

Caracterización mecánica de ligantes asfálticos. Método UCL

Por FÉLIX PÉREZ JIMÉNEZ y
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

RODRIGO MIRÓ RECASENS
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos



Extendido de un microaglomerado en una vía urbana. El método UCL es aplicado en la caracterización y control de los ligantes empleados.

1. Introducción.

LA caracterización de los ligantes asfálticos se ha venido realizando mediante una serie de ensayos: penetración, punto de reblandecimiento, fragilidad, ductilidad, etc., la mayor parte de los cuales se utilizan fundamentalmente para identificar el producto y comprobar que satisface las especificaciones fijadas.

Estas especificaciones intentan que el producto tenga una serie de propiedades, fijando unos rangos de valores dentro de los que deben encontrarse los resultados de los ensayos, cuyo cumplimiento debe-

ría garantizar un adecuado comportamiento del betón en servicio.

Así, pues, los procedimientos seguidos se basan en establecer indirectamente el comportamiento, principalmente mecánico, de la mezcla a través de ciertas características físicas y químicas del ligante.

El método que aquí se expone es mucho más directo y sencillo, y trata de valorar al ligante en función, precisamente, de las propiedades que proporciona a la mezcla en cuanto a:

- cohesión
- susceptibilidad térmica
- adhesividad
- durabilidad

Por su amplio campo de aplica-

ción, denominamos a este nuevo procedimiento Método Universal de Caracterización de Ligantes® (Método UCL), ya que permite caracterizar tanto betunes convencionales como modificados e, incluso, el efecto de la adición de polvos minerales especiales.

Se recoge en este artículo la aplicación del método UCL a la caracterización de cinco ligantes: tres de ellos son betunes con el mismo rango de penetración, B-60/70, aunque de distinta procedencia y características ligeramente diferentes; los otros dos son betunes modificados, de idéntica base asfáltica, pero uno modificado con un 4,5% de SBS y el otro con un 4,5% de EVA.

Mediante el análisis de estos ligantes se pretende mostrar.

- La sensibilidad del método para diferenciar y valorar el comportamiento de ligantes de similares características, que los procedimientos convencionales únicamente detectan.

- Las diferencias en cuanto a comportamiento de un betón modificado frente a un betón normal, así como el efecto de diferentes modificadores.

2. Metodología para la caracterización de ligantes

El método UCL se ha desarrollado enfocando la caracterización de los ligantes desde el punto de vista de su utilización en carreteras; no se ha tenido en cuenta su consistencia, su composición, su viscosidad, sino aquellas propiedades que estén relacionadas con el comportamiento de la mezcla en el firme. Es decir, de un ligante bituminoso nos interesa:

- Su poder aglomerante: la cohesión que proporciona a la mezcla.

- Su susceptibilidad térmica. El comportamiento mecánico de los ligantes bituminosos varía con la temperatura y el tiempo de aplicación de carga. Con temperaturas bajas y tiempos cortos de aplicación de carga, su respuesta es frágil. A temperaturas más elevadas y con tiempos medios de aplicación de carga, su respuesta es elastoplástica, haciéndose fluido y de baja consistencia a temperaturas altas.

- Su adhesividad. Adherencia en presencia de agua. Resistencia a la falta de envoltura por acción del agua.

- Su envejecimiento. Por acción del aire, del calor y de los rayos ultravioletas se va produciendo una oxidación y envejecimiento del ligante, haciéndose éste cada vez más duro y frágil.

Para la medida de estas propiedades se han desarrollado nuevos procedimientos, dando lugar al método UCL.

Cohesión

La cohesión de un ligante, su poder aglomerante, es la que permite a la mezcla resistir los es-

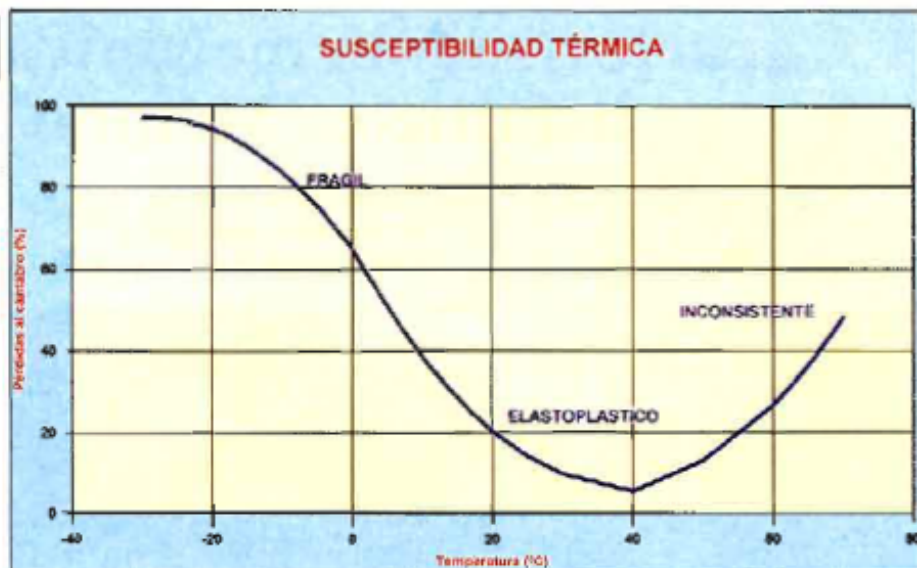


Figura 1. Influencia de la temperatura en el comportamiento de los ligantes bituminosos (curva de estado).



Figura 2. Evaluación de la adhesividad árido-ligante. Pérdidas al cántabro en seco y tras inmersión.

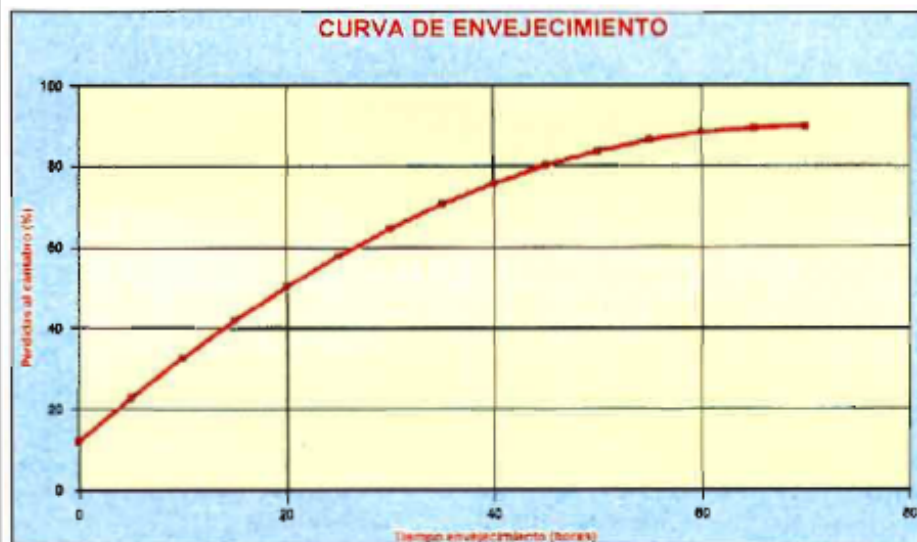


Figura 3. Curva de envejecimiento.

“**L**a cohesión de un ligante, su poder aglomerante, es la que permite a la mezcla resistir los esfuerzos abrasivos del tráfico. Cada aplicación de carga da lugar a un proceso de deterioro.”

fuerzas abrasivos del tráfico. Cada aplicación de carga da lugar a un proceso de deterioro; hay una energía de deterioro, que en parte absorbe el material deformándose elásticamente; otra parte se elimina en su deformación plástica, y el resto es la que se aplica a su fisuración.

De un ligante puede ser muy importante la composición, su consistencia; pero lo que realmente nos interesa es conocer su capacidad para mantener los áridos unidos ante el impacto y las acciones abrasivas del tráfico; cómo se comporta ante cada aplicación de carga; y si es capaz de absorber la energía aplicada deformándose elásticamente, o si se produce su deformación o fisuración. Por ello, se ha definido esta propiedad como una característica fundamental del ligante, y se ha valorado a partir de la resistencia a la abrasión que el ligante proporciona a una mezcla patrón, de granulometría y composición definida, mediante el ensayo cántabro.

Susceptibilidad térmica

Los ligantes tienen un comportamiento reológico: su respuesta depende del tiempo y de la temperatura de aplicación de carga. A temperaturas bajas su comportamiento es frágil, mientras que a temperaturas elevadas se comporta como un fluido newtoniano. Normalmente, los ensayos de caracterización de ligantes se basan en determinar la temperatura de fragilidad y la de reblandecimiento.

En el método propuesto se consigue determinar de forma continua cómo se va cambiando el com-



Construcción del anillo de velocidad del Instituto del Automóvil IDIADA. Las características del betón juega un papel importante en la construcción de estos pavimentos especiales.

portamiento mecánico del ligante (curva de estado, figura 1). Además, en la determinación de esta susceptibilidad térmica, lo que se evalúa es cómo va evolucionando la propiedad aglomerante del ligante, cuándo se comporta frágilmente o de forma inconsistente: características que, como hemos comentado en el punto anterior, son las que realmente preocupan al ingeniero de carreteras.

Adhesividad

Valorar la adhesividad árido-ligante por los procedimientos habituales presenta ciertas limitaciones. Normalmente, se recurre a ensayos cualitativos de envoltura en presencia de agua, o bien a determinar la resistencia conservada de la mezcla tras un período de inmersión. El primer procedimiento tiene el inconveniente de su subjetividad y su falta de precisión; y el segundo, que no valora la adhesividad de un árido frente a un ligante, sino la de la mezcla en su conjunto, lo que impide aislar el efecto de los diferentes componentes.

El procedimiento desarrollado se basa en fabricar una mezcla abierta, sin finos ni polvo mineral, únicamente con las partículas gruesas del árido y determinar la pérdida de la resistencia a la abrasión de la probeta, evaluada mediante el ensayo cántabro, tras un período de inmersión (figura 2).

Envejecimiento

La valoración del envejecimiento por el procedimiento desarrollado se diferencia de los existentes en la forma de llevarlo a cabo y en su evaluación:

- El envejecimiento del ligante se hace directamente en la mezcla, en película fina, dada la alta porosidad de la granulometría empleada y la ausencia de finos y polvo mineral.

- La evaluación se hace mediante el ensayo cántabro sobre estas probetas, sin tener que acudir a la recuperación del ligante, dado que en laboratorio se ha observado una correlación entre las pérdidas por desgaste y el envejecimiento del ligante (figura 3).

3. Aplicación del método UCL

En este apartado se trata de mostrar la precisión y sensibilidad del método UCL, intentando diferenciar el comportamiento de ligantes de similares características y mostrar las diferencias, en cuanto a comportamiento, de los betunes modificados frente a los normales, así como el efecto de diferentes modificadores.

Para ello, se parte de tres betunes, N 1, N 2 y N 3, de igual penetración (B-60/70); pero con bases de diferente procedencia y, por tanto, diferente comportamiento, que se caracterizan tanto mediante ensayos convencionales, como mediante el método UCL.

Análogamente, se prepararon dos betunes modificados, M1 y M2, con el mismo betún base y distinto modificador. El betún modificado M1 se fabricó con el polímero EVA, mientras que el betún modificado M2 se fabricó con el elastómero SBS, manteniéndose constante en ambos casos el porcentaje de polímero añadido: 4,5%.

En cualquier caso, cabe mencionar que no se trata de betunes comerciales, sino que todos ellos fueron preparados expresamente para realizar este estudio.

Las características de los betunes de penetración y las de los modificados, determinadas mediante ensayos convencionales, se recogen en las *tablas 1 y 2*, respectivamente.

Los ensayos convencionales de caracterización ponen de manifiesto algunas diferencias entre el comportamiento de los ligantes analizados. El índice de penetración, por ejemplo, refleja la menor susceptibilidad térmica de los betunes modificados respecto de los betunes de penetración, así como diferencias entre ellos: el N1 es menos susceptible que el N2 y éste, a su vez, menos que el N3; y el M1 es más susceptible que el M2. Los valores relativos de penetración, temperatura de reblandecimiento o ductilidad tras envejecimiento en película fina indican que, entre los betunes de penetración, el N1 es el más susceptible al envejecimiento, seguido del N2 y del N3; y, entre los betunes modificados, el M1 es menos resistente al envejecimiento que el M2.

Para contrastar los resultados obtenidos mediante estos ensayos de caracterización y definir el comportamiento real de estos betunes, evaluado sobre el producto que tendremos realmente en el firme, ya en contacto con el árido después de la mezcla, se aplica el método UCL, determinando la variación de la cohesión con la temperatura, susceptibilidad térmica, la adhesividad árido-ligante y su resistencia al envejecimiento.

Susceptibilidad térmica

La *tabla 3* recoge los valores obtenidos, según el procedimiento desarrollado, de las pérdidas por

TABLA 1.
CARACTERÍSTICAS DE LOS BETUNES DE PENETRACION

CARACTERÍSTICAS	LIGANTE		
	N1	N2	N3
Penetración a 25°C, 100 g, 5s (0,1 mm)	64	67	64
Punto de reblandecimiento A y B (°C)	50,8	49,2	46,8
Índice de penetración	-0,4	-0,7	-1,4
Punto de fragilidad Fraass (°C)	-18	-15	-13
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min (cm)	100+	100+	100+
Solubilidad en 1, 1, 1-Tricloroetano	99,5+	99,5+	99,5+
Contenido en agua (% en volumen)	0	0	0
Inflamabilidad V/A (°C)	250+	250+	250+
Densidad a 15°C (g/cm³)	1,037	1,043	1,024
Ensayos sobre residuo de película fina			
Variación de masa (% en peso)	0,04	0,57	-0,1
Penetración a 25°C, 100g, 5s (% original)	62,5	64,2	70,3
Aumento del punto de rebland. A y B (°C)	7,7	6,5	4,2
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min (cm)	56	100+	100+

TABLA 2.
CARACTERÍSTICAS DE LOS BETUNES MODIFICADOS

CARACTERÍSTICAS	LIGANTE	
	M1	M2
Penetración a 25°C (0,1 mm)	63	75
Punto de reblandecimiento A y B (°C)	64,1	76,7
Índice de penetración	2,47	5,07
Temperatura de fragilidad Fraass (°C)	-18	-19
Intervalo de plasticidad (°C)	82,1	95,7
Ductilidad a 5°C (cm)	10	63
Ductilidad a 25°C (cm)	29	>100
Recuperación elástica (%)	40	95
Viscosidad a 135°C (cSt)	715	901
Viscosidad a 150°C (cSt)	376	527
Viscosidad a 165°C (cSt)	209	307
Estabilidad al almacenamiento		
Penetración a 25°C (0,1 mm) Superior	68	79
Penetración a 25°C (0,1 mm) Inferior	70	78
Temperatura de A y B (°C) Superior	63,8	78,0
Temperatura de A y B (°C) Inferior	64,9	77,3
Oxidación en película fina		
Pérdida/Ganancia (%)	0,004	-0,02
Penetración a 25°C (0,1 mm)	48	57
Penetración retenida (%)	76	76
Temperatura de A y B (°C)	59,1	73,6
Incremento de temperatura de A y B (°C)	5,0	3,1
Ductilidad a 5°C (cm)	6	45

desgaste a distintas temperaturas para cada uno de los ligantes ensayados.

Con objeto de visualizar mejor los diferentes comportamientos, se han representado, para cada uno de los ligantes, las curvas de estado a 100 revoluciones (figura 4). Entre los betunes de penetración, el N1 presenta una curva más tendida, especialmente a bajas temperaturas donde las pérdidas no superan el 50% ni siquiera a la temperatura más extrema. En este mismo rango de temperaturas, los betunes N2 y N3 presentan no sólo pérdidas mayores, que llegan a ser del orden del doble para éste último, sino también curvas con mayores pendientes, esto es: el betún N3 es más frágil que el N2 y éste, a su vez, más que el N1.

Para la temperatura de 40°C, las curvas de estado de los tres betunes alcanzan valores mínimos muy similares (2,1; 2,0 y 2,4% respectivamente); y, a partir de este punto, se produce un incremento de las pérdidas a medida que aumenta la temperatura (comportamiento inconsistente). Este aumento de pérdidas es más rápido para el betún N1, que a 60°C alcanza pérdidas del 16,6% (frente al 3,4 y 2,2% de los betunes N2 y N3 respectivamente).

La forma de las curvas de estado pone de manifiesto la menor susceptibilidad térmica del betún N1, especialmente a bajas temperaturas. La mayor pendiente de las curvas de los betunes N2 y N3

TABLA 3. PÉRDIDAS AL CÁNTABRO A DISTINTAS TEMPERATURAS Y DIFERENTES GRADOS DE SEVERIDAD DEL ENSAYO (100, 200 Y 300 REVOLUCIONES)

REVOL.	TEMP.	TIPO DE LIGANTE				
		N1	N2	N3	M1	M2
100	-30	46,6	75,7	100	31,5	16,7
	-10	31,3	53,1	57,8	27,5	15,0
	10	20,4	24,1	29,5	11,9	8,3
	25	3,9	4,7	7,7	2,0	1,8
	40	2,1	2,0	2,4	1,1	0,8
	60	16,6	3,4	2,2	0,2	0,5
	70	59,4	48,9	68,1	43,2	34,8
200	-30	100	100	100	64,1	29,1
	-10	54,7	79,3	89,7	48,1	28,4
	10	41,0	46,5	59,3	21,9	14,6
	25	11,4	9,8	15,0	4,7	4,1
	40	6,8	5,6	6,7	2,4	2,2
	60	30,2	7,7	3,5	3,3	1,4
	70	65,2	76,2	74,9	45,4	43,5
300	-30	100	100	100	88,9	40,3
	-10	79,7	92,4	96,9	69,1	36,6
	10	56,1	60,4	76,1	30,6	20,2
	25	16,4	14,6	22,6	8,7	6,9
	40	12,0	10,7	10,9	5,6	4,8
	60	39,8	12,2	8,5	7,3	6,3
	70	66,6	76,6	75,3	45,2	43,8

refleja su mayor susceptibilidad térmica.

El comportamiento obtenido para estos betunes, definido mediante su curva de estado, concuerda con los resultados obtenidos mediante los ensayos

convencionales. Por su valor de penetración, los tres betunes se incluyen dentro del tipo B-60/70 indicado en las especificaciones. El betún N1 presenta el índice de penetración más alto (-0,4) siendo, por tanto, el menos sensible a los cambios de temperatura, frente a los betunes N2 y N3 con índices de penetración de -0,7 y -1,4 respectivamente, que reflejan su mayor susceptibilidad térmica.

El intervalo de plasticidad (diferencia entre el punto de reblandecimiento anillo y bola y el punto de fragilidad Fraass) representa el intervalo de comportamiento viscoelástico del betún: cuanto mayor sea, menos susceptible será el ligante, confirmándose la tendencia indicada: N1 (68,8), N2 (64,2) y N3 (59,8). En cambio, los valores de la ductilidad no permiten establecer ninguna diferencia, pese al distinto origen de los tres betunes.

Para los betunes modificados se obtienen curvas de estado mucho más tendidas y más bajas que las correspondientes a los de penetra-



Figura 4. Efecto de la temperatura sobre las pérdidas por desgaste a 100 revoluciones.

TABLA 4. PÉRDIDAS AL CÁNTABRO EN SECO Y TRAS INMERSIÓN A 100, 200 Y 300 REVOLUCIONES

REVOL. (Nº)	CONDICIONES DE ENSAYO	TIPO DE LIGANTE				
		N1	N2	N3	M1	M2
100	En seco	3,9	4,7	7,7	2,0	1,8
	Tras inmersión	37,6	35,5	64,7	15,3	13,9
200	En seco	11,4	9,8	15,0	4,7	4,1
	Tras inmersión	75,1	73,0	93,5	57,5	75,3
300	En seco	16,4	14,6	22,6	8,7	6,9
	Tras inmersión	91,1	90,0	100	77,4	89,7

ción; esto es, presentan menor susceptibilidad térmica. El betún modificado M2 (SBS) es menos susceptible que el betún modificado M1 (EVA). A bajas temperaturas, las pérdidas son del orden del doble para el M1, mostrándose más frágil que el M2; a partir de 25°C, ambos betunes muestran un comportamiento muy similar, con pérdidas ligeramente inferiores para el betún M2, tendencia que se mantiene también en la rama inconsistente (a partir de 60°C).

Esta valoración coincide con la que puede extraerse del análisis de los parámetros convencionales. El betún M1 presenta un índice de penetración y un intervalo de plasticidad más bajo que el betún M2; siendo, por tanto, más susceptible a la temperatura que éste.

La ductilidad, tanto a 5 como a 25°C, es mayor para el betún M2; esto es, tiene mayor capacidad de deformarse sin rotura, incluso a bajas temperaturas. Además, presenta una recuperación elástica sensiblemente superior al betún M1.

En resumen, los diferentes comportamientos, tanto de los betunes de penetración como de los modificados, quedan claramente reflejados mediante sus curvas de estado, que además de confirmar la información proporcionada por los ensayos convencionales, detallan mucho más su comportamiento en todo el rango de temperaturas ensayadas.

Adhesividad árido-ligante

Para evaluar la adhesividad de los ligantes ensayados frente a nuestro árido tipo, se determinaron

las pérdidas al cántabro en seco y tras inmersión (4 días a 35°C) para cada uno de los ligantes ensayados. Los resultados obtenidos en el ensayo aparecen en la *tabla 4*.

La *figura 5* muestra las pérdidas en seco y tras inmersión obtenidas a 100 revoluciones para cada uno de los ligantes ensayados. Entre los betunes de penetración, el N3 presenta peor adhesividad, con casi el doble de pérdidas tras inmersión (64,7%) que los otros dos, que presentan una adhesividad muy similar (37,6 y 35,5% para el N1 y el N2, respectivamente).

Por su parte, los betunes modificados presentan mejor adhesividad que cualquiera de los betunes de penetración, mostrándose mejor el M1, aunque prácticamente no se aprecia a 100 revoluciones. En cambio, a 300 vueltas se observa cómo el M1 se mantiene con

“**N**o obstante, a diferencia de los ensayos convencionales que no aportaban ninguna información sobre la mejor o peor adhesividad de estos ligantes, el método UCL permite establecer claras diferencias entre cualquier árido y cualquier ligante.”

pérdidas inferiores a las de cualquier otro ligante, mientras que el M2 alcanza valores más altos, similares a los de los betunes N1 y N2 (del orden del 90%).

No debe olvidarse que la adhesividad no es una propiedad exclusiva del ligante bituminoso, sino que depende del conjunto árido-ligante: un mismo ligante presentará buena o mala adhesividad según el tipo o condiciones del árido que se utilice. Al evaluar la adhesividad de los ligantes mediante el método UCL, estamos evaluando su adhesividad frente al tipo de árido utilizado en la mezcla; por tanto, al hablar de mejor o peor adhesividad de uno de los ligantes ensayados, nos referimos a la combinación

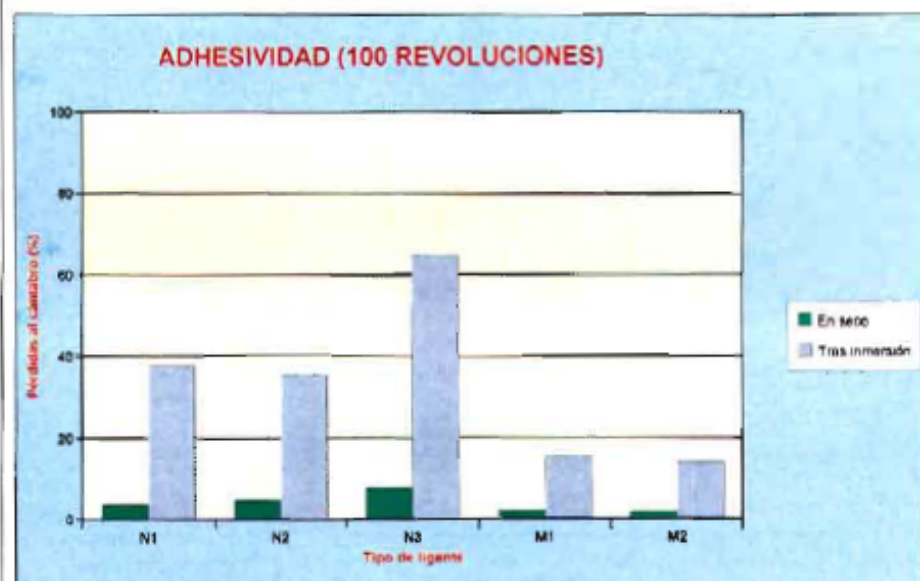


Figura 5. Efecto del tipo de ligantes sobre las pérdidas en seco y tras inmersión a 100 revoluciones.

árido-ligante utilizada, entendiendo que los mismos ligantes frente a otro tipo de árido podrán dar valores distintos, sin que pueda establecerse ninguna correlación *a priori* que se base en estos resultados.

No obstante, a diferencia de los ensayos convencionales que no aportaban ninguna información sobre la mejor o peor adhesividad de estos ligantes, el método UCL permite establecer claras diferencias entre cualquier árido y cualquier ligante.

Envejecimiento

Determinando las pérdidas al cántabro después de someter las probetas a un envejecimiento a 163°C durante diferentes períodos de tiempo, podemos evaluar cómo el proceso va afectando a las características de los distintos ligantes ensayados (tabla 5).

Entre los betunes de penetración, el N3 se muestra claramente como el más susceptible al envejecimiento, con pérdidas más altas para todos los períodos de envejecimiento. Los betunes N1 y N2 muestran unas pérdidas muy similares, reflejando comportamientos también muy similares.

La forma de la curva de envejecimiento (figura 6) es muy parecida para los tres betunes, produciéndose un rápido envejecimiento entre las 0 y las 10 horas (más acusado para el N3), que se va ralentizando a partir de las 10 horas: es-

TABLA 5. PÉRDIDAS AL CÁNTABRO PARA DIFERENTES GRADOS DE ENVEJECIMIENTO A 163°C, A 100, 200 Y 300 REVOLUCIONES

REVOL. (Nº)	TIEMPO DE ENVEJEC. (horas)	TIPO DE LIGANTE				
		N1	N2	N3	M1	M2
100	0	3,9	4,7	7,7	2,0	1,8
	2,5	5,9	9,8	13,3	3,6	2,0
	10	18,5	27,8	32,0	13,6	4,9
	20	29,7	27,5	37,3	24,0	10,5
200	0	11,4	9,8	15,0	4,7	4,1
	2,5	13,5	18,0	28,6	9,7	5,0
	10	37,8	44,0	57,3	24,9	10,8
	20	49,8	46,8	65,7	46,9	19,7
300	0	16,4	14,6	22,6	8,7	6,9
	2,5	22,3	25,4	45,4	14,4	9,4
	10	54,4	56,5	73,1	36,1	16,0
	20	64,5	60,1	89,3	65,2	25,3

to es, su envejecimiento es más acusado a corto plazo.

En cambio, según los ensayos convencionales sobre el residuo tras el ensayo de envejecimiento en película fina, el betún N1, con una mayor disminución de la penetración y un mayor aumento del punto de reblandecimiento, es el más susceptible al envejecimiento, seguido del N2 y del N3. La disminución del valor de la ductilidad sobre el residuo del betún N1 corroboraría a éste como el más susceptible al envejecimiento; mientras que basándose en este parámetro, no podría decirse nada

de los betunes N2 y N3. No obstante, debe tenerse en cuenta que este tipo de ensayo pretende simular únicamente el envejecimiento inicial que sufre el ligante durante la fabricación de la mezcla, y no el que se producirá a lo largo de su vida de servicio; mientras que el método UCL caracteriza esta propiedad evaluando la respuesta del ligante después de la fabricación de la mezcla, en las mismas condiciones en las que se encontrará en el firme.

Como puede observarse, la información proporcionada por el método UCL es mucho más precisa y completa que la que proporcionan los ensayos convencionales, ya que está basada en el deterioro de las propiedades cohesivas del ligante, y no sobre la variación relativa de ciertas propiedades que, a veces, no concuerdan con la respuesta práctica de dicho ligante, caso del betún N3.

La curva de envejecimiento para los betunes modificados es prácticamente lineal, con un aumento progresivo de las pérdidas, más acusado para el betún M1 que presenta una pendiente más fuerte que la del M2.

El betún M2 se muestra más resistente al envejecimiento, con pérdidas del 25,3% a 20 horas y a 300 vueltas, frente al 65,2% del M1, valor éste último muy similar



Figura 6. Efecto del grado de envejecimiento sobre las pérdidas por desgaste a 300 revoluciones.

“**L**os resultados obtenidos ponen de manifiesto la precisión y sensibilidad del método UCL, capaz de diferenciar el comportamiento de ligantes de similares características y mostrar las diferencias de los betunes modificados frente a los betunes de penetración, así como el efecto de diferentes modificadores.”



Compacción de la capa de rodadura del anillo de velocidad del Instituto del Automóvil, IDIADA.

(incluso ligeramente mayor) al de los betunes de penetración N1 y N2 (64,5 y 60,1% respectivamente). Esto pone de manifiesto la escasa importancia que tiene el modificador en este caso (M1); ya que, tras sólo 20 horas de envejecimiento acelerado, su comportamiento es igual al de un betún sin modificar: su efecto únicamente se aprecia a corto plazo. Sin embargo, el efecto del modificador en el betún M2 es muy notable, ya que se mantiene con unas pérdidas muy bajas para todos los grados de envejecimiento.

En este caso, los ensayos convencionales (punto de reblandecimiento y ductilidad sobre el residuo) ponen de manifiesto esta tendencia, aunque otros ensayos (pérdida de masa, penetración sobre el residuo) no aportan información alguna sobre su comportamiento frente al envejecimiento.

4. Conclusiones

El método UCL permite evaluar las propiedades fundamentales de los ligantes asfálticos basándose en el deterioro de sus propiedades cohesivas, valorando además de la cohesión que proporciona a la mezcla, su susceptibilidad térmica, adhesividad y envejecimiento, y pudiendo caracterizar su posterior comportamiento en servicio.

Se trata, por tanto, de un procedimiento de caracterización de ligantes asfálticos, basado en la medida de propiedades funcionales relacionadas con el comportamiento y no con la composición, que somete a los ligantes a un campo de sollicitaciones realistas, constituyendo un método práctico y simple, fácil y rápidamente reproducible, que se ajusta a las recomendaciones dadas por Eurobitume sobre el desarrollo de nuevos ensayos sobre ligantes.

Los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto la precisión y sensibilidad del método UCL, capaz de diferenciar el comportamiento de ligantes de similares características y mostrar las diferencias de los betunes modificados frente a los betunes de penetración, así como el efecto de diferentes modificadores.

Bibliografía

- CALZADA PÉREZ, M.A. (1984): "Desarrollo y normalización del ensayo de pérdida por desgaste aplicado a la caracterización, dosificación y control de mezclas bituminosas de granulometría abierta". Tesis doctoral E.T.S.I.C.C.P. Universidad de Santander.
- MIRÓ, R. (1994): "Metodología

para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo cántabro". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.

- PÉREZ JIMÉNEZ, F.; KRAEMER, C.; LACLETA, A. (1981): "Enrobés drainants. Étude de leurs caractéristiques en laboratoire et construction des premiers tronçons d'essai espagnols". Eurobitume Symposium 1981, paper 3.3. Cannes.
- PÉREZ JIMÉNEZ, F.; MIRÓ, R. (1994): "Caracterización de ligantes asfálticos. Método UCL". Carreteras. Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera. nº 73. Madrid.
- PÉREZ JIMÉNEZ, F.; MIRÓ, R. (1993): "Characterization procedure of asphalt binders with the Cántabro test. UCL Method". 5th Eurobitume Congress. Volume 1A Stockholm.
- SOURY, M.P. (1994): "Normes européennes et SHRP". Revue Générale des Routes et des Aérodrômes. nº 714. París. ■

Félix Pérez Jiménez y Rodrigo Miró Recasens, Catedrático y Profesor de Caminos, respectivamente, de la Universidad Politécnica de Cataluña.