

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

Alberto Bardesi

RYLESA

Introducción

La reciente modificación de los artículos 542 y 543 del PG-3 como consecuencia, en parte, de la entrada en vigor de la nueva normativa europea de mezclas bituminosas en caliente ha supuesto algunos cambios significativos. El primero importante es, sin duda, el de los ensayos a emplear en la formulación y control de calidad de las mezclas. El sistema de diseño basado en el estudio de los huecos y la deformabilidad de las mezclas mediante el aparato Marshall, complementado con la deformación plástica en pista y la resistencia a la acción del agua mediante el ensayo de inmersión-compresión, es sustituido por un modelo que en su vertiente empírica emplea los ensayos de deformación en pista (con diferencias significativas del utilizado hasta ahora en España) y resistencia a la acción del agua mediante resistencia conservada a tracción indirecta, además de los huecos en mezcla, como la base del diseño de las mezclas. Conceptualmente no es un cambio muy grande pero desde el punto de vista práctico resulta todo un desafío de adaptación de la industria y las administraciones de carreteras, acostumbrados durante décadas a manejar otros ensayos y otras referencias.

Adicionalmente, los nuevos artículos se reestructuran pasando las mezclas drenantes a formar parte del artículo 543 dejando las mezclas tipo hormigón bituminosas (*asphalt concrete* en la denominación inglesa), incluidas las de alto módulo, en el 542 y se modifican, adaptándolas a la



MEZCLAS BITUMINOSAS



norma europea, las denominaciones de las distintas mezclas. De forma indirecta, pero no menos significativa, se seleccionan, dentro del amplio abanico de posibilidades que ofrece la normativa europea, las mezclas y granulometrías que la D.G. Carreteras del M° de Fomento considera más adecuadas para sus firmes: AC, BBTM y PA.

El segundo cambio importante es el de la entrada en funcionamiento, también obligado por la normativa europea, del Mercado CE de las mezclas bituminosas. Derivado del Mandato de Productos de la Construcción, todos aquellos fabricantes de mezclas que deseen comercializar sus productos dentro del espacio europeo deben someter sus productos y procesos productivos a un procedimiento de aseguramiento de la calidad, basado en unas formulaciones ensayadas (*Type Testing*) y en un sistema de calidad de la planta (*Factory Production Control*).

Los nuevos artículos 542 y 543 recogen esta posibilidad si bien, dejan la puerta abierta a que las plantas que producen en régimen de autoconsumo, al igual que ocurre con los áridos, puedan operar sin contar con el mencionado Mercado CE. Hay que recordar aquí que éste únicamente cubre los aspectos ligados con el diseño y producción de las mezclas pero no los de puesta en obra.

Como consecuencia de lo anterior, los temas relativos al control de calidad de las mezclas de los artículos 542 y 543 del PG-3, se pueden dividir en dos partes:

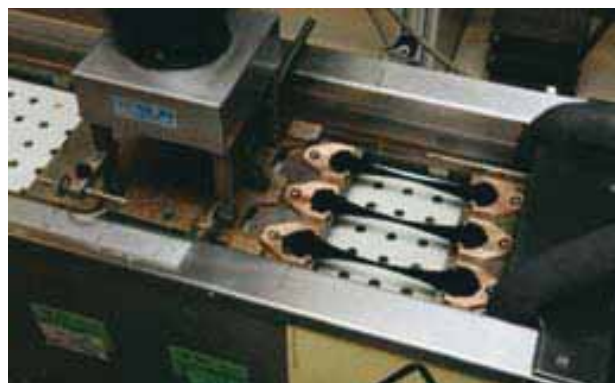
- Los relativos a procedencia de materiales, calidad de los materiales y fabricación, en los que hay un tratamiento diferente para los productos con Mercado CE a los que no lo tienen.
- Los relativos a puesta en obra, que son independientes de si el fabricante dispone o no de Mercado CE.

El Control de Procedencia y Calidad de los Materiales

En el caso de los ligantes bituminosos para los que aún no hay posibilidad de Mercado CE, se mantienen los criterios existentes anteriormente, esto es los correspondientes a los artículos 211 y 215. Además, los nuevos ligantes mejorados con caucho se asimilan a estos efectos con los betunes modificados por lo que deberán cumplir lo establecido en los apartados 215.4 y 215.5 del PG-3.

En el caso de los áridos y el polvo mineral, los nuevos artículos aceptan, salvo indicación en contrario de P. P. T. Particulares y de las facultades del Director de las Obras, la validación que supone el Marcado CE respecto a la procedencia y, en algunas propiedades, de la calidad.

Cuando no se disponga de éste, se establecen criterios de control:



Árido	Propiedad	UNE-EN	Procedencia	Control de Calidad
G	Coeficiente Los Ángeles	1097-2	4 muestras por origen	1 vez por mes (*)
G	CPA (si aplica)	1097-8		1 vez por mes (*)
G-F	Densidad relativa y absorción	1097-6		1 vez por mes (*)
G-F	Granulometría de la fracción	993-1		Según NCF (*)
F	Equivalente de arena	933-8		Según NCF (*)
F	Azul de Metileno (si aplica)	933-9-A		Según NCF (*)
G	Caras de Fractura	933-5		1 vez por semana
G	Impurezas	146130-C		1 vez por semana
G	Índice de Lajas	933-3		1 vez por semana
PM	Densidad aparente	1097-3-A		1 vez por día
PM	Granulometría	933-10		1 vez por semana
(*) También cuando se disponga de Marcado CE				

Una novedad derivada de la normativa europea de mezclas bituminosas es el criterio de fijación del nivel de muestreo por Nivel de Conformidad de Funcionamiento de la planta (NCF). El NCF se establece tomando en cuenta el número de veces que la media de los ensayos de granulometría y contenido de ligante de 4 muestras de la mezcla se encuentra fuera de los límites establecidos en un total de 32 muestras (8 grupos de 4 muestras). El NCF A supone que no haya ninguna media de 4 muestras fuera de límites, el NCF B que haya sólo 1 y el NCF C que haya 2 o más (este NCF C muestra una situación muy preocupante de la calidad de la fabricación y debería dar lugar a una revisión completa del sistema). De acuerdo con este criterio, el muestreo sería:

NCF A: una muestra cada 600 t

NCF B: una muestra cada 300 t

NCF C: una muestra cada 150 t

lo que supone actuar con el nivel de frecuencia más exigente (nivel X) de los previstos en la normativa europea.

MEZCLAS BITUMINOSAS

Respecto a la anterior redacción, las principales diferencias serían la introducción del NCF como criterio de muestreo (frente a 2 muestras por día) lo que, en general, supone un aumento de la frecuencia de control y del ensayo de granulometría para el control de procedencia y calidad del polvo mineral.

El Control de Calidad en Fabricación

Se acepta la validez del sistema de control del fabricante cuando dispone del Marcado CE. Cuando no es así, se establece un sistema de control en base a:

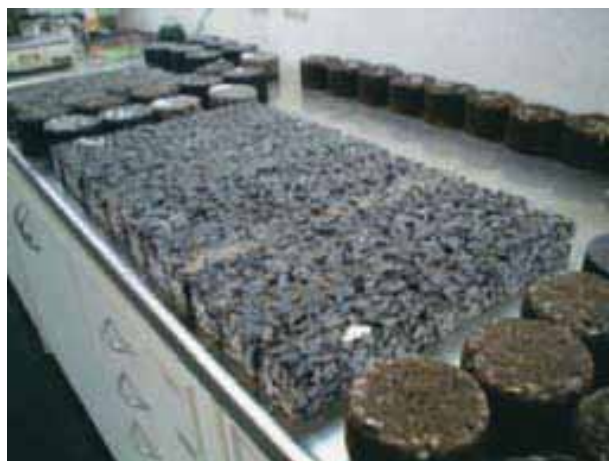
- Áridos en frío: 2 veces al día, granulometría y equivalente de arena (y, en su caso, azul de metileno) del árido combinado.
- Áridos en caliente: 1 vez al día: granulometría
- Equipos:
 - En plantas continuas, diariamente el caudal de la cinta de áridos
 - En todas la plantas: semanalmente las básculas de dosificación e indicadores de temperatura de áridos y ligante.
- Mezcla fabricada a la salida del mezclador o silo (en coincidencia con las exigencias para el marcado CE para el nivel de exigencia X):
 - En cada camión: aspecto, temperatura y presencia de humedad (hasta 1% admitido en plantas TSM) de la mezcla.
 - Con la misma frecuencia del apartado anterior correspondiente al NCF de la planta (cada 600t, 300t y 150t para NCF A, B y C): granulometría y contenido de ligante, con las siguientes tolerancias:

– Tamices de > 2mm:	$\pm 4\%$
– Tamiz de 2mm:	$\pm 3\%$
– Tamices de 0,063 a 2mm:	$\pm 2\%$
– Tamiz de 0,063 mm:	$\pm 1\%$
– Dotación de ligante:	$\pm 0,3\%$

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

- Adicionalmente, dependiendo del tipo de mezcla y del NCF de la planta, los siguientes ensayos:

NCF	Frecuencia (1 muestra c/)	Mezcla	Ensayos	UNE-EN
A	12.000 t	AC	Deformación plástica	12697-22
B	6.000 t	AC MAM	Módulo dinámico a 20°C	12697-26-C
C	3.000 t			
A	8.000 t	BBTM	Deformación plástica	12697-22
B	4.000 t	BBTM-PA	Escurecimiento de ligante	12697-18
C	2.000 t	PA	Pérdida de partículas	12697-17
A-B-C	Cambio de suministro o procedencia	AC-BBTM-PA	Resist. Conservada Trac. Ind.	12697-12
		AC MAM	Fatiga	12697-24-D



Es en este campo del control de calidad en fabricación en el que se observan las mayores diferencias en la nueva redacción, la mayor parte de ellas derivadas de la normativa europea, ya que en la anterior versión el control de calidad de la mezcla fabricada contemplaba:

■ Dos veces al día y al menos una vez por lote:

- Dosificación de ligantes.
- Granulometría.

■ Una vez al día y al menos una vez por lote:

- En mezclas D, S, G, MAM y F: ensayo Marshall $\pm$ huecos y resistencia a deformación plástica.

MEZCLAS BITUMINOSAS

- En mezclas MAM: módulo dinámico a 20° C.
- En mezcla M y PA: huecos y pérdida por desgaste en Cántabro.

El control de granulometría y dosificación de ligante se mantiene, aun cambiando algo la frecuencia, pero en lo que se refiere al control de, al menos una vez por día o lote, una característica mecánica importante de la mezcla, se pasa a un control que, en condiciones normales, será más o menos semanal (8-12.000 t).

El Control de Calidad en la Puesta en Obra

En esencia, el control de puesta en obra es idéntico al de la redacción anterior, con la salvedad de que, como ya se ha mencionado, al no tomar muestras de mezcla a la descarga del mezclador, es preciso hacerlo en el extendido para determinar huecos y densidades de referencia para la compactación. Esto es coherente con el hecho de que la norma europea no entra en estos aspectos y, por tanto, no quedan cubiertos por el Mercado CE.

Se establecen los lotes de control (el menor de 500 m de calzada, 3.500 m², fracción construida diaria) y para cada uno de ellos:

- En mezclas AC tipo D, S, G, MAM y en mezclas BBTM A: se extraen testigos (al menos 5) para determinar densidad aparente y espesor.
- En mezclas PA y BBTM B (con espesor igual o superior a 2,5 cm): se extraen testigos (al menos 5) para determinar contenido de huecos, densidad y espesor.
- En mezclas BBTM B (con espesor inferior a 2,5 cm): dotación media calculada por cociente entre el peso neto de mezcla descargada y la superficie cubierta.
- En todos los casos:
 - Regularidad superficial (un valor de IRI cada hectómetro determinado con la NLT-330).
 - Macrotextura superficial (5 puntos por lote y, al menos, uno por hectómetro determinado determinada con la UNE-EN 13306-1).
 - Resistencia al deslizamiento a los dos meses de la puesta en servicio determinada con la NLT-336.

Los criterios de aceptación y rechazo en lo que se refiere a densidades, espesor, regularidad superficial, macrotextura y resistencia al deslizamiento son similares a los existentes ante-

riormente. También los criterios de penalización en casos de incumplimiento. Las principales novedades vienen de la mano de:

- El umbral de aceptabilidad de la resistencia al deslizamiento para mezclas PA y BBTM pasa del 90 al 95% del valor previsto en la tabla 543,15.
- Los posibles abonos adicionales en caso de mejora de la regularidad IRI.

Comentarios finales

De la lectura de todo lo anterior se puede colegir que la nueva redacción de los artículos 542 y 543 del PG-3, en lo que se refiere al control de calidad, mantiene básicamente los criterios de la anterior en la medida que la normativa europea se lo permite. Ésta aporta cambios en cuanto a:

- La definición de frecuencia de ensayo basada en el NCF de la planta, lo que, sin duda, supone un avance y un aliciente a hacer las cosas bien.
- La realización de ensayos complementarios (pista, módulo, resistencia al agua, fatiga,...) con una frecuencia adecuada y adaptada también al NCF.
- EL abandono del control diario de la mezcla mediante un ensayo (Marshall) que permitía definir densidades de referencia y controlar una característica mecánica fundamental de la mezcla como es la deformabilidad.

Por otro lado, las caracterización mecánica de las mezclas en el Ensayo Inicial de Tipo (EN-13108-20) puede realizarse sobre probetas de mezcla preparada en laboratorio o fabricada en planta. La experiencia existente hasta el momento indica que, en general, los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos suelen ser claramente mejores cuando la mezcla empleada es la fabricada en planta. Esto, junto al último punto señalado anteriormente, serviría de base para señalar la conveniencia de retocar los aspectos relativos al control de calidad en la forma siguiente:

- En el tramo de prueba, que pasaría a ser pieza clave en todo el proceso, además de lo ya indicado en el PG-3, se controlarían y comprobarían:
 - Características físicas y mecánicas (deformación plástica, resistencia al agua, módulo, fatiga, pérdida de partículas, escurrimiento de ligante,...) de la mezcla en relación al Ensayo Inicial de Tipo (en caso de mezclas con Marcado CE) o la fórmula de trabajo aprobada.
 - Determinación de las densidades de referencia iniciales y de alguna característica mecánica que pudiera ser objeto de control diario en obra. En este sentido, dada la

dificultad para realizar en obra ensayos como el de deformación en pista, podría pensarse en el empleo del ensayo de rotura a tracción indirecta (habría que fijar condiciones de ensayo, valores umbrales de aceptación,...)

- En obra se aprovecharían los testigos extraídos para la determinación de densidad y espesores para emplearlos en el control de la resistencia a tracción con criterios similares a los de otros parámetros: máximo número de testigos por debajo del valor de referencia aceptables por lote, umbrales de aceptación del lote, criterios de actuación en caso de no alcanzarlos, etc. De esta forma se complementarían los controles de densidad de forma que se aseguraría una adecuada puesta en obra y con ello un comportamiento correcto de la mezcla fabricada tal y como el reciente trabajo ganador del Premio Juan Antonio Fernández del Campo ha puesto de manifiesto

Por último, y aunque no es estrictamente un problema de control de la mezcla, cabe mencionar la necesidad de introducir el procedimiento de control de la adherencia entre capas dada su trascendencia para el adecuado funcionamiento estructural del firme. Hasta el momento, más allá del control visual de la aplicación del riego de adherencia y de los ensayos de control de la emulsión empleada, no hay nada previsto para asegurar un mínimo nivel de adherencia. Un ensayo, como el desarrollado en la UPC, para determinar el esfuerzo de despegue entre capas podría ser utilizado por su sencillez y escaso coste, para el control sistemático de la adherencia aprovechando también los testigos o tomando testigos adicionales a los de densidad y espesor. Sería preciso definir también los umbrales de aceptabilidad, criterios de actuación, etc., como en el resto de características.