

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En los últimos años, en un mundo cada vez más contaminado y con un deterioro medio ambiental creciente, la preservación de los recursos naturales se ha convertido en una preocupación general en todos los sectores productivos del mundo.

Ante este reto, la industria de la construcción ha sido pionera en el desarrollo de técnicas para la reutilización de los materiales de desperdicio que genera, en primer lugar, por la gran cantidad de residuos que se desprenden de los procesos constructivos, y en segundo, por que la gran mayoría de ellos son reutilizables, tal es el caso de los materiales generados cuando se retiran pavimentos asfálticos de las carreteras durante su reparación o rehabilitación.

Siguiendo estas políticas, una gran cantidad de administraciones de carreteras de todo el mundo, han tomado conciencia sobre la importancia de alargar el ciclo de vida de los materiales que forman parte de los firmes de carreteras, creando programas de apoyo para desarrollar las técnicas de reciclado.

Sin embargo, en España, como en muchos otros países, la construcción de una nueva carretera o el refuerzo y acondicionamiento de las existentes se lleva a cabo, en la mayoría de los casos, mediante la utilización de áridos y ligantes vírgenes para la fabricación de las mezclas. Esta práctica requiere de la explotación de nuevas canteras o la sobreexplotación de las existentes, así como el consumo de grandes cantidades de betún nuevo, lo que supone un enorme y negativo impacto ambiental.

Por otra parte, cada día es más común en las obras de refuerzo o rehabilitación de firmes asfálticos de carreteras, el empleo del procedimiento de fresado de las capas asfálticas envejecidas para su posterior reposición con nuevas mezclas. Esta técnica da lugar a la generación de materiales con un alto potencial de reutilización, tanto de los áridos, como del ligante contenidos en ellos, desgraciadamente, estos materiales se llevan muchas veces a vertederos, con los problemas de impacto ambiental que esto supone.

Parece claro pues, que desde el punto de vista ambiental y de aprovechamiento de materiales, las técnicas de reciclado son altamente interesantes y beneficiosas, sin embargo, en España, algunas de las técnicas para el reciclado de pavimentos asfálticos están poco desarrolladas, tal es el caso del reciclado en caliente en planta, el cual se ha empleado raras veces hasta el momento.

Se entiende por “*Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en Planta*” al proceso mediante el cual los materiales recuperados de firmes bituminosos deteriorados o de mezclas nuevas que no han sido utilizadas por ser un excedente o por no cumplir con las especificaciones de proyecto, se mezclan en una central de fabricación con árido virgen, betún nuevo y/o agentes rejuvenecedores, en las proporciones adecuadas, para producir una nueva mezcla en caliente que cumpla con los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para el tipo de capa en que será utilizada.

Se puede decir que, en general, el 100% de los materiales recuperados de pavimentos asfálticos deteriorados son susceptibles de ser reciclados, ya sea en la misma obra en la que son generados, en otro pavimento (práctica más habitual) o con propósitos diferentes a la fabricación de firmes.

El reciclado de materiales en la construcción y rehabilitación de carreteras, es un buen camino para disminuir el consumo de materiales nuevos y al mismo tiempo reducir la explotación de canteras. Al reciclar las capas bituminosas y aprovechar el ligante que contienen, se logra disminuir el consumo de betún. Al reciclar, se reducen también los volúmenes de vertido, que en algunos países es una práctica casi imposible, debido a la falta de espacio y a las fuertes regulaciones que cada vez más administraciones adoptan.

Actualmente, las técnicas de reciclado están bastante adelantadas en muchos países, aunque en España, como se ha mencionado anteriormente, se cuenta con poca experiencia en el reciclado de pavimentos asfálticos en caliente en planta, sin embargo, la maquinaria y equipo necesarios para el desarrollo de esta técnica son cada día más eficientes y especializados, lo que motiva a apostar por este tipo de tecnología que cada vez cuenta con mayor aceptación en todo el mundo.

La mayoría de las administraciones que utilizan técnicas de reciclado de pavimentos, exigen que las mezclas así fabricadas cumplan con las mismas especificaciones que se piden a las mezclas convencionales y que presenten un comportamiento similar en campo. Lo cierto es que en muchos casos los ensayos utilizados comúnmente no son adecuados para definir con exactitud el comportamiento de los materiales reciclados, y por tanto, sería necesario desarrollar métodos específicos para el diseño y control de calidad de los firmes que contengan éste tipo de mezclas.

Por otra parte, pocas veces se toman en cuenta en el diseño de las mezclas, factores que pueden ser muy importantes para su comportamiento, tales como, la vida a fatiga que pueden alcanzar, el posible envejecimiento prematuro del ligante debido a la utilización de betunes blandos o de rejuvenecedores, la excesiva rigidización de la mezcla que se puede presentar debido al endurecimiento del ligante envejecido que contiene el material fresado, entre otros.

Después de analizar todo lo anterior, y tomando en cuenta la escasa experiencia que se tenía en España en el reciclado de mezclas bituminosas en caliente en planta, aunado a la falta de normativa específica para la fabricación de este tipo de mezclas en España, se decidió realizar una serie de estudios en el Laboratorio de Caminos de la U.P.C., apoyados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del proyecto FEDER 2FD1997-0868 “*Reciclado en planta en caliente de mezclas bituminosas*” y con la participación de REPSOL y PABASA.

La finalidad de estos trabajos, era analizar el comportamiento de las mezclas recicladas en caliente en planta para de esta manera poder comparar su comportamiento con el de mezclas convencionales equivalentes, a fin de asegurar que su calidad y características son adecuados para su utilización en la construcción y rehabilitación de firmes de carreteras. Por otra parte, se pretende definir los ensayos de laboratorio adecuados para el diseño y control de calidad de este tipo de mezclas.

Para lograr el objetivo planteado fue necesario realizar una serie de campañas de ensayos de laboratorio que nos aportara la información necesaria para obtener una visión clara del comportamiento que se puede lograr con las mezclas utilizadas en España, pero incorporando en su composición diferentes porcentajes de material fresado y diferentes ligantes de aportación.

Algunos de los ensayos realizados se utilizan para el diseño y control de calidad de mezclas convencionales, tal es el caso del Marshall, Tracción Indirecta o Flexotracción, pero también se utilizaron algunos ensayos menos conocidos pero que aportan información muy valiosa como el UCL<sup>®</sup>, o el Barcelona Tracción Directa.

Con este trabajo se pretende aportar información que ayude a impulsar el empleo de la técnica de reciclado de mezclas bituminosas en caliente en planta en los proyectos de construcción y rehabilitación de firmes bituminosos en España, sentando las bases para desarrollar nuevas líneas de investigación, que sirvan para ampliar el conocimiento de la técnica, logrando su aplicación en un mayor número de casos.

## 1.2. Objetivos

Dada la importancia de la preservación de los recursos naturales, el objetivo general de la presente tesis doctoral se centra fundamentalmente en el impulso de la técnica del reciclado de pavimentos asfálticos en caliente en planta en España.

Para alcanzar el objetivo general de éste trabajo se deberán cumplir una serie de objetivos específicos que se describen a continuación:

- Realizar una recopilación exhaustiva, de la información existente sobre la utilización de ésta técnica tanto en España como en el extranjero.
- Estudiar las características mecánicas de diferentes mezclas recicladas en caliente en planta mediante los ensayos y procedimientos convencionales de diseño y control de calidad empleados en España.
- Comparar los resultados obtenidos por las mezclas recicladas con las características de mezclas convencionales del mismo tipo para comprobar si pueden ser equivalentes.
- Profundizar en el estudio de las mezclas recicladas mediante ensayos de laboratorio no convencionales como el Barcelona Tracción Directa o el UCL<sup>®</sup>.
- Apoyar a la Dirección General de Carreteras en la elaboración de la normativa española para el reciclado de mezclas bituminosas en caliente en planta, mediante los resultados obtenidos de los estudios realizados en esta tesis.
- Intentar definir criterios y recomendaciones para el diseño, fabricación y control de calidad de las mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta.

### 1.3. Contenido de la tesis doctoral

En el Capítulo 2 se da una visión general de los aspectos más relevantes de los firmes de carreteras y sus diferentes tipologías, poniendo especial atención en las características de los firmes flexibles o bituminosos. Posteriormente se describen de forma breve las características de las mezclas bituminosas que conforman los pavimentos asfálticos y los deterioros más frecuentes que suelen producirse en ellos. Por último se describen algunos de los métodos de rehabilitación más utilizados en España para la reparación de los fallos de los firmes asfálticos.

En el Capítulo 3, y fruto de una intensa revisión bibliográfica, se presenta un panorama general sobre el reciclado de pavimentos asfálticos en caliente en planta, iniciando con una descripción de la experiencia mundial en su utilización. Más adelante se describen las características de los materiales y equipos empleados, además de los pasos necesarios para llevar a cabo el proceso. También se mencionan algunos de los criterios y normativas existentes para la fabricación de este tipo de mezclas.

En el Capítulo 4 se describen los trabajos realizados en el Laboratorio de Caminos de la U.P.C. para el análisis del comportamiento de las mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta. En éstos trabajos se han empleado ensayos de laboratorio utilizados comúnmente en España para el diseño y control de calidad de mezclas convencionales, tales como el Marshall, Tracción Indirecta y Flexotracción, además de algunos otros de uso no tan frecuente pero que brindan información muy valiosa sobre las características de las mezclas, tales como el Barcelona Tracción Directa BTB, y el UCL<sup>®</sup>. Por último, también se realizaron ensayos para la extracción y caracterización de ligantes y para el estudio de las características de los áridos.

En este capítulo, se describen en primer lugar, una serie de estudios previos en los que se analizó el comportamiento de mezclas S-12 recicladas en caliente con diferentes cantidades de MBR en su composición, para observar la variación de sus características

mecánicas y poder definir los ensayos de laboratorio más adecuados para los trabajos posteriores.

En la segunda parte del trabajo se analizan nuevamente las características mecánicas de mezclas recicladas tipo S-12 con diferentes porcentajes de MBR, empleando dos ensayos de laboratorio, Tracción Indirecta y Tracción Directa BTM.

Posteriormente se detallan los resultados de un completo estudio de las características mecánicas de diferentes tipos de mezclas recicladas en caliente empleando los Ensayos Marshall y Tracción Indirecta tanto en seco como tras inmersión, comparando los resultados con los de mezclas convencionales equivalentes.

En cuarto lugar se evalúa un parámetro de gran importancia para cualquier mezcla, su vida a fatiga, ésta parte del estudio consistió en analizar la vida a fatiga de dos tipos de mezclas recicladas en caliente, utilizando el Ensayo de Flexotracción Dinámica normalizado en España para comparar sus comportamiento con el de mezclas convencionales.

Por último, se evalúa el comportamiento del mástico de las mezclas recicladas en caliente, mediante el Ensayo UCL<sup>®</sup> desarrollado en esta Universidad, que permite, de una forma clara y sencilla, analizar el efecto que tiene sobre la cohesión del mástico la incorporación de diferentes porcentajes de MBR y la utilización de diferentes tipos de ligantes de aportación.

Después de llevar a cabo un análisis conjunto de la información recabada sobre el tema, y de los resultados obtenidos de los diferentes trabajos realizados, en el Capítulo 5, se exponen una serie de conclusiones generales, y de recomendaciones para el diseño, fabricación y control de calidad de las mezclas bituminosas recicladas en planta en caliente, que responden a los objetivos planteados al inicio de la tesis.

Por último, se incluye un apartado con las referencias bibliográficas más importantes que se consultaron para la realización del presente trabajo.

