

IAG140-01-2013
**ESTUDIO DE DIFERENTES SISTEMAS ASFALTO-SBS-
ENTRECruzADOR. OPTIMIZACIÓN DE LA ELABORACIÓN DE
ASFALTOS MODIFICADOS A PARTIR DE UN CONCENTRADO CON
POSTERIOR DILUCIÓN.**
**ESTUDO DE DIFERENTES SISTEMAS DE ASFALTO-SBS-AGENTE DE
RETICULAÇÃO. OPTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BETUME
MODIFICADO A PARTIR DE UM CONCENTRADO COM A DILUIÇÃO
SUBSEQUENTE**

Quím. Paula Morales
CITEVI (Centro de Investigación en Tecnologías Viales)
Montevideo, Uruguay
paula@citevi.com.uy

Quím. Santiago Kröger
CITEVI (Centro de Investigación en Tecnologías Viales)
Montevideo, Uruguay
santiago@citevi.com.uy

Resumen

Se evaluaron y optimizaron varias estrategias de síntesis de asfaltos modificados con polímeros a través del método químico. La estrategia se basa en la utilización de polímero SBS, combinado con agentes entrecruzadores de diferente naturaleza química, utilizados en diferentes proporciones y en diferentes momentos del proceso de fabricación con posterior evaluación de la performance en los materiales obtenidos. El objetivo planteado fue lograr un asfalto tipo AM3, según lo establecido en la IRAM 6596, factible de ser elaborado en planta industrial en dos etapas, una primera consistente en la fabricación de un *master batch* y la segunda, la posterior dilución del concentrado. Para ello se partió de dos asfaltos de características similares pero de diferentes orígenes para la dilución, un asfalto tipo AC 30 y otro tipo 50/70 importado. Se evaluó un SBS tipo lineal con el agregado en varias proporciones de los agentes entrecruzadores y la acción de los agentes *per se* en el asfalto crudo. De este trabajo se obtuvo una ruta operativa para la elaboración de un asfalto modificado con SBS y entrecruzador, bajando la concentración de polímero utilizado y mejorando la estabilidad durante el almacenamiento.

Resumo

Foram avaliados e otimizados várias estratégias de síntese de asfaltos modificados por polímeros por o método químico. A estratégia baseia-se na utilização de polímero SBS, combinados com agentes de reticulação de natureza química diferente, que são usados em proporções diferentes e em momentos diferentes do processo de fabrico com a subsequente avaliação do desempenho dos materiais obtidos. O objectivo declarado era conseguir um tipo de asfalto AM3, tal como estabelecido na IRAM 6596, susceptível de ser produzida na planta em duas etapas, a primeira consistindo na preparação de um lote concentrado e a segunda, mais

diluição do concentrado. Esta diluição foi feita com dois asfaltos de origens diferentes, um tipo de asfalto AC 30 e outro 50/70 importado. Se avaliou um SBS tipo linear, com a adição de várias proporções de agentes de reticulação e da ação dos agentes, por si só no betume cru. Neste trabalho, obteve-se uma via operacional para a preparação de asfalto modificado com SBS e agente de reticulação, diminuindo a concentração de polímero utilizado e melhorando a estabilidade de armazenamento.

INTRODUCCION

Más del 96% de las rutas y calles en el mundo, están construidas con materiales asfálticos, particularmente en Uruguay, más del 85% de las rutas y calles están construidas con materiales de esta naturaleza. El cemento asfáltico obtenido como subproducto de la refinación del petróleo, es el aglutinante utilizado por excelencia, mayoritariamente usado en mezcla en caliente.

La inmensa mayoría de los firmes construidos tienen como meta servir al transporte público, factor determinante en el diseño de éstos, orientado a construir pavimentos durables, cómodos y seguros. Los asfaltos modificados con polímeros (AMP) constituyen el resultado de la búsqueda, investigación y desarrollo de cementos con mayor vida útil, capaces de conformar mezclas más seguras y con la mejor performance. Es ampliamente conocido que el uso de AMP en pavimentos muestra una mejora muy importante en la reducción de fatiga, las deformaciones permanentes y la ocurrencia de fisuras. También es menester destacar, que la utilización de AMP habilita el desarrollo y actualización de métodos de construcción de pavimentos y permite el establecimiento de nuevos, novedosos y más funcionales tipos de construcciones.

Dos familias de AMP son las conocidas por excelencia: los asfaltos modificados con plastómeros y los modificados con elastómeros, siendo éstos últimos los que presentan mejor performance. El SBS (estireno-butadieno-estireno) es el copolímero elastomérico usado por excelencia en la modificación de asfaltos, en concentraciones en el rango de 2 a 6 % en peso respecto a la fase asfáltica, cantidades siempre menores a la concentración de inversión de fase. Los asfaltos, así modificados, evidencian un aumento considerable en la temperatura de susceptibilidad térmica, y presentan propiedades elásticas, aspectos que sobrevienen en consecuencias conocidas, como ser mayor resistencia a la ocurrencia de deformaciones plásticas, y mejor desempeño a bajas temperaturas.

La principal desventaja del sistema asfalto-SBS, es que ambos materiales son inmiscibles, principalmente debido a la diferencia de densidad entre estos materiales. Para lograr mezclas homogéneas es necesario aplicar un gran esfuerzo de cizalla, trabajar a altas temperaturas y, en muchos casos usar agentes que mejoren la dispersión y estabilidad de una fase en la otra. Un ejemplo de esto es el uso de agentes entrecruzadores, éstos (a través de diferentes mecanismos) actúan uniendo moléculas entre sí (como el caso del uso de azufre, que actúa formando puentes sulfuro entre las insaturaciones de las moléculas de polímero).

La estabilidad durante el almacenamiento, es uno de los problemas más críticos con este tipo de materiales. Es común, en la industria de la pavimentación, que este tipo de asfalto, al estar almacenado durante largos periodos, sufra degradación de polímero y, como consecuencia natural por ser un sistema multifase termodinámicamente inestable, evidencie separación macroscópica de componentes, principalmente en almacenaje a altas temperaturas y con falta de agitación. Es bien conocido que la estabilidad al almacenamiento de cauchos naturales y/o sintéticos o los asfaltos modificados con látex, se puede mejorar de manera significativa con la adición de azufre. También se han desarrollado y existen en el mercado aditivos especialmente diseñados para

mejorar la compatibilidad entre las fases y asegurar un nivel determinado de estabilidad en la composición macroscópica del material aglutinante.

Es necesario investigar más aún en el modelado del comportamiento mecánico de los asfaltos modificados con polímeros, no se conoce ninguna teoría que explique certeramente el mecanismo por el cual, el azufre y demás aditivos mejoradores de la estabilidad reaccionan con el asfalto y los polímeros. En el caso del azufre, la hipótesis extendida es que, como se mencionó anteriormente, actúa formando enlaces sulfuro entre las insaturaciones de las moléculas de polímero. Más específicamente, no está claro como las propiedades del SBS y demás aditivos actúan mejorando las propiedades mecánicas del asfalto.

Comprender cómo se comportan estas sustancias, qué rol cumplen en el material, es fundamental para poder fabricar, almacenar y utilizar los asfaltos modificados con polímeros al máximo de su potencial.

En este trabajo se presentan los resultados de la investigación llevada a cabo en laboratorio y su posterior elaboración en planta industrial, mediante un proceso de dos etapas: una primera donde se elabora un concentrado seguido de una posterior dilución y agregado de aditivos.

TRABAJO EXPERIMENTAL

Diseño experimental

La estrategia de elaboración de mezclas llevada a cabo en el laboratorio simula la realizada en planta: se parte de un asfalto modificado concentrado (elaborado en una primera etapa de producción con asfalto crudo y SBS lineal) seguido de una dilución con asfalto crudo, con posterior agregado del aditivo en cuestión. Para determinar las propiedades de los asfaltos al agregado de agentes entrecruzadores primero se realizaron ensayos a los extremos, agregando a los asfaltos crudos y al concentrado la cantidad de entrecruzador que se menciona en la literatura como óptima.

Luego se elaboraron y estudiaron tres sistemas: en los dos primeros, la dilución se hace con asfalto tipo 50/70 utilizando dos entrecruzadores, uno comercial denominado en este trabajo como Cross C y azufre. La segunda familia de muestras se elaboró utilizando como diluyente asfalto tipo AC30 y azufre como agente de modificación química. Para detalles ver Tabla 1.

Tabla 1: Sistemas estudiados

Sistema n°	Concentrado		Dilución		Agente entrecruzador
1	CAP modificado con SBS (concentrado)	+	CAP 50/70	+	Cross C
2			CAP 50/70		Azufre
3			CAP AC 30		Azufre

Asfaltos crudos con agentes entrecruzadores

Inicialmente, en esta investigación, se evaluaron los efectos de los aditivos *per se* en los cementos asfálticos sin modificar. Para ello, se hicieron mezclas de asfalto con el entrecruzador,

en las concentraciones a ser evaluadas. No se evidenciaron cambios significativos en las propiedades de los asfaltos crudos con el agregado tanto de Cross C como de azufre.

Asfaltos concentrados con entrecruzadores

También, fueron evaluados los efectos de los entrecruzadores en los asfaltos concentrados, para esto se realizaron mezclas del asfalto modificado concentrado con los entrecruzadores en cuestión, a las concentraciones correspondientes: ninguno de estos sistemas fue viable por la reticulación observada.

Asfaltos modificados con polímero SBS y agentes para modificación química

En primera instancia se elaboraron y caracterizaron varios sistemas de asfalto modificado con SBS, a varias concentraciones de polímero. En la Figura 1 a continuación, se observa la tendencia de las propiedades punto de ablandamiento tipo anillo y bola (A&B) según la norma IRAM 6841 y recuperación torsional elástica (RTE), según IRAM 6830, para los materiales obtenidos. Se escogió el rango de concentración de SBS entre 3 y 4 %, dado que en ese rango es donde se observa la mayor pendiente en las propiedades A&B y RTE respecto a la cantidad de polímero.

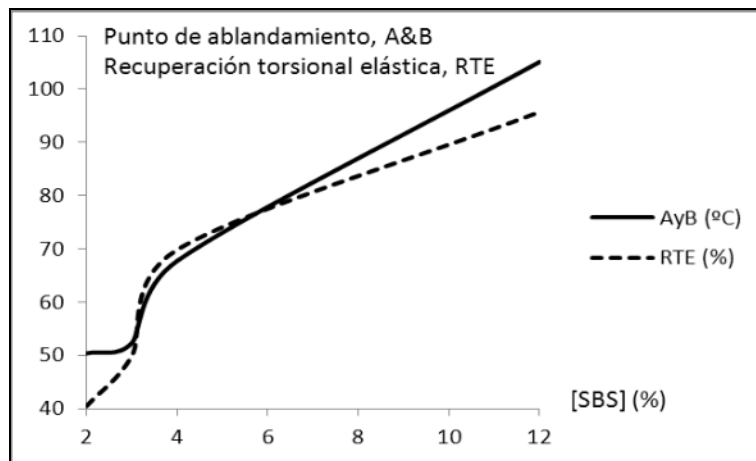


Figura 1: A&B y RTE para diferentes concentraciones de SBS

Resultados de los sistemas estudiados

Sistema n° 1

A este grupo pertenecen los AMP elaborados a partir de un asfalto con SBS concentrado, posteriormente diluido con CAP 50/70 y aditivado con un agente entrecruzador comercial al 0,2% en peso (concentración recomendada por el proveedor). En la Figura 2 se muestra la comparación particular de las propiedades A&B y RTE, entre los AMP sin agente y con agente entrecruzador.

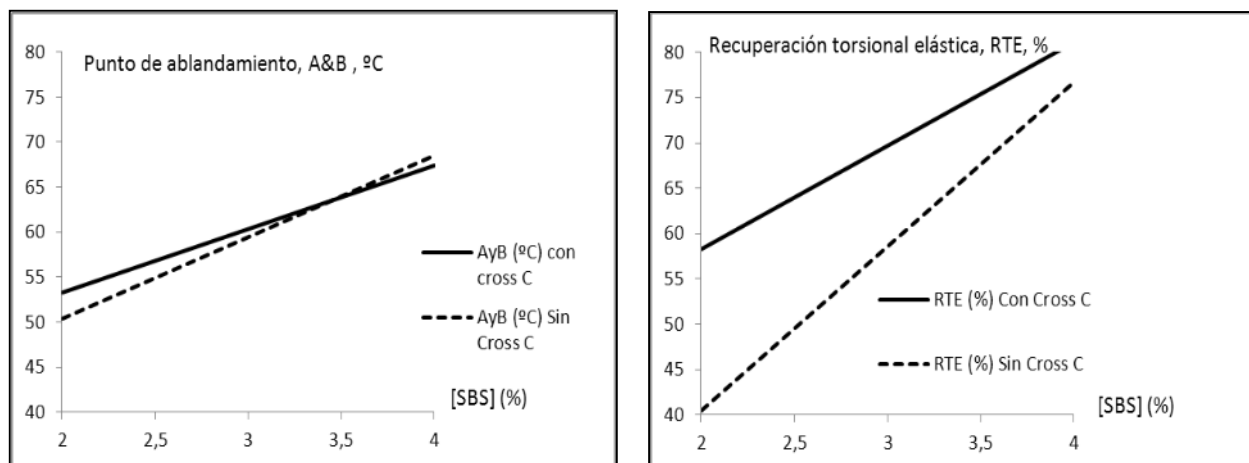


Figura 2: A&B y RTE para diferentes concentraciones de SBS con y sin 0,2% de Cross C

De los datos anteriores se evidencia que la incorporación del aditivo influye en las propiedades de los AMP, aumentando notoriamente el valor de las propiedades elásticas y del punto de ablandamiento. Asimismo es clara la presencia de una concentración crítica, a partir de la cual la tendencia se revierte ya que ambas curvas convergen.

De este análisis se deduce que las condiciones necesarias óptimas para lograr un asfalto tipo AM3 según la norma IRAM 6596 ($A\&B \geq 65^{\circ}\text{C}$, $RTE \geq 70\%$) está en el entorno de 3,6% de SBS con 0,2% de Cross C.

Sistema n° 2

El sistema n° 2 de muestras, es muy similar al n° 1, con la particularidad de que el aditivo es azufre (S). Varios AMP, con concentraciones de SBS entre 3 y 4% en peso, fueron adicionados con S en concentraciones de 0,08% y 0,16%. En la Figura 3, se muestran los valores comparativos de A&B y RTE para los dos porcentajes de azufre ensayados.

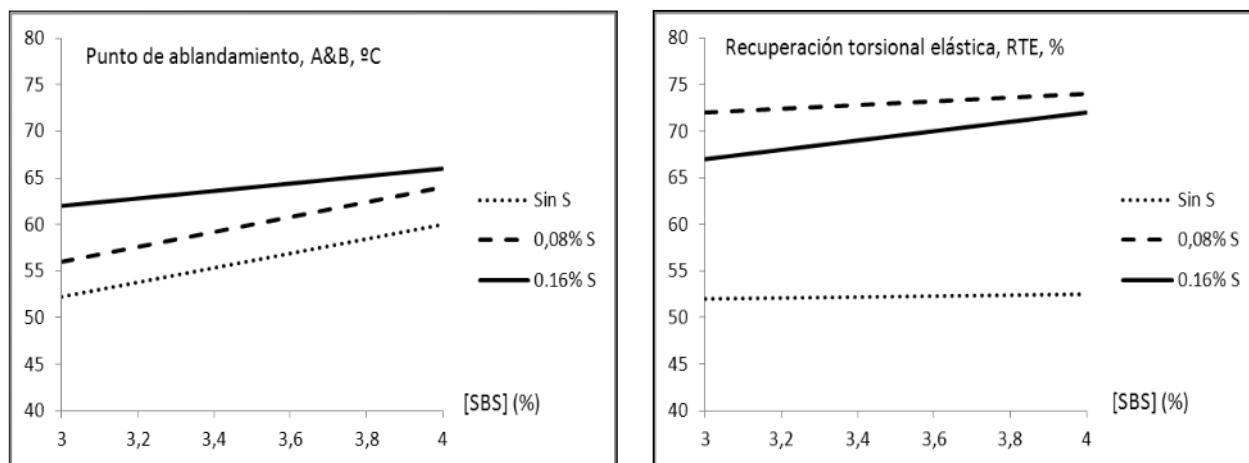


Figura 3: A&B y RTE para diferentes concentraciones de SBS con (0,08 y 0,16%) y sin azufre

Para todos los casos, las propiedades elásticas de los asfaltos aumentan considerablemente respecto a los no aditivados, en sistemas con 3% de SBS y 0,08% de azufre ya se alcanza el valor de norma. Se observa una particularidad en los valores de RTE para las dos concentraciones de

azufre: los valores correspondientes a la más baja cantidad de azufre agregado son superiores a los de la mayor. Del mismo modo, la consistencia aumenta con el agregado de S, pero para alcanzar el valor de especificación, la concentración de SBS tiene que estar en valores de 4% de polímero en promedio.

Sistema n° 3

Finalmente, los asfaltos de este grupo fueron diluidos con asfalto tipo AC30 y aditivados con azufre al 0,12%. El comportamiento observado es similar al de los casos anteriores como se puede apreciar en la Figura 4, tanto las propiedades elásticas como la consistencia aumentan ampliamente. Para estos casos, en principio, no se observa una concentración crítica que revierta la tendencia en las propiedades.

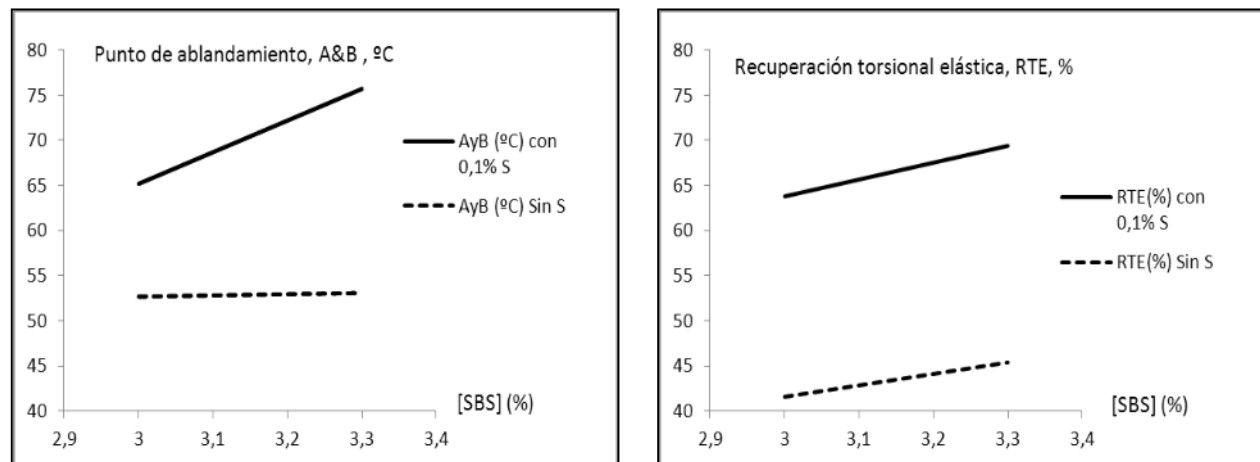


Figura 4: (AC 30) A&B y RTE para diferentes concentraciones de SBS con (0,12%) y sin azufre

Es evidente que estos sistemas con AC30 muestran la mejor performance del grupo, la consistencia aumenta notoriamente, obteniéndose un AMP tipo AM3 en sistemas con cantidades de SBS en el orden de 3,3%.

El origen de los crudos utilizados influye notoriamente en las propiedades alcanzadas en el asfalto AM3 buscado. La calidad del AC30 utilizado permite alcanzar cómodamente los parámetros requeridos reduciendo las concentraciones finales de SBS en el asfalto modificado.

Comparativo entre los entrecruzadores utilizados

Comparativamente, como se observa en la Figura 5, la incorporación de un aditivo al AMP, efectivamente causa el aumento de la consistencia y de las propiedades elásticas. Confrontando los aditivos, el producto comercial aumentó el valor de las propiedades sensiblemente más que el azufre. Es menester resaltar que el aditivo comercial está al 0,2% en peso, este es el valor recomendado por el fabricante, en cambio para el azufre, concentraciones en el rango de 0,08 - 0,12% son eficaces y efectivas, siendo no menor el hecho comercial, el azufre es menos costoso que el Cross C.

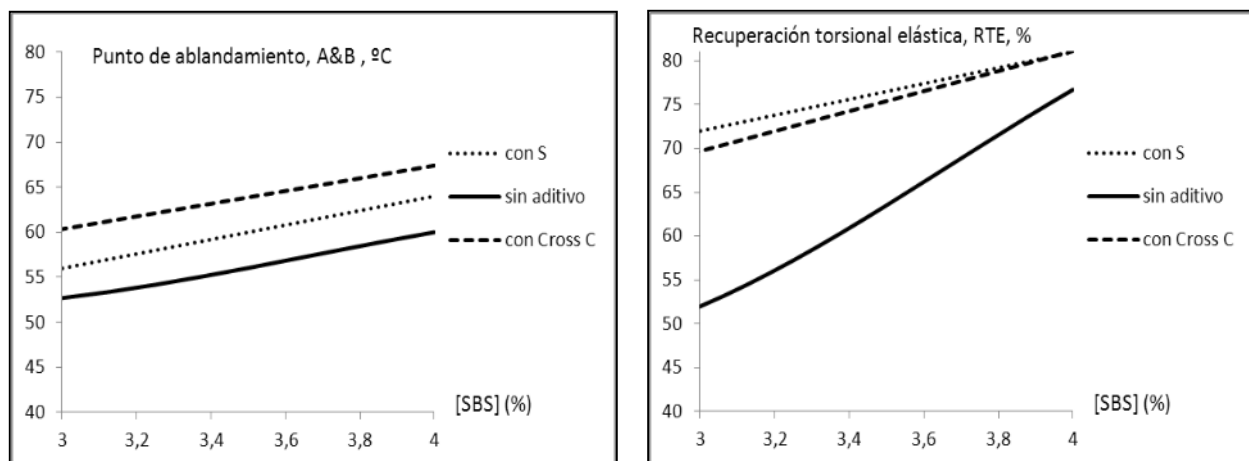


Figura 5: Comparación de propiedades, A&B y RTE para los AMP sin aditivos, AMP con Cross y S al 0,08%

Estabilidad al almacenamiento

De los sistemas optimizados debemos aún realizar análisis pormenorizados de la estabilidad al almacenamiento.

CONCLUSIONES

1. Se evidenció experimentalmente, que la incorporación de agentes entrecruzadores genera cambios en las propiedades de los asfaltos, específicamente el punto de ablandamiento y la recuperación torsional elástica, aumentando su valor respecto a las medidas en los asfaltos sin aditar.
2. El sistema con la mejor performance es el elaborado con AC 30 y azufre, obteniéndose asfaltos tipo AM3 con 3,3% de SBS y 0,1% de azufre.
3. El aditivo comercial muestra una mejor performance respecto al azufre, según los resultados observados, pero se usa en mayor cantidad y es más costoso.
4. Los aditivos utilizados, en las condiciones ensayadas, no generan cambios apreciables en las propiedades trascendentes medidas de los asfaltos crudos.
5. No es posible, en las condiciones planteadas y ensayadas, el uso de este tipo de aditivos en el asfalto concentrado, por lo que su uso queda restringido a la etapa de dilución en el proceso de producción.
6. El proceso productivo recomendado es dilución del *master batch* con asfalto AC30 y en una posterior etapa, la incorporación de azufre.

AGRADECIMIENTOS

BSc. Verónica Mora

REFERENCIAS

Asociación Uruguaya de Caminos (AUC). Informe: Situación de la Vialidad Uruguaya, 2004.

Chen J.S., Huang C.C., Fundamental Characterization of SBS-Modified Asphalt Mixed with Sulfur. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 103, pp.2817-2825. (2007).

Hernández Zamora, G., Beneficios de la Modificación de asfaltos usando copolímeros de estireno butadieno. Publicación Técnica. Dynasol Elastómeros, S.A de C.V. Asistencia Técnica y Desarrollo.

Rodríguez, R., Castaño, V. M., Martínez, M., Hernández, G., Desarrollo de aditivos para Asfaltos modificados con bajos contenidos de hule. Publicación Técnica No. 160 Sanfandila, 2001.