

10
zej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**“ Empleo del aditivo RQI -108 en la
elaboración de mezclas asfálticas en
frío con asfalto rebajado FR-3,
para la construcción y conservación
de pavimentos flexibles ”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN

**Gustavo A. Alvarez Garduño
Enrique Noriega Cortes
Pedro Prado Castellanos
Abel Sandoval Solis
César Augusto Sotomayor Tenorio**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**" EMPLEO DEL ADITIVO RQI-108 EN LA ELABORACION DE MEZCLAS -
ASFALTICAS EN FRIO, CON ASFALTO REBAJADO FR-3, PARA LA -
CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES "**

= C O N T E N I D O =

| | |
|--|------------|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. GENERALIDADES SOBRE ASFALTOS | 4 |
| II.1. Antecedentes | 4 |
| II.2. Terminología del asfalto | 12 |
| II.3. Tipos de asfaltos | 19 |
| II.4. Aplicaciones en la construcción | 30 |
| III. APLICACIONES DEL ASFALTO A LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES | 41 |
| III.1. Tratamientos superficiales | 41 |
| III.2. Riego de impregnación | 43 |
| III.3. Riego de liga | 49 |
| III.4. Tratamiento de riegos múltiples | 52 |
| III.5. Morteros asfálticos | 63 |
| IV. METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS | 72 |
| IV.1. Método de Marshall | 72 |
| IV.2. Método de Hveem | 74 |
| IV.3. Método de Hubbard-Field | 79 |
| IV.4. Método triaxial de Smith | 83 |
| V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES | 86 |
| V.1. Materiales | 86 |
| V.2. Equipos para fabricación de mezclas asfálticas en frío | 105 |
| V.3. Descripción del procedimiento constructivo de car- petas asfálticas | 128 |
| VI. EMPLEO DEL ADITIVO RQI-108 EN LA ELABORACION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN FRIO, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES | 140 |
| VI.1. Características del aditivo | 144 |
| VI.2. Aplicación del aditivo a pavimentos flexibles | 146 |
| VI.3. Resultados de algunas experiencias | 150 |
| VI.4. Ventajas de su uso | 162 |
| VII. CONCLUSIONES | 164 |
| Bibliografía | 166 |

I. INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que se tiene en las carpetas asfálticas de las carreteras del país, es el alto costo que representa su conservación, debido por un lado - al precio de los materiales y por otro al poco tiempo disponible para el aprovechamiento de las mezclas elaboradas - para tal efecto, lo que ha dado lugar a que las compañías - contratistas de obras viales, busquen nuevos productos que permitan prolongar el tiempo en que se puedan mantener tra**ba**jabables las mezclas asfálticas y permitan abatir los **cos**tos finales, ya que los precios de los insumos que compo - nen la mezcla son difíciles de controlar.

Se sabe que normalmente los trabajos de reconstruc -- ción de un pavimento se realizan con mezclas hechas en -- frío y que al paso del tiempo estas mezclas se endurecen - perdiendo su manejabilidad.

A raíz de ésto y en particular en la Ciudad de Monte - rrey, N.L., donde desde finales de la década de los 70 se - sufría una aguda escasez de gas natural y las industrias - locales se vieron en la necesidad de sustituirlo por un de rivado del petróleo llamado combustóleo, el cual tenía la - desventaja de contener gran cantidad de grumos e impure -- sas, que causaban problemas en las descargas del mismo, -- las cuales se obstruían causando serios contratiempos: se - investigó por medio de trabajos de laboratorio el evitar - este problema, descubriendo un aditivo que se denominó -- **RQI-109**: el cual disolvía totalmente las impurezas del com bustóleo. Después de observar dichos efectos se encontró - que se podía ayudar a la conservación de caminos, genera - do un aditivo que ayudara a que las mezclas se conservaran por más tiempo después de elaborarlas y que mantuvieran su

trabajabilidad. Entonces con investigaciones más avanza -
das y específicas se descubrió un aditivo que llamaron ---
RQI-108, que al aplicarlo en los cementos asfálticos y as-
faltos trabajados, se logró que las moléculas del residuo-
asfáltico se descompusieran en otras mucho más pequeñas --
permaneciendo dispersas, lo que permitía conseguir lo que-
se buscaba.

Después de observar dichos efectos, se hicieron las -
adecuaciones y estudios experimentales de laboratorio para
su aplicación en los asfaltos para mezclas en frío, descu-
briendo muchas ventajas en el uso de este nuevo producto.-
característica de relevante importancia en virtud de las -
dificultades económicas por las que atraviesa nuestro ---
país.

De tal manera que la intención de este trabajo es pre-
sentar las ventajas del uso del aditivo Reciclo Químico In-
dustrial (RQI-108) por sus bondades en cuanto a conservar-
la trabajabilidad de las mezclas asfálticas en frío duran-
te períodos prolongados de tiempo, por lo que para lograrlo,
se ha estructurado el contenido de la siguiente mane-
ra:

En el capítulo II se presentan las generalidades so-
bre asfaltos desde sus antecedentes históricos, terminolo-
gía, clasificación, hasta sus aplicaciones generales den-
tro de la construcción.

Posteriormente en el capítulo III, se presentan las -
diferentes aplicaciones del asfalto en pavimentos flexi --
bles, mencionando desde los tratamientos superficiales has-
ta los diferentes tipos de riego, así como los morteros as-
fálticos, sin profundizar mucho en ellos.

Más adelante en el capítulo IV exponemos de una manera somera pero precisa, los métodos más comúnmente empleados en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos y los datos que se deben obtener de éstos.

En el capítulo V mencionamos características y normas a las que deberán sujetarse los diferentes materiales que intervienen en la elaboración de los pavimentos, así como la descripción de los equipos a utilizarse y se detalla el procedimiento constructivo de las carpetas asfálticas.

Ya específicamente en el capítulo VI tratamos el empleo del aditivo RQI-108 en la elaboración de mezclas asfálticas en frío, mencionando las características, aplicación y resultados obtenidos a la fecha, para lo cual transcribimos informes que consideramos valiosos; de la misma forma mencionamos las ventajas del uso del aditivo.

Finalmente en el capítulo que se refiere a las conclusiones se reiteran las ventajas que a nuestro juicio resultan ser las más relevantes para el aprovechamiento del RQI-108 en la elaboración de mezclas asfálticas en frío.

II. GENERALIDADES SOBRE ASFALTOS

II.1. ANTECEDENTES

a. HISTORIA DEL ASFALTO

Los primeros usos del asfalto de que se tiene noticia corresponden a los habitantes del Valle del Eufrates: los sumerios.

Los sumerios demostraron tener gran habilidad manual, ya que se han desenterrado piezas de cerámica y piezas esculpidas que así lo demuestran. En algunos de estos descubrimientos arqueológicos se ha detectado la presencia de asfalto. En el Museo de Constantinopla se conserva una escultura de un rey de Adab, la cual fué localizada en una excavación entre los ríos Tigris y Eufrates. Esta escultura data del año 3000 A. de C. aproximadamente y en las oquedades correspondientes a los ojos se han encontrado vestigios de asfalto, el cual probablemente sirvió como pegamento para los ojos de la escultura (tal vez marfil o madre perlas).

El asfalto utilizado por los antiguos era el material nativo procedente de los yacimientos o lagunas asfálticas, donde el crudo asfáltico subió a la superficie y los componentes más volátiles se evaporaron naturalmente. El residuo pesado remanente contenía usualmente proporciones diversas de agua, tierra y otras impurezas; pero, mediante métodos de destilación lentos y burdos se obtuvieron combustibles para las lámparas y productos bituminosos para impermeabilización, pavimentación y como material de ligadura de unión entre los elementos de construcción.

Los yacimientos más extensos de asfalto nativo fueron encontrados hace 4 ó 5 millares de años en Irak, donde se -

sabe que existieron varios yacimientos importantes a lo largo de las orillas del río Eufrates, en las proximidades de Hit y Ramadi. Los antiguos historiadores mencionan también otros yacimientos a lo largo del río Tigris, al norte de Irak, cerca de la actual ciudad de Shargat, junto a cuya localidad existe en la actualidad un campo petrolífero.

Los egipcios utilizaron asfalto nativo para impermeabilización, momificación y construcción, procedente del Mar Muerto y de un yacimiento situado cerca del río Jordán en el Líbano.

Diversos descubrimientos arqueológicos han detectado la presencia de asfalto en las culturas Persas (2800-2500 A. de C.), en el embalsamamiento de momias egipcias (2500 A. de C.), etc.

Datos interesantes son también los mencionados en la Biblia, en los cuales nos indica que Noé impermeabilizó su arca con asfalto (Genesis VI, 14); en otro pasaje bíblico, se menciona el uso del asfalto para la construcción de la Torre de Babel (Genesis XI, 3).

Los babilonios (700-500 A. de C.), también usaron el asfalto en las construcciones que perpetuaron el nombre de sus monarcas.

Debemos mucho de cuanto se sabe acerca de la antigua Babilonia, a la excelente conservación de las edificaciones por el empleo de asfalto como material de unión entre los elementos de construcción, así como impermeabilizante. El suelo de los palacios, de los baños y de las calles principales estaba pavimentado con una mezcla de arena y asfalto.

Los ensayos de extracción y cribado de trozos de pavimento procedente de las ruinas revelan que las mezclas para pavimentación utilizadas en la antigüedad se semejaban mucho a las actuales mezclas de arena y asfalto.

Asfalto de Trinidad.- Sir Walter Raleigh desembarcó - en la isla de Trinidad en 1595 y permaneció allí durante - el tiempo suficiente para abastecerse de asfalto para calafatear sus barcos.

El material empleado era un asfalto natural tomado de un lago situado a corta distancia de la costa del golfo de Paría, y era muy similar al usado por los antiguos. Del lago Trinidad se han extraído centenares de miles de toneladas sin que hasta la fecha muestre ninguna señal apreciable de disminución. A medida que se extrae el material, la presión de la tierra hace surgir más residuo pesado a la superficie donde la Naturaleza continúa su proceso de destilación.

Los depósitos de Trinidad están formados por un verdadero lago-cráter de asfalto, cuyos constituyentes son: arena fina, arcilla, agua, gas y asfalto. El agua y los gases se pierden casi totalmente durante las operaciones de extracción y transporte y en el proceso de refinación se eliminan el agua restante y las partículas más gruesas de arena, quedando la arcilla y la arena más fina como parte integrante del producto asfáltico, íntimamente asociados a éste. Los depósitos de Bermudez, cercanos a los de la Isla de Trinidad, contienen menos cantidad de agua y gases que estos últimos. Forman un gran lago de 365 Ha., de más de 1 metro de profundidad media, en el cual se encuentran varios manantiales de los cuales procede el asfalto.

Durante muchos años el asfalto de Trinidad se ha exportado a países extranjeros para construir pavimentos: pero con el desarrollo de los modernos métodos de refinar -- los crudos de petróleo de los diversos países, los materiales asfálticos se producen en la mayoría de los casos a -- tal precio, que hace imposible la competencia del asfalto de Trinidad.

La Isla de Trinidad es ahora un gran productor de crudo de petróleo y resulta problemático saber si la continua extracción de crudo a profundidades de varios millares de pies bajo la tierra, reducirá la presión subterránea en medida suficiente para vaciar el lago de asfalto.

Yacimientos de asfalto de La Brea. -- Los yacimientos de asfalto de la Brea, en los Angeles, Calif., constituyen otro ejemplo de cómo realiza sus maravillas la naturaleza. Este depósito de asfalto nativo es un caso paralelo al del Lago Trinidad.

El poder protector del asfalto se demuestra de nuevo en los yacimientos de la Brea por restos fósiles de tigres de diente de sable, mastodontes, y otros animales prehistóricos que se ha extraído. Se supone que estos animales cauyeron accidentalmente al lago de asfalto hace más de -- 30,000 años.

En el año de 1802 en Francia se empleó roca asfáltica para pavimentación de suelos, puentes y aceras. En 1836 - en Londres, Inglaterra, se usó el asfalto por primera vez para la elaboración de pavimentos, éste mismo hecho ocurrió en Estados Unidos en el año de 1838, y en ese mismo año en Filadelfia se empleó roca asfáltica importada en la construcción de aceras.

En 1854 en París se construyó el primer camino a base de asfalto compactado, realizándose con una cimentación de concreto de 6" de espesor sobre la cual se tendió una capa de 2" de espesor de material asfáltico compactado el cual procedía de roca asfáltica, constituyendo ésto el primer antecedente de las carpetas asfálticas actualmente utilizadas.

En el año de 1870 se construyó el primer pavimento asfáltico en Newark, Nueva Jersey, por el Profesor E.J. De Smedt, químico belga. En 1876 se construye el primer pavimento del tipo de sheet asphalt, en Washington D.C., con asfalto de lago importado.

En el año de 1902 en los Estados Unidos se obtuvieron de la destilación del petróleo, aproximadamente 20,000 toneladas de asfalto por año. A partir de 1924 la producción anual de asfalto del petróleo ha crecido constantemente.

b. ORIGEN DEL ASPALTO

El asfalto que se utiliza en la construcción de caminos tiene dos orígenes; el que proviene de depósitos naturales, llamado asfalto natural o asfalto nativo y el que se obtiene de la destilación del petróleo de base asfáltica.

Los asfaltos naturales podemos considerarlos sub-divi

dados en dos grupos, dependiendo de su contenido de bitumen:

Las rocas asfálticas, que contienen menos de 20% de bitumen.

Los asfaltos naturales propiamente dichos con contenidos mayores del 20% y que alcanzan valores hasta de 90% como en el caso de los depósitos de Bermudez, en La República de Venezuela.

Las rocas asfálticas son impregnaciones bituminosas de materiales calizos o silicosos, cuyo contenido de bitumen varía desde un 3% en los depósitos del Estado de Oklahoma, hasta un 15-17% en el caso de las arenas del Estado de California. Estos materiales se explotan en sus depósitos naturales, se someten a tratamientos de trituración, calentamientos, etc., para obtener mezclas asfálticas de características adecuadas para su uso en pavimentación.

Los asfaltos naturales, cuyo contenido de bitumen varía desde el 50% en el caso de los depósitos de Trinidad hasta el 90% en los de Bermudez ya mencionados, no se emplean directamente en los trabajos de pavimentación. Frecuentemente deben ser procesados mezclándolos con asfaltos más suaves, para alcanzar la consistencia requerida de un cemento asfáltico y con solventes obtenidos del petróleo, en proporciones que varían desde el 20% para los asfaltos naturales de Bermudez hasta un 50% para el de los depósitos de Cuba.

Los asfaltos están constituidos por tres ingredientes principales: aceites, resinas y asfaltenos. Estos tres constituyentes se disuelven uno en otro. Los asfaltenos son solubles en las resinas y ambos se disuelven en los aceites. De estos constituyentes del asfalto, los asfaltenos son los que le proporcionan la dureza y las resinas

las propiedades cementantes. Los aceites proporcionan al asfalto la plasticidad y lo hacen trabajable y la proporción en que entra cada uno de los ingredientes fija la consistencia del asfalto. Cuando predominan los asfaltenos y la proporción de resinas es baja, se tiene un asfalto duro, o asfalto sólido (gilsonita). Si en el asfalto predominan los asfaltenos y las resinas y el contenido de aceites es bajo, se tienen los cementos asfálticos. Mientras menor sea la proporción de aceite, será mayor la dureza del asfalto, y viceversa.

El asfalto es un componente del Petróleo y se le conoce con el nombre popular de "CHAPOPOTE", por ser un derivado del petróleo el asfalto tiene el mismo origen de éste.

Diversas teorías sobre su origen se discuten hasta la fecha, varios químicos famosos, como el ruso, Mijail Vasilievich Lomonosov (1711-1865) en 1745; el francés Marcelin Pierre Eugene Berthelot (1827-1907) en 1866; el ruso Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907) en 1877 y el francés-Paul Sabatier (1854-1941) en 1902, defendieron la teoría del origen mineral, sin embargo la teoría orgánica ha sido la que más aceptación ha encontrado. Esta teoría sostiene que el petróleo proviene de la descomposición de residuos animales y vegetales en un medio carente de aire, sobre suelos de limos, arcillas y arenas transformándose en aceite, sitios que nunca han estado a una temperatura superior a los 38 grados centígrados, lo cual descarta la teoría del origen mineral ya que para la obtención a partir de carburos metálicos se requieren grandes temperaturas.

Estudios realizados en laboratorio recientemente, sobre rocas petrolíferas procedentes de campos productores, al parecer confirman un origen orgánico, ya que se han descubierto en ellas ciertas propiedades ópticas, las cuales-

solo se encuentran en las sustancias orgánicas; además el contenido de Nitrógeno y otras sustancias en el petróleo - únicamente pueden provenir de materia orgánica.

También nos ayuda a confirmar el origen orgánico, el hecho de que la mayoría de los yacimientos se encuentran - ubicados en sitios, que hace millones de años fueron ocupados por lagos y mares.

Ciertas investigaciones plantean la posibilidad de -- que el agua salada y algunas bacterias anerófilas hayan tenido influencia en que la materia orgánica se transformara en hidrocarburos.

II.2. TERMINOLOGÍA DEL ASFALTO
DEFINICIÓN DE LOS ASFALTOS DADA POR LA ASTM

ASTM

American Society of Testing Materials.

SS-1

Specification Series No. 1 (SS-1) The Asphalt Institute.

a. MATERIALES ASFALTICOS

Son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color, que varía de negro a pardo oscuro y que se licuan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son Betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo, o combinaciones de éstos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones.

ASFALTO DE PETRÓLEO

Asfalto obtenido de la destilación del curado de petróleo.

ASFALTO EN POLVO

Asfalto sólido o duro machacado o molido hasta un fino estado de subdivisión.

ASFALTO FILLERIZADO

Asfalto que contiene materias minerales finamente molidas que pasan por la malla número 200.

ASFALTO LIQUIDO

Material asfáltico cuya consistencia blanda o fluida hace que salga del campo en que normalmente se aplica el ensayo de penetración, cuyo límite máximo es de 300 grados, son asfaltos líquidos los siguientes productos:

a) ASFALTO FLUIDIFICADO

Betún asfáltico que ha sido fluidificado mezclándolo con disolventes de petróleo, como por ejemplo: Los asfaltos líquidos de tipos FR y FM. Al exponer estos productos a los agentes atmosféricos los disolventes se evaporan, dejando solamente el Betún asfáltico en condiciones de cumplir su cometido.

b) ASFALTO DE FRAGUADO RAPIDO (FR)

Asfalto líquido compuesto de Betún asfáltico y un disolvente de tipo NAFTA o gasolina muy volátil.

c) ASFALTO DE FRAGUADO MEDIO (FM)

Asfalto líquido compuesto de Betún asfáltico y un disolvente de tipo Queroseno de volatilidad media.

d) ASFALTO DE FRAGUADO LENTO (FL)

Asfalto líquido compuesto de Betún asfáltico y aceites relativamente poco volátiles.

e) ASFALTO EMULSIFICADO

Emulsión de Betún asfáltico en agua que contiene pe -

-queñas cantidades de agentes emulsificantes; es un sistema heterogéneo que contiene dos fases normalmente inmiscibles (asfalto y agua) en el que el agua forma la fase continua de la emulsión y la fase discontinua por pequeños -- glóbulos de asfalto. Los afaltos emulsificados pueden ser de tipo aniónico o catiónico, según el tipo de agente emulsificante empleado.

BETUN

Mezcla de hidrocarburos de origen natural o pirogénicos o de ambos tipos, frecuentemente acompañado por sus derivados no metálicos, que pueden ser gaseosos, líquidos, semisólidos y que son completamente solubles en sulfuro de carbono.

BETUN ASFALTICO

Asfalto refinado para satisfacer las especificaciones establecidas para los materiales empleados en pavimentación.

Las penetraciones normales de los betunes asfálticos-- están comprendidas entre 40 y 300 grados.

MATERIAL ASFALTICO PARA RELLENO DE JUNTAS

Producto asfáltico empleado para llenar grietas y juntas en pavimentos y otras estructuras.

b). PAVIMENTOS ASFALTICOS

ARENA-ASFALTO

Mezcla de arena y betún asfáltico o asfalto líquido, preparada con o sin especial fiscalización de la granulometría

tría de los áridos y con o sin filler mineral. Puede prepararse por mezcla o en planta mezcladora. La arena-asfalto se emplea en construcción de capas de base y de superficie.

BASE ASFALTICA

Capa de cimentación compuesta de áridos aglomerados con material asfáltico.

CAPA ASFALTICA DE NIVELACION

Capa de espesor variable empleada para eliminar las irregularidades de una superficie existente antes de cubrirla con un nuevo tratamiento o capa.

CAPA DE ADHERENCIA ASFALTICA

Aplicación de material asfáltico a una superficie para asegurar una perfecta unión entre la antigua superficie y las nuevas capas aplicadas.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFALTICO O PAVIMENTO FLEXIBLE

Capas de mezclas de asfalto y agregados conjuntamente con cualquier capa no rígida comprendida entre las capas asfálticas y la cimentación o terreno natural. La palabra flexible, empleada a veces en relación con los pavimentos asfálticos, se refiere a la posibilidad de estas estructuras de adaptarse a los asentos de la cimentación.

CONCRETO ASFALTICO

Mezcla en caliente, de alta calidad y perfectamente -

controlada, de betún asfáltico y agregados de alta calidad bien graduado, que se compactan perfectamente hasta formar una masa densa y uniforme.

IMPREGNACION ASFALTICA

Aplicación a una superficie absorbente de un material asfáltico líquido de baja viscosidad, como preparación para cualquier tratamiento o construcción posteriores. El objeto de la impregnación es saturar de asfalto la superficie existente llenando sus huecos, revestir y unir entre sí el polvo y las partículas minerales sueltas y endurecer la superficie favoreciendo la adherencia entre ella y el tratamiento o construcción posteriores.

LECHADA ASFALTICA

Mezcla de emulsión asfáltica de rotura lenta tipo SS-1 ó SS-1-H, agregados finos y filler mineral, con el agua necesaria para obtener una consistencia de lechada.

MEZCLAS APLICADAS EN CALIENTE

Mezclas en planta mezcladora que deben extenderse y compactarse mientras aún están calientes. Los pavimentos asfálticos de mejor calidad se construyen empleando este tipo de mezclas.

MEZCLAS APLICADAS EN FRIO

Mezclas en planta mezcladora que pueden extenderse y compactarse a temperatura ambiente.

MEZCLA EN PLANTA MEZCLADORA

Mezcla en una planta mezcladora mecánica central (0 -

movil) de agregados y betún asfáltico o asfalto líquido -- que se aplica después sobre el camino. La dosificación de las diversas fracciones de los agregados y del aglomerante asfáltico se fiscaliza cuidadosamente y, usualmente, los agregados se secan y calientan antes del mezclado.

MEZCLA EN EL LUGAR

Mezcla asfáltica producida mezclando los agregados y un asfalto líquido por medio de planta mezcladora móvil, - motoniveladora, grados de discos, rastras, extendedores o maquinaria especial para mezcla en el lugar.

PAVIMENTOS ASFALTICOS

Pavimentos compuestos de una capa de superficie de -- agregados envueltos y aglomerados con betun asfáltico, con un espesor mínimo de 25 mm. sobre capas de sustentación como bases asfálticas, piedra machacada, escoria o grava, o sobre concreto hidráulico o pavimentos de ladrillos o bloques.

RIEGO EN NEGRO

Tratamiento asfáltico superficial de pequeño espesor- aplicado a un pavimento existente.

SELLADO ASFALTICO

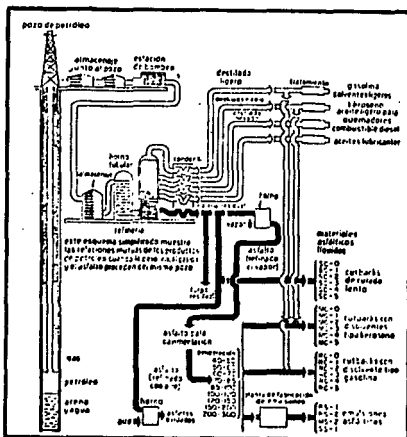
Tratamiento asfáltico superficial de pequeño espesor- aplicado a un pavimento existente.

STREET ASPHALT

Mezcla en caliente de betún asfáltico, arena limpia - bien graduada de partículas angulosas y filler mineral. Normalmente solo se emplea en capas sobre superficies extendidas, como una capa de enrase o de nivelación.

II.3. TIPOS DE ASFALTOS

De acuerdo con las diferentes etapas en el proceso de refinación del petróleo se van obteniendo productos derivados, que van desde productos sólidos y frágiles hasta productos sumamente fluidos.



La base para la obtención de productos asfáltico es el cemento asfáltico, que ya de por sí solo puede ser utilizado como tal; a su vez de él se pueden obtener los llamados asfaltos rebajados y las emulsiones asfálticas, todos ellos utilizados para la construcción de caminos, de los cuales hablaremos a continuación:

| | | | |
|---|----------------------------|-----------------------|------|
| ASFALTOS PARA PAVIMENTOS | ASFALTOS REBAJADOS. | FRAGUADO LENTO | FL-0 |
| | | | FL-1 |
| | | | FL-2 |
| | | | FL-3 |
| | | | FL-4 |
| | | FL-5 | |
| | | FRAGUADO MEDIO | FM-0 |
| | | | FM-1 |
| | | | FM-2 |
| | FM-3 | | |
| FM-4 | | | |
| FM-5 | | | |
| FRAGUADO RAPIDO | FR-0 | | |
| | FR-1 | | |
| | FR-2 | | |
| | FR-3 | | |
| | FR-4 | | |
| FR-5 | | | |
| CEMENTOS ASFALTICOS | RUPTURA RAPIDA | RS-1 | |
| | | RS-2 | |
| | RUPTURA MEDIA | MS-1 | |
| MS-2 | | | |
| ENULSIONES ASFALTICAS. | RUPTURA LENTA | SS-1 | |
| ASFALTOS EN POLVO | | | |

a. ASFALTOS REBAJADOS

Son el resultado de rebajar cemento asfáltico con algún tipo de solvente y en base a éste puede ser:

a. 1. ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO (FL)

Se obtienen mediante la mezcla de cemento asfáltico con algún destilado de volatización lenta, tales como aceites residuales o diesel. Varían de acuerdo con sus características ligantes, clasificándose del número cero al cinco de acuerdo al contenido de asfalto en la mezcla, por lo que a mayor cantidad de asfalto mayor es el número que le corresponde. La tabla 2.1. nos muestra claramente las características de estos asfaltos de fraguado lento.

a. 2. ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO (FM)

Su obtención es por medio del mezclado de cemento asfáltico con kerosina, la cual tiene la característica de ser de alta volatización. Tienen la propiedad que da la kerosina de una mayor trabajabilidad en temperaturas relativamente bajas y al contacto con el aire o el calor tiende a evaporarse, dejando así únicamente el cemento asfáltico. En la tabla 2.2. podemos encontrar las características de estos asfaltos que como en el caso anterior, se clasifican del número cero al cinco en función a su contenido de asfalto en la mezcla.

a. 3. ASFALTOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO (FR)

De los asfaltos rebajados tal vez el más conocido en nuestro medio sea éste, ya que como lo indica su nombre su fraguado se da en un lapso corto de tiempo. Su composición --

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES ASFALTICOS REBAJADOS DE FRAGUADO LENTO

| Designación | FL-0 | FL-1 | FL-2 | FL-3 | FL-4 | FL-5 |
|--|--------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Necesidad General | El material debe estar libre de agua | | | | | |
| Punto de inflamación (vaso abierto de Cleveland), °F. | 150 + | 150 + | 175 + | 200 + | 255 + | 250 + |
| Viscosidad Furol a 77° F., segundos | 75.150 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 122° F., segundos | --- | 75.150 | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 140° F., segundos | --- | -- | 100.200 | 250.500 | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 180° F., segundos | --- | -- | -- | -- | 125.250 | 300.600 |
| Porcentaje de Agua | 0.5 | 0.5 | -- | -- | -- | -- |
| Destilación: | | | | | | |
| Total destilado a 680° F., porcentaje en volumen | 15.40 | 10.30 | 5.25 | 2.15 | 10. | 5. |
| Ensayo de flotación en el residuo a 122° F., segundos. | 15.100 | 15.100 | 25,100 | 50,125 | 60,150 | 75,200 |
| Residuo asfáltico de penetración 100, porcentaje | 40 + | 50 + | 60 + | 70 + | 75 + | 80 + |
| Ductilidad del residuo asfáltico a 77° F., centímetros .. | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono *, porcentaje ... | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + |
| Temperatura de esparcido °F | 50.120 | 80.200 | 150.200 | 175.250 | 175.250 | 200.275 |
| Temperatura de mezcla °F | 50.120 | 80.200 | 150.200 | 175.250 | 175.250 | 200.275 |

* Si el material no cumple los requerimientos de solubilidad, será aceptable si tiene una solubilidad en bisulfuro de carbono de 99 + %, y el betún soluble en tetracloruro de carbono es el 199.65 + %.

TABLA 2.1

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES ASFALTICOS REBAJADOS DE FRAGUADO MEDIO

| Designación | FM-0 | FM-1 | FM-2 | FM-3 | FM-4 | FM-5 |
|--|---------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Necesidad General | | El material debe estar libre de agua | | | | |
| Punto de inflamación (vaso abierto de Cleveland), °F | 100+ | 100+ | 150+ | 150+ | 150+ | 150+ |
| Viscosidad Furol a 77° F., segundos | 75.150 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 122° F., segundos | - | 75.150 | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 140° F., segundos | - | -- | 100.200 | 250.500 | -- | -- |
| Viscosidad Furol a 180° F., segundos | - | -- | -- | -- | 125.250 | 300.600 |
| Destilación: | | | | | | |
| Destilación (porcentaje del total destilado a 680° F.) | | | | | | |
| a 437° F | 25. | 20. | 10. | 5. | 0 | 0 |
| a 500° F | 40.70 | 25.65 | 15.55 | 5.40 | 30. | 20 |
| a 600° F | 75.93 | 70.90 | 60.87 | 55.85 | 40.80 | 20.75 |
| Residuo de destilación a 680° F., | | | | | | |
| Porcentaje en volumen por diferencia | 50 + | 60 + | 67 + | 73 + | 78 + | 82 + |
| Ensayos en el residuo de destilación: | | | | | | |
| Penetración 77° F., 100 grs., 5 segundos | 120.300 | 120.300 | 120.300 | 120.300 | 120.300 | 120.300 |
| Ductilidad 77° F., * centímetros | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono, porcentaje | 99.5 + | 99.5 + | 99.5+ | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + |
| Temperatura de espaldado °F | 50.120. | 80.150 | 100.200 | 175.250 | 200.275 | 120.225 |
| Temperatura de mezcla °F | 50.120 | 80.150 | 100.200 | 150.200 | 175.225 | 200.250 |

* Si la penetración del residuo es mayor de 200 y su ductibilidad a 77° F, es menor de 100, el material será aceptable si su ductibilidad a 60° es 100 +.

TABLA 2.2

como en los casos anteriores, está dado por cemento asfáltico y un solvente, pero con la salvedad de que éste último tiene la característica de ser más volátil, como puede ser la nafta o la gasolina. Las propiedades de este tipo de asfalto rebajado las podemos observar en la tabla 2.3., que en el mismo caso de los anteriores a mayor número del cero al cinco, mayor contenido de asfalto.

Cabe aclarar que en cualquier tipo de asfalto rebajado sea FL, FM o FR, al grado de cualquiera de ellos les pertenece la misma viscosidad, y representa el porcentaje de asfalto contenido en la solución asfalto-solvente, de acuerdo a la siguiente tabla:

| PRODUCTO | | ASFALTO | SOLVENTE |
|-------------|-------|---------|----------|
| FR, FM y FL | No. 0 | 50% | 50% |
| | No. 1 | 60% | 40% |
| | No. 2 | 67% | 33% |
| | No. 3 | 73% | 27% |
| | No. 4 | 78% | 22% |
| | No. 5 | 82% | 18% |

En esta tabla el número más alto indica una mayor viscosidad. Por ejemplo el FL-4 tendrá mayor viscosidad que el FL-3 y así en forma sucesiva.

b. CEMENTOS ASFALTICOS

Los cementos asfálticos se obtienen al refinar por medio de la destilación a vapor, los residuos más pesados del proceso de fraccionamiento del petróleo, en consecuencia dado que el cemento asfáltico es por su origen un ligante altamente denso, es necesario el calentarse para adquirir fluidez y así trabajabilidad en su aplicación.

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES ASFALTICOS REBAJADOS DE FRAGUADO RAPIDO

| Designación | FR-0 | FR-1 | FR-2 | FR-3 | FR-4 | FR-5 |
|--|--------|--------|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| Necesidad General | | | El material debe estar libre de agua | | | |
| Punto de inflamación (vaso abierto), °F | -- | -- | 80 + | 80 + | 80 + | 80 + |
| Viscosidad FuroI a 77° F., segundos | 75.150 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad FuroI a 122° F., segundos | -- | 75.150 | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad FuroI a 140° F., segundos | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Viscosidad FuroI a 180° F., segundos | -- | -- | -- | -- | 125.250 | 300.600 |
| Destilación: | | | | | | |
| Destilado (porcentaje del total destilado a 680° F.) | 15 + | 10 + | -- | -- | -- | -- |
| a 374° F. | 55 + | 50 + | 40 + | 25 + | 8 + | -- |
| a 437° F. | 75 + | 70 + | 65 + | 55 + | 40 + | 25 + |
| a 500° F. | 90 + | 88 + | 87 + | 83 + | 80 + | 70 + |
| a 600° F. | | | | | | |
| Residuo de destilación a 680° F | | | | | | |
| Porcentaje en volumen por diferencia | 50 + | 60 + | 67 + | 73 + | 78 + | 82 + |
| Ensayos en el residuo de destilación: | | | | | | |
| Penetración 77° F., 100 grs., 5 segundos | 80.120 | 80.120 | 80.120 | 80.120 | 80.120 | 80.120 |
| Ductilidad 77° F., centímetros | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + | 100 + |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono, porcentaje | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + |
| Temperatura de esparcido, °F. | 50.120 | 80.150 | 100.175 | 150.200 | 175.250 | 200.275 |
| Temperatura de mezcla, °F. | 50.120 | 80.125 | 80.150 | 125.175 | 150.200 | 175.225 |

TABLA 2.3

Para cada tipo de construcción, se designa el cemento asfáltico más apropiado, de acuerdo a su grado de penetración, el cual está en función al clima, tipo y naturaleza de tráfico al que ha de estar sometido el pavimento: dicho grado de penetración se controla por la cantidad de aceites fluxantes que se mantiene al final del proceso. En la tabla 2.4 se puede ver claramente las características de los cementos asfálticos, en función de su grado de penetración.

c. EMULSIONES ASFALTICAS

Las emulsiones asfálticas son la mezcla de cemento asfáltico con agua, ayudados por un tercer ingrediente para poder mantenerlas en suspensión durante un cierto lapso de tiempo, a este ingrediente se le llama agente emulsionante, el cual puede ser orgánico o inorgánico, tales como arcilla coloidal, silicatos solubles o insolubles, jabón y aceites vegetales sulfatados.

Dado que el agente emulsionante sirve únicamente para mantener la mezcla durante un lapso de tiempo determinado, el cual se controla en base al mismo agente, es necesario tener cuidado en su rompimiento prematuro, ya que el calor, el frío o una presión excesiva pueden ocasionarlo.

Las emulsiones asfálticas se clasifican en base al tiempo de ruptura, así en:

- a) de ruptura rápida (RS) tipo 1 ó 2
- b) de ruptura media (MS) tipo 1 ó 2
- c) de ruptura lenta (SS) tipo 1

Las especificaciones de estas diferentes emulsiones asfálticas las podemos apreciar en la tabla 2.5

ESPECIFICACIONES PARA CEMENTOS ASFALTICOS

| | | | |
|---|--|---------|---------|
| Requerimientos Generales | El asfalto procederá del refinamiento del petróleo. Tendrá un carácter uniforme y no formará espuma si se calienta a 350°F | | |
| Penetración 77° F., 100 grs. 5 segundos | ** | ** | ** |
| (Grado de penetración) | 40.50 | | |
| | 50.60 | 100.120 | |
| | 60.70 | 120.150 | 200.300 |
| | 70.85 | 150.200 | |
| | 85.100 | | |
| Punto de inflamación (vaso abierto de Cleveland), °F | 450 + | 425 + | 350 + |
| Pérdida al calor, 325° F 5 horas, porcentaje | 1. | 2. | 2. |
| Penetración después de la pérdida al calor, 77° F, 100 grs. 5 segundos, por ciento original | 70 + | 70 + | 60 + |
| Ductilidad: | | | |
| 77° F., centímetros | 100 + | 60 + | 60 + |
| 64° F., centímetros | - | - | - |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono, porcentaje | 99.5 + | 99.5 + | 99.5 + |
| Temperatura de esparcido, °F | 275.350 | 275.350 | 275.350 |
| Temperatura de mezcla, °F | 275.325 | 275.325 | 200.275 |

TABLA 2.4

ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES ASFALTICAS

| Clase | Ruptura rápida | | | | Ruptura Media | | | | Ruptura Lenta | |
|---|----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|
| | RS-1 | | RS-2 | | MS-1 | | MS-2 | | SS-1 | |
| | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. |
| Viscosidad Saybolt Furol, 60 ml. a 77° (25°C), segundos | 20 | 100 | | | 20 | 100 | 100 | | 20 | 100 |
| Viscosidad Saybolt Furol, 60 ml. a 122°F (50°C), segundos | | | 75 | 400 | | | | 65 | | |
| Residuo por destilación, porcentaje. | 55 | 60 | 63 | 68 | 55 | 60 | 60 | 5 | 57 | 62 |
| Sedimentación, 5 días | | 3 | | 3 | | 5 | | | | |
| Demulsificación, porcentaje: | | | | | | | | | | |
| 33 ml. de 0.02 N CaCl ₂ | | | 60 | | | | | | | |
| 50 ml. de 0.10 N CaCl ₂ | | | | | | 30 | | 30 | | |
| Miscibilidad con agua, coagulación apreciable en 2 horas | | | | | | Nada | | Nada | | |
| Miscibilidad modificada con agua, diferencia de contenido asfáltico | | | | | | | | | | 4.5 |
| Ensayo de mezcla de cemento, porcentaje | | | | | | | | | | 2.0 |
| Ensayo de revestimientos | | | | | | | | | | |
| Ensayo de tamizado, porcentaje ... | | 0.10 | | 0.10 | | 0.10 | | 0.10 | | 0.05 |

El ensayo de demulsificación deberá practicarse dentro de 30 días de la fecha de embarque.

Si la muestra de emulsión asfáltica no cumple el ensayo de miscibilidad modificada con agua, deberá entonces someterse a los ensayos de sedimentación en 5 días y de miscibilidad. Si la diferencia numérica entre los porcentajes medio de sedimentación en 5 días es menor de 3, y si el ensayo normal de miscibilidad revela que no hay coagulación apreciable en 2 horas, entonces se considerará que la emulsión asfáltica cumple con las especificaciones y deberá ser aceptada.

TABLA 2.5

III.2. RIEGO DE IMPREGNACION

Es la aplicación de un producto asfáltico rebajado de fraguado medio o lento a la base terminada. Tiene como -- función principal formar una transición estable entre la - base y la carpeta para lo cual debe quedar anclado en la - base, además reducir la permeabilidad de la superficie im-
pregnada y aglutinar las partículas en la zona penetrada.

Las bases deben estar construidas con materiales que -- cumplan las especificaciones respectivas a ellas, deben es-
tar además superficialmente libres de polvo y de cualquier
otro material suelto o extraño, bien compactadas y confor-
madas y en el momento de recibir el riego asfáltico deben-
estar secas superficialmente hasta una profundidad de ---
1 cm.

La textura de la base varía con el material que se --
use y la bondad del riego de impregnación depende en gran-
parte de esa textura, por este motivo es aconsejable que -
la curva granulométrica de la base, esté preferentemente -
dentro de las zonas I y II, principalmente dentro de la so-
na I de las especificaciones granulométricas y que la can-
tidad de partículas de diámetro menor de 0.005 mm., sea in-
ferior al 10% de las de tamaño medio y grueso que contenga
el material de la base y que sean relativamente duras, pa-
ra que no se rompan apreciablemente durante el proceso de-
compactación modificando grandemente la granulometría; por
último debe existir una buena adherencia entre el asfalto-
del riego con el material de la base, aún cuando ésta se -
encuentra húmeda ya que es prácticamente imposible que la-
misma permanezca seca aún en climas relativamente áridos -
una vez que ha quedado cubierta con la carpeta.

El producto asfáltico adecuado para este riego, debe ser de baja viscosidad y tener un disolvente que no sea de rápida volatilidad, ya que éso equivaldría a que el producto regado aumentara rápidamente su viscosidad quedándose en la superficie. Los productos recomendados para este fin generalmente son:

FM-0 FM-1 FM-2, para aquellos lugares donde se tenga un clima caluroso, cuya temperatura mínima no sea inferior a 20°C durante los días de trabajo, pueden también usarse los productos de fraguado lento.

Aunque sea conveniente usar un producto poco viscoso, lo que importa es que quede una película asfáltica de un espesor adecuado que cubra las partículas superiores de la base, que son las que quedan impregnadas, por lo que no es adecuado usar productos demasiado fluidos, debido a su bajo contenido de residuo asfáltico, ya que si ésto sucede se puede obtener una buena penetración del riego, pero la película de cemento asfáltico será tan delgada que apenas alcanzará a colorear de negro las partículas. Cuando por causas especiales es necesario emplear un producto que tenga un bajo contenido de cemento asfáltico FM-0 o FL-0, se recomienda dar primero una aplicación y una vez que se haya penetrado darle una segunda aplicación con el fin de que no quede demasiado delgada la película asfáltica, para no correr el riesgo de que el riego de impregnación afloje superficialmente a la base, haciendo un efecto de lubricación en vez de una cementación que es lo que se pretende, la segunda aplicación se hace solamente cuando sea indispensable y deberá tenerse especial cuidado.

El riego asfáltico debe penetrar completamente en la base sin que quede exceso de asfalto no absorbido en la superficie, es común observar que un producto asfáltico se -

puede comportar en diferente forma cuando se aplica sobre una base que tiene aparentemente poca variación, por lo -- cual es muy importante una vez que se haya terminado el -- producto asfáltico que debe emplearse, hacer pruebas sobre la base debidamente preparada para determinar la cantidad de litros por metro cuadrado que habrá que regar, modificando esta cantidad cada vez que sea necesario. La cantidad y tipo de asfalto que debe emplearse deberá ser determinada en función de la textura y permeabilidad de la base tomando en cuenta también la temperatura del medio ambiente que se tenga. El número de litros por metro cuadrado que deben regarse deberán estar comprendidos entre 1.2 y 2.0 lts., siendo preferible quedar un poco escaso a tener un exceso no absorbido que pueda afectar la estabilidad de la carpeta, es decir, que provoque escurrimientos de la misma o que el exceso de asfalto accienda a la superficie ocasionando los llamados "LLORADOS" en la misma. Cuando una base requiere más de 2.0 lts/m² ello será atribuible a que sea ésta demasiado abierta, lo cual se considera un defecto que puede ser ocasionado por una mala graduación, por falta de compactación o bien por contener gran cantidad de partículas porosas.

Para obtener un buen riego de impregnación es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- a) Antes de recibir el riego de impregnación la base debe estar bien conformada, compactada y seca hasta 1 cm. mínimo de profundidad.
- b) La base debe estar exenta de polvo y partículas sueltas o extrañas, por lo cual, antes de recibir el riego de asfalto deberá barrerse lo mejor posible.
- c) La base no debe tener depresiones donde pueda en -

-- charcarse el producto asfáltico del riego, cuando ésto suceda será necesario eliminar el exceso de asfalto de los charcos por medio de cepillos.

- d) La petrolizadora deberá contar con equipo para calentar el producto asfáltico y con una bomba con la potencia suficiente para dar una presión que produzca una dispersión uniforme en todas las "ESPREAS" - de la barra, ésta deberá ajustarse para que durante el riego permanezca a una altura constante, de manera que trabajando adecuadamente todas las "ESPREAS" riegue uniformemente y cubra toda la superficie.
- e) El producto asfáltico deberá regarse a la temperatura recomendada por las tablas de aplicación, pero como es importante que la viscosidad permanezca lo más baja posible para que el producto pueda penetrar, es aconsejable dar el riego a la hora más calurosa del día.
- f) El período de curado debe ser como mínimo de 24 horas, se recomienda cerrar el tramo regado mientras tanto no ha penetrado la mayor parte del producto - regado y hasta después de haber endurecido el que queda en la superficie de tal modo que no se levante con las llantas de los vehículos, cuando por razones de tránsito no pueda dejarse por mucho tiempo cerrado un tramo, puede darse después de transcurridas como mínimo 12 Hrs., un riego de arena para evitar que las llantas levanten el riego, ésto podrá hacerse como una medida de emergencia aunque es preferible dejar que el riego tenga su tiempo de curado completo sin permitir el tránsito sobre él, ésto es en cuanto se refiere a carreteras. Para aeropistas no deberá usarse ni aún para aeronaves de poco peso ya que la fricción de las llantas sobre el riego de impregnación es tan fuerte que lo levantaría.

- g) La base impregnada no deberá dejarse sin carpeta por mucho tiempo pues tiene el peligro de que el tránsito lo deteriore. Este tiempo es variable según la intensidad de tránsito, el clima del lugar y la calidad de los materiales, pero el tiempo normal que debe de transcurrir entre la fecha en que se dá el riego de impregnación y la construcción de la carpeta no deberá ser mayor de 8 días.

El riego de impregnación bien dado, es aquel en donde quede uniformemente cubierta la base con el material asfáltico y esté firmemente adherido a las partículas de ella, la penetración normal del riego de impregnación en una base es de 8 a 10 mm., sin embargo en algunos casos una penetración de 3 a 5 mm., puede ser satisfactoria si hay anclaje y buena adherencia entre el asfalto y la base.

Mientras más delgada sea la carpeta asfáltica de mayor importancia será el riego de impregnación, por lo cual es necesario dar la debida atención a éste, sobre todo en los casos en donde se hagan tratamientos superficiales, de un riego principalmente. En este caso además de tomar las precauciones aconsejables es indispensable certificarse de la afinidad del material de la base con el asfalto, con objeto de tomar las medidas necesarias, para que la adherencia del riego sea satisfactoria.

MEDIDAS PARA MEJORAR EL RIEGO DE IMPREGNACION

Cuando el riego de impregnación no quede de la calidad que se desea, a pesar de haberse observado todas las recomendaciones, se pueden tomar en cuenta las siguientes formas de mejorar dicha calidad:

- a) Incorporar arena o material grueso a la base, con el fin de bajar el porciento de partículas menores de 0.005 mm. de diámetro en la base y obtener una textura más adecuada.
- b) Emplear un producto menos viscoso para facilitarle su penetración en la base.
- c) Adicionarle al producto asfáltico un aditivo adecuado. Cuando se usa éste, además de mejorar la adherencia del asfalto, mejora también su penetración en la base.
- d) Cuando a pesar del barrido quede una superficie de textura muy cerrada y muy seca, puede darse un riego ligero de agua con un esparcidor equipado con bomba, barra y espreas, para desalojar el aire absorbido que tienen las partículas más finas y que impide un buen recubrimiento del riego asfáltico. Se debe dejar este riego hasta que se evapore casi totalmente el agua y cuando empiece a dar la base la apariencia de estar seca, se procede a la aplicación del riego asfáltico.

El riego asfáltico de impregnación es indispensable - tanto en caminos pavimentados como en aeropistas y las consideraciones que se mencionaron antes deben tomarse en cuenta para ambos casos.

Sobre el riego de impregnación, una vez realizado satisfactoriamente se procederá a la construcción de la carpeta asfáltica, que podrá ser elaborada por el sistema de riegos, o por el sistema de mezcla asfáltica.

III.3. RIEGO DE LIGA

Definición.- Es un tratamiento superficial para unir capas, tiene por objeto unir perfectamente la base con la mezcla asfáltica mediante la aplicación de un material asfáltico.

Normalmente se aplica a las bases o sub-bases impregnadas antes del tendido de base negra o carpeta asfáltica, dependiendo del diseño del pavimento, pero también se aplica entre base asfáltica y carpeta asfáltica cuando el tiempo de tendido entre una y otra capa es mayor de 36 horas o entre pavimento existente (carpeta asfáltica o concreto hidráulico) y carpeta asfáltica cuando se trata de una sobre carpeta.

ESPECIFICACIONES DE EJECUCION

Los materiales asfálticos que deberán emplearse en el riego de liga, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones de rompimiento rápido.

La superficie de la base o sub-base impregnada, de la base asfáltica o del pavimento existente, deberá barrerse perfectamente para dejarla exenta de materias extrañas y polvo; además no deberá haber material asfáltico encharcado. Cuando haya superficies muy secas y polvosas, será necesario barrer correctamente y dar un ligero riego de agua para romper la tensión superficial.

El riego de liga deberá aplicarse con petrolizadora, en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo y en la cantidad que fije el proyecto. Este riego deberá darse antes de --

iniciar el tendido de la mezcla asfáltica, dejando transcurrir entre ambas operaciones, el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

Las cantidades de ligante que se recomiendan varían de 0.3 a 0.5 litro por metro cuadrado, siempre en relación con el tipo de superficie sobre la cual se va a aplicar.

No es conveniente que este riego esté expuesto más de 10 horas sin que se tienda la mezcla asfáltica, ya que puede adquirir impurezas, tales como polvo, agua o materias extrañas. Si por causas de fuerza mayor, dicho lapso de exposición del riego fuese mayor, se repetirá la aplicación con bachador a razón de 0.2 lt./m².

Las superficies porosas, de granulometría abierta, -- etc., pueden tener una mayor absorción que las muy cerradas y ricas en asfalto. No existe un verdadero diseño para realizar este tipo de tratamientos, sino únicamente recomendaciones basadas en la experiencia, mientras más porosas, mayor será la cantidad de material asfáltico que se deberá emplear.

Como ya se mencionó, el riego de liga deberá aplicarse con una petrolizadora, la cual debe contar con equipo de calentamiento para elevar la temperatura del material asfáltico a la temperatura recomendada y con una bomba con la potencia suficiente, para dar una presión que produzca una dispersión uniforme en todas las espesas de la barra, -- está deberá ajustarse para que durante el riego permanezca a una altura tal que las espesas rieguen uniformemente cubriendo toda la superficie.

El tanque de la petrolizadora debe estar calibrado de tal forma que pueda medirse su contenido en incrementos no mayores de 40 litros, con el fin de determinar exactamente el volumen de material asfáltico aplicado en un tramo por la petrolizadora. Esta calibración del tanque distribuidor se realiza con el tanque vacio y las válvulas y tubos de salida cerrados para evitar fugas de líquidos, enseguida se llena el tanque con agua utilizando para ello recipientes bien medidos de 20 a 30 litros de capacidad, después de añadir cada recipiente de agua, se mide y se apunta la profundidad de la superficie libre del agua en el centro del tanque. Las profundidades así obtenidas se marcan en una regla metálica, en incrementos de 20 a 30 litros, y esta regla es la que se emplea para determinar el contenido del tanque a cualquier nivel. Para conocer la cantidad de asfalto que se ha regado en un tramo, se mide con la regla metálica el tanque de la petrolizadora antes y después de la aplicación del material asfáltico y por la diferencia de las dos lecturas se conoce el volumen regado.

También se puede determinar la cantidad regada por metro cuadrado, colocando en el tramo por regar un papel de superficie conocida, y pesando el papel antes y después de dar el riego, obtendremos el peso del material asfáltico aplicado y dividiéndolo entre la densidad del mismo conoceremos el volumen regado por metro cuadrado. Este procedimiento puede ser usado para comprobar de tiempo en tiempo si es correcta la calibración de la regla.

III.4 TRATAMIENTO DE RIEGOS MÚLTIPLES

TRATAMIENTOS ASPÁLTICOS SUPERFICIALES MÚLTIPLES

Se compone de capas sucesivas de ligante asfáltico y agregados aplicados de la misma forma descrita para los -- tratamientos asfálticos superficiales monocapa, comúnmente se reduce la primera aplicación de ligante asfáltico, mientras que el tamaño máximo de los agregados de la primera - capa aumenta con el número de capas por aplicar.

Las dosificaciones máximas y mínimas de materiales asfálticos y agregados y las granulometrías de los agregados indicados en las tablas 3.1 a 3.3 representan la medida -- aproximada de los valores aplicados en general.

Se deberá analizar los agregados cuidadosamente para- determinar su tamaño máximo efectivo, ya que si se dispone de agregados gruesos respecto a la especificación, será necesario emplear las cantidades máximas de material asfálti- co y de agregados, de la misma forma si son finos será una dosificación mínima de ambos materiales.

Manejo de asfalto. - usualmente se reciben de la refi- nería en vagones cisterna o en camiones-cisterna, teniendo una capacidad de 30,000 y 40,000 litros, estos vagones es- tán provistos de serpentines de vapor, de modo que a su -- llegada puede calentarse su contenido mediante vapor o -- aceite caliente impulsado a través de dichos serpentines, - ya que estos calentadores se utilizan para calentar el contenido frío de un vehículo hasta que el asfalto haya alcan- zado su punto de vertido, en cuyo momento puede elevarse - más rápidamente la temperatura por medio de un calentador- de circulación. Ningún material debe calentarse a más de-

10°C por encima de su temperatura de aplicación, ya que al calentar un material en frío (asfalto) puede perjudicar el material sobrecalentándolo y coquificándolo. No es aconsejable usar este tipo de calentadores hasta que toda la masa del producto esté lo suficientemente fluida para ser impulsada por la bomba del calentador.

El transporte de los materiales asfálticos en camión-cisterna permitirá en distancias hasta de 400 Km., recibir el material en instalaciones de almacenaje situadas en obra, pudiendo llegar al material a temperatura adecuada para manejarlo en calentadores de circulación.

Manejo de los agregados.- Conforme a lo que indiquen las normas de calidad, tanto durante la trituración como antes del tendido de los materiales en las capas (debe recordarse que cuando hay estratigrafía diferente en los bancos, las características cambian según se determinen antes o después de mezclarlos), deberán de hacerse muestreos para determinar:

GRANULOMETRIA

GRADO DE DUREZA

LIMITES DE ATTERBERG. (límite líquido, índice de plasticidad, etc.)

VALOR RELATIVO DE SOPORTE

VALOR CEMENTANTE

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

EQUIVALENTE DE ARENA

PORCENTAJE DE PARTICULAS PLANAS O ALARGADAS

PESO VOLUMETRICO SECOS MAXIMO

Los procedimientos están indicados en los manuales para el efecto.

| Aplicación | Litros de asfalto por metro cuadrado | | Litros de gravilla por metro cuadrado | |
|--------------|---|------|--|------|
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Primera capa | 1.12 | 1.57 | 12 | 18 |
| Segunda capa | 1.57 | 2.00 | 6 | 9 |

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

| Aplicación | Porcentaje de material que pasa por la malla de | | | | |
|--------------|---|----------|----------|--------|---------|
| | 1 Pulg | 3/4 pulg | 1/2 pulg | Núm. 4 | Núm. 10 |
| Primera capa | 100 | 55.85 | 0.15 | 0.2 | |
| Segunda capa | ... | 100 | 90.100 | 10.30 | 0.3 |

Tabla 3.1 Dosificación de asfalto y agregados y granulometría de éstos por tratamientos asfálticos superficiales dobles.

| Aplicación | Litros de asfalto por metro cuadrado | | Litros de gravilla por metro cuadrado | |
|--------------|---|------|--|------|
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Primera capa | 0.9 | 1.35 | 15 | 18 |
| Segunda capa | 1.57 | 2.25 | 7.5 | 9 |
| Tercera capa | 1.12 | 1.57 | 5 | 6 |

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

| Aplicación | Porcentaje de material que pasa por la malla de | | | | | |
|--------------|---|--------|----------|----------|--------|---------|
| | 1 1/2 pulg | 1 pulg | 3/4 pulg | 1/2 pulg | Núm. 4 | Núm. 10 |
| Primera capa | 100 | 85-100 | 25.45 | 0.20 | 05. | |
| Segunda capa | ... | ..... | 100 | 65.90 | 0.10 | 0.3 |
| Tercera capa | ... | ..... | ..... | 100 | 10.35 | 0.3 |

Tabla 3.2 Dosificación de asfalto y agregados y granulometría de éstos para tratamientos asfálticos superficiales triples.

| APLICACION | Litros de asfalto por metro cuadrado | | Litros de gravilla por metro cuadrado | |
|--------------|---|------|--|------|
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Primera capa | 1.12 | 1.57 | 18 | 24.5 |
| Segunda capa | 2.00 | 2.47 | 10 | 13 |
| Tercera capa | 1.57 | 2.25 | 7.5 | 9 |
| Cuarta capa | 1.72 | 1.57 | 5 | 6 |

GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

| APLICACION | Porcentaje de material que pasa por la malla de | | | | | | |
|--------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 1½ pulg | 1¼ pulg | 1 pulg | ¾ pulg | ½ pulg | Núm. 4 | Núm. 10 |
| Primera capa | 100 | 79.95 | 15.40 | 0.15 | 0.5 | | |
| Segunda capa | ... | 100 | 90.100 | 25.45 | 0.20 | 0.5 | |
| Tercera capa | ... | ..... | ..... | 100 | 65.90 | 0.10 | 0.3 |
| Cuarta capa | ... | ..... | ..... | ..... | 100 | 10.35 | 0.3 |

Tabla 3.3 Dosificación de asfaltos y agregados y granulometría de éstos para tratamientos superficiales cuádruples.

RIEGOS DE SELLADO, DE COLOR Y ANTIDESLIZANTES

Estos métodos son idénticos, sin embargo, puede haber considerables diferencias en las dosificaciones de material asfáltico y agregados en relación con los fines de éstos riegos.

Un riego de sellado es una aplicación de material asfáltico y agregados sobre una superficie existente para sellarlo contra la infiltración de la humedad superficial, en superficies asfálticas existentes las cuales se han agrietado y oxidado a lo largo de cierto número de años, en cambio el riego de color será sobre superficies viejas o nuevas, con el fin de obtener un efecto de concreto de color.

Los riegos antideslizantes, son aplicaciones relativamente ligeras de material asfáltico y agregados para obtener aumento en la resistencia al deslizamiento.

Los requisitos a exigir del asfalto varían de acuerdo con las diferentes características de las superficies existentes, así como sus factores los cuales son:

- 1.- Estado de la superficie existente y propósito del sellado.
- 2.- Estación del año en que ha de realizarse el trabajo.
- 3.- Carácter y tamaño máximo efectivo de los agregados a emplear como material de cobertura.
- 4.- Volumen y peso del tráfico.

La cantidad de asfalto preciso para riegos antideslizantes es en general mucho menor que la necesaria para los

riegos de sellado.

Las dosificaciones de material asfáltico pueden alcanzar volúmenes hasta de 1.8 litros por m² para riegos de sellado en capas de 18 mm., de lo contrario 0.9 litros por m² en capas de 9 mm.

En riegos de color y antideslizantes su aplicación será de 0.57 a 0.95 litros por m².

SELECCION DEL TIPO Y GRADO DEL MATERIAL ASFALTICO

Las condiciones climatológicas dominantes en que se ha de realizar el trabajo y estación del año ejercen considerable influencia en el tipo y grado de material asfáltico.

Generalmente se emplean tipos blandos de betún asfáltico cuando los trabajos de sellado pueden efectuarse durante la primera parte del verano, en caso de estación fría, para obtener resultados óptimos se emplea un cutback o cuando la superficie se esta desintegrando.

La emulsión asfáltica de alta viscosidad y rotura rápida dá resultados satisfactorios en cualquier época del año excepto para temperaturas menores de 5°C.

DOSIFICACION DE MATERIAL ASFALTICO Y AGREGADOS

La relación entre las dosificaciones de ligante y agregados en riegos de sellado, prescindiendo de la absorción del ligante por la superficie del pavimento y por los agregados, debe ser de 0.45 litros de material asfáltico y 4.5 Kg. de agregados por m², la cantidad de ligante ab -

-sorbida por los agregados usualmente varía de 0.045 a -- 0.135 litros por m².

Ya se dijo anteriormente que en riegos antideslizantes es menor la cantidad que para los riegos de sellado, - su relación será 0.67 litros de material asfáltico y 10.8 Kg. de agregados por m².

AGREGADOS IMPREGNADOS PREVIAMENTE

Los riegos de sellado pueden utilizarse e impregnarse de antemano en los agregados con 1% aproximadamente de cutback MC-0, de esta manera elimina el asfalto corriente mente polvoriento, dándole una elevada afinidad por el ma terial asfáltico, reduciendo así el volumen de piedras -- arrancadas por el tráfico, los agregados no quedarán su - mergidos en asfalto y el tráfico deberá rodar sobre agre - gado y no sobre asfalto.

Sturry-seal, con emulsión asfáltica -El sturry-seal- es un medio económico de sellar una superficie asfáltica existente, agrietada o envejecida. Produce además un aca bado suave de la superficie, añadiendo muchos años de vida. El sturry-seal mezclado y aplicado en debidas condi - ciones, rellena y sella las grietas y nivela en cierto -- grado pequeñas irregularidades superficiales.

Se aplica una pasta compuesta de arena fina o resi - duos del cribado de piedra caliza, o una combinación de - ambos materiales, emulsión asfáltica y agua.

La emulsión asfáltica empleada para este tipo de tra bajo debe corresponder al tipo SS-1 de la tabla 2.5

Los agregados utilizados para esta mezcla pueden ser de una arena bien graduada; sin embargo, se han obtenido mejores resultados empleando una combinación de 50% de arena y 50% de residuos de cribado de piedra. Los límites recomendados para la granulometría de los agregados son:

| M A L L A | % QUE PASA |
|-----------|------------|
| No. 8 | 100 |
| No. 10 | 90-100 |
| No. 20 | 60-85 |
| No. 40 | 40-60 |
| No. 80 | 15-30 |
| No. 200 | 3-10 |

Una mezcla típica para agregados de tamaño medio sería 78% en peso de agregados, 8% emulsión asfáltica tipo SS-1 y 14% de agua.

SELLADOS CON EMULSION DILUIDA SIN MATERIAL DE CUBRICION

Aunque el sturry-seal resulta económico en comparación con el tipo convencional de riego de sellado construido con aplicación de material asfáltico y agregados, es aún más económico el sellado con emulsión diluida sin necesidad de material de cubrición.

Este tipo de sellado consiste en la aplicación a una superficie existente, de una pequeña cantidad de emulsión diluida para sellar grietas de pequeña importancia o detener la desintegración de la superficie, que puede estar empezando a mostrar desperfectos a causa de su escaso contenido de asfalto. Se obtienen buenos resultados con emulsión del tipo SS-1 o MS-2.

TRATAMIENTOS POR PENETRACION

El tipo más antiguo de pavimento para carreteras, utilizado aún en nuestros tiempos, se denomina McAdam, el cual es un ligante asfáltico para unir las superficies de los elementos de piedra partida y formar una cubierta impermeable sobre la sub-base preparada. Los pavimentos de este tipo pueden construirse rápidamente y son fuertes, duraderos y económicos en su construcción, sus gastos de conservación son casi tan bajos como los correspondientes a cualquier pavimento de alta calidad; teniendo como características las mismas empleadas por McAdam a comienzos del siglo XIX y son:

- 1.- Elevar la base de tierras sobre el terreno circundante para obtener un buen drenaje.
- 2.- Dar pendiente a la caja y desaguar el agua superficial en la cunetas.
- 3.- Emplear piedra partida limpia para la capa de superficie, sin añadir arcilla o material orgánico que pueda retener el agua o ser afectada por la acción del hielo.
- 4.- Proyectar el camino de acuerdo con las condiciones de tráfico.
- 5.- Drenar y compactar el suelo que forma la cimentación para que pueda soportar las cargas.
- 6.- Compactar las diversas capas de piedra de tamaño homogéneo hasta obtener una superficie firme y uniforme.

Agregados para capas de base. - En las tablas 3.4 y 3.5 se indican los límites de la granulometría de los agregados gruesos y finos utilizados generalmente para construir las capas de base.

| TAMAÑO DE LA MALLA | Porcentaje total que pasa en peso | |
|--------------------|-----------------------------------|--------|
| | A g r e g a d o s | |
| | Gruesos | finos |
| 2½ pulg. . . . | 100 | |
| 2 pulg. | 90-100 | |
| 1½ pulg. . . . | 35-70 | |
| 1 pulg. | 0-15 | 100 |
| ¾ pulg. . . . . | .... | 90-100 |
| ½ pulg. | 0-5 | |
| ¾ pulg. . . . . | .... | 20-55 |
| Núm. 4 . . . . | .... | 0-10 |
| Núm. 10 . . . . | .... | 0-3 |

Tabla 3. 4

| TAMAÑO DE LA MALLA | Porcentaje total que pasa en peso | | |
|--------------------|-----------------------------------|-------------|--------|
| | A g r e g a d o s | | |
| | Gruesos | Intermedios | Finos |
| 2½ pulg. | 100 | | |
| 2 pul. | 85-100 | | |
| 1½ pulg. | 45-75 | | |
| 1 pulg. | 0-25 | 100 | |
| ¾ pulg. . . . . | .... | 85-100 | 100 |
| ½ pulg. | 0.5 | ..... | 90-100 |
| 2/8 pulg. . . . . | .... | 20.55 | 40.75 |
| Núm. 4 . . . . | .... | 0.10 | 5.25 |
| Núm. 10 . . . . | .... | 0.3 | 0.3 |

Tabla 3. 5

Materiales asfálticos.- El material asfáltico empleado como ligante en capas de base y superficie de McAdam -- con penetración, puede ser betún asfáltico 85/100, 100/120 ó 120/150, o emulsión asfáltica de tipo RS-1 o RS-2.

Es importante que las temperaturas del asfalto sean - las especificadas; los límites ordinarios son 135° a 175°C si bien la emulsión de asfalto se suele aplicar a temperaturas comprendidas entre 50° y 65°C. Cuando se extiende - el asfalto a temperaturas más bajas que las mencionadas, - la aplicación no es uniforme y no se obtiene una buena - unión del conjunto de los agregados.

III.5 MORTEROS ASFALTICOS

Son los que se elaboran con material pétreo de determinada granulometría, agua y emulsión asfáltica, para ser aplicados sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica, con el objeto de impermeabilizarlas y protegerlas del desgaste.

Se conoce con el nombre de Mortero Asfáltico o Sheet-Asphalt a una arena bien graduada combinada con cemento asfáltico y filler mineral. Los pavimentos de este tipo han sido empleados durante muchos años en calles de ciudades, debido a que por su textura densa y cerrada son lisos, limpios y extremadamente silenciosos, pudiendo dárseles características antideslizantes con la adición de arena de granos angulosos.

Los pavimentos de mortero asfáltico generalmente se emplean fuera de la ciudad, a causa de su elevado costo. Se necesita un alto porcentaje de asfalto y siendo una mezcla crítica necesita un control técnico exacto, pues tanto un pequeño exceso o defecto de algún tamaño de agregado o de contenido de asfalto puede reducir la estabilidad del pavimento, y un exceso de asfalto hace resbaladizo el pavimento cuando está húmedo.

Las temperaturas de mezcla varían desde 275 a 325°F, (135 a 163°C), según el concreto asfáltico usado y la temperatura de la mezcla al ser tendida en la carretera debe ser superior a 250°F (121°C), para tendido mecánico. Para obtener buenos resultados, la temperatura ambiente debe estar por arriba de los 40°F (4.4 °C).

En la mayoría de las graduaciones de mortero asfálti-

-co, el tamaño de la partícula máxima es aproximadamente el de la malla número 10, no siendo práctico para tan pequeñas partículas el cribado y vuelta a mezclar, desde el punto de vista de producción. En lugar de ello la graduación se consigue mezclando arenas en el alimentador de ríos y añadiéndole filler de polvo granular en la amasadora. Sin embargo, como la misma instalación de mezcla se emplea corrientemente para preparar la base compuesta por elementos más gruesos, que requieren separación de tamaños después del secado, la arena del mortero asfáltico se pasa por una malla del número 10 o mayor para separar cualquier materia de mayor tamaño que se haya unido a la arena durante su preparación.

Agregados de Granulometría Cerrada con
Tolerancia muy limitada

| MORTERO ASFÁLTICO | | |
|---|---|---|
| Ligantes normalmente usados | Porcentaje de ligante normalmente usado | Especificaciones más aproximadas otros datos A.1. B.P.R. |
| AC'S: 50-60 60-70 70-85 85-100 | 8½ 1½ | A.4 J-1 |

TABLA 3.6

Dado que es difícil lograr una buena adhesión entre una mezcla asfáltica con agregados finos y una base rígida, el pavimento de mortero asfáltico se construye tendiendo dos capas. Originalmente se tendía primero una capa de liga de 1¼ pulgadas (38 mm.) con material más grueso, y luego la capa de rodamiento también de 1¼ pulgadas (38 mm.)

con agregados más finos. Estos espesores han sido modificados en la práctica asignándose más espesor a la capa inferior de liga y menos espesor a la capa superior, de costo más elevado. La capa de liga es indispensable, ya que contribuye a nivelar la base, aumenta la resistencia al agrietamiento y mejora la adhesión del pavimento a la base.

El mortero asfáltico se tiende mejor con una terminadora mecánica. No es una mezcla asfáltica fácil de manipular y se requiere un control cuidadoso de la temperatura las operaciones de mezcla y maquinaria terminadora especialmente en las operaciones de mezcla, el control de laboratorio deberá ser minucioso. Debido a ello, el uso de mortero asfáltico ha sido substituido en gran parte por el empleo de concreto asfáltico que, además de resultar más económico, es un material menos crítico.

MORTERO ASFALTICO CON AGREGADO GRUESO

Esta graduación es similar a la del mortero asfáltico expuesto anteriormente, pero incluye elementos gruesos con la arena, de aquí su nombre de mortero asfáltico con agregado grueso. En realidad esta mezcla bituminosa (llamada a veces Topeka modificada) está en el límite entre mortero y concreto asfáltico.

Las temperaturas de mezcla varían entre (135 a 163°C) 275 a 325°F, según el tipo de cemento asfáltico empleado y la temperatura de distribución debe ser por lo menos (121°C) 250°F., rara vez se permite la distribución con temperatura ambiente inferior a 40°F (4.4°C)

Agregados de Granulometría cerrada con tolerancia muy limitada

| MORTERO ASFALTICO CON AGREGADO GRUESO | | |
|---|---|---|
| Ligantes normalmente usados | Porcentaje de ligante normalmente usado | Especificaciones más aproximadas otros datos A.I. B.P.R. |
| AC's: 50-60 60-70 70-85 85-100 | 6-9 | A.3. B-2 F-1 |

TABLA 3.7

Al contrario del mortero asfáltico, este tipo de mezcla es fácil de distribuir mecánicamente, porque el contenido de finos está considerablemente reducido y la graduación general es más fácilmente controlable.

El mortero asfáltico con agregado grueso se mezcla mejor en Planta fija con el agregado dividido en dos tolvas por la malla número 10. La arena que ocupa del 75 al 80 por 100 del total de agregados debe ser controlada, en el alimentador de finos, combinando diferentes arenas, ya que como antes se ha dicho, no es práctico separar materiales con malla menor del número 10.

Como aproximadamente las tres cuartas partes de los agregados los suministra la tolva de arena, es conveniente aumentar proporcionalmente la capacidad de esta tolva para asegurar el suministro o si se dispone de una tercera tolva, pueden emplearse dos para arenas, quedando la otra para la piedra cribada.

El mortero asfáltico con agregado grueso se emplea solamente como capa de rodamiento, la base es un concreto bituminoso con agregados de mayor tamaño.

CONCRETO ASFALTICO

La gran mayoría de las carreteras arteriales asfálticas se construyen actualmente con concreto asfáltico, ya que deben estar previstas para soportar las más pesadas cargas del tráfico. El espesor total del pavimento asfáltico varía generalmente entre dos y cuatro pulgadas.

Este material ha venido a ser considerado como el más económico para la pavimentación de carreteras de primer orden. Mecánicamente el concreto asfáltico es similar al concreto hidráulico de cemento Portland. Los huecos entre las partículas de agregados se rellenan con mortero de Filler, arena y cementos comparables al mortero de cemento Portland y arena.

En el concreto asfáltico los agregados consisten generalmente en piedra triturada, escorias o grava, mezclados con arena y filler de polvo granular. El grado de trituración se expresa algunas veces como porcentaje de caras fracturadas de las partículas de piedra.

Los cementos asfálticos para mortero asfáltico y asfáltico con agregados gruesos se repiten en la tabla 3.9 para el concreto asfáltico. En climas cálidos deben usarse cementos asfálticos de poca penetración para impedir que el pavimento se ponga blando bajo la acción del calor, por el contrario, en los climas fríos deben ser usados cementos asfálticos más blandos para impedir que el pavimento se ponga quebradizo. Aunque en la zona sur de los E.U..

-A., se usan cementos asfálticos hasta 60 de penetración, - la tendencia actual es que la mínima debe ser 70 para todos los climas.

El porcentaje de cemento asfáltico empleado se da en la tabla 3.8, que varía de 4 a 9 por 100, según el área del pavimento y la cantidad de material fino. Las temperaturas de mezcla deben ser entre 275 y 325°F (135 a 163°C) - y la temperatura en el momento de entrega a la terminadora normalmente habrá bajado en unos 25°F.

Las especificaciones de concreto asfáltico requieren normalmente el empleo de Plantas Fijas con unidad de clasificación de dos, tres o cuatro tolvas, situada entre el secador y la amasadora. El número de separaciones depende del tamaño mayor de los agregados. Aunque en algunos Estados tienden al empleo de más tolvas que otros, para los mismos tamaños de agregados. Las plantas en las que se criban -- los materiales después del secado se conocen generalmente como plantas de agregados múltiples.

La combinación más común es de dos clases de arena y una piedra. Al preparar concretos asfálticos de agregados más gruesos, cuando en la misma obra se han de preparar de agregados gruesos y finos suele haber dos clases de arena y dos de piedra.

d. ASFALTOS EN POLVO

Los asfaltos en polvo se obtienen a travez de pulverizar asfaltos duros y sólidos que tienen una penetración inferior a 10, a los cuales se les deja en un estado de subdivisión muy fino, con el 100% pasando la malla número 10 y por lo menos el 50% pasando la malla número 200. Su uso más común es en la construcción de bajo costo, junto con un agente fluidificante con asfaltos líquidos de fraguado lento del tipo FL-2, FL-3, FL-4.

La forma de utilizarse es agregándose a los asfaltos líquidos de fraguado lento y a los agregados pétreos, en proporción de acuerdo al tipo de construcción a realizarse y en función a la temperatura y presión a que esté sometida la carretera; así variando la relación de asfalto-pulverizado se puede obtener la penetración deseada. Hay que resaltar que la principal ventaja en el uso de asfalto en polvo, es la que en realidad supone el uso de cemento asfáltico en mezcla en frío.

II.4. APLICACIONES EN LA CONSTRUCCION

A este respecto ha de hacerse notar que la construcción de obras de pavimentación constituye para cualquier país, un renglón fundamental que garantiza la posibilidad de tránsito de vehículos de transporte, como de recubrimiento para su conservación por tratamiento asfáltico.

PUENTES

La utilización de superficies asfálticas en puentes, presenta grandes ventajas, siendo algunas de ellas las siguientes:

La correcta construcción de una superficie asfáltica sobre un puente, puede llegar a impermeabilizar el piso de éste, con lo cual los gastos de mantenimiento de la estructura serán más bajos, ya que el agua y las sales no penetrarán a través del puente.

Seleccionando una adecuada granulometría, la superficie de rodamiento podrá tener una textura que la haga resistente al deslizamiento, teniendo como resultado una mayor seguridad para los conductores.

FERROCARRILES

Los pavimentos asfálticos han sido de uso frecuente en los pasos a desnivel, construcción de pavimentos entre las vías y en el recubrimiento de vías abandonadas o también cuando son retiradas las vías.

Investigaciones y experimentos recientes, han descubierto que si el balasto usado en vías férreas es tratado-

con productos asfálticos, las erogaciones por concepto de conservación llegan a reducirse hasta en un 50%.

Por otro lado, es frecuente ver puentes de madera a lo largo de algunas vías férreas. Los gastos de conservación se reducen enormemente cuando éstas estructuras son protegidas mediante tratamientos asfálticos.

OBRAS HIDRAULICAS

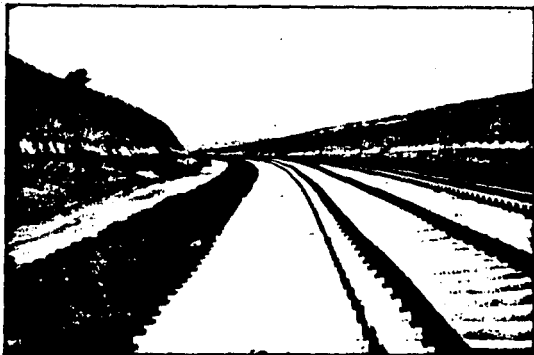
La aplicación del asfalto en obras hidráulicas data de la antigüedad. Hallazgos arqueológicos así lo demuestran, pues han sido localizados depósitos de agua que fueron recubiertos con asfalto.

La facilidad de obtención, su precio accesible y las grandes ventajas que presenta, han hecho posible la aplicación del asfalto en el revestimiento de canales, impermeabilización de albercas, protección de depósitos de agua, control de erosión en torrentes y lagos, revestimiento de presas, escolleras y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

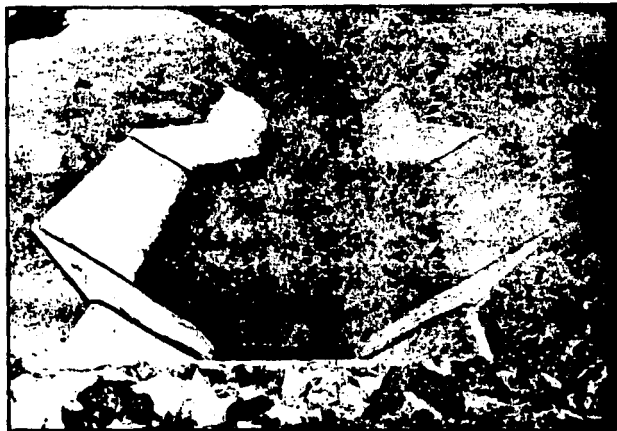
La mayor parte de los ejemplos antes citados, requieren un proceso constructivo "in situ", cuando las limitaciones de espacio, la falta de maquinaria adecuada, o simplemente la economía de la obra no permite realizar las mezclas asfálticas en el lugar en el que se utilizarán, tenemos la opción de recurrir a los revestimientos asfálticos prefabricados. Estos consisten en un alma (elaborada de diversos tejidos) recubierta por una mezcla asfáltica impermeable densa.

La presentación de estos productos es en paneles o -

APLICACION DEL ASPALTO EN:



FERROCARRILES



OBRAS HIDRAULICAS

en rollos hasta de 10 m.

Otra aplicación del asfalto, en lo que corresponde a obras hidráulicas, se presenta en los revestimientos de mampostería en los que en lugar de emplear un mortero tradicional en las uniones, se aplica asfalto para la unión entre piedra y piedra.

Este tipo de revestimientos ha sido probado en estructuras que con frecuencia transportan grandes caudales a altas velocidades.

La experiencia que se ha tenido con este tipo de trabajo, recomienda el análisis cuidadoso del costo, pues en muchas ocasiones se podrá encontrar algún otro procedimiento más económico y eficaz.

Diversos tipos de mezclas asfálticas también han sido probadas para evitar la erosión en ríos y lagos.

Los diques y escolleras utilizados para protección contra los embates del mar, también han tenido la influencia del asfalto como material constructivo. Esta aplicación del asfalto es relativamente nueva, pues la idea nació a raíz de que en 1935 fué reparada una escollera, llenando los huecos y recubriéndola con una mezcla a base de arena y asfalto. Los estudios para este tipo de obras continuaron, y en 1948 en North Carolina se recubrió un dique con una mezcla de arena y asfalto en caliente y los resultados que se obtuvieron con este procedimiento constructivo fueron bastante aceptables.

Las mezclas asfálticas también han sido empleadas en el recubrimiento de presas, con el consiguiente beneficio económico y éxito técnico.

IMPERNEABILIZACION DE CUBIERTAS

Una de las principales preocupaciones del hombre, ha sido el protegerse de las fuerzas de la naturaleza, tales - como el calor, el frío, el viento, la lluvia, el granizo, - la nieve, etc.

Uno de los primeros descubrimientos de los pueblos antiguos fué el asfalto y su aplicación inicial, según lo demuestran las construcciones que aún subsisten, fué precisamente en edificios y caminos.

Las impermeabilizaciones asfálticas para cubiertas -- las podemos clasificar básicamente en 2 grupos:

1.- REVESTIMIENTOS PREFABRICADOS

- a) Placas compuestas principalmente por 3 materiales:
asfalto, fieltro y partículas minerales.
- b) Fieltros asfálticos en rollo con superficie lisa. Compuestas por una hoja de fieltro saturado con asfalto y con un recubrimiento en ambos lados de otro tipo de asfalto más duro.
- c) Fieltros asfálticos en rollo con superficie mineral. Su composición es similar, pero con la adición de partículas minerales en una o en ambas caras.

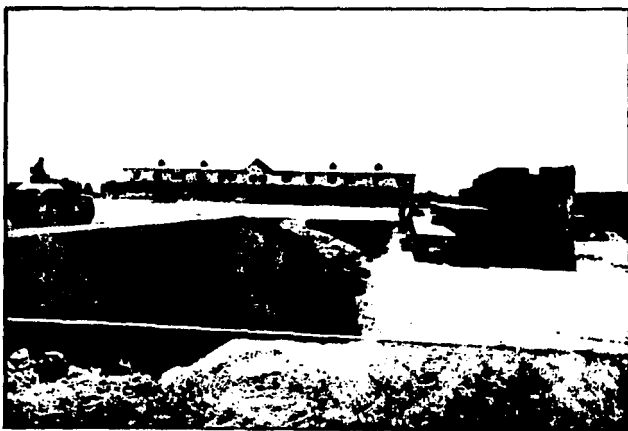
2.- CUBIERTAS ASFALTICAS CONSTRUIDAS IN SITU

Elaboradas con varias capas de fieltro saturado -

USO DEL ASFALTO EN:



IMPERNEABILIZACION DE CUBIERTAS



CANCHAS PARA JUEGO (TENIS)



con asfalto y ligadas en forma alternada con asfalto. La última capa requiere un riego asfáltico recubierto posteriormente con grava.

TERRENOS DE JUEGO

Todos los terrenos de juego contruidos con mezclas asfálticas, ofrecen la ventaja de tener gastos mínimos de mantenimiento de ahí el que cada vez sean más populares.

Un ejemplo que nos permite ver las ventajas de lo antes señalado, lo encontramos en las canchas de tenis, ya que en éstas es posible jugar inmediatamente después de una lluvia, lo que no es posible en una cancha de arcilla.

REVESTIMIENTOS ASFALTICOS PARA PISCINAS

El asfalto es un material que ofrece ventajas excepcionales para el revestimiento de albercas: suavidad de la superficie, aspecto agradable, alta resistencia al agua, rayos solares, aire, presión, peso, deshielo,oloro y la abrasión.

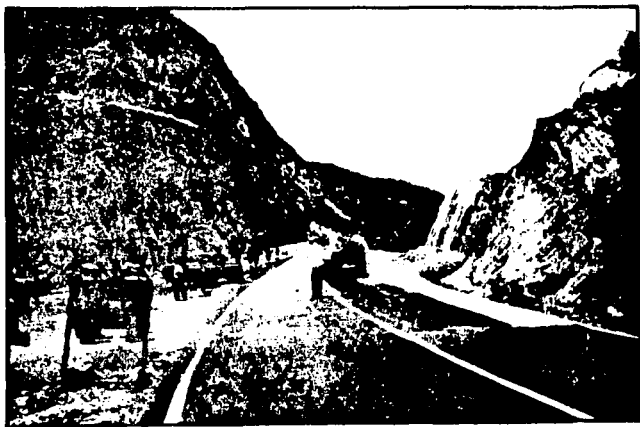
UTILIZACION EN PAVIMENTOS

La conservación de un camino se ve afectada por múltiples factores los cuales son necesarios de conocer a fin de tomar las medidas preventivas necesarias y en esa forma poder mantener al camino en óptimas condiciones de tránsito. Estos factores pueden ser ocasionados por el tránsito de vehículos sobre el camino, o bien por condiciones climatológicas imperantes en la zona. Refiriéndonos a los primeros, podemos considerar:

APLICACION DEL ASPALTO EN:



IMPERMEABILIZACION DE PISCINAS



PAVIMENTOS

La fricción de las ruedas de los vehículos sobre la superficie de rodamiento (pavimento) y la fricción de las partículas entre sí, al ser movidas por el tránsito, provocan por abrasión, el desgaste y desintegración de las partículas. Al circular un vehículo, se forma un vacío parcial entre la llanta y la superficie de rodamiento, este vacío succiona el material fino de la superficie, el cual es sacado fuera del camino provocando polvaredas detrás del vehículo. La estructura del camino también se ve seriamente perjudicada cuando las ruedas de algún vehículo chocan contra obstáculos depositados sobre el camino.

Refiriéndonos a los factores de origen climatológico la lluvia es el principal enemigo de los caminos, en primer lugar porque éstos adquieren una humedad excesiva que hace que disminuya el valor relativo de soporte.

La utilización de pavimentos asfálticos nos ayudará a atenuar en gran forma, los efectos antes señalados.

Con estos antecedentes, definiremos a los pavimentos asfálticos como las superficies de rodamiento construidas sobre bases adecuadas, empleando para ello asfalto, productos asfálticos y agregados pétreos. La aplicación de pavimentos asfálticos la encontramos principalmente en caminos, calles, estacionamientos, etc. El empleo de pavimentos asfálticos permite un mayor volumen de tránsito de vehículos con las debidas condiciones de seguridad, rapidez y comodidad para los usuarios.

Los pavimentos deberán ser estables y su construcción se llevará a cabo sobre bases y sub-bases también estables, la superficie de rodamiento deberá ser lo más impermeable posible, ya que así se evitará la entrada del agua.

que originaría la destrucción del camino.

Es necesario que para lograr un comportamiento homogéneo de la estructura, las capas que lo componen estén ligadas entre sí; la base hidráulica se unirá con la base negra o cementada (si la hay) y ésta a su vez con la carpeta, ya que los materiales asfálticos que se vienen empleando en el proceso son emulsiones.

PAVIMENTOS ASFALTICOS CLASIFICACION

A continuación se presenta la clasificación de los pavimentos asfálticos basada en los materiales empleados y en los procedimientos de construcción que requiera:

I. CARPETAS CONSTRUIDAS A BASE DE MEZCLAS

- a) Por el sistema de mezclas en planta estacionaria.
- b) Por el sistema de mezclas en el lugar.

II. CARPETA CONSTRUIDA A BASE DE RIEGOS

- a) Tratamiento de un solo riego (incluyendo el riego de impregnación a la base).
- b) Tratamiento de riegos múltiples (dos a cuatro riegos).

El primer grupo se emplea para tránsito pesado y en éste se encuentran incluidas las carpetas construidas mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y asfalto o un producto asfáltico.

Para tránsito ligero, se selecciona el segundo grupo,

en él están incluidas las carpetas construidas con uno o más riegos asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes granulometrias.

PAVIMENTOS ASPALTICOS. (REQUISITOS A SATISFACER)

La conservación adecuada de un pavimento asfáltico, - estará sujeta principalmente a cuatro propiedades físicas, sin éstas, la vida del camino disminuirá notablemente:

- a) **ESTABILIDAD.** Constituye la resistencia del pavimento a deformaciones provocadas por la intensidad y sobre todo, por las cargas de tránsito.
- b) **DURABILIDAD.** Es la resistencia del pavimento al deterioro, provocado ya sea por condiciones climatológicas, como por condiciones del tránsito de vehículos.
- c) **FLEXIBILIDAD.** Deberá resistir, sin agrietarse, - las deformaciones normales que sufre cualquier pavimento.
- d) **TEXTURA DE LA SUPERFICIE.** Esta deberá ser uniforme y ligeramente áspera, contribuyendo con ello a la seguridad del conductor, ya que se evitan los patinajes peligrosos.

III. APLICACIONES DEL ASPALTO A LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles están formados por una carpe
ta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígi
das, la base y la sub-base.

III. 1. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los tratamientos asfálticos superficiales son aplica-
ciones de material ligante asfáltico y agregados pétreos -
sobre capas de base flexible; su función consiste en prote
ger la capa de base y proporcionar una capa de desgaste --
sin polvo, sobre la que el tráfico pueda moverse con segur
idad y comodidad.

Los tratamientos asfálticos superficiales pueden lle-
varse a cabo en capas simples o bien en capas múltiples de
material asfáltico y agregados, por lo cual su espesor es-
variable y puede estar entre los 12 mm. y los 62 mm. de ca
pa de desgaste.

Los tratamientos asfálticos superficiales simples, co
mo su nombre lo dice constan de una sola aplicación de ma-
terial asfáltico y una aplicación de agregados, variando -
el espesor de la capa de desgaste en este caso entre los -
12 mm. y los 18 mm. en función del tamaño máximo efectivo-
de los agregados empleados.

Los tratamientos asfálticos superficiales en capas --
múltiples, son tratamientos que pueden variar de dos a cu
atro capas de material asfáltico y agregados, teniendo la -
ventaja de que al aumentar el espesor de la capa de desgas
te producen en el pavimento un aumento de resistencia que-
es proporcional a su espesor.

Los tratamientos asfálticos superficiales en capas -- múltiples reciben su nombre en función del número de capas que se emplee, así:

De dos capas se llama tratamiento asfáltico superficial doble.

De tres capas se llama tratamiento asfáltico superficial triple.

De cuatro capas se llama tratamiento asfáltico superficial cuádruple.

Los espesores promedio de estos tratamientos superficiales son los siguientes:

Tratamiento asfáltico superficial doble 21 mm.

Tratamiento asfáltico superficial triple 27 mm.

Tratamiento asfáltico superficial cuádruple 50 mm.

Cabe aclarar que el tamaño máximo de agregado empleado aumenta de acuerdo al número de capas, utilizándose --- agregados más gruesos en la primera capa y disminuyendo el tamaño máximo de agregado en las capas sucesivas.

AGREGADOS DE GRANULOMETRIA CERRADA CON TOLERANCIA MUY LIMITADA

| CONCRETO ASFALTICO | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--|---|
| Tamaño máximo del agregado | Ligantes normalmente usados | Porcentaje de ligante normalmente usados | Especificaciones más aproximadas otros datos A.I. B.P.R. |
| 3/8" | AC's: 50-60 | 5½-9 | |
| ½" | 60-70 | 5-8 | A-2 a |
| 1" | 70-85 | 4½-6" | A-2 b |
| 1½" | 85-100 | 4-6 | 1-1 |

TABLA 3.8

Al igual que con todas las mezclas asfálticas, el espesor mínimo de la capa debe ser suficientemente mayor que el tamaño máximo del agregado, para permitir un tendido -- sin roturas.

Es práctica corriente especificar que el concreto asfáltico se tienda en dos capas, la inferior con agregados de mayor tamaño que la superior. Una especificación típica exige para la capa inferior un tamaño máximo de agregado de 1 pulgada, de 3/8 ó ½ pulgada para la capa superior. En pavimentos de capa única o con capas múltiples en las que se emplea la misma mezcla para todas, el tamaño máximo de agregados generalmente es de 5/8 a 3/4 de pulgada.

Datos consolidados para el uso de agregados de granulometría cerrada con tolerancia muy limitada

| | Concreto Asfáltico 3/8" 1/2" 1" 1 1/2" | | Mortero Asfáltico con Agregado Grueso | Mortero Asfáltico |
|---------------------------------------|--|------------|--|--|
| Ligantes Normal mente usados | AC's: 50-60 60-70 70-85 85-100 | | AC's: 50-60 60-70 70-85 85-100 | AC's: 50-60 60-70 70-85 85-100 |
| Porcentaje de | 5 1/2-9 | 5-8 1/2-6" | 4-6 | 6-9 |
| | | | | 8 1/2-11 1/2 |

TABLA 3.9

AGREGADOS DE GRANULOMETRIA CERRADA Y ECONOMICA

Los agregados de esta clasificación dan al pavimento-terminado una estabilidad que normalmente es adecuada para condiciones medias de tráfico, ésto es, que no sean autopistas principales o calles activas de una ciudad. Por -- conseguir estabilidad para condiciones medias de tráfico, -- por poder utilizar agregados locales y por ser los agregados uno de los componentes que intervienen en el revestimiento, este tipo de granulometría es el más comúnmente -- usado en su totalidad de las carreteras con superficie asfáltica.

Puesto que el verdadero propósito de esta clasificación de agregados es tener en cuenta las variaciones razonables de graduación que sean económicamente permisibles -- no puede especificarse el porcentaje de ligante que dé la mezcla crítica y es práctica común hacer una mezcla más -- bien pobre de ligante.

Esta clasificación de agregados se ha subdividido en tres partes de acuerdo con su contenido en finos: Granulometría densa con 0 a 3 por 100 de material inferior a la malla número 200, granulometría media con 3 a 12 por 100 de material inferior a la malla número 200 y arena. La diferencia del contenido de finos es un factor de importancia en la selección de ligante y de sistema constructivo, y afecta también al porcentaje de ligante. La superficie total aumenta al aumentar los finos y se necesita un mayor porcentaje de asfalto para revestir suficientemente cada partícula.

IV. METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

IV.1. METODO DE MARSHALL

El ensayo Marshall para mezclas asfálticas para pavimentos puede emplearse para proyecto en laboratorio y comprobación en obra, de las mezclas que contienen betún asfáltico y agregados, cuyo tamaño máximo no exceda de 1", - las principales características del ensayo son el análisis densidad-huecos y los ensayos de estabilidad y fluencia sobre probetas de mezcla compactada.

Se preparan probetas de 2½" (6,35 cm) de espesor y 4" (10 cm) de diámetro, mediante procedimientos específicos -- dos, compactándolas por impacto. Se determina la densidad y huecos de la probeta compactada que a continuación se calienta a 60°C para la realización de los ensayos Marshall de estabilidad y fluencia, la probeta se coloca entre unas mordazas especiales de 5 cm/min., la carga mínima registrada durante el ensayo, en Kgs., se designa como estabilidad Marshall de la probeta, la deformación producida desde el principio de la aplicación de la carga hasta que ésta ha alcanzado su valor máximo, es la fluencia de la probeta, - que suele expresarse en centésimas de pulgada. Se preparan una serie de probetas con contenido de asfalto variables, por encima y por debajo del óptimo estimado ensayándolas por el procedimiento que acabamos de describir. -- Usualmente se preparan tres probetas para cada contenido de asfalto, los datos así obtenidos se emplean para establecer el contenido de asfalto óptimo de la mezcla y para determinar algunas de sus características físicas, los materiales y procedimientos para la realización de estos ensayos se describen con detalle en la obra Mix Design --- Methods For Hot Mix Asphalt Paving M.S., número 2, publi-

-cada por el Instituto del Asfalto. En esta publicación - se incluyen también criterios para proyecto de mezclas para pavimentación, la maquinaria y procedimientos necesarios para la realización del ensayo Marshall; se describen también en el método ASTD1559.

IV.2. METODO DE HVEEM

El método de Hveem para proyecto y comprobación de --
mezclas asfálticas, está compuesto por tres ensayos princi
pales, los cuales son:

- a) Ensayo del estabilómetro
- b) Ensayo del cohesiómetro
- c) Ensayo del equivalente centrífugo en Keroseno (CKE)

Todos estos ensayos se emplean para proyectar mezclas
en el laboratorio, pero el ensayo del equivalente centrífu
go en Keroseno se usa también como ensayo de obra.

Los ensayos del estabilómetro y del cohesiómetro se -
aplican a mezclas que contengan betún asfáltico o asfaltos
líquidos y agregados cuyo tamaño máximo no exceda los 25.4
mm., para este tipo de ensayos se utilizan probetas de ---
63.5 mm., de altura y 101.6 mm. de diámetro, las cuales -
se compactan por procedimientos normalizados en un compac-
tador por amasado.

Se determina la densidad y huecos de la probeta com--
pactada, la cual se calienta a una temperatura de 60°C y
se somete a ensayo en el estabilímetro de Hveem.

Este ensayo es de tipo triaxial, en el cual se somete
a cargas verticales y se determinan las presiones latera -
les desarrollados para diferentes cargas verticales. El -
ensayo se ve representado en la fig. 4.1

La probeta está encerrada en una membrana de goma ro-
deada por un líquido que transmite la presión lateral desa-
rrollada durante el ensayo. Hay que aclarar que los result

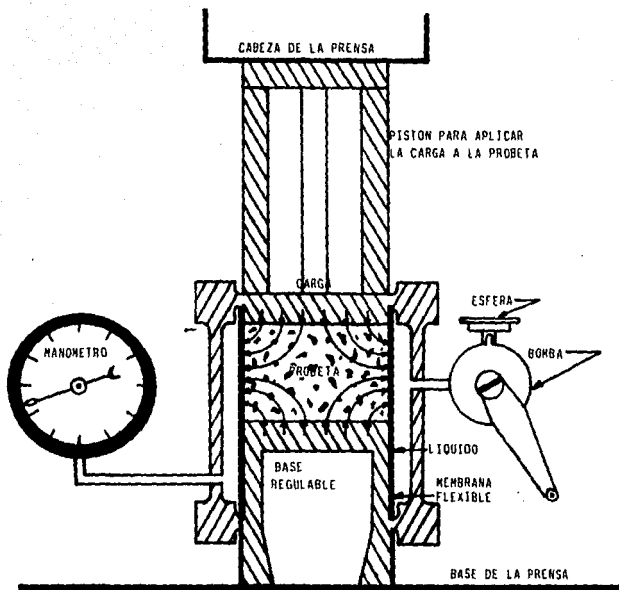


Fig. 9.1 Ensayo del Estabilómetro de Hvem

-tados obtenidos durante el ensayo son de carácter relativo. Se ha llegado a establecer la escala sobre la base de que si la probeta fuera un líquido, la presión lateral sería igual a la presión vertical, en este caso se considera que la estabilidad es relativamente nula. En el otro extremo de la escala se considera un sólido compresible, que no transmite presión lateral, y al que se le atribuye una estabilidad relativa de 90. Así pues, los ensayos sobre mezclas asfálticas para pavimentos dan valores comprendidos en el intervalo de 0 a 90.

Regularmente, una vez realizado el ensayo del estabílómetro, se somete la probeta al ensayo del cohesiómetro, que no es sino un ensayo de flexión en que la probeta falla por tracción, como se muestra en la figura 4.2.

Al igual que en la anterior, en este ensayo también se calienta la probeta a una temperatura de 60°C, pero en este caso se le mantiene esta temperatura a todo lo largo del ensayo, usando para este fin una cámara termostática.

La probeta se sujeta al aparato y la carga es aplicada a velocidad constante al extremo de un brazo de palanca. Cuando el brazo de la palanca ha descendido 12.7 mm., se detiene automáticamente la calda de la granalla empleada, para aplicar la carga y se determina su peso.

El ensayo equivalente centrífugo en Keroseno (CKE) -- consiste en saturar con Keroseno la porción de los agregados de la mezcla que pasa por la malla número 4, centrifugándola a continuación.

La parte de los agregados que pasa por la malla de -- 3/8" es retenida en la de número 4, que se considera repre

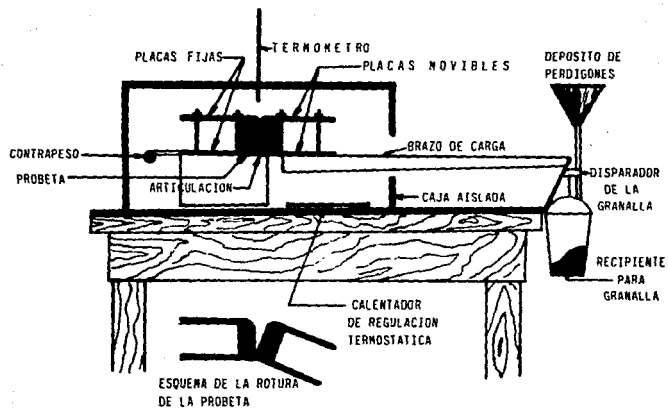


Fig. 4.2 Ensayo del Cohesímetro de Hvem

-sentativa de los agregados gruesos de la mezcla, se satura en aceite lubricante y se deja escurrir durante 15 minutos a una temperatura de 60°C.

Los pesos de Keroseno y aceite retenidos por estos -- agregados se emplean como datos en el procedimiento para -- calcular y estimar el contenido óptimo de asfalto de la mezcla.

Regularmente los ensayos del estabilómetro y del cohesiómetro se realizan en probetas con la cantidad de asfalto indicados en el ensayo del equivalente centrífugo en Keroseno y con contenidos de asfalto mayores y menores, para con esto establecer el contenido óptimo de asfalto y determinar otras características físicas de la mezcla compactada.

IV.3 METODO DE HUBBARD-FIELD

El método de Hubbard-Field se emplea para el diseño - en laboratorio de mezclas asfálticas para pavimentación. - Este método se desarrolló originalmente para el diseño de mezclas para pavimentación de tipo arena-asfalto o sheet - asphalt, utilizando betunes asfálticos y con agregados que pasarán por la malla número 4 y al menos el 65% por la número 10. Las principales partes del método son un análisis de densidad-huecos y un ensayo de estabilidad.

Se compactan, de acuerdo a especificaciones de compactación, probetas de 2" (5 cm.) de diámetro y 1" (2.54 cm.) de espesor. Se determinan la densidad y los huecos de la probeta compactada y a continuación se somete el ensayo de estabilidad Hubbard-Field, como se indica en la fig. 4.3. - Para el ensayo, primero se calientan las probetas a 60°C - luego se colocan en un molde de ensayo, se aplican las -- cargas como se indica en la fig. 4.3 con una velocidad de deformación de 2.4" (61 mm.) por minuto. La probeta (2" - de diámetro) se hace pasar a través de un anillo de ensayo que tiene un diámetro de 1.75" (aproximadamente 45 mm.) - La máxima carga ensayada, en libras, es la estabilidad -- Hubbard-Field.

Así mismo se preparan 2 ó 3 probetas con diferente - contenido de asfalto cada una, generalmente con variaciones de 4% por arriba y por abajo de un óptimo estimado. Los valores medios obtenidos para cada uno de los contenidos de asfalto se representan en una gráfica, la cual se - emplea para fijar el contenido óptimo.

Como este método únicamente es aplicable a mezclas asfálticas del tipo arena-asfalto o Sheet-Asphalt, se desarrolló un procedimiento modificado aplicable a mezclas asfálticas con agregados más gruesos. El procedimiento mo -

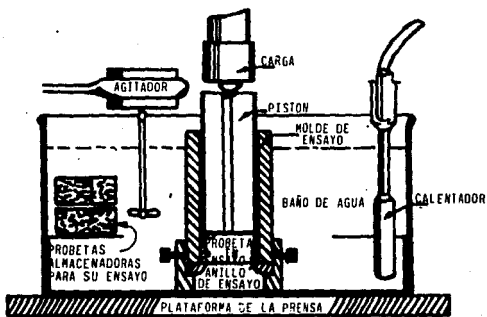


Fig. 4.3 Ensayo Hubbard-Field de probetas de 2" de diámetro

-dificado es el siguiente: Se compacta previamente de --
acuerdo a especificaciones de compactación, una probeta -
de 6" (15 cm) de diámetro y de 2 3/4" a 3" (70 a 76 mm) -
de altura. Se ensaya la probeta como se indica en la fi-
gura 4.4 obligándola a pasar a través de un orificio --
(anillo de ensayo) de 5.75" (14.6 cm). Por lo demás, los
pasos de este procedimiento son esencialmente idénticos a
los descritos para probetas de 6 cm. de diámetro. Este -
procedimiento no es muy empleado, por que se ha observado
que las variaciones en la orientación de las partículas -
de los agregados gruesos cerca del orificio del molde dan
lugar frecuentemente a valores erróneos de la estabilidad.

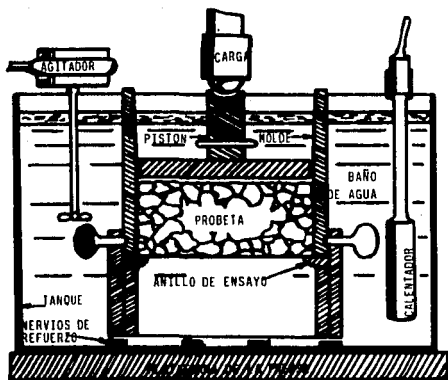


Fig. 4. # Ensayo Hubbard-Field de Probetas de 6" de diámetro

IV.4. METODO TRIAXIAL DE SMITH

Este método solo es aplicable a mezclas asfálticas densas, fabricadas con cemento asfáltico y con materiales pétreos de tamaño máximo de 1".

Se considera generalmente que la probeta empleada en el ensayo triaxial debe tener una altura menor que el doble de su diámetro.

Este método de proyecto se ha empleado como instrumento de investigación para determinar las propiedades fundamentales de resistencia, de las mezclas de pavimentación compactadas.

Emplea probetas normalizadas de 3.82 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura.

Las probetas se preparan siguiendo un procedimiento normalizado para calentar, mezclar y compactar la mezcla de asfalto y material pétreo. Usualmente se determinan las características de densidad y huecos de la probeta compactada. Las características principales de este método son un análisis de huecos-peso específico y un ensayo triaxial de estabilidad de las probetas compactadas. Este último emplea una celda de ensayo triaxial cerrada, en la que se determinan las presiones laterales producidas por las cargas verticales aplicadas a las probetas a temperatura ambiente ($24^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

El método de ensayo triaxial del Instituto del Asfalto desarrollado por Vaughn Smith, se representa esquemáticamente en la figura No. 4.5

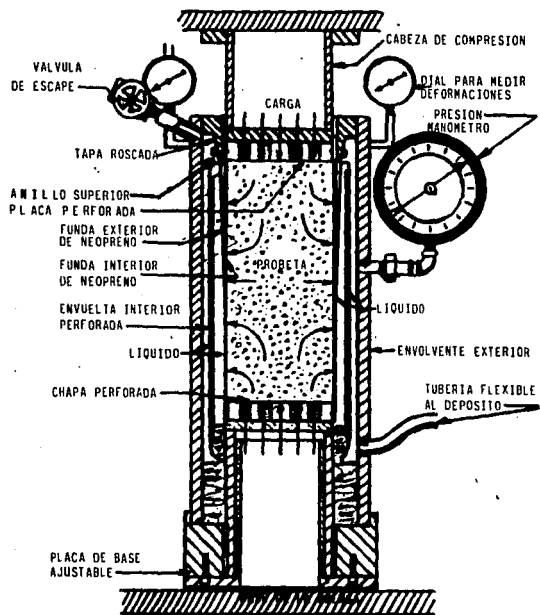


Fig. 4.5 Ensayo Triaxial de Smith

La probeta esta envuelta en una membrana de goma, rodeada por un líquido que transmite las presiones laterales desarrolladas durante la aplicación de una carga vertical a la probeta. Las cargas verticales se aplican por incrementos sucesivos, midiéndose la presión lateral que aparece como consecuencia. El ensayo se realiza a temperatura ambiente.

Se representa en una gráfica la relación entre las -- presiones verticales y las laterales y se calculan por una fórmula establecida, la cohesión y el ángulo de rozamiento interno de la probeta, más adelante se incluyen también -- los criterios sugeridos para el proyecto de mezclas para -- pavimentación empleando este método. Los aparatos y proce dimientos para la realización de este ensayo se describen en Mix Design Methods For Hot Mix Asphalt Paving, M.S., número 2 publicado por el Instituto del Asfalto.

El ensayo de compresión triaxial del Instituto del -- Asfalto que hemos descrito es del tipo conocido como de -- sistema cerrado , en el que no se produce verdadera rotura de la probeta.

Otro tipo de ensayo de compresión triaxial emplea apa ratos similares, pero se llama del sistema abierto; en él -- se mide la carga vertical necesaria para que la probeta se rompa mientras se mantiene constante la presión lateral.

V.- DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

La estructura general de un pavimento está constituida por los siguientes elementos, contados de arriba hacia abajo:

Una carpeta (que puede ser flexible o hidráulica).

Una capa de base.

Una capa de sub-base.

La carpeta es la parte superior de la estructura del pavimento y sirve como superficie de rodamiento a los vehículos y debe de transmitir a las capas inferiores cargas impuestas a través de llantas, debiendo por lo tanto reunir las siguientes características principales:

- Deberá tener la resistencia necesaria para no deformarse en forma perjudicial por las cargas que reciba, ya sea verticales o tangenciales.

- No deberá disgregarse por efecto del tránsito o del clima. Deberá ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme que permita el fácil tránsito de los vehículos y de textura ligeramente áspera que la haga antiderrapante.

- Deberá tener una superficie que refleje los rayos luminosos, facilitando el tránsito de los vehículos durante la noche.

V.1 MATERIALES

La carpeta asfáltica está constituida por la combinación de un material inerte (pétreo) y un aglutinante asfáltico y está en contacto directo con la base, constituyendo así una superficie de rodamiento uniforme.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), utiliza una clasificación de materiales como se muestra - en la tabla 5.1, a la cual se le han incluido los asfaltos, para que dicha tabla quede completa en cuanto a los materiales que intervienen en la construcción de pavimentos flexibles.

| DENOMINACION | | SIMBOLO | GRANULOMETRIA |
|---------------------------|-----------------------|-------------|--|
| SUELOS | ALTAMENTE ORGANICOS | PF | |
| | ORGANICOS | O | |
| | FINOS | M & C | No. 200 |
| | GRUESOS | S G | No. 200 y No. 4 No. 4 y 7.6 cm (13") |
| FRAGMENTOS DE ROCAS | CHICOS | Fc | 7.6 cm y 20 cm |
| | MEDIANOS | Fm | 20 cm 100 cm |
| | GRANDES | Fg | 100 cm |
| ROCAS | IGNEAS | INTRUSIVAS | Rii |
| | | EXTRUSIVAS | Rie |
| | | CLASTICAS | Rsc |
| | SEDIMENTARIAS | QUIMICAS | Rsq |
| | | ORGANICAS | Rso |
| | METAMORFICAS | FOLIADAS | Rmf |
| | | NO FOLIADAS | Rmf |
| ASFALTOS | CEMENTOS ASFALTICOS | | |
| | ASFALTOS REBAJADOS | | |
| | EMULSIONES ASFALTICAS | | |

Tabla 5.1 Clasificación de materiales según la S.C.T.

Los materiales utilizados en la construcción de pavimentos flexibles y mezclas asfálticas, los podemos clasificar en:

MATERIALES PETREOS
MATERIALES ASFALTICOS
OTROS MATERIALES

MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS

D E F I N I C I O N

Son los materiales pétreos seleccionados que, aglutinados con un material asfáltico, se emplean para construir carpetas o mezclas asfálticas.

CLASIFICACION

Los materiales pétreos se clasifican en:

- i) Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento, tales como gravas y arenas de depósitos o de río.
- ii) Materiales naturales que requieran uno o varios de los tratamientos indicados a continuación: disgregación, cribado, trituración y lavado.
- iii) Mezclas de dos (2) o más materiales del grupo indicado en el párrafo i) y del grupo indicado en el párrafo ii) o de ambos.

NORMAS DE MATERIALES

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas, elaboradas por los sistemas de mezcla en el lugar y en planta estacionaria, deberán satisfacer las siguientes normas:

A) De granulometría

- 1) La curva granulométrica del material pétreo para mezclas en el lugar, deberá quedar comprendi-

da entre en límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 2, de la Figura 5.2

La zona 1, corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa y la zona 2, a los materiales pétreos de granulometría fina. La curva granulométrica del material pétreo, deberá efectuar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, por lo menos en las dos terceras (2/3) partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

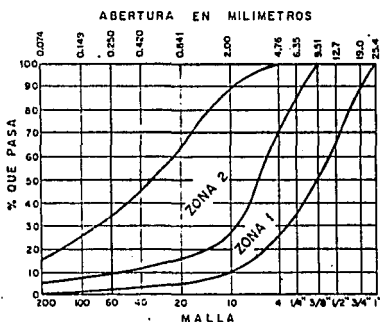


Figura 5.2

Zonas de especificaciones granulométricas para materiales pétreos que se empleen en mezclas asfálticas en el lugar.

- 2) La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales, deberá quedar comprendida en la zona delimitada por las dos curvas de la Figura 5.3 En cada caso el proyecto señalará la granulometría correspondiente, de acuerdo con los requisitos fijados en el diseño de la mezcla. La granulometría del material cumple con los requisitos de proyecto, si está dentro de las tolerancias indicadas en la tabla 5.4

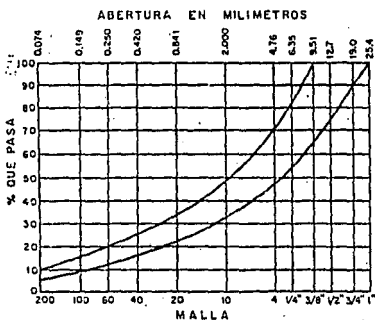


Figura 5.3

Zona de especificación granulométrica para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos.

| tamaño del material pétreo | | Tolerancia, por ciento en peso del material - pétreo. |
|--------------------------------------|-------------------------|---|
| Malla que pasa | Retenido en malla | |
| Correspondiente al tamaño máximo. | 4.76 mm. (Núm. 4) | + 5 |
| 4.76 mm. (Núm. 4) | 2.00 mm. (Núm. 10) | + 4 |
| 2.00 mm. (Núm. 10) | 0.420 mm. (Núm. 40) | + 3 |
| 0.420 mm. (Núm. 40) | 0.074 mm. (Núm. 200) | + 1 |
| 0.074 mm. (Núm. 200) | ----- | + 1 |

*Tabla 5.4 Tolerancia Granulométrica para materiales -
pétreos que se empleen en concretos asfálti-
cos.*

B) De contracción lineal

- 1) Cuando la curva granulométrica del material
pétreo quede ubicada en la zona 1, de la fi-
gura 5.2..... 3% Máximo*
- 2) Cuando la curva granulométrica del material
pétreo quede ubicada en la zona 2, de la fi-
gura 5.2..... 2% Máximo*

3) *Material pétreo para concretos asfálticos*
..... 2% Máximo

C) *De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo.....40% Máximo*

D) *De forma de las partículas. Partículas alargadas y/o en forma de laja.....35% Máximo*

E) *De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla 5.7*

F) *Equivalente de arena.....55% Mínimo*

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

A) *De granulometría, según la tabla 5.5*

B) *De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo.....30% Máximo*

C) *De forma de las partículas, para partículas alargadas y/o en forma de laja.....35% Máximo*

E) *De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla 5.7*

| DENOMINACION DEL MATERIAL PETREO | POR CIENTO QUE PASA LA MALLA | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | 50.8 mm (2") | 38.1 mm (1½") | 32.0 mm (1¼") | 25.4 mm (1") | 19.0 mm (¾") | 12.7 mm (½") | 9.51 mm (2/8") | 6.35 mm (¼") | 4.76 mm (Núm. 4) | 2.38 mm (Núm. 8) | 0.420 mm (Núm. 40) |
| 1 | | | 100 | 95 Mìn. | | 5 Máz. | | 0 | | | |
| 2 | | | | | 100 | 95 Mìn. | | 5 Máz. | | 0 | |
| 3-A | | | | | | 100 | 95 Mìn. | | | 5 Máz. | 0 |
| 3-B | | | | | | | 100 | 95 Mìn. | | 5 Máz. | 0 |
| 3-E | | | | | | 100 | 95 Mìn. | | 5 Máz. | 0 | |

TABLA 5.5 ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN CARPETAS ASFALTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS O PARA RIEGOS DE SELLO.

Los materiales pétreos empleados en la construcción de morteros asfálticos, deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- A) De granulometría. La curva granulométrica del material pétreo para morteros asfálticos deberá cumplir con lo que fije el proyecto en cada caso y en

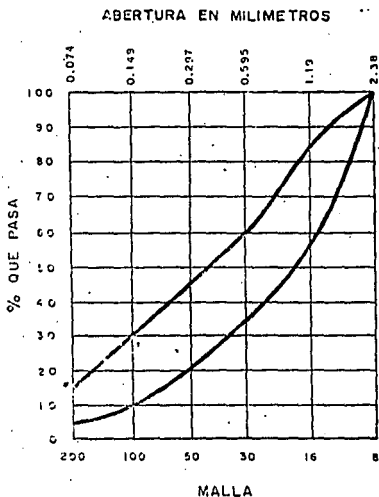


Figura 5.6

Zona de especificaciones granulométricas para materiales pétreos que se empleen en morteros asfálticos.

términos generales, deberá quedar comprendida dentro de la zona limitada por las dos (2) curvas de la Figura 5.6

B) De contracción lineal 2% Máximo

C) de equivalente de arena 40% Mínimo
(Tentativo)

D) De desgaste, determinado de acuerdo con el método de prueba de abrasión en húmedo en g/dm² de la superficie desgastada 10% Máximo
(Tentativo)

E) De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla 5.7

LA AFINIDAD DEL MATERIAL PETREO CON EL ASFALTICO DEBERA CUMPLIR, PARA CADA CASO SEÑALADO, CON LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA 5.7

| PRUEBA CAPA DE PAVIMENTO | Desprendimiento por fricción % (1) | Cubrimiento con asfalto - Método inglés % (2) | Desprendimiento de la película % (3) | Perdida de estabilidad por inmersión en agua % (4) | REQUISITOS DE ACEPTACION |
|---|---------------------------------------|--|---|---|--|
| Sub-base de pavimento rígido no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos. | ..... | 90 Min. | 25 Máx. | ..... | Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas. |
| Sub-base de pavimento rígido estabilizada con materiales asfálticos. | 25 Máx. | 90 Min. | 25 Máx. | 25 Máx. | Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas. |
| Base de pavimento flexible, no estabilizada o estabilizada con materiales no asfálticos. | 25 Máx. | 90 Min. | 25 Máx. | ..... | Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas. |
| Base de pavimento flexible, estabilizada con materiales asfálticos. | 25 Máx. | 90 Min. | 25 Máx. | 25 Máx. | Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas. |
| Carpetas y bases asfálticas (mezcla en el lugar y plantas estacionarias) | 25 Máx. | 90 Min. | ..... | 25 Máx. | Que cumpla cuando menos con dos (2) de las pruebas marcadas. |
| Carpetas asfálticas por el sistema de riegos. | 25 Máx. | 90 Min. | ..... | ..... | Que cumpla con las dos (2) pruebas marcadas. |
| Morteros asfálticos. | 25 Máx. | ..... | ..... | ..... | Que cumpla con la prueba marcada |
| Guarniciones asfálticas. | ..... | ..... | 25 Máx. | 25 Máx. | Que cumpla cuando menos con una (1) de las pruebas marcadas. |

Nota: los valores anteriores son tentativos.

Tabla 5.7 Afinidad del material pétreo con el asfáltico

NATERIALES ASFÁLTICOS

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semisólido, con propiedades aglutinantes y que se licúa gradualmente al calentarse. El asfalto está constituido, principalmente por asfaltenos, resinas y aceites: estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductilidad.

Los materiales asfálticos son los siguientes:

- A) Cementos asfálticos, que son los asfaltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de los aceites. Sus penetraciones varían generalmente entre 40 y 300 grados.

- B) Asfaltos rebajados de fraguado rápido, que son los materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo de la nafta o gasolina.

- C) Asfaltos rebajados de fraguado medio, que son los materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo del quero seno.

- D) Asfaltos rebajados de fraguado lento, que son los materiales asfálticos líquidos, compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.

- E) Emulsiones asfálticas, que son los materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la --

emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto. Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos de asfalto tienen carga electronegativa o catiónicas, si los glóbulos asfálticos tienen carga electropositiva. Las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento.

Los materiales asfálticos se emplean para aglutinar los materiales pétreos empleados en la elaboración de carpetas y de sub-bases estabilizadas; además, para ligar o unir tales capas entre sí. También se utilizan para construir, fabricar o impermeabilizar otras estructuras, tales como las auxiliares para el drenaje.

Los materiales asfálticos deberán satisfacer las características descritas en el capítulo II.3

ADITIVOS PARA MEJORAR LA ADHERENCIA ENTRE EL AGREGADO PÉTREO Y LOS MATERIALES ASFÁLTICOS.

Para mejorar las características de adherencia entre el agregado pétreo y los materiales asfálticos, se pueden emplear aditivos para que produzcan una actividad superficial iónica por la que tiendan a incrementar la adherencia en la interfase entre el agregado pétreo y el material asfáltico, conservándola aún en presencia del agua. Estos aditivos, por lo general, se aplican directamente al material asfáltico, antes de mezclar éste con el agregado pétreo.

El empleo de los aditivos está condicionado al resul-

-tado obtenido en las pruebas de afinidad del agregado pétreo con los materiales asfálticos. Las concentraciones - en que se emplean dichos aditivos serán las adecuadas para satisfacer las características de afinidad con los agregados pétreos (tabla 5.7).

OTROS MATERIALES

Entre los que se pueden mencionar están el azufre, - sulphex, desechos de madera, lignina, etc.

Se ha propuesto desde hace años, la utilización de - otros materiales que hagan rendir más el asfalto al combi- narlos o reemplazar éste del todo, a medida que los deriva- dos del petróleo tengan precios altos, la demanda sea au- mentada y la posibilidad de escasez se haga presente, lle- gando a la necesidad de buscar un sustituto del ya tradi- cional material para la pavimentación.

Los esfuerzos por encontrar sustitutos se deben a -- países que tienen problemas de obtener los derivados del - petróleo, al cotizarse éstos en precios muy altos.

Los Estados Unidos han hecho investigaciones sobre la utilización de materiales como el azufre, desechos de celu- losa y otras substancias que ya están al borde de su comer- cialización, estando de por medio varias empresas de Norte américa y de otros países que han comenzado a introducir - mezclas de azufre y asfalto en el mercado.

El azufre es la substancia en la cual se ha pensado - o insistido principalmente como el sustituto total o agen- te para hacer rendir más el asfalto en mezclas con éste. Aunque también se ha ensayado mezclar las astillas de made- ra, lignina y desechos municipales con el asfalto.

Las razones del por qué consideran el azufre (solo o - mezclado) como un sustituto más práctico, es el precio al cual se cotiza actualmente en los Estados Unidos, siendo -

mucho más barato que el material asfáltico.

Otra es la fuerza mecánica y la resistencia a la tensión del azufre elemental.

Y finalmente, a la abundante recuperación de azufre, - resultado de los gases de las chimeneas y de las plantas - de conversión del carbón.

Para formar un aglutinante de pavimento, este puede - contener del 20 al 50% de azufre por peso y la mezcla de - azufre y asfalto tendrá las propiedades semejantes a las - de un aglutinante totalmente de asfalto.

El azufre se emplea tal y como es, una parte se disuelve en el asfalto y el resto se dispersa en la mezcla.

Cuando se pretenda usar como sustituto completo, el azufre normalmente friable debe ser plastificado con el fin de imitar la flexibilidad del asfalto.

Otro de los materiales que se han dado a conocer por el South West Reseach Institute o SWRI (Instituto de Investigación del Sudeste), en la reunión de la National Asphalt Pavemente Association (Asociación Nacional de Pavimentos de Asfalto), celebrada en enero de 1979 en las Vegas, es el Sulphlex.

El SWRI describe al Sulphlex como una familia de aglutinantes que pueden usarse en mezclas. El producto contiene de 60 al 80% de azufre, más un plastificante que consiste en una mezcla de Alquitrán de hulla, tolueno de vinilo, dipenteno y ciclodieno. Las variaciones en su composición pueden hacer al Sulphlex tan rígido como el concreto o tan

flexible como el asfalto; de hecho este material puede -- adaptarse exactamente a la aplicación que se le dé.

El Sulphlex se obtiene al mezclar el azufre y plastificante y sometiendo el producto a temperaturas de aproximadamente 150°C a presión atmosférica.

Las mezclas de azufre y asfalto ofrecen varias ventajas sobre el asfalto sólo:

- La menor viscosidad de aquellas.
- Permitir el ahorro de energía durante el mezclado y el manejo de los productores.
- La fuerza superior y su resistencia a la gasolina y al combustible diesel.

Todos los productos de azufre y asfaltos se elaboran de la misma manera: se mezclan ambos componentes y se someten a temperaturas de aproximadamente 121-135°C. Sin embargo existen algunas diferencias en cuanto a los métodos y el equipo que se emplean para la mezcla.

En el procedimiento de la Société National Elf Aquitaine (SNEA), el azufre y el asfalto se mezclan en un molino coloidal. el agregado se añade más tarde cuando los componentes pasan a un amasadero. En cambio, la Gulf Oil introduce el azufre, el asfalto y el agregado directamente en un amasadero, el último componente proporciona la acción de corte necesaria para mezclar.

El Instituto de Fomento del azufre de Canadá emplea el procedimiento patentado Pronk, en el cual se agrega un polímero de siloxano al asfalto y el azufre antes de pasar éstos a un mezclador estático. La mezcla a continuación

se envía a un amasadero y se introduce al agregado. El polímero, asevera el Instituto, ayuda a retrasar hasta 72 horas el asentamiento del azufre disperso: de lo contrario el producto de asfalto y azufre tendría que utilizarse inmediatamente.

Después de investigar el aspecto económico del empleo de mezclas o asfaltos simples, la Asociación Nacional de Pavimentos de Asfaltos concluye que el punto en que conviene la mezcla es cuando el precio del azufre es aproximadamente el 53% del costo del asfalto. Si se toman en cuenta el equipo para almacenar y mezclar el azufre, el asfalto mezclado comienza a representar un ahorro cuando el costo del azufre baja al 40 - 45% del precio del asfalto.

La Suntech Inc., rama de investigación y fomento de la Sun Co. (Marcus Hook, Pennsylvania), recientemente concluyó un proyecto realizado para evaluar el empleo de desechos de madera (por ejemplo aserrín, astillas de corteza), estiércol y desechos de incineradores municipales como materias primas para substancias que se pueden mezclar con el asfalto.

Los desechos de madera se convierten en betún y aceites ligeros mediante pirolisis a 600 °C, seguida por hidrogenación a 250°C y 800 psi. Después el betún y los aceites se separan por destilación.

Cuando se utilizan como un ingrediente del 12 - 25% en las mezclas de asfalto, el betún parece lograr buenos resultados, sobre todo si se emplea piedra caliza como agregado.

La Universidad de Washington ha investigado el empleo de lignina como complemento de azufre. La lignina se mezcla directamente en proporciones hasta del 30% del producto final. La lignina de la Kraft goza de preferencia sobre la obtenida mediante el procedimiento de sulfito, porque los sulfatanos de lignina producidos por el segundo método son hidrosolubles.

Comparadas con el asfalto simple, las mezclas con lignina presentan resistencia a la fatiga y a la tensión similar a la del primero.

V.2. EQUIPOS PARA FABRICACION DE MEZCLAS ASPALTICAS EN FRIO

Los principales equipos empleados para la fabricación e instalación de mezclas asfálticas en frío son:

a. TRITURADORAS

Son maquinarias que se utilizan para reducir y uniformizar los fragmentos de roca, su utilización es principalmente en conexión con la roca tronada, para triturar piedra suelta o piedras de gran tamaño que se encuentran en depósitos de grava.

Las trituradoras utilizadas para la extracción de agregados para pavimentos son principalmente:

De quijada.- Es generalmente usada como trituradora primaria, trabaja permitiendo que la piedra fluya hacia las quijadas, una de las cuales es fija, mientras que la otra es móvil. La quijada móvil es capaz de ejercer una presión lo suficientemente alta para triturar la roca más dura. Ver figura 5.8

De rodillos.- Se usan para producir reducciones adicionales en los tamaños de la piedra una vez que se ha iniciado la producción de una cantera, a una o más etapas anteriores de trituración, por lo que se emplean generalmente como trituradoras secundarias o terciarias. Consisten de dos rodillos de superficie lisa, corrugada o dentada, que giran opuestamente, es decir encontrándose, para que la piedra que es empujada con gravedad y por la fricción de las superficies de los rodillos puede ser triturada. Generalmente uno de los rodillos va fijo, mientras que el otro tiene un movimiento oscilatorio que separándose y jun

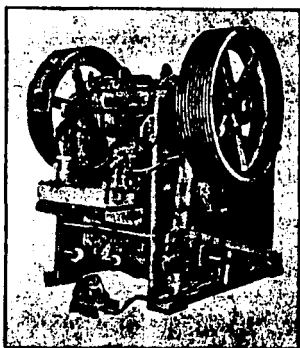


Fig. 5.8 TRITURADORA DE QUIJADA

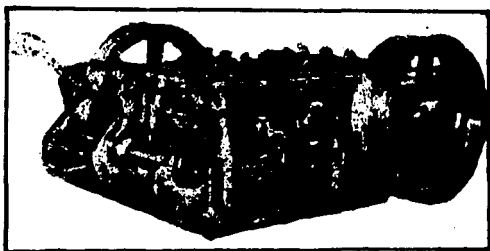


Fig. 5.9 TRITURADORA DE RODILLOS

FABRICA DE CEMENTO

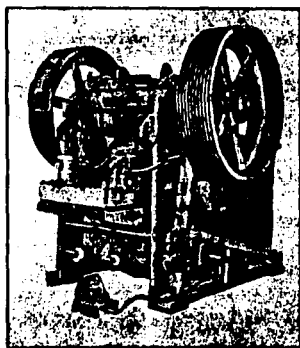


Fig. 5.8 TRITURADORA DE QUIJADA

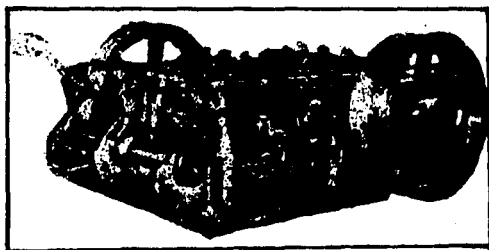


Fig. 5.9 TRITURADORA DE RODILLOS

PALE DE CEMENTO

-tándose del primero mediante fuertes resortes, permite pasar trozos de metal y otros elementos no triturables al --comprimirse. Ver figura 5.9

b. BANDAS TRANSPORTADORAS

El transportador de banda es un elemento complementario para el desplazamiento y acarreo de materiales sueltos a diferentes alturas y distancias, que consiste principalmente en una banda sin fin plana apoyada sobre un gran número de rodillos giratorios que utilizan para su movimiento, y de una estructura o armazón angular llamado bastidor, sobre el cual se encuentran todos los demás elementos.

En general las bandas transportadoras, que pueden mover el material en posición vertical, horizontal e inclinada, están diseñados de tal manera para que las de superficie irregular o de listones metálicos, puedan transportar cargas con ángulos mayores que los de superficie lisa, aun que hay otras de cadenas de cangilones que elevan el material a cualquier ángulo, incluyendo la carga vertical.

Se utilizan principalmente para mover grandes volúmenes de material a lo largo de una ruta o terreno difícil - o como complemento de plantas de trituración de asfalto, o de tratamiento, para la alimentación de las mismas. Ver - figura 5.10

c. CRIBAS

Las cribas son elementos auxiliares en forma de caja que se utilizan para la clasificación de la piedra, separándola y almacenándola en partículas de tamaños uniformes o bien eliminando la que no pase el tamaño requerido.



Fig. 5.10 BANDAS TRANSPORTADORAS

Las cribas utilizadas para la clasificación de materiales pétreos son:

Cribas giratorias. - Son generalmente cilindros de -- alambre o de placas perforadas colocadas con una inclinación de 5 a 7 grados. Se hacen girar a una velocidad de 15 a 20 r.p.m. Las armazones para las cribas pueden hacerse con secciones transversales, hexagonales o poligonales. Ver figura 5.11

Cribas vibratorias. - Estas cribas son de vibrado mecánico o eléctrico y de movimiento recíproco o giratorio. Su inclinación llega a los 40 grados. El cuerpo cilíndrico de estas cribas, semejantes en cuanto a su construcción a las cribas giratorias, puede ir montado sobre muelles o cojinetes o estar suspendidas por cables. Ver figura 5.12

Cribas con movimiento de vaivén. - Son cribas de forma rectangular, suspendidas en apoyos sueltos o flexibles y se mueven longitudinalmente colocándoles varillas. Su inclinación es alrededor de 16 a 18 grados y pueden producir también intensas vibraciones acompañadas de un movimiento giratorio. Ver figura 5.13

d. TRACTORES

Los tractores son vehículos motorizados con gran potencia, por lo que tienen una gran capacidad de empujar o jalar en las condiciones más adversas, al transformar la energía desarrollada por el motor en energía de tracción.

Los tractores para su desplazamiento, los podemos seleccionar montados sobre orugas o bien sobre neumáticos. - La diferencia entre uno y otro es la relación velocidad-po

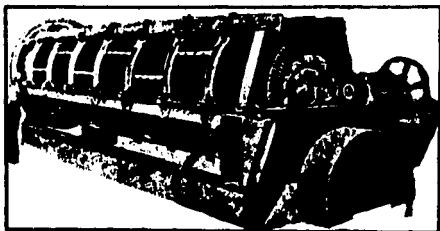


Fig. 5.11 CRIBA GIRATORIA

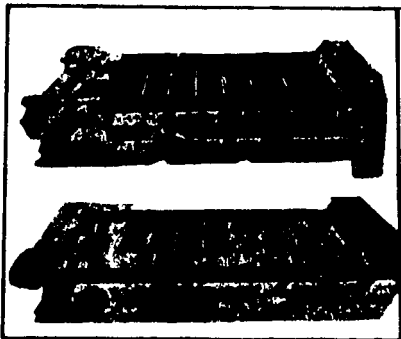


Fig. 5.12 CRIBA VIBRATORIA

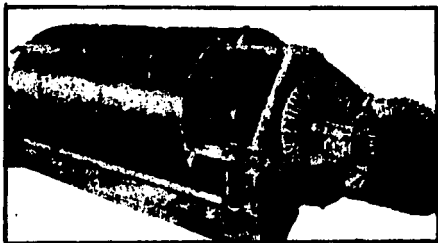


Fig. 5.13 CRIBA CON MOVIMIENTO DE VAIVEN

RECEIVED

tencia, así el de orugas desarrollará una baja velocidad pero a cambio se aprovecha al máximo su potencia, en neumáticos se invierte esta relación.

Dependiendo de su uso, se selecciona el accesorio más adecuado, y en función de éste, puede ser:

BULLDOZER
ANGLODOZER
EMPUJADOR
DESGARRADOR
PUNZONES

Para nuestro tema central del presente trabajo, los más usuales son los:

Bulldozer. - Es una hoja empujadora recta ligeramente curva, colocada en la parte delantera del tractor. Son usados generalmente en desmontes, despalme y movimiento de materiales para distancias no mayores a los 100 metros. Ver figura 5.14

e. CARGADORES

Estos equipos son usados únicamente para excavaciones, carga y descarga de material. Consiste en un cucharón --- adaptado a la parte delantera de un tractor montado sobre neumáticos o sobre orugas. el cucharón es una caja de --- construcción simple con una cuchilla de acero templado, y con una hilera de dientes que sirven para las excavaciones en roca.

Los cargadores por su forma de descarga se clasifican de la siguiente manera:



Fig. 5.14 TRACTOR BULLDOZER

FRONTAL

LATERAL

TRASERA

Siendo el más usual para los trabajos que nos ocupan el de descarga frontal ya que su acción es a base de desplazamientos cortos y rápidos. Consisten fundamentalmente en un cucharón y de un tractor, colocado al frente de éste. Se utilizan estos cargadores fundamentalmente para la excavación, carga y descarga de materiales en distancias cortas. Se usan en excavaciones de sótanos y a cielo abierto, así como en terrenos de material suave y fracturado, se usan en bancos de arena, grava y arcilla: y en el relleno de zanjas para tuberías. Son excelentes para la alimentación de agregados, en plantas dosificadoras y trituradoras. Ver figura 5.15

f. TRANSPORTES

Son los vehículos con los que podemos desplazarnos a grandes distancias y velocidades altas por medio de neumáticos, diseñados para mover equipos, materiales, etc.

Dentro de la construcción de pavimentos asfálticos se usan con más frecuencia los siguientes transportes:

Volteos.- Son equipos exclusivamente para transportar materiales a granel y dependiendo de su capacidad los hay para circular dentro y fuera de carretera, su uso más frecuente es en excavaciones y consta de una caja metálica o volteo, de una cabina de control, de un chasis y de varias llantas, por su desplazamiento se utilizan en la edificación, para la mayor parte de las excavaciones para cimentación, caminos urbanos y suburbanos, para curtir materiales

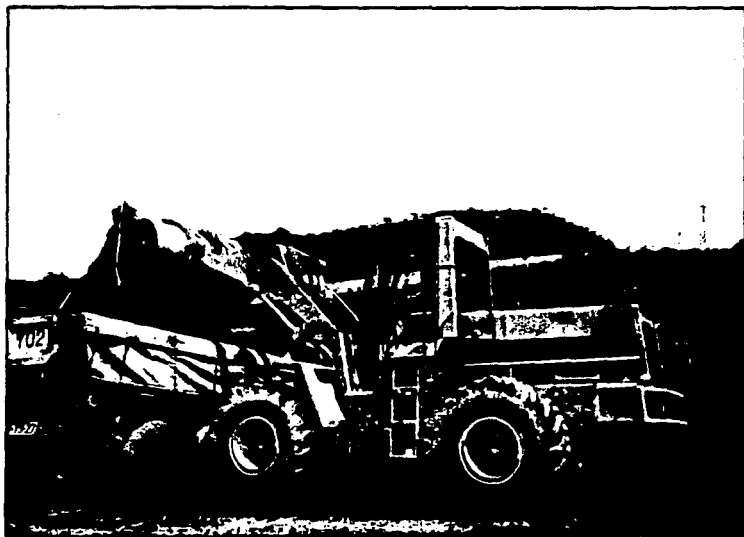


Fig. 5.15 CARGADOR FRONTAL

tales como arena, grava, tierra vegetal, material de relleno en obras de campo, son usuales para transportar roca en canteras, presas y carreteras, canales, minas y en ocasiones para acarreos de material suelto como arcilla, agregados y material pétreo. Ver figura 5.16

Pipas.- Son unidades diseñadas para circular dentro de las carreteras y transportar de un lugar a otro toda clase de líquidos. Generalmente son vehículos con forma de trailers, diseñados con un tanque de almacenamiento para líquidos. Estos transportes han sido proyectados exclusivamente para mover líquidos tales como agua, gasolina, asfaltos, etc. Ver figura 5.17

Petrolizadora.- Básicamente se trata de un camión, en cuya parte trasera lleva adaptado sobre un bastidor de acero reforzado un tanque termo con rompe-olas y de forma elíptica, que a su vez se complementa con una barra de riego y una bomba para líquidos pesados, que se coloca en su parte inferior y se accionan por un motor adicional o el del vehículo.

En general el tanque termo que varía en capacidad y tamaño según el modelo, está constituido por quemadores de gas o petróleo, cuya función es la de calentar a un par de serpentines que le proporcionen la temperatura al asfalto, los cuales generalmente van colocados en la parte trasera del tanque y junto con un termómetro blindado para conocer la temperatura.

Son usados generalmente en la construcción de carreteras, aeropuertos, calles y superficies de rodamientos, para el riego de asfaltos en carpetas y bases. Ver figura 5.18



Fig. 5.16 CANION DE VOLTEO



Fig. 5.17 CANION PIPA



Fig. 5.18 PETROLIZADORA

g. NOTOCONFORMADORAS

Son máquinas proyectadas principalmente para el exten-
dido, conformación, y acabado de materiales, de gran diver-
sidad en tipos y tamaños. Básicamente constan de un bastí-
dor compuesto por dos travesaños contraverteados, que en su
parte trasera soportan el motor y a la cabina de control -
y en su parte delantera convergen hasta formar una viga -
sencilla y curva, para terminar sobre el eje frontal de --
las llantas.

Estas máquinas por lo general intervienen en la última
fase de la mayor parte de los trabajos de movimiento de
tierras, y en particular en el desplazamiento de grandes -
volúmenes de material. Entre los trabajos más comunes es-
tán: el tendido y afine de los terraplanos, la hechura de
cunetas y limpieza de las mismas, el levantamiento de pavi-
mentos asfálticos viejos, la obtención de una granulome --
tría adecuada para la base, sub-bases y carpetas mediante
el mezclado de los materiales, el acamellonamiento de és -
tos últimos y la nivelación de perfiles y taludes para ---
abrir zanjas y construir o reparar carreteras, aeropuertos,
malecones, etc. Ver figura 5.19

h. ESTABILIZADORA

Existen plantas centrales para estabilización de mez-
clas llamadas estabilizadoras, en diferentes tamaños, para
cada necesidad, ya sea para baja o alta producción. Las -
hay permanentes o portátiles y existen diferentes modelos-
para elegir de acuerdo a su método de operación, además --
cuentan con accesorios y controles para alcanzar todos los
requerimientos incluyendo el tiempo de mezclado, proporcio

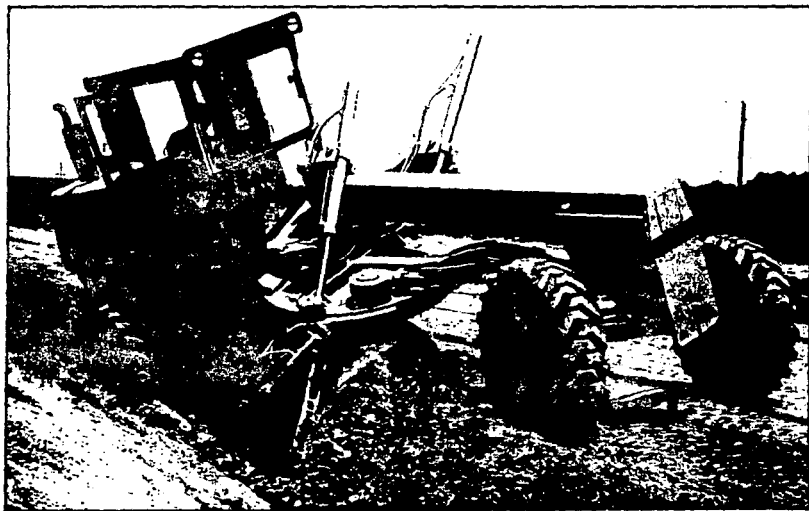


Fig. 5.19 MOTOCONFORMADORA

-namiento, controles entrecerrados, medición del aditivo (líquido o polvo mineral), muestreo y equipo de calibración, así como mantenimiento sencillo para todos los componentes de la planta y accesorios.

Su función es el mezclado de asfalto rebajado con el agregado pétreo para mezclas en frío, es decir el agregado entra a temperatura ambiente mezclándose con el asfalto -- que se encuentra a una temperatura de 80 a 100°C aproximadamente y se carga a camiones para su colocación o su almacenamiento. Ver figura 5.20

i. PAVIMENTADORA

La pavimentadora es una máquina altamente especializada, está formada por una caja rectangular, sobre la cual van el motor, el tanque de combustible, la tolva alimentadora y los controles para su operación. El funcionamiento de éstas máquinas que es generalmente hidráulico, comienza cuando la mezcla asfáltica es desalojada sobre la tolva -- principal a través de un equipo auxiliar, como puede ser un camión de volteo, para que posteriormente la mezcla sea dirigida por medio de una banda transportadora a base de placas metálicas, hacia una tolva de menor tamaño, donde existe un gusano helicoidal que hace recircular la mezcla hasta una plataforma inferior, en la cual por medio de unos quemadores de gas o aceite se evita que el asfalto se enfríe. Finalmente desde la plataforma inferior es distribuido el pavimento que se controla y se limita mediante unas reglas vibratorias que dimensionan el espesor de la carpeta.

Estas máquinas son usadas para la formación de carpetas asfálticas de carreteras, calles, estacionamientos, --

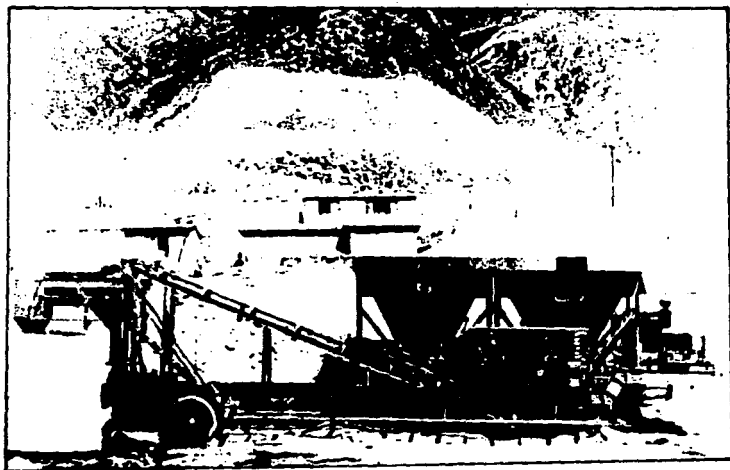


Fig. 5.20 ESTABILIZADORA

8311

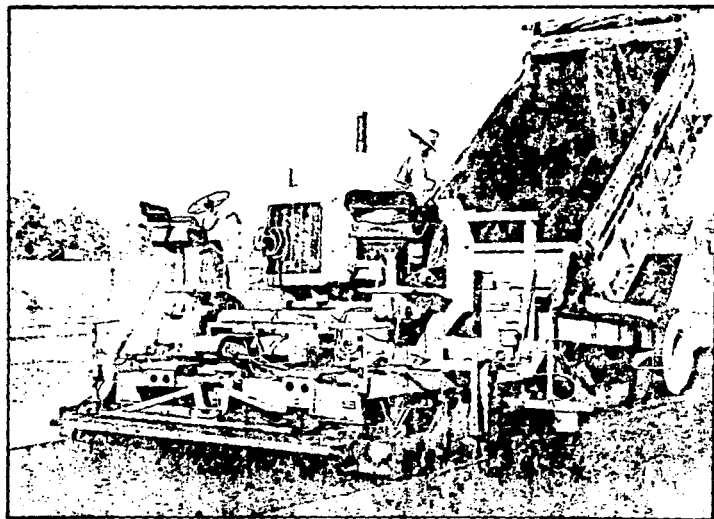


Fig. 5.21 PAVIMENTADORA

aeropuertos, etc., y en general para todos los trabajos -- propios de pavimentación. Ver figura 5.21

j. COMPACTADORES

Son equipos diseñados exclusivamente para la compactación y confinamiento de materiales sueltos, expulsando el agua y aire de su interior mediante el constante golpeo o apisonamiento de la máquina sobre el terreno.

Los compactadores utilizados para la construcción de pavimentos, son generalmente los siguientes:

Aplanadora de tres rodillos lisos. - La aplanadora es estándar de tres rodillos, que tiene en la parte posterior un par de rodillos grandes de impulsión, y en el frente -- uno de dirección más pequeño pero más ancho y a todo lo -- largo de su eje, normalmente se emplean para confinaciones medias y aunque varían entre cinco y quince toneladas de peso, es posible poder aumentarlo mediante la colocación de tapas laterales sobre los rodillos traseros, que generalmente se lastran con agua, arena o acero.

Son usados básicamente en la construcción de la mayoría de las superficies bituminosas y en el aplanado de caminos de grava y algunos subrasantes; son muy frecuentes en trabajos ligeros de rellenos y en particular en la compactación de pavimentos, bases, sub-bases, caminos, calles etc. Ver figura 5.22

Compactadora tandem. - Son máquinas proyectadas principalmente para el acabado terso de las carpetas asfálticas de primer orden, y con la característica de tener de dos a tres ejes de rodillos tandem. Así mismo el ancho de los

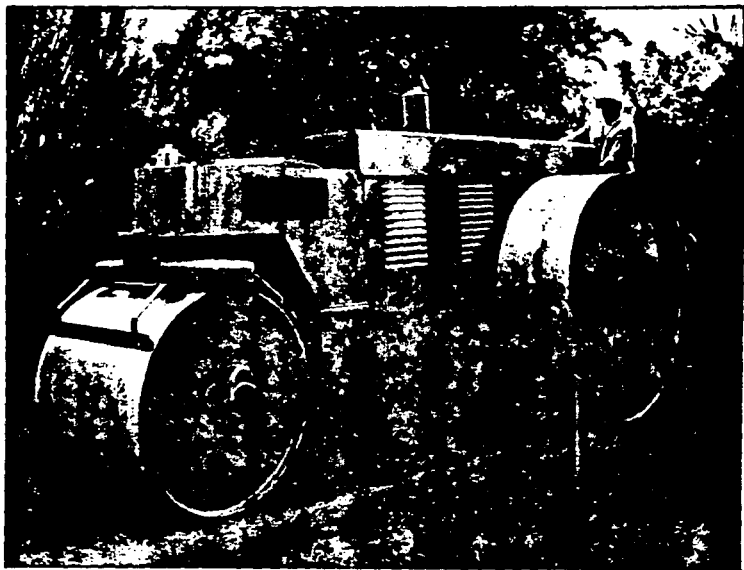


Fig. 5.22 COMPACTADORA DE TRES RODILLOS LISOS

rodillos de goma (traseros) como el eje de impulsión (de - lantero) son semejantes entre sí y tan largo como su propio eje, aunque el tamaño y la compresión de los primeros es mayor. El peso de estas máquinas oscila entre dos y -- veinte toneladas.

Su uso frecuentemente es en la compactación de carpetas de carreteras, pistas de aeropuertos, pavimentaciones asfálticas; de baches, zanjas y en lugares reducidos que no requieran de un alto grado de confinamiento. Ver figura 5. 23

Compactador de llantas neumáticas.- Son modelos formados básicamente por una caja lastrable, que constituye el cuerpo principal de la compactadora, y por dos ejes de ruedas uno trasero con llantas motrices y uno delantero de dirección. Frecuentemente el número de llantas de los ejes es variable, aunque el trasero siempre lleva uno más que el delantero. La plataforma como ya se dijo, está formada por una caja lastrable, hueca y de acero, pero cuando se trata de una máquina autopropulsada, cuenta además con una cabina de controles y de un motor diesel, que permite desarrollar velocidades máximas de 25 km./hr. Las llantas -- neumáticas, que se colocan de tal manera que al compactar en línea recta no se crucen las huellas de las delanteras con las de atrás, son de movimiento oscilatorio y de rodadura lisa, excepto en los compactadores grandes que llevan dibujo.

Son utilizados usualmente en la compactación final de la capa superficial de terracería, bases, sub-bases y revestimientos de arcillas y limos, así como en carpetas asfálticas. Ver figura 5. 24

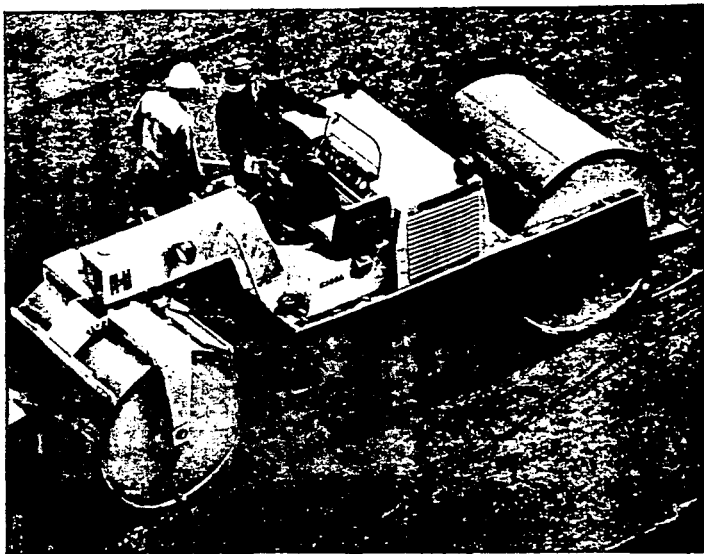


Fig. 5.23 COMPACTADORA TANDEM

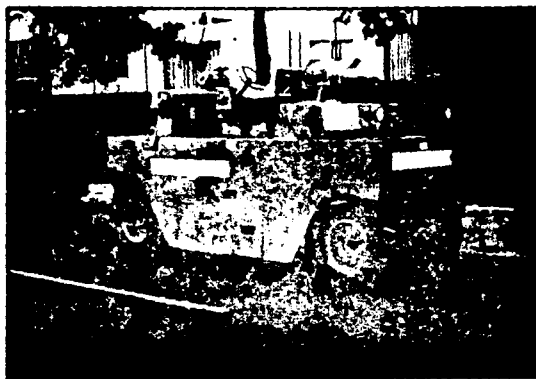


Fig. 5.24 COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS

V.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE CARPETAS ASFÁLTICAS.

Como ya se mencionó anteriormente, una mezcla asfáltica es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en un pétreo, usado tanto en carreteras como en aeropistas. La carretera es una estructura destinada a permitir el tránsito de vehículos terrestres y está constituida por tres elementos fundamentales: el pavimento, la terracería y el suelo de cimentación.

El pavimento está formado por una o más capas de materiales, especialmente procesados, que transmiten las cargas de los vehículos a las terracerías en condiciones adecuadas. Puede ser de dos tipos: Flexible o Rígida.

El pavimento flexible generalmente se compone de una carpeta asfáltica (la cual hablaremos de su procedimiento de construcción más adelante), una capa de material base y una capa de material sub-base, la carpeta puede medir varios centímetros de espesor o reducirse a un tratamiento superficial mediante un riego de asfalto y material pétreo. Dentro de esta clasificación se incluyen también los pavimentos estabilizados con cal o cemento, que se clasifican en otros lugares como del tipo semirígido.

Las terracerías son el conjunto de cortes y terraplenes ejecutados entre el terreno de cimentación y la capa subrasante. La capa superior de las terracerías con espesores que normalmente varían entre 30 y 50 cm., constituyendo la capa subrasante, sobre la cual se apoya directamente el pavimento y en la mayoría de los casos tiene especificaciones de calidad más estrictas que las correspondientes al cuerpo de terraplen.

El tamaño de cimentación soporta las cargas que transmiten las capas superiores y es parte integrante de las estructuras de la carretera ya que sus características afectan notablemente el comportamiento de la obra vial. De la descripción anterior se concluye que las carreteras son un sistema de varias capas que deben diseñarse para resistir la carga dinámica de los vehículos, su peso propio y las deformaciones producidas por cambios volumétricos debidos a la variación del agua contenida en los materiales y la diferencia de temperaturas, como se puede observar en la figura 5.25

De ahí podemos decir que el procedimiento constructivo que debe emplearse depende de varios aspectos económicos y de operación entre los cuales pueden mencionarse la incursión inicial, la duración del proyecto y sus etapas: la tasa de interés, el volumen de tránsito, el nivel de confianza, la conservación sistemática y criterios de fallo.

Por otro lado, dependiendo del tipo de planta que se vaya a emplear para fabricar la mezcla asfáltica, los materiales se separarán por tamaños, esta separación facilitará mediante la adecuada dosificación obtener en la máquina la curva granulométrica más adecuada.

Las mezclas asfálticas en cuanto a su procedimiento de elaboración se pueden clasificar en mezclas en caliente y mezclas en frío.

En esta clasificación se agrupan todas las carpetas construidas a base de mezclas asfálticas, las cuales pueden fabricarse en plantas estacionarias, plantas móviles o mezclas directas en plataforma al camino. Dentro de este-

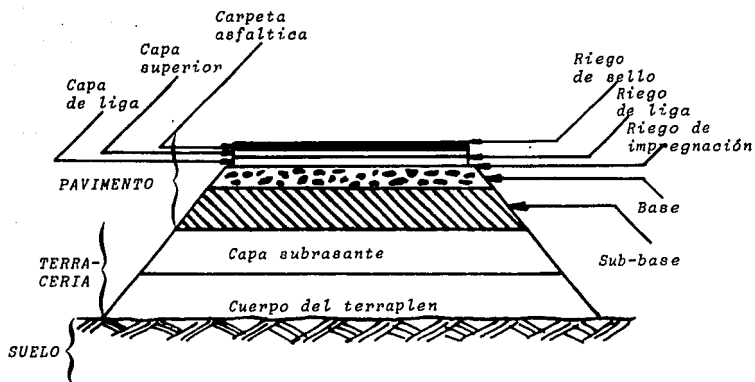


Fig. 5.25 CARRETERA CON PAVIMENTO FLEXIBLE.

grupo se encuentran los concretos asfálticos, los cuales pueden elaborarse y colocarse en caliente, o pueden elaborarse y colocarse en frío.

En las plantas estacionarias se fabrican los concretos asfálticos que son mezclas hechas de materiales pétreos con cemento asfáltico o con un producto asfáltico, que se tienden y compactan sobre bases debidamente construidas, obteniéndose carpetas de rodamiento de máxima calidad.

Con el sistema de mezcla en el lugar en plataforma, se construyen las carpetas de mezcla asfáltica, mediante el tendido y compactación de una mezcla hecha con materiales pétreos y un producto asfáltico: pudiendo hacerse uso de plantas móviles mezcladoras o bien efectuar el tendido directamente sobre el camino con motoconformadora o finisher.

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN PLATAFORMA

La mezcla en el lugar de plataforma, se lleva a cabo revolviendo los agregados pétreos con el producto asfáltico mediante el uso de motoconformadoras.

El procedimiento es el siguiente:

Estando la plataforma, conformada, impregnada, seca y bien barrida, se acamellona el material pétreo seco (el material que con anterioridad debe de haber sido aprobado en sus características de calidad), si no se encuentra seco, se procederá a orarlo al sol, poniendo pequeños camellones y moviéndolo con la motoconformadora a lo largo de la plataforma y se darán riegos sucesivos de as-

-falto a razón de 3 a 4 litros por metro cuadrado hasta -- completar la cantidad determinada como óptima por medio de pruebas de laboratorio.

Después de cada riego, sobre el material pétreo se -- procede a voltear esta capa con la motoconformadora, con -- el objeto de que se mezclen convenientemente los materia -- les, una vez que se haya aplicado toda la cantidad de pro -- ducto asfáltico fijado, se procederá a efectuar un mezcla -- do final para obtener un concreto asfáltico homogéneo y -- trabajable.

Una vez terminada la mezcla se procede al acarreo de -- ella directamente al camino. Esto se puede realizar me -- diante un cargador frontal ya sea payloader o trazoavo y ca -- miones de volteo e ir la acamellonando a lo largo del cami -- no para después extenderla con motoconformadora o con fi -- nisher. (más adelante se explica como se trabaja la máqui -- na extendedora). Pero antes del acamellonamiento se proce -- de a tirar el riego de liga sobre la base impregnada.

Este método de mezclado en plataforma y tendido con -- motoconformadora presente los inconvenientes de un control no riguroso del espesor, ya que el acopio de material pé -- treo queda influenciado por:

- a) El factor humano al efectuar el tendido.
- b) La habilidad del operador por no coger agregados -- de la base ni perder los de la superficie.
- c) La clasificación que deja el rodamiento del mate -- rial de un lado de extenderse, en la superficie.

Una vez que se efectua el mezclado final, se tiende -- el concreto asfáltico y antes de iniciar la compactación, --

se verificará que la relación solvente-cemento asfáltico - de la mezcla sea la fijada en el proyecto, de encontrarse correcta se iniciará la compactación utilizando un rodillo liso tipo tandem, de 7300 a 10900 kg., la compactación se continuará con rodillos neumáticos con peso, ya lastrados de 4500 a 6400 kg., hasta alcanzar un grado mínimo de 95%; inmediatamente después se volverá a emplear el rodillo liso tipo tandem, especificado anteriormente, para borrar -- las huellas que deje el rodillo neumático, para obtener un mejor acomodo de las partículas que forman el pavimento, - se procurará realizar el planchado a las horas en que la - temperatura ambiente o la acción de los rayos solares propicien esta operación.

En el proceso de compactación se observará además lo siguiente:

Para carreteras la compactación se hará paralela al - eje, iniciándola en las tangentes de la orilla de la carpe ta hacia el centro, y en las curvas del lado interior ha- cia el exterior.

Para aeropistas, además de la compactación paralela, - a que se refiere el párrafo anterior, se hará en sentidos- transversal y diagonal al eje de la pista.

CARPETAS CONSTRUIDAS POR MEZCLA EN PLANTA ESTACIONARIA EN CALIENTE.

Son las que se construyen mediante el tendido y com - pactación de concreto asfáltico elaborado en una planta es tacionaria.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Estando la base debidamente terminada, seca y limpia, por medio de una petrolizadora se dará un riego de liga en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, -- utilizando un material asfáltico de Fraguado Rápido del tipo de emulsión de FR-3 dejando transcurrir el tiempo necesario para que el material asfáltico regado, adquiera la viscosidad adecuada antes de proceder al tendido de la mezcla asfáltica.

Las plantas estacionarias donde se elabore el concreto asfáltico deberán tener un secador con inclinación variable, colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual, o mayor que la capacidad de producción de -- concreto asfáltico de la planta. A la salida del secador debe haber un pirógrafo, para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo; también debe tener cribas para la clasificación de éste, cuando menos en 3 tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas, material pétreo disponible para la mezcla. Las tolvas que sirven para almacenar el material pétreo y protegerlo de la lluvia y del polvo, deben tener una capacidad tal que asegure la operación de la planta durante 15 minutos por lo menos, sin ser alimentadas, y estar divididas en compartimentos para almacenar por tamaños los materiales pétreos, además contar con dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por peso y por volumen; estos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la curva granulométrica del proyecto con una discrepancia máxima de 2% en cada uno de los tamaños. Deben tener un equipo para calentar el cemento asfáltico con termómetro de graduación de 20°C a 210°C y dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico por peso o por volumen, con una aproxima-

-ción de 2% en más o en menos de la cantidad fijada, contar con una mezcladora del tipo de producción continua o discontinua, equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado, y por último debe tener un recolector de polvo y dispositivo para agregados finos.

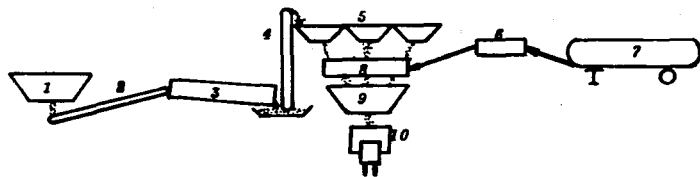
El material pétreo debe ser calentado y secado para que la humedad que contenga sea inferior a 1% antes de introducirlo a la mezcladora.

La mezcla una vez hecha en la planta, deberá transportarse en vehículos de caja metálica, la cual deberá cubrirse con una lona, para que se preserve del polvo y materias extrañas, así como para evitar pérdidas de calor durante el trayecto (Ver figuras 5.26 y 5.27).

El tendido de la mezcla deberá hacerse con máquinas apropiadas para este trabajo, de propulsión propia, con dispositivo para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida, y dotada por un sistema efectivo, que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presenten clasificaciones de la misma (sea una pavimentadora o Finisher, como suele llamarse).

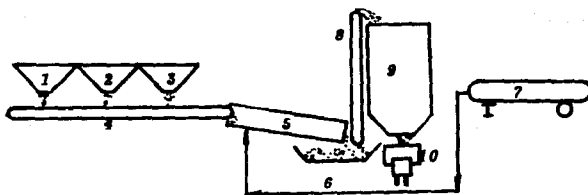
La mezcla debe de vaciarse dentro de la tolva de la pavimentadora y ser extendida por ésta inmediatamente con el espesor fijado sin compactar y con la temperatura también fijada en el proyecto. La velocidad de la máquina debe regularse de modo que el tendido siempre sea uniforme.

Las juntas de construcción transversales y longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos o más fajas, con un intervalo de un día como mínimo entre faja y faja, deberán ser cubiertas con un producto asfáltico de-



- | | | |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1.- Tolva receptora | 5.- Tolvas pesadoras | 8.- Mezclador |
| 2.- Banda transportadora | 6.- Tanque pesador de asfalto | 9.- Tolva de mezcla |
| 3.- Secador | 7.- Tanque termico de asfalto | 10.- Transporte |
| 4.- Elevador de cangilones | | |

Fig. 5.26 ESQUEMA DE PLANTA ASPALTICA DE BACHAS.



- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1.- Tolva de finos | 5.- Secador-revolvedor | 8.- Elevador de mezcla |
| 2.- Tolva de medianos | 6.- Aspersor de asfalto | 9.- Silo de almacenamiento |
| 3.- Tolva de gruesos | 7.- Tanque térmico de asfalto | 10.- Transporte |
| 4.- Banda transportadora | | |

Fig. 5.27 ESQUEMA DE PLANTA ASPALTICA DE PRODUCCION CONTINUA.

fraguado rápido, para enseguida tender la siguiente faja.

Una vez tendido el concreto asfáltico, deberá compactarse en la forma ya descrita al hablar de los otros tipos de mezcla asfáltica.

CARPETAS CONSTRUIDAS POR MEZCLAS ASFALTICAS CON DOSIFICADORA EN PRIO. (PLANTA PORTATIL)

Este procedimiento con dosificadora móvil de 5ª rueda, es muy práctico últimamente, ya que existe la oportunidad de hacer la mezcla totalmente en el lugar y construir sin molestar al usuario, el procedimiento comienza tratando de encontrar un lugar en lo largo del tramo a construir para la fijación de la dosificadora y para hacer la Plataforma (para secar el material y el batido del mismo), al ya tenerlos se empieza con el acarreo del material pétreo (grava y arena) a un almacén de la plataforma material que debe de haber sido aprobado por el laboratorio para la mezcla. Para que estando ya en la Plataforma una motoconformadora se encargue de orear el material, -- hasta un punto en que la humedad que contenga el mismo, -- sea inferior al 1% antes de introducirlo a la Planta.

La dosificadora debe de contar con dos tolvas, una para la grava y otra para la arena, en las descargas de las tolvas debe existir una graduación (aberturas manuales) para la regulación del mismo material.

Estas tolvas deben de descargar en unas bandas sin fin para poder transportarlo hacia el mezclador de paletas. este mezclador tendrá que contar con un tubo espreado (con espresas) para poder bañar al material con asfalto a la entrada del mismo, claro que como es demasiado corto-

hacia la descarga, el tiempo de batido es corto, el material no alcanza a cubrirse de asfalto con totalidad, (sale pinto) además la planta debe de contar con una bomba de -- trabajo continuo que permita la incorporación del asfalto-caliente y poder espresar al material aún mismo ritmo siempre sin que varíe.

Es necesario contar también con un termómetro para poder conocer a que temperatura especificada trabajará el asfalto. El material se descarga a la salida de el mezclador de paletas, el transporte hacia la plataforma de batido se realiza con camiones de volteo colocados en dicha -- descarga, y así se va acamellonando una cantidad tal de material (mezclado no en su totalidad) para que la motocomformadora lo termine de rendir en lo que resta del día; -- cuando ya este bien rendido el material se procede a transportarlo hacia el tramo en construcción, con un cargador frontal (bayloder) y camiones de volteo, donde los espera la pavimentadora para el tendido del mismo, que se realiza igual que como lo hablamos descrito anteriormente. Una -- vez tendido la mezcla asfáltica, deberá compactarse en la forma antes descrita, al hablar de los otros tipos de mezcla asfáltica.

Esta mezcla en frío tiene el inconveniente que se debe de trabajar inmediatamente después de realizarla, hasta 1 ó 3 días como mucho, porque si se deja más tiempo sin extenderla puede que cuando la vayan a trabajar se encuentre agrumada y endurecida, pero si se le aplica el aditivo --- RQI-108 puede dejarse elaborada hasta un lapso no mayor de 6 meses y cuando la quiera uno trabajar se dá uno cuenta - que la mezcla parece que la acaban de realizar.

**VI. EMPLEO DEL ADITIVO RQI-108 EN LA ELABORACION DE MEZ -
CLAS ASPALTICAS EN FRIO, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

La carpeta asfáltica es la parte superior de la estructura de un camino o aeropieta, que sirve como superficie de rodamiento, cuya función es transmitir a las capas inferiores del pavimento, los esfuerzos de carga impuestos por el tránsito de vehículos.

Entre las principales características que debe reunir una carpeta de pavimento flexible, son las siguientes:

- a).- Tener la resistencia necesaria para que las cargas que se apliquen, no provoquen agrietamientos o deformaciones perjudiciales.
- b).- No deberá desintegrarse por efecto del tránsito.
- c).- Debe ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme de textura, ligeramentedépera para evitar derrapamientos.
- d).- Tener la suficiente flexibilidad para no sufrir agrietamientos por las deformaciones normales de las capas inferiores.

Como ya se mencionó las carpetas asfálticas, están -- constituidas por dos elementos:

- 1).- Material Pétreo
- 2).- Ligante Asfáltico

El primero de ellos proporciona la estabilidad de la carpeta.

El segundo es el ligante asfáltico que sirve únicamente como material cementante, para mantener unidas las partículas de material pétreo.

Las carpetas asfálticas se clasifican en dos grupos:

- 1).- Carpetas de riego o tratamientos superficiales.
- 2).- Carpetas de mezclas asfálticas, que a su vez pueden ser elaboradas en frío con emulsión asfáltica, o asfaltos rebajados y mezclas elaboradas en caliente, como cemento asfáltico.

En este trabajo, únicamente se hará referencia a las carpetas construidas con mezclas elaboradas con asfalto rebajado, dado que una gran parte de las carpetas, sobrecarpetas y mezclas para la conservación de las carreteras del país, se construyen con este tipo de mezclas.

Esto se debe, a que siendo México uno de los principales países productores de petróleo, dicha industria produce los asfaltos rebajados a precios muy competitivos.

Los asfaltos rebajados son elaborados con el residuo asfáltico proveniente de la destilación del petróleo crudo y un solvente volátil. Al exponerlo a las condiciones ambientales normales, se evapora el solvente, quedando el residuo mejor conocido como Cemento Asfáltico.

Los asfaltos rebajados se conocen por los nombres de FL, FM y FR que ya se mencionaron en el capítulo II.3

La calidad de un producto asfáltico se determina por una serie de pruebas, de las cuales únicamente se menciona

-rán las más importantes, omitiendo su descripción.

Las pruebas más importantes son: Viscosidad, Flota -
ción, Penetración, Destilación, Punto de Encendido, Ducti-
lidad, Solubilidad en Bisulfuro de Carbono, Contenido de -
Agua.

Tradicionalmente en los trabajos de Reconstrucción y -
Conservación, las mezclas asfálticas se elaboran con asfal-
to rebajado FR-3 sobre el camino o en plataformas, utili-
zando la Motoconformadora. Esto presentaba algunas difi-
cultades, debido a que en muchas ocasiones, cuando ya se -
rendía la mezcla, no era posible tenderla oportunamente, -
por presentarse algún contratiempo como lluvia o descompos-
tura del tren de trabajo como: La Petrolizadora para apli-
car el Riesgo de Liga, La Motoconformadora para el tendido,
El Equipo de Compactación, etc.

A consecuencia de esto, la mezcla elaborada quedaba -
expuesta a los agentes atmosféricos por tiempos muy prolon-
gados, llegando al grado de que los solventes se evaporan-
ocasionando que al disponerse a tender la mezcla, esta se -
encontraba endurecida, haciendo imposible su trabajabili-
dad optando por dejarla abandonada en el lugar, perdiendo -
materiales, mano de obra y tiempo de maquinaria.

Hace aproximadamente nueve años, en el Estado de Nue-
vo León, Ingenieros del Gobierno Federal, involucrados en -
el proceso de Construcción y Conservación de Carreteras, -
en conjunto con otros inmersos en la investigación técnica
correspondiente, unieron esfuerzos a fin de encontrar algu-
na solución para prolongar la trabajabilidad de las mes-
clas elaboradas con asfalto rebajado, dado que como ya se
señaló anteriormente, esta característica eventualmente se

perdía al evaporarse la mayor parte de los solventes del -
asfalto rebajado, imposibilitando el tendido y compacta -
ción.

La solución a este inconveniente resultó ser la elabo
ración de un aditivo al cual le llamaron Reciclo Químico -
Industrial 108 (RQI-108), el cual su función primaria es -
prolongar la trabajabilidad de las mezclas asfálticas, has -
ta por un tiempo mayor a tres meses de haberse elaborado, -
este aditivo después de pasar la etapa experimental con re
sultados muy satisfactorios, se siguió empleando en la ela
boración de mezclas con asfalto rebajado para la construc -
ción de carpetas en las carreteras del Estado de Nuevo --
León, y actualmente en la mayoría de las Entidades Federa -
tivas del país.

VI. I. CARACTERISTICAS DEL ADITIVO

El aditivo para asfaltos RQI-108 es una mezcla de compuestos dispersantes, detergentes, humectantes, antioxidantes, solventes y otros que cubren importantes funciones químicas con las que se mejoran notablemente propiedades reológicas y humectantes del asfalto.

El RQI-108 es tecnología nacional, producto de la creatividad de profesionistas regiomontanos para reducir costos y colaborar con los esfuerzos de las autoridades competentes para modernizar los procedimientos de elaboración y tendido de mezclas para carpetas asfálticas, tanto en calles urbanas como en carreteras.

En esencia, el RQI-108, reduce considerablemente el deterioro del asfalto por oxidación y rompe su tensión superficial haciendo extraordinariamente trabajable su mezcla con el material pétreo.

La reducción en el deterioro del asfalto, le dá a las carpetas una mayor vida útil. En el Estado de Nuevo León, existe una carpeta de casi siete años de edad, a la que por diversas razones no se le ha dado un riego de sello en toda su vida y su estado físico es satisfactorio. Dada la poca información al respecto, sería aventurado tratar de estimar la economía que se logra por esta cualidad que le dá el RQI-108 a las mezclas asfálticas.

El incremento en la trabajabilidad conduce a:

- 1.- Una reducción hasta de un 15% en el volumen de asfalto necesario para la carpeta, dependiendo su magnitud de las características del material pé-

treo.

- 2.- Una reducción de cuando menos un 25% en horas máquina necesarias para la elaboración tendido y compactado de las mezclas.
- 3.- El empleo de equipo para mezclado que produce volúmenes muy altos y de una calidad uniforme y controlada.

DOSIFICACION.-

Siendo un producto altamente concentrado, la dosificación del RQI-108 es de 0.5 al millar, es decir un litro de aditivo por cada 2,000 litros de asfalto.

Su incorporación con el asfalto es sencilla pero es recomendable hacerse cuando el asfalto alcance los 60°C de temperatura para obtener resultados óptimos de homogenización.

Puede incorporarse en los carros tanque en el momento en que se carguen en la refinería, agregando el aditivo cuando se haya llenado de asfalto la tercera parte del tanque. Puede hacerse en la fosa de almacenamiento, recirculando el asfalto, cuando se caliente para su uso, el tiempo necesario para bombear un volumen de asfalto igual a la capacidad de la fosa. Y, por último, puede agregarse directamente en la nodriza o petrolizadora, ya cuando se vaya a llevar el asfalto al frente de trabajo, vertiendo el aditivo en el tanque de depósito cuando se haya llenado de asfalto la tercera parte del mismo.

VI.2. APLICACION DEL ADITIVO A PAVIMENTOS FLEXIBLES.

a. EN CARPETAS ASFALTICAS

Al hacer la mezcla se puede apreciar que las partículas del material pétreo se cubren más rápidamente reduciendo el tiempo de mezclado, además de que los operadores de motoconformadora, notaron que el material era más trabajable para el mezclado no obstante las bajas temperaturas -- prevalecientes en la Ciudad de Saltillo, Coah., durante -- los meses de invierno: en cambio trabajando en las mismas condiciones pero sin uso del aditivo, se tenía el inconveniente de que la labor de revoltura se volvía muy árdua, -- representando mayor esfuerzo para la motoconformadora por la formación de grumos y poca trabajabilidad, lo que representaba mayor tiempo de horas para rendir y tender la mezcla, después de esto, el problema quedó solucionado con el uso del aditivo.

Otras de las ventajas de utilizar este aditivo, es -- que reduce el consumo de asfalto por metro cúbico, citando como ejemplo el siguiente caso:

Cuando la unidad de laboratorios al estar haciendo -- una mezcla recomendó 82 litros por metro cúbico y se llegó a emplear 75 litros por metro cúbico.

Por lo que se puede esperar ahorros en el consumo de asfalto hasta del 14% dependiendo de la granulometría del material pétreo; en estas condiciones existe la seguridad de que la carpeta no se lloverá, dado que se utilizarán menores cantidades de asfalto, además es factible obtener mayor estabilidad de la carpeta, dado que las partículas del material pétreo trabajarán más en contacto, reduciendo el-

flujo del asfalto, por último, se ha observado, que la compactación se logra en un 80% del tiempo normal.

b. MEZCLAS PARA BACHEO

La primera razón que impulsó a funcionarios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de Nuevo León a interesarse por el aditivo, fué cuando al ser invitados a revisar un camellón de mezcla asfáltica que se había trabajado en RQI-108 y estaba rendida desde 4 meses, les dió la impresión que se trataba de una mezcla recién elaborada, ya que el aspecto de color y fluidez eran propios de una mezcla fresca.

Como es del conocimiento de los técnicos que trabajan en conservación de carreteras, el rendimiento de una cuadrilla de bacheo, está en relación a la disponibilidad de mezcla asfáltica elaborada, sin embargo cuando se hacen -- los camellones de ésta, a la semana ya se encuentran endurecidos, ocasionando pérdida de tiempo para estar aflojando y disgregando para cargarla al camión, este problema se puede resolver con el uso del aditivo.

El material pétreo que comúnmente se utiliza, es producto de roca caliza de trituración total y asfalto rebajado del tipo FR-3 en proporción aproximada de 65 LTS/M3.

La planta de mezclado es una máquina de modelo sencillo de la "BARBER GREEN", que se utiliza comúnmente en mezclas para estabilizar o mejorar materiales, usando cemento portland, cal, etc., cuya producción es continua y su rendimiento aproximado es de 42 metros cúbicos por hora.

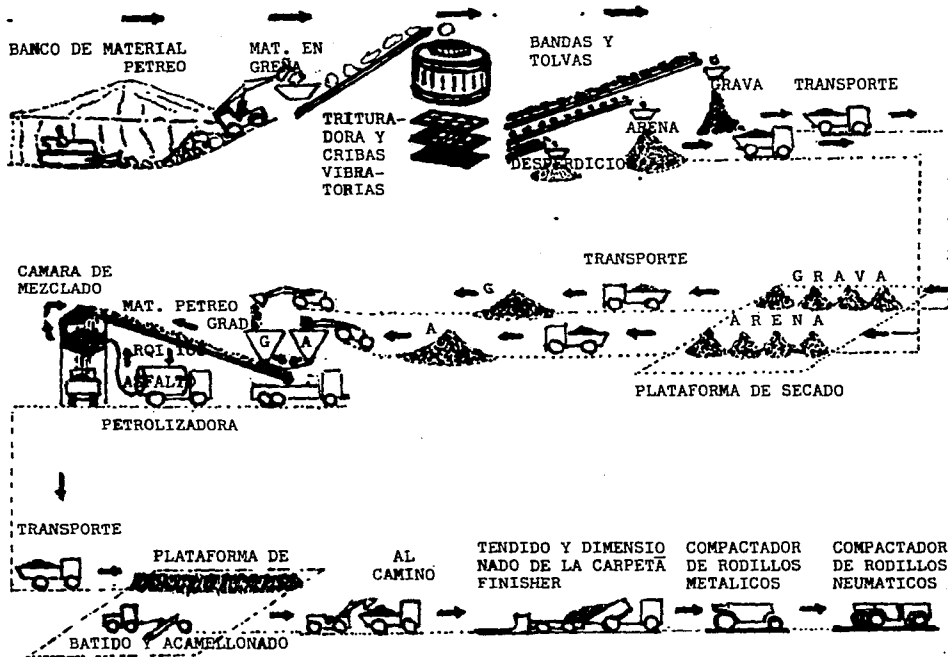
Para los trabajos de conservación, dicho rendimiento-

es aceptable, dado que esta mezcla de acuerdo al sistema - de trabajo, se almacena durante 2 ó 3 semanas, con objeto de acumular un buen volumen.

La mezcla que produce la planta, aún con el óptimo de asfalto no sale bien cubierta, ésto se debe a que la cámara de mezclado es pequeña y no se logra la homogenización-completa. De acuerdo a lo anterior, el mezclado total se logra, mediante su tratamiento en plataforma con motoconformadora, aplicando un tiempo de revoltura en promedio de 3 horas/240 m³ para su total rendimiento.

Posteriormente cuando la mezcla se va a utilizar, se transporta en camiones a la obra para la construcción de la carpeta, empleando en el tendido de la misma, una extendedora (FINISHER), habiendo observado que durante este operación no se manifiestan arrastres o agrietamientos, mejor dicho, su comportamiento es muy semejante al tendido de -- una mezcla asfáltica elaborada en caliente, ésto desde luego es muy significativo, puesto que se trata de mezclas -- elaboradas 2 y hasta 6 meses antes, además algunos tramos se han trabajado prevaleciendo temperaturas hasta de 4°C.

En cuanto a los trabajos por administración, el mezclado se realiza en plataforma con motoconformadora, una vez que se tiene un volumen suficiente, condiciones propicias climatológicas y los elementos necesarios de maquinaria y demás, se acarrea al camino en camiones la cantidad de metros cúbicos de mezcla que se puede tender y compactar, mediante el sistema tradicional en el mismo día. Los resultados que se han obtenido con este sistema, son similares en cuanto a manejabilidad, con la diferencia que el acabado no es tan bueno como el que se obtiene con el extendedor mecánico.



CROQUIS DESCRIPTIVO DE LA ELABORACION DE MEZCLA ASFALTICA EN FRIO USANDO ADITIVO RQI 108
 CABE HACER NOTAR QUE A ESTE PROCEDIMIENTO SE LE PUEDE ELIMINAR UN TRANSPORTE E INCLUSO
 UTILIZAR LA MISMA PLATAFORMA DIVIDIENDO LA ZONA DE SECADO Y LA ZONA DE BATIDO

VI.3. RESULTADOS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS

Dentro de este subcapítulo, haremos referencia a una serie de documentos oficiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (los cuales se transcriben textualmente) y que nos sirven de ejemplo para dar a conocer las culidades del aditivo RQI-108 en su aplicación práctica.

a. EL DIA 2 DE MARZO DE 1983 SE REALIZO LA VISITA A LA JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL ESTADO DE ZACATECAS, CON DOMICILIO EN LA CALLE QUEBRADILLA Y AVENIDA TORREON, ZACATECAS, ZACATECAS.

OBJETO

Hacer las indicaciones necesarias al inicio del uso - del aditivo RQI-108, en la construcción de carpetas a cargo de esa Junta Local de Caminos.

El día 2 de Marzo de 1983 se presentó con el Representante de la Junta Local de Caminos y el Residente de Obras en ese entonces, quienes manifestaron que Los problemas -- que han venido afrontando en la elaboración de las mezclas consiste en la formación de grumos por el aglutinamiento - del material fino con el producto asfáltico, los cuales -- son difíciles de disgregar, lo que ha venido ocasionando - que la carpeta presente notables irregularidades en su acabado, motivo por el cual se decidió emplear el aditivo, a fin de lograr solucionar dicho problema.

Después de exponerles las ventajas que hemos observado con el uso del aditivo, se programó hacer la primera -- prueba en la obra el siguiente día.

DATOS GENERALES

Camino - Paso por Villa González Ortega y Pinos.
Tramos - Panfilo Natera-Noria de Angeles (Mina Real -
de Angeles).
Longitud 38 Km.
Ancho de corona - 7.00 M.
Espesor - 7 cm.

MATERIALES Y DATOS DE LABORATORIO

Banco No. 1 "Mineral Real de Angeles" Km. 53+600 con-
4,000 M. desviación derecha.
Clasificación petrográfica.- Roca caliza triturada.
Granulometría.- Aceptable
Textura.- Media
Contracción Lineal.- 1.8 y 1.7 (máximo especific. 2.5).
Desgaste.- 20.2% (máximo especific. 40%)
Adherencia.- Buena (desprendimiento máximo especific. -
25%).
Partículas Alargadas.- 30.0% (máximo especific. 35%).
Lajeo.- 25.0% (máximo especific. 35%).

Optimo de asfalto de laboratorio 103.9 Lt/M³ de mate-
rial pétreo (en la práctica se han empleado hasta ---
130Lt/M³ según el Residente).

Banco No. 2 "La Ballena" Km. 79+000 desviación 9,000M
izq.
Clasificación Petrográfica.- Grava-arena de río criba
da 1"
Granulometría.- Defectuosa
Textura.- Entre media y cerrada contracción lineal --
1.8 (máximo especific. 2.0)

Desgaste.- 29.0% (máximo especif. 40%).

Adherencia Método Inglés.- 97.0% (mínimo cubrimiento-
90%).

Adherencia Desprendimiento por Fricción.- 90.0% (máxi-
mo especif.
25%).

Partículas Alargadas.- 20.4% (máximo especif. 25%).

Partículas Lajeadas.- 40.5% (máximo especif. 35%).

Optimo de asfalto de laboratorio 108.7 Lt/M3 de mate-
rial (según el Residente en la práctica se viene em-
pleando 95-97 L5/M3).

Banco No. 3 "Berriozabal" Km.0+000 con desviación ---
11+000 de desviación derecha.

Clasificación Petrográfica.- Grava-arena de río.

DIA 3 DE MARZO VISITA A LA OBRA

ASISTENTES:

Ing. Esteban Hernández Durán: Residente de Obra

Ing. Jefe de la Oficina Técnica de la Junta Local de Cami-
nos.

Ing. Juan Miguel Gutiérrez Alvarado, Residente de Laborato-
rio.

Tramo para la prueba.- de Km. 48+900 a Km. 49+200

OBSERVACIONES PRELIMINARES

Material con agregado máximo de 2½" (se retira a pepe-
na) aseguró el Residente que ya se va a corregir esta ano-
malía.

Motoconformadoras con cuchilla inclinada hacia adelan-

-te (posición para rastreos), no se pudo corregir a posición de 90° por el excesivo desgaste de las cuchillas (se tratará de reponerlas lo más pronto posible).

Velocidad de transmisión en operación de mezclado que normalmente se utiliza: 2a. (durante la prueba, se logró - que una de las dos máquinas trabajara en 4a., la otra operó en 2a. por el mal estado del motor).

DATOS DEL MEZCLADO

Material pétreo.- Del banco No. 2, 130 M3

Asfalto rebajado.- FR-4, 11,860 Lt.

Proporción de aditivo RQI-108 0.5; 1,000

Consumo de asfalto/M3 de material 91.2 Lt.

Tiempo de mezclado con 2 motoconformadoras.- 3.15 Hrs.

Temperatura.- 10°C aproximadamente.

Velocidad del viento prevaleciente.- 80-90 Km/hrs. con tolvaneras densas.

OBSERVACIONES FINALES

- 1.- Se notaron deficiencias en el mezclado por la posición incorrecta de las cuchillas y la baja velocidad de operación (es factible que al operar las motoconformadoras en forma correcta, se reduzca - el tiempo de mezclado).
- 2.- Las fuertes tolvaneras prevalecientes en el lugar adicionaron muchos finos a la mezcla.
- 3.- Al terminar el mezclado, se pudieron apreciar algunas partículas sin cubrir por efecto del polvo adherido a éstas, sin embargo el contenido de asfalto se consideró suficiente, ya que al agregar-

-le más, se corría el riesgo de pasarla. El aspecto de ma
nejabilidad se consideró buena.

**b. PROCEDIMIENTO DE RECONSTRUCCION DE TRAMOS AISLADOS CON-
MEZCLA ASFALTICA EN FRIO.**

A mediados del año de 1978, se otorgó un contrato de-
reconstrucción a la empresa Materiales Triturados, S.A., -
de esta Ciudad. Los tramos por reconstruir estuvieron lo-
calizados en el camino Saltillo-Monterrey, en el carril pa-
ra el tránsito de Monterrey a Saltillo, en el Libramiento-
Noroeste de Monterrey, en el Ramal a Mina y San Andrés y -
en el Camino Monterrey-Laredo.

Tomando en cuenta que el contrato fué otorgado cuando
ya el año de 1978 iba muy avanzado, la empresa propuso a -
la Residencia de Conservación, la elaboración de la mezcla
asfáltica, en una estabilizadora de base hidráulica Barber
Green, y el tendido de la carpeta asfáltica por medio de -
una carpeteadora (Finisher Pioneer 12 Paver).

Con objeto de darle trabajabilidad a la mezcla se le-
agregó el asfalto FR-3, empleando un aditivo denominado --
RQI-108, en proporción de 0.5 lbs. por cada 1,000 lbs. de
asfalto, el que además de darle la propiedad de ser muy --
trabajable abatió considerablemente la cantidad de asfalto
empleado. Por ejemplo, en algunos tramos la Unidad de La-
boratorios, recomendaba 87 lbs/m³, y se llegó a emplear --
75 lbs/m³.

Esto se debe a que el asfalto con aditivo, cubre con-
mayor facilidad las partículas del material pétreo.

La Compañía a la que se le otorgó el contrato, ya ha-

-bfa usado el aditivo en la construcción de base negra en la Ave. Margarita Masa de Juárez, que es parte del camino Monterrey-Reynosa, en la misma Ciudad de Monterrey, N.L.

La mezcla asfáltica, que salía de la estabilizadora, se acamellonó en los patios de la empresa y con una moto conformadora se terminó de rendir, bastando una o dos pasadas.

Esta operación de elaboración de mezcla en frío, se llevaba a cabo durante 2 ó 3 semanas, con objeto de acoplar un volumen considerable para que el trabajo en el tramo de reconstrucción (acarreo, tendido y compactación), se llevara a cabo en 1 ó 2 días. Esto se logró gracias al uso del aditivo, ya que las mezclas asfálticas a pesar de tener varias semanas de estar 100% rendidas no se endurecían y podían tenderse con la carreteadora, como si se tratara de una mezcla de concreto asfáltico recién elaborada.

Este procedimiento, ha tenido las siguientes ventajas:

- a) Mayor control de calidad durante la elaboración de la mezcla.
- b) Contenido de asfalto más homogéneo.
- c) Se evita la maniobra de estar acamellonando el material en el camino, lo que redundaría en no caponear el equipo de construcción y a los mismos usuarios y a la pérdida de material pétreo.
- d) No se clasifica el material pétreo.
- e) Se evita también la maniobra de estar elaborando

La mezcla asfáltica en el camino, lo que origina - que no se trabaje con toda la eficiencia, ya que - es necesario estar dando paso al tránsito, o de lo contrario construir desviaciones, todo ésto con -- cargo al importe de la obra.

f) La maniobra de tendido se lleva a cabo en un plazo de tiempo muy corto, ya que la carreteadora tiene un avance de tendido muy superior al de dos moto - conformadoras, con la ventaja de que el tramo de - camino en que se está trabajando se reduce a un pe - queño tramo.

g) Finalmente y como máxima ventaja se puede hablar - del acabado que se le dá al tramo reconstruido, ya que desde las orillas de la carpeta quedan supues - tamente alineadas y sin pretuberancias laterales, - el acabado de la superficie de rodamiento es muy - superior al que se logra con motoconformadora y -- además se tiene la seguridad de que los tramos ten - didos en esta forma no se van a llorar por exceso - de asfalto, ya que como se dijo en un principio, - se usa menos asfalto que en una mezcla normal. Solamente se recomienda poner atención que el rie - go de liga no sea excedido.

En resumen, el procedimiento de trabajo es el siguien - te:

- 1.- Producción de material pétreo.
- 2.- Elaboración de mezcla asfáltica con planta esta - cionaria.

3.- Terminar de rendir mezcla asfáltica con motoconformadora.

4.- Acarreo, tendido y compactación.

c. INFORME DE LA VISITA EFECTUADA EN EL MES DE NOVIEMBRE DE 1982 A LOS CENTROS SAHOP COAHUILA Y NUEVO LEON, EN RELACION CON EL EMPLEO DEL ADITIVO RQI-108, EN MEZCLAS-ELABORADAS CON ASFALTO REBAJADO DEL GRADO FR-3, PARA TRABAJOS DE CONSERVACION.

CENTRO SAHOP COAHUILA

Se llevó a cabo una visita al tramo Castaños-Monclova de la carretera Saltillo-Piedras Negras, en el cual se ubican tramos de sobrecarpeta construidos con mezcla asfáltica elaborada de Junio a Octubre de 1980, y tendidos con máquina extendedora en los meses de Noviembre a Diciembre -- del mismo año, de acuerdo con el control de calidad del Laboratorio Auxiliar de Castaños.

De los datos correspondientes al referido control de calidad, puede observarse lo siguiente:

La mezcla se elaboró con asfalto rebajado FR-3 y aditivo RQI-108 en proporción de 0.5:2000, con un contenido de cemento asfáltico menor al óptimo calculado; lo anterior en función del cubrimiento que se obtiene al utilizar aditivo RQI-108

En los expedientes correspondientes al control de calidad efectuado por el Laboratorio Auxiliar de Castaños, se puede observar que al momento de almacenar la mezcla asfáltica, el valor de K (solventes-cemento asfáltico) era -

de 0.105 y en el momento del tendido dicho valor fué 0.065 en promedio.

El personal que por parte del Laboratorio Auxiliar intervino en el control de campo, comentó que el contenido se llevó a cabo sin haberse manifestado en la mezcla ---- "arrastrés" o "agrietamientos", apreciándose trabajabili--dad adecuada máxima que el tendido como ya se indicó, se -- llevó a cabo con máquina extendedora y bastante tiempo des--pués de haber sido elaborada la mezcla (3 a 6 meses).

El aspecto de la superficie de la carpeta tendida en-- las condiciones citadas, no presenta defectos o fallas --- atribuibles a una mezcla poco trabajable y manejada con ex tendedora; así mismo, se pudo observar un tramo inmediato-- en el cual se utilizó mezcla sin aditivo, no manifestándo-- se ninguna diferencia en el aspecto.

Se anexó expediente de control y estudio de la Unidad de Laboratorios del Centro SAHOP Coahuila y del Laborato -- rio Auxiliar.

CENTRO SAHOP NUEVO LEON

Lo más sobresaliente en relación con el empleo del -- aditivo RQI-108 en este Centro, fué visitar la planta en -- la cual se está elaborando mezcla asfáltica con un mate -- rial pétreo calizo triturado y un asfalto rebajado tipo -- FR-3, en proporción de 60 litros por metro cúbico. Esta -- planta es un modelo sencillo de la Barber-Green, comúnmen--te empleado en el Sureste de la República para la mezcla -- de arena-emulsión, de producción continua y con un rendi -- miento de 42 m³/h, aproximadamente.

Se considera de acuerdo con la información proporcionada por los contratistas, que para trabajos de conservación dicho rendimiento es aceptable, ya que esta mezcla de acuerdo con el sistema de trabajo implantado por la Residencia General de Conservación de Obras Públicas en la Entidad, se almacena para su empleo posterior.

La mezcla que produce la planta de referencia sale -- "pinta", ya que la cámara de mezclada es pequeña y no se logra la homogeneización completa de dicha mezcla, esta se alcanza mediante su tratamiento en plataforma con motoconformadora, aplicándole 3h/240 m3 para su rendimiento.

Por otra parte, se llevó a cabo el tendido de un tramo de demostración con mezcla asfáltica de mes y medio de haber sido elaborada. Dicho tendido se llevó en condiciones ambientales muy rígidas, 5°C aproximadamente de temperatura, lográndose a pesar de éso, tener un tendido aceptable.

La Unidad de Laboratorios del Centro SAHOP Nuevo León no ha intervenido en el estudio y control de la construcción de las sobrecarpetas que está tendiendo la Residencia General de Conservación de Obras Públicas en la Entidad y en las cuales se ha utilizado aditivo RQI-108, por lo que no se pudo comparar como en el caso de Coahuila el valor K (contenido de solventes-cemento asfáltico) de elaboración, almacenado y el correspondiente al tendido.

Así mismo, se aprovechó la visita para ver algunas -- carpetas construidas con mezclas asfálticas elaboradas empleando aditivo y con edades a partir de su elaboración al tendido de 4 a 7 meses. Sobre este particular, se puede decir que el aspecto de las mezclas de referencia no pre-

-benta ninguna característica apreciable en su aspecto.

CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expresado tanto por las personas -- que fabrican el aditivo, como por el personal de la Residencia General de Conservación de Obras Públicas de Nuevo-León, la principal ventaja que proporciona el empleo del aditivo de referencia consiste en mantener la trabajabilidad de las mezclas asfálticas, lo que permite emplearlas -- mucho tiempo después de haber sido elaboradas, al grado de permitir el empleo de máquina extendedora.

Una ventaja que los fabricantes del aditivo RQI-108 -- atribuyen a este producto es la reducción del contenido de cemento asfáltico, en virtud de que se logra un mejor cubrimiento del agregado pétreo debido a que en la fórmula -- ción interviene un agente reductor de tensión superficial; lo anterior debe tomarse con las reservas del caso en tanto no se cuente con estudios, ya que posiblemente se obtenga una película de cubrimiento más delgada, lo que no se estima conveniente por dar lugar a una mezcla poco resistente al tránsito.

Por lo anterior, se estima necesario llevar a cabo un estudio integral adecuado a fin de conocer las propiedades

del aditivo de referencia, las limitaciones de su empleo - y las ventajas que se pueden obtener con este producto.

De acuerdo con la información proporcionada por la -- Unidad General de Servicios Técnicos y de la Unidad de Laboratorios del Centro SANOP Coahuila, las mezclas asfálticas elaboradas utilizando aditivo RQI-108 no pueden ser -- tendidas y compactadas de inmediato por su falta de estabilidad y resistencia, lo que se puede constituir en una seria limitación para el empleo de dicho aditivo en trabajos de construcción de carpetas asfálticas donde se requiera - una secuencia ininterrumpida de las distintas etapas de la pavimentación.

Sobre el particular se dieron instrucciones al Supervisor de Laboratorios, a los Jefes de las Unidades Generales de Servicios Técnicos y a los Jefes de las Unidades de Laboratorios en el Centro SANOP Coahuila y Nuevo León, para que en coordinación con las respectivas Residencias Generales de Conservación de Obras Públicas de Nuevo León y Coahuila, se lleve a cabo el estudio del aditivo, así como el control de las mezclas asfálticas que se elaboren en el campo.

Asimismo, se ha implementado un estudio en el Departamento de Ensayo de Materiales de San Luis Potosí cuyo programa se les a hecho llegar, mismo que también se llevará a cabo en la Unidad de Laboratorios del Centro SANOP San Luis Potosí, en donde próximamente la Residencia General de Conservación de Obras Públicas de San Luis Potosí va a iniciar el tendido de una sobrecarpeta utilizando el aditivo RQI-108.

VI.4. VENTAJAS DE SU USO

De acuerdo a las experiencias de que se tiene conocimiento a la fecha, las ventajas que se pueden observar con el uso del aditivo RQI-108, son las siguientes:

a. REDUCCION EN EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO

Se ha observado mediante pruebas de laboratorio que el contenido óptimo de asfalto necesario en la mezcla se ha reducido en un 15% aproximadamente.

b. REDUCCION EN EL TIEMPO DE MEZCLADO

Al mejorar la trabajabilidad de la mezcla se han observado ahorro de hasta un 25% en el tiempo de mezclado -- con lo cual trae un ahorro significativo de dinero, al -- usar menos tiempo de equipo.

c. REDUCCION EN EL TIEMPO DE COMPACTACION

Se han observado en base a la prueba Proctor que con las mismas características de material, climatológicas y de proporcionamiento en muestras sin y con aditivo, que en este último se tiene un ahorro de hasta el 25%, en el tiempo de compactación y como consecuencia un ahorro significativo de dinero.

d. MENOS RIESGO A QUE LAS CARPETAS SE "LLOREN"

Como se mencionó al principio al contener la mezcla un menor contenido de asfalto se evita el acceso de éste y por ende el que se "lloren" las carpetas.

e. MEJOR ESTABILIDAD

Es de esperarse que las carpetas tengan buena estabilidad, ya que al reducir la película envolvente de asfalto, las partículas pétreas tendrán mayor contacto entre -- sí.

f. MAYOR TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE LA MEZCLA

La mayor ventaja que se obtiene es en los trabajos de conservación, ya que al tener la cualidad de poderse almacenar las mezclas por largos períodos de tiempo y poder -- usarla cuando las condiciones de tiempo y disponibilidad -- de maquinaria lo permitan, evitando accidentes, al formar -- largos camellones de material pétreo sobre la carretera, -- permaneciendo día y noche por semanas y hasta meses, entor -- peciendo el tránsito vehicular, con las inevitables pérdi -- das en el volumen del mismo, cuando se escurre al talud y -- que en la mayoría de los casos es difícil de recuperar.

g. MENOR OXIDACION

Reduce considerablemente el deterioro del asfalto por oxidación y rompe su tensión superficial, haciendo extraor -- dinariamente manejable su mezcla con el material pétreo.

La reducción en el deterioro del asfalto, le dá a las carpetas una mayor vida útil.

VII. CONCLUSIONES

Como conclusión del presente trabajo podemos decir, - que el uso del aditivo RQI-108 en la elaboración de mezclas asfálticas en frío, viene a revolucionar los conocimientos que se tienen sobre pavimentos flexibles, dadas las ventajas que se obtienen al utilizarlo, definidas en el capítulo V:

- Mayor tiempo de almacenamiento de la mezcla (trabajabilidad).
- Reducción del contenido óptimo de asfalto (15% más o menos de acuerdo a las características del material).
- Reducción del tiempo de compactación (25%).
- Menor riesgo a que las carpetas se "lloren".
- Menor estabilidad.
- Reduce la oxidación del asfalto.

Todas ellas respecto al procedimiento que en condiciones normales se ha venido utilizando, por que anteriormente en la conservación de carreteras se temía que al realizar una mezcla para bacheo, a los pocos días de haberse elaborado ésta, los trabajos se volvían más áridos ya que la mezcla se endurecía, perdiéndose de esta manera material y tiempo, siendo imposible recuperar lo elaborado.

Con las ventajas que se tiene con el uso del aditivo RQI-108, la mezcla conserva su manejabilidad hasta por períodos de 6 meses, aún en climas como los del Norte del país, en que se dan temperaturas hasta de 5°C.

Cabe hacer mención de una manera adicional, que como un caso particular de reciente fecha (en Mayo de 1988), en

la construcción de la Autopista Monterrey-Cadereyta ini --
cialmente se programó utilizar base negra elaborada con --
aditivo RQI-108 en los acotamientos de la misma, y al ver-
que funcionaba y pasaba las rigurosas pruebas de laborato-
rio a las que fué sometida se autorizó a emplearla en todo
lo ancho de la autopista. Es por ello que de una manera -
optimista se considera que pueda funcionar no nada más pa-
ra la conservación de carreteras sino también para la cons-
trucción de las mismas.

Por todo ésto y siendo realistas con respecto a la si-
tuación económica que impera en el país, que no es del to-
do halagadora, dados los costos tan elevados que se han ve-
nido presentando en estos últimos años, buscamos por medio
del presente trabajo hacer una recomendación para el uso -
extensivo de este aditivo y se dé no nada más a nivel Esta-
tal sino Nacional. Remarcando que las experiencias que se
tienen a la fecha han sido en las carreteras del Estado de
Nuevo León, y en el 90% de la construcción y conservación-
de calles en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, a partir-
de 1983.

BIBLIOGRAFIA

1. **"PRINCIPALES MATERIALES FABRICADOS Y SU EMPLEO EN CONSTRUCCION"**
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
Apuntes del Curso de Construcción I.
México, D.F., 1980.
2. **"PROCEDIMIENTOS ACTUALES DE ELABORACION, TENDIDO Y COMPACTACION DE MEZCLAS ASFALTICAS"**
TESIS PROFESIONAL.
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
México, D.F., 1982.
3. **"A.S.T.M. STANDARS"**
A.S.T.M., 1970.
4. **"ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION"**
S.A.H.O.P.
Partes 2ª, 3ª, 4ª y 9ª
México, D.F., 1971.
5. **"MEMORIAS DEL 2º CONGRESO LATINOAMERICANO DEL AS - FALTO"**
México, D.F., 1986.
6. **"BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION"**
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
Apuntes del curso de Construcción I.
México, D.F., 1981.
7. **"MEMORIAS DE LAS EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE LA - S.C.T. EN LA CONSERVACION DE CAMINOS"**
Ing. Jesús Vargas de la Cruz.
Monterrey, N.L., 1983.
8. **"INFORMACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION"**
Catálogo ITC.
México, D.F., 1984.

9. "MANUAL DEL ASFALTO"

Instituto del Asfalto

Urmo, S. A. de ediciones

España, 1970