

IAG212-06-2013
FORTALECIMIENTO DE LA SUSTENTABILIDAD DE LA
PAVIMENTACIÓN CON ASFALTO COMBINANDO MEZCLAS TIBIAS
CON MATERIALES RECICLADOS
COMBINANDO AS MISTURAS TÍBIAS COM MATERIAIS RECICLADOS
REFORÇA CONSIDERAVELMENTE A SUSTENTABILIDADE DA
PAVIMENTAÇÃO COM ASFALTO

Autores: Sundaram Logaraj, Angelo Almeida, Federico Ballinas, Marcelo Martínez
Institución: Akzo Nobel Surface Chemistry LLC
Chicago, IL, USA; São Paulo, Brasil, Ciudad de México, México; Buenos Aires, Argentina.
sundaram.logaraj@akzonobel.com; angelo.almeida@akzonobel.com;
federico.ballinas@akzonobel.com; marcelo.martinez@akzonobel.com

RESUMEN

Los enfoques de la sustentabilidad son: reducción del consumo de energía, de emisiones y conservación de recursos.

Las Mezclas Tibias reducen emisiones y uso de energía. El uso de materiales reciclados (RAP) y caucho molido de neumáticos en mezclas conservan más efectivamente los recursos, disminuyen consumo de energía y emisiones pero son mezclas difíciles de compactar.

La tecnología de Mezclas Tibias facilita el proceso de mezclas conteniendo altos contenidos de materiales reciclados.

Se seleccionó una baja dosificación de aditivo líquido en un proyecto de Mezcla Tibia en el aeropuerto de O'Hare dentro de un programa de modernización, que utiliza varios niveles de RAP. El proyecto aportó bajos consumos de energía, bajas emisiones y poco agotamiento de recursos naturales comparado con mezclas calientes con materiales vírgenes; también proporcionó beneficios prácticos para productores y contratistas de mezclas en caliente. La compactación de mezclas tomó menos tiempo e incremento productividad del proyecto de pavimentación. También la pavimentación continuó cerca de temperaturas de congelamiento en Diciembre del 2011 con el uso de la tecnología de Mezclas Tibias.

En un proyecto en El Centro, California, cerca de la frontera con México, la tecnología líquida de Mezclas Tibias fue usada en mezclas asfálticas modificadas con caucho de neumático. Las mezclas con caucho de neumático son mezclas difíciles que necesitan altas temperaturas para pavimentar y compactar, y están siempre acompañadas por olor, niebla y humo. Se logró mejorar la trabajabilidad de la mezcla y se pudo pavimentar a temperaturas más bajas, eliminando humo y olor. La combinación de Mezclas Tibias con materiales reciclados tales como RAP y caucho molido de neumáticos mejoran grandemente la sustentabilidad de la pavimentación asfáltica.

RESUMO

Os enfoques da sustentabilidade são: redução do consumo de energia, das emissões e a conservação dos recursos.

As Misturas Mornas reduzem as emissões e o consumo de energia. O uso de materiais reciclados (RAP) e borrachas moídas de pneus nas misturas conservam mais efetivamente os recursos, diminuem o consumo de energia e emissões, mas são misturas mais difíceis de compactar.

A tecnologia de Misturas Mornas facilita o processo de misturas contendo altos teores de materiais reciclados.

Foi selecionada uma pequena dose de aditivo líquido em um projeto de Mistura Morna no Aeroporto de O'Hare dentro de um programa de modernização que utiliza vários níveis de RAP. O projeto contribuiu para baixos consumos de energia, baixas emissões e pouco esgotamento de recursos naturais comparando com misturas a quente com matérias-primas virgens; também proporcionou benefícios práticos para produtores de misturas a quente e empreiteiros. A compactação das misturas levou menos tempo e aumentou a produtividade do projeto de pavimentação. Com o uso da tecnologia de Misturas Mornas a pavimentação pode continuar mesmo a temperaturas próximas a de congelamento, em Dezembro de 2011.

Em um projeto em El Centro, Califórnia, perto da fronteira com o México, a tecnologia líquida de Misturas Mornas foi usada em misturas asfálticas modificadas com borracha moída reciclada de pneus. As misturas com borrachas moídas recicladas de pneus são misturas difíceis que necessitam altas temperaturas para pavimentar e compactar e estão sempre acompanhadas por odor, emissões e fumaça. Foi possível melhorar a trabalhabilidade da mistura e foi possível pavimentar a temperaturas mais baixas eliminando o odor, as emissões e a fumaça. A combinação de Misturas Mornas e materiais reciclados, como RAP e borracha moída reciclada de pneus melhoram consideravelmente a sustentabilidade da pavimentação asfáltica.

INTRODUCCIÓN:

El pavimento de asfalto sostenible es aquel que minimiza los impactos ambientales a través de la reducción del consumo de energía y recursos naturales y las emisiones asociadas al tiempo que satisface todas las condiciones de funcionamiento y las normas (2). Los tres ámbitos son reducir las emisiones de carbono, reducir el consumo de energía y conservar los recursos. Cuando se combinan estos tres elementos nos encontramos en la zona objetivo de la sustentabilidad (Figura 1) (3). Al mismo tiempo la seguridad de los trabajadores de la construcción también tiene que ser respetado y las emisiones nocivas en la planta de mezcla y durante la pavimentación tienen que ser controlada.



Figura 1: Zona objetivo para caminos de asfalto sostenibles de la referencia 3.

Los beneficios ambientales de la mezcla tibia están bien establecidos. En la planta de mezcla en caliente se reducen las emisiones de la pila (incluyendo dióxido de carbono) en hasta un 30-50% según NAPA y otros (4,5). Los vapores potencialmente dañinos y aerosoles detrás de la pavimentadora y la rasadora se reducen más del 50% (6). La regla del dedo es que se reduzcan las emisiones de humo por un factor de dos por cada reducción de 10°C en la temperatura (7). Esto proporciona mucho mejor ambiente de trabajo para el equipo de pavimentación. El ahorro de energía asociado con la mezcla tibia depende de la temperatura de la mezcla. Aproximadamente la mitad del uso de combustible en la planta de mezcla en caliente es para secar el agregado. En casos donde la mezcla tibia todavía requiere de secado de los agregados, el ahorro total de energía y las emisiones de carbono consecuente comparadas con mezcla en caliente es alrededor de 10%. Si la mezcla está preparada por debajo de 100°C, evitando la necesidad de secar el agregado (también llamado "mitad de mezcla tibia"), entonces el ahorro de energía es mayor (7). En los Estados Unidos, ha habido un crecimiento considerable en la producción de mezcla tibia a casi 70 millones de toneladas en 2011 según NAPA (8), lo que representa aproximadamente el 14% de todas las mezclas de asfalto.

Reciclado de pavimento asfáltico y caucho de neumático de desecho en mezclas asfálticas.

El uso de materiales reciclados en mezclas asfálticas tiene un efecto directo sobre la sostenibilidad del pavimento con respecto al reclamo sobre los recursos naturales de agregados y asfaltos. El uso de Pavimento de Asfalto Reciclado (RAP por sus siglas en inglés) y Tejas de Asfalto Recicladas (RAS por siglas en inglés) en mezclas de asfalto conduce a una reducción en las emisiones de carbono, así como nos lleva al ahorro de costos directos mediante la sustitución de cemento asfáltico y agregados. Para una mezcla que contiene 30% mezcla de RAP se alcanza una reducción de aproximadamente el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción de la mezcla (9) y también una reducción similar del 20% en los costos (10). Cuando se tienen en cuenta el total de la producción y proceso de pavimentación los detalles del proyecto

y transporte de RAP pueden tener una influencia importante y el contenido de agua del RAP influencia en el ahorro de energía.

El uso del caucho de neumático en carpeta de asfalto está creciendo en respuesta a la presión ambiental sobre la eliminación de neumáticos de desecho y el alto costo de polímeros vírgenes. Hay unos 300 millones llantas de desecho generados por año en los Estados Unidos. Asfalto Modificado con Caucho Molido (CRM por sus siglas en inglés) es el mercado sencillo más grande para el caucho de neumático, consumiendo un estimado de 220 millones de libras, o aproximadamente 12 millones de neumáticos (11). En comparación a un asfalto convencional modificado con polímero los costos pueden reducirse en un 20% mediante el uso de la carpeta con CRM (12) y los costos del ciclo de vida también se ven reducidos (13). Ya que el caucho molido es un material reciclado, los costos ambientales de la producción, aparte de la trituración y molienda en si mismo, no contribuyen al impacto ambiental de la carpeta o mezcla. Comparado con materiales no modificados de durabilidad similar, las mezclas con CRM llevan a un menor huella ambiental (14)

Mezclas Tibias con Materiales Reciclados

El uso de RAP, RAS y caucho de llanta molido en mezclas asfálticas conduce a retos técnicos. En todos los casos el uso de estos materiales reciclados produce mezclas que son menos trabajables y menos fácilmente compactadas que normalmente se traduce en temperaturas mayores de producción y pavimentación. Cuanto mayor sea el contenido de materiales reciclados y menor el contenido de asfalto virgen más difícil se vuelve la fabricación y pavimentación. Mayores temperaturas significan más altas emisiones de gases nocivos y más altos consumos de energía de entrada.

En el caso de asfalto CRM, la Asociación de Pavimentos de Caucho recomienda que la mezcla sea producida a la menor temperatura tolerable y algunos Estados también imponen límites de temperatura superior. La última edición de la Guía de Prácticas Estándar alienta el uso de tecnologías de la mezcla tibias para reducir temperaturas de reducir y mejorar la trabajabilidad y compactabilidad (15). Cuando las temperaturas de la mezcla son controladas, las mezclas asfálticas con caucho producen emisiones más bajas (16) y cuando se combina con pequeñas cantidades de polímeros sintéticos y aditivos de mezclas tibias los ligantes CRM pueden dar buenas propiedades a baja temperatura para aplicación en clima frío (17) En el caso de mezclas que contienen RAP ya se sabe que la tecnología de mezcla tibia puede ayudar a alcanzar mayores niveles de utilización de RAP.

En este trabajo se describen dos proyectos en los cuales Pavimentos con Asfalto Reciclado Caucho Molido de Neumáticos se combinaron con tecnología de mezcla tibia para conseguir maximizar los beneficios ambientales – un alto nivel de reciclaje, pero sin la necesidad de mayores temperaturas de procesamiento. El aditivo de mezcla tibia usado es el Rediset LQ – un aditivo químico que proporciona tanto características de mezcla tibia como la adherencia mejorada.

Mezcla Tibia con RAP en el Aeropuerto Internacional O'Hare de Chicago

El Aeropuerto Internacional O'Hare, en Chicago es el segundo más concurrido en los Estados Unidos de América con más de 33 millones de pasajeros en 2011. El Programa de Modernización de O'Hare (OMP por sus siglas en inglés) es uno de los mayores programas de

rehabilitación estructural en los Estados Unidos. Como parte del programa, cinco nuevas calles de rodaje situados en la sección noreste del aeropuerto están siendo pavimentados para acomodar el rodaje y estacionamiento de aviones nuevos y más grandes, particularmente aviones de carga. Las calles de rodaje, diseñadas para medir 24 metros de ancho y flanqueado por los hombreras de asfalto de 11 metros de ancho, están siendo pavimentadas con múltiples capas de asfalto de mezcla tibia con aditivo Rediset LQ, hecho por Constructora K-5, una de las principales compañías de pavimentación de concreto y asfalto con sede en Lemont, Illinois, con plantas en todo el noreste de Illinois. Las capas de asfalto son cubiertas con una capa de Concreto de Cemento Portland (PCC por sus siglas en inglés) por el contratista general Walsh Construction. El Departamento de Aviación de Chicago tiene un fuerte programa de sostenibilidad y OMP está promoviendo tecnologías verdes en pavimentación, así como el reciclado de más de 500,000 toneladas de agregado de concreto triturado y molienda de asfalto como parte del proyecto. Esto incitó a utilizar mezclas tibias junto con el RAP. Las calles de rodaje fueron pavimentados con más de 70,000 tons de asfalto de mezcla tibia conteniendo el aditivo Rediset y diferentes niveles de RAP durante 2011-2012. El base contenía 40% RAP y ligante asfáltico virgen más suave PG 58-22. La mezcla de la carpeta contiene el 20% RAP y la mezcla superficial contiene 10% RAP. La mezcla Base de Asfalto Permeable Tratado (ATPB por sus siglas en inglés) no contenía RAP. Ligante del tipo PG 64-22 fue utilizado en estas últimas tres mezclas. Los niveles del aditivo de mezcla tibia fueron adaptados a las 4 mezclas. Como regla general con más alto contenido de RAP una mayor dosificación de aditivo se utilizó, calculado sobre la base del nuevo cemento asfáltico. Típicamente se pavimentaron dos capas de 3 pulgadas. Las mezclas fueron todas producidas alrededor de 130°C, excepto la mezcla superficial que se produjo cerca de los 140°C. El uso del aditivo Rediset permitió la compactación incluso con temperaturas de aire tan bajas como 4°C. En todas las mezclas la reducción típica de temperatura comparada con mezcla caliente regular fue de entre 20 a 30°C en la planta y unos 30°C detrás de la pavimentadora. Las densidades requeridas de 93-96% fueron alcanzadas con menos pasadas de compactación de las que se requieren para mezclas calientes similares, ahorrando tiempo de construcción. La mezcla ATPB debe ser normalmente compactada a 55°C o inferior. Ya que la mezcla tibia empezó a menor temperatura se alcanzó la temperatura de compactación requerida más rápidamente que también contribuyó a la pavimentación más eficiente.

Tabla 1: Valores obtenidos por capa de pavimentación en O'Hare

Tipo Mezcla	RAP %	Temp. Aire °C	Reducción Típica de Temp. °C		Temperatura °C		Densidad de Campo
			Planta	Camino	Planta	Rasadora	%
Capa Base	40	4-24	22-28	22-33	127-130	116-127	Rango 94.4 a 95.1
Capa Ligante	20	4-24	22-28	22-33	127-130	116-127	95.9, 95.8

Capa Superficial	10	4-24	22-28	22-33	138	130	Rango 93.2 a 94.5
ATPB	0	4-24	22-28	22-33	127-130	116-127	95.4

Con el fin de obtener el máximo beneficio ambiental es esencial que la mezcla tibia tenga buena durabilidad - los resultados del Análisis de Ciclo de Vida son muy sensibles a la vida útil del pavimento (1).

Las mezclas fueron sometidas a pruebas de sensibilidad de humedad – Proporción de Resistencia a la Tracción (TSR) y Rueda de Hamburgo de seguimiento (tabla 2). Las mezclas excedieron los requisitos tanto para TSR (mayor del 75%) y Ahuellamiento (La Especificación Estándar es al requerido número de pasadas la huella sea menor que 12.5 mm. En general el número requerido de pasadas para este tipo de grados de asfaltos son 10,000, pero en este caso se corrió la prueba a 20,000 pasadas para estar seguros que no había susceptibilidad al ahuellamiento)

Tabla 2: Resultados TSR y Ahuellamiento

Tipo Mezcla	PG Ligante	RAP %	Sensibilidad a Humedad	
			TSR, %	Hamburgo
Capa Base	PG 58-22	40	86.1	-9.3 mm @20,000 pasadas
Capa Ligante	PG 64-22	20	95.3	-7.6 mm @20,000 pasadas
Capa Superficial	PG 64-22	10	95.3	-5.8 mm @10,000 pasadas
				-9.3 mm @20,000 pasadas



Figura 2: Compactación de capa ligante (2011). Colocación fue a 20-30°C abajo de las temperaturas normales de mezcla caliente



Figura 3. Mezcla ATPB siendo pavimentada. Debido a la menor temperatura de colocación la compactación puede ser iniciada más pronto

Mezcla Tibia con Asfalto Modificado con Caucho Molido en El Centro, CA

A continuación se va a discutir sobre el proyecto de mezcla tibia con caucho con Rediset, que tuvo lugar en el distrito 11 de Caltrans cerca de El Centro, CA. Este se encuentra junto a la frontera mexicana con Estados Unidos y va de la I-8 Oeste a Oeste hasta San Diego. El objetivo del contenido del ligante fue del 7,6%. El aditivo Rediset fue utilizada en dosis de 0.75% por peso de ligante. El asfalto base que se utilizó fue PG 70-10. La mezcla contenía 18% por peso de asfalto de caucho molido. La pavimentación fue durante un día caluroso en verano, la temperatura era de 30 a 37°C. La temperatura de producción de mezcla fue alrededor de 145-150°C. La temperatura de colocación fue alrededor de 127°C. El tiempo de recorrido era de 30 a 45 minutos. Las densidades de núcleo promedio fueron de 93.9 que estaba dentro de los límites (límite mínimo de 92)



**Figura 4: Mezcla Tibia con Asfalto Modificado con Caucho Molido en El Centro, CA.
No hay humos visibles en contraste con mezclas regulares modificadas con caucho molido**

Las principales observaciones fueron el Rediset líquido fue fácil de manejar y fácil de medir y el material pavimentado cumplió todas las especificaciones, especialmente las densidades. No hubo adherencias de la mezcla al equipo, sin costras o fragmentación visto con algunos otros aditivos de mezcla tibia. No hubo humo visible, olor o neblina. Hubo indicios de que fue posible bajar aún más de la temperatura.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las pruebas realizadas, las mezclas tibias cumplieron con los requisitos de desempeño, tanto para TSR como para la rueda de Hamburgo, desempeñándose mejor en ambas pruebas, por lo que podemos concluir que combinar las mezclas tibias con reciclado es bueno para la sustentabilidad y desempeño. Las mezcla tibias tienen varios beneficios prácticos, además de reducir las emisiones y la energía. Las mezclas tibias permiten el uso de un contenido

más alto de RAP, proporcionando una forma más sustentable y de más bajo costo. Asimismo las mezclas tibias hechas con mezclas modificadas con caucho molido proporcionan el beneficio ambiental de la reutilización de neumáticos de desecho y pueden ofrecer costos y reducen las emisiones de carbono en comparación con materiales equivalentes hechos sin caucho. Las deficiencias en las mezclas que contienen altos contenidos de estos materiales reciclados relacionados con pobre trabajabilidad y compactabilidad, pueden eliminarse en gran medida con el uso de aditivos de mezclas tibias.

REFERENCIAS

1. Resource efficiency with focus on the customer solution, Johanna Martinsson, CESIO 9th World Surfactant Congress, Barcelona 2013
2. Sustainable Asphalt Pavements: Technologies, Knowledge Gaps and Opportunities, Hussain Bahia and Timothy Miller, Modified Asphalt Research Center, available at <http://uwmarc.wisc.edu>
3. Energy, Emissions, & Recycling, Hussain U. Bahia & Timothy D. Miller, International Conference on Highway Engineering, Bangkok Thailand, 2012.
4. War Mix Asphalt-Best Practices, Quality Improvement Series No125, National Asphalt Pavement Association, 3rd Edition 2012
5. Developments in Asphalt Technology, Ron Sines, Institute of Asphalt Technology National Conference 2010
6. Lower Temperatures – The Best For Asphalt, Bitumen, Environment and Health And Safety, Reinhold Rühl, Eurobitume & Euroasphalt 2008.
7. Innovative Processes In Asphalt Production and Application - "Strengthening Asphalt's Position In Helping To Build a Better World, Tony Harrison, Leon Christodoulaki, 6th AAPA/AUSTROADS Conference, Melbourne 2000
8. 2nd Asphalt Pavement Industry Survey: RAP, RAS and Warm Mix asphalt 2009-2011, Information Series 138 , NAPA.
9. Benefits in Energy Savings and CO2 Reduction by Using Reclaimed Asphalt Pavement, Ning Lee, Chai-Pei Chou, Kuan-Yu Chen, TRB 2012 Annual Meeting
10. Federal Highway Administration. Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments. 7 December 1997.
11. United States Environmental Protection Agency, “Wastes – Resource Conservation – Common Wastes & Materials – Scrap Tires,”
12. Latest developments in Rubber Modified Binders, Mark Belsher, NAPA Annual Meeting Scottsdale AZ, 2013
13. Life Cycle Cost Analysis: Comparison of Rubberized and Conventional Hot Mix Asphalt in California, DingXin Cheng TRB Annual Meeting 2012
14. The environmental impact assessment of Asphalt Rubber: Life Cycle Assessment, Irene Bartolozzi - Ines Antunes- Francesco Rizzi, Asphalt Rubber Conference 2012, Munich.
15. Asphalt Rubber Standard Practice Guide 2nd Edition , George Way, Kamil Kaloush, and Krishna Prapoorna Biligiri, Rubber Pavements Association 2012.
16. Research findings on the use of Rubberized Warm-Mix Asphalt in California, David Jones, Rongzong Wu, Cathrina Barros, and Joseph Peterson, Asphalt Rubber Conference 2012, Munich

17. Quality and Durability of Warm Rubberized Asphalt Cement in Ontario, Hattie Xu, Andrew McIntyre, Tham Adhikari, Simon A.M. Hesp, Pamela Marks and Seyed Tabib, 92nd Annual Meeting of TRB, 2013.