

XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito

FUTURO DEL ASFALTO CAUCHO EN URUGUAY

Santiago Kröger, Claudio Kröger

Victoria de Carrasco 2058, Colonia Nicolich, Canelones, Uruguay

+598 2682 9090

santiago@bitafal.com.uy, claudio@bitafal.com.uy

RESUMEN

Desde el 2009 existe en Uruguay un tramo de carpeta asfáltica con asfalto modificado con polvo de neumático al 10% con un tramo testigo realizado con asfalto convencional tipo AC20. Los ensayos realizados durante la construcción del mismo demostraban un producto de excelente desempeño, similar al de un asfalto modificado con caucho sintético virgen pero a un costo sensiblemente menor.

Luego de 7 años desde su puesta en servicio, los resultados son aún mas alentadores, ya que para las mismas cargas y clima, el pavimento elaborado con asfalto convencional tiene un índice de serviciabilidad considerado malo (menor a 2) mientras que el realizado con asfalto caucho tiene una buena condición (índice de 3,5 aproximadamente).

Recientemente ocurrieron dos hechos fundamentales para el desarrollo de la tecnología. Por un lado se promulgó el Decreto 358/2015, en el cual se exige a importadores y fabricantes a contar con un sistema de gestión de neumáticos fuera de uso donde se busca la reducción y la valorización de los neumáticos respecto a su disposición final.

Por otro lado se aprobó la instalación de la primera planta de molienda de neumáticos a gran escala en Uruguay, lo que permitiría obtener el polvo a nivel nacional, con una producción de unas 12.000 toneladas anuales de polvo de neumático, que sería suficiente para dar una solución a lo generado anualmente y consumir el pasivo ambiental existente en el país.

Ya se realizaron varios tramos, tanto de recapado sobre la calzada principal, como en las nuevas sendas de sobrepaso en la Ruta Nacional 9 utilizando esta tecnología. Compartimos en este trabajo los resultados tanto a nivel de laboratorio, el desempeño de los tramos de prueba y las proyecciones a futuro para esta nueva técnica que es económica y ambientalmente sustentable.

INTRODUCCIÓN

GESTIÓN DE NEUMATICOS FUERA DE USO (NFU)

Una importante cantidad de neumáticos en desuso que se desechan en Uruguay termina siendo enterrada en los vertederos municipales derivando esto en importantes problemas sanitarios y ecológicos. Se estima que actualmente se generan cerca de 1.5 millones de neumáticos por año, cantidad que se ha duplicado desde el 2009 debido a la explosión del parque automotor en el país.

Mas allá del problema técnico que implica el enterramiento debido a los elevados volúmenes considerados y además a su naturaleza elástica, el aspecto sanitario es hoy la mayor preocupación. A comienzos de este año aparecieron en el país los primeros casos de dengue autóctono debido a la proliferación del mosquito *Aedes aegypti*, vector de la enfermedad, que encuentra en estos neumáticos abandonados un ambiente óptimo para su crecimiento.

Por otra parte, preocupa también al Ministerio de Medio Ambiente que una gran cantidad de neumáticos es incinerada sin ningún control de emisiones gaseosas lo que implica una gran contaminación atmosférica.

Por lo antes mencionado y siendo que los componentes de los neumáticos son materias primas valiosas y a su vez reciclables se ha promulgado en diciembre de 2015 el Decreto 358/2015, en el cual se exige a importadores y fabricantes a contar con un sistema de gestión de neumáticos y cámaras fuera de uso donde se busca encontrar solución a los problemas antes mencionados priorizando la reducción y la valorización de los neumáticos respecto a su disposición final. (1)

Dentro del mismo se exige la creación de circuitos de recolección a nivel nacional, una adecuada gestión de los mismos, contar con mecanismos de control y trazabilidad, integrar a los puntos de venta (como talleres, gomerías y otros servicios relacionados) y por supuesto realizar campañas de concientización a nivel del consumidor para que este esquema funcione.

El principal objeto del Decreto es la reducción al exigir mejores calidades de neumáticos y fomentar el reuso en forma de recauchutaje o en otras aplicaciones. Luego se indica el reciclado de los neumáticos, mediante molienda, para aprovechar sus materiales constituyentes, siendo el componente de mayor volumen el polvo de caucho. Luego se prevé la valorización energética siempre y cuando se cumplan con los estándares ambientales para tal fin, prohibiéndose la quema a cielo abierto y por último, si no hay otra posibilidad, la disposición final en relleno sanitario.

Este esquema es muy similar al propuesto en España, que cuenta desde el 2005 con el Real Decreto 1619/2005, para la gestión de neumáticos fuera de uso. (2) Del mismo han surgido dos importantes Sistemas de Gestión, SIGNUS y TNU, que cuentan en conjunto con 24 plantas recicladoras y 16 plantas de valorización energética actualmente.

USO DE NFU EN CARRETERAS

Los usos del polvo de caucho van desde fabricación de calzado, de nuevos neumáticos, hasta carreteras con propiedades reológicas mejoradas respecto a las fabricadas sin este aditivo.

Dentro de las ventajas de su uso para modificar asfaltos podemos mencionar la disminución de la susceptibilidad térmica, obteniendo mezclas mas rígidas a altas temperaturas de servicio, reduciendo el ahuellamiento y mezclas mas flexibles a bajas temperaturas, reduciendo la fisuración. El polvo de neumático brinda una mayor adherencia entre el asfalto y el árido, reforzando la cohesión y reduciendo la susceptibilidad a la humedad, dándole mayor vida útil a la mezcla. También, debido al poder antioxidante de algunos componentes del polvo, se logra un menor envejecimiento del ligante, colaborando en una mayor durabilidad. (3)

En EEUU desde la década del 60' se conocen los beneficios de usar polvo de neumático para modificar asfalto y cuentan en la actualidad con mas de 800 tramos construidos, algunos de ellos con mas de 30 años en servicio (4). En España se han construido mas de

1000 km de carreteras con esta tecnología (5) y en Brasil ya son mas de 8000 km en la actualidad (6).

ANTECEDENTES EN URUGUAY

Con estos antecedentes a nivel mundial es que en el 2009 decidimos en Uruguay realizar las primeras pruebas con polvo de neumático para la modificación de asfalto. Se realizaron los ensayos correspondientes para la elaboración del asfalto modificado por la “vía húmeda” y posteriormente se definió el primer tramo experimental de unos 400 m de longitud.

Los resultados fueron un producto de excelente desempeño, similar al de un asfalto modificado con caucho sintético virgen pero a un costo sensiblemente menor. Las principales variaciones respecto al asfalto base usado fueron una penetración reducida y un punto de ablandamiento, viscosidad y propiedades elásticas incrementadas (3).

La calidad del polvo de neumático es fundamental para un buen desempeño del ligante asfáltico modificado, para ello es imprescindible que el producto tenga una granulometría menor a 0,7 mm. Además se precisa entre un 10 a un 15% en peso de polvo de neumático respecto al asfalto convencional utilizado para lograr las prestaciones de un asfalto modificado con caucho sintético virgen.

Conseguir esta cantidad de polvo de caucho con esta calidad no es tarea sencilla. En las primeras pruebas se utilizó polvo nacional realizado con equipamiento manual que implicó varias semanas de fabricación. Para posteriores ensayos se utilizó polvo importado de las diferentes plantas automatizadas existentes en la región que logran moler los neumáticos a acero, tela y polvo de caucho.

Los resultados obtenidos en el tramo experimental desde su puesta en servicio muestran como muy promisorio el uso del asfalto caucho para la construcción de carreteras ya que para las mismas cargas y clima, el pavimento elaborado con asfalto convencional tiene un índice de serviciabilidad considerado malo (menor a 2) mientras que el realizado con asfalto caucho tiene una buena condición (índice de 3,5 aproximadamente) luego de 7 años de construido.

En cuanto a su uso a nivel nacional, desde el 2010 existe una resolución del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), la 2010/1/0371, que determina que debe realizarse una evaluación para utilizar asfalto modificado con polvo de neumático en vez de asfalto convencional siempre que sea factible técnica y económicamente.

Lamentablemente, esta resolución nunca se aplicó masivamente debido a la falta de materia prima en grandes volúmenes a nivel nacional y a la falta de información sobre el desempeño de las mezclas elaboradas con este producto.

Un gran paso que se ha dado desde el MTO en este tiempo es que la gran mayoría de las obras de rehabilitación de rutas de primer orden han usado (o lo harán) asfaltos modificados con caucho sintético virgen del tipo AM3. Esto ha implicado un cambio de mentalidad en el constructor que se ha equipado con maquinaria adecuada a los ligantes modificados, facilitando la aplicación en el futuro de forma masiva de mezclas con asfalto modificado con polvo de neumático.

Junto con estos avances desde el punto de vista técnico, recientemente se aprobó la instalación en Uruguay de la primera planta de molienda de neumáticos a gran escala, lo que permitiría obtener el polvo a nivel nacional, sin la necesidad de importarlo. Se prevé que la misma esté funcionando a pleno en el 2017, con una producción de unas 12.000 toneladas anuales de polvo de neumático, que sería suficiente para dar una solución a lo generado anualmente y lentamente ir consumiendo el pasivo ambiental existente en el país.

El objeto de este trabajo es detallar los diversos tramos de recapado utilizando asfalto modificado con polvo de neumático sobre la ruta nacional N° 9, realizados a principios de 2016, tanto en la calzada principal así como en las nuevas sendas de sobrepaso. Estos tramos de prueba se realizaron en lugares estratégicos, comparando su desempeño respecto a un asfalto modificado tipo AM3.

Exponemos a continuación el diseño, construcción y seguimiento de estos tramos de prueba, así como las perspectivas futuras para el desarrollo de la tecnología en el país.

DESARROLLO

LA RUTA SELECCIONADA

La Ruta 9, que recorre la costa este de Uruguay desde Ruta 8 hasta el Chuy, ha tenido un incremento sostenido de tránsito en la última década como puede verse en Tabla 1 y Gráfico 1, donde se muestra el “Tránsito Promedio Diario Anualizado” y agrupado por tipo de vehículo que pasa por el Peaje Garzón en el km.177,650.

TABLA 1: TPDA AGRUPADO POR TIPO DE VEHICULO										
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TPDA	1,843	1,877	1,973	2,131	2,377	2,584	2,897	3,011	3,196	3,327
Autos	1,433	1,496	1,534	1,640	1,862	1,968	2,165	2,347	2,401	2,539
Omnibus	73	83	94	107	102	126	134	135	135	134
Cam Liv	235	212	247	253	276	321	370	356	453	431
Cam Sem	26	22	26	32	30	15	16	16	20	22
Cam Pes	76	64	72	99	107	154	212	157	187	201

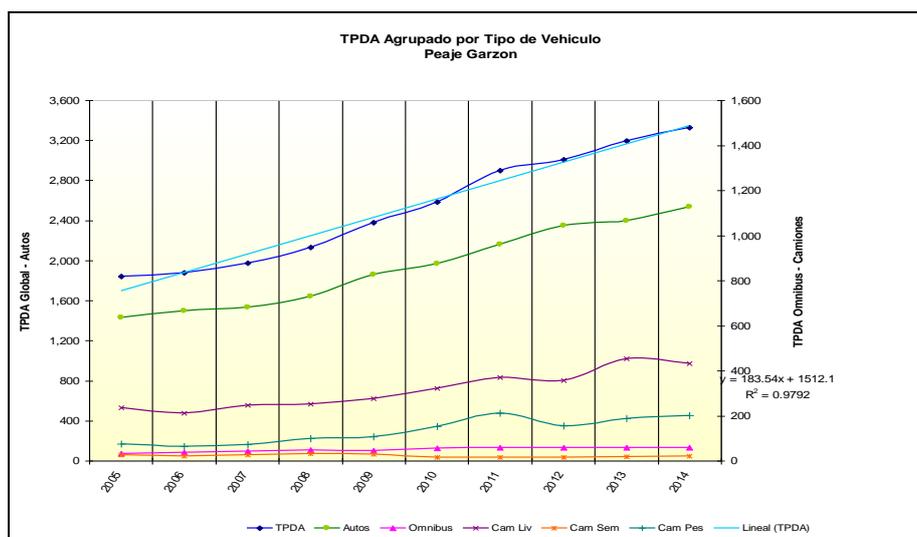


GRAFICO 1: TPDA DE LA ULTIMA DECADA EN RUTA 9

El incremento porcentual de tránsito de autos y camionetas en el período 2005 – 2014 ha sido de un 77% mientras que el de vehículos pesados ha sido de un 164% y esto especialmente asociado al transporte forestal.

Estos datos se complementan con la Tabla 2 que complementa lo anterior y muestra la “Variación Porcentual” de la composición del tránsito a lo largo del período.

TABLA 2: VARIACION % DE LA COMPOSICIÓN DEL TRANSITO										
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autos	77.8%	79.7%	77.7%	77.0%	78.3%	76.2%	74.7%	77.9%	75.1%	76.3%
Omnibus	4.0%	4.4%	4.8%	5.0%	4.3%	4.9%	4.6%	4.5%	4.2%	4.0%
Cam Liv	12.8%	11.3%	12.5%	11.9%	11.6%	12.4%	12.8%	11.8%	14.2%	13.0%
Cam Sem	1.4%	1.2%	1.3%	1.5%	1.3%	0.6%	0.6%	0.5%	0.6%	0.7%
Cam Pes	4.1%	3.4%	3.6%	4.6%	4.5%	6.0%	7.3%	5.2%	5.9%	6.0%

En 2005 el porcentaje de tránsito asociado a vehículos pesado era del 4,1% del total mientras que en 2014 el mismo pasó a ser del 6,0%.

Este aumento y también la variación porcentual en el tipo de vehículo ha generado un deterioro acelerado del pavimento de carpeta asfáltica con asfalto convencional existente y un aumento de la conflictividad en algunos puntos de la ruta junto con la limitación de la capacidad llevando a mayores tiempos de viaje.

En el contrato de mantenimiento actual se previó un bacheo en profundidad en los lugares mas comprometidos así como un recapado en casi toda su extensión con asfalto modificado tipo AM3. Además se incluyeron en el mismo la construcción de varios carriles de adelantamiento.

DISEÑO DEL TRAMO DE PRUEBA

Se han realizado sobre un mismo tramo homogéneo, entre el km 200 y 203, recapados de una mezcla semidensa CAC S12 en 4 cm con:

1. asfalto modificado con SBS del tipo AM3 según la norma IRAM 6596,
2. asfalto modificado con polvo de neumático.

De esta forma se puede realizar un comparativo entre ambos ligantes asfálticos tanto técnico como económico de su implementación.

ASFALTO MODIFICADO CON POLVO DE NEUMÁTICO

Se elaboró un asfalto modificado con polvo de caucho por vía húmeda (AMC) según la experiencia previa realizada en el 2009 (3), utilizando como materia prima cementos asfálticos de origen nacional y un 12 % de polvo importado (debido a la falta de un proveedor nacional por el momento).

En cuanto al cemento asfáltico tipo AM3, se realizó con SBS y aditivos estabilizadores. El mismo cumple con todos los parámetros exigidos en la norma IRAM 6596.

Los resultados de los ensayos básicos realizados sobre el asfalto modificado con caucho (AMC) y el AM3 se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3: ENSAYOS SOBRE ASFALTO MODIFICADO CAUCHO				
ENSAYO	NORMA	AMC	AM3	UNIDAD
Recuperación torsional elástica (25°C)	IRAM 6830	55	74	%
Punto de ablandamiento. Anillo y Bola.	IRAM 6491	53	67	°C
Penetración (100g, 5 segundos, 25°C)	IRAM 6576	72	68	dmm
Viscosidad Brookfield (Sp 21, 100 rpm) 150°C	ASTM D 4402	628	576	cP
Viscosidad Brookfield (Sp 21, 100 rpm) 170°C		300	260	
Viscosidad Brookfield (Sp 21, 100 rpm) 180°C		200	192	

MEZCLA CAC S12

La mezcla asfáltica semidensa tipo CAC S12 se diseñó con la composición granulométrica que se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA					
TAMIZ	Piedra 5-14	Polvo de trituración	Arena	Filler	
Nominal	Pasa [%]	Pasa [%]	Pasa [%]	Pasa [%]	COMPUESTA

3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	88,3	100,0	100,0	100,0	94,1
3/8"	56,9	100,0	100,0	100,0	78,4
Nº4	12,2	92,2	100,0	100,0	52,5
Nº8	5,1	62,3	100,0	100,0	35,2
Nº30	2,8	27,1	74,2	100,0	17,1
Nº50	1,1	17,3	16,5	100,0	10,0
Nº100	1,1	11,1	1,0	100,0	6,7
Nº200	1,1	6,5	0,6	100,0	4,6
PORCENTAJE	50%	46%	3%	1%	100%

Los parámetros de las mezclas elaboradas se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5: CARACTERISTICAS DE LA MEZCLAS		
Parámetro	AMC	AM3
Asfalto [%]	5,3	5,2
Estabilidad [kg]	1620	1650
Fluencia [mm]	3,14	3,22
Estabilidad/Fluencia [kg/mm]	516	512
Densidad Marshall [g/cm ³]	2,362	2,358
Rice [g/cm ³]	2,454	2,450
VAM [%]	15,31	15,47
Vacíos [%]	4,0	4,1
Remanente [%]	92	89

FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DEL MODIFICADO CAUCHO

La mezcla se elaboró en una planta continua a contraflujo con mezclador externo como se muestra en la Figura 1.



FIGURA 1: PLANTA DE ELABORACION DE MEZCLA

La temperatura de mezclado fue de 185°C y se llevó tapada hasta la obra a unos 70 km de la planta. El tramo seleccionado de recapado con modificado caucho se ubicó en el km 201+700, en la calzada a mas, siendo la extensión del mismo de 1,3 km. El espesor de la carpeta fue de 4 cm por lo que era necesario una compactación inmediata. La temperatura de tendido de unos 160°C y la de compactación de entre 150 y 160°C como muestra la Figura 2.

El espesor logrado y terminación superficial pueden apreciarse en la Figura 3.



FIGURA 2: TEMPERATURAS DE TENDIDO Y COMPACTACION



FIGURA 3: ESPESOR Y ACABADO SUPERFICIAL

Se determinaron las densidades en campo mediante densímetro nuclear como se puede apreciar en la Figura 4, dando valores entre 99 y 101% de la densidad Marshall de referencia.



FIGURA 4: DETERMINACION DE LAS DENSIDADES IN SITU

COMPARATIVO CON MEZCLA ELABORADA CON AM3

Como mencionamos anteriormente, el tramo estaba previsto con un recapado de mezcla CAC S12 usando como ligante asfalto modificado tipo AM3.

Tanto el tramo contiguo (km 201+700 a menos), como el tramo antes del km 201+700 fueron elaborados con AM3. De esa forma se tiene un comparativo del uso de ambos ligantes en el tiempo.

En cuanto a los parámetros de diseño de la mezcla del modificado caucho tanto la estabilidad como la fluencia fueron similares a los del AM3. Además se obtuvieron densidades y % de vacíos iguales.

En cuanto a las remanentes, las obtenidas con modificado caucho fueron algo superiores a las obtenidas con AM3, lo que demuestra algún tipo de aporte a la afinidad con el árido del caucho añadido como indica la bibliografía.

En cuanto a la resistencia al ahuellamiento, se realizó el ensayo según la norma NLT 173, vigente actualmente en Uruguay.

Los resultados de la mezcla elaborada con asfalto caucho dieron velocidades de deformación y valores máximos de deformación un poco superiores a la elaborada con AM3, como puede verse en el Gráfico 2, pero insignificantes respecto a la misma mezcla elaborada con asfalto convencional tipo AC20.

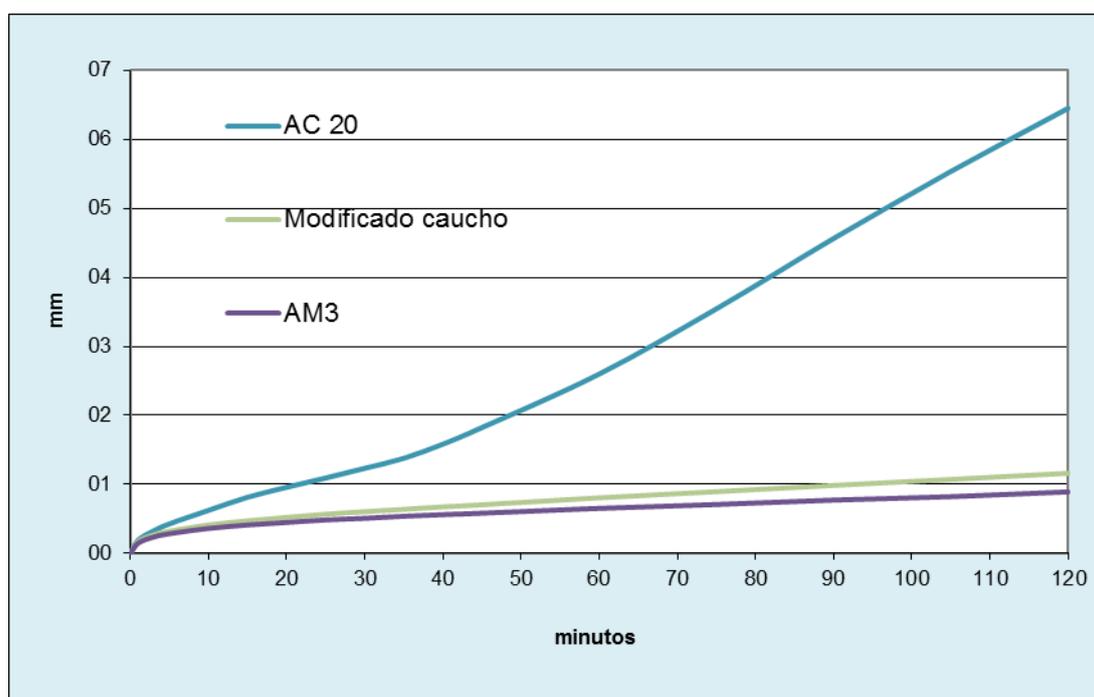


GRAFICO 2: RESULTADOS DEL ENSAYO DE AHUELLAMIENTO

En cuanto a la elaboración en planta, no se apreciaron diferencias entre el uso de un asfalto u el otro pero si en la aplicación y compactación en campo.

Según lo comentado por operarios en obra, la mezcla elaborada con asfalto caucho es mas “trabajable” que la elaborada con AM3.

Se pudo observar también en el sellado superficial de la mezcla una vez finalizada la compactación, siendo la mezcla con modificado caucho mas cerrada. Lamentablemente al cierre de este trabajo no contamos con los ensayos de macrotextura previstos.

Se realizará un seguimiento periódico sobre el desempeño de ambas mezclas para ver si existen diferencias entre las mismas.

En cuanto al costo de cada ligante, siendo que el polvo de neumático es un residuo reciclado, tiene un costo por tonelada muy inferior al SBS virgen y del entorno del propio cemento asfáltico. Hoy en día es un 20% mas económico que el AM3 pero está cerca de estar en el precio de un asfalto convencional.

Las ventajas técnicas mostradas anteriormente y el ahorro económico muestran que esta tecnología es el futuro sustentable que nuestras carreteras precisan.

CONCLUSIONES

Se realizó un tramo de recapado sobre una ruta nacional utilizando una mezcla CAC S12 con asfalto modificado con polvo de neumático.

El mismo se realizó en conjunto con un tramo con asfalto tipo AM3, lo que va a permitir, conociendo el tráfico que por sobre el mismo circula y haciendo un seguimiento periódico sobre su desempeño, tener una prueba piloto para extender la tecnología a otras rutas nacionales.

Los valores de la mezcla elaborada con ambos ligantes fueron muy similares. No se encontraron inconvenientes en la elaboración y puesta en obra de la mezcla con asfalto caucho.

Los parámetros de resistencia conservada y respuesta al ahuellamiento muestran que cualquiera de los dos ligantes tienen un excelente desempeño y comparables entre si (a pesar de las diferencias entre ellos como por ejemplo, de recuperación torsional).

Siendo que el asfalto modificado con caucho es un 20% mas económico que el AM3 (y puede llegar a ser aún mas), junto con la incorporación de equipamiento para asfaltos modificados en el país, la promulgación del Decreto 358/2015, la instalación de una planta de molienda y si el tramo piloto es exitoso en su desempeño en los próximos años, es de esperar un desarrollo masivo de la tecnología en Uruguay.

PROYECCIONES A FUTURO

Aún restan algunos desafíos para la implementación integral de esta solución a gran escala. Por un lado, a pesar de que hay trabajos técnicos publicados y presentados en Congresos nacionales e internacionales, no contamos aún con una norma técnica a nivel nacional como tienen otros países como España, EEUU, Argentina y Brasil. Ejemplo de esto es la Orden Circular española 21/2007, la norma americana ASTM D6114 (Standard Specification for Asphalt Rubber Binder), la argentina IRAM 6673 (Asfalto con inclusión de caucho reciclado por vía húmeda para uso vial. Clasificación y requisitos), entre otras. Será necesario utilizar la experiencia internacional y adaptarla a nuestra realidad para normalizar este tipo de ligantes.

Por otra parte, es muy importante lograr un precio del asfalto modificado con polvo de neumático lo suficientemente competitivo no solamente respecto al AM3, sino respecto al asfalto convencional, para sustituirlo masivamente. Para ello es fundamental que el precio del polvo del neumático se encuentre por debajo del precio del asfalto convencional en refinería. Esto se logra si existe algún tipo de subvención por parte de los Sistemas de Gestión para las plantas de molienda de neumáticos, algo que si está previsto en el Real Decreto de España pero omiso en el Decreto 358/2015 de Uruguay. Deberemos de esperar a que comience a funcionar la planta de molienda para saber el precio de mercado del polvo de neumático.

Otro punto fundamental, que se realizó en España también pero que por el momento no está contemplado realizar en Uruguay, es promulgar un Plan Nacional Integrado de Residuos,

donde se fijan objetivos cuantitativos para el destino de estos neumáticos. De esa forma se establecen cantidades obligatorias de uso de polvo de neumático en las carreteras.

Por último, con estos tramos previstos para Ruta 9, se espera demostrar a las autoridades del MTOP que esta variante es la solución técnica, económica y ambientalmente sustentable que nuestras carreteras precisan. Para ello debemos trabajar en conjunto las empresas involucradas (tanto de fabricación del polvo, de producción de asfaltos modificados y las constructoras), con los técnicos del MTOP y del Ministerio de Medio Ambiente para apoyar estas iniciativas.

REFERENCIAS

- (1) https://medios.presidencia.gub.uy/legal/2015/decretos/12/mvotma_100.pdf
- (2) <http://www.signus.es/es/descarga?h=rd1619-2005sobrenfu.pdf>
- (3) Primera experiencia en la utilización de asfalto modificado con caucho de neumáticos reciclado en Uruguay. Kröger, S., XV CILA, 2009.
- (4) http://www.asphaltrubber.org/ARTIC/Reports/RPA_A1064.pdf
- (5) <http://www.efeverde.com/noticias/mas-de-1-100-kilometros-de-carreteras-con-restos-de-ruedas-viejas/>
- (6) <http://infraestructuraurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>