

CAPITULO 5

VALORACION POR MEDIO DEL METODO UCL, CARACTERIZACION UNIVERSAL DE LIGANTES

1. INTRODUCCION

La misión del ligante asfáltico es la de aglomerar a los áridos que componen la mezcla asfáltica.

Las propiedades de la mezcla dependerán de las relaciones entre las fracciones de áridos, de las propiedades de los mismos, y de las características del asfalto.

En el capítulo 1 se ha caracterizado al ligante asfáltico con una serie de ensayos, que permiten valorar su reología y algunas de sus propiedades físico mecánicas más sobresalientes.

Así pues el ligante bituminoso, formando parte integrante del pavimento, contribuye, en mayor o menor escala, a su resistencia y duración. Durante su empleo tiene que ser suficientemente fluido (bien mediante calentamiento, fluidificación o emulsificación) para que "moje" o se adhiera al árido, y una vez incorporado a la capa de rodamiento, debe resistir eficazmente a las acciones exteriores, cargas del tránsito y agentes atmosféricos: por una parte debe ser suficientemente consistente y viscoso para que, con altas temperaturas y bajo la acción del tráfico, el firme sea poco deformable, y por otra ser suficientemente flexible a bajas temperaturas para que el pavimento no se vuelva frágil. Pero además, la resistencia del ligante bituminoso y como consecuencia de la estructura vial, debe perdurar lo más posible, es decir, el ligante bituminoso ha de tardar en envejecer.

El método Universal de Caracterización de Ligantes (método UCL), se basa en la aplicación de un único ensayo, el ensayo cántabro de pérdida por desgaste, capaz de caracterizar, de forma sencilla y precisa, las propiedades más importantes del ligante evaluadas sobre el producto que tendremos realmente en la práctica, ya en contacto con el árido después del mezclado y compactado, y no sobre el material original, que no ha experimentado calentamiento alguno.

El ensayo cántabro de pérdida por desgaste fue desarrollado para valorar la cohesión de las mezclas bituminosas de granulometría abierta, siendo suficientemente sensible para detectar variaciones en el comportamiento de estas mezclas cuando se modifican los porcentajes de los materiales que las componen, adoptándose para la caracterización y dosificación de las mezclas porosas.

Así mismo, el ensayo cántabro de pérdida por desgaste se ha mostrado como un ensayo rápido, sencillo y suficientemente sensible, que permite evaluar las propiedades fundamentales de los ligantes: cohesión, susceptibilidad térmica,

adhesividad y envejecimiento, así como las características del mástic filler-betún.

La variación del comportamiento visco-elástico del ligante con la temperatura puede ser fácilmente valorada y cuantificada mediante el empleo del ensayo cántabro de pérdida por desgaste. La determinación de la curva pérdidas-temperatura de un ligante permite evaluar su susceptibilidad térmica, diferenciando su comportamiento elástico, visco-elástico y plástico.

El ensayo cántabro de pérdida por desgaste permite también valorar, de acuerdo con el procedimiento desarrollado, la adhesividad árido-ligante, así como la resistencia al envejecimiento de los ligantes bituminosos por la acción de los rayos ultravioletas y los agentes atmosféricos: aire, calor, agua, etc. También empleado en la valoración de la calidad del mástic-filler-betún, permitiendo así comprobar el efecto beneficioso que puede tener el empleo de fillers especiales o la incorporación de fibras.

Se dio a este procedimiento el nombre de universal por ser aplicable a cualquier betún. El principio del mismo es comparar directamente las respuestas de estos materiales como parte integrante de una mezcla asfáltica, exaltando sus diferencias relativas y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

Se evalúan cuatro propiedades funcionales que los ligantes han de aportar al comportamiento de las mezclas bituminosas:

- cohesión
- susceptibilidad térmica
- adhesividad
- resistencia al envejecimiento

2. EL METODO Y SU APLICACIÓN

Dentro del trabajo de investigación, este método permite evaluar los beneficios que surgen de adicionarle distintos tipos de filler a la mezcla, y también las variaciones del comportamiento de las distintas clases de asfalto. Los mismos fueron:

- El envejecimiento. Debido a los efectos del entorno (aire y calor entre otros) se produce oxidación y envejecimiento de los ligantes rigidizando la mezcla.
- La susceptibilidad térmica. Dado que los ligantes asfálticos son materiales visco-elásticos, sus propiedades varían con la temperatura y frecuencia de carga.
- La cohesión, o poder aglutinante de la mezcla
- La adhesividad. Esto se refiere a la adherencia ligante - agregado bajo el efecto del agua.

Variación del tipo de filler

Para este ensayo en particular, se vieron modificadas las proporciones de materiales usados en la dosificación de la mezcla. El método propone un porcentaje constante de asfalto del 4,5 %, y una granulometría específica.

En el caso del filler se planteó, dejar constante la relación Cv/Cc para analizar la influencia de las distintas clases de filler. El resumen de los cálculos para la dosificación de las distintas mezclas se refleja en el siguiente cuadro.

Mezcla	Relación Cv/Cv	Porcentaje a incorporar	Relación Pfiller/Pasfal.
Sin filler	0	0	0
Filler granítico FG	0.8	5,85	1,3
Filler cal FC	0.8	3,76	0,83

Porcentajes de filler granítico y Cal

El límite que presentan las especificaciones de la Comisión Permanente del Asfalto (CPA) de las relaciones Cv/Cc = 1 y de Peso filler/ Peso asfalto que se debe encontrar entre 0,8 y 1,3, indican los límites de incorporación de filler a una mezcla antes de que la misma se rigidice. Como se puede apreciar en el cuadro anterior, para producir el mismo efecto con los dos tipos de filler, se visualiza que la cal tiene un mejor rendimiento, ya que para lograr el mismo efecto, el filler granítico tiene que incorporarse en un porcentaje mayor.



Filler cal, FC y Filler granítico FG

Para la confección de las probetas se consideró la metodología de ensayo, que plantea el método con una granulometría específica y un porcentaje de asfalto igual a 4,5 %. La curva granulométrica a utilizar es la siguiente denominada como T5, siendo una de las más utilizadas

Granulometría tipo T5

UNE	ASTM	%PASA
5	N°4	100
2,5	N°8	20
0,63	N°30	0

Para la correcta evaluación y comparación de los resultados, el método propone en primera medida, realizar una mezcla patrón, la cual solamente llevará los áridos que contenga la mezcla, en las proporciones citadas anteriormente, pero sin ningún tipo de filler. Posteriormente se moldearon las probetas con el filler correspondiente, en nuestro caso, granítico y cal, que se plantea evaluar.

Se recuerdan la nomenclatura y los valores Marshall finales obtenidos en las mezclas diseñadas según los valores informados en el capítulo 1, donde se producen variaciones no solo en el tipo de filler, sino también en el tipo de asfalto

- **Mezcla 1. Con 100 % FG proveniente de la arena de trituración con CA-30**
- **Mezcla 2. Con 100 % FG proveniente de la arena de trituración con AM-3**
- **Mezcla 3. Se reemplaza el PT 200 de la arena de trit. Por FC con CA-30**
- **Mezcla 4. Se reemplaza el PT 200 de la arena de trit. Por FC con AM-3.**

FG: Filler Granítico
FC: Filler Cal

Síntesis de los valores Marshall obtenidos

Parámetro	Unidades	Mezcla 1 FG CA-30	Mezcla 2 FG AM-3	Mezcla 3 FC CA-30	Mezcla 4 FC AM-3
Porcentaje óptimo de Asfalto	%	4.7	4.7	4.8	4.8
Densidad Marshall (Dm)	g/cm ³	2.323	2.422	2.422	2.418
Densidad Rice (Dr)	g/cm ³	2.410	2.510	2.508	2.499
Vacíos	%	3.6	3.5	3.4	3.2
Estabilidad	Kg	1078	1210	1029	1290
Fluencia	mm	3.6	4.0	3.3	3.8
Relación E/F	Kg/cm	2855	3025	3118	3394
VAM*	%	13.9	14.9	13.8	14.8
Relación B/V	%	78.4	76.6	84.2	78.3

1. La cohesión: se valora determinando las pérdidas en el ensayo Cántabro, en seco y a 25 °C.
2. La susceptibilidad térmica: se analiza variando la temperatura de las probetas que son sometidas al ensayo Cántabro y determinando las Curvas de Estado o variación de las pérdidas con la temperatura; para ello, previo al ensayo, se las mantiene 6 horas a la temperatura con la cual

VALORACION DEL DESEMPEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA
MODIFICANDO EL TIPO FILLER Y ASFALTO

ingresarán al tambor de la máquina Los Ángeles, el cual se mantiene siempre a 25 °C. Las variaciones usuales de temperaturas pueden ser de entre -10 °C y 70 °C.

3. **Adhesividad:** Mide la disminución de la resistencia a la disgregación en el ensayo Cántabro a 25 °C, tras mantener las probetas sumergidas en agua (un día a 60 °C).
4. **Envejecimiento:** El método asume que el ligante forma una película fina sobre el árido al utilizar probetas con altos contenidos de vacíos, las cuales se someten a distintos períodos en estufa a elevada temperatura y con ventilación forzada y que posteriormente se ensayan siguiendo el procedimiento estipulado por el ensayo Cántabro. Periodos entre 0 y 7 días a 80 °C.

Se propusieron, evaluar las siguientes mezclas las cuales guardan relación con las originales, en los tipos de fillers, el árido utilizado fino para la confección de la granulometría T5, los tipos de asfalto, sumándose dos mezclas patrones sin filler, que serán consideradas las de referencia.

- **MP1: MEZCLA PATRON CA-30 sin filler**
- **MP2: MEZCLA PATRON AM-3 sin filler**

- **M3: CA-30 con filler granítico TOMA BASE M1 MEZCLA REAL**
- **M4: AM-3 con filler granítico TOMA BASE M2 MEZCLA REAL**
- **M5: CA-30 con filler cal TOMA BASE M3 MEZCLA REAL**
- **M6: AM-3 con filler cal TOMA BASE M4 MEZCLA REAL**

En base a la cantidad de ensayos y los resultados que se querían obtener se realizaron la siguiente cantidad de probetas:

Días	Cántabro seco								
	0 días (sin envejecer)			3 días			7 días		
T°	5	25**	40	5	25	40	5	25	40
MP1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MP2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
M3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
M4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
M5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
M6	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sub Total	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)	12 (4*)
Total	108(40*)								

Cantidad de probetas moldeadas para el Cántabro seco

(*) Indica las probetas patrones moldeadas en cada caso.

(**) Indica las probetas sin envejecer que a 25 °C que se consideran patrones para comparar con el cántabro húmedo.

Tipo de mezcla	Cántabro húmedo
	24 hs - 60°C en agua
	0 días 25°C (6 horas 25°C)
MP1	2
MP2	2
M3	2
M4	2
M5	2
M6	2
Total	12(4*)

Cantidad de probetas moldeadas para el Cántabro húmedo.



Probetas antes de ser ensayadas.



Probetas luego de ser ensayadas

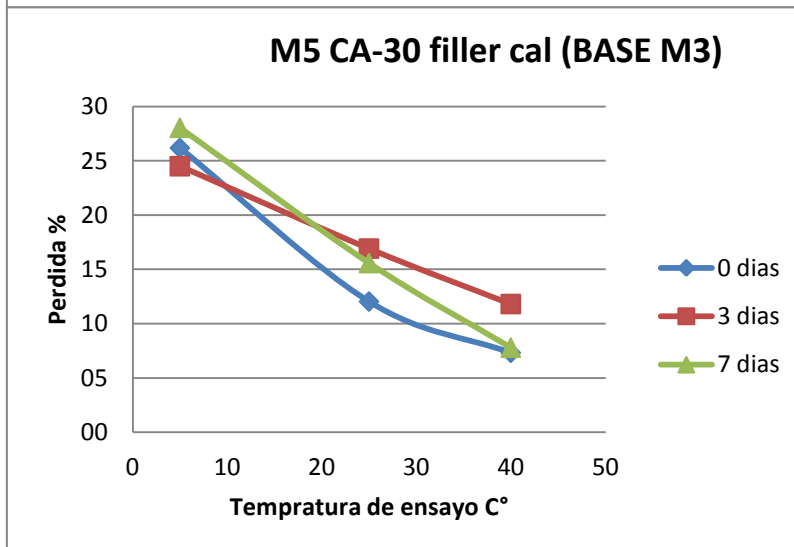
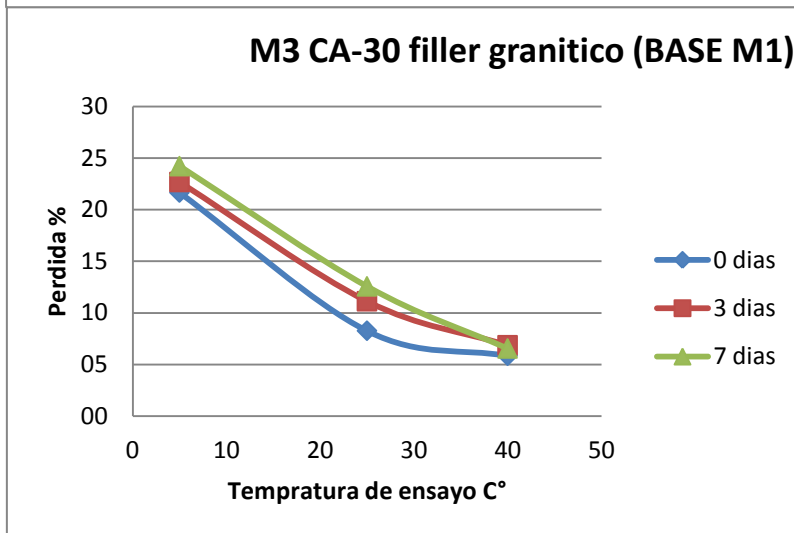
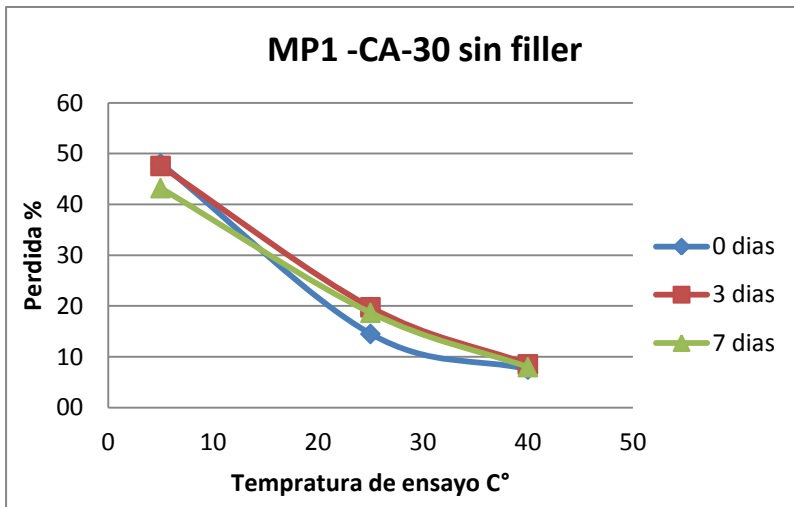


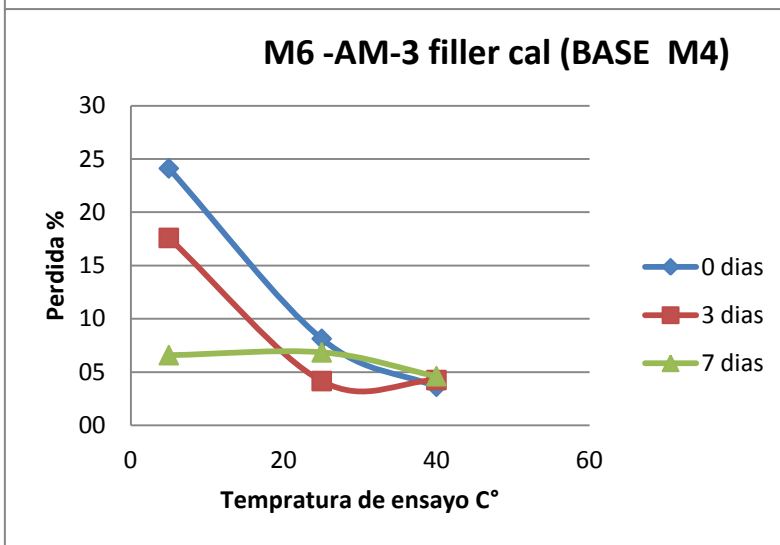
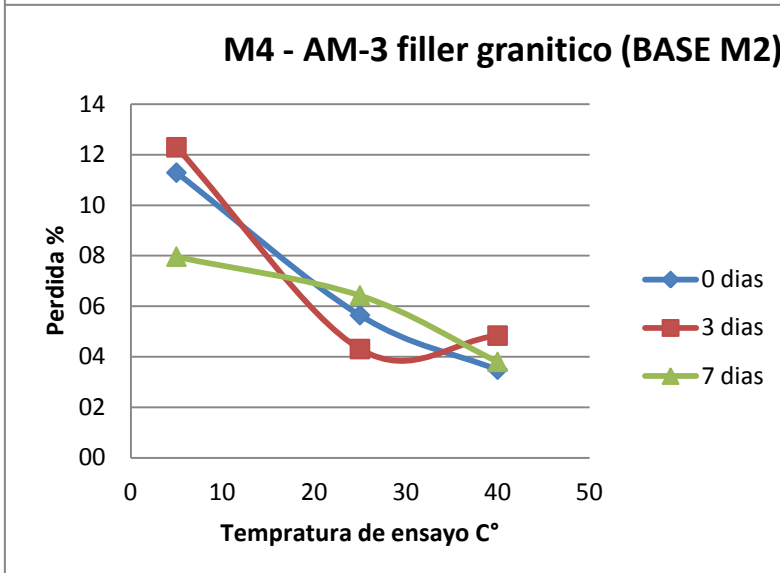
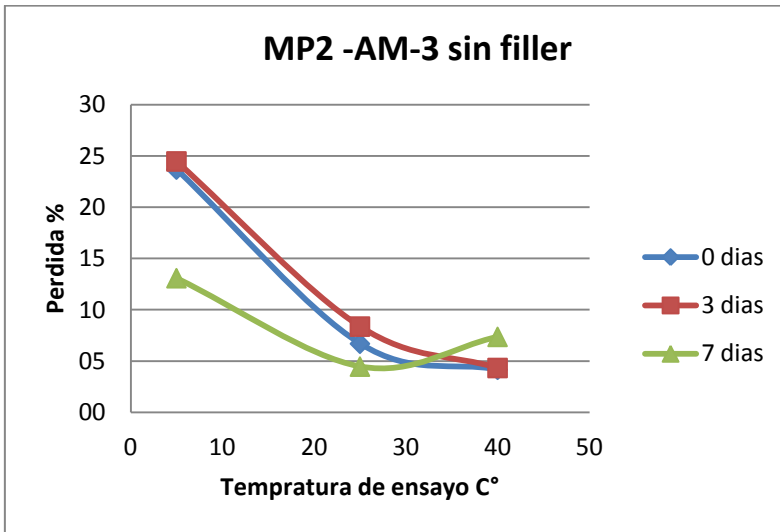
Vista del dispositivo los ángeles para el ensayo Cántabro

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados de los ensayos, se propusieron evaluar cuatro parámetros:

Para la evaluación de los resultados, se realizaron las curvas de estado correspondientes, en las cuales podemos ver las distintas combinaciones de mezclas, mostrando en abscisas la temperatura de ensayo, en ordenadas la pérdida de peso luego del ensayo al Cántabro, y cada curva nos indica una edad de envejecimiento constante. De la propuesta contenida en el método, por razones de planificación del trabajo se eligen tres escalones de envejecimiento, 0 (sin envejecer), 3 y 7 días, mientras que de los escalones de temperatura se eligen 5, 25 y 40 °C.





Envejecimiento

El efecto del envejecimiento del ligante asfáltico se analiza comparando mezclas sin envejecer, 0 días, con mezclas envejecidas a 3 y 7 días a 80 °C en estufa con recirculación.

La temperatura máxima de ensayo ha sido 40 °C faltando realizar la valoración por encima de estas temperaturas.

Hasta ese umbral las pérdidas registradas tanto en las mezclas con CA-30 como con AM-3 son en general mayores para los ligantes más envejecidos en toda la rama de temperaturas ensayadas. Según la bibliografía consultada, esta tendencia se modifica por encima de este umbral de ensayo. En particular las mezclas con AM-3 registran menores pérdidas dado la rigidez lograda en el ligante, que da mayor resistencia al desgaste.

Susceptibilidad térmica

Las mezclas con AM-3 son menos susceptibles que las mezclas elaboradas con CA-30, se registran menores pérdidas frente a los cambios de temperaturas de ensayo.

Las pérdidas son similares para los dos tipos de filler, cuando se usa un mismo tipo de ligante.

La mezcla patrón sin filler es mucho más susceptible que las mezclas fillerizadas. Los valores de pérdida para cada escalón de temperatura han caído a la mitad en el caso de las mezclas fillerizadas.

Cohesión

Para el análisis de la cohesión se confeccionaron tablas comparativas para las diferentes condiciones de ensayo dejando el tipo de asfalto utilizado, constante en cada caso. Se tomó como índice de referencia, el resultado del ensayo de cántabro sin envejecer y sin incorporación de filler, a sus diferentes temperaturas de ensayo.

Cv/Cc	Diferencias de pérdidas al Cántabro - Asfalto CA-30								
	5° C			25°			40°		
	0 días	3 días	7 días	0 días	3 días	7 días	0 días	3 días	7 días
0	0	-0.5	-4.9	0	5.2	4.2	0	1.0	0.5
0.8 FG	-26.4	-25.4	-23.9	-6.3	-3.4	-2.0	-1.7	-0.7	-1.0
0.8 FC	-21.9	-23.6	-20.0	-2.5	2.4	1.1	-0.2	4.3	0.3

Evaluación de la cohesión sobre probetas con CA-30

Como en los análisis anteriores, la variación de filler no produjo un notorio cambio en el comportamiento de la mezcla. Nuevamente, las mayores influencias de la incorporación de filler, ya sea granítico o cal, se vieron reflejadas a las temperaturas más bajas, en sus distintas variedades de envejecimiento.

Cv/Cc	Diferencias de pérdidas al Cántabro - Asfalto AM-3								
	5° C			25°			40°		
	0 días	3 días	7 días	0 días	3 días	7 días	0 días	3 días	7 días
0	0	0.8	-10.6	0	1.7	-2.2	0	-3.2	-0.2
0.8 FG	-12.4	-11.4	-15.7	-1.1	-2.4	-0.3	-0.7	0.7	-0.4
0.8 FC	0.4	-6.1	-17.1	1.4	-2.6	0.1	-0.6	0.1	0.4

Evaluación de la cohesión sobre probetas con AM-3

Similares resultados mostraron las probetas ensayas con asfalto modificado, teniendo en cuenta la variación de filler. Incluso en su visión general, mostraron mejor desempeño, las mezclas realizadas con filler granítico, en comparación con las que contenían filler cal.

En un análisis comparativo entre las dos tablas, las mezclas realizadas con asfalto modificado, mostraron una menor influencia del tipo de filler que se le incorporara, ya que en sus distintas variedades de ensayo, los resultados se encontraron en un rango de valores más acotado, que las probetas ensayadas con asfalto convencional, que presentaron una mayor dispersión de resultados, particularmente en las probetas ensayadas a 5 °C.

Adhesividad

Para el análisis de la adhesividad, se tomó como referencia el ensayo del cántabro realizado a 25°C y sin envejecer, y el ensayo del cántabro húmedo, en el cual las probetas se sumergieron durante 24 horas a una temperatura de 60 °C y luego se dejaron reposar 24 horas.

Tipo filler	Adhesividad		
	Asfalto CA-30		
	Cántabro seco	Cántabro húmedo	Diferencia
Sin filler	14.5	Se destruyeron	-
Filler gran.	8.3	Se destruyeron	-
Filler cal	12.0	20.4	8.4

Evaluación de la adhesividad sobre probetas con CA-30

En las muestras sin filler y con filler granítico, las probetas ensayadas al cántabro húmedo no resistieron el acondicionamiento bajo el agua y se disgregaron antes de ser ensayadas. Esto muestra que estas combinaciones no presentan buena resistencia bajo estas condiciones. La incorporación de filler cal en la mezcla mostró un buen comportamiento frente a las condiciones adversas de ensayo.

Tipo filler	Adhesividad		
	Asfalto AM-3		
	Cántabro seco	Cántabro húmedo	Diferencia
Sin filler	6.7	17.6	10.9
Filler gran.	5.6	7.9	2.3
Filler cal	8.9	3.1	-5.8

Evaluación de la adhesividad sobre probetas con AM-3

Los ensayos sobre las muestras constituidas con asfalto modificado, muestran resistencias crecientes frente al comportamiento de las probetas frente a la acción del agua. Se puede apreciar la gran influencia de la cal, produciendo pérdidas menores en su acondicionamiento al agua frente al tratamiento en seco.

4. CONCLUSIONES

- El método UCL permite recoger una gran cantidad de datos frente a las diferentes variables de análisis que se propusieron estudiar.
- La presencia de filler, cualquiera sea el tipo, produce importantes aumentos en las fuerzas de cohesión del sistema, disminuyendo las pérdidas abrasivas en todas las temperaturas de ensayo.
- En cuanto al envejecimiento, como se ha valorado en temperaturas de ensayo inferiores a 40 °C, el efecto evaluado se percibe con mayores pérdidas en general en toda esa rama, por efecto de mayor rigidización del ligante.
- En el cántabro húmedo ha demostrado mayor performance la cal como filler y los asfaltos modificados.
- El asfalto modificado ha sido el que menor susceptibilidad ha registrado y ha dado mayores fuerzas de cohesión al sistema por encima de las modificaciones realizadas en el origen del filler.
- El método ha permitido explorar los efectos enunciados al inicio, y aportar valoraciones a la hora de considerar el tipo de filler y el tipo de asfalto en el proceso de diseño.