



MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS
SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE RECURSOS HUMANOS

TEMA 5: PLANTAS ASFÁLTICAS PARA RECICLADO EN CALIENTE

Autor: Anna París Madrona

Unidad:

Fecha: 11 de mayo de 2010



INDICE:

página

INDICE:	página	1
INTRODUCCIÓN. NECESIDAD DE LAS TÉCNICAS DE RECICLADO.	.....	2
ANTECEDENTES	.....	3
RECICLADOS EN CALIENTE EN PLANTA	.....	5
Descripción del procedimiento	.....	7
MATERIALES UTILIZADOS EN EL RECICLADO EN CALIENTE EN PLANTA	.....	8
PLANTAS PARA RECICLADO EN CALIENTE DE MEZCLAS	.....	8
BITUMINOSAS	.....	8
EQUIPOS PARA RECICLADO EN CALIENTE EN PLANTA	.....	9
ESTABLECIMIENTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.	.....	15
SITUACIÓN NORMATIVA ACTUAL	.....	15



INTRODUCCIÓN. NECESIDAD DE LAS TÉCNICAS DE RECICLADO.

El sector de la construcción produce un gran impacto en el medio ambiente: consume grandes volúmenes de materias primas y de energía, y genera grandes cantidades de emisiones y de residuos. Con una participación del 10% en la economía mundial, emplea una proporción muy importante de la producción total de energía y contribuye muy significativamente a la emisión de gases invernadero. En los Estados Unidos, un 31% de sus emisiones totales anuales, equivalentes 1,3 millones de tm, se asocia a la construcción y sus industrias auxiliares. Los residuos de la construcción de los países de la Unión Europea superan los 180 millones de Tm. /año, 480 Kg. por habitante, de los que sólo el 28% son reciclados o reutilizados.

La intensificación del efecto invernadero, a causa de la emisión de CO₂, entre otros gases es, probablemente, el mayor impacto de las actividades del hombre a nivel planetario. Otros gases como los óxidos de Nitrógeno NO_x y de Azufre SO_x tienen efectos de carácter regional sobre la acidificación y la salud humana. Los compuestos halocarbonados, además de actuar como potentes gases invernadero, descomponen la capa de ozono. Las partículas minerales suspendidas en la atmósfera figuran también entre los contaminantes objeto de regulación, pues causan daños a la salud humana y al medio ambiente local.

El sector de la construcción, pues, como el resto de los sectores productivos, debe orientarse, con urgencia, hacia actividades y modos de producción compatibles con un desarrollo sostenible. Las tareas que han de emprenderse exigen que todos los agentes implicados en el proyecto, dirección, construcción y control de las obras públicas, se comprometan a la adopción de los cambios culturales y de valores que tomen en cuenta la evaluación medioambiental de estas actividades.

El papel de la tecnología en el marco de esa nueva cultura es fundamental. La tecnología nos proporciona las herramientas con las que extraemos y



manipulamos los recursos naturales y con las que adaptamos el entorno en que vivimos. A ella debemos nuestra calidad de vida, pero también nuestra gran capacidad para alterar el medio ambiente natural. La cuestión crucial, pues, en la que todos debemos sentirnos implicados es desarrollar y utilizar tecnologías sostenibles.

ANTECEDENTES

El reciclado de las mezclas bituminosas de los firmes de carreteras se remonta a principios de los años 70 cuando estas técnicas fueron impulsadas por el brusco encarecimiento de los productos asfálticos que se produjo como consecuencia de la crisis petrolera que se inició en 1973. Desde los Estados Unidos distintas técnicas de reciclado de firmes alcanzaron Europa, introduciéndose en España unos diez años más tarde, cuando comenzó a disponerse de plantas continuas de tambor secador mezclador y de fresadoras de gran capacidad. En concreto, las primeras obras de reciclado en caliente en planta se realizaron por cuenta de ACESA (Autopistas Concesionaria Española, S. A.) en 1984, alcanzándose tasas de reciclado (proporción en que los materiales fresados intervienen en la composición de la mezcla final) de hasta el 40% .

La posterior contención de precios del betún asfáltico, la relativa abundancia y el bajo coste de los áridos, y una escasa preocupación medioambiental, entre otras causas, propiciaron, sin embargo, un prematuro abandono de la técnica, antes de superar el terreno puramente experimental.

La práctica desaparición de las plantas continuas, que pasaron de constituir la tipología dominante en el periodo 1984-1988 a casi desaparecer a partir de 1993 ha sido mencionada como una causa más del relativo retraso que la técnica de reciclado en central ha sufrido en España en comparación con los países de su entorno socio-económico más próximo



En el periodo 1999-2001, gracias al interés mostrado por algunas empresas y administraciones públicas, las técnicas de reciclado en central adquirieron, de nuevo, una presencia notable. En Cataluña, dos empresas fabricantes de mezclas, equiparon dos de sus plantas discontinuas con instalaciones especiales para producir mezclas con elevadas tasas de reciclado. En Andalucía, la administración autonómica promovió una actuación de gran envergadura en la Autovía A-92.

Entre septiembre de 2002 y enero de 2003, se desarrolló el proyecto de investigación PARAMIX (Road pavement rehabilitation techniques using enhanced asphalt mixtures), financiado por la Comunidad Europea, en el marco de su programa Competitive and Sustainable Growth. Su objetivo fundamental fue el de mejorar los materiales, el diseño y las técnicas de construcción para la rehabilitación de firmes utilizando mezclas recicladas. Tuvieron lugar diferentes actuaciones de rehabilitación sobre la carretera C-58, próxima a Barcelona, utilizándose distintos tipos de mezclas recicladas, hasta construirse un total de 11 tramos experimentales, con una extensión de entre 300 y 400 metros cada uno. Supusieron la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas en caliente con tasas de reciclado del 30 y el 50% fabricadas en una planta discontinua.

En 2004, y para la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, en la carretera CN-230, tramo Viella-Frontera francesa (Lleida), se puso en obra aproximadamente 30.000 Tm de mezcla bituminosa en caliente con una tasa de reciclado del 50% empleando para ello una central continua tipo double barrel de ASTEC. Con esa misma central, en 2005 se produjo cerca de 20.000 Tm de mezcla bituminosa con idénticas proporciones de materiales fresados, que se utilizaron en la rehabilitación de la autovía A-7, entre los puntos kilométricos 566 y 572, en la calzada dirección Almería, por cuenta de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia.



En 2007, se alcanzó una tasa de reciclado del 60% en la rehabilitación del firme de la carretera A-140, entre las poblaciones de Tamarite y Binéfar (Huesca) por cuenta de la Diputación General de Aragón, en la que, hasta el momento, constituye la máxima tasa de reciclado en central utilizada en España, también con una planta double barrel.

Finalmente en 2008, para la Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura en la autovía A-5. Autovía del Suroeste tramo Límite de provincia con Toledo enlace Almaraz se han fabricado 20.000 Tm de mezcla reciclada con una tasa del 40 % de fresado que se han extendido como capa de base en el tronco y en los enlaces de la autovía. La particularidad de la obra es que se ha realizado con una instalación asfáltica de tipo discontinuo, móvil, con una capacidad de 200 Tm/ hora fabricada por Intrame.

RECICLADOS EN CALIENTE EN PLANTA

Los Reciclados en caliente de mezclas bituminosas consisten en una serie de técnicas en las que la temperatura de los materiales reciclados se eleva, mediante la aportación de calor por distintas fuentes, hasta valores similares a los utilizados en la fabricación de mezclas convencionales. De este modo se consigue reducir la viscosidad del betún envejecido hasta hacerlo apto para su remezclado o aditivación recuperando las posibilidades de emplear la mezcla reciclada como una mezcla en caliente convencional.

Los equipos y procedimientos constructivos responden a muy distintas concepciones de la técnica de reciclado, con posibilidades también muy diferentes. Básicamente las técnicas de reciclado en caliente pertenecen a dos grandes grupos según el lugar de su aplicación: reciclados en caliente in situ y reciclados en caliente en planta. Los reciclados in situ no han superado, al menos en España, lo que podríamos llamar el estadio experimental de la técnica, pues las realizaciones son singulares, escasas y poco significativas consideradas en proporción a otros procedimientos de rehabilitación.



Los reciclados en caliente en planta se aplican cada vez en mayor número de obras en nuestro país, las administraciones públicas apuestan decididamente por estas técnicas mediante la Ley de Economía Sostenible y la Normalización de la técnica por otro lado las empresas fabricantes de maquinaria introducen en el mercado equipos cada vez más adecuados para fabricar mezclas bituminosas con importantes Tasas de Reciclado.

El reciclado en planta supone obviamente costes superiores a los tratamientos realizados in situ al precisar del doble transporte entre obra y planta de los materiales tratados, pero reúne una serie de importantes ventajas que a continuación revisamos:

1. Puesto que las mezclas recuperadas del firme envejecido son acopiadas en planta antes de su utilización es posible realizar sobre ellas un control tan exhaustivo como se considere necesario, incluso acopiando separadamente aquellos materiales que precisen tratamientos diferenciados, tales como distintas fórmulas de trabajo.
2. Es posible utilizar las mezclas recuperadas en obras diferentes de las que lo proporcionaron, y por tanto reservar su uso hasta disponer de la oportunidad idónea para su aprovechamiento.
3. La Tasa de Reciclado (o proporción de mezcla reutilizada en la mezcla final) puede ajustarse a las necesidades y/o posibilidades adecuadas, hasta unos valores máximos que pueden alcanzar el 50% en algunas instalaciones, en función no sólo del material disponible sino también del grado de control sobre el producto final deseado.
4. Las mezclas recuperadas se obtienen mediante demolición o fresado, pero en todo caso con procedimientos que no pueden suponer endurecimientos adicionales del ligante envejecido como sucede con otros sistemas de reciclado en caliente.
5. Finalmente, es posible fabricar mezclas recicladas completamente asimilables a mezclas bituminosas en caliente convencionales, incluso



con propiedades o capacidades mecánicas mejoradas como veremos en detalle más adelante.

Descripción del procedimiento

Una vez transportado a planta el material procedente del fresado o demolición de un firme bituminoso, se procede a su acopio en condiciones controladas, es decir, después de su desmenuzamiento o trituración (imprescindible en el caso de que se haya obtenido por demolición y no por fresado) hay que separar aquellos materiales que no puedan garantizar una homogeneidad suficiente de la mezcla. Ello depende, naturalmente, no sólo de la homogeneidad del propio material reutilizado sino de la Tasa de Reciclado, puesto que habrá que ser tanto más exigente cuanto mayor sea la tasa empleada.

La mezcla recuperada es introducida en la planta asfáltica en una forma que depende de la configuración de la propia planta como luego veremos, donde se elevará su temperatura hasta los valores usuales de los modos de fabricación convencionales para, con los nuevos áridos necesarios y el nuevo betún, componer la mezcla reciclada final.

El interés de la técnica radica en el aprovechamiento integral no sólo de los áridos recuperados sino del propio betún envejecido. En función de la Tasa de Reciclado utilizada y del estado de la mezcla envejecida, esto puede exigir el empleo de betunes con rejuvenecedores o, por el contrario, puede bastar con compensar penetraciones o viscosidades hasta obtener una ligante final equivalente al betún que hubiera sido utilizado fabricando una mezcla convencional.

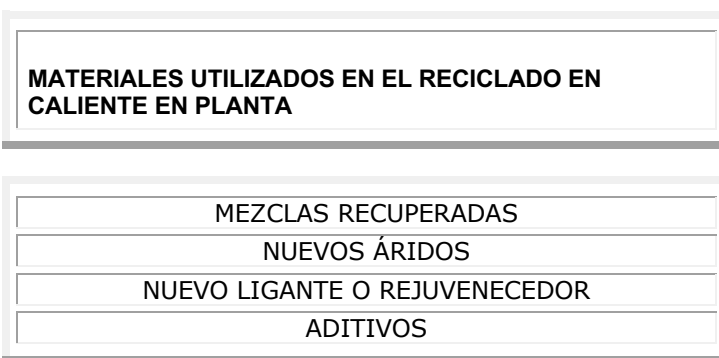


Figura 1 – Materiales utilizado en Reciclado en Caliente en Planta.

La mezcla terminada es puesta en obra con los equipos habituales de transporte, extendido y compactación, y el objetivo es que sus propiedades finales no la distinguan de una mezcla bituminosa en caliente convencional.

PLANTAS PARA RECICLADO EN CALIENTE DE MEZCLAS BITUMINOSAS.

Son numerosos los procedimientos utilizados para hacer posible que las plantas asfálticas aprovechen los materiales recuperados de los firmes bituminosos. En algunos casos se trata simplemente de adaptaciones en los sistemas de alimentación, aptas para bajas tasas de reciclado, en otros se incorporan nuevas instalaciones concebidas al efecto, y hay por fin, plantas que por su propia configuración admiten altas Tasas de Reciclado sin necesidades de modificaciones específicas.

La forma y cuantía en que las plantas asfálticas pueden fabricar mezclas recicladas depende fundamentalmente de su modo de producción. Por ello distinguiremos para describirlos entre los sistemas de reciclado de las plantas discontinuas o de amasadas y las continuas, entre éstas, en particular, las de tambor secador.mezclador.

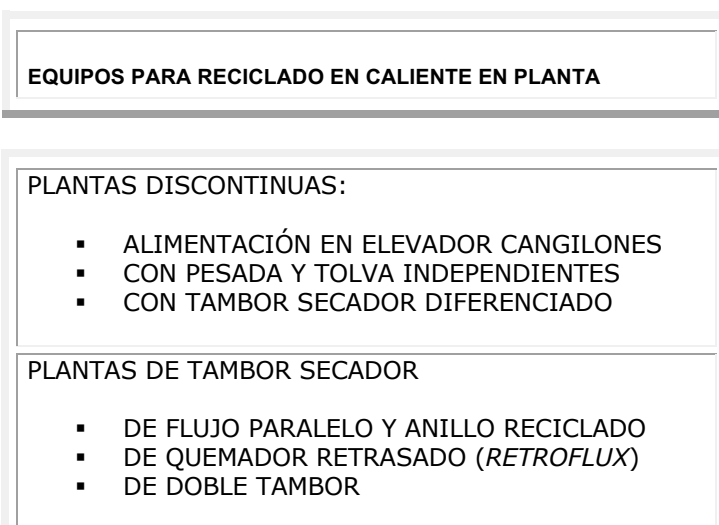


Figura 2 – Sistemas de Reciclado en caliente en planta.

Reciclado en caliente en plantas discontinuas

En una central asfáltica de tipo discontinuo existen tres configuraciones posibles para incorporar fresado a la mezcla bituminosa en una tasa inferior al 25 %. Las tres configuraciones obligan a sobrecalentar los áridos vírgenes en función de la tasa de reciclado, de la fórmula de trabajo y de la humedad del material fresado.

1. Incorporación del material fresado en el elevador de cangilones o en la caída del tambor secador. Aquí el fresado se une a los áridos vírgenes, previamente calentados en el tambor secador, y se pueden dirigir a la mezcladora clasificados en caliente, es decir, pasando por la clasificación de áridos en caliente, o bien sin clasificar, esto es, introducidos por el conducto del by-pass. Las tasas de reciclado, en esta configuración de planta, no superan el 10 %.
2. Incorporación del material fresado en la tolva de pesaje de la torre dosificadora. Esta configuración permite incorporar el fresado en la báscula de áridos en caliente e intercalarlos con el árido virgen calentado en el secadero. Generalmente conviene disponer de una amasadora de una capacidad superior a la correspondiente a la producción real de la planta, se deben prolongar los tiempos de amasado, para que la envuelta sea correcta, y se debe disponer de un sistema de extracción de vapor, superior al de una configuración



convencional, para evacuar los caudales de vapor que genera la incorporación del fresado en este punto del proceso. Las tasas de reciclado en esta configuración no superan el 15 %.

3. Incorporación del material fresado en una tolva de pesaje independiente. Una vez pesado el fresado este va hacia un tolván de regulación que lo incorpora en la mezcladora, aumentando el intervalo de la amasada, retrasando el ciclo de la mezcla. De este modo, se consigue disponer de más tiempo, para evacuar el caudal de vapor, lo que permite reciclar hasta tasas del 25 %. Igual que en el sistema anterior, se debe disponer de una amasadora, con un rendimiento superior al del tambor secador, y de un sistema de extracción de vapor de agua superior al de una planta convencional.

Por otro lado, existen, instalaciones de reciclado concebidas para las plantas discontinuas que suponen adaptaciones de mucha mayor envergadura: para reciclar con altas tasas, en una instalación asfáltica de tipo discontinuo, se debe disponer de un segundo tambor cuya misión es la de calentar el fresado, a una temperatura superior a la ambiente, pero limitada, para evitar los posibles deterioros del betún contenido en el fresado.



1. *Instalación asfáltica de tipo discontinuo con tambor secador independiente para el material fresado.*

Una vez calentado el material fresado se eleva, mediante un elevador de tablillas, hacia una tolva de regulación, que lo dirigirá a una tolva de pesado para que, una vez dosificado, sea introducido en la mezcladora de la planta. Esta configuración permite alcanzar tasas de reciclado de hasta el 50 %.



En este tipo de instalaciones es aconsejable que la mezcladora sea de mayor rendimiento que el secadero, ya que absorberá las producciones de los dos tambores. También es preciso que el filtro de mangas tenga mayor rendimiento, que en una instalación convencional, ya que tiene que filtrar los gases y partículas generadas en los dos tambores.

Reciclado en caliente en plantas de tambor secador mezclador

Por su propia configuración el reciclado se realiza con muchas menos dificultades en las plantas continuas. De hecho, las primeras experiencias de reciclado en caliente en nuestro país se realizaron con este tipo de plantas llegándose a alcanzar hasta un 40% de Tasa de Reciclado. Vamos a describir a continuación tres distintos tipos de tambor secador mezclador y la forma de fabricar mezclas recicladas con cada uno de ellos.

Tambor secador mezclador de flujo paralelo.

Corresponden a la primera generación de TSM. En ellos los áridos y la corriente de gases fluyen en el mismo sentido, al entrar los áridos junto al quemador. En la figura 3 vemos el esquema de este tipo de plantas. La incorporación del material reciclado es sencilla, pues basta con perforar el tambor en las zona más fría, procurando alejarlo de los gases más calientes del quemador.

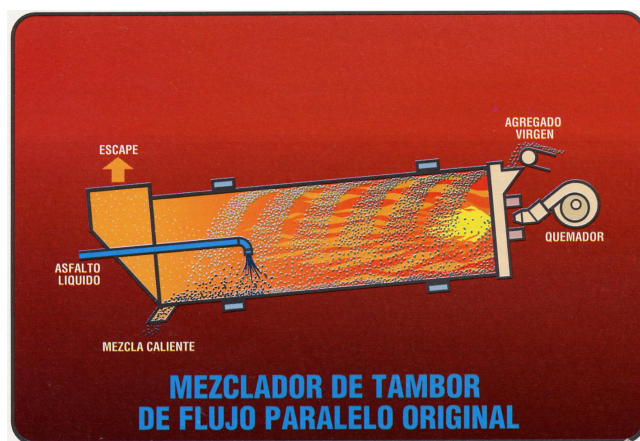


Figura3– Esquema de planta de tambor secador mezclador de flujo paralelo.



Con este tipo de plantas se produjeron las primeras mezclas recicladas en España, a partir de 1985. Más que por su eficacia como instalaciones de reciclado, por inconvenientes vinculados a la propia fabricación de mezclas convencionales este tipo de plantas han dejado de instalarse desde 1990. Los tambores de flujo paralelo obligan a trabajar con temperaturas de gases más elevadas, lo que dificulta el control de emisiones y puede comprometer la calidad final de la mezcla

Tambor secador de quemador avanzado.

Tratando de superar los inconvenientes mencionados anterior a finales de los años 80 se empezó a comercializar un nuevo tipo de planta continua, con un tambor secador de contraflujo, tal como lo habituales en las plantas discontinuas, en el que la cámara de mezcla se crea detrás del quemador, como puede verse en el esquema presentado en la figura 4.



Figura 4 – Esquema de tambor secador mezclador de contraflujo con quemador central.

Con este tipo de tambores se solucionan los problemas vinculados a los tambores de flujo paralelo, aunque a costa de dificultar el acceso a un componentes tan esencial como el quemador. El tiempo de mezclado es relativamente corto por lo que la Tasa de Reciclado no sobrepasa el 40%. Este tipo de planta han tenido penetración es España, donde se han instalado



muy contadas unidades. esenciales, por razones no siempre técnicamente justificadas. En efecto, a partir de 1990 los Pliegos de prescripciones particulares de ciertas administraciones [2] se redactan prohibiendo específicamente el uso de las plantas de tambor secador mezclado. Las justificación de tales medidas se basan por un lado en el mayor control de áridos y betún que, en teoría hacen posible las plantas continuas, por otro, en envejecimientos excesivos que se sospechan en el producto final, etc. En años sucesivos los prejuicios mencionados se generalizan y son cada vez más las administraciones o directores de obra que se niegan a admitir en sus obras la plantas de tambor secador - mezclador. Se consuma así la práctica desaparición de este tipo de plantas entre las nuevas incorporaciones al parque nacional que anteriormente se comentó

Doble Tambor.

Existe un tercer tipo de tambor secador mezclador que interesa comentar y que ha supuesto el retorno a nuestro país de las plantas de tambor secador mezclador después de más de diez años de haber dejado de comercializarse.

El tambor secador – mezclador tipo double puede ser utilizado, además, como sistema de incorporación de material fresado para fabricar mezclas bituminosas con tasas de reciclado de hasta el 50% en condiciones ambientales idóneas.

En esencia consiste en superponer a un tambor secador, en principio convencional, y en parte de su longitud, un segundo tambor concéntrico, de mayor diámetro, que permanece fijo. En la zona de superposición de los dos tambores el tambor interior dispone de palas de mezclado externas de modo que la cámara allí formada actúa como mezcladora de la planta asfáltica.

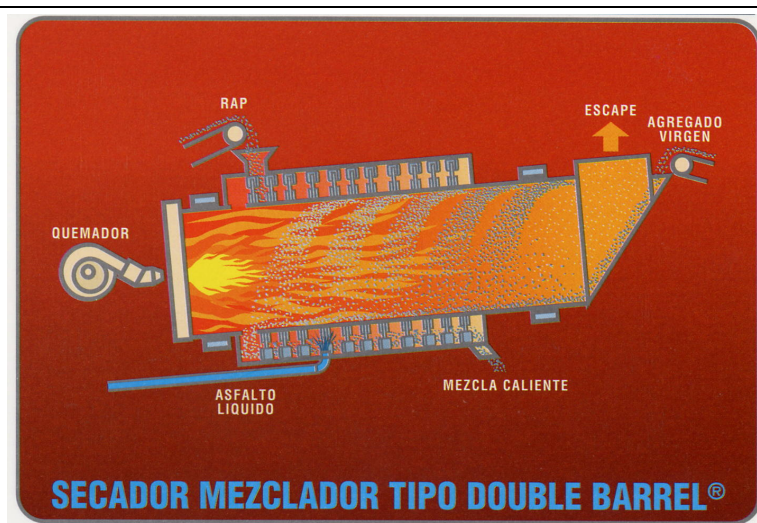


Figura 5 – Esquema de tambor secador mezclador Double Barrel.

Los áridos entran en contracorriente secándose y calentándose a la temperatura de empleo en el tambor central para, al final de su recorrido, caer al espacio formado entre los dos tambores iniciando el avance en sentido inverso. En esta cámara de mezcla se introducen el material fresado, el betún asfáltico y el filler de recuperación / aportación, obteniéndose a la salida la mezcla bituminosa terminada.

El calentamiento del material fresado se produce por radiación (flujo de calor desde las paredes interiores de la cámara de mezclado, por conducción (por contacto con los áridos en caliente) y por convección (transferencia desde la corriente de gases). Realmente cabe considerar la cámara de mezclado como un tambor independiente a efectos de su analogía con los sistemas de reciclado que han incorporado las dos instalaciones asfálticas que anteriormente mencionamos: la mezcla reciclada se introduce en un tambor sin llama de quemador y sin gases a temperaturas elevadas. Además las posibles fracciones volátiles producidas por el material fresado fluyen hacia el tambor interior donde son quemadas y eliminadas en condiciones ambientales adecuadas.



ESTABLECIMIENTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.

Las mezclas bituminosas recicladas en caliente pueden presentar unas características por completo asimilables a las de una mezcla bituminosa convencional y por tanto deben ser diseñadas para satisfacer las mismas especificaciones. Ello no debe ser ningún inconveniente cuando se trate de fabricar mezclas con bajas Tasas de reciclado, en las que ni tan siquiera puede hacer falta cambiar el grado del nuevo betún para obtener un ligante final adecuado.

Con tasas de Reciclado elevadas, suele escogerse el nuevo betún uno o dos grados de Penetración por encima del que se utilizaría en la mezcla convencional, en función no sólo de la tasa de reciclado sino del estado del betún envejecido. Con Tasas de reciclado importantes, o cuando se reciclan materiales muy envejecidos puede convenir formular el ligante bituminoso específicamente para la obra en cuestión, y aprovechar tal circunstancia no sólo para regenerar las propiedades del viejo betún sino incluso para obtener una mezcla final de características mejoradas, del tipo alto módulo o con ligantes modificados.

SITUACIÓN NORMATIVA ACTUAL

Los procedimientos de Reciclado de firmes se han ido incorporando poco a poco a la normativa vigente, lo que ha de ayudar a su difusión y desarrollo. En España disponemos de la Orden Circular 5/2001 Riegos Auxiliares, Mezclas Bituminosas y Pavimentos de Hormigón, que revisa el artículo 542 del PG3 Mezclas Bituminosas en caliente, en la que se recoge por primera vez la posibilidad de reciclar mezclas bituminosas en caliente en planta, utilizando tasa de reciclado inferiores al 10%. En concreto, en su apartado 542.2.2. Áridos se establece que podrá emplearse como árido material procedente del reciclado de mezclas bituminosas en caliente, en proporciones inferiores al 10% de la masa total de la mezcla.

La Orden Circular 8/2001 Reciclado de Firmes, recoge los tres primeros artículos con los que se inicia la redacción del PG-4 o Pliego de



Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras. Estos tres artículos son

- π Artículo 20; Reciclado in situ con emulsión de capas bituminosas
- π Artículo 21: Reciclado in situ con cemento de capas de firme
- π Artículo 22; Reciclado en central en caliente de mezclas bituminosas.

En ello se establecen las condiciones en las que deben emplearse materiales y equipos en cada una de esas técnicas,

Por último, la Orden Circular 9/2002, Rehabilitación de Firmes, revisa la norma 6.3 IC de Refuerzo de firme de 1980 y la OC 323/97 establece la equivalencia estructural entre las capas de mezcla convencional y las recicladas (0,75 para mezclas recicladas en frío in situ con emulsión y de 0,8 a 1, en función de la tasa de reciclado para las mezclas reciclados en caliente en central) además de las limitaciones para su uso en función de la categoría del tráfico y de la situación de la capa.