

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

**METODOLOGIA PARA LA
CARACTERIZACION DE LIGANTES
ASFALTICOS MEDIANTE EL EMPLEO
DEL ENSAYO CANTABRO**

Autor: Jorge-Rodrigo Miro Recasens
Director: Felix Edmundo Perez Jimenez

Barcelona, marzo de 1994

A Silvia

RESUMEN

La caracterización de los ligantes bituminosos se ha venido realizando mediante una serie de ensayos físicos: penetración, punto de reblandecimiento, punto de fragilidad, ductilidad, etc., que tienen por objeto identificar el producto y comprobar que satisface las especificaciones fijadas.

Sin embargo, esta caracterización es compleja e incompleta: hay que acudir a un gran número de ensayos que sólo evalúan parcialmente y de forma indirecta alguna de sus propiedades, y que en la mayoría de los casos no gozan de la sensibilidad necesaria para diferenciar a los distintos betunes asfálticos de modo satisfactorio; propiedades tan importantes como la cohesión, la susceptibilidad térmica o la adhesividad no quedan suficientemente caracterizadas. Si esta afirmación es válida para los betunes puros, lo es más para los modificados, que ya constituyen de por sí un nuevo material de propiedades notablemente distintas de los betunes originales.

Se plantea, pues, el problema de seleccionar los métodos de ensayo que aseguren la bondad de un determinado ligante para una mezcla asfáltica y garanticen la durabilidad del betún en servicio.

Ha sido precisamente la poca idoneidad de estos ensayos para la caracterización de ligantes asfálticos lo que ha llevado a desarrollar de un nuevo procedimiento: método Universal de Caracterización de Ligantes (método UCL), basado en la aplicación del ensayo cántabro de pérdida por desgaste, que de manera fiable y sencilla permite definir con amplitud y precisión las propiedades de los ligantes asfálticos, tanto de los obtenidos directamente de la destilación del petróleo y de la hulla, como de los modificados mediante la incorporación de aditivos.

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 mástico filler-betún.

ABSTRACT

To date, characterization of asphalt binders has been based on physical tests: penetration, softening point, fragility, ductility, etc. The objective of such tests is to identify the product and make sure that it meets the fixed specifications.

Nevertheless, such a characterization is complex and incomplete: many tests have to be performed to partially and indirectly evaluate some of the binders' properties; very few cases have enough sensitivity to satisfactorily differentiate asphalt binders: properties as important as coherence, thermal sensitivity or adhesivity are not sufficiently characterized. This problem is magnified for modified binders.

We therefore seek a new test method that ensures the suitability of a binder for an asphalt mix and guarantees the binder durability when it is in service.

The lack of suitability of the existing tests for the characterization of asphalt binders encouraged the development of a new procedure: the Universal Method of Binders Characterization ("UCL" Method), which is based on the application of the Cantabro test of abrasion loss, which, in a reliable and simple way, allows us to define the properties of asphalt binders (those directly obtained from petroleum distillation and also those modified through additive incorporation) thoroughly and accurately.

The Cantabro test of abrasion loss has proven to be a quick and easy to perform test, holding enough sensitivity to assess the essential characteristics of binders: coherence, thermal sensitivity, adhesivity and ageing, as well as the mastic filler/bitumen characteristics.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que generosamente me han dedicado parte de su tiempo y su experiencia para desarrollar este trabajo. Sin embargo, sería injusto no hacer especial mención de aquellas cuya colaboración ha sido imprescindible para la realización del mismo.

En primer lugar, quisiera agradecer a mi director de tesis, D. Félix E. Pérez Jiménez, que me haya brindado la oportunidad de desarrollar el tema, así como las ideas sugeridas, su constante disponibilidad y su incondicional apoyo.

Agradecer también la ayuda de D. José Amorós Parras, oficial del Laboratorio de Caminos de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona, sin la cual no hubiese sido posible llevar a cabo todo el proceso experimental.

A D. José M^a. Cortal, Jefe del Laboratorio de Carreteras de la Generalitat de Catalunya, su colaboración en la realización de algunos ensayos, que no se hubieran podido realizar en la Escuela.

A éstas y a todas aquellas otras que, de una forma u otra, me han ayudado y animado durante la realización de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
1. INTRODUCCION	1
2. LIGANTES BITUMINOSOS. NATURALEZA Y COMPOSICION	6
1. INTRODUCCION	6
2. ALQUITRANES	9
3. MATERIALES ASFALTICOS	11
3.1 LIGANTES ASFALTICOS NATURALES	12
3.2 PRODUCTOS DE DESTILACION DEL PETROLEO	13
3.2.1 Betunes asfálticos	13
3.2.2 Betunes fluidificados	22
3.2.3 Emulsiones bituminosas	24
3.2.4 Ligantes modificados	33
3. CARACTERIZACION DE LOS LIGANTES ASFALTICOS	40
1. CARACTERIZACION DE LIGANTES ASFALTICOS	40
1.1 PROPIEDADES MASICAS	41
1.1.1 Densidad	43
1.1.2 Viscosidad	44
1.1.3 Consistencia	49
1.1.4 Susceptibilidad térmica	53

1.2	PROPIEDADES MECANICAS	58
1.2.1	Ductilidad	59
1.2.2	Fragilidad	61
1.2.3	Cohesión	61
1.2.4	Rigidez	66
1.3	ADHESIVIDAD	72
1.3.1	Ensayos basados en la estimación de la desenvuelta	76
1.3.2	Ensayos basados en la medida de la adhesión mecánica	79
1.3.3	Evaluación de la adhesividad mediante ensayos mecánicos ..	81
1.4	DURABILIDAD	83
1.5	PROPIEDADES QUIMICAS	91
1.5.1	Solubilidad	94
1.5.2	Contenido de agua	95
1.5.3	Ensayo de la mancha	95
1.5.4	Punto de inflamación y combustión	96
1.5.5	Cenizas	97
1.5.6	Análisis de componentes	97
2.	CARACTERIZACION DE LIGANTES MODIFICADOS	104
2.1	COMPATIBILIDAD	105
2.2	ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO	105
2.3	VISCOSIDAD	107
2.4	RESISTENCIA A LA TRACCION	109
2.4.1	Ensayo de tensión-deformación	110
2.4.2	Ensayo de fuerza-ductilidad	111
2.4.3	Ensayo de tracción	112
2.4.4	Tenacidad	113
2.4.5	Caída de bola	113
2.5	ELASTICIDAD	113
2.5.1	Recuperación elástica mediante dispositivo de torsión	114
2.5.2	Recuperación elástica mediante el ductilómetro	114
2.5.3	Recuperación elástica mediante el reómetro de placa deslizante	114
2.6	ADHESIVIDAD A LOS ARIDOS	114
2.7	RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO	115

2.8	COMPOSICION	115
2.8.1	Espectroscopía infrarroja	116
2.8.2	Cromatografía de geles permeables	116
3.	ESPECIFICACIONES	117
3.1	ESPECIFICACIONES PARA BETUNES ASFALTICOS	117
3.2	ESPECIFICACIONES PARA BETUNES MODIFICADOS	123
4.	METODOS DE CARACTERIZACION	128
4.1	METODO QUALAGON	129
4.1.1	Homogeneidad	130
4.1.2	Cohesión	131
4.1.3	Adhesividad	132
4.1.4	Durabilidad	132
4.2	LINEA DE INVESTIGACION PROPUESTA	137
4.	ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE	139
1.	ANTECEDENTES	139
2.	FUNDAMENTO Y DESARROLLO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE PARA CARACTERIZACION DE MEZCLAS POROSAS	140
2.1	COHESIOMETRO HVEEM	142
2.2	ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA	143
2.3	ENSAYO MARSHALL	144
3.	ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE	146
3.1	SENSIBILIDAD DEL ENSAYO	149
4.	REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL ENSAYO CANTABRO	152
4.1	PRECISION DE UN PROCESO DE MEDIDA	152
4.2	DETERMINACION DE LA REPETIBILIDAD Y REPRO- DUCIBILIDAD DE UN PROCESO DE MEDIDA	154
4.3	APLICACION AL ESTUDIO DE LA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL ENSAYO CANTABRO. ANALISIS DE RESULTADOS	160

5. APLICACION DEL ENSAYO CANTABRO A LA CARACTERIZACION DE LIGANTES ASFALTICOS: METODO UCL ...	178
1. OBJETO DEL TRABAJO DESARROLLADO	178
2. ADAPTACION DEL ENSAYO	182
3. APLICACION A LA MEDIDA DE LA COHESION	186
4. APLICACION A LA MEDIDA DE LA SUSCEPTIBILIDAD TERMICA	189
5. APLICACION A LA MEDIDA DE LA ADHESIVIDAD ARIDO-LIGANTE	195
6. APLICACION A LA MEDIDA DEL ENVEJECIMIENTO	200
7. APLICACION A LA MEDIDA DE LAS CARACTERISTICAS DEL MASTICO FILLER-BETUN	214
8. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO: METODO UCL	226
6. EMPLEO DEL METODO UCL	229
1. ESTUDIO REALIZADO	229
1.1 CURVA DE ESTADO	234
1.2 ADHESIVIDAD ARIDO-LIGANTE	240
1.3 ENVEJECIMIENTO	244
7. CONCLUSIONES	248
BIBLIOGRAFIA	251

ANEJOS

- A1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION Y FABRICACION EN FRIO Y EN CALIENTE DE PROBETAS CILINDRICAS PARA EL ENSAYO CANTABRO**
- A2. CARACTERIZACION DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS POR MEDIO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE**
- A3. DETERMINACION DEL EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS DE GRANULOMETRIA ABIERTA POR MEDIO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE**