

870110

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

LEJ

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JORGE GARCIA ASCENCIO

GUADALAJARA, JALISCO

1998

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Guadalajara, Jal., Febrero 25 de 1986.

Al Pasante de
Ingeniero Civil
Sr. Jorge García Ascencio
P r e s e n t e

En contestación a su solicitud de fecha Enero 27 del presente año, me es grato informarle que la Comisión de Tesis que me honro en presidir, aprobó como tema que Usted deberá desarrollar para su examen de Ingeniero Civil, el que a continuación transcribo:

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES".

- I. INTRODUCCION.
- II. TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.
- III. ASFALTOS DERIVADOS DEL PETROLEO.
- IV. AGREGADOS PARA PAVIMENTACION.
- V. CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.
- VI. CARPETAS ASFALTICAS DE MEZCLAS EN FRIO.
- VII. EMPLEO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS LIQUIDOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS.
- VIII. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO.
- IX. RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EXISTENTES.

Ruego a Usted tomar nota que la copia fotografiada del presente oficio, deberá ser incluida en los preliminares de todo ejemplar de su tesis.

Atentamente
"CIENCIA Y LIBERTAD"

ING. CARLOS TRUJILLO DEL RIO,
DIRECTOR

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

GUADALAJARA, JAL., 8 DE JUNIO DE 1993.

AL PASANTE DE
INGENIERO CIVIL
SR. JORGE GARCÍA ASCENCIO,
P R E S E N T E,

EN CONTESTACIÓN A SU SOLICITUD DE FECHA 8 DE JUNIO DEL PRESENTE AÑO, ME ES GRATO INFORMARLE QUE LA COMISIÓN DE TESIS QUE ME HONRO EN PRESIDIR, APROBÓ COMO TEMA QUE USTED DEBERÁ DESARROLLAR PARA SU EXAMEN DE INGENIERO CIVIL, EL QUE A CONTINUACIÓN TRANSCRIBO:

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES".

- I. INTRODUCCION.
- II. TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.
- III. ASFALTOS DERIVADOS DEL PETROLEO.
- IV. AGREGADOS PARA PAVIMENTACION.
- V. CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.
- VI. CARPETAS ASFALTICAS DE MEZCLAS EN FRIO.
- VII. EMPLEO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS LIQUIDOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS.
- VIII. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO.
- IX. RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EXISTENTES.

ASIMISMO INFORMAMOS A USTED, QUE SU ASESOR SERÁ EL ING. JULIÁN DE JESÚS LIMÓN LIMÓN.

A T E N T A M E N T E
"CIENCIA Y VERDAD".

ING. MIGUEL ANGEL PARRA MENA,
DIRECTOR DE LA COMISIÓN REVISORA DE TESIS.

A G R A D E C I M I E N T O S

A DIOS:

Por permitirme llegar al término
de un ciclo más en mi preparación.

A MIS PADRES:

Por los esfuerzos y sacrificios que realizan
para lograr de mí un verdadero profesionista.

A MIS MAESTROS:

Por su ayuda, dedicación y amistad
que me brindaron en el transcurso
de mi carrera.

A MÍ ALMA MATER:

Con mi más profundo agradecimiento.

A TI, COMPAÑERO:

Mi recuerdo.

Con Especial Dedicación a BERTHA mi Esposa que me ha acompañado por el camino
de la vida siendo inspiración de Amor en mis actuaciones, Para mi Hija JANNETT
que sirva para ti como inspiración de lo que es la Universidad y Preparación
en la vida.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIENTO FLEXIBLES.

I.- INTRODUCCION

II.- TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

III.- ASFALTOS DERIVADOS DEL PETROLEO

IV.- AGREGADOS PARA PAVIMENTACION

V.- CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO

VI.- CARPETAS ASFALTICAS DE MEZCLAS EN FRIO

VII.- EMPLEO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS LIQUIDOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS

VIII.-TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO

IX.- RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EXISTENTES

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

Desde los principios de la humanidad, el hombre ha tenido que trasladarse de un lugar a otro, con el fin de comunicarse con sus semejantes y mejorar su nivel de vida. Para lo cual desde tiempos remotos el hombre se ha visto en la necesidad de construir vías de comunicación, mismas que de acuerdo con las condiciones de cada época, han cambiado desde modestas veredas, caminos para carretas, para posteriormente con el invento del vehículo automotor de combustión interna se inicia la construcción de caminos (carreteras).

Los primeros caminos fueron construidos con especificaciones modestas, para soportar pequeños volúmenes de tránsito y cargas por eje muy reducidas, acordes a los requerimientos de los vehículos existentes en esa época.

Con el avance de la tecnología y el desarrollo de los países, la industria automotriz ha crecido aceleradamente, y cada día se requieren más y mejores caminos que permitan transportar mercancías y personas lo más rápido, cómodo y seguro que sea posible. La reducción en el tiempo de recorrido, redundando en la disminución en el costo del transporte, lo cual incide directamente en la economía interna del país.

Definiendo a un pavimento como la estructura, consistente de una o más capas de material tratado, mediante la cual puede realizarse un tránsito de vehículos rápido, seguro y cómodo; ofreciendo una superficie de rodamiento capaz de soportar las cargas de los vehículos, los agentes del intemperismo y cualquier otro agente perjudicial.

El cual deberá contar con los siguientes requisitos:

1- Requisitos Estructurales

- a). Debe tener una resistencia y un espesor total suficiente, tanto para soportar las cargas de los vehículos como para transmitir adecuadamente los esfuerzos a las terracerías, de modo que éstas no se deformen de manera perjudicial.
- b). Debe prevenir la penetración o la acumulación de agua en el interior del pavimento.
- c). Debe tener una capa superior que sea adecuada para el rodamiento y ser resistente tanto a las cargas de los vehículos como a los agentes del intemperismo.

2- Requisitos funcionales

- a). El vehículo debe operarse dentro de un rango de velocidad definida.

- b). La rugosidad de la superficie del pavimento no debe generar una vibración molesta al usuario

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

De un modo bastante arbitrario y con fines fundamentalmente prácticos, los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. Sin embargo, la rigidez o flexibilidad que un pavimento exhibe no es fácil de definir tan adecuadamente como para permitir una diferenciación precisa entre uno y otro tipo de pavimento; es hasta cierto punto materia de juicio el precisar que tan rígido puede ser un pavimento flexible o que tan flexible puede ser un pavimento rígido.

1) Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente en dos capas no rígidas, la base y la subbase, la calidad de las capas es descendiente hacia abajo, ya que el diseño de pavimentos flexibles, emplea el principio de que una carga de cualquier magnitud, puede disiparse con la profundidad a través de capas sucesivas de material, o sea que la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica al ser transmitida hacia abajo de la superficie, ya que se va repartiendo en un área mayor. Por esta causa, los materiales pueden disminuir su calidad con la profundidad pero cumpliendo con las normas mínimas de calidad para la capa en que se están empleando.

Enfatizando lo dicho anteriormente, la resistencia de estos pavimentos es el resultado de la acción conjunta del sistema de capas y al diseñar un pavimento flexible se debe ir analizando capa por capa, buscando que la resistencia de cada una, sea compatible con el nivel de esfuerzos a que estará sometida, haciendo el análisis para toda la estructura del camino.

A continuación se presenta una sección típica de un pavimento flexible en terraplen

Pavimento	Base
	Sub-Base
Terracería	Capa Sub-Rasante
	Cuerpo de Terraplen

TERRENO NATURAL

Las funciones mas importantes de cada una de las capas que constituyen el pavimento flexible son:

a) CARPETA

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente, y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además, debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base.

Cuando está hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento, desde el punto de vista del objeto funcional del pavimento, es el elemento mas importante.

b) BASE

La base es un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores, los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascension capilar.

Las bases pueden construirse de diferentes materiales como:

- I) Piedra triturada o grava de depósito de aluvión.
- II) Materiales estabilizados con cemento, asfalto o cal.
- III) Estabilizados.

Desde el punto de vista económico, la base permite reducir el espesor de la carpeta que es mas costosa.

-- **Sub-base**

Una de las funciones principales de la sub-base es de caracter económico ya que se usa para disminuir el espesor de material de base (material mas costoso). Su función desde el punto de vista estructural es similar a la base.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular mas o menos grueso y la propia subrasante, generalmente formada por materiales finos. La sub-base mas fina, que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de las terracerías, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Otra función de las sub base es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de las terracerías.

-- Sub-rasante y terracerías

Estarán constituidas por materiales que garanticen una resistencia capaz de soportar los esfuerzos que le transmitan los vehículos a través de las capas superiores y ser lo suficientemente estable a cambios volumétricos para evitar que las deformaciones que sufran las terracerías se manifiesten perjudicialmente en el pavimento.

2) Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado (sub base).

Estos pavimentos están regidos por las características estructurales de la losa de concreto, ya que ésta, a causa de su rigidez y alto módulo de elasticidad, tiende a repartir la carga sobre una área relativamente grande del terreno, así, la mayor parte de la capacidad estructural la da la losa, por lo cual el factor principal considerado en el diseño de pavimentos rígidos es la resistencia del concreto, por esta razón, variaciones pequeñas en la resistencia de la sub-rasante, tienen poca influencia en la capacidad estructural del camino.

La capa de sub-base puede o no existir

Por lo que se ha visto, la diferencia fundamental entre los dos tipos de pavimento es en la forma en que distribuyen la carga en las terracerías.

En algunos casos los pavimentos rígidos tienen un recubrimiento bituminoso. El término rígido o flexible es relativo, que tan flexible es un pavimento asfáltico o que tan rígido es un pavimento de concreto hidráulico, es difícil de definir, lo más correcto sería decir pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos de concreto asfáltico.

Es importante mencionar que el buen funcionamiento de un pavimento depende en su gran mayoría de las condiciones del drenaje.

En este trabajo hablaré de los pavimentos flexibles, que además de tener menor inversión inicial que los rígidos tienen las siguientes ventajas:

- A) La construcción de los pavimentos flexibles se puede realizar por etapas. Por esto inicialmente solo se construye el espesor del pavimento requerido para soportar los volúmenes de tránsito existente en esta fecha y posteriormente, cuando se tengan

incrementos en los volúmenes de tránsito y se requiera reforzar el pavimento, se construyen los refuerzos a base de carpetas asfálticas. Con este procedimiento se logra tener una menor inversión inicial, lo cual permite utilizar el resto de los recursos para atender otras necesidades.

B) Con los pavimentos flexibles se obtiene una superficie de rodamiento más uniforme, lo cual proporciona una mayor comodidad al usuario en su recorrido.

C) Los pavimentos flexibles se pueden poner en servicio inmediatamente después de construirlos, lo que no sucede con los pavimentos rígidos.

D) Las reparaciones de los pavimentos flexibles son más fáciles y rápidas de realizar, y permiten abrirlos al tránsito después de terminarlas, lo cual no es posible hacer con los pavimentos rígidos.

Para terminar este capítulo, conviene indicar que el pavimento más económico, no es aquel que su costo de construcción sea el más bajo, sino aquel en que la suma de los costos de construcción, conservación y operación, en su vida de diseño sea el más bajo.

CAPITULO II

TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles como su nombre lo indica, son aquellos que son capaces de permitir ligeras deformaciones provocadas por efecto de las cargas de los vehículos que transitan por ellos, sin llegar a sufrir daños en su estructura. Estas deformaciones en lo general se recuperan inmediatamente después de que se retira la carga. Existen casos en que por reacomodo o recompactación de las capas inferiores, motivada por el paso de los vehículos, se provoca una deformación permanente, la cual si no es de consideración y no se presenta con aparición de grietas, no existe motivo para alarmarse.

La estructura de un pavimento flexible esta integrado por una capa de sub-base, una capa de base, una carpeta asfáltica y riego de sello. El espesor de cada una de las capas está relacionado directamente con la vida de diseño del pavimento, la composición e intensidad del tránsito, el peso por eje de los vehículos, así como la calidad de los materiales pétreos y asfaltos empleados en la construcción de los pavimentos. En lo sucesivo al hablar de los flexibles, lo haremos únicamente de las carpetas asfálticas, o tratamientos superficiales y riego de sello.

Como se menciona anteriormente, los pavimentos flexibles son combinaciones de materiales pétreos en un producto asfáltico de varios espesores y tipos. Las cargas por eje, la intensidad y composición del tránsito, la vida de diseño y la calidad de los materiales pétreos y del producto asfáltico, son los principales factores que intervienen directamente en el diseño de los pavimentos flexibles.

Las carpetas asfálticas relativamente delgadas, únicamente proporcionan a la estructura del pavimento una capa de desgaste en impermeabilización económica. Estos pequeños espesores de carpeta no sirven para incrementar la resistencia estructural del conjunto del pavimento, pero le proporcionan una superficie que permite la circulación en todo tiempo y además protege a las capas inferiores de la destrucción por defectos del tránsito y los agentes atmosféricos.

Las carpetas asfálticas para soportar grandes volúmenes de tránsito y cargas elevadas, deben tener un espesor del orden de 7cm. o mayor. Esta capa influye de manera notable en aumentar la resistencia estructural del pavimento.

Independientemente del espesor o tipo de la carpeta asfáltica, la carga se transmite a través del material pétreo y el producto asfáltico solo sirve como agente ligante que fija las partículas del material pétreo en las posiciones adecuadas para transmitir los efectos de las cargas aplicadas a las capas inferiores donde se disipan.

Los diversos tipos de pavimentos flexibles se dividen en dos grandes grupos con varias subdivisiones para cada uno:

1.- Carpetas asfálticas.

- a) Carpetas de mezcla asfáltica en caliente (Concreto asfáltico).

b) Carpetas de mezcla asfáltica en frío

2.- Sistemas de penetración o estratificados

- a) Tratamientos asfálticos superficiales incluyendo riegos de sello. b)
 Tratamientos superficiales multicapa.
 c) Macadam asfáltico.

El tipo uno incluye todas las mezclas asfálticas en las que los materiales pétreos se cubren con un producto asfáltico por medio mecánico. El mezclado puede realizarse en planta fija, planta móvil o motoconformadora. Estos tipos de pavimentos generalmente se emplean para tráfico pesado.

El tipo dos, incluye todos los pavimentos que se forman colocando el asfalto y el material pétreo en distinto momentos o en capas separadas. Son sistemas estratificados únicamente en el sentido de que se construyen en capas separadas estos pavimentos se utilizan para tráfico ligero.

Mezclas en planta

El concreto asfáltico elaborado y colocado en caliente es el pavimento asfáltico de mayor calidad y se compone de materiales pétreos graduados unido formando una masa sólida. Este tipo de mezclas para pavimentación se fabrica en una planta mezcladora central en donde se calientan el asfalto y el material pétreo a una temperatura aproximada de 150°C y se dosifica mezcla y coloca en obra mientras está muy caliente. Las instalaciones para mezclas en caliente están construidas de tal forma que, después de que los pétreos están calientes y secos se separan en diferentes tamaños y se combinan de acuerdo con un proyecto determinado; y luego se mezclan con el asfalto. Las mezclas obtenidas se transportan a la obra en camiones y se colocan en capas uniformes por medio de una extendidora mecánica y después se compactan mientras están calientes.

Aunque las plantas para elaboración de mezclas asfálticas en caliente pueden transportarse de un lugar a otro, los costos de transportes e instalación son bastante elevados y deben tomarse en cuenta cuando se elija el tipo de pavimento.

Las mezclas asfálticas elaborada y colocada en frío, es de calidad inferior a la elaborada y colocada en caliente, y debe usarse par reparaciones o en obras de poco volumen es donde no se justifica el movimiento de una planta de mezcla en caliente.

La mezcla asfáltica en frío es una confinación de materiales pétreos y productos asfálticos líquidos (asfaltos rebajados o emulsiones) que se mezclan y colocan a la temperatura ambiente. La elaboración y colocacion en obra de las mezclas en frío deben limitarse generalmente a los meses calidos. En términos generales, las mezclas en frío se elaboran de tres formas diferentes: Plantas fijas, Plantas móviles o mezclados sobre el camino o plataforma mediante el empleo de motoconformadora. En cada uno de estos tipos de mezcla, el producto

asfáltico se calienta a una temperatura tal que adquiere la viscosidad necesaria para un mezclado homogéneo y en seguida se pulveriza sobre el material pétreo.

El material pétreo que se utiliza en la elaboración de concreto asfáltico y mezclas en frío deberá tener un desgaste de la prueba de "Los Angeles " inferior al 35% y tener buena adherencia con el producto asfáltico empleado, la cual se verifica mediante pruebas de laboratorio ya establecidas.

Sistemas por penetración o extraficcados:

Los riegos de sello son aplicaciones de materiales asfálticos y pétreos en una sola capa sobre una superficie asfáltica existente, con uno de los siguientes propósitos: 1) Sellar una superficie agrietada contra la infiltración del agua, 2) proporcionar a un pavimento asfáltico antiguo, que se ha hecho resbaloso a causa del exceso de asfalto manifestando en su superficie, un revestimiento antiderrapante 3) Obtener una capa de un color determinado, utilizando materiales pétreos seleccionados de este color.

El proceso constructivo es el mismo en todos los casos, se riega sobre la superficie existente una pequeña cantidad de producto asfáltico de acuerdo con dosificaciones determinadas con anterioridad e inmediatamente se cubre este material con una cantidad dada de pétreos a continuación mediante planchado se logra una unión perfecta entre los pétreos y el asfalto.

En los tratamientos superficiales de una capa, generalmente se utiliza material pétreo 3 A O 3-E y como ligante asfalto rebajado fr-30 emulsión asfáltica de rompimiento rápido.

También para un riego de sello se utiliza un "Slurry seal", el cual es un medio económico de sellar una superficie asfáltica existente, agrietada o envejecida que además produce un acabado suave de la superficie, añadiéndole muchos años de vida. el slurry sella, mezclado y aplicado en condiciones debidas, rellena y sella las grietas y nivela en cierto grado pequeñas irregularidades superficiales, en la elaboración del slurry sella se emplean arenas y emulsiones asfálticas.

También es muy usual emplear el procedimiento de sellado a base de emulsión asfáltica de rompimiento rápido diluida en agua. Este procedimiento aunque no es el más efectivo, si es el más económico, se le conoce también como riego a cielo abierto, porque no se utiliza material pétreo para cubrir el riego de asfalto. Este tipo de sellado consiste en la aplicación a una superficie existente, de una cantidad emulsión diluida en agua y es muy efectiva para sellar grietas de pequeña importancia o detener la desintegración de una carpeta que puede estar presentando desperfectos de desgranamiento a causa de un escaso contenido de producto asfáltico.

A últimas fechas se ha estado utilizando en la construcción de tratamientos superficiales, mezclas asfálticas en caliente elaboradas empleando una mezcla de material de sello con arena o polvo producto de trituración y cemento asfáltico. El porcentaje de cada uno

de los materiales pétreos depende de la granulometría que se quiera obtener. Si se desea una granulometría abierta (Open grade) se utiliza mayor cantidad de sello y por el contrario si se desea una granulometría cerrada (Finish course) se emplea mayor cantidad de polvo. Con este tratamiento, aún cuando es más costoso, se obtiene una obra de mucho mejor calidad que con cualquier otro donde se utiliza asfalto rebajado o emulsión.

Los tratamientos superficiales monocapa o protección de base.- Son aplicaciones en una sola capa de material asfáltico y pétreo sobre bases flexibles recién construidas. Esta capa superficial ligera, se construye de la misma manera que los riegos de sello, salvo que las dosificaciones de los materiales, son por lo general, mayores. Los tratamientos superficiales monocapa se utilizan como capa de desgaste sobre bases flexibles en carreteras de poco tránsito, o como protección de una base recién construida, destinada a soportar tráfico pesado sólo durante un breve período de tiempo, antes de colocar la base asfáltica o carpeta adecuadas para soportar cargas pesadas.

Tratamientos superficiales multicapa.- en los tratamientos superficiales multicapa, la operación de aplicar un riego de asfalto y luego el material pétreo que se aplica previo planchado, se repite tantas veces como capas se desea construir. Cada aplicación de asfalto y material pétreo es una capa, en cada capa se emplean materiales pétreos progresivamente menores. El tipo de tratamiento superficial que más se utiliza es el de doble capa. Para la ejecución de estos tratamientos se emplean materiales pétreos No. 2 y 3-B y asfalto rebajado FR-3 o emulsión asfáltica de rompimiento rápido.

Para la construcción de tratamientos superficiales de tres capas se utilizan materiales pétreos No. 1, 2, y 3-B.

Macadam asfáltico.- en este tipo de construcción estratificada se coloca primero sobre la corona del camino, previamente preparada una capa de grava triturada y limpia y de tamaño razonablemente uniforme (por lo general de 5 a 7 cm.), y se plancha con compactador metálico hasta obtener una espesor ligeramente mayor que el tamaño máximo de la piedra. A continuación se riega con abundante asfalto la capa de grava, de forma que penetre en los huecos y ligue las partículas de grava entre sí. A continuación se extiende una capa de gravilla para llenar los huecos superficiales de la primera capa de grava extendida. Después de que esta capa de gravilla ha quedado perfectamente planchada, se hace una ligera aplicación de asfalto seguida de una delgada capa de gravilla de menor tamaño y se vuelve a planchar. En pavimentos para tráfico pesado se recurre a la aplicación de dos o más capas de "Macadam" asfáltico como constituyente principal de la base.

En la construcción de los tratamientos superficiales de una o más capas y los macadam asfálticos, se deben emplear materiales pétreos que tengan buena adherencia con el producto asfáltico y un desgaste de la prueba de los ángeles inferior a 25%

Diseño de pavimentos flexibles.

Para el diseño de los espesores del pavimento, en México la S.C.T., desde hace algunos años emplea el método recomendado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El cual se basa en 3 tramos de pruebas en diferentes carreteras de la república, en una pista circular en el propio instituto de ingeniería. El desarrollo de este criterio lo veremos al resolver un ejemplo de diseño, para el cual vamos a suponer los siguientes datos:

Se diseña el pavimento para una carretera de dos carriles de circulación uno por sentido, con 25km de longitud, la topografía es plana. El terreno de cimentación es una arcilla limosa de baja plasticidad en las zonas de lomerío y arena limosa de origen pumítico (JAL) en las zonas planas.

El T.D.P.A. es de 8,500 vehículos en ambos sentidos con una tasa de crecimiento anual del 4% se estima el diseño del pavimento para una vida de proyecto de 10 años y con la siguiente composición vehicular.

TIPO DE VEHICULO A2	A'2	B'2	B'3	C'2	C'3	T2-S1	T3-S2	T3-S2-R2	
% PORCENTAJE	40	15	5	4	15	12	3	4	2
% VEHICULOS CARGADOS	0.8	0.6	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

En el terreno de cimentación una vez, que se quite la capa vegetal, se tomaran 18 muestras alteradas para su análisis correspondiente en el laboratorio, la distribución de los sondeos fue aleatoria, y del análisis del laboratorio se observan los siguientes resultados.

- A- Clasificación Sucs SM(en su mayoría)
- B- Limite liquido 42% en promedio
- C- Indice plástico 14% en promedio
- D- % Que pasa la malla 4.76mm 85% en promedio
- E- % Que pasa la malla 0.75 mm 16% en promedio
- F- Valor relativo de soporte estandar
 - VRS = 15% (Valor Promedio)
 - CV = 0.4 (Coeficiente de variación)
 - VRS = $15(1-0.34Cv) = 9.9\%$ (Vrs de diseño)

El nivel de aguas freáticas no se encontró hasta la profundidad muestreada. Pero las lluvias se concentran en los meses de verano, existiendo un drenaje regular y por experiencia en la zona consideramos un valor relativo de soporte de diseño del 5 %.

Para la subrasante se empleara material de banco, arena pumítica, compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo que le corresponda del cual por experiencia en la zona se considera un vrs= 12%.

La capa de sub-base se construirá con una mezcla de suelos 50% grava triturada (Basalto) con 50% de arena pumítica, compactada al 100% de su peso volumétrico seco máximo y un VRS = 70%.

La capa de base Hca, se construirá con una mezcla de suelos 80% de grava triturada y 20% de arena pumítica, compactandola al 100% de su peso volumétrico seco máximo con un VRS = 108%.

La carpeta sera de basalto triturado a tamaño máximo de 19 mm mezclado en planta y en caliente con un cemento asfáltico num 6 cuyo diseño marshall dio un óptimo de I.a de 6.2% con una estabilidad de 890 kg, % de vacio de 3.4 y un flujo de 3.0 mm.

Solucion del ejemplo.

1.- Análisis del tránsito a ejes equivalentes a 8.2 ton. para lo cual se cálculo de acuerdo a lo que camino tipo "A" para obtener los coeficientes de daño de cada vehículo y poder transformarlos a ejes equivalentes a 8.2 ton. para obtener el coeficiente de acumulación del tránsito se empleo la ecuación.

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

DONDE

r = TAZA DE CRECIMIENTO ANUAL

$$C_T = \left[\frac{(1+0.04)^{10} - 1}{0.04} \right] 365 = 4382.23$$

n = VIDA DEL PROYECTO

Los cálculos de lo anterior se muestran en la tabla 1 cuyo resultado es para una profundidad Z=0 de $< \ln = 2.5 \times 10^7$ y para Z=30 de $< \ln = 1.8 \times 10^7$ con estos valores en la gráfica anexa, para un coeficiente de daño $Q_u = 0.9 \times$ el alto volumen de tránsito que se tiene y para los siguientes VRS.

CAPA	VRS %
BASE HCA	108
SUB-BASE	70*
SUB RASANTE	12
TERRENO DE	5
CIMENTACION	

*Por especificaciones se tomaron 20% para esta capa.

Se obtiene tal como se marca en la gráfica los siguientes espesores arriba de cada capa:

**Espesor arriba de esta capa en cm. de
grava equivalente**

Capa

Base HCA	78	Z1
Sub base	34	Z2
Sub Rasante	46	Z3
Terreno de cimentacion	74.5	Z4

Espesor arriba de esta capa en cm. de grava equivalente

Capa		
Base ICA	78	Z1
Sub-base	34	Z2
Sub-Rasante	46	Z3
Terreno de cimentación	74.5	Z4

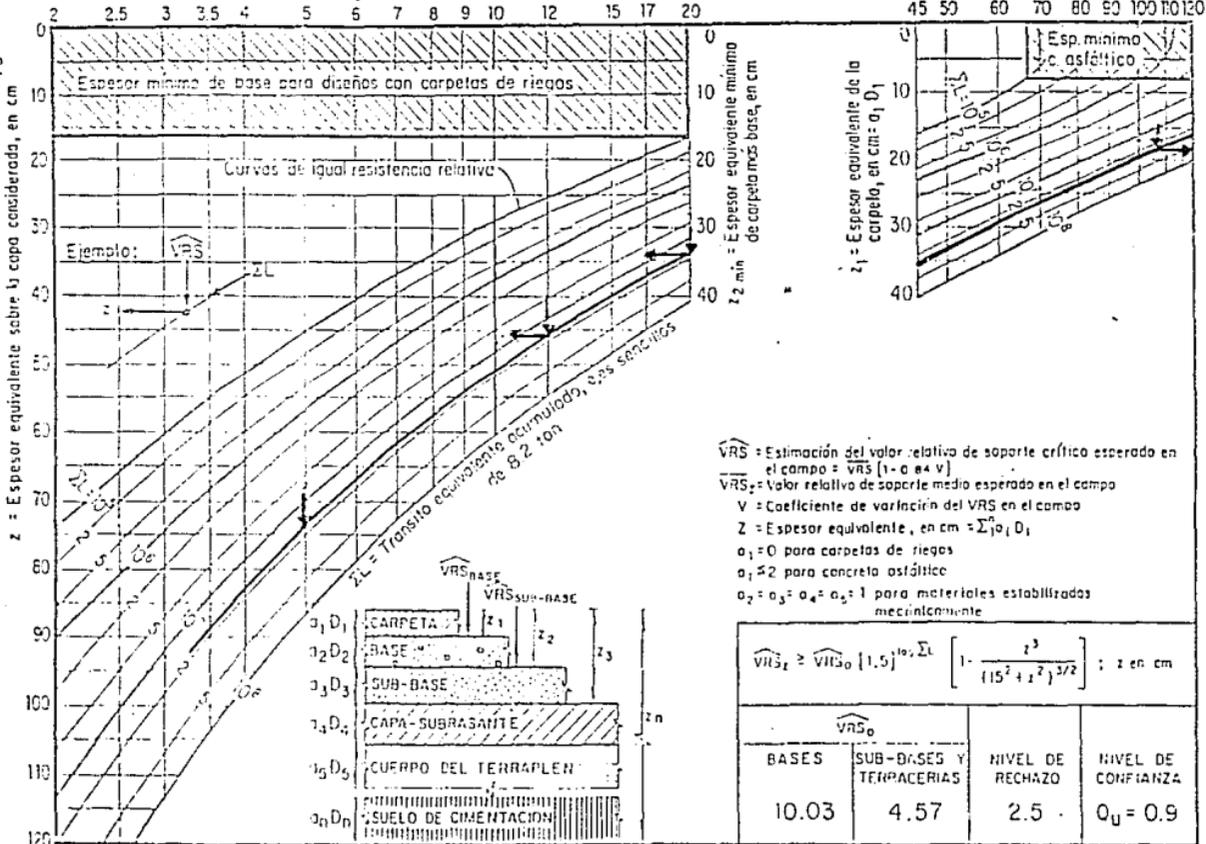
TIPO DE VEHICULO	Composi- ción del Tránsito	Coeficiente de distribu- ción de ve- hículos car- gados o va- cíos.	Composi- ción del tránsito cargados o vacíos.	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS			
				CARPETA Y BASE Z= 0	SUB-BASE Y TERRACE -- RIAS. z= 30	CARPETA Y Y BASE 6= 3 x 4	SUB-BASE Y TERRACE- RIAS. 7= 3 x 5		
	1	2							
AUTOMOVIL A2	0.40	CARGADOS 0.1	0.32	0.001	0.007	0.00129	0.000		
PICK-UP CAMION LIGERO		VACIOS 0.1	0.08	0.001	0.000	0.00032	0.000		
CARGA MENOR A 3 TON A'2	0.15	CARGADOS 0.1	0.29	0.535	0.023	0.04224	0.00207		
AUTODUS DE B2		VACIOS 0.1	0.06	0.535	0.000	0.03216	0.000		
2 EJES	0.15	CARGADOS 0.1	0.045	2.001	2.457	0.04	0.11656		
AUTODUS DE B3		VACIOS 0.1	0.025	2.001	0.572	0.01	0.0261		
3 EJES	0.04	CARGADOS 0.1	0.036	1.999	0.877	0.02192	0.0357		
CAMION DE CARGA		VACIOS 0.1	0.004	1.999	0.091	0.00292	0.00036		
DE 2 EJES C2	0.15	CARGADOS 0.7	0.105	2.000	2.457	0.21	0.25748		
CAMION DE CARGA		VACIOS 0.3	0.045	2.000	0.026	0.09	0.00126		
DE 3 EJES C3	0.12	CARGADOS 0.7	0.061	3.000	2.452	0.252	0.20639		
TRACTOR 2 EJES SEMIACEL-		VACIOS 0.3	0.036	3.000	0.039	0.108	0.0014		
QUE 1 EJE T2-S1	0.03	CARGADOS 0.7	0.021	3.000	4.747	0.063	0.0932		
TRACTOR 3 EJES SEMI -		VACIOS 0.3	0.009	3.000	0.044	0.027	0.000305		
RESOLQUE 2 EJES T3-S2	0.04	CARGADOS 0.7	0.028	5.000	4.742	0.14	0.13242		
		VACIOS 0.3	0.012	5.000	0.04	0.06	0.00048		
T3-S2-A2	0.02	CARGADOS 0.7	0.014	7.000	9.327	0.048	0.13058		
		VACIOS 0.3	0.006	7.000	0.043	0.042	0.000258		
SUMS	1.000		1.000			EJES EQUIVALENTES PARA TRANITO UNITARIO (B)	1.35195	0.928434	
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_L = \frac{(1+tr)^n - 1}{r} \cdot 36$				TOPA INICIAL EN EL CA- RRIL DEL PROYECTO (9)					
A= AÑOS DE SERVICIO=				CT					
T= TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = %				(10)				4,250.00	4,250.00
TOPA= TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL= 8500 CD CARRIL PROYECTO= 0.5				1 ((11)= 8 X 9 X 10				4,302.23	4,302.23
								25 175,362.4	18 222,822.0

TABLA 1 CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE ACUMULADO (L)

Valor relativo de soporte crítico de sub-base y terracerías

 \widehat{VRS} crítico de la base

45 50 60 70 80 90 100 101 120



\widehat{VRS} = Estimación del valor relativo de soporte crítico esperado en el campo = $\widehat{VRS} (1 - 0.4 V)$

\widehat{VRS}_0 = Valor relativo de soporte medio esperado en el campo

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

z = Espesor equivalente, en cm = $\sum \sigma_i D_i$

$\sigma_1 = 0$ para carpeta de riegos

$\sigma_1 \neq 2$ para concreto asfáltico

$\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_4 = \sigma_5 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente

Fig A7. Gráfica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

Por lo que la estructura del pavimento sera de acuerdo a la ecuacion siguiente:

$$Z_n = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + \dots + a_n D_n$$

Espesor de carpeta:

$$Z_1 = a_1 D_1 = 18 \text{ cm de g.c.}$$

a₁ coef de equivalencia del mat. de carpeta, si es el de concreto asfáltico a₁=2 por lo que substituyendo.

$$D_1 = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm de C.A.}^*$$

$$D_2 = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm de C.A.}^*$$

* C.A concreto asfáltico

El espesor de base HCA sera :

$$Z_2 = a_1 D_1 + a_2 D_2 = 34$$

Como a₁ D₁ = 18

$$a_2 D_2 = 34 \text{ cm g.c.} - 18 \text{ cm g.c.} = 16 \text{ cm de g.c}$$

Si a₂ = 1

$$D_2 = 16 \text{ cm de g.c}$$

El espesor de la sub-base sera:

$$Z_3 = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 = 46$$

Como a₁ D₁ + a₂ D₂ = 34

$$a_3 D_3 = 46 \text{ cm de g.c.} - 34 \text{ cm de g.c.} = 12 \text{ cm de g.c.}$$

Si a₃ = 1

$$D_3 = 12 \text{ cm de g.c.}$$

El espesor de la sub rasante sera

$$Z_4 = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 = 75 \text{ cm de g.c.}$$

Como a₁ D₁ + a₂ D₂ + a₃ D₃ = 46 cm de g.c

$$a_4 D_4 = 75 \text{ cm de g.c.} - 46 \text{ cm g.c.} = 29 \text{ cm de g.c.}$$

Si a₄ = 1

D₄ = 29 cm de g.c., pero como la S.C.T. marca espesor de 30 cm esta capa sera de 30cm, quedando la estructura siguiente.

9 cm	CARPETA
16 cm	BASE HCA
12 cm	SUB- BASE
30 cm	SUB-RASANTE
	T. CIMENTACION

Ahora bien revisando este diseño del pavimento, empleando la "La producción de nuevas normas para materiales de la sección estructural de pavimentos flexibles" del Instituto Mexicano del Transporte. Cabe aclarar que este diseño a base de catálogos todavía no está autorizado por la S.C.T.

Para obtener el tipo de camino que le corresponde para clasificarlo en este método nos indica:

Para Camino Tipo I:

Se considera que deberán construirse en esta calidad los caminos cuyo tránsito, medido a través del número de ejes equivalentes a 8.2 Tnns. Acumulados en un período de vida útil de 10 años, este comprendido entre 10 7 u 10 8. (Este tránsito acumulado, equivale aproximadamente de 2,500 a 40,000 vehículos de TDPA en ambos sentidos).

Con lo siguiente estructura típica de la sección:

Carpeta	7-10cm	(Calidad Deseable)
Base	15 cm	(" ")
Sub-Base	15 cm	(" ")
Sub-Rasante	40 cm	(" ")
Terracería	100 cm	(" ")

Y cuyas normas de calidad de los materiales de cada capa se indican a continuación.

TERRACERÍAS

CALIDAD	DESEABLE	ACEPTADO	TOLERABLE
GRANULOMETRÍA [44]	95% MAT. < 10 5% MAT. < 100	90% MAT. < 150	-
ESPAZO MÁXIMO [44]	-	1500	2000
1 FLEJES [MAT. < 2.075 mm]	30 FLEJES	40 FLEJES	50 FLEJES
VL (1)	40 FLEJES	50 FLEJES	60 FLEJES
SP (1)	50 FLEJES	60 FLEJES	75 FLEJES
COMPACTACIÓN [1]	95% HEM ASÍMICO EST	90% HEM ASÍMICO EST	85% HEM ASÍMICO EST
C.B.R. (1)	25 HEM	20 HEM	15 HEM
EXPANSIÓN [1]	-	-	1 HEM

CARPETA ASFALTICA

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA
GRANULOMETRIA TAMARO MAXIMO (mm)	25	25
1 FINOS (MAT. < 0.075 mm)	4 MAX	8 MAX
W.L. (1)	-	-
I.P. (1)	0	5 MAX
EQUIV. ARENA (1)	60 MIN	55 MIN
DESGASTE LOS ANGELES (1)	30 MAX	40 MAX
1 PARTICULAS ALARGADAS	25 MAX	50 MAX

BASES

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA
GRANULOMETRIA TAMARO MAXIMO (mm)	50	50
1 FINOS (HAT. < 0.075mm)	10 MAX	15 MAX
WL (1)	25 MAX	30 MAX
IP (1)	6 MAX	6 MAX
COMPACTACION (1)	100 MIN AASHTO MOD	100 MIN ASSHTO MOD.
EQUIV. ARENA (1)	50 MIN	40 MIN
C.B.R. (1)	100 MIN	80 MIN
DESGASTE LOS ANGELES (1)	40 MAX	40 MAX
ZONA GRANULOMETRICA	1 Y 2	1 y 2

SUB - BASES

CALIDAD	DISEÑABLE	ADECUADA	REVESTIMIENTO
GRANULOMETRIA TAMANO MAXIMO (mm)	76	76	76
1 FINOS (MAT. < 0.75 mm)	15 MAX	20 MAX	10 MAX
W.L. (1)	25 MAX	30 MAX	35 MAX
IP (1)	10 MAX	12 MAX	10 MAX
COMPACTACION (1) PRUEBA:	100 MIN AASHTO MOD.	100 MIN AASHTO MOD.	100 MIN AASHTO EST.
EQUIV. ARENA (1)	40 MIN	30 MIN	-
C.B.R. (1)	40 MIN	30 MIN	40 MIN
DESGASTE LOS ANGELES 1	40 MAX	-	-
ZONA GRANULOMETRICA	1 - 2	1 a 3	1 a 3

SUBRASANTE

CALIDAD	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE
GRANULOMETRIA TAMAÑO MAXIMO (mm)	76	76	76
1 FINOS (MAT. < 0.074 mm)	25 MAX	35 MAX	40 MAX
DL (1)	30 MAX	40 MAX	50 MAX
LE (1)	10 MAX	20 MAX	25 MAX
COMPACTACION (1)	100 MIN ASSHTO EST.	100 MIN ASSHTO EST.	100 MIN ASSHTO EST.
C.B.R. (1)	20 MIN	15 MIN	15 MIN

Secciones estructurales para carretera

A continuación se proponen una serie de secciones estructurales típicas para carreteras. En un estudio futuro se propondrá un catálogo completo de estructuras para carreteras nuevas y para refuerzos.

Camino tipo I

Se considera que deberán construirse en esta calidad los caminos cuyo tránsito, medido a través del número de ejes equivalentes de 8.2 tons., acumulados en un periodo de vida útil de 10 años, este comprendido entre 10 y 10

(Este tránsito acumulado, equivale aproximadamente a 2,500 - 40,000 vehículos de tránsito diario promedio anual en ambos sentidos, en las condiciones de cargas y distribución de tránsito actuales).

Estructuras típicas de la Sección.

CARPETAS	7-10 (Calidad deseable)
BASE	15 cm (Calidad deseable)
SUB-BASE	15 cm (Calidad deseable)
SUB-RASANTE	40 cm (Calidad deseable)
TERRACERIAS	100CM (Calidad deseable)

(Para espesores de terracerías diferentes de 100 cm, ver especificaciones detalladas).

Se considera que deberán construirse en esta calidad los caminos cuyo tránsito, medido a través del número de ejes equivalentes de 8.2 tons., acumulados en un periodo de vida útil de 10 años, este comprendido entre 10 y 10

(este tránsito acumulado equivale aproximadamente a 500 -- 2,500 vehículos de tránsito diario promedio anual en ambos sentidos, en las condiciones de carga y distribución de tránsito actuales).

Estructura típica de la sección.

Carpeta	Tratamiento superficial a base de rícgos
base	15 cm (Calidad deseable)
Sub-base	15 cm (Calidad deseable)
Sub-Rasante	40 cm (Calidad adecuada)
Terrecerias	70 cm (Calidad adecuada)

(Para espesores de terracerías diferentes de 70 cm, ver especificaciones detalladas).

Observacion.- Cuando el tránsito evolucione, obligado a que este camino se transforme en tipo I, el esfuerzo se hará con sobrecarpetas de concreto asfáltico.

Camino tipo III

Se considera que deberán construirse en esta calidad los caminos cuyo tránsito, medido a través del número de ejes equivalentes de 8.2 tons., acumulados en un periodo de vida útil de 10 años, esta comprendido entre 10 y 10

(Este tránsito acumulado equivale aproximadamente a 100-500 vehículos de tránsito diario promedio anual en ambos sentidos en las condiciones de carga y distribución de tránsito actuales).

Estructura típica de la Sección.

Carpeta	Tratamiento superficial a base de riegos
Base	15 cm (Calidad adecuada)
Sub-Base	15 cm (Calidad adecuada)
Sub-Rasante	40 cm (Calidad tolerable)
Terracerias	40 cm (Calidisd tolerable) (Para espesores de terracerias diferentes de 40 cm, ver especificaciones detalladas).

Observacion.- La estructura propuesta no podrá ser reforzada con sobrecarpetas únicamente, salvo que en un estudio especial de deflexiones indique lo contrario.

Camino tipo IV

Se considera que deberán construirse con esta calidad los caminos rurales, sin tratamiento asfáltico en la superficie.

Estructura Típica de la sección (Recomendable)

Revestimiento	15 cm
Sub-Base	15 cm (Calidad adecuada)
Sub-Rasante	30 cm (Calidad adecuada)
Terracerias	20 cm mínimo (Calidad tolerable) (Para espesores de terracerias diferentes de 20 cm, ver especificaciones detalladas).

Observacion.- La conservación y refuerzo de esta sección, se hará con material de revestimiento. La sección no es decaída para un cambio a camino con tratamientos asfálticos.

Observaciones.-La conservación y refuerzo de esta sección, se hará con material de revestimiento. La sección no es adecuada para un cambio a camino con tratamientos asfálticos.

Observaciones.

1.- La utilización de estas secciones típicas no excluye la necesidad de realizar estudios geológicos y geotécnicos con vistas a detectar situaciones especiales, a definir necesidades y proyectos de subdrifjente y, en general, a evaluar todos los demás elementos que integran el proyecto de una carretera.

2.- Condiciones especiales en el terreno de cimentación pueden invalidar totalmente las secciones propuestas. Esas condiciones deberán ser invariablemente contempladas en el estudio geotécnico correspondiente.

3.-Las secciones citadas como ejemplos típicos cubren los niveles de tránsito que se consideran absorbibles por secciones estructurales a base de materiales naturales y carpetas de concreto asfáltico. Tránsitos superiores haran necesarios estudios especiales para introducir en la seccion capas tratadas o para realizar proyectos con bases de concreto hidráulico.

4.-No se menciona el dimensionamiento de las aeropistas, por considerarse que siempre deberan ser objeto de un proyecto especial, dentro de lo indicado por las especificaciones generales en lo referente a características y recomendaciones de materiales.

Si comparamos este diseño con el propuesto por el Instituto de Ingenieria, se observa que la estructura del pavimento es prácticamente la misma por ambos criterios es decir:

Instituto de ingenieria	Instituto mexicano del trans
Capa	
carpeta	Espesor en cm
base	Espesor en cm
sub-base	
sub-rasante	
terracerías	

Pero no así en las capas inferiores, sub-rasante y terracerías, donde tanto los espesores como la calidad de los materiales son mayores y de mejor calidad.

Conviene mencionar que si bien el terreno de cimentación de guad. y sus alrededores (jales) aunque no cumple con las normas indicadas por el I.M.T por experiencias en la zona se tiene que es un muy buen material para terracerías y subrasante con el unico problema de sus resiliencia, razon por la cual la estructura de pavimento que propongo es la siguiente

CARPETA	10	CM	DE	C.A. *
BASE HCA	16	CM	DE	G.E **
SUB BASE	12	CM	DE	G.E **
SUB RASANTE	30	CM	DE	G.E **

TERRACERIAS El terreno natural compactado al 95% lo de su P:V:S:M: en 20 cm d espesor.

* CA: Concreto asfáltico

** GE: Grava equivalente.

CAPITULO III.

III) PRODUCTOS ASFALTICOS EMPLEADOS EN PAVIMENTACION

Generalidades

El asfalto puede definirse como un material de color oscuro, con cualidades aglutinantes, compuesto esencialmente de hidrocarburos casi en su totalidad solubles en bisulfuro de carbono, solido o semisolido las temperaturas ambientales ordinarias que se licúa gradualmente al calentarse

El asfalto es parte integrante de muchos petróleos en los cuales existe en solución. Cuando se refinan dichos petróleos para separar las fracciones volátiles el residuo que queda es el asfalto. Procesos análogos que ocurren en la naturaleza han formado depósitos naturales de asfalto, algunos prácticamente libres de materias extrañas y otros en que el asfalto se encuentra mezclado con cantidades variables de ciertos minerales, agua y otras sustancias. Los depósitos naturales en que el asfalto se presenta dentro de la estructura de una roca porosa se conocen comúnmente con el nombre de asfaltos de roca o también como rocas asfálticas.

El asfalto es de particular interés al ingeniero por que es un material fuertemente cementante, altamente adhesivo, impermeable y durable. Es una sustancia termoplástica, que imparte flexibilidad controlable a las mezclas de agregados minerales con los cuales se combina. Es además muy resistente a la acción de la mayor parte de los álcalis, ácidos y sal. Puede ser licuado aplicándole calor, disolviendolo en derivados del petróleo de distinta volatilidad o bien, emulsificandolo en agua.

El asfalto es uno de los materiales mas antiguos que se conocen. Recientes excavaciones arqueológicas muestran el extenso uso del asfalto en los valles de la Mesopotamia y del Indo, hace 3.000 años; como un material cementante para la construcción de mamposterías y de caminos, y como impermeabilizantes para baños en los templos y en otros depósitos de agua.

Por el año 300 a.c los Egipcios utilizaban ampliamente el asfalto para los tratamientos de preservación y momificación de sus muertos. Los Indios de América lo empleaban para impermeabilizar sus canoas, antes de que el hombre blanco llegara al nuevo continente; en México los Totonacas de la región de papantla lo recogían de la superficie de las aguas para utilizarlos como medicina y como incienso para sus ritos; Algunas tribus que habitaron las costas mexicanas lo masticaban para limpiar y blanquear su dentadura.

En el año 1802 de nuestra era, se uso asfalto de roca en Francia para el terminado superficial de pisos, puentes y banquetas.

En 1838 se utilizó asfalto de roca importado para la construcción de banquetas en Filadelfia, Estados Unidos

y en 1870 en dicho país, en la población de Newark, Nueva Jersey, por el químico Belga E. J. Desmet, que usó la roca asfáltica importada del valle del Rodano en Francia. En 1876 se aplicó la primer capa de mezcla asfáltica con arena en la ciudad de Washington D.C., utilizando la roca asfáltica mencionada y también asfalto importado del lago Trinidad, cerca de Venezuela.

Los asfaltos empleados en estos primeros trabajos de pavimentación fueron desde luego asfálticos naturales, es decir, asfaltos que se muestran en la naturaleza en forma de yacimientos y podrían explotarse sin dificultad y sin requerir complicadas operaciones industriales para su reparación.

El uso de asfalto procedente de la destilación del petróleo se inició en los Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XIX, contándose con las primeras refinerías por el año 1886. El primer pozo petrolero de America se perforó en 1859, cerca de la población de Titusville, Pensilvania. En 1902 ya se produjeron del orden de 20,000 toneladas de asfalto de la refinación del petróleo.

A partir del año 1926, con el desarrollo de la industria automotriz y debido a la necesidad de contar con mejores caminos y calles para el tránsito de vehículos, la utilización de asfalto derivado del petróleo ha tenido un aumento anual sostenido en todas las partes del mundo, sobre todo en los países industrializados.

En México, el uso generalizado de asfalto de inició por el año de 1925, al emprenderse la construcción de los primeros caminos pavimentados, como consecuencia del aumento de vehículos automotores, no obstante que desde años atrás existían ya empresas extranjeras que explotaban y exportaban grandes cantidades de petróleo crudo de nuestro país, en el que la exploración petrolera comenzó en forma incipiente a partir de 1900, Haciéndose en forma sistemática y organizada a partir de 1942. En el año de 1914 se usaron en Estados Unidos mas de 300,000 toneladas de asfalto procedentes de crudos Mexicanos. El primer pozo petrolero propiamente dicho se perforó en México en mayo de 1901, en la región de El Ebano, S.L.P.

ORIGEN DEL ASFALTO

Anteriormente se dijo que las fuentes de donde procede el asfalto son los depósitos naturales y el petróleo crudo; de éste se extrae despues de obtener las fracciones volátiles sometiendolo a refinación o destilación o transformación del petróleo, lo que realmente estaria en discusión es el origen del propio petróleo.

Los estudios recientes hechos en el laboratorio analizando rocas petrolíferas de campos productores, parecen confirmar un origen orgánico, ya que se han encontrado en

ellas ciertas propiedades físicas que sólo se localizan en sustancias orgánicas; por otro lado, el contenido de nitrógeno y otras sustancias en el petróleo, solamente puede proceder de materiales orgánicos.

También puede confirmar el origen orgánico, el hecho de que la mayor parte de los yacimientos de petróleo en el mundo se localizan en lugares que fueron ocupados por lagos y mares hace millones de años.

ASFALTOS NATURALES

Los asfaltos naturales se manifiestan en diversas formas, entre las que destacan las siguientes:

MANANTIALES. Se presentan en algunos lugares fuentes de la que fluye petróleo o asfalto líquido, generalmente en pequeña cantidad. Proviene por lo común de depósitos de cierta importancia de materiales de este tipo lagos. A veces, manantiales, pero de gran caudal, situados en el fondo de depresiones profundas, pueden dar lugar a la formación de lagos de asfalto, como el muy conocido de Trinidad, cerca de las costas de Venezuela, que es uno de los mayores yacimientos de asfalto nativo en el mundo. Su superficie total es de unas 46 hectáreas. La masa de asfalto en este lago está continuamente en movimiento desde el centro, hacia los bordes, lo que se atribuye a la parte continua en el lago, por la parte central, de la corriente de asfalto que lo forma. El material, en su estado natural, es una emulsión de asfalto, gases, agua, arena y arcilla; para su mayor aprovechamiento se somete a sencillos procesos de refinación que le eliminan las sustancias perjudiciales. Se dice que Colón usó asfalto de este lado Trinidad para calafatear sus barcos en sus viajes de regreso a España. El lago proporcionó también la mayor parte del asfalto que se usó en Estados Unidos en los trabajos de pavimentación, antes de la producción en gran escala del asfalto derivado del petróleo.

EXUDACIONES. Se presenta en rocas muy porosas saturadas de asfalto, de las que este fluye bajo los efectos del calor o alguna presión interior. o con salida al exterior por alguna grieta de la roca.

IMPREGNANDO ROCAS. Son bastantes frecuentes los yacimientos de rocas más o menos porosas en las que el asfalto se encuentra llenando parcial o totalmente los poros, sin llegar a exudar. La proporción de asfalto contenido en estas rocas puede variar dentro de

límites amplios, siendo de mas utilidad aquellas cuya proporción de asfalto es de mayor del 7% .

FILONES. Son intrusiones de asfalto de una masa rocosa, através de grietas o fallas en alguno de sus estratos o bien, son simplemente la sedimentación alternada de capas de asfalto y otros materiales. El primer origen generalmente de lugar a filones inclinados o verticales y el segundo a filones horizontales.

Tal es el caso de la llamada " Gilsonita " que se encuentra en algunas regiones de los Estados Unidos formando filones verticales que se explotan a cielo abierto. Son famosos los filones de asfalto que se encuentran en el lecho del mar muerto.

El asfalto contenido en ellos se denomina " asfáltites ", caracterizándose por su elevado punto de fusión; cuando se desprende alguna cantidad de asfalto de esos filones, por efecto de terremotos u otras sacudidas, los trosos de asfalto, por su menor intencidad, flotan en la superficie, donde pueden recogerse. este asfalto no se explota industrialmente, ya que las cantidades que pueden obtenerse son muy pequeñas; su principal interés estriba en que fue una de las primeras fuentes de suministro de asfalto en la antigüedad.

ASFALTOS DERIVADOS DEL PETROLEO

Casi todo el asfalto que se produce utiliza actualmente en el mundo procede de la refinación del petróleo.

El petróleo se obtiene de yacimientos existentes en el subsuelo a diferentes profundidades, que pueden llegar a los 7,000 m o mas. Se Presenta dentro de formaciones de tipo arenoso o calcareo. Su color varia de ambar a negro y su densidad es menor que la del agua. Se presenta generalmente encima de una capa de agua, hallándose en la parte superior de una de gas. Las rocas almacenadoras de petróleo corresponden a muy diversas edades geológicas. En nuestra país, proceden generalmente del periodo terciario de la era cenozoica.

No todos los petróleos crudos contienen asfalto y en los que los contienen, las proporciones de este son muy variables. los crudos de petróleo se dividen fundamentalmente en dos grupos; crudos parafínicos y crudos asfálticos. los últimos son desde luego los mas adecuados para la obtención de asfaltos. Ya que la frontera entre los crudos asfálticos y parafínicos no puede ser rígida, existen tambien crudos intermedios, llamados semiparafínicos.

Los productos asfálticos son:

Cementos asfálticos y asfaltos oxidados

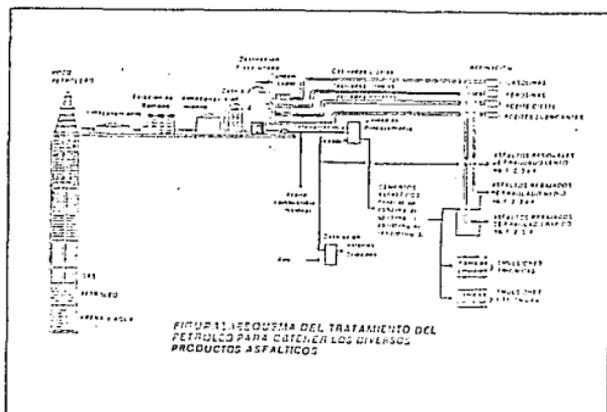
En la fig. 31 se muestra un esquema de la obtención del petróleo y del proceso de destilación a que se somete en las refinerías para obtener los diferentes materiales asfálticos.

El petróleo crudo se hace circular a gran presión y velocidad por una tubería situada en el interior de un horno que alcanza elevadas temperaturas. Calentado a las temperaturas apropiadas se le induce a una torre de destilación en donde se vaporizan los componentes más ligeros o más volátiles, que son extraídos y sometidos a un proceso de condensación y refinación, para obtener en ellos naftas, gasolinas, kerosinas, aceites ligeros, y una amplia gama de otros productos.

El residuo que queda de este primer proceso de separación de las fracciones más ligeras de petróleo, puede usarse como aceite combustible o ser procesado de una variedad de formas. Si sus características son adecuadas y ha sido refinado para alcanzar una consistencia apropiada, puede servir como uno de los asfaltos rebajados de fraguado lento (FL), a los que a veces se les denomina aceites para caminos.

El mismo residuo, si se le reduce a una determinada consistencia y si se le inyecta aire a elevada temperatura, se obtiene lo que se le llama un asfalto soplado u oxidado, que tiene propiedades que permiten utilizarlo para una diversidad de aplicaciones y de productos industriales, que incluyen asfalto para impermeabilizaciones de azoteas, esmaltes para recubrimientos de tuberías, asfaltos para el sellado y levantamiento de pavimentos de concreto hidráulico que han sufrido asentamientos, y muchos otros.

Cuando el residuo de la destilación reúne buenas características para producir asfalto de propiedades adecuadas para los trabajos de pavimentación, y que generalmente es la mayor cantidad, se somete a un proceso de refinación posterior para obtener el cemento asfáltico, que es, por decirlo así, el asfalto básico para la elaboración de los demás materiales asfálticos utilizables en la construcción y conservación de obras viales.



Existen 2 métodos para la producción comercial del cemento asfáltico: el método de destilación y el método de extracción de solventes.

En el método de destilación, el residuo de la primera separación de las fracciones ligeras, se calientan a una temperatura adecuada y se alimenta de otra torre de destilación, en la que generalmente se produce un vacío parcial para facilitar el proceso. También se introduce a menudo vapor cerca del fondo de la torre, para abatir la presión parcial del sistema y ayuda a remover cualquier aceite ligero contenido en el asfalto. Se extrae las nuevas fracciones destiladas y el proceso se controla adecuadamente para producir un cemento asfáltico de la consistencia deseada.

El método de extracción de solventes hace uso de una fracción ligera de hidrocarburos de limitado poder de disolución, tal como el propano líquido. Se mezcla dicho solvente con el residuo de la primera destilación que hemos venido mencionando y esto hace que se produzca una separación en 2 fases: por un lado aceites y ceras y por el otro asfalto. Un simple proceso de decantación permite separar las 2 fases. Controlando adecuadamente la operación se llega a obtener el cemento asfáltico de la consistencia requerida.

Es decir, el cemento asfáltico no es otra cosa que el asfalto que hemos definido anteriormente, pero obtenido

a través de un proceso controlado de refinación del petróleo, que le imparte características adecuadas para emplearse en los trabajos de pavimentación. Es por tanto también un material sólido o semisólido a las temperaturas ambientales normales. Dependiendo de su consistencia o grado de dureza, existen varios tipos de cementos asfálticos, según se verá más adelante.

Para utilizar el cemento asfáltico en las obras citadas, es necesario fluidificarlo mediante calentamiento a elevadas temperaturas. Si se requiere hacer mezclas o aplicaciones de asfalto en frío, habrá que licuar el cemento asfáltico por otros procedimientos, que consisten fundamentalmente en mezclarle solventes ligeros de petróleo, con lo que se obtienen los asfaltos rebajados, o emulsionarlo en agua, dando lugar a las emulsiones asfálticas, productos ambos que se describen a continuación.

Es común designar a los cementos asfálticos, asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas como materiales asfálticos.

Asfaltos rebajados

Los asfaltos rebajados son mezclas de cemento asfáltico con fracciones ligeras del petróleo. Estas fracciones se denominan generalmente solventes o diluentes. Cuando el solvente es del tipo de la nafta o gasolina se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado rápido (FR). Si el solvente es semejante a la kerosina, se obtienen los asfaltos rebajados de fraguado medio (FM). La consistencia de estos productos está regida por las cantidades relativas y por las

propiedades del solvente y del cemento asfáltico presentes. El otro tipo de asfalto rebajado esta constituido por los de fraguado lento (FL), los cuales contienen cemento asfáltico y aceites ligeros ; generalmente se obtienendirectamente a partir del residuo de la primera destilación del petróleo, como ya se citó anteriormente. El proceso de obtención de los diferentes tipos de asfalto rebajado se lleva a cabo en las refinarias.

Emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas son dispersiones de diminutos glóbulos de asfalto en agua. Generalmente se requiere una pequeña cantidad de un agente activador de superficie o emulsificante, para ayudar a referida dispersión. Los glóbulos de asfalto son extremadamente pequeños y casi enteramente de tamaño coloidal (del orden de las 2 micras). Las emulsiones asiálticas se preparan en mezcladores de alta velocidad o molinos coloidiales.

Se fabrican comercialmente 2 tipos de emulsiones asfálticas: Las emulsiones aniónicas y las emulsiones catiónicas los 2 tipos se elaboran apartir de cementos asfálticos de determinadas consistencias. Una forma modificada de emulsión asfáltica puede fabricarse usando un asfalto liquido de fraguado rápido, medio, o lento. Estas son las llamadas emulsiones inversas, io que indica que el agua es dispersada en la fase de asfalto, una vez que el asfalto sea el que se disperse en la fase acuosa. Se usa una variedad de agentes emulsificantes para controlar las propiedades de las emulsiones asfálticas.

COMPONENTES DEL ASFALTO .

Son un compuesto constituido fundamentalmente por la mezcla de un gran número de hidrocarburos de diversos tipos. Asociados en proporciones tambien muy variables.

La mayoría de estos hidrocarburos estan presentes en el petróleo crudo, pero el proceso de destilación origina ciertas transformaciones químicas y hace que se eliminen los hidrocarburos ligeros, quedando solo en el asfalto solo hidrocarburos pesados.

En los hidrocarburos constituyentes del asfalto los átomos de carbono se unen entre si mediante cadenas o enlaces sencillos, dobles o triples y cuyas valencias libres se saturan con átomos de hidrógeno.

Los hidrocarburos que constituyen el asfalto forman una solución coloidal en laque un grupo de moléculas de los hidrocarburos mas pesados están rodadas por moléculas de hidrocarburos mas ligeros, sin que exista una separación franca entre allas, si no por el contrario, una transición gradual.

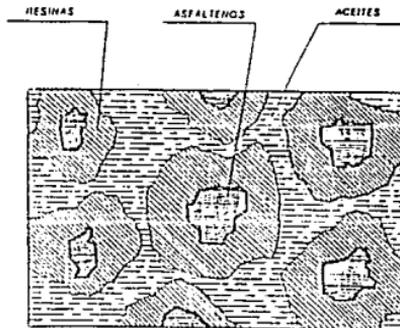


FIGURA 3.2 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS COMPONENTES DEL ASFALTO

PROPIEDADES DEL ASFALTO.

Los asfaltenos son responsables de las características de dureza de los asfaltos. Las resinas le proporcionan sus propiedades cementantes o aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables.

Cuando los núcleos de asfaltenos y resinas se encuentran dentro de una gran proporción de aceites, la consistencia del asfalto está fijada por los aceites.

Si por un proceso de destilación, por ejemplo reducimos el contenido de aceites, los núcleos de asfaltenos comienzan a ponerse en contacto y la fricción que este fenómeno origina hace que el asfalto adquiere viscosidad. La proporción en que exista cada uno de los componentes determina, por tanto, la consistencia del asfalto. En el caso de los cementos asfálticos predominan los asfaltenos y las resinas y es bajo el contenido de aceites.

Los aceites protegen a los asfaltenos y a las resinas de la oxidación provocada por los agentes del intemperismo y es lógico pensar que esta protección será más eficiente, cuanto mayor sea la proporción de aceites en el asfalto. Esta acción del intemperismo produce cambios en la estructura interna del asfalto, haciendo que con el tiempo los aceites se transformen en resinas y éstas a su vez en asfaltenos, lo cual hace aumentar la dureza del asfalto al incrementarse la proporción de los citados asfaltenos.

El efecto del intemperismo es menos perjudicial cuando el asfalto se aplica en películas que no son muy delgadas, por lo que en el caso de mezclas para capas de rodamiento, conviene que la película de asfalto sea lo más gruesa posible, compatible desde luego, con la estabilidad de la capa; cuando la película es muy delgada, se aceleran los cambios de la estructura del asfalto, se origina una rigidez inconveniente en la mezcla y se propicia su agrietamiento.

MATERIALES ASFÁLTICOS USADOS EN PAVIMENTACION.

Entre las pruebas que se realizan a los cementos asfálticos se tiene la posibilidad de utilizar 4 tipos o grados de cemento asfálticos, designados con los números 3, 6, 7, y 8, enumerados de menos a más grado de dureza, definida esta por la prueba de penetración (100gr, 25° C , 5 seg).

Las propiedades de estos cementos asfálticos se determinan mediante las pruebas de penetración, viscosidad SAYBOLT - FUROL, punto de inflamación, punto de reblandecimiento (anillo y esfera), ductibilidad, solubilidad y prueba de la película delgada estas pruebas nos indican el comportamiento de los cementos asfálticos tanto el muestreo del cemento asfáltico y la descripción detallada de estas pruebas pueden consultarse en las normas de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T).

En los trabajos de construcción que se realizan en el país, los cementos asfálticos casi exclusivamente en la elaboración de concretos asfálticos para bases o carpetas de pavimento.

La fabricación, colocación y compactación del concreto asfáltico implica un trabajo cuidadoso, que requiere un control preciso, sobre todo de temperaturas, que son las que rigen la viscosidad adecuada del cemento asfáltico en cada etapa del proceso. La temperatura de aplicación del cemento asfáltico al hacer la mezcla debe ser del orden 120 a 160° C, misma a la que debe someterse también el material pétreo. Se considera que a temperaturas menores de 120° C, misma a la que debe someterse también el material pétreo, y de temperaturas menores de 160° C, pueden afectar seriamente sus características, al eliminarse los aceites ligeros que contienen y provocarse por ese motivo un envejecimiento prematuro.

El concreto asfáltico debe compactarse a temperaturas mayores de 70° C. Abajo de esta temperatura, el acomodo del material es deficiente.

En México casi se emplea en forma única el cemento asfáltico Num. 6 que se ha encontrado que es adecuado para las condiciones climáticas generales del País y para las características de resistencia de la mezcla.

Las carpetas de concreto asfáltico son las de mayor cantidad y resistencia que se construyen y se utilizan en carreteras de alto tránsito, como las que convergen a la Ciudad de México y en aeropuertos importantes para tráfico de aeronaves pesadas.

Normas de calidad.

Anteriormente aparecen los requisitos de calidad que la S.C.T fija para los cuatro tipos de cementos asfálticos disponibles en el país y que están contenidos en las normas de la referida secretaría.

Asfaltos rebajados.

a) obtencion, clarificacion y tipos

Los asfaltos rebajados se preparan agregado al cemento asfáltico solventes ligeros del petróleo y se clasifican en 3 grupos:

ASFALTOS (FR)	REBAJADOS	DE	FRAGUADO	RAPIDO
ASFALTOS (FM)	REBAJADOS	DE	FRAGUADO	MEDIO
ASFALTOS (FL)	REBAJADOS	DE	FRAGUADO	LENTO

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido son aquellos en que se emplea como solvente del cemento asfáltico un material del tipo de la gasolina. Existen varios tipos o grados de estos asfaltos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solvente presente en el producto. Se designan con los símbolos FR-0, FR-1, FR-3 y FR-4, en que el índice creciente indica una proporción cada vez mayor de cemento asfáltico.

TABLA No. 1 NORMAS DE CALIDAD PARA CEMENTOS ASFÁLTICOS

CARACTERISTICAS	GRADO DEL CEMENTO ASFÁLTICO			
	Num. 3	Num. 6	Num. 7	Num. 8
Penetración, 100 g, 5 seg, 25°C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol a 135°C, seg, mínimo	50	35	100	120
Punto de inflamación (cuba abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-59	52-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	50	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50 cm ² , 5 h, 163°C: Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1.0	0.8	0.8

Los asfaltos rebajados de fraguado medio se elaboran agregando al cemento asfáltico solventes del tipo de la kerosina, que son menos volátiles que las gasolinas. Por lo tanto, el fraguado de estos rebajados es un poco más tardado que el de los fraguado rápido. El fraguado se refiere a la eliminación de solventes en los rebajados y es el mismo concepto que implica el proceso de curado se han aplicado estos productos a los materiales pétreos. Los asfaltos rebajados de fraguado medio pueden ser también de 5 tipos, dependiendo de la proporción de cemento asfáltico y de solventes, designándoseles como FM-0, FM-1, FM-2, FM-3 y FM-4, en que los índices tienen el mismo significado que se mencionó en el caso de los rebajados de fraguado rápido.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento son cementos asfálticos con solventes del tipo de aceites ligeros. Generalmente no se preparan adicionando en la planta dichos aceites al cemento asfáltico, sino que se obtienen directamente del residuo de la destilación del petróleo. Por ser los solventes de estos rebajados mucho menos volátiles que las gasolinas y

que kerosinas, su fraguado es bastante mas fraguado que el de los FR y FM . De acuerdo con la proporción de cemento asfáltico, pueden ser de los tipos o grados FL-0, FL-1, FL-2, FL-3 y FL-4 .

b) Propiedades y usos.

Las propiedades de los asfaltos rebajados se definen mediante las siguientes pruebas:

Punto de inflamación.
 Viscosidad Saybolt-Furool
 Destilación
 Agua por destilación
 Penetración (solo FR y FM)
 Flotación (solo FM)
 Ductibilidad
 Solubilidad

Las 4 ultimas pruebas se efectúan en el residuo de la destilación. En la determinación del punto de inflamación se emplea la copa abierta de Tag , para los asfaltos rebajados de fraguado rápido y medio (FR y FM) y la copa abierta de Cleveland, para los FL. Estas pruebas se an descrito brevemente en los temas 6 y 7 anteriores y para el detalle sobre el muestreo de los asfaltos rebajados y la ejecución de las referidas pruebas, puede recurrirse a las normas de la S.C.T .

Las propiedades reológicas de los asfaltos rebajados estan determinadas por sus características de viscosidad a diferentes temperaturas y por los resultados de penetración, flotación y ductibilidad en pruebas practicadas al residuo de la destilación. Dichas propiedades influyen de manera importante en las características de estos asfaltos al momento de su aplicación y posteriormente en su comportamiento durante su servicio en las obras. Debe darseles por lo tanto especial atención, ya que son la base del éxito o el fracaso de los trabajos que se efectúan con estos materiales.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido se emplean en nuestro medio para la construcción de carpetas, sub- bases y bases estabilizadas, riegos de liga carpetas de riego y riegos de sello. Se utilizan casi exclusivamente de tipo de FR-2 , FR-3 y FR-4 , y en forma preferente en el FR-3 .

Los rebajados de fraguado medio se emplean en riegos de impregnación de bases de pavimientos flexibles y sub-bases de pavimentacion rigidos. Excepcionalmente se usan para la construcción de mezclas asfálticas. Los de tipo FM-0 y FM-1 , con preferencia del último, son los que principalmente se utilizan en México para los riegos de impregnación señalados.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento ya practica mente no se usan en nuestro País. Se usaron mucho en epocas pasadas, como paliativos del polvo en los caminos revestidos .

En cualquiera de los trabajos que se utilizan los asfaltos rebajados, es condición necesaria para lograr una adherencia adecuada que los materiales pétreos o superficies a los que se aplican esten secos, lo que puede ser una ventaja en los lugares de clima lluvioso, no obstante que mediante el uso de ciertos aditivos es factible lograr buenos resultados aun cuando los materiales pétreos o superficiales de aplicacion este humedos.

Dado que la función de los solventes en los asfaltos rebajados es simplemente fluidificar el cemento asfáltico y poder incorporarlo o aplicarlo a los materiales pétreos practicamente en frio, una vez logrado este objetivo, dichos solventes deben eliminarse en su mayor parte para permitir el trabajo del cemento asfáltico, que es realmente el material que quedara en definitiva como ligante en la obra.

c) Temperaturas recomendables de aplicación

Las temperaturas a las que se recomienda calentar los asfaltos rebajados al momento de su aplicacion tienen la doble finalidad de impartirle la adecuada viscosidad para que cubran y mojen convenientemente a los agregados y otras superficies en que se riegan, y para evitar los peligros de incendio a que estan muy expuestos dada la volatilidad de los solventes que combienen, sobre todo los rebajados de los tipos FR y FM.

Estas temperaturas son las que aparecen en la tabla Num. 2.

TABLA No. 2

TEMPERATURAS RECOMENDABLES DE APLICACION DE LOS ASFALTOS REBAJADOS

Asfaltos Rebajados 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
Asfaltos Rebajados 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
Asfaltos Rebajados de Fraguado Lento	FL-0 : de 20 °C a 40 °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

d) Normas de calidad.

Los asfaltos rebajados de los distintos tipos deben cumplir con los requisitos y calidad mostrados en la tabla Num. 3, 4, y 5, que son los establecidos por las normas de la S.C.T.

Emulsiones asfálticas

a) Generalidades

Las emulsiones asfálticas constituyen otros de los procedimientos que se usan para fluidificar el cemento asfáltico y hacer aplicaciones en frío. Son emulsiones generalmente del tipo de aceite en agua, en que la fase dispersa o interna es el asfalto, en forma de pequeños glóbulos, y la fase continua o externa es el agua.

TABLA No. 3 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO

CARACTERISTICAS	GRADO				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflamación (copa abierta de Tag) °C mínimo	—	—	27	27	27
Viscosidad Saybolt-Furot:					
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 160°C, mínimo	15	10	—	—	—
Hasta 225°C, mínimo	55	50	40	25	8
Hasta 260°C, mínimo	75	70	65	55	40
Hasta 315°C, mínimo	90	83	87	83	80
Residuo de la destilación a 360°C, por ciento del volumen total por diferencia, mínimo					
	50	60	67	73	78
Aguá por destilación, %, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	80-120	80-120	80-120	80-120	80-120
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Para la elaboración de las emulsion tiene que emplearse pequeñas, proporciones de ciertos productos químicos conocidos como emulsificantes, tanto para facilitar la formación de las dispersiones, como para mantener en suspensión los glóbulos del asfalto disperso. Si no existiese el emulsificante, una dispersión de pequeñas gotas de de asfalto en agua formada mediante agitación, se separa rápidamente en dos capas. Con la presencia del emulsificante se forman una película de el absorbida alrededor de cada glóbulo, la que al modificar las propiedades de la interface, impide la floculación de las partículas de asfalto y hace estable la emulsión.

TABLA No. 4 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	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	68	66	66
Viscosidad Saybolt-Furot:					
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, máximo	25	20	10	5	0
Hasta 260°C	40-70	25-65	15-55	5-40	30 máx.
Hasta 315°C	75-93	70-97	60-87	55-85	40-80
Residuo de la destilación a 360°C, por ciento del volumen total por diferencia, mínimo					
Agua por destilación, %, máximo	50	60	67	73	78
Agua por destilación, %, máximo	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados	120-300	120-300	120-300	120-300	120-300
Ductilidad en centímetros, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

TABLA No. 5 NORMAS DE CALIDAD PARA ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	65	66	80	93	107
Viscosidad Saybolt-Furot:					
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: Destilado total a 360°C, por ciento en volumen					
Agua por destilación, %, máximo	15-40	10-30	5-25	2-15	10 máx.
Residuo asfáltico de 100 grados de penetración, %, mínimo	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, seg.					
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm, mínimo	15-100	20-100	25-100	50-125	60-150
Ductilidad del residuo asfáltico de 100 grados de penetración, 25°C, cm, mínimo	100	100	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

En la figura se muestra esquemáticamente la disposición de las moléculas del emulsificante en torno a un glóbulo de asfalto. En dicha figura se observa que la molécula del emulsificante se ha dibujado con una parte designada como polar y otra como no polar. La polaridad es un concepto difícil de definir, pero se considera como cuerpos polares a los que tienen mayor tendencia a disolverse en agua que en benceno y como no polares o apolares a los que presentan las características inversas.

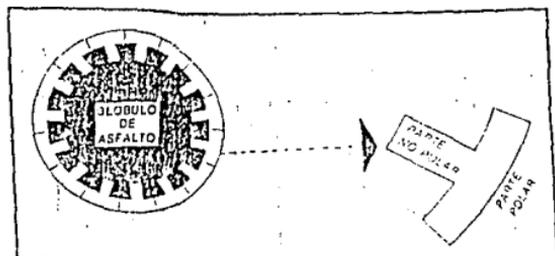


Fig. 3. 5.º CONCENTRACION Y ORIENTACION EN LA INTERFASE DE LAS MOLECULAS DEL EMULSIFICANTE

Para las emulsiones asfálticas normales que se usan en carreteras los porcentajes de emulsificante varían de 0.5 a 1.0 % en peso, con respecto a la emulsión. Esta cantidad proporciona una protección razonable contra las partículas de asfalto, pero en ciertos casos es necesario dar una protección adicional y se requiere una cantidad mayor de emulsificante, que actúa como estabilizante de la emulsión.

De acuerdo con su resistencia a la coagulación, las emulsiones se clasifican en los 3 grupos siguientes :

- 1º. Emulsiones inestables o de rompimiento rápido, que contienen una cantidad mínima de emulsificante.
- 2º. Emulsiones inestables o de rompimiento medio, con mayor cantidad de emulsificante que las anteriores.
- 3º. Emulsiones altamente estabilizadas o de rompimiento medio que son las que contienen la mayor cantidad de emulsificante.

Los estabilizantes pueden ser adicionados bien sea durante la fabricación de la emulsión o durante una etapa posterior. Los más comúnmente empleados son la caseína y los jabones de potasio o resina de vinzol. La práctica

ha demostrado que las emulsiones en que intervienen 2 o mas estabilizantes a la vez, son mas estables.

El diámetro medio de los glóbulos de asfalto de una emulsión para carreteras, debe ser aproximadamente de 2 micras. La estabilidad y otras propiedades importantes de la emulsión dependerán no solamente de este tamaño medio, sino tambien de la distribución de los tamaños das las partículas con respecto a este valor medio. En particular, la presencia de partículas considerablemente mayores que el tamaño medio, puede ser un desventaja seria, debido a que actúan como centros para una rápida coagulación. Por medio de fotografías de una emulsión

al microscopio se puede medir el diámetro de los glóbulos y observar su distribución

En la actualidad es factible emulsionar cementos asfálticos de muy diversos grados de penetración, desde los mas duros, con penetración de 10 a 20 grados, hasta los mas suaves, con penetraciones hasta de 400 grados.

incluso se pueden emulsionar asfaltos rebajados, que son mucho mas suaves. Los asfaltos mas duros son más difíciles de emulsionar y las emulsiones que se fabrican con ellos se emplean generalmente para fines industriales. Las emulsiones fabricadas con cementos asfálticos con penetraciones desde 40 hasta 25, son las más empleadas en los trabajos de construcción y reconstrucción de pavimentos, los cuales incluyen capas de mezclas asfálticas para estabilizaciones y carpetas de caminos de bajo tránsito, tratamientos superficiales y trabajos de sellado. En el caso de mezclas asfálticas almacenables se usan emulsiones elaboradas con asfaltos rebajados

b) Emulsiones aniónicas y catiónicas

Las emulsiones asfálticas se clasifican principalmente en aniónicas y cationicas, dependiendo de la naturaleza del emulsificante

LAS EMULSIONES ANIONICAS derivan su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el ánodo. lo que significa que poseen cargas eléctricas negativas y tienen, por este hecho, afinidad por los materiales petreos electropositivos como las calizas y basaltos.

LAS EMULSIONES CATIONICAS se denominan así por que, a la inversa de lo que sucede con las emulsiones aniónicas, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el cátodo cuando se sumergen 2 electrodos en ellas y se hace pasar una corriente eléctrica. Presentan, por tanto, cargas eléctricas positivas y tienen buena afinidad con los materiales petreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (cuarzo)

La estabilidad de las emulsiones catiónicas queda asegurada por la repulsión electrostática de los Globulos de Asfalto, los cuales estan rodeados de Iones del mismo signo (positivo)

Aparte de las emulsiones aniónicas y catiónicas mencionadas anteriormente, Existen también otros tipos de emulsiones, como las fabricadas con emulsificantes no Iónicos (esteres de ácidos grasos o de alcoholes) o con emulsificantes coloidales (caseína, gelatinas, polvos finos de arcillas y bentonitas) Las emulsiones no Iónicas casi no se han usado en trabajos de pavimentación y las elaboradas con emulsificantes coloidales se emplean Generalmente para usos industriales.

FABRICACION DE LAS EMULSIONES.

Las emulsiones asfálticas, tanto las aniónicas como las catiónicas se elaboran haciendo pasar el asfalto, el agua y el agente o los agentes emulsificantes a travez de un molino coloidal. El asfalto debe tener una temperatura adecuada, a efecto de que su viscosidad sea lo suficientemente baja para permitir su dispersión en gotas microscopicas.

El emulsificante se añade generalmente al agua. A veces se agregan al asfalto pero se presenta el inconveniente de que al calentar dicho asfalto se produce espuma, que dificulta el trabajo.

Los molinos coloidales son dispositivos en los que se somete a un esfuerzo cortante energico la mezcla de asfalto, agua y emulsificante, la que es obligada a pasar por ranuras u orificios muy estrechos. Comúnmente los molinos tienen paredes dobles por cuyo interior circula vapor u otro fluido caliente para mantener el conjunto a temperatura adecuada. En ocasiones se utilizan para la fabricación de emulsiones agitadores energicos de paletas, en donde se mezclan los componentes de las misma.

PROPIEDADES DE LAS EMULSIONES.

Las propiedades de las emulsiones asfálticas se determinan mediante las siguientes pruebas:

- Viscosidad.
- Residuo de la destilación
- Asentamiento
- Retenido en la malla No. 20
- Miscibilidad con cemento portland
- Demulsibilidad (Solo Aniónicas)
- Cubrimiento del agregado, resistencia al agua (solo Catiónicas)
- PH de la emulsion (solo Catiónicas)
- Contenido de solventes (solo catiónicas)
- Penetración
- Ductilidad

con el carbonato de calcio del material petreo, produciendo en la superficie de la piedra aniones CO_3 que a su vez reaccionan con las moléculas del emulsificante; al separarse éstas moléculas de la superficie de los glóbulos de asfalto, estos quedan desprotegidos y se provoca el rompimiento. Esto hace que las emulsiones catiónicas sean más versátiles que las aniónicas, al ser efectivas también para trabajar con bastantes materiales básicos, exceptuando los que contienen magnesio, como son las dolomitas. Es muy difícil encontrar en la naturaleza materiales que sean completamente electropositivos o electronegativos, pues la mayor parte de las rocas tienen elementos que hacen que existan en su superficie las 2 clases de materiales, presentando características intermedias, que conducen a clasificarlas en la forma que se muestra en la figura 20. Esto explica el hecho de que las emulsiones aniónicas y las catiónicas en muchos casos resultan efectivas para usarse con los mismos materiales.

Aunque el rango exacto sobre el cual pueden emplearse ambos tipos de emulsiones no ha sido determinado en forma precisa, la figura 21 da una idea del campo de aplicación de cada una de ellas y del área aproximada de traslape donde pueden emplearse unas u otras.

20. Alteración del equilibrio de la emulsion por evaporación del agua

Hemos visto que la estabilidad de la emulsión está asegurada por la protección que las moléculas del emulsificante dan a las partículas de asfalto. Estas moléculas se fijan en la superficie de los glóbulos, los cuales se encuentran en estado de equilibrio entre la atracción ejercida por el asfalto sobre la cadena no polar y la ejercida por el agua sobre la parte polar de la molécula. Esta última atracción de álcali en la fase continua, de tal manera que al eliminarse agua por evaporación y aumentar esta concentración, las moléculas del emulsificante dejan de ser atraídas por la fase acuosa y se hunden por completo en el glóbulo de asfalto, que pierde su protección, uniéndose a los glóbulos vecinos y produciendo el rompimiento de la emulsión. A este fenómeno se debe principalmente el rompimiento de las emulsiones aniónicas después de su aplicación.

En las emulsiones catiónicas no suelen producirse en la práctica este fenómeno, por ser mucho más rápido el rompimiento por efecto de las cargas eléctricas. No obstante, la influencia del fenómeno existe también en estas emulsiones y se pone de manifiesto por el hecho de que el rompimiento es mucho más violento en presencia de agregados húmedos, por lo que muchas veces es conveniente humedecer previamente las superficies a las que han de aplicarse este tipo de emulsiones.

30. Rompimiento por dilución.

Si se diluye una emulsión con agua pura, llega a producirse el rompimiento por un fenómeno inverso al que produce el rompimiento por evaporación del agua.

A medida que la alcalinidad de la fase acuosa va disminuyendo por la dilución, las moléculas del emulsificante van desplazándose hacia ella hasta abandonar por completo el asfalto, cuyos glóbulos se unen, produciendo el rompimiento de la emulsión.

4o. Rompimiento por adición de electrolitos.

La adición de determinadas sales como cloruro de calcio, por ejemplo, puede producir el rompimiento de la emulsión por neutralización de las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto, por los iones de la sal añadida disociada.

5o. Rompimiento por congelación.

Este rompimiento puede producirse por la alteración de las propiedades del jabón empleado como emulsificante. El fenómeno puede tener lugar a temperaturas superiores a 0°C y se manifiesta con mayor intensidad en los jabones sódicos que en los potásicos.

Si el enfriamiento llega al extremo de producir congelación del agua, al producirse el deshielo la emulsión rompe completamente o presenta gran cantidad de partículas muy gruesas que la hacen inutilizable. Las emulsiones que muestran gran estabilidad al rompimiento al mezclarse con cloruro de calcio, son también muy resistentes al rompimiento por congelación.

En la práctica el rompimiento de una emulsión se manifiesta claramente por el cambio que experimenta en su coloración, al pasar del color chocolate que le es característico, al color negro, típico del asfalto.

USO DE LAS EMULSIONES.

En los trabajos de construcción, reconstrucción y conservación de pavimentos, las emulsiones asfálticas tienen las siguientes aplicaciones:

Emulsiones de rompimiento rápido

Pueden utilizarse en riegos de liga para carpeta, carpetas de riegos y riegos de sello.

Emulsion de rompimiento medio

Se emplean principalmente para mezclas asfálticas utilizando materiales con muy poca cantidad de finos (partículas pasando la malla No.200), para la construcción de sub-bases estabilizadas, carpetas para caminos de bajo tránsito, bacheos y renivelaciones.

Emulsion de rompimiento lento

Se utilizan para mezclas asfálticas con materiales pétreos relativamente finos o gravas arenas con finos para sub-bases o bases estabilizadas y carpetas para caminos de bajo tránsito. También tienen aplicación en la elaboración de morteros asfálticos , que están constituidos por emulsión asfáltica , arena (generalmente con tamaño máximo de 2.38 milímetros) y en ocasiones filler de cemento portland o cal hidratada; estos morteros se usan principalmente para el sellado de superficies agrietadas o de capas asfálticas rígidas por envejecimiento del asfalto original.

En todos los casos de utilización de las emulsiones asfálticas, una vez seleccionados los materiales pétreos con los que habrán de emplearse, es necesario siempre realizar previamente estudios de laboratorio que permitan definir con seguridad el tipo mas conveniente de la emulsion para usar, a efecto de lograr el mayor comportamiento de las obras que se construyan. En general, la emulsión debe supeditarse al material petreo que va a utilizarse y a las condiciones especiales del trabajo por ejecutar y no a la inversa. También es necesario tener presente que son productos mas delicados que los asfaltos rebajados y que requieren de personal mas cuidadoso y de precauciones especiales en su transporte, manejo y aplicacion ya que de otra manera es factible provocarles un rompimiento prematuro que a la vez puede ser el origen de muchos fracasos y problemas en los trabajos de construcción .

Las emulsiones asafálticas pueden presentar las siguientes ventajas en relacion con los otros materiales asfálticos:

1º- Se aplica a la temperatura ambiente, con tal de que esta sea superior a los 5°C, sin necesidad de calentamiento. El cemento asfáltico y los asfaltos rebajados tienen que calentarse para abatir las fuerzas de cohesion y disminuir la viscosidad, a efecto de permitir encubrimiento del material petreo. La eliminacion del calentamiento reduce costos y evita peligros de incendios. En los asfaltos rebajados las repetidas operaciones de calentamiento puede hacer que se afecten desfavorablemente las características de estos productos, al perderse gran parte de los solventes volátiles que contiene.

2do. Las emulsiones pueden aplicarse sobre materiales húmedos, principalmente en el caso de las catiónicas, eliminándose el costo en las operaciones de secado. No obstante, con las emulsiones aniónicas la humedad de los materiales pétreos no deben ser muy alta, ya que su rompimiento depende en buena parte de la evaporación del agua, en las emulsiones catiónicas en donde el rompimiento se efectúa fundamentalmente por la atracción de las cargas eléctricas, la humedad del agregado inclusive favorece el cubrimiento de este.

3ro. El empleo de emulsiones permite ampliar el periodo de la construcción, al poderse utilizar materiales pétreos húmedos, lo que disminuye costos al aumentar el tiempo que el equipo puede estar en actividad.

Con las emulsiones catiónicas pueden efectuarse trabajos de conservación en la época lluviosa, que es cuando se presentan condiciones críticas en los pavimentos. Desde luego los trabajos no pueden realizarse en plena lluvia, pero el empleo de estos productos permiten utilizar materiales pétreos en condiciones muy desfavorables de humedad.

4to. Las emulsiones catiónicas permiten tender y compactar una mezcla asfáltica, una vez terminada. Se elimina con ellas el riesgo de obtener resultados poco satisfactorios por la presencia de una lluvia inesperada.

5to. Las emulsiones asfálticas presentan en general buenas características de adhesividad con los materiales pétreos, en virtud de que los emulsificantes son a la vez agentes tenso-activos que favorecen esta propiedad.

Independientemente de lo anterior y debido al agotamiento de las reservas petroleras en el mundo, es posible que en un futuro cercano tengamos que aumentar el uso de las emulsiones y de los cementos asfálticos y disminuir el de los asfaltos rebajados en los trabajos de pavimentación, a efecto de ahorrar y de darles un mejor aprovechamiento a los solventes ligeros que se emplean en la elaboración de dichos rebajados. Sería conveniente promover más la tecnología y experimentación de las emulsiones asfálticas en nuestro País, con miras a un mayor conocimiento de sus alcances y posibilidades y a una adecuada utilización de estos productos, que asegure el buen comportamiento en las obras que con ellas se realicen.

Las emulsiones asfálticas que se emplean en los trabajos de pavimentación deben cumplir con las normas de calidad que se muestran en las tablas 6 y 7, la primera relativa a emulsiones aniónicas y la segunda a emulsiones catiónicas. Estas normas son las que actualmente fija la secretaría de comunicaciones y transportes para la aceptación de estos productos.

TABLA 2

NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFALTICAS ANIONICAS

CARACTERISTICAS	GRADO				
	Rompiemto Rápido		Rompiemto Medio	Rompiemto Lento	
	RR-1	RR-2	RM-2	RL-1	RL-2
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL					
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C, seg.	20-100	—	100 min.	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C, seg.	—	75-400	—	—	—
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo	57	62	62	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo ..	3	3	3	3	3
Demulsibilidad:					
35 ml de 0.02N CaCl ₂ , %, mínimo	60	50	—	—	—
50 ml de 0.10N CaCl ₂ , %, máximo	—	—	30	—	—
Retenido en la malla No. 20, %, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, %, máximo ..	—	—	—	2.0	2.0
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, 25°C, 100 g., 5 seg., grados	100-200	100-200	100-200	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, mínimo ..	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	40	40	40	40	40

Nota: La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de 30% al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar más de 50% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.

TABLA 7 - NORMAS DE CALIDAD PARA EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

CARACTERISTICAS	GRADO					
	Rompiendo Rápido		Rompiendo Medio		Rompiendo Lento	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS EN EL PRODUCTO ORIGINAL						
Viscosidad Saybolt-Furol, 25°C, seg	—	—	—	—	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol, 50°C, seg	20-100	100-400	50-500	50-500	—	—
Residuo de la destilación, % en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo ..	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, % máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo.— Prueba de resistencia al agua:						
Agregado seco, % de cubrimiento, mínimo	—	—	80	80	—	—
Agregado húmedo, % de cubrimiento, mínimo	—	—	60	60	—	—
Miscibilidad con cemento Portland, %, máximo	—	—	—	—	2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	—	—
pH, máximo	—	—	—	—	6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento, máximo	3	3	20	12	—	—
PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 seg, grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	40-90
Solubilidad en tetracloruro de carbono, %, 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 entrar más de 30% al bajar su temperatura de 20°C a 10°C, ni bajar más de 30% al subir su temperatura de 20°C a 40°C.						

TABLA 9.-

CONCEPTO	CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL LUGAR, DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OERA					
	FRIO**		TEMPLADO		CALIENTE	
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO
CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO HECHO EN PLANTA, EN CALIENTE.	CA-3 ó CA-6	CA-3 ó CA-6	CA-3 ó CA-6	CA-3 ó CA-6	CA-3 ó CA-6	CA-3 ó CA-6
RIEGO DE SELLO. Con materiales 3-A ó 3-E.	FR-2, FR-3, ER-ERK	FR-3 ó ERK	FR-3 ó ERK	FR-3 ó ERK	FR-3, FR-4, ERK ó ER	FR-3 FR-4, ERK, ER
MORTEROS ASFALTICOS. Sobre carpetas antiguas	EL ó ELK	EL ó ELK	EL ó ELK	EL ó ELK	EL ó ELK	EL ó ELK

CLAVE: FR.- Asfalto rebajado de fraguado rápido. ER.- Emulsión aniónica de rompimiento rápido.
 FM.- Asfalto rebajado de fraguado medio. EM.- Emulsión aniónica de rompimiento medio.
 FL.- Asfalto rebajado de fraguado lento. ERK.- Emulsión catiónica de rompimiento rápido.
 CA.- Cemento asfáltico. EMK.- Emulsión catiónica de rompimiento medio.
 ELK.- Emulsión catiónica de rompimiento lento.

NOTAS: Para la elaboración de la tabla anterior, no se ha considerado el problema de la adherencia entre el material pétreo y el asfalto, por lo cual, para la elección del producto asfáltico adecuado, deberá tomarse en cuenta este aspecto.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento (FL), prácticamente ya no se usan en nuestro medio.

La base o la carpeta antigua, en el momento de dar el riego, deben estar superficialmente secas.

** Cuando se usen asfaltos rebajados o emulsiones asfálticas, no deberá trabajarse cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizada sea uniforme.

En la tabla 8 se muestra recomendaciones para aplicar los diferentes productos asfálticos y en la tabla 9 se muestran las condiciones climatológicas que imperan y en función a ello elegir el producto asfáltico.

1.

TABLA 8 - PRODUCTOS ASFÁLTICOS QUE SE SUGIERE EMPLEAR EN TRABAJOS DE PAVIMENTACION

CONCEPTO	CONDICIONES CLIMATICAS EN EL LUGAR, DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA					
	FRIO**		TEMPLADO		CALIENTE	
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO
RIEGO DE IMPREGNACION En bases de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En bases de textura media (Zona granulométrica 2) En bases de textura abierta (Zona granulométrica 1)	FM-0 FM-0 ó FM-1 FM-1 ó FM-2	FM-0 FM-1 FM-2	FM-0 ó FM-1 FM-1 FM-1 ó FM-2	FM-0 ó FM-1 FM-1 FM-2	FM-1 ó FM-2 FM-1 ó FM-2 FM-2 ó FM-3	FM-1 ó FL-2 FM-2 FM-2 ó FM-3
CARPETAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS Con materiales 0, 1, 2 y 3	FR-2, FR-3	FR-3 ó ERK	FR-3, ER, ERK	FR-3 ó ERK	FR-3, FR-4 ERK ó ER	FR-3, FR-4, ERK ó ER
RIEGOS DE LIGA Sobre carpetas antiguas o sobre bases impregnadas	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, ER, ERK	FR-2, FR-3, FR-4, ER, ERK	FR-2, FR-3, FR-4, ER, ERK
CARPETAS DE MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR En carpetas de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En carpetas de textura media (Zona granulométrica 2) En carpetas de textura abierta (Zona granulométrica 1)	FR-1, FR-2, FM-2 FR-2 ó FM-2	FR-2 ó FM-2 FR-2 ó FM-2 FR-2 ó FM-2	FR-2 ó FM-2 FM-2, FM-3, FR-2, FR-3 FM-3 ó FR-3	FR-2 ó FM-2 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3	FR-3 ó FM-3 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3	FR-3 ó FM-3 FM-3 ó FR-3 FM-3 ó FR-3
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO PARA ESTABILIZACIONES EMPLEANDO EMULSIONES En carpetas de textura cerrada (Zona granulométrica 3) En carpetas de textura media (Zona granulométrica 2) En carpetas de textura abierta (Zona granulométrica 1)	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK, ELK	EM, ELK EM, ELK EM, EL, ELK EMK	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK ELK	EM, ELK EM, ELK EM, EL, ELK ó EMK	EM, EL, ELK EM, EL, ELK EM, EL ó EMK, ELK.	FLK EM, ELK EMK, ELK, EL

CAPITULO IV.

II) PRODUCCION DE AGREGADOS PARA PAVIMENTACION.

Uno de los costos mas importantes es la construcción y mantenimiento de una vía terrestre que corresponde a los materiales como roca, grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en uno de los problemas básicos el ingeniero civil, en conexión estrecha con el geologo.

La experiencia diaria enseña que, si se da a estas tareas la debida importancia, se podrán localizar depósitos de materiales apropiados cerca del lugar de su utilización, por lo que se abatirán los costos de transportación, que suelen ser de los que mas afectan; otras veces se logran obtener materiales utilizables en zonas que antes dependian de otras mas alejadas en este aspecto..

Por estas razones, no es de extrañar que la busqueda científica y la explotación racional de los materiales ocupe mas y mas la atención de los grupos tecnicos.

En la localización de un banco se debera garantizar que exista volumen suficiente de suelo o roca, para emplearse en alguna capa del camino, además de que debera satisfacer la calidad que norma la S.C.T. (Institución normativa nivel nacional en caminos) en otro aspecto debera garantizarse que los bancos elegidos sean los mejores entre todos los disponibles, en primer lugar, en lo que se refiere a la calidad de los materiales.

En segundo lugar tienen que ser los de mas fácil acceso y con los procedimientos de producción mas sencillos y baratos.

En tercer lugar los que produzcan la mejor distancia de acarreo.

En cuarto lugar los que generen los procedimientos mas sencillos y económicos, por último pero no menos importante los bancos deben localizarse de tal manera que no conlleven a problemas de ecología o bien aspectos legales de difícil solución.

Común mente para la construcción de carreteras es necesario localizar bancos de material para terracerias, capa subrasante, sub-base, base y carpeta, indicando lo siguiente:

Los bancos para terracerias en General abundan y son fáciles de localizar, pues para ese fin sirven casi todos los materiales que sean económicamente explotables, ya que sus requerimientos de calidad son mínimos.

Los bancos de terracerias conviene fijarlos lo mas cercano posible, para no dar separación lugar a distancias de acarreo excesivas; La separación óptima esta en la mayoría de los casos, en donde se alcance el equilibrio de costos entre el acarreo, por un lado y el costo del despalle y preparación del banco por el otro.

3) la exploración definitiva, en la que por medio del sondeo y pruebas de laboratorio han de definirse detalladamente las características ingenieriles de los suelos y las rocas encontradas.

Las armas de la exploración para localización y valuación de bancos son la fotointerpretación, los sondeos y la prospección geofísica, ya que casi nunca se requiere exploración a profundidades mayores de los 10 m, los metos de sondeo preliminar y definitivo pueden ser similares. El pozo a cielo abierto, la posteadora y los barrenos helicoidales son los métodos más utilizados en suelos.

Los bancos de suelos se deben muestrearse para conocer en el laboratorio las características que interesen para definir o autorizar su uso. No existe ninguna regla para fijar el número de sondeos que es necesario hacer en un caso dado.

en la siguiente tabla se muestran las pruebas más usuales que se hacen a los materiales de bancos para sus diferentes usos y en general las pruebas están divididas en tres tipos, las de clasificación, las que tienen por objeto establecer la calidad de los materiales, que entre otras cosas, permitan establecer si se cumplen las normas mínimas y, finalmente las pruebas de diseño propiamente dicho.

Pruebas de Laboratorio que se efectúan a los suelos que se extraen de bancos, según su utilización

I. Terracerías.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad. Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo. A veces, Valor Relativo de Soporte.

II. Capa Subrasante.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad. Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo. Valor Relativo de Soporte. Expansión. Equivalente de Arena.
- c) Diseño: Determinación de Valor Relativo de Soporte (Método del Cuerpo de Ingenieros, U. S. A.), o bien: Pruebas de Hvem, o bien: Pruebas Triaxiales de Texas.

III. Base y Sub-base.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad. Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo. Valor Relativo de Soporte. Equivalente de Arena. Expansión.
- c) Diseño: Si se desea hacer un diseño estructural por capas, deberán realizarse las pruebas indicadas para la capa subrasante.

IV. Carpets Asfálticas.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad. Granulometría.
- b) Calidad: Pruebas de desgaste y/o alterabilidad. Equivalente de Arena. Expansión. Afinidad con el Asfalto. Pruebas para definir la forma de los agregados.
- c) Diseño: Prueba de Marshall, o bien: Pruebas de Hvem. El contenido óptimo de Asfalto puede determinarse también por el Método C. K. E.

Hablando exclusivamente de los agregados que se emplean en las mezclas asfálticas se podría decir lo siguiente:

Tractor de orugas o neumático con cuchilla frontal inclinable	Identificación y muestreo	$0.50 < X < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	Menos de 150	Volquete o camion
	Verificación	$0.075 < X < 0.50$		De 150 a 2,500	Camión o vagoneta
Oruga	Ninguno	$X < 0.075$ Bajo el N.A.F.	Oruga de arrastre o de arrastre	Max de 2,500	Camión o remolque
Fractor de oruga o neumático con cuchilla frontal inclinable o sistema halada con tractor de oruga	Verificación	$X < 0.075$ Bajo N.A.F.	Línea	Menos de 150	Escarpa halada con tractor de oruga o motorizada
				De 150 a 2,500	Escarpa halada con tractor neumático o motorizada
Tractor de orugas o neumático con cuchilla frontal inclinable	Identificación cuando compacto, cementado o duro	$X < 0.075$	Pala mecánica Motorizada Cargador frontal	Menos de 150	Camión o volquete
				De 150 a 2,500 Mas de 2,500	Camión o vagoneta Camión o remolque
Escarpa halada con tractor de oruga o motorizada	Identificación cuando compacto, cementado o duro	$X < 0.075$	Línea	Menos de 150	Escarpa halada con tractor de oruga o motorizada
				De 150 a 250	Escarpa halada con tractor neumático o motorizada
Oruga de arrastre o de arrastre	Ninguno	$X < 0.075$ Bajo el N.A.F.	Oruga de arrastre o arrastre	Menos de 150	Camión
				De 150 a 2,500	Camión o vagoneta
Oruga marina	Ninguno		Oruga marina	Conducción hidráulica al lavarse de sedimentación	

Para la exploración completa de un banco se requieren las siguientes etapas que son:

1) reconocimiento preliminar, que debe incluir la opinión de un geólogo. En esta etapa debe considerarse esencial el contar con el estudio geológico de la zona, por sencillo que sea, iniciando con cartas del INEGI.

2) la exploración preliminar, en la que por medio de procedimientos simples y rápidos puede obtenerse información sobre el espesor y composición del subsuelo, la profundidad del nivel freático y demás datos que permitan, en principio, definir si la zona es prometedora para la implantación de un banco de las características del que se requieren y si, por consiguiente, conviene continuar la investigación sobre ella.

La cantidad de agregado mineral de una mezcla asfáltica es por lo general de orden de 90 a 95 % en peso y de 75 a 85% en volumen . El agregado mineral proporciona a una mezcla asfáltica empleada en pavimentos. La capacidad de soportar las cargas aplicadas que influyen en forma preponderante en el comportamiento del pavimento.

Se ha definido al agregado mineral como cualquier material mineral duro e inerte, formando partículas o fragmentos utilizado en mezclas. La definición incluye a la arena, grava, roca triturada, polvo de roca, etc.

Como en la mayor parte de las veces los agregados que se emplean en carpetas provienen de las rocas, vamos a indicar los tipos de rocas:

Todas las rocas se dividen de acuerdo a su origen en : Igneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas, se formaron debido al enfriamiento y solidificación del magma , se divide en rocas extrusivas e intrusivas.

Las rocas extrusivas son aquellas en las cuales el magma llega a la superficie terrestre y corre en forma de lava, de esta manera la roca se enfría rápidamente y los cristales de los minerales no tienen tiempo suficiente que se desarrollen y como consecuencia la roca presenta una textura afanítica, lisa de aspecto uniforme y de cristales muy pequeños . Algunos ejemplos de estas rocas son la riolita , la andesita y el basalto si el enfriamiento de las rocas a sido excesivamente rápido se forman vidrios volcánicos como la obsidiana.

Las rocas ígneas intrusivas son aquellas que se tomaron dentro de la corteza terrestre ya que por alguna razón no alcanzó salir a la superficie . Este material al perder poco a poco el calor y solidificarse lentamente dentro de la corteza terrestre , adquieren la textura uniforme y gruesa (fanerítica) , porque los minerales que la componen tuvieron suficiente tiempo para su desarrollo y crecimiento; estas rocas posteriormente son expuestas debido a movimientos tectónicos o bien por proceso de erosión. Entre los ejemplos de estas rocas tenemos al granito, sienita, gabbro, pegmatita, etc .

Las rocas sedimentarias en su mayoría de carácter secundario puesto que están constituidas por material que proviene de la desintegración de otras rocas preexistentes. La mayor parte de este material, de diferentes tamaños, es acarreado y transportado por las corrientes de agua que las arrastra a través de mayores o menores distancias y finalmente las deposita de acuerdo con su tamaño y la velocidad de la corriente. Las partes de todo ese material se disuelven en las aguas y se transportan en forma de sales que posteriormente se precipitan cuando las aguas comienzan a evaporarse y las soluciones se hacen demasiado concentradas. Las rocas sedimentarias se dividen en 3 grupos, a saber : las de origen mecánico como las brechas, conglomerados, areniscas, y lutitas; las de origen químico como el pedernal, la

... y las de origen orgánico como el carbón, el petróleo y el gas.

Las rocas metamórficas son rocas que deben su formación, en general, a la modificación de rocas sedimentarias y rocas ígneas como resultado de presiones intensas (debidas a movimientos tectónicos), calor excesivo y soluciones. Los factores que causan tal modificación son muy complejos y frecuentemente es difícil determinar la forma original de la roca alterada. Un aspecto que distingue a las rocas metamórficas son los planos paralelos en que se encuentran los minerales que forman las rocas, a los cuales se les llama foliación y a través de los mencionados planos se puede dividir a la roca en forma más sencilla que en cualquier otra dirección a la roca en forma más sencilla que en cualquier otra dirección. Algunos ejemplos son el gneiss, el esquisto y la pizarra. La cuarcita y el mármol son un tipo de roca que presentan textura masiva, usualmente sin foliación.

En lo que respecta a la utilización de los materiales para la formación de mezclas asfálticas se tiene que estos se dividen en cuanto a su origen en:

Agregados procedentes de bancos naturales; como los depósitos de río que generalmente contienen grava, arena, arcilla y limos; ó los depósitos de arena de playa constituidos generalmente por arenas uniformes.

Agregados procesados; muchas veces los agregados naturales tal y como vienen del banco no son adecuados para su uso y por consiguiente se hace necesario procesarlos para cambiar su forma ó textura mediante triturado ó bien modificar su granulometría mediante lavado ó separación en tamaños y redosificación.

Agregados sintéticos; se les llama así a los agregados que resultan de la modificación, en sus características físicas y químicas de algunos materiales. Por ejemplo las escorias de altos hornos.

Para la selección adecuada de un agregado que se utilizará en pavimentos asfálticos dependerá del costo, calidad y disponibilidad del mismo, así como del tipo de procedimiento de construcción que se aplicará; la calidad de los agregados se determina evaluando al material en términos de:

Tamaño y granulometría: Con base en la experiencia la S.C.T ha establecido normas para el tamaño y granulometría de acuerdo con el uso que se vaya a dar al material. Algunas veces se describe a los materiales como de granulometría densa, abierta, uniforme, gruesa, fina, y bien graduada (todos los tamaños).

Limpieza. Algunos agregados contienen polvo ó sustancias que los hacen inadecuados para su uso en pavimentos asfálticos, tales como los ácidos, algunos ácidos orgánicos, películas de polvo, etc.

La limpieza puede determinarse simplemente mediante la inspección visual pero las pruebas mas positivas son las pruebas de lavado.

Si se desea tambien estimar el porcentaje de finos indeseables en la mezcla de puede efectuar pruebas de equivalente de arena, en donde los materiales se someten a un proceso de lavado con la adición de sustancias químicas y posteriormente se permite el asentamiento de estos materiales en condiciones especiales.

Dureza. Los agregados deben tener un cierto grado de dureza para resistir la trituración, degradación, y desintegración. Estos nos interesa, debido a que los agregados estan sujetos a la abrasión producida por el tráfico ademas de los efectos de trituración y abrasión adicionales que se presentan durante la manufactura, transporte, colocación y compactación de la mezcla asfáltica.

La prueba que se utiliza para determinar la dureza de los agregados es conocida como desgaste de los Angeles, la prueba consiste en términos generales en introducir dentro de un cilindro al agregado junto con unas esferas metalicas. Se hace girar el cilindro, que contiene unas mensulas en su parte interior, de tal manera que las esferas y el material chocan entre si, produciéndose la trituración del agregado en caso de no ser duro. Se determina el porcentaje del material triturado. De acuerdo al esquema de la máquina de desgaste, si nosotros tenemos un agregado ligero (tezontle, pomez, etc.) Caeran primero las esferas y posteriormente el agregado lo cual hace que esta prueba no sea muy adecuada para estos materiales.

Resistencia al intemperismo. Es necesario que los agregados sean resistentes al intemperismo es decir que no deban deteriorarse ni desintegrarse bajo la accion del medio ambiente. Los principales agentes del intemperismo son los agentes quimicos y la temperatura. Se puede tener que el agua penetre a un agregado y si posteriormente dicha agua se congela, los cristales de hielo pueden romper a las roca. Si por otro lado alguna solución química penetra en las fisuras de la roca y posteriormente esta se seca, se formaran cristales que pueden romper la roca. La prueba que se ejecuta en el laboratorio para estimar los efectos antes mencionados, consiste en reproducir los mencionados efectos pero en una forma rapida por lo cual se le conoce como prueba de intemperismo acelerado.

Forma de las partículas La forma de las partículas es de vital importancia dado que influye en la tratabilidad de una mezcla asfáltica y en el esfuerzo de comportamiento necesario para obtener el peso especifico requerido. Las partículas angulosas tales como las roca triturada, tienden a trabarse cuando se les compacta y presentan gran resistencia contra los desplazamientos. Con los agregados angulosos y equidimensionales se logra una mejor trabazón que con agregados redondos. Muchas mezclas asfálticas se elaboran con agregados angulosos y redondeados. Las partículas angulosas generalmente estan formadas por el agregado grueso triturado y las partículas redondeadas generalmente corresponden al agregado fino. La resistencia se obtiene de esta manera gracias al agregado grueso, mientras que a la trabajabilidad se debe al agregado fino (arena, arcilla y limos.)

Textura. Al igual que en la forma de las partículas, la textura afecta a la trabajabilidad y a la resistencia de la mezcla asfáltica. En comparación con una textura lisa, una textura rugosa incrementa la resistencia de la mezcla asfáltica pero la hace menos trabajable. Así mismo, los vacíos en el agregado compactado son mayores por lo cual se requiera más asfalto. Sin embargo una textura lisa retiene menos a la película del asfalto.

Actualmente no existen pruebas para juzgar la textura, pero su influencia se puede estimar mediante pruebas de resistencia.

Absorción. La absorción de un agregado está relacionada con su porosidad misma que indica la cantidad de agua que absorbe la muestra cuando se le satura. Siempre es deseable un cierto grado de porosidad, puesto que esto permite que el agregado absorba asfalto formándose de esta manera un cierto anclaje entre el agregado y la película de asfalto.

Por otro lado si la absorción es excesiva se requerirá una cantidad alta de asfalto, por lo cual no es recomendable el uso de los agregados con alta absorción ya que la mezcla puede resultar demasiado costosa y el asfalto puede llorarse es decir que sale a la superficie debido a elevaciones de la temperatura lo cual es indeseable. Pero si nos vemos forzados a utilizar un cierto agregado muy poroso, nos veremos en la necesidad de elegir el producto asfáltico más adecuado o bien de precubrir las partículas. Se puede tener que un agregado sea muy ligero y resistente a la abrasión lo que lo hace útil para su uso en pavimentos aunque su absorción sea alta.

Afinidad con el asfalto. Algunos materiales hidrofílicos, (ávidos de agua) pueden resultar inadecuados para mezclas asfálticas puesto que la película de asfalto tiende a desprenderse debido a la acción del agua. Ejemplos de estos materiales son algunos materiales silíceos como la cuarcita y algunos granitos. No obstante mediante la aplicación de aditivos puede mejorarse la adherencia del asfalto con el agregado. Otro tipo de agregados presentan una gran resistencia al desprendimiento de la película del asfalto bajo la acción del agua. A estos materiales que son los más adecuados para mezclas asfálticas, se les conoce como hidrofóbicos (odian el agua).

Entre estos agregados están las calizas y las dolomitas.

La prueba para estimar la afinidad consiste esencialmente en la comparación de una mezcla asfáltica, con otra mezcla asfáltica a la que se somete a un proceso de agitado en agua. Uno de los materiales más comúnmente utilizados para aumentar la adherencia entre el asfalto y el agregado silíceo es la cal o bien el empleo de aditivos.

Para que los agregados cumplan con los requisitos de calidad en muchas ocasiones se les deberá hacer alguna o algunos de los siguientes tratamientos.

Los materiales procedentes de bancos que van a ser usados en terracerías no suelen sujetarse a ningún tipo de tratamiento especial y se utilizan tal como se obtienen; en esa condición natural deberán cumplir las especificaciones constructivas y de calidad que se

señalen, ya que se considera irrazonable desde el punto de vista económico, el empleo de tratamientos, salvo cosas muy especiales.

En los trabajos de pavimentación, por el contrario, es usual, como ya se mencionó, someter los materiales a diversos tratamientos que los adecuen a sus funciones. los tratamientos mas usuales que se le suelen dar a los materiales son:

1) Eliminación de desperdicios

Se trata, por ejemplo, de eliminar en bancos de suelos un determinado porcentaje de partículas cuyo tamaño máximo sobrepasa el que se haya considerado en el proyecto (frecuentemente en el orden de 7.5 cm). esta eliminación se hace muchas veces a mano.

2) Disgregación

Esta operación se hace generalmente en bancos de suelo duro, de roca muy alterada o en materiales con la consistencia de aglomerados poco cementados. La disgregación se hace muchas veces con arados y cuchillas dispuestas en las máquinas o con rodillos de compactación del tipo pata de cabra o similar.

3) Cribado

Generalmente se utiliza para lograr en un material de naturaleza friccionante una granulometría adecuada o para eliminar porcentajes altos de partículas mayores que el tamaño máximo requerido, que generalmente son desperdiciados; se ha dicho que porcentajes arriba de 10 ó 15 % conviene ya eliminarlos cribando.

Las instalaciones de cribado para eliminación de tamaños grandes suelen ser muy sencillas. Normalmente el material se maneja por gravedad, recogiendo en un camino el material que pasa una criba determinada. Este método tiene peligros de segregación, que conduce a la obtención de materiales no uniformemente mezclados.

Cuando se requiere una buena dosificación de materiales en diversos tamaños ha de recurrirse a plantas de cribado, con cribas vibratorias, dispuestas en dos o tres niveles; el ritmo de vibración suele ser de 1,200 ciclos por minuto. Estas plantas se utilizan generalmente en combinación con equipos de trituración.

En la actualidad se usan cada vez más cribadoras por centrifugación, con cribas cilíndricas concéntricas que giran a la vez, de manera que el material va pudiendo pasar de una a otra recorriendo, según su tamaño, diferente camino desde el centro a la periferia del

sistema. Es obvio que este tipo de plantas garantizan mejor que ninguna otra la obtención de dosificaciones precisas.

4) Trituración

Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca. Es normal realizar la trituración en varios pasos o etapas, según el producto final a que dese llegarse; así se habla de trituradoras primarias, secundarias o terciarias.

La trituración suele realizarse en plantas muy completas que incluyen alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de material y dispositivos trituradores de quijada, de impactos, de rodillos de diferente separación, etc.

Es importante la relación de tamaños de la partícula en las etapas inicial y final del proceso, que define el tipo de equipo que ha de usarse y el costo de la operación. También es importante la forma que adquiera la partícula triturada, pues por ella depende en mucho el comportamiento mecánico posterior. Una forma equidimensional, con aristas vivas es obviamente la más deseable.

Es usual hablar de trituración total o parcial, denotando la intensidad del proceso requerido de un caso dado.

5) Lavado

Se aplica en materiales contaminados por arcilla, materia orgánica o polvos; frecuentemente se usa en conexión con operaciones de trituración y cribado.

El lavado se realiza por diversos sistemas, desde el chiflonaje durante el cribado, hasta el empleo de tanques lavadores, en los que el material es removido con paletas mecánicas, mientras se le somete a riesgos de agua y presión.

Para la exploración de los bancos de material en general se presenta la siguiente tabla, en la que se indica el tipo de material, despalme y limpieza, la preparación, la excavación y la carga y su forma de transporte más recomendado.

Conviene aclarar que estas son recomendaciones generales y en cada caso particular se deberán aplicar estas u otras que sean más prácticas para ese caso.

Lo anterior nos indica que de acuerdo a una selección de los bancos de materiales y la forma de la explotación y tratamiento que se les aplique dependerá en gran parte los costos de construcción del pavimento y el comportamiento estructural del pavimento, situación que influirá en los costos de mantenimiento y de operación.

Razón por la cual se considera que en la elección de los bancos de materiales, así como del tratamiento que se les aplique es sumamente importante dedicar el tiempo suficiente y el personal más calificado para obtener la mayor economía y el mejor comportamiento estructural del pavimento.

Equipo común para explotación de bancos y transporte de materiales

Tipo de material	Detalle y limpieza (si se requiere)	Preparación del banco	Explotación y carga		Transporte	
			Temple máximo (m)	Equipo	Distancia (m)	Equipo
ROCAS						
Roca viva (Superficialmente alterada)	Trazado de riegos con cuchilla frontal, inclinable	Desmenuzación y empuje de acuerdo al tipo de roca y al tamaño máximo por obtener	$0.25 < x < 0.50$	Pala mecánica	Atenas de 150	Volquete o camión
			$0.50 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	De 120 a 2500	Vaguetas o camión
			$0.75 < x < 0.90$	Pala mecánica o cargador frontal	De 2500 a 100,000	Camión o remolque
Roca alterada (Superficialmente muy alterada)	Trazado de riegos o neumáticos con cuchilla frontal inclinable	Desmenuzación y trazoado, excavación y empuje o solo excavación	$0.50 < x < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	Atenas de 150	Volquete o camión
			$0.75 < x < 0.90$	Pala mecánica o cargador frontal	De 120 a 2500	Vaguetas o camión
					Hasta 2,200	Camión o remolque
Roca muy alterada (Surco y fragmentos chicos superficiales)	Trazado de riegos o neumáticos, con cuchilla frontal inclinable o escarpa formada con tractor de orugas	Escarificación y empuje o solo excavación	$0.075 < x < 0.75$	Pala mecánica o Cargador frontal	Atenas de 150	Volquete o camión
					De 150 a 2500	Camión o vagueta
		Escarificación	$x < 0.075$	Escarpa	Atenas de 150	Escarpa formada con tractor de riegos o minicarpa
					De 150 a 2500	Escarpa formada con tractor de riegos o minicarpa

CAPITULO V. CARPETAS ASFALTICAS.

A) CONCRETO ASFALTICO

Se conoce como mezclas en planta, a las mezclas preparadas en una planta central y la mezcla preparadas en una planta central y la mezcla de mas alta calidad obtenida de una planta se le conoce como concreto asfáltico. El cual consiste de un agregado bien graduado y de alta calidad mezclado uniformemente con cemento asfáltico. Para efectuar la dosificación y el mezclado en la planta es necesario precalentar al agregado para sacarlo y al cemento asfáltico para darle la fluidez adecuada, posteriormente y estando aun caliente la mezcla, se transporta, se coloca y se compacta.

Las propiedades que se consideran importantes en las mezclas asfálticas

Son las siguientes:

Estabilidad

Durabilidad

Flexibilidad

Resistencia a la fátiga (envejecimiento)

Resistencia al derrapamiento.

Impermeabilidad

Trabajabilidad.

La estabilidad.

Es la capacidad que tiene un pavimento asfáltico para resistir las deformaciones provocadas por las cargas impuestas. En los pavimentos inestables se forman canalizaciones y corrugaciones. La estabilidad depende tanto de la fricción como de la cohesión de la mezcla.

La fricción interna depende tanto de la forma, textura y granulometría de los agregados como de la densidad de la mezcla y cantidad de asfalto, para cualquier tipo de agregado, se tiene una estabilidad mayor mientras mas densa sea la mezcla de agregados (mejor granulometría). Una cantidad excesiva de asfalto en la mezcla lubrica a las partículas y como consecuencia la fricción interna se ve reducida.

La cohesión es propiedad inherente del asfalto y sirve para mantener en contacto a los agregados. La cohesión varía directamente con la viscosidad, carga aplicada y velocidad de aplicación de la carga, la cohesión se incrementa al incrementar el contenido de asfalto hasta que se logre una cohesión máxima, si a partir de este punto se incrementa el contenido de asfalto, este sirve de lubricante y la cohesión se disminuye.

b) Durabilidad. Es la propiedad que tiene un pavimento asfáltico para resistir la desintegración debida al tráfico e intemperismo, generalmente se mejora la durabilidad cuando contenidos de asfalto altos, granulometrías densas y mezclas impermeables y bien compactadas. Una película gruesa al recibir del agregado, es mas resistente al

b) Durabilidad. Es la propiedad que tiene un pavimento asfáltico para resistir la desintegración debida al trafico e intemperismo, generalmente se mejora la durabilidad utilizando contenidos de asfalto altos, granulometrías densas y mezclas impermeables y bien compactadas. Una película gruesa al rededor del agregado es mas resistente al envejecimiento (endurecimiento y fracturamientos) que una película delgada, se debe agregar la cantidad necesaria de asfalto para proveer las características de liga adecuadas y resistir las fuerzas abrasivas del trafico: una cantidad insuficiente de asfalto provocaria el fácil desprendimiento de las partículas de agregado. La abrasión es mas activa si además del asfalto se encuentra frágil (envejecido). El envejecimiento puede deberse también a un sobre calentamiento del asfalto durante la elaboración de la mezcla. Desde luego que la óptima durabilidad, se tendria si todos los vacios estuvieran llenos de asfalto, sin embargo esto es indeseable desde el punto de vista de la estabilidad, pues al tenerse la mezcla en el pavimento se presentarian las deformaciones bajo cargas estaticas (creep) y las canalizaciones. Por otro lado se presentaria también el llorado (expulsión de asfalto) del pavimento, debido a la recompactación producida por el trafico, y de esta manera el pavimento se volveria resbaloso sobre todo con la presencia de agua.

En consecuencia es necesario que al diseñar una mezcla se equilibren tanto la durabilidad como la estabilidad, tratando de optimizar al máximo.

c) Flexibilidad. Es la capacidad de un pavimento asfáltico para adaptarse a las deformaciones y asentamientos de la base y subrasante sin agrietarse. Lo anterior se logra mediante contenidos altos de asfalto y granulometrías abiertas.

d) Resistencia a la fatiga. Es la capacidad de un pavimento asfáltico para soportar los efectos de cargas repetidas debidas al paso de los vehiculos, mientras mas alto sea el contenido del asfalto, la resistencia a la fatiga será mayor. Así mismo se ha encontrado que la granulometría densa son mas resistentes que las abiertas.

e) Resistencia al derrapamiento: Es la capacidad del pavimento asfáltico de ofrecer resistencia al deslizamiento de las ruedas de los vehiculos, de ofrecer resistencia al deslizamiento de las ruedas de los vehiculos, principalmente cuando se encuentra húmedo.

Los factores que contribuyen para lograr lo anterior son los mismos mencionados para la estabilidad, es decir, contenidos de asfalto adecuado y agregados rugosos aunque también es necesario que estos últimos sean resistentes a la acción abrasiva del trafico (que no se pulan). Impermeabilidad. Es la resistencia que ofrece un pavimento asfáltico al paso del aire y agua a través de él. Es muy importante conocer en una mezcla asfáltica la interconexión probable entre sus vacios. Las mezclas densas y altos contenidos de asfalto favorecen a la impermeabilidad.

f) trabajabilidad. Es el grado de facilidad que presentan las mezclas asfálticas durante su colocación y compactación. Si se cuenta con un diseño cuidadoso y adecuado y si se cuenta además con maquinaria adecuada la trabajabilidad no es un problema: a veces las propiedades en los agregados que promueven la alta estabilidad hacen que las mezclas

elaboradas tengan baja trabajabilidad. Por consiguiente, debido a que los problemas de trabajabilidad se descubren frecuentemente durante la pavimentación, deberán hacerse modificaciones al diseño de la obra, para proseguir con la mayor eficacia.

A continuación se mencionan ciertos criterios publicados originalmente por el Instituto del asfalto y que son de gran utilidad en el proyecto de las mezclas.

I.- ESTABILIDAD SATISFACTORIA.

- a) Contenido de vacíos inferior al 2%
- 1.- reducir el porcentaje de filler o de asfalto o de ambos.
 - 2.- cambiar las proporciones de gruesos y finos para producir un valor mayor de vacíos de los pétreos
- b) contenido de vacíos superior al 5%
- 1.-aumentar el porcentaje de filler o asfalto o ambos. Los pétreos porosos como algunas escorias o basaltos vesiculares requieren del porcentaje de asfalto máximo especificado.
 - 2.-Cambiar los porcentajes del gruesos y finos para obtener un valor inferior de vacíos de los pétreos.

II.- ESTABILIDAD DEMASIADO BAJA

- a) Contenido de vacíos inferior a 2%
- 1.- Aumentar el porcentaje de filler y reducir el porcentaje de asfalto.
 - 2.- Aumentar el porcentaje de los gruesos.
- b) Contenido de vacíos superior al 5%
- 1.- Aumentar el porcentaje de filler.
 - 2.- Cambiar las proporciones de finos y gruesos para obtener un valor menor de vacíos.
- c) Contenido de vacíos entre 2% y 5%
- 1.- Si el porcentaje de asfalto se encuentra cerca del límite superior hay que aumentar el porcentaje de gruesos y reducir el del asfalto.
 - 2.- Si el porcentaje de asfalto se encuentra cerca del límite inferior, es probable que los pétreos resulten inestables por sí solos y pueden ser necesarios buscar material pétreo de otro origen. Si los pétreos gruesos son de piedra triturada, las dificultades provienen usualmente de los finos. Si los gruesos son de grava sin triturar, la baja estabilidad puede deberse a ellos. En cualquier caso antes de rechazar ningún-
- no de los dos, deben prepararse y ensayarse mezclas de prueba, empleando los porcentajes máximo y mínimo de gruesos permitido por las especificaciones.

III ESTABILIDAD DEMASIADO ALTA:

La estabilidad muy alta puede deberse a cualquiera de los factores siguiente o a los tres:

1 - Algunas partículas de los gruesos ocupan posiciones especiales en el molde de la pastilla, esto produce un valor falso que no indica la verdadera estabilidad. Cuando hay motivos para sospechar esta situación, especialmente en las mezclas con bastantes gruesos, hay que colocar de nuevo la muestra en el molde con la cara inferior hacia arriba, y volver a comprimirla después de calentarla unos 95 C. La muestra así preparada se ensaya a continuación por el procedimiento ordinario, en posición inversa como se hizo originalmente; si se encuentra que el valor obtenido en este segundo ensayo es substancialmente inferior al original, representará con mayor precisión el verdadero carácter de la muestra.

2.- Estabilidad propia de los pétreos debida a la fricción interna de las partículas angulosas, especialmente en las partículas mas gruesas. Este tipo de estabilidad es muy deseable y no exige limite superior. Suele comprobarse volviendo a proyectar la mezcla de modo que contenga un minimo de finos y con porcentaje de asfalto ligeramente superior al medio especificado para esa mezcla en particular. La nueva mezcla puede no soltar satisfactoria desde el punto de vista de la densidad, pero si su estabilidad sigue siendo alta, no hay que preocuparse de la estabilidad aparentemente excesiva de la muestra original, que constituye mas bien una ventaja.

3.- Alta estabilidad obtenida a densidad excesivamente alta y porcentaje de vacios muy bajo de los pétreos y compactados. Este tipo d estabilidad alta no es deseable, pues da lugar a carpetas quebradizas en tiempo de frío, con resistencia:Relativamente baja al agrietamiento y de sintegracion.La mezclas de este tipo contienen 2 veces exceso de filler y de asfalto, por consiguiente la corrección adecuada consiste en reducir la densidad de los pétreos compactados, de forma que pueda emplearse el maximo porcentaje de asfalto sin llenar excesivamente los vacios. Esto se consigue empleando menor cantidad de finos y filler.

Para el diseño de la mezcla de concreto asfáltico, se pueden emplear los métodos:

- a.- marshall
- b.- huegm
- c.- hubbar-field

Hablaré un poco sobre el método marshall ya que es el mas empleado en México, tanto para el diseño como para el control de calidad.

El método marshall de diseño consiste de lo siguiente:

- Reparación de los especímenes de prueba
- Determinación de los pesos volumétricos de la mezcla compactada.

Pruebas de estabilidad y flujo ~~de los pesos~~ específicos y porcentajes de vacios.

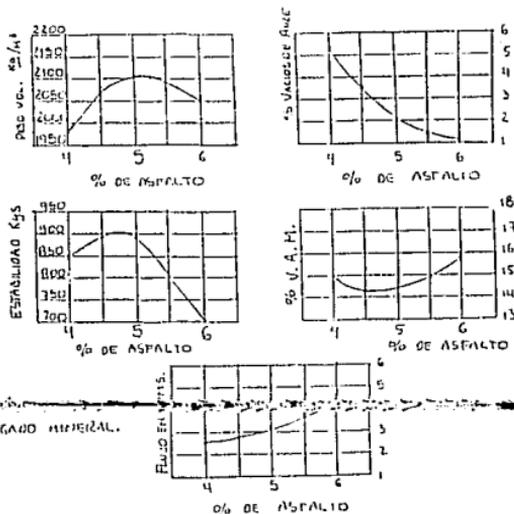
En el método se utilizan especímenes, de mezcla asfáltica en caliente compactados y con una altura de 2 1/2 pulgadas y 4 pulgadas de diámetro. Estos especímenes se elaboran por triplicado y a cinco diferentes contenidos de asfalto de tal manera que el número total de especímenes es de quince. Es práctica en la S.C.T. calcular mediante métodos empíricos el contenido mínimo de cemento asfáltico y posteriormente utilizar los siguientes contenidos:

CONTENIDO	CALCULO - 1%
CONTENIDO	CALCULO
CONTENIDO	CALCULADO + 0.5%
	+ 1.0%
CONTENIDO CALCULADO	+ 1.5%
	+ 2.0%

Los especímenes se preparan utilizando un procedimiento estandarizado. Una vez compactados los especímenes se determinan sus pesos en aire y sumergidos en agua si como sus medidas con el objeto de determinar sus pesos volumétricos y efectuar algunos calculos. Una vez obtenidos los datos anteriores de los especímenes se calientan a 60 C para efectuar la prueba de estabilidad y flujo. El espécimen caliente se coloca entre las dos mordazas de la maquina marshall.

Una vez hechos los ajustes necesarios iniciales, se aplica carga al espécimen a una velocidad de 2 pulgadas por minuto. La máxima carga registrada durante la prueba, es lo que se conoce como estabilidad marshall y la cantidad de movimientos o deformación que ocurra entre la carga nula y la máxima es lo que se designa como flujo.

El tiempo que transcurra desde la extracción del espécimen hasta la obtención de los valores de flujo y estabilidad debe tener una duración no mayor de 30 segundos.



Para determinar el contenido óptimo de asfalto debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Estabilidad óptima o adecuada

Máximo peso volumétrico

Respetar las especificaciones en cuanto a porcentajes de vacíos.

Empleando el criterio ya que puede ser que tengamos que sacrificar algunas de las especificaciones, dentro de los ciertos límites, o bien modificar la granulometría para tratar de obtener mejores resultados.

Supongamos que los resultados anteriores corresponden a una mezcla que se pretende utilizar para pavimentos de aeropistas las especificaciones S.C.T. fijan:

MÉTODO DE HCEEM.

El método de hueen para el diseño de mezclas asfálticas es un procedimiento de laboratorio basado en 2 propiedades del espécimen compactado como son la cohesión y la fricción.

Construcción de pavimentos de concreto asfáltico.

A) TIPOS DE PLANTAS.

Existen dos tipos de planta para producción de mezcla en caliente. Uno de ellos se suele llamar tipo discontinuo. En este tipo de plantas, el material pétreo procedente de las tolvas de alimentación en frío, se hace pasar por un secador para eliminarle la humedad. El material caliente se transporta por medio de un elevador de cangilones y se hace pasar por una cribas que lo separan en diferentes tamaños y lo depositan en tolvas donde por medio de básculas se pesan las cantidades de cada uno de los tamaños determinadas previamente para obtener la curva granulométrica de proyecto, luego se deja caer en el mezclador, donde se le incorpora la cantidad de asfalto requerida, la que también se controla mediante una báscula. En el mezclador se efectúa el proceso de mezclado de los dos productos (pétreos y asfalto), cuando se tiene terminado el proceso de mezclado, mediante un mecanismo hidráulica se abre la compuerta y se deposita en el vehículo de transporte, y se vuelve a repetir el ciclo. La capacidad del recipiente mezclador en la mayoría de estas plantas suele variar de 1,000 A 3,000 kgs. el otro tipo de plantas, el material procedente de las tolvas de alimentación, se hace pasar por el secador y de ahí por medio de un transportador se deposita en el mezclador, donde se le incorpora la cantidad de asfalto requerido y se termina el proceso de elaboración, de la mezcla asfáltica en caliente. Del mezclador pasa a un silo de almacenamiento de donde es depositada en camiones volteo para ser transportada a la obra. En la actualidad la mayoría de las plantas de producción continua están equipadas con un sistema de computación, lo cual permite regular la producción en toneladas por hora conforme al contenido de humedad del material pétreo. En esta planta el asfalto también fluye

continuamente y se regula con una bomba conectada al mecanismo de dosificación, del tal forma que se mantiene una relación constante entre la cantidad total de pétreos y del asfalto, independientemente de la velocidad de producción. Al no depender del factor humano, por lo general, en este tipo de plantas la producción de mezclas es mas homogénea y las variaciones que se tienen en las temperaturas, granulometría y contenido de asfalto, son mínimas.

PRODUCCION DEL CONCRETO ASFALTICO.

Después de conocer el diseño de una mezcla, los principales pasos para iniciar una producción son:

- 1.- ajuste de la de las tolvas de alimentación de petreos en frio, de tal manera que pasen al secador en las proporciones necesarias.
- 2.- Determinación de la cantidad de materiales pétreo que debe pasar al mezclador desde cada una de las tolvas en caliente y de la cantidad de asfalto.

AJUSTE DE LAS COMPUERTAS DE PETREOS EN FRIO.-Ç

Determinar la abertura de las compuertas de los alimentadores por tanteos. Cuando todos los alimentadores son idénticos puede obtenerse una aproximación bastante aceptables fijando las compuertas de tal forma que las áreas correspondientes a los diferentes materiales sean proporcionales a los porcentajes que deben suministrarse.

Cuando se utilizan transportadores de banda es fácil calibrar los alienadores. Para ello solo es necesario ajustar la compuerta con la abertura que se espera suministre la cantidad correcta de material. Se cierran las demás tolvas y se pone a funcionar la planta. Cuando ha transcurrido un minuto aproximadamente, se separa y pesa el material contenido en la banda transportadora en una longitud del orden de 3 m. y se convierte el peso en kilogramos por metro de banda. Este multiplicado por la velocidad de la banda en metros por minuto, determina los kilogramos por minuto suministrados por esa tolva con la abertura de terminada de la compuerta. Estos resultados se convierten a toneladas por hora y por centímetro de abertura de la compuerta y por proporción se calcula la abertura exacta en centímetros que debe tener la compuerta para que suministre la cantidad deseada del material en toneladas por hora.

Una vez hecho el ajuste inicial de los alimentadores en frio, se pone en marcha la planta y se hace funcionar aproximadamente durante un minuto, después de que los materiales han empezado a caer en las tolvas de los pétreos en caliente. Se vacían las tolvas y se deja funcionando la planta unos minutos mas, hasta volverla a llenar hasta su mitad, por lo menos. Entonces ya pueden tomarse muestras en las tolvas de los pétreos en caliente para el análisis granulométrico.

ANALISIS GRANULOMETRICO.- Planta discontinuas.- Antes de tomar muestras de las tolvas deben verterse aproximadamente 500 kilogramos de cada una de ellas. Entonces se suelta la palanca de una de las tolvas y se toma una muestra de 20 kg.

cuando menos, del material que cae. Se repite esta operación con las demás tolvas. Algunas plantas discontinuas tiene charolas especiales para tomar muestras; en otras se necesita que un hombre se deslice dentro de las tolvas para poder tomar las muestras.

PLANTAS CONTINUAS.- Las plantas continuas tienen dispositivos muy como dos para tomar muestras de materiales tal como sale de las tolvas. Todas las muestras de las tolvas en caliente se obtienen simultáneamente accionando una palanca, debe dejarse la planta funcionando durante varias vueltas antes de tomar las muestras.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.- Cada muestra debe cuartearse o dividirse cuidadosamente hasta obtener la cantidad de material adecuada para estudios de laboratorio. Como regla general la muestra procedente de la tolva de finos debe ser de 500 gramos, la muestra de la tolva de un tamaño aproximado de 1/4 de pulgada 1000 gramos y la de la tolva de pétreos de mayor tamaño de 2000 gramo. Después de tomar las muestras, se realizan los análisis granulométricos de cada una de ellas y con los resultados obtenidos se calcula el porcentaje en que debe intervenir cada uno de los materiales para poder obtener la curva granulométrica de proyecto.

Después de tomar varias muestras y que se tienen la certeza de que se conserva la curva granulométrica de proyecto, se puede proceder a la elaboración de la mezcla. Durante el proceso de producción se toman muestras para verificar la calidad de la mezcla y cuando se observa que existen discrepancias de consideración se debe proceder a hacer una nueva calibración de la planta.

Mantenimiento de la mezcla dentro de los límites de la fórmula de dosificación en planta. -Lo más frecuente es que al iniciar el funcionamiento de una planta, la granulometría de la mezcla tenga un aspecto distinto al obtenido en las mezclas prueba. Esto exige pequeños cambios en los pesos a dosificar de cada tolva en las plantas discontinuas, o en las aberturas de estas cuando se trata de plantas continuas. Estos cambios deben hacerse con cuidado y por incrementos pequeños. Antes de cada cambio se necesita estar seguro de que se hace en la dirección correcta. En general, no es aconsejable hacer cambios basándose en un solo análisis, es mejor tener cuando menos dos análisis para asegurarse de que la variación no se basa en una muestra no representativa.

TOMA CUIDADOSA DE MUESTRAS.-

Es muy importante tener mucho cuidado en la toma de muestras, especialmente para mezclas con materiales pétreos con tamaños máximos de 3/4 de pulgada o más. Un fragmento adicional de piedra de 1 pulgada puede hacer que el resultado de un análisis caiga fuera de los límites de la fórmula de dosificación en planta por exceso de pétreos gruesos; o inversamente la falta de uno de estos fragmentos puede ocasionar que el análisis indique que los pétreos se salen de la fórmula de dosificación en planta por la falta de pétreos gruesos.

AJUSTE DE LAS TOLVAS DE PÉTREOS GRANDES

Por lo general no es posible obtener la abertura exacta de las tolvas de alimentación en frío, en la prueba inicial. Para corregir esto, se hacen pequeños ajustes en forma gradual

en las tolvas de alimentación en frío, hasta que se lo gran un buen funcionamiento de la planta.

Es de suma importancia el estricto control de la alimentación en frío de cada uno de los materiales pétreos. La alimentación de pétreos fríos al secador debe regularse de tal forma que la alimentación de cada tipo de material sea uniforme y lo más próxima posible a la cantidad exacta que se necesita para mantener las tolvas de pétreos en caliente bien llenas, pero sin rebosar. La irregularidad en el suministro de los materiales fríos es perjudicial de dos maneras distintas para el buen funcionamiento de la planta. Si se sobrecargan las mallas de clasificación de pétreos en caliente con exceso de material de uno de los tamaños, disminuye el rendimiento de cribado y se produce generalmente un exceso de arrastre de unos pétreos por otros. Por el contrario, el exceso o escasez de uno de los materiales fríos puede originar que una de las tolvas de pétreos en caliente robe o se vacíe una tolva rebosante significa pérdida de calor, y vacía, disminuye la producción de la planta. En ambos casos los gastos de funcionamiento de la planta aumentan.

MANEJO DE PETREOS HUMEDOS.-

Cuando hay que secar materiales pétreos húmedos, es necesario asegurarse de que se secan perfectamente. Silos materiales pétreos de un almacén se saturan a consecuencia de las lluvias, gran parte de la humedad superficial puede eliminarse removiendo las capas superiores y utilizando la parte que se ha ventilado en mayor proporción. Siempre que se pueda deben utilizarse materiales pétreos lo más seco posible, ya que con esto aumenta el rendimiento de la planta y por el contrario cuando se utilizan húmedos o saturados, disminuye.

CALENTAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DEL ASFALTO.

El calentamiento de los materiales asfálticos se realiza empleando vapor o aceite caliente, o haciendo circular el asfalto a través de una unidad de calentamiento.

El método más antiguo y que ya casi no se usa es el empleo de vapor. El vapor se hace circular a través de unos tubos o serpentines situados cerca del fondo de los tanques de almacenamiento. Los serpentines interiores no deben tener fugas, ya que de lo contrario el vapor que se escapa por las fugas, se condensa, dando lugar a la formación de espuma.

El método más moderno para calentar el asfalto es el calentador de aceite caliente controlado termostáticamente, en el que se hace pasar el aceite caliente a través de un sistema de tubos o serpentines colocados puede mantener el asfalto a temperatura uniforme con un gasto de combustible muy reducido.

En los calentadores por circulación se obliga al asfalto, por medio de una bomba, a pasar a través de una serie de tubos situados en el interior de la unidad de calentamiento, devolviéndolo a continuación al tanque de almacenamiento. La temperatura del asfalto se eleva mientras pasa a través de los serpentines interiores del calentador.

Para reducir al mínimo las pérdidas de temperatura del asfalto durante las paradas nocturnas o fines de semana, se acostumbra aislar los tanques de almacenamiento no subterráneos. Las instalaciones subterráneas resuelven la pérdida de calor en las plantas.

CONTROL DE TEMPERATURA.- Prácticamente todas las especificaciones tienen un límite superior de temperatura de 150 C aunque la mezcla no sufre ningún daño si se rebasa esta temperatura en cierta medida (5 o 10), no suele ser necesario producir mezclas a temperaturas superiores a 135 c se puede hacer una excepción cuando se esta colocando en tiempo frío una mezcla muy estable, lo que hace necesario mas temperatura para tener una manejabilidad suficiente de la mezcla. En estos casos debe mantenerse la temperatura lo mas próxima posible al límite superior de las especificaciones, pero sin superarlo.

Generalmente es necesario elevar la temperatura de los pétreos 5o10C por encima de la temperatura deseada en la mezcla terminada. La temperatura de los pétreos se controla por medio de un picotero que se encuentra instalado a la salida del secador.

El asfalto no debe calentarse por arriba de los límites marcados en las especificaciones. La temperatura del asfalto se determina mediante un termómetro instalado en la tubería de circulación.

COLOCACION EN OBRA DEL CONCRETO ASFALTICO.

La mezcla elaborada es transportada a la obra en camiones volteo, los cuales la depositan en la tolva de la extendidora para ser tendida en capa uniforme y de espesor consta. Algunas extendidoras dan a la capa de concreto asfáltico una compactación adicional por medio de vibración. Después de tendida la capa de mezcla se procede a compactar la en dos fases:) Compactación primaria y 2) compactación final.

En la primera fase se compacta la capa, dándole prácticamente toda la densidad que puede admitir, mientras que la compactación final o terminadora suprime las irregularidades dejadas por la compactación primaria y aumenta un poco mas la densidad de la mezcla. Debe observarse que una planadora es un equipo para obtener compactación y densidad del pavimento, pero de ninguna manera sirve para eliminar las irregularidades de la superficie. Por esta razón es importante que el material se coloque previamente sobre el camino en cantidad uniforme. Si no se hace así, al proceder a la compactación aparecen irregularidades.

En la construcción de una carpeta asfáltica, deben cuidarse tres aspectos principales:

1.- Obtener una buena superficie de rodamiento, libre de ondulaciones e irregularidades. La superficie de rodamientos de un concreto asfáltico colocado en obra en forma adecuada, es prácticamente perfecta..

2.- Conseguir un pavimento con una compactación adecuada ~~esto es en el que el~~ porcentaje de vacíos en la mezcla se ha reducido a una cantidad no mayor que la obtenida en el laboratorio.

3.- Obtener un pavimento de buen aspecto, sin estrias en las juntas longitudinales y transversales ni zona donde se haya producido una segregación que haga aparecer en la superficie las partículas mas gruesas del material pétreo.

OBTENCION DE UNA BUENA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.-Para lograr una buena superficie de rodamiento es importante que la superficie sobre la que se tienda la capa de concreto asfáltico sea uniforme y no tenga irregularidades, las extendedoras que se tienen actualmente, eliminan eficientemente las irregularidades de corta longitud, (3 0 m 0 menos).

La mayoría de las especificaciones aceptan una deformación máxima de 5 mm medida bajo una regla de 3 m. de longitud.

COMPACTACION.- Con una mezcla bien proyectada y un apisonado adecuado se obtiene fácilmente una compactación satisfactoria. Se comienza por dar dos o tres pasadas con aplanadora metálica, tan pronto como esta pueda avanzar sobre la mezcla sin desplazarla. A continuación se procede a la compactación final que continua hasta que desaparecen las huellas de los rodillos.

Para la compactación primaria y de acabado se utilizan equipos metálicos. La compactación con equipo metálico suele producir grietas. Esto puede deberse a que la mezcla se haya enfriado excesivamente o a una alta velocidad del equipo de compactación con giros demasiado rápidos, a mal entre diversas capas y a pobreza de la mezcla (falta de asfalto.)

Para la corrección de estas grietas es recomendable utilizar además del equipo metálico, un compactador neumático. Con el empleo de este equipo, además de desaparecer las grietas, se producen densidades muy elevadas, principalmente en la capa superior del pavimento, de unos 2 cm. de espesor aproximadamente y una acción de sellado imposible de obtener con el equipo metálico. Esto es muy beneficioso, pues evita la entrada de solventes en la capa del pavimento y consecuentemente su desintegración.

No es posible dar reglas fijas para determinar el número de pasadas que se necesitan con cada equipo de compactación. Del mismo modo no se puede fijar una temperatura de la mezcla para iniciar la compactación. Algunas mezclas muy estables se pueden compactar a 120C o mas, pero por el contrario las mezclas muy finas y poco estables no permiten que se inicie la compactación hasta que la temperatura de la mezcla ha descendido a 90C o menos. En la practicas las operaciones de compactacion se regulan por tanteos.

Se ha comprobado que los compactadores neumáticos con pesos comprendido entre 12 y 18 ton. y una presión de inflado 70 libras por pulgada cuadrada, empleados conjuntamente con los compactadores metálicos, producen en las mezcla sasfálticas en caliente, densidades superiores que las que se pueden obtener cuando únicamente se utilizan

RIEGO DE LIGA(CAPA DE ADHERENCIA)-* La aplicación de un riego de liga es esencial en las operaciones de construcción de una carpeta sobre superficies existentes y también es recomendable entre cada dos capas sucesivas de una nueva construcción.La dosificación nunca debe ser superior a 0.5 lt/M2 y puede emplearse un asfalto rebajado de fraguado rápido fr-3 o una emulsión diluida. per ningún motivo debe tenderse una capa de concreto asfáltico sobre una superficie llena de polvo.

Loas riegos de liga mas bien son perjudiciales cuando se emplean con dosificación excesiva.EL exceso del riego de liga es absorbido por la nueva capa provocando un exceso en el contenido de asfalto con perdida de estabilidad y en ocasiones corrimientos.

CONTROL DE LAS CANTIDADES.- Al iniciar el tendido de una carpeta, el espesor necesario de material sin compactar requerido para obtener el espesor compacto deseado, se determina por tanteos Despues de obtener muestras para determinar la densidad, puede controlarse correctamente el espesor medio del material compactado, regulando el peso del material tendido por metro cuadrado. Frecuentemente suelen comprobarse los kilogramos de material tendido por metro cuadrado pesando los camiones y verificando la superficie cubierta.Unas cuantas verificaciones de este tipo, seguidas de la adecuada corrección en el espesor de la capa tendida sin compactar, permite a los operadores de la extendedora controlar el espesor requerido para obtener el espesor proyectado.

RECOMENDACIONES SOBRE EL TENDIDO DE CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO.

1- Antes de iniciar cualquier trabajo de tendido de carpeta, la base debe estar debidamente preparada e impregnada.

2- Salvo orden en contrario, en toda la superficie que se va a cubrir con una carpeta, se debe aplicar un riego de liga con petrolizadora, utilizando asfalto rebajado de fraguadora pido del tipo fr-3 o emulsión asfáltica de rompimiento rapido.Este riego se debe aplicar antes de iniciar entre ambas operaciones en tiempo necesario para que el producto asfáltico aplicado adquiera la viscosidad adecuada.

3- Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada debe barrerse para dejarla libre de materias extrañas y polvo; ademas no debe existir material asfáltico encharcado.

4- El concreto asfáltico se debe transportar en vehiculos con caja metálica, cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el transporte. La parte interior de las cajas de los vehículos deben estar limpias y libres de residuos de concreto asfáltico u otros materiales, para evitar que la mezcla se adhiera a la misma.

compactadores metálicos. Estas densidades máximas se obtuvieron compactando el pavimento a temperaturas comprendidas entre 65 y 120°C

OBTENCION DE UN ACABADO AGREDABLE.- Prácticamente todos los concretos asfálticos que se colocan en obra por este procedimiento, incluyen material pétreo con tamaño superior a 1/4, lo que provoca que cuando son rastrillados, las partículas mayores quedan por encima, produciendo una superficie de aspecto desagradable. Por este motivo no se recomienda emplear el rastrillado, solo cuando es indispensable. En tal caso, para mejorar el aspecto de la zona rastrillada se recomienda separar el material grueso y eliminarlo.

Las estrias que aparecen en las juntas longitudinales se deben a un descuido en el trabajo. Se producen cuando una de las franjas se tiende con espesor excesivo, lo que da como resultado una irregularidad después de la compactación. Estas estrias se pueden eliminar con un rastrillado cuando la mezcla está aun caliente. La insuficiencia de material en una de las franjas, produce surco en las juntas longitudinales. Pueden evitarse haciendo que la regla de la extendidora traslape unos 7 cm. sobre la franja tendida anteriormente, asegurando de este modo que la capa nueva se mantiene en contacto con la antigua. Usualmente estos surcos solo aparecen cuando el pavimento es sometido a la acción del tránsito.

Cuando es posible emplear dos extendedoras, prácticamente se eliminan todos los defectos que aparecen en las juntas longitudinales mediante la construcción de juntas en caliente, es decir haciendo funcionar una extendidora ligeramente atrás de la otra, de tal forma que permitan compactar las dos franjas cuando aun está caliente la mezcla.

Otro método empleado consiste en tender una de las franjas y compactarla, tendiendo a continuación otra franja contra ella cuando se emplea este procedimiento, la franja tendida en segundo lugar, debe tener un espesor ligeramente mayor que el de la primera franja compacta, tomando en consideración la reducción de espesor por efecto de la compactación, la regla de la extendidora debe traslapar siempre unos 7 cm. Sobre la franja anteriormente compacta. El exceso de material del traslape sobre la capa compactada se debe retirar por medio de rastrillado antes de iniciar la compactación.

También se debe tener especial cuidado en las juntas transversales, evitando las depresiones o surcos lo cual solo es reflejo de un descuido en la ejecución de los trabajos de pavimentación.

OTRAS OPERACIONES.

SITUACION DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES - Cuando el espesor total del pavimento se obtiene mediante la construcción de varias capas, se debe cuidar que las juntas longitudinales no caigan nunca directamente unas encima de las otras. La mayoría de las especificaciones establecen un desplazamiento de 15 cm. por lo menos. Para asegurar este desplazamiento se recomienda que antes de iniciar el tendido se decida cual debe ser el ancho de cada franja de acuerdo con el ancho total de la superficie de rodamiento.

5- el concreto asfáltico se debe tender a una temperatura mínima de ciento diez grados centigrados (110C).

CAP. VI

CARPETAS ASFÁLTICAS DE MEZCLAS EN FRÍO

La mezcla asfáltica elaborada y colocada en frío, es de calidad inferior a la elaborada y colocada en caliente, y debe usarse para reparaciones o en obras de poco volumen de tránsito en donde no se justifica el movimiento de una planta de mezcla en caliente.

La mezcla asfáltica en frío es una combinación de materiales pétreos y productos asfálticos de materiales pétreos y productos asfálticos líquidos asfaltos rebajados o emulsiones que se mezclan y colocan a la temperatura ambiente .

La elaboración y colocación en obras de las mezclas en frío debe limitarse generalmente a los meses cálidos. En términos generales, las mezclas en frío se elaboran en tres formas diferentes plantas fijas, plantas móviles o mezclado sobre el camino o plataforma mediante el empleo de motoconformadora. En cada uno de estos tipos de mezcla, el producto asfáltico se calienta a una temperatura tal que adquiera la viscosidad necesaria para un mezclado homogéneo y en seguida se pulveriza sobre el material pétreo.

En la elaboración de mezclas asfálticas en frío normalmente se emplea asfalto rebajado de fraguado rápido, generalmente del tipo fr-3 o emulsión asfáltica de rompimiento medio, aunque en algunas ocasiones, sobre todo en climas fríos y cuando se usan materiales finos se han empleado con resultados satisfactorios los asfaltos rebajados de fraguado medio del tipo fm-1

MEZCLAS EN PLANTA FIJA.- Estas mezclas se asemejan en muchos aspectos a la elaboradas en planta en caliente, salvo en el empleo de asfalto rebajados cuya viscosidad es inferior y de emulsiones asfálticas, y en que se mezclan a la temperatura ambiente. Las mezclas de este tipo pueden utilizarse de inmediato o almacenarse para uso futuro. El tipo y grado del producto asfáltico mas adecuado lo determina la granulometría del material pétreo y el uso a que se destinará la mezcla.

Las mezclas para carpetas densas que contienen del 35% al 45% de material que pasa la malla No. 10, elaboradas para utilización inmediata pueden fabricarse utilizando asfaltos

rebajados de fraguado rápido o emulsiones asfálticas de rompimiento medio. Solamente se requiere secar el material pétreo si en la elaboración de la mezcla se emplea asfalto rebajado, cuando el material se encuentra saturado o tienen alguna humedad superficial. Las mezclas con emulsiones asfálticas se pueden fabricar con material pétreo húmedo; de hecho se necesita añadir agua, especialmente cuando el material tienen un alto porcentaje de partículas que pasan por la malla No. 10.

Las mezclas elaboradas con asfaltos rebajados deben ventilarse perfectamente antes de ser tendidas y compactadas con el objeto de eliminar la mayor parte de los solventes volátiles que contienen el producto asfáltico utilizado como ligante. La ventilación de la mezcla se suele realizar removiéndola sobre el camino por medio de una motoconformadora hasta que se han evaporado gran porcentaje de los solvente. La evaporación de los solventes se observa por la disminución en la manejabilidad de la mezcla durante su manipulación. Cuando se han evaporado en cantidad suficiente, estas mezclas aparentan ser muy difíciles de manejar, pero aun conservan la docilidad necesaria para ser tendidas fácilmente con motoconformadora.

Las mezclas en planta en frío elaboradas con emulsión asfáltica de rompimiento medio, se tienden y compactan sin necesidad de ventilación. Las temperaturas atmosféricas elevadas y el ambiente seco provocan que las mezclas en frío con emulsión asfáltica fragüen rápidamente, las condiciones atmosféricas contrarias retardan el tiempo de fraguado.

La cantidad de material que pasa la malla No. 10 de una mezcla en frío, influye considerablemente en su manejabilidad; por eso, las mezclas en frío con asfalto rebajados que van a ser almacenadas para uso futuro, deben contener normalmente del 5% al 10% menos de material que pasa por la malla No. 10 que las mezclas elaboradas para utilizarse inmediatamente.

El asfalto rebajado de fraguado medio empleado en la elaboración de mezclas que van a ser almacenadas, le proporciona la manejabilidad necesaria.

MEZCLAS EN PLANTA MOVIL.-Es un equipo con tracción propia que recibe el material pétreo de un camellón y lo hace pasar por un mezclador de tipo continuo en donde el producto asfáltico se incorpora en cantidades previamente determinadas. Para un control adecuado de la cantidad de producto asfáltico que se requiere añadir a la mezcla, es recomendable que el material pétreo este correctamente distribuido en un camellón de sección uniforme, de forma que pueda relacionarse al velocidad de la bomba de asfalto con la velocidad de la máquina y la sección del camellón. En este tipo de plantas, para conservar una producción de mezcla homogénea, se necesita que el material o mezcla de materiales

pétreos en el camellón se encuentre correctamente revuelto, homogéneo y con un contenido de humedad no mayor de lo permisible.

LAS MEZCLAS ELABORADAS EN EL LUGAR. En la elaboración de estas mezclas se utiliza como equipo básico la motoconformadora y la revoltura se puede hacer sobre el camino o en plataforma. Siempre que sea posible se recomienda elaborar las mezclas en plataformas ya que con este procedimiento se reducen considerablemente las molestias a los usuarios del camino y se evitan accidentes.

La elaboración de mezclas afálticas con el empleo de motoconformadora, constituye uno de los procedimientos más antiguos de construcción de carpetas afálticas de mezclas en frío. Las técnicas constructivas son muy sencillas y solo emplean los elementos más comunes de maquinaria de construcción. Para su ejecución primeramente se deposita el material o materiales pétreos en las cantidades determinadas previamente, en camas de sección uniforme; luego mediante la motoconformadora se mezclan y secan correctamente si es necesario; terminada esta operación se acamellona uniformemente para poder determinar el volumen de material pétreo y con esto calcular la cantidad de producto asfáltico que hay que incorporar, lo cual se hace por medio de una petrolizadora, teniendo cuidado de mantener una velocidad constante para obtener una mezcla. La incorporación del producto asfáltico se hace en varias aplicaciones y desde la primera se empieza a revolver la mezcla con la motoconformadora.

CONSIDERACIONES GENERALES. - Las mezcla en frío elaboradas con asfaltos rebajados requieren una ventilación apropiada antes de la compactación. Un contenido insignificante de humedad en la mayoría de los pétreos, constituye una ayuda para la mezcla, aunque a veces resulta perjudicial, si esta se compacta con más del 2% de humedad, por ello es necesario que se remuevan después de hechas, con el propósito de eliminar por evaporación, la mayor parte del contenido de solventes y de humedad. El tendido y compactación de la mezcla no debe hacerse, hasta que el contenido de solventes se haya reducido a menos del 25% de la cifra original. El contenido de humedad no debe ser superior al 2%.

El tendido de la mezcla en frío, se puede hacer con el empleo de extendedora o motoconformadora. Es aconsejable que siempre que se pueda se tienda con extendedora, ya que por una parte se obtiene un mejor acabado de la obra y si el camino se encuentra en servicio se reducen considerablemente las molestias a los usuarios y los accidentes. El procedimiento y equipo utilizado en la compactación de las carpetas de mezclas en frío son los mismos que se mencionan en las carpetas de mezcla caliente.

CAPITULO VII

EMPLEO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS LIQUIDOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS

EMPLEO DE LOS PRODUCTOS ASFALTICOS EN LA CONSTRUCCION DE BASES Y PAVIMENTOS ASFALTICOS.

ESTABILIZACIONES DE SUELOS CON ASFALTO.- Los principios basicos de estabilización de suelos con asfalto, aplicados a la construcción de carreteras y pistas de aeropuertos, son métodos de proyectado y mezclado de suelos o materiales pétreos con productos asfálticos para formar una capa de base estable e impermeable. Las capas de base construidas correctamente con suelo estabilizado con asfalto que rodea las partículas del suelo le proporciona un alto grado de impermeabilidad y también contribuye a aumentar la resistencia a la deformación.

En muchas zonas donde no existen materiales para la construcción de bases flexibles, o donde habría que acarrearlos a grandes distancias, pueden mezclarse los suelos existentes con materiales asfálticos para formar capas de base satisfactorias a un costo mas reducido.

La estabilización de suelos con asfalto permite además obtener resultados satisfactorios con materiales para construcción de bases flexibles de inferior calidad.

En cualquier estabilización de suelos con asfalto, como requisito previo para el proyecto y construcción se requiere un estudio de laboratorio de los suelos que se proponen utilizar.

En el estudio de laboratorio se hacen los ensayos para determinar la calidad de los suelos y el tipo, grado y cantidad de producto asfáltico necesario par obtener una mezcla bien equilibrada.

Normalmente un análisis de los suelos, en donde se determine el tamaño de las partículas y su contenido de limo y arcilla, indica si el suelo resulta o no adecuado para la estabilización. Normalmente se rechazan los suelos que tienen un contenido combinado de limo y arcilla superior al 45% la pulverización de los suelos es un factor muy importante en su estabilización con asfalto; por ello la efectividad del equipo de pulverización de que se disponga tiene cierta influencia sobre el porcentaje máximo admisible de limo y arcilla.

Cuanto mas alto es el contenido de limo y arcilla de un suelo, mas difícil se hace la pulverización.

El siguiente paso en el estudio de laboratorio es seleccionar el tipo, grado y cantidad de producto asfáltico que ha de mezclarse con el suelo, las características de este determinan el tipo de producto asfáltico que ha de usarse para obtener los resultados mas satisfactorios.

Los asfaltos rebajados de fraguado rápido y las emulsiones asfálticas dan muy buenos resultados cuando se mezclan con suelo extremadamente arenosos o que contienen un mínimo de limo y arcilla. En esta clasificación están incluidos los suelos con un índice de plasticidad carecen de cohesión y dependen del poder ligante del producto asfáltico para la obtención de estabilidad.

Los asfaltos rebajados de fraguado medio con un solvente del tipo queroseno producen de ordinario una masa mas homogénea cuando se mezclan con suelos cuya plasticidad varía entre 5 y 10 cuando aumenta la plasticidad de un suelo, aumenta también la cohesión; por consiguiente la estabilidad de una mezcla de este tipo de suelo depende a la vez del poder ligante del producto asfáltico y de la cohesión de las partículas de arcilla que forman parte del suelo. Las emulsiones asfálticas también resultan satisfactorias con determinados suelos, cuyo índice de plasticidad esta comprendido entre los valores citados.

Los asfaltos rebajados de fraguado lento cuyo solvente es un aceite o residuo pesado de la destilación, impregnan los suelos arcillosos mejor que los otros tipos de producto asfáltico; por esto se comportan mas satisfactoriamente cuando se mezclan con suelos con índice de plasticidad superior a 10, o cuyo contenido de limo y arcilla exceda de 30% esto suelos de mayor poder cohesivo, tienen características ligantes propias de gran importancia y dependen menos del poder ligante del producto asfáltico.

En el caso de que el suelo estudiado se halle en el límite de dos cualesquiera de las clasificaciones anterior, el estudio preliminar de laboratorio debe extenderse a dos tipos distintos de material asfáltico.

Para determinar el grado y cantidad de material asfáltico mas adecuado para un suelo determinado, se ensaya en laboratorio la estabilidad y absorción de humedad de cierto número de mezclas. Estas mezclas deben prepararse haciendo variar ampliamente el contenido de asfalto, mediante incremento del 0.5% en general el contenido óptimo de asfalto se determina preparando muestras con contenidos de asfalto que varían del 3.5% al 7.0%.

Para producir tanto en el laboratorio como en el campo, una masa homogénea con un esfuerzo mínimo de mezclado, el suelo debe tener cierta cantidad de humedad cuando se utilizan asfaltos rebajados y el 10% o mas cuando se emplean emulsiones asfálticas. Esto se debe a que la humedad actúa como agente portador del asfalto y también como lubricante que facilita el mezclado.

Una vez que las mezclas de laboratorio han sido moldeadas y curadas se determina su estabilidad en seco y saturadas, así como su absorción, representándose los valores obtenidos en una gráfica.

Para el ensaye de estabilidad pueden emplearse los mismos métodos utilizados para mezcla asfáltica en caliente, tales como el hubbard field, hveen, triaxial y marshall.

Los ensayes de absorción de humedad se realizan colocando las probetas en una cubeta capilar durante siete días o sumergiéndola completamente durante veinticuatro horas.

Las mezclas con alto contenido de asfalto son muy poco absorbentes, pero frecuentemente tienen estabilidades muy bajas pero por el contrario, las mezclas con bajo contenido de asfaltos dan estabilidades muy altas y resultan muy susceptibles a la absorción de humedad. Mediante las pruebas de laboratorio se debe seleccionar una mezcla bien proporcionada, en la que la absorción de humedad no exceda el máximo permitido y cuya estabilidad no sea menor de la requerida.

En el mezclado de los suelos estabilizados con asfalto, se emplean una amplia gama de tipos de maquinaria, generalmente se utilizan los mismos que se emplean en la elaboración de mezclas en frío para carpetas, como son mezcladoras móviles, motoconformadoras, etc.

Después de terminadas las operaciones de mezclado, los pasos siguientes en la construcción de una bases de suelo estabilizado son : ventilación y computación. Si se compactan mezclas suelo asfalto que contengan alto porcentaje de humedad y solvente, se obtendrán capas con estabilidades muy bajas, por lo que las mezclas se deben ventilar para disminuir las cantidades de solventes y humedad.

La ventilación se logra, moviendo la mezcla con motoconformadora a un lado y otro sobre la cama del camino o mediante el uso de un arado de discos. Antes de la computación el contenido de humedad debe reducirse aproximadamente a los 3-4 del óptimo y es conveniente eliminar por evaporación del 65% al 75% de los solventes del asfalto rebajado.

Cuando se emplean emulsiones asfálticas como agente estabilizante, el contenido de humedad de la mezcla se debe reducir antes de la computación a los 3-4 aproximadamente del contenido de humedad óptima del suelo original.

Los compactadores neumáticos y los de pata de cabra proporcionan una compactación satisfactoria. Si se utilizan exclusivamente compactadores neumáticos, el espesor máximo de la capa que se puede compactar, se debe regular con el peso del equipo de compactación o con el esfuerzo de compactación producido por este. La mayoría de los compactadores ligeros de neumáticos no pueden compactar capas con espesor mayor de 5 cm., sin embargo, los compactadores mas pesados, capaces de producir cargas de 2000 KG. O mas por rueda, pueden compactar capas de hasta 15 cm. de espesor. Con los compactadores pata de cabra se puede compactar satisfactoriamente espesores de 15 cm. En una sola capa, pero los 2.5 cm. superiores o sea una profundidad igual a la de las irregularidades dejadas por el rodillo, deben renovarse con motoconformadora, extendiendo uniformemente el material suelto y compactando esta capa final con compactador neumático.

Por lo general, las capas de suelo estabilizado contienen el porcentaje de material asfáltico estrictamente necesario para hacerlas estables y resistentes a la absorción de humedad, pero no capaces de resistir el desgaste producido por el tránsito, por lo que para proteger la capa de suelo estabilizado debe contemplarse una capa de desgaste resistente y duradera, para lo cual se aplica un riego de liga y una capa de desgaste, después de dejar que la capa de suelo estabilizado cure durante una semana, aproximadamente. La capa de desgaste puede ser un tratamiento superficial o una capa de concreto asfáltico.

La capa de desgaste se elige tomando en cuenta el volumen y peso del tránsito previsto.

CAP. VIII**TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO.****TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO**

Se llama tratamiento superficial a la aplicación de asfalto, con o sin la posterior aplicación de una capa delgada de agregado, sobre una superficie de rodamiento. Por definición tales tratamientos superficiales deben tener un espesor de una pulgada (2.54 cm) o menos; los tratamientos superficiales a veces se construyen en pavimentos de tráfico ligero ó bien para rehabilitar pavimentos vacíos después de un cierto periodo y antes de que la deterioración debida al tráfico y al intemperismo se encuentren muy avanzadas pues en este caso podría quizá requerirse de una reconstrucción mas completa del pavimento.

También se pueden aplicar los tratamientos superficiales para mejorar o restaurar las condiciones de impermeabilidad de una carpeta o bien para ligar mejor las partículas ya colocadas y evitarles rendimientos. Si se coloca agregado sobre el asfalto se mejoran las características de la resistencia al derramamiento de la superficie de rodamiento, así como la resistencia a la abrasión. Los tratamientos superficiales múltiples consisten en la aplicación de dos o mas capas alternadas de producto asfáltico y agregado.

Los tratamientos superficiales también se aplican para nivelar pavimentos, fijar el polvo suelto y proveer una superficie de rodamientos mas suave.

Riego de sello. Se llama así a los tratamientos superficiales cuya finalidad consiste en mejorar la impermeabilidad y/o la textura superficial del pavimento.

Riego de impregnación. Cuando se va a colocar una mezcla asfáltica o un tratamiento superficial sobre una capa de material granular es necesario preparar la superficie rociándola con un asfalto líquido que penetre al material granular con el fin de proveer una transición entre el material granular y la mezcla asfáltica, a este tipo de riegos es al que se conoce como riego de impregnación.

Riego de liga. El riego de liga como su nombre lo implica sirve para unir dos capas sucesivas de mezclas asfálticas y consiste en el riego de una delgada capa de producto asfáltico sobre la capa subyacente. Este riego también se aplica para la colocación de sobre carpetas sobre pavimentos antiguos de concreto portland o asfáltico.

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES Y RIEGOS DE SELLO. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

Los tratamientos superficiales pueden ser aplicaciones simples o múltiples de material asfáltico y pétreos, formando una capa de desgaste cuyo espesor varía de 0 mm a 25.4 mm.

Los tratamientos superficiales simple o mono capa están formados de una aplicación de material asfáltico seguida de una de material pétreo, con lo que se obtiene una capa de desgaste de 12 mm a 18 mm, dependiendo del tamaño máximo del material pétreo utilizado.

Los tratamientos superficiales multicapa se forman por dos, tres o cuatro aplicaciones de producto asfáltico y material pétreo y no solamente proporcionan capas de desgaste superficiales simples, sino que producen en el pavimento un aumento en la resistencia proporcional al espesor.

Métodos de construcción. Preparación de la base flexible. La correcta preparación de la capa de base o cimiento es de primordial importancia en la aplicación de los tratamientos superficiales. El grado de perfección obtenido en esta operación se reflejará en la durabilidad y suavidad del pavimento terminado. Suponiendo que la calidad y espesor de la capa de base son satisfactorios, es necesario que tenga la compactación requerida y que los perfiles longitudinales y transversales sean los adecuados. Aun los materiales de la mejor calidad empleados en la construcción de las capas de base sufrirán deformaciones por recompactación del tránsito si no son compactados adecuadamente.

Riego de impregnación. El riego de impregnación aplicado en una capa de base flexible recién construida, no solamente proporciona un sellado contra la infiltración de agua superficial, si no que proporciona un buen enlace entre la capa de base y el tratamiento superficial o carpeta (formar una pequeña capa de transición)

Para los riegos de impregnación se recomienda los asfaltos rebajados de fraguado medio (FM). El tipo FM-0 se recomienda para base muy densas y su dosificación varia de 1.0 a 1.5 litros por metro cuadrado; con el tipo FM-1 se obtienen mejores resultados en bases con textura mas abierta y su dosificación puede variar de 1.5 a 3.5 litros por metro cuadrado.

La dosificación de cada uno de estos materiales, corresponde a la cantidad máxima que en condiciones atmosféricas favorables puede ser absorbida totalmente por la base en un periodo de 24 horas, a partir de su aplicación y que por lo menos penetre 4 mm.

La humedad actúa como elemento portador del producto asfáltico, por lo tanto se obtienen mayor penetración del riego de impregnación si la capa de base tiene una pequeña cantidad de humedad.

Cuando la capa de base se ha secado hasta el extremo de tener polvo, antes de aplicar el riego de impregnación se recomienda aplicar un ligero riego de agua, el cual comúnmente se conoce como riego mata polvo. El riego de impregnación de una base flexible recién construida, por lo general origina un esponja miento de los 6 mm. superiores de la base. Cuando ocurre esto, se recomienda re compactar el material esponjado, inmediatamente después del fraguado del producto asfáltico, utilizando compactador neumático, con esto se obtiene un mejor sellado contra la infiltración del agua superficial.

En los riegos de impregnación, el producto asfáltico se aplica a presión el las cantidades dosificadas por medio de petrolizadora. Este equipo tiene acoplada una bomba de engranajes accionada por un motor, que suministra a la barra regadora el asfalto del tanque a presión uniforme y puede regularse par aplicar los litros deseados por minuto. La petrolizadora lleva acoplado un taco metro que indica la velocidad de avance en metros por minuto. De esta forma regulando la cantidad de asfalto a través de la barra y calculando la velocidad a que debe avanzar la petrolizadora, puede aplicarse cualquier cantidad de asfalto dentro de tolerancias bastante estrictas.

Para cualificar el volumen total de producto asfalto aplicado por la petrolizadora, el tanque debe estar calibrado para que pueda medirse su contenido en incrementos no superiores a 40 litros. La calibración del tanque se realiza con el tanque y las válvulas y tubos de salida, para evitar fugas de líquidos. Se llena el tanque con agua en

recipiente bien medidos y de 10 a 30 litros de capacidad; después de añadir cada recipiente de agua, se mide y se apunta la profundidad del agua en el centro del tanque. Las profundidades obtenidas se graban en una barra metálica en incrementos de 20 o 30 litros, que puede emplearse para determinar correctamente el contenido del tanque a cualquier nivel.

Antes de aplicar cualquier riego con petrolizadora, se mide con la regla el contenido del tanque, operación que se repite después de la aplicación del asfalto, midiendo el asfalto que queda en el tanque y calculando los litros aplicados en caliente.

En una ficha se apuntan el número de litros y la temperatura de aplicación, que se utilizan para el análisis de costos y para convertir litros en caliente a litro en frío. La mayoría de los asfaltos se compran y pagan por litros en frío es decir por volumen neto en litros medios a 25 c.

El volumen de los materiales asfálticos aumenta cuando se calientan a temperaturas superiores a 25c, por lo tanto se necesita conocer el volumen y temperatura de aplicación para poder hacer la corrección a 25C. para esta corrección se hace uso de las tablas adoptadas por la american society for testing materials.

MATERIALES ASFÁLTICOS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.

La selección del tipo y grado del producto asfáltico y su dosificación influyen notablemente en los resultados finales obtenidos en un tratamiento superficial, por lo cual merecen atención especial.

Los principales factores que se deben tomar en cuenta. Son la época del año en que se realizara el trabajo, y el tipo de pavimento, si se trata de un tratamiento de una sola capa o de varias y la calidad del material pétreo. El más importante de estos factores es la época del año o las condiciones atmosféricas predominantes durante la ejecución del trabajo. Durante el tiempo cálido se deben emplear asfaltos rebajados de mayor viscosidad, de los tipos FR-3 y FR-4.

De preferencia los tratamientos superficiales se deben aplicar en los meses cálidos, pero cuando se necesita hacerlo en las estaciones frías del año, se debe emplear un asfalto rebajado más fluido o emulsión asfáltica.

Es conveniente tener en cuenta que en los productos asfálticos aplicados a presión en los tratamientos superficiales y otros trabajos similares, la curva de viscosidad del producto asfáltico, deberá ser paralela a la correspondiente curva de temperatura atmosférica.

Cuando desciende al temperatura atmosférica, también disminuye la viscosidad del producto asfáltico. Los asfaltos rebajados de fraguado rápido del tipo FR-2 y FR-3 son más adecuados para aplicaciones en tiempo frío, permanecen adherentes o blandos hasta que se extiende el material pétreo. La época de aplicación de la emulsión asfáltica de rompimiento rápido es más amplia. Ya que este producto se comporta satisfactoriamente tanto en tiempo cálido como frío. Las emulsiones asfálticas no resisten la temperatura de congelación, por esto se deben aplicar a temperaturas superiores a 4C .

La emulsión asfáltica proporciona, mejores resultados que otros productos asfálticos cuando se utiliza material pétreo húmedo.

Los principales factores que se deben considerar son :

- 1.- Estado de la superficie existente y propósito del sello.
- 2.- Época del año en que se ejecutara el trabajo.
- 3.- Calidad y tamaño máximo del material pétreo a emplear
- 4.- volumen y pesos por eje del tránsito.

Los requisitos del asfalto que se deben tomar en cuenta varían de acuerdo con las diferentes condiciones de las superficies existentes; si la que hay que sellar está oxidada y es de textura abierta, una gran parte del asfalto penetrará en la superficie actuando como riego de impregnación, por lo que se hace necesaria una mayor dosificación que la requerida para superficies menos absorbentes y lisas.

La cantidad de asfalto que se necesita en la aplicación de un riego antiderrapante, siempre será menor que los riegos de sello normales.

Las dosificaciones del producto asfáltico pueden ser de hasta 1.8 litros por metro cuadrado para riegos de sello sobre superficies de textura abierta y absorbentes, cuando se cubren con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm. y no exceder de 0.9 .

MATERIALES PÉTREOS PREVIAMENTE. Los riegos de sello que se construyen en zonas residenciales e industriales generalmente ocasionan molestias por el

polvo que se levanta al paso de los vehículos. Para evitarlo previamente se puede impregnar el material pétreo con 1% aproximadamente, con asfalto rebajado de fraguado medio del tipo FM-0 o FM-1, procediendo después a su aplicación en la forma usual. La impregnación previa no solamente elimina el aspecto polvoriento que se presenta durante los primeros días, si no que proporciona al material pétreo una mayor adherencia con el asfalto, reduciéndose así el porcentaje desprendido por el tránsito y consecuentemente se evitan las molestias a los usuarios por el desprendimiento de las partículas desprendidas por el desprendimiento de las partículas desprendidas por el tránsito y que saltan bajo las ruedas con peligro de accidente.

Los materiales pétreos para riego de sello deben cumplir los requisitos de calidad especificados para los materiales empleados en tratamientos superficiales, pero las tolerancias en cuanto a granulometría son más estrictas.

En la construcción de los riegos de sello, no se debe olvidar que el tamaño máximo del material pétreo impone las dosificaciones de ambos materiales; debe emplearse la cantidad de asfalto estrictamente necesaria, para que en su mayoría las partículas del material pétreo queden incrustadas en la película de asfalto en el 60% de su volumen aproximadamente. Las partículas del material pétreo no deben quedar sumergidas en el asfalto y el tránsito deberá rodar sobre el material pétreo y no sobre el asfalto.

"SLURRY SEAL " CON EMULSIÓN ASFALTICA. El slurry seal es un medio económico para sellar una superficie asfáltica existente, agrietada o envejecida. Produce además un acabado suave de la superficie, proporcionándole muchos años de vida el slurry seal mezclado y aplicado en condiciones correctas, rellena y sella las grietas, y nivela en cierta forma pequeñas deformaciones superficiales.

Se aplica una mezcla compuesta de arena fina o polvo de trituración o una combinación de ambos materiales, emulsión asfáltica y agua.

La emulsión que se utiliza para este tipo de trabajo es del tipo de rompimiento lento.

Los materiales pétreos utilizados para esta mezcla pueden ser una arena bien graduada, sin embargo se han obtenido mejores resultados, empleando una combinación de 50% de arena y 50% de polvo de trituración de roca. La granulometría recomendada para el agregado es:

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA
NUM. 8		100
NUM 10		90-100
NUM 20		60- 85
NUM 40		40- 60
NUM 80		15- 30
NUM 200		3- 10

Cuando se utilizan agregados de tamaño medio, una mezcla adecuada seria 78% de agregados en peso, 8% de emulsión asfáltica de rompimiento lento y 14% de agua. Las mezclas en que los agregados se componen exclusivamente de arena, pueden hacer que se necesite hacer una reducción de 0.5% en la cantidad de emulsión asfáltica y de 1 a 2% en el contenido de agua. En las mezclas elaboradas con agregados gruesos dentro de los límites especificados, pueden reducirse los porcentajes de emulsión asfáltica y agua. Por lo contrario en una mezcla elaborada con agregados muy finos o con cierta plasticidad, requieren que se incrementen los porcentajes de emulsión asfáltica y agua. En todos los casos son necesarios estudios previos de laboratorio para determinar las cantidades de emulsión y agua que se requieren para producir una mezcla de consistencia satisfactoria. Antes de iniciar los trabajos de tendido de "SLURRY SEAL" se recomienda preparar pequeños tramos de prueba para poder verificar los resultados que se obtendrán con los procedimientos empleados.

En trabajos a gran escala, la elaboración de la mezcla se hace muy bien en revolvedoras montadas sobre camión, los materiales pueden almacenarse cerca de la obra, mezclados previamente en los porcentajes determinados. Los materiales deben mezclarse durante 5 minutos cuando menos, pero la operación puede prolongarse durante mas tiempo. Si el tiempo de mezclado ha de ser de mayor duración, es necesario tomar en cuenta la evaporación, y añadir una cantidad adicional de agua. No permitirse que la mezcla se haga demasiado viscosa antes de colocarla.

La operación de colocación de la capas de slurry seal en las obras, es muy sencilla, para tal efecto se utiliza una mezcladora montada sobre un chasis y una extendidora acoplada al mismo.

No debe permitirse el paso de vehículos sobre una capa de slurry seal recién tendida. El tiempo necesario para el fraguado, depende de las condiciones atmosféricas y del espesor de la capa. En un día seco y cálido, y capas de 3 mm o menos, puede permitirse el paso de vehículos después de dos horas de ser tendida la capa. En capas de mayor espesor se

necesitan hasta tres horas para que fraguan suficientemente y se pueda permitir el paso de los vehículos.

Riegos De Emulsión Diluida.

Los riegos de emulsión diluida en agua, sin el empleo de material pétreo para cubrirlos, también se denominan riegos a cielo abierto.

Aunque el slurry seal resulta mas económico que la aplicación tradicional de un riego de sello, aún es mas económico sellar con emulsión diluida sin emplear material pétreo para cubrir el riego.

Este tratamiento consiste en la aplicación a una superficie existente, de una reducida cantidad de emulsión asfáltica diluida para sellar pequeñas grietas de poca importancia o de tener la desintegración de la carpeta que puede estar presentando desperfectos ocasionados por su escaso contenido de asfalto.

Para estos trabajos se deben utilizar una emulsión asfáltica del tipo estable caspas de diluirse en agua sin romper.

Cuando se aplica este tipo de riego no se requiere emplear material pétreo para acubrirlo. La acción del tránsito no perjudica el riego aplicado, pero sí es conveniente desviar el tránsito para evitar salpicaduras de emulsión sobre los vehículos.

En superficies que presenten agrietamiento o desintegración mas severa, se puede requerir aplicar un segundo riego.

CAPITULO IX.

RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EXISTENTES.

RECONSTRUCCION DE PAVIMENTOS EXISTENTES.

CARPETAS ASFALTICAS DE TIPO INFERIOR

En la categoría inferior de los pavimentos asfálticos figuran las protecciones de base, los tratamientos superficiales mono y multicapa y las carpetas asfálticas relativamente delgadas de mezclas en el lugar. Estos pavimentos de tipo inferior que son también los más económicos, se construyen normalmente sobre capas de bases flexibles de espesor variable. Su empleo por lo general se limita a carreteras de segundo orden, en las que es de suponer que el tránsito es ligero tanto en volumen como en peso; sin embargo el acelerado crecimiento del tránsito ha sometido a grandes esfuerzos extensiones considerables de caminos de este tipo, lo que ha provocado que en un tiempo relativamente corto, se requieran reparaciones.

En incremento en el volumen del tránsito y cargas por eje, pueden provocar que las carpetas asfálticas construidas sobre capas de base muy delgadas, sean destruidas rápidamente, originando gastos excesivos en la conservación. Cuando los gastos de conservación de un camino alcanzan determinado nivel, resulta más económico reforzar y en ocasiones ampliar la estructura del pavimento existente.

Al analizar la reconstrucción o refuerzo de una carpeta asfáltica económica, debe prestarse atención especial a los materiales existentes en la zona. Cuando se requiera construir un refuerzo de la base con un espesor considerable, resulta más económico escaificar la carpeta asfáltica e incorporarla a los materiales de base existentes. De este modo es posible aprovechar el cien por ciento de la base flexible.

A continuación, se requiere, se añada material de calidad adecuada para el refuerzo y ampliación de la capa de base. Después de compactar correctamente los materiales de base originales y nuevos, se aplica un riego de impregnación y se construye una nueva carpeta. El ingeniero debe recurrir a su buen juicio en la elección del tipo de pavimento que debe emplear en la reconstrucción de pavimentos de tipo inferior. Si el tipo original del pavimento solo era adecuado en el momento de su construcción, es muy probable que los diversos

factores que exigen la reconstrucción, indiquen que se necesita un pavimento de tipo superior.

PAVIMENTOS ASFALTICOS DE TIPO SUPERIOR.

Los pavimentos asfálticos de tipo superior comprenden el concreto asfáltico elaborado y colocado en caliente, el mortero asfáltico y el macadam por penetración. Las mezclas asfálticas mezcladas in situ se clasifican generalmente como tipos intermedios de pavimento, pero para fines de reconstrucción ejecutada con renivelación, construcción de una nueva carpeta y ampliación de la corona, pueden del mismo modo que los pavimentos asfálticos de tipo superior.

En general, estos se han empleado exclusivamente en pavimentos de zonas urbanas, carreteras de primer orden y pistas de aeropuertos. Estas estructuras de pavimentación han estado en servicio muchos años sin mostrar signos de deterioro, por ello su reconstrucción se debe a uno de los motivos siguientes:

La mayoría de las carreteras antiguas se construyeron conforme a las especificaciones existentes con un ancho de corona de 5.50 M el incremento en la velocidad del tránsito y mayor ancho autorizado en los vehículos, por razones de seguridad se requieren franjas de circulación con un ancho mínimo de 3.60 m. por esto se ha convertido en uso corriente el ampliar los pavimentos angostos a un ancho de 7.20 M. o más.

La renivelación y construcción de una nueva carpeta asfáltica para mejorar las condiciones de la superficie de rodamiento, es una forma de mejora de carreteras y calles muy aceptada por el público usuario. Muchos kilómetros construidos hace bastante años para tránsito ligero, presentaban una proporción considerable de irregularidades superficiales. Las principales razones que han exigido la renivelación y construcción de una nueva capa asfáltica, han sido la consolidación y asentamiento adicional de los terraplenes, además de las irregularidades originales de la superficie.

El refuerzo con concreto asfáltico, de los pavimentos de carreteras y aeropuertos existentes, para soportar las cargas en constante crecimiento, es de considerable importancia. Aunque las cargas por eje de los vehículos que circulan por las carreteras, han aumentado considerablemente durante los últimos años, en los aviones se han tenido mayores incrementos en las cargas. Si se rehabilita un pavimento asfáltico de tipo superior existente, para ampliarlo, renivelarlo y colocar una nueva carpeta, o para reforzarlo con concreto asfáltico, se obtienen un cien por ciento del valor del pavimento original. La nueva capa de concreto asfáltico se une perfectamente a la antigua, produciendo una estructura única.

REHABILITACION DE CARRETERAS.

En la modernización de las carreteras existentes, la renivelación y construcción de refuerzo del pavimento se realizan al mismo tiempo que la ampliación de la corona, sin embargo, hay casos en donde la carretera existente tiene el ancho necesario, no requiriéndose por lo tanto ninguna ampliación.

El mejor sistema para ampliar y mejorar la superficie de un pavimento asfáltico de tipo superior existente consiste de ordinario en emplear en la ampliación el mismo tipo de estructura del pavimento original, a menos que se vea que este proyecto es a todas luces inadecuado.

Con el empleo de las modernas maquinas pavimentadoras es posible corregir las deformaciones de los pavimentos antiguos, cubriéndolos con dos o mas capas de concreto asfáltico; sin embargo con una sola capa pueden nivelarse deformaciones bastantes largas, empleando en las extendedoras accesorios especiales para capas de nivelación.

En ocasiones se puede obtener una superficie lisa con una sola capa de nivelación, tendiendo el concreto asfáltico con motoconformadora. En muchos casos se especifica y exige que la primera capa o capa de renivelación de un pavimento de varias capas se tienda con motoconformadora. El tendido de concreto asfáltico con motoconformadora no debe hacerse cuando la temperatura ambiente es baja, debido a que la mezcla se enfria rápidamente y no se puede tener un buen acabado.

Cuando se va a colocar una mezcla para pavimentación con motoconformadora, es recomendable emplear un aditamiento especial acoplado a la tapa de la caja de los volteos que sirve para formar camellones de sección uniforme de concreto asfáltico sobre el eje del camino a nivelar.

La compactación de capas de concreto asfáltico, relativamente delgadas, se suele obtener con el empleo de compactadores neumáticos, que se desplazan directamente atrás de cada motoconformadora. Con los compactadores neumáticos se obtienen densidades mas elevadas que con los compactadores metálicos.

REHABILITACION DE PAVIMENTO RIGIDOS.

La ampliación y nueva pavimentación de los pavimentos rígidos son similares en mucho aspectos a la ampliación y repavimentación de los pavimentos flexibles de tipo superior, solo que antes de colocar el nuevo pavimento sobre otro rígido, es necesario acondicionar o estabilizar éste, con el objeto de corregir una deficiencia que solamente se presenta en los pavimentos rígidos, proporcionando de nuevo un apoyo uniforme sobre la sub-base y eliminando las losas oscilantes.

Se han empleado con éxito dos procedimientos para rehabilitar pavimentos rígidos. Uno de ellos usado con bastante éxito consiste en inyectar bajo las losas un asfalto de alto punto de función. Los pavimentos rígidos pronto pierden el contacto uniforme con la sub-base y se rompen por efecto de las cargas pesadas. Inyectando bajo la losa un asfalto de elevado punto de función, no solo se vuelve a restablecer un perfecto apoyo sobre la sub-base, sino que se produce por debajo de todas las grietas y juntas una membrana impermeable que evita una saturación excesiva y al mismo tiempo ayuda a mantener en la sub-base un contenido de humedad uniforme y bajo.

El sellado se obtiene haciendo una perforación de 40 MM. de diámetro por cada 8 M² de superficie de pavimento rígido por reparar. Cuando el agrietamiento de las losas es más notable, se deben incrementar el número de perforaciones. El sellado de las perforaciones y restablecimiento total del apoyo sobre la sub-base se logra inyectando asfalto de un elevado punto de función.

Cuando el agrietamiento de las losas llega a ser de consideración, el otro procedimiento de rehabilitación empleado consiste en reducir a pequeños fragmentos la superficie total de pavimento a reparar, compactándolas a continuación con el empleo de compactadores pesados, de tal forma que en lugar de comportarse como una losa rígida, lo haga como una sub-base y sea capaz de adaptarse a los futuros movimientos.

Cuando se requiera ampliar la sección de un pavimento rígido, esta se puede llevar a cabo indistintamente empleando construcciones de tipo flexible o rígido, dependiendo de cual procedimiento resulta más económico.

La ampliación con concreto asfáltico del mismo espesor que el borde de la losa rígida, en general es satisfactorio. Este espesor unido al de la nueva carpeta, produce un pavimento de alta resistencia que resulta comparable al conjunto del camino reforzado.

En la ampliación de la corona de un camino existente, resulta más práctico y económico hacerla de un solo lado en lugar de ampliar la mita a cada lado.

PAVIMENTACION DE LOS ACOTAMIENTOS.

La pavimentación de los acotamientos de los caminos pavimentados tiene tres ventajas primordiales: 1) reduce al mínimo los gastos de conservación de los acotamientos; 2) Aumenta considerablemente la seguridad del usuario, proporcionándole un ancho adicional para aparadas de emergencia, y 3) facilita la conducción del agua superficial a las cunetas, reduciendo al mínimo la saturación del centro del camino. Los acotamientos pavimentados, en la mayoría de los caminos deben constar cuando menos de una capa de base de espesor adecuado para un pequeño volumen de tránsito y de un tratamiento superficial simple o doble. Sin embargo en las carreteras de primer orden destinadas a tránsito pesado se justifica la construcción de una carpeta de concreto asfáltico en los acotamientos.

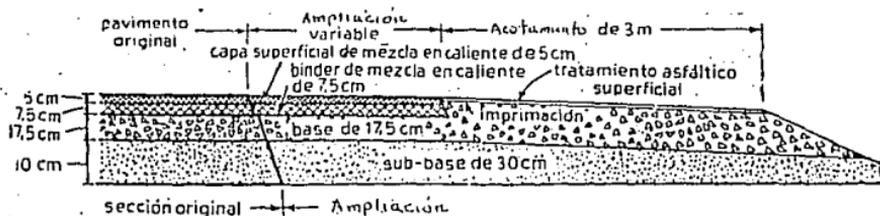


FIG. 9-1.—Empleo de una continuación de la sección primitiva para la ampliación de un pavimento de tipo flexible.

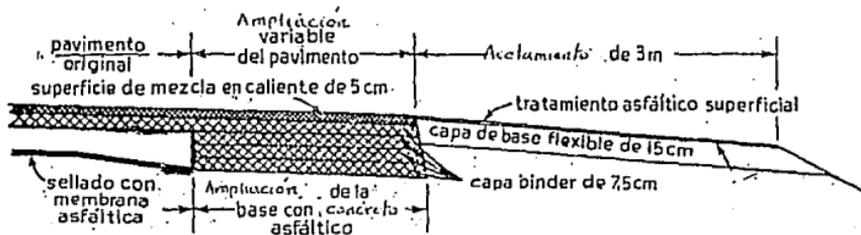
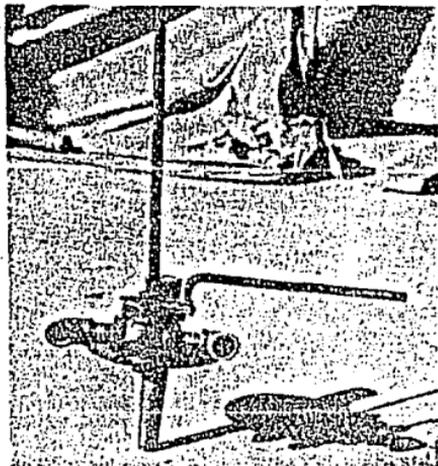


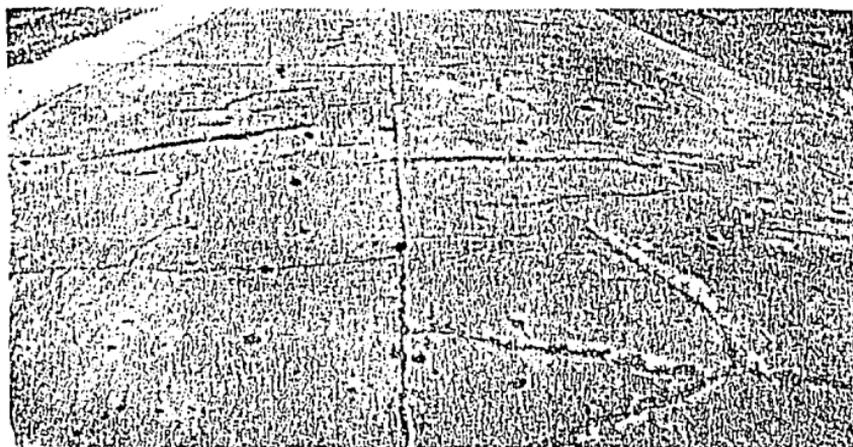
FIG. 9-2.—Sección típica de modernización de un pavimento rígido antiguo mediante inyección bajo las losas, ampliación y nueva pavimentación.



9-5
FIG. 9-5 —Tobera cónica para inyección
con válvula de tres pasos.

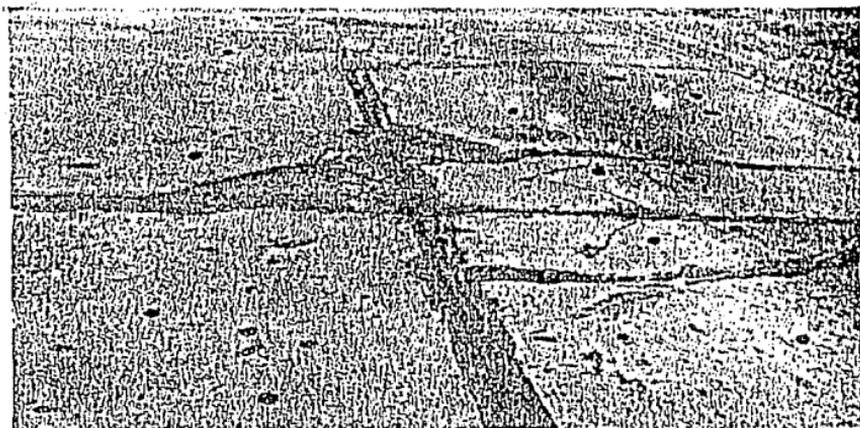


9-6
 FIG. 9-6. — Aplicación de un tratamiento asfáltico superficial a los ^{acotamientos} de una carretera pavimentada. Extensión de los ^{peñones} sobre el asfalto recién aplicado. Los ^{Recofrimientos} de esta figura tienen una anchura de 2,40 m.



9-3

FIG. 9-3 - Destrucción de un pavimento rígido debida a *pumping* y pérdida de valor *soporte* del terreno.



9-4

FIG. 9-4 - Distribución típica de las perforaciones empleadas para inyección.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Principles of pavement design.
Yoder and Witzak.
- 2.- La ingeniería de suelos en las vías terrestres volumen 1
Rico y del Castillo.
- 3.- La ingeniería de suelos en las vías terrestres volumen 2
Rico y del Castillo.
- 4.- Materiales asfálticos utilizados en pavimentación
Dirección gral. de servicios técnicos.
- 5.- Instructivo para el diseño estructural de pavimentos flexibles para carreteras
Instituto de ingeniería UNAM y SAHOP.
Santiago Corro Caballero.
- 6.- Materiales para pavimentación
Carlos Fernandez Loaiza.
- 7.- Proposición de nuevas normas para materiales de la sección estructural de
Pavimentos flexibles.
Instituto mexicano de transporte S.C.T.
- 8.- Normas de calidad de los materiales
Libro 4 parte 1
S.C.T.