MATERIAL PETREO.	Primer riego	Segundo riego
1. Granulometría		
A) Que pase por la malla de	12.7 mm (1/2")	6.3 mm (1/4")
B) que se retenga en la malla.	6.3 mm (1/4")	No. 8
2. Dosificación.	De 8 a 12	De 6 a 8
II. MATERIAL ASFALTICO.		
1. FR-3 (75% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.5	De 1.1 a 1.5
2. FR-4 (80% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.4	De 1.0 a 1.4
3. Emulsión catiónica - (60% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.0	De 1.0 a 1.5

TABLA 2-1.8.1.

1.

2-1.9 CARPETAS DE TRES RIEGOS.

En la construcción de carpetas de tres (3) riegos, sobre la base impregnada y limpia, se procederá a aplicar el primer riego de producto asfáltico. Una vez aplicado el primer riego de producto asfáltico se procederá a cubrirlo con material pétreo núm. 1; el tendido se hará por medio de esparcidores mecánicos, procediéndose en seguida al acomodo del material pétreo con rodillo liso, con peso mínimo de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos y máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, principiando el planchado en las tangentes, de la orilla del camino hacia el centro, y en las curvas, del lado interior de la curva hacia el exterior. Cuando el material pétreo quede uniformemente distribuido y acomodado se procederá a dar el segundo riego de producto asfáltico; inmediatamente después se procederá a cubrirlo con material núm. 2. El tendido del material pétreo núm. 2 se hará por medio de esparcidores mecánicos, uniformando el tendido por medio de rastras de cepillos metálicos o de fibra, iniciándose el planchado con aplanadoras de rodillo liso, con peso mínimo de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos y máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, principiando en las tangentes de la orilla del camino hacia el centro, y en las curvas, del lado interior de la curva hacia el exterior. Unas seis horas después de terminado esa compactación podrá abrirse el tramo al tránsito por un lapso no mayor de dos semanas.

Transcurrido ese tiempo deberá barrerse la carpeta para eliminar el material pétreo que no se haya adherido. Se aplicará el tercer riego de producto asfáltico; inmediatamente después se procederá a cubrirlo con material pétreo 3-B. El tendido del material pétreo 3-B se hará por medio de esparcidores mecánicos y una vez tendido, se distribuirá uniformemente con rastras de cepillos metálicos o de fibra, iniciándose en seguida el planchado, usando aplanadoras de rodillo liso o neumático con peso mínimo de cuatro mil quinientos treinta y seis (4,536) kilogramos, y máximo de siete mil doscientos cincuenta y ocho (7,258) kilogramos, principiando el planchado en las tangentes, de la orilla del camino hacia el centro, y en las curvas, del lado interior hacia el exterior. Transcurrido un tiempo no menor de tres (3) días, se recolectará y removerá el material pétreo excedente que no se adhiera al material asfáltico del tercer riego.

Las dosificaciones de materiales pétreos y asfálticos para carpetas de tres riegos serán las indicadas en la tabla 2-1.9 .1.

2-1.10 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta en un camino, por el sistema de riegos, se verificarán el alineamiento, la sección y el acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto, dentro de las siguientes tolerancias que se indican a continuación:

- a) Ancho de la carpeta, del eje a la

DOSIFICACION DE MATERIALES PETREOS Y ASPALTICOS PARA LA
CONSTRUCCION DE CARPETAS DE TRES RIEGOS.

C O N C E P T O	DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO		
	No. 1	No. 2	3-B
I. MATERIAL PETREO	Primer riego	Segundo riego	Tercer riego
1: Granulometría			
A) Que pase por la malla de	25.4 mm (1")	12.7 mm (1/2")	6.3 mm (1/4")
B) que quede retenido en la malla de	12.7 mm (1/2")	6.3 mm (1/4")	No. 8
Dosificación en lt/m2.	De 20 a 25	De 8 a 12	De 6 a 8
II. MATERIAL ASPALTICO.			
1. PR-3 (75% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.5	De 1.3 a 1.9	De 0.9 a 1.3
2. PR-4 (80% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.4	De 1.2 a 1.8	De 0.9 a 1.2
3. Emulsión catiónica (60% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.0	De 1.0 a 1.5	De 1.0 a 1.5
4. Emulsión aniónica (55% de cemento asfáltico).	De 0.8 a 1.0	De 1.0 a 1.5	De 1.0 a 1.5

TABLA 2-1.9.1.

- orilla. + 5 cm.
- b) Pendiente transversal para caminos. ± 1/2 %.
- c) Profundidad de las depresiones observadas colocando una regla de tres (3) metros de longitud, paralela y normalmente al eje. 1 cm.

2.2 CARPETAS ASPÁLTICAS POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.

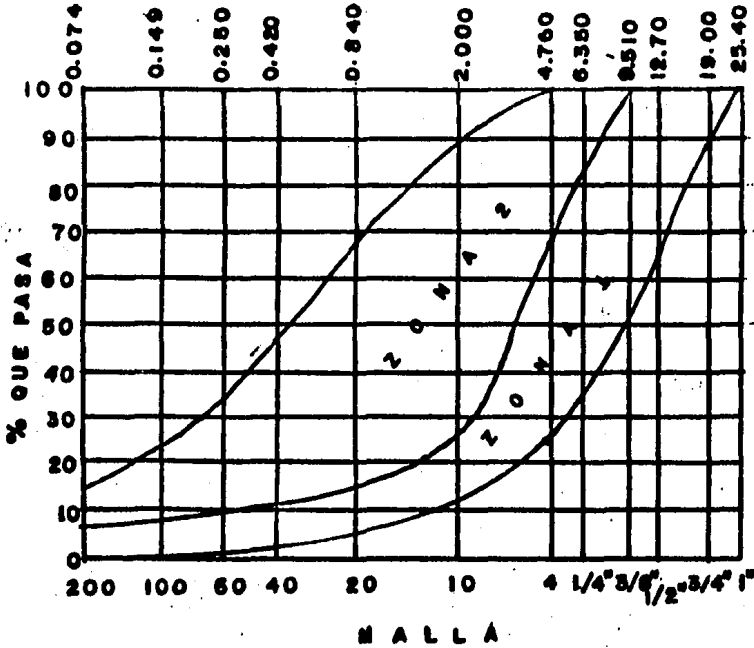
2-2.1 DEFINICION.

Las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, son las que se construyen en caminos, patios y plataformas de trabajo mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

2-2.2 MATERIALES.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- a) De granulometría.



La curva granulométrica del material pétreo para mezclas - en el lugar, deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 2, de la figura. 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 afectar 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 sin presentar cambios bruscos. El tamaño máximo del agregado no deberá ser mayor de una pulgada (1") 25.4 mm.

- b) De contracción lineal.
 - b.1) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede ubicada en la zona 1. 3 % máximo.
 - b.2) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede ubicada en la zona 2. 2 % máximo.
- c) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo. 40 % máximo.
- d) De forma de las partículas. Partículas alargadas y/o en forma de laja. 35 % máximo.
- e) De afinidad con los asfaltos:
Debe cumplir cuando menos con dos de las siguientes -- pruebas:
 - e.1) Desprendimiento por fricción. 25 % máximo.
 - e.2) Cubrimiento con asfalto. 90 % mínimo.
 - e.3) Pérdida de estabilidad por inmersión en agua. 25 % máximo.
- f) Equivalente de arena. 55 % mínimo.

Los materiales pétreos seleccionados que se empleen en la construcción de carpetas y mezclas asfálticas, requieran o no lavado, deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

Materiales que requieren ser cribados.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

Los materiales que requieren ser cribados son los poco o nada cohesivos que al extraerlos quedan sueltos y que deben --

ser cribados.

Los materiales que requieren ser triturados parcialmente -- y cribados son los poco o nada cohesivos, o bien materiales -- cohesivos que al extraerlos resultan con terrones que pueden disgregarse y que, según su composición granulométrica, contienen en cada caso, partículas mayores que la dimensión requerida. Estos materiales deberán ser triturados y cribados.

Los materiales que requieren ser triturados totalmente y -- cribados pueden provenir de piedra extraída de mantos de roca , de piedra de pepena o de piedra suelta de depósito natural o desperdicios. Estos materiales deberán ser triturados y cri bados.

Los productos asfálticos que se empleen en la construcción de carpetas por el sistema de mezcla asfáltica en el lugar, -- serán rebajados de fraguado rápido o medio, o emulsión asfáltica de rompimiento medio o lento.

2-2.3 DOSIFICACION DE MATERIALES PARA MEZCLA ASFALTICA.

La dosificación de materiales para una mezcla asfáltica, -- se fija de acuerdo con los materiales pétreos y asfálticos -- disponibles. Existen varios métodos para determinar la dosifi cación en mezcla asfáltica, de los cuales solo mencionaré -- dos de ellos..

1.- PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL CONTENIDO MINIMO DE ASPAL- TO EN MEZCLA ASFALTICA.

I. VARIANTE UNO (para materiales con finos).

Se aplica la siguiente fórmula.

$$C.A.M. = (F_n \times AE_n \times IA)$$

Siendo:

C.A.M. = Porcentaje mínimo de cemento asfáltico en la mezcla.

F_n = Cada una de las fracciones que se estudian; porcentajes en peso, de c/u, los que deben sumar 100.

AE_n = Área específica en m²/Kg. de cada fracción.

IA_n = Índice asfáltico que le corresponde a cada fracción.

TABLA I DE CONSTANTES

Fracción (mallas)		Área específica (AE)	
1 1/2"	3/4"	0.27	m ² /Kg.
3/4"	Núm. 4	0.41	m ² /Kg.
Núm. 4	Núm. 40	2.05	m ² /Kg.
Núm. 40	Núm. 200	15.38	m ² /Kg.
Más fino que malla 200.		53.30	m ² /Kg.

TABLA II DE CONSTANTES.

Tipo de Material	Indice Asf. (IA)
Gravas o arenas de río o materiales redondeados - de baja absorción (menos de 2%)	0.0055
Gravas angulosas o redondeadas, trituradas, de baja absorción (menos de 2%)	0.0060
Gravas angulosas o redondeadas de alta absorción (más de 4%) y rocas trituradas de absorción — media (2 a 4%)	0.0070
Rocas trituradas de alta absorción (más de 4%)	0.0080

La fórmula anterior da el porcentaje de cemento asfáltico; para calcular la cantidad mínima requerida de un producto asfáltico cualquiera se aplica la siguiente fórmula:

$$P.A.M. = \frac{C.A.M.}{R.A.} \times 100$$

Siendo:

P.A.M. = Porcentaje mínimo de producto asfáltico.

C.A.M. = Porcentaje mínimo de cemento asfáltico.

R.A. = Residuo asfáltico del producto, en porcentaje.

II. VARIANTE DOS (para materiales con pocos finos).

Se aplica la siguiente fórmula:

$$C.A.M. = 0.020 a + 0.045 b + c d.$$

Siendo:

C.A.M. = Por ciento mínimo de cemento asfáltico.

a = Por ciento de material retenido en la malla No. 10.

b = Por ciento de material comprendido entre las mallas Núms. 10 y 200.

c = Por ciento de material que pasa la malla -- 200.

d = Coeficiente asfáltico que depende de las - características del material.

M A T E R I A L	COEFICIENTE ASPALTICO (d)
-----------------	------------------------------

Gravas y arenas de río o materiales redondeados - de baja absorción.	0.15
--	------

Grava trituradas de baja absorción.	0.20
-------------------------------------	------

Rocas trituradas de absorción media.	0.30
--------------------------------------	------

Rocas trituradas de alta absorción.	0.35
-------------------------------------	------

En el caso de que se utilice un producto asfáltico, la cantidad mínima de éste se calcula, como en el caso de la variante uno, con la siguiente fórmula:

$$P.A.M. = \frac{C.A.M.}{R.A.} \times 100$$

2.- DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO, POR PRUEBAS DE COMPRESION SIN CONFINAR.

Para efectuarla se necesita contar con el siguiente equipo:

Dos moldes metálicos circulares, provistos de una base metálica removible y una placa circular para compactar, -- de diámetro ligeramente inferior al del cilindro que puede sujetarse a la cabeza de aplicación de carga.

Cuando el tamaño máximo del agregado es menor de $3/8$ " -- las dimensiones del molde metálico deberán ser de 4" de diámetro interior y 7" de altura. Cuando el tamaño máximo del agregado es mayor de $3/8$ " las dimensiones del molde metálico deberán ser de 5" de diámetro interior y 8.5" de altura.

Una prensa con dispositivo de lectura cada 10 Kgs.

Una varilla metálica de $3/4$ " de diámetro y 30 cm. de longitud con punta de bala para el picado del material en el molde.

Pisón metálico de 2.5 Kg. de peso con superficie circular de 2" de diámetro provisto de una guía tubular de lámina de 35 cm. de longitud.

Una cuchara de albañil, charolas de lámina, balanza de 10 Kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gr., balanza -- con sensibilidad de 0.01 gr., un horno con temperatura -- controlable, termómetro 10-150°C y vasos precipitados.

Fijada la granulometría de la mezcla asfáltica, el material pétreo se dosificará por tamaño para asegurar que las muestras tengan igual granulometría.

Si el tamaño máximo del agregado es mayor de $3/8$ ", se --

necesita de 4 Kg. de agregado para elaborar cada uno de los seis especímenes de prueba. Se toma de cada uno de los tamaños la cantidad de muestra que resulte de multiplicar el porcentaje en peso de cada fracción por el peso total de la muestra (4 Kg.). Las fracciones ya pesadas se mezclarán previamente a la adición del producto asfáltico.

Para mezclas con tamaños máximos igual o menor de $3/8''$, se procederá en forma semejante, debiendo ser 2 Kg. la cantidad total del agregado por cada espécimen.

La cantidad del producto asfáltico que se debe de agregar a cada una de las seis muestras, se calculará sobre la base del contenido de asfalto (expresado como cemento asfáltico) determinado por cualquiera de los métodos que indican las Especificaciones de la Secretaría correspondiente. Estas cantidades de producto asfáltico deberán corresponder a los siguientes, expresados como porcentaje del peso del material pétreo.

Contenido mínimo calculado	- 0.5%
Contenido mínimo calculado	neto
Contenido mínimo calculado	+ 0.5%
Contenido mínimo calculado	+ 1.0%
Contenido mínimo calculado	+ 1.5%
Contenido mínimo calculado	+ 2.0%

En el caso de que los asfaltos tengan solventes, una vez hecha la mezcla se cura ésta (evaporación de una parte de los solventes) hasta obtener una K uniforme en todas las mezclas. Los asfaltos rebajados de fraguado rápido deben quedar con una K (para compactación) de 0.08 a 0.10; en los asfaltos rebajados de fraguado medio, su K -

de compactación quedará comprendida entre 0.14 y 0.16.

K= Es el por ciento de solventes en una mezcla, referido a la cantidad en peso de cemento asfáltico que contiene la mezcla.

La compactación de las muestras se puede llevar a cabo por cualquiera de estos dos procedimientos: Por carga estática o por impactos. Se considera que difícilmente pueden reproducirse en el laboratorio las condiciones de compactación que se tienen en la obra, por tener el material menor libertad de acomodo al confinarse en un cilindro para su compactación. Este defecto queda disminuído al compactar con el mismo sistema todos los especímenes de un mismo material y con diverso contenido de asfalto.

En términos generales puede decirse que la compactación por carga estática, no es adecuada para materiales angulosos, para las cuales se recomienda la compactación por impactos.

Para decidir cual método es el adecuado, deberán compactarse por ambos procedimientos dos muestras elaboradas -- con el mismo contenido de asfalto y elegir aquél espécimen que presenta el mayor peso volumétrico y la menor cantidad de partículas fracturadas.

Compactación de las muestras por carga estática.-- Se utiliza el molde adecuado, de acuerdo con el tamaño máximo del material pétreo. Se calienta el molde previamente y se coloca el material mezclado en tres capas sucesivas de igual espesor, dando a cada capa un acomodo inicial por medio del picado con la varilla y 25 golpes por capa. En seguida se procede a aplicar con la prensa una carga que

corresponde a la presión de 40 Kg/cm² o sean 3200 Kg. de carga total para las muestras de 4" de diámetro y 5000 Kg. , para las de 5". La carga deberá aplicarse lentamente - en forma continua y una vez alcanzada la presión especificada, se sostiene ésta durante 2 minutos. La relación altura diámetro de la muestra ya compactada deberá ser 1.25 admitiéndose una tolerancia máxima de 5 mm. en las alturas de las muestras, elaboradas con los mismos materiales.

Se deja enfriar la muestra en el molde, se extrae de éste y se deja transcurrir el tiempo necesario que adquiera la temperatura ambiente, con objeto de probar todas las muestras a una misma temperatura. Es indispensable que todas las muestras tengan la misma temperatura, para lograr resultados concordantes, condición tan importante como el control de la consistencia de la mezcla, en la elaboración de las muestras.

Compactación de las muestras por impacto.- Se usan los moldes adecuado, de conformidad con el tamaño máximo de los materiales. La compactación se hace en tres capas del mismo espesor aproximadamente, a cada capa se le dá un picado de 25 golpes con varilla y se compacta con 25 golpes del pisón circular en caso de que el cilindro sea de 4", en el caso de que el molde sea de 5" se darán 40 golpes, la altura de caída deberá ser de 30 cm., el pisón no deberá caer directamente sobre la mezcla, para lo cual se pondrá una camisa de cuero o un disco de hule de unos 2 mm. de espesor. En la parte superior de la mezcla a compactar . Una vez compactada ésta y antes de aplicar la siguiente capa, se rayará la superficie para poder obtener una bue-

na liga entre las dos capas contiguas. Terminada la compactación de la última capa, se aplicará lentamente con la prensa una carga que sea suficiente de producir una presión horizontal y uniforme sin que se provoque la fractura del agregado pétreo.

Esta carga podrá ser de 40 a 60 Kg/cm² debiendo mantenerse durante 2 minutos. La carga que se aplique deberá ser la misma para todas las muestras.

Se deja enfriar la muestra en el molde, se extrae de éste y se mantiene a la temperatura ambiente el tiempo necesario para que adquieran dicha temperatura dichas muestras. La relación altura diámetro de los cilindros de prueba deberán ser aproximadamente de 1.25 admitiéndose una tolerancia de 5 mm. en la altura de las muestras compactadas con un mismo material.

La muestra ya fría y compactada por cualquiera de los dos métodos anteriormente indicados, se prueba a la compresión sin confinar, aplicando la carga uniforme y lentamente hasta alcanzar la de ruptura, dibujándose la gráfica Resistencia-contenido de asfalto expresado sobre la base del cemento asfáltico y referido al peso del material pétreo. (Ver gráficas que pueden obtenerse, fig. 2-2.3.1.

2-2.4 ELABORACION, TENDIDO Y COMPACTACION DE LA MEZCLA ASPALTICA.

Para verificar la dosificación y los volúmenes de material o materiales pétreos que interviene en la mezcla que se utiliza en la construcción de carpetas se hará, en términos genera

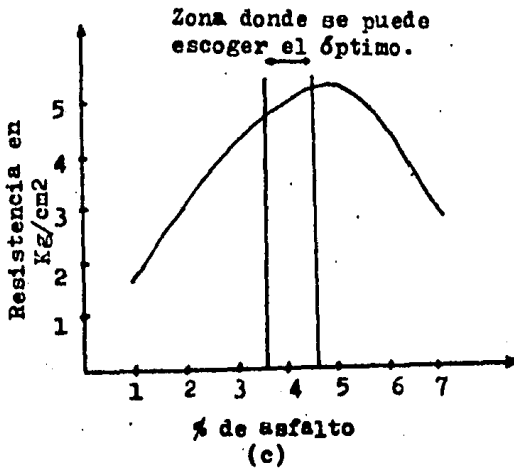
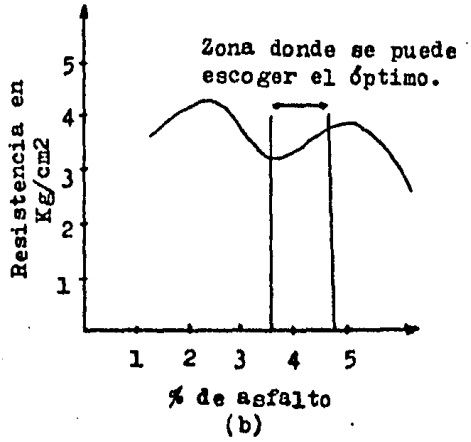
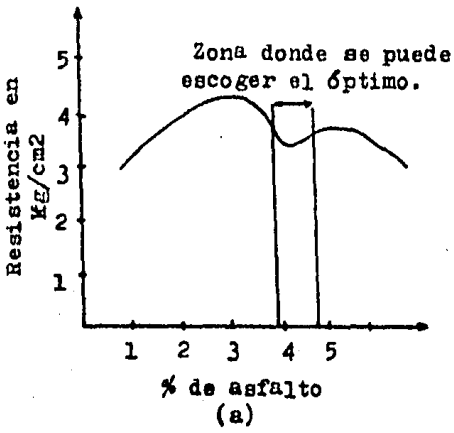


FIGURA 2-2.3.1.

les, lo siguiente:

- 1.- Se acamellonará el material y se determinará su volumen utilizando el sistema del promedio de áreas extremas, y su peso volumétrico seco.
- 2.- Si se requiere añadir un segundo material, éste se acamellonará por separado, determinando su volumen y su peso volumétrico seco.
- 3.- A partir de estos dos (2) volúmenes se determinará si los porcentajes en relación con la suma de volúmenes sueltos, son los fijados.
- 4.- Se acamellonará el material o mezcla de materiales y se le determinará su volumen y su peso volumétrico en el camellón.
- 5.- Se determinará el coeficiente de variación volumétrica del material o mezcla de materiales, de material compacto a material acamellonado.
- 6.- El producto que resulte de multiplicar el volumen de proyecto por el coeficiente de variación volumétrica de material compacto a material acamellonado, se considerará como el necesario de material o mezcla de materiales sueltos que se requieran para integrar el volumen buscado.
- 7.- Para determinar el volumen suelto de cada uno de los materiales que forman la mezcla, deberá multiplicarse el volumen de la mezcla por el coeficiente de variación de materiales mezclados a materiales separados y adicionalmente por el porcentaje en que según el proyecto, debe intervenir el material de cada banco.
- 8.- En caso de que sea necesario usar más de dos (2) mate-

riales, se procederá para cada uno de ellos, en forma semejante a como se indica en los párrafos anteriores.

La elaboración de la mezcla se puede realizar por dos procedimientos, utilizando motoconformadoras o con mezcladoras - ambulantes.

Cuando se empleen motoconformadora para efectuar la mezcla de los materiales pétreos y asfálticos se procederá de la siguiente manera: Una vez que el material pétreo haya sido secado y acamellonado en la forma más uniformante posible, se abre el camellón para que por el centro del mismo se haga una aplicación del material asfáltico en la proporción de $1/3$ de la cantidad total proyectada, inmediatamente después entrarán las motoconformadoras, para dar una mezcla parcial, llevando el camellón de un extremo (lugar del riego) al otro del camino. Una vez logrado lo anterior, se abre de nuevo el camellón y se da un segundo riego asfáltico a razón de $1/3$ de la cantidad total proyectada y se procede a revolver y mezclar par-cialmente el material pétreo, por medio de motoconformadoras para llevarlo al lugar, en el cual se inició la primera mez-cla parcial. Una vez logrado lo anterior, se abre de nuevo el camellón y se dá el completo del riego asfáltico proyectado, o sea el $1/3$ faltante para continuar con el mezclado de los ma-teriales y llevar el camellón al lugar donde se inició el se-gundo riego, en ocasiones en esta forma se termina el mez-clado o sea cuando la mezcla presenta un color uniforme, pero en la mayoría de los casos, será necesario un nuevo mezclado que lo proporcionará el trasladar la mezcla elaborada por me-dio de las motoconformadoras a su lugar de origen.

Cuando se empleen mezcladoras ambulantes para efectuar la

mezcla de los materiales pétreos y asfálticos, el procedimiento de ejecución garantizará, al final del mezclado, un producto homogéneo. Las plantas móviles dan una proporción exacta de la mezcla de los materiales pétreos con el asfalto, independientemente de la uniformización del volumen del camellón, velocidad de marcha o errores del personal, significando por consiguiente, un gran adelanto en las operaciones de mezcla en el camino. Para conseguir el proporcionamiento adecuado, los materiales pétreos acamellonados, se elevan por un elevador de cangilones a una tolva a la salida de la cual se miden por una compuerta calibrada y pasan a la cámara de mezclado, por medio de un alimentador de mandil, que esté mecánicamente conectado con una bomba de engranes para asfaltos, de tal manera, que el material pétreo entre a la cámara de mezclado y es regado de inmediato e inicialmente revestido con el producto asfáltico a la presión, temperatura y cantidad adecuada. En la cámara de mezclado el material pétreo y el asfalto se mezclan continuamente y la mezcla elaborada se descarga en el camino a medida que la máquina avanza.

No se aplicará material asfáltico si los materiales pétreos tienen humedad superior a la absorción, o tiene agua superficial, aún cuando se empleen aditivos, excepto cuando se empleen emulsiones. Cuando el material pétreo contenga una humedad excesiva, deberá procederse a su oreado, extendiéndolo por medio de una motoconformadora u otro equipo, hasta lograr que el material tenga una humedad que no perjudique su adherencia con el material asfáltico. Cuando se elaboren las mezclas asfálticas con emulsiones de rompimiento medio o lento, se aplicará si se requiere, un riego previo de agua para dar

la humedad fijada. La mezcla asfáltica elaborada con asfaltos rebajados se curará oreándolo, para lo cual se revolverá con motoconformadora u otro equipo, el tiempo suficiente para que se volatilice una parte del disolvente y se obtenga así la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla.

Realizada la mezcla, se dará un riego de liga sobre la base impregnada, debidamente limpia de polvo y materia extraña, este riego se dará con petrolizadora, utilizando un producto asfáltico de fraguado rápido y a la temperatura especificada. Para condiciones normales se usará una dosificación de cero punto cinco (0.5) a cero punto setenta y cinco (0.75) litros por metro cuadrado.

Cuando el asfalto del riego de liga haya adquirido la viscosidad adecuada, y una vez curada la mezcla asfáltica, se iniciará el tendido de la mezcla con el mínimo de pasadas de la motoconformadora, para evitar que el material pétreo se clasifique por tamaños. Después de tendida la mezcla asfáltica y antes de iniciar la compactación se verificará que la relación disolvente-cemento asfáltico de la mezcla, sea la fijada.

Inmediatamente después de tendida la mezcla se procederá a su compactación, utilizando un rodillo liso tipo tándem, de siete (7) a once (11) toneladas, continuándola con un compactador neumático con peso de cuatro (4) a siete (7) toneladas, hasta alcanzar una compactación del noventa y cinco por ciento (95%) como mínimo; después se volverá a usar el rodillo liso tipo tándem para borrar las huellas que deje el compactador neumático. Para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman la carpeta se procurará realizar el planchado

a las horas en que la temperatura ambiente o la acción de los rayos solares favorezcan esta operación.

La compactación se hará paralela al eje, iniciándose en -- las tangentes de las orillas hacia el centro y en las curvas del lado interior hacia el exterior. La longitud de los tramos de tendido y compactación de la mezcla asfáltica, será la adecuada.

Cuando la carpeta quede compactada se procederá a efectuar un recorte con talud de cuarenta y cinco grados (45°) aproximadamente en las orillas de la misma, con objeto de ajustar el ancho y alineamiento conforme el proyecto, teniendo cuidado de que al efectuarlo no se dañe la base.

Sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello con material 3-A o 3-E, cuando ésta resulte con mayor permeabilidad del diez por ciento (10%) permitido.

2-2.5 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, por el sistema de mezcla en el lugar, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, espesor, ancho y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto, con las siguientes tolerancias:

- 1.- Ancho de la carpeta, del eje a la orilla para caminos. + 5 cm.
- 2.- Profundidad de las depresiones, - observadas colocando una regla de tres (3) metros de longitud para

caminos, paralela y normalmente -

al eje.

1 cm.

- 3.- En espesores para caminos, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando el espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que once centésimos (0.11) del espesor real promedio de la carpeta; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al noventa y tres por ciento (93%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para carpeta, siempre deberá ser igual o menor que el veinte por ciento (20%) de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera;

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.11 \bar{e}$$

para carpeta

$$|e_r - e| \leq 0.2 e$$

en el noventa y tres por ciento (93%) de los casos, como mínimo.

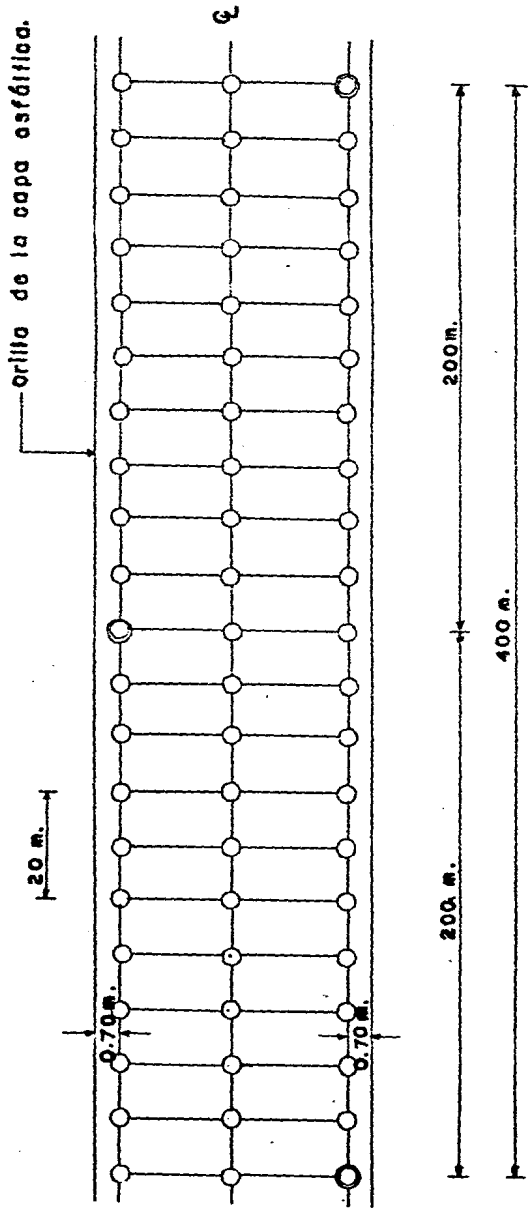
En donde:

e = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n, e_r$ = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

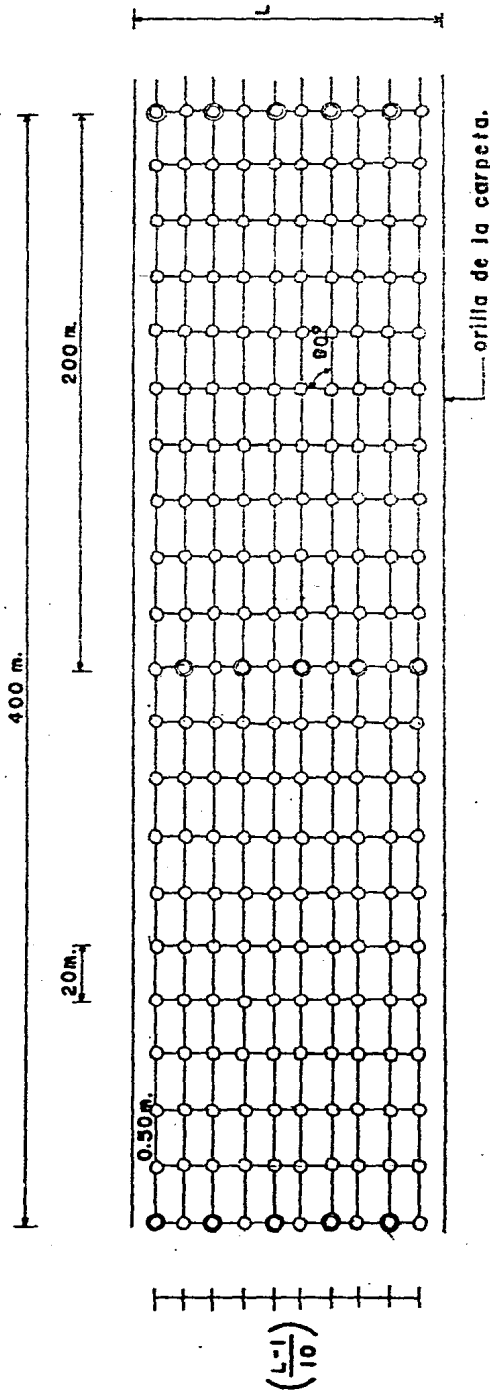
PUNTOS DE VERIFICACION CARPETA ASFALTICA EN CAMINOS

FIG. 2-2.6.1.



- Puntos de nivelacion.
- Puntos de sondes en carpetas.

PUNTOS DE VERIFICACION
CARPETA ASFALTICA EN PATIOS Y PLATAFORMAS
FIG. 2-2.6.2.



○ Puntos de nivelación.

⊙ Puntos de sondeo.

L = Ancho de la capa asfáltica en metros.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$ = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n= Número de verificaciones de espesor real hechas en el tramo. La longitud del tramo en camino será de un (1) kilómetro o menos.

La distribución de los puntos donde se lleven a cabo los sondeos para la verificación de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia deberá ser la indicada en las figuras 2-2.6.1. y 2-2.6.2., respectivamente.

2-3 CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO.

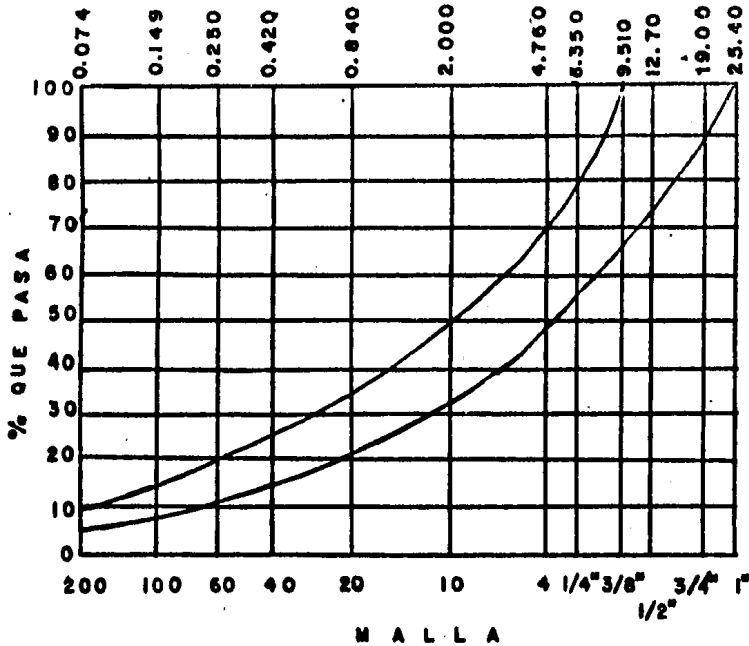
2-3.1 DEFINICION.

Las carpetas de concreto asfáltico, son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos y materiales pétreos.

2-3.2 MATERIALES.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción de carpetas de concreto asfáltico, deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) De granulometría.



La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la figura. La curva granulométrica del material pétreo deberá afectar una forma semejante a la de las dos curvas, por lo menos en las dos terceras (2/3) partes de su longitud sin presentar cambios bruscos. El tamaño máximo del agregado no deberá ser mayor de una pulgada (1") 25.4 mm.

- b) De contracción lineal. 2% máximo.
- c) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo. 40% máximo.
- d) El contenido de partículas alargadas y/o en forma de -
lajas. 35% máximo.
- e) Equivalente de arena. 55% mínimo.

Los materiales asfálticos que se emplearán en la construcción de carpetas de concreto asfálticos, serán únicamente cementos asfálticos.

2-3.3 ELABORACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO ASFALTICO.

El concreto asfáltico se elaborará en plantas estacionarias que pueden ser de tipo continua o intermitente y, que deberán contar de:

- A) Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de concreto asfáltico de la planta.
- B) A la salida del secador deberá haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- C) Cribas para clasificar el material pétreo cuando menos en tres tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas, material pétreo disponible para la mezcla.
- D) Tolvas para almacenar material pétreo, que deben prote-

gerlo de la lluvia y del polvo, con una capacidad tal que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince (15) minutos, sin ser alimentados; deberán estar divididos en compartimientos para almacenar los materiales pétreos, por tamaños.

- D) Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos, de preferencia por peso y solo en casos excepcionales por volumen.
- F) Equipos para calentar en forma controlada el producto asfáltico que garantice que éste no será contaminado, provisto de un termómetro con graduación de veinte grados Celsius (20°C) a doscientos diez grados Celsius (210°C).
- G) Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de dos por ciento (2%), en menos o en más de la cantidad fijada.
- H) Mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- I) Recolector de polvo.
- J) Dispositivo para agregar finos.

El material asfáltico, generalmente se almacena en grandes tanques subterráneos. Estos tanques frecuentemente tienen una capacidad igual a la de varios carros-tanque, a fin de que la operación de la planta no sea detenida por interrupciones en las entregas. El calentamiento se logra mediante serpentines de vapor, o, en algunas instalaciones más modernas, mediante elementos calentadores eléctricos. El aglutinante calentado se impulsa desde los tanques de almacenamiento a la platafor-

ma de mezcla mediante bombas de impulsión o mediante presión de aire. Hay dispositivos para la recirculación a través de tubos de retorno para evitar el enfriamiento o la solidificación durante la noche o durante las paradas.

Los suministros de agregados finos y gruesos son almacenados separadamente. Los materiales, en las proporciones aproximadas requeridas, se impulsan del lugar de almacenamiento mediante una banda que los conduce al elevador frío. Este entrega el agregado combinado al secador, en el cual el agregado cae repetidamente a través de gases calientes hasta que la humedad que contenga sea inferior a uno por ciento (1%), antes de introducirlo a la mezcladora. Generalmente la máxima temperatura que alcanzan los agregados es de 149 a 163°C. Los agregados calientes combinados, a continuación, suben por el elevador caliente a la parte superior de la planta mezcladora, en donde se separan en varios tamaños (generalmente cuatro) mediante sacudidas o mediante tamices rotativos. El almacenamiento temporal en caliente se dispone en tolvas colocadas directamente por debajo de los tamices. Para la mezcla intermitente la cantidad prescrita de cada uno de los agregados calientes se extrae sucesivamente de las tolvas y se lleva hacia una "caja pesadora" colocada exactamente debajo de las tolvas de "almacenamiento en caliente". Los agregados en su debida proporción caen de la caja pesadora hacia el mezclador, que se conoce como "amasadora". Unos pares de hojas que giran en direcciones opuestas arrojan el material hacia arriba entre las mismas y también lo baten contra las paredes del mezclador. A continuación se prosigue la mezcla hasta que el aglutinante se distribuye en toda la masa y todos los agrega-

dos quedan revestidos. Los materiales mezclados salen a través de una compuerta en el fondo del mezclador hacia un camión que espera, a hacia una tolva de camión que puede contener una o más carga, o que permite la operación continua del mezclador aun cuando no haya camión a la mano inmediatamente para recibir cada carga.

La temperatura del material pétreo deberá estar comprendida entre ciento veinte y ciento sesenta grados Celsius (120°C y 160°C) en el momento de agregarle el cemento asfáltico y la temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre ciento veinte y ciento cincuenta grados Celsius (120°C y 150°C), al salir de la planta de elaboración.

El concreto asfáltico deberá transportarse en vehículos -- con cajas metálicas, cubierto con una lona que los preserve -- del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar -- siempre libre de residuos de concreto asfáltico, para evitar que la mezcla se adhiera a la misma.

2-3.4 TENDIDO Y COMPACTACION DEL CONCRETO ASFALTICO.

La longitud de los tramos en que podrá tenderse el concreto asfáltico se fijará, de acuerdo con el equipo de compactación de que se disponga y de la temperatura ambiente durante las horas laborales. El concreto asfáltico deberá tenderse -- con máquina especial para este trabajo, de propulsión propia, con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida, y dotada de un sistema que permita la repartición de la mezcla sin que se presente segregación por tamaños

en la misma. Deberá estar dotada de un calefactor en la zona de acabado superficial.

Antes del tendido de la mezcla, la base deberá estar debidamente preparada e impregnada. Se dará un riego de liga sobre la base impregnada, debidamente limpia de polvo y materia extrañas, este riego se dará con petrolizadora, utilizando un producto asfáltico de fraguado rápido y a la temperatura especificada. Para condiciones normales se usará una dosificación de cero punto cinco (0.5) a cero punto setenta y cinco (0.75) litros por metro cuadrado.

Cuando el asfalto del riego de liga haya adquirido la viscosidad adecuada, se iniciará el tendido de la mezcla. La mezcla deberá vaciarse dentro de la caja receptora de la máquina y ser inmediatamente tendida por ésta, en el ancho y espesor fijado. La velocidad de la máquina debe regularse de manera que el tendido sea uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinal, en caso de que el tendido se haga en dos (2) o más fajas con un intervalo de más de un (1) día entre faja y faja, deberán impregnarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a cuarenta y cinco grados (45°) con respecto a un plano horizontal antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán impregnarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramo. Con frecuencia necesaria deberán limpiarse perfectamente todas aquellas partes de la máquina en que hayan podido quedar residuos de mezcla.

No deberá tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcado o cuando esté lloviendo. La temperatura del -- concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo, deberá ser de -- cien o ciento diez grados Celsius (100°C o 110°C); en general la compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura mínima de setenta grados Celsius (70°C).

Después de tendido el concreto asfáltico, se empezará a efectuar el planchado, tan pronto como la mezcla tendida pueda sostener a la aplanadora sin haber deslizamiento excesivo o - cuarteamiento y se continua hasta que las marcas de la máquina dejan de ser perceptibles en la superficie. El planchado - deberá ser uniformemente y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tándem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a media rueda. A continuación se compactará el concreto asfáltico utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuados para alcanzar un mínimo de noventa y cinco por ciento (95%) - del peso volumétrico máximo; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso adecuado para borrar las hue-- llas que dejan los compactadores de llantas neumáticas, en el caso de patios y plataformas, la compactación también se hará transversalmente y diagonalmente al eje de la superficie.

El peso de las aplanadoras es estipulada muy a menudo; los pesos usuales son de 8 a 12 toneladas para el tipo tándem y, 10 a 12 toneladas para unidades de tres ruedas.

Para la compactación, el planchado se hará observando lo - siguiente:

- A) En caminos, el rodillo liso tipo tándem o el compacta-- dor neumático deberá de moverse paralelamente al eje, -

realizando el recorrido de las orillas de la carpeta hacia el centro, en las tangentes; y del lado interior hacia el exterior, en las curvas.

- B) En patios y plataformas, adicionalmente al recorrido señalado en el párrafo anterior, el equipo deberá pasarse en direcciones perpendiculares y oblicuas con respecto al eje de la superficie.

En caminos, sobre la carpeta terminada se dará un riego de sello, cuando éste resulte con mayor permeabilidad del diez por ciento (10%) permitido.

2-3.5 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de la carpeta, de concreto asfáltico, se verificarán el alineamiento, el perfil la sección, la compactación, el acabado y el espesor, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias:

- A) Ancho de la carpeta, del eje a la orilla, para caminos, patios y --
plataformas. + 2 cm.
- B) Profundidad de las depresiones, -
observadas colocando una regla de
tres (3) metros de longitud para
caminos y de cinco (5) metros pa-
ra patios y plataformas, paralela
y normalmente al eje; Para cami-
nos, patios y plataformas. 0.5 cm.

C) En espesores para caminos, patios y plataformas, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que once centésimos (0.11) del espesor real promedio de la carpeta; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al noventa y tres por ciento (93%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para la carpeta, siempre deberá ser igual o menor que el veinte por ciento (20%) de los espesores de proyecto. Lo anterior puede expresarse también de la siguiente manera:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.11 \bar{e}$$

para carpeta

$$|e_r - e| \leq 0.20 e$$

en el noventa y tres por ciento (93%) de los casos, como mínimo.

La distribución de los puntos donde se llevan a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesor y tolerancias, deberá ser la indicada en las figuras 2-2.6.1. y 2-2.6.2, respectivamente.

2-4 LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO PARA PAVIMENTOS.

2-4.1 DEFINICION.

Son elementos estructurales de secciones diversas, que se construyen de concreto hidráulico, simple o armado para servir como carpeta de rodamiento en caminos o en otras estructuras y que han sido diseñados para resistir el tránsito de vehículos. El pavimento se construirá sobre una base o sub-base cuya calidad esté de acuerdo con lo especificado, o bien; pueden tenderse sobre estructuras de los que va a formar parte integral, tal es el caso de las losas de cubierta en los muelles, piso de rodamiento en los puentes y de losas que en general no descansan sobre el suelo sino sobre apoyos elevados.

Las losas que constituyen los pavimentos de concreto hidráulico se harán de la forma y dimensiones fijadas en el proyecto, y se unirán entre sí por medio de juntas longitudinales y transversales (véase las figuras 2-4.1.1. y 2-4.1.2).

2-4.2 MATERIALES.

Los materiales que se empleen en la construcción de losas de concreto hidráulico podrán ser los siguientes:

Cemento Portland.

Agregado fino.

Agregado grueso.

Agua.

Aditivos.

Acero.

Accesorios para juntas.

Materiales para relleno de juntas.

2-4.3 ESPESOR DE LA LOSA.

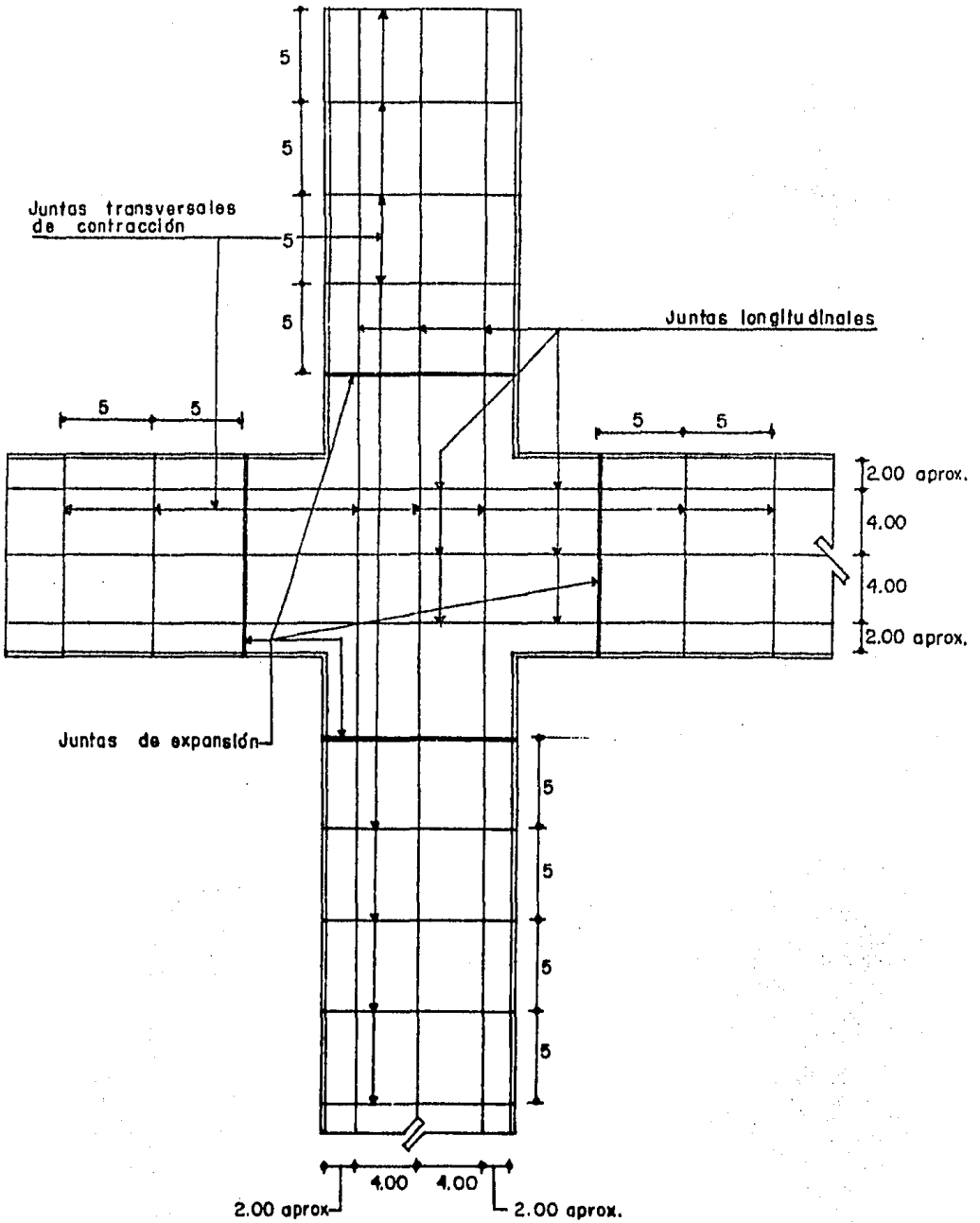
Los espesores de las losas de concreto hidráulico serán -- los fijados en el proyecto de acuerdo con las condiciones de base de apoyo, la magnitud de las cargas y la intensidad del tránsito.

La tabla que aparece a continuación, servirá de guía para la elección de los espesores de las losas.

ESPESOR DE LOSAS DE CONCRETO

TIPO DE TRANSITO	Suelos con reducida capacidad de soporte, arcillas compresibles.	Suelos arenosos o suelos, con capacidad de soporte mayor.
Tránsito pesado en zonas industriales	22	20
Avenidas y calles de tránsito intenso.	20	19
Avenidas de tránsito medio.	19	18
Avenidas y calles secundarias.	17	16

DISTRIBUCION DE
JUNTAS
EMPLEANDO GUARNICION DE SECCION INTEGRAL. FIG.
2-4.1.1.



2-4.4 JUNTAS.

Las juntas en los pavimentos de concreto tienen por objeto controlar el agrietamiento debido a los esfuerzos de compresión por dilatación, tensión o flexión en las losas.

Las juntas constituyen puntos débiles para producir fallas en las losas de concreto hidráulico, además, deberán ser impermeables, ya que de no ser éstas impermeables puede penetrar el agua a la base y sub-rasante originando socavación y reducción del soporte. Debido a lo anterior, la construcción de las juntas debe hacerse con demasiada precaución.

2-4.4.1 TIPO DE JUNTAS.

Las juntas pueden ser de los siguientes tipos:

- a) Juntas transversales de dilatación.- Estas juntas permiten que el pavimento pueda moverse al dilatarse las losas. La separación entre estas juntas deberá ser a cada cuarenta y ocho (48) metros. Sin embargo, estas juntas pueden eliminarse siempre que se reúnan las siguientes condiciones:

Que los materiales empleados en el concreto no tengan propiedades expansivas, que la construcción del pavimento se realice en épocas del año con temperaturas templadas y que la separación de las juntas de contracción sea suficiente para prevenir grietas intermedias.

Las juntas consistirán de varillas, pasajuntas lisas para transmitir la carga de una losa a otra, en uno de los extremos se colocará el casquillo de expansión.

Las dimensiones de las pasajuntas son de cincuenta (50) a sesenta (60) centímetros de longitud, una (1) pulgada de diámetro y separada de treinta (30) a cuarenta y cinco centímetros.

La junta deberá sellarse con un material compresible e impermeable (asfalto No. 8) para evitar que penetren substancias extrañas y a la vez absorber los movimientos de las losas, (ver la figura 2-4.4.1.B.).

b) Juntas transversales de contracción.- Tienen por objeto controlar los esfuerzos originados por la contracción de las losas, también permiten cierto movimiento angular, con lo cual ayuda a disminuir los efectos originados por el alabeo.

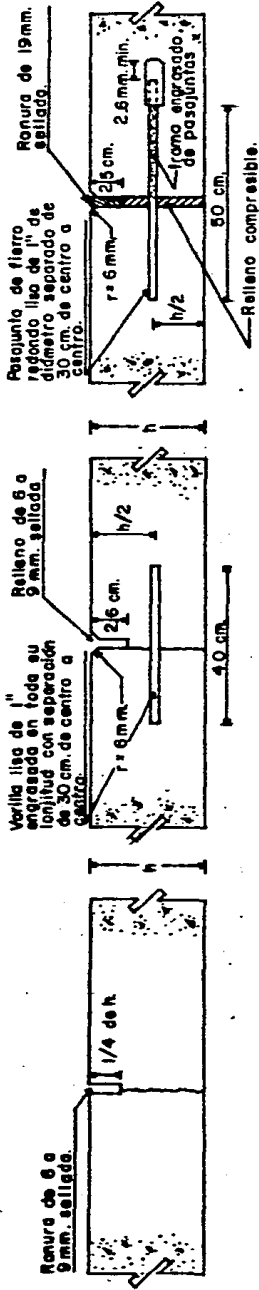
Las juntas de contracción consisten en formar ramuras cuya profundidad sea de una cuarta parte del espesor de la losa, las cuales se harán por medio de cortadores especiales de abrasivo o diamante industrial con un ancho de seis (6) a nueve (9) milímetros.

Las juntas irán espaciadas de cinco (5.00) a seis (6.00) metros y el tiempo que debe transcurrir entre el colado y el corte será de cuarenta y ocho (48) a setenta y dos (72) horas.

Las ramuras se limpiarán perfectamente y se rellenarán con un material elástico resistente al efecto de los solventes y al calor de los motores y al intemperismo.

CROQUIS DE JUNTAS

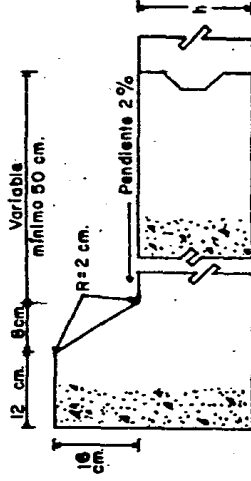
FIG. 2-4,4.1.



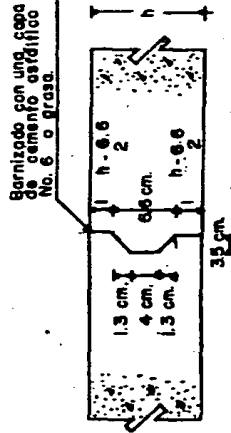
B.- JUNTA TRANSVERSAL DE EXPANSION

C.- JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION

A.- JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION



GUARNICION INTEGRAL



D.- JUNTA LONGITUDINAL MACHIHEMBADA

Debe ser adherente a las paredes y permitir dilataciones y contracciones sin agrietarse. Este material deberá llenar las dos terceras partes de la ramura, (ver la figura 2-4.4.1.A.).

- c) Juntas de construcción.— Estas pueden ser de dos tipos: Longitudinales.— Dependiendo del número de carriles de circulación, el pavimento se dividirá longitudinalmente en fajas de ancho variable entre dos punto cincuenta -- (2.50) y tres punto cincuenta (3.50) de acuerdo con el proyecto, entre estas fajas existirán juntas longitudinales de construcción machihembrada, ver la figura 2-4.4.1.D.

Transversales.— Estas juntas irán espaciadas a una distancia múltiple de seis (6) metros, a partir del punto de iniciación del vaciado que debe ser la junta transversal de construcción anterior.

Las dimensiones de las pasajuntas serán de cincuenta -- (50) centímetros de longitud y diecinueve (19) milímetros ($3/4$ ") de diámetro espaciadas a cada sesenta (60) centímetros su nivel corresponderá a la mitad de la losa, (ver la figura 2-4.4.1.C.).

2-4.5 EJECUCION.

2-4.5.1 CIMBRADO.

Quando no sea necesario hacer sub-base ni base, por ser de

buena calidad los sobrantes existentes, sobre ésta, una vez afinada y nivelada, se podrán construir directamente las losas de rodamiento de concreto hidráulico.

Preferentemente las cimbras estarán constituidas por formas metálicas, y se podrán utilizar provisionalmente cimbras de madera de pocos usos. Las cimbras se apoyarán en terreno compacto y nivelado adecuadamente, para que al colarlas queden apoyadas uniformemente en toda su longitud y con la correcta elevación. Antes de colar el concreto se harán las correcciones necesarias en el alineamiento y en la nivelación de las cimbras. Las cimbras deberán deformarse lo menos posible y ser capaces de soportar equipo de construcción pesado. Deberán tener un peralte mínimo igual al espesor de la losa de concreto por colar.

Las cimbras deberán permanecer en su lugar cuando menos ocho (8) horas después del colado. Inmediatamente después del fraguado inicial deberá empezarse el curado y después de la remoción de la cimbra la corrección de los bordes expuestos del pavimento.

Cuando el pavimento sea de concreto hidráulico reforzado, el proyecto fijara diámetro, espaciamiento y colocación de las varillas, debiéndose cumplir con lo que indican las Especificaciones. Cabe mencionar, que este tipo de pavimentos no es muy común utilizarlo en México.

2-4.5.2. COLOCACION Y ACABADO.

La longitud de camino o aeropista en que debe estar preparada la sub-base, adelante del vaciado del concreto deberá -- ser la adecuada. Antes del vaciado se engrasarán las superficies que entrarán en contacto con el concreto. Los moldes no se aflojarán ni se removerán antes de que el concreto haya en durecido lo suficiente, para soportar sin deterioro la manio-bra respectiva, siendo este lapso de veinticuatro (24) horas como mínimo.

El concreto elaborado se vaciará directamente de la revol-vedora, del equipo de transporte o de la cubeta viajera y se distribuirá de manera de lograr un avance uniforme con la can-tidad de concreto suficiente para que al terminar las opera--ciones de colocación se obtenga, en todos los puntos de la lo-sa, el espesor fijado. El concreto se colocará en fajas limi-tadas por juntas en el sentido transversal.

No se permitirá un intervalo mayor de cuarenta y cinco (45) minutos entre la colocación de dos (2) bachadas. Este retardo obligará a la formación de una junta de construcción.

El vibrado del concreto se hará en toda el área que ocupe, por medio de reglas vibratorias y de vibradores de inmersión. El vibrado se hará sin tocar las cimbras.

Para el afinamiento, si se emplea máquina terminadora, se procederá a extender la revoltura por medio del vibrador que se desliza en carriles longitudinales. Se vaciará la revoltura distribuyéndola uniformemente y en cantidad ligeramente excedida, adelante de la máquina terminadora para evitar la formación de depresiones en la superficie terminada. Generalmen-te una pasada del vibrador de la máquina es suficiente para acomodar la revoltura uniformemente; no conviene abusar del em

pleo del vibrador porque segrega la revoltura, haciendo brotar mortero fino a la superficie. Una vez terminado el afinamiento se comprobará mediante un escantillón que se apoye en los moldes, que no haya irregularidades en la superficie y en caso contrario se procederá a corregirlas.

Cuando el afinamiento del pavimento no se haga con máquina terminadora, se procederá después del vibrado a compactar superficialmente con un pisón compuesto de un tablón de cinco (5) centímetros de grueso, treinta (30) centímetros de altura y dos (2) metros de largo y que tenga en el canto inferior de cinco (5) centímetros, una solera del mismo ancho en toda la longitud. En seguida se aplanará la superficie con una llana de mango largo que permita operar fuera de la losa. El afinado se hará con una banda de hule y lona de dos (2) a cuatro (4) capas, de veinte (20) a veinticinco (25) centímetros de anchura y con una longitud de sesenta (60) centímetros mayor que el ancho de la losa, como mínimo, manejada perpendicularmente al eje longitudinal de la misma por dos (2) operarios colocados fuera de éste, rozando la superficie del concreto y dejándola ligeramente áspera. Una vez terminado el afinamiento con la banda de hule, se comprobará mediante un escantillón que apoye en los moldes, que no haya irregularidades en la superficie y en caso contrario se procederá a corregirla.

2-4.5.3 CURADO DEL CONCRETO HIDRAULICO.

Inmediatamente después de terminadas las operaciones de acabado de la superficie, se tomarán las precauciones neces-

rias para asegurar un curado eficiente del concreto, por cual quiera de los procedimientos que a continuación se indican.

- a) Aplicando a la superficie expuesta una membrana impermeable que impida la evaporación del agua que contiene la masa de concreto. La cantidad, clase de producto que se emplee y su forma de aplicación, serán las adecuadas.
- b) Cubriendo el concreto con arena, costales o mantas que se mantendrán perfectamente húmedos por un periodo no menor de setenta y dos (72) horas, contadas a partir -- del vaciado.

Quando la lluvia sea inminente, todas las operaciones de pavimento deberán detenerse tomando las medidas oportunas para la protección del concreto sin endurecer.

2-4.6 VERIFICACION Y TOLERANCIAS.

Para dar por terminada la construcción de las losas de concreto hidráulico, se verificará el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, espesor, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y con las siguientes tolerancias:

A) Para caminos:

1. Anchura de la superficie,
del eje a la orilla. + 1 cm.
2. Pendiente transversal con
respecto a la de proyecto. $\pm 0.5 \%$.
3. Profundidad máxima de las

depresiones observadas co
locando una regla metáli-
ca de tres (3) metros de
longitud, paralela al eje
del camino y con espacia-
mientos de dos (2) metros
entre cada prueba.

0.5 cm.

4. En el ochenta por ciento
(80%) como mínimo del nú-
mero total de los espeso-
res determinados.

$e_r \geq e$

5. En el veinte por ciento -
(20%) como máximo del nú-
mero total de los espeso-
res determinados.

$e_r \leq e - 0.5 \text{ cm}$

B) Para patios y plataformas:

1. Anchura de la superficie,
del eje a la orilla.

$\pm 1 \text{ cm.}$

2. Niveles de la rasante con
respecto al proyecto.

$\pm 0.5 \text{ cm.}$

3. Pendiente transversal con
respecto a la de proyecto.

$\pm 0.1 \%$

4. Profundidad máxima de las
depresiones, observadas co
locando una regla metálica
de cinco (5) metros en di-
rección paralela al eje --
del patio o plataforma y --
con espaciamiento de dos --

(2) metros entre cada prueba.

0.5 cm.

5. En el ochenta por ciento - (80%) como mínimo del número total de los espesores determinados.

$e_r \geq e$

6. En el veinte por ciento - (20%) como mínimo del número total de los espesores determinados.

$e_r \geq e - 0.5 \text{ cm}$

La determinación de los espesores se hará por medio de nivelaciones y la distribución de los puntos donde se lleven a cabo estas determinaciones deberá ser la indicada en las figuras 2-2.6.1. y 2-2.6.2., correspondiente para caminos, patios y plataformas.

ANEXO A.

DISEÑO DE PAVIMENTO.

Uno de los problemas más importantes del diseño de carreteras es el de los pavimentos. El pavimento es una estructura formada por una o varias capas empleando en cada una de ellas material seleccionado para transmitir en forma disipada las cargas de los vehículos a la sub-rasante, de manera que no exceda la capacidad para soportar la carga de esta última; esta estructura está constituida en su forma más completa por las capas de sub-base, base y carpeta. En consecuencia un pavimento debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Resistencia a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
2. Estabilidad ante los agentes del intemperismo.
3. Durabilidad.
4. Economía.

Prácticamente existen tres tipos de técnicas empleadas para el diseño de pavimentos:

1. Métodos teóricos, tales como el presentado por la Armada de los E.U.A., para pavimentos asfálticos o el método de la Portland Cement Association para pavimentos de concreto hidráulico (curvas de Westergaard).
2. Métodos semiempíricos, en donde se aplican los resulta-

dos de alguna teoría y se modifican de acuerdo con el comportamiento real de los pavimentos; en estos métodos generalmente existen una o varias pruebas de Laboratorio de campo, más o menos arbitrarias que tratan de correlacionar la teoría con el comportamiento real. En este grupo están incluidos los métodos de McLeod, CBR, Hveem, Texas, etc.

3. Métodos empíricos, apoyados exclusivamente en la observación y la experiencia. En este grupo podría quedar clasificado el método de la Federal Aviation Agency.

Dentro del segundo grupo podrían quedar clasificados los métodos de diseño basados en pruebas experimentales en prototipos, puesto que en algunas ocasiones han servido para afectar a las fórmulas teóricas o semiteóricas de coeficientes, en donde se pretende involucrar las incertidumbres ya mencionadas.

Quizá los métodos semiempíricos son los más difundidos actualmente en el mundo.

Dependiendo del tipo de pruebas que se emplean, los métodos de diseño podrían clasificarse en los siguientes grupos:

1. Métodos en los que se emplean pruebas de placa (método de Navy, PCA, McLeod, etcétera).
2. Métodos en los que se emplean pruebas de penetración -- (método del CBR).
3. Métodos en los que se emplean pruebas triaxiales (métodos de Hveem, Kansas y Texas).

Las tendencias más modernas en el diseño de los pavimentos se enfocan principalmente a tratar de representar las condiciones reales de trabajo, en lo que se refiere principalmente a la compactación, comportamiento estructural (estabilidad), contenido de agua de equilibrio, deformabilidad o resiliencia (rebote elástico), tránsito, clima, etc. No obstante, aún no ha sido posible involucrar todas las incertidumbres en una sola fórmula universal y todavía queda al criterio del proyectista presuponer las condiciones más desfavorables a las que se verá sujeto el pavimento durante su vida útil.

El método de diseño de espesores de las capas del pavimento de la S.O.P., para caminos se hace actualmente y a partir de 1965 aproximadamente, utilizando la gráfica de la figura A-1., la cual está en función del Valor Relativo de Soporte determinado en el material de la capa sub-rasante y la intensidad de tránsito prevista, con lo que se obtiene el espesor de la sub-base más base.

Para efectos de clasificación de tránsito solamente se consideran los vehículos con capacidad de carga igual o superior a tres (3) toneladas métricas, considerado en un solo sentido.

El espesor de la capa de base no deberá ser menor de 12 cm en caminos con tránsito inferior a 1000 vehículos pesados por día, ni de 15 cms. en caminos con tránsito superior a 1000 vehículos.

El espesor de la sub-base será la diferencia del espesor total determinado para sub-base y base menos el espesor proyectado para la base. En ningún caso este espesor deberá ser inferior a 10 cm. de material compacto.

El tipo y espesor de carpeta se elige de acuerdo con el -- tránsito que circulará por la carretera, tomando en cuenta el siguiente criterio.

Intensidad de tránsito de vehículos con capacidad de carga igual o superior a 3 toneladas métricas, considerado en un solo sentido.

Mayor de 2000 vehículos al día.

De 1000 a 2000 vehículos al día.

De 500 a 1000 vehículos al día.

Menos de 500 vehículos al día.

Tipo de carpeta asfáltica recomendable.

Mezcla en planta - de 7.5 cm de espesor.

Mezcla en planta - de 5.0 cm mínimo, de espesor.

Mezcla en el lugar o en planta de 5.0 cm. de espesor.

Tratamiento superficial simple o doble.

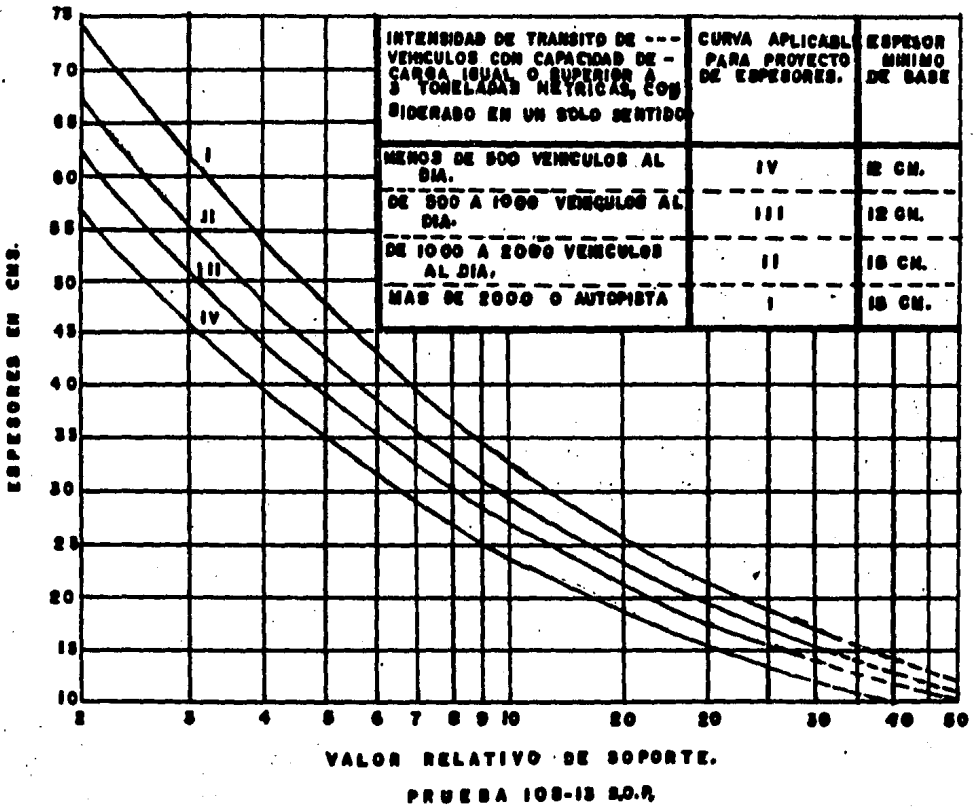


FIGURA A-1

CAPITULO III

3 CONSERVACION.

Podemos definir como conservación, a las operaciones necesarias para ejecutar la reposición parcial o total de la estructura, tan igual como sea posible a su condición original, tal como fué construida, o tal como fué subsecuentemente mejorada.

En general, se emplean los mismos materiales y métodos para la construcción de superficie que para el mantenimiento de superficie. Sin embargo la maquinaria y los métodos de construcción están diseñados para una producción a gran escala, mientras que las operaciones de mantenimiento comprenden pequeñas producciones en lugares separados. Además, las operaciones de mantenimiento deben planearse para un rápido funcionamiento y causar la menor interrupción posible o el menor peligro para el tránsito.

Es necesario un mantenimiento continuo y mantenerlo al máximo de eficiencia. No efectuar un trabajo de mantenimiento que debe ser ejecutado, frecuentemente sale más costoso si se deja pasar el tiempo, pues se incrementa el costo de operación y puede traer, además serios accidentes cuyo costo es mayor que el costo del desperfecto inicial. El desarrollo de un programa que encierre varias actividades de atención y que és

tas sean atendidas con la oportunidad debida, de seguro nos a horrarán mano de obra y materiales en comparación con las que necesitaríamos para corregir la situación después de que éste haya empeorado.

3-1 CONSERVACION NORMAL.

3-1.1 DEFINICION.

Se define como Conservación Normal, a los trabajos de rutina que se realizan de manera sistemática, continua y muchas veces cíclicas, que tienen por objeto mantener la estructura original del camino. Estos trabajos, aseguran la duración - máxima de una obra de acuerdo con su calidad de construcción y hacen que dicha obra preste el servicio eficiente para el cual se proyectó.

3-1.2 TRABAJOS NECESARIOS DE LA CONSERVACION NORMAL.

Los trabajos necesarios para la Conservación Normal de un camino, generalmente consisten en:

- 1.- Superficie de rodamiento.
- 2.- Acotamientos.
- 3.- Obras de drenaje.
- 4.- Taludes.
- 5.- Zonas laterales del derecho de vía.
- 6.- Señalamientos.

1.- Superficie de rodamiento. Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros -- que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debidos a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos. Considerando que, de todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, será por demás importante el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo. Por ello, es lógico que una gran parte del esfuerzo en la conservación de carreteras se dedique a estas labores.

En términos generales, las labores que son más usuales para conservar en buenas condiciones la superficie de rodamiento, cuando está constituida por un pavimento flexible, de acuerdo con el siguiente orden:

- a) Relleno de grietas.
- b) Renivelación.
- c) Bacheo.
- d) Riego de sello.
- e) Rastros y/o recargues en caminos revestidos o en terracerías.

2.- Acotamientos. Fajas comprendidas entre la orilla de la carpeta o de la superficie de rodamiento y la orilla de --

la corona de un camino.

Los acotamientos, además de proporcionar protección lateral a la superficie de rodamiento, sirven para estacionamiento de emergencia y por lo mismo como zona de desaceleración.

Las labores de conservación en relación a los acotamientos, dependerán del tipo de superficie de rodamiento existente, de acuerdo con lo que sigue:

- A) En caminos con superficie de rodamiento revestida o de terracería los acotamientos deberán tratarse igual que el resto de la corona.
- B) En caminos con carpeta, deberán considerarse los siguientes lineamientos:
 - 1) La carpeta y el acotamiento podrán estar en la misma superficie o bien en superficies paralelas con desnivel máximo de cinco (5) centímetros, siendo siempre, en ese caso, la superficie de la carpeta la de nivel superior.
 - 2) Los acotamientos deberán ser construidos atendiendo a las Especificaciones para base y protegidos con riego de impregnación. Deberá construirseles carpeta de un riego o, en caso de que el volumen de tránsito lo justifique, de mezcla asfáltica. En ambos casos, deberá buscarse en los acotamientos, una textura más rugosa que la de la superficie de rodamiento.
 - 3) Al efectuar reconstrucciones, especialmente sobrecarpetas o bases asfálticas, deberá ampliarse la reparación a todos el ancho de corona o efectuar los

trabajos adicionales necesarios, para evitar, si es posible, el desnivel entre el acotamiento y la superficie de rodamiento, o lograr que no exceda de los cinco (5) centímetros mencionados en el sub-párrafo 1.

- 4) Las Normas y procedimientos de reparación para relleno de grietas, renivelaciones, bacheo y sello, dadas para la superficie de rodamiento, serán integralmente aplicables a los acotamientos.

En términos generales, las labores que son más usuales para conservar en buenas condiciones los acotamientos serán los siguientes:

- a) Reposición de acotamientos.
- b) Recargue o refuerzo de acotamientos.
- c) Pavimentación de acotamientos.
- d) Bacheo de acotamientos.
- e) riego asfáltico de protección.
- f) Limpieza y perfilado de la corona.
- g) Remoción de derrumbes.

3.- Obras de drenaje. En cualquier labor de conservación relacionada con el drenaje, la base para lograr un funcionamiento eficiente del mismo, será disponer de un sistema de inspección establecido que permita una adecuada programación de los trabajos. Estas inspecciones y la programación correspondiente deberán sujetarse a los siguientes lineamientos generales:

- A) Deberán efectuarse como mínimo dos inspecciones al año de todo el sistema, de manera que una de ellas se lle-

ve a cabo con la anticipación suficiente para programar las labores de limpieza y/o reparaciones urgentes y terminarlas antes de la temporada de lluvias. Al término de dicha temporada deberá efectuarse otra inspección general, con objeto de apreciar los desperfectos que las obras puedan haber sufrido y programar su reparación durante la temporada de secas.

- B) Independientemente de las anteriores, deberán efectuarse inspecciones durante las lluvias fuertes o tormentas y después de ellas, ya que ésta será la única manera efectiva de juzgar si las obras y su funcionamiento son adecuados.
- C) Durante la temporada de lluvias, deberá dársele atención preferente a las labores de limpieza, efectuándolas con periodicidad necesaria para cumplir con las Normas.
- D) Es necesario poner de relieve que en el caso de obras de drenaje, las labores de conservación no deberán limitarse a mantener en buenas condiciones las existentes, sino que además debe estudiarse constantemente su funcionamiento para lograr corregir, mediante las obras adicionales, los defectos u omisiones de proyecto y/o construcción, que la experiencia en la conservación del camino indique como necesarias.

En general las labores que pueden ser las más usuales para la conservación de las obras de drenajes son los siguientes:

- a) Desazolve de contracunetas.
- b) Desazolve de cunetas.

- c) Construcción de contracunetas.
- d) Reposición de cunetas.
- e) Revestimiento de contracunetas.
- f) Revestimiento de cunetas.
- g) Reparación de lavaderos.
- h) Construcción de lavaderos.
- i) Desazolve de alcantarillas.
- j) Reparación de alcantarillas.
- k) Acondicionamiento de accesos a las alcantarillas.
- l) Reparación de zampeados.
- m) Construcción de zampeados.
- n) Desazolve de puentes.
- o) Reconstrucción y/o arreglo de drenes.

4.- Taludes. Superficies laterales de un corte o de un terraplén.

Las labores de conservación en relación con los taludes, son de gran importancia ya que pueden considerarse como preventivas para evitar derrumbes o deslaves y, por consiguiente, todos los inconvenientes y peligros que ellos -- presentan.

- A) Cortes.- En cortes en roca, deberán removerse de los taludes todas las piedras o materiales sueltos que presentan peligro de caer a la corona del camino. Si el tamaño de las piedras es tal que al removerlas puedan ocasionar desperfectos en la corona del camino, habrá que protegerla, colocando sobre ella una capa de arena. En cortes en tierra, deberá mantenerse el talud con

una vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y -- que éste sea acarreado a las cunetas.

La falta de estabilidad en taludes de cortes, en general, está íntimamente ligada con la presencia de agua, por lo que deberá darse primordial importancia al mantenimiento de contracunetas. Asimismo, deberá procurarse que los taludes tengan la pendiente que garantiza su estabilidad, llevando a cabo, al efecto, los trabajos necesarios.

B) Terraplenes.- El afinamiento de los taludes del terraplén deberá considerarse una labor de rutina, con objeto de obtener una superficie uniforme que ayude a la estabilidad de los mismos, evitando asentamientos, erosiones o deslaves.

Deben evitarse en el pie del talud corrientes de agua que afecten su estabilidad. Deberá ser objeto de especial cuidado y atención la estabilidad del terraplén en la línea de ceros, asegurándola con recargues de material o, en caso necesario, con muros de mampostería.

Los taludes de los terraplenes deberán protegerse para evitar erosión, socavación o deslave del material por el agua que escurre de la corona del camino. Esta protección puede obtenerse mediante la siembra de pastos o especies vegetales adecuados, según el material y clima de la región.

En caso que se justifique, por tratarse de materiales erosionables o ser muy grande el volumen de agua,

deberán construirse guarniciones en el acotamiento que encaucen el agua hacia lavaderos por los que escurra - sin producir erosión.

En términos generales, las labores que se realizan para la conservación de los taludes, son los siguientes:

- a) Afinamiento.
- b) Retiro de obstáculos laterales para mejorar visibilidad.
- c) Recargues en taludes de terraplén.
- d) Estabilización.
- e) Construcción y/o reparación de muros.
- f) Relleno de deslaves.

5.- Zonas laterales del derecho de vía. Derecho de vía es la faja de terreno cuyo ancho corresponde determinar a la Secretaría y la cual se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares. Es, por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen legal correspondiente.

Zonas laterales del derecho de vía.- Son las porciones, - del mismo. no ocupadas por la estructura del camino.

En general el ancho es de veinte (20) metros a cada lado del eje de las carreteras, aunque, por condiciones especiales se fijan anchos mayores o menores, según convenga.

La conservación del derecho de vía de su zonas laterales, generalmente consiste en los siguientes:

- a) Deshierbe.
- b) Desmonte.
- c) Canalización de zonas inundables.
- d) Mantenimiento de obras marginales.
- e) Retiro de obstáculos.
- f) Retiro de anuncios.
- g) Retiro de cercas.

6.- Señalamientos. Las señales son tableros fijados en postes o estructuras con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros, su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre el camino y proporcionarles la información necesaria para facilitar su viaje.

Las labores de conservación con respecto a los señalamientos consisten en las siguientes:

- a) Pintura de raya central.
- b) Pintura de rayas laterales.
- c) Pintura de elementos de la sección transversal.
- d) Reparación de señales en el lugar.
- e) Colocación de señales.
- f) Colocación de "fantasmas".
- g) Reposición de postes de kilometraje.
- h) Pintura de puentes.

Todos estos trabajos son y siempre serán indispensables efectuar dentro del proceso de conservación, y es necesario — que además de realizarlos, se lleven estadísticas de los cos-

tos reales de estas labores, ya que esta información integrada al Centro de Datos, para procesarla, y después de analizar la conjuntamente con todos los factores que intervienen en el comportamiento de un camino, dará criterios que permitan asignar en forma más lógica y precisa las cantidades necesarias para la realización de este tipo de trabajos, ya que no es posible seguir asignando fondos solo en función del tipo de calzada, longitud y algún otro parámetro aislado, sino que es necesario tomar en cuenta una serie de factores locales tales como, edad del camino, densidad y tipo del tránsito, condiciones geológicas y climáticas, etc.

3-1.3 MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO.

El mantenimiento rutinario de los pavimentos de concreto consiste en gran medida en tratar las grietas y las juntas de expansión transversales y longitudinales. Frecuentemente es necesario librar las juntas de expansión de la suciedad y otras materias extrañas, y rellenarlas con un compuesto sellador caliente. Las grietas anchas o las juntas descascaradas deben primero, ser sopladas con aire comprimido o limpiadas en alguna otra forma, y, a continuación, deben ser selladas para evitar la entrada de materiales extraños y para bloquear la penetración descendente del agua superficial. Sin embargo, existe el serio problema de si el sellado de las grietas angostas es efectivo, y muchos ingenieros de mantenimiento no lo recomiendan. La escoriación superficial, procedente de la acción de las heladas o de la sal, se corrige aplicando un tratamiento superficial bituminoso.

Quando el pavimento de concreto se encuentra en buenas condiciones, excepto por pequeñas áreas escasas que se han roto o descascarillado perjudicialmente, es económico el bacheo -- con concreto. En las localizaciones afectadas, el concreto debe ser eliminado mediante cortes verticales rectos y perpendiculares a la línea central del camino. Para las reparaciones en los bordes, el ángulo con respecto a la línea central del camino debe ser mayor de 30 grados y menor de 60 grados. Las secciones eliminadas deben tener áreas mínimas de 1.91 m². La nueva losa siempre debe ser tan gruesa como el pavimento original y, si la infraestructura es dudosa, debe reemplazarse -- con material adecuado, apropiadamente apisonado. Es una práctica excelente proporcionar espesores adicionales anexos al -- concreto viejo y extender el parche bajo el pavimento viejo -- a una anchura y a una profundidad de por lo menos 10 cm. comúnmente se emplea el concreto de alta resistencia y de fraguado rápido, producido por cemento extra, cemento de alta resistencia y fraguado rápido, o poniendo un acelerador tal como el cloruro de calcio, para bachear, a fin de lograr un uso más rápido del pavimento.

3-1.4 PROGRAMA DE LOS TRABAJOS DE LA CONSERVACION NORMAL.

El programa de los trabajos de Conservación Normal, es generalmente rutinario y debe tender a ejecutarse en forma de -- ciclos, estudiando para formular los intervalos de periodicidad adecuados a la intensidad del tránsito para algunas obras , como rastreo y bacheo, y de acuerdo con las estaciones meteorológicas del año si se trata de efectos atmosféricos, co-

mo limpias y desazolves de cunetas y los deshierbes de acotamientos y taludes. En otros casos la periodicidad está marcada por la duración de los materiales exclusivos de protección de estructuras, como es la pintura de puentes, señales de tránsito o de cercas de protección.

De acuerdo con las circunstancias que prevalezcan en cada tramo de camino, deberá formarse un programa de operaciones en forma de calendario mensual, en el cual se anoten época que para mayor economía y calidad de los trabajos, deben ejecutarse las distintas operaciones de la conservación. Esto servirá para la distribución de sus elementos, equipos y personal, y para no omitir en su oportunidad ninguna operación indispensable que pudiera pasarse si los encargados se atienden su memoria y costumbre natural.

Para la elaboración del programa de trabajo se requiere primeramente un recorrido trimestral del superintendente por todos los caminos a su cargo, cuantificando detalladamente los volúmenes de obra necesarios para cada uno de los conceptos antes indicados.

Una vez que se cuenta con la relación de los trabajos necesarios, el superintendente deberá elaborar un programa en el que asignará recursos y tiempo de ejecución a cada una de las labores.

Con el programa terminado se estudiará si los recursos con que cuenta la superintendencia son suficientes para la realización del programa, tomando las precauciones necesarias para el caso de que se presenten trabajos urgentes no previstos en el programa. Si los recursos con que se cuenta no son suficientes para la realización del programa, al hacer el calenda

rio de trabajos, se dejarán aquellos que se considere de menor importancia para el siguiente trimestre, o bien se buscarán los recursos con los superiores inmediatos.

Desde luego no es de creerse que un programa así elaborado resuelva los problemas de conservación; pero sí se cree que permitirá un estudio más completo de ellos, lo cual sin duda ayudará considerablemente en su solución. No debe olvidarse que el éxito de un trabajo como éste dependerá exclusivamente del interés y la preparación del personal encargado de la programación, ejecución y supervisión de los trabajos previsto.

Cabe recordar que un nivel de servicio muy bajo incrementa notablemente los costos de operación y recorrido de los vehículos, los accidentes, etc., por lo que el nivel de servicio satisfactorio será aquel que minimice el costo total de operación de un camino, o sea, la suma de los costos de conservación, de operación y de recorrido de los usuarios.

3-2 BACHEO.

3-2.1 DEFINICION.

Son las operaciones necesarias para ejecutar la reposición parcial o total de la estructura y superficie de rodamiento - del pavimento en aquellas zonas en que se presenten fallas o daños por intemperismo o por cualquier otra causa, hasta dejarlo en las mismas condiciones que tenía originalmente.

3-2.2 TIPOS DE FALLAS Y SUS CAUSAS QUE LA ORIGINAN.

Las fallas y sus causas se presentan en los casos siguientes más comunes:

- a.- Desintegración de la carpeta.- Por escases de asfalto o sobrecalentamiento de la mezcla o derrame de solvente por los autotransporte.
- b.- Agrietamiento "piel de cocodrilo".- Por falta de soporte por saturación en: sub-rasante, sub-base, base, etc

- c.- Deslizamiento.- Por defectos de liga.
- d.- Ondulaciones o arríñonamientos.- Inestabilidad por exceso de asfalto o solventes en la mezcla.
- e.- En los cortes necesarios, motivados por fugas, conexiones, nueva instalación o reposición de los existentes.

3-2.3 EJECUCION.

Los baches se dividen en profundos o superficiales, siendo estos últimos los que afectan exclusivamente a la carpeta. El procedimiento para su reparación deberá ser el siguiente:

La zona por reparar deberá limpiarse de materia extraña, - tal como tierra, hierbas, desechos de animales u otros.

Se deberán marcar las zonas de bacheo, de preferencia con cordón y cal, abarcando veinticinco (25) centímetros afuera - del área afectada. Las zonas de bacheo deberán tener forma -- rectangular o cuadrada, con dos de sus lados perpendiculares al eje de vía.

Una vez marcada la zona de bacheo, se procederá a ejecutar los cortes en la carpeta, de preferencia con sierra, para abrir la caja y extraer el material fallado, la excavación deberá hacerse hasta que se encuentre la capa de material resistente. Las paredes de la caja deben ser verticales.

Terminada la excavación y extracción del material fallado, deberá limpiarse perfectamente la caja y prepararse de acuerdo a las indicaciones siguientes:

- a.- Si la excavación en la caja es profunda, será necesario colocar grava cementada controlada o el material o

mezcla que indique el proyecto, hasta el nivel inferior de la carpeta existente en capas de diez (10) centímetros o del espesor que indique de material compacto con la humedad cercana a la óptima y compactada al grado mínimo del 95% de su peso volumétrico máximo, verificado por medio de pruebas de laboratorio.

- b.- Cuando la excavación llegue a la base hidráulica deberá darse una afinada con el compactador a la superficie.
- c.- Si la excavación llega a la carpeta asfáltica deberán darse piquetes de amarre a razón de veinte (20) a veinticinco (25) por metro cuadrado y a una profundidad de dos (2) centímetros aproximadamente y después barrer perfectamente.

Antes de aplicar los riegos asfálticos, se procederá al barrido de la superficie del bacheo.

Los riegos asfálticos se ejecutarán como sigue:

- a.- Cuando el riego de impregnación o penetración se realice sobre la base hidráulica, podrá utilizarse asfalto FR-3 a razón de un (1.0) litro por metro cuadrado aproximadamente.
- b.- Cuando el riego asfáltico se realice sobre carpeta asfáltica, podrá utilizarse riego de liga con asfalto FR-3 a razón de medio (0.5) litro por metro cuadrado aproximadamente.
- c.- Las paredes verticales que rodean la superficie del bache, deberán recibir un riego ligero de liga con asfalto FR-3.
- d.- Para proseguir con las operaciones de bacheo, una vez

aplicados los riegos asfálticos, deberán esperarse el tiempo suficiente para que se hayan eliminado parte de los solventes, dos (2) horas aproximadamente, dependiendo de las condiciones climatológicas.

La mezcla asfáltica, por tratarse de una mezcla cuyo aglutinante contiene solventes y con objeto de evitar fallas prematuras tales como: inestabilidad, deslizamiento o disgregación; será necesario tomar las siguientes precauciones:

- a.- La temperatura de la mezcla asfáltica durante su tendido, deberá ser mayor de setenta (70) grados centígrados.
- b.- La temperatura de la mezcla asfáltica durante la operación de compactado deberá estar entre setenta (70) y cincuenta (50) grados centígrados.
- c.- Después de que se haya eliminado gran parte de los solventes de la mezcla asfáltica, tres (3) horas aproximadamente después de compactada, se podrá abrir al tránsito las zonas de bacheo.

En zonas de tránsito intenso y con objeto de acelerar la apertura del mismo, es conveniente emplear mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico No. 6, en virtud de que éstas adquieren su estabilidad inmediatamente.

Después de que la caja de bacheo ha sido debidamente preparada, incluyendo riegos de penetración o liga, se colocará la mezcla de bacheo, impidiendo la segregación del material, las paladas de la mezcla deberán aplicarse de las orillas hacia el centro, la cantidad de mezcla asfáltica será suficiente para asegurarse que después de compactada, quede a nivel del pavimento adyacente (ni arriba ni abajo).

Cuando los espesores de bacheo son superiores a los cinco (5) centímetros deberá aplicarse la mezcla en dos capas, procurando que una vez compactada la primera y antes de tender la segunda se dé un piquete de amarre (sin riego de liga) para facilitar la homogeneidad de la mezcla colocada.

La compactación debe efectuarse de las orillas hacia el centro y de las partes baja hacia la parte alta traslapándose entre una y otra pasada cuando menos quince (15) centímetros. Una vez compactada la mezcla (sin dejar huella de las ruedas) debe quedar al nivel del pavimento adyacente.

Cuando los pavimentos existentes (asfálticos o de concreto hidráulico) presenten deterioros cuya conservación es incosteable e inapropiada con trabajos de bacheo o tratamiento superficial, deberá hacerse la reconstrucción por medio de la sobrecarpetas asfálticas.

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

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. S.A.H.O.P. -
1^a edición, Tercera reimpresión. México, 1977.

Ingeniería de Carreteras. Clarkson H. Oglesby y Laurence I.
Hewes. 1^a edición en español de la 2^a edición en inglés.
Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1969.

Normas de Construcción. S.C.T., 1^a edición. Comité de Especificaciones, Precios Unitarios y Contratación de Obras.
Tomo X. México, 1981.

Normas Generales de Construcción. Comisión Interna de Precios Unitarios del D.D.F. Tomos: 3 y 5 México, 1981.

Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de -
Carreteras. S.A.H.O.P. 2^a edición, Tercera reimpresión.
México, 1979.

Especificaciones Generales de Construcción. S.C.O.P.
México, 1957.

Curso de Diseño y Construcción de Pavimento I. División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
México, 1983.

Pavimentos de Caminos y Aerovistas. Ing. Jesús Gonzales ---
Hermosillo. Cursos Especiales para el personal de la S.O.P.

Ingeniería. Organó Oficial de la Facultad de Ingeniería, ---
U.N.A.M., abril 1969. Ing. Gerardo Cruickshank Garcia. Evo-
lución de las Técnicas de Diseño de Carreteras.

Tercera Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres.
Octubre 1978. México, D.F.