

NUEVAS TENDENCIAS EN ESPECIFICACIONES Y SU  
APLICACION A LOS ASFALTOS PROCESADOS EN EL PAIS

Dr. Alfredo Pinilla<sup>\*</sup>

Dr. Jorge O. Agnusdei<sup>\*\*</sup>

Lic. Pascual O. Frezzini<sup>\*\*\*</sup>

- \* Comisión Permanente del Asfalto.
- \*\* Jefe de División Derivados de Petróleo (LEMIT).
- \*\*\* Jefe de Sección Materiales Asfálticos (LEMIT).

En los últimos quince años se han realizado numerosos estudios tendientes a una revisión de las especificaciones de asfaltos usados en la construcción caminera, con el fin de cumplir normas más racionales que las vigentes hasta el presente.

Así, se intentaba obtener información sobre los criterios más modernos en la evolución de sus propiedades de flujo o consistencia y de la permanencia de sus propiedades y de su durabilidad en servicio. Corresponde mencionar que la calidad del asfalto es solo uno de los factores que pueden afectar el comportamiento normal de una mezcla, aunque frecuentemente en un primer examen se le atribuyen a éste el deficiente comportamiento de la estructura.

Desde 1942 el LEMIT ha estudiado el problema de la calidad de los aspectos viales, aplicando los conceptos básicos de reología a los asfaltos argentinos tal como lo hiciera Ruiz y posteriormente otros autores (1) (2) (3).

Estos estudios tratan de vincular la estructura coloidal de los asfaltos a temperatura ambiente con su comportamiento reológico, intentando correlacionar ese comportamiento con la durabilidad.

Estos conceptos básicos fueron incluidos en la norma IRAM 6604 bajo la forma de un comportamiento reológico newtoniano y un proceso de elaboración definido. Los estudios se referían fundamentalmente a ensayos operando a temperaturas cercanas a 25°C, es decir no indicaban el tipo de flujo en condiciones extremas que permitieran medir la verdadera susceptibilidad térmica que interesa conocer en las condiciones de mezclado, compactación, colocación y servicio (baja y alta temperatura).

En un estudio reciente de uno de los autores (4) se exponían los requerimientos básicos de una especificación y la evolución a través del tiempo de las mismas. Se indicaba que la mayoría de los países había adoptado la clasificación y especificación ASTM que está basada en la consistencia medida por el ensayo de penetración a 25°C y que incluye los ensayos ortodoxos, de punto de ablandamiento ductilidad, peso específico, etc. que integran también la norma IRAM 6604 de nuestro país, aunque esta hace expresa re-

ferencia al proceso de elaboración del asfalto.

El escaso fundamento científico de estos ensayos de rutina que datan de más de 60 años, cuando la tecnología del petróleo y del asfalto estaban aún en sus comienzos, ha determinado que distintas corrientes de opinión especialmente en los EE.UU. y luego en Europa se interesaran en el desarrollo de métodos más racionales que los mencionados.

Hacia 1957, el Instituto del Asfalto, el AASHO, el H. R. Board y el Bureau of Public Roads iniciaron estudios en ese sentido, y en 1962 el Instituto del Asfalto propuso la clasificación de los asfaltos diluídos en base a la viscosidad a 60°C, dejando los valores de viscosidad Saybolt y sustituyéndolos por los ensayos de viscosidad en unidades absolutas actualmente aceptadas por AASHO y ASTM.

La primera tentativa de clasificación de asfaltos para mezclas en caliente, en base a medidas de consistencia y con fundamento científico es del Instituto del Asfalto de EE.UU., que en 1963 propone una especificación de estudio o provisoria, clasificándolos en base a la viscosidad a 60°C y a 135°C. Sobre el modelo de esta clasificación se incluían entre otras determinaciones la ductilidad a dos temperaturas en el betún original y una relación entre la viscosidad del betún envejecido en película delgada (5 hs. 163°C) y el material original. En ese mismo año el Estado de California propone una nueva especificación de acuerdo a consistencias basada en viscosidad y a otros ensayos.

En 1965 ambas especificaciones, luego de numerosas experiencias, incluidas observaciones de campo, fueron nuevamente revisadas. La diferencia de criterio de preparación de las especificaciones se basa en que el Instituto del Asfalto aplicaba las técnicas de laboratorio sobre el asfalto original, es decir, tal como se usa en obra; en tanto que el laboratorio de California insiste en que dicha clasificación y especificación debe realizarse sobre el asfalto que tenga similares características que el que se encuentra ya en el camino, es decir que ha sido sometido a mezclado, transporte en caliente y compactación. Para simular estas condiciones propone un sencillo y rápido ensayo, el de pérdida o envejecimiento en película rotati-

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DE EE.UU. BASADAS EN VISCOSIDAD

ESPECIFICACION	ASTM 946 - 69 a (B) AASHO M 226 N.A.P.A. (AC20)		Instituto del Asfalto (Ac 24).		Estado de California	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
ENSAYO						
Viscosidad a 60°C, Poises.....	1,600	2,400	1,800	3,000	-	-
Viscosidad a 135°C, cS.....	210	-	200	-	-	-
Viscosidad a 15°C, megapoises.....	-	-	-	100	-	-
Penetración a 25°C (100 g-5 seg).....	40	-	-	-	-	-
Ductilidad a 25°C, cm.....	-	-	100	-	-	-
Punto de inflamación, Cleveland, °C.....	230	-	230	-	230	-
Solubilidad en CCl <sub>4</sub> o tricloroetileno, %.....	99,0	-	99,5	-	99,0	-
SOBRE EL RESIDUO DEL ENSAYO EN PELICULA DE 5 mm.						
Viscosidad a 60°C, Poises.....	-	8,000	-	-	4,000*	6,000*
Viscosidad a 135°C, cS.....	-	-	-	-	425*	800*
Relación de viscosidad (envejecido/original)	-	-	-	5	-	-
Ductilidad a 25°C, cm.....	20	-	-	-	75*	-

\*SOBRE EL RESIDUO DEL ENSAYO EN PELICULA FINA ROTATIVA (R.T.F.T.)

NOTA 1: La especificación AASHO incluye un ensayo de mancha pero el mismo es opcional.

NOTA 2: La especificación de California también incluye un ensayo de durabilidad con medidas de viscosidad, microductilidad y un ensayo de mancha.

va, que tiene perfecta coincidencia con el desarrollado como envejecimiento en película delgada por Bureau of Public Roads hace más de 30 años (5) (6) descrito en otros trabajos de los autores.

Numerosos ensayos posteriores, de los institutos citados dieron origen a varios estudios y publicaciones, pero en 1970 la A.A.S.H.O. ya adopta como especificación interina una basada en la clasificación por viscosidades que en 1971 toma forma de especificación definitiva, conocida como AASHO M 226. Casi simultáneamente la ASTM propone una clasificación similar, indicando dos tipos de asfaltos A y B para cada grado de viscosidad (ASTM 946-69a) y la N.A.P.A. (National Asphalt Paving Association) en 1970 propone una especificación similar a la de ASTM. En la tabla 1 se muestran las especificaciones mencionadas.

Este año 1971, se ha caracterizado por una gran actividad en este campo, tanto en California como en otros estados los cuales han sometido a revisión sus especificaciones, pueden citarse los siguientes: New Jersey, New York, Massachusetts, Pennsylvania, Delaware, Maryland, Ohio, Georgia, Florida, Texas, Colorado, etc.. Muchos de estos estados ya han adoptado la especificación AASHO M 226 definitivamente. Pese a que todos los estados mencionados clasifican los asfaltos en sus especificaciones en base a su viscosidad a 60°C (ASTM D 2171), las especificaciones varían no solo en los ensayos sino en los límites de los mismos y en forma esquemática esas diferencias son básicamente las siguientes:

1º) El Instituto del Asfalto incluye fundamentalmente un ensayo de viscosidad a 135°C y otra de viscosidad a 15°C, éste último para revelar el comportamiento a bajas temperaturas, además del ensayo de ductilidad a 25°C, y una relación de viscosidad entre betún original y envejecido en película de 3 mm.

2º) Tanto AASHO como ASTM conservan el ensayo de penetración a 25°C fijándole un valor mínimo para cada grado. El ensayo de ductilidad se realiza sobre el betún envejecido y se fija un valor máximo de la viscosidad a 60°C luego del ensayo de pérdida en película delgada de 3 mm (5 hs - 163°C) e indica un valor de viscosidad a 135°C.

3º) El estado de California clasifica los asfaltos mediante valores de viscosidad a 60°C y 135°C luego de envejecido por el ensayo de película rotativa e incluye un ensayo de ductilidad sobre el residuo obtenido por esa técnica. Los estudios y trabajos sobre estos cambios de valores continúan y en Mayo de 1971 en la Quinta Conferencia sobre especificaciones realizada en San Francisco, se formó un comité integrado por productores y usuarios con el objeto de especificar los asfaltos en base a la viscosidad del residuo de pérdida en película rotativa tal cual lo hace California pero considerando tres tipos de asfaltos (7).

En los países europeos, las especificaciones vigentes han cambiado relativamente poco en los últimos ocho años, a pesar de que el abastecimiento de petróleo ha sido bastante irregular en lo referente a fuentes de aprovisionamiento. La mayoría de las clasificaciones de asfaltos se basan en el ensayo de penetración a 25°C como ocurre con las especificaciones de Gran Bretaña, Francia, Alemania, Italia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Finlandia. Sin embargo algunos ensayos revelan que se ha puesto especial atención a las propiedades referentes al comportamiento a bajas temperaturas por la insistencia en el uso del ensayo de Fraas descrito en trabajos anteriores (8) como el caso de Suecia, Dinamarca, Noruega, Rusia y países del este, Alemania, Finlandia e Italia ya sea antes o después del ensayo de pérdida por calentamiento.

Rusia clasifica sus asfaltos por penetración a 25°C pero incluye un ensayo de penetración a 0°C y el ensayo de Fraas. Las exigencias de la norma GOST 11954-66 son limitadas en lo referente a ductilidad que oscila entre 65-50 en el betún original.

La difusión del ensayo de pérdida en película delgada del B.P.R. de EE.UU. es grande en Europa, pero se examinan las características del residuo con distintos criterios que en EE.UU. a saber: Alemania exige en el material original ductilidad de 100 cm; pero permite valores de 50 cm en el residuo (DIN 1995); también se exige después de pérdida un aumento máximo de 10°C en el punto de ablandamiento en el residuo y un valor de punto de rotura Fraas similar al betún original. Similar posición tienen los países escandinavos y Finlandia en ese aspecto.

Francia en la especificación CPC. 24 (1967) exige densidades superiores a 1,0 y penetración después de pérdida del 70 % como mínimo.

Suecia es el único país europeo que indica el valor de viscosidad en la especificación aunque lo indica como temperatura de equiviscosidad.

Gran Bretaña de acuerdo a la norma British Standard 3690 clasifica también por penetración, exigiendo además valores de penetración retenida luego del ensayo de 5 horas a 163°C. No tiene ningún requisito en cuanto a ductilidad.

Una determinación no considerada en las especificaciones de EE.UU., Brasil ni Argentina pero que está incluida en Europa es la parafina cuyos valores máximos son del orden del 2 %, salvo Francia que admite hasta el 4,5 %. Con respecto al índice de penetración sólo lo establecen Suiza, Bélgica, Brasil, Argentina y España.

Dentro de ese cuadro aparentemente tan variable en opiniones que dan las especificaciones europeas debe destacarse la propuesta de estudios de 1967 y 1969 desarrollados por Krom y Dormon (9) (10) basada en las condiciones críticas de que están sometidos los betunes en las mezclas camineras ya sea durante la aplicación (mezclado, distribución y compactación) o en servicio (deformación plástica, exudación, fisuración por condiciones de tránsito o temperatura y pelado).

Dicho esquema básico comprende:

<u>En las condiciones de uso</u>	<u>Exigencia</u>
Temperatura de equiviscosidad	Máxima y Mínima
<u>Después de envejecido</u>	
(ASTM 1754, DIN, ó RTFT)	
Viscosidad a 60°C	Máxima y Mínima
Módulo de rigidez a 0°C y 50 c/s (1)	Máxima
Módulo de rigidez a 100°C, 10 <sup>4</sup> c/s (2)	Máxima

Ensayos GeneralesExigencia

Punto de inflamación	Mínima
Peso específico	Mínima
Cenizas	Máxima

- (1) Puede ser reemplazado provisionalmente por el punto de rotura de Fraas.
- (2) Puede ser reemplazado provisionalmente por la penetración a 25°C.

Dormon recalca la necesidad de contar con especificaciones no numerosas en cuanto a ensayos pero si significativa y de rápida ejecución.

Obsérvese que éste esquema, en líneas generales, coincide con el criterio de la escuela Americana en lo referente a especificaciones ya que pone énfasis en la propiedad significativa: la viscosidad.

Zakar y Simon y también Gusfeldt (11) en publicaciones alemanas tienden al uso de métodos no convencionales con ensayos de verdadero significado científico y no empíricos, similares a los descriptos.

Como dijéramos en publicaciones anteriores, las presentes especificaciones tanto de Europa como de nuestro país, incluyen gran número de ensayos cuyo significado práctico es de muy dudosa interpretación y que han quedado incluidos en las especificaciones en razón de que no se ha hecho un estudio crítico de los mismos. En la actualidad puede decirse que la bibliografía contiene miles de referencias en cuanto a propiedades y características de los betunes, pero no se dispone de una información verdaderamente seria y fidedigna en base a experiencias internacionales o locales que permita relacionar los valores de las especificaciones y su trascendencia en experiencias viales con materiales argentinos.

Agnusdei y Massacessi aportan así en estas reuniones (12) algunas conclusiones primarias de relación entre ensayos de laboratorio y valores obtenidos de obras con pa-

vimientos urbanos construídos hace más de 25 años.

Sin embargo aún estos estudios pueden en ciertos casos, inducir a errores por el hecho de que el estado de un pavimento y su comportamiento depende en buena parte de factores extraños al tipo de betún empleado.

En consecuencia admitiendo que las condiciones básicas que interesan en un betún para mezclas en caliente son las características reológicas y la durabilidad en las condiciones de servicio; para la primera condición se deberá emplear en la especificación propuesta por uno de los autores en 1969 (13) con las características de flujo del betún original, es decir la viscosidad cinemática a 135°C para el contralor del mezclado en usina y viscosidad dinámica a 60°C, referido a la máxima temperatura del camino (ASTM D 2170 y 2171).

De lo expuesto más arriba se concluye que es de urgente necesidad conocer el grado de alteración o cambio que experimentan los asfaltos durante su mezcla en usina, para la preparación de especificaciones, pero midiendo y valorando dicho cambio a la luz de nuevos conceptos, en lo referente a consistencia y de otras propiedades exigidas por las condiciones de servicio; especialmente en las que se refieren a comportamiento a bajas temperaturas.

Este trabajo tiene como propósito, en esta primera parte el estudio de asfaltos de producción nacional, con el objeto de conocer con nuevas técnicas sus propiedades de flujo antes y después de ser envejecidos, con el fin de establecer comparaciones de los resultados obtenidos con los requerimientos de las nuevas normas AASHO - ASTM, Instituto del Asfalto y California de EE.UU. recientemente adoptadas o propuestas.

De dicha comparación se podrán establecer bases para un eventual estudio posterior sobre las ventajas de adopción de esas normas.

---

ENSAYOS REALIZADOS NO CONTEMPLADOS EN  
LAS ESPECIFICACIONES ACTUALES

---

a) Viscosidad a 135°C

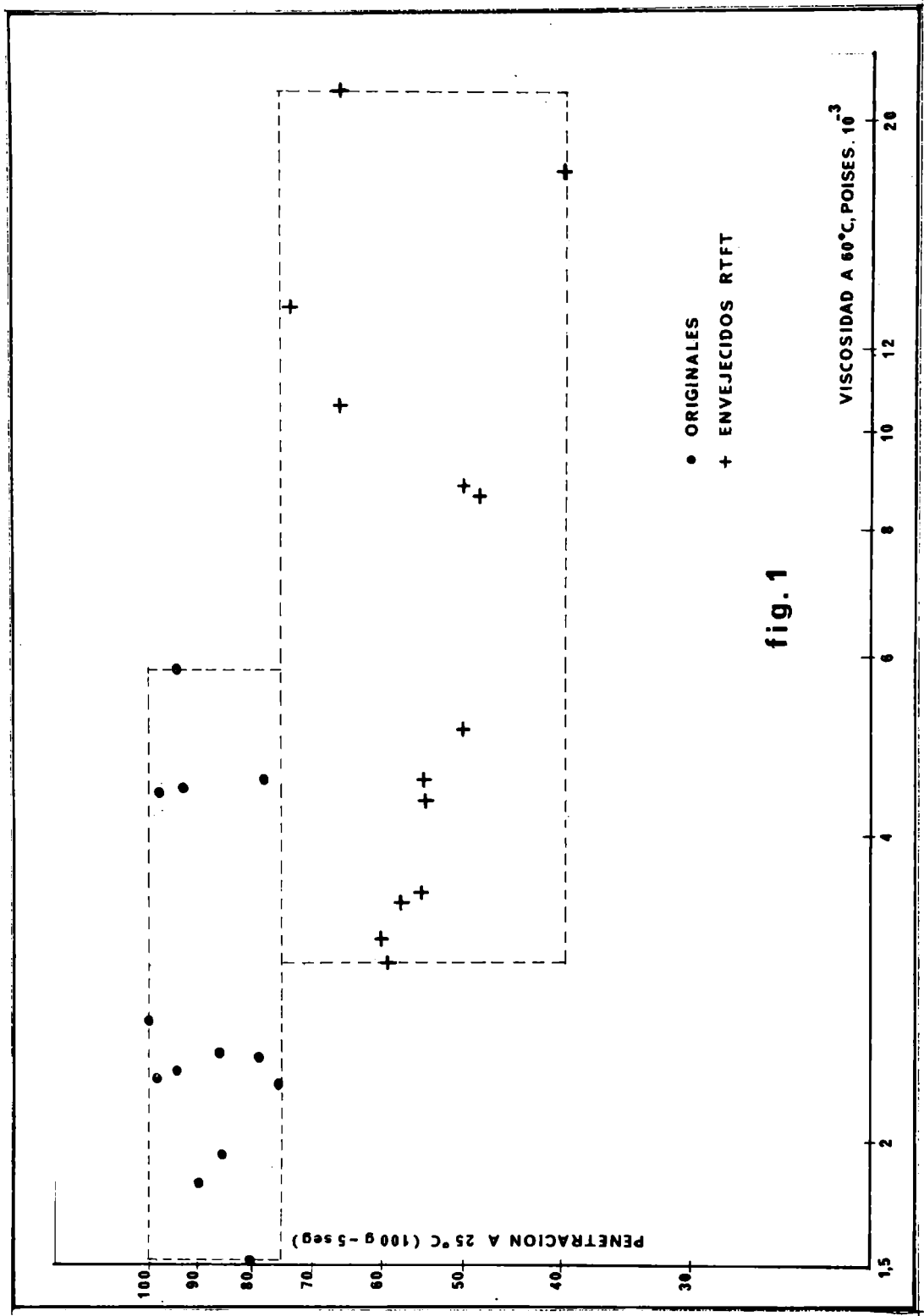


fig. 1

Este ensayo fue realizado según la norma ASTM D 2170-67. Para el mismo se hace uso de viscosímetros capilares del tipo Cannon Fenske para líquidos opacos. Este método reemplaza al del viscosímetro Saybolt Furol recomendado antiguamente por el Instituto del Asfalto de EE.UU. y empleado por los autores en trabajos anteriores (14). La ventaja del presente método frente al del viscosímetro Saybolt radica en una mayor exactitud en la medida, ya que se trata de un método con base científica y fundamentalmente en la practicidad del ensayo dado que solamente es necesario el viscosímetro capilar y el baño de calentamiento, ambos fáciles de adquirir y de bajo costo. Este ensayo permite conocer la consistencia a temperatura próxima a la de mezcla en usina; la mezcla debe realizarse en condiciones que aseguren un mezclado eficiente.

b) Viscosidad a 60°C

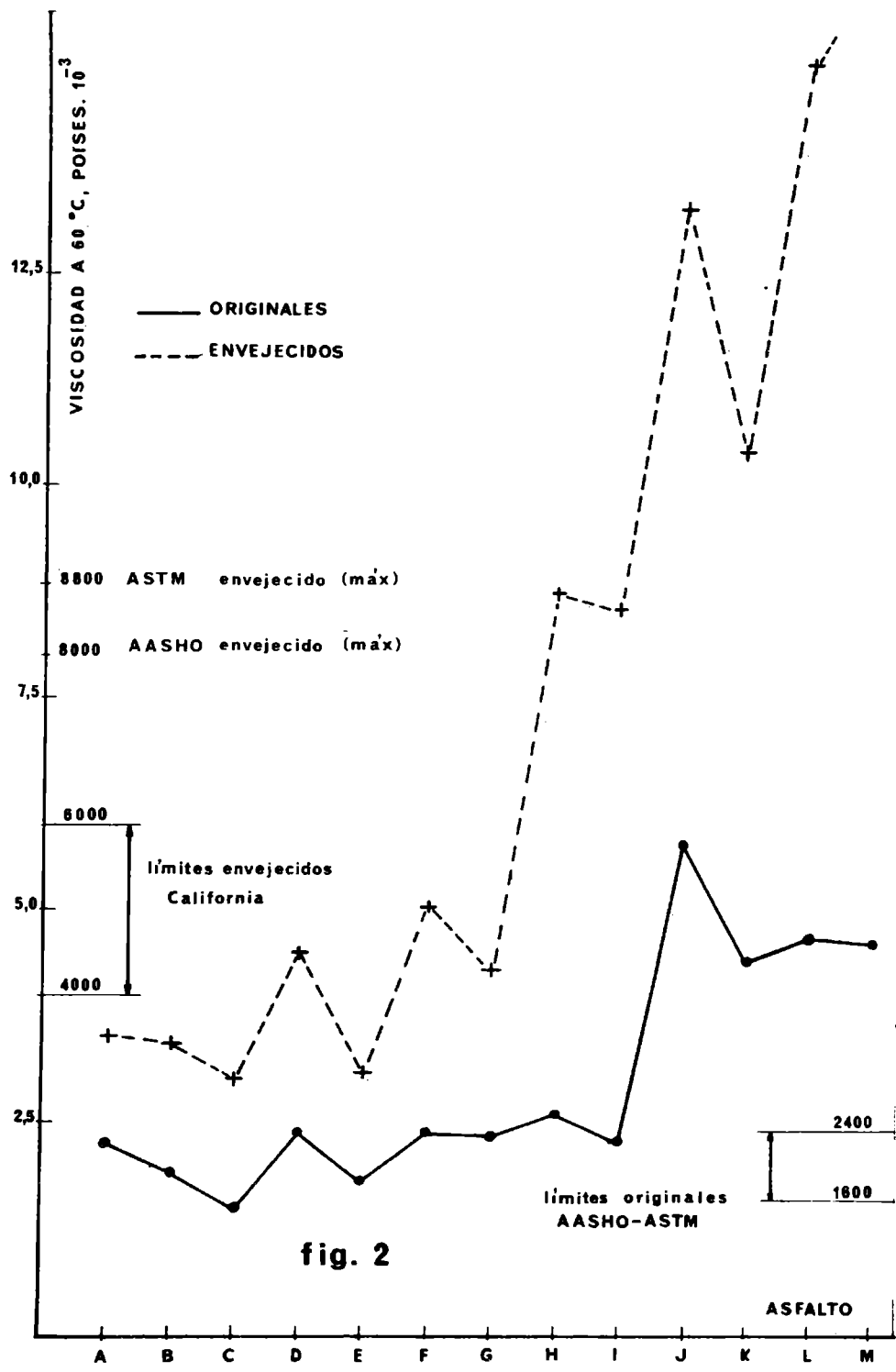
La viscosidad a 60°C fue determinada de acuerdo a la norma ASTM D 2171 empleando viscosímetros capilares de vacío. El vacío aplicado es de  $30 \pm 0,05$  cm de mercurio. Mayores detalles sobre el mismo pueden encontrarse en trabajos anteriores (15). Esta temperatura responde a la máxima temperatura del camino en la mayor parte de los países.

c) Viscosidad a 25°C

Este ensayo se efectúa mediante el microviscosímetro de placas deslizantes ya mencionados en otros trabajos (16). Este ensayo es de cierto interés ya que suministra un valor de viscosidad a una temperatura próxima a la media ambiente, donde la mayoría de los asfaltos presentan un fluir no demasiado complejo. Las viscosidades son calculadas a una velocidad de fluir de  $5 \times 10^{-2} \text{seg}^{-1}$ .

d) Viscosidad a 4°C

Es de conocimiento general la necesidad de contar con valores de consistencia a baja temperatura mediante técnicas más o menos simples, sin llegar al uso de equipos caros o complicados. A baja temperatura los asfaltos exhiben un fluir viscoelástico, con los componentes viscoso y elástico variando con la temperatura. Estas variaciones difieren



de acuerdo a los distintos tipos de crudos y al proceso de refinación de los mismos.

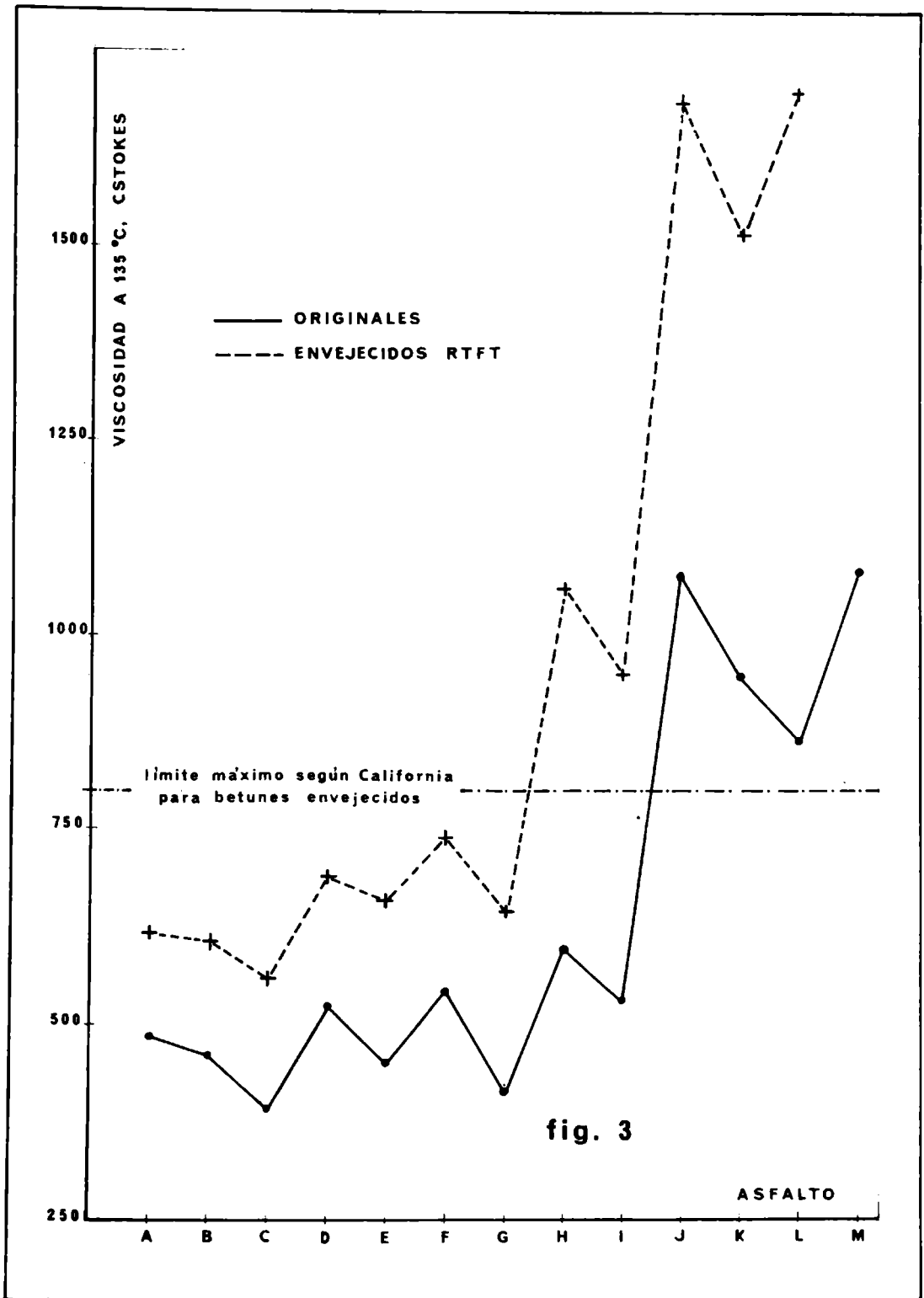
El presente ensayo, recomendado por ASTM, hace uso del microviscosímetro de placas deslizantes modificado. La modificación consiste en el empleo de placas de acero inoxidable en lugar de las clásicas placas de vidrio. Estas están diseñadas de tal manera que el área de la película de asfalto que es deformada es de 1,2 cm<sup>2</sup>, en lugar de los 6 cm<sup>2</sup> de las placas comunes. Con la disminución del área se consiguen para las mismas cargas aplicadas, esfuerzos de corte elevados, necesarios para ensayos a baja temperatura.

El ensayo se practica empleando espesores de 300 y - 500 micrones y cuatro esfuerzos de corte, aplicados en forma decreciente, a los efectos de disminuir errores por posibles deformaciones en el sistema de tensión del aparato. Dado que, como se dijo anteriormente, los asfaltos pueden presentar un variado grado de elasticidad, las viscosidades se calculan siempre tomando la pendiente de la parte recta de la curva deformación-tiempo, la cual nos asegura estar trabajando en la zona viscosa. En todos los casos la viscosidad se refiere a una velocidad de fluir de  $10^{-3}$ seg<sup>-1</sup>.

La razón de contar con un ensayo a baja temperatura se funda en el hecho siguiente: La superficie de un camino se ve sometida a cambios de temperatura que van desde bajo cero hasta 60°C por períodos relativamente cortos. En cambio a una profundidad de más o menos 10 cm la temperatura oscila entre -1 y 32°C durante el 90 % del año para un gran número de países. A esa profundidad aproximadamente el 50% del tiempo total la temperatura oscila entre 4 y 23°C (17). De ahí que se haya tomado este límite inferior para realizar el ensayo de viscosidad.

e) Ensayo de pérdida en película fina rotativa (Rolling Thin Film Test)

Esta técnica fue desarrollada por la División de Caminos del Estado de California. La misma, como se dijo anteriormente, reproduce los resultados obtenidos mediante la pérdida en película fina de 3 mm, aunque el tiempo de eje-



cución del ensayo se reduce a 75 minutos en lugar de 5 horas del ensayo anterior. Detalles de esta técnica pueden consultarse en (8) (18).

---

#### MATERIALES EMPLEADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

---

Para el presente estudio se emplearon trece muestras de asfaltos procesados en el país, las cuales cubrían el rango de penetración 70 - 100. Los mismos fueron ensayados de acuerdo a técnicas normalizadas por IRAM y ASTM, con excepción del ensayo de calentamiento en película fina rotativo que fue realizado de acuerdo a lo recomendado por el Laboratorio de California. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

Es evidente que los asfaltos I, J, K, L y M no cumplen con la norma IRAM por sus valores bajos de peso específico y ductilidad y un alto índice de penetración, los cuales automáticamente quedarían excluidos para su utilización.

En la figura 1 se ha representado la variación de penetración a 25°C con la viscosidad a 60°C para los asfaltos originales y envejecidos 75 minutos a 163°C. En esta, confirmamos una vez más como asfaltos con penetraciones similares pueden tener viscosidades distintas, que en algunos casos puede llegar a cuadruplicarse. Además, observamos en los asfaltos envejecidos que la dispersión en los valores de la viscosidad es mucho mayor que para los asfaltos originales.

En efecto para un rango de penetración similar la variación de la viscosidad en los asfaltos originales oscila entre 1500 y 5800 Poises, mientras que para los asfaltos envejecidos la variación está entre 3000 y 21000 Poises.

Esto pone en evidencia que todos los asfaltos no se alteran durante el calentamiento de la misma, de ahí el porque de la especificación de California al tratar de clasificar a sus asfaltos luego de ser envejecidos, condición que es la que realmente interesaría, pues es la consistencia del asfalto en el camino luego de ser calentado durante la mezcla, transportado y compactado.

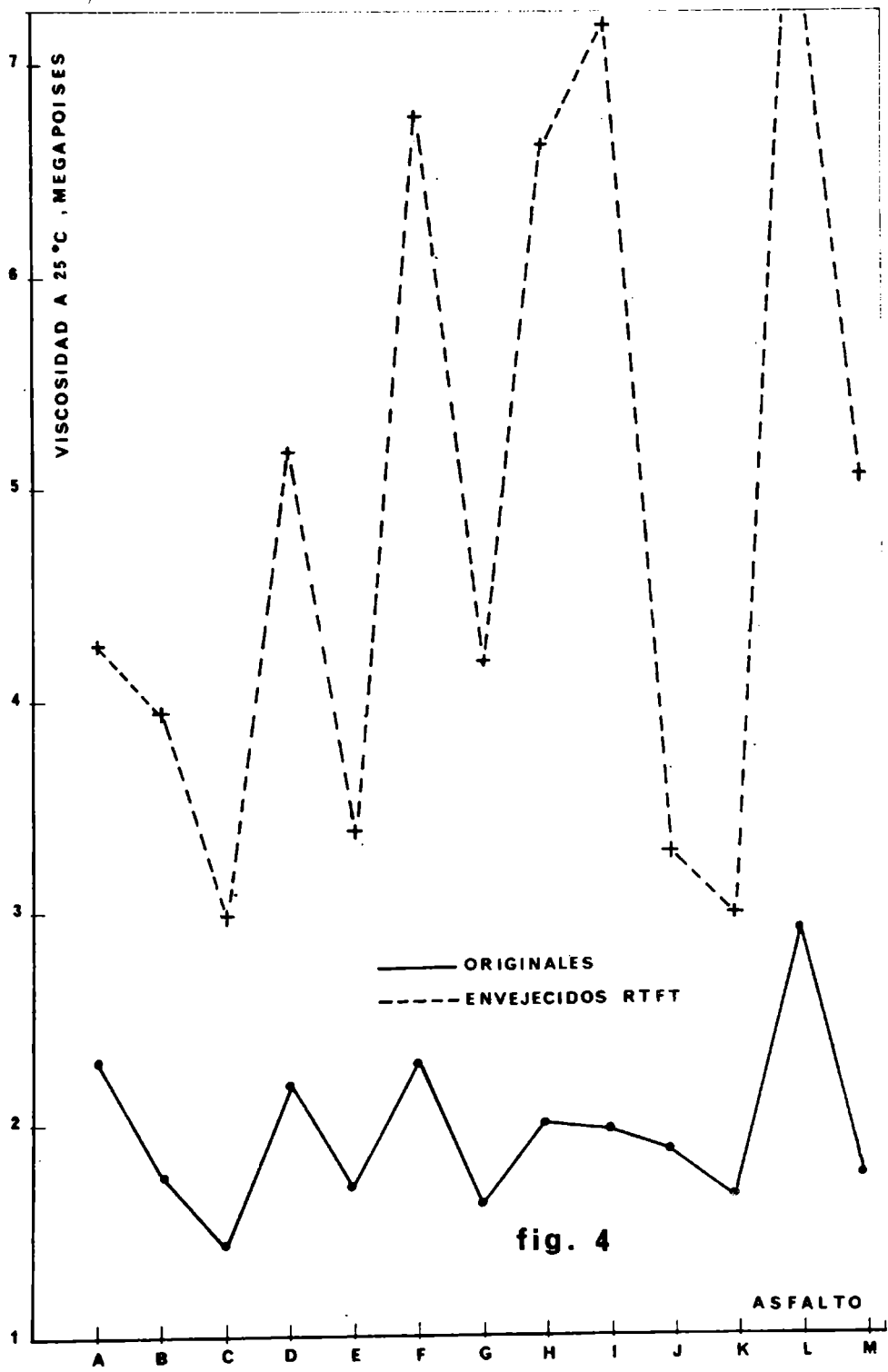


fig. 4

ASFALTO

En la Fig. 2 se ha representado la variación de viscosidad a 60°C para los asfaltos estudiados, ya sea en su estado original como envejecidos. En este gráfico se observa que la mayoría de los asfaltos, con excepción de J, K, L y M, se encuadran dentro de los límites ya especificados por AASHO y ASTM para el rango AC 20 que abarca el ámbito de viscosidad de 1600 a 2400 Poises. Estos asfaltos también cumplirían en el grado AC 24 especificado por el Instituto del Asfalto, ya que este exige límites entre 1800 y 3000 Poises. En cuanto a los asfaltos envejecidos también estarían cubiertos por la especificación AASHO y ASTM, que fijan límites máximos de 8000 y 8800 Poises, con excepción también en este caso de los asfaltos J, K, L y M. Estos asfaltos que se apartan de los límites antes mencionados podrían ser ubicados dentro del rango AC 40 o AC 48, que cubren un ámbito de viscosidad de 3200-4800 y 3600-6000 Poises, según se trate de AASHO, ASTM o del Instituto del Asfalto. Lo mismo podría decirse para los asfaltos envejecidos donde el límite máximo de viscosidad es de 16000 Poises para la norma AASHO y de 17600 Poises para la ASTM. De acuerdo a esto, el único que quedaría fuera de estas especificaciones sería el M, ya que el mismo posee una viscosidad de 21200 Poises luego de ser envejecido. El Instituto del Asfalto, en lugar de poner límites máximos de viscosidad para los asfaltos envejecidos, fija una relación de viscosidad entre el asfalto envejecido y el original. El límite que fija para esta relación es de 5 para los grados AC 24 y AC 48. De acuerdo a esto todos los asfaltos estudiados estarían dentro de esta especificación.

Considerando la especificación de California se observa que esta es más exigente, ya que sólo tres asfaltos (D, F y G) cumplirían con los requisitos de viscosidad que dan para los asfaltos envejecidos, según la técnica de la película fina rotativa de 4000 a 6000 Poises. En este estado solamente fija un sólo tipo para mezclas tipo concreto.

En cuanto a la viscosidad a 135°C, los valores obtenidos se han graficado en la fig. 3.

De las especificaciones consideradas, solamente la de California fija un valor máximo, y es para los asfaltos envejecidos. Este valor es de 800 centistokes. De acuerdo a

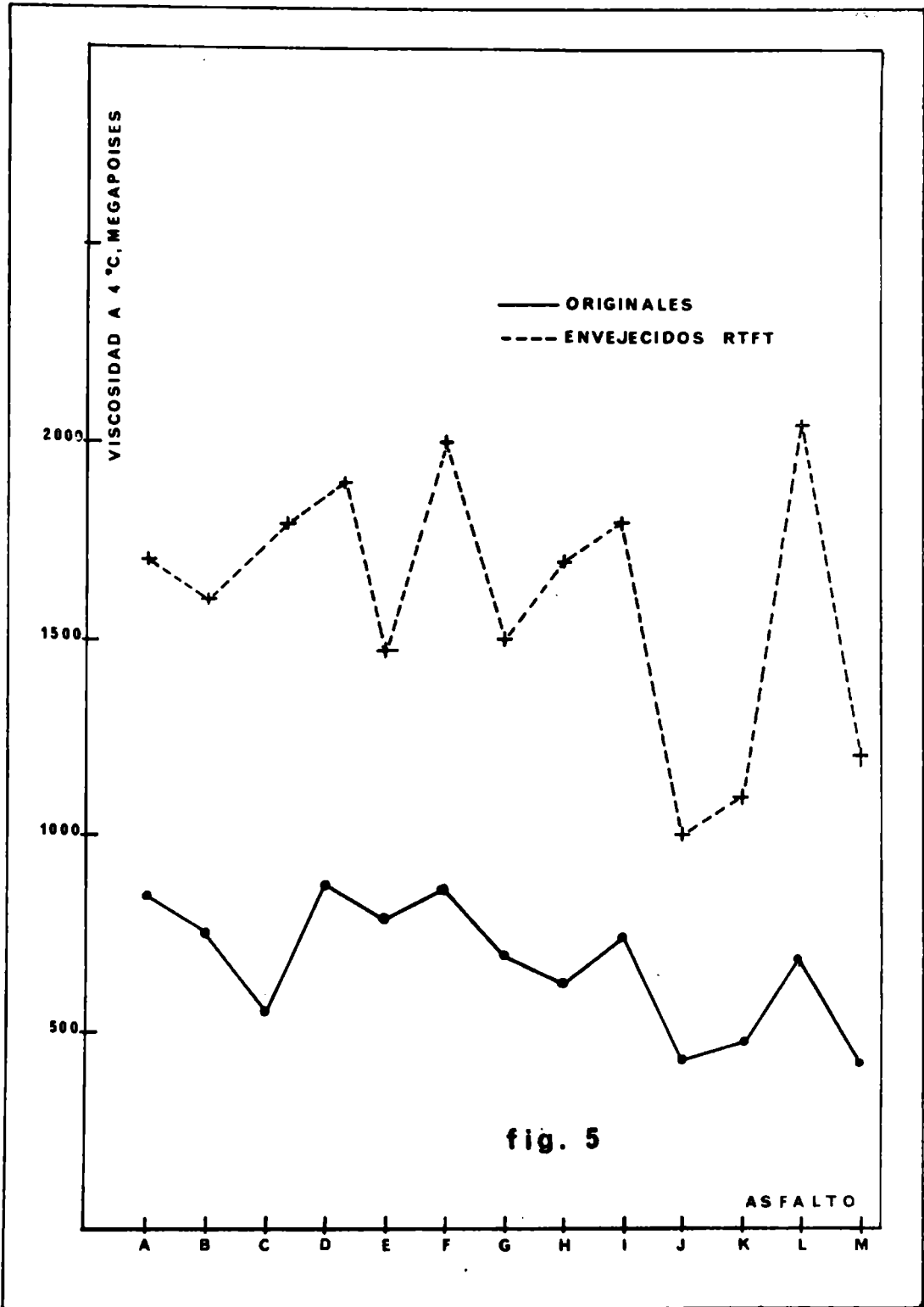


TABLA II.- CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS ESTUDIADOS

ASFALTO	A		B		C	
	Original	Envejecido	Original	Envejecido	Original	Envejecido
Peso específico a 25/25°C.....	1,000	--	0,997	--	1,007	--
Penetración a 25/25°C (100 g- 5 seg).....	76	55	85	57	81	58
Punto de ablandamiento (A y E) °C.....	46,9	50,2	47,5	50,8	46,6	50,9
Ductilidad a 25°C, cm.....	+150	100	+150	112	+150	+150
Solubilidad en CCl <sub>4</sub> , %.....	99,9	--	99,8	--	99,9	--
Ensayo de Oliensia.....	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.
Punto de inflamación Cleveland, vaso abierto, °C.....	336	--	325	--	332	--
Indice de penetración (Pfeif- fer).....	-1,0	-1,0	-0,5	-0,5	-0,9	-0,5
Viscosidad a 135°C, cS.....	488	620	466	608	392	563
Viscosidad a 60°C, Poises.....	2270	3530	1920	3440	1508	2995
Viscosidad a 25°C (5.10 <sup>-2</sup> seg <sup>-1</sup> ) megapoises.....	2,30	4,24	1,76	3,98	1,42	3,00
Viscosidad a 4°C (10 <sup>-3</sup> seg <sup>-1</sup> ), megapoises.....	850	1700	760	1600	550	1800

D		E		F		G	
Original	Envejecido	Original	Envejecido	Original	Envejecido	Original	Envejecido
1,004	--	0,997	--	1,001	--	1,026	--
87	54	88	60	80	51	97	55
47,2	53,2	47,8	51,6	48,2	53,0	45,0	50,2
+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150
99,9	--	99,7	--	99,7	--	99,7	--
Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.
295	--	336	--	310	--	305	--
-0,5	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-1,0	-1,0
535	690	456	648	545	739	416	640
2420	4546	1806	3090	2370	5040	2280	4270
2,20	5,20	1,70	3,40	2,30	6,84	1,62	4,20
880	1900	790	1480	870	2000	690	1500

TABLA II.- CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS ESTUDIADOS (continuación)

ASFALTO ENSAYO	H		I		J	
	Original	Envejecido	Original	Envejecido	Original	Envejecido
Peso específico a 25/25°C.....	1,025	--	1,015	--	0,990	--
Penetración a 25/25°C (100 g- 5 seg) .....	100	50	94	48	95	73
Punto de ablandamiento (A y E) °C .....	47,6	55,4	47,0	56,2	51,2	56,0
Ductilidad a 25°C, cm.....	+150	110	+150	70	65	25
Solubilidad en CCl <sub>4</sub> , %.....	99,8	--	99,9	--	99,7	--
Ensayo de Oliensis.....	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.
Punto de inflamación Cleveland vaso abierto, °C.....	310	--	328	--	323	--
Indice de penetración (Pfeif- fer).....	-0,3	-0,1	-0,4	+0,2	+0,8	+1,2
Viscosidad a 135°C, cS.....	596	1060	537	950	1077	1684
Viscosidad a 60°C, Poises.....	2623	8677	2330	8580	5790	13326
Viscosidad a 25°C (5.10 <sup>-2</sup> seg <sup>-1</sup> ) megapoises.....	2,02	6,64	1,98	7,30	1,89	3,15
Viscosidad a 4°C (10 <sup>-3</sup> seg <sup>-1</sup> ), megapoises.....	600	1700	740	1800	420	1000

K		L		M	
Original	Envejecido	Original	Envejecido	Original	Envejecido
0,991	--	1,026	--	0,987	--
93	64	78	41	97	66
51,6	56,2	50,1	61,7	50,5	57,4
70	30	+150	35	70	17
99,8	--	99,8	--	99,9	--
Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.
333	--	326	--	330	--
+0,9	+0,9	0	+0,8	+0,9	+1,3
950	1514	859	1705	1080	2186
4394	10359	4640	16022	4602	21200
1,66	3,00	2,95	8,25	1,74	5,10
480	1100	690	2050	410	1200

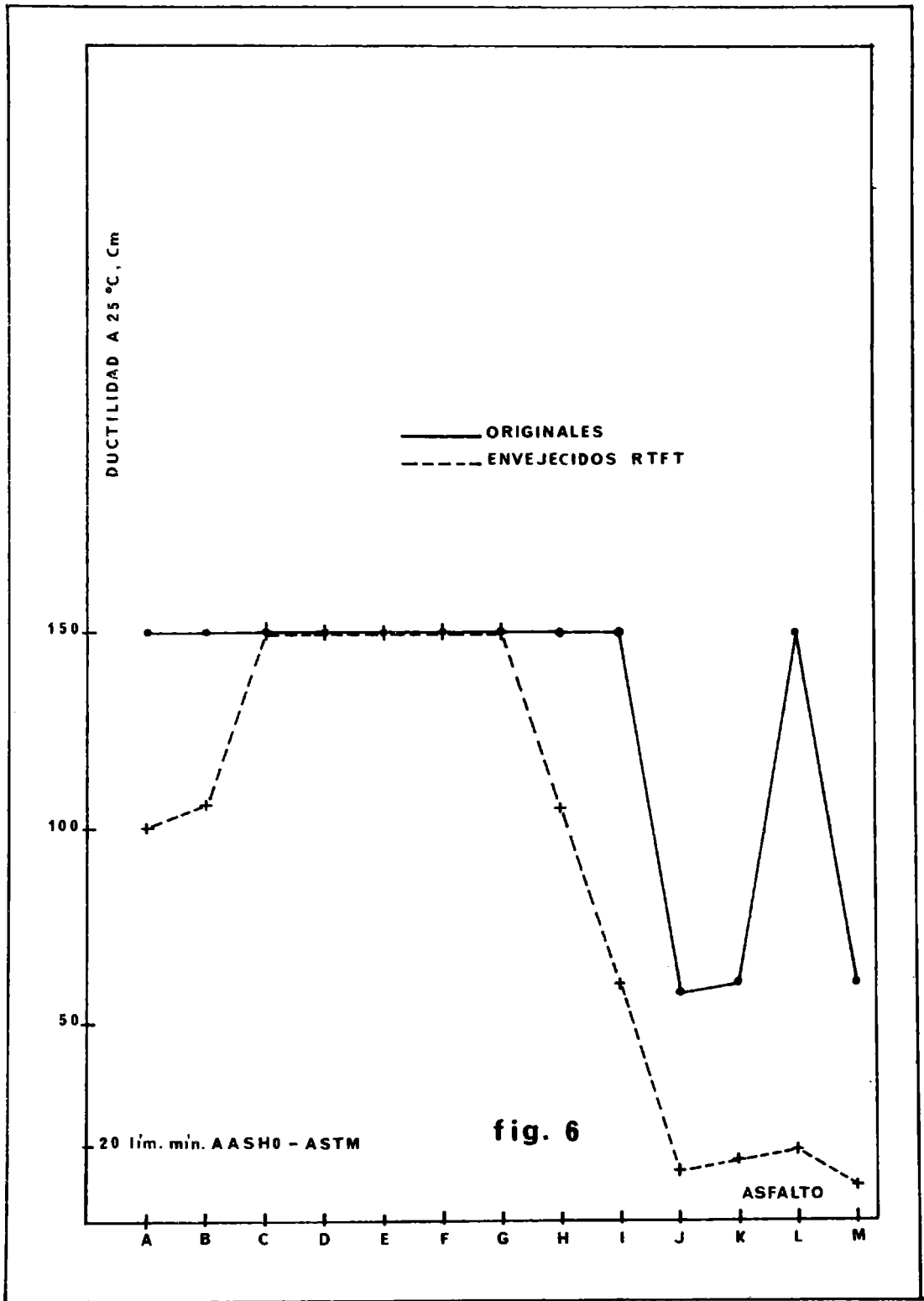
esto, solamente cumplirían con este requisito los asfaltos A,B,C,D,F y G. Considerando la especificación AASHO o ASTM y la del Instituto del Asfalto, todos los materiales ensayados, cumplirían, ya que estas especificaciones exigen solamente un valor mínimo de 210 y 200 centistokes, para los asfaltos originales, valores superados por todos los asfaltos. La viscosidad a 25°C no es exigida por ninguna de las especificaciones consideradas. A esta temperatura normal en climas cálidos y templados, la viscosidad de los asfaltos no es muy significativa ya que no representa condiciones extremas en lo referente al comportamiento elástico (baja temperatura) ni viscoso puro (alta temperatura).

Solamente el Instituto del Asfalto exige un valor máximo de viscosidad pero a 15°C. Como se dijo anteriormente el Instituto del Asfalto trata de obtener un valor de viscosidad a una temperatura más o menos baja, pero de acuerdo a lo manifestado por Welborn (19) este ensayo está siendo sometido a revisión con vistas a cambiarlo.

La razón de haber efectuado un ensayo de viscosidad a 25°C es que disponíamos de valores obtenidos anteriormente sobre productos nacionales y extranjeros los que nos permitiría poder compararlos y de esta manera sumar antecedentes.

Los valores obtenidos están graficados en la figura 4. La mayoría de los asfaltos presentan valores que se pueden considerar normales de acuerdo a la experiencia que se tiene de otros asfaltos. La dispersión de valores es muy notoria en los asfaltos envejecidos, dado que el flujo es mucho más complejo que en los asfaltos originales. En estos casos sería de mucho más utilidad expresar la viscosidad a dos velocidades de fluir ya que como es sabido la variación de viscosidad con la velocidad de fluir puede ser muy grande y depender del origen del petróleo crudo del cual se obtiene el asfalto y de su proceso de elaboración. Además un valor que sería muy ilustrativo es el índice de flujo complejo el cual nos da una idea del apartamiento del fluir simple o viscoso de los asfaltos.

En la figura 5 se ha representado la variación de la



viscosidad a 4°C para los distintos asfaltos. El método de ensayo como se dijo anteriormente está recomendado por ASTM pero debemos hacer algunas observaciones al mismo, de acuerdo a los resultados obtenidos. Los valores sobre los asfaltos originales oscilan entre 550 y 880 megapoisés y para los asfaltos envejecidos entre 1000 y 2000 megapoisés.

Aquí se presenta un hecho aparentemente contradictorio; los asfaltos J,K,L y M que poseen una viscosidad elevada a 60°C respecto al resto de los asfaltos, a 4°C son los que presentan menor viscosidad. Algo similar ocurre con los asfaltos envejecidos.

A 4°C, al igual que a 25°C, pero en menor magnitud, la viscosidad de los asfaltos en razón de su flujo complejo, varía con la velocidad de flujo, de ahí que a los efectos comparativos hay que tener muy en cuenta la velocidad de flujo a la cual la viscosidad es calculada. En efecto la velocidad de flujo que se alcanza trabajando a 60°C con las pipetas viscosimétricas es muy distinto del valor de  $10^{-3}\text{seg}^{-1}$  con el que se calculan las viscosidades a 4°C. De ahí que puede darse el caso que asfaltos muy susceptibles a las deformaciones (variaciones grandes de viscosidad con la velocidad de flujo) pueden tener mayor viscosidad a 60°C que otros menos susceptibles. El caso inverso se produce a baja temperatura. Como consecuencia de lo dicho el ensayo de viscosidad a 4°C está influenciado de una manera muy grande por las condiciones de operación, y si bien nos suministra un valor de viscosidad aparente a una temperatura estimada como crítica, los mismos deben ser considerados teniendo en cuenta el grado de complejidad del flujo por la variada influencia de la componente elástica. Por lo tanto, dichos valores sólo serían comparativos bajo las condiciones en que se lleva a cabo el ensayo.

Con referencia al ensayo de ductilidad a 25°C, los valores obtenidos con algunos asfaltos procesados en el país, están por debajo de las exigencias de la norma IRAM 6604. Los autores estiman que es necesario realizar estudios más exhaustivos sobre el tema ya que este ensayo, de acuerdo a los antecedentes bibliográficos y según la opi-

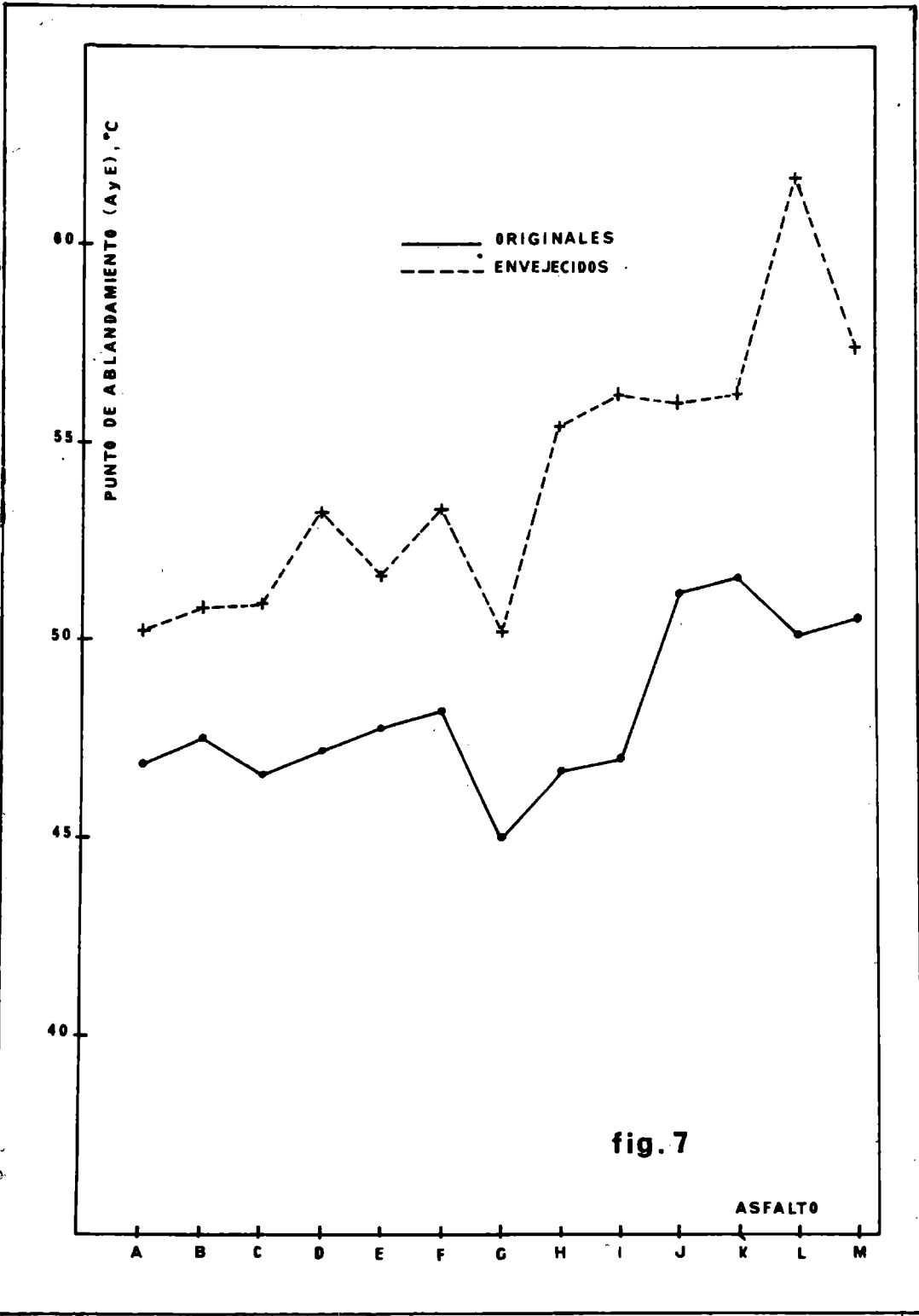


fig. 7

nión de varios autores tienen un valor relativo en lo referente a calidad. Esto se fundamenta en la amplia variación de las exigencias de las especificaciones de asfaltos de distintos países, como el caso de Rusia y EE.UU. y la Gran Bretaña que no incluye este ensayo.

En la figura 6 se han representado los valores obtenidos de ductilidad antes y después de envejecer los asfaltos durante 75 minutos a 163°C. De los asfaltos estudiados no cumplen con la norma IRAM los identificados con la letra I, J, K, L y M. Estos asfaltos tampoco cumplen con la especificación propuesta por California. De acuerdo con lo especificado por AASHO - ASTM, el único que no cumpliría sería el M ya que tiene un valor de 17 frente a los 20 cm especificados, quedando encuadrados los demás.

---

## CONCLUSIONES

---

Se han examinado los antecedentes referentes a las especificaciones de asfaltos para uso vial de Europa y EE. UU.; encontrándose que especialmente en este último país se está procediendo a una revisión de fondo de las mismas, con ensayos basados en técnicas más racionales que las vigentes hasta el presente, en que la clasificación de los asfaltos se basa en el ensayo de penetración a 25°C.

Dicha revisión ha determinado que organismos como la AASHO adoptara en este año en forma definitiva, una clasificación basada en viscosidad (AASHO M 226).

En este trabajo, se han examinado trece muestras de asfaltos producidos en el país, de las consistencias normalmente usadas en nuestro medio para mezclas convencionales de aplicación en caliente, tipo concreto asfáltico. Los resultados de los ensayos obtenidos analizados comparativamente con la norma argentina y las de AASHO, ASTM, el Instituto del Asfalto y el Estado de California se indican a continuación:

- 1º) De acuerdo a la especificación IRAM 6604, los asfaltos I, J, K, L y M no se ajustan a la misma por sus bajos valores de ductilidad, peso específico y alto índice de penetración.

- 2º) De acuerdo a la norma AASHO-ASTM, los asfaltos J, K, L, M, no cumplen con lo especificado para el grado AC<sub>20</sub> (1600-2400 Poises) por el elevado valor de viscosidad y en el caso del asfalto M por tener una ductilidad después de envejecido menor a lo especificado. Todos los asfaltos cumplen el requisito de penetración. Si se consideran comprendidos en el grado AC<sub>40</sub> (3200-4800 Poises) solamente no cumplirán con esta especificación los asfaltos J y M. El primero por su elevada viscosidad y el segundo por el bajo valor de ductilidad. El resto de los materiales ensayados cumplen con los requisitos exigidos por la norma AASHO M 226.
- 3º) Considerando la especificación del Instituto del Asfalto, los asfaltos J, K, L, M no cumplen con el grado AC<sub>24</sub> (1800-3000 Poises), en cuanto a consistencia y ductilidad. Si se considera el grado AC<sub>48</sub> (3800-6000 Poises) todos cumplirán en cuanto a viscosidad pero seguirán sin cumplir con los requisitos de ductilidad. Los restantes materiales cumplen la totalidad de las especificaciones de este Instituto.
- 4º) Con respecto al cumplimiento de las exigencias del Estado de California solamente se han realizado los ensayos de envejecimiento en película rotativa (RTFT), solubilidad y punto de inflamación, además de la ductilidad y la viscosidad a 60 y 135°C sobre el material envejecido. De acuerdo a estos ensayos solamente cumplirían con la especificación los asfaltos D, F y G.
- 5º) El valor del ensayo de viscosidad a 4°C debe tomarse con cierto cuidado ya que el mismo está influenciado por las condiciones de operación. Fundamentalmente este ensayo proporciona un valor comparativo sólo bajo las condiciones de operación en que se efectúa el mismo.
- 6º) Los valores obtenidos estimamos que son de interés para futuros estudios sobre la consistencia de los materiales asfálticos procesados en el país, a la luz de nuevas tendencias en lo referente a especificaciones y métodos de ensayo desarrollados en EE.UU. en los últimos años. La revisión realizada y los estudios prácticos corroboran trabajos y conclusiones anteriores realizadas en el

LEMIT, que pueden ser base de futuras modificaciones a las normas nacionales.

En este trabajo no se emite juicio sobre qué especificación sería la más adecuada para los petróleos crudos disponibles en el país y sus procesos de elaboración. Para ello sería necesario realizar un estudio cooperativo entre productores, usuarios y organismos de control y normalización. Dentro de ese estudio sería importante la ejecución de tramos experimentales con los materiales en estudio.

---

#### BIBLIOGRAFIA

---

- 1) Ruiz, C.L., Publicación del Día del Camino, 360-394, 1942.
- 2) Elicabe, J.L., LEMIT, II, N°47, 1952.
- 3) Pinilla, A., VII Reunión Anual del Asfalto, 203-241, Santa Fe, 1953.
- 4) Pinilla, A., Publicación del Instituto de Pesquisas Rodoviarias, 88-GTM-65-02, Brasil, 1965.
- 5) Lewis and Wellborn, Public Road, March 1940.
- 6) Castellano, E., Galli, J., Primera Reunión del Asfalto, 175-204, Buenos Aires, 1946.
- 7) Beaton, J.L., Revision of Highways of California. Comunicación Personal.
- 8) Pinilla, A., Agnusdei, J.O., Reynaldi, A., Pub. del VI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, T. III 267-284, 1968.
- 9) Krom, C.J., Dormon., G.M., VII Congreso Mundial de Petróleo, 463, 1967.
- 10) Dormon, G.M., Primera Conferencia de Pavimentos Asfálticos en Africa del Sur, 1969.
- 11) Zakar, P., Simon, M., Bitumen Teere Asphalte Peche, 15, 562, 1964.

- 12) Agnusdei, J.O., Massacessi, D., XVII Reunión Anual del Asfalto, 1971.
- 13) Pinilla, A., XVI Reunión Anual del Asfalto, 69-96, Santa Fe, 1969.
- 14) Manual del Asphalt Institute, 102, 1965.
- 15) Pinilla, A., Reinaldi, A., XIV Reunión Anual del Asfalto, 236-256, Buenos Aires, 1966.
- 16) Pinilla, A., Agnusdei, J.O., XIII Reunión Anual del Asfalto, 85-104, Córdoba, 1964.
- 17) Kallas, B.F., "Asphalt Paving Temperatures". Trabajo presentado a la Reunión Anual del Asfalto del Highway Research Board, Washington, D.C., 1966.
- 18) Hveem, F.N., Zube, E., Skog, J., Proc. of The Association of Asphalt Paving Technologists, Volúmen 32, 271-328, 1963.
- 19) Welborn, J. York, Highway Research Board, Circular nº 82, 1968.