

ESTUDIO DEL PROYECTO Y DOSIFICACION EN LABORATORIO DE LAS LECHADAS BITUMINOSAS (*)

ANTONIO UBACH CALVO (*)

RESUMEN. La presente comunicación es un resumen del trabajo desarrollado durante tres años en el Centro de Estudios de Carreteras, sobre la tecnología, normativa, proyecto y dosificación de las mezclas bituminosas finas en frío, conocidas como lechadas bituminosas (Slurry Seal).

Comprende una visión general de las especificaciones vigentes en España, aplicadas a los tratamientos superficiales ejecutados con este tipo de mezclas.

Se describen los métodos y procedimientos de aplicación más generalizados para el proyecto y dosificación, en el laboratorio, de las lechadas bituminosas. Se enumeran los factores característicos de este tipo de mezclas bituminosas, así como el método de ensayo que ha sido adoptado, en cada caso, para analizar las distintas propiedades exigidas.

Se presenta, en forma esquemática, la composición de algunas de las dosificaciones utilizadas en el trabajo de laboratorio. Se citan también, los resultados del estudio comparativo de los dos métodos para abrasión de lechadas por vía húmeda. Se hace una sucinta referencia a la utilización, en ensayos de laboratorio, de ciertas máquinas simuladoras de tráfico y de la experiencia obtenida. Finalmente, se apuntan las condiciones específicas que debe cumplir toda fórmula de trabajo.

ABSTRACT. *This report is a summary of the work carried out for three years in the Centro de Estudios de Carreteras, concerning technology, regulations, project and dosage of cold fine bituminous mixtures, normally known as slurry seal.*

It includes the general outline of the current Spanish specifications that are applied to surface treatment that use this kind of material.

A description is given of the methods and procedures that are most widely used in application and dosage of slurry seal in laboratory conditions. An account is given of the characteristic factors of this kind of bituminous mixture, together with the test method that has been selected, in each case, for the analysis of the different properties required.

An outline is given for the composition of some of the dosages used in the laboratory work. Mention is also made of methods for abrasion of slurries in wet conditions (por vía húmeda). There is a succinct reference to the use in laboratory tests of certain traffic simulators and to the experience obtained. Finally the specific conditions that must be fulfilled when formulating the work, are mentioned.

INTRODUCCION

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo español, por medio de sus Servicios de Tecnología ha redactado la «Orden Circular 297/88 T», sobre «Tratamientos Superficiales con Lechada Bituminosa», que revisa y actualiza la anterior, adecuando las nuevas tendencias tecnológicas a esta unidad de obra para carreteras.

En ella se define como tratamiento superficial con lechada bituminosa la aplicación sobre una superficie de 1 o 2 capas de mortero bituminoso, fabricado en frío con áridos, emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, polvo mineral de aportación y adiciones, cuya consistencia a la temperatura ambiente sea la adecuada para su puesta en obra.

En España, las mezclas de lechada bituminosa se emplean como tratamientos superficiales para trabajos de conservación, rejuvenecimiento y acondicionamiento de pavimentos en servicio o de nueva construcción.

En general, la composición de la lechada bituminosa, considerada como mezcla de tipo flexible, debe constituir un compromiso entre la riqueza en ligante, la dureza y naturaleza del betún base de la emulsión, la adhesividad áridos-ligante, la cohesión de la mezcla, la resis-

(1) Presentado en el V Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Punta del Este-Uruguay. 4-10 diciembre 1989.

(*) Licenciado en Ciencias Químicas. Director de Programa del Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX (MOPU).

tencia del esqueleto mineral y con las características antideslizantes de su textura superficial.

Dadas las variadas posibilidades de empleo de las lechadas, el trabajo se ha desarrollado basándose en ciertas especificaciones que afectan tanto a los materiales como a las propias mezclas, utilizándose en el proyecto de las mismas las normas de ensayo consideradas de mayor aceptación en otros países. Algunas de estas normas han sido adoptadas e incorporadas a los Pliegos Oficiales españoles; aquí se cita sólo la nomenclatura internacional.

DOSIFICACION Y PROYECTO DE LECHADAS BITUMINOSAS

Las lechadas bituminosas están catalogadas como tratamientos superficiales con espesor de capa mínimo, entre 2 y 8 mm, pudiendo llegar a 10 mm en algunos casos; por tanto, no se pueden proyectar y dosificar como los aglomerados bituminosos en caliente, o en frío, de cierta compacidad en su estructura interna, y a los que sí se les puede exigir capacidad portante, resistencia a determinadas presiones, esfuerzos tensionales derivados del vehículo, etc.

Las lechadas bituminosas se proyectan y dosifican, de acuerdo con las funciones propias que deben cumplir para capas de sellado, impermeabilización de pavimentos, características antideslizantes, corrección de descarnaduras o sujeción de áridos desprendidos.

Asimismo, se consideran puntos importantes las características geométricas de la calzada, ciertos parámetros derivados de la capacidad del tráfico y velocidad de los vehículos, las condiciones climatológicas generales que predominan en cada área de obra, con el correspondiente estudio del clima local, así como su repercusión durante la puesta en obra.

La sistemática seguida para dosificar una lechada bituminosa se ha encuadrado en dos partes bien definidas, que se resumen a continuación:

Consideraciones previas:

- Factores relativos a la superficie del pavimento.
- Climatología de la zona.
- Objetivo del tratamiento.
- Selección de los materiales.

Estudio de la Fórmula de Trabajo:

- Composición granulométrica del árido y el filler.
- Estimación del betún residual teórico necesario.
- Determinación de la compatibilidad del sistema y necesidad de aditivos o filler de aportación.
- Tiempo de curado y apertura al tráfico.
- Ensayos mecánicos de las lechadas bituminosas.
- Selección de la fórmula óptima de dosificación.

La descripción de los factores relacionados con la superficie del pavimento a recubrir, condicionamientos climatológicos y objetivo del tratamiento corresponden a las consideraciones previas de proyecto.

Por lo que concierne a la selección de los materiales, debe efectuarse de acuerdo con las especificaciones que fija para cada componente de la lechada la O.C. 297 y el propio Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Esencialmente, las características a cumplir por los principales componentes de una lechada bituminosa, ligante y árido, para su elección y utilización en la dosificación de laboratorio, son las que figuran en las tablas 1 y 2.

Respecto al ligante bituminoso, también es admitido el empleo de otro tipo de emulsiones y la mejora del ligante por medio de distintos aditivos sancionados por la experiencia, estableciéndose en estos casos, dentro del Pliego de Prescripciones Particulares, las especificaciones que deben cumplir las emulsiones, los aditivos y los productos resultantes.

Con esta medida se pretende que los Pliegos de Prescripciones queden abiertos a la evolución y desarrollo de la tecnología de las emulsiones bituminosas, y, asimismo, a la posibilidad de su utilización en estas unidades de obra con lechadas, que emplean las emulsiones en función del aglomerante base.

Esta previsión ha quedado ampliamente confirmada, ya que en la actualidad el tipo de emulsiones utilizadas en la fabricación de las lechadas bituminosas ha evolucionado notablemente debido, de una parte, al progreso realizado en su propia fabricación, pero también a otros dos factores: al empleo generalizado de las mezcladoras móviles y al uso de aditivos en el agua de preenvuelta de los áridos.

Dentro de las emulsiones clásicas especificadas, de rotura lenta y de otras de rotura más rápida, se dispone y emplean los tipos conocidos de emulsiones directas y emulsiones inversas.

La velocidad de rotura de la emulsión es un factor fundamentalmente a considerar en el estudio de la dosificación de lechadas, con objeto de asegurar una buena fabricación y puesta en obra de la mezcla.

En la actualidad se tiende a un empleo más generalizado de emulsiones cuyo betún residual presenta características de reología modificada, bien por la incorporación al betún de componentes elastómeros o polímeros.

LOS ARIDOS

En las lechadas bituminosas los áridos constituyen su esqueleto mineral en un porcentaje, aproximado, del 76 % en volumen de mezcla total; están representados por un material grueso, fino y polvo mineral; principalmente se utilizan arenas de machaqueo, naturales y, en ciertos casos, arenas de escorias u otro material que cumpla las especificaciones vigentes.

Estructuralmente, la granulometría de los áridos debe ser continua, estar bien graduados y ajustada su curva de distribución de partículas a uno de los husos que fija la O.C. 297, según figuran en la tabla 2.

Tanto en lo referente a la calidad de los materiales, como a las características de composición y criterios de dosificación de las lechadas, las especificaciones están

CARRETERAS Y AEROPUERTOS

CARACTERISTICAS	NORMA DE ENSAYO NLT	TIPOS							
		ROTURA LENTA							
		EAL 1		EAL 2		ECL 1		ECL 2	
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL A 25° C s	138/84		100		50		100		50
CARGA DE LAS PARTICULAS	194/84	NEGATIVA		NEGATIVA		POSITIVA		POSITIVA	
CONTENIDO DE AGUA (EN VOLUMEN) %	137/84		45		40		45		43
FLUIDIFICANTES POR DESTILACION (EN VOLUMEN) %	139/84	0	8		9	0	10		0
BETUN ASFALTICO RESIDUAL %	139/84	55		60		55		57	
TAMIZADO (RETENIDO EN EL TAMIZ UNE 80 µm)	142/84		0,10		0,10		0,10		0,10
SEDIMENTACION (A 7 DIAS) %	140/84		5		5		5		5
MEZCLA CON CEMENTO %					2,0**				2,0**
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE DESTILACION									
PENETRACION (A 25° C, 100 g, 5 s) 0,1 mm	124/84	130 60*	200 100*	130 60*	200 100*	130 60*	200 100*	130 60*	200 100*
DUCTILIDAD (A 25° C, 5 cm/min) cm	126/84	40		40		40		40	
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO %	130/84	97,5		97,5		97,5		97,5	

TABLA 1. Tipos de emulsiones a emplear en lechadas bituminosas.

* Estas emulsiones con residuos de destilación más duros, se designan con el tipo correspondiente seguido de la letra «d» (ejemplo: EAL 1d, ECL 1d).
 ** Las emulsiones que no cumplen este requisito podrán ser aceptadas previa justificación de su idoneidad para el uso a que se destine.

TIPO DE LECHADA	LB 1	LB 2	LB 3	LB 4
TAMICES UNE	HUSO GRANULOMETRICO			
	% QUE PASA CADA TAMIZ (% EN MASA)			
	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4
1 2,5 mm	100			
1 0 mm	85-95	100		
6,3 mm	70-90	80-95	100	
5 mm	60-85	70-90	85-95	100
2,5 mm	40-60	45-70	65-90	85-95
1,25 mm	28-45	28-50	45-70	60-85
630 µm	18-33	18-33	30-50	40-60
320 µm	11-25	12-25	18-35	25-45
160 µm	6-15	7-17	10-25	15-30
80 µm	4-8	5-10	7-15	12-20

TABLA 2. Husos granulométricos de los áridos a utilizar en las mezclas de lechadas bituminosas.

directamente relacionadas con la clasificación de los tipos de tráfico en España, según los valores de IMD-VP o «Vehículos Pesados», de la tabla 3.

En la tabla 4 se han recogido las características de calidad para los áridos de empleo en lechadas bituminosas.

El empleo de árido fino, fracciones que pasan el tamiz UNE 2,5 mm y quedan retenidas en el tamiz UNE 80 µm, en su condición de arena natural, no debe rebasar el 20 % en masa del total del árido de la lechada para tráfico T0, T1 y T2, ni el 30 % para los T3 y T4.

CATEGORIAS DE TRAFICO	CLASIFICACION DEL TRAFICO SEGUN IMD PARA VPD (VEHICULOS PESADOS POR DIA)
T0	> 2.000
T1	800-2.000
T2	200-800
T3	50-200
T4	< 50

TABLA 3.

TIPO DE TRAFICO	T0	T1	T2	T3	T4
VALOR MAXIMO COEFICIENTE LOS ANGELES DEL ARIDO GRUESO (NLT-149)	20		25		30
COEFICIENTE DE PULIDO ACCELERADO DEL ARIDO GRUESO (NLT-174 Y NLT-175)	NO INFERIOR A 90			NO INFERIOR A 75	
% MINIMO PARTICULAS ARIDO GRUESO CON 2 O MAS CARAS DE FRACTURA (NLT-358)	NO INFERIOR A 50			NO INFERIOR A 45	
INDICE DE FORMA DEL ARIDO GRUESO (NLT-354)	NO INFERIOR A 30 PARA TODOS LOS TIPOS DE LECHADAS - LB1 A LB4				
ADHESIVIDAD RIEDEL-WEBER DEL ARIDO FINO (NLT-355)	SUFICIENTE CON VALOR SUPERIOR A 4				
DENSIDAD APARENTE DEL FILLER (NLT-176)	COMPRENDIDA ENTRE 0,5 Y 1,1 g/cm				
COEFICIENTE EMULSIBILIDAD DEL FILLER (NLT-180)	INFERIOR A 0,6 EN TODOS LOS FILLERES				

TABLA 4. Especificación de los áridos según la O.C. 297/88T.

Se refiere a casos de lechadas fabricadas a partir de una arena gruesa y una arena fina natural.

El filler o polvo mineral, material pasando el tamiz UNE 80 µm, debe ser utilizado como filler de aportación en la proporción fijada por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, cuando su inclusión en la mezcla sea necesario.

El conjunto del árido combinando las distintas fracciones necesarias según las proporciones que fije el huso granulométrico de la dosificación, debe tener un valor de equivalente de arena que no sea inferior a 35 si la emulsión bituminosa empleada es aniónica, ni inferior a 50 si la emulsión es catiónica. De no cumplirse esta condición, el índice de azul de metileno debe ser inferior a 1.

En general, los áridos estarán exentos de terrenos de arcilla, material vegetal, marga o cualquier materia extraña. En cuanto a su naturaleza, será lo más homogénea posible.

OTROS COMPONENTES

El agua de preenvuelta debe ser blanda y exenta de materia orgánica; su contenido en iones Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ ha de ser bajo, para evitar procesos rápidos de rotura de la emulsión. Podrán ser utilizadas todas las aguas que la práctica haya sancionado como aceptables.

Los aditivos, tales como jabones de poliamina, sales de amonio cuaternario, soluciones acuosas de sulfatos

de sodio, etc., tendrán que ser materiales suficientemente sancionados y autorizado su empleo por el Pliego particular de la obra.

COMPOSICION DE LA LECHADA O FORMULA DE TRABAJO

La dosificación en el laboratorio de una lechada bituminosa proporciona la fórmula de trabajo, que establece las proporciones idóneas de árido, agua, emulsión, más el filler y el aditivo, si estos dos últimos son necesarios.

La mezcla de áridos, agua y emulsión debe alcanzar una rotura inicial en no menos de 15 minutos, ni en más de 12 horas. Si es necesario, el tiempo de rotura puede ser regulado agregando a la mezcla filleres minerales o agentes químicos.

La mezcla a estudiar en el laboratorio y que será aplicada en la obra, se selecciona de forma que cumpla con los límites especificados en la tabla 5.

A partir de estas condiciones, el estudio de la dosificación comprende los factores y ensayos considerados como más adecuados de la normativa existente en este campo de las lechadas.

A. ESTIMACION DEL CONTENIDO DE BETUN RESIDUAL TEORICO

La estimación del porcentaje de betún residual teórico se refiere, en general, al caso de una película de ligante con espesor de unas 8 µm, recubriendo los áridos.

CARACTERISTICAS	TIPO DE LECHADA			
	LB 1	LB 2	LB 3	LB 4
DOTACION MEDIA LECHADA, DE UNA SOLA CAPA (kg/m ²)	14-18	11-14	8-11	5-8
BETUN RESIDUAL 1% EN MASA DEL ARIDO	5-7	6-10	7-11	8-13
AGUA DE AMASADO (% EN MASA DEL ARIDO). INCLUYE AGUA EMULSION MAS AGUA HUMECTACION	8-12	10-15	10-15	10-20
ESPOSOR MINIMO DE LA CAPA (mm)	11	8	6	4
CAPA DEL TRATAMIENTO	2. ^o O UNICA	2. ^o O UNICA	CUALQUIER CAPA	1. ^o O UNICA
CAMPO DE APLICACION	T0 Y T1 T3 Y T4 EN VIAS RAPIDAS		T2, T3, T4 1. ^o CAPA	ARCENES, SELLADO 1. ^o CAPA
TEXTURA SUPERFICIAL MINIMA (mm) (NLT-335/87)	1,1	0,9	0,7	0,5
COEFICIENTE MINIMO DE ROZAMIENTO (NLT-175/73)	0,65	0,65	0,60	0,55

TABLA 5. Composición, dotación y características de los tipos de lechada bituminosa.

La determinación de la superficie específica del árido a utilizar en la mezcla bituminosa, así como su mayor o menor capacidad de absorción, medida por el método del C.K.E. (Equivalente Centrifugo de Keroseno), proporciona un valor estimadamente aproximado del contenido total de betún. El contenido total de betún necesario se expresa como:

- Porcentaje (%) de emulsión añadido al peso de árido seco.
- Porcentaje (%) de betún residual, en peso, sobre el total de los áridos secos.

B. COMPATIBILIDAD DEL SISTEMA ARIDO-FILLER-ADITIVO EN LA LECHADA BITUMINOSA

Los efectos de la relación árido-filler-aditivo se comprueban, al estudiar la dosificación, mediante pruebas sobre mezclas según el método ISSA TB-113, preparando varias formulaciones del árido, agua de preenvuelta y emulsión, incluido el filler y el aditivo.

Después del mezclado y del curado de las lechadas a 60° C, se observan e interpretan los efectos de este sistema árido-filler-aditivo.

1. Mezclas de aspecto pegajoso y brillante, indican separación de finos y/o exudación de la película de ligante.
2. La coloración de las mezclas, estará en relación con el contenido de finos y si el filler es incompatible con la mezcla.
3. La adherencia entre las partículas de la lechada, con presencia del árido suelto, será indicio de exceso de filler, o bajo contenido de aditivo o mala calidad del árido, de los finos o de la emulsión.

C. MEDIDA DE LA CONSISTENCIA DE UNA LECHADA BITUMINOSA

La consistencia se ha estudiado con el método ISSA TB-106, «Cono de Consistencia», utilizado para establecer la cantidad de agua óptima en la fabricación de lechadas estables y de buena trabajabilidad.

El óptimo de consistencia del proyecto de lechadas, o de la mezcla de sus componentes, se corresponde con el % de agua para fluencias de la mezcla entre 2 y 3 cm de la escala del ensayo.

D. ADHESIVIDAD Y COMPATIBILIDAD DE LAS MEZCLAS DE LECHADA BITUMINOSA

Se estudian con el ensayo ISSA TB-114. La adhesividad árido-ligante es satisfactoria si se aprecia un 90 % de árido cubierto; y no satisfactoria si es menor del 75 %. El «límite admisible» está, por tanto, entre el 75 y 90 %.

La homogeneidad y compatibilidad se juzga por el aspecto que conserva la lechada, después de sumergida la mezcla en agua, calentada a ebullición y enfriada y lavada con agua fría.

E. TIEMPO DE ROTURA DE LA LECHADA BITUMINOSA

La medida del tiempo de rotura de la lechada se ha utilizado para definir el momento en que se produce la

coalescencia de la emulsión sobre el árido; con este ensayo se ha medido el tiempo necesario para que una capa de lechada alcance la rotura inicial, o «tiempo de rotura», comprobado en el laboratorio. La norma aplicada es la ASTM D 3910/84.

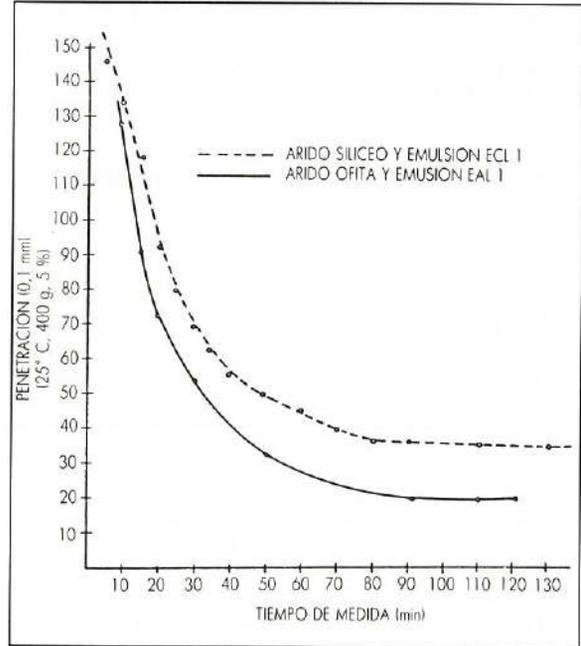


FIGURA 1. Curvas típicas de tiempo de curado obtenidas en el laboratorio para la dosificación de lechada bituminosa.

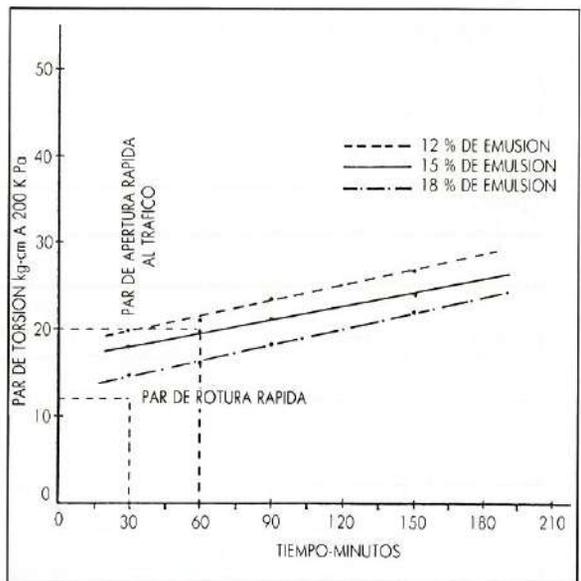


FIGURA 2. Curvas típicas obtenidas con el cohesímetro en la determinación de tiempo de curado y apertura al tráfico de una lechada bituminosa.

F. TIEMPO DE CURADO Y APERTURA AL TRAFICO

La determinación de los tiempos de curado de las lechadas bituminosas se ha realizado por el método Chevron A.C. P-8, a diferentes tiempos, por penetración de las mezclas con el cono de extremo plano, y en las condiciones de 25° C, 400 g y 5 s que fija la norma (figura 1).

Para estudiar el tiempo de apertura al tráfico en relación al tiempo de curado, las mezclas de lechada se ensayan aplicando el método ISSA TB-139, mediante el aparato cohesiómetro por medida de un par de torsión a intervalos de 30, 60, 90, etc. minutos (figura 2).

G. ENSAYO MECANICO DE LAS LECHADAS BITUMINOSAS

En la tabla 6 figuran diferentes máquinas utilizadas como ensayo mecánico de lechadas, cuyas características han servido como base de partida en este trabajo de laboratorio.

En la tabla 7 figuran las diversas dosificaciones que se han empleado para estudiar el proyecto de lechadas bituminosas y su fórmula de trabajo.

Para comparar el proceso mecánico de abrasión de las lechadas, y, a partir de los resultados, seleccionar el ensayo más adecuado, se trabajó con los dos procedimientos siguientes: Método ISSA TB-100 (ASTM D-3910/84), denominado ensayo W.T.A.T. (Wet Track Abrasion Test) o abrasión de lechadas por vía húmeda (figura 3). Y el Test Method N.º California 355-C del Depart. of Public Work, St. of Califor. (figura 4).

En la dosificación de lechadas ambos ensayos permiten conocer el % mínimo de betún necesario, para que la pérdida por abrasión sea inferior a 800 g/m²; éstos dan el «Índice de desgaste» por abrasión en vía húmeda de las lechadas.

En la tabla 8 figuran los resultados obtenidos con estas dos máquinas. En todos los casos, la máquina con rodillo de goma produce pérdidas por abrasión más altas, poniendo de relieve que éste es un proceso de ensayo más energético y duro y, por consiguiente, más eficaz para juzgar la resistencia de las lechadas a la acción del tráfico.

METODO DE ENSAYO	TIEMPO DE ENSAYO	VELOCIDAD DEL ENSAYO	PRESION DE ABRASION	ELEMENTO DE ABRASION	PROBETAS ENSAYO (CIRCULARES)
LABORATORY CHEVRON ASPHT. COMP. KARY Y COYNE	15 m	33 r.p.m.	6,1 kg	2 PAREJAS RUEDAS GOMA 50,8 mm Ø	254 Ø x 6,35 mm ALTURA
CALIFR. 355 BUSN TRANSP AGENCY JOHN SKOG	10 m	30 r.p.m.	6,8 kg	2 RUEDAS MET. GRAFDS RELIEVE 0,8 mm	254 Ø x 3,6 mm ALTURA
ISSA TB-100 ASTM D 3980/84	5 m	144 r.p.m. Y 61 VUELTAS PLANETARIO	2,8 kg	RODILLO MANGUERA GOMA 31 mm Ø	255 Ø x 3,6 m ALTURA
YOUNG SLURRY SEAL LABORATORY INC. E. F. FLOCK	10 m	375 r.p.m. EXCENTRICA	10,5 kg	DISCO GOMA 80 Ø x 10 mm	106 Ø x 4,0 mm ALTURA
ISSA TB - 141 METD. SACUDIDAS CALTRANS	6 m	1.200 r.p.m.	13,5 kg	3 BOLAS DE ACERO 10 mm Ø	101,5 Ø x 6,3 mm ALTURA

TABLA 6. Características máquinas ensayos abrasión.

DOSIFICACION	TIPO LECHADA	TIPO ARENA	TIPO EMULSION	% AGUA PREVLTA.	% EMULSIB.	% ADITIVO	% BETUN RESIDUAL
A	LB-3	CALIZA 147	EAL-11	12	15	—	8,8
B	LB-2	CALIZA 63	EAL-13	10	13,5	0,2	8,1
C	LB-4	OFITA 17	ECL-1P	9,5	12,5	0,6	7,6
D	LB-1	SILICEA 125	ECL-20	9	12	0,8	7,9
E	LB-2	CUARCITA 28	ECL-20 ELASTMR	9	13,5	0,7	9,0
F	LB-4	CALIZA 42	EA-4 ELASTMR	12,5	14	—	8,2

TABLA 7. Dosificaciones empleadas en ensayos de laboratorio.

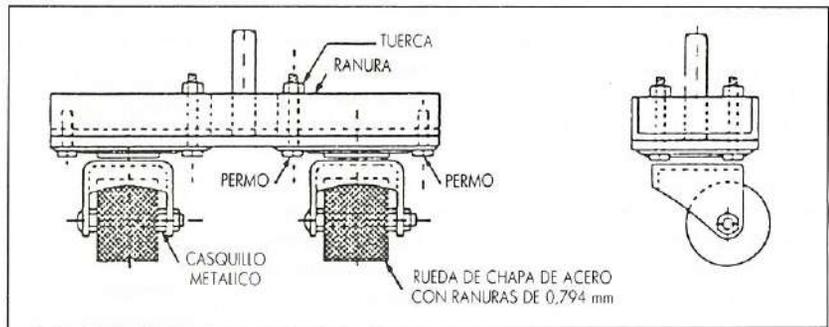


FIGURA 3. Esquema de las ruedas grafiladas.

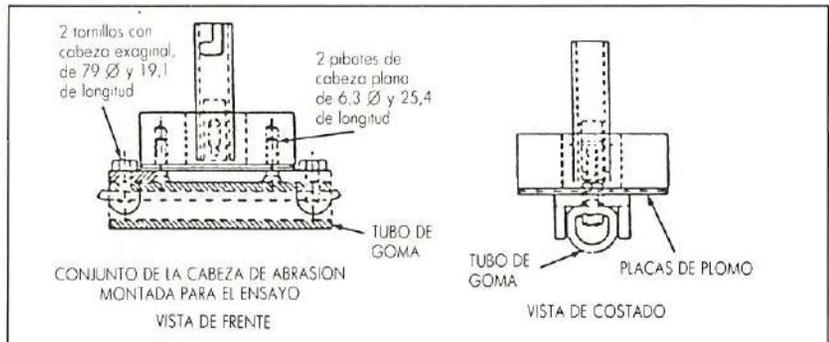


FIGURA 4. Detalle en croquis del cabezal con el tubo de goma.

TIPO DE DOSIFICACION	TIPO DE LECHADA	MAQ. RUEDAS GRAFILADAS PERDIDA g/m ²	MAQ. RODILLO TUBO GOMA PERDIDA g/m ²
A. CALIZA 147 % EMULS. 13,0 % EMULS. 15,0 % EMULS. 17,0	LB-3 LB-3 LB-3 LB-3	305 105 65	535 230 110
C. OFITA 17 % EMULS. 10,0 % EMULS. 12,5 % EMULS. 14,0	LB-4 LB-4 LB-4 LB-4	925 670 525	1.340 810 560
D. SILICEA 125 % EMULS. 9,5 % EMULS. 12,5 % EMULS. 15,5	LB-1 LB-1 LB-1 LB-1	1.460 1.120 865	1.785 1.495 1.170
E. CUARCITA 28 % EMULS. 10,5 % EMULS. 12,5 % EMULS. 14,5	LB-2 LB-2 LB-2 LB-2	775 430 155	995 560 330

TABLA 8. Resultados de abrasión con las dos máquinas.

Las diferencias más significativas entre ambas máquinas, que decidieron en favor del método ISSA TB-100, son las siguientes:

Máquina Ruedas Metálicas Grafiladas (MRMG), «35-5-C»

Equipo de abrasión. Puente metálico de 2 ruedas. Peso 6,8 kg.

Abrasión. Por ruedas grafiladas con profundidad ranuras de 0,8 mm.

Velocidad trabajo. 30 ± 1 r.p.m.

Precisa calibración ruedas con mezcla lechada patrón.

Superficie abrasionada. 1/5 de la probeta.

Con esta máquina se obtiene pérdida por abrasión, en g/m², inferior que con la MGM.

Produce más acción de compactación que de abrasión. Efecto poco representativo respecto a la de los neumáticos del tráfico.

Máquina Rodillo Goma (MRG), ISSA TB-100

Equipo abrasión. Cabezal metálico y tubo de goma. Peso 2,8 kg.

Abrasión. Por tubo goma, con dureza de 80 a 84° Shore y 310 mm extr.

Velocidad trabajo. 144 r.p.m. y 61 vueltas/minuto sistema planetario.

No precisa calibración ni la máquina, ni el tubo de goma.

Superficie abrasionada. Un 80 % de la probeta.

Con esta máquina se obtiene pérdida por abrasión, en g/m², superior que con la MRMG.

Produce abrasión más energética que compactación. Efecto muy representativo respecto a la acción del tráfico y neumáticos vehículos.

H. OTROS ENSAYOS APLICADOS AL PROYECTO DE LECHADAS

H.1. Máquina de rueda cargada

En este trabajo se recurrió al método «Loaded Wheel Tester-L.W.T.», o Ensayador de Rueda Cargada, para medir el exceso de ligante en este tipo de mezclas, normalizado según ISSA TB-109.

Realmente, el ensayo está concebido para comprobar el grado de compactación que puede soportar una mez-

la bituminosa de árido fino, al objeto de establecer un contenido óptimo de betún que evite su exudación en la lechada bajo las cargas del tráfico pesado.

Las pruebas efectuadas en el laboratorio con distintas dosificaciones, sin variar o variando los tipos de componentes, sus proporciones y sin modificar las condiciones de carga, ciclos y temperatura de ensayo, han presentado resultados poco válidos, sin una cierta repetibilidad en mezclas de similar composición, obteniéndose valores muy dispares especialmente con áridos de tamaños medios y gruesos entre 7 a 11 mm.

H.2. Máquina de ensayo en pista de laboratorio, en seco

La razón de utilizar máquinas de ensayo en pista de laboratorio durante la fase experimental de este trabajo, se ha justificado en base a considerar los medios y equipamiento disponibles en los Laboratorios de los Centros de Estudio y Apoyo Técnico (C.E.A.T.), del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

La aplicación de este ensayo a las lechadas bituminosas, se ha realizado de acuerdo con la norma NLT-173/83. El objetivo era comprobar, si su sistema de ensayo podía llegar a utilizarse en el proceso de proyecto de una lechada bituminosa.

Sobre probetas de aglomerado asfáltico de 30 × 30 × 5 cm, rebajado su espesor a 4,5 cm, se extiende una capa de lechada de unos 6 mm, se pesa y se somete a ensayo en las siguientes condiciones:

Curado de la lechada en estufa: 12 horas a 60° C.
 Presión aplicada con la rueda: 6 Kg/cm².
 Llanta de la rueda revestida con lija-carborundo, para producir pérdida del material por roce con la lechada.
 Temperatura de ensayo: 25-26° C.
 Frecuencia de circulación de la rueda, ida y vuelta: 42 pasadas/minuto.
 Tiempo de ensayo: 120 minutos.

Ejemplo de resultados obtenidos:

Dosificación ensayada: A. Tipo de lechada: LB-3.
 % betún residual probeta: 7,5, 8,1, 9,0.
 Pérdida total en gramos: 0,9, 0,8, 0,8.

La conclusión inmediata a deducir es que la pérdida de material, por rozamiento y desgaste es mínima, que el efecto más acusado es el de su deformación por compactación, que los ensayos al efectuarse en ambiente seco no cumplen las especificaciones de los Pliegos para pruebas de abrasión de las lechadas.

H.3. Máquina de ensayo en pista de laboratorio, con inmersión en agua

Con similar objetivo al expresado en el apartado H.2, se ha empleado también este procedimiento, conocido como «Wheel Tracking Test», de acuerdo con la normativa RN/3573 del TRRL.

A diferencia del anterior método, como es conocido, este procedimiento presenta la ventaja de ensayar la mezcla sumergida en agua. En este caso, sobre probetas de aglomerado, de 30 × 9 × 1,9 o 1,7, se aplicó

una capa de lechada con espesor de 0,6 y 0,8 mm respectivamente, ensayándose en las condiciones de:

Curado de la lechada en estufa: 12 horas a 60° C.
 Presión aplicada con la rueda: 3 Kg/cm².
 Llanta de la rueda revestida con lija-carborundo, para producir pérdida del material por roce con la lechada.
 Temperatura de ensayo 25-26° C. Frecuencia de circulación de las ruedas, ida y vuelta: 50 pasadas/minuto.
 Tiempo de ensayo: 120 minutos.

Ejemplo de resultados obtenidos:

Dosificación ensayada: A. Tipo de lechada: LB-3.
 % betún residual probeta: 7,5, 8,1, 9,0.
 Pérdida total en gramos: 4,8, 3,1, 2,7.

En este caso, la prueba con probetas sumergidas en agua produce pérdidas por rozamiento superiores al ensayo anterior, y aunque no son muy significativas respecto al ensayo de abrasión de lechadas, sí acusa cierta influencia la acción en inmersión sobre la adhesividad de la mezcla y su deformación.

Aun cuando se dan datos de un solo ejemplo, se ensayaron 26 dosificaciones diferentes en estas máquinas con resultados similares a los reseñados, salvo en cinco casos de lechadas tipo LB-1 y tamaño máximo de árido 10 mm, con pérdidas por este método RN/3573 TRRL entre 13 a 20 gramos totales.

Estos métodos, de «Tráfico simulado», sería recomendable proseguir su estudio con distintos tipos de lechadas, modificando cargas de la rueda, duración del ensayo, temperaturas, etc., hasta agotar la posibilidad de empleo del procedimiento de inmersión para medir efectos reales de adhesividad en las lechadas bituminosas.

FORMULA DE TRABAJO

En resumen, la selección de la fórmula de trabajo, partiendo de la dosificación de laboratorio y de las especificaciones de la O.C. 297, recoge las siguientes características de la lechada bituminosa:

- Granulometría seleccionada entre los husos AL-1 y AL-4.
- Tipo de lechada entre LB-1 y LB-4.
- Tipos y porcentajes de áridos, emulsión y aditivos.
- Contenido óptimo de betún residual teórico.
- Comportamiento del sistema árido-filler-aditivo.
- Consistencia, homogeneidad y adhesividad de la lechada bituminosa.
- Límite máximo de desgaste por abrasión, en g/m², bajo vía húmeda.

Las limitaciones de espacio impuestas para esta comunicación impiden presentar la información recogida de importantes datos recopilados durante tres anualidades del seguimiento efectuado de diferentes obras, tanto respecto a la fabricación, extendido, maquinaria, influencia de la climatología, como a los problemas y defectos observados en las lechadas, procesos para control de estas obras, textura, rugosidad y propiedades antideslizantes de la lechada aplicada en la carretera y su evolución.