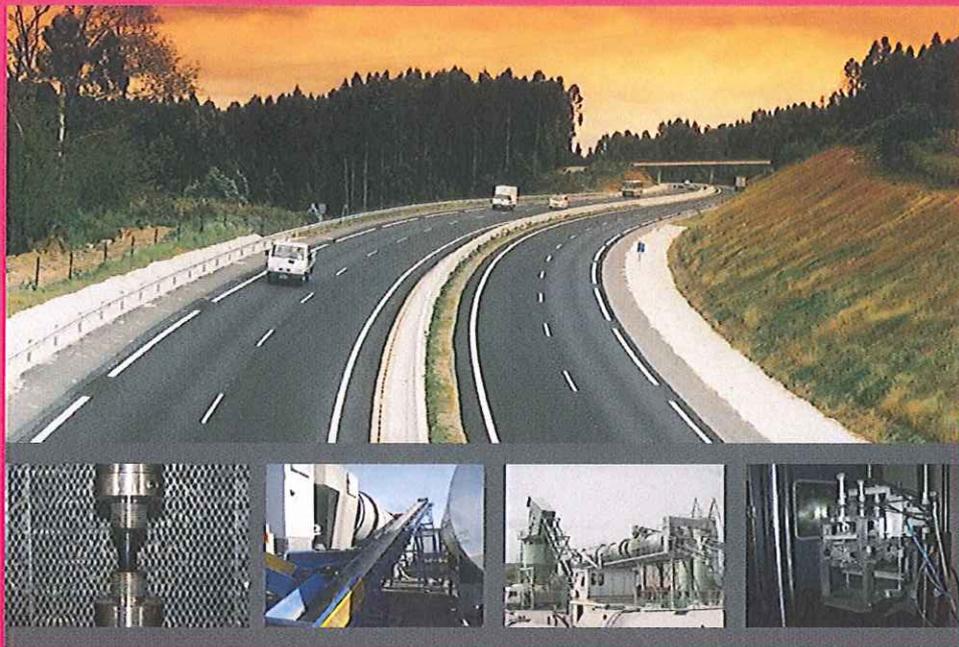


Proyectos de **I+D+i**  
2011-2013



## Influencia de los betunes modificados en el comportamiento mecánico de mezclas bituminosas

**MEMORIA DIVULGATIVA FINAL**

Universidad de Granada | LabIC

Andalucía  
se mueve con Europa

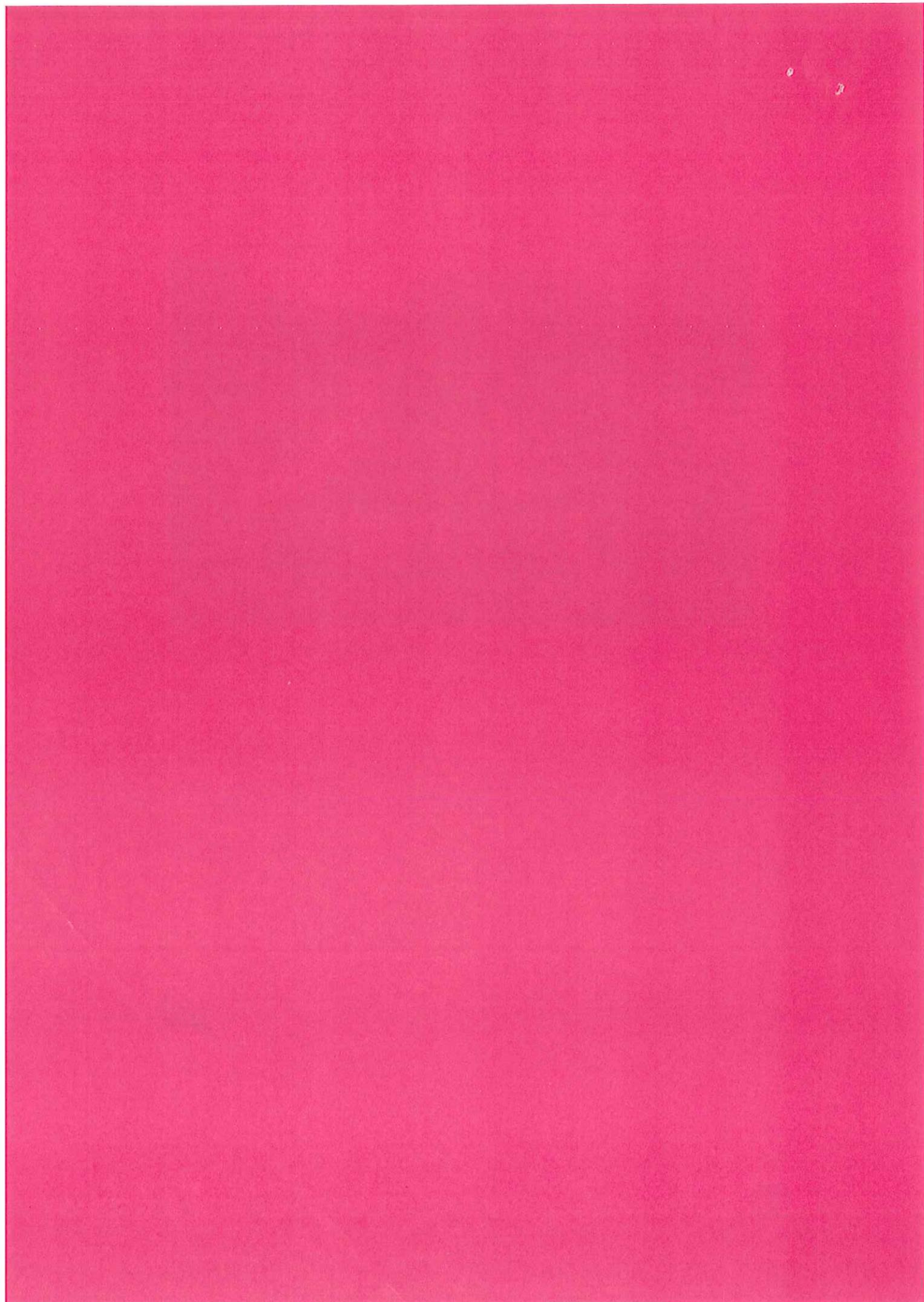


Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA

Unión Europea

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional





**Influencia de los betunes modificados en  
el comportamiento mecánico de mezclas  
bituminosas**

**MEMORIA DIVULGATIVA FINAL**

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería  
Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía. 2014

Universidad de Granada

Equipo de investigación: Laboratorio de Ingeniería de la  
Construcción – LabIC – TEP001

Granada. Julio de 2014

## **1. Introducción y antecedentes**

### **1.1. Introducción**

El presente proyecto de investigación “INFLUENCIA DE LOS BETUNES MODIFICADOS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS” ha tenido por objeto el desarrollo de una investigación en laboratorio para caracterizar mecánicamente las mezclas bituminosas en caliente con betunes modificados de las capas de rodadura de las carreteras y estudiar la influencia que de diferentes ligantes en el comportamiento de las mismas.

Las fuertes limitaciones presupuestarias actuales han ralentizado en gran medida la construcción de obra nueva, pero la red de carreteras de titularidad autonómica de 21.000 km con más de 850 km de autovía (la más extensa de las Comunidades Autónomas), se ha de seguir conservando. Esta red se va deteriorando año tras año con el tráfico pesado, las lluvias y las fuertes diferencias de temperaturas interanuales. Ello obliga a seguir invirtiendo en conservación mediante la reposición de las capas de rodadura con mezcla bituminosa caliente con betunes modificados, lo cual se llevará, junto con la seguridad vial, la parte más importante de las inversiones en carreteras en los próximos años.

Por otro lado, las solicitaciones a las que, cada vez con mayor intensidad, se ven sometidos los materiales empleados en la construcción de carreteras, ya sea por el incremento del volumen de tráfico y sus cargas, como por la necesidad de reducir al mínimo los trabajos de reconstrucción y mantenimiento, conlleva el empleo de ligantes de altas prestaciones desempeñan un papel cada vez más importante en las mezclas asfálticas para conseguir pavimentos más duraderos, seguros, cómodos, rentables y sostenibles, siendo su uso obligado en las capas de rodadura de carreteras y autovías.

Durante su vida de servicio, las mezclas bituminosas sufren un proceso de envejecimiento motivado por los esfuerzos de fatiga térmica y las cargas del tráfico. En este proceso, el ligante original que contiene la mezcla sufre cambios en sus propiedades que en ocasiones favorecen la aparición de patologías en las capas superiores del firme (baches, peladuras, grietas, y piel de cocodrilo entre otras). Este deterioro supone un incremento en los costes de conservación para la administración, y un aumento del consumo de recursos naturales, así como de la producción de residuos. Por otra parte, también tiene influencia sobre el aumento del consumo energético y la producción de emisiones contaminantes (mayor producción y transporte de mezclas).

Todas estas consecuencias recaen directamente en la sostenibilidad del sistema, provocando una falta de eficiencia que finalmente termina pagando la sociedad.

De esta forma, la idea del presente proyecto nació de la problemática planteada por la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, en relación al envejecimiento de los ligantes durante la vida de servicio de la carretera; de manera que el estudio de la influencia los betunes modificados en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas, pueda contribuir a optimizar la selección y empleo de los mismos en su red de carreteras.

### **1.2. Antecedentes**

Los betunes son materiales visco-elásticos que proporcionan cohesión a las mezclas bituminosas a la vez que contribuyen a su resistencia frente a aparición de las principales patologías que sufren las mismas, como son las deformaciones plásticas o la fisuración.

La modificación de estos materiales con polímeros para la fabricación de mezclas bituminosas para capas de rodadura es una práctica extendida mundialmente, patentada en 1843. En las últimas décadas se ha demostrado que la adición de polímeros al betún, en forma de pequeñas partículas, mejora el comportamiento de las mezclas. Los firmes que contienen betún modificado presentan mayor resistencia a la aparición de roderas, fisuración a bajas temperaturas, daño por fatiga y menor susceptibilidad térmica (Kök y Çolak, 2011; Yildirim, 2007).

Debido a la creciente preocupación medioambiental y a la escasez de recursos naturales, en las últimas décadas se ha llevado a cabo la búsqueda de alternativas a los polímeros como modificadores de ligantes para mezclas bituminosas, que mejoren su comportamiento a la vez que contribuyan a la consecución de una sociedad más sostenible.

En este sentido, la utilización de materiales desechados como modificadores de betunes se ha convertido en una práctica muy importante. Se han realizado estudios en los que se han reciclado diferentes materiales como son las fibras de poliéster, plásticos, vidrios, etc. (Huang et al., 2007; Kök y Çolak, 2011; Wu et al., 2008). Entre las diferentes opciones para la modificación de ligantes para mezclas bituminosas destaca la utilización de polvo de neumático fuera de uso (PNFU).

Se ha demostrado que los betunes modificados con PNFU aumentan la resistencia al envejecimiento de las mezclas bituminosas, alargando por tanto su vida de servicio (Raad et al., 2001; Santucci, 2009). Además, estas mezclas tienen un mejor comportamiento ante los fenómenos de fatiga y deformaciones plásticas que las que contienen betún convencional, así como menor susceptibilidad térmica y mayor resistencia frente a la acción del agua (Palit et al., 2004; Moreno et al., 2013). Estos estudios concluyen que el comportamiento de las mezclas fabricadas con betún modificado con PNFU es comparable al de las mezclas con betún modificado con polímeros.

Dadas sus ventajas, la utilización de betunes modificados con polímeros o PNFU es obligada en capas de rodadura en Andalucía.

Por otro lado, durante la fabricación de la mezcla, puesta en obra y vida de servicio del firme, los ligantes bituminosos están expuestos a altas temperaturas, cargas variables, diferentes agentes climáticos, etc. que provocan su envejecimiento alterando sus propiedades químicas y mecánicas. Como resultado de este envejecimiento, el comportamiento del betún se vuelve más rígido, aumentando su módulo y disminuyendo su ángulo de fase (Lu e Isacsson, 2002).

Por estos motivos, es importante estudiar el comportamiento de los ligantes no solo vírgenes, sino también envejecidos, para conocer la evolución de sus propiedades con el paso del tiempo y su influencia en el comportamiento de la mezcla.

## 2. Equipo Investigador

En el desarrollo y seguimiento del proyecto han participado los siguientes técnicos de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía:

- D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> JOSÉ SIERRA LÓPEZ Jefe unidad control técnico de obras
- D<sup>a</sup>. NOELIA SÁNCHEZ MARTÍNEZ
- D. JOSE LUIS CANDAU CHACÓN
- D. LUIS QUINTANA DE JUAN (gerente del contrato)

Como investigadores del Grupo de Investigación TEP-001 Laboratorio de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Granada han participado:

- D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> CARMEN RUBIO GÁMEZ. Investigador principal
- D. GERMÁN MARTÍNEZ MONTES. Investigador principal
- D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> JOSÉ MARTÍNEZ-ECHEVARRÍA ROMERO. Investigador colaborador
- D. FERNANDO MORENO NAVARRO. Investigador colaborador
- D<sup>a</sup>. GEMA GARCÍA TRAVÉ. Investigador colaborador
- D<sup>a</sup>. ANA JIMÉNEZ DEL BARCO CARRIÓN. Investigador colaborador

Igualmente, en el desarrollo de este proyecto, se ha contado con la colaboración de la UNIVERSIDAD DE POLITÉCNICA DE CATALUÑA para el estudio de ligantes mediante el método EBADE. Para la realización de determinados ensayos asociados al estudio de ligantes, ha participado en este proyecto la empresa CIESM-INTEVIA. Además, como consultor y asistencia técnica, el proyecto cuenta con la participación de D. MANUEL ATIENZA DÍAZ.

Otras empresas que han participado en este proyecto, han sido INVESIA, Agua y Sostenibilidad, ( [www.invesia.com](http://www.invesia.com) ) en el desarrollo de trabajos de laboratorio específicos del grupo de investigación LabIC, y UCOP ( [www.ucop.es](http://www.ucop.es) ) en el suministro de áridos, y CEPESA ( [www.cepsa.es](http://www.cepsa.es) ) en el suministro de ligantes.

### 3. Objetivos

Los principales objetivos del presente proyecto de I+D+i son:

- El objetivo principal de este proyecto de investigación es estudiar la evolución de las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas atendiendo a distintos porcentajes de de betún modificado utilizado en su fabricación.
- Objetivos ambientales y energéticos:
  - Reducir el consumo energético.
  - Reducir las emisiones de gases tipo invernadero y volátiles de la fabricación, transporte y puesta en obra de las MBC con betunes modificados.
  - Reducir los impactos en el medio ambiente disminuyendo la utilización de canteras y vertederos
  - Y en definitiva, colaborar con la consecución de una sociedad más sostenible.
- Objetivos sociales de comodidad del usuario al transitar por carreteras en mejor estado y disminuir la incidencia de las obras (pues éstas se realizarán con menor frecuencia al alargarse la vida útil de la carretera)
- La finalidad última que persigue este proyecto es el establecimiento de prescripciones técnicas exigibles a las MBC elaboradas con betunes modificados que mejoren la calidad de las mismas a fin de que se puedan cumplir los objetivos previstos, ya formulados.



*Fotografía 1: Diversos equipos de trabajo. LabIC.*

#### 4. Principales resultados

Las conclusiones del presente proyecto se pueden dividir en dos bloques siguiendo las etapas de la metodología. Las conclusiones se han formulado en base a los objetivos del proyecto, buscando determinar el cambio en las propiedades de betunes y mezclas según el ligante utilizado.

Así, del estudio específico de **ligantes** se desprende que:

- En el Método UCL se refleja la mejora de las propiedades del Betún A con la adición de betunes modificados, de forma que se mejora su cohesión, susceptibilidad térmica y propiedades ante el envejecimiento
- Los resultados del ensayo EBADE® muestran como la adición de los betunes modificados al betún envejecido alarga la vida de fatiga de este, mostrando un comportamiento más dúctil a cualquier temperatura.
- Los ensayos con DSR, especialmente los barridos de frecuencias y los MSCRT ponen de manifiesto que la adición de BM3c y BC50/70 mejoran el comportamiento del Betún A mejorando su susceptibilidad térmica y haciéndolo más elástico.
- En resumen, la adición de betunes modificados con polímeros o con caucho al betún envejecido A produce ligantes:
  - Más flexibles
  - Menos susceptibles a la temperatura
  - Menos susceptibles al envejecimiento

Igualmente, del estudio de **mezclas bituminosas** se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los distintos ligantes estudiados no influyen significativamente en la sensibilidad al agua y al módulo de rigidez de las mezclas a 20°C.
- En el caso de las mezclas BBTM11A, la resistencia a las deformaciones plásticas de estas mejora con la adición de betunes modificados al Betún A, de modo que las mezclas cumplen las especificaciones del PG-3.
- En el caso de las mezclas PA16, su cohesión aumenta con la utilización de betunes modificados.

#### 5. Referencias

Huang, Y.; Bird, R.N.; Heidrich, O. 2007. A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements. *Resources, Conservation and Recycling* 52(1): 58-73.

Kök, B. V.; Çolak, H. 2011. Laboratory comparison of the crumb-rubber and SBS modified bitumen and hot mix asphalt. *Construction and Building Materials* 25(8): 3204-3212.

Lu, X; Isacson, U. 2002. Effect of ageing on bitumen chemistry and rheology. *Construction and Building Materials*, 16: 15-22.

Moreno, F.; Sol, M.; Martín, J.; Pérez, M.; Rubio, M. C. 2013. The effect of crumb rubber modifier on the resistance of asphalt mixes to plastic deformations. *Materials and Design* 47: 274-280.

Palit, S. K.; Sudhakar-Reddy, K.; Pandey, B. B. 2004. Laboratory Evaluation of Crumb Rubber Modified Asphalt Mixes. *Journal of Materials in Civil Engineering* 16(1): 45-53.

Raad, L.; Saboundjian, S.; Minassian, G. 2001. Field Aging Effects on Fatigue of Asphalt Concrete and Asphalt-Rubber Concrete. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1767: 126-134.

Santucci, L. 2009. Rubber Roads: Waste Tires Find a Home. Pavement Technology Update. Technology Transfer Program 1 (2).

Wu, S.; Ye, Q.; Li, N. 2008. Investigation of rheological and fatigue properties of asphalt mixtures containing polyester fibers. Construction and Building Materials 22(10): 2111-2115.

Yildirim, Y. 2007. Polymer modified asphalt binders. Construction and Building Materials 21(1): 66-72.

## 6. Información adicional

El grupo de investigación **LabIC** ha desarrollado una *micro-site* en donde se puede consultar información adicional del proyecto (metodología, materiales, equipamiento, etc.). La dirección es: <http://www.ugr.es/~labic/aopjabetunesindex.html>.

Proyecto de Investigación de título:  
"INFLUENCIA DE LOS BETÚNES MODIFICADOS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLAS BITUMINOSAS"  
G-G15000/IDIR

 **UGR** Universidad de Granada

 Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

 **Unión Europea**  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Una manera de hacer Europa

**LABIC** UGR  
Laboratorio Ingeniería de la Construcción

Presentación / Galería de imágenes

- Presentación
- Motivación-Objetivos
- Materiales
- Metodología
- Participantes
- Resultados
- Galería**
- Contacto
- English version

**Galería de imágenes**

1ª Etapa de la metodología. Estudio específico de ligantes

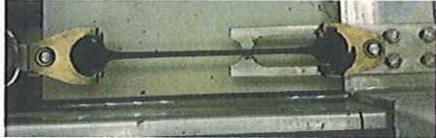


Figura 1. Determinación de la recuperación elástica de betunes modificados



Igualmente se pueden consultar información relativa a los proyectos de investigación de la Agencia de la Obra Pública de la Junta de Andalucía en la siguiente dirección: <http://www.aopandalucia.es/innovacion/>

