



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

**“ APLICACION DE LAS EMULSIONES
ASFALTICAS EN CARRETERAS ”**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentan:

MARCOS JIMENEZ ACEVEDO

VICTOR V. CARO AVILES

Asesor: Ing. Ricardo Rodríguez Cordero

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F. 1993



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.

INDICE

	PROLOGO	1
I	INTRODUCCION	5
I.1	Generalidades	5
I.1.1	Aglutinantes empleados en pavimentos	7
I.1.2	Mezclas asfálticas	10
I.1.3	Técnicas y procedimientos en frío	11
I.2	Versatilidad ante climas y materiales	14
I.3	Ahorro energético	15
I.4	Aspectos ecológicos	16
II	FABRICACION DE EMULSIONES	18
II.1	Generalidades	18
II.2	Componentes de las emulsiones	22
II.2.1	Los emulsionantes	22
II.2.2	Ligante asfáltico	25
II.2.3	Aditivos	27
II.2.4	El agua	27
II.3	Componentes de una planta de emulsiones y sus funciones	28
II.3.1	Tipos de plantas	28
II.3.2	Suministro de energía eléctrica	30
II.3.3	Suministro de asfalto	30
II.3.4	Tanques de almacenamiento	33
II.3.5	Caldera	35
II.3.6	Reactores	36
II.3.7	Molino coloidal	37

III	CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES	38
III.1	Generalidades	38
III.2	Definición y clasificación	38
III.3	Uso de las emulsiones asfálticas	43
IV	EMPLEO DE LAS EMULSIONES EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR	45
IV.1	Generalidades	45
IV.2	Mezclas asfálticas abiertas en frío	47
IV.2.1	Materiales	51
IV.2.1.1	Agregados	51
IV.2.1.2	Ligante	53
IV.2.2	Plantas de fabricación	55
IV.2.3	Tendido y compactado	60
IV.3	Mezclas asfálticas densas en frío	62
IV.3.1	Estabilización de suelos	65
IV.3.1.1	Generalidades	65
IV.3.1.2	Materiales	67
IV.3.1.3	Fabricación y puesta en obra	70
IV.3.2	Grava-emulsión	72
IV.3.2.1	Generalidades	72
IV.3.2.2	Materiales	74
IV.3.2.3	Fabricación y puesta en obra	75
IV.3.3	Carpetas densas en frío	77
IV.3.3.1	Generalidades	77
IV.3.3.2	Materiales	78
IV.3.3.3	Fabricación y puesta en obra	80

V	MORTEROS ASFALTICOS	82
V.1	Generalidades	82
V.2	Materiales	85
V.2.1	Agregados	85
V.2.2	Filler	86
V.2.3	Ligante	87
V.2.4	Aditivos	88
V.2.5	Agua	88
V.3	Fabricación y puesta en obra	89
V.3.1	Maquinaria y equipo	89
V.3.2	Puesta en obra	92
VI	RECICLADOS ASFALTICOS	96
VI.1	Generalidades	96
VI.2	Proceso de construcción	97
VII	APLICACION DE LAS EMULSIONES EN LA CONSERVACION DE CAMINOS	101
VII.1	Generalidades	101
VII.2	Descripción de fallas en pavimentos y su posible solución	102
VIII	COMPARACION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR CON MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	107
VIII.1	Objetivo	107
VIII.2	Versatilidad de maquinaria	107
VIII.3	Almacenabilidad de la mezcla	110
VIII.4	Comparativas ecológicas	111

VIII.5	Comparativa económica	114
	CONCLUSIONES	130
	ANEXO	131
	BIBLIOGRAFIA	135

PROLOGO

La tecnología en frío, basada en el empleo de emulsiones, ha tenido una evolución e interés creciente. El perfeccionamiento químico de los productos, la variedad del tipo de emulsiones y la facilidad para la puesta en obra, han hecho que en el momento actual el ingeniero disponga de un instrumento eficaz, versátil y económico en todos los casos.

La crisis de energía en 1973-1974 ha forzado a todas las administraciones a utilizar las técnicas en frío para ahorrar gastos inútiles de productos energéticos, a esto se ha unido el interés creciente por los problemas de contaminación atmosférica y de Ecología. Las emulsiones asfálticas y las técnicas de pavimentación basadas en su empleo son una buena respuesta a los dos problemas anteriores. El empleo de éstas técnicas en frío son especialmente importantes pero no insustituibles en todos los trabajos de conservación, tratamiento de caminos económicos, obras alejadas de los grandes centros de población e industria, países en vías de desarrollo, etc.

Esta tesis distribuye en ocho capítulos, la tecnología básica de los productos asfálticos en frío. Estos capítulos trataran de:

1.- Proceso para la elaboración de emulsiones.

Trata de los aspectos energéticos y ecológicos de dicha producción así como de los ligantes empleados en pavimentos.

2.- Clasificación de las emulsiones asfálticas.

Trata de los diversos tipos de emulsión, que se pueden producir optimizando - maquinaria y tiempo.

3.- Empleo de las mezclas asfálticas en el lugar.

Trata de los aspectos básicos en cuanto a materiales, dosificación y empleo, dicho empleo se basa en la experiencia española.

4.- Morteros asfálticos.

Trata de una técnica muy desarrollada en España y USA, y de la versatilidad que la hace competitiva en México.

5.- Aplicación de las emulsiones en reciclados asfálticos.

Es muy importante la reutilización de los productos del fresado, para el mejor aprovechamiento de los materiales.

6.- Aplicación en la conservación de caminos.

Hoy en día México construye carreteras concesionadas con mantenimiento de diez a quince años. Esto nos da un panorama positivo para la utilización de las emulsiones asfálticas ya que éstas son la mejor opción por su economía y facilidad de aplicación.

7.- Comparación de carpetas asfálticas en caliente con respecto a las carpetas asfálticas en el lugar.

Nos da un panorama más favorable en cuanto al aspecto ecológico y económico, en lo que a carpetas asfálticas en el lugar se refiere, ya que son una buena opción en mantenimiento de obras.

Evidentemente pueden haber otros tipos de presentación, pero se ha preferido, en lo posible, investigar y partir de experiencias y criterios propios en lugar de recurrir a otro tipo de investigación.

LOS AUTORES.

OBJETIVO

Generalmente, cuando surgen nuevas técnicas, nuevos procedimientos, nueva maquinaria o equipo, etc, de cualquier ramo de la ciencia y/o ingeniería; siempre es visto con recelo, hasta que no se comprueba su efectividad.

Con base en lo anterior, en la presente tesis se desprenden tres objetivos principales:

El primer objetivo, es demostrar que las emulsiones asfálticas son efectivas, económicas y ecológicas en lo que al área de pavimentos se refiere.

El segundo objetivo que persigue esta tesis, es demostrar que las mezclas asfálticas en frío, son más versátiles, económicas, menos contaminantes que las mezclas asfálticas en caliente.

El tercer y último objetivo es dejar un legado, tanto al ingeniero como a la comunidad universitaria, para que pueda informarse amplia y adecuadamente de lo que son las emulsiones asfálticas y su aplicación en carreteras, ya que esta información, en México, es poco abundante.

I INTRODUCCION

I.1 Generalidades.

Actualmente el empleo de las emulsiones asfálticas o bituminosas se ha generalizado lo suficiente en la mayor parte de los países para que se trate de un producto habitual, como consecuencia debe dársele mayor importancia a su empleo. Sin embargo, para sacar el máximo provecho de este producto es conveniente conocer a fondo sus características y todas sus aplicaciones, que son muchas.

En España y Francia una importantísima proporción de los asfáltos (Superior al 30%) se utilizan en forma de emulsión, y en el resto del mundo existe un interés creciente debido, por un lado, a la indiscutible mejora de la tecnología y a las ventajas ecológicas y de ahorro energético que se derivan del empleo de estos ligantes.

Las primeras emulsiones de asfalto se emplearon en carreteras a principios de siglo en plan experimental. Fundamentalmente se hicieron con ellas tratamientos superficiales, tratamientos de riego y algunos intentos de mezcla "in situ". En los años treinta ya se anunciaban en España varias empresas que fabricaban o empleaban emulsiones asfálticas e incluso se hicieron calles de mezcla densa en frío con emulsiones. El desarrollo de las emulsiones catiónicas en los años cincuenta amplía el campo, al poderse emplear agregado silíceo con completa garantía de éxito y al poder trabajar en condiciones climatológicas adversas.

Un nuevo desarrollo espectacular de las emulsiones se está produciendo a partir del año 1974, en que la crisis del petróleo obligó a los investigadores a optimizar todos los procesos productivos.

España, como ya se ha dicho, es uno de los países con técnica de vanguardia en este campo. Sin embargo, se corre el riesgo últimamente de confiados en esa experiencia, caer en una cierta rutina, tanto por autoridades administrativas como por constructores. Por ello sería imprescindible someter a un proceso de revisión todo lo que se sabe, mediante actualizaciones para poder sacar el mayor aprovechamiento que las técnicas de pavimentación con emulsión ofrecen.

Aparte de lo anterior es fundamental conocer que se trata de una técnica perfectamente exportable a países en vías de desarrollo con poca densidad en vías de comunicación y con grandes distancias entre los núcleos industrializados.

Actualmente más del 90% de la emulsión consumida en nuestro país es del tipo catiónica. Sin embargo, no parece lógico ignorar las ventajas que en muchos casos concretos ofrecen las emulsiones aniónicas para el aplicador, ya que en México contamos con una buena cantidad de rocas calizas y con las condiciones climáticas óptimas para el empleo de estas emulsiones.

Pero, ¿Qué es una emulsión asfáltica? , ¿Cuáles son sus características? , ¿Cómo se aplica? , ¿Qué ventajas proporciona?.

Para poder contestar a éstas preguntas, primeramente hay que establecer las componentes técnicas...

1.1.1 Aglutinantes empleados en pavimentos.

se denominan aglutinantes o ligantes asfálticas a una amplia gama de productos que tienen en común un aspecto, color y poder aglutinante, debiéndose estas similitudes a estar constituidas por una mezcla compleja de hidrocarburos de distintos tipos. El término asfalto es, por tanto, genérico para todos los productos cuyas propiedades y composición tengan éstas características comunes.

Los materiales aglutinantes utilizados en pavimentación se clasifican en dos tipos: alquitranes y asfaltos.

Los alquitranes son productos aglutinantes de viscosidad muy variable, preparados a partir del residuo bruto obtenido en la destilación destructiva del carbón a altas temperaturas. En general, se entiende que al hablar de alquitranes se hace referencia al alquitrán de hulla.

Los asfaltos son los productos aglutinantes, sólidos o viscosos, naturales o preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación o cracking, que contienen un porcentaje bajo de productos volátiles y poseen propiedades aglomerantes.

Por otro parte la ASTM (American Society of Testing Materiales), establece la siguiente definición:

ASFALTO: Material aglutinante de consistencia variable, de color oscuro o negro y en el cual el constituyente principal es un hidrocarburo pudiéndose encontrar en forma natural o ser obtenido por la refinación del petróleo.

La mayor parte de los asfaltos fabricados (cerca del 90%) se utilizan en trabajos de pavimentación, destinándose una pequeña parte a aplicaciones industriales.

Los asfaltos para pavimentación, generalmente se clasifican en:

- 1.- Cemento asfáltico.
- 2.- Asfaltos rebajados.
- 3.- Emulsiones asfálticas.

1.- Cemento asfáltico.

El cemento asfáltico es también conocido como asfalto de destilación o penetración, por ser la penetración la que sirve para clasificarlos de una manera elemental.

2.- Asfaltos rebajados.

Estos resultan de añadir un solvente procedente de la destilación del petróleo o de la destilación del alquitrán a un cemento asfáltico. Reciben el nombre de asfaltos fluidificados o "cut-backs" en el primer caso y asfaltos fluxados en el segundo.

Los solventes utilizados funcionan apenas como vehículos resultando productos menos viscosos que pueden ser aplicados a temperaturas más bajas, incluso sin calentar. Según su tiempo de fraguado se clasifican en:

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

3.- Emulsiones asfálticas.

La emulsión asfáltica es un ligante versátil, económico, que no contamina y ahorra energía. Se usa en frío y con agregados incluso húmedos. No requiere maquinaria compleja.

El ligante puesto en obra en forma de emulsión está activado y presenta por ello muy buena adherencia con cada tipo de árido.

Ordinariamente, cuando es necesario mezclar dos sustancias no miscibles entre sí, tales como el aceite y el agua; un tercer ingrediente, similar a un jabón, es añadido para retardar la separación. De la misma manera, el cemento asfáltico y el agua se mezclan, utilizando un agente emulsificante para dilatar la separación.

Una emulsión es, por tanto, una dispersión homogénea de pequeñas partículas, de diámetros entre 3 y 9 micras, de un producto asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsionante de carácter iónico. De esto hablaremos más claro y preciso en el capítulo III.

I.1.2 Mezclas asfálticas.

Se denominan mezclas asfálticas a las constituidas por un ligante asfáltico en forma de una película continua que envuelve a todas las partículas de un agregado de determinada granulometría.

Dentro de esta definición se incluye:

- Los mástics asfálticos, constituidos por finos y asfalto.
- Los morteros asfálticos, constituidos por arena y mástics asfálticos.
- Las carpetas, constituidas por un agregado grueso de diversa granulometría y un mortero asfáltico.
- Las lechadas asfálticas, que son morteros puestos en obra por vía acuosa.

Las mezclas asfálticas se clasifican en mezclas en frío y mezclas en caliente.

Mezclas asfálticas en caliente: son aquellas en las cuales se calientan previamente el asfalto y los agregados, y se maneja, extiende y compacta a temperatura muy superior a la del ambiente.

Mezclas asfálticas en frío: Son aquellas que se fabrican con los agregados fríos, el ligante asfáltico frío o caliente y se manejan, extienden y compactan a temperatura ambiente.

I.1.3 Técnicas y procedimientos en frío.

El calentamiento de los materiales asfálticos de pavimentos es en cualquier caso oneroso desde el punto de vista energético y económico, implica además la utilización de grandes equipos, difíciles de transportar y de instalar, y puede producir situaciones de contaminación y de rechazo por parte de la población.

El elemento más valioso para el desarrollo de las técnicas en frío es la emulsión asfáltica, ya que constituye la solución lógica natural para poder poner en obra asfalto a temperatura ambiente sin miedo a la presencia de humedad y a los problemas que produce una mala adhesividad con los pétreos. Las soluciones utilizadas en años anteriores, fluidificando ligantes con derivados ligeros del petróleo, resultan en el momento actual obsoletas tecnológicamente y caras por el despilfarro energético que presenta malgastar aquel componente ligero, cuyo destino final es la desaparición por evaporación.

En resumen, el desarrollo actual de la tecnología en frío para pavimentos se puede atribuir a los siguientes factores:

- Mejora de los tipos de emulsión.
- Símplicidad de los equipos de maquinaria.
- Versatilidad ante climas y materiales.
- Ahorro energético.
- Ausencia de contaminación.

De acuerdo al tipo de aplicación y al sistema de puesta en obra, se clasifican en los siguientes:

A) Tratamientos superficiales con agregados.

Estos riegos también llamados en negro, se usan generalmente como tratamientos auxiliares.

Como ejemplo tenemos los riegos de impregnación que se efectúan para conseguir una superficie negra de impermeabilidad uniforme, limpia de polvo y partículas minerales sueltas, para poder extender las capas asfálticas siguientes. Se utilizan asfaltos fluidificados (FM) o emulsiones asfálticas (RL).

Los riegos de liga se efectúan para conseguir una buena unión con una siguiente capa asfáltica. Se utilizan exclusivamente emulsiones asfálticas (RR).

Los riegos profundos consisten en una aplicación sucesiva de capas de agregados debidamente compactados y riegos asfálticos con ligantes que permitan la penetración en todo el espesor de cada capa de agregados. Se utilizan emulsiones asfálticas (RR).

B) Tratamientos superficiales con agregados (sellos).

Se utilizan para dar al pavimento una superficie rugosa e impermeable. Sin embargo, no debe utilizarse este tratamiento en zonas urbanas, de estacionamiento, y menos en aeropistas, debido al desprendimiento de gravillas.

C) Mezclas abiertas en frío.

Son elaboradas a base de emulsión asfáltica, cuyo ligante envuelve las partículas minerales del agregado, con un alto contenido de vacíos o huecos.

Como ejemplo de las mezclas abiertas en frío, tenemos: Las carpetas abiertas, que se utilizan en bacheos, renivelaciones y tratamientos drenantes y antideslizantes. Se utilizan emulsiones (RL).

D) Mezclas densas en frío.

Se trata de mezclas asfálticas que, una vez compactadas tienen muy pocos huecos o vacíos menor del 5%.

Como ejemplo tenemos la estabilización de suelos, se trata de una mezcla convenientemente compactada de suelo, agua y ligante asfáltico cuyo fin es mejorar las características resistentes del suelo aumentando su cohesión e impermeabilidad.

Otro ejemplo es la grava-emulsión, que se utiliza con agregados de granulometría muy estricta, para obtener capas de bases estabilizadas con asfalto, de muy buena calidad.

Otra más de las aplicaciones de las mezclas densas en frío son las lechadas asfálticas, que es una mezcla fluida y homogénea de emulsión asfáltica, agua, filler mineral (cemento Portland) y agregados finos bien graduados que puede ser aplicada al pavimento mediante una rastra acoplada a una máquina mezcladora o con procedimientos manuales.

I.2 Versatilidad ante climas y materiales.

La utilización, hace años, de asfalto para tratamientos con riego y para mezclas exigía áridos secos para los primeros y calientes para el segundo.

El empleo de activantes mejoraba la adhesividad, incluso en presencia de humedad, y permitía el uso de áridos silíceos que, por otro lado, son los de mejor comportamiento mecánico.

El uso de emulsiones aniónicas permitió el uso de agregados en épocas húmedas e incluso el empleo de agua para lavarlos previamente. En la actualidad con la amplia gama disponible de emulsiones aniónicas y catiónicas, puede trabajarse de manera análoga con todo tipo de agregado esta ventaja es esencial en las operaciones de conservación, que forzosamente son más continuas en invierno y en las zonas con climas húmedos.

Por otro lado, al poder variar los numerosos componentes que intervienen en una emulsión, pueden ajustarse las características de la misma para solucionar adecuadamente cada problema concreto. Por ejemplo, para un riego con gravilla en una época poco conveniente, puede acordarse el tiempo de rotura, aumentar la viscosidad y aumentar ligeramente el contenido de fluidificantes, con el objeto de que el residuo no sea excesivamente rígido inmediatamente después de la rotura. Por el contrario, en tiempo muy calido, puede aumentarse la estabilidad y eliminar fluidificante del residuo.

I.3 Ahorro energético.

El ahorro energético es una preocupación dominante en los últimos años. en la construcción en particular de carreteras se ha analizado los componentes energéticos debido tanto a los materiales como a las operaciones de transporte y puesta en obra.

En el caso de las técnicas en frío, el gran ahorro energético se consigue evitando el uso de asfaltos fluidificados y eliminando los procesos de calentamiento de los agregados. En una planta la energía usada en secar y calentar los agregados es considerable.

En el caso de los riegos superficiales, ya sea en negro o bien en gravilla, el consumo energético por unidad de superficie es superior, en más del doble cuando se usan rebajados asfálticos que cuando se emplean emulsiones.

Otro factor importante en el uso de emulsión, en operaciones tendentes a ahorrar energía, es el reciclado de pavimentos asfálticos en frío. Esta técnica es utilizada hoy en día para aprovechar los ligantes y pavimentos antiguos que se han degradado o agrietado. Se han realizado numerosos trabajos usando emulsiones de rotura lenta y emulsiones modificadas con aditivos como ligantes para la regeneración de la mezcla antigua. Este procedimiento es el más económico, tanto desde el punto de vista económico como desde el energético.

I.4 Aspectos ecológicos.

Las publicaciones aparecidas en los últimos años sobre aspectos ecológicos se refieren a la agresión sobre los operadores de los trabajos de carreteras o bien el daño causado a las personas o cosas en las inmediaciones de las zonas construidas.

Respecto al tipo de técnica empleada, hay que destacar los problemas siguientes:

- Humo debido al calentamiento del ligante y agregados mediante quemadores de -- diesel o petróleo.
- Gases del asfalto proveniente de los tanques de almacenamiento y calefacción, - de las cisternas de transporte (pipas) y los productos durante la extensión y - compactación de las mezclas.
- Polvo debido al manejo de agregados, esto al funcionamiento de los secadores en las plantas asfálticas que no tengan dispositivos adecuados para evitar su lanzamiento a la atmósfera.
- Evaporación de los solventes cuando se emplean los rebajados asfálticos.

Respecto a la población, se ha conseguido mediante una serie de medidas, reducir el polvo de las plantas asfálticas, que tradicionalmente era molesto para las personas, animales y vida vegetal.

En zonas poco aireadas y pobladas, el empleo de rebajados, especialmente los concentrados en componentes ligeros (FL) contaminan seriamente, al evaporarse dichos componentes, produciendo una contaminación más importante que la que pueda atribuirse a un tráfico intenso.

También hay que mencionar las notables molestias que producen los actuales sistemas de reciclado en caliente en zonas urbanas en donde se unen los gases emitidos por los quemadores a los humos de la combustión de residuos de los pavimentos antiguos.

El problema es más grave, desde el punto de vista de los operadores, en las obras de pavimentación y reciclado, recientes estudios de distintos organismos americanos han puesto de manifiesto que los operadores de extendedoras y tanques regadores y el personal que está en las inmediaciones de la obra, están sometidos a la agresión de una serie de compuestos nocivos muy superior a la que toleran las autoridades sanitarias y laborales. No hay que olvidar que el personal permanece durante muchas horas al día sometido a acciones perjudiciales.

Para terminar parece imprescindible y obvio decir que el empleo de emulsiones, especialmente si son de asfalto puro, elimina casi por completo los riesgos indicados en los párrafos anteriores. Las razones son tan evidentes que no es necesario insistir en ellas.

II FABRICACION DE EMULSIONES.

II.1 Generalidades.

Las emulsiones asfálticas, se fabrican en instalaciones especiales, que pueden ser muy sencillas o muy complejas. En cualquier caso, la pieza básica de cualquier instalación o planta de emulsiones es el aparato que sirve para dispersar el asfalto en agua. Los aparatos más comunes son los molinos coloidales, aunque también se pueden emplear difusores, agitadores, etc.

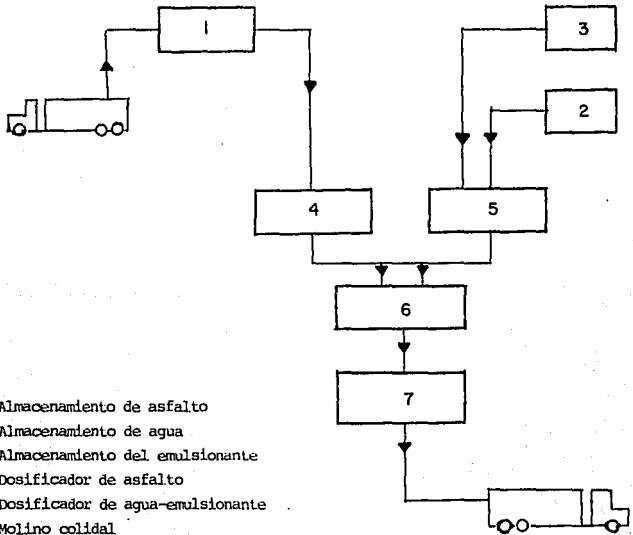
Podemos decir que la pieza básica en una fábrica o bien en una planta de emulsiones, es el molino coloidal, que es una máquina constituida por un estator y un rotor separados únicamente por unas cuantas micras, y que con una gran potencia, son capaces de dispersar asfalto caliente en el agua, cuando pasan ambos líquidos en forma continua entre el rotor y el estator. La dispersión se hace en presencia de un agente emulsionante cuya misión es triple:

- Facilitar la dispersión.
- Evitar la posterior aglomeración de las partículas al cargarlas eléctricamente con una misma polaridad, haciendo así almacenable la emulsión.
- Favorecer la adhesividad entre el agregado y el ligante.

Una fábrica en principio, consta con depósitos para el asfalto, depósitos para el agua, un sistema de calentamiento para darle fluidez al asfalto, un sistema para preparar el emulsionante, tuberías para canalizar los componentes principales hasta el molino coloidal, y por último, depósitos de almacenamiento de la emulsión.

Realmente no existen en el mercado fábricas de emulsión como sucede con las

plantas productoras de mezclas en caliente, que puedan adquirirse. Por ello cada compañía fabricante de emulsiones ha diseñado sus propias fabricas utilizando para ello solamente algunos de los elementos más comerciales como bombas, depósitos, etc. (ver el siguiente esquema).



- 1.- Almacenamiento de asfalto
- 2.- Almacenamiento de agua
- 3.- Almacenamiento del emulsionante
- 4.- Dosificador de asfalto
- 5.- Dosificador de agua-emulsionante
- 6.- Molino coloidal
- 7.- Almacenamiento de emulsión

Debe analizarse seriamente el elemento básico en la fabricación de emulsiones que como se ha dicho suele ser un molino coloidal, que en general consta de un elemento móvil o rotor y un elemento fijo o estator. El rotor gira a una gran velocidad, a un gran número de revoluciones, produciendo unas importantes fuerzas cortantes sobre los líquidos que circulan en la pequeña holgura que existe entre el rotor y el estator. Estas condiciones del número de revoluciones y holgura tienen especial importancia en las fuerzas que se desarrollan para fabricar la emulsión y por lo tanto en la calidad de la misma.

Se ha demostrado que para cuatro tamaños de holgura de la separación entre rotor y estator, se ha obtenido una emulsión con tamaño medio de partículas de 5.2, 6.0, 10.5 y 25.5 micras. Igualmente se ha detectado la importancia del número de revoluciones según los siguientes resultados:

Vel. de rotación del motor.	4,880	4,500	4,020	2,000
Diámetro medio de partículas de emulsión en micras.	5.5	7.4	8.2	12.0

Por otro lado, la temperatura del asfalto tiene una gran importancia en la calidad de la emulsión. Por razones elementales, la suma de temperaturas del agua y el asfalto no debe pasar de 95°C, ya que de lo contrario el agua empezaría a hervir, se producirían problemas de vapor y se podrían producir cavitaciones dentro del molino, que, redundarían en una mala calidad de la emulsión y en una menor producción. Pues bien se ha podido comprobar que la temperatura del agua puede oscilar entre los 30-60°C, según los tipos de ligante utilizados, y el subir más esta temperatura no proporciona ninguna ventaja en la calidad de la emulsión, ya que la única manera de mantener ésta calidad es fabricar con un ligante lo suficientemente caliente y poco viscoso. Es decir, es preciso subir más la temperatura del asfalto a costa de mantener la temperatura del agua más baja.

También tiene una notable importancia las condiciones de enfriamiento de la emulsión una vez fabricada. Se ha demostrado todas las características de la emulsión son favorecidas si se puede someter a un proceso rápido de enfriamiento por ejemplo: mediante un intercambiador de calor, una vez terminada la fabricación. Hemos observado que en ciertas emulsiones catiónicas (ver capítulo III) cuando se fabrican con exceso de emulsionantes buscando una alta estabilidad se pueden formar grumos de asfalto constituidos por verdaderos recinos de partículas. Pues bien hemos podido detectar, según las condiciones de fabricación de la emulsión, de temperatura, de forma de enfriamiento, que estos grumos se pueden producir o no, y su cantidad es muy variable.

II.2 Componentes de las emulsiones.

Los componentes básicos de las emulsiones asfálticas son:

- El ligante asfáltico
- Los emulsionantes
- El agua
- Los aditivos, bien sean empleados sobre la propia emulsión o bien sobre los -- agregados.

II.2.1 Los emulsionantes.

Los emulsionantes como ya mencionamos al principio. Desempeñan una triple misión dentro de la emulsión, tal como ya se ha mencionado:

- Conservar la emulsión como tal, protegiendo superficialmente las partículas de asfalto con cargas eléctricas, que permitan que dichas partículas se repelan -- entre sí, y por lo tanto, no rompa la emulsión.
- Activar ionicamente el ligante asfáltico, favoreciendo el posible cubrimiento - de los agregados al emplearse en la obra.
- Por último, hacer que, una vez rota la emulsión y cubierto el agregado por - el ligante o asfalto, éste continúe manteniendo a lo largo del tiempo unas condiciones de resistencia al desplazarse por el agua aceptables.

Los emulsionantes son fundamentalmente de tipo aniónico o catiónico (según su carga eléctrica se desplace al ánodo o al cátodo). Su molécula consta de una parte que tiene gran afinidad por el ligante asfáltico y que queda firmemente anclada en el, y otra parte cargada ionicamente, que es la que da lugar a la formación de la partícula de asfalto con sus cargas eléctricas alrededor, que generan unas fuerzas repulsivas, responsables de la estabilidad de la emulsión.

La caracterización de la eficacia o poder emulsionante de los distintos productos que existen en el mercado es compleja, y pequeñas variaciones en las formulaciones de éstos pueden acarrear un diferente comportamiento en la emulsión final.

Los emulsionantes no sólo se quedan en la emulsión tapizando a las partículas de asfalto, sino que una cierta parte permanece en la fase acuosa. La proporción de ambas cantidades pueden influir notablemente sobre las propiedades de la emulsión.

La mezcla de dos emulsionantes de características distintas no proporciona necesariamente unas características medias a la emulsión resultante, sino que crea unas emulsiones de características típicas.

Las funciones de un emulsionante como agente activador y como estabilizante no pueden optimizarse simultáneamente, ya que en una cierta medida la mejora de una propiedad va en perjuicio de otra. De esta manera hay que llegar a soluciones de equilibrio para optimizar ambas funciones.

Los emulsionantes catiónicos son generalmente aminas en forma de diamina o poliamina. Existen, pero se utilizan menos, las amido-aminas y las imidazolinas.

La influencia de la cantidad de emulsionante en las propiedades de una emulsión se pone de manifiesto en distintos aspectos:

-- Un aumento en la cantidad de emulsionante disminuye al tamaño medio de la ---
partícula de la emulsión.

-- Un aumento en la cantidad de emulsionante hace, que en general, las emulsiones
sean más estables, al menos hasta un cierto límite. Cantidades excesivas de --
de emulsionante pueden producir grumos.

-- La adhesividad de la emulsión a los agregados dependen en gran manera del ---
contenido de emulsionante y del grado de acidez de la misma.

Estas últimas ideas generales son también aplicables a las emulsiones aniónicas.
Los emulsionantes aniónicos pueden ser de distintos orígenes y las propiedades
que confiere la emulsión también pueden ser muy variables, si bien la velocidad
de rotura de la emulsión y reacción frente a los agregados en las emulsiones
aniónicas suelen ser más lenta que en las emulsiones catiónicas.

II.2.2 Ligante asfáltico.

La mayor parte de los asfaltos fabricados (cerca del 90%) se utiliza en trabajos de pavimentación, destinándose una pequeña parte a aplicaciones industriales.

Los asfaltos para pavimentos, se clasifican en:

- Cemento asfáltico.
- Asfaltos rebajados.
- Emulsiones asfálticas.

El cemento asfáltico se obtiene en las refinerías como residuo de la columna de destilación por vacío de los crudos del petróleo. Este producto es preparado especialmente para presentar cualidades y consistencia propias para su uso directo en la construcción de pavimentos. Es un material ideal para trabajos de pavimentación por que, además de sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, posee características de flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la mayoría de los ácidos y sales.

El cemento asfáltico es también conocido como asfalto de destilación o penetración, por ser la penetración la que sirve para clasificarlos de una manera elemental. Suele ser semisólido a temperatura ambiente, por lo que para ser utilizado directamente en obra (es decir, sin emulsionar ni fluidificar) deben ser calentados y manejados durante intervalos de tiempo cortos y precisos. El cemento asfáltico, es pues, un aglutinante pesado, utilizando en la preparación de mezclas asfálticas.

Asfalto rebajado.

Resulta de añadir un solvente procedente de la destilación del petróleo o de la destilación del alquitran a un cemento asfáltico. Reciben el nombre de asfaltos fluidificados o "cut-backs" en el primer caso y asfaltos fluxados en el segundo.

Según su tipo de fraguado se clasifican en:

- A) fraguado rápido (FR)
- B) fraguado medio (FM)
- C) fraguado lento (FL)

Emulsiones asfálticas.

Para comprender mejor este tema ver el capítulo III.

II.2.3 Aditivos.

Tienen una gran importancia una serie de aditivos que, añadidos a los áridos, sirven para regular el tiempo de rotura de ciertas emulsiones. Esta es una técnica muy utilizada en el Slurry seal en México.

En definitiva se trata de proteger o activar iónicamente la superficie del agregado, en especial del agregado fino, mediante una solución acuosa del aditivo que hace que emulsiones de rotura rápida puedan mezclarse con el agregado sin romper o bien rompiendo en un tiempo que podemos considerar como controlado. Según las condiciones de limpieza del agregado o de temperatura externa se varía la cantidad de aditivo sobre el agregado.

En muchos casos, aparte de añadir ciertos productos al agregado, puede disolverse en la emulsión modificando las características de la fase acuosa y, por lo tanto, la forma de rotura y la adhesividad de la emulsión frente al agregado. Otros tipos de aditivo que se añaden al asfalto en el período de emulsificación pueden incluirse en el apartado que se ha referido a los emulsionantes.

II.2.4 El agua.

El agua utilizada en la elaboración de la mezcla deberá ser potable o exenta de materia orgánica en suspensión, de tal forma que no requiera ser analizada en laboratorio.

El agua de la mezcla, no es más que un medio que sirve para facilitar su puesta en obra.

II.3 Componentes de una planta de emulsiones y sus funciones.

Recordando las generalidades de este capítulo, el cual nos menciona de una manera muy superficial, el equipo necesario que se utiliza en una planta de emulsiones; a continuación conoceremos más a fondo los elementos básicos que conforman una planta y de manera simultánea el proceso de fabricación de la emulsión.

II.3.1 Tipos de plantas.

Consideremos dos tipos : fijas y móviles; de las cuales basaremos nuestra atención en las primeras ya que la investigación de esta tesis, gira alrededor de ésta, es decir, los datos técnicos, la producción y el funcionamiento la preferimos en este tipo de planta. Figura II.3.1 planta fija.



Figura II.3.1

Los dos tipos de plantas cuentan con el mismo equipo, a diferencia de que, las plantas móviles, como su nombre lo dice, son transportables de un lado a otro cuando las circunstancias de obra así lo requieren. La planta móvil cuenta con una plataforma especial en la cual ya están integrados los reactores, el molino coloidal, las tuberías del sistema y la caldera; es muy sencilla de transportar ya que para tal evento, se hace con un tracto camión, haciéndose muy versátil el transporte de la planta.

La diferencia con respecto a una planta fija, son en principio los tanques de almacenamiento, así como la producción de la planta, que es menor, debido a las exigencias de la obra, es decir, la planta móvil sólo va a producir un tipo de emulsión para cada etapa de la obra, ya sea para riego de impregnación, para riego de liga, para la carpeta o para riego de sello. Lo que no sucede con una planta fija ya que constantemente está produciendo diferentes tipos de emulsiones, esto debido a las exigencias del cliente.

Con respecto a la planta fija, su funcionamiento es electromecánica en un 90% y el 10% restante es mecánico. La energía eléctrica es suministrada por una compañía de luz.

Las únicas combustiones que se llevan a cabo es la necesaria producida por una caldera para hacer circular aceite térmico auxiliada de una bomba a todas las instalaciones de la planta, con el fin de hacer más manejable es asfalto y darle fluidez.

II.3.2 suministro de la energía eléctrica.

Como ya mencionamos, esta energía es proporcionada por una compañía de luz, esto, debido a las exigencias ecológicas de los últimos años de no contaminar el ambiente con plantas generadoras de diesel; como podra sonar lógico el uso de plantas generadoras sería una alternativa favorable, pero por la cuestión ecológica su uso se restringue a un uso meramente auxiliar, en caso de existir una falta de suministro momentaneo por parte de la compañía de luz.

II.3.3 Suministro de asfalto.

Este suministro puede ser dotado por cualquier compañía petrolera que tenga en sus objetivos, la destilación del petróleo, y así la obtención del asfalto. Como ya mencionamos en la introducción, el asfalto se obtiene por la columna de destilación del petróleo. Otro método sería el cracking, en el cual se obtiene el asfalto por descomposición química del crudo.

El asfalto indicado para la producción de emulsión es el asfalto del número seis.

Para el almacenamiento del asfalto se debe contar con tanques o fosas debidamente protegidas con encamisados térmicos, para que el asfalto no se endurezca, al grado de dificultarse su extracción de los tanques o fosas para su posterior aprovechamiento.

La descarga de las pipas a los depósitos se hace por gravedad o por bombeo. En el primero se necesitan las fosas como depósito, que además nos sirven como almacenamiento extra en caso de falta de suministro.

El bombeo es inevitable ya sea para la descarga directa de la pipa a los tanques o de las fosas a los tanques; la operación de descarga la podemos resumir en lo siguiente: el asfalto transportado en la pipa cuenta con una temperatura adecuada, que es proporcionada por calentadores de gas instalados en el mismo remolque del camión, al iniciar la descarga, se le auxilia con otro calentador de gas pero esta vez manual a las conducciones que van al tanque de almacenamiento, y así evitar que el conducto sea obstruido por algún rezago del mismo asfalto.

La descarga de las pipas a los tanques de almacenamiento, debe realizarse a una temperatura adecuada de modo que no cause problemas de gasificación en la tubería de conducción.

Podemos mencionar una temperatura de 110°C - 130°C esto a reserva de un previo estudio para disminuir el riesgo de cualquier percance.

La bomba de descarga así como el equipo de bombeo en general de la planta, debe contar con un sistema de precalentamiento digamos de una conexión "by pass" para fluidificar el asfalto y permita el buen funcionamiento de los motores de las bombas. Figura II.3.2 Bomba de descarga para el asfalto.

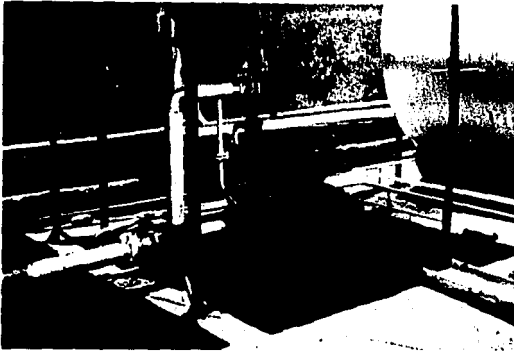


Figura II.3.2

II.3.4 Tanques de almacenamiento.

Basandonos en el esquema de una planta de emulsiones mostrado en las generalidades de este capítulo, conoceremos los siguientes:

a.- Tanque de agua.

Puede ser de cualquier material conocido para el almacenamiento de agua, como acero inoxidable, asbesto, fibra de vidrio, etc.

Este depósito debe contar con elementos que no permitan la contaminación del agua pues ya comentamos que se puede omitir un análisis en laboratorio.

Este depósito puede ser conectado a los reactores donde se produzca posteriormente el agua emulsificada.

b.- Tanque de diesel.

Este depósito puede ser de acero inoxidable para mayor seguridad, y como tal debe tenersele más cuidado, como el pintarlo de otro color diferente a los otros depósitos, identificar sus conducciones por medio del color del tanque, planear adecuadamente los lugares por donde va a pasar la conducción, en fin, tener precaución en este combustible.

El diesel sólo se utiliza para proporcionarle combustión a la caldera, que es el elemento que proporciona la calefacción a toda la planta para darle fluencia al asfalto, pero de esto hablaremos posteriormente al referirnos específicamente a la función de la caldera.

c.- Almacenamiento del emulsionante.

debe ser de un material acorde, al producto emulsificante que el fabricante elija para la producción de la emulsión.

d.- Tanques de almacenamiento de emulsión.

Estos tanques podremos identificarlos también como silos, los cuales deben de ser cerrados totalmente para evitar la evaporación del agua y tener como consecuencia la ascensión de el emulsificante, además, de la sedimentación del asfalto en el fondo del silo. Figura II.3.3



Figura II.3.3

II.3.5 Caldera.

Pueden utilizarse calderas automatizadas, programables a la temperatura deseada. Podríamos decir, que es la única quema de combustible que se hace en todo el procedimiento de elaboración, ya que es necesario para el buen funcionamiento de la planta.

Antes de que la planta empiece a producir debe tener un precalimiento, debido al endurecimiento de los residuos de asfalto que se quedan en el interior del sistema de conducción, bombas y equipo en general, esto lo podemos lograr haciendo pasar algún agente calefactor, que haciendolo circular por los elementos anteriores, mantendremos una temperatura adecuada para el manejo del asfalto. Un ejemplo de caldera que se puede utilizar se muestra en la siguiente figura II.3.4

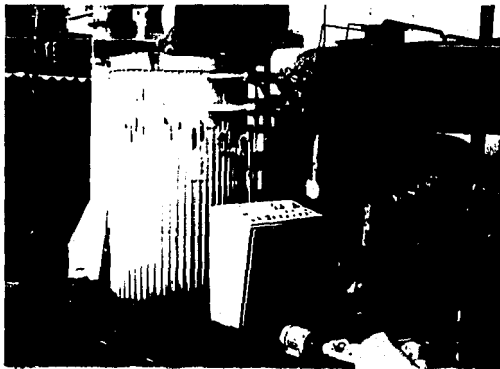


Figura II.3.4

II.3.6 Reactores.

En este elemento se lleva acabo la mezcla del agua y los emulsificantes, para lograr hacer el agua emulsificada. para lograr el mezclado se debe contar con algún tipo de agitador o mezclador. Aquí es donde se pone en proporción el agua y los emulsificantes, que posteriormente ya como agua emulsificada es conducida hasta el molino coloidal que junto con el asfalto ya dosificado, se logra la emulsión; y posteriormente su conducción a los silos o tanques de almacenamiento.

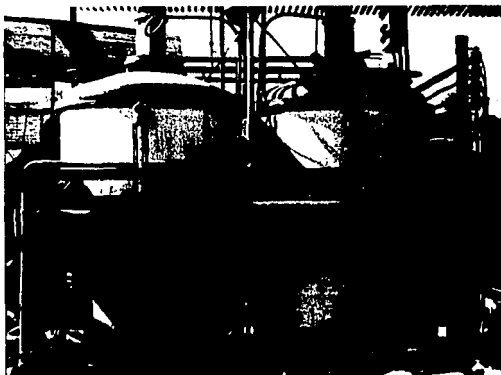


Figura II.3.5 Reactores.

II.3.7 Molino coloidal.

De este elemento ya hemos hablado en las generalidades de este tema, remarcando la importancia y la atención que merece, ahora, conoceremos la manera en que puede instalarse dentro de los elementos que constituyen la planta de emulsiones. Es ya conocida la existencia del rotor y del estator entre los cuales queda apenas unas cuantas micras de holgura, permitiendo así la mezcla de las pequeñas partículas de asfalto con el agua emulsificada procedente del reactor. Para la inyección del asfalto es necesario algún tipo de impulso, para lo cual es imaginable una bomba que cumpla también con la función de dosificar el asfalto.

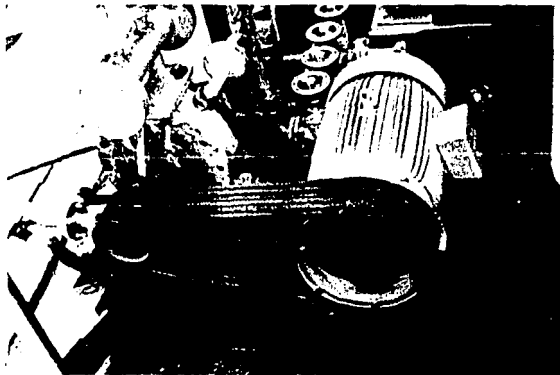


Figura II.3.6 Molino coloidal.

TEMA III CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES

III.1 Generalidades

Suspensiones y emulsiones son casos particulares de las dispersiones. Como se sabe, una emulsión está formada por la dispersión homogénea de un líquido en forma de gotitas de pequeñas dimensiones dentro de otro que no es miscible con el primero. El conjunto de estas pequeñas gotas constituye la llamada fase discontinua, mientras que el medio en el que están dispersas aquellas se denomina fase continua.

III.2 Definición y clasificación

Una emulsión asfáltica es, por lo tanto, una dispersión homogénea de pequeñas partículas de diámetros de entre tres y nueve micras, de un producto asfáltico (fase discontinua) en agua o en una solución acuosa (fase continua), utilizando un agente emulsionante para dilatar la separación.

Cuando las partículas del ligante asfáltico se vuelven a juntar para constituir una película continua de asfalto, se dice que la emulsión ha roto. Este rompimiento se debe al contacto con las superficies minerales de los agregados (rompimiento químico) y/o a la evaporación del agua de la emulsión (rompimiento por evaporación).

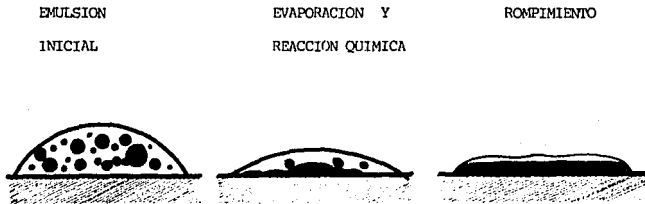


Figura III.1 Rompimiento por evaporación.

Según la rapidez de rompimiento las emulsiones asfálticas se clasifican en:

- 1) Rompimiento rápido (RR)
- 2) Rompimiento medio (RM)
- 3) Rompimiento lento (RL)

Las emulsiones para carreteras son catiónicas y aniónicas, según la polaridad que el emulsionante proporcione a las partículas de asfalto.

Esta identificación se basa en una de las leyes básicas de la electricidad.

Ley de Coulomb: Cargas iguales se repelen y cargas diferentes se atraen.

Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo), son sumergidas en un líquido y una corriente eléctrica es pasada a través de éste, el ánodo llega a cargarse positivamente y el cátodo llega a cargarse negativamente.

Si una corriente se hace pasar a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, éstas migrarán al ánodo, por lo tanto, la emulsión se clasificará como **aniónica (A)**.

A la inversa, si las emulsiones de asfalto están cargadas positivamente, migrarán al cátodo, por lo tanto, las emulsiones serán del tipo **catiónico (K)**.

En las figuras II.2.A y II.2.B se pueden ver los tipos de emulsiones así como la carga de su partícula.

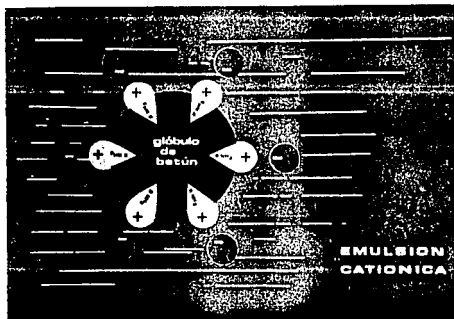


Figura II.2.A

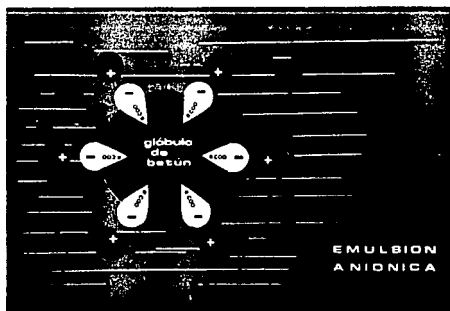


Figura II.2.B

Las emulsiones han sido subdivididas por un número, que éste es asignado en función del grado de viscosidad de la emulsión.

La viscosidad depende especialmente del contenido de asfalto, de manera que existe un porcentaje del 45%-60% a partir del cual la viscosidad crece muy rápidamente.

En México PROBICA* ha clasificado a las emulsiones asfálticas de la siguiente manera según las demandas del mercado.

TIPOS DE EMULSIONES

ANIONICAS	CATIONICAS
RR-2A	RM-2K
RL-2A	RL-3K
	RL-2K
	RL-SP **

PROBICA (*) PRODUCTOS BITUMINOSOS DEL CONTINENTE AMERICANO.

RL-SP (**) EMULSION ASFALTICA CATIONICA ESPECIAL PARA SLURRY SEAL.

III.3 Uso de las emulsiones asfálticas.

Las emulsiones aniónicas, en principio, presentan una buena adhesividad y resistencia al desplazamiento frente a los agregados calizos (que se ionizan positivamente al estar húmedos) y una escasa adhesividad y resistencia al desplazamiento frente a los agregados silíceos (que se ionizan negativamente al estar húmedos). Además de la naturaleza del agregado hay que tener en cuenta otros factores, tales como textura del agregado, limpieza y temperatura.

Las emulsiones catiónicas, su rotura es mucho más rápida, generalmente que la de las emulsiones aniónicas, ya que en las catiónicas el rompimiento se produce repentinamente, al atraerse químicamente las partículas de asfalto ionizadas con la superficie del agregado también ionizada, mientras que en las aniónicas la evaporación del agua es el factor dominante para la rotura. Las emulsiones asfálticas catiónicas presentan buena adhesividad con los agregados silíceos y con la mayor parte de las calizas.

La aplicación de las emulsiones asfálticas en el área de carreteras es el siguiente:

TIPO	EMPLEO
RR-2A	Emulsión de rompimiento rápido con 60% de asfalto, se utiliza en riegos de sello y riegos de liga.

RM- 2K	Emulsión de rompimiento medio con 60% de asfalto, se utiliza en carpetas abiertas con escasos finos, bacheos, bases negras.
RL-3K	Emulsión de rompimiento lento con 60% de asfalto, se utiliza para carpetas cerradas y bases negras.
RL-2K	Emulsión de rompimiento lento con 45% de asfalto, se utiliza para riegos de impregnación de tipo de bases hidráulicas.
RL-2A	Emulsión de rompimiento lento con 60% de asfalto, se utiliza en carpetas carradas.
RL-SP	Emulsión de rompimiento lento especial para morteros asfálticos.

NOTA: una de las ventajas que ofrecen este tipo de emulsiones es la estabilidad de almacenamiento ya que pennite un mayor tiempo entre la fabricación y el empleo sin que tienda a romper.

NOTA: todos los tipos de emulsiones son fabricados previo análisis de los agregados a utilizar, adaptandolos a las características de los mismos.

IV. EMPLEO DE LAS EMULSIONES EN MEZCLAS ASPALTICAS EN EL LUGAR.

IV. 1 Generalidades.

Se denomina mezcla asfáltica a la constituida por un ligante que, en película continua, envuelve todos y cada uno de los agregados, con granulometría cualquiera.

Las mezclas asfálticas son actualmente un material usado muy ampliamente en superficies de rodamiento, con ellas se consiguen superficies de gran regularidad geométrica, comodas por lo tanto para los vehículos y adecuados para velocidades altas.

La primera clasificación tradicional de las mezclas asfálticas es la de mezclas asfálticas en el lugar (en frío) y mezclas asfálticas en caliente.

Se define como mezcla asfáltica en frío a la combinación de un agregado y un ligante asfáltico, lo cual pudiendo hacerse con el ligante frío o caliente y los agregados la mayor parte de las veces fríos, puede manejarse extenderse y compactarse a temperatura ambiente. En muchos casos, éstas mezclas son almacenables.

Se define como mezcla asfáltica en caliente, a la combinación de un agregado y un ligante asfáltico, para realizar esto es preciso calentar previamente los agregados y el ligante, además, de manera esencial se maneja, extiende y compacta a temperatura superior a la del ambiente.

La segunda clasificación tradicional se hace atendiendo a los huecos existentes entre las partículas del agregado que no se han rellenado con el ligante. Las mezclas que, compactadas según el método normalizado, tienen un gran contenido de huecos, se llaman mezclas abiertas y aquellas en que dicho contenido es pequeño se llaman mezclas cerradas o densas.

Las mezclas asfálticas en frío se usan en capas finas, constituyendo tratamientos superficiales monocapa, multicapa o en capas gruesas (carpetas abiertas en frío) que sustituyen a las mezclas asfálticas en caliente, otra de las aplicaciones de éstas mezclas es para trabajos de conservación, bacheos y reperfilados.

Ahora, dentro de las mezclas densas en frío podemos mencionar al suelo-emulsión, grava-emulsión, carpetas densas en frío, morteros asfálticos, este último viene a sustituir a los riegos de sello.

IV. 2 Mezclas asfálticas abiertas en frío.

Las mezclas abiertas en frío fabricadas generalmente con emulsión, aunque excepcionalmente con rebajados, se han empleado en diversos países. De la gran cantidad producida de éstas mezclas, una parte importante se refiere a mezclas utilizadas en operaciones de bacheo. La mayor parte sin embargo, se ha utilizado en las construcciones de carpetas de poco espesor, para reperfilar y reponer la superficie de rodamiento en numerosas carreteras.

Conviene detallar las siguientes aplicaciones.

a) Mezclas asfálticas en frío para bacheo

Se fabrican con medios elementales en las proximidades de la obra (mezcladoras o a mano), o en plantas de fabricación, desde donde se transportan a los distintos tramos de obra. Lógicamente, este último sistema permite una rapidez y calidad mejores.

En general, las mezclas abiertas en frío, para bacheo están compuestas por un asfalto lo suficiente fluidificado con derivados del petróleo, o también con una emulsión de rompimiento medio (RM), esto para permitir una almacenabilidad suficiente y una trabajabilidad fácil.

En principio, se debe elegir el tamaño máximo del agregado en función de la profundidad del bache a reparar. En baches muy profundos se presenta especialmente la dificultad de evaporar a los solventes, por lo que éstos deben ser mínimos, o bien recurrir a otro tipo de mezcla, por ejemplo, la grava-emulsión; en el caso de utilizar la emulsión, el problema se presenta en forma más fácil, ya que la profundidad del bache no le afecta en mucho a la rotura de la emulsión.

Con la labor de bacheo con mezclas asfálticas en frío se consiguen mayores rendimientos y regularidades que con la operación de bacheo clásica realizada con riegos sucesivos.

b) Mezclas abiertas en frío en capas de rodamiento finas.

El empleo de estas capas han venido a sustituir la función de los tratamientos superficiales de riego multicapa en muchos casos. Convenientemente proyectadas, presentan diversas ventajas:

- Posibilidad de empleo sobre pavimentos con mala superficie de rodamiento.
- Flexibilidad ante deflexiones altas del pavimento y ante asentos lentos, lo que permite una gran versatilidad de empleo sobre carpetas de distintas características.
- Aportación de un espesor adicional a la carpeta ya construida.

El tendido y compactación de éstas capas superficiales puede hacerse por los medios habituales en la técnica de las mezclas asfálticas, esto es, con extendedoras y compactadoras. En obras más pequeñas puede recurrirse al tendido con motoniveladoras o incluso con tendido manual.

La permeabilidad de las capas superficiales abiertas puede presentar ventajas en ciertos casos e inconvenientes en otros. Si el pavimento anterior tiene un buen perfil, una capa abierta puede mantener al pavimento sin película de agua, consiguiéndose el necesario drenaje, siguiendo el bombeo y las pendientes del pavimento. Ver figura IV.1

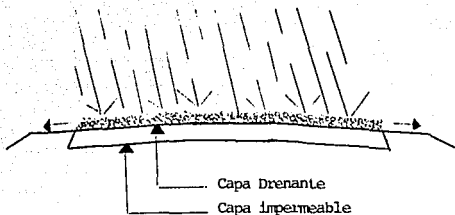


Figura 4.1 Función drenante de una capa de superficie abierta.

En los casos en que se intenta evitar por todos los medios la penetración del agua a través de la capa superficial, un simple tratamiento de sellado con arena o mejor una lechada asfáltica, asegura la impermeabilidad superficial.

c) Mezclas asfálticas en frío para carpetas abiertas.

Se trata en general, de mezclas gruesas tratadas por penetración. Presentan sobre éstas la enorme ventaja de un mejor sistema de fabricación, que asegura un cubrimiento uniforme y correcto de todos los agregados, y así mismo un sistema más rentable y eficaz de puesta en obra mediante el empleo de motoconformadora.

Entre las ventajas cabe citar su adaptación a los asientos producidos en las capas inferiores del pavimento. El inconveniente radica en que, debido a esta escasa rigidez ante las cargas lentas del tráfico, las presiones que transmiten a la base son lógicamente, elevadas.

De todas formas, las capas de mezclas abiertas en frío, usadas en bases son un avance importante en relación con las bases conocidas sin mejoramiento alguno.

Es también necesario insistir sobre las mezclas abiertas hechas con rebajados o "cut-backs". En la actualidad, ni la crisis energética ni el progreso de las emulsiones aconsejan en la mayoría de los casos recurrir a éstas técnicas. Si se emplean rebajados viscosos es necesario calentar previamente e incluso calentar el agregado. Si se emplean rebajados poco viscosos, al problema del costo y despilfarro de energía se une la necesidad de recurrir a un tiempo determinado para evaporar el solvente excesivo.

Las mezclas abiertas, resisten fundamentalmente por rozamiento interno entre las partículas del agregado. El ligante colabora a proporcionar una cohesión mínima y a evitar la degradación típica del agregado cuando éste se utiliza sin ningún tipo de ligante.

La adhesividad del ligante con el agregado se debe asegurar, en el caso de las emulsiones, por la elección del agregado de características adecuadas y, en el caso de rebajados, por la adición de los solventes apropiados. En ambos casos, la contaminación del agregado es un serio inconveniente para lograr una buena adhesividad.

IV.2.1 Materiales

IV.2.1.1 Agregados.

Las exigencias respecto a los agregados dependen de las características finales que se desean obtener de las mezclas abiertas en frío. También hay que tener presente el proceso de fabricación y las características habituales de las máquinas que se utilizan. Las mezclas en caliente fabricadas en una instalación costosa y sofisticada tienen la clara ventaja de que pueden asimilarse a un material manufacturado en una planta industrial. Es especialmente importante, por ejemplo, la posibilidad de eliminación de polvo en las plantas asfálticas.

Evidentemente, en una instalación costosa como las anteriores indicadas, pueden fabricarse también mezclas abiertas. Sin embargo, una de las ventajas importantes que supone el uso de las mezclas abiertas en frío es la de poder ser fabricadas con pequeñas instalaciones en zonas apartadas de los grandes núcleos de demanda y consumo. Por ello, hay que partir del hecho de una mayor simplicidad mecánica, con las ventajas e inconvenientes que esto presenta.

Especialmente hay que cuidar el problema de la limpieza del agregado, o lo que es lo mismo, de la presencia de finos y de la calidad de los mismos.

Hay que añadir la característica, propia de las mezclas asfálticas en frío, de trabajar por rozamiento interno. Esto quiere decir que es preciso exigir una dureza a las partículas minerales para asegurar que, en el curso del tiempo, no se produzcan degradaciones debidas a las sollicitaciones mecánicas del tráfico.

Los ensayos tradicionales de abrasión los ángeles son suficientemente representativos para determinar la resistencia al desgaste del agregado.

Para asegurar un buen rozamiento interno, el agregado grueso debe proceder del triturado de piedra de cantera o de grava natural.

Al contener estas mezclas unos porcentajes muy elevados de huecos, la forma de la curva granulométrica pierde parte de su significado cualitativo. Las variaciones dentro de la curva indican un comportamiento similar si el tamaño máximo permanece constante y el contenido de finos también. Se estima que son estos dos factores los que se prestan a mayor discusión y análisis, ya que son los que influyen decisivamente en las características de la mezcla y en los espesores adecuados para las capas.

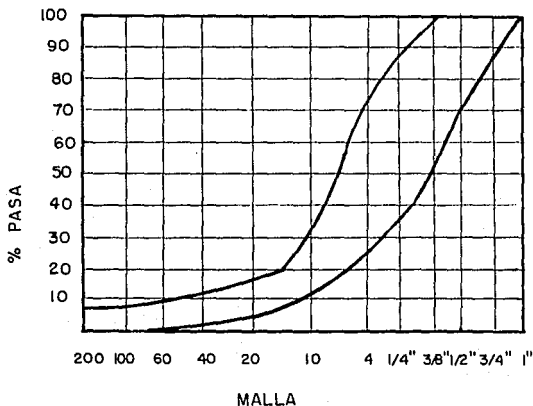


Figura 4.2 Granulometría para mezclas abiertas en frío.

IV.2.1.2 Ligante

En las mezclas asfálticas abiertas en frío se emplean en la actualidad, fundamentalmente, emulsiones asfálticas. El uso de rebajados está en decadencia debido a todos los problemas indicados anteriormente. Las emulsiones que se utilizan son las de rompimiento medio. Son emulsiones con un escaso contenido en agua, con una viscosidad elevada, que permiten, por lo tanto, que la película de ligante que envuelve a los agregados sea de espesor suficiente.

Es preciso que la emulsión tenga una estabilidad a la envuelta suficiente para que ésta sea buena, es decir, para conseguir que exista un cubrimiento prácticamente total. Sin embargo la estabilidad no debe de ser tan alta que, independientemente de la elevación del precio de la emulsión, la mezcla, una vez fabricada, tarde excesivamente en romper, ya que en estos casos puede producirse un descubrimiento del agregado a causa de lluvias inesperadas, o a causa de un escurrimiento del ligante en los montones de mezcla o incluso en el propio transporte. Si la emulsión rompe prácticamente al salir de la mezcladora o minutos después, puede asegurarse que está en condiciones óptimas para asegurar una insensibilidad a los fenómenos atmosféricos y una buena puesta en obra, como se sabe una vez rota la emulsión la mezcla sigue siendo trabajable a la presencia de agua que lubrica las partículas minerales envueltas del ligante durante los primeros momentos después de la fabricación.

La viscosidad, como se ha indicado anteriormente, es una propiedad muy importante, ya que permite asegurar una dotación suficiente de agregado dentro de la mezcla abierta. Se emplean emulsiones con contenidos de agua próximos al 30%, estando el 70% restante de asfalto y al emulsionante que se contiene en proporciones comprendidas entre el 3% y el 15%. Existen sistemas químicos para aumentar la viscosidad en las emulsiones, pero en este caso el sistema más económico y lógico consiste, sencillamente, en reducir la cantidad de agua de la emulsión.

El contenido de emulsificantes es función del tiempo de almacenabilidad que se quiere que tenga la mezcla. En algunos casos, y con agregados sucios, se ha recurrido también al empleo de fluidificantes o solventes para mejorar las condiciones de cubrimiento del agregado.

Sin embargo este criterio debe de ser rechazado, ya que por un lado, la presencia de elementos nocivos dentro de la mezcla, independientemente del cubrimiento inicial, seguirá siendo siempre perjudicial, y por otro lado, se debe disponer de recursos suficientes para aumentar la estabilidad de la emulsión mejorando así el cubrimiento, en lugar de recurrir al uso de solventes.

IV.2.2 Plantas de fabricación.

Las plantas de fabricación de mezclas en frío son más sencillas, habitualmente, que las mezclas en caliente.

Los componentes de una planta para mezclas en frío queda reducida en los siguientes: tolva o tolvas, que descargan sobre un sistema de bandas que alimentan a la mezcladora; a su vez, a ésta llega el ligante a través de un sistema de tuberías muy simple. La descarga se realiza, habitualmente, sobre camión directamente o sobre montón.



Figura 4.3 Planta mezcladora en frío.

A continuación se detalla el proceso de elaboración para mezclas en frío.

1.- Dosificación del agregado

La dosificación del agregado se realiza por medio de tolvas. Realizada la dosificación, el agregado es transportado a la mezcladora por medio de bandas, como se muestra en la figura 4.4



Figura 4.4

2.- Aportación de la emulsión a la mezcladora

La entrada de la emulsión se realiza mediante una barra taladrada (orificios de 5mm). La emulsión es impulsada por una bomba de engranes rectos con un reductor de correas para variar la velocidad y ajustar el caudal.

3.- Mezclado

La mezcladora consta de dos ejes paralelos a la dirección de avance de la mezcla, con una serie de pares de paletas con disposición de tornillos que hacen avanzar el material a la vez que lo mezclan. El fondo de la mezcladora era hasta hace poco tiempo curvo, ajustándose a la forma de movimiento de las paletas. Este procedimiento produce un desgaste importante en éstas, así como en la chapa del fondo, por lo que actualmente los fondos se hacen rectos, dejándose al material mezclado la misión de formar una cama en el fondo que configure una forma curva. Este sistema permite, además, limpiar más fácilmente la mezcladora.



Figura 4.5 mezcladora.

4.- Descarga

Para la descarga tanto sobre camión como sobre tolva o en montón, es necesario alcanzar una altura mínima de 3 metros, lo que se puede conseguir situando la mezcladora a esa altura mediante una obra (concreto, ladrillo, metálica) o colocando a la salida de la mezcladora una cinta elevadora. Esta segunda solución tiene la desventaja de que, al elevar la mezcla, escurre parte de la emulsión, y de que la goma de la banda se deteriora fácilmente al ser atacada por las sustancias ácidas que intervienen en la emulsión. Figura 4.6 descarga.



Figura 4.6

Hasta ahora se ha tratado de plantas fijas, aunque también se emplean plantas móviles montadas sobre camión. Sus características son similares a la de las fijas y permiten una gran movilidad y el consiguiente ahorro de tiempo y dinero de los traslados.

Aparte de las plantas mezcladoras antes descritas, existen las plantas móviles del tipo mezcladora-extendedora.

Esta modalidad de máquinas, denominadas travel-plants, moto-paver, etc, en la terminología inglesa, constituyen una opción de producción fija.

Constan de una tolva de recepción de agregado y un depósito de emulsión. El agregado pasa a través de la banda a la mezcladora. El ligante se introduce en la mezcladora mediante una barra regadora. A la salida, un tornillo sin fin distribuye uniformemente la mezcla obtenida en todo el ancho de la máquina. La regla tiene, como en la extendedora convencional, la misión de regular el espesor, dar el perfil transversal, precompactar la mezcla y obtener un acabado superficial.

Las mezcladoras-extendedoras tienen la innegable ventaja del ahorro económico y energético y el inconveniente de la fabricación-extensión inmediata sin ningún control inmediato ni posibilidad de corrección. Por ello son especialmente indicadas cuando se dispone de agregados bien controlados de calidad muy uniforme.

Por último, en las mezclas asfálticas en frío se pueden elaborar con cargador frontal e incluso normalmente usando palas u otras herramientas normales. En estos casos, y siempre para obras pequeñas, es imprescindible el cuidado en la elección de los materiales y en las proporciones de la mezcla.

IV.2.3 Tendido y compactado.

El transporte de las mezclas en frío no presenta ningún tipo de problema, al contrario, no existen peligros como retrasos o averías. El tendido puede hacerse usando medios normales en obras pequeñas de carreteras, zonas de estacionamiento, etc, usando motoconformadoras, y empleando extendedoras convencionales de mezcla asfáltica (Finisher).

La utilización de las motoconformadoras puede ser especialmente útil en obras de perfilados, corrección de rasantes, etc, y en carreteras secundarias. La terminación geométrica, si el personal está bien capacitado, resulta satisfactorio.

Las extendedoras convencionales sirven perfectamente con mezclas abiertas en frío. Las correcciones de posibles defectos son muy sencillas, y la unión de juntas, terminación de bordes, etc, presentan menos dificultades que en el caso de mezclas en caliente.

La compactación puede hacerse con rodillos metálicos lisos, vibratorios y neumáticos. Los rodillos lisos no son adecuados para capas espesas, por otra parte, los rodillos vibratorios, adecuadamente utilizados producen una compactación muy eficaz. También son muy indicados los rodillos de neumáticos o una combinación de ellos con metálicos estáticos, o mejor vibratorios, es conveniente la extensión superficial de arena limpia, que además contribuye al sellado de la capa.

La mezcla después de compactada, puede normalmente abrirse al tráfico, a menos de que éste tenga características extremas, entendiéndose por tales las maniobras forzadas, o al paso de vehículos especiales, por ejemplo, con rodillos metálicos. El tráfico normal aun pesado, es perfectamente tolerable por las mezclas abiertas en frío recién tendida. El endurecimiento o curado de la mezcla tendida en capa de poco espesor, es un proceso de corta duración que varía con las condiciones climatológicas locales. La aplicación de un tratamiento de sello cuando se prevea, debe hacerse después de que el proceso de curado esté terminado. En buen tiempo, y con espesores normales de capa, este tratamiento puede aplicarse en una semana.

En obras muy pequeñas, cepas para teléfono, la compactación se hace con elementos ligeros tales como pisones de rodillos vibratorios pequeños.

Respecto a las limitaciones debidas a la climatología, hay que insistir en la gran versatilidad de este tipo de mezclas y la posibilidad de empleo de emulsiones asfálticas más o menos viscosos, según la temperatura.

IV.3 Mezclas asfálticas densas en frío.

En muchos casos, el empleo de mezclas densas en caliente no resulta viable, bien sea por la situación de las obras, bien por su extensión o bien por sus costos.

La alternativa, entonces, es la ejecución de mezclas en frío, que pueden manejarse y ponerse en obra a temperatura ambiente, esto gracias a las emulsiones asfálticas y en algunos casos a los rebajados.

Con rebajados se han fabricado mezclas abiertas. No tanto, sin embargo, mezclas densas, en las que la necesaria evaporación de los fluidificantes para adquirir la estabilidad final es muy difícil. En los últimos años se han realizado estabilizaciones de suelos (suelo-asfalto) empleando rebajados, en un proceso de disgregación del suelo, humectación, dispersión del ligante, aireación y almacenamiento hasta que se hayan evaporado los componentes más ligeros del ligante. Posteriormente, se maneja el suelo-asfalto como un suelo ordinario y se procede a su extensión, nivelación y compactación.

La técnica de las mezclas asfálticas en frío utilizando rebajados asfálticos debe considerarse sólo una referencia histórica, por el desperdicio energético que presenta. En el campo de las mezclas en frío, sólo las hechas con emulsiones asfálticas tienen actualmente interés.

En un sentido amplio, el término "mezclas con emulsión" abarca todo tipo de mezclas en las que el ligante se utiliza en forma de emulsión, pasando posteriormente a constituir una película continua que envuelve a las partículas minerales o a grupos de ellas. El componente mineral o agregado de la mezcla; puede ser un agregado natural no triturado, incluso un suelo; o bien puede estar constituido total o parcialmente por agregado triturado que forme una estructura interna adecuada a las conveniencias del tipo de obra a efectuar.

Como particularidad general que engloba a todas las mezclas cerradas, figura la que se trata de materiales que, una vez compactados, tienen muy pocos huecos y que, en su resistencia, desempeñan un papel fundamental.

Dentro de las mezclas densas podemos mencionar:

- Suelo-emulsión
- Grava-emulsión
- Carpetas densas en frío
- Morteros asfálticos.

Los mecanismos básicos en una mezcla cerrada con emulsión deben de ser estudiados y descritos detenidamente, dada su gran importancia en el comportamiento final de la mezcla.

El agregado tal y como ya se ha dicho anteriormente, puede ser de muy distinta naturaleza y procedencia: desde un suelo hasta un agregado producto del triturado de gran calidad.

Para tener una buena mezcla se debe conseguir un buen reparto de la emulsión sobre el agregado, en forma de película continua. Para conseguir este objetivo es conveniente facilitar el cubrimiento del agregado por la emulsión, humedeciendo previamente el componente mineral.

En particular las mezclas densas como lo son: la estabilización de suelos y la grava-emulsión pueden trabajarse perfectamente aun después de la rotura de la emulsión, esto radica en el escaso espesor de la película de ligante, que sólo pinta ligeramente la superficie mineral del agregado. En éstas mezclas es la humedad que ha permanecido entre las partículas, la que lubrica lo suficiente para conseguir la extensión y la compactación. Teniendo en cuenta lo anterior, resulta evidente que para almacenar durante días, semanas o incluso meses grava-emulsión o suelo-emulsión, es preciso, únicamente, asegurarse de que en éstas mezclas se mantenga la humedad necesaria y, si ésta tendiera a disminuir, hay que proceder a un riego enérgico con agua para que, en todo momento ésta humedad adicional asegure la manejabilidad final.

IV.3.1 Estabilización de suelos.

IV.3.1.1 Generalidades

Dentro de las mezclas densas en frío, la más sencilla es la resultante de tratar un suelo natural con un ligante asfáltico. El suelo en su mayoría, puede ser procedente de yacimientos de suelos finos o grueso, también puede usarse subproductos de canteras.

El ligante normalmente se mezcla en frío con el suelo, dentro de los ligantes se pueden usar, rebajados o emulsiones asfálticas. La eliminación de los fluidificantes, en el primer caso, es sumamente difícil en algunos suelos, especialmente los de grano fino. La eliminación del agua es, en todos los casos más sencilla. El agua no sólo proviene de la emulsión, sino que es necesario una adición previa al mezclado en todos los casos, incluso cuando se emplean rebajados, con objeto de favorecer la dispersión del ligante.

Se define un suelo estabilizado con un producto asfáltico, a la mezcla de suelo, agua, ligante asfáltico y eventualmente, adiciones, cuyo fin es mejorar las características resistentes del suelo, disminuyendo su capacidad de absorción de agua y/o aumentando su cohesión, por efecto de la incorporación del ligante asfáltico.

La definición anterior no es totalmente satisfactoria y completa. El ligante no sólo debe mezclarse, sino también distribuirse en forma de película continua, envolviendo total o parcialmente las partículas o un conjunto de partículas del suelo de forma que, como consecuencia de este cubrimiento el material resultante tenga una resistencia apreciable tanto seco, como de inmersión en agua.

La técnica y la estabilización de suelos con productos asfálticos, pese a estar bien normalizado, no se ha extendido en los últimos años debido a varios motivos, por un lado se ha eliminado gradualmente el empleo de rebajados, a causa de los costos crecientes del abuso de componentes energéticos, y del desarrollo paralelo de las emulsiones como ligante. Por otro lado, el alza de los precios de todos los productos derivados del petróleo.

En cualquier caso, la consecución de una buena estabilización de un suelo con un ligante asfáltico exige que se cumplan una serie de condiciones que, en su mayoría, no son muy diferentes de las que se exigen a las mezclas densas en frío. Algunas particularidades, sin embargo, deben ser tenidas en cuenta.

- El suelo debe estar suelto y disgregado para facilitar el reparto uniforme de el ligante.
- La maquinaria debe de ser capaz de conseguir la mezcla homogénea del ligante -- con el suelo.
- El clima es un factor, que tiene más influencia que en el resto de las mezclas en frío.

El campo de aplicación de las estabilizaciones de suelo con emulsión, dependen en gran medida de las condiciones locales. Sin embargo, la técnica de la estabilización y mejora del suelo es muy versátil y pueden existir numerosos casos en los que su utilización sea interesante. Estos casos serán:

- Estabilización in situ de bases gruesas, para facilitar la adherencia de tratamientos superficiales como pueden ser algunos caminos de penetración económica, zona de estacionamiento de vehículos, campos deportivos, etc.

IV.3.1.2 Materiales

Con la finalidad, de tener una base con características semejantes a la del concreto asfáltico; se construyen bases negras o asfálticas estabilizadas que pueden producirse como ya hemos mencionado en plantas en frío (utilizando emulsiones RM-2K, RL-3K, RL-2A) o lo que es menos común y recomendable en caliente; en éstas bases se usan materiales pétreos hasta de 4cm (1.5") ó 5cm (2") de tamaño máximo.

Cabe mencionar que el espesor máximo de éstas bases asfálticas es hasta de 5 cm.

El agregado

Las bases sobre la cual se construye una carpeta asfáltica, debe de tener un módulo de elasticidad semejante al de esta última, por lo que en ocasiones es justificable estabilizarlas mezclandoles cal, cemento o asfalto, a la cual se le llama base negra.

Las características de los materiales, en cuanto a resistencia (VRS de la Porter estandar), plasticidad (contracción lineal) y valor cementante se indican en las tablas I y II.

MATERIALES DE BASE

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA- EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
LIMITE LIQUIDO EN PORCENTAJE (MAX).	3.0	3.0	3.0
CONTRACCION LINEAL EN PORCENTAJE (MAX)	4.5	3.5	2.0
VALOR CEMENTANTE, PARA MATERIALES ANGULOSOS EN kg/cm ² (MIN)	3.5	3.0	2.5
VALOR CEMENTANTE, PARA MATERIALES ANGULOSOS Y LISOS EN kg/cm ² (MIN).	5.5	4.5	3.5

PARA EMPLEARSE EN	INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTANDAR	EQUIVALENTE DE ARENA {--} (TENTATIVO)
CARRETERAS	HASTA 1000 AUTOS PE- SADOS AL DIA (MIN)	80	30
	MAS DE 100 AUTOS PE- SADOS AL DIA (MIN)	100	50
AEROPISTAS PARA AERONAVES CON PESO TOTAL	HASTA 20 Ton. (MIN)	80	35
	MAS DE 20 Ton. (MIN)	100	50

TABLAS I y II

La granulometría de un agregado para poder ser utilizado en una estabilización de suelos, es la misma que rige para el uso de una base. Ver figura 4.7

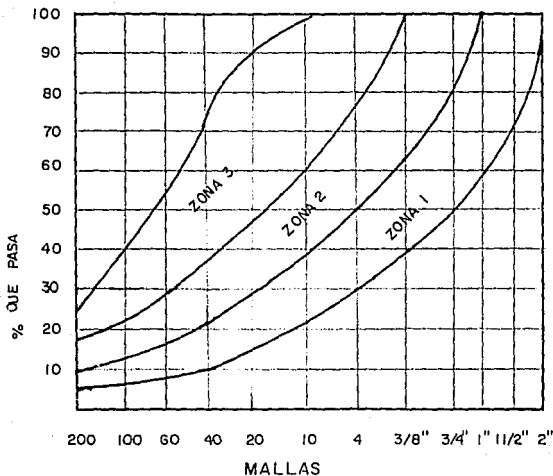


Figura 4.7

Se debe hacer la aclaración que, aunque las normas marcan que la granulometría tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas 1, 2 y 3, la realidad es que no es de mucha importancia si es que se cumplen las características que se marcan en los cuadros anteriores; sin embargo, si éstas características no se cumplen y se mejora la granulometría, por ejemplo, con una estabilización con asfalto, se puede mejorar la resistencia, así, la granulometría nos sirve como un índice para decidir la forma de realizar el mejoramiento.

IV.3.1.3 Ejecución de obras

La mezcla de suelo con la emulsión puede hacerse in situ o en una planta fija. En el segundo caso, el sistema de fabricación y el equipo es análogo al que se describe en el epígrafe IV.3.2 para la grava-emulsión.

En la mezcla in situ pueden presentarse dos casos que el suelo existente reúna las características adecuadas para su estabilización o que sea necesario aportar previamente otro suelo de características complementarias, que debe mezclarse homogéneamente con el primero antes de la aportación del ligante. La operación puede hacerse acamellonando el suelo a estabilizar o en capa de espesor uniforme mediante la ayuda de la motoconformadora.

En algunos suelos de grano fino la disgregación no es del todo eficaz resultando difícil de pulverizar, esto se puede facilitar mediante una operación de humectación. La adición de humedad debe realizarse por lo menos 24 horas antes de incorporar el ligante al suelo.

Para conseguir con la maquinaria disponible, un buen reparto de la emulsión, el suelo deberá tener un contenido de agua superior a un mínimo determinado. Es preferible que la humedad del suelo exista previamente a la extensión de la emulsión, y que la distribución sea uniforme. En muchos casos la humedad inicial más la debida a la agua de la emulsión dará un contenido de agua superior al óptimo para la compactación. En estos casos es conveniente la aireación de la mezcla mediante varias pasadas de la motoconformadora.

Antes de aplicar el ligante, deberá perfilarse la superficie del suelo disgregado y con la humedad debida, para que tenga aproximadamente la sección definitiva que indique el proyecto. Es normal tener que aplicar la emulsión en varias pasadas con cisterna regadora (petrolizadora), simultaneamente a la aplicación de mezclado, hasta completar la dotación prevista por unidad de superficie.



Figura 4.8 Base estabilizada.

IV.3.2 Grava - Emulsión

IV.3.2.1 Generalidades.

El incremento en el tráfico en los últimos años y sobre todo, el aumento de la carga por eje en los vehículos pesados ha provocado un cambio en las estructuras de los firmes.

Las capas de base están ahora formadas por agregados tratados con ligantes asfálticos (emulsión) e hidráulicos (cemento Portland).

Las mezclas asfálticas gruesas, la grava-emulsión y el suelo-cemento, dependiendo del tipo de tráfico, son los principales materiales empleados como bases en la sección de un pavimento.

A la hora de escoger entre este tipo de bases, un estudio profundo de los medios y materiales disponibles, lleva a la elección de la solución técnica y económica idónea.

El problema surge cuando se trata de reforzar bases antiguas, el espesor mínimo necesario exigido por el nuevo tráfico y el espesor máximo de refuerzo a realizar, nos lleva a la necesidad de utilizar un tipo de mezclas cuya flexibilidad de espesores sea mayor que el de las realizadas con ligantes hidráulicos. Además, este tipo de bases requieren mayores espesores que impidan la aparición de inevitables fisuras en la capa de rodamiento.

La grava-emulsión ofrece una solución, en principio alternativa, a las ya mencionadas. La gran flexibilidad en su dosificación permite tener un producto de excelentes características a partir de los agregados seleccionados. Las ventajas que presentan frente a las otras alternativas son las siguientes:

- Ausencia de fisuras
- Amplia gama de espesores
- Impermeabilidad
- Facilidad de puesta en obra
- Buenos rendimientos
- Menor costo de equipo
- Ausencia de contaminación

Estas ventajas y su reducido costo han ampliado su campo de aplicación utilizándose actualmente en trabajos tan diferentes como:

- Refuerzos y reperfilados
- Ensanches
- Bacheos
- Caminos rurales

La grava-emulsión basa su comportamiento en que el asfalto procedente de la emulsión no se reparte uniformemente sobre toda la masa de agregados, se concentra principalmente sobre los elementos finos que constituye un cuerpo que tras la compactación y la rotura dara una buena resistencia. Con esta estructura se consigue que:

1.- Los elementos gruesos quedan cubiertos por una película del ligante de pequeño espesor. Por lo tanto, el material conserva un ángulo de rozamiento interno elevado que asegura una buena resistencia a los esfuerzos lentos y estáticos, evitando las deformaciones plásticas.

2.- Por otra parte el agua libre favorece a la manejabilidad y puesta en obra del producto.

IV.3.2.2 Materiales

Las características finales del producto conseguido están condicionados por la naturaleza de sus componentes.

Agregados

La granulometría del agregado será similar a la de una base, excepto que éste acepta un agregado máximo hasta de 2.5".

ligante

El ligante a emplear que puede ser la emulsión dependera del tipo de agregado pero será de rotura lenta tanto aniónicas como catiónicas con la restricción de no utilizar rebajados, las emulsiones a utilizar seran: RL-3K, RL-2A, pudiendosa utilizar la RM-2K.

Los agregados básicos presentan preferentemente cargas positivas en la superficie lo que aconseja la utilización de emulsiones aniónicas, aunque también pueden utilizarse catiónicas por el contrario, con los agregados de naturaleza silícea deberán utilizarse emulsiones catiónicas. La emulsión seleccionada debe ser aquella que permita el mejor cubrimiento del agregado.

IV.3.2.3 Fabricación y puesta en obra

La mezcla se debe realizar con equipo, siendo éste similar al que se utiliza en la fabricación de mezclas abiertas en frío. Consta de tolvas para agregados que van provistas de compuertas y dispositivos mecánicos de salida, que permite regular la buena dosificación del agregado. La emulsión se dosifica normalmente con una bomba completándose por un sistema que asegura una presión constante de salida de emulsión.

El agua se aplica sobre el agregado al entrar este a la mezcladora mediante difusores y con una presión dada por una bomba que asegura su dosificación.

La grava-emulsión puede transportarse a obra inmediatamente después de la fabricación o almacenarse durante algún tiempo antes de su empleo.

Ya se ha indicado que mientras exista humedad, la grava-emulsión puede ser manejable sin ningún tipo de precauciones especiales y almacenable en tiempo seco lluvioso, puesto que la emulsión debe estar completamente rota.

En la mayor parte de los casos, y sobre todo con emulsiones catiónicas, la rotura se produce poco después del proceso de mezclado, y el material puede llevarse a obra o almacenarse satisfactoriamente.

El método más apropiado en México para dejar una superficie bien nivelada es la motoconformadora, la utilización de ésta da buenos rendimientos como consecuencia de la flexibilidad de movimientos y de permitir el acamellonamiento del material que evita la espera de camiones cargados.

La compactación de la mezcla tiene una gran importancia. En principio la humedad puede ser superior a la del óptimo, por lo que es favorable la pérdida de agua durante el transporte y tendido de la mezcla. En general la grava-emulsión está completamente rota, salvo casos muy excepcionales, al iniciar la compactación por lo que el único fluido de compactación a tener en cuenta será el agua y no el asfalto.

La compactación más eficaz se logrará con la combinación de rodillos pesados de neumáticos y de rodillos vibratorios. En consecuencia los rodillos mixtos están plenamente indicados para compactar la grava-emulsión.

IV.3.3 Carpetas densas en frío

IV.3.3.1 Generalidades.

Se llaman carpetas densas en frío a la formada por un agregado que con una granulometría determinada forma una estructura mineral, en la que todas y cada una de las partículas están cubiertas uniformemente por una película de ligante asfáltico que cuya mezcla una vez compactada tiene un contenido mínimo de huecos. Esta mezcla puede transportarse, tenderse y compactarse a temperatura ambiente, aunque se fabrique con los agregados o ligantes a temperatura superior.

Las carpetas densas en frío una vez compactadas requieren un tiempo variable para adquirir la resistencia final. Este tiempo puede oscilar desde algunas horas hasta días especialmente cuando se utilizan rebajados. En las circunstancias actuales de la mezcla y para sustituir los inconvenientes de los tiempos prolongados de curado se consideran como más interesantes las carpetas densas cuyo ligante es un asfalto puro, sin rebajar y que ha sido previamente emulsionado por vía catiónica o aniónica. Con estas emulsiones el tiempo necesario para abrir el tráfico es muy corto.

Los mecanismos de adhesividad, cubrimiento y rotura son análogos en las carpetas densas en frío y en la grava-emulsión. Sin embargo, en las carpetas densas la cantidad de emulsión y por lo tanto el espesor de la película que cubre a las partículas es notablemente mayor. El aumento de ligante tiene como consecuencia el riesgo de la unión de partículas, dificultándose o impidiéndose la trabajabilidad, así como la almacenabilidad, tan frecuente en el caso de la grava-emulsión.

Hasta hace pocos años en México, se habían usado habitualmente para bacheo, fabricándose con máquinas mezcladoras móviles de escaso rendimiento. Sin embargo, ahora se están utilizando con éxito en pavimentos urbanos volviéndose así su empleo más frecuente y en distintos tipos de obras.

IV.3.3.2 Materiales

Agregado

Para obtener una superficie de rodamiento de buena calidad, la granulometría puede ser la misma que se utiliza en las mezclas en caliente. esto lo podremos ver en la figura 4.9

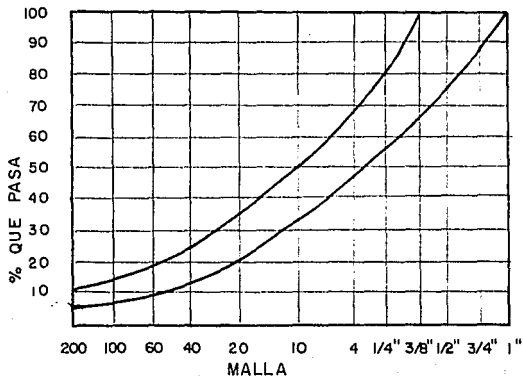


Figura 4.9

ligante

Existen dos tipos de ligantes básicos para poder realizar la mezcla con agregados de granulometría cerrada: las emulsiones asfálticas y los rebajados.

La técnica de las emulsiones ha evolucionado de manera espectacular en los últimos años, siendo posible disponer de emulsiones muy estables con las que se consiguen un cubrimiento perfecto con el agregado, especialmente con los finos y el filler.

Una pequeña porción de agua sobre el agregado facilita el cubrimiento con la emulsión, lo cual, con una viscosidad adecuada para cada tipo de granulometría permite el cubrimiento de todas las partículas.

A veces puede ser adecuado añadir aditivos a la emulsión con el objeto de regular el tiempo de rotura.

Por lo dicho anteriormente se desprende que las emulsiones adecuadas para este tipo de mezcla deben de ser la RL-3K estable, la RL-3K super estable y la RL-2A.

El uso de rebajados en este tipo de mezclas es aconsejable en capas muy finas y en zonas donde no haya un tráfico intenso que de una manera inmediata podría degradar el material antes de que éste hubiera adquirido su consistencia final.

De ahí que es más conveniente el uso de emulsiones en este tipo de mezclas.

ESTI
SABER DE LA QUÍMICA

IV.3.3.3 Fabricación y puesta en obra.

Las indicaciones sobre fabricación y puesta en obra de la grava-emulsión, son válidas para las carpetas densas en frío. Sin embargo, hay que resaltar varios puntos importantes:

- Cuidar principalmente la dosificación de la mezcla.
- La grava-emulsión, en general, es almacenable debido a su escaso contenido en ligante asfáltico, lo que hace que después de rota la emulsión, la humedad lubrique perfectamente los agregados, evitando que se aglomeren entre sí. El contenido de ligante de las carpetas densas en frío, hace especialmente que en tiempo cálido los sedimentos sean peligrosos por la posible aglomeración de partículas. Por ello hay que preveer un empleo inmediato de las mezclas después de la fabricación.
- El tiempo entre la fabricación, transporte, tendido y compactación de la mezcla está limitado por la trabajabilidad de la mezcla.

Los factores anteriores permiten un tiempo de manejabilidad de la mezcla superior, en general, al de una mezcla en caliente, por lo que no existen problemas de tendido y compactación. El tendido se logra con el método convencional al del tendido con mezcla en caliente, esto es con una extendidora (Finisher) con su adaptación a los camiones que transportan la mezcla.

Como las emulsiones usadas son de asfalto puro, la mezcla una vez compactada de forma enérgica, adquiere rápidamente una resistencia inicial que permite el paso de los vehículos en un espacio muy breve de tiempo. Esta resistencia, tal como se ha indicado en varias ocasiones, debe de ir aumentando con el tiempo durante los primeros días de puesta en obra. Si el trabajo se realiza en circunstancias climatológicas adversas, esto es un clima muy frío, la resistencia es mucho más lenta y existe una clara limitación en vías de tráfico intenso debido a la diferencia que tiene con respecto a una mezcla en caliente que es mayor que las carpetas densas en frío.

La compactación se puede hacer por los medios convencionales, de la mezcla en caliente, esto es con compactador de rodillos de neumáticos.



El tendido convencional con Finisher es valido para las carpetas densas en frío.

V. MORTEROS ASFÁLTICOS.

V.1 Generalidades.

El objetivo de este capítulo, es la de establecer las componentes técnicas de las rehabilitaciones superficiales con mortero asfáltico en pavimentos de tipo carretero, y mostrar las ventajas que presentan el uso de este tipo de mezcla asfáltica. Por otra parte es bueno señalar la importancia de este tipo de tratamientos en pavimentos y que, por consiguiente, debe considerarse con más énfasis en nuestro país, para que en un futuro se logre establecer, por personal experto en la materia, una normativa de alto nivel, nutrida, actualizada y más documentada que con lo que se cuenta hoy en día en México, en comparación con otros países.

Las mezclas densas tienen un contenido de humedad relativamente estricto, en función de las necesidades de trabajabilidad y compactación. Sin embargo, a los morteros densos hechos en frío se les puede aumentar la cantidad de agua de una forma considerable hasta darles una consistencia de lechada. Entonces, las características descritas en el capítulo anterior cambia notablemente y estos morteros, colocados en obra en forma de lechada puede extenderse en pequeños espesores que no necesitan, en principio ser compactados. La impermeabilidad final que se adquiere por un proceso complejo debido a la rotura, evaporación del agua y acción del tráfico.

De las consideraciones anteriores se deduce una definición del mortero o lechada asfáltica: un mortero asfáltico es el que se le añade agua hasta darle una consistencia fluida o de lechada y, cuya característica particular de esta mezcla es su inherente capacidad de depositarse en una capa delgada sobre una superficie variable.

Las partículas cubiertas de asfalto, están en libertad de entrar en grietas y cavidades del pavimento donde se aplica dejando una superficie de rodamiento de excelente calidad. Ahí fragua impidiendo la futura entrada de humedad por la superficie. Debido a éstas características, se le designa con el nombre de Slurry Seal (en México mortero o lechada asfáltica).

Este tipo de mezcla asfáltica, debido a su composición y ligante, presenta texturas mayores y más duraderas de una mezcla de granulometría análoga hecha en caliente y extendida y compactada convencionalmente.

Según el tipo de emulsión que contenga se denominara aniónicas o catiónicas.

El tiempo de fraguado de la mezcla es el tiempo que transcurre después de que la emulsión ha roto, hasta que se alcanza una cohesión máxima o suficiente, entre las partículas de la mezcla para que sea conveniente abrir al tráfico.

Los principales usos que tiene una lechada asfáltica son:

- Impermeabilizar superficies de rodadura abiertas , agrietadas o pobres en ligantes.
- Conseguir una textura superficial regular, áspera y segura para evitar el deslizamiento de los vehículos en ciertos tipos de carreteras.
- Conseguir efectos estéticos con capas asfálticas de muy poco espesor que proporcionan un cubrimiento uniforme a zonas de acotamiento, carreteras en mal estado, etc.

En resumen, los tratamientos son: preventivos y correctivos.

Preventivos: Para prevenir al pavimento contra pérdidas y efecto de intemperie, para aumentar la durabilidad y textura de la superficie del pavimento.

Correctivos: para corregir defectos ocurridos en pavimentos viejos, como grietas, corrimientos, desgranamientos, permeabilidad y pulimientos de los agregados.

El empleo del mortero asfáltico sugiere considerar varios factores:

- 1.- Tipo de pavimento que se va a rehabilitar, las condiciones del mismo y el uso o fin que tendrá.
- 2.- La naturaleza y tipo de emulsión más conveniente.
- 3.- La naturaleza, tipo, condición y granulometría de los agregados de la mezcla.
- 4.- Para su aplicación hay que considerar: la temperatura ambiental así como la del pavimento a tratar y las condiciones climatológicas en general.
- 5.- Requiere por consiguiente, una alta especialización de la empresa aplicadora.

El uso de aditivos son para mejorar las características del ligante o del pétreo. Las modificaciones más importantes son: sistemas para mejorar la adhesividad en las lechadas, modificación del tiempo de rotura y cohesión final.

Mejorar la resistencia mecánica, susceptibilidad térmica y condiciones reológicas generales.

Mejora sobre características de rugosidad y de deslizamiento y por último la mejora de condiciones estéticas.

A este tipo de lechadas al cual se le agrega algún aditivo se le denomina lechada asfáltica especial (canchas de tenis, acotamiento de carreteras, etc).

V.2 Materiales.

Una lechada está formada por un agregado, filler, una emulsión aniónica o catiónica, aditivo y agua.

V.2.1 Agregados.

El agregado es el elemento de la mezcla que contribuye a la estabilidad mecánica en la superficie del pavimento, soporta el peso del tráfico y, al mismo tiempo, transmite las cargas impuestas por el tránsito a la base y sub-base del pavimento a una presión reducida, además de darle a la superficie una textura rugosa y antiderrapante.

El agregado pétreo a utilizar, deberá de estar limpio, de preferencia de trituración, durable, debidamente graduado y uniforme.

En México se utilizan tres tipos de agregados:

TIPO I (fino-1/8", 3mm).

Se usa para máxima penetración en grietas. Se usa generalmente como sellos en áreas de poco tráfico, estacionamientos, pistas para aviones ligeros, y hombros de carreteras.

TIPO II (General- 1/4", 6mm).

Es el más usado. Se emplea para sellar, corregir defectos severos, oxidación y pérdida de asfalto, y para aumentar la resistencia al derrape. Se usa en tráfico moderado y pesado, dependiendo de la calidad del agregado disponible y del diseño

TIPO III (Grueso- 3/8", 10mm)

Se usa para conseguir severos defectos de la superficie, como primera capa de un tratamiento multiple, para dar resistencia al derrape, para prevenir patinaje por agua bajo cargas muy pesadas y para extender la vida útil en estas condiciones.

En especial se utiliza para evitar el acuoplano en aeropistas.

V.2.2 Filler

El filler llamado de aportación es usado para cualquiera de estos tres propositos:

- Mejorar la granulometría.
- Ayudar a la estabilidad de la mezcla.
- Acelerar o retardar el rompimiento.

El filler más comun es:

Cemento Portland, cal hidratada y polvo de piedras calizas.

V.2.3 Ligante.

El asfalto emulsionado es de primera importancia para el procesado del mortero asfáltico o lechada asfáltica. En efecto, el desarrollo de este se ha basado grandemente en los progresos de la producción de emulsiones asfálticas con ciertas características deseadas.

Como ya se ha dicho en una emulsión asfáltica las partículas de asfalto se encuentran suspendidas o dispersas, en medio acuosos. Al conjunto de dichas partículas se llama fase discontinua y al medio que están suspendidas se le llama fase continua.

Actualmente se utilizan para este tipo de mezcla emulsiones aniónicas y catiónicas lentas, aunque de comportamiento diferente, permiten menos precisión sobre el tiempo de rotura que las emulsiones rápidas con aditivos sobre el agregado, ya que las lentas deberan tener alta estabilidad para que no rompan prematuramente en la época cálida del año, lo que supone que el tiempo de rotura sea excesivo cuando las condiciones climatológicas son frías o húmedas. En estos casos suelen presentarse grandes problemas de falta de rotura de la emulsión, debido a la poca reacción del agregado.

Ya se ha indicado que el cemento en pequeñas porciones es admisible como filler, en estas emulsiones, que mejora la granulometría del mortero y regula en cierta manera, la estabilidad y rotura de la emulsión.

El tipo de emulsión a utilizar en un mortero asfáltico bajo previo análisis de las condiciones ya mencionadas seran: RL-3K, RL-2K, RM-2K de rompimiento medio controlado y RL-SP que es la emulsión más utilizada en México por la empresa PROBICA, siendo esta emulsión especial para morteros asfálticos.

V.2.4 Aditivos.

Los aditivos son utilizados con el fin de mejorar alguna característica concreta de la emulsión asfáltica (viscosidad, adhesividad, etc.) así como también para controlar la velocidad de rompimiento de la mezcla.

El uso de aditivos en la mezcla o en los materiales por separado, deben hacerse inicialmente, en cantidades predeterminadas por el diseño de la misma con ajustes en campo si son necesarios, después de haber sido aprobados por el responsable de la obra.

V.2.5 Agua

El agua de la mezcla, no es más que un medio que sirve para facilitar su puesta en obra.

El agua utilizada en la elaboración de la mezcla debe estar exenta de materia orgánica en suspensión de forma que no requiera análisis.

V.3 Fabricación y puesta en obra.

V.3.1 Maquinaria y equipo.

En general, para la fabricación y puesta en obra de la mezcla se requiere de los siguientes elementos.

1.- Máquina mezcladora y extendedora

Esta máquina es cargada con el material a utilizar, la mezcla en debida proporción y la descarga a una rastra que la distribuye en el pavimento en una forma uniforme y al espesor deseado (Figura 5.3.1, 5.3.2 y 5.3.3).

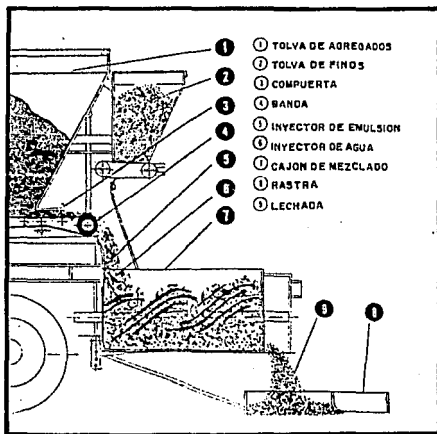


Figura 5.3.1

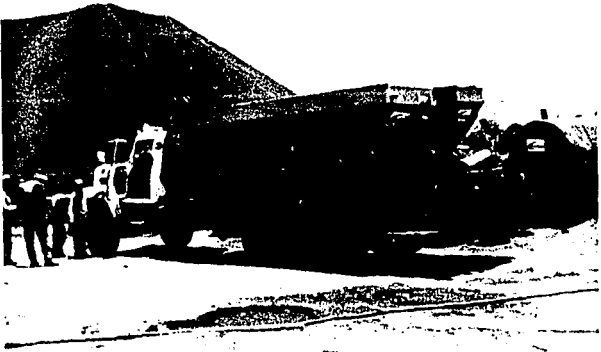


Figura 5.3.2



Figura 5.3.3

2.- Equipo de limpieza

Es esencial que la superficie a tratar este limpia antes de verter el mortero asfáltico.

El método más común es haciéndose con una barredora mecánica remolcada con un tractor agrícola, o también utilizando un compresor portatil, con sus respectivas mangueras y chiflones.



Figura 5.3.4 Equipo de limpieza.

3.- Cargador frontal.

El cargador frontal se utiliza únicamente para cargar los materiales pétreos a la máquina mezcladora.

4.- Máquinas compactadoras.

Generalmente, todos los morteros asfálticos ya fraguados ya contienen vacíos, donde se aloja el agua por lo que se deberá compactar con una compactador de neumáticos.

5.- Equipo auxiliar

Este equipo esta conformado por:

- Vehículo distribuidor de materiales.
- Tanques y pipas.
- Equipo de iluminación para trabajos nocturnos.
- Equipo de señalamiento.

V.3.2 Puesta en obra.

Primeramente se carga el camión con todos los materiales: emulsión asfáltica, agregados, agua, filler y aditivos; después se procede al tendido de la mezcla. Gran parte del éxito del tendido de la mezcla, se debe a los conocimientos y a la habilidad de la cuadrilla que opera la máquina tendedora como una planta móvil de mezcla en frío.

La cuadrilla consta de un sobrestante, un operador, un chofer de la máquina y uno o más peones, todos ellos coordinados por el jefe de frente o el superintendente de obra. Es muy importante que todos conozcan el programa a seguir en cada tramo.

Deberá ser trabajo de equipo ya que el chofer debe conocer señales del operador para arrancar, acelerar, disminuir velocidad o parar, etc. También debe comunicar cuando se acercan al final del tramo para cerrar la alimentación a tiempo y no desperdiciar material; debe colocar rápidamente el vehículo en posición para un nuevo riego, cuidando que la rastra quede en forma correcta según la línea ya tirada, y debe controlar la velocidad para que la rastra no se recargue o vacíe.

Por su parte, el operador debe colocar la colocación de la rastra y la altura de la misma para dar el espesor requerido. Debe controlar además, la alimentación y salida del mezclador, esto es, tiempo de mezclado y llenado de la rastra. Debe cuidar que la mezcla sea estable, que la emulsión no haya roto aún, que sea la mezcla lo suficiente fluida para que se extienda fácilmente, pero no tanto que se separen los componentes y clasifique el material, de su habilidad depende la calidad de juntas y bordes. (Fig. 5.3.5 Aplicación de Morteros asfálticos en carreteras primarias).

Con respecto a la compactación, al tender el mortero, éste contiene vacíos. Por lo tanto, el mortero debe ser compactado una vez que haya alcanzado la consistencia necesaria. El mejor compactador para mortero es el de neumáticos autopropulsado de cuatro a seis toneladas. Figura 5.3.6.

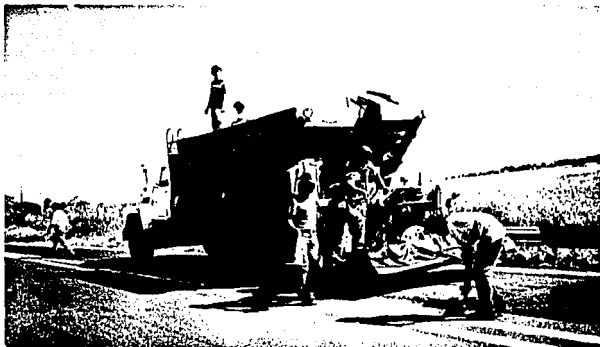


Figura 5.3.5



Figura 5.3.6

Quizá los aspectos más importantes a considerar para un buen control de calidad son los siguientes:

- 1.- Utilización de materiales, que se demuestre que cumplen con las especificaciones granulométricas.
- 2.- Mantener la máquina mezcladora y la rastra limpias y en buen estado.
- 3.- Calibrar la máquina periódicamente.
- 4.- Antes de proceder al tendido, la superficie del pavimento debe de estar limpia y libre de charcos, además de considerarse las condiciones del medio ambiente.
- 5.- Verificar la dosificación de los materiales de la mezcla en la máquina sea la correcta.
- 6.- La velocidad de la máquina deberá ser tal que el nivel en la rastra sea constante.
- 7.- Cuidar que el espesor del tendido cumpla con lo requerido.
- 8.- Tomar muestras de la mezcla y ensayarlas en laboratorio para comprobar que se cumple con las especificaciones.
- 9.- Cuidar la compactación.

VI. RECICLADOS ASFALTICOS

VI. 1 Generalidades.

Uno de los campos nuevos y más complejos de la aplicación de las emulsiones asfálticas son los reciclados asfálticos.

Para poder adentrarse al tema se definirá lo que es un reciclado:

RECICLADO: Se define como el "re-uso" usualmente después de algún proceso de un material que ya ha servido a su objetivo encomendado.

El uso del reciclado asfáltico está en función de algunos aspectos importantes de la obra como son:

- Homogeneidad del material que va a ser reciclado.
- Localización de la obra.
- Requerimientos estructurales del nuevo pavimento.
- Localización del banco de nuevos agregados.
- Cantidad de material producto del reciclado.

Estos aspectos son los más importantes que hay que tener en cuenta para el uso de los reciclados asfálticos.

El proceso de un reciclado asfáltico se puede definir como sigue:

- Control de calidad para obtener homogeneidad del material a reciclar.
- Fresado.
- Composición granulométrica.
- Mezcla en frío del nuevo material.
- puesta en obra.

VI. 2 Proceso de construcción.

Dentro del proceso de construcción de los reciclados asfálticos, uno de los elementos más importantes es el control de calidad el cual nos determina la homogeneidad del material a reciclar. A continuación se describe el proceso de construcción de los reciclados asfálticos.

A.- Control de calidad.

Muchas de las carreteras de la república en alguna ocasión han tenido un mantenimiento de conservación (bacheo, reencarpetado, sello) lo que origina que pierda parte de su homogeneidad en lo que ha materiales pétreos se refiere.

El control de calidad se lleva a cabo por muestreo en la superficie a reciclar, el muestreo debe de ser a cada cien metros en el sentido longitudinal y sera como el tradicional muestreo transversal (borde derecho, centro, borde izquierdo), esto con el objetivo de determinar la homogeneidad del material pétreo.

Los resultados arrojados por el muestreo seran de dos tipos: malo y bueno.

Malo.

El tener una homogeneidad mala quiere decir que los materiales pétreos son de diferentes tipos, que después al mezclarse con la emulsión asfáltica, alguno de estos materiales no reacciona efectivamente y traerá como consecuencia una mala puesta de obra, llegando a ser contraproducente.

En este caso el reciclado quedará desechado.

Bueno.

En este caso se llevara a cabo, sin dejar de tomar las consideraciones de todo el proceso, que también son decisivas.

B.- Fresado.

En México el término fresado se le denomina a la modificación que sufre una carpeta asfáltica mediante un corte del espesor de la misma.

Un candidato para el fresado usualmente es un pavimento viejo (carpeta asfáltica, tratamiento superficial, riego), esto debido a la aparición de baches junto con grietas en gran cantidad o simplemente para respetar un nivel de guarnición, esto puede ser en autopistas, calles de ciudad, pistas de aeropuertos o estacionamientos.

Los espesores de fresado dependerán de que tan dañada se presente la superficie de rodamiento, esto con previo análisis en el lugar.



Figura 6.2.1 Fresadora.

C.- Reconstrucción granulométrica.

Debido a la acción del fresado el agregado grueso es el más atacado dando como consecuencia un aumento considerable de finos en la granulometría del antiguo pavimento a reciclar. Gráfica 6.2.2

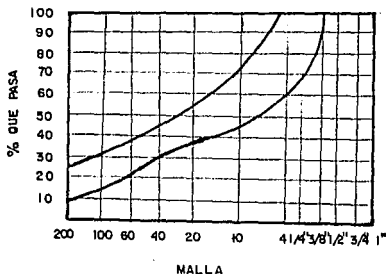


FIG. 6.2.2

La reconstrucción granulométrica se basa en la composición granulométrica de mezclas en frío (Capítulo IV.2.1)

El procedimiento para la reconstrucción granulométrica se basa en el cribado producto del fresado con objeto de disminuir el agregado fino, posteriormente se le agrega el agregado grueso, hasta cumplir con las especificaciones granulométricas.

D.- Mezcla en frío del nuevo material.

Para el mezclado del material a reciclar se llevara únicamente en frío, basandose en las condiciones de mezclas en frío (Capítulo IV.2.2), utilizando el mismo equipo y procedimiento exentando únicamente el contenido de asfalto que será por lo general un 4% más con respecto al contenido óptimo de asfalto de la mezcla a reciclar.

E.- Puesta en obra

En la actualidad el reciclado se lleva acabo únicamente para obras secundarias (caminos de penetración, rehabilitación en calles no muy transitadas, estacionamientos de autoservicio y baches), la puesta en obra se lleva acabo con el método convencional de mezclas en frío (capítulo IV.2.3) El reciclado en México hoy en día es vago debido a la poca experiencia que se tiene tanto en el campo como en la teoria y más aún con la aplicación de emulsiones asfálticas debido al problema de homogeneidad de agregado.

VII APLICACION DE LAS EMULSIONES EN LA CONSERVACION DE CAMINOS.

VII.1 Generalidades.

Las vías terrestres se planean y se construyen para que estén en servicio un determinado número de años, que se llama vida útil de la obra, al cabo del cual se abandonan, pudiendo tener algún valor de rescate, o se construyen con el fin de aumentar su servicio por más tiempo.

Los deterioros que se van teniendo, al principio suelen ser pequeños, pero pueden ser la causa de problemas serios en la obra, que aceleren su falla, por lo que, para que una obra proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento o conservación, que cuando menos asegure su vida de proyecto.

El deterioro que se va teniendo en las obras, se va observando y se le asigna una calificación, dándole un valor de 1 a 5 que se llama índice de servicio.

Cuando una obra se pone a funcionar recién construida, debe tener una calificación entre 4.5 y 5, la cual va disminuyendo conforme pasa el tiempo (Figura VII.1)

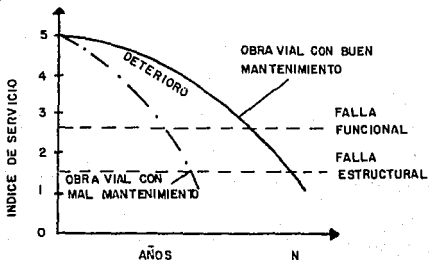


FIG. VII. 1

Cuando un camino de primer orden o autopista llega a un valor de 3 ó 2, es decir uno de segundo orden, el tránsito se realiza con bastantes problemas o sea que la comodidad del viaje llega a un mínimo; se dice que en este momento la obra llega a su falla funcional. Si el camino sigue en servicio, se llega a la falla estructural que es el momento en que prácticamente ya no se puede realizar el tránsito. El momento de la falla estructural se debe al mal diseño de la estructura en cuanto a materiales y sus espesores se refiere, o tal vez no se pronosticó de manera adecuada el tránsito.

Para que una obra que con el tiempo se ha ido deteriorando no llegue a la falla estructural, es necesario que cuando se alcance la falla funcional, se rehabilite cuando alcance la calificación de 2 para los caminos secundarios o de 3 para los caminos de primer orden o de preferencia un poco antes, es decir de 3.5.

VII. 2 Descripción de fallas en pavimentos.

A continuación se hace una descripción de diferentes tipos de falla que se presentan en los pavimentos flexibles, así como su técnica de conservación.

A.- rodadas: Son deformaciones longitudinales que se presentan en la superficie de rodamiento, en la zona de mayor incidencia de las ruedas de los vehículos; si son menores de 1 cm. se deben a deformaciones de la carpeta asfáltica, pero si son mayores se debe a una insuficiencia en la base.

La conservación para las roderas menores a 1 cm. aplicando emulsiones asfálticas se describe a continuación:

- 1.- Si las roderas son continuas a lo largo de un tramo considerable (mayor 200 m.) se procede a efectuar un fresado no mayor a 1cm.
- 2.- El siguiente paso será limpiar la zona fresada con escoba y compresores.
- 3.- Aplicación del mortero asfáltico, así como señalamiento correspondiente (líneas acotadas y/o continua).

B.- Superficie de rodamiento lisa.

Este defecto se debe a un exceso de asfalto en el riego de liga, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello. El exceso de asfalto por acción del tránsito se bombea a la superficie de rodamiento provocando su alisamiento, provocando que los vehículos derrapen con facilidad. Otro defecto que produce el derrape de los vehículos es la presencia de polvo sobre la superficie de rodamiento la cual se debe al desmoronamiento del agregado pétreo con el que se elabora el sello, un ejemplo de este sello son las calizas, esto es más peligroso cuando se tienen grandes longitudes de camino con este defecto. En tiempo de lluvias, sobre todo si éstas son ligeras se produce una pequeña capa de lodo que es sumamente peligrosa.

Para corregir este defecto de alisamiento se procede de la siguiente manera:

1.- Limpieza de todo tipo de partículas en la superficie por medio de métodos manuales.

2.- Aplicación del mortero asfáltico, así como señalamientos correspondientes.

C.- Desintegración de la carpeta.

Se presenta en carpetas asfálticas antiguas, por oxidación del asfalto, o en carpetas relativamente recientes con insuficiente contenido de asfalto; también se presenta en carpetas elaboradas con material pétreo inestable, o entre las grietas si no se atiende en forma oportuna.

Su técnica de conservación para estos casos es la siguiente:

1.- Se procede a un fresado procurando quitar el espesor afectado por el desgranamiento.

2.- Limpieza de la superficie fresada.

3.- Riego de liga con emulsión RR-2K.

3.- Reencarpetado, utilizando una mezcla densa en frío.

4.- Tratamiento superficial con mortero asfáltico, así como señalamientos

D.- Presencia de calaveras.

Las calaveras son huecos que se presentan en la superficie de rodamiento y pueden llegar a ser muy numerosas; su tamaño no es mayor de 15 cm. Se deben a una insuficiencia en la base o a carpetas asfálticas con contenido de asfalto menor al óptimo, o que se coloca una carpeta sobre otra agrietada y calaverada, reflejándose en la nueva las fallas de la anterior.

La técnica de conservación en estos casos es la siguiente:

- 1.- Fresado de la zona afectada
- 2.- Limpieza de la zona fresada.
- 3.- Riego de liga con emulsión RR-2K
- 4.- Reencarpetao utilizando una mezcla densa en frío. Cuando el calavereo no es muy numeroso se trata como un bacheo (vease Tema 7.2-E)

E.- Baches

Se debe a la desintegración de la carpeta y base por mala calidad en los materiales inferiores incluyendo las terracerías con alto contenido de agua. También se puede deber a la presencia de grietas y calaveras que no fueron tratadas en forma adecuada y oportuna.

La técnica de bacheo es la siguiente:

- 1.- Limpieza del bache, así como riego de liga con emulsión RR-2K
- 2.- Se procede a cerrar el bache con mezcla abierta en frío y compactado de la mezcla.

F.- Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo

Se debe a una carpeta de mala calidad o que ésta se coloca sobre una base con rebote; en el caso de que la carpeta se haya elaborado con concreto asfáltico; esta falla se debe a que la base no se rigidizó en forma adecuada.

Se presenta en carpetas con asfalto oxidado.

En el último caso la técnica de conservación se realiza de la misma manera del inciso C (Desintegración de la carpeta), y en primer caso se procede a una reconstrucción desde la base.

VIII COMPARACION DE MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR CON MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

VIII.1 Objetivo

El objetivo principal de este capítulo es demostrar las ventajas que muestran las mezclas asfálticas en el lugar, comparándolas con las mezclas asfálticas en caliente.

Las comparativas que se realizaran seran las siguientes:

- Versatilidad de maquinaria
- Almacenabilidad de la mezcla
- Ecológicas
- Económicas

VIII.2 Versatilidad de maquinaria

Para poder hacer ésta comparativa necesitaremos hacer una descripción del proceso de elaboración de la mezcla en caliente, el cual se resume en lo siguiente:

- a) Una vez seleccionado el agregado a utilizar, en la planta de mezclado se -- realiza un primer proporcionamiento aproximado de pétreos en frío por medio de cargadores frontales o utilizando las compuertas de las tolvas.

- b) Por medio de elevadores de cangilones, el material se lleva al cilindro de calentamiento y de secado, aquí el pétreo se calienta entre 150°C - 170°C .
- c) Ya con la temperatura necesaria, el pétreo se eleva otra vez por cangilones a la unidad de mezclado en donde se provee el cemento asfáltico a una temperatura de 130°C - 140°C .
- d) Se transporta la mezcla al tramo donde debe llegar a una temperatura mínima de 110°C .

En base a lo anterior podremos analizar nuestra primera comparativa que será gráfica entre una planta mezcladora en caliente y una planta mezcladora en frío.

Comparar figura 8.1 y figura 8.2



Figura 8.1 Planta mezcladora en caliente.



Figura 8.2 Planta mezcladora en frío.

Observamos la complejidad de la planta mezcladora en caliente con respecto a la planta mezcladora en frío, de ésta manera podremos ver la ventaja en la versatilidad para el transporte.

Ahora si comparamos el proceso de elaboración de las mezclas en caliente, antes mencionado, con respecto al proceso de las mezclas en frío (Tema IV), nos daremos cuenta, que es mucho más fácil elaborar mezclas en frío que mezclas en caliente.

VIII.3 Almacenabilidad de la mezcla

Otra de las ventajas que nos ofrecen las mezclas en frío es la almacenabilidad de la mezcla.

La almacenabilidad de la mezcla puede durar varios días (7-30), dependiendo del tipo de emulsión que se utilice.

Si comparamos lo anterior, con la mezcla en caliente, donde ésta debe ponerse en obra poco tiempo después del mezclado y que ésta debe estar a cierta temperatura (ver cap. VIII.2-D), por consiguiente no es almacenable, con estas bases ratificaremos la ventaja que muestran las mezclas en frío respecto a las mezclas en caliente.

La adversidad del clima es una limitación para las mezclas en caliente, ya que de presentarse ésta (lluvia), la mezcla no podría tenderse y si se realiza, da como resultado una mala puesta en obra. En cambio si la pudiéramos almacenar no tendríamos este problema.

VIII.4 Comparativas ecológicas

La contaminación ambiental y el deterioro de las condiciones ecológicas que ya constituye un problema de proporciones críticas en nuestro país, es un aspecto que amerita la mayor atención e impone la obligación de utilizar todos los medios que se tengan a su alcance para prevenirlo o atenuarlo.

Resulta indispensable considerar dentro de los procesos de planeación la preservación y mejoramiento del medio ambiente en todas sus formas.

Considerando que las obras de infraestructura afectan decisivamente las condiciones del medio en que se alojan llegando generalmente a deteriorarlo en forma drástica, la ley de obras públicas vino a cubrir las deficiencias de los ordenamientos anteriores en materia de protección ecológica. El artículo 13 de dicha ley precisa: "En la planeación de la obra pública las dependencias y entidades deberán prever los efectos y consecuencias sobre las condiciones ambientales. Cuando éstas pudieran afectarse, los proyectos deberán incluir lo necesario para que se preserven, restauren o mejoren las condiciones ambientales y los procesos ecológicos.

Recientemente las empresas dedicadas a la construcción de carreteras, han dado datos estadísticos referentes a la agresión de los contaminantes sobre los operadores, en trabajos de carreteras, así como el daño causado a las personas o cosas alrededor de las zonas de obra; tal es el caso de la Cd. de México y zonas conurbanas.

Las técnicas en frío aportan grandes ventajas a la ingeniería no solo en materia de almacenabilidad de la mezcla o versatilidad de maquinaria, sino que además, aporta grandes logros para el cuidado del medio ambiente cumpliendo así con lo dicho en el artículo 13 de obras públicas.

Estos beneficios ecológicos que aportan las técnicas en frío, se hacen más palpables si hacemos una comparativa con las técnicas en caliente que son altamente contaminantes.

Por ejemplo:

MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LUGAR

La única quema de combustible que se tiene en la elaboración de las mezclas en frío, es la que se tiene en la elaboración de la emulsión, siendo ésta al calentar algún agente térmico que permita la libre circulación del asfalto por endurecimiento del mismo. Este calentamiento se logra por medio de un sistema periférico (ver tema I).

MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

En el caso de las técnicas en frío el gran ahorro energético se consigue evitando el uso de asfaltos rebajados y eliminando el proceso de calentamiento de los agregados. En una planta de mezclas asfálticas en caliente el combustible utilizado en secar y calentar el agregado es el siguiente:

	<u>CONT. DE AGUA DEL AGREGADO</u>		
	3%	5%	7%
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Lt/Tn).	6.5	8.5	10.0

Otro de los agentes contaminantes en la elaboración de las mezclas en caliente son las siguientes:

-- Humo debido al calentamiento de asfalto y agregados mediante quemadores o calderas de diesel o petróleo.

-- Polvo debido al manejo del agregado y especialmente al funcionamiento de los secadores en las plantas asfálticas que no cuentan con dispositivos adecuados para evitar su lanzamiento a la atmósfera.

-- Gases del concreto asfáltico producidos durante la extensión y compactación de la mezcla.

-- El peligro latente a que están expuestos los operadores de maquinaria y los trabajadores de campo con el uso de mezclas asfálticas en caliente.

El combustible que se utiliza en la fabricación de las mezclas en frío es muy pequeña en todo caso, comparable a la empleada para calentar el asfalto de las mezclas asfálticas en caliente.

Cabe mencionar, el daño provocado de los rebajados al medio ambiente y a las personas que trabajan con ésta técnica, ya que al evaporarse los solventes contenidos, contaminana de manera importante aun más si no se tiene un ambiente propicio (aireado).

Es imprescindible mencionar que el empleo de las emulsiones elimina casi por completo los riesgos indicados en la comparación anterior.

VIII.5 Comparativa económica

CONCEPTO	M. EN FRIO	RECICLADO	M. CALIENTE
MANO DE OBRA	0.81	0.81	1.83
MATERIALES	79.53	46.36	79.07
MAQUINARIA	4.94	4.94	31.40
HERRAMIENTA	0.08	0.08	0.18
INDIRECTO	32.44	19.83	42.74
P. UNITARIO	\$ 117.80/m ³	\$ 72.04/m ³	\$ 155.22/m ³
	\$ 84.14/tn	\$ 51.44/tn	\$ 110.87/tn

Para hacer esta comparativa nos basaremos en el análisis de precios unitarios de una mezcla asfáltica en frío, mezcla reciclada en frío y mezcla asfáltica en caliente.

Los precios que se analizan en esta comparativa, son los que rigieron hasta el mes de Junio de 1993 en la Cd. de México.

Todos los costos que se analizan se harán en nuevos pesos.

A continuación se realizan los precios unitarios de cada tipo de mezcla.

MEZCLA EN FRIO

PERSONAL

AYTE. GENERAL _____ \$ 72.45/Tno.

MAQUINARIA

ESTABILIZADOR _____ \$ 146.57/hr.

CARGADOR 45-B _____ \$ 51.06/hr.

MATERIALES

TEZONILE _____ \$ 18.60/m3

EMULSION _____ \$ 0.39/lt.

AGUA _____ \$ 0.01/lt.

HERRAMIENTA ----- 10% DE MANO DE OBRA

INDIRECTOS ----- 38 %

EL PRECIO UNITARIO DE MEZCLA EN FRIO SE ANALIZA PARA UN m3

1.- Mano de obra

2.oo Ayte. general 1a. x \$ 72.45/Tno. = \$ 144.90/tno.

RENDIMIENTO 180 m3/tno.

$$\frac{\$ 144.90/\text{tno.}}{180 \text{ m}^3/\text{tno.}} = \$ 0.81/\text{m}^3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 0.81/m3

2.- Materiales.

A) TEZONILE

Costo \$ 18.60/m3

Desperdicio 5 %

\$ 18.60/m3 X 1.05 = \$ 19.53/m3

B) EMULSION

Costo \$ 0.39/lt

Consumo 150 lt/m3

\$ 0.39/lt X 150 lt/m3 = \$ 58.50/m3

C) AGUA

Costo \$ 0.01/lt.

Consumo 150 lt/m³

\$ 0.01/lt X 150 lt/m³ = \$ 1.50/m³

CARGO POR MATERIALES \$ 79.53/m³

3.- Maquinaria

1.00 Estabilizador \$ 146.57/hr

1.00 Cargador 45-B \$ 51.06/hr

SUMA \$ 197.63/hr

RENDIMIENTO 40.00 m³/hr

\$ 197.63/hr
40 m³/hr = \$ 4.94/m³

CARGO POR MAQUINARIA \$ 4.94/m³

4.- Herramienta

10 % de la mano de obra.

\$ 0.81/m³ X 0.10 = \$ 0.08/m³

CARGO POR HERRAMIENTAS \$ 0.08/m³

RESUMEN

COSTO DIRECTO _____ \$ 85.36/m3

INDIRECTOS Y UTIL. (38%) _____ \$ 32.44/m3

PRECIO UNITARIO _____ \$ 117.80/m3

Considerando que el peso volumétrico de la mezcla es de 1.4 ton/m3, entonces:

$$\frac{\$ 117.80 /m3}{1.4 \text{ ton}/m3} = \$ 84.14/\text{ton}$$

PRECIO UNITARIO _____ \$ 84.14/ton

Precio unitario de mezcla en frfo con 70% material reciclado y 30% de material nuevo. El análisis se realiza para un m3.

1.- Mano de obra

2.00 Ayte. general 1a. \$ 72.45/tno. = \$ 144.90/tno.

RENDIMIENTO 180m3/tno.

$$\frac{\$ 144.90/\text{tno}}{180\text{m}3/\text{tno}} = \$ 0.81/\text{m}3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 0.81/m3

2.- Materiales

A) AGREGADOS

Tezontle \$ 18.60/m3 X 0.30 = \$ 5.58/m3

Fresado ----- 0.70 = -----

SUMA \$ 5.58/m3

Desperdicio 5%

\$ 5.58/m3 X 1.05 = \$ 5.86/m3

B) EMULSION

Costo \$ 0.39/lt.

Consumo 100lt/m3

\$ 0.39/lt X 100 lt/m3 = \$ 39.00/m3

C) AGUA

Costo \$ 0.01/lt.

Consumo 100 lt/m3

\$ 0.01/lt. X 100 lt/m3 = \$ 1.50/m3

CARGO POR MATERIALES \$ 46.36/m3

3.- Maquinaria

1.00 Estabilizador \$ 146.57/hr

1.00 Cargador 45-B \$ 51.06/hr

Suma \$ 197.63/hr

RENDIMIENTO 40.00m3/hr

\$ 197.63/hr = \$ 4.94/m3
40m3/hr

CARGO POR MAQUINARIA \$ 4.94/m3

4.- Herramienta

10 % de la mano de obra.

$$\text{\$ } 0.81/\text{m}^3 \quad \times \quad 0.10 \quad = \quad \text{\$ } 0.08/\text{m}^3$$

CARGO POR HERRAMIENTA \\$ 0.08/m³

R E S U M E N

COSTO DIRECTO _____ \\$ 52.19/m³

Indirecto y utilidad (38%) _____ \\$ 19.83/m³

PRECIO UNITARIO _____ \\$ 72.02/m³

Si consideramos que el peso volumétrico de la mezcla es de 1.4 tn/m³, entonces:

$$\frac{\text{\$ } 72.02/\text{m}^3}{1.4 \text{ ton}/\text{m}^3} = \text{\$ } 51.44/\text{m}^3$$

PRECIO UNITARIO _____ \\$ 51.44/m³

MEZCLA EN CALIENTE

PERSONAL

CABO 1a. _____ \$ 108.33/tno.
AYTE. GENERAL 1a. _____ \$ 101.25/tno.

MAQUINARIA

TOLVAS PARA AGREGADOS _____ \$ 17.51/hr
PLANTA DE ASFALTO _____ \$ 602.01/hr
CARGADOR 75 - HA _____ \$ 70.53/hr
CARGADOR 45 - B _____ \$ 51.06/hr
PLANTA DE LUZ _____ \$ 125.15/hr
CAMIONETA F-350 _____ \$ 22.78/hr
CAMION VOLTEO _____ \$ 52.49/hr

MATERIALES

ARENA ANDESITICA _____ \$ 39.25/m3
AGREGADO 3/4 (19.05mm) _____ \$ 19.90/m3
AGREGADO 3/16 (4.76mm) _____ \$ 13.10/m3
ASFALTO _____ \$ 0.33/lt
AGUA _____ \$ 0.01/lt

HERRAMIENTA - - - - - 10% de mano de obra

INDIRECTOS - - - - - 38 %

EL PRECIO UNITARIO DE MEZCLA EN CALIENTE SE ANALIZA PARA UN m³.

1.- Mano de obra

1.00	Cabo de 1a.	\$ 108.33/tno.	\$ 108.33/tno
4.00	Ayte general 1a.	\$ 101.25/tno	\$ 405.00/tno
			<u>\$ 513.33/tno</u>
		SUMA	\$ 513.33/tno

RENDIMIENTO 280 m³/tno.

$$\frac{\$ 513.33/\text{tno}}{280 \text{ m}^3/\text{tno}} = \$ 1.83/\text{m}^3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ 1.83/m³

2.- Materiales

A) AGREGADOS

Arena andesitica	\$ 39.25/m ³
Agregado 3/4	\$ 19.90/m ³
Agregado 3/16	\$ 13.10/m ³

La mezcla se realizara con una proporción de:

Arena andesitica	40 %
Agregado 3/4	40 %
Agregado 3/16	20 %

Arena andesítica	\$ 39.25/m3	x 0.40	=	\$ 15.70/m3
Agregado 3/4	\$ 19.90/m3	X 0.40	=	\$ 7.96/m3
Agregado 3/16	\$ 13.10/m3	X 0.20	=	\$ 2.62/m3
				<u>\$ 26.28/m3</u>
			SUMA	\$ 26.28/m3

Costo \$ 26.28/m3

Desperdicio 5%

\$ 26.28/m3 X 1.05 = \$ 27.59/m3

B) CEMENTO ASFALTICO

Op. Asf. Res. 10.20%

Peso vol. mezcla. 1 400 kg/m3

1 400 kg/m3 X 0.1020 = 142.80kg/m3

Costo de adquisición \$ 0.23/lt

Calentamiento \$ 0.02/lt

Almacenamiento \$ 0.01/lt

Flete Tamp.-Mém. \$ 0.07/lt

SUMA \$ 0.33/lt

DESPERDICIO 5 %

DOSIFICACION 142.8 lt/m3

\$ 0.33/lt X 142.80lt/m3 X 1.05 = \$ 49.48/lt

C) AGUA

Costo \$ 0.01/lt

Consumo 200 lt/m³

\$ 0.01/lt X 200 lt/m³ = \$ 2.00/m³

CARGO POR MATERIALES \$ 79.07/m³

3.- Maquinaria

4.00	Tolvas para agregados	X	\$ 17.51/hr	=	\$ 70.04/hr
1.00	Planta de asfalto	X	\$ 602.01/hr	=	\$ 602.01/hr
1.00	Cargador 75 - HA	X	\$ 70.53/hr	=	\$ 70.53/hr
1.00	Cargador 45 - B	X	\$ 51.06/hr	=	\$ 51.06/hr
1.00	Planta de luz	X	\$ 125.15/hr	=	\$ 125.15/hr
1.00	Camioneta F-350	X	\$ 22.78/hr	=	\$ 22.78/hr
2.00	Camión volteo	X	\$ 52.49/hr	=	\$ 104.98/hr

SUMA \$ 1 046.55/hr

RENDIMIENTO 35 m³/hr

\$ 1 046.55/hr = \$ 29.90/m³
35 m³/hr

INSTALACION \$ 1.50/m³

CARGO POR MAQUINARIA \$ 31.40/m³

4.- Herramienta

10 % de la mano de obra.

$$\text{\$ } 1.83/\text{m}^3 \times 0.10 = \text{\$ } 0.18/\text{m}^3$$

CARGO POR HERRAMIENTA. \\$ 0.18/m³

R E S U M E N

COSTO DIRECTO _____ \\$ 112.48/m³

INDIRECTOS Y UTILIDAD (38%) _____ \\$ 42.74/m³

PRECIO UNITARIO _____ \\$ 155.22/m³

Considerando que el peso volumétrico de la mezcla es de 1.4 ton/m³, entonces:

$$\frac{\text{\$ } 155.22/\text{m}^3}{1.4 \text{ ton}/\text{m}^3} = \text{\$ } 110.87/\text{ton}$$

PRECIO UNITARIO _____ \\$ 110.87/ton

R E S U M E N

Si analizamos la comparativa económica antes mencionada, nos daremos cuenta que al utilizar mezclas asfálticas en frío, tendremos un ahorro del 25% - 30% comparandolo con las mezclas asfálticas en caliente.

Ahora, si utilizamos reciclado en frío, obtendremos un ahorro del 40% comparado con las mezclas asfálticas en frío, y un 55% de ahorro si la comparamos con las mezclas asfálticas en caliente.

Por esto y más las técnicas en frío utilizando emulsión son la mejor opción.

Hace pocos años, en México, las mezclas asfálticas en frío sólo se utilizaban para caminos de segundo orden, hoy en día se están utilizando para trabajos ya de primer orden, tales son los casos de:

- 1.- Carriles laterales (baja), de la calzada Ignacio Zaragoza (Cd de México).



2.- Anillo periférico en el tramo Calzada Ignacio Zaragoza -- Av. Xochiaca
(Cd de México).



Estas son sólo algunas de las obras de carácter principal que se han realizado en la ciudad de México.

También se han realizado obras dentro de la ciudad de México como:

- Rehabilitación de la avenida Río San Joaquín.
- Rehabilitaciones en el periférico en el tramo Cuernavaca - Mixcoac.
- En el aeropuerto internacional Benito Juárez.
- Innumerables obras de mantenimiento.

Con lo que respecta al interior de la república se han hecho obras en Hermosillo, Mexicali, Can Cún, Baja California Sur, etc.

Cabe señalar que México necesita renovar su red carretera, así como de aumentarla, es por esto que las emulsiones asfálticas y las técnicas en frío son una gran opción para el Ingeniero.

CONCLUSIONES

La elaboración de emulsiones asfálticas, así como su aplicación en carreteras, fue proyectada por su economía, baja emisión de contaminantes, versatilidad de maquinaria, etc.

En base a lo anterior, las preguntas obligadas son:

¿ Estamos dándole la importancia a las emulsiones asfálticas como debe de ser?

¿ Estamos preparándonos, para los problemas actuales de contaminación ?

¿ El país cuenta, con los recursos económicos suficientes, como para seguir --
Despilfarrandolos en mezclas en caliente ?

México es un país en vías de desarrollo, que debiera crear más carreteras, así como de mantener en buen estado las actuales, pero no cuenta con un potencial económico para solventar dichas inversiones. Por esto y lo demás, las emulsiones asfálticas y su aplicación en carreteras vienen siendo una gran solución.

ANEXO

1.- PENETRACION DEL ASFALTO.

Es la prueba para determinar la consistencia de los cementos asfálticos, mediante la penetración vertical de una aguja en una muestra de dicho material bajo condiciones establecidas de peso, tiempo y temperatura; la profundidad a la que penetra la aguja mencionada se mide en decimos de milímetro.

2.- VISCOSIDAD DEL ASFALTO

Para determinar la viscosidad en los cementos asfálticos se utiliza la prueba Saybolt-furol, la cual permite conocer sus características de flujo a la temperatura de 130 °C, con objeto de conocer la susceptibilidad al calor de los cementos asfálticos y determinar las viscosidades apropiadas para su utilización. La prueba fundamentalmente consiste en determinar el tiempo que tardan en pasar 60 cm³ de cemento asfáltico a través de un orificio furol bajo condiciones específicas.

3.- GRANULOMETRIA

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que lo componen.

A partir de la distribución de las partículas en un suelo, es posible formarse una idea de las propiedades del mismo.

4.- VRS

El valor relativo de soporte se utiliza como un índice de la calidad de los suelos.

Se define como la relación de las resistencias en porcentaje, del material en estudio y un material estandar, a ser penetrado por un cilindro metálico de sección especificada.

5.- CONTRACCION LINEAL

La contracción lineal de un suelo es la reducción que sufre un espécimen de suelo de una forma prismática rectangular, en la mayor de sus dimensiones, cuando su humedad disminuye.

El espécimen es elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla no 40 (0.43mm). El resultado se expresa en porcentaje de la longitud final con respecto a la longitud inicial del espécimen.

La contracción lineal nos da la idea de la plasticidad que pueda tener un material.

6.- PLASTICIDAD

Es una propiedad de las arcillas que les permite cambiar su forma, sin agrietarse, reteniendo su nueva forma cuando desaparece el esfuerzo aplicado.

7.- ABRASION LOS ANGELES

Esta prueba tiene por objeto, conocer la calidad del material pétreo y nos da como resultado una medida directa del grado de alteración alcanzado por éste, así como detectar presencia de planos de debilitamiento y cristalización que provocan una desintegración de la partícula del material.

8.- EQUIVALENTE DE ARENA

Esta prueba nos indica que cantidad de material indeseable está presente en el agregado pétreo, observando la rapidez con que tal material se decanta en una solución estandar acuosa de cloruro de calcio, glicerina y formaldehído.

9.- AGREGADO CALIZO

Proveniente de la roca sedimentaria compuesta en gran parte por el mineral calcita. La mayoría de las calizas tienen contextura clástica. Las rocas calizas, constituyen cerca del 22% de las rocas sedimentarias expuestas sobre el nivel del mar.

10.- AGREGADO SILICEO

Proveniente de las rocas ígneas, compuesta principalmente de silicio y aluminio.

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

Fernandez del Campo Juan Antonio.
Pavimentos bituminosos en frío.
Editores técnicos asociados, S.A.
Barcelona, España.

Olvera Bustamante Fernando
Estructuración de vías terrestres
CECSA, segunda edición
D.F. México.

The asphalt institute
A basic asphalt emulsion manual
College park, Maryland
U S A 1979

I. Don Leet y Sheldon Judson
Fundamentos de Geología Física
LIMUSA, decima reimpresión
D.F. México.

SCT

Normas para muestreo y pruebas de materiales.
Pavimentos 6.01.03, México 1991.

SCT

Normas para muestreo y pruebas de materiales.
Carreteras y aeropistas 6.01.01, México 1986.

Juarez Badillo - Rico Rodriguez
Mecánica de suelos Tomo I y II
LIMUSA , D.F. México.

Rivera E. Gustavo
Emulsiones asfálticas.
Representaciones y servicios técnicos de Ingeniería.

Rivera E. Gustavo

"Slurry Seal", Morteros asfálticos

México, 1990

AMIVTAC

IV Congreso del asfalto.

Cd. México. 1987

PROBICA

Emulsiones asfálticas

Boletín informativo

D.F. México.

PROBISA

Emulsiones bituminosas

Boletín informativo No. 31

Madrid, España.