
ENSAYOS DE MEZCIAS ASFALTICAS PARA EL SELLA DO DE JUNTAS EN
PAVIMENTOS DE HORMIGON

Ing. Duilio D. Massaccesi
Ing. Juan F. Rocco

Serie II, nº 144

INTRODUCCION

En los pavimentos de hormigón de cemento portland, es necesario dejar regularmente "juntas" a los efectos de romper la continuidad de la estructura y permitir su libre movimiento bajo los efectos de las variaciones de temperatura y cambios de humedad. Ambas circunstancias pueden provocar tensiones de "compresión", por efecto de la dilatación de la losa, de "tracción" por contracción de la misma, o de "flexión" al no existir una variación uniforme de temperatura entre las caras superior e inferior del pavimento.

En cada caso es necesario que estas tensiones, juntamente con las producidas por las cargas del tránsito, den una resultante que esté dentro de los límites de trabajo del material.

Este equilibrio se logra precisamente con la interposición de juntas, las cuales se clasifican por su ubicación, en longitudinales y transversales.

Las primeras dividen la calzada a lo largo en dos zonas cuyo ancho puede variar entre 3 m y 5 m, aunque se recomienda para evitar la aparición de grietas longitudinales, que este valor no exceda los 3,80 m (2). Son las que soportan menos esfuerzos y dado que se encuentran en el punto más alto del perfil transversal, son las menos expuestas a filtraciones.

Las segundas o sea las transversales, se construyen en forma perpendicular al eje del camino, y por la función que cumplen se las designa como de "contracción" y "dilatación".

Las de contracción consisten en cortes continuos de aproximadamente uno a dos centímetros de ancho, hechos en la cara superior del pavimento con profundidades que varían entre 3 cm y un tercio del espesor de la losa.

Si como consecuencia de la desigual contracción de las dos caras de la placa, ésta debe fisurarse, lo hará precisamente en la zona debajo del corte, que es el punto más débil. La parte superior de la junta se sella con una mezcla bituminosa a los efectos de proveer hermetismo y estanqueidad.

Las características convenientes que deben reunir estas mezclas y la adopción de los ensayos apropiados para medirlas constituyen parte del objetivo del presente trabajo, el cual, se completará con la verificación en campaña de los resultados a que se arribe.

Las juntas de dilatación que se intercalan a fin de reducir o anular las tensiones producidas por los cambios de volumen del hormigón, tienen aproximadamente dos centímetros de ancho y cortan a las losas en toda su profundidad.

La frecuencia con que se colocan estas juntas depende del criterio adoptado por el proyectista; serán más próximas si la finalidad perseguida es la anulación total de las tensiones debidas a la variación volúmetrica, y más espaciadas si se quiere restringir la libertad de movimiento de la losa, y provocar tensiones de compresión - lógicamente sin exceder la tensión de trabajo del material -, que reduzcan las tensiones provocadas por las cargas del tránsito.

No obstante la distancia entre juntas suelen fundamentarse, en los distintos países, en bases empíricas que varían con las condiciones locales.

En el informe al XIII Congreso de Tokio (1967) (1), Gran Bretaña condiciona el espaciamiento de juntas de dilatación a la temperatura, (normal o fría) y al número de vehículos diarios, variando la distancia entre un máximo de 36,6 m y un mínimo de 18,3 m. El espaciamiento medio de las juntas de contracción es de 4,6 m. Para este último espaciamiento, Rusia fija un máximo de 5 m cuando existen diferencias de temperaturas considerables y espesores de losa de 22 a 24 cm y de 4 m a 4,5 m para espesores de 18 a 20 cm.

Francia en general, ha suprimido las juntas de dilatación, ejecutando juntas de contracción a distancias medias de 5 m y en profundidades de 5 a 6 cm.

La determinación del espacio para la expansión puede hacerse calculando el alargamiento -suponiendo a la losa con libre movimiento-, disminuído de las deformaciones elásticas y plásticas (2).

En las juntas de dilatación suelen colocarse pasadores de acero, pintados con asfalto y lubricados, que vinculan las dos losas contiguas sin impedir su libre contracción o dilatación.

La función de estos pasadores es evitar las diferencias de rasante y transferir las cargas de una placa a otra. Su colocación debe ser muy cuidadosa y correcta pues de lo contrario pueden provocar en el hormigón esfuerzos de tracción perjudiciales.

En general los materiales empleados en el llenado de juntas deben poseer ciertas características, que en muchos casos suelen ser antagónicas. Para subsanar la dificultad de poder reunir en un solo material todas las condiciones favorables para su correcto funcionamiento es que en la actualidad (en los casos de juntas de dilatación) se tiende a sistemas combinados.

En estos sistemas constructivos, la parte inferior de la junta se rellena con un material fibrobituminoso, madera compresible, etc. que sirve de soporte al producto generalmente asfáltico que se coloca en la ranura superior para sellar la junta. La finalidad es evitar la introducción del agua o materiales extraños que impidan la libre dilatación y contracción del hormigón, lo cual podría dar lugar al pandeo o a la rotura de las losas del pavimento.

CUALIDADES Y ENSAYOS

Este informe se refiere exclusivamente a mezclas bituminosas para sellado, de aplicación en caliente; las cualidades que debe poseer el material están vinculadas con sus funciones, siendo las más importantes las que se comentan a continuación:

1^a) Debe permitir ser vertido fácil y uniformemente en grietas de aproximadamente 10 mm de ancho, a temperaturas compatibles con las condiciones prácticas de trabajo y con la inalterabilidad físico-química del material.

2^a) Debe producir un sellado total a fin de que no se introduzca el agua en la junta, para ello es necesario que su adherencia con el hormigón sea perfecta incluso en las condiciones más severas, es decir cuando la junta trabaja sumergida.

3^a) Debe poseer suficiente deformabilidad, en un rango elevado de temperaturas, como para admitir el movimiento del pavimento sin agrietarse ni desprenderse del hormigón.

4^a) Debe tener suficiente consistencia como para resistir las exigencias del tránsito, y no fluir por gravedad hacia el fondo de la junta o hacia los costados, ni aún a las más altas temperaturas que puede adquirir el pavimento.

5^a) Debe ser resistente al impacto a bajas temperaturas (0°C).

6^a) No debe presentar tendencia a la sedimentación o separación, en el caso de poseer materiales inertes.

7^a) Debe tener baja susceptibilidad a los cambios de temperaturas.

Existe un número considerable de ensayos que permiten medir la mayoría de las cualidades señaladas. Las normas A.S.T.M., B.S., A.A.S.H.O. y D.I.N. (3), (4), (5), (6) tratan en lo posible de encuadrar sus ensayos a las condiciones prácticas, relacionándolos con las sollicitaciones a que se verá sujeto el material en su vida útil.

Entre estas normas de diferentes procedencias, existen algunas que se adaptan más satisfactoriamente a nuestro medio, otras que presentan ensayos de ejecución más sencilla y práctica, y unas terceras que controlan algunos aspectos no encarados por las anteriores.

En virtud de reiteradas consultas hechas al LEMIT, por diferentes organismos viales, se ha tratado de seleccionar entre los ensayos especificados por las normas citadas, un grupo que permita tener una idea lo más completa posible

del comportamiento del material para juntas, dándole preferencia a aquellos ensayos que dentro de los más prácticos tuvieran mayor sensibilidad o significación para medir una determinada característica. Se comentan a continuación algunos de estos ensayos:

El punto 1^a) de las condiciones físicas que debe cumplir el material de relleno, puede ser analizado -aunque con criterio algo subjetivo- con el auxilio de la norma ASTM 1191-52. Mediante la misma se puede determinar la mínima temperatura a que el material puede ser vertido sin dificultad. Existe también una relación (7) determinada en forma experimental que permite hallar en forma bastante aproximada, la temperatura de vertido en función del punto de ablandamiento (P.A.) y el Índice de Pfeiffer (I):

$$\text{Temp. vertido} = 66^{\circ}\text{C} + \text{P.A.} + 3,4 \text{ I}$$

La norma ASTM establece como complemento, la determinación de la "temperatura de seguridad" la cual limita el máximo calentamiento a que puede ser sometido el material sin que éste sufra alteraciones perjudiciales.

Esta última condición está vinculada con el ensayo de fluencia ASTM, y es particularmente importante en el caso de emplearse betunes con caucho incorporado, dado que si bien este último disminuye notablemente la susceptibilidad térmica del betún, puede llegar a alterarse bajo un excesivo calentamiento (+200°C).

La experiencia extranjera indica que la temperatura de vertido de la mezcla de junta, debe ser como mínimo, menor en 11°C a la temperatura de seguridad, y la fluencia (ASTM) menor de 0,5 cm.

En los análisis que figuran en este informe, practicados a algunas mezclas para juntas, se ha adoptado el ensayo de fluencia establecido por la norma British Standard por ser de realización sumamente práctica y rápida y al no presentar ninguna indeterminación su interpretación. Esta norma fija como tolerancia máxima un 15 % de escurrimiento.

Las condiciones 2) y 3) referentes a deformabilidad a baja temperatura y adherencia al hormigón, son valoradas con suficiente rigurosidad por el ensayo de "Extensión" de

B.S. 2499-66 (4). Dado lo moderado de nuestro clima se ha estimado razonable analizar las mezclas a utilizar en nuestras zonas de acuerdo con las condiciones establecidas para el material "Tipo A₂" de la citada norma, realizando el ensayo a temperatura de 0°C.

De acuerdo con los requerimientos de esta norma el "área despegada" de las caras de los prismas de hormigón después del ensayo debe ser menor de 1,6 cm²; el área de las fisuras que se puedan producir en el material será menor de 40 mm²; y las profundidades de estas fisuras no deben exceder los 6,35 mm.

La consistencia del material y su resistencia a fluir bajo los efectos de la temperatura, pueden ser estudiadas mediante varios ensayos; es de rápida realización el ensayo de "penetración" recomendado por la norma B.S. 2499-66 la cual fija como índice de calidad para la determinación realizada a 25°C, una penetración no mayor de 10 mm.

Para tener una idea de la susceptibilidad térmica del material y poder asimismo comparar diferentes mezclas entre sí, es útil la determinación del "factor de susceptibilidad" (5) mediante la siguiente relación:

$$F = \frac{\text{Penetración a 25°C (100 g, 5 seg)}}{\text{Penetración a 0°C (200 g, 60 seg)}}$$

La norma AASHTO M.89-42 especifica para mezclas bituminosas fillerizadas a emplear en rellenos de juntas, la determinación del "Punto de ablandamiento", el cual se realiza con el mismo procedimiento que para asfaltos solos, no obstante se ha comprobado que en el caso de mezclas fillerizadas, se obtienen resultados más exactos con el empleo de la norma DIN-1996 (método Wilhelmi) en la que se especifica un anillo de 31,8 mm de diámetro interior por 7,4 mm de alto; la temperatura debe leerse cuando la deformación bajo la carga de una esfera de acero de 15 mm de diámetro y 13,9 g de peso es de 50 mm. Se establece que el punto de ablandamiento medido en esta forma no debe ser inferior a 60°C.

Es de suma practicidad como medida para relacionar la consistencia de diversos materiales para juntas coladas, la determinación del "coeficiente de deformación" (según

Nüssel) preceptuado por la norma DIN 1996. La experiencia alemana indica que este valor no debe exceder de 8 para asegurar un comportamiento aceptable.

Si bien un producto bituminoso para el llenado de juntas, puede presentar determinadas características de resistencia y deformabilidad bajo una aplicación lenta de las cargas a baja temperatura, dichas características pueden variar notablemente ante cargas aplicadas en forma instantánea. Si se considera que el material puede estar sujeto en la práctica a este último tipo de sollicitaciones sobre todo al producirse resaltos entre losas, se desprende la necesidad de introducir en la gama de ensayos que se han seleccionado, un ensayo de "impacto". Este ensayo ya fue adoptado en nuestro medio hace algún tiempo (8) como eficaz sustituto del ensayo de adherencia (Bond Test).

La norma DIN 1996, establece para distintos tipos de mezclas la altura de caída sobre una placa de acero, que debe admitir una esfera moldeada con 50 gramos de material, realizando el ensayo a baja temperatura. Estímase que en nuestro medio es suficiente que la probeta resista sin romperse la menor altura especificada por la norma, es decir 120 ± 1 cm, a una temperatura de 0°C.

Es importante analizar también la tendencia a sedimentar la parte mineral que pueda presentar el producto; la norma DIN, es la que sugiere el ensayo más sencillo, y basa su determinación en el análisis de las cenizas residuales que presentan la parte superior e inferior de una probeta, luego de su respectiva calcinación. Se especifica que esta diferencia no debe ser superior a 5 % en peso.

Los ensayos que se comentan han sido reunidos en la tabla N^o 1, donde se indican además los resultados obtenidos sobre diferentes mezclas, así como las normas seguidas para su análisis. En lo que respecta a las mezclas analizadas se debe mencionar que forman parte de un programa más amplio solicitado al LEMIT por la Municipalidad de La Plata a los efectos de una selección para su empleo en toma de juntas de pavimentos urbanos.

Por otra parte, en virtud del ofrecimiento hecho por dicha comuna, una vez concluido el estudio se realizarán ve-

rificaciones prácticas en diferentes tipos de pavimentos de hormigón (es decir, nuevos o viejos, con mayor o menor grado de deterioro).

Como base, se ha aprovechado la experiencia transmitida por publicaciones nacionales (8), (9), (10), (11), (12) y extranjeras.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

a) ASFALTO, Asfasol "H"

Penetración a 25°C (100 g, 5 s).....	40
Punto de ablandamiento (A y E), (°C).....	55
Peso específico a 25°C/25°C.....	1,003
Punto de inflamación Cleveland V. Ab. (°C)....	327
Ductilidad a 25°C (cm).....	70
Oliensis.....	Neg.
Indice de penetración (Pfeiffer).....	-0,5

b) FILLER CALCAREO

SiO ₂ (%).....	0,6
Residuo insoluble (%).....	23,4
K ₂ O ₃ (%).....	1,7
CaO (%).....	39,6
MgO (%).....	1,9
P por calcinación (%).....	32,0
CO ₂ (en CaCO ₃), (%).....	71,0
<u>Peso específico</u> (g/cm ³).....	2,72

Granulometría:

Pasa tamiz N ^o 40.....	100
" " " 80.....	99
" " " 200.....	81

c) AMIANTO

Constitución.....	Antigorita
Long. fibra.....	Entre 1,050mm y 0,010 mm
SiO ₂ (%).....	37,2
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (%).....	9,4
CaO (%).....	1,8
MgO. (%).....	36,7
Pérd. por calcinación (%).....	14,1
Humedad (a 100°C) (%).....	1,6
Residuo en ácido (%).....	23,4

d) ARENA SILICEA (Proveniente del Río Paraná)

Granulometría (%):

Pasa tamiz N° 10.....	100
" " " 40.....	83
" " " 80.....	7
" " " 200.....	0,3
Peso específico (g/cm ³).....	2,64

COMENTARIOS SOBRE LAS MEZCLAS ENSAYADAS

1) Mezcla de Arena silícea - Asfasol "H":

Esta mezcla ha sido incluida dentro de las series ensayadas, debido a que aún figura en algunos pliegos de especificaciones -posiblemente por dársele más peso al aspecto económico que al técnico-. Adolece del grave inconveniente de presentar un excesivo asentamiento del material inerte, haciendo que la mezcla carezca de homogeneidad. (Ver columna de Asentamiento de la Tabla I).

En la Tabla I también puede observarse que las cinco mezclas ejecutadas con arena silícea del Paraná y Asfasol "H" presentan en general características muy semejantes. Cumplen solamente con la tolerancia de penetración establecida en forma excesivamente benévola por la norma British Standard, y tienen fallas diametralmente opuestas, es decir fallan ba-

jo la acción de la temperatura, ya que los resultados de "fluencia" y "coef. de deformación" son muy elevados y adolecen de defectos a bajas temperaturas ya que no pasan el ensayo de "impacto" (las mezclas rompen como vidrio cuando caen desde 1,20 m).

Tampoco cumplen el ensayo de "extensión" ya que despegan totalmente de las caras de los prismas de hormigón en el primer ciclo de estiramiento a cero grado centígrados, poniendo en evidencia su falta de adherencia.

No se creyó conveniente mejorar esta característica con la incorporación de aditivos, pues de cualquier manera las mezclas adolecen de una falla importante que es su excesivo escurrimiento.

Mezclas con porcentajes de arena mayores del 60 % son prácticamente irrealizables dada la dificultad del mezclado y del mantenimiento de las características de uniformidad, en virtud del asentamiento de la arena, lo cual dificulta también el vertido de la mezcla.

El costo total de esta junta puede oscilar entre \$ 18 y \$ 25 el metro lineal. (Materiales, mano de obra y beneficios).

Conclusión: Estas mezclas no son recomendables para el sellado de juntas pues si bien son de relativamente bajo costo, no cumplen en laboratorio con las exigencias fundamentales.

2) Mezcla de Filler Calcáreo - Asfasol "H"

Estas mezclas son de fácil elaboración aún con los porcentajes mayores de filler; las temperaturas de vertido oscilan en los 130°C y son posibles de mantener en la práctica sin mucha dificultad, conservándose las características de trabajabilidad en un rango amplio de temperaturas. En cuanto a la dispersión de filler en el betún, ésta es perfecta y no se observa asentamiento (menos del 1 %).

Se ensayaron mezclas de Asfasol "H" con el 15 %, 25 %, 35 % y 45 % de filler calcáreo. En la Tabla I se observa que la "Fluencia" es alta en las mezclas con menores

porcentajes de filler, y disminuye hasta aproximarse a los valores especificados cuando tienen el 35 % y 45 % de filler.

Por otra parte el ensayo de Extensión arroja valores totalmente satisfactorios en estas mezclas con 35 y 45 % de filler, aunque con porcentajes menores (15 % y 25 %), si bien los resultados no son totalmente satisfactorios, son muchísimo más aceptables que los obtenidos en las anteriores mezclas con arena silícea. En efecto, recién al final del último ciclo de extensión a 0°C, después de haber pasado el primer ciclo de tracción y el siguiente, de compresión, las mezclas presentaron despegues de las caras de los prismas de hormigón, del orden de 4 cm² y 5,8 cm² respectivamente, no observándose fisuras en el seno de la mezcla.

Las penetraciones disminuyen con el aumento del porcentaje de filler, estando todas comprendidas dentro de lo especificado.

El punto de Ablandamiento aumenta con el incremento de filler; sobrepasan los 60°C las ejecutadas con 35 % y 45%. Con este último porcentaje de filler se logra también alcanzar el valor admisible de 8, del coeficiente de deformabilidad (según Nüssel).

Todos los resultados del ensayo de impacto sobrepasan la altura mínima de caída (1,20 m), pero los realizados con los porcentajes mayores de filler, dan resultados notables, pues resisten alturas de caída de 3 m y 4 m.

El costo aproximado de esta mezcla oscila en los \$ 45 por metro lineal.

Conclusión: Las mezclas elaboradas con asfasol "H" y 35 % y 45 % de filler, son de fácil elaboración y vertido, poseen un costo razonablemente bajo y cumplen en laboratorio con la mayoría de las exigencias (sobre todo con las del ensayo de extensión que es el más riguroso).

3) Mezcla de Talco Industrial - Asfasol "H"

En lo que respecta a la facilidad de mezclado y vertido, esta mezcla se comporta tan bien como la elaborada con filler calcáreo. El ensayo de asentamiento arrojó valo-

res sumamente bajos, y por consiguiente dentro de la tolerancia; también son admisibles todos los resultados de impacto a 0°C.

A pesar de esto, se observa en la Tabla I, que es muy difícil en las diferentes mezclas elaboradas con talco industrial, lograr el cumplimiento simultáneo de todas las condiciones. Por ejemplo las mezclas elaboradas con 35 % de talco cumplen con las especificaciones en lo que respecta a fluencia y coeficiente de deformación, pero no satisfacen el ensayo de extensión pues el área despegada, el área de fisuras y la profundidad de las mismas, superan los valores máximos admitidos.

Por otra parte la mezcla que arroja valores satisfactorios de extensión, como ser la elaborada con 10 % de talco, tiene elevados valores de fluencia y coeficientes de deformación.

Conclusión: Ninguna de las mezclas elaboradas con talco y asfisol "H" cumplió en forma total en laboratorio con los valores límites fijados. No obstante sería interesante verificar en obra el comportamiento práctico de la elaborada con el 25% de talco ya que el resultado del ensayo de extensión fue relativamente bueno y la fluencia y coeficiente de deformabilidad no son excesivamente elevados. Teniendo en cuenta que es una mezcla económica (aproximadamente \$ 40 el metro lineal) podría llegar a sustituir desde ese punto de vista a otra mezcla de mejor comportamiento pero de mayor costo.

4) Mezcla de Amianto - Asfisol "H"

La incorporación de amianto (fibra corta) al asfisol "H" tiene la propiedad de reducir notablemente su fluir a relativamente alta temperatura, como puede deducirse de la Tabla I. En efecto, en lo que respecta a consistencia basta sólo un 3 % de amianto para conseguir un efecto semejante al producido por el 35 % de talco industrial o el 45 % de filler; las mezclas con amianto son las que en promedio han dado puntos de ablandamiento más elevados.

Con el 2 % de amianto se obtienen valores satisfacto-

TABLA I

MEZCLAS ANALIZADAS

DEFERMINACIONES REALIZADAS

DET E R M I N A C I O N E S R E A L I Z A D A S																				
Betón Asfalc "H" %	Arena silicea %	Filler calcáreo indus. %	Talco indus. %	Amianto F. oorta %	Caucho %	Aceite %	Peso especí- fico gr/cm3	Temperatu- ra de ver- tido (ASTM-1191- 52) °C	Fluor- oia (B.S. 2499- 66) %	Extensión (B.S. 2499-66)			Penetración		Factor de masoceptivi- dad	Punto de abland. (DIN-1996- 66) °C	Coef. Deform. (DIN-1996- 66)	Impacto 0 °C (DIN-1996- 66)	Asentam. (DIN-1996- 66) %	
										Area despegada cm2	Area de fisuras mm2	Profundidad de fisuras mm	B.S. 2499 mm	ASTM D-5-65 mm						
90	10						1,022	110	70	Despegada totalmente (1er. ciclo)		3,0	4,0	2,0	2,0	57	10,3	Botón 119 tensión 1,20	+ 10,0	
75	25						1,117	118	66	"	"	2,9	4,0	2,0	2,0	57	10,0	"	+ 15,0	
65	35						1,252	130	64	"	"	2,9	3,9	1,9	1,9	58	10,0	"	+ 25,0	
55	45						1,537	135	58	"	"	2,2	3,2	1,7	1,7	60	10,5	"	+ 20,0	
40	60						1,555	140	50	"	"	2,2	2,9	1,7	1,7	60	10,0	"	+ 25,0	
85		15					1,105	125	55	4,0 (3er. ciclo)	0	0	3,2	4,2	2,4	1,7	59	11,0	1,50	- 1,0
75		25					1,198	130	33	5,8 (3er. ciclo)	0	0	2,8	3,6	2,0	1,8	60	10,5	2,50	- 1,0
65		35					1,302	130	18	0	0	0	2,3	2,5	1,8	1,4	62	10,0	3,00	- 1,0
55		45					1,336	135	14	0	0	0	2,1	2,5	1,8	1,4	64	8,0	4,00	- 1,0
90			10				1,072	125	56	1,4	0	0	3,2	4,2	2,1	2,0	58	12,0	2,00	- 0,2
85			15				1,102	130	35	2,0	0	0	3,2	4,0	2,0	2,0	61	9,9	2,20	- 0,1
75			25				1,223	135	20	4,0	0	0	3,2	3,9	2,0	1,9	65	8,6	2,80	- 0,6
65			35				1,225	140	13,4	6,0 (3er. ciclo)	100	20	1,5	2,3	1,3	1,8	67	7,8	2,80	- 0,6
98				2			1,009	135	15,5	0	0	0	2,0	2,9	1,7	1,7	68	7,6	2,50	- 0,5
97				3			1,013	140	13,7	0	0	0	1,9	2,9	1,7	1,7	68	6,8	2,50	- 0,5
95				5			1,028	140	9	0	0	0	1,9	2,9	1,7	1,7	70	5,5	3,00	- 0,5
90				10			1,028	155	5	9,0 (3er. ciclo)	90	25	1,9	2,8	1,5	1,9	74	4,0	4,00	- 0,5
98					2		1,004	140	15	0	0	0	2,1	2,9	1,5	1,9	64	8,2	2,00	- 0,2
96				4			1,006	145	10	0	0	0	2,0	2,8	1,5	1,9	66	7,4	2,50	- 0,2
94				6			1,009	150	9	0	0	0	2,0	2,8	1,6	1,7	68	5,6	2,80	- 0,2
90				10			1,014	150	6	0	0	0	1,9	2,7	1,5	1,8	74	5,0	4,00	- 0,2
96					4	1	1,006	140	19	0	0	0	2,3	3,5	1,7	2,0	64	7,6	2,50	- 0,2
92					8	1	1,009	145	13	0	0	0	2,1	3,5	1,7	2,0	66	5,5	3,00	- 0,2
88					12	1	1,016	148	8,3	0	0	0	2,1	3,4	1,7	2,0	70	5,0	4,00	- 0,2
83		15			2	1	1,068	140	18	0	0	0	2,4	3,4	1,7	2,0	62	8,0	3,00	- 0,5
79		15			6	1	1,088	140	17,2	0	0	0	2,4	3,6	1,6	2,2	65	5,6	3,50	- 0,5
74		20			6	1	1,100	145	17,0	0	0	0	2,4	3,6	1,8	2,0	67	5,6	3,50	- 0,5
67		25			8	1	1,100	150	10	3	10	8	2,0	3,1	1,8	1,7	72	5,8	3,50	- 0,5
RESUMEN DE RESULTADOS :										MEJOR de 1,6 mm2.	MEJOR de 40 mm2.	MEJOR de 6,35 mm	MEJOR de 10 mm	-	-	-	MEJOR de 60 °C	MAX.: 8	MEJOR DE 1,20 m. (en 2 muestras)	MAX.: 58
																			ALTIMETRO de 1,20 m. (en 2 muestras)	MAX.: 58

rios de fluencia, extensión, coeficiente de deformación, impacto, penetración, etc.

Estas características se mantienen aceptables hasta porcentajes del orden de 5 %, mayores cantidades no son convenientes pues dan mezclas más frágiles y desde el punto de vista económico resultan también más caras.

El empleo de amianto con asfalto más duro, es también inconveniente ya que si bien las mezclas que se obtienen cumplen con los límites establecidos para fluencia y punto de ablandamiento, en general dada su escasa deformabilidad a bajas temperaturas no cumplen con el ensayo de "extensión", que se considera fundamental para prever un buen comportamiento de la junta.

Conclusión: Las mezclas elaboradas con Asfasol "H" y porcentajes de amianto entre el 2 % y 5 % responden en forma correcta a todas las determinaciones realizadas. No es conveniente el empleo de cantidades de amianto mayores, ya que la mezcla se torna quebradiza y por otra parte resulta antieconómica.

El costo aproximado por metro lineal de esta mezcla es de \$ 65, colocada.

5) Mezcla de Caucho vulcanizado - Asfasol "H"

El caucho empleado proviene de la peladura de cubiertas en desuso. La mezcla ha sido encarado ~~dado que una~~ ^{comuna} interesada podría disponer de un stock suficientemente grande ~~comp~~ para realizar mezclas de este tipo.

En base a la experiencia recogida (12) se trabajó con la fracción de caucho vulcanizado ~~que~~ ^{que} pasó el tamiz n° 20. La temperatura de mezclado con el asfasol "H" fue de 180°C y el proceso se mantuvo durante aproximadamente 4 horas con agitación permanente. Durante dicho período los componentes volátiles del betón son absorbidos por las partículas de caucho las cuales aumentan notablemente de volumen.

Esto trae aparejado cambios en las características originales del asfalto, que se traducen en general en aumentos del punto de ablandamiento, de la temperatura de vertido,

de la viscosidad y de la resistencia al impacto. Precisamente esas eran algunas de las propiedades que se querían mejorar, persiguiéndose también la finalidad de que la mezcla conservara su capacidad de estiramiento a baja temperatura.

Ello se consiguió como puede observarse en la Tabla I con porcentajes de caucho comprendidos prácticamente entre el 2 % y el 10 % los cuales permiten encuadrar perfectamente las mezclas dentro de los límites especificados.

El uso de caucho vulcanizado, aún en porcentajes muy bajos, con asfaltos más duros, transmite a la mezcla una excesiva indeformabilidad a baja temperatura que la hace inapropiada para resistir con eficacia las sollicitaciones a que se vería sujeta en la práctica.

Conclusión: Hasta porcentajes máximos de caucho vulcanizado, del orden de 10 %, la elaboración de la mezcla y su vertido no ofrece extrema dificultad, no obstante conviene aclarar que de todas las mezclas ensayadas es la que requiere mayor tiempo de preparación y la que pierde más rápidamente las características de vertibilidad. Estas circunstancias hacen que presenten menor practicidad en campaña. Hecha esta salvedad, puede decirse que en general las mezclas realizadas con porcentajes de caucho entre 2 % y 10 % tienen buen comportamiento en laboratorio.

6) Mezcla de Caucho - Aceite - Asfasol "H"

Con el objeto de favorecer la preparación de las mezclas caucho-betón, se realizaron algunas, incorporándoles cantidades variables de aceite S.A.E 60 provisto por Y.P.F.

Se observó en primer término que el aceite, si bien favorecía la incorporación del caucho al asfalto producía un elevado descenso de la consistencia de la mezcla final. Por consiguiente se ensayó con diferentes cantidades de aceite, hasta obtener un porcentaje que permitiera encuadrar en forma aproximada a la mezcla dentro de las exigencias de fluencia. Este porcentaje fue del orden de 1 % y los resultados obtenidos sobre las diferentes mezclas ensayadas son los que se informan en la Tabla I.

Mayores porcentajes de aceite empleados con caucho

vulcanizado y Asfasol "H" dieron como resultado mezclas que si bien pasaron satisfactoriamente el ensayo de extensión a baja temperatura poseían un elevadísimo coeficiente de deformabilidad.

En una próxima etapa se investigarán mezclas con asfaltos de menor penetración.

A simple título informativo se incluye también en la Tabla I el resultado de mezclas con Betún - Filler - Caucho - Aceite.

CONCLUSIONES FINALES

La Tabla I nos presenta una visión de conjunto de los valores obtenidos en el ensayo de mezclas para juntas. En la misma se observa que existen algunas que se comportan en laboratorio en forma más satisfactoria que otras.

Una primera selección nos permite descartar las mezclas elaboradas con arena silícea y asfasol "H" ya que poseen exceso de "fluencia" y no cumplen con el ensayo de "extensión", los cuales se consideran fundamentales para prever un buen comportamiento de la junta. Tampoco cumplen con el ensayo de "impacto", poseen excesivo "asentamiento de inertes" y tienen además elevado "coeficiente de deformación".

El resto de las mezclas ensayadas, de asfasol "H" con filler calcáreo, talco industrial, amianto y caucho vulcanizado respectivamente, cumplen en mayor o en menor grado con los ensayos programados, según sea la dosificación empleada.

En este informe comienza a vislumbrarse una cierta correlación entre el resultado satisfactorio del ensayo de extensión y los límites máximos y mínimos en que deberían estar comprendidos los resultados de fluencia, punto de ablandamiento y coeficiente de deformabilidad.

En general se estima que los límites superiores están bien establecidos, solamente faltarían ajustar los topes in-

feriores de cada ensayo.

Cuando se tengan valores fundamentados en un mayor número de determinaciones y en la experiencia práctica, se elaborará un proyecto de especificación a fin de poder considerarlo en una futura reunión técnica.

Se observa también en la Tabla I la poca sensibilidad que en general poseen los ensayos de penetración para valorar la calidad de las mezclas, ello sugiere que pueda llegar a prescindirse de estos ensayos al redactar las especificaciones.

A los efectos de comprobar el comportamiento práctico de algunas mezclas ensayadas y su relación con las exigencias establecidas en cada ensayo se seleccionaron dos grupos, uno que responde bien a los requerimientos de laboratorio y otro que no lo hace. Estos grupos de mezclas, gracias a la gentileza de la Municipalidad de La Plata, serán ensayadas en pavimentos de la ciudad expuestas a condiciones semejantes, a fin de poder comparar resultados y extraer las correspondientes conclusiones.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Asociación Internacional Permanente de Congresos de Caminos. XIII Congreso de Tokio 1967 - Calzadas rígidas.
- 2.- El hormigón de cemento portland en la Ingeniería Vial. Instituto del Cemento Portland nº 34 A-13.
- 3.- A.S.T.M. - 1 191-52.
- 4.- British Standard 2 499-66.
- 5.- AASHO M-89-42.
- 6.- D.I.N. 1 996-66.
- 7.- Ortega J. - Juntas en pavimentos de hormigón.
- 8.- Petroni E. e Hita P. S. - Comunicación previa sobre el estudio de mezclas caucho-asfalto para el sellado de

juntas de pavimentos de hormigón. 3a. Reunión Anual del Asfalto, 1948.

- 9.- Alvarez M. J. - Comportamiento de juntas asfálticas para pavimentos de hormigón. 3a. Reunión Anual del Asfalto, 1948.
- 10.- Rial O. - Nota sobre el ablandamiento de juntas asfálticas. 2a. Reunión Anual del Asfalto, 1947.
- 11.- Alvarez M. J. - Nuevas mezclas para el relleno de juntas de los pavimentos de hormigón. 2a. Reunión Anual del Asfalto, 1947.
- 12.- Petroni E. e Hita P. S. - Fabricación de mezcla caucho-asfalto y su aplicación para el sellado de juntas de pavimentos de hormigón. 4a. Reunión Anual del Asfalto, 1949.
- 13.- Stojadinovich I. - Mezclas para el relleno de juntas de dilatación. 4a. Reunión Anual del Asfalto, 1949.

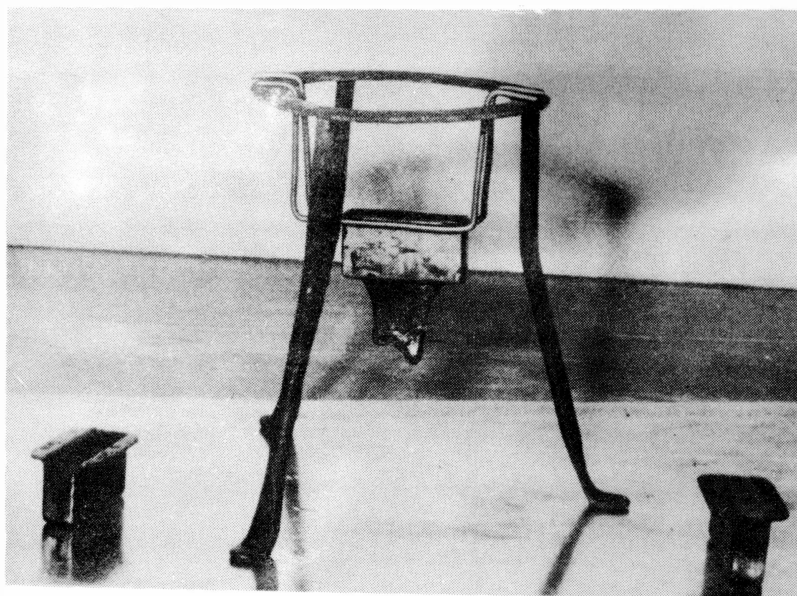


Fig. 1.- Ensayo de Fluencia: Aspecto de una muestra luego de permanecer 5 h en estufa a 45°C

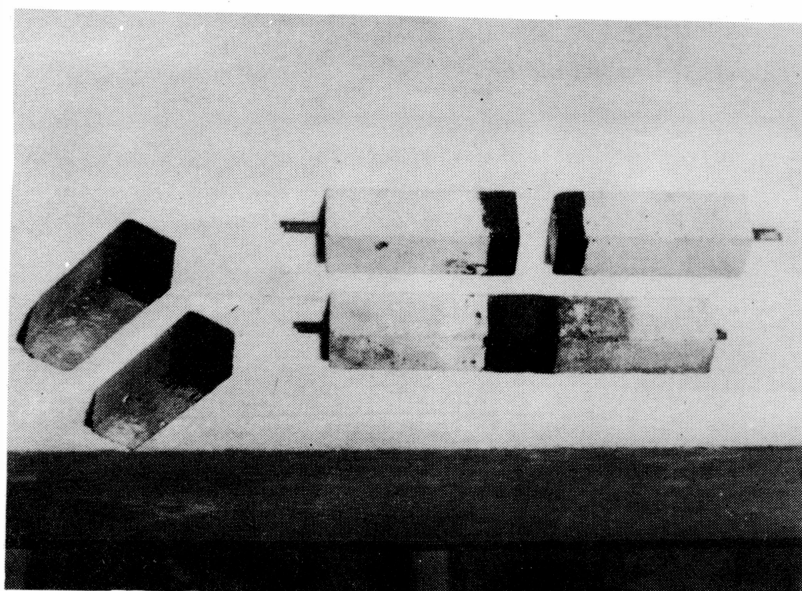


Fig. 2.- Prismas con caras imprimadas y probetas preparadas para el ensayo de extensión

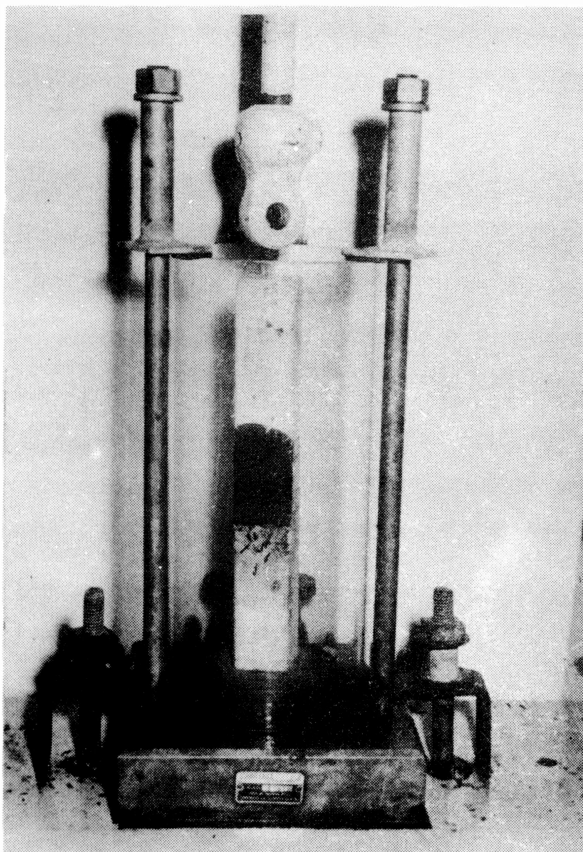


Fig. 3.- Armado del equipo para realizar el ensayo de extensión a 0°C (2 ciclos de tracción y 1 de compresión

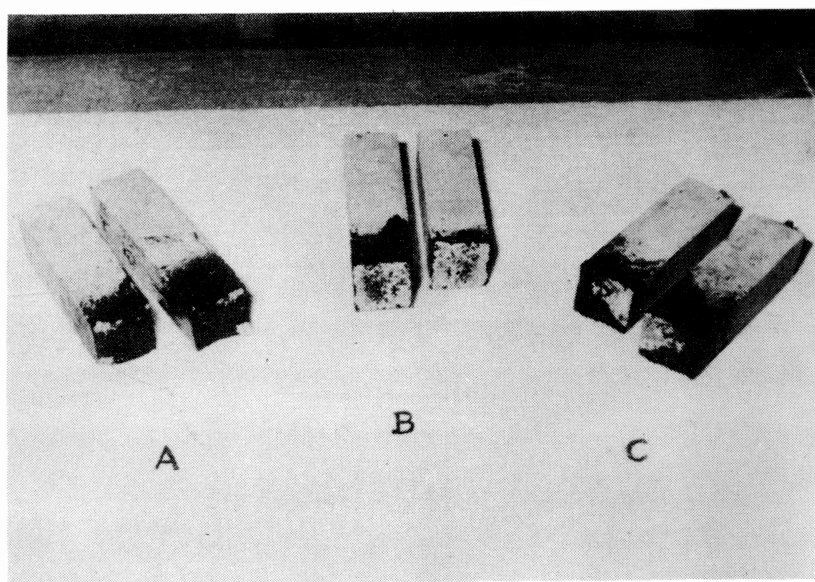


Fig. 4.- A: Probeta fallada por rotura de la mezcla
B: Falla por despegue de la mezcla de las caras de los prismas
C: Falla por rotura y despegue de la mezcla

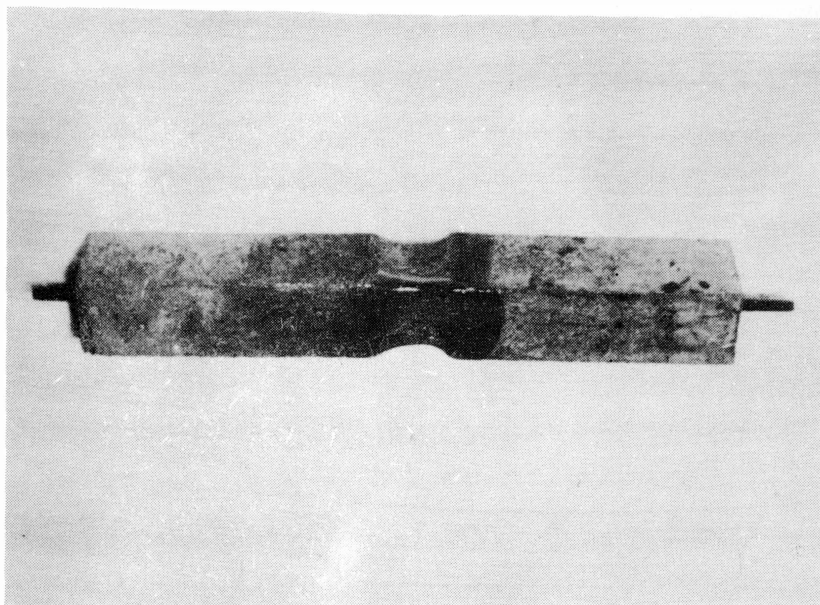


Fig. 5.- Aspecto de la probeta que cumple perfectamente los 3 ciclos del ensayo de "Extensión" a 0°C

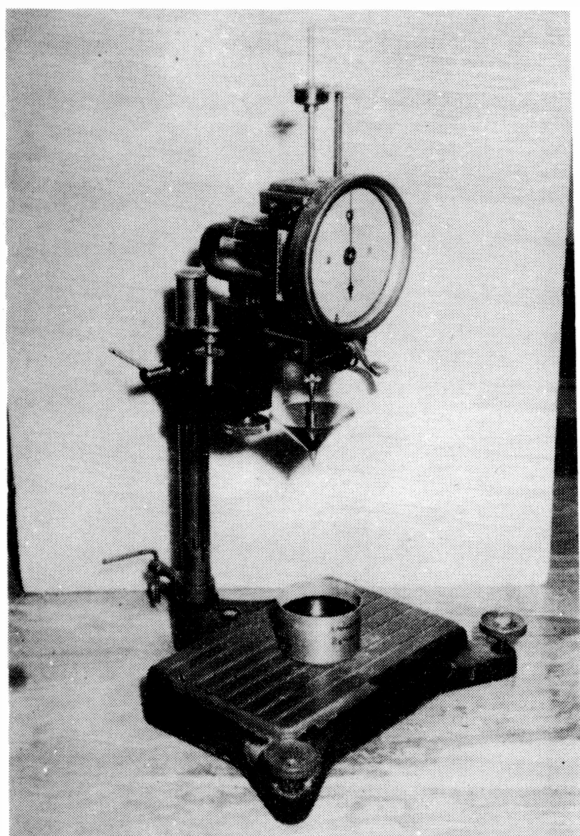


Fig. 6.- Penetrómetro empleado en el ensayo establecido por la norma B.S. 2499/66

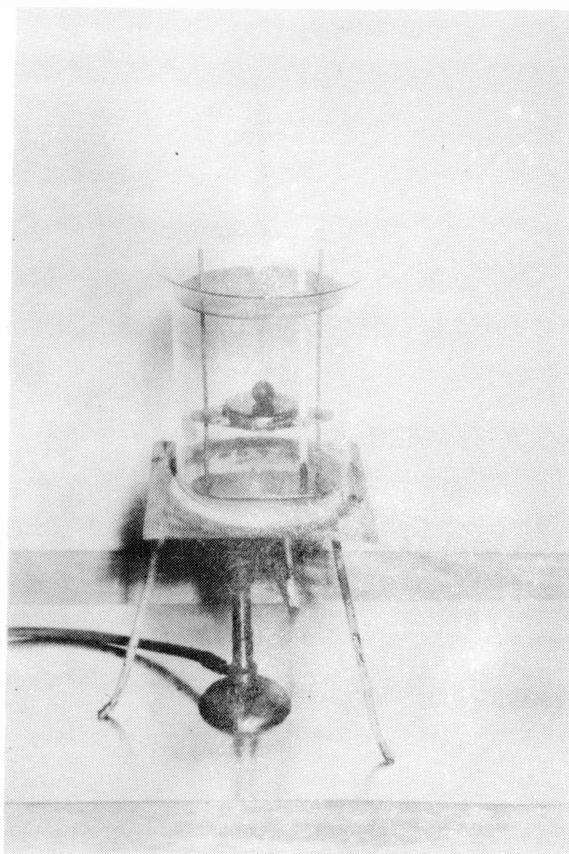


Fig. 7.- Punto de Ablandamiento (Método de Wilhelmi)

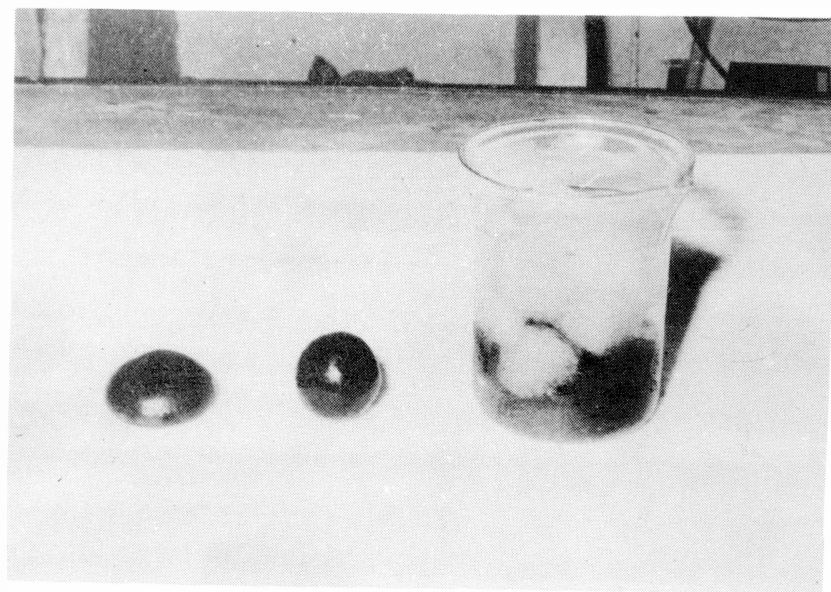


Fig. 8.- Centro: esfera moldeada para la determinación del coeficiente de deformación; Izquierda: Probeta luego del ensayo; Derecha: Esferas mantenidas en agua a 0°C durante 4 horas para ensayo de impacto