

Proyecto N° UI-01-07

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL USO EN COSTA RICA DE POLÍMEROS
MODIFICANTES DE ASFALTO INCORPORADOS EN PLANTA**

Informe final

Preparado por
Unidad de Investigación (UI)

Quim. Jorge Salazar Delgado

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

Tel: (506) 2511-4251

E-mail: jsalazar@lanamme.ucr.ac.cr

San José, Costa Rica
Noviembre 2008

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DEL USO EN COSTA RICA DE POLÍMEROS MODIFICANTES DE ASFALTO INCORPORADOS EN PLANTA

RESUMEN

La modificación de asfaltos con polímeros de las más diversas variedades y procedencias es una de las tendencias más importantes de la industria actual de construcción de carreteras.

El uso de aditivos en planta para modificar asfalto, puede convertirse en una variante que involucra desde el ingenio hasta cambios importantes de tecnología y este ultimo asociado directamente con la inversión, no obstante hay que tomar en cuenta los beneficios de modificar las características reológicas de los asfaltos, ya que poder adecuar al asfalto para que se desempeñe de una forma especifica y predeterminada en una carretera reflejaría que la relación inversión beneficio sea un factor importante en los análisis financieros de los proyectos.

Los aportes de los polímeros a la mejora de las propiedades reológicas de los asfaltos han sido ampliamente estudiados. Sin embargo, cada vez que el mercado ofrece un nuevo producto, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de las mejoras que podría provocar dicho polímero a un asfalto determinado y así como el costo de uso.

Para nuestro caso donde la red vial esta expuesta a condiciones severas de servicio, como la alta precipitación, dos estaciones climáticas bien marcadas y con cargas de transito mayores de las previstas para el diseño, es importante buscar alternativas para mejorar las condiciones de servicio de las carreteras diseñadas con mezcla asfáltica.

El presente trabajo trata sobre la forma de incorporación de polímeros en asfálticos convencionales en forma eficiente, dispersión y composición final en planta para la elaboración de asfaltos modificados de aplicación en carreteras en Costa Rica.

Al final se determinara cuales polímeros modificantes pueden ser utilizados, en las plantas de Costa Rica, y cuales son las modificaciones que se deben de realizar para obtener asfaltos modificados.

INDICE GENERAL

Pagina

Resumen	2
1 Importancia de los asfaltos modificados	4
2- Conceptos generales	5
2.1 Definición de Reología	5
2.2 Definición de fatiga	5
2.3 Definición de deformación permanente	5
2.4 Definición de polímero modificador de asfalto	5
2.5 Plastomeros	6
2.6 Elastomeros	7
2.7 Termoendurecibles	7
2.8 Fases entre la red polimérica y el asfalto	6
2.9 Tipos de polímeros utilizados para la modificación de asfaltos	7
2.10 Efecto del cambio de la relación Viscosidad temperatura	8
3- Consideraciones generales en la modificación de asfaltos	8
3.1 Características que mejora los polímeros en el asfalto	8
3.2 Consideraciones generales en la elección de un polímero modificador	8
3.3 Manufactura y las instalaciones necesarias	9
3.3.1- Forma física y naturaleza del polímero	9
3.3.2- Influencia de la composición del asfalto en la mezcla final	9
3.3.3- Equipos para modificar asfaltos	10
3.3.4- Condiciones operativas del proceso de mezclado	11
3.4 Evaluación de las propiedades del asfalto modificado	12
4- Experiencias en otros países	16
5- Opciones comerciales de polímeros	20
5- Experiencias en Costa Rica	25
6- Conclusiones	26
7- Bibliografía	29

1- Importancia de la modificación de asfalto.

La historia de la modificación de asfalto no es tan reciente como se podría pensar, de acuerdo al artículo de King y et al, en 1843 fueron concedidas patentes para modificar asfalto con polímeros naturales y sintéticos. Proyectos piloto se pusieron en marcha en Europa, a principios de los años treinta. En Norteamérica, polímeros fueron introducidos en los años cincuenta y encontraron un mercado pequeño pero constante. Al pasar de los años el uso de los polímeros aumento, especialmente después de la introducción y desarrollo de Autopistas (Strategic Highway Research Program, SHRP), a partir del cual se desarrollaron especificaciones de ligantes asfálticos Superpave Performance Graded (PG) a principios de los años noventa en los EE.UU.

Dentro de estas, no tan nuevas tendencias en el diseño y construcción, de pavimentos asfálticos se encuentra el uso de sustancias químicas llamadas modificadores, que en su gran mayoría son polímeros o sustancias inertes que combinados químicamente con el asfalto tienen la propiedad de generar un “asfalto modificado” el cual cuenta con propiedades “mejoradas” según las necesidades de servicio, la gran ventaja generalmente es la relación de vida útil contra el costo de inversión del producto final.

En Costa Rica esta aplicación se encuentra en una etapa temprana, y no se encuentra aun como una opción común para la construcción de carreteras, debido posiblemente a las consideraciones que hay que tomar en cuenta para la generación de asfaltos modificados y la manufactura de la mezcla final o a la ausencia de la demanda en el mercado nacional de este tipo de alternativa, ya que al deberse a una tendencia relativamente nueva de aplicación en Costa Rica debe de implementarse poco a poco. Entre las consideraciones son necesarias la adquisición de equipos o modificación de los existentes, donde la incorporación de los polímeros o inertes requiere de energía mecánica en la operación de mezclado y los tanques de almacenamiento deben de contar con un sistema de calefacción apropiado.

Los asfaltos modificados con polímeros elevan la vida útil de un pavimento, algunos autores ⁽⁹⁻¹²⁾ consideran que puede ser de dos a tres veces (según el caso a aplicar), con un costo adicional de hasta un 25 % sobre el costo la mezcla asfáltica. Esta plenamente demostrado que los asfaltos convencionales poseen propiedades muy satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito. Sin embargo, el creciente incremento de volumen del tránsito, la magnitud de las cargas en algunos casos hasta de 44 toneladas, y la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes. A modo de ejemplo, con los asfaltos convencionales, aun con los grados más duros, no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado (ahuellamiento por deformación permanente), especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura y tránsito lento en intersecciones. Además, con la simple adopción de asfaltos más duros se corre el riesgo de fisuraciones por efectos térmicos, cuando las temperaturas aplicadas tienden a ser muy bajas.

Con ciertas mezclas abiertas, alternativa generada por razones de confort y seguridad, con los ligantes convencionales no se alcanzaría una resistencia mecánica suficiente a causa de una cohesión y adhesividad insuficiente, lo que unido al alto contenido de ligante de estas mezclas podría redundar en una disminución en su durabilidad. Del mismo modo, las nuevas capas superficiales delgadas serían menos durables cuando se vean sometidas a altas intensidades de tránsito.

Ante las situaciones mencionadas, además de apelar a nuevas tecnologías constructivas y del resto de los materiales (agregados), una solución evidente fue mejorar algunas características de los asfaltos para lograr un mejor comportamiento de los pavimentos. Ello dio origen a nuevos asfaltos que genéricamente fueron denominados "Asfaltos Modificados con polímeros" o tecnología PMA. Los polímeros modificadores utilizados en los asfaltos, modifican el comportamiento reológico de los mismos. Se puede decir por definición que un asfalto modificado es el ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de los polímeros con el asfalto utilizado. Esta es la tendencia tecnológica a nivel mundial para el mejoramiento de la infraestructura vial, enfocado a carreteras asfálticas adecuadas a las necesidades de uso.

2- Conceptos Generales.

Definiciones:

2.1 Reología: “ Ciencia del flujo y de la deformación de la materia, la cual estudia las relaciones constitutivas de los materiales”.

2.2 Fatiga: “ o fisuración por fatiga es un tipo de deterioro que con mucha frecuencia se produce en la huella donde las cargas pesadas son aplicadas. Las fisuras longitudinales intermitentes a lo largo de la huella (esto es, en la dirección del tránsito) son un signo prematuro de fisuración por fatiga, este es de tipo progresivo”.

2.3 Deformación Permanente: “Este es un deterioro caracterizado por la existencia de una sección transversal de la superficie que ya no ocupa su posición original. Esta representa la acumulación de pequeñas deformaciones producidas con cada aplicación de carga. Esta deformación es irrecuperable”.

Existen asfaltos modificados por polímeros clasificados como:

- Elastómeros.
- Plastómeros.
- Otros.

2.4 Podemos definir polímero de la siguiente manera:

“Los polímeros son sustancias de alto peso molecular formados por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros (compuestos químicos con moléculas simples). Se forman así moléculas muy grandes que toman diversas formas: cadenas en

forma de escalera, cadenas unidas o termofijas (que no pueden ablandarse al ser calentadas), cadenas largas y sueltas, arreglos tridimensionales, etc”.

Algunos modificadores poliméricos que han dado buenos resultados son:

Homopolímeros: que tienen una sola unidad estructural (simples monómeros).

Copolímeros: tienen varias unidades estructurales distintas y combinados de diversas formas. (Ejemplos: EVA, SBS, por derivación de sus siglas).

Entre los copolimeros se pueden derivar:

2.5 Plastómeros: son aquellos que al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación. Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad.

Dentro de estos tenemos:

- EVA: etileno-acetato de vinilo.
- EMA: Etileno-acrilato de metilo
- PE: (polietileno) tiene buena resistencia a la tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.
- PP: (Polipropileno).
- Poliestireno: una alternativa de poco uso.

2.6 Elastómeros: son aquellos que al estirarlos, a diferencia de los anteriores, estos vuelven a su posición original, es decir, son muy elásticos.

Dentro de estos tenemos:

- Naturales: caucho natural, celulosa, ceras y arcillas son ejemplos de polímeros orgánicos e inorgánicos naturales.
- SBS:(estireno-butadieno-estireno) o caucho termoplástico. Este es el más utilizado de los polímeros para la modificación de los asfaltos, ya que este es el que mejor comportamiento tiene durante la vida útil de la mezcla asfáltica.
- SBR: Cauchos sintéticos del 25% de Estireno y 75% de butadieno; para mejorar su adhesividad, se le incorpora ácido acrílico.
- EPDM: (polipropileno atáctico) es muy flexible y resistente al calor y a los agentes químicos.
- PBD: (polibutadieno) Cuenta con buen comportamiento durante la vida útil de la mezcla asfáltica, como en el caso del SBS.

2.7 Otros: Termoendurecibles: estos tienen a nivel molecular muchos enlaces transversales que impiden que puedan volver a ablandarse al calentarse nuevamente. Son ejemplos de estos las resinas epóxicas; estas se usan en grandes porcentajes, mayores al 20%, son muy costosas y se utilizan para casos especiales (ejemplo: un predio de camiones).

2.8 Los asfaltos modificados con polímeros están constituidos por dos fases, una formada por pequeñas partículas de polímero hinchado disueltas en asfalto. En las composiciones de baja concentración de polímeros existe una matriz continua de asfalto en la que se encuentra disperso el polímero; pero si se aumenta la proporción de polímero en el asfalto se produce una inversión de fases, estando la fase continua constituida por el polímero hinchado y la fase discontinua corresponde al asfalto que se encuentra disperso en ella.



cantidad relativa de polímero B (Coloración azul) en la mezcla.

El asfalto en color amarillo.

2.9 Los principales modificadores utilizados en el asfalto son:

Polímeros tipo I: Es un copolímeros modificador de asfaltos que mejora el comportamiento de las mezclas asfálticas tanto a altas como a bajas temperaturas. Es fabricado con base en bloques de estireno, en polímeros elastomericos radiales de tipo dibloque o tribloque, mediante configuraciones como Estireno-Butadieno-Estireno (SBS), Estireno-Butadieno (SB), Elvaloy (EGA) entre otras. Se utiliza en mezclas para carpetas delgadas y carpetas estructurales de pavimentos con elevados índices de tránsito y de vehículos pesados, en climas fríos y cálidos, así como para elaborar emulsiones que se utilicen en tratamientos superficiales.

Polímeros Tipo II: Es un copolímero modificador de asfaltos que mejora el comportamiento de mezclas asfálticas a bajas temperaturas. Es fabricado con base en polímeros elastomericos lineales, mediante una configuración de caucho de Estireno-Butadieno-Látex, se utiliza en todo tipo de mezclas asfálticas para pavimentos en los que se requiera mejorar su comportamiento de servicio, en climas fríos y templados, así como para elaborar emulsiones que se utilicen en tratamientos superficiales.

Polímeros Tipo III: Es un copolímeros modificador de asfaltos que mejora la resistencia a las roderas de las mezclas asfálticas, disminuye la susceptibilidad térmica del cemento asfáltico y mejora su comportamiento a altas temperaturas. Es fabricado con base de polímeros de tipo plastómeros, mediante configuraciones como Etil-vinil-Acetato (EVA), EE-2 de Eastman. Se utiliza en climas calientes, en mezclas asfálticas para carpetas

estructurales de pavimentos con elevados índices de tránsito, así como para elaborar emulsiones que se utilicen en tratamientos superficiales.

2.10 Relación viscosidad temperatura

El efecto principal de añadir polímeros a los asfaltos es el cambio en la relación viscosidad-temperatura (sobre todo en el rango de temperaturas de servicio de las mezclas asfálticas) permitiendo mejorar de esta manera el comportamiento del asfalto tanto a bajas como a altas temperaturas.

Esta micromorfología bifásica entre las fases generadas y las interacciones existentes entre las moléculas del polímero y los componentes del asfalto parecen ser la causa del cambio de propiedades que experimentan los asfaltos modificados con polímeros.

Además de los Asfaltos Modificados con polímeros, algunos países emplean asfaltos especiales y multigrados, comúnmente denominados alto índice. Los polímeros del tipo SBS son, por lejos, los más utilizados siguiéndole en las preferencias los plastómeros del tipo EVA. El uso de asfaltos especiales o de alto índice no ha alcanzado hasta el momento el mismo crecimiento que los asfaltos modificados con polímeros, pero se observan buenas perspectivas de crecimiento. Una crítica generalizada es que se ha enfatizado mostrar las ventajas técnicas de los asfaltos modificados, pero se han realizado pocos estudios que tengan en cuenta la relación costo-beneficio.

3 Consideraciones Generales para la Modificación de asfaltos.

Un asfalto puede modificarse de forma general con rellenos minerales, cauchos plásticos o hidrocarburos naturales. El grado de dispersión que se obtendrá por la incorporación de agregados al ligante, dependerá del tipo de polímero a utilizar, su concentración y su compatibilidad con el asfalto base.

Entre otras condiciones a considerar durante el proceso de modificación se encuentra:

- La temperatura de disolución y mezclado.
- El esfuerzo de corte ejercido.
- Aromaticidad de la fase maltenica en el asfalto base.
- Fracción de asfaltos presentes.

La temperatura de disolución y mezclado juega un papel fundamental debido a que la clave de la incorporación del polímero será, su disolución en el asfalto siendo la forma más fácil, cuando este se encuentra en forma líquida.

Los equipos de esfuerzo de corte cuentan con sistemas para control de velocidades y temperatura, de esta forma los polímeros se incorporan de la forma más eficiente, al realizarse una disminución gradual de partículas.

La aromaticidad como se mencionara mas adelante juega un papel muy importante en la viscosidad final del asfalto y al final en la producción de la mezcla.

La viscosidad y las propiedades reologicas de la mezcla final dependerán de las proporciones de disolución asfalto-polímero, y la fase en las que se encuentre.

Existen en el mercado una serie de modificadores para diferentes aplicaciones, ya se cuenta con polímeros modificadores patentados por compañías de alto prestigio como BASF, DuPont, Rub-R-Road entre otros, los cuales ofrecen una muy buena alternativa y extienden la posibilidad de obtener carreteras con características mejoradas, estas características son reflejadas durante el servicio de la misma.

3.1 El Centro nacional para tecnología en Asfalto (NCAT por sus siglas en ingles) ha publicado una lista de razones para emplear polímeros en la modificación de asfaltos. Las siguientes son algunas de las razones mencionadas por el NCAT que justifican el empleo de polímeros para modificar asfalto.

Un polímero modificador de forma general logra:

- Disminuir la susceptibilidad térmica.
- Aumentar la cohesión interna.
- Mejorar la elasticidad y flexibilidad a bajas temperaturas, incrementando la resistencia a ruptura térmica.
- Mejorar el comportamiento a fatiga.
- Aumentar durabilidad y la resistencia al envejecimiento.
- Incrementa la resistencia al ahuellamiento formando redes resistentes de polímero en el ligante asfáltico y en la mezcla.
- Mejora la adherencia asfalto agregado para reducir desprendimientos.

3.2 Entre las consideraciones durante la elección para el uso de un polímero modificador se debe considerar:

- Las características específicas que se requieren mejorar,
- Las características físicas y químicas del polímetro modificador.

Cuando se va incorporar un polímero modificador al asfalto con el fin de mejorarlo, este debe ser sometido a evaluación para lograr determinar que las características de mejora solicitadas en el proyecto, pueden ser obtenidas a un porcentaje de mezcla razonable.

Un polímero modificador sólido puede ser más difícil de incorporar que uno líquido esto como caso general, dependiendo de que tan eficiente sea el equipo de mezclado.

Además de las condiciones de tránsito se deben considerar muy importantes las condiciones de temperatura, humedad relativa y precipitación al cual será expuesta la carretera durante el tiempo de vida de servicio.

3.3 Manufactura y las instalaciones necesarias:

Dentro de los parámetros que influyen en el proceso de la mezcla pueden ser definidos de la siguiente manera:

- Naturaleza química del polímero modificador.
- Forma física en condiciones de trabajo del polímero.
- Naturaleza y grado del asfalto.
- Tipo de equipo.
- Perfil del tiempo-temperatura durante la mezcla.

3.3.1- Forma física y naturaleza del polímero.

La forma física del polímero sin duda afectará el tiempo final de mezclado, así como el tamaño del polímero, como regla general un polímero sólido de alto peso molecular sin duda nos variará el tiempo de mezclado así como la viscosidad final del asfalto modificado. En caso contrario los modificantes líquidos o en polvo se dispersarán de forma más fácil o con equipo de bajo esfuerzo de corte.

Para que la dispersión del polímero sea efectiva, practica y económica, se debe cumplir lo siguiente:

- Costo adecuado.
- Debe ser disponible por volumen por el fabricante.
- Tener afinidad química con el asfalto.
- Ser resistente a las temperaturas de trabajo.
- Mejorar la resistencia al fluir.

El asfalto modificado debe presentar las siguientes características finales:

- Mantener sus propiedades físicas y químicas durante el almacenamiento, aplicación y servicio.
- Capaz de ser procesado por medios convencionales.
- Lograr una viscosidad de riego o spray a temperaturas normales de trabajo.

3.3.2- Influencia de la composición del asfalto en la mezcla final.

El asfalto es una mezcla compleja, en la cual sus componentes pueden ser separados de forma muy general, en cuatro fracciones separadas, mediante el proceso de cromatografía de columna, por medio de una corrida de solventes, y ser agrupados con sus siglas SARA.

Saturados.

Aromáticos polares.

Resinas (naftenicos).

Asfaltenos.

Los aromáticos polares son el grupo de compuestos químicos responsables de las propiedades viscoelásticas del asfalto (principal contribuyente durante la caracterización de las propiedades Reológicas). Esto se debe a la asociación de moléculas polares, que forman fuerzas entre moléculas formando estructuras más largas, e incluso formando estructuras

complejas tridimensionales, actuando un número indefinido de moléculas como una sola unidad. El grado en el cual se producen estas asociaciones depende de la temperatura, distribución espacial del peso molecular, concentración de aromáticos polares y la concentración final de la fase malténica. Una buena afinidad entre el polímero y el asfalto es crítico para mejorar las propiedades viscoelásticas del producto final.

3.3.3- Equipos para modificar asfaltos.

Existen una variedad de equipos que pueden realizar con éxito el proceso de mezclado para la modificación de asfaltos, claro siempre es más sencillo incorporar polímeros modificantes líquidos que los sólidos básicamente por condiciones operativas de planta.

De forma general se requiere de un equipo que cuente con la capacidad de dispersar cualquier tipo de polímero (sólido o líquido) en cualquier tipo de forma, incluso ralladuras de caucho recicladas. De forma muy básica el asfalto ingresa al equipo de modificación, y mediante un sistema de distribución el polímero se incorpora de forma controlada al sistema de mezclado todo el proceso se controla desde un panel de control hasta que el polímero sea incorporado de forma homogénea, la temperatura y mezclado con equipo de corte es muy importante durante el proceso.

Una alternativa como ejemplo es, un equipo con las siguientes características:

Tanque de no menos de 30 m³.

Dispensador de cerca de 100 hp.

Dispensador en línea de recirculación de cerca de 20 hp.

Con capacidad de mezclar de forma mecánica el asfalto y el polímero hasta concentraciones de 50 % en peso, con sistema de calefacción eficiente.

Los equipos utilizados de forma general para realizar esta tarea de mezclado con éxito son:

- Dispersadores, Desintegradores con homogenizador de inversión vertical.
- Molino Coloidal con Bomba Retromezcladora en Recirculación.
- Equipos similares.

Dispersadores, Desintegradores con homogenizador de inversión vertical.

Cuenta con posición vertical, el rotor/estator esta montado sobre una plataforma e inmerso en un tanque, cuenta con un cabezal mezclador para circular la mezcla y asegurar la homogeneidad. La función del cabezal desintegrador es fundamental para dar intensa acción de mezcla para dispersar masas de sólidos que normalmente forman aglomeraciones, de esta forma la entrada continua de sólidos en el cabezal mezclador da una continua reducción de tamaño mientras el batch completo esta en recirculación.

Molino Coloidal con Bomba Retromezcladora en Recirculación.

Una forma bastante eficiente y sencilla de obtener una mezcla de asfalto y polímero es haciendo uso de un molino coloidal que pueda contar con un rotor que gire entre 1500 y

5600 rpm contra un estator fijo, y que realice ciclos de recirculación con control constante de temperatura y tiempo. De esta forma se obtiene un asfalto modificado que generalmente será por lotes, con algunas modificaciones puede realizarse el proceso en línea.

Equipamiento para Fabricación Ligantes Modificados con Polímeros

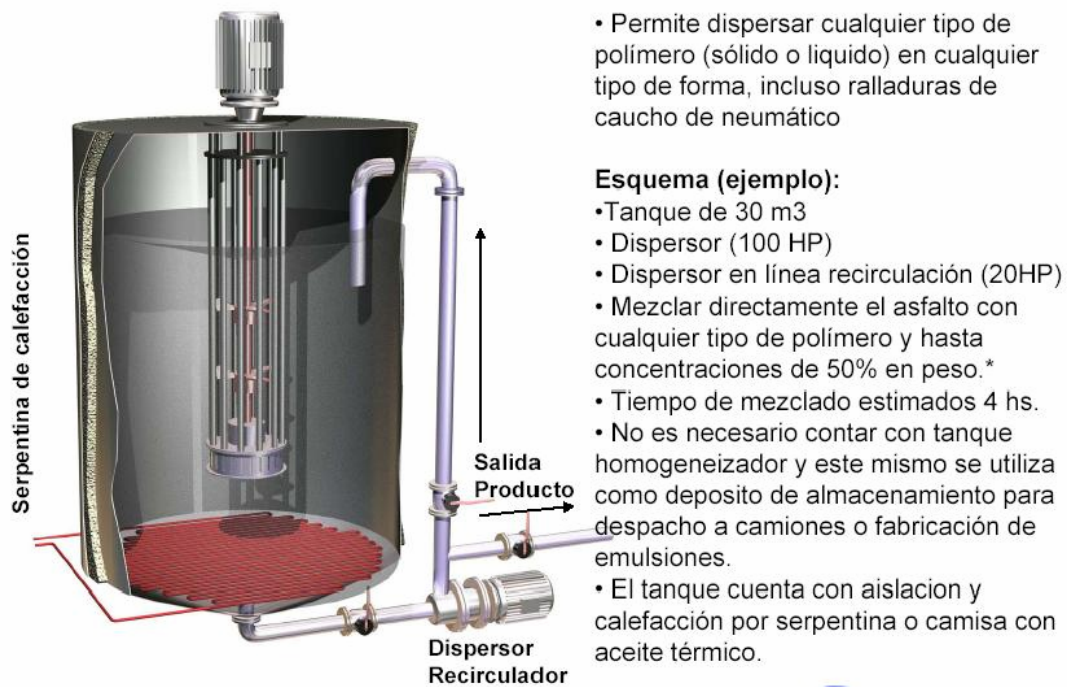


Figura 1 Equipo general para el mezclado de polímeros con asfalto, incluye dispersador (imagen cortesía de e-asfalto).

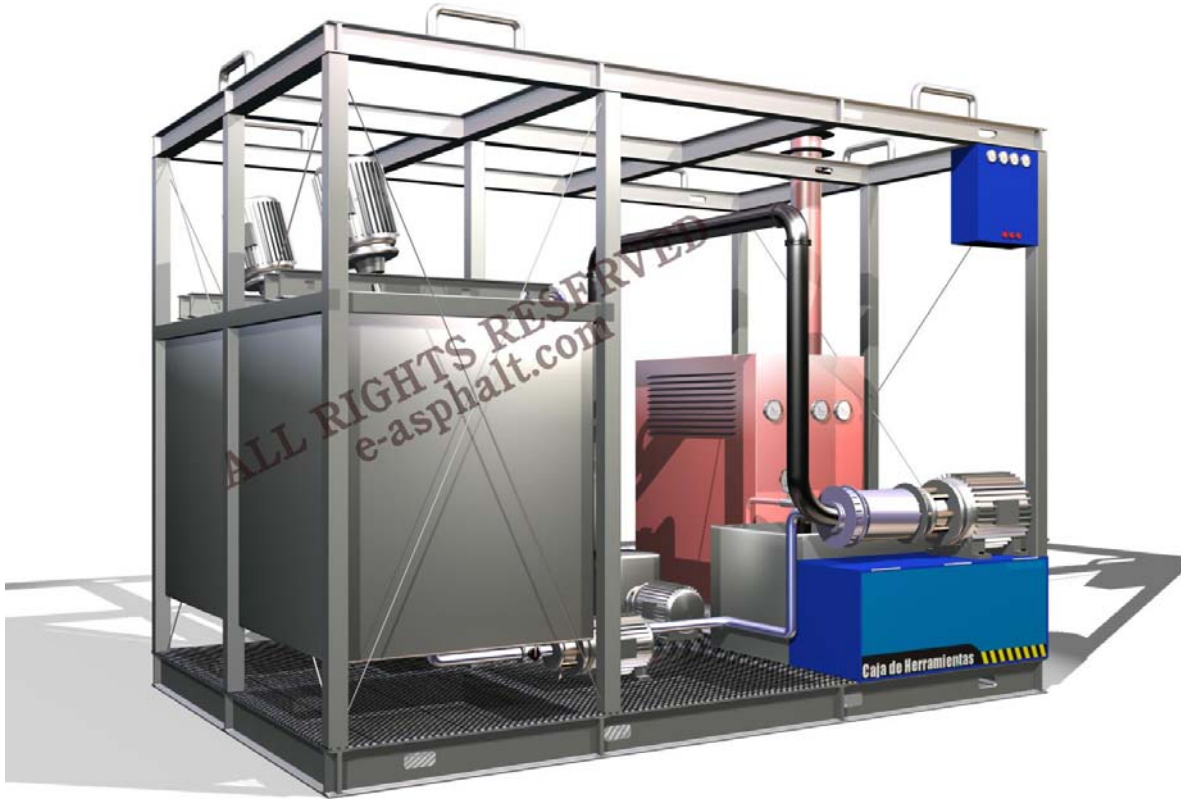


Figura 2 Planta de modificación de asfaltos, con molino coloidal (imagen cortesía de e-asfalto).

3.3.4- Condiciones operativas del proceso de mezclado.

Como se mencionó con anterioridad, se requieren ciertas condiciones operativas para la producción de los asfaltos modificados, estas se pueden lograr, con equipos específicos para la modificación de asfaltos o con modificaciones a la planta de producción de mezcla asfáltica.

Se requiere controlar:

Temperaturas cercanas de trabajo de hasta 190 °C.

Un sistema de agitación apropiado.

Sistema calefacción del tanque apropiado (producción y almacenamiento).

Controles específicos de proceso.

El diseño de la planta debe considerar su fácil limpieza.

3.4 Evaluación de las propiedades del asfalto modificado.

Es importante evaluar las propiedades finales del asfalto modificado, según la NCHRP en el reporte 459, y en la PP5 de AASHTO, realizando la caracterización reologica del asfalto

modificado mediante DSR además de pruebas adicionales para determinar su comportamiento. Entre estas pruebas se encuentra:

- Determinación del contenido de aditivo sólido en el ligante asfáltico, mediante el uso del dispositivo para ensayo de tamaño de partículas (PAT). Apéndice I del NCHRP en el reporte 459.
- Determinación de la estabilidad al almacenamiento de ligante asfáltico mediante el uso de dispositivo de laboratorio para la estabilidad de asfaltos (LAST). Apéndice II del NCHRP en el reporte 459.
- Método de ensayo para la determinación de la viscosidad a bajo corte (low shear viscosity LSV) en ligantes asfálticos modificados mediante el uso del viscosímetro rotacional RV. Apéndice III del NCHRP en el reporte 459.
- Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la deformación permanente en ligantes asfálticos sometidos a Creep Repetido RC mediante el uso del Reometro Dinámico de Corte, DSR. Apéndice IV del NCHRP en el reporte 459.
- Método de ensayo para la determinación de la vida de fatiga en ligantes asfálticos sometidos a carga cíclica repetida (RCL) mediante el uso del Reometro Dinámico de Corte, DSR. Apéndice V del NCHRP en el reporte 459.
- Recuperación elástica por torsión.

La tabla de especificaciones para asfalto se encuentra en la Norma AASHTO M 320-05 en las tablas I y II, se encuentra la caracterización por grado de desempeño para ligantes asfálticos.

Tabla I Especificaciones para asfaltos por grado de desempeño.

Performance Grade		PG 46			PG 52						PG 58					PG 64						
		34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Average 7-day maximum pavement design temperature, °C ^a		<46			<52						<58					<64						
Minimum pavement design temperature, °C ^a		> -34	> -40	> -46	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -46	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40
Flash point temp, T 48, minimum °C		Original Binder																				
Flash point temp, T 48, minimum °C		230																				
Viscosity, T 316 ^d maximum 3 Pa·s, test temp, °C		135																				
Dynamic shear, T 315 ^e G* sinδ, minimum 1.00 kPa test temp @ 10 rad/s, °C		46			52						58					64						
Mass change, maximum, percent		Rolling Thin-Film Oven Residue (T 240)																				
Mass change, maximum, percent		1.00																				
Dynamic shear, T 315 ^e G* sinδ, minimum 2.20 kPa test temp @ 10 rad/s, °C		46			52						58					64						
PAV aging temperature, °C ^f		90			90						100					100						
Dynamic shear, T 315 ^e G* sinδ, maximum 5000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C		10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Creep stiffness, T 313 ^g S, maximum 300 MPa m-value, minimum 0.300 test temp @ 60 s, °C		-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
Direct tension, T 314 ^h Failure strain, minimum 1.0% test temp @ 1.0 mm/min, °C		-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

^a Pavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the LTPP Bind program, may be provided by the specifying agency, or by following the procedures as outlined in M 323 and R 35.
^b This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.
^c For quality control of unmodified asphalt binder production, measurement of the viscosity of the original asphalt binder may be used to supplement dynamic shear measurements of G* sinδ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid.
^d G* sinδ = high temperature stiffness and G* sinδ = intermediate temperature stiffness.
^e The mass change shall be less than 1.00 percent for either a positive (mass gain) or a negative (mass loss) change.
^f The PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures, 90°C, 100°C, or 110°C. Normally the PAV aging temperature is 100°C for PG 58-xx and above. However, in desert climates, the PAV aging temperature for PG 70-xx and above may be specified as 110°C.
^g If the creep stiffness is below 300 MPa, the direct tension test is not required. If the creep stiffness is between 300 and 600 MPa, the direct tension failure strain requirement can be used in lieu of the creep stiffness requirement. The m-value requirement must be satisfied in both cases.

TS-20

M 320-4

AASHTO

Table 1—Continued

Performance Grade	PG 70					PG 76					PG 82							
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	
Average 7-day maximum pavement design temperature, °C ^a	<70					<76					<82							
Minimum pavement design temperature, °C ^b	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	
Original Binder																		
Flash point temp, T 48, minimum °C	230																	
Viscosity, T 316, ^c maximum 3 Pa·s, test temp, °C	135																	
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, minimum 1.00 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	70					76					82							
Rolling Thin-Film Oven Residue (T 240)																		
Mass change, ^e maximum, percent	1.00																	
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, minimum 2.20 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	70					76					82							
Pressure Aging Vessel Residue (R 28)																		
PAV aging temperature, °C ^f	100 (110)					100 (110)					100 (110)							
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, maximum 5000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28		
Creep stiffness, T 313: ^g S, maximum 300 MPa w-value, minimum 0.300 test temp @ 60 s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		
Direct tension, T 314: ^h Failure strain, minimum 1.0% test temp @ 1.0 mm/min, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		

^a Pavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the LTPP Bind program, may be provided by the specifying agency, or by following the procedures as outlined in M 323 and R 35.
^b This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.
^c For quality control of unmodified asphalt binder production, measurement of the viscosity of the original asphalt binder may be used to supplement dynamic shear measurements of G* sin δ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid.
^d G* sin δ = high temperature stiffness and G* sin δ = intermediate temperature stiffness.
^e The mass change shall be less than 1.00 percent for either a positive (mass gain) or a negative (mass loss) change.
^f The PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures, 90°C, 100°C, or 110°C. Normally the PAV aging temperature is 100°C for PG 58-xx and above. However, in desert climates, the PAV aging temperature for PG 70-xx and above may be specified as 110°C.
^g If the creep stiffness is below 300 MPa, the direct tension test is not required. If the creep stiffness is between 300 and 600 MPa, the direct tension failure strain requirement can be used in lieu of the creep stiffness requirement. The w-value requirement must be satisfied in both cases.

Tabla II Especificaciones para asfaltos por grado de desempeño, incluye PP42.

Table 2—Performance-Graded Asphalt Binder Specification

Performance Grade	PG 46			PG 52						PG 58						PG 64					
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Average 7-day maximum pavement design temperature, °C ^a	<46			<52						<58						<64					
Minimum pavement design temperature, °C ^b	>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Original Binder																					
Flash point temp, T 48, minimum °C	230																				
Viscosity, T 316, ^c maximum 3 Pa·s, test temp, °C	135																				
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, minimum 1.00 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	46			52						58						64					
Rolling Thin-Film Oven Residue (T 240)																					
Mass change, ^e maximum, percent	1.00																				
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, minimum 2.20 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	46			52						58						64					
Pressure Aging Vessel Residue (R 28)																					
PAV aging temperature, °C ^f	90			90						100						100					
Dynamic shear, T 315: ^d G* sin δ, maximum 5000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Critical low cracking temp, PP 42: ^g Critical cracking temp determined by PP 42, test temp, °C	-24	30	36	0	6	12	-18	-24	30	36	-6	-12	-18	24	30	0	-6	12	-18	-24	30

^a Pavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the LTPP Bind program, may be provided by the specifying agency, or by following the procedures as outlined in M 323 and R 35.
^b This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.
^c For quality control of unmodified asphalt binder production, measurement of the viscosity of the original asphalt binder may be used to supplement dynamic shear measurements of G* sin δ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid.
^d G* sin δ = high temperature stiffness and G* sin δ = intermediate temperature stiffness.
^e The mass change shall be less than 1.00 percent for either a positive (mass gain) or a negative (mass loss) change.
^f The PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures, 90°C, 100°C, or 110°C. Normally the PAV aging temperature is 100°C for PG 58-xx and above. However, in desert climates, the PAV aging temperature for PG 70-xx and above may be specified as 110°C.
^g For verification of grade, at a minimum perform T 313 at the test temperature and at the test temperature minus 6°C and T 314 at the test temperature. Testing at additional temperatures for T 313 may be necessary if 300 MPa is not bracketed at the initial two test temperatures. Compare the failure stress from T 314 to the calculated induced thermal stress as per PP 42. If the failure stress exceeds the induced thermal stress, the asphalt binder is deemed a "PASS" at the specification temperature.

Table 2—Continued

Performance Grade	PG 70						PG 76						PG 82					
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Average 7-day maximum pavement design temperature, °C ^a	<70						<76						<82					
Minimum pavement design temperature, °C ^a	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Original Binder																		
Flash point temp, T 48, minimum °C	230																	
Viscosity, T 316, ^b maximum 3 Pa·s, test temp, °C	135																	
Dynamic shear, T 315: ^c G* ^d /sinδ ^e , minimum 1.00 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	70						76						82					
Rolling Thin-Film Oven Residue (T 240)																		
Mass change, ^f maximum, percent	1.00																	
Dynamic shear, T 315: ^c G* ^d /sinδ ^e , minimum 2.20 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	70						76						82					
Pressure Aging Vessel Residue (R 28)																		
PAV aging temperature, °C ^g	100 (110)						100 (110)						100 (110)					
Dynamic shear, T 315: ^c G* ^d /sinδ ^e , maximum 5000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	22	40	37	34	31	28	25
Critical low cracking temp, PP 42, ^h °C	0																	
Critical cracking temp determined by PP 42, test temp, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

^a Pavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the LTPP Bind program, may be provided by the specifying agency, or by following the procedures as outlined in M 323 and R 35.

^b This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.

^c For quality control of unmodified asphalt binder production, measurement of the viscosity of the original asphalt binder may be used to supplement dynamic shear measurements of G*^d/sinδ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid.

^d G*^d/sinδ = high temperature stiffness and G*^d/sinδ = intermediate temperature stiffness.

^e The mass change shall be less than 1.00 percent for either a positive (mass gain) or a negative (mass loss) change.

^f The PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures 90°C, 100°C, or 110°C. Normally the PAV aging temperature is 100°C for PG 58-xx and above. However, in desert climates, the PAV aging temperature for PG 70-xx and above may be specified as 110°C.

^g For verification of grade, at a minimum perform T 313 at the test temperature and at the test temperature minus 6°C and T 314 at the test temperature. Testing at additional temperatures for T 313 may be necessary if 300 MPa is not bracketed at the initial two test temperatures. Compare the failure stress from T 314 to the calculated induced thermal stress as per PP 42. If the failure stress exceeds the induced thermal stress, the asphalt binder is deemed a "PASS" at the specification temperature.

4 Experiencias en otros países.

El asfalto modificados con polímeros representa actualmente menos del 15 % del consumo total de asfalto para pavimentación en los EE.UU., lo que corresponde a unas 4500000 toneladas métricas por año. El contenido de polímeros es este asfalto modificado es de aproximadamente de 3% por peso, lo que implica un gran negocio y una necesidad creciente.

Existen experiencias muy favorables alrededor de todo el mundo, existen muchos casos importantes en Europa, sur América, por mencionar algunas de las implementaciones de equipo por parte de e-asfalto en Argentina:

Planta de asfaltos modificados en el Ecuador.
 Asfaltos modificados y multigrados en Australia.
 Planta de asfaltos modificados y emulsiones modificadas en Perú.

Los países conforme va evolucionando su desarrollo de carreteras buscan nuevas tendencias que satisfagan esas necesidades de mejores vías de tránsito.

Los resultados de la necesidad contra el costo de inversión han sido muy bien retribuidos, con mejores vías, un mejor desempeño con una vida útil mas larga.

A modo de ejemplo se comenta el caso específico de la zona de Constitución en Argentina donde se utilizó asfalto modificado con anticarburo con el fin de mejorar el desempeño de la mezcla en zonas muy transitadas por vehículos pesados de transporte público.

Los asfaltos modificados con anticarburantes son aquellos que resisten el ataque por el derrame de combustibles en la carpeta asfáltica, para ello se modifica el asfalto con un aditivo de forma física o química, el cual es un polímero con cargas insolubles, todo sin comprometer las prestaciones básicas del asfalto (adhesividad, reología, resistencia al envejecimiento, etc.).



Figura 3 Alcance general del proyecto.



Figura 4 Características generales del proyecto e imágenes al inicio y un año después para el caso de la mezcla SMA con anticarbicante.

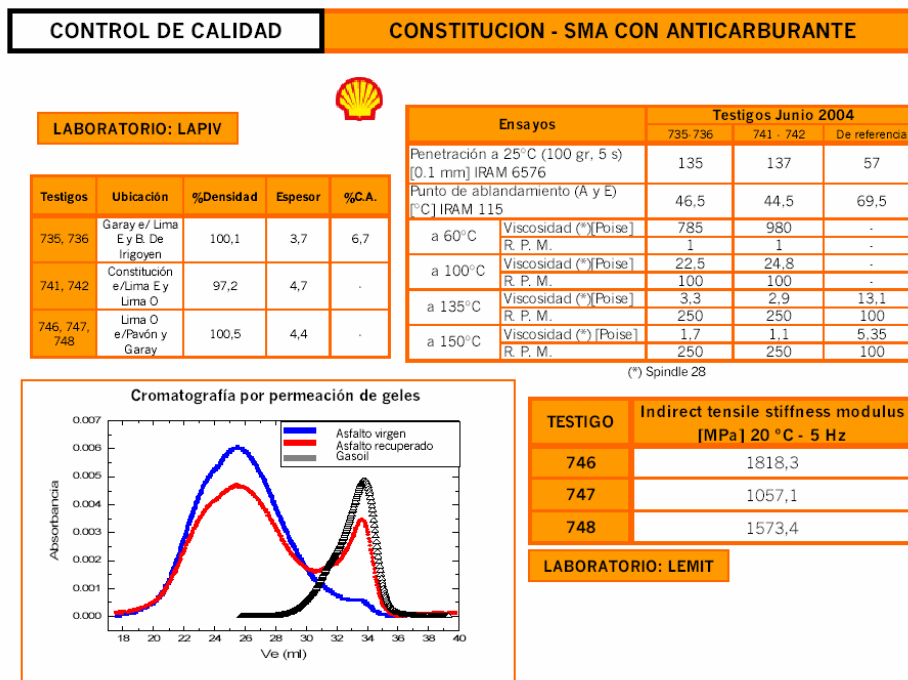


Figura 5 Control de calidad realizado a la mezcla SMA con anticarbicante.

CONTROL DE CALIDAD

CONSTITUCION - SMA CON ANTICARBURANTE

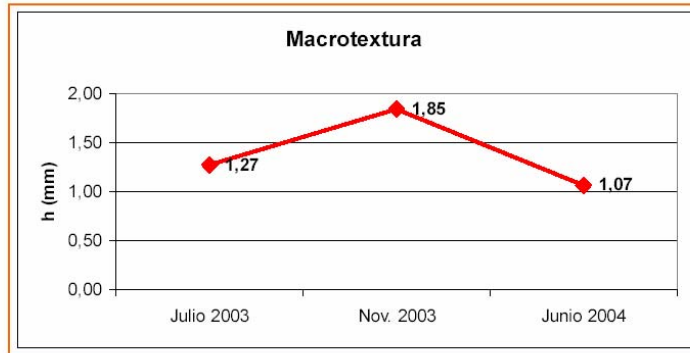


Figura 6 Control de calidad realizado a la mezcla SMA con anticarburante.

FICHA TECNICA

CONSTITUCION - DENSA CON ANTICARBURANTE



FECHA	14 y 19 de Mayo de 2003
CENTRO DE TRANSFERENCIA	Constitución
LUGAR DE EMPLAZAMIENTO	Brasil entre Salta y Lima Lima Oeste entre Garay y Brasil Brasil entre Lima Este y Bernardo de Irigoyen
TIPO DE MEZCLA	Densa con anticarburante
TAMAÑO MAXIMO	19mm
LIGANTE ASFALTICO	Fuel Safe
PROVEEDOR DEL LIGANTE	Shell C.A.P.S.A.
RIEGO DE LIGA	Spramul CRR
PROVEEDOR DE RIEGO DE LIGA	Shell C.A.P.S.A.
ORIGEN DE LOS AGREGADOS	Granito de Olavarría (Cantera Adolfo Guerrero S.A.)
TN DE MEZCLA COLOCADA	400
PLANTA ELABORADORA	Coarco S.C.A.
EMPRESA CONSTRUCTORA	Coarco S.C.A.



Figura 7 Características generales del proyecto e imágenes un año después para el caso de la mezcla DENSA con anticarburante.

5 Opciones Comerciales:

Existen comercialmente una variedad de polímeros que se pueden utilizar y obtener en Costa Rica:

Como sólidos en polvo o de forma granular:

Elastómero SBS, de forma granular como fibras.

Plastomero EVA.

EGA, El polímero tipo EGA es del tipo Etilen Glicidil Acrilato.

Plastomero EE-2, Eastman, presentado de forma granular.

Elvaloy, presentado como perlas sólidas.

Existe la posibilidad de utilizar de forma líquida:

Latex, UP-70 el cual es un látex como líquido viscoso tipo SBR.

Butanal NX 175 tipo SB para asfaltos entre otros.

Como se menciona anteriormente el SBS y EVA representan los polímeros más utilizados, en el mercado existe una lista bastante considerable de otras opciones, y la mejor manera de buscar opciones es realizar estudios que permitan comparar y de esta forma elegir las mejores alternativas, a continuación algunas opciones que se encuentran en el mercado:



Figura 2: Polímero EGA.



Figura 3: Elastómero SBS.



Figura 4 Eatsman EE2.

Los polímeros de las figuras 2-4 por su forma granular representan un reto para obtener su completa incorporación, un equipo de corte apropiado y control de condiciones de mezclado son la mejor forma de obtener un producto final con las propiedades deseadas.

Tabla III Características individuales de mejora de los polímeros.

Producto	1. Tipo	Presentación	Clasificación	Características generales que mejoran en la mezcla asfáltica*
EVA	Plastomero	Granulado	Tipo III	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la resistencia a las roderas en la mezcla asfáltica. ▪ Disminuye la susceptibilidad térmica del cemento asfáltico. ▪ Mejora su comportamiento a altas temperaturas. ▪ Incremento de la vida útil de los pavimentos, por su mayor resistencia al envejecimiento, a la propagación de grietas y la formación de ahuellamientos. ▪ Permite la reducción del espesor del pavimento. ▪ Reduce los costos de mantenimiento, produciendo rentabilidad económica en el tiempo.
EGA ELVALOY	Elastomero	Granulado	Tipo I	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora el comportamiento de las mezclas asfálticas tanto a altas como a bajas temperaturas ▪ Reacciona químicamente con el asfalto. ▪ Aumento de la resistencia al agrietamiento a baja temperatura. ▪ Aumento de la resistencia a la carga asociada al agrietamiento por fatiga. ▪ Se reduce al mínimo los efectos de envejecimiento, extendiendo notablemente la vida útil.
SBS	Elastomero	Granulado	Tipo I	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la resistencia a las roderas en la mezcla asfáltica. ▪ Disminuye la susceptibilidad térmica del cemento asfáltico.

				<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor adhesividad de los agregados. ▪ Aumento de la flexibilidad y elasticidad a bajas temperaturas. ▪ Incremento del módulo de rigidez a altas temperaturas. ▪ Aumento de la resistencia a la tracción y a la elongación (resistencia a la fatiga). ▪ Incremento de la vida útil de los pavimentos, por su mayor resistencia al envejecimiento, a la propagación de grietas y la formación de ahuellamientos. ▪ Permite la reducción del espesor del pavimento. ▪ Reduce los costos de mantenimiento, produciendo rentabilidad económica en el tiempo.
EATSMAN EE2	Plastomero	Granulado	Tipo III	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora la resistencia a las roderas de las mezclas asfálticas. ▪ Disminuye la susceptibilidad térmica del cemento asfáltico. ▪ Mejora su comportamiento a altas temperaturas. ▪ Fácil de aplicar. ▪ Compatible con la mayoría de los asfaltos. ▪ Baja viscosidad. ▪ Excelente estabilidad de almacenaje. ▪ Buena trabajabilidad. ▪ No requiere de equipo especial. ▪ Puede combinarse con otros modificadores.
BUTONAL NX 175	Elastomero	Líquido	Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mejorar su comportamiento de servicio, en climas fríos y templados.
LATEX UP-70	Elastomero	Líquido	Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forma un compuesto homogéneo reforzado. ▪ Optimiza las propiedades visco-elásticas del material. ▪ Aumento de la resistencia al agrietamiento a baja temperatura. ▪ Aumento de la resistencia a la carga asociada al agrietamiento por fatiga. ▪ Mejora la resistencia a las roderas de las mezclas asfálticas. ▪ Disminuye la susceptibilidad térmica del cemento asfáltico. ▪ Se reduce al mínimo los efectos de envejecimiento.

* Según el fabricante estas características son las generales en conjunto con las que menciona NCAT.

Para ver una tabla mas completa de modificadores y tipos de asfaltos modificados, ver apéndice D del reporte de NCHRP Reporte 459, esta se muestra a continuación.

2 TYPES OF ASPHALT MODIFIERS

Please fill in the following tables with specific information as to the types and sub-types of modifiers your company supplies and/or uses (for modified asphalts), and the type of distress they target. Indicate particle size (if any) **AFTER BLENDING** the additive with the binder. Blank spaces, under each category, are provided to list other modifiers.

1. POLYMERS - ELASTOMERS	Total Users	Additive Size	CD	Target Distress / Property				
				PD ¹	FC ²	LTC ³	MD ⁴	AR ⁵
Styrene Butadiene (SB)	8		3	7	6	6	1	2
Styrene Butadiene Styrene (SBS)	23	4	11	21	19	19	4	10
Styrene Isoprene Styrene (SIS)	2		1					1
Styrene Ethylene Butylene Styrene (SEBS)	1			1	1			
Styrene Butadiene Rubber Latex (SBR)	17	3	7	13	11	12	1	8
Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)								
Polychloroprene latex	4		2	3	1	2		1
Polyisoprene (natural and synthetic)	3	1	1	3	3	4	1	
Polybutadiene	1		1	1	1	1		1
React. Ethylene Terpolymer	1		1	1	1	1	1	1
Crumb Rubber	1	1		1	1	1		1
Others			1	1	1	1		

¹ Permanent Deformation ² Fatigue Cracking ³ Low Temperature Cracking ⁴ Moisture Damage ⁵ Aging Resistance

¹ Permanent Deformation ² Fatigue Cracking ³ Low Temperature Cracking ⁴ Moisture Damage ⁵ Aging Resistance

2. POLYMERS - PLASTOMERS	Total Users	Additive Size	CD	Target Distress / Property				
				PD	FC	LTC	MD	AR
Ethylene Propylene diene monomer (EDPM)	1			1	1	1		1
Polyisobutylene								
Ethylene vinyl acetate (EVA)	4		2	4	2	1	1	1
Low Density Polyethylene (LDPE)	5		1	4	2		1	
Polypropylene	3		1	2	2			1
Ethylene Acrylate Copolymer	1		1	1	1	1	1	1
Functionalized. Polyolefin	1		1	1	1		1	
Polyalphaolylin	1	1		1			1	
Cross Linking Agent	1		1	1	1	1		

3. ANTI-STRIPPING AGENTS								
Fatty amidoamines	9		3				8	1
Imidazolines	2		1				2	
Polyamines	12				1	1	10	
Organo-metallics								
Acids								
Amine Blends	1						1	
Lime	1		1				1	

9. OXIDANTS								
Manganese compounds	2		1	2				
Others:								

10. EXTENDERS								
Sulphur	3	1		3	1			
Fillers (specify):								
Others: Asphalt Flux	1		1	1	1	1		1

6 Plantas en Costa Rica y sus experiencias.

En Costa Rica la planta que tuvo la iniciativa de implementar una modificación del equipo para poder producir mezcla asfáltica con asfalto modificado, es la planta de MECO, los cuales utilizan Látex Ultra Pave 70 en concentraciones cercanas al 3 % como máximo, en sus mezclas.

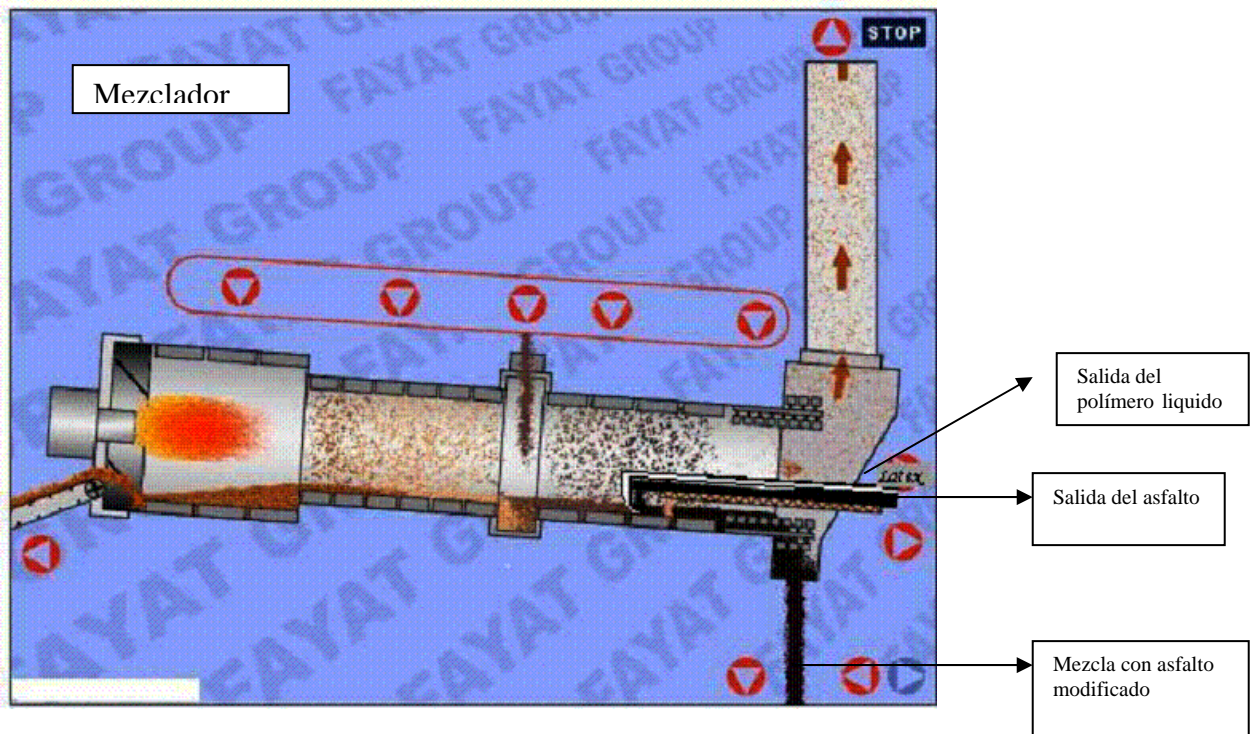
Casos generales donde se aplico polímeros en la mezcla asfáltica.

A pesar de este gran paso existen otros casos importantes en Costa Rica como es el caso de la construcción del tramo entre San Ramón y Barranca en el cual se utilizó como modificante Elvaloy, también el caso de Caldera y el caso de Costanera, en estos casos se utilizo Látex UP-70, lo mas importante es que pronto se extenderán a muchos casos mas, debido a que hay una fuerte tendencia a seguir utilizando los polímeros modificadores.

Con las condiciones actuales solo podemos trabajar con polímeros líquidos, ya que las modificaciones realizadas por las plantas solo involucran aditamentos de incorporación del polímero mediante tubería a la línea de ingreso del asfalto y que sea realizada la mezcla asfáltica en caliente con asfalto modificado en el mezclador. Dos empresas se encuentran incorporando modificantes de esta forma, MECO y próximamente la Santa Fe. Cuan eficiente es la homogeneidad del polímero durante la modificación, es un punto que hay que tomar en cuenta, claro esta que se realizaron pruebas para verificar esto por parte de la empresa MECO, quedando claro que fue una muy buena idea.

Al parecer a una planta de la Empresa MECO, se le realizo una serie de modificaciones:
 Se diseño un tanque de almacenamiento del polímero liquido.
 Se coloco una serie de tuberías, acoplada a una bomba y un flujometro controlado desde la cabina principal.
 Se llevo una línea de tubería desde el flujometo hasta la salida de asfalto en el mezclador:

La siguiente figura muestra de forma ilustrativa la incorporación del polímero en el tanque mezclador.



En el caso de invertir solo lo necesario para esas adaptaciones se puede hablar de \$ 8000 en adelante, para invertir en una planta completa se puede estimar gastos hasta de \$1000000, para obtener una planta completa para la modificación de asfaltos para todo tipo de polímeros.

A modo de ejemplo se mencionara información relacionada con la “Rehabilitación de la carretera sur, ruta nacional N° 23, sección: interamericana –caldera”, relacionada con la Licitación publica internacional Li N° 002-2004.

Longitud: tramo de 12 km.

Ubicación: Ruta nacional N° 23, sección : Interamericana – caldera.

Condiciones de operación en el momento.

Se encontraba a nivel de tratamiento superficial y presenta zonas con alto deterioro producido del constante transito pesado que la utiliza. Se han realizado trabajos de mantenimiento rutinario y/o periódico disminuyendo los baches en la vía, lo que ha contribuido a mejorar las condiciones de operación de la carretera, no obstante, la condición existente en el momento era deficiente.

El sistema de drenaje pluvial funciona adecuadamente, pero deberá ser ampliado para las construcciones laterales.

La demarcación vial es deficiente.

Trabajos a realizar:

Estructura de pavimento.

La intervención solicitada para el proyecto entre los detalles constructivos indicados en la pagina 96 y 97 de la Licitación publica internacional Li N° 002-2004:

- Cemento asfáltico: Este deberá de ser tipo AC-30, además deberá ser modificado polímeros, para mejorar su comportamiento a las deformaciones plásticas a altas temperaturas y su resistencia al efecto de la humedad.
- Los agregados, tanto gruesos, intermedios y finos, deberán satisfacer las especificaciones técnicas definidas en el CR-77 y sus modificaciones y ampliaciones, excepto en lo que expresamente se ha establecido en el cartel. Estos materiales deben ser lavado en forma independiente.
- La estabilidad Marshall dela mezcla para este proyecto deberá ser mayor o igual a 1000 Kg.
- La apertura al transito se deberá realizar al menos de seis horas después de completado el ciclo de compactación.

Este proyecto fue concluido en noviembre del 2007, con resultados inicialmente satisfactorios.

6- Conclusiones.

Los asfaltos modificados son definitivamente una muy buena alternativa para mejorar las propiedades de los asfaltos y por la misma condición, la mezcla asfáltica.

Los polímeros líquidos siempre serán más fáciles de incorporar que los sólidos cuando se realicen modificaciones simples a una planta de mezcla.

Las dos opciones de equipos para modificar asfaltos, Molino coloidal y por Dispersadores, Desintegradores con homogenizador de inversión vertical, son las mas apropiadas pero hay que estar pendiente de los avances tecnológicos, para estudiar otras opciones.

Las plantas actuales en Costa Rica utilizan polímeros líquidos, debido a que son los únicos que pueden incorporar de forma medianamente sencilla en planta. De esta forma utilizan Látex de UP-70 por opción de costo y estado físico.

El costo cercano al año 2007 de una planta modificadora de asfalto, esta cercana a los \$ 750000 y plantas piloto de \$ 8000 en adelante. Con equipos modernos se podría contar con la posibilidad de incorporar todo tipo de polímeros en diversas concentraciones.

Los asfaltos modificados deben de evaluarse para determinar sus propiedades reologicas y así definir que mejoras tendrá en la mezcla. Para este caso es prudente apoyarse en los protocolos e información proporcionados por SHRP.

Realizar un estudio de diversos modificadores permitiría, poder seleccionar cual es el mas apropiado para determinados proyectos según las necesidades constructivas.

Las plantas actuales en Costa Rica utilizan polímeros líquidos, debido a que son los únicos que pueden incorporar de forma medianamente sencilla en planta. De esta forma utilizan Látex de UP-70 por opción de costo y estado físico. Es factible modificar asfaltos en planta, ya se realizo por la compañía MECO, y próximamente en Santa Fe.

Es claro que invertir en una planta de modificación de asfaltos seria la mejor opción, ya que se podría trabajar con los polímeros que están catalogados como los mejores para la modificación de asfaltos (Ej. SBS), es una inversión que no es tan lo cual mejoraría mucho las propiedades de los asfaltos utilizados en Costa Rica.

El costo de los polímeros oscila entre 1 a 3 dólares por Kg. y el costo del asfalto es cercano a 1,5 dólares por litro, es decir utilizando el polímero en una concentración del 3% implicaría un incremento de 0,09 dólares (49,5 colones) cerca de 50 colones por kilogramo de asfalto mezclado.

Bibliografía:

- 1- Basf, “Experiencias en mejoramiento de asfalto con SBR”, Basf Mejoramiento de asfalto.pdf.
- 2- J. Carswell.; F. Cruz. “Misión y Ventajas de los Betunes Modificados Con Polímeros”, mission_ventajas_modificados_polímeros.pdf.
- 3- G. Hernández. “CONINFRA- Congreso de Infraestructura de trasportes 2007”, 01-61R.pdf.
- 4- MPI, “Asfalto Modificado con polímero Tipo II”, asf_modificado_pol.pdf.
- 5- Sin autor. “Asfalto Modificado con Polímeros, Capitulo II”, capitulo2.pdf, capitulo5.pdf.
- 6- Basf- asphalt modifiers –upgrade “MODIFICACIÓN POLIMÉRICA DE LIGANTES ASFÁLTICOS PARA USO VIAL: Conceptos Básicos” 2000.FS25AsphaltmodificationBasics.pps.
- 7- IMT- Instituto Mexicano del Transporte, Desarrollo de aditivos para asfaltos modificados con bajos contenidos de Hule” 2001, pt160.pdf.
- 8- Akiyoshi, H. Et al. “Effect of the morphology of SBS modified asphalt on mechanical properties of binder and mixture”, journal of the Eastern Asia society for transportation studies, Vol 6, pp1153-1167, 2005.
- 9- Gustavo Bacchetta, “Obtención de cementos asfálticos modificados con incorporación de asfaltita y caucho reciclado de neumáticos “. Equipamiento, manufactura y especificaciones técnicas, 2003, ecuador2003.pdf.
- 10- Gustavo Bacchetta, “La instalación de una planta de emulsiones asfálticas y asfaltos modificados en lima Perú”, 2005, peru05.pdf.
Gustavo Bacchetta, “Selladores asfálticas a base de polímeros y reciclado de caucho de Neumáticos para pavimentos de acuerdo a normalización Argentina”, 2001, peru2001.pdf.
- 11- Gustavo Bacchetta, “Avance tecnológico en la manufactura de equipamiento Argentino en la fabricación de emulsiones asfálticas, ligantes modificados y oxidados”, 2002, CPA2002tecno.pdf.
- 12- e-asfalto.com - <http://www.e-asphalt.com/go/?solga/dispersores.htm>
- 13- EASTMAN, “Eastman EE-2polymer A superior road asphalt modifier”, F-343 EE-2.pdf.
- 14- Bp, “PMA Facts benefits de PMA´s”, PMA_Facts.pdf.

- 15- <http://www.ultrapave.com/b32f.html>
- 16- <http://www.tdm.com.pe/asfaltos.shtml>
- 17- http://www2.dupont.com/Elvaloy/en_US/
- 18- http://worldaccount.basf.com/wa/NAFTA~en_US/Catalog/FunctionalPolymers/pi/BASF/Brand/butonal_
- 19- <http://www.eastman.com/default.htm>.

20- Ing. Luis Guillermo Loria, Et. Al, “Análisis Reológico de asfaltos modificados, Informe Parcial N° 2, Fase 2, Reporte de Investigación, LM- PI - PV- IN- 18 c – 03”, 2005.

Polímeros:

- 21- <http://www.dupont.com/asphalt/link1.html>
- 22- http://www.heatec.com/products_asphalt/polymer_systems/standard/default.htm
- 23- <http://www.eastman.com/Markets/Adhesives/Applications/Asphalt.htm>
- 24- AASHTO, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, parte 1B: Especificaciones, 27th edición 2007.
- 25- NCHRP, Reporte 459.
- 26- Angelo, J. :Federal Highway Administration:
“Modified_Binders_SP_Plus_Specifications. Pdf”.
- 27- Sin autor; NCAT; “Fla_NCAT_Spec_Dev89-3_2.pdf.
- 28- Sin autor; “ Experiencias adquiridas en aplicaciones Urbanas en Argentina
“ExperienciasUrbanas_Nougues”.pdf.
- 29- Paez, A.; “ comunicaciones libres, Nuevos Betunes Anticarburentes”, CLE%2010-%20Nuevos%20anticarburentes.pdf.
- 30- Shell Global solutions; “ Mezclas denantes y carpetas delgadas para capas de rodado: experiencia argentina 1196-2002”, Mario Jair chile32002.pdf.
- 31- Águila, P.; “Experiencias sobre el diseño y criterios para la construcción de pavimentos de altura”, Cam008.pdf.
- 32-Asphalt Institute; “Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de Superpave, 1996, pp7-12.