

# Sobrestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11 B

Pablo Álvarez Troncoso, palvarez@becsa.es

Manuel Montolio Sanfeliu, mmontolio@becsa.es

Carlos Quintana Gálvez, cquintana@becsa.es

BECSA

Miguel Miñana Sánchez, mminana@becsa.es

Las mezclas bituminosas para capas delgadas recogidas en la norma UNE-EN 13108-2:2007 y el artículo 543 del pliego PG-3, gozan en la actualidad de gran profusión, en especial las mezclas tipo BBTM 11B, solución adoptada para la ejecución de capas de rodadura en innumerables actuaciones debido a sus características especiales de drenabilidad, mejora de la adherencia y durabilidad. El criterio de aceptación y rechazo para estas capas, en términos de densidad, se establece vía cálculo de huecos en mezcla, sobre testigos extraídos, fijando una horquilla de valores ( $\pm 2\%$ ) con respecto a los huecos obtenidos en los lotes de control sobre probetas como condición general para su aceptación. En el presente artículo se expone la problemática que afecta a la aceptación/rechazo de estas capas por sobreestimación en la determinación de huecos, ya que se ha constatado por nuestra experiencia, que se produce de forma generalizada, llegando en muchos casos a dudar por este motivo de la bondad del comportamiento de la capa de rodadura ejecutada.

**Palabras clave:** mezclas bituminosas, BBTM 11B, capas de rodadura

Bituminous mixes for thin layers described in the standard UNE EN 13108-2:2007 and included in chapter 543 of PG-3 are widely used nowadays. Specially used is the mix type BBTM 11B, which is considered quite often as a solution for road surface pavements due to its draining capability, high skid resistance coefficient and durability. For those thin layers, the acceptance criteria regarding density is set on the basis of mix voids content, that is calculated from a sampling set of mix drilled cores test population. In order to accept a finished layer, voids content from cores must be within an interval of  $\pm 2\%$  regarding reference control samples level. This paper is focused on the common issue of overestimation of voids content within testing procedures, yielding a wrong assessment about execution quality of BBTM B surface pavements and its behavior under rolling traffic. In addition it is proposed a possible solution based on BECSA procedures' experience.

**Keywords:** bituminous mixes, BBTM 11B, road surface pavements

## 1. Introducción

Las mezclas discontinuas para capas de rodadura componen en la actualidad muchas de las soluciones para pavimentos de rodadura en vías de alta capacidad de la red de carreteras. No en vano, la vigente Instrucción de carreteras Norma

6.1 IC [1] cuando describe en su capítulo 6 (secciones de firme) las capas de rodadura a utilizar en vías de categoría de tráfico pesado T00 a T1, remite al uso de mezclas PA o tipo M. La problemática de la sobreestimación en la evaluación de huecos es común para estos dos tipos de mezcla, aunque el presente artículo se ciñe al caso de las mezclas BBTM B (M)

## Sobrestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11 B.

para tratar de exponer y, en la medida de lo posible clarificar, qué sucede cuando enfrentamos los valores encontrados a los criterios de aceptación para la unidad terminada que establece la normativa vigente.

### 2. Especificaciones de la unidad terminada. Criterios de aceptación

#### 2.1 Especificaciones de la unidad terminada

En el artículo 543 del vigente PG-3, en su apartado 543.7 [2], se describen las especificaciones que rigen la ejecución de las capas de mezcla discontinua en rodadura. Así, se exponen en 4 sub-apartados dichas especificaciones en lo referente a densidad alcanzada en la puesta en obra, geometría, regularidad superficial y macrotextura / resistencia al deslizamiento.

En el primero de estos sub-apartados (543.7.1) se establecen los márgenes admisibles en términos de densidad alcanzada para la mezcla en obra. Más concretamente para el caso de las mezclas tipo BBTM B estos márgenes se fijan en términos de porcentaje de huecos en mezcla, parámetro directamente relacionado con la densidad, y que da idea de la capacidad de este tipo de mezcla para dotar a la capa de funcionalidades específicas tales como drenabilidad o macrotextura superficial. A su vez se encuentra una clara diferenciación dentro de esta evaluación dependiendo del espesor, de tal modo, que para las mezclas de espesor menor de 2.5 cm, podemos determinar su compactación a partir del ratio dotación de mezcla por superficie/ espesor de la capa.

Pero el caso más generalizado y fácil de encontrar en la ejecución de este tipo de capas es aquél en el que los espesores se encuentran entre 2.5 y 3.0 cm, y para este caso, el pliego establece que el porcentaje de huecos en mezcla no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales ( $\pm 2\%$ ) del obtenido para probetas compactadas según UNE EN 12697-30 aplicando 50 golpes por cara.

#### 2.2 Criterios de aceptación y rechazo

El pliego PG-3 propone, en conexión con lo expuesto en el apartado anterior, unos criterios de aceptación y rechazo en lo referente a las capas ejecutadas de mezcla bituminosa y densidad/huecos (543.10.1) para las BBTM B. Para el caso concreto de capas de espesor  $\geq 2.5$  cm, como ya se ha mencio-

nado, se establece una tolerancia de  $\pm 2\%$  en el contenido en huecos con respecto al obtenido para su lote de control de probetas por impacto, y se insta a la demolición de la capa en el caso en que se encuentren diferencias superiores al 4% en este parámetro. Para los casos en los que se encuentren diferencias en el porcentaje de huecos de entre el 2% y el 4% se establece la penalización económica correspondiente.

### 3. Problemas en obra. Sobrestimación de huecos. Caso BBTM B

#### 3.1 Problemas en obra

La experiencia del sector respecto a lo descrito con anterioridad, demuestra que existe un problema real en lo referente al cumplimiento de las especificaciones del pliego en este ámbito. Es más, se constata en ocasiones que algunas administraciones han desistido directamente del control por huecos en este tipo de mezclas conocedores de la problemática que suscita, sin ahondar en las razones reales que generan dicha problemática.

Sirva como ejemplo la siguiente tabla de resultados obtenidos para un tramo de BBTM 11B tras su ejecución para un tráfico T0.

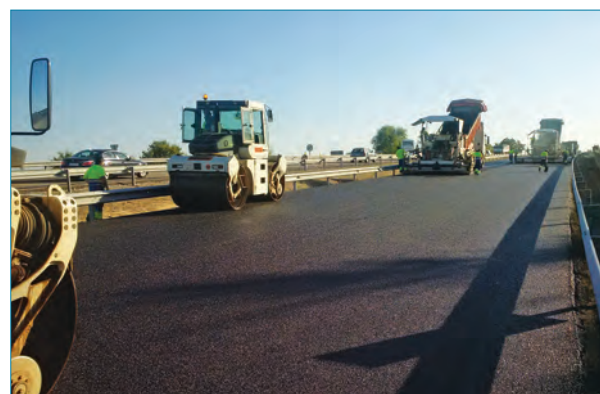


Figura 1: Extendido mezcla discontinua.

Los resultados a primera vista no pueden ser más desalentadores. En todos los casos la diferencia entre los huecos de referencia y los obtenidos mediante el análisis de los testigos son superiores al 4% de huecos lo que nos llevaría a la demolición de la capa ejecutada según los criterios descritos en el apartado anterior. Pero lo cierto es que esta capa en concreto lleva más de 2 años ejecutada y carece de todo ti-

Tabla 1. Resultados reales obtenidos en obra.

PK	Calzada	Carril	Tipo de mezcla	Densidad referencia (kg/m <sup>3</sup> )	D. max. (kg/m <sup>3</sup> )	% Huecos en mezcla referencia	Densidad testigos extraídos (kg/m <sup>3</sup> )	% Huecos en mezcla obtenidos	Diferencial % huecos
174+050	MD	MD	BBTM 11 B	2172	2575	15,7	1974	23,3	8
174+350	MD	MD	BBTM 11 B	2172	2575	15,7	1956	24,0	8
174+650	MD	MD	BBTM 11 B	2172	2575	15,7	1962	23,8	8
174+950	MD	MD	BBTM 11 B	2172	2575	15,7	2010	21,9	6
175+250	MD	MD	BBTM 11 B	2172	2575	15,7	1935	24,9	9
177+400	MD	MD	BBTM 11 B	2166	2566	15,6	1974	23,1	7
177+700	MD	MD	BBTM 11 B	2166	2566	15,6	1928	24,9	9
178+100	MD	MD	BBTM 11 B	2166	2566	15,6	1968	23,3	8
178+400	MD	MD	BBTM 11 B	2175	2571	15,4	1991	22,6	7
178+750	MD	MD	BBTM 11 B	2175	2571	15,4	2020	21,4	6
179+100	MD	MD	BBTM 11 B	2175	2571	15,4	1952	24,1	9
179+400	MD	MD	BBTM 11 B	2175	2571	15,4	1974	23,2	8
179+700	MD	MD	BBTM 11 B	2175	2571	15,4	1992	22,5	7
170+000	MD	MD	BBTM 11 B	2169	2568	15,5	1978	23,0	7
170+700	MD	MD	BBTM 11 B	2169	2568	15,5	2021	21,3	6
170+600	MD	MD	BBTM 11 B	2169	2568	15,5	1956	23,8	8
170+900	MD	MD	BBTM 11 B	2169	2568	15,5	1971	23,2	8
170+100	MD	MD	BBTM 11 B	2180	2571	15,2	2031	21,0	6
171+700	MD	MD	BBTM 11 B	2180	2571	15,2	2017	21,5	6
171+700	MD	MD	BBTM 11 B	2180	2571	15,2	2022	21,4	6
172+000	MD	MD	BBTM 11 B	2180	2571	15,2	1998	22,3	7
172+700	MD	MD	BBTM 11 B	2180	2571	15,2	1978	23,1	8

po de problemas reales y su funcionalidad sigue intacta. Cabe preguntarse qué hace que una capa con tan deficiente compactación funcione de forma correcta.

### 3.2 Sobreestimación de huecos. Caso BBTM B

La respuesta está en la norma de ensayo correspondiente. Es cierto que en la mayoría de los casos se realiza el ensayo de determinación de densidad y huecos según se nos indica en todos y cada uno de los apartados de la UNE EN 12697-6 [3]

y UNE EN 12697-8 [4] respectivamente y el resultado obtenido es el que se muestra en la tabla. Pero probablemente no se toma en consideración lo descrito en el anexo A de la UNE EN 12697-6 que desarrolla una serie de directrices para la selección de un procedimiento de ensayo para determinar la densidad aparente de materiales bituminosos compactados. Al hablar del procedimiento de densidad aparente por dimensiones, de aplicación en el caso de las BBTM B, se indica lo siguiente: "En este procedimiento, los huecos de la textura superficial también se consideran como parte de los huecos

## Sobrestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11 B.

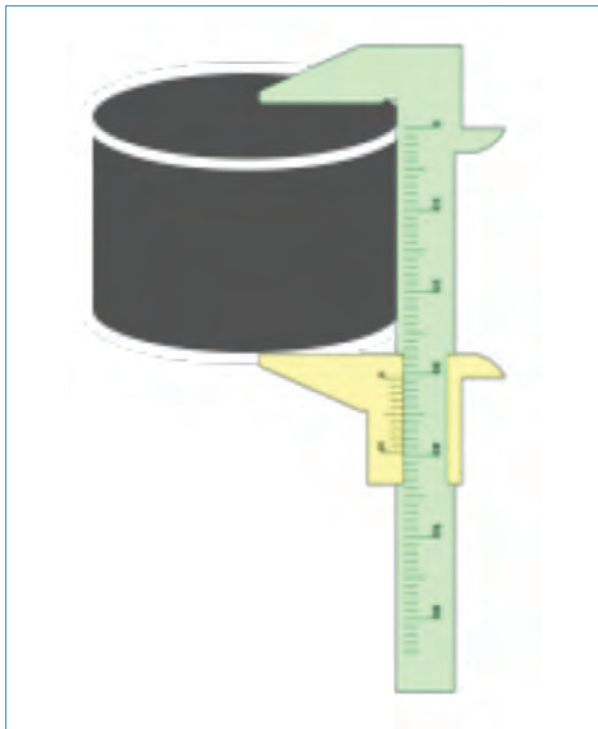


Figura 2: Esquema de medida.

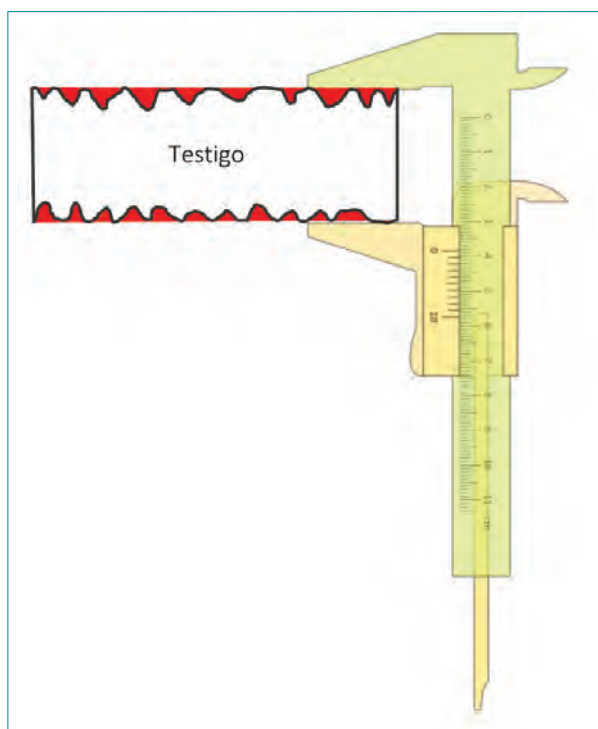


Figura 3: Detalle de macrotextura en la medida.

internos de la probeta, lo que puede dar lugar a una subestimación de la densidad de la probeta o a una sobrestimación del nivel de huecos en aire de la probeta”.



Figura 4: Testigo.



Figura 5: Probeta referencia.

Es decir, cuando se mide la altura de la probeta se incluye en la estimación del volumen y por tanto de la densidad y los huecos, la macrotextura que presentan los mismos. En principio, al tratarse de la comparativa de huecos en mezcla de las probetas de referencia y los testigos no cabría esperar diferencias significativas puesto que en ambos casos la sobrestimación de huecos tiene la misma naturaleza. Pero hay un factor esencial que distorsiona en gran medida la densidad determinada para ambos tipo de espécimen.

La macrotextura superficial en un testigo de BBTM 11 B se encuentra en la mayor parte de los casos entre 1.5 y 2 mm (artículo 543.7.4 de PG-3) y en una probeta de referencia es de aproximadamente de entre 1.0 y 1.2 mm, para la misma mezcla.

Lo anteriormente descrito lleva a una situación de “diferencia de sobrestimación”, como la que se representa en el esquema de la Figura 6.



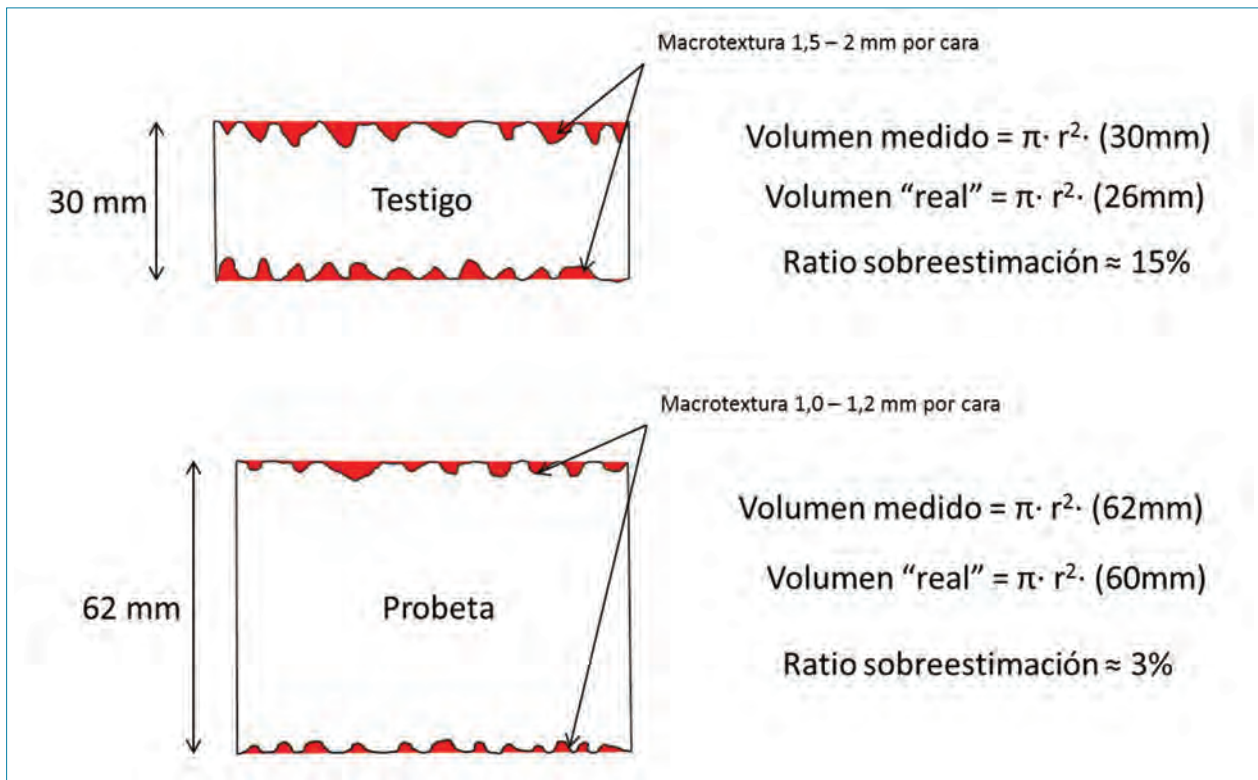


Figura 6: Detalle de la sobreestimación.

Es decir, debido a la diferencia de macrotextura que presentan y la diferencia de altura de cada uno de ellos la sobreestimación de huecos en uno y otro caso es muy distinta. En los casos más extremos se puede llegar a una diferencia de sobreestimación superior al 13%, lo que hace que los testigos presenten densidades mucho menores y alejadas de la realidad de la mezcla. Puede comprobarse cómo a medida que se analizan testigos de mayor espesor las diferencias encontradas son menores.

#### 4. Corrección de la sobreestimación.

##### Propuesta de estandarización de procedimiento

Se propone la utilización para la corrección de las sobreestimaciones de un procedimiento desarrollado a través de la experiencia, consistente en la limitación de la influencia de la macrotextura superficial en la determinación de los volúmenes de las probetas y testigos de mezcla BBTM B.

Debido a la dificultad que supone la estimación de la macrotextura superficial de las probetas de referencia tipo Marshal ( $\phi 101.6$  mm), ya que presentan una superficie muy acotada, se debe calcular la macrotextura superficial de la mezcla

fabricada en el momento de su diseño y más concretamente en la superficie de las probetas fabricadas mediante UNE EN 12697-33 [5] con rodillo metálico con las que se desarrolla el preceptivo ensayo de rodadura UNE EN 12697-22 [6] de la fórmula de trabajo para dicha mezcla.

El valor que se obtiene en este caso queda siempre del lado de la seguridad, es decir, es un valor de macrotextura al-

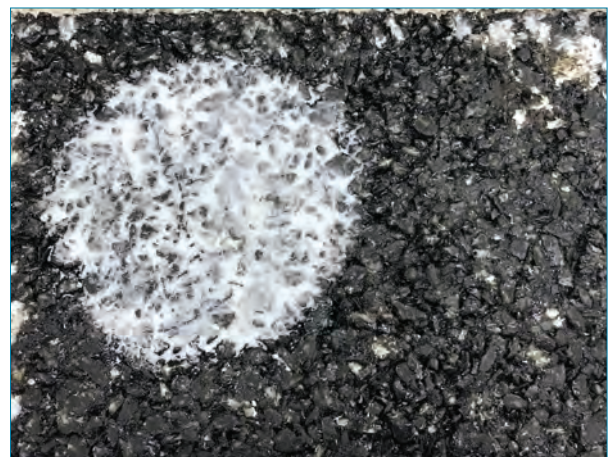


Figura 7: Macrotextura sobre probeta de ensayo de rodadura UNE EN 12697-22.

## Sobrestimación de huecos en mezclas discontinuas para capas de rodadura. El caso BBTM 11 B.

go mayor que aquél que se obtendría en su caso para las probetas preparadas por impactos (y referencia de huecos, no lo olvidemos) ya que éstas suelen cerrarse más en superficie debido a la propia naturaleza del método de compactación.

Con este valor así obtenido se corrige la altura de las probetas de los lotes de control siguiendo la siguiente expresión para el cálculo de su volumen:

$$V_p = \pi \cdot r^2 \cdot (h_{real} - 2 \cdot TD_{lab}) \quad \text{Ecuación 1}$$

donde

$V_p$  = volumen de la probeta de referencia en  $\text{mm}^3$

$r$  = radio de la probeta expresada en mm (generalmente 101.6 mm)

$h_{real}$  = altura de la probeta medida con calibre expresada en mm.

$TD_{lab}$  = macrotextura probeta de ensayo rodadura en laboratorio expresada en mm

Para los testigos extraídos del pavimento la corrección de volumen sería:

$$V_t = \pi \cdot r^2 \cdot (h_{real} - 2 \cdot TD_{extendido}) \quad \text{Ecuación 2}$$

donde

$V_t$  = volumen de la probeta testigo en  $\text{mm}^3$

$r$  = radio del testigo expresada en mm

$h_{real}$  = altura del testigo medida con calibre expresada en mm

$TD_{extendido}$  = macrotextura del lote controlada en extendido en mm.

Realizando las correcciones establecidas en el presente apartado el cuadro de control expuesto en 3.1 quedaría del modo que recoge la Tabla 2.

Donde la macrotextura para la mezcla en su fase de diseño en laboratorio fue de  $TD_{lab}$  1.0 mm y la media de macrotextura de los lotes de control de recepción  $TD_{extendido}$  se situó en torno a 1.7 mm. Puede observarse como disminuyen los huecos de referencia al introducir una corrección que elimina el efecto macrotextura en las probetas de control, pero es mucha mayor la corrección en volumen que se produce

en los testigos por efecto de la sobreestimación referida en 3.2. Tras la corrección la mayor parte de los datos recabados se encuentran en la horquilla de valores de  $\pm 2\%$  que nos indicaba el artículo 543.10.1 de PG-3 y sólo dos de esos datos alcanzaban el 3%. Es decir, partiendo de los mismos datos, se pasa de considerar una capa de rodadura que debería ser demolida según el pliego vigente a una capa aceptable a los efectos del mismo pliego. Con estos datos en la mano es razonable pensar que el pavimento tiene/tendrá un buen comportamiento durante su vida útil en lo referente a su puesta en obra.

### 5. Conclusiones

De lo expuesto en el presente artículo puede extraerse el efecto que produce la macrotextura en todos aquellos casos en los que se calculen huecos en mezcla a partir de densidades por el método geométrico según UNE EN 12697-6. Cabe mencionar que este método es el que se establece como referencia para todas aquellas mezclas con huecos en mezcla superiores a 10% en el caso de la normativa europea de mezclas bituminosas [7]. Se debe por tanto extremar las precauciones a la hora de valorar los datos obtenidos ya que, como ocurre en el caso de la problemática expuesta en el presente documento, pueden asignarse valores no reales a los pavimentos evaluados, con el consiguiente peligro de adulterar la información necesaria para la toma de decisiones por parte de las Direcciones de Obra.

### 6. Referencias bibliográficas

- [1] Orden FOM/3460/2003, de 28 de NOVIEMBRE, por la que se aprueba la Norma 6.1 IC secciones de firme, de la instrucción de carreteras (BOE DE 12 de diciembre de 2003). 41 pág.
- [2] Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3 Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre 2014. Apdo. 543. 881 pág.
- [3] UNE-EN 12697-6:2012 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas. 20 pág.
- [4] UNE-EN 12697-8:2003 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8:

Tabla 2: Resultados corregidos por macrotextura.

PK	Calzada	Carril	Tipo de mezcla	Densidad referencia (kg/m³)	D. max. (kg/m³)	% Huecos en mezcla referencia	Densidad testigos extraídos (kg/m³)	% Huecos en mezcla obtenido	Diferencial % huecos
174+050	MD	MD	BBTM 11 B	2241	2575	13,0	2206	14,3	1
174+350	MD	MD	BBTM 11 B	2241	2575	13,0	2189	15,0	2
174+650	MD	MD	BBTM 11 B	2241	2575	13,0	2209	14,2	1
174+950	MD	MD	BBTM 11 B	2242	2575	12,9	2241	13,0	0
175+250	MD	MD	BBTM 11 B	2241	2575	13,0	2165	15,9	3
177+400	MD	MD	BBTM 11 B	2235	2566	12,9	2175	15,3	2
177+700	MD	MD	BBTM 11 B	2235	2566	12,9	2190	14,7	2
178+100	MD	MD	BBTM 11 B	2235	2566	12,9	2193	14,5	2
178+400	MD	MD	BBTM 11 B	2244	2571	12,7	2214	13,9	1
178+750	MD	MD	BBTM 11 B	2245	2571	12,7	2236	13,0	0
179+100	MD	MD	BBTM 11 B	2244	2571	12,7	2165	15,8	3
179+400	MD	MD	BBTM 11 B	2244	2571	12,7	2223	13,6	1
179+700	MD	MD	BBTM 11 B	2245	2571	12,7	2201	14,4	2
170+000	MD	MD	BBTM 11 B	2238	2568	12,8	2198	14,4	2
170+700	MD	MD	BBTM 11 B	2238	2568	12,8	2231	13,1	0
170+600	MD	MD	BBTM 11 B	2238	2568	12,8	2193	14,6	2
170+900	MD	MD	BBTM 11 B	2238	2568	12,8	2196	14,5	2
170+100	MD	MD	BBTM 11 B	2250	2571	12,5	2203	14,3	2
171+700	MD	MD	BBTM 11 B	2250	2571	12,5	2259	12,1	0
171+700	MD	MD	BBTM 11 B	2250	2571	12,5	2239	12,9	0
172+000	MD	MD	BBTM 11 B	2250	2571	12,5	2221	13,6	1
172+700	MD	MD	BBTM 11 B	2250	2571	12,5	2198	14,5	2

Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas. 14 pág.

- [5] UNE-EN 12697-33:2006 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 33: Elaboración de probetas con compactador de placa. 22 pág.
- [6] UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008 Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura. 32 pág.

- [7] UNE-EN 13108-20:2007/AC:2009 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo. 30 pág.