

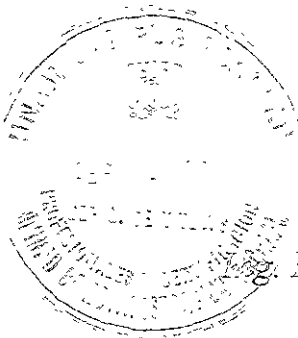


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

INNOVACIONES TECNOLOGICAS DEL USO DE POLIMEROS
Y RULÉ MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ASFALTO
EN LA CONSTRUCCION DE CAMINOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
GINA M. GUTIERREZ CARRILLO
Gregorita



Asesor:

Ing. Francisco Anzués Rosas





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

SRITA. GINA M. GUTIÉRREZ CARRILLO.
ALUMNA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.
P R E S E N T E .

En atención a su solicitud presentada con fecha de 18 de septiembre de 1987, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DEL USO DE POLÍMEROS Y HULE MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ASFALTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS".

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS CAMINOS EN MÉXICO
2. EL ASFALTO.
3. EL USO DE POLÍMEROS Y HULE MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ASFALTO
4. NORMAS DE CALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS
5. APLICACION A UN PROYECTO CARRETERO.

CONCLUSIONES.

Asimismo fue designado como asesor de tesis al ING. FRANCISCO ANZURES ROSAS, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE,
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Acatlán Edo. de México a 8 de marzo de 2000.

Jefe del Programa,

Ing. Enrique del Castillo Fragoso



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

INNOVACIONES
TECNOLOGICAS DEL USO DE
POLIMEROS Y HULE MOLIDO
COMO MODIFICADORES DEL
ÁSFALTO EN LA
CONSTRUCCION DE CAMINOS

Agradecimientos

A Dios

Por haberme dado la vida, la
inteligencia y la fortaleza para la
realización de este trabajo

A mis padres

Por su ayuda brindada desde
siempre.

A Miguel Ángel.

Por ser el Amigo y Compañero, por
su paciencia y comprensión, por su
apoyo Moral y Económico.

A mis hijas Yameli y Mariana

Por su tiempo, con todo mi amor,
para que el día de mañana este
trabajo represente para ellas un
motivo de superación

Agradecimientos.

A mis Sobrinos.

Para que este trabajo sea la chispa que los motive a continuar por el camino de la superación

A mis Familiares.

Que con sus palabras de aliento me motivaron a seguir adelante.

A todo mis Amigos y Compañeros; muy especialmente a José Luis por toda la ayuda brindada para la realización de este trabajo.

A todas las amas de casa, que entregadas a los trabajos rutinarios y santificantes del hogar, olvidamos un poco nuestro "ser"

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Acatlán.

A los profesores.

Con verdadera vocación docente,
por brindar sus experiencias y
conocimientos.

A mis Sinodales:

Ing. Leonardo Álvarez León

Ing. Jorge Flores Nuñez

Ing. Francisco Anzures Rosas

Ing. Fernando A. Hernández Trejo

Ing. Julian L. Bravo Martínez

Por el apoyo recibido en la revisión de este trabajo.

Muy especialmente a mi Director de tesis

Ing. Francisco Anzures Rosas

A los Ingenieros:

Rodolfo Zueck Rodríguez

Salvador Manilla Hernández

Por darme la oportunidad para mi desenvolvimiento Profesional,
por su apoyo, por sus consejos y por su confianza



INDICE

INTRODUCCION

TEMA 1 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS CAMINOS EN MÉXICO

1.1. Las diligencias	1
1.2. El descubrimiento de las carreteras y la demanda del automóvil	2
1.3. Integración de los caminos	4
1.4. Los caminos en la actualidad	8

TEMA 2. EL ASFALTO.

2.1. Definición	12
2.2. Propiedades del asfalto	15
2.3. El agregado	18
2.3.1. Clasificación de los agregados	18
2.3.2. Propiedades de los agregados	19
2.4. Desarrollo Tecnológico del Asfalto	21
2.4.1. Condiciones actuales	22
2.4.2. Innovaciones Tecnológicas de los asfaltos en México	24
2.4.3. Campos de aplicación del uso de los asfaltos en los caminos	26
2.5. Mezclas asfálticas	42
2.5.1. Definición	42
2.5.2. Por riegos	42
2.5.3. Mezcla asfáltica en frío	43
2.5.3.1. Mezcla asfáltica en frío elaborada en el lugar	43
2.5.3.2. Mezcla asfáltica en frío en planta móvil	43
2.5.4. Mezcla asfáltica en caliente elaborada en planta fija	44



TEMA 3. EL USO DE LOS POLIMEROS Y HULE MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ASFALTO

3.1. El uso de los polímeros	45
3.1.1. Definición de polímero	45
3.1.2. Tipos de polímeros	45
3.1.3. Propiedades mejoradas de los asfaltos modificados con polímeros	47
3.1.4. Incorporación de los polímeros al asfalto	50
3.1.5. Mezclado del asfalto modificado con polímeros y el material pétreo	55
3.2. El uso del hule molido de liantas	56
3.2.1. Definición del hule molido	56
3.2.2. Propiedades del hule molido	58
3.2.3. Incorporación del hule molido al asfalto	60
3.2.4. Características del asfalto ahuiado	61
3.2.5. Procedimiento de mezclado y reacción del asfalto ahuiado	63
3.2.6. Mezclado de asfalto ahuiado y agregado	64
3.2.7. Su uso y beneficios	65

TEMA 4. NORMAS DE CALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS.

4.1. Normas de calidad y perspectivas de los asfaltos modificados	75
4.2. Reglas o normas para carpetas de gradación abierta	77
4.2.1. Definiciones	77
4.2.2. Materiales	78
4.2.3. Ejecución	79
4.3. Ventajas del uso de los asfaltos modificados con polímeros y hule molido	84
4.4. Estrategias de instrumentación en el desarrollo de carreteras	85
4.5. Anexos	87



TEMA 5. APLICACIÓN A UN PROYECTO CARRETERO

5.1. Generalidades	98
5.2. Especificaciones Generales y particulares de construcción	102
5.2.1. Sub-base rigidizada	102
5.2.2. Base-Hidráulica	103
5.2.3. Riego de impregnación	103
5.2.4. Riego de liga	104
5.2.5. Carpeta	104
5.2.6. Mezcla asfáltica	104
5.2.7. Aditivo modificador para cemento asfáltico utilizado para la elaboración de la carpeta	105
5.2.8. Carpeta asfáltica de Graduación abierta	106
5.2.9. Hule molido de neumáticos usados	108
5.2.10. Asfalto ahulado	108
5.3. Procedimiento Constructivo	109
5.3.1. Trabajos preliminares	109
5.3.2. Terracerías	109
5.3.3. Capa sub-rasante	110
5.3.4. Pavimentos	110
5.3.5. Obras de drenaje	114
5.3.6. Trabajos complementarios	115
5.3.7. Señalamiento vertical y horizontal	115
5.4. Presupuesto de los trabajos	115
CONCLUSIONES	130

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION



INTRODUCCION

La escasez de los recursos disponibles para la construcción y mantenimiento de las carpetas asfálticas de la Red Carrerera del país, demanda la búsqueda de soluciones a corto plazo y al menor costo posible, de tal forma que se garantice un buen nivel de servicio durante la vida útil de los pavimentos.

Fue así como en el año de 1992, en México se incursionó de manera más formal al uso de los asfaltos modificados que se han venido desarrollando en otras partes del mundo.

Se dio entonces, inicio al estudio de algunos modificadores del asfalto, como los polímeros, el hule molido, el chemcrete, la gilsonita, etc., dando resultados alentadores.

Fue entonces como en las principales Autopistas que confluyen a la Ciudad de México, México-Querétaro, México-Puebla y México-Cuernavaca, así como la Puebla-Orizaba, donde se iniciaron los trabajos correspondientes a la reconstrucción de los pavimentos, dichos trabajos consistieron en la recuperación de 25 cm de espesor, adicionando cemento Portland, una carpeta de concreto asfáltico modificado con polímeros al 3% y como superficie de rodamiento una carpeta delgada de graduación abierta (Open Graded) con cemento asfáltico modificado con el 17% de hule molido en peso.

El objetivo de modificar el asfalto consiste en mejorar sus propiedades físicas y reológicas con lo que se obtiene una mejor adherencia con los materiales pétreos, mayor resistencia al envejecimiento, a los efectos del agua y agentes climatológicos: una mejor capacidad de soporte, así como el mejoramiento de las propiedades de elasticidad, flexibilidad, cohesión y viscosidad.



Actualmente la bibliografía que existe es escasa y más bien la integración de este trabajo se obtuvo a partir del material didáctico presentado en congresos y seminarios, artículos y folletos desarrollados en torno al uso de los asfaltos modificados.

En el primer capítulo se presenta una breve reseña histórica de los caminos en México, su integración y desarrollo.

En el segundo capítulo se habla sobre el asfalto sus características y propiedades y los nuevos asfaltos que actualmente produce Pemex, así como la aplicación de los asfaltos en los caminos y las diferentes técnicas para producir mezclas asfálticas que existen.

En el tercer capítulo denominado "El uso de los polímeros y hule molido como modificadores del Asfalto" nos habla del uso de los polímeros y del hule molido, sus características, propiedades físicas y químicas al adicionarlo con el asfalto y después, cuando se mezcla con el pétreo, sus uso y beneficios en las mezclas de asfaltos con modificadores.

En el capítulo cuatro se comenta un documento preliminar de las Normas que pueden aplicarse a los asfaltos modificados para carpetas delgadas de graduación abierta y las estrategias de instrumentación en el desarrollo de las carreteras.

En el capítulo cinco denominado "Aplicación a un Proyecto Carretero" se presenta el procedimiento constructivo real ejecutado en un subtramo de la Autopista México-Quéretaro, se describe el proceso constructivo así como las Especificaciones Generales y Particulares de Construcción, se considera el uso de un aditivo del tipo SBS(Solprene 411) cemento asfáltico del tipo AC-20, en una carpeta asfáltica con 10 cm y como superficie de rodamiento una carpeta delgada de graduación abierta de cemento asfáltico AC-20 al que se le adiciona el 12% de hule molido, con un espesor de 3.0 cm

TEMA 1

ANTEDECENTES HISTÓRICOS DE LOS CAMINOS DE MÉXICO.



TEMA 1.- ANTECEDENTES HISTORICOS DE LOS CAMINOS EN MEXICO

1.1 LAS DILIGENCIAS.

Hace cien años aproximadamente, en México los ferrocarriles eran la principal vía de comunicación. Se trabajaba aceleradamente en construir kilómetros de riel. Los trenes además de disminuir el tiempo de recorrido movían personas y carga en cantidades y volúmenes nunca antes vistos.

Sin embargo, esta forma de comunicación no podía llegar a todas partes, por eso nadie niega el atributo de las bestias de carga ya que sobre ellas se realizaban gran parte de los intercambios.

Las carreteras en México, eran un rasgo antiguo del paisaje mexicano, pues se habían estado construyendo desde el siglo XVI. Sólo ciertas rutas del altiplano eran usadas regularmente sobre ruedas pues en el terreno quebrado de las sierras no había virtualmente ninguna. En la construcción de los caminos se había empleado un mínimo de tecnología y las obras más sofisticadas eran algunos puentes de piedra, tenían un piso natural y disparejo, carecían de terraplenes y desagües, en consecuencia el transporte carretero era por lo regular lento e ineficiente y se dificultaba más en épocas de lluvia. Con todos estos inconvenientes las antiguas carreteras mexicanas ofrecían la posibilidad de recorrer grandes distancias. El famoso carruaje de Juárez puede dar buen testimonio de ello. Los servicios de diligencias u otros vehículos estaban bien establecidos desde el siglo XVII; sobre todo en rutas cortas.

Los ferrocarriles por tanto desplazaban los caminos antiguos sobre todo para cubrir grandes distancias. Sin embargo; muchos caminos antiguos subsistían activos y sin competencia sobre las numerosas vías que los ferrocarriles no cubrían.



Ya entrado el siglo XX diligencias y carruajes continuaban sus recorridos regulares de Tepic a San Blas y Santiago de Lagos a San Juan de los Lagos de Fresnillo a Durango etc.

Para 1891 el sistema de comunicaciones en México era muy dinámico y estaba en constante crecimiento y evolución, para entonces el Presidente Porfirio Díaz creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), así procedió a abrir las carreteras que en parte eran sólo brechas de carretera. de Tula a Cd. Victoria, Tamaulipas fue la mayor proeza de la administración porfiriana en materia de caminos.

1.2 EL DESCUBRIMIENTO DE LAS CARRETERAS Y LA DEMANDA DEL AUTOMÓVIL.

Al aparecer el automóvil en México se vio con claridad el desbalance tecnológico entre las líneas de ferrocarril y los caminos carreteros. El transporte en las carreteras ofrecía muchas ventajas, pero para ello había que acondicionar los caminos y dotarlos de un nuevo sistema de servicio.

Para 1910 el automóvil se había popularizado en México, aunque la mayor parte de los vehículos de motor circulaban dentro de los perímetros urbanos, cada vez eran más los que se aventuraban fuera de las zonas construidas.

Las carreteras suburbanas tales como México - Tlalpan o Guadalajara - Tonalá fueron las primeras en recibir tránsito de automóviles y en demandar atención de la inspección de caminos, carreteras y puentes de la SCOP. Los automóviles demandaban acceso en las carreteras troncales y empezaron a recorrerlas muy pronto, especialmente en las zonas planas del altiplano. La SCOP se ocupaba ya en 1912 de acondicionar formalmente ciertos caminos carreteros como "caminos de automóviles". El primero que recibió atención fue el de México a Puebla por Río Frio, camino muy antiguo que había caído en desuso. En 1912 se habían abierto más de 66 kilómetros de carreteras.



La adecuación de las carreteras implicaba construir una nueva y adecuada estructura de soporte para las superficies de rodamiento. En general se siguió el criterio de favorecer la construcción de caminos donde no había ferrocarril.

Hacia 1920 la SCOP anunció los trabajos diversos en las rutas de Aguascalientes a Juchipila, Guanajuato a Dolores Hidalgo, Querétaro a Tampico, Ixmiquilpán a Zimapán, Chignohuapan a Tlaxiaco, Oaxaca a Huajuapam y Arriaga a Tuxtla Gutiérrez.

La SCOP emprendió la pavimentación con cemento asfáltico de los caminos en fecha más reciente aproximadamente en 1924. Ya fuera por el acondicionamiento de antiguas carreteras o por la construcción de nuevas, el resultado conducía hacia un punto en que los extremos de unos y otros tramos empezaban a tocarse.

Hacia 1926 la SCOP terminó de acondicionar las carreteras de México a Puebla y a Pachuca y que habían sido pavimentadas. Para 1928 se puso en mente abrir una carretera de costa a costa siguiendo una línea más o menos a lo largo del paralelo 20 desde Chame'la hasta Nautla.

El turismo Norteamericano ofrecía una perspectiva inmejorable y en 1925 se planteó la conveniencia de abrir una carretera internacional entre México y Nuevo Laredo, integrando estas, la ruta de mayor longitud abierta hasta entonces.

Sin embargo los caminos ya abiertos también requerían de atención y había que darles mantenimiento, dotarlos de señales y mejorar sus trazos y puentes. Existían muchas carencias por ejemplo en materia de infraestructura, hubo que vencer terrenos muy quebrados.



Para 1934 los caminos estatales llegaron a sumar en conjunto casi 3 500 kilómetros que aunque de terracerías rebasaban con mucho los 1 500 kilómetros de las carreteras federales. Poco a poco se dibujaba una red troncal de carreteras capaz de ligar entre sí a todas las ciudades de mayor población. Entraban en el magno esquema las carreteras de México a Acapulco y a Nuevo Laredo y las proyectadas de México a Veracruz, México a Guadalajara, de Puebla a Oaxaca y de Matamoros a Mazatlán.

La apertura de algunos caminos requirió vencer tramos de topografía muy difícil. El tránsito de vehículos aumentó notablemente a partir de la década de los treinta, la carretera de Nuevo Laredo quedó totalmente terminada en abril de 1936 con 1 226 kilómetros cumpliendo ampliamente con las expectativas de turismo que se habían puesto en ellas. Pronto cobro forma la idea de otra gran carretera internacional siguiendo la ruta de Nogales a Guadalajara, México y la frontera con Guatemala.

1.3 INTEGRACIÓN DE LOS CAMINOS.

Para 1942 la industria del automóvil se había consolidado definitivamente en México. Tras el panorama creado por la segunda guerra mundial y dado que México sólo se involucró tangencialmente en la guerra, las consideraciones militares no estuvieron en primera línea, aunque sí se tomó la decisión de construir la carretera de Tijuana a la Paz. Terminada la Guerra, los vehículos comerciales se hicieron más comunes de más tamaño y capaces de cubrir largas distancias, lo que auguraba nuevas perspectivas para el transporte de mercancía y pasajeros.

Durante los gobiernos de Manuel Avila Camacho y Miguel Alemán la red carretera creció con una rapidez nunca vista hasta entonces. En 1949 las armadoras de automóviles y camiones y otras industrias fundaron la AMC (Asociación Mexicana de Caminos) y concertaron con la Secretaría de Hacienda que un 20% de las ventas de autos se destinaran a la construcción de caminos vecinales y dos rutas troncales de gran longitud, una de México a



Cd. Juárez y otra de Nogales a Guadalajara

Se vislumbraba ya la conformación de una red de carreteras, que por sí sola podría conformar un Sistema Nacional de Vías de Comunicación. Al cumplirse la mitad del siglo la red carretera era extensa y ramificada, sin embargo existían infinidad de poblaciones, que estaban a un día de camino de la carretera o el ferrocarril más cercano.

Hacia 1950 las condiciones de viaje por las carreteras mexicanas eran muy diferentes a las de diez años atrás, las más transitadas estaban bien consolidadas y pavimentadas, tenían dos carriles con buena señalización y acotamientos relativamente amplios.

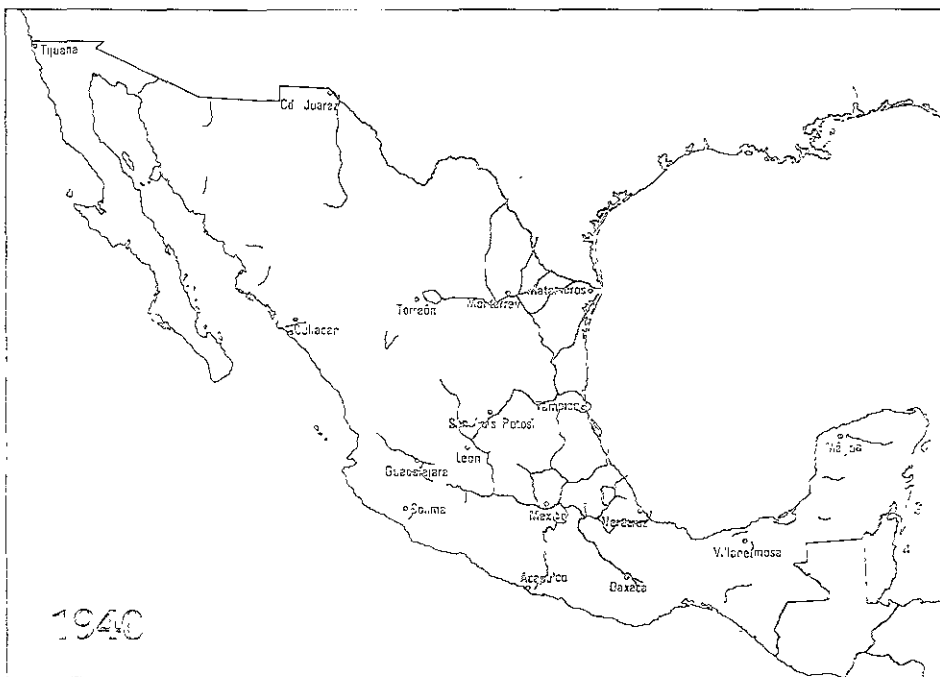
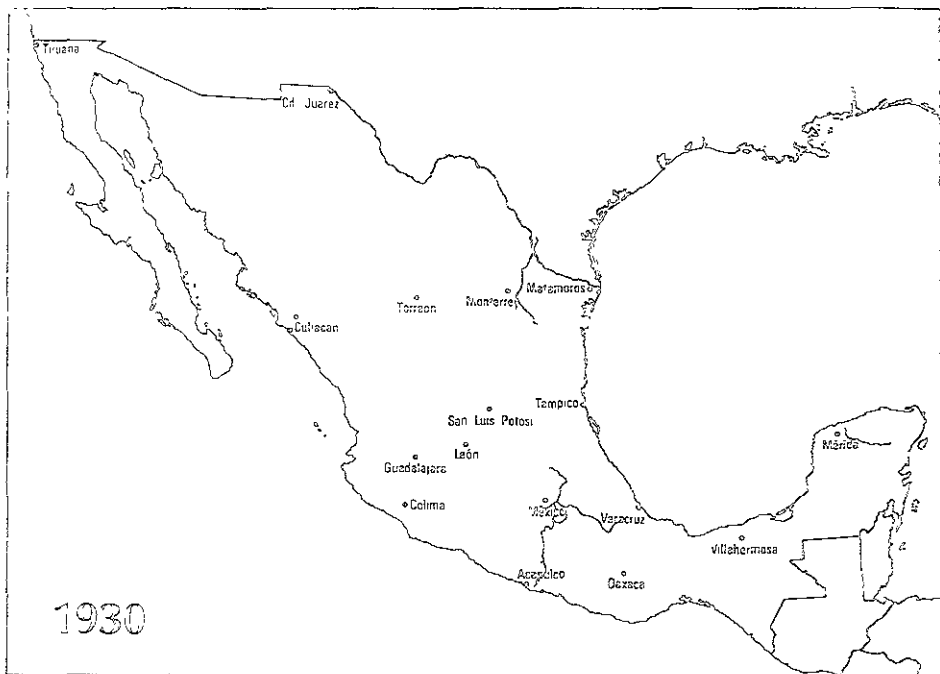
Las carreteras penetraban en todas las poblaciones que tocaban y en ellas estaban los servicios que se requerían: gasolineras, talleres, hoteles y restaurantes, incluso en caminos secundarios fincaban su prosperidad en el paso de los vehículos.

La demanda de más caminos era constante y legítima. Sin embargo la tarea de construir una red carretera Nacional integrada en sí misma y capaz de competir en todos sentidos con la ferroviaria era enorme y compleja.

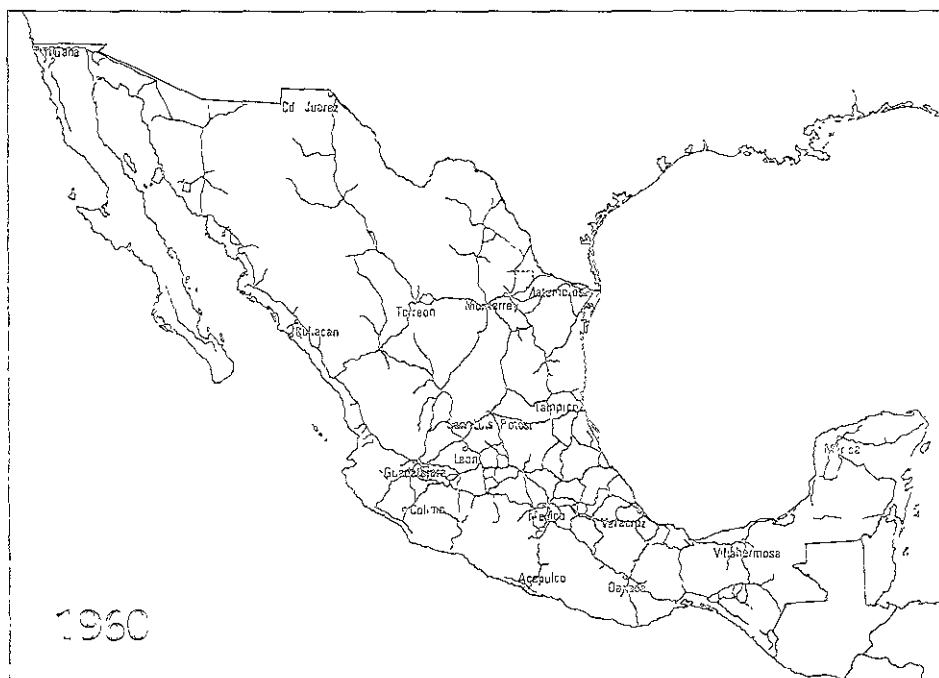
La competencia entre ferrocarriles y carreteras se frenó durante algunos años porque el gobierno de Adolfo Ruiz Cortines desvió los recursos para construir los caminos vecinales.

Para 1952 ocurrió un importante cambio administrativo. La SCOP fue desmembrada pasando el diseño y construcción de carreteras a la jurisdicción de la nueva Secretaría de Obras Públicas. (SOP)

En 1964 se consideraba que la red Nacional de carreteras rebasaba los 56 000 kilómetros. Lo más notable de los sesentas fue la Autopista México-Puebla inaugurada en 1962, la México-Querétaro y la Tijuana Ensenada abierta en 1967.



Evolución de la red ferroviaria nacional según mapas de la SCT.



Evolución de la red carretera nacional según mapas de la SCT.



1.4 LOS CAMINOS EN LA ACTUALIDAD

Para 1960 las cifras oficiales hablaban de aumentos prodigiosos en el número de kilómetros construídos, numerosas localidades rurales se hicieron más accesibles.

La expansión de las líneas de autobuses, que penetraban prácticamente a todos los sitios por donde había un camino hacia que aún los campesinos más aislados usaran las carreteras o se interesaran en ellas. Casi todas las comunidades rurales consideraron como asunto de interés colectivo el propiciar su desarrollo.

El creciente tránsito de las carreteras creaba ya problemas de congestionamiento especialmente cerca de las ciudades. Estas sufrían inconvenientes debido al paso por sus calles de vehículos cada vez más números y pesados. Por lo tanto, se procedió a construir libramientos que permitieran rodear las áreas pobladas, no sólo en beneficio de grandes ciudades sino también en pequeñas poblaciones.

También se procedió por entonces a ensanchar carreteras de mucho tránsito. La infraestructura existente entró en un proceso de obsolescencia, este fenómeno era atribuible al crecimiento económico y demográfico y también al mayor número de vehículos que circulaban, capaces, además de transportar carga más pesada y de desplazarse con toda autonomía sobre distancias más largas y a mayores velocidades.

Otro fenómeno importante de esta época fue la casi total extinción del turismo extranjero por carretera motivada sobre todo por contar con el predominio de los viajes en paquete por vía aérea.

En 1982 ocurrió una nueva reorganización administrativa. La SOP había sido gradualmente orientada hacia cuestiones de desarrollo urbano, se le redefinió hacia esa área y la construcción y mantenimiento de las carreteras



se trasladó a la SCT, lo que en fondo significó la restauración de la antigua SCOP desmembrada en 1959.

El desarrollo de la red carretera ha cobrado renovado ímpetu desde aproximadamente 1985. Las juntas locales de caminos y los gobiernos de los estados han aplicado o reforzado diversos sistemas de cooperación con la población local de modo que se extendieron los caminos vecinales. La modernización de la red carretera se inició con plena conciencia de que se estaba viviendo un rezago que se traducía en la creciente ineficiencia del transporte por carretera.

La SCT procedió a adaptar carreteras y puentes para un tránsito rápido e intenso, pero ya no ensanchándola sino duplicándolas. A lo largo de muchas rutas se puede apreciar como se construyó o se está construyendo una nueva carretera paralela a la existente. Con estas obras se han hecho también nuevos libramientos y pasos a desnivel que se siguen trabajando día con día en los tramos que lo requieren.

Existen algunas rutas donde el procedimiento anterior no se ha considerado adecuado y se ha preferido, construir carreteras totalmente nuevas, con diseño e ingeniería de gran sofisticación. Así México para esta década cuenta con filantes carreteras de primer orden. Sus trazos son sorprendentemente rectos y tendidos aún en zonas de topografía accidentada, gracias a sucesiones de tajos, enormes puentes o viaductos y eventualmente uno que otro túnel.

A los recientes desarrollos en materia de carreteras hay que añadir los puentes más grandes y modernos: Coatzacoalcos, Tampico, y la Unidad (entre Isla del Carmen y tierra firme)

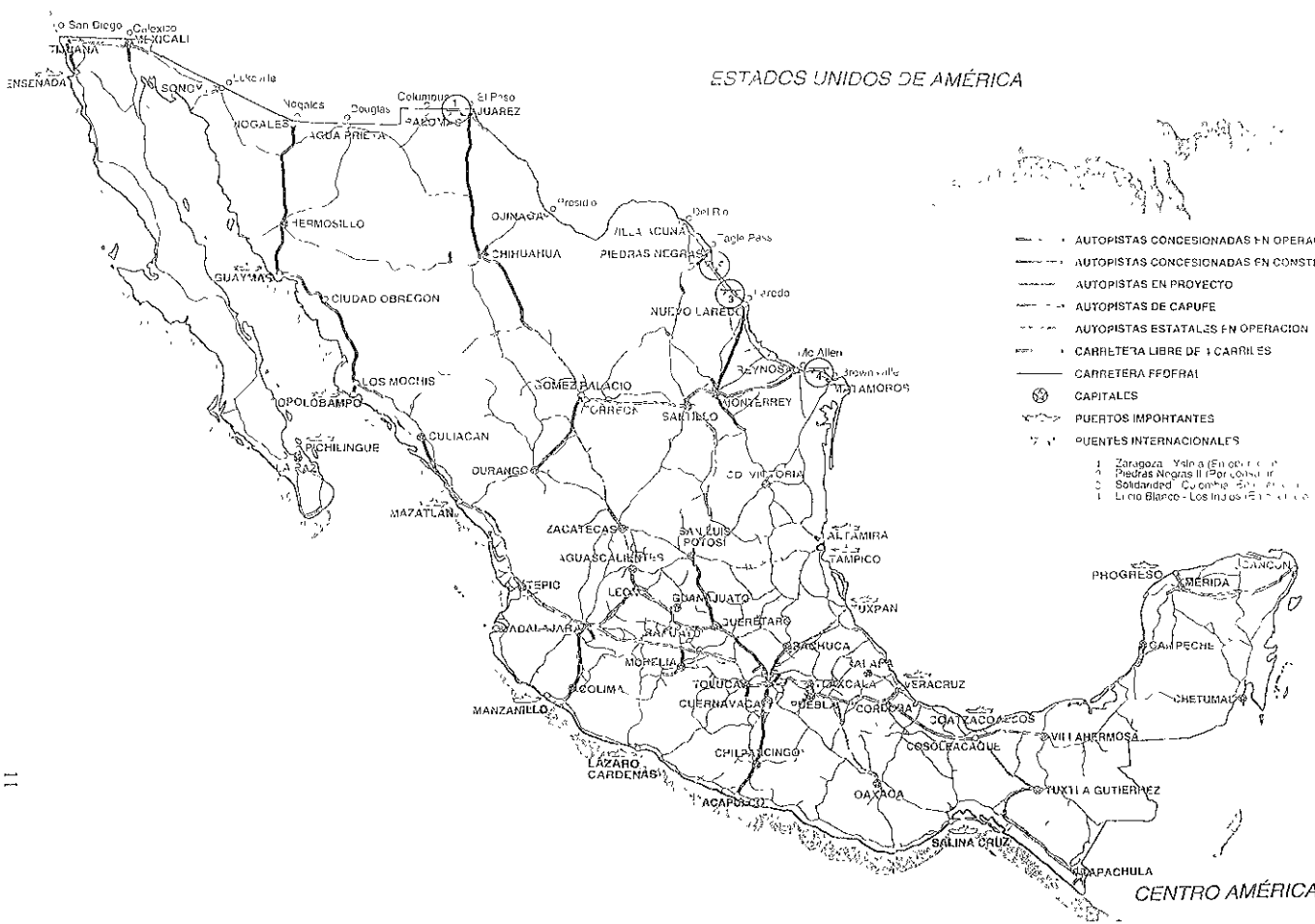
Como los recursos públicos en 1989 no eran suficientes para realizar obras, el gobierno procedió a elaborar un sistema de concesiones por el que



las empresas particulares construyen las carreteras y las administran durante un tiempo determinado todo bajo el control de la SCT

Durante los últimos años la construcción de caminos por parte del Gobierno Federal se ha reducido notablemente debido a la crisis financiera de los últimos años dando prioridad a la conservación, ampliación y adecuación geométrica tanto de la red federal, como de los caminos de cuota, con escasos recursos bajo la coordinación de la Dirección General de Conservación, Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como también de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos

A partir del sexenio pasado se otorgaron concesiones a Empresas Particulares para la construcción de autopistas de cuota, sin embargo, la crisis financiera por la que atraviesa el país, provocó la postergación de las grandes inversiones que se tenían previstas



- AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN OPERACION
- - - AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN CONSTRUCCION
- AUTOPISTAS EN PROYECTO
- - - AUTOPISTAS DE CAPUPE
- - - AUTOPISTAS ESTATALES EN OPERACION
- CARRETERA LIBRE DE CARRELES
- CARRETERA FEDERAL
- (●) CAPITALS
- PUERTOS IMPORTANTES
- PUEBLOS INTERNACIONALES

- 1 Zongolica - Yatao (En construcción)
- 2 Piedras Negras II - Fortín (En construcción)
- 3 Solidaridad - Cuernavaca (En construcción)
- 4 Loma Blanca - Los Injertos (En construcción)

TEMA 2

EL ASFALTO.



TEMA 2.- EL ASFALTO

2.1. DEFINICIÓN.

El asfalto es un material negro, cementante, variando su consistencia de sólida a semisólida, a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente el asfalto se ablanda y se vuelve líquido.

El asfalto usado en pavimentación, generalmente llamado cemento asfáltico, es un material viscoso y pegajoso. El asfalto es un excelente cemento que une las partículas de agregado en un pavimento, es un material impermeabilizante y no es afectado por los ácidos.

El asfalto cambia cuando es calentado y/o envejecido. Tiende a volverse duro y frágil y también a perder su capacidad de adherirse a las partículas del agregado.

A veces hay confusión acerca del origen del asfalto, de cómo es refinado, y como se clasifica en sus diferentes grados; por lo que esto se detalla a continuación.

Refinación del petróleo.

El petróleo crudo es refinado por destilación. Este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (Productos) son separadas fuera del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura. Como puede verse en la figura 2.1



Destilación de Crudo de Petróleo (Típica)

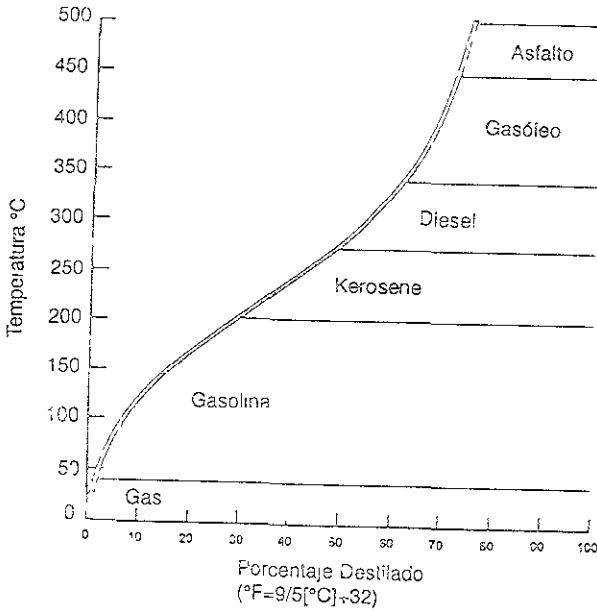


Figura 2.1

El asfalto puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480 °C. Esta temperatura puede variar un poco, dependiendo del origen del petróleo crudo que se está refinando o del grado de asfalto que se está produciendo.

En la figura 2.2 se muestra de forma esquemática una refinería típica.



Pozo de Petróleo

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ASFALTO DE PETROLEO

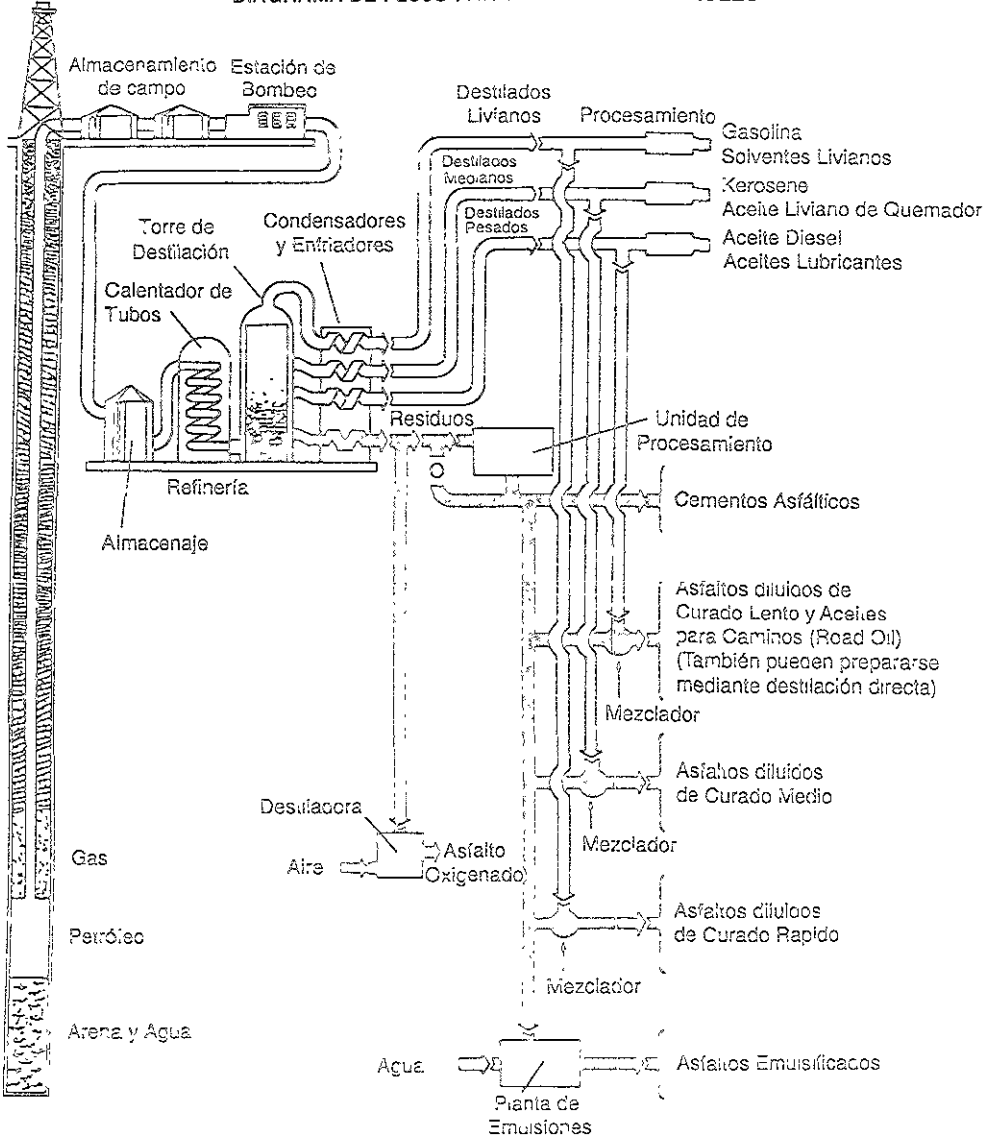


Figura 2.2 Proceso típico de refinación.



Existen dos procesos por los cuales puede ser producido un asfalto: el de destilación del petróleo crudo por vacío y extracción con solventes.

La destilación por vacío consiste en separar el asfalto del crudo mediante la aplicación de calor y vacío. En el proceso de extracción con solvente, se remueven mas gasóleos del crudo, dejando así un asfalto residual.

Una vez que los asfaltos han sido procesados, estos pueden ser mezclados entre sí en ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto. Es así como un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso pueden ser combinados para producir un asfalto de viscosidad intermedia.

Para producir asfaltos con características específicas, se usa el petróleo crudo o mezclas de petróleo crudo. El asfalto es separado de las otras fracciones del crudo por medio de destilación o extracción con solventes.

2.2 PROPIEDADES DEL ASFALTO.

Propiedades Químicas del asfalto.

El asfalto tiene propiedades químicas únicas que lo hacen muy versátil como material de construcción de carreteras. La composición química es ciertamente uno de los medios más usados, para identificar las propiedades de cualquier sustancia. Sin embargo existen varias razones por las cuales la química no ha llegado a ser parte de los sistemas de clasificación:

- En la actualidad no hay una prueba normal para composición química de asfaltos que sea aceptada por los usuarios del material.
- Los ensayos existentes para analizar composición química requieren de equipos sofisticados y pericia técnica que no esta disponible en la mayoría de los laboratorios donde se hacen pruebas de asfaltos.
- La relación entre la composición química de cemento asfáltico y su comportamiento en la estructura del pavimento es todavía incierta. Respecto a esto todavía hay muchas preguntas sin contestar.



Básicamente el asfalto está compuesto por varios hidrocarburos (Combinaciones moleculares de Hidrogeno y Carbono) y algunas trazas de Azufre, Oxígeno, Nitrógeno y otros elementos. El asfalto cuando es disuelto en un solvente como el heptano, puede separarse en dos partes principales: asfáltenos y maltenos.

Los asfáltenos no se disuelven en el heptano. Los asfáltenos, una vez separados de los maltenos, son usualmente de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso de grafito.

Los maltenos se disuelven en el heptano. Son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites. Las resinas son, por lo general, líquidos pesados de color ámbar o pardo oscuro, mientras que los aceites son de color más claro. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas (pegajosidad) en el asfalto, mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfáltenos y las resinas. La proporción de asfáltenos y maltenos en el asfalto puede variar debido a un sin número de factores, incluyendo altas temperaturas, exposición a la luz y al oxígeno, tipo de agregado usado en la mezcla de la carpeta asfáltica, y espesor de la película de asfalto en las partículas de agregado. Las reacciones y cambios que pueden ocurrir incluyen: evaporación de los compuestos más volátiles, oxidación (combinación de moléculas de hidrocarburo con moléculas de oxígeno), polimerización (combinación de dos o más moléculas para formar una sola molécula más pesada), y otros cambios químicos que pueden afectar considerablemente las propiedades del asfalto. Las resinas se convierten gradualmente en asfáltenos, durante estas reacciones, y los aceites se convierten en resinas, ocasionando así un aumento en la viscosidad del asfalto.

Propiedades físicas del asfalto.

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño construcción y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

Durabilidad

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y



envejecimiento Es una propiedad juzgada a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir.

Sin embargo, existen pruebas rutinarias usadas para evaluar la durabilidad del asfalto. Estas son la prueba de la película Deigada en Horno (TFO) y la Prueba de Película Deigada en Horno Rotatorio (RTFO).

Adhesión y Cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado de la mezcla de pavimentación. **Cohesión** es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

Susceptibilidad a la temperatura.

Todos los asfaltos son termoplásticos, esto es, se vuelven más duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, aún si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ello indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera.

Debe entenderse que es de vital importancia que un asfalto sea susceptible a la temperatura debe tener suficiente fluidez a altas temperaturas para que pueda cubrir las partículas de agregado durante el mezclado, y así permitir que estas partículas se desplaceen unas con respecto a otras durante la compactación. Luego deberá volverse lo suficiente viscoso, a temperaturas ambiente es normales, para mantener unidas las partículas de agregado.

Endurecimiento y envejecimiento

Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

causado principalmente por el proceso de oxidación, el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

No todos los asfaltos se endurecen a la misma velocidad cuando son calentados en películas delgadas. Por lo tanto, cada asfalto debe ser ensayado por separado para poder determinar sus características de envejecimiento, y así poder ajustar las técnicas constructivas para minimizar el endurecimiento.

El endurecimiento del asfalto continúa en el pavimento después de la construcción. Una vez más, las causas principales son la oxidación y la polimerización. Estos procesos pueden ser retardados si se mantiene, en el pavimento terminado, una cantidad pequeña de vacíos (aire) interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado.

2.3 EL AGREGADO.

El agregado constituye entre el 90 y 95 por ciento, en peso, y entre el 75 y 87 %, en volumen, de la mayoría de las estructuras del pavimento. El comportamiento del pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de características de capacidad portante.

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS.

Las rocas se dividen en tres tipos generales: Sedimentarias, Ígneas y metamórficas.

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de sedimentos, en el agua, o a medida que el agua se deposita. El sedimento puede consistir de partículas minerales o fragmentos, de residuos de productos animales, de plantas, de los productos finales de una acción química o una evaporación o bien de la combinación de cualquiera de estos tipos de materiales.

Las rocas ígneas constan de material fundido que se ha enfriado o solidificado, hay dos tipos de rocas ígneas extrusivas e intrusivas.



Las rocas metamórficas son generalmente rocas sedimentarias o ígneas que han sido transformadas por procesos de intensa presión y calor dentro de la tierra y también por reacciones químicas.

Los agregados usados en el pavimento asfáltico se clasifican, de acuerdo a su origen, éstos pueden ser; agregados naturales, agregados procesados y agregados sintéticos.

Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento. Ellos están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación. Los principales tipos de agregado natural usados en la construcción de pavimento son la grava y arena. La grava se define como partículas de un tamaño igual o mayor que 6.35 mm (1/4 pulgada). La arena se define como partículas de un tamaño menor que 6.35 mm pero mayor que 0.075 mm (No. 200).

Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. Los agregados Sintéticos no existen en la naturaleza ellos son un producto del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos industriales de producción como el refinamiento de metales o materias primas.

2.3.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.

Existen algunas propiedades de los agregados que deben ser tomadas en cuenta para que el pavimento asfáltico sea de buena calidad. Estas propiedades son:

- a) Graduación y tamaño máximo de la partícula.
- b) Limpieza.
- c) Dureza.
- d) Forma de la partícula
- e) Textura superficial
- f) Capacidad de absorción.
- g) Afinidad con el asfalto
- h) Peso específico



a) *Graduación y tamaño máximo de la partícula.*- Todas las especificaciones de pavimento requieren que las partículas del agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas este presente en ciertas proporciones

Tamaño máximo de partícula.

Granulometría del agregado.- Esta determinada por un análisis de tamices. Los tamices están denominados de acuerdo al tamaño de sus aberturas. Existen ciertos términos que nos ayudan a determinar las fracciones del agregado. El agregado grueso es el material retenido por el tamiz de 2.36 mm (No. 8). El agregado fino es el material que pasa el tamiz de 2.36 mm (No. 8).

b) *Limpieza.*- Las especificaciones de la obra ponen un límite a los tipos y cantidades de materiales indeseables (vegetación, arcilla esquistosa, partículas blancas, terrones de arcilla etc.) en el agregado. Las cantidades excesivas de estos materiales pueden afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento. El ensayo de equivalente-arena es un método para determinar la proporción indeseable de polvo fino y arcilla en la fracción de agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

c) *Dureza.*- Los agregados deben ser capaces de resistir la abrasión y degradación durante la producción, colocación y compactación de la mezcla de pavimentación y durante la vida de servicio del pavimento. Los agregados que están cerca de la superficie deben ser mas duros que los agregados en las capas inferiores. El ensayo de desgaste de los ángeles mide la resistencia de un agregado al desgaste y a la abrasión.

d) *Forma de la partícula.*- La forma de la partícula afecta la trabajabilidad de la mezcla de pavimentación durante su colocación así como la cantidad de fuerza necesaria para compactar la mezcla a la densidad requerida. Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento en el pavimento debido a que tienden a entrelazarse cuando son compactadas.

e) *Textura superficial.*- La textura superficial además de determinar la trabajabilidad y resistencia final de la mezcla de pavimento determina también



la resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. El trituramiento produce texturas superficiales rugosas.

f) *Capacidad de absorción.*- Todos los agregados son porosos y algunos mas que otros. La cantidad de líquido que un agregado absorbe cuando es sumergido en un baño determina su porosidad.

La capacidad de un agregado de absorber agua es un elemento importante de información. Si un agregado es altamente absorbente entonces continuará absorbiendo asfalto después del mezclado inicial en la planta, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las demás partículas de agregado. Debido a esto, un agregado poroso requiere cantidades mucho mayores de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso.

g) *Afinidad con el asfalto.*- La afinidad es la tendencia del agregado de aceptar y retener una capa de asfalto. Las calizas, las dolomitas y las rocas traqueanas tienen alta afinidad con el asfalto y son conocidas como hidrofóbicas (repele el agua).

Los agregados hidrofílicos (atraen el agua) tienen poca afinidad con el asfalto. Por consiguiente tienden a separarse de las películas de asfalto cuando son expuestos al agua.

h) *Peso Específico* .- es la proporción peso-volumen de una unidad de esa sustancia comparada con la proporción peso-volumen de una unidad igual de agua. El peso específico del agregado se expresa en múltiplos del peso específico del agua (la cual se toma siempre con un valor de 1).

2.4 DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL ASFALTO

En México el concreto asfáltico comenzó a emplearse alrededor del año 1950. En la actualidad, México cuenta con una red de carreteras de todo tipo con longitud de 300 000 km. de los que 100 000 km. se encuentran pavimentados con asfalto. En las carpetas asfálticas de alta especificación para autopistas, carreteras troncales y aeropistas, hasta el año de 1996 se había empleado el Cemento Asfáltico Número 6.

Dado el crecimiento del país durante los últimos 50 años, buena parte de los pavimentos asfálticos requieren con urgencia una reconstrucción o



refuerzo, tanto por haber sobrepasado su vida útil como por tener que soportar volúmenes superiores y diferentes a los proyectados originalmente. Por ejemplo, a la fecha se registran hasta 70 000 vehículos diarios con 40% de pesados, en la autopista México-Querétaro, así como tránsitos mayores de 3 000 vehículos diarios en la mayor parte de la red troncal.

Esto ha propiciado a establecer programas de construcción de nuevas carreteras troncales y autopistas concesionadas que cuenten con pavimentos de mejor calidad.

En consecuencia, es urgente utilizar cementos asfálticos que resuelvan en forma adecuada las condiciones de tránsito y de intemperismo con que operan las rutas principales en México. Urge mejorar la tecnología de los cementos asfálticos en México, así como sus derivados, como las emulsiones asfálticas y los asfaltos rebajados, sobre todo en lo que se refiere a su diversificación y aplicación en las obras de pavimentación. Se trata, pues, de aprovechar los cementos asfálticos AC-20 y AC-30 que PEMEX ya está elaborando para fines de exportación y los que puede producir, como el AC-10 (prácticamente CA-6), y el AC-5 para las emulsiones.

Este desarrollo implica también el considerar el uso de cementos asfálticos modificados con algún aditivo, como pueden ser los polímeros, el hule molido, la gilsonita, etc., para mejorar propiedades como la resistencia, la susceptibilidad al envejecimiento y la adhesividad.

2.4.1 CONDICIONES ACTUALES.

Anteriormente se tenía únicamente dos refinerías que producían asfaltos en México, que eran las de Salamanca, Gto. y Cd. Madero Tamps, que producían asfalto No. 6 de 85 a 100 mm de penetración, el cual se usaba en toda la República sin tomar en cuenta las condiciones de lugar donde se iba a usar, por otra parte los crudos de dichas refinerías eran de diferentes calidades con contenidos diferentes de asfaltos, resinas, aceites, parafinas etc., dando diferentes viscosidades, durabilidad, punto de reablandamiento, etc



Actualmente se tienen cuatro refinерías en producción de cemento asfáltico con una capacidad superior a los 60 000 barriles diarios y cumpliendo con las normas actuales de ASTM D-3381 que lo clasifica de acuerdo a la viscosidad absoluta a 60 °C.

Los asfaltos que produce PEMEX de acuerdo a sus refinерías son los siguientes:

- 1.- Refinería de Cd. Madero Tamps, con producción de asfaltos AC-20 y AC-30 con los cuales cubre su área de influencia y exporta ambos asfaltos.
- 2.- Refinería de Salamanca Gto, que produce AC-10 equivalente a CA No. 6 para consumo nacional de la zona centro del país.
- 3.- Refinería de Salina Cruz Oax, asfalto AC-20 para consumo del Sudeste del país.
- 4.- Próximamente la refinera de Tula Hgo, que producirá asfalto AC-20 para consumo del centro Norte del país.

Sin embargo se tienen aún problemas en las refinерías (sobre todo la de Salamanca Gto,) con relación a algunos aspectos de homogeneidad, en las pruebas de penetración, ductilidad y punto de reblandecimiento, por lo que Petróleos Mexicanos ha estado por medio del Instituto Mexicano del Petróleo tratando de hacer más homogéneos los crudos, efectuando mezclas con diferentes fuentes de abastecimiento en sus diferentes tipos (pesados y ligeros) así como estudiando la incorporación de aditivo y polímeros primarios para hacerlos más durables y resistentes para las diferentes condiciones climáticas, de carga, y de tránsito de los pavimentos de la República Mexicana.

Adecuación y Mejoramiento

La mala utilización de los asfaltos se debe a las siguientes causas.

- = El uso de un solo asfalto para todos los climas y todas las condiciones de tránsito, carga y velocidad.
- = Siempre se diseñaban pavimentos con el mismo tipo de asfalto porque no existían otros ya que nadie los pedía.



- La falta de normas de calidad que condicione la calidad de un asfalto de acuerdo al comportamiento que deben tener en el campo de utilización.
- La poca o nula relación que existe en la homogeneidad de la química del asfalto respecto al comportamiento del asfalto dentro de la estructura del pavimento.
- Los asfaltos son muy susceptibles a los cambios de temperatura
- El rango de viscoelasticidad de los asfaltos para que tenga buen comportamiento es limitado por lo que en climas extremos (fríos o calientes) se tendría que ampliar el rango de trabajo para permitir que trabaje a altas y bajas temperaturas.

por eso es necesario adecuar el asfalto a una correcta utilización y para eso debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Determinar los rangos de temperatura del pavimento a que va estar sometido tanto en época de calor como en época de invierno.
- Tomar en cuenta la intensidad de lluvias la altitud del lugar, la latitud, los vientos dominantes, así como la humedad ambiente, factores que afecten la durabilidad y el grado de oxidación de los asfaltos.
- Se deben tener en cuenta las condiciones de esfuerzos a que van a estar sometidos, el volumen de tránsito, el tipo de carga y la vida útil esperada.
- El diseño de pavimentos como parte integral del proyecto, deberá contemplar un asfalto idóneo, así como un diseño de la mezcla asfáltica con materiales adecuados y que contemple todas las características de la calidad de los materiales pétreos y del espesor requerido en el proyecto.
- Se deberá tener en cuenta la forma de transporte, en virtud de que el asfalto es muy susceptible de contaminarse con otros productos como son: diesel, combustibles rebajados, etc.

2.4.2 INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE LOS ASFALTOS EN MÉXICO.

Siendo México uno de los principales productores de petróleo y de asfalto en el mundo y seguramente, también, el primero en América Latina, le corresponde el compromiso de mantenerse a la vanguardia en el uso adecuado y eficiente de los asfaltos, además, de impulsar su tecnología en beneficio de las obras de pavimentación que se construyen a todos los niveles, tanto federales, como estatales, municipales y particulares.



Lo anterior hace indispensable contar con una mejor tecnología para los asfaltos y también desde luego, con carpetas asfálticas de más alta calidad, resistencia y duración sobre todo en las rutas principales de nuestro país.

En México se prevé a corto plazo incrementar en la refinación de petróleo crudo la proporción del crudo Maya (35 a 50%), con lo que se obtendrán mayores volúmenes de residuos aptos para producir asfaltos de alta calidad que demanda el mercado nacional e internacional, el asfalto grado viscosidad (AC) será el que prevalecerá a mediano plazo y el asfalto modificado con polímeros ocupará un lugar preponderante en el siglo XXI.

Tomando en cuenta que las reservas más importantes de nuestro país se encuentran en el crudo Maya, se han iniciado estudios tendientes a conocer mejor el asfalto proveniente de este crudo, especialmente en lo que se refiere a su susceptibilidad a la temperatura, medida en términos de pruebas reométricas de las actuales normas SHRP (Programa Estratégico de investigación de Carreteras de E.U.A.). Hasta el momento, según la AMAAC (Asociación Mexicana del Asfalto A.C.) los resultados obtenidos son alentadores, ya que el asfalto Maya de penetración 85/100, ha presentado propiedades favorables de módulo dinámico a temperaturas bajas, medias y altas, lo cual puede constituir en el futuro un superasfalto de tipo multigrado, con ventajas para la construcción de pavimentos asfálticos, y con gran demanda a nivel nacional e internacional.

La disponibilidad en nuestro país comprende sólo el cemento asfáltico AC-20, aunque también se espera contar con los cementos asfálticos AC-10 y AC-5 que son ya indispensables. Así mismo se tienen en la República más de 50 plantas productoras de emulsiones catiónicas, que todavía no encauzan debidamente la buena calidad de sus productos, en virtud de la falta de materias primas apropiadas, especialmente del cemento asfáltico, de procesos adecuados de fabricación y control y finalmente de no disponer de normas actualizadas e idóneas para nuestro medio. Por tal razón resulta urgente contar con emulsiones asfálticas de óptima calidad que aseguren el correcto funcionamiento de los pavimentos en que se emplean, además, porque representan ventajas indiscutibles en los procesos de producción, manejo y aplicación de ellas en las mezclas asfálticas elaboradas en planta, en frío así como también para carpetas asfálticas de riegos superficiales, morteros



asfálticos, riegos de sellado normales o premezclados y riegos de impregnación de bases hidráulicas.

2.4.3 CAMPOS DE APLICACIÓN DEL USO DE LOS ASFALTOS EN LOS CAMINOS.

Actualmente en México se dispone de tres tipos de productos asfálticos:

- a) Cementos Asfálticos
- b) Emulsiones asfálticas
- c) Asfaltos modificados

a) *Cementos asfálticos.*

El procedimiento más conveniente para elaborar estos productos, consiste en utilizar el residuo del fondo de la torre de vacío en el proceso de refinación, como materia prima básica y no de etapas subsecuentes de destilación, ya que de esta manera se pueden obtener residuos adecuados, con los constituyentes naturales idóneos, para producir finalmente cementos asfálticos de buena calidad, después de aplicarle a dicho residuo, ciertos procesos complementarios, mediante el mezclado con otros derivados del petróleo.

Los cementos asfálticos pueden clasificarse tomando como base la penetración o bien, la viscosidad del producto, siendo ésta última la que representa mejor las condiciones reales de trabajo en el pavimento. En el primer caso, se tienen los cementos asfálticos números 3, 6, 7 y 8 que fueron fabricados en un principio en nuestro país, para quedar poco después únicamente la producción del cemento asfáltico número 6 el cual fue utilizado durante más de 40 años para construir las carpetas por el sistema de mezcla en planta, en caliente, de las carreteras más importantes habiendo sido suspendida su producción en el año de 1996. A raíz de lo anterior se comenzaron a elaborar los cementos asfálticos AC-20 y AC-30, base viscosidad, con clasificación de ASTM, tanto para consumo nacional, como para fines de exportación, los cuales es indispensable completar a la brevedad posible, con los tipos AC-10 (antiguo CA-6) y AC-5, siendo este último muy urgente para la fabricación de emulsiones asfálticas.



Los requisitos de calidad y las pruebas de los cementos asfálticos se mencionan en las tablas 1 y 2 ¹

TABLA No. 1

CEMENTOS ASFÁLTICOS CARACTERIZADOS POR PENETRACION

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO			
	No 3	No 6	No 7	No 8
Penetración 100 gr , 5 seg , 25 °C	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furoi, a 135°C. seg . mínimo	60	85	100	120
Viscosidad, 60 °C, poises	300±60	1,000 ± 200	2,000 ± 400	3,000 ± 600
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Ductilidad, 25°C, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en cloroetileno, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, máximo	1.4	1	0.8	0.8
Viscosidad 60 °C, poises, máx	1,000	4,000	8,000	12,000

¹ Ramos Medina, Juan E " Suministro y utilización de Productos Asfálticos", Asociación Mexicana del Asfalto pp 14-15



TABLA No. 2

CEMENTOS ASFALTICOS CARACTERIZADOS POR VISCOSIDAD EN EL PRODUCTO ORIGINAL A 60° c (140 ° F)

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60 °C (140°F), poises	250 ± 50	500 ± 100	1,000 ± 200	2,000 ± 400	3,000 ± 600	4,000 ± 800
Viscosidad, 135°C (275°F), centistokes, mínimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C (77°F), 100 gr, 5 seg., mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland °C (°F), mínimo	163	177	219	232	232	232
Solubilidad en tricloroetileno % mínimo	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00
Punto de reblandecimiento, °C	32-38	37-43	45-52	48-56	50-58	52-60
Pérdida por calentamiento, % máximo	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60°C(140°F), poises máximo	1,000	2,000	4,000	8,000	12,000	16,000
Ductilidad, 25°C (77°F), 5 cm por minuto, cm, mínimo	100	100	75	50	40	25
Penetración retenida, %; mínimo	40	40	50	54	58	62



b) Emulsiones asfálticas.

Las emulsiones asfálticas son dispersiones de diminutos glóbulos de asfalto en agua y se usan para fluidificar el cemento asfáltico y hacer aplicaciones en frío, siendo la fase dispersa o interna el asfalto y la fase continua o externa el agua.

Las emulsiones asfálticas se clasifican en aniónicas y catiónicas, dependiendo de la naturaleza del emulsificante. Las aniónicas, poseen glóbulos de asfalto con carga eléctrica negativa y son afines a materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos. A la inversa, en las catiónicas, los glóbulos de asfalto con carga eléctrica positiva, tienen buena adherencia a los pétreos electronegativos, como los de naturaleza silícea. Sin embargo, en México, sólo se utilizan en las carreteras las emulsiones asfálticas catiónicas, por ser más versátiles en su uso, más efectivas en su comportamiento, de más fácil manejo y aplicación, y sobre todo de menor riesgo en los imprevistos debido a las inclemencias del medio ambiente.

Los requisitos de calidad y las pruebas correspondientes a las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas se proponen en las tablas números 4 y 5² las cuales toman en cuenta el uso del cemento asfáltico AC-5 y AC-10 para la elaboración de estas emulsiones.

² Ramos Medina Juan E., "Suministro y utilización de Productos Asfálticos", Asociación Mexicana del Asfalto, pp 17-18



TABLA No. 3

CEMENTOS ASFALTICOS CARACTERIZADOS POR VISCOSIDAD A 60 °C (140°F)
PRUEBAS EFECTUADAS EN EL RESIDUO DE LA PELICULA DELGADA ROLADA

PRUEBAS EFECTUADAS EN EL RESIDUO DE LA PELICULA DELGADA ROLADA	CARACTERIZADO POR VISCOSIDAD				
	AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viscosidad, 60°C (140°F), poises	1,000 +- 250	2,000 +- 500	4,000 +- 1,000	8,000 +- 2,000	16,000 +- 4,000
Viscosidad, 135 °C (275°F), centiestokes, mínimo	140	200	275	400	550
Penetración, 25°C (77°F), 100 gr, 5 seg, mínimo	65	40	25	20	20
% de la penetración original, 25 °C (77°F), 5 cm por min., cm mínimo	-----	40	45	50	52
Ductilidad, 25 °C (77°F), 5 cm por min., cm mínimo	100	100	75	75	75
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland, °C(°F) min	205 (400)	219(425)	227(440)	232(450)	238(460)
Solubilidad en tricloroetileno, % mínimo	205	219	227	232	238



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

TABLA No. 4
EMULSIONES ASFÁLTICAS ANIONICAS

CARACTERÍSTICAS	GRADO					
	EAR-55	EAR-60	EAM-60	EAM-65	EAL-55	EAL-60
Viscosidad Saybolt-Furo! 25°C, seg	0-50	-	-	-	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furo! 50°C, seg	-	100-400	50-400	50-400	-	-
Contenido de cemento asfáltico, % en peso min.	55	60	60	65	55	60
Asentamiento en 5 días, diferencia en % max.	5	5	5	5	5	5
Retenido en malla no 20 % max	-	-	-	-	-	-
Retenido en malla no 60 pasa no 20, max	0.15	0.28	0.25	0.25	0.25	0.25
Cubrimiento del agregado seco, % min.	-	-	-	-	-	-
Cubrimiento del agregado húmedo % min	-	-	75	75	75	75
Misibilidad con cemento Portland	-	-	-	-	2	2
Carga de partícula	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Punto de ruptura, seg	<100	<100	80-140	80-140	>120	>120
Pruebas al residuo de la destilación	-	-	-	-	-	-
Penetración a 25°C, 100 gr, 5 seg / grados	100-250	-	100-200	80-200	100-200	50-120
Solubilidad en tricloroetileno, % min	97.5	-	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductilidad 25 °C, cm, min	40	-	40	40	40	40
Flotación a 60 °C, seg, min	-	-	1,200	1,200	-	-



TABLA No. 5
PROPUESTA DE ACTUALIZACION DE LA NORMA SCT
EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

CARACTERISTICAS	GRADO									
	ECR-60	ECR-65	ECM-60	ECM-65	ECL-65	ECL-60	ECL-50	ECC-65	ECC-60	
Viscosidad Saybolt-Furol 25°C, seg	0-50	-	-	-	20-100	20-100	20-100	20-100	-	
Viscosidad Saybolt-Furol 50°C, seg	20-100	100-400	50-400	50-400	-	-	-	-	100-400	
Contenido de cemento asfáltico % en peso min	60	65	60	65	55	60	60	55	60	
Asentamiento en 5 días, diferencia en % max	5	5	5	5	5	5	10	5	5	
Retenido en malla no 20, % max.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Pasa malla no 20 y se ret. en malla no 60 % max	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Cubrimiento del agregado seco, % m.r	-	-	90	90	90	90	-	90	90	
Cubrimiento del agregado húmedo % min	-	-	75	75	75	75	-	75	75	
Carga de la partícula	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	
Disolvente en volumen, %, max	-	3	10	12	-	-	12	-	-	
Punto de ruptura, seg	<100	<100	80-140	80-140	>120	>120	>140	>140	>140	
Penetracion a 25°C, 100 gr, 5 seg grados	100-250	80-200	100-250	80-200	80-200	50-120	150-130	100-250	80-200	
Solubilidad en tricloroetileno, % min	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	
Ductilidad, 25 °C, cm, min	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Flotacion a 60 °C, seg, m.r	-	-	1,200	1,200	-	-	1,200	1,400	1,400	



c) *Asfaltos modificados*

La baja durabilidad que han tenido las mezclas asfálticas en los pavimentos de las principales carreteras de nuestro país, motivadas por el alto volumen de tránsito, el aumento de carga aunado a las condiciones climáticas adversas de ciertas regiones ha obligado a impulsar la aplicación de nuevas tecnologías que ya se emplean en otros países, en los que se ha logrado mejorar el comportamiento de estos pavimentos, con incrementos en su vida útil.

Dentro de estas tecnologías de vanguardia se encuentra la de los asfaltos modificados, que ayuda a mejorar sus propiedades físicas, químicas y reológicas mediante la adición de un cemento asfáltico convencional de refinería de productos como los polímeros, asfaltenos naturales, Polietileno, Hule molido de Neumáticos usados, Aceites, Resinas, Gilsonita, y catalizadores, lo que redundará en una mejor adherencia con los materiales pétreos, mayor resistencia al envejecimiento y en general una mejora en las propiedades de los asfaltos.

Las normas que deben cumplir los asfaltos modificados, están referenciadas con los resultados prácticos que se han obtenido al utilizarlos, en la actualidad se realizan investigaciones como las que está llevando a cabo el SHRP (Programa estratégico de Investigación de Carreteras de E.U.A.) y la colaboración de organismos como la ASTM y AASHTO con el fin de que en el futuro se tengan normas formales estandarizadas.

En cuanto a las pruebas de laboratorio, se destacan por su importancia las de viscosidad absoluta, cinemática y Brookfield, punto de reblandecimiento, ductilidad y penetración, ensayos de envejecimiento a corto y largo plazo, de película delgada en forma normal o rotada, tensión directa y pruebas reológicas, con módulo de corte G y ángulo fase (SHRP).

En las tablas no. 6 a 10³ se indican las normas y pruebas de laboratorio que propone la AMAAC (Asociación Mexicana del Asfalto AC) para los asfaltos modificados en forma tentativa tomando en cuenta los estudios efectuados hasta la fecha.

³ Ramos Medina, Juan E., "Suministro y Utilización de Productos Asfálticos", Asociación Mexicana del Asfalto pp 19-23



TABLA No. 6

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO ASFÁLTICO					
	AC-2.5 (No 2)	AC-5 (No 4)	AC-10 (No. 6)	AC-20 (No.7)	AC-30 (No. 7.5)	AC-40 (No 8)
Viscosidad, 60 °C (140°F), poises	250 ± 50	500 ± 100	1 000 ± 200	2,000 ± 400	3,000 ± 600	4,000 ± 800
Viscosidad, 135°C (275°F), centistokes, mínimo	125	175	250	300	350	400
Viscosidad, Saybolt-Furol, 135°C, seg , mínimo	45	70	90	100	130	180
Viscosidad, Brookfield, 135°C poises, mínimo	30	30	30	30	30	30
Penetración, 25°C (77°F), 100 gr, 5 seg , mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland °C (°F), mínimo	163 (325)	177 (350)	219 (425)	232 (450)	232(450)	232 (450)
Solubilidad en tricloroetileno % mínimo	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00
Punto de reblandecimiento, °C	32-38	37-43	45-52	48-56	50-58	52-60
Prueba de película delgada, 50 cm ³ , 5n, 163°C(325°F)						
Pérdida por calentamiento, % máximo		1	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60°C(140°F), poises máximo	1,000	2,000	4,000	8,000	12,000	16,000
Ducilidad, 25°C (77°F), 5 cm por minuto, cm, mínimo	100	100	75	50	40	25
Penetración retenida, %, mínimo	40	40	50	54	58	52
Pruebas SHR ^D (tentativo)	Temperatura de ensaye ° C					
Asfalto original, G°/Sen de.ia, kPa, 10 min	48	52	58	64	64	70
Después de TFO o RTFO G° /sen celta. kPa, 2.2 mínimo	48	52	58	64	64	70
Después del PAV G° sen delta kPa 5,000 máx	16	19	25	25	28	31



TABLA No.7
ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMERO SBS

CARACTERISTICAS	TIPO DE ASFALTO CON MODIFICADOR			
	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30
Penetración 25°C, 100 gr , 5 seg 0.1 mm	75-100	50-75	40-70	30-50
Penetración 4°C, 200 gr 60 seg 0.1 mm	40 min	30 min	25 min	20 min
Punto de reblandecimiento, anillo y esfera °C, mínimo	45	49	54	50
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland °C mín.	225	230	235	240
Solubilidad en tricloroetileno, %, máximo	99	99	99	99
Separación, diferencia anillo y esfera °C, máximo	2.2	2.2	2.2	2.2
Viscosidad, absoluta 60 °C, poises	1,250	2,500	5,000	7,500
Viscosidad Saybolt-Furol, 135° C, seg , máximo	800	800	1,000	1,000
Viscosidad Cinemática, 135°C centistokes máximo	2,000	2,000		
Viscosidad Cinemática, 150°C centistokes máximo			2,000	2,000
Viscosidad Brookfield 135°C Centipoises, máximo	3,000	3,000		
Viscosidad Brookfield 150°C centipoises, máximo			3,000	3,000
PRUEBA DE PELÍCULA DELGADA. (3.2 mm), 163 °C, 5 horas. 53 grs.				
Pérdida por calentamiento, % máximo	1	1	1	1
Penetración, 4°C, 200 gr 50 seg 0.1 mm, mínimo	20	15	13	10
Ductilidad, 4°C, 5 cm por minuto, cms, mínimo	20	20	15	15
Recuperación elástica, 25° C, % mínimo	45	45	50	50
Incremento en tensión directa, % mínimo	60	60	60	60
PRUEBA SHRP (TENTATIVO) TEMPERATURA DE ENSAYE °C				
Asfalto original G° / sen, delta kPa, 1.0 mín.	64	70	76	82
Después de TFOT ó RTFOT G° sen ó kPa, 2.2 mínimo	64	70	76	82
Después del PAV G°Sen delta kPa 5,000 máximo	16	19	22	28



TABLA No. 8
ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMERO SBR

CARACTERISTICAS	TIPO DE ASFALTO CON MODIFICADOR			
	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30
Peneetración 25°C, 100 gr, 5 seg 0.1 mm.	100 mín	80 mín	70 mín	60 mín
Punto de reblandecimiento, anillo y esfera °C, mínimo	40	45	50	55
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland ° C mín	225	230	240	240
Solubilidad en tricloroetileno %, máximo	99	99	99	99
Viscosidad, absoluta 60 °C, poises	800	1,600	2,400	3,200
Viscosidad Saybolt-Furci, 135° C, seg, máximo	800	800	1,000	1,000
Viscosidad Cinemática, 135°C centiestokes máximo	2,000	2,000		
Viscosidad Cinemática, 150°C centiestokes máximo			2,000	2,000
Viscosidad Brookfield 135°C Centipoises, máximo	3,000	3 000		
Viscosidad Brookfield 150°C centipoises, máximo			3 000	3,000
PRUEBA DE PÉLICULA DELGADA, (3.2 mm), 163 °C, 5 horas, 50 grs				
Pérdida por calentamiento, % máximo	1	1	1	1
Ductilidad, 4°C, 5 cm por minuto, cms, mínimo	25	25	15	8
Viscosidad absoluta 60°C, poises, máximo	2,000	4 000	8 000	12,000
Recuperación elástica 25° C, % mínimo	50	50	50	50
Incremento en tensión directa, % mínimo	50	50	50	50
PRUEBA SHRP (TENTATIVO)				
Asfalto original G° / sen, delta kPa 1.0 min	58	64	70	76
Después de TFOT ó RTFOT G° sen a kPa, 2.2 mínimo	58	64	70	76
Después del PAV G° sen delta Kpa, 5,000 máximo	73	16	22	28
Deformación a la rigidez, TP1 "BBR", S, max 300 Mpa valor de m mínimo 0.300 temperatura de ensaye a 60 seg °C	-30	-30	-24	-18
Tipo de asfalto SHRP	PG 58-40	PG-64-40	PG 70-34	PG 76-28



TABLE No.8
ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMERO EVA

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE ASFALTO CON MODIFICADOR			
	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30
Penetración 25°C, 100 gr., 5 seg. 0.1 mm	30-130	30-100	30-80	30-60
Penetración 4°C, 200 gr., 60 seg. 0.1 mm	40 mín	30 mín	20 mín	15 mín
Punto de reblandecimiento, anillo y esfera °C, mínimo	40	45	50	55
Solubilidad en tricloroetileno, %, máximo	99	99	99	99
Separación, diferencia anillo y esfera °C, máximo	4	4	4	4
Viscosidad Saybolt-Furol, 135° C, seg., máximo	700	700	800	800
Viscosidad Cinemática, 135°C centiestokes máximo	1,500	1,500	1,500	1,500
Viscosidad Brookfield 135°C Centipoises, máximo	3,000	3,000	3,000	3,000
PRUEBA DE PELÍCULA DELGADA, (3.2 mm), 163 °C, 5 horas, 50 grs.				
Pérdida por calentamiento, % máximo	1	1	1	1
Penetración 4°C, 200 gr., 60 seg. 0.1 mm, mínimo	20	15	10	8
Penetración retenida, 4°C, %, mínimo	50	50	50	50
Incremento en temperatura anillo y esfera, °C, máximo	5	5	5	5
Incremento en tensión directa, % mínimo	50	50	50	50
PRUEBA SHRP (TEXTATVC)				
Asfalto original G°/sen, delta kPa, 1.0 min	58	64	70	76
Después de TFOT o RTFOT G° sen delta kPa, 2.2 mínimo	58	64	70	76
Después del PAV G° sen delta kPa, 5,000 máximo	13	19	25	31
Deformación a la rigidez, TP1 "BBR", S, max 300 (pa valor de m mínimo 0.300 temperatura de ensaye a 60 seg °C	-30	-24	-18	-12
Tipo de asfalto SHRP	PG 58-40	PG 64-34	PG 70-28	PG 76-22



TABLA No.10

ASFALTOS MODIFICADOS CON HULE DE NEUMATICOS

CARACTERISTICAS	TIPO DE ASFALTO CON MODIFICADOR			
	AC-6	AC-10	AC-20	AC-30
Penetración 25°C, 100 gr. , 5 seg 0 1 mm	30-90	15-35	20-60	15-50
Penetración 4°C, 200 gr , 60 seg. 0 1 mm	20-45	15-35	Oct-30	Oct-25
Punto de reblandecimiento, anillo y esfera °C, mínimo	45	50	55	80
Solubilidad en tricloroetileno, %, máximo	99	99	99	99
Separación, diferencia anillo y esfera °C, máximo				
Resiliencia, 25°C, % mínimo	20	20	20	20
Recuperación elástica, 25°C. % mínimo	50	50	50	50
Viscosidad Brookfield (tipo kaake 177°C poises	17,868	15-60	15-70	20-80
PRUEBA DE PELICULA DELGADA, (0.2 mm), 163 °C, 5 horas, 50 grs.				
Pérdida por calentamiento, % máximo	1	1	1	1
Penetración retenida 4°C, %, mínimo	60	70	75	80
Ductilidad retenida, 4°C, %, mínimo	50	50	50	50
Incremento en tensión directa % mínimo	80	60	60	60
PRUEBA SHRP (TENTATIVO)				
Asfalto original G° / sen, delta kPa, 1.0 min	64	70	76	82
Después de TFOT ó RTFOT, G° sen a kPa, 2.2 mínimo	64	70	76	82
Después del PAV G° sen, delta Kpa, 5,000 máximo	18	22	28	34
Deformación a la rigidez, TP1 "BBR", S, max 300 (kPa valor de m mínimo 0 300 temperatura de ensaye a 60 seg °C	-30	-24	-18	-12
Tipo de asfalto SHRP	PG 64-40	PG 70-34	PG 76-28	PG 82-22



a) Aplicación de los Cementos Asfálticos.

La aplicación de los cementos asfálticos debe hacerse en forma racional, tomando en cuenta básicamente los siguientes factores:

≡ Condiciones climáticas

A este respecto se propone emplear la distribución de zonas de la República incluidas en la fig. No. 2.3, para los cementos asfálticos AC-5, AC-10, AC-20 y AC-30.⁴

≡ Tipo de obra que será ejecutada.

Capas del pavimento que se construyan en carreteras de alta circulación, o bien en autopistas.

b) Aplicación de Emulsiones asfálticas catiónicas.

≡ Para riegos de impregnación emulsiones tipo ECI-50, o a falta de esta la ECC-55

≡ Para carpetas de riegos superficiales emulsiones tipo ECR-60 riegos de selic y riegos de liga ó ECR-65.

≡ Para carpetas de mezcla asfáltica emulsión tipo ECM-60, elaborada en planta, morteros asfálticos ECM-65, ECL-55, ECL-60, y riegos de sello premezclados ECC-55 ó ECC-60, según el caso.

Las emulsiones asfálticas cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 grados centígrados no debe aplicarse, o bien cuando amenace lluvia.

c) Aplicación de Asfaltos modificados.

Se usan en carpetas asfálticas de carreteras o autopistas con gran intensidad de tránsito, alto porcentaje de vehículos pesados y fuerte concentración de cargas por eje. También se utilizan en la construcción de

⁴ Guía General tentativa para el uso de los nuevos asfaltos que produce Pemex, S.C.T., PP 5



tratamientos superficiales tipo "open graded" para aumentar la seguridad contra derrapamientos en carreteras de alta velocidad y zonas lluviosas. Los asfaltos modificados pueden representar la solución a problemas de caminos localizados en regiones con gran escasez de materiales pétreos adecuados para pavimentación o bien condiciones climáticas muy difíciles.

C.1) Abastecimiento

El abastecimiento de los materiales asfálticos comprende los aspectos de suministro por parte del productor, de traslado por parte de la empresa transportista y de recepción por parte de la Dependencia o Empresa que los utilizará.

El productor deberá verificar que el equipo de transporte reúna las características requeridas y cuente con la documentación de embarque necesaria, que la capacidad del auto-tanque esté calibrada y certificada.

El transportista deberá asegurar que los transportes sean los adecuados para el tipo de producto a trasladar y que se encuentren sin residuos de otros productos que puedan contaminar el material asfáltico. También se deberá verificar que el producto asfáltico se transporte manteniéndolo a la temperatura especificada y sin demoras innecesarias.

c.2) Medición y base de pago.

Tanto los cementos asfálticos como las emulsiones asfálticas se miden en los vehículos de transporte de acuerdo con la certificación de los volúmenes que extiende la SECOFI en cada caso, tomando el litro ó m3 como unidad de medición.

El suministro de los cementos asfálticos y emulsiones asfálticas se paga al precio fijado en el contrato ya sea por kg. en el primer caso o bien, por litro, en el segundo. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda a valor de adquisición, transporte y mermas, para los contratos por unidad de obra terminada: cuando se trata de pagos por conceptos aislados, los mencionados precios sólo incluyen la adquisición y las mermas, pagándose por separado el transporte.

DISTRIBUCION DE ZONAS PARA ASFALTOS
SEGUN CLASIFICACION AC "VISCOSIDAD"



Figura 2.3



Figura 2.3

2.5 MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.5.1 DEFINICION

La mezcla asfáltica es un compuesto de dos materiales: el agregado y el asfalto. Hay muchos tipos de agregado y muchos tipos de asfaltos. En consecuencia es posible construir muchos tipos de pavimentos asfálticos. Los tipos más comunes son:

- 1.- Por riegos
- 2.- Mezclas asfálticas en frío
- 3.- Mezclas asfálticas en caliente. (concretos asfálticos)⁵

2.5.2 POR RIEGOS

Consisten en una serie de capas sucesivas de productos asfálticos y pétreos sobre la base impregnada. La forma de construir las carpetas por riegos es la siguiente:

Sobre la base impregnada, se da un primer riego de producto asfáltico que se cubre con un riego de material pétreo grueso, por medio de una compactadora de rodillo liso de 10 ton., se acomoda y se hacen tres cubrimientos de la superficie. En seguida se repite la operación, sólo que el material pétreo debe ser de dimensiones menores que el usado antes, la operación con el material pétreo más fino, es decir se da un riego de asfalto fluidificado se riega el material pétreo y se acomoda con un rodillo liso. Se deja una semana a que fragüe el producto asfáltico, y después de un barrido manual o mecánico se retira el material fino que no este adherido al resto de la estructura. Este tipo de carpeta se denomina de tres riegos, también hay carpetas de uno y dos riegos cuyo procedimiento de construcción es semejante, pero se omite uno o dos de los ciclos anteriormente mencionados.

⁵ Olivera Bustamante, Fernando. "Estructuras de vías Terrestres", pp 187



REPUBLICA NACIONAL
AVANCEMOS
JUNTO

2.5.3. MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO.

Este tipo de mezcla asfáltica surgió de la necesidad de encontrar una solución que no obligue al uso del calentamiento del material pétreo en la construcción de las carpetas. Se ha recurrido a dos procedimientos para abatir la viscosidad del cemento asfáltico

- 1) Agregar un disolvente del asfalto que actúe como vehículo para facilitar su manejo y aplicación al material pétreo.
- 2) Emulsionar el asfalto para que en forma de pequeños glóbulos se mantenga en suspensión en agua y que al contacto con el material pétreo se produzca un rompimiento de la emulsión depositándose el asfalto en forma de película en la superficie del agregado.

2.5.3.1 MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO ELABORADA EN EL LUGAR.

Para la elaboración de la mezcla se utilizan materiales pétreos de granulometría continúa este material se mezcla con rebajado asfáltico FR-3 O Emulsión de fraguado medio.

El procedimiento de construcción para mezclas es el siguiente:
Se elije el banco de material, se atacan los bancos y se les da un tratamiento previo a los pétreos el cual puede ser cribado o triturado, una vez que ha recibido este tratamiento previo el material se transporta a la obra, en donde se acamellonan. Una vez calculada la cantidad de asfalto para regarse en un tramo de longitud el material pétreo se va abriendo con motoconformadora en una parte de la corona; sobre este material, se riega asfalto por medio de una petrolizadora. La motoconformadora abre de nuevo el material y la petrolizadora riega otra parte del asfalto calculado, estas operaciones se vuelven a realizar hasta que se incorpora todo el asfalto necesario. Después de lograr lo anterior sobre la base impregnada y barrida, se da un riego de liga con rebajado asfáltico FR-3 en proporción de 0.7 l/m cuadrado, ya extendida la mezcla se compacta hasta alcanzar un 95% del peso volumétrico de la prueba poner estándar.

2.5.3.2 MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO EN PLANTA MOVIL.

Este tipo de mezclas son elaboradas en instalaciones sencillas, son las llamadas lechadas asfálticas o mortero elástico; como una mezcla compuesta por emulsión asfáltica suficientemente estable, agregando fino bien graduado,



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
Y VIVIENDA

material fino y agua, en proporciones tales que se pueda conseguir una consistencia adecuada para una buena extensión en capa continua y de pequeño espesor.

El mortero asfáltico se elabora en una planta móvil que deberá constar de: Un depósito de capacidad adecuada para los materiales, un mezclador que asegure la correcta incorporación de los materiales entre sí, una barra rociadora de agua para humedecer la superficie por tratar, un distribuidor que asegure el flujo continuo y el extendido uniforme en todo lo ancho de la caja distribuidora y el esparcidor.

Este tipo de carpetas de mezclas presentan sobre las carpetas de riego la ventaja de su mayor impermeabilidad.

2.5.4 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE ELABORADA EN PLANTA FIJA

Son mezclas de materiales pétreos y cemento asfáltico en su elaboración el cemento asfáltico se calienta hasta 140°C y por consiguiente también se calienta el material pétreo a una temperatura de 160°C .

El procedimiento de construcción para este tipo de carpetas es el siguiente:

Se eligen los bancos de material pétreo que serán de roca maciza, basalto, noita, andesitas, calizas o bien, bancos de conglomerados o aglomerados. Se hace la extracción del material y en la planta de mezclado se realiza un primer proporcionamiento aproximado de pétreos en frío, por medio de cargadores frontales, por medio de elevadores el material se lleva al cilindro de calentamiento y de secado, el pétreo se calienta entre 150° y 170°C . Ya con la temperatura necesaria el pétreo se eleva otra vez a la unidad de mezclado y se deposita en la caja mezcladora en donde se ha colocado previamente el cemento asfáltico, se realiza la mezcla hasta completar su homogenización.

Al llegar el equipo de transporte se descarga el contenido en la máquina extendidora (finisher) que, forma una franja de mezcla asfáltica evitando segregaciones de material y dándole una ligera compactación.

Este sistema de construcción es el que da lugar a los pavimentos de mayor calidad. Sin embargo sus operaciones de calentamiento, cribado y cosificación elevan el costo de construcción de la carpeta, solo se justifica la elección de este sistema en el caso de camino de tránsito muy pesado e intenso.

TEMA 3

EL USO DE LOS POLIMEROS Y HULE MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ÁSFALTO.



TEMA 3.- EL USO DE POLIMEROS Y HULE MOLIDO COMO MODIFICADORES DEL ASFALTO

3.1. EL USO DE LOS POLIMEROS

INTRODUCCIÓN.

Por autopistas de altas especificaciones debemos entender aquellas que permitan un tránsito continuo y ágil a un costo razonable. En este sentido la necesidad de una mayor duración con bajos costos de mantenimiento adquiere particular importancia dentro del costo total de las carreteras.

Una alternativa empleada exitosamente desde hace cerca de tres décadas en nuestro vecino país del norte, es la modificación de asfaltos con polímeros. La idea inicial tras la cual se empezaron a hacer las primeras pruebas con estos materiales fue la de impartirle a las mezclas asfálticas propiedades que se asemejaran al comportamiento de los hules, es decir mayor ductilidad, tenacidad y mejor resistencia a variaciones en las condiciones climáticas. De ahí que se hablara de "Anular el Asfalto".

3.1.1 DEFINICIÓN DE POLIMERO.

Un polímero es una sustancia macromoléculas con propiedades viscoelásticas que al ser incorporado al asfalto, dará lugar a interacciones entre las moléculas del polímero y los componentes del asfalto y producirá alteraciones en el sistema coloidal de este último, lo que provocará cambios en las propiedades originales.

3.1.2 TIPOS DE POLIMEROS.

Los polímeros se clasifican en Termoendurecibles y termoplásticos, los termoendurecibles son; las resinas epoxi, poliuretanos y políesteres. Los polímeros termoplásticos a su vez se clasifican en Plastómeros y elastómeros los plastómeros son el polietileno (P.E.), polipropileno (P.P.), E.V.A. (Etileno acetato de vinilo) y el P.V.C. (Policloruro de vinilo), los elastómeros son el S.B.R. (Estireno Butadieno) Hule natural (isopreno), Hules sintéticos neopreno y el S.B.S (Estireno Butadieno Estireno).



S.B.R. Hule sintético del 25% de estireno y 75% de Butadieno. para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico.

Neopreno: Hule sintético, se usa en apoyos de puentes.

E.V.A. (Etileno acetato de vinilo), se deben recircular en almacenamiento para evitar la separación. Se mezcla a 160 °C, en proporción de 33 a 40%.

S.B.S. (Estireno Butadieno Estireno) formado por dos homopolímeros incompatibles, pero forman una red tridimensional que imparte una gran elasticidad al asfalto.

A continuación se enlistan algunos productos utilizados y su nombre comercial así como el tipo de producto.

PRODUCTO	PROVEEDOR	TIPO DE PRODUCTO
Kraton D1111	Shell	SBS (Estireno Butadieno Estireno)
Kraton D1184	Shell	SBS (Estireno Butadieno Estireno)
Europrene 405	Eniquen	SBS (Estireno Butadieno Estireno)
Solprene 411	Negromex	SBS (Estireno Butadieno Estireno)
Elvax 15C	Dupont	SBR (Estireno Butadieno Hule)
Látex 115	Dupont	SBR (Estireno Butadieno Hule)
Solprene 1205	Negromex	SBR (Estireno Butadieno Hule)
Elvaloid	Dupont	SBR (Estireno Butadieno Hule Estireno)



3.1.3 PROPIEDADES MEJORADAS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS.

Las mejoras que se han observado al modificar asfalto con polímeros incluyen las siguientes:

Propiedades mejoradas al incorporar Polímeros al Asfalto.

- Mayor resistencia al rompimiento por fatiga.
- Mayor resistencia a la deformación permanente.
- Menor sensibilidad a cambios de temperatura.
- Mayor resistencia al rompimiento por temperatura.
- Mejor resistencia al impacto
- Menor desprendimiento del agregado.
- Mejor resistencia a la humedad.
- Menor endurecimiento asociado al envejecimiento.

Las propiedades anteriores abarcarían toda la gama de las mismas que pueden ser mejoradas al agregar polímeros, las mejoras específicas dependerán en buena medida también de las propiedades iniciales del asfalto empleado. Un ejemplo de algunas de las propiedades mejoradas se observa en la tabla No. 11. El polímero usado en este caso para realizar la modificación corresponde a látex de neopreno.

Efecto de la modificación de Asfalto con 1.5 % de Neopreno.

PROPIEDAD	ASFALTO SIN MODIFICAR	ASFALTO + NEOPRENO
Ablandamiento (°F)	114	117
Penetración (77°/100g/5")	86	82
Ductilidad (39.2 °F, cm)	10	56
% Recuperación		
30 segundos	5	18
30 minutos	7	25
Dureza (in-lb)	23	68
Tenacidad (in-lb)	4	50

Tabla No. 11



Los polímeros empleados en los últimos años están formados básicamente por 4 diferentes tipos de materiales, todos ellos han mostrado ser adecuados para modificar asfalto aunque su principal mercado lo han constituido otras aplicaciones:

Polímeros tradicionales usados para la modificación de Asfaltos.

POLIMERO

PRINCIPAL APLICACION

Neopreno

Industria de adhesivos,
hules-bandas mangueras.

Hule Estireno-Butadieno (SBR)

Adhesivos, Hules-llantas.

POLIMERO

PRINCIPAL APLICACION

Estireno-Butadieno
Estireno (SBS)

Industria de adhesivos,
Hules.

Elvax* (Copolímero Etileno-
Acetato de Vinilo)

Adhesivos, Plástico en
general.

Al parecer la forma en que el polímero interactúa con el asfalto es formando una red elástica dentro del mismo. Esta estructura elástica es la que modifica las propiedades mecánicas y térmicas del asfalto.

Comparación entre Polímeros Tradicionales.

<u>Polímero</u>	<u>Desempeño</u>	<u>Mezclado</u>	<u>Presentación</u>	<u>Cantidad Requerida</u>	<u>Precio</u>
SBR	Moderado-Buena	Fácil	Látex	1-3%	Moderado
ELVAX*	Moderado-Buena	Fácil	Pellets	2-5%	Moderado
NEOPRENO	Buena-Alto	Fácil	Látex	1-3%	Alto
SBS	Buena-Alto	Difícil	Pellets	3%	Moderado

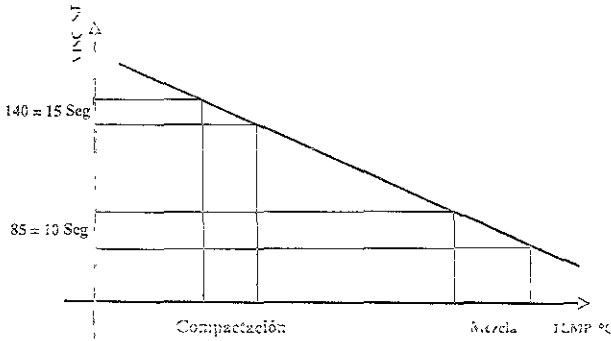


A) SELECCIÓN DE POLÍMERO.

Para seleccionar cualquier polímero se recomienda siempre realizar pruebas a nivel laboratorio antes de hacerlo en campo, esto con el fin no sólo de ver que polímero proporciona las mejores propiedades para el tipo de asfalto y agregado disponible, sino también para determinar el nivel de polímero óptimo a emplear.

En este punto es importante resaltar que para obtener los beneficios asociados a la modificación con polímeros, es necesario que la formulación asfalto-agregado-vacío este correctamente diseñada. Además es importante tener una buena compactación cuando el aglomerante asfáltico es lo suficientemente fluido para actuar como lubricante y es a la vez lo suficientemente fuerte para aguantar un compactador. El límite superior para compactar el asfalto se fija a 140 ± 15 Seg. y el límite inferior se fija a 85 ± 10 Seg. En la figura siguiente se muestra la gráfica de Temperatura vs Viscosidad Óptima para la mezcla y compactación¹. Un nivel de asfalto superior al óptimo no sólo hace más cara la mezcla final, sino que además provoca un pobre desempeño aún con la presencia de alto nivel del polímero.

TEMPERATURAS ADECUADAS PARA MEZCLA Y COMPACTACIÓN



En la tabla No. 12 se presentan los principales parámetros a considerar en la selección del polímero a emplear.

¹ Normas para Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas. Parte 6.01. Pavimentos (II) Tomo 2, pp 102 y 103



Parámetros para la selección del Polímero, puntos a considerar:

Equipo	Equipo requerido para realizar la mezcla como es, tipo y potencia del agitador
Tiempo de mezclado	Tiempo requerido para lograr la completa integración del polímero
Nivel	Cantidad de polímero requerido como porcentaje en peso de asfalto empleado
Otros aditivos	Requerimiento de solventes o aditivos adicionales
Manejo	Facilidad de manejo de la mezcla asfalto-polímero
Estabilidad	Posibilidad de la mezcla a ser almacenada por periodos largos
Presentación del asfalto	Posibilidad de integrarse al tipo de mezcla asfáltica disponible (cemento, emulsión, etc)

Tabla No. 12

Por supuesto la selección final deberá recaer en aquel material que cumpliendo con los estándares técnicos establecidos o buscados, resulte con el menor costo total.

Aún cuando el costo-desempeño de cada polímero varía dependiendo del tipo de asfalto disponible, diseño de la mezcla y nivel de polímero, la tabla de materiales tradicionales intenta presentar un resumen de las características promedio de los materiales tradicionalmente empleados en la modificación de asfalto.

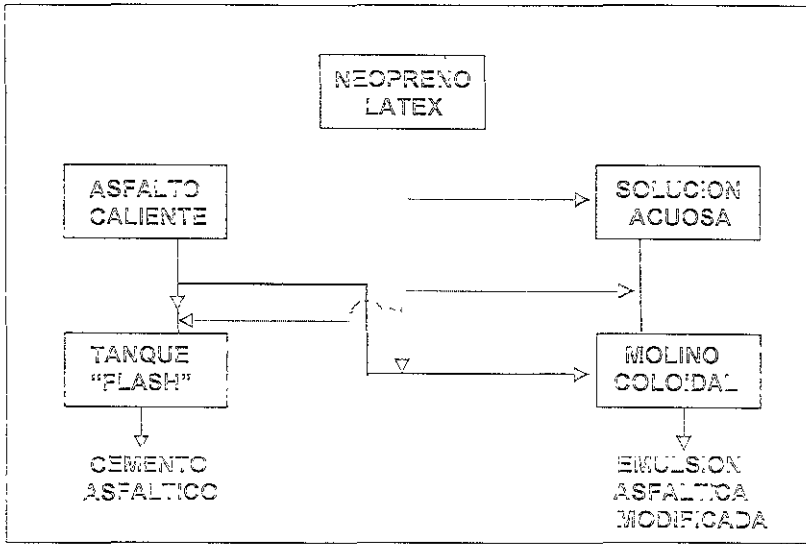
3.1.4 INCORPORACIÓN DE LOS POLÍMEROS AL ASFALTO.

La forma de adicionar e integrar el polímero al asfalto dependerá de la presentación en que se tenga el asfalto, es decir, si se parte de un cemento asfáltico, asfalto rebajado o emulsión asfáltica. Para el caso de modificación de emulsiones asfálticas la alternativa es emplear polímero en forma de látex.

La forma de adicionar el polímero en las emulsiones asfálticas dependerá mucho del tipo de equipo disponible y facilidad de operación de la planta de asfalto. Las alternativas pueden observarse en la figura 3.1:

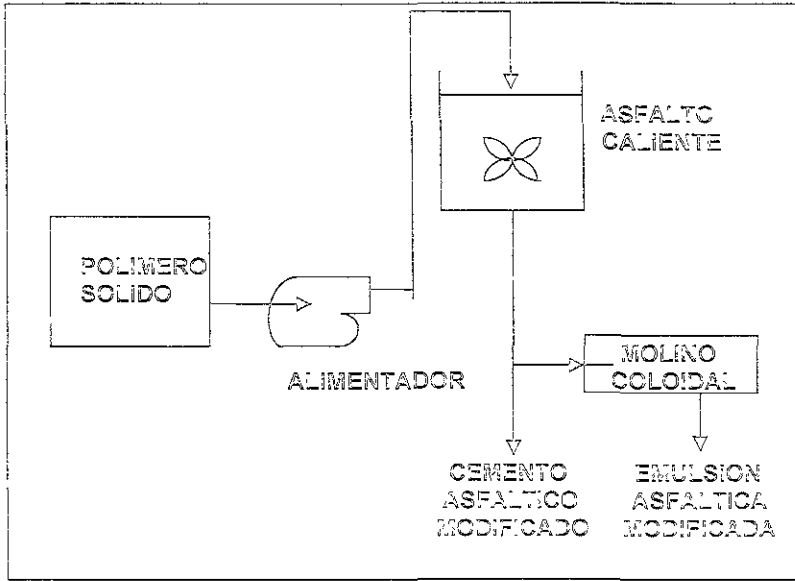


Fig. 3.1. Modificación de Asfalto con Neopreno Látex.



Cuando lo que se emplea es cemento asfáltico, se puede utilizar tanto Neopreno Látex, como polímero en forma de pellets, siendo esta la alternativa más común por la facilidad de manejo del polímero sólido. La figura 3.2 muestra un esquema simplificado del proceso de adición del polímero al cemento asfáltico.

Fig.3. 2 Modificación de Asfalto con Polímero Sólido.



Para obtener una alta calidad del producto, es esencial desarrollar y llevar a cabo un riguroso proceso de mezclado, proceso que incluye mezclado, transferencia y almacenaje.

Básicamente este proceso tiene dos diferentes sistemas, uno de agitado lento y otro de agitado de alta velocidad de corte.

- c) El agitado de baja velocidad, es el sistema más ineficiente para la fabricación de un asfalto modificado con polímeros, ya que solo se logra una mínima modificación y con esto no se alcanza una apropiada dispersión de los polímeros llegando eventualmente a aparecer pequeñas partículas de polímeros en la superficie, debido a la baja densidad de estos. En este proceso la adición cuidadosa de los polímeros es importante para una correcta incorporación molecular; en



general el tiempo de incorporación varía de 4 a 24 horas, dependiendo de su compatibilidad con el asfalto. Con los SB y SBS la temperatura durante el mezclado e incorporación, deberá estar en un rango entre 160 y 190°C, mientras que los de tipo SEBS y EP, pueden soportar temperaturas de 225°C sin tener degradación, dependiendo del asfalto utilizado.

En el mezclado de baja velocidad de corte, se requiere adicionar lentamente el polímero, además en este tipo de molinos es mucho mayor el tiempo de mezclado, respecto a los de alta velocidad.

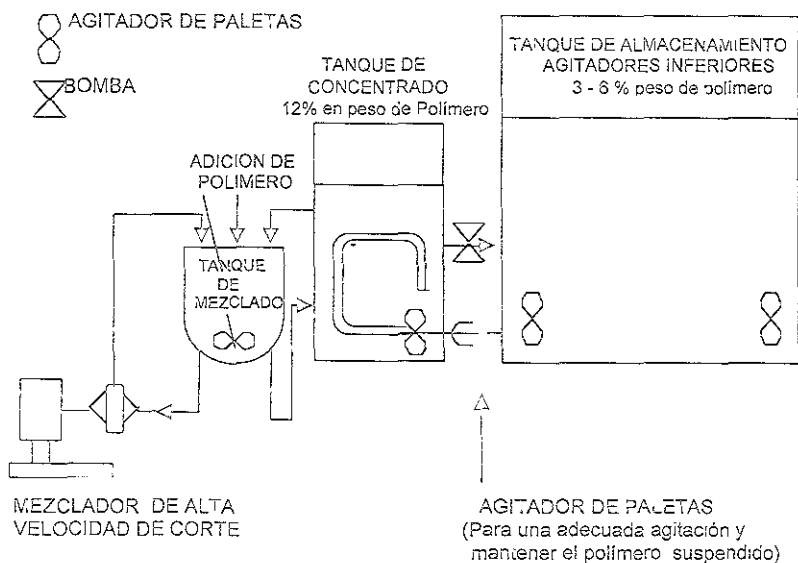
- b) El mezclado con alta velocidad de corte, es probablemente el método más efectivo para fabricar asfalto modificado con polímeros, en virtud de que con este proceso, se produce una rápida dispersión de los polímeros en el asfalto, dependiendo también su eficiencia del grado de compatibilidad de los polímeros y el asfalto

Para obtener una buena dispersión, son suficientes en muchos casos, dos pasadas por el molino de alta velocidad, pero debe efectuarse un mezclado con duración entre 4 y 24 horas, para que las propiedades físicas de la matriz de los polímeros se mantengan estables. La temperatura durante el proceso de mezclado e incorporación, es la misma para los procesos de alta y baja velocidad.

Otra ventaja del molino de alta velocidad de corte, es que no afecta la forma y el tamaño de las partículas de polímero, como en el caso del molino de baja velocidad. Asimismo, se debe controlar la velocidad de adición del polímero para evitar la aglomeración de estos.

En el sistema de alta velocidad de corte, se tienen dos fases en el proceso de mezclado, en la primera es factible preparar una mezcla concentrada de asfalto modificado con 10 a 15% en peso de polímeros, la cual en una segunda etapa se diluye para dar una concentración menor de polímero lo que permite aumentar significativamente la producción, bajar los costos y da la posibilidad de obtener fácilmente diferentes concentraciones. En la figura No. 3.3. se presenta la configuración básica de una planta de alta velocidad de corte.

Figura 3.3 CONFIGURACION BASICA DE LA PLANTA DE ALTA VELOCIDAD DE CORTE.



- c) Almacenar los asfaltos modificados con polímeros es una fase crítica dentro del proceso de fabricación, debido a que la exposición de los polímeros saturados a altas temperaturas, puede causar la degradación del polímero, así como el envejecimiento prematuro del asfalto o la combinación de ambos.

Para los procesos de almacenaje, se recomienda mantener el asfalto en rango de 120 a 138°C, el fuego directo no es recomendable porque puede quemar las partículas del polímero

Otra precaución que se debe tomar para maximizar la estabilidad del asfalto modificado con polímeros, es adicionar algún antioxidante.



La agitación con las propelas de los tanques, tanto durante la producción, como durante el almacenamiento, son suficientes para mantener la homogeneidad del producto, sin necesidad de recircularlo.

El proceso de cambio de almacenamiento o transporte, no requiere de ningún trabajo especial, debido a que el asfalto modificado con polímero es de una estructura molecular única, similar a la de los asfaltos convencionales a temperaturas elevadas.

3.1.5. MEZCLADO DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMEROS Y EL MATERIAL PÉTREO

La incorporación de los asfaltos modificados con polímeros y los materiales pétreos, se efectúa igual que la de los asfaltos convencionales, únicamente se deben tener las siguientes precauciones:

a) El asfalto modificado no se puede dejar almacenado por grandes periodos, siendo convenientes que estos no excedan de 2 semanas; en el caso de que se sobrepase este tiempo, se deberá verificar el producto, para corroborar que no se ha separado el asfalto y el polímero.

b) La temperatura del asfalto almacenado no deberá bajar de los 120 °C.

c) Los asfaltos modificados con polímero son más densos, y tienen una mayor viscosidad, por lo tanto requieren de una mayor energía para ser bombeados e integrar la mezcla, lo que hace necesario que se revise el correcto flujo del asfalto al mezclador, para que la dosificación sea adecuada.

d) No se debe permitir que el asfalto modificado con polímeros se mezcle con otro tipo de asfaltos (normal o modificado con otros productos), en virtud de que se tendría el riesgo de que ocurre la separación del polímero con el asfalto.

e) La temperatura de aplicación del polímero-asfalto, debe ser entre 10 y 20 °C, superior a la del asfalto sin modificar.

A fin de seleccionar adecuadamente el equipo para la producción de la mezcla asfalto-polímero los elementos a considerar son:



Elementos a considerar para la selección del equipo.

- Cantidad de asfalto a modificar por jornada.
- Temperatura requerida para realizar la mezcla.
- Tiempo requerido para el mezclado
- Condiciones de almacenamiento de la mezcla.

3.2 EL USO DE HULE MOLIDO DE LLANTAS.

Actualmente, LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Y CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS han implementado como parte de su programa de modernización de las carreteras que operan, la construcción de carpetas delgadas de graduación abierta OPEN-GRADED, con la incorporación de hule molido de neumáticos en porcentajes que van del 6 al 17% en relación con el peso del cemento asfáltico utilizado para la elaboración de la mezcla.

3.2.1 DEFINICIÓN DEL HULE MOLIDO.

Las llantas de los vehículos al término de su ciclo de vida útil, se convierten en un desecho no biodegradable. La eliminación de llantas de es un serio problema mundial debido a gran número de que anualmente se desechan y su larga vida, las llantas tienen un problema substancial en su manejo como basura.

Un factor de reclamo mundial es la pureza del ambiente. Más de 100 años tirando llantas sin ningún tipo de control es uno de los problemas que están destruyendo los biosistemas en todo el orbe.

Sin embargo actualmente existe una industria naciente en nuestro país que se encarga del reciclado de llantas para la obtención de hule molido, acero y fibras sintéticas. El hule molido se emplea principalmente para asfaltos



mejorados y una variedad de artículos de hule. Se espera que las empresas recicladoras de llantas absorban otro 25%. El crecimiento de las empresas recicladoras ya instaladas en el país y otras que pudieran instalarse dependerá del consumo que haya del hule molido para emplearse en asfaltos mejorados, que sería el principal consumidor del hule molido.

Esta industria ayudaría enormemente a darle un destino final ecológico a las llantas de desecho.

Actualmente en nuestro país, solo se utiliza el asfalto ahulado en tratamientos superficiales de carpetas

Al utilizar asfalto ahulado en un tratamiento superficial se obtiene una superficie duradera a prueba de agrietamientos, permitiendo flexibilidad para adecuarse a los movimientos de la superficie del pavimento existente.

La vida del pavimento se prolonga varias veces al tener menor cantidad de agua que entra a la base, sub-base y subrasante, al proporcionar una membrana a prueba de agua obteniendo una estabilidad máxima de la estructura. También se reduce la oxidación de la superficie existente. Hay una reducción del desmoronamiento alrededor de las grietas y hay un sellado de la superficie existente.

La meta es que se pueda ampliar este campo y usar el asfalto ahulado en la fabricación de carpetas como se hace en otros países.

Al utilizar carpetas con asfalto ahulado, además de obtener un sello a prueba de agua minimizando y retrasando la reflexión de grietas, existe mejor confort en el manejo, extiende la vida del pavimento, mayor resistencia a las deformaciones permanentes y al deslizamiento, y se puede aumentar la resistencia de la carpeta entre otras bondades.

a) Obtención del hule molido

Existen dos principales procesos para la obtención de hule molido el proceso mecánico y el proceso origénico.



1) El proceso mecánico consiste en eliminar los cinturones de acero de las llantas, después la llanta es llevada a un equipo triturador donde se reduce la llanta a tamaños aproximados entre 25 y 40 cm cuadrados. Este producto es llevado a tolvas instaladas en la entrada de los granuladores. El granulador recibe el producto y lo lleva a una serie de molindas por medio de cuchillas que pulverizan en hule. Dentro de estos procesos, existen sistemas magnéticos que separan el acero y metal expulsándolo mediante un tubo vibratorio a los depósitos principales de recolección de acero. El hule pasa a una mesa vibratoria donde está instalado un sistema de vacío que elimina la fibra sintética que tiene la llanta.

Después de este paso, se transporta el hule a unas cribas que permiten seleccionar las medidas deseadas de acuerdo a las necesidades de Granulometría del mercado.

2) La MOLIENDA CRIOGENICA permite obtener un producto estable, de calidad uniforme y controlada, características imposible de conseguir con molienda mecánica.

Esta avanzada tecnología se basa en el aprovechamiento de la capacidad de enfriamiento del nitrógeno líquido (-196°C) para congelar el hule hasta el punto en que se torna quebradizo, se logra una temperatura por debajo de la transición vítrea, con la que se vuelve frágil, llevándose a cabo la pulverización en ausencia de oxígeno, permitiendo de esta manera proteger la superficie envolvente de cada partícula del polvo pulverizado con antioxidantes, antiozonantes, etc., evitando así, la degradación del producto.

3.2.2 PROPIEDADES DEL HULE MOLIDO.

Las propiedades típicas del hule molido son las siguientes:

- Absorción de cargas y esfuerzos.
- Resiliencia.
- Resistencia al torque.
- Aislante térmico y eléctrico.
- Baja permeabilidad.



- Resistencia al Intemperismo y luz solar, cambios bruscos de temperatura, lluvia, etc.
- Resistencia al ozono.
- Resistencia al envejecimiento, viscosidad constante.
- Resistencia al desgarre.
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la humedad.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de la molienda criogénica y la molienda mecánica:

CARACTERÍSTICAS	CRIOGÉNICA	MECÁNICA
Transición	Pulverización de partículas.	Desgarramiento de partículas
Transiciones	Ninguna por ser debajo de su transición vítrea.	Degradación de propiedades por rebasar límite de elasticidad llegando a deformaciones permanentes.
Cargas y esfuerzos	Inalterable	Disminuido al 45%
Resiliencia	Inalterable	Disminuido al 45%
Resistencia al Torque	Inalterable	Disminuido al 45%
Resistente Térmico	Inalterable	Inalterable
Resistente Eléctrico	Inalterable	Inalterable
Permeabilidad	Inalterable	Inalterable
Resistencia Intemperismo	Inalterable	Inalterable
Resistencia al Ozono	Inalterable	Disminuido al 50%
Resistencia Envejecimiento	Inalterable	Disminuido al 50%
Resistencia al Desgarre	Inalterable	Disminuido al 45%
Resistencia a Abrasión	Inalterable	Inalterable
Resistencia Humedad	Inalterable	Disminuido al 50%



3.2.3 INCORPORACIÓN DEL HULE MOLIDO AL ASFALTO.

El equipo necesario para el procedimiento de modificación de asfalto con hule molido es el siguiente:

a) TANQUE DE CALENTAMIENTO DEL ASFALTO:

Un tanque de calentamiento de asfalto con un sistema de transferencia de calor a través de aceite caliente o un sistema de calentamiento con retorno capaz de calentar cemento asfáltico a la temperatura necesaria para mezclarla con el hule granulado.

Esta unidad debe ser capaz de calentar un mínimo de 10 000 litros de cemento asfáltico, a una temperatura de 200°C

b) MEZCLADORA.

La mezcladora mecánica de asfalto añulado debe tener un proceso de mezclado continuo de dos etapas capaz de producir una mezcla homogénea de cemento asfáltico y hule granulado, con las relaciones especificadas en el diseño de la mezcla. Esta unidad debe estar equipada con un sistema de alimentación de hule granulado capaz de alimentar al sistema de alimentación de cemento asfáltico, a manera de no interrumpir la continuidad del proceso de mezclado. La capacidad máxima del tanque de mezclado primario deberá ser de 2 000 litros. Tanto la mezcladora primaria como la secundaria deben estar equipadas con un dispositivo de agitación orientado horizontalmente en el tanque de mezclado. La unidad de mezclado debe ser capaz de mezclar por completo las partículas individuales de hule con el cemento asfáltico. Se requieren bombas separadas de alimentación de cemento asfáltico y de producto terminado. Esta unidad debe tener tanto un medidor totalizador de cemento asfáltico en litros y un medidor de flujo en litros por minuto.



c) **TANQUE DE ALMACENAMIENTO/REACCIÓN.**

Un tanque de almacenamiento/reacción de asfalto ahulado equipado con un sistema de calentamiento debe mantener una temperatura de 155°C a 196°C para la reacción, el bombeado y para la adición del cemento al agregado. El tanque de almacenamiento/reacción debe estar separado de las mezcladoras primaria y secundaria de la unidad mezcladora. La capacidad máxima del tanque de almacenamiento/reacción debe ser de 32 000 litros. Esta unidad debe tener un dispositivo interno de mezclado capaz de mantener una mezcla uniforme de cemento asfáltico y de hule granulado. El dispositivo de mezclado interno debe estar orientado horizontalmente en el tanque.

d) **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.**

Un sistema de alimentación de asfalto ahulado equipado con una bomba y un dispositivo de medición interconectado directamente capaz de dosificar el cementante por volumen al agregado al porcentaje requerido por la fórmula de la mezcla de trabajo.

e) **MEDIDOR DE TEMPERATURA.**

Un termómetro reforzado, del rango adecuado, con lectura de temperaturas, debe estar fijo en la línea de alimentación del asfalto ahulado en la localización adecuada cerca de la unidad de mezclado.

3.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL ASFALTO AHULADO

Algunas de las características que presenta la adición de hule de lianta pulverizada criogénicamente son las siguientes:

1. El polvo de lianta criogénicamente pulverizado conserva sus propiedades físicas originales al agregarlo al asfalto, que comprenden resistencia, elasticidad, absorción de carga, desgaste, abrasión, resistencia a la humedad e intemperismo y ozono, así como aislamiento térmico y eléctrico.



2. Asimismo adiciona la compatibilidad de uso, considerando que sobre la carpeta asfáltica transitarán millones de neumáticos del mismo material, "hule", lo que además provocará una gran reducción en el ruido.
3. Consecuentemente cualquier otro hule no puede otorgar la garantía de uso que obviamente ofrece el hule de llanta tratado bajo la tecnología más moderna y actual, la criogénica. Considerando que el costo de obtención de hule de llanta para su beneficio es verdaderamente bajo, en el caso de que se tuviera que producir un hule similar exclusivamente para ser agregado al asfalto con las mismas propiedades del hule de llanta.
4. El costo-beneficio por el uso de hule de llanta pulverizado criogenicamente, justifica su empleo en carpetas asfálticas, bacheos, etc., que se someten a trabajo rudo, altas velocidades y que se buscan un bajo costo de mantenimiento y largos periodos entre reparaciones y rehabilitaciones.
5. Hule reciclado de llanta, mezclado al asfalto en proporción de 10 a 20%, provoca mayor unión y duración de la molécula del asfalto para calles y carreteras.
6. Ofrecen de 10 a 15 veces mas duración del asfalto con hule que sin él.
7. El uso de hule de llanta no es circunstancial sino que es el único material normalizado en forma oficial por los gobiernos de cada país, debido a que en la formulación de sus componentes se utilizan materias primas de óptima calidad y previamente analizadas y aprobadas para ser sometidas a condiciones de trabajo rudo en la que está en juego la vida del usuario.
8. La desintegración del asfalto por su uso provoca resacamiento de sus componentes, produciendo polvo que está constantemente en la superficie ambiental, aire contaminado que al absorberlo el cuerpo humano motiva infecciones en la vista y problemas respiratorios.



3.2.5. PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO Y REACCIÓN DEL ASFALTO AHULADO.

a) TEMPERATURA DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

La temperatura del cemento asfáltico debe estar entre 177 y 204 °C en el momento de adicionarle el hule molido.

b) Mezclado y Reacción.

El asfalto y el hule granulado deberán ser combinados y mezclados en una unidad de mezclado, bombeado hacia el tanque de reacción y almacenamiento con agitador y luego dejarlo reaccionar por un mínimo de 45 minutos desde que se adiciona el hule granulado al cemento asfáltico. Se deberá mantener la temperatura de la mezcla de asfalto ahulado a no menos de 177 °C durante el período de reacción. Puede permitirse que se enfríe el asfalto ahulado hasta 155 °C después que ha reaccionado durante el período especificado.

c) MEDICIÓN.

Después de que el material ha reaccionado durante por lo menos 45 minutos el asfalto ahulado deberá ser medido al ser enviado a la cámara de mezclado de la planta de producción de concreto asfáltico al porcentaje requerido por la fórmula de la mezcla de trabajo aprobada.

d) ALMACENAMIENTO.

Cuando ocurra una dilatación en el uso del cementante después que ha reaccionado por completo, debe recalentarse el asfalto ahulado lentamente justo antes de usarlo, a una temperatura de entre 155 a 196 °C y debe ser muy bien mezclado antes de medirlo al ser bombeado a la planta caliente para ser combinado con el agregado. El proveedor de asfalto ahulado debe verificar la viscosidad del asfalto ahulado. Si la viscosidad está fuera de rango especificado, debe ser ajustada con la adición de cemento asfáltico o hule granulado para producir un material con la viscosidad apropiada.



3.2.6 MEZCLADO DE ASFALTO AHULADO Y AGREGADO.

Debe hacerse la adición y el mezclado del asfalto ahulado con el agregado con uno de los siguientes tipos de plantas de asfalto de mezclado en caliente:

- a) Planta de mezclado por cargas consistiendo de almacenamiento y alimentación de agregado frío, secador, unidad de control de granulometría, torres de almacenamiento de agregado caliente, tolva de agregado y unidad de mezclado de doble flecha. También, la planta puede estar equipada con torres de almacenamiento o tolvas de la mezcla caliente para almacenar la mezcla por corto tiempo hasta que sea tendida.
- b) Planta de mezclado en tambor secador consistiendo de almacenamiento y alimentación de agregado frío, sistema automático de pesaje, mezclador de tambor secador y torres de almacenamiento o tolvas de mezcla caliente para almacenar por corto tiempo la mezcla hasta que sea tendida (planta de producción continua).

El equipo de mezclado del asfalto ahulado con el agregado debe ser capaz de producir una mezcla de pavimentación que reúna todos los requisitos. Específicamente la planta debe proveer una granulometría apropiada del agregado, contenido apropiado de asfalto ahulado y una temperatura de mezclado apropiada.

- c) El asfalto ahulado debe estar a una temperatura de 155 a 195 °C al ser medida cuando sea bombeada a la planta de mezclado.

El agregado debe ser secado y calentado para suministrar concreto asfáltico inmediatamente después de ser mezclado, teniendo una temperatura que no exceda 166 °C y un contenido de humedad que no exceda de 1.0 % del peso de la mezcla.

La operación de mezclado deberá ser suficiente para alcanzar una mezcla satisfactoria con 100% de partículas recubiertas.



3.2.7 SU USO Y BENEFICIOS.

El asfalto ahulado es una mezcla de cemento asfáltico y hule recuperado de llantas, que ha reaccionado con el cemento asfáltico caliente lo suficiente para lograr una dilatación e integración de las partículas de hule.

El asfalto ahulado se puede aplicar en.²

- a) Riegos de sello.
- b) Membrana intermedia para absorber esfuerzos.
- c) Concreto asfáltico ahulado de graduación abierta.
- d) Concreto asfáltico ahulado de graduación media.
- e) Sistema de tres capas.
- f) Sistema de dos capas.

a) RIEGO DE SELLO.

DESCRIPCIÓN.

Es un tratamiento superficial de asfalto ahulado que se aplica en aspersión sobre las superficies del pavimento a razón de 2.3 a 3.2 $litros/m^2$ y luego se cubre con agregado pétreo limpio de tamaño uniforme de 3/8" y 1/2". Se ajusta el porcentaje de aplicación de asfalto ahulado de acuerdo a las características de la superficie del pavimento existente, se selecciona el tamaño del agregado de acuerdo al espesor de la capa.



PROPÓSITO.

Proporcionar una superficie duradera a prueba del agrietamiento y que se flexione para adecuarse a los movimientos de la superficie del pavimento existente.

² Cano Joe, Seminario de Carpetas drenantes ahuladas, "Sistemas de asfalto ahulado en Rehabilitación de Carreteras".



SIGNIFICADO.

El asfalto ahulado mejora y extiende el nivel de servicio de los pavimentos de concreto asfáltico deteriorados tales como el agrietado tipo cocodrilo y por bloques. La vida del pavimento se prolonga varias veces debido a:

- a) La disminución de la cantidad de agua que entra a la base, subbase y subrasante, ya que proporciona una membrana a prueba de agua, para obtener una estabilidad máxima de la estructura.
- b) La reducción de la oxidación de la superficie existente.
- c) El sellado de la superficie existente.
- d) La reducción del desmoronamiento alrededor de las grietas.
- e) El residuo asfáltico existente de los sellos con asfalto ahulado es 3 veces mayor que los construidos con emulsiones asfálticas.

USOS APROPIADOS.

Hay una variedad de situaciones donde los sellos de asfalto ahulado suministran alternativas altamente ventajosas sobre las estrategias, métodos y/o materiales convencionales existentes. La siguiente lista identifica algunos de los usos apropiados de un sello de asfalto ahulado:

- a) Sobre pavimentos con agrietamientos por fatiga.
- b) Sobre pavimentos con agrietamiento por bloques o por oxidación.
- c) Sobre pavimentos con agrietamientos lineales.
- d) Tratamiento superficial para carreteras de bajo volumen.
- e) Para extender la vida de pavimentos muy trabajados que requieren reconstrucción y para los cuales no hay fondos disponibles.
- f) Tratamiento de mantenimiento preventivo de rutina para extender la vida del pavimento, protegiéndolo de los factores de endurecimiento debido al ambiente.
- g) Para mejorar las características de fricción (resistencia al deslizamiento).

Para construcción nueva o reconstrucción:



- a) Para proteger los pavimentos nuevos o reconstruidos del envejecimiento y de los efectos de la humedad.
- b) Membrana a prueba de agua sobre suelos expansivos
- c) Membrana a prueba de agua para recubrimientos de lagunas, camas de lodos de drenajes, etc.
- d) Para impedir que se desarrolle la reflexión de grietas en las bases estabilizadas.

Deberá notarse que los sellos de asfalto ahulado pueden mejorar el perfil de la superficie de rodamiento existente por que son capas delgadas que siguen el perfil de éste, sin embargo, pueden mejorar la capacidad estructural permitiendo que se estabilice el contenido de humedad de la base, subbase y subrasante, retrasando la entrada de humedad adicional.

b) MEMBRANA INTERMEDIA PARA ABSORBER ESFUERZOS.

DESCRIPCIÓN.

Es un riego de sello con asfalto ahulado construido sobre el pavimento existente y sobre el cual se construyen capas de concreto asfáltico convencional o concreto ahulado.

PROPÓSITO.

Extienden la vida y servicio de sobrecapas retardando significativamente la reflexión de las grietas, también protegen contra el agua el pavimento que está debajo de ella y retrasa significativamente su endurecimiento por envejecimiento.

SIGNIFICADO.

Muchos pavimentos que están necesitando rehabilitación debido al agrietamiento tan extensivo, también requieren mejoras en el confort de manejo y/o en la estructura





También reduce significativamente los esfuerzos de tensión transmitidos a las capas superiores.

Usos APROPIADOS.

Los usos apropiados para las membranas intermedias incluyen a la mayoría de los previamente enlistados para los riegos de sello ahulado.

Pueden usarse en los casos donde es necesario mejorar el confort del manejo o la capacidad estructural construyendo una sobrecarpeta. Una función adicional para lo cual son apropiados es controlar la reflexión de grietas sobre bases tratadas con cemento o estabilizadas con cal.

Debido a que los bajos módulos de las membranas intermedias mejoran significativamente la resistencia a la reflexión de grietas puede reducirse por lo general el espesor de la sobrecarpeta de concreto asfáltico.

El uso de una membrana también reduce los trabajos de preparación de la superficie existente, particularmente el sellado de las grietas requerido antes de colocar la sobrecarpeta. Estos factores reducen el costo de la reparación.

c) CONCRETO ASFÁLTICO AHULADO DE GRADUACION ABIERTA.

DESCRIPCIÓN.

Es un concreto asfáltico convencional de graduación abierta excepto que en vez de utilizar el cemento asfáltico AC-20 se utiliza el asfalto ahulado con un residuo asfáltico mucho mayor que en los concretos asfálticos convencionales.



PROPÓSITO.

Suministrar una superficie de rodamiento más durable a la reflexión de grietas, a la oxidación, al desnudamiento y al desgaste en cadena. Para reducir significativamente los niveles de ruido. Para aumentar la seguridad reduciendo



el salpicado por otros vehículos aumentando la visibilidad y reduciendo el efecto de hidropilano al impedir la acumulación de agua en la superficie de rodamiento. Para aumentar el confort en el manejo y la resistencia al deslizamiento.

SIGNIFICADO.

El uso de asfalto ahulado como cementante para carpetas de fricción de concreto asfáltico de graduación abierta resuelve muchos de los problemas de durabilidad asociados con los cementos asfálticos convencionales de graduación abierta. El uso de asfalto ahulado permite el uso de mayores contenidos de cementante y por lo tanto, de películas más gruesas (debido a la alta viscosidad del asfalto ahulado) sin drenado excesivo.

El resultado de esto es una durabilidad mayor debido a la mayor resistencia a la oxidación del asfalto ahulado y películas más gruesas de cementante. Los antioxidantes y el negro humo del hule de la llanta retrasan el envejecimiento del material de asfalto ahulado.

El asfalto ahulado es más flexible a menores temperaturas y más rígido a temperaturas más altas que el cemento asfáltico base. Estas características, combinadas con el mayor espesor de la película dan por resultado una mezcla que es altamente resistente al agrietamiento reflectivo y térmico. La combinación de un cementante más rígido (a altas temperaturas del pavimento) con los agregados pétreos da por resultado una mezcla que es altamente resistente a las deformaciones permanentes (rodadas).

USOS APROPIADOS.

Las carpetas de graduación abierta propician el drenado relativamente libre. Por lo tanto, si el pavimento propuesto va a tener bordillo y cunetas, el bombeo para el drenaje de la superficie puede ser un factor crítico durante el diseño.

Las carpetas de asfalto ahulado de graduación abierta son altamente resistentes a la reflexión de grietas y a las variaciones térmicas. En climas moderados, se colocan sobrecarpetas de graduación abierta deigadas ($\pm 1''$) directamente sobre pavimentos planos con grietas cercanas y han probado su efectividad en resistir a la reflexión de dichas grietas. El alto contenido de



cementante proporciona una mayor flexibilidad y resiliencia para resistir deformaciones permanentes, así como reducir problemas de envejecimiento y agrietamiento. Debe considerarse en el diseño, una membrana intermedia cuando va a colocarse una sooprecarpeta de graduación abierta sobre pavimentos con susceptibilidad a la humedad.

En áreas con índices altos de accidentes por condiciones climáticas húmedas, los pavimentos de graduación abierta pueden reducir la ocurrencia de accidentes. La naturaleza porosa de tales mezclas impide la acumulación de agua sobre la superficie, reduciendo el chapoteo, el deslumbramiento en las noches y el efecto hidropiano. Así, se mejoran tanto la visibilidad como las características de la fricción

Donde el ruido del tráfico es un problema, carpetas muy delgadas de concretos de asfalto ahulado de graduación abierta disminuyen significativamente el ruido a costos económicos. Pueden alcanzarse fácilmente reducciones del 50 a 70% del ruido.

c) CONCRETO ASFÁLTICO AHULADO DE GRADUACIÓN MEDIA.

DESCRIPCIÓN.

Los agregados pétreos que se utilizan en el concreto asfáltico ahulado de Graduación Media son mucho más limpios, teniendo como objetivo que sólo el 20% pasen la malla N° 8 y un máximo de 7% pasen la malla N° 200. Los límites de granulometría caen a la mitad de los límites respectivos de las granulometrías densa y abierta. Al ser compactado el agregado grueso forma un esqueleto estructural (matriz) con un mínimo de vacíos en el agregado pétreo (VMA) de hasta un 19%, lo que permite alojar una mayor cantidad de cementante de asfalto ahulado en la mezcla. Esta mezcla resultante es muy densa, sella los pavimentos muy agrietados e impide que la humedad penetre a las capas inferiores y la estabilidad de la mezcla proviene de la estructura que forma con los agregados pétreos.





PROPÓSITO.

Suministrar un pavimento de concreto asfáltico más durable y flexible, con mayor resistencia a la reflexión de grietas, de rodieras y a la oxidación. Se obtiene una reducción importante en el ruido que produce el rodamiento del tráfico y proporciona un excelente soporte estructural.

SIGNIFICADO.

El uso del cementante de asfalto ahulado da por resultado un material flexible, el cual puede usarse como una sobrecarpeta para prolongar la vida del pavimento existente, para mejorar el soporte estructural, mejorar el confort en el manejo, la resistencia al deslizamiento y para disminuir el ruido del tráfico.

Estas mezclas demuestran una gran habilidad para acomodarse a las flexiones y suministrar un soporte estructural superior, reduciendo por lo tanto el espesor de la sobrecarpeta requerida al ser comparada con los concretos asfálticos convencionales. El mayor espesor y contenido de cementante reduce los problemas con las fisuras y el desgaste en cadena. Los contenidos de vacíos son generalmente similares a los del concreto de asfalto estándar de grado denso. Estas mezclas son relativamente impermeables, debido a que el contenido de vacíos es limitado.

Usos APROPIADOS.

Las Carpetas de graduación media pueden usarse como sobrecarpetas para aumentar la vida de los pavimentos existentes o como la carpeta superficial de un pavimento nuevo. Como sobrecarpetas estos pavimentos son altamente resistentes a la reflexión de grietas y a las rodieras. Reducen el ruido de las llantas y mejoran el confort de manejo y las características de fricción. Pueden usarse estos concretos para reducir el espesor requerido de los pavimentos. Los concretos tienen altos valores de flujo (deformación) como resultado de las grandes cantidades de cementante de asfalto ahulado. Esto hace la mezcla muy flexible e impide la reflexión de grietas.



e) SISTEMA DE TRES CAPAS.

DESCRIPCIÓN.

Es la construcción de una carpeta de concreto asfáltico convencional o concreto asfáltico ahulado seguido de una membrana intermedia para absorber esfuerzos y sobre esta se construye una sobrecarpeta de concreto asfáltico ahulado de graduación abierta o de concreto asfáltico convencional.



PROPÓSITO.

Proporcionar un medio para restaurar la calidad del manejo y la suavidad de pavimentos deteriorados de concreto asfáltico como una alternativa al fresado y al ranurado, a una sobrecarpeta gruesa o a la reconstrucción.

Para mejorar la capa de concreto asfáltico de los pavimentos fatigados o pavimentos de concreto asfáltico que tienen grietas, fallas o roderas. También para extender la vida del pavimento suministrando una superficie durable sin reconstrucción.

SIGNIFICADO.

Los sistemas de tres capas de asfalto ahulado han proporcionado un medio efectivo de rehabilitar pavimentos de concreto deteriorados a un costo de hasta la mitad del fresado o al ranurado. Las características de absorción de esfuerzos de la capa de asfalto ahulado en forma de sándwich reduce la reflexión de las grietas a través del sistema. Cuando se usa una capa con superficie de concreto de asfalto ahulado en conjunto con una membrana intermedia para absorber esfuerzos, se aumenta aún más la resistencia a la reflexión de grietas junto con una reducción significativa del ruido de las llantas. La reducción del ruido es un beneficio adicional importante, particularmente en áreas urbanas y residenciales.



USOS APROPIADOS.

Puede incluirse en los sistemas de tres capas un cierto número de combinaciones de tipos de asfalto y/o pavimentos de concreto con asfalto ahulado es decir, densos, abierto y medios. La tabla No. 13 presenta las combinaciones primarias recomendadas para consideraciones de diseño.

Para las capas superficiales, se recomienda mucho el concreto de asfalto ahulado para optimizar el comportamiento y vida de servicio del sistema de tres capas, debido a la mayor resistencia al agrietamiento.

Tabla No. 13

CAPA	COMBINACION # 1	COMBINACION # 2	COMBINACION # 3
NIVELADO	CONCRETO DE ASFALTO AHULADO	CONCRETO ASFALTO AGREGADO DENSO	CONCRETO ASFALTO AGREGADO DENSO
MEDIO	MEMBRANA INTERMEDIA	MEMBRANA INTERMEDIA	MEMBRANA INTERMEDIA
SUPERFICIAL	ASFALTO AHULADO GRADUACION ABIERTA	ASFALTO AHULADO GRADUACION ABIERTA	CONCRETO ASFALTO AHULADO

La selección de la graduación del concreto de la superficie depende mucho del tráfico supuesto y de las condiciones del pavimento existente. Ya se han descrito los usos apropiados de los tipos respectivos de concretos de asfalto ahulado. Todos los concretos de asfalto ahulado son altamente resistentes a las deformaciones permanentes (roderas) y reducen el ruido. Los concretos de asfalto ahulado de graduación abierta pueden suministrar un comportamiento superior y mayor seguridad en muchos casos, pero se requiere un drenaje adecuado. Los concretos de graduación media lo son relativamente y pueden suministrar una mayor estabilidad sin sacrificar resistencia en aras de mayor oponencia a la reflexión de grietas y a las variaciones térmicas.

3. SISTEMA DE DOS CAPAS.

DESCRIPCIÓN.

Es la construcción de una membrana intermedia para absorber esfuerzos sobre lo que se construye una sobrecarpea de concreto asfáltico ahulado.





PROPÓSITO.

La membrana intermedia proporciona un sello a prueba de agua, minimizando y retrasando la reflexión de grietas. La sobrecarpeta restaura la manejabilidad, reduce el ruido de las llantas, extiende la vida del pavimento existente y suministra una superficie del pavimento durable.

SIGNIFICADO.

Prolonga la vida de servicio tanto de la estructura del pavimento existente como de la nueva sobrecarpeta. Suministra todos los beneficios previamente descritos de una membrana intermedia para absorber esfuerzos más los de la sobrecarpeta de concreto de asfalto ahulado.

USOS APROPIADOS.

Se recomiendan los concretos de asfalto ahulado de graduación abierta o graduación media como superficies de rodamiento para los sistemas de dos capas de asfalto ahulado.

Se recomiendan los sistemas de dos capas para usarse donde sea necesario poner una sobrecarpeta para aumentar la manejabilidad y donde la resistencia a la reflexión de grietas sea considerada crítica para el comportamiento y una larga vida de servicio.

TEMA 4

NORMAS DE CALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS.



TEMA 4.- NORMAS DE CALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS.

El uso de los nuevos asfaltos producidos por Pemex, así como el uso de modificadores de asfaltos tales como los polímeros y hule molido hacen necesario la implementación de normas o reglas que cumplan con ciertas especificaciones y requerimientos, así como, el ensaye de pruebas de laboratorio que verifican la calidad de la mezcla asfáltica Modificada.

En cuanto a las pruebas de laboratorio se destacan por su importancia las de viscosidad absoluta, cinemática y Brookfield, punto de reblandecimiento, ductilidad, penetración ensayes de envejecimiento a corto y largo plazo de película delgada en forma normal o rolada, tensión directa y pruebas reológicas con módulo de corte G y ángulo fase (SHRP)

4.1. NORMAS DE CALIDAD DE LOS ASFALTOS CON POLIMEROS Y HULE MOLIDO.

Existen cientos de polímeros potenciales los cuales pueden ser utilizados para modificar propiedades de cemento asfáltico, por esta razón se hace un intento por controlar o limitar los diversos tipos de comportamiento de pavimento en cada especificación

A continuación se describe una lista de los parámetros y su forma de controlarlos.

1) *Grieta por baja temperatura/Grieta de fatiga.*

Se controla por penetración o ductilidad a 4°C.

2) *Deformación permanente.*

La unión se efectúa para proporcionar más rigidez y/o aumento de elasticidad a temperaturas elevadas. Esta característica se determina con el ensaye de anillo y bola.



3) *Envejecimiento.*

Las pruebas de película delgada rodada y película delgada son utilizadas para producir uniones viejas. Después de ensayar por cualquiera de estos métodos cada unión tiene una consistencia mínima requerida o bien un componente elástico.

4) *Homogeneidad.*

Asfaltos modificados con polímero son generalmente sistemas de fase múltiple, en los cuales los polímeros son dispersos en la fase de asfalto líquido. Muchos de estos sistemas requieren de cierta cantidad de incompatibilidad entre las fases, sin embargo tanta incompatibilidad no se recomienda. Todos los sistemas tienen requerimientos para evitar separaciones de la mezcla del asfalto con polímero y puede ser determinada por la ductilidad a 40°C después del envejecimiento en el horno de la prueba de película delgada rodada.

5) *Seguridad.*

Aspectos de seguridad para los asfaltos modificados con polímero son dirigidos por mínimos requerimientos en la copa abierta de Cleveland.

6) *Pureza.*

Sirve para asegurar que el asfalto modificado con polímero no este contaminado con refinados o polvo de mineral. Está prueba está recomendada para ciertos tipos de asfaltos modificados que no se disuelven en solventes convencionales actualmente utilizados en la industria de pavimento.

7) *Trabajabilidad.*

Este límite ha sido colocado en la viscosidad de temperatura alta para cada material. Este límite está basado en el bombeo de asfalto y se cree que 2 000 centistokes a 135 °C puede ser manejado con eficiencia.



A continuación se detallan las especificaciones de un documento preliminar realizado recientemente que toma en cuenta las normas de la SCT, ASTM, AASHTO, SHRP así como algunos organismos dedicados a la investigación en el uso de polímeros y hule molido en la construcción de carpetas delgadas de graduación abierta.

4.2. REGLAS O NORMAS PARA CARPETAS DELGADAS DE GRADUACIÓN ABIERTA

4.2.1. DEFINICIONES

CARPETA DELGADA DE GRADUACIÓN ABIERTA.

Es un tratamiento superficial, de 1.5 a 3.0 cm de espesor, que se aplica a los pavimentos para proporcionar una superficie de rodamiento con propiedades drenantes para elevar los niveles de seguridad en condiciones adversas de lluvia, y mejorar la comodidad de los usuarios.

Se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas asfálticas elaboradas en caliente, utilizando agregados de graduación abierta.

a. CARPETA AHULADA DE GRADUACIÓN ABIERTA.

Se construyen utilizando cementos asfálticos modificados con hule molido, recuperado de neumáticos.

b. CARPETA POLIMERIZADA DE GRADUACIÓN ABIERTA.

Se construyen utilizando cementos asfálticos modificados con polímeros

c. CEMENTO ASFÁLTICO.

Es el material utilizado como ligante en las carpetas asfálticas, elaboradas con los residuos de la destilación fraccionada del petróleo crudo y aceites aromáticos.

Petróleos Mexicanos produce tres tipos de Cementos Asfálticos (AC-10, AC-20, AC-30).



d. **CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO.**

Son los cementos asfálticos a los que se incorpora un agente modificador como: hule molido recuperado de neumáticos, polímeros u otras sustancias, mediante procesos especiales de incorporación.

4.2.2. **MATERIALES**

MATERIALES ASFÁLTICOS

En la elaboración de las mezclas asfálticas para las carpetas de graduación abierta y para el riego de liga se emplearan cementos asfálticos del tipo adecuado a la zona climática del país. (ver figura 2.3 capítulo 2).

Estos podrán utilizarse solos o modificados, según lo señale el proyecto.

a. **MATERIALES PÉTREOS.**

Los materiales pétreos deben ser limpios, duros y sanos, de partículas angulosas, obtenidos por un tratamiento de trituración y cribado.

b. **ADITIVOS.**

Cuando se requiera un aditivo será fijado por el proyecto.

c. **AGENTES MODIFICADORES DEL CEMENTO ASFÁLTICO.**

Los agentes modificadores podrán ser: Hule molido recuperado de neumáticos, polímeros, u otras sustancias, o bien combinaciones de los mismos, los cuales se incorporan al cemento asfáltico mediante procesos especiales según lo señale el proyecto.

d.- **REQUISITOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.**

La mezcla Asfáltica es diseñada de acuerdo con los **CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO**, contenidos en el anexo No. 1.



4.2.3. EJECUCION

ASPECTOS GENERALES.

Las carpetas Delgadas de Graduación abierta se construirán en las mejores condiciones climáticas posibles, y de seguridad; no deberá iniciarse la construcción cuando la temperatura ambiente sea menor de 10°C . ni bajo peligro eminente de lluvia; al iniciarse los trabajos de un turno será necesario colocar el señalamiento de seguridad y protección para los usuarios, trabajadores, maquinaria y equipo.

MAQUINARIA Y EQUIPO.

Las unidades de maquinaria y equipo que se empleen deben estar en buenas condiciones. Si durante la construcción presentan deficiencias, el contratista esta obligado, a corregirlas, o retirar las unidades defectuosas remplazándolas por otras.

ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla asfáltica se hará en caliente, en planta estacionaria de alimentación continua o discontinua, a temperaturas de 150°C a 180°C , con la productividad adecuada para los programas diarios de trabajo, equipada con los sistemas de almacenamiento, secado, control de dosificación en peso, tolvas y silos de almacenamiento cuando sea necesario, capaz de garantizar la homogeneidad de la mezcla y un trabajo continuo

INCORPORACIÓN DEL HULE MOLIDO.

En el caso de que se emplee hule molido como agente modificador del cemento asfáltico, la planta de asfalto debe contar con equipo especial para la incorporación del hule molido, consistente en un tanque de calentamiento, un tanque mezclador y un tanque de almacenamiento-reacción, con las siguientes características:

REVISADO POR
SERVICIO DE
CONTROL DE
CALIDAD



TANQUE DE CALENTAMIENTO.

Debe estar formado con material aislante y dotado de un sistema de transferencia de calor a través del aceite o un sistema de calentamiento con retorta. Debe asegurar temperaturas entre los 177°C y 205°C, cuando se vaya a bombear el cemento asfáltico al tanque que lo mezcla con el hule molido. Este tanque debe tener capacidad para calentar un mínimo de 9 000 lts.

TANQUE MEZCLADOR.

Será del tipo mecánico que asegure un proceso de mezclado continuo, capaz de producir una mezcla uniforme y homogénea que cumpla con los indicadores de calidad señalados en la tabla 2 del anexo 3.

El tanque mezclador debe estar provisto de un sistema mecánico para la adición del hule molido, cuya dosificación puede ser por bachas, o continua. Se requiere de un contador de litros, debe tener capacidad para mezclar totalmente las partículas de hule con cemento, la capacidad máxima del tanque debe ser de 2 000 lts.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO-REACCIÓN.

Debe estar dotado de un sistema de calentamiento y agitación que mantenga temperaturas de 150° a 190°C para la reacción y bombeo del asfalto anulado. Debe tener una capacidad máxima de 30 000 lts. y contar con un dispositivo interno de mezclado, capaz de mantener la mezcla homogénea.

DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN.

Estará equipado con una bomba y un dispositivo de medición interconectado que permita la dosificación del cemento asfáltico.

MEDIDOR DE TEMPERATURA.

Se requiere un termómetro reforzado que permita lecturas comprendidas entre los 100°C y 200°C, el cual deberá estar fijo en un tramo recto de alimentación del cemento asfáltico anulado.



PARA EL TENDIDO Y COMPACTACIÓN.

Se empleará una máquina extendedora de capacidad adecuada a los programas de trabajo diario provista con sensores electrónicos para el control de los espesores.

Para la compactación se empleará rodillo liso tipo tandem de 8 a 10 toneladas de peso estático en combinación con un rodillo neumático de nueve ruedas con peso bruto de 12 toneiadas.

MODIFICACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

El proceso será el adecuado para el tipo de agente modificador que se emplee.

ASFALTO AHULADO.

El proceso de modificación del cemento asfáltico con hule molido se hará en el lugar, con equipo especial.

El mezclado y reacción del cemento asfáltico con el hule molido se hará observando lo siguiente:

TEMPERATURA DEL ASFALTO LIGANTE.

Debe estar comprendida entre 177°C y 205°C en el momento de adicionar el hule molido.

MEZCLADO Y REACCIÓN.

El cemento asfáltico empleado como ligante y el hule molido debe combinarse y revolverse en el tanque mezclador durante el tiempo que indiquen las pruebas de laboratorio para que la mezcla cumpla con la viscosidad señalada en la tabla no. 2 del Anexo 3.

A continuación el cemento asfáltico ahulado es bombeado hacia el tanque de Almacenamiento-Reacción, en el cual debe permanecer durante 45 min. Entre 150°C y 190°C .



TRANSFERENCIA.

Después de que los componentes han reaccionado durante 45 minutos el asfalto ahulado debe medirse al ser enviado a la cámara de mezclado de la planta productora de concreto asfáltico. Su temperatura estará entre 150° y 170°C.

RETRASOS.

Cuando ocurran retrasos en la utilización del cemento asfáltico ahulado después de su reacción completa, podrá enfriarse hasta la temperatura ambiente si es necesario. Podrá recalentarse lentamente justo antes de su utilización, a las temperaturas de elaboración de la mezcla asfáltica.

VERIFICACIÓN.

Debe verificarse la viscosidad absoluta del cemento asfáltico ahulado, mediante la prueba para determinar la viscosidad absoluta en campo.

Si la viscosidad está fuera de lo indicado en la tabla 2 del anexo 3 debe ajustarse mediante la adición de cemento asfáltico ligante o hule molido.

CEMENTO ASFÁLTICO POLIMERIZADO.

El proceso de modificación del asfalto natural con polímeros, se revisará previamente.

DOSIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS.

La planta de asfalto debe contar con los dispositivos para que la dosificación de los agregados se haga en forma controlada para obtener la Granulometría fijada en el diseño de la mezcla, dentro de las tolerancias estipuladas en el anexo 1.



ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla asfáltica es elaborada en una planta de asfalto a temperaturas de 150°C a 180°C, con los agregados y el contenido óptimo de asfalto fijados en el diseño aceptando las tolerancias señaladas en el inciso Anexo no. 1.

BARRIDO DE LA SUPERFICIE

La superficie de rodamiento sobre la que se construye la carpeta Delgada de Graduación abierta debe estar limpia, exenta de polvo y humedad, para ello el barrido de la superficie se hará con chiflón de aire.

RIEGO DE LIGA.

Se utiliza un cemento asfáltico, solo o modificado. Es del tipo adecuado a la zona climática en que se encuentre la obra.

La cantidad de cemento asfáltico utilizado, solo o modificado, en el riego de liga se aplicará a 120°C de temperatura mínima, a razón de 0.5 a 1.0 litros por metro cuadrado, o la cantidad que indique el proyecto.

ACARREO DE LA MEZCLA.

Se hará en camiones provistos con protección para cubrir la mezcla a fin de evitar que se contamine con polvo, materias extrañas o humedad.

TENDIDO.

La mezcla asfáltica para ser tendida debe tener una temperatura mínima de 130°C, con el equipo de las características descritas y se hará por bandas abarcando uno o más carriles de circulación, evitando que la junta quede sobre una rodeta, o a medio carril. Las bandas se construirán de la parte baja hacia la parte alta de la sección transversal.

COMPACTACIÓN.

La compactación de la mezcla asfáltica para la carpeta delgada de graduación abierta se inicia con una temperatura mínima de 120°C. Esta se hace



con tres pasadas del rodillo liso vibratorio tipo tandem, con carga estática de 8 a 10 toneladas. Se hace un rodillado final con un compactador neumático de 12 toneladas

Se procede iniciando la compactación de la parte más baja a la parte más alta de la sección transversal.

DESFAZAMIENTO ENTRE TENDIDO Y COMPACTACIÓN.

Las operaciones de tendido y compactación no deben desfazarse para evitar la pérdida de calor y la manejabilidad de la mezcla asfáltica.

APERTURA DE TRÁNSITO.

Las carpetas delgadas de graduación abierta se abrirán al tránsito de vehículos cuando hayan perdido el calor suficiente para que su temperatura sea igual o menor que la temperatura de trabajo esperada en el sitio de la obra.

4.3. VENTAJAS DEL USO DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS Y HULE MOLIDO.

Entre las principales ventajas del uso de polímeros con Asfalto tenemos

- Mejora la resistencia a la fatiga.
- Mejora la resistencia a la deformación permanente
- Excelente desempeño a altas temperaturas
- No se reblandece y a bajas temperaturas no se fractura
- Reduce la formación de roderas
- Reduce los costos de mantenimiento.

Compatibilidad entre el asfalto y los polímeros.

- Los asfaltos más ricos en fracciones aromáticas y resinas serán los más compatibles ya que estas fracciones son los que permiten disolverse al polímero.



- Los asfaltos menos compatibles son aquellos que en su composición son más ricos en Asfaltenos y Saturados. Estas fracciones son de alto peso molecular.
- Los asfaltos se pueden ajustar agregando aceites del tipo Aromático, para enriquecerlo y hacerlo compatible con el polímero.

Las ventajas del uso de Hule molido con asfalto son:

- Absorción de cargas y esfuerzos.
- Funciona como un aislante térmico y eléctrico
- Tiene una mayor resistencia al intemperismo y luz solar, a los cambios bruscos de temperatura, lluvia etc.
- Ofrece una mayor resistencia al envejecimiento, al desgarre y a la humedad.
- Ofrece una mayor resistencia a la Abrasión.

4.4 ESTRATEGIAS DE INSTRUMENTACION EN EL DESARROLLO DE CARRETERAS.

4.4.1 Acciones a Nivel Federal.

En virtud de la difícil situación económica por la que atraviesa el país se ha puesto en marcha un programa especial de conservación de caminos de uso intensivo, las principales estrategias consisten en:

- Conservar y reconstruir las carreteras libres para abatir los costos de transporte, elevar la seguridad y la calidad del servicio, así como prolongar la vida útil de la red carretera
- Modernizar y ampliar la red federal, a fin de extender la cobertura de las carreteras de altas especificaciones, mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos, puertos y fronteras, para propiciar la interconexión eficiente con otros modos de transporte y facilitar la continuidad de la circulación vial a lo largo de la misma.
- Impulsar y apoyar la conservación, reconstrucción y ampliación de los caminos rurales para coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades, facilitar su acceso a los servicios de salud y educación, general empleos e inducir el intercambio de productos y servicios.

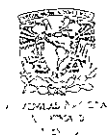


Las estrategias instrumentadas en materia de infraestructura carretera son las siguientes:

- Reforzar los mecanismos de planeación para asegurar un uso eficiente de los recursos, actualizar la tecnología y desarrollar proyectos que cumplan las expectativas de los usuarios.
- Concentrar las acciones de conservación, reconstrucción, modernización y ampliación de carreteras en los tramos que presenten los mayores índices de utilización y en los que se observen condiciones de seguridad menos favorables.
- Dar prioridad a la integración de los 10 principales ejes troncales de la red carretera, ya sea a través de obras concesionadas o mediante la modernización de tramos con recursos fiscales.
- Desarrollar nuevas fórmulas para el financiamiento de la infraestructura carretera, tanto con participación privada como pública.
- Mejorar el aprovechamiento de las autopistas de cuota y ofrecer una más amplia gama de servicios a los usuarios.
- Descentralizar la construcción y conservación de los caminos rurales y de la conservación de las carreteras federales que cumplen una función regional, mediante mecanismos concertados con los gobiernos de las entidades federativas.

4.4.2. Acciones de descentralización.

- Convenir con los gobiernos de los estados y municipios la transferencia de las funciones y responsabilidades, así como de los recursos humanos, materiales y presupuestales que actualmente maneja la SCT para la conservación, y en su caso, construcción de las redes objeto de la descentralización.
- Establecer mecanismos de capacitación, transferencias tecnológicas y apoyo financiero y organizacional, que fortalezca la gestión técnica de la SCT y contribuyan a incrementar la capacidad de los gobiernos locales.
- Procurar la homogenización de las normas y especificaciones técnicas en materia de carreteras.
- Reforzar los programas especiales para la conservación de caminos rurales con uso intensivo de mano de obra local.



Es así como las necesidades de contar con una red de caminos más eficiente y en las mejores condiciones de servicio ha obligado a los órganos correspondientes a la búsqueda de nuevas tecnologías de conservación, mantenimiento y rehabilitación que garanticen tanto técnica como económicamente la viabilidad de las inversiones que se realizan para de esta forma hacer realidad el objetivo del programa de comunicaciones y Transportes.

4.5 ANEXOS

ANEXO 1.

Criterios de diseño de carpetas delgadas de Graduación Abierta.

CEMENTOS ASFÁLTICOS.

Los cementos asfálticos que se empleen deberán seleccionarse para el sitio donde se realiza la obra, de acuerdo a la guía general tentativa para el uso de los nuevos asfaltos que produce Pemex.

ADITIVOS.

Se emplearán aditivos cuando se requiera mejorar las propiedades de afinidad de los materiales pétreos con los cementos asfálticos que se emplee solos o modificados, cuando estos presenten deficiencias, o bien, a propuesta del constructor cuando lo requiera para mejorar sus rendimientos.

AGENTES MODIFICADORES.

Para mejorar las características esfuerzo - deformación y durabilidad de las carpetas delgadas de graduación abierta, se emplearán Hule molido recuperado de neumáticos, polímeros u otras sustancias.

AGREGADOS PÉTREOS.

Los materiales pétreos que se empleen en la construcción de carpetas delgadas de graduación abierta serán limpios, duros, sanos de partículas angulosas, obtenidos por un tratamiento de trituración y cribado, exentos de



partículas deleznales y minerales de arcilla como producto de la intemperización de la roca que proceden.

REQUISITOS DE LAS MATERIALES PÉTREOS.

Los materiales pétreos que se empleen en carpetas delgadas de graduación abierta, deben cumplir los siguientes requisitos:

NATURALEZA.

Serán materiales limpios duros y sanos, provenientes de rocas sanas, obtenidos por un tratamiento de trituración y cribado.

MINEROLOGÍA.

En láminas petrográficas no deben manifestar la presencia de minerales de arcilla o en proceso de intemperización, como expresión de la sanidad del material pétreo

CALIDAD.

Los materiales deberán ser muestreados después de ser producidos en el proceso de trituración y cribado y antes del secado de los materiales en la planta de asfalto.

En esta etapa los materiales deben satisfacer los siguientes requisitos:

- Equivalente de arena:	70% mínimo.
- Contracción lineal	0%
- Límite líquido	25% máximo
- Desgaste de los Angeles	30% máximo
- Absorción	3% máximo
- Envejecimiento en horno, durante 96 horas, a 105 °C	(Nulo)
- Partículas deleznales	0%
- Angulosidad	
Contenido de lascas:	30% máximo
Partículas alargadas:	30% máximo
Caras nuevas:	30% mínimo



Intemperismo acelerado

Cuando los anteriores indicadores arrojen resultados de frontera, o existan dudas acerca de la sanidad de los agregados, se determinará la pérdida por intemperismo acelerado antes y después del secado de los materiales, en la planta de asfalto. Si se dan diferencias significativas, el banco será rechazado.

TAMAÑO MÁXIMO.

El tamaño máximo de los agregados se fijará dependiendo del espesor de proyecto de la carpeta delgada de graduación abierta, de acuerdo con lo siguiente:

ESPESOR	TAMAÑO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS	
	En cm.	En mm. Pulgadas
1.5	6.350	¼"
2.0	9.535	3/8"
2.5	12.700	½"
3.0	15.875	5/8"

GRANULOMETRÍA.

La Granulometría de diseño debe quedar comprendida en la zona granulométrica que corresponde al tamaño máximo de los agregados, conforme a la tabla no. 1 del anexo 3.

REQUISITOS DE LOS AGENTES MODIFICADORES.

HULE MOLIDO.

El hule molido que se emplee será proveniente de la recuperación de neumáticos usados, y tendrá la composición granulométrica que corresponde al porcentaje de hule que se incorpora, según la tabla 1 del anexo 4.



POLÍMEROS.

Cuando se empleen polímeros en las carpetas delgadas de graduación abierta, se fijara en el diseño el producto adecuado de marca registrada que cuente con la certificación correspondiente.

REQUISITOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

La mezcla asfáltica de las carpetas delgada de graduación abierta deben cumplir:

Estabilidad Marshall	200 kg. Mínimo
Flujo Marshall	2 a 4 mm.
Vacios en la mezcla.	14% a 20%
VAM Vacíos en el agregado Mineral	24 % mínimo
Tensión indirecta, a 25°C en kg/cm ²	valor de diseño (más ó Menos 20%)
Deformación a la falla a 25°C	2 % máximo.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

El diseño de las carpetas delgadas de graduación abierta se lleva a cabo mediante un procedimiento de aproximaciones sucesivas, en el que se realizan pruebas de laboratorio en forma estructurada, haciendo variantes de composiciones granulométricas y contenidos de cemento asfáltico, hasta lograr que la mezcla asfáltica cumpla con los requisitos de estabilidad, flujo, vacíos tensión indirecta y deformación a la falla.

El proceso tiene como finalidad determinar la granulometría de los agregados, y el contenido óptimo de cemento asfáltico con lo que se mejoran las propiedades de la mezcla asfáltica.

RECOMENDACIONES.

Cuando se empleen agentes modificadores de los cementos asfálticos, en las carpetas delgadas de graduación abierta, se recomienda tener presente la finalidad con que son aplicados para optimizar en el diseño las propiedades de esfuerzo deformación que se requieren para el buen funcionamiento de esta carpeta.



La experiencia ha demostrado que los mejores resultados se obtienen cuando las proporciones de los agentes modificadores se aplican en los siguientes rangos:

Hule molido:	12 a 24%
Polímeros	2.5 a 3.5%

CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad tiene como finalidad asegurar la calidad de la obra, mediante la vigilancia de procesos, pruebas y ensayos de laboratorio, por lo que se obtienen indicadores de calidad

PRODUCTO ASFÁLTICOS.

Los cementos asfálticos empleados, en la carpeta delgadas de graduación abierta deben ser muestreados y ensayados para verificar que correspondan al tipo fijado en el diseño, y cumplan las especificaciones contenidas en la tabla no. 1 del anexo 3.

Los cementos asfálticos modificados con hule molido y polímeros deberán cumplir las especificaciones señalada en la tabla no 2 del anexo 3.

HULE MOLIDO.

Se verificará que el Hule molido que se emplee para modificar el cemento asfáltico este limpio de impurezas tales como fibras, residuos metálicos, u otras sustancias extrañas, así mismo se verificará que cumpla con los requisitos de granulometría.

POLÍMEROS.

Se verificará que los polímeros que se empleen correspondan al tipo fijado en el proyecto y el producto cuente con la certificación de calidad correspondiente.



INCORPORACIÓN DE AGENTES MODIFICADORES.

La incorporación de los agentes modificadores debe estar sujeta a un estricto control de calidad.

Se aplicará la prueba para determinar la viscosidad absoluta en campo, por el método simplificado.

AGREGADOS PÉTREOS.

Los agregados pétreos deben ser controlados en la etapa de tratamiento de trituración y cribado y se verificara su calidad muestreando los almacenamientos para mantener controlada su calidad.

Se hará el muestreo sistemático en la etapa de dosificación de los agregados antes del secado de los materiales, para verificar que los agregados cumplan los requisitos de calidad.

Se vigilará y controlará que los agregados tengan la composición granulométrica fijada en el diseño de la mezcla asfáltica y que estos no tengan diferencias significativas que repercutan en las propiedades de la mezcla como son: La estabilidad, el flujo, los vacíos, la tensión indirecta y deformación a la falla.

Se considerará que los agregados de la mezcla asfáltica cumplen con la granulometría fijada en el diseño: Cuando satisfacen el tamaño máximo y su composición granulométrica este dentro de las siguientes tolerancias, respecto a la Granulometría fijada en el diseño:

MALLA	TOLERANCIA (en más o en menos)
No. 4	5%
No. 10	4%
No. 40	3%
No. 200	1%



ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

Se obtendrán pastillas Marshall en las plantas de tratamiento y en el lugar de utilización a efecto de verificar que se cumplan los requisitos de estabilidad, flujo y vacíos, tensión indirecta y deformación a la falla, se mantengan sin desviaciones significativas de estos criterios básicos de diseño.

El contenido de cemento asfáltico solo o modificado, en la mezcla deberá ser igual al contenido óptimo fijado en el diseño, aceptando en más o en menos una tolerancia de 0.5%.

La mezcla asfáltica al salir de la planta debe tener una temperatura entre los 150°C y los 180°C.

TENDIDO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.

Se vigilará que la temperatura ambiente sea mayor de 10°C y no exista peligro eminente de lluvia antes de iniciar esta operación. La temperatura de la mezcla deberá ser superior a 135°C.

COMPACTACIÓN

Se vigilará que la mezcla asfáltica se realice con temperatura superior a los 130°C, siguiendo los procedimientos y con el equipo de las características descritas en la cláusula de ejecución de estas normas.

ANEXO 2

TABLA 1.- CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS ASFALTICOS

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO					
	AC - 2.5 (No. 2)	AC - 5 (No. 4)	AC - 10 (No. 6)	AC - 20 (No. 7)	AC 30 (No. 7.5)	AC - 40 (No. 8)
Viscosidad, Absoluta 60°C, poises	250 ± 50	500 ± 100	1,000 ± 200	2,000 ± 400	3,000 ± 600	4,000 ± 800
Viscosidad Cinemática, 135°C, centistokes, mínimo	125	175	250	300	350	400
Viscosidad, Saybolt Furol, 135°C, seg., mínimo	45	70	90	100	130	180
Viscosidad, Brookfield, 135°C, poises, mínimo	30	30	30	30	30	30
Penetración, 25°C, 100 gr., 5 seg.	200 - 250	120 - 125	80 - 100	60 - 70	50 - 60	40 - 50
Punto de inflamación, copa abierta de Cleaveland, °C, mínimo	205	220	232	232	232	238
Solubilidad en tricloroetileno, %, mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Punto de reblandecimiento, Anillo y Bola, °C	32 - 38	37 - 43	45 - 52	48 - 56	50 - 58	52 - 60
PRUEBA DE PELICULA DELGADA, (3.2 mm), 163°C, 5 hr, 50 gr						
Pérdida por calentamiento, %, máximo	1.4	1.2	1.0	0.8	0.5	0.5
Viscosidad Absoluta, 60°C, poises, máximo	1,000	2,000	4,000	8,000	12,000	16,000
Ductilidad, 25°C, 5 cm por minuto, cm, mínimo	100	100	75	50	40	25
Penetración retenida, %	40	40	50	54	58	62
PRUEBAS SHRP (TENTATIVO)						
			TEMPERATURA DE ENSAYE, °C			
Asfalto Original						
G ^o /Sen d, Kpa, 1.0 mínimo	46	52	58	64	64	70
Después de TOFT ó RTFOT						
G ^o /Sen d, Kpa, 2.2 mínimo	46	52	58	64	64	70
Después del PAV						
G ^o /Sen d, Kpa, 5,000 máximo	16	19	25	25	28	31



ANEXO 3

TABLA 1.- ZONAS GRANULOMETRICAS PARA CARPETAS DE GRADUACION ABIERTA

M A L L A	TAMANO MAXIMO					
	1/4"		3/8"		1/2"	
Nº.	DE	A	DE	A	DE	A
5/8"					100	
1/2"			100		90	100
3/8"	100		85	100	70	90
1/4"	70	100	44	75	40	66
Num. 4	30	50	24	48	26	52
Núm 10	6	20	4	16	5	16
Núm 20	2	10	2	10	3	12
Núm 40	0	8	0	8	0	10
Núm 60	0	6	0	6	0	8
Núm 100	0	4	0	4	0	6
Núm 200	0	3	0	3	0	4
Espesor mínimo de la capa, cm	2.0		2.5		3.0	



ANEXO 4

TABLA 1.- TIPO DE HULE MOLIDO PARA EMPLEARSE
COMO MODIFICADOR DE LOS CEMENTOS ASFALTICOS

MALLA No.	HA 20 % QUE PASA LA MALLA	HA 40 % QUE PASA LA MALLA	HA 80 % QUE PASA LA MALLA
10	100		
16	75 - 100		
20	55 - 90	100	
30	25 - 60	75 - 100	100
40	10 - 40	55 - 90	80 - 100
50	0 - 20	25 - 60	80 - 100
100	0 - 10	0 - 30	40 - 70
200	0 - 5	0 - 10	0 - 20
% Mínimo de hule en el asfalto	17	15	12

¹ Primer congreso Nacional del Asfalto, Tomo I pp73

TEMA 5

APLICACIÓN A UN PROYECTO CARRETERO



TEMA 5. APLICACIÓN A UN PROYECTO CARRETERO.

1. GENERALIDADES.

El proyecto consiste en la ampliación a un tercer carril de la Autopista México-Querétaro. La obra se construye básicamente por el corte del cotamiento y terraplén existentes, para su modificación y ampliación procurando la máxima recuperación y reutilización de los materiales que le conforman.

UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO. Se localiza al noroeste de la Ciudad de México y Sudeste de la ciudad de Querétaro, entre las poblaciones de Tepotzotlán, Huehuetoca, Jilotepec, Polotitlán y Tepeji del Río con una longitud de 60.98 km. Se ubica entre los paralelos $19^{\circ} 43'$ y $20^{\circ} 21'$ de latitud norte entre los meridianos $99^{\circ} 12'$ y $100^{\circ} 00'$ longitud oeste.

Tipo de clima: De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por E. García para la república mexicana, la zona presenta el tipo (CW1) que corresponde a un clima templado subhúmedo.

Temperatura promedio: la temperatura promedio anual es de 15°C . manifestando una temperatura mínima de 12°C durante el mes de enero y máxima de 18°C durante el mes de marzo, abril y mayo.

Geología: Los tres tramos que forma la Autopista en estudio se encuentran dentro de la denominada provincia del Eje Neo Volcánico, la cual abarca la mayor parte de los Estados de México e Hidalgo, presentando diversos tipos de estructuras volcánicas como lo son conos sinérgicos, volcanes compuestos caldera, extensos flujos piroclásticos y derrames lávicos basálticos en forma de mesetas y planicies.

El área de estudio corresponde a la subprovincia de llanos y sierras de Querétaro e Hidalgo, que se caracteriza por la presencia de llanos interrumpidos por sierras bajas y dispersas, con topoformas del tipo de lomerío de colinas redondeadas.



Evolución geológica: Durante el cretácico afloran rocas sedimentarias arcillosas de composición carbonatada. Correspondiente al período terciario se presentan rocas ígneas intrusivas siendo estas: Andesita, riolitas y basaltos.

Para el período cuaternario se observa la formación de toba y brecha volcánica. La obra se constituye básicamente por el corte del cuerpo de acotamiento y terraplén existentes, para su modificación y ampliación, ocurriendo la máxima recuperación y reutilización de los materiales que le conforman.

Como etapa inicial se contempla el desmonte del material vegetal existente en el área que será afectada por el proyecto. Para posteriormente llevar a cabo la remoción de la carpeta asfáltica que en promedio se constituye como una franja de 2.50 m de ancho, con una profundidad de 10 cm de la cual se recuperará el material almacenándolo para su futura utilización en este mismo proyecto.

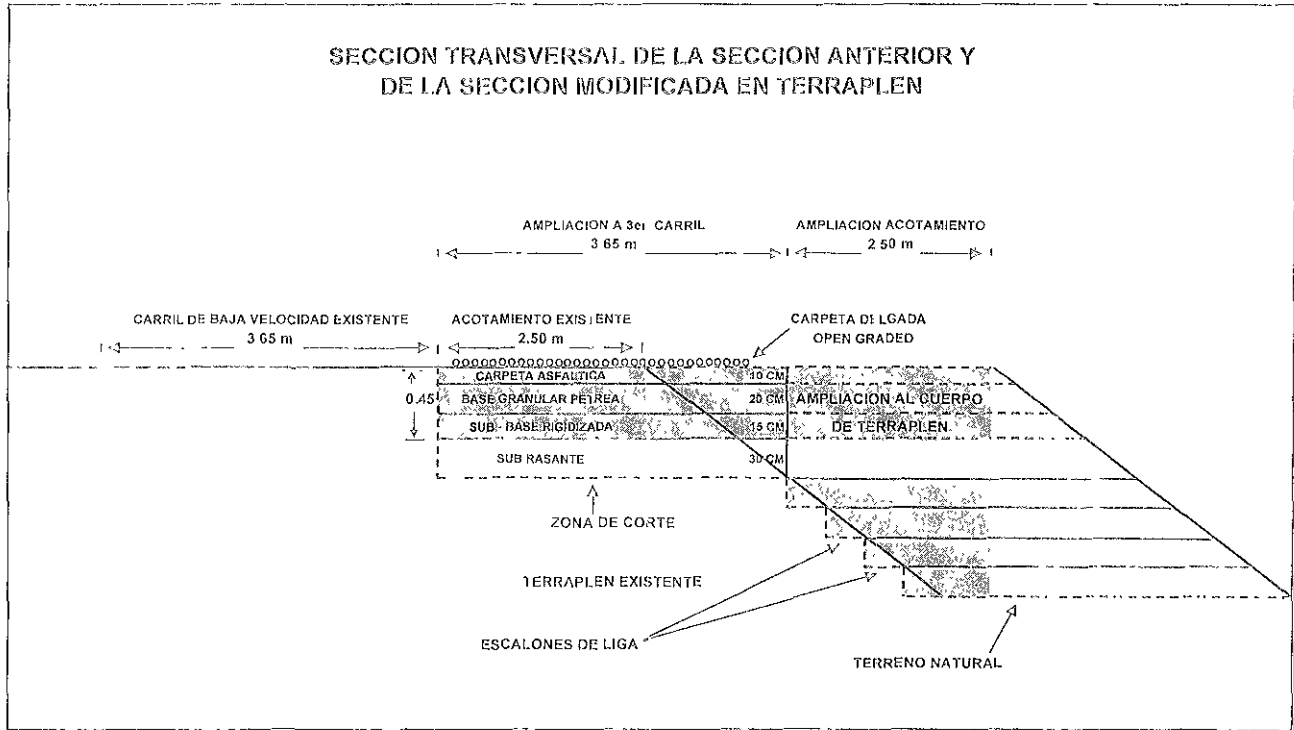
Posteriormente se procederá a excavar hasta llegar a una profundidad de 45 cm en los cuales se alojarán tres cuerpos distintos, la nueva carpeta asfáltica, con una profundidad de 10 cm, la base granular pétreo, con una profundidad de 20 cm y la sub-base rigidizada, con una profundidad de 15 cm.

En el talud existente se repetirá la actividad de corte y relleno, ampliándose hasta conseguir en su base superior una amplitud de 2.50 m, a partir del inicio del nuevo cuerpo que alojará el tercer carril, sumando una superficie superior de 6.15 m (capaz de alojar el tercer carril proyectado y el nuevo acotamiento).

En las zonas donde dada su topografía se realicen los cortes a cerros, este material será utilizado para la expansión del terraplén de las zonas en las cuales se requiera. A continuación se presentan en las figuras 5.1 y 5.2 las secciones transversales del Proyecto

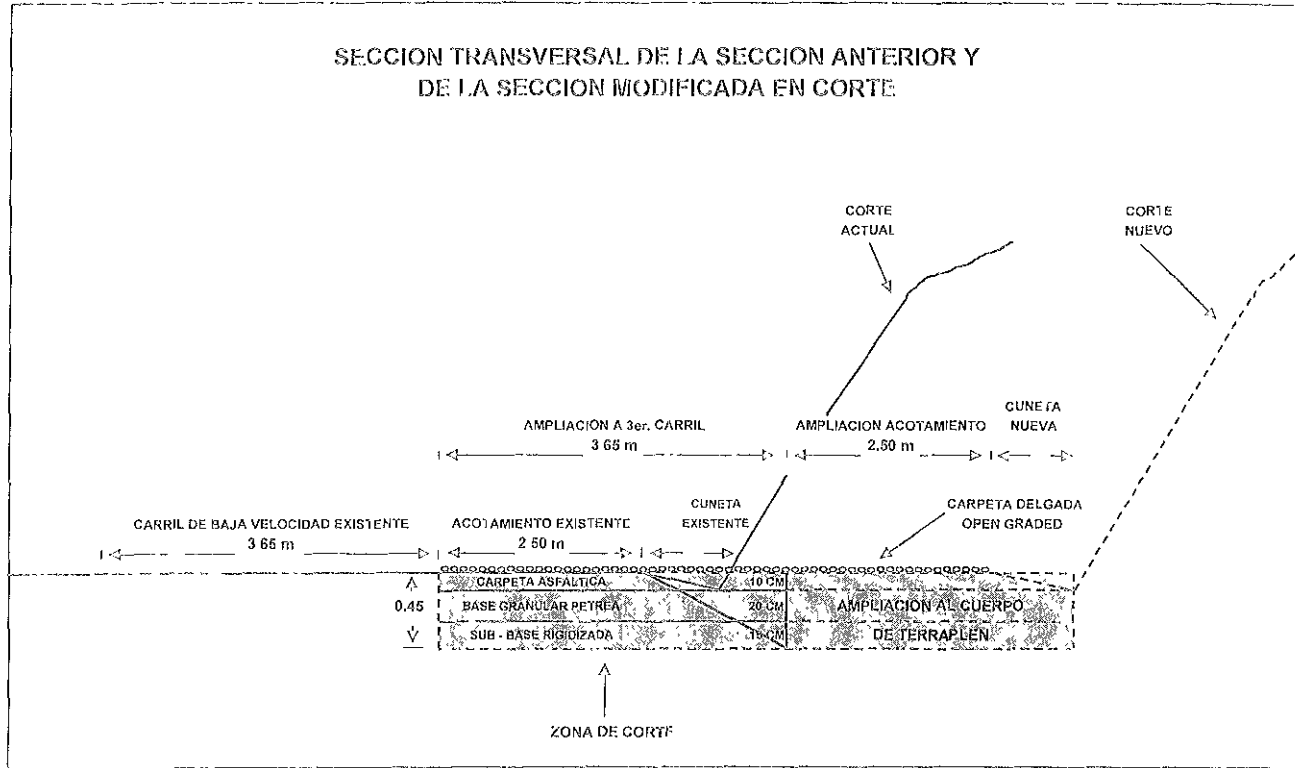


SECCION TRANSVERSAL DE LA SECCION ANTERIOR Y DE LA SECCION MODIFICADA EN TERRAPLEN





SECCION TRANSVERSAL DE LA SECCION ANTERIOR Y DE LA SECCION MODIFICADA EN CORTE





5.2. ESPECIFICACIONES GENERALES Y PARTICULARES DE CONSTRUCCION.

En este capítulo únicamente se hace mención a las especificaciones de construcción más representativas, ya que el hecho de incluir todos los datos y especificaciones del proyecto ejecutivo, significaría desviarse del objetivo principal.

El proyecto de ampliación contempla los espesores de refuerzo y sistemas de trabajo sobre la base de los datos de tránsito, equipo, materiales y necesidades actuales del camino.

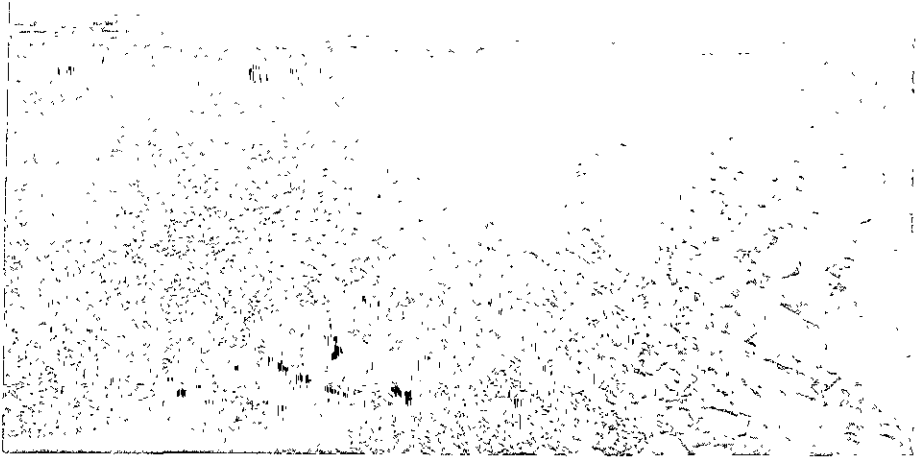
Regirán los siguientes documentos: Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; las normas y procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras (Complemento de especificaciones generales) y el Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Regirán las especificaciones Generales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y las Normas para Construcción e Instalaciones de la misma Secretaría.

5.2.1. SUB-BASE RIGIDIZADA.

Se va a construir con un espesor compacto de 15 cm utilizando material pétreo triturado de banco con tamaño máximo de partículas de 50 mm (2") mezclado con cemento portland en proporción del 6.0% con relación al peso volumétrico seco suelto (PVSS) de los materiales pétreos. La compactación requerida será del 100 % de su PVSM Porter.

Para que el mezclado entre los materiales pétreos y el cemento portland sea homogéneo, se debe usar una planta estabilizadora o trabajarse en sitio con una máquina recuperadora RS-500 o similar. En caso de utilizar planta estabilizadora, el tendido debe ser con máquina terminadora tipo Finisher.



Etapa de sub-base rigidizada

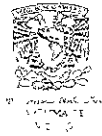
5.2.2. BASE HIDRÁULICA.

Se va a construir con un espesor compacto de 20 cm, utilizando material pétreo sano triturado de banco. EL tamaño máximo de las partículas, será de 8 mm (1 1/2") y la compactación requerida será del 100% de su PVSM.

5.2.3. RIEGO DE IMPREGNACIÓN.

El riego de impregnación se aplicará con emulsión asfáltica de rompimiento lento tipo RL-2K a razón de 1.8L/m² se debe incluir la limpieza inicial con chifón de aire. Se procede al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo el material suelto, polvo y materias extrañas antes de aplicar el riego de impregnación.

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito durante 4 horas siguientes a su terminación, y no debe permitirse el paso de vehículos en este lapso.



5.2.4. RIEGO DE LIGA.

Se debe aplicar con emulsión asfáltica de rompimiento rápido RR-2K a razón de 0.7 l/m² para la carpeta asfáltica y de 0.5 l/m² para la carpeta asfáltica de graduación abierta.

5.2.5. CARPETA.

La carpeta se debe colocar en todo el ancho de la ampliación sobre la superficie de base hidráulica con una pendiente transversal uniforme hasta el hombro. El espesor de la capa compacta sobre la base hidráulica será de 10.0 cm y con tamaño máximo de 19mm (3/4"). Se utilizará para su tendido una extendedora con equipo de sistema electrónico para el control de espesores que garantice una buena distribución y acomodo inicial de la mezcla asfáltica. Se compactará al 95% de su Peso Volumétrico Marshall.

La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniformes. En caso de lluvia, el tendido debe suspenderse inmediatamente.

5.2.6. MEZCLA ASFÁLTICA.

La carpeta se debe construir con mezcla asfáltica elaborada en caliente con planta estacionaria. Se va a utilizar material pétreo triturado a un tamaño máximo de 19 mm, estos materiales además de cumplir ampliamente con las especificaciones que marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, debe tener 90% de material producto de trituración y solo se utilizará hasta un máximo del 10% de arena procedente de banco. Además el material triturado debe de cumplir con la Granulometría que a continuación se define:

MALLA 1/2"	% que pasa 100
MALLA 3/8"	% que pasa 85-100
MALLA No. 4	% que pasa 40-60
MALLA No. 40	% que pasa 10-20
MALLA No. 200	% que pasa 3-7

No se permitirá un contenido de partículas blandas (calcita, lutita, etc.) en un porcentaje mayor del 3%, además del material pétreo proveniente de banco debe de cumplir con los siguientes requisitos:



Desgaste de los Angeles	35% máximo
Equivalente de arena	65% mínimo
Límite líquido	25% máximo
Índice plástico	inapreciable
Contracción lineal	0.5% máximo
Forma de partícula (tajeo y/o Alargamiento)	35% máximo
Partículas trituradas una cara	90% mínimo
Partículas trituradas dos caras	70% mínimo
Adherencia con el asfalto	buena
Absorción	4.0% máximo
Densidad	2.4 mínimo.

Se deba emplear cemento asfáltico tipo AC-20 adicionándole un aditivo del tipo SBS (solprene 411) al 3% con respecto al peso del Cemento Asfáltico y se debe compactar al 95% de su peso volumétrico Marshall. La mezcla debe cumplir los requisitos siguientes conforme al método marshall de pastillas elaboradas con 75 golpes por cara:

Estabilidad (kg)	700 mínimo
Vacios (%)	3-5
Flujo (mm)	2-4
VAM (%)	14 mínimo
Tensión indirecta a 25° (kg/cm ²)	± 20% de diseño
Tensión indirecta a 40°C (kg/cm ²)	± 20% de diseño
Deformación a la falla a 25°C (%)	1.5 máxima
Deformación a la falla a 40°C (%)	1.5 máxima

5.2.7. ADITIVO MODIFICADOR PARA CEMENTO ASFALTICO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE LA CARPETA (PARA LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN).

En la Mezcla asfáltica empleada para la construcción de la carpeta asfáltica se va a utilizar un polímero del tipo SBS al 3% con relación al peso del cemento asfáltico considerando que en la elaboración del asfalto modificado, es necesario el empleo de una planta estacionaria.



ESPECIFICACIONES DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLIMERO SBS.

	MINIMO	MAXIMO
Penetración 25°C 100 gms 5 seg.	50	75
Penetración 5°C 200 g 60 seg	25	50
Viscosidad absoluta 60°C poises	5000	-
Viscosidad Cinemática 135°C centistoxes	-	2000
Viscosidad Brookfield tipo kake 135°C C.P.	-	3000
Pto. Reblandecimiento anillo y bola °C	54	-
Punto de encendido °C	240	-
Solubilidad en tricloroetileno %	99.5	-
Perdida por calentamiento TFOT %	-	1.0
Retención de la penetración 5°C %	75	-
Retención de la ductilidad 4°C %	50	-
Módulo complejo SHRP 70°C		
G*sen delta Kpa(Asfalto original)	1.0	-
G* sen deita Kpa (después de TFOT)	2.2	-
G* sen delta Kpa (después de PAV) 22°C	-	5000
Separación diferencia anillo y bola °C	2.2	
Recuperación elástica 25°C %	45	

5.2.8. CARPETA ASFÁLTICA DELGADA DE GRADUACIÓN ABIERTA (OPEN GRADED)

Se debe fabricar con material pétreo de tamaño máximo de 1/2", cemento asfáltico tipo AC-20 y hule molido de neumáticos usados al 12%.

CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA (OPEN GRADED).

La calidad de la mezcla asfáltica será juzgada conforme al criterio Marshall, debiendo cumplir con los siguientes requisitos.



MATERIAL PÉTRICO.

-Granulometría

MALLA	%QUE PASA
1/2"	100
3/8"	85-100
1/4"	44-75
No. 4	24-48
No. 10	4-16
No. 20	2-10
No. 40	0-8
No. 60	0-6
No. 100	0-4
No. 200	0-3

Desgaste "Los ángeles"	30.0% máximo
Partículas trituradas con una cara	90.0% mínimo
Partículas trituradas con dos caras	70.0% mínimo
Equivalente de arena	70.0% máximo
Límite líquido	25.0% máximo
Densidad	2.2% mínimo
Absorción	5.0% máximo
Contracción lineal	0.0% máximo
Adherencia con el asfalto	Buena
Partículas alargadas	30.0% máximo
Partículas lajeadas	30.0% máximo
Materiales deleznable	0.0% máximo
Índice plástico	Inapreciable

MEZCLA ASFÁLTICA.

Las características físicas elaborando pastillas conforme al procedimiento Marshall con 75 golpes por cara, a una temperatura entre los 100°C y 120°C deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Estabilidad marshall	20% del diseño marshall
Vacios (%)	12-20
VAM(%)	24.0
Flujo (mm)	2-4



Tensión indirecta a 25°C (Kg/cm²) 20% del diseño
Deformación a la falla 25°C (%) 2.0 máx.

5.2.9. HULE MOLIDO DE NEUMÁTICOS USADOS.

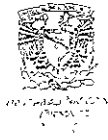
Para la mezcla asfáltica debe adicionarse hule molido, producto de la trituración de llantas, que debe estar libre de partículas metálicas y nylon. Durante el proceso de elaboración o transporte del hule no se deben utilizar aceites que queden impregnados. El hule a su vez deberá tener un proceso de cribado para obtener un tamaño de partículas menores a la malla no. 30 debiendo cumplir con la siguiente graduación:

Graduación de hule	% QUE PASA
MALLA	
30	100
40	80-100
50	60-100
100	40-70
200	0-20

5.2.10 ASFALTO AHULADO.

El porcentaje de hule que se debe adicionar es del 1.2% con relación al peso del cemento asfáltico. El proceso de incorporación del hule al cemento asfáltico se efectuará en el mismo sitio de la planta de asfalto contando con el equipamiento necesario que garantice una buena mezcla y por lo tanto, un asfalto ahulado que cumple con las siguientes características:

Ensaye	Valores
Penetración 25°C, 100g, 5 seg, 1/10 m	25 a 75
Penetración 5°C, 200g, 60seg, 1/10 m	10 a 30
Punto de reblandecimiento °C	55 mínimo
Viscosidad Brookfield tipo Haake C.P	1500 a 6000
Pérdida en peso TFOT	1.0% máximo
Retención de la penetración 5°C (Después TFOT)	75% mínimo
Retención de la ductilidad 4°C min. (Después TFOT)	50% mínimo



Gule molido de neumáticos	
Malla No. 20	17%
Malla No. 80	12%
Recuperación elástica a 25°C	50% mínimo
Resiliencia a 25°C	20% mínimo
Módulo complejo S.H.R.P	
G*sen delta 64°C	1.00 Kpa mínimo
Módulo complejo SHRP (después TFOT)	
G* sen delta 64°C	2.20 Kpa
Módulo complejo SHRP 70°C	
G*sen delta (asfalto original)	1.00 Kpa mínimo
G* sen delta (después TFOT)	2.20 Kpa mínimo
G*sen delta (después de PAV)	5000 Kpa máximo

5.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

5.3.1 TRABAJOS PRELIMINARES.

Se realizará la tala de los árboles, ubicados en la zona de desplante de los nuevos terrapienes por ejecutar; estos serán depositados donde indique el Organismo y posteriormente se efectuará la reforestación correspondiente.

Se efectuará el retiro total del señalamiento existente en la zona de ataque de cada subtramo, se almacenará bajo custodia y responsabilidad del constructor para instalarse posteriormente en el mismo sitio en que se retiró.

Al término del concepto anterior, se procederá al despalme en cortes y en desplante de terrapién en un espesor de 20 cm, el material será depositado lateralmente para ser utilizado en el arrope del talud terminado.

5.3.2 TERRAJERÍAS.

Se conformará la zona de desplante y se compactará el terreno natural al 90% de su PVSM y con Humedad óptima, en un espesor de 20 cm.

La formación del cuerpo de terrapién se construirá en capas no mayores de 30 cm de espesor, con material producto de excavación y de banco, compactadas al 90% de su PVSM y humedad óptima.

La excavación en escalones de liga para la formación del cuerpo de terrapién se construirá en capas de 30 cm de espesor y serán compactadas al

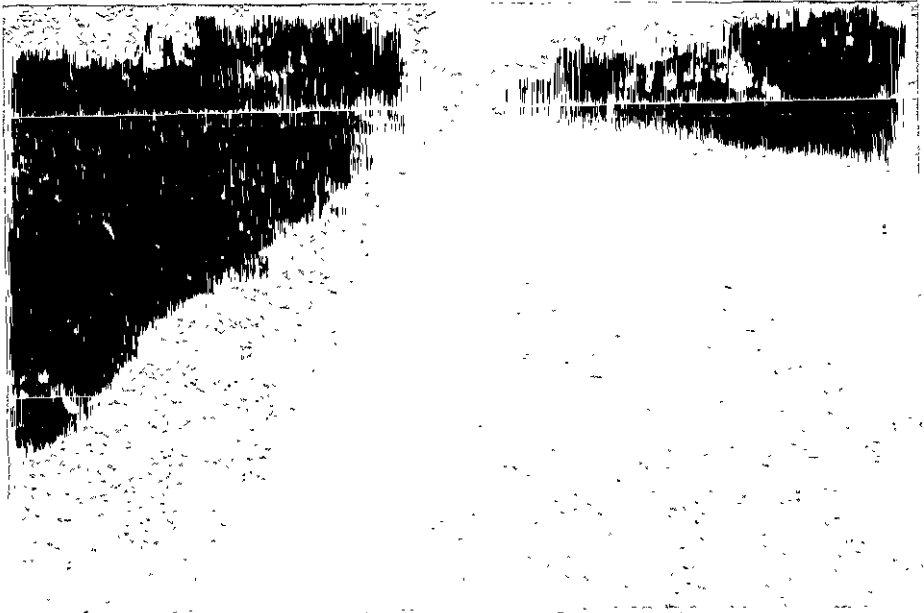


0% de su PVSM y humedad óptima. El ancho del escalón, será tal que permita la operación adecuada del equipo.

5.3.3 CAPA SUB-RASANTE.

Al concluir el proceso de la formación del cuerpo de terracerías, se perfilará el acotamiento de la estructura de pavimento de la sección existente en un ancho de 2.50 m. y un espesor de 45 cm. Para utilizarlo en la formación de la capa subrasante.

El mezclado, formación y compactación de la capa subrasante, se hará con material producto del perfilado de la estructura de pavimento de la sección existente de la zona de acotamiento, con un espesor de 30 cm y al 95% de su PVSM.



Procesamiento de capa Subrasante

5.3.4 PAVIMENTOS.

Se construirá una sub-base estabilizada con las características indicadas en el inciso 5.2.1.

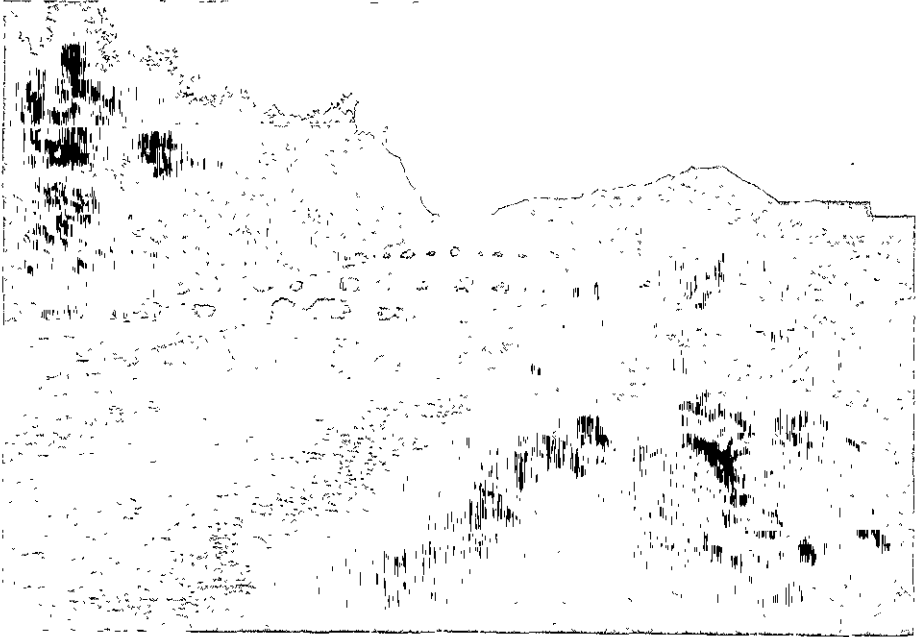


Se efectuará el proceso de mezclado, formación y compactación para la construcción de la capa de base hidráulica empleando material pétreo sano con las características indicadas en el inciso 5.2.2.



Procesamiento del tendido de una capa de base

Después de haber realizado un barrido aceptable de la superficie de la capa de base hidráulica se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento lento (RL-2K); en una proporción de 1.8 l/m^2 .

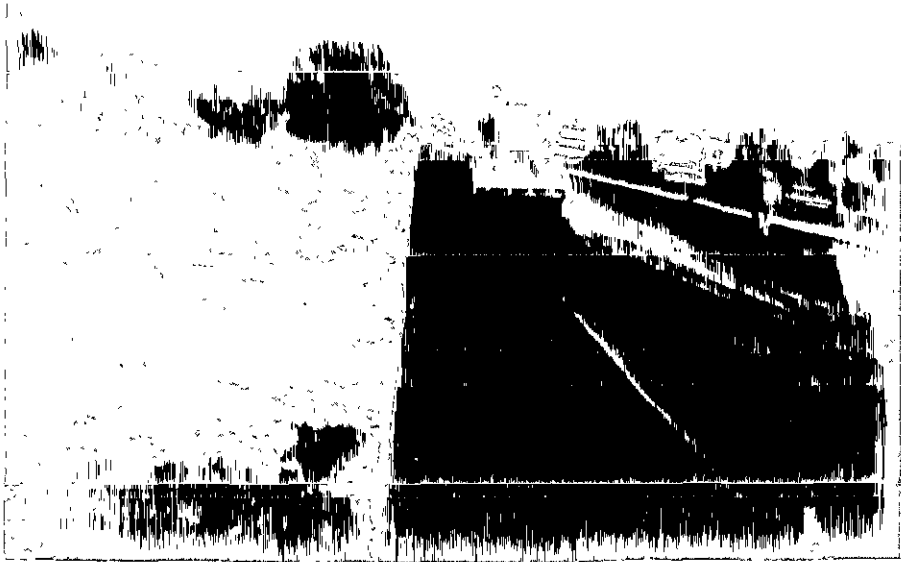


Riego de impregnación

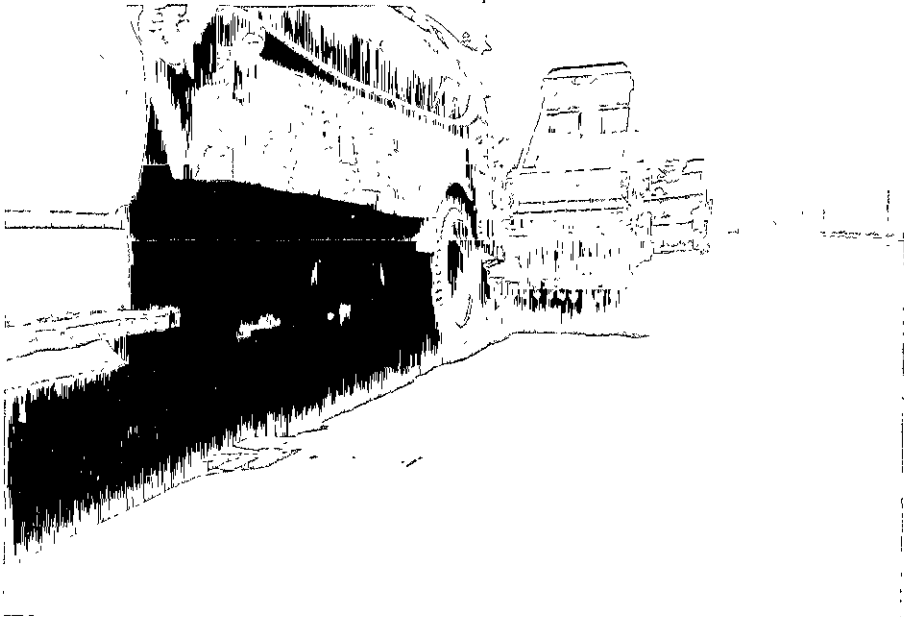
Se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica del tipo rompimiento rápido (RR-2K) a razón de 0.7 l/m² para carpeta asfáltica y 0.5 l/m² para open graded.

Se construirá una carpeta asfáltica con material pétreo de tamaño máximo de 19.0 mm (3/4"), con cemento asfáltico del tipo AC-20 adicionándole un aditivo del tipo SBS (solprene 411) al 3% con respecto al peso del cemento asfáltico y se compactará al 95% de su peso volumétrico Marshall y con un espesor de 10 cm.

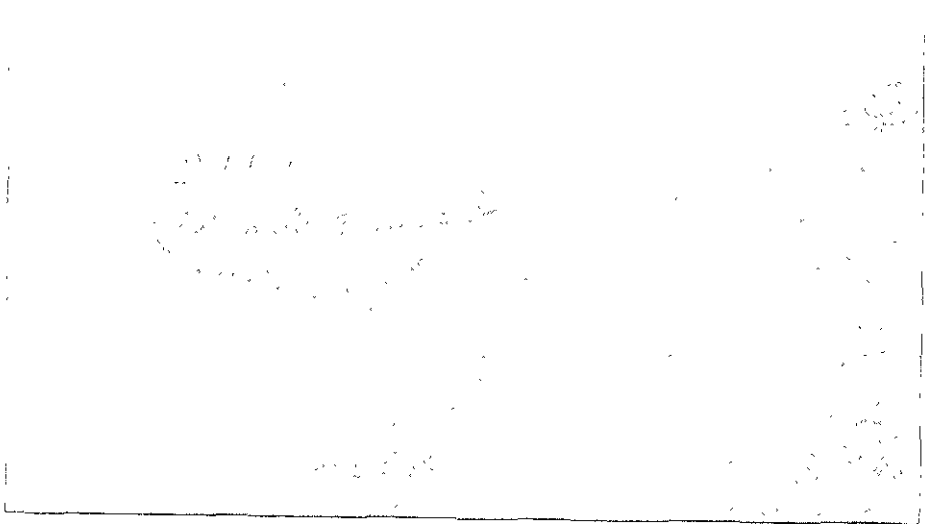
Al concluir los trabajos de construcción de la carpeta asfáltica, se colocará en todo el ancho de la calzada una carpeta delgada de graduación abierta Open Graded elaborada en planta con material pétreo de banco con tamaño máximo de 1/2" y cemento asfáltico del tipo AC-20; adicionándole el 12% de hule molido de neumáticos usados con relación al peso del cemento asfáltico compactada al 95% de su peso volumétrico Marshall y con un espesor de 3.0 cms compactos.



Tendido de carpeta asfáltica



Riego de liga.



Tendido de carpeta asfáltica

3.3.5. OBRAS DE DRENAJE

La excavación, limpieza y prolongación de la construcción de las cantarillas, deberá ir cuando menos quinientos metros (500 m) adelante del avance de las terracerías.

En lo referente a las obras complementarias de drenaje, como son banquetas lavaderos y guarniciones, estas se ejecutarán al término del proceso de las terracerías.

Los materiales empleados y los rangos indicados en la construcción de prolongación de las alcantarillas y las obras complementarias, deberán satisfacer los lineamientos estipulados en las normas SCT.



5.3.6 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS.

Para el suministro de arbustos y plantas ornamentales, se deberán tomar las acciones pertinentes en el proceso de elección y transportación del centro de acopio al lugar de arraigo de acuerdo al tipo de especie.

En relación a la plantación de arbustos y plantas ornamentales, al suministro y colocación de árboles y pasto en taludes y a la construcción de casetas S.O.S., se llevarán a cabo de acuerdo a las especificaciones particulares

5.3.7 SEÑALAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL.

El señalamiento vertical existente deberá ser retirado y almacenado durante el proceso de tala de árboles o despalme, dicho retiro deberá ser congruente con el avance de la obra. El señalamiento faltante se suministrará y colocará.

Las marcas del pavimento y la colocación de indicadores de obstáculos y alineamiento, defensas, vialitas, bollas etc., deberán ejecutarse al término del proceso de colocación de la carpeta delgada de graduación abierta Open Graded y serán en la calzada de cada subtramo.

5.4 PRESUPUESTO DE LOS TRABAJOS.

El Presupuesto de los trabajos, se obtiene a través de las cantidades de obra que fueron obtenidas por medio de la cuantificación geométrica multiplicadas por los precios unitarios por unidad de obra terminada, que previamente fueron estructurados, considerando todos los materiales, mano de obra y equipo, así como todos los elementos que intervienen en la ejecución de los trabajos.



CATALOGO DE CONCEPTOS

Nº	CONCEPTOS DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EN PESOS
PAVIMENTOS					
1 -	Trasado de la carpeta y recuperación de la estructura de pavimento existentes en el acotamiento hasta una profundidad de 45 cm depositando el material sobre el cuerpo de la aplast para formación de la capa subrasante P U O T	5 625 00	m²	47 98	269 775 00
2 -	Formación y compactación de subbase rígida con cemento Portland en proporción del 8% e relación al peso de los agregados puros compactada al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo en un espesor de 15 cm, incluye suministro de materiales y acarrees P U O T	5 050 00	m³	194 81	983 790 50
3 -	Formación y compactación de base hidráulica en un espesor de 30 cm compactada al 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo Incluye materiales y acarrees P U O T	6 450 00	m³	179 26	1 156 227 00
4 -	Riego de Impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento lento a razón de 1 8 lit/m² incluye limpieza suministro, flete y aplicación P U O T	56 700 00	lt	1 73	98 091 00
5 -	Riego de agua con emulsión de rompimiento rápido RR-2K a razón de 0 7 lit/m² incluye limpieza suministro flete y aplicación P U O T	22 050 00	lt	1 91	42 115 50
6 -	Riego de agua con emulsión asfáltica de rompimiento rápido RR-2K a razón de 0 7 Lit/m² para recibir Open Graded incluye limpieza suministro flete y aplicación P U O T	27 575 00	lt	1 91	52 286 25
7 -	Construcción de la carpeta asfáltica elaborada en caliente con material pétreo de tamaño máximo de agregado de 19 mm y cemento asfáltico tipo AC-20 modificado con polímeros tipo SBS Solprene 411 en proporción del 3% con relación al peso del cemento asfáltico en un espesor de 10 cm compactada al 95% de su Peso Volumétrico Marshall, incluye suministro de materiales puros y acarrees P U O T	3 112 50	m²	436 23	1 357 765 88
8 -	Construcción de carpeta asfáltica delgada de gradación abierta (open graded) de 3 cm de espesor elaborada en caliente con material pétreo de tamaño máximo de media pulgada (1 2") y cemento asfáltico tipo AC-20, modificado con hule modificado a razón del 12% en relación al peso del cemento asfáltico compactada al 95% de su Peso Volumétrico Marshall P U O T	1 642 50	m²	492 49	808 898 40
9 -	Aditivo tipo SBS Solprene 411 de negro tipo 3 similar clasificado en el 3% con relación al peso del cemento asfáltico de AC-20 para su empleo en la carpeta asfáltica P U O T	12 605 63	Kg	48 23	607 969 53
10 -	Hilo molido para cemento asfáltico tipo AC 20 modificado en un 3% con relación al peso del cemento asfáltico para emplearse en la carpeta asfáltica delgada de gradación abierta (open graded) P U O T	26 608 50	kg	12 38	329 413 23
11 -	Cemento asfáltico Tipo AC-20 para Open Graded incluye suministro acarreo calentamiento y aplicación P U O T	221 737 50	Kg	1 84	407 997 00
12 -	Cemento asfáltico tipo AC-20 para calentamiento de mezcla asfáltica incluye suministro acarreo calentamiento y aplicación P U O T	420 187 50	kg	1 84	773 145 00
13 -	Cemento Portland para rigidización de la sub-base P U O T	646 400 00	kg	2 22	1 435 008 00
IMPORTE TOTAL					8 322 482 29



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (1) Fresado de carpeta y recuperación de la estructura de pavimento existentes en el acotamiento, hasta una profundidad de 45 cm, depositando el material sobre el cuerpo de terraplén para formación de la capa subrasante, P U O T

UNIDAD: M²

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
SUBTOTAL MATERIALES				
Rendimiento				
MANO DE OBRA				
ayudante general	JOR	0.008	64 00	0.512
cabo	JOR	0 003	114 00	0.342
herramienta	%M.O	0.003	167 22	0.501
SUB TOTAL MANO DE OBRA				1.355
EQUIPO				
perfiladora pavimento Caterpillar PR-750B	HR	0 01428	2,148 52	30.69
SUB TOTAL EQUIPO				30.69
COSTO DIRECTO				32.04
INDIRECTOS				9.61
SUMA				41.65
FINANCIAMIENTO				1.95
SUMA				43.60
UTILIDAD				4.36
SUMA				47.96
PRECIO UNITARIO			\$	47.96



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (2) Formación de la capa de subbase rigidizada con cemento Portland, compactada al 100 % de su P.V.S.M. en un espesor de 20 cm. Incluye suministro de materiales y acarreos P.U.O.T.

UNIDAD M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Adq. de materiales pétreos	M3	1.30	38.40	49.92
Acarreos 1er. Km	M3	1.00	2.59	2.59
Acarreos Km-subsecuentes	KM	46.00	1.14	52.44
Agua para compactación	M3	0.20	22.24	4.44
SUBTOTAL MATERIALES				109.39
MANO DE OBRA				
Ayudante general	JOR	0.00542	194.40	0.346
Cabo	JOR	0.00271	57.00	0.308
SUB TOTAL MANO DE OBRA				0.654
EQUIPO				
Motoconformadora 120 B	HR	0.04336	281.48	12.20
Compactador vibratorio CC43	HR	0.04336	181.74	7.88
SUB TOTAL EQUIPO				20.08
COSTO DIRECTO				130.12
INDIRECTOS				30.00%
SUMA				169.15
FINANCIAMIENTO				4.70%
SUMA				177.10
UTILIDAD				10.00%
SUMA				184.81
PRECIO UNITARIO				\$ 184.81



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: Formación y compactación de la capa de base hidráulica compactada al 100% de su P V S M. en un espesor de 20 cm, incluye suministro de materiales y acarreos De barcos

UNIDAD M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Materiales pétreos, incluye	M3	1.30	38.40	49.92
Acarreos 1er Km	M3	1.00	2.59	2.59
Acarreos Km-subsecuentes	KM	46.00	1.14	52.44
Agua para compactación	M3	0.20	22.24	4.44
SUBTOTAL MATERIALES				109.39
MANO DE OBRA				
Ayudante general	JOR	0.00271	64.00	0.17
Cabo	JOR	0.00136	114.00	0.15
SUB TOTAL MANO DE OBRA				0.32
EQUIPO				
Motoconformadora 120 B	HR	0.02167	281.48	6.09
Compactador vibratorio CC43	JOr	0.02168	181.74	3.94
SUB TOTAL EQUIPO				10.03
COSTO DIRECTO				119.74
INDIRECTOS				30.00%
SUMA				155.66
FINANCIAMIENTO				4.70%
SUMA				162.97
UTILIDAD				10.00%
SUMA				179.26
PRECIO UNITARIO				\$ 179.26



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: Riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento lento RL-2K a razón
(4) de 1.8 l/m²m incluye barrido de la base, suministro, fletes y aplicación, P.U.O.T

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE	UNIDAD lt
MATERIALES					
Emulsión asfáltica RL-2K	LT	1.05	0.96	1.00	
Almacenamiento, calentamiento y bombeo	LT	0.08	0.48	0.03	
SUBTOTAL MATERIALES				1.03	
MANO DE OBRA					
ayudante general	JOR	0.00040	64.00	0.0256	
cabo	JOR	0.00008	114.00	0.0091	
SUB TOTAL MANO DE OBRA				0.0347	
EQUIPO					
Petrolizadora	HR	0.00053	197.44	0.10	
SUB TOTAL EQUIPO				0.10	
Rendimiento:					
COSTO DIRECTO				1.164	
INDIRECTOS				30.00%	0.36
SUMA					1.51
FINANCIAMIENTO				4.70%	0.07
SUMA					1.58
UTILIDAD				10.00%	0.15
SUMA					1.73
PRECIO UNITARIO				\$	1.73



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (5) Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido RR-2K a razón de 0.7 l/m² para carpeta, incluye barrido de la base, suministro, fletes y aplicación P.U.O.T

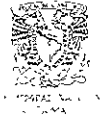
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	UNIDAD. lt	IMPORTE
MATERIALES					
Emulsión asfáltica RR-2K	LT	1.05	1.08		1.13
Almacenamiento-calentamiento y bombeo	LT	0.08	0.48		0.03
		SUBTOTAL MATERIALES			1.16
MANO DE OBRA					
ayudante general	JOR	0.00040	64.00		0.0256
Cabo	JOR	0.00008	114.00		0.0091
		SUB TOTAL MANO DE OBRA			0.0347
EQUIPO					
Petrolizadora	HR	0.00053	197.44		0.10
		SUB TOTAL EQUIPO			0.10
		COSTO DIRECTO			1.29
			INDIRECTOS	30.00%	0.38
			SUMA		1.67
			FINANCIAMIENTO	4.70%	0.078
			SUMA		1.74
			UTILIDAD	10.00%	0.17
			SUMA		1.91
			PRECIO UNITARIO	S	1.91



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (6) Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido RR-2K a razón de 0,5 lt/m² para recibir Open Graded, incluye barrido de la base, suministro, fletes y aplicación P.U.O.T UNIDAD: lt

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Emulsión asfáltica RR-2K	LT	1.05	1 08	1 13
Almacenamiento, calentamiento y bombeo	LT	0 08	0 48	0.03
		SUBTOTAL MATERIALES		1.16
MANO DE OBRA				
ayudante general	JOR	0.00040	64 00	0.0256
Cabo	JOR	0.00008	114.00	0.0091
		SUB TOTAL MANO DE OBRA		0 0347
EQUIPO				
Petrolizadora	HR	0.00053	197 44	0 10
		SUB TOTAL EQUIPO		0 10
		COSTO DIRECTO		1 29
		INDIRECTOS	30.00%	0 38
		SUMA		1 67
		FINANCIAMIENTO	4.70%	0.078
		SUMA		1 74
		UTILIDAD	10 00%	0 17
		SUMA		1 91
		PRECIO UNITARIO	\$	1 91



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (7) Carpea asfáltica utilizando mezcla asfáltica en caliente elaborado con material pétreo de T.M.A. de 19 mm y cemento asfáltico Tipo AC-20 modificado con polímero SBS Solprene 411 en proporción del 3% en peso del cemento asfáltico con espesor de 10 cm, compactada al 95% de su P.V. S Marshall, incluye compactación y acarreos, P.U O.T UNIDAD M3

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Materiales pétreos, incluye acarreos y peaje	M3	1 30	128.12	166.56
	M3			
		SUBTOTAL MATERIALES		166.56
MANO DE OBRA				
Cuadrilla tipo II	JOR	0.0084	1,735.00	14.58
		SUB TOTAL MANO DE OBRA		14.58
ACARREOS DE MEZCLA ASFALTICA				
Acarreo 1er Km	Km	1 00	2 59	2.59
Acarreos Km subsecuentes	Km	46 00	1.14	52.44
		SUBTOTAL ACARREOS		55.03
EQUIPO				
Planta de asfalto	HR	0.01818	1,598 77	29.06
Cargador frontal 955L	HR	0.01899	328 04	6.22
Pavimentadora extendedora de asfalto	HR	0 01429	979 48	13.71
Compa. vibratorio CC 43	HR	0 01429	181.74	2 59
Comp. neumaticos CP21	HR	0 01429	241 21	3.44
		SUB TOTAL EQUIPO		55.02
		COSTO DIRECTO		291.19
		INDIRECTOS	30 00%	87 59
		SUMA		378 78
		FINANCIAMIENTO	4 70%	17.30
		SUMA		396.58
		UTILIDAD	10 00%	39.65
		SUMA		436.23
		PRECIO UNITARIO	\$	436.23



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<p>CONCEPTO (8)</p>	<p>Formación y compactación de carpeta asfáltica delgada de graduación abierta (Open Graded) de 3 cm de espesor construida con mezcla asfáltica en caliente empleando material pétreo de 1/2" de tamaño máximo y cemento asfáltico tipo AC-20 compactada al 95% de su Peso Volumétrico Marshall, incluye suministro de materiales y acarreo (P U O T.)</p>			<p>UNIDAD (M3)</p>
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Material petreo, incluye acarreo y peaje	M3	1.30	156.24	203.11
		SUBTOTAL MATERIALES		203.11
MANO DE OBRA				
Cuadrilla tipo II	JOR	0.0084	1,735.80	14.58
		SUB TOTAL MANO DE OBRA		14.58
ACARREOS DE MEZCLA ASFALTICA				
Acarreo 1er Km	Km	1.00	2.59	2.59
Acarreos Km subsecuentes	Km	46.00	1.14	52.44
		SUBTOTAL ACARREOS		55.03
EQUIPO				
Planta de asfalto	HR	0.01818	1,598.77	29.06
Cargador frontal	HR	0.01899	331.64	6.29
Pavimentadora extendidora de asfalto	HR	0.01429	979.48	13.99
Compactador vibratorio	HR	0.01429	241.21	3.44
Compactador de neumáticos	HR	0.01429	241.21	3.44
		SUB TOTAL EQUIPO		56.22
		COSTO DIRECTO		326.94
		INDIRECTOS		30.00%
		SUMA		427.62
		FINANCIAMIENTO		4.70%
		SUMA		447.71
		UTILIDAD		10.00%
		SUMA		462.48
		PRECIO UNITARIO		\$ 462.48



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (9) Aditivo tipo SBS solprene 411 de negroméx o similar dosificado en un 3 % con relación al peso del cemento asfáltico tipo AC-20 para emplearse en la carpeta asfáltica.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Aditivo SBS	KG	1 00	30.39	30.39
Recirculación por bombeo 3%	KG	0 03	30 39	0 91
Mermas y desperdicios 3%	KG	0 03	31 30	0.93
SUBTOTAL MATERIALES				32.23
COSTO DIRECTO				32 23
INDIRECTOS				9.66
SUMA				41 89
FINANCIAMIENTO				1.96
SUMA				43.85
UTILIDAD				4 38
SUMA				48 23
PRECIO UNITARIO			\$	48.23

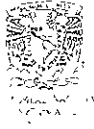


ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: Hule molido para cemento asfáltico tipo AC-20 dosificado en un 12% con relación al peso del cemento asfáltico para emplearse en la carpeta asfáltica delgada (Open Graded) P.U.O.T

UNIDAD: Kg

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Hule molido al 12%	KG	1.08	7.05	7.62
Maniobra de carga y descarga	KG	0.03	7.62	0.22
Recirculación por bombeo	KG	0.03	7.62	0.22
Mermas y desperdicios	KG	0.03	7.62	0.22
SUBTOTAL MATERIALES				8.28
COSTO DIRECTO				8.28
INDIRECTOS				30.00%
SUMA				10.76
FINANCIAMIENTO				4.70%
SUMA				11.28
UTILIDAD				10.00%
SUMA				12.38
PRECIO UNITARIO			\$	12.38



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO (11) Cemento asfáltico Tipo AC-20 para Open Graded, incluye suministro, acarreo calentamiento y aplicación (P U O T)

UNIDAD Kg

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Cemento Asfáltico AC-20	KG	1.00	1.09	1.09
Almacenamiento, calentamiento y bombeo	KG	0.08	0.36	0.02
Acarreos	LT	1.00	0.13	0.13
SUBTOTAL MATERIALES				1.24
COSTO DIRECTO				1.24
INDIRECTOS				0.37
SUMA				1.61
FINANCIAMIENTO				0.07
SUMA				1.68
UTILIDAD				0.16
SUMA				1.84
PRECIO UNITARIO			\$	1.84



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: Cemento asfáltico Tipo AC-20 para mezcla asfáltica, incluye suministro, acarreo, calentamiento y aplicación (P U O T)

UNIDAD Kg

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Cemento Asfáltico AC-20	KG	1.00	1.09	1.05
Almacenamiento, calentamiento y bombeo	KG	0.08	0.36	0.02
Acarreos	LT	1.00	0.13	0.13
SUBTOTAL MATERIALES				1.24
COSTO DIRECTO				1.24
INDIRECTOS				0.37
SUMA				1.61
FINANCIAMIENTO				0.07
SUMA				1.68
UTILIDAD				0.16
SUMA				1.84
PRECIO UNITARIO			\$	1.84



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

EPTO 3) Cemento portland para estabilizaciones de sub-base, incluye suministro, acarreo y aplicación, P.U.O.T.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE	UNIDAD Kg
MATERIALES					
Cemento Portland	Kg	1.00	1.04	1.04	
SUBTOTAL MATERIALES				1.04	
MANO DE OBRA					
Ayudante General	JOR	0.000100	64.00	0.0064	
Cabo	JOR	0.000008	114.00	0.0009	
Herramienta	% MO	0.006100	0.036	0.00022	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				0.00752	
EQUIPO					
Tractor agrícola con caja rem	HOR	0.000025	76.08	0.0019	
SUBTOTAL MANO DE OBRA				0.0019	
COSTO DIRECTO				1.48	
INDIRECTOS				30.00%	0.44
SUMA				1.93	
FINANCIAMIENTO				4.70%	0.09
SUMA				2.02	
UTILIDAD				10.00%	0.20
SUMA				2.22	
PRECIO UNITARIO			\$	2.22	

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES.

Las carreteras constituyen el principal medio de desplazamiento de personas y bienes, al mismo tiempo son un instrumento primordial para la integración social, económica y cultural de la nación.

La Red Federal de carreteras está constituida por 24 928 kilómetros de caminos libres y 5 683 kilómetros de autopistas de cuota. El 98.7% se encuentra pavimentadas, esto hace necesaria la implementación de estrategias para mejorar los caminos en México; estas estrategias entre otras, incluye el modificar el asfalto, sin embargo se deben tener las siguientes consideraciones:

Se debe considerar el uso del cemento asfáltico que ya está produciendo México de acuerdo a las normas ASTM, los cementos asfálticos AC-20 y AC-10 los cuales tienen una buena aplicación si tomamos en cuenta lo siguiente:

- a) El cemento asfáltico AC-10 se debe usar en el altiplano del centro de México, en lugares con mayor altitud a 1800 mts. SNM, y que la temperatura ambiente no sobrepase los 34°C
- b) El cemento asfáltico AC-20 se debe utilizar en lugares donde la temperatura sea mayor de 34°C, pero menor de 42°C, en el sureste de la República y las regiones costeras del Golfo y del pacífico, hasta el estado de Sinaloa, incluyendo también Baja California Sur.



- c) El cemento asfáltico AC-30. se debe utilizar en las zonas costeras del pacífico y del Golfo y en el norte del País (Sonora, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León), siempre y cuando se sobrepase en los días más calientes del año la temperatura ambiente de 42°C.
- d) Se considera por tanto un porcentaje de empleo de cada uno de ellos de 30% de cemento asfáltico AC-10, un 45% de cemento asfáltico AC-20 y un 25% de cemento asfáltico AC-30.
- e) El cemento asfáltico AC-5 debe usarse para la elaboración de emulsiones asfálticas en general y para concretos asfálticos que se utilicen en algunas partes de la Sierra Madre Occidental comprendidas en los Estados de Durango y Chihuahua

Para el caso de los polímeros (SBS, SBR, SBRS), se deben usar en climas extremos con alta temperatura en verano (más de 40°C) y bajas temperaturas en invierno (Debajo de 5°C bajo cero), en virtud de que estos productos hacen que el asfalto funcione con una viscosidad multigrado lo que permite comportarse bien tanto en frío como en calor.

Los asfaltos con polímeros tienen la particularidad de que además de soportar una mayor repetición de las cargas, su vida útil se prolonga más de dos veces respecto a la utilización de los asfaltos convencionales.



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Los polímeros tanto del tipo SBS como los del tipo SBR ó SBRS No son fáciles de incorporar al asfalto, aún a altas temperatura, por lo que en algunas ocasiones antes de mezclarlos habrá que añadirles algún solvente (Preferentemente un aceite de tipo aromático), que además de ser un producto caro, se adiciona en proporción de 50 a 75%, respecto al polímero, esto hace que el asfalto se reblandezca por la presencia de dicho solvente, lo cual podría ocasionar baja resistencia estructural.

El hule molido de neumáticos, aún cuando es un producto económica y la materia prima existe en grandes cantidades, tiene la problemática de que los equipos de mezclado son caros, sofisticados, además de no contarse con ellos en nuestro país. En algunas ocasiones las carpetas con hule han sido con mucho éxito, pero en otras los resultados no han sido tan alentadores

Este tipo de modificador es recomendable en todo clima, ya sea frío ó caliente, y con baja ó alta precipitación pluvial ó grado de humedad.

La experiencia del hule molido se tiene sobre todo en carpetas de graduación abierta, intermedia con espesores de 2 a 5 cm, con espesores mayores a 10 cm. Se han tenido problemas serios.

Es recomendable el uso de hule molido en tratamiento superficiales, en virtud de que su duración es mucho mayor, retarda el reflejo de las grietas y cuando son selios en planta con este tratamiento, se tienen niveles de ruido bajos y el desprendimiento del pétreo es casi nulo. Así mismo es adecuado su



pleo en la construcción de carpetas delgadas de graduación abierta, armedia o algún sistema multicapa con espesores de hasta 7 cm.

Las ventajas que se han logrado en las mezclas de pavimentación con el uso de ligantes ahuiados son: mayor resistencia al agrietamiento y a la expansión, mayor resistencia al flujo y a la deformación, mayor estabilidad, mejor adhesividad y más resistencia al desprendimiento.

Sin embargo si en cualquier análisis económico de la factibilidad de una obra, éste se llevará a cabo la obra resultaría más rentable.

La Planeación, la investigación, los estudios, los proyectos son costos no considerados, no hay tiempo para aplicarlos a los proyectos; estos urgen, la obra debe hacerse mal y con un enorme sobre costo.

Las carreteras y Autopistas que se construyen las promueven los políticos, la planeación del país no interesa. Es pues indispensable diseñar pavimentos con técnicas modernas aplicables a nuestro país, utilizando soluciones completamente analizadas, aumentando la resistencia y dándoles mayor seguridad a las obras.

Los proyectos de ingeniería deben estar justificados con una verdadera solución técnico-económica. Es necesario construir caminos que aunque resulten costosos sean durables, eficientes y confortables, buscar nuevas tecnologías para que en la conservación, mantenimiento y rehabilitación garanticen tanto técnica como económicamente las inversiones que se realizan, es decir pasar de la eficiencia a la eficacia.

BIBLIOGRAFIA

"INNOVACIONES TECNOLOGICAS EN VIAS TERRESTRES" XI reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, Morelia, Michoacán

Julio de 1994.

"TECNOLOGIA Y DESARROLLO " XII reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres , San Luis Potosí, San Luis Potosí, agosto 1996.

LAS CARRETERAS DE MEXICO (1981-1991), García Martínez Bernardo, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1992.

PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, Asphalt Institute, USA. 1982, pp. 9-96.

"PROCESO GENERAL DE PRODUCCION, ALMACENAMIENTO TRANSPORTE Y APLICACIÓN DE ASFALTOS MODIFICADOS". PRIDARSA (Promotora e Industrializadora de asfaltos y rebajados, S.A. de C.V.)

"ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES", Olivera Bustamante, Fernando, México, segunda edición, 1996, 402 pp.

"CONSTRUCCION DE CARPETAS DRENANTES AHULADAS", Revista de Ingeniería Civil, Pérez Holder, Fernando, abril 1998, pp. 7-23.

"SUMINISTRO Y UTILIZACION DE PRODUCTOS ASFALTICOS", Ramos Medina, Juan E., Asociación Mexicana del Asfalto A.C. Octubre 1997.

"CIRCULO TECNOLOGICO SOBRE ASFALTOS CITEA ", Asociación Mexicana del Asfalto A.C., enero, 1996.

"ASFALTO AHULADO", artículo de Lianesé, S.A. de C.V.

"SEMINARIO DE CARPETAS DRENANTES AHULADAS " Cuernavaca, Mor. Febrero 27 1998.

"MATERIALES ASFALTICOS UTILIZADOS EN PAVIMENTACION, S.C.T. México, 1987, 107 pp.

"PROCESO GENERAL DE PRODUCCION, ALMACENAMIENTO TRANSPORTE Y APLICACIÓN DE ASFALTOS MODIFICADOS", Pridarsa, Camino al Carrizalito km 1.2 Irapuato Guanajuato.

"ALIANZA ESTRATEGICA/HIDROASFALTO", Hidroindustrial J.M. Número 1, Marzo 1996.

"NORMAS PARA EL PROCESAMIENTO DEL ASFALTO AHULADO" Liantas y Servicios de México, México D.F.