

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE COMPACTACION  
SOBRE DIFERENTES CONCRETOS ASFALTICOS

Ing. Duilio D. Massaccesi\*

SERIE II, N° 342

\* Responsable del Area Pavimentos Flexibles del LEMIT.

---

## INTRODUCCION

---

La viscosidad del asfalto durante el proceso de compactación de un concreto asfáltico, juega un rol sumamente importante e incide en las características físicas y en el comportamiento mecánico de la mezcla compactada. Sin embargo también tiene responsabilidad en dicho proceso la parte friccional, relacionada con la textura y forma de los agregados minerales empleados.

En un trabajo realizado con anterioridad (1) se puso en evidencia la influencia de la variación de la viscosidad del betún sobre un determinado concreto asfáltico. En esa oportunidad se utilizaron cinco asfaltos con diferentes características reológicas, estando la mezcla de áridos integrada por materiales gruesos y finos, triturados de origen granítico, parte de arena silíceo del Paraná y filler calcáreo, o sea una mezcla que se podría denominar medianamente friccional.

De acuerdo con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que mientras las respectivas mezclas se compacten a la temperatura de equiviscosidad de los asfaltos, el Índice de Compactibilidad se mantiene constante.

También se comprobó que la máxima densificación de las mezclas analizadas se logra realizando la compactación con las temperaturas correspondientes a una variación de la viscosidad absoluta del asfalto utilizado, dentro del rango 1 a 8 poises, y dentro de este período también se mantiene constante el Índice de Compactibilidad.

Dado que en la oportunidad citada se trabajó con una determinada mezcla de agregados y diferentes betunes, en el presente estudio se emplea un único asfalto cuyas características completas se indican mas adelante, estudiándose el comportamiento de distintas mezclas tipo concreto asfáltico, integradas con materiales pétreos de diferente naturaleza y textura superficial, unos provenientes de trituración de rocas y otros naturales, redondeados, con menos resistencia friccional.

Se verifica además en este estudio, si la constancia del Índice de Compactabilidad hasta la temperatura de compactación correspondiente a viscosidad del asfalto de 8 poises, que originalmente se determinó para una mezcla de mediana compactabilidad, puede hacerse extensiva a mezclas elaboradas con agregados diferentes a los ensayados oportunamente. Es decir, se investiga si mezclas muy poco friccionales pueden sobrepasar dicho límite de compactación conservando sus características, y si mezclas con mucha resistencia friccional requieren para su correcta densificación ser compactadas con viscosidades del betún inferiores a 8 poises.

Esta verificación se realiza pues se entiende que la especificación de un determinado rango de temperatura de compactación (o viscosidad de compactación), debe estar relacionada con las características físicas de los agregados que intervienen en la mezcla, o más propiamente dicho con la resistencia friccional debida a su rugosidad.

---

CARACTERISTICAS DE LOS  
MATERIALES EMPLEADOS

---

Asfalto

Peso específico.....	0,98
Penetración a 25°C.....	71
Ductilidad a 25°C.....	+ 150
Oliensis.....	Negativo
Punto de Ablandamiento °C.....	52,0
Pérdida por calentamiento (5h/163 °C)....	0,2
Viscosidad a 25°C (megapoises).....	4,19
Viscosidad a 60°C (ASTM D-2171) (poises)	3 302
Viscosidad a 135°C (cinemática, CS).....	606,7
Viscosidad a 160°C (cinemática, CS).....	199,6

Sobre residuo después de pérdida

Viscosidad a 25°C (megapoises).....	8,77
-------------------------------------	------

Viscosidad a 60°C (ASTM D-2171) (poises).. 6 767

### Agregados

Teniendo en cuenta que ya se ha investigado una mezcla "medianamente friccional" compuesta por materiales triturados y naturales combinados, se analizan en esta oportunidad dos tipos de mezclas bien diferenciadas, una integrada totalmente por agregados artificiales provenientes de la trituración de rocas graníticas con elevada resistencia friccional, y otra con áridos naturales de partículas redondeadas con reducido ángulo de fricción, originario del río Paraná.

Se integró una curva granulométrica idéntica para las dos mezclas, usándose en ambos casos como relleno mineral el 2 por ciento de cal hidráulica hidratada.

La granulometría de los áridos constituyentes de los respectivos concretos asfálticos se observa en la tabla I.

### Concreto asfáltico

Se procuró que ambos concretos, el ejecutado con piedra triturada y el realizado con agregados naturales resultaran al dosificarlos por el método Marshall, con el mismo porcentaje de vacíos residuales, ello requirió en el primer caso el 5 por ciento de asfalto y en el segundo el 4 por ciento.

---

### DETERMINACIONES REALIZADAS Y RESULTADOS

---

Este estudio sirve de complemento al trabajo realizado oportunamente donde se analizó la influencia de la viscosidad de algunos asfaltos en la compactabilidad y otras características de un concreto asfáltico (1) y con el mismo se pretende llegar a conocer mejor el peso de las variables que gobiernan la resistencia que ofrece una mezcla asfáltica a

T A B L A I

Pasa tamiz 1/2".....	100 %
Pasa tamiz 3/8".....	80 %
Pasa tamiz nº 4.....	58 %
Pasa tamiz nº 10.....	43 %
Pasa tamiz nº 40.....	41 %
Pasa tamiz nº 80.....	13 %
Pasa tamiz nº 200.....	7 %

Material	Grueso tri- turación	Grueso natural	Fino tri- turación	Fino natural	Cal Hi- dráulica
Peso específico, g/cm <sup>3</sup> .....	2,64	2,62	2,68	2,64	2,45
Absorción de agua, %.....	0,3	0,5	-	-	-
Desgaste "Los Angeles", %.....	32,6	18,0	-	-	-
Equivalente arena, %.....	-	-	68,7	64,1	-
Factor de cubicidad (f).....	0,78	0,84	-	-	-
Concentración crftica (Cs)....	-	-	-	-	0,16

su compactación.

El objetivo final es extraer conclusiones para perfeccionar procedimientos constructivos y disminuir los costos operativos durante la ejecución del pavimento.

Se ha empleado una medida importante que es el Índice de Compactabilidad, determinado por Ruiz y Dorfman (2) y expresado por la ecuación:

$$I_c = \frac{\log 50/5}{D_{50} - D_5}$$

coeficiente que relaciona el trabajo de compactación que se realiza sobre una mezcla y su aumento de densidad.

En este informe se ha considerado una energía de compactación mínima de 10 golpes, verificando también el  $I_c$  con 30 y 40 golpes.

Sobre el trabajo de compactación inciden dos factores principales, la resistencia friccional de los agregados y la viscosidad del asfalto. Se estima que no es correcto fijar normas referentes a la viscosidad del asfalto para la compactación de las mezclas, prescindiendo de la resistencia que ofrecen las partículas de los agregados.

Para poner en evidencia esta última condición, se trabajó con dos concretos asfálticos, uno con partículas trituradas de bordes angulosos y otro con rodados naturales lisos y redondeados.

Se ha tratado medir la influencia de la textura superficial sobre la compactación, analizando la variación del Índice de Compactabilidad, densidad, estabilidad, vacíos, etc., sobre probetas preparadas con ambos concretos y moldeadas bajo el procedimiento Marshall.

La figura 1 representa la curva de viscosidad en función de la temperatura del asfalto con que se ha trabajado. En ella se pueden distinguir dos zonas, la comprendida entre 1,5 y 2 poises aproximadamente, y la que va de 2,5 a 3 poises.

Dentro de la primera y segunda zona debe realizarse el mezclado y compactación de la mezcla según norma ASTM, o las recomendaciones del Instituto del Asfalto o del Road Research

## T A B L A II

## PROBETAS MOLDEADAS CON MATERIAL GRUESO Y FINO GRANITICO

Temperatura de compactación, °C.....	90	110	120	128	135	165	165	165	165
Viscosidad del asfalto en el momento de la compactación, poises.....	100	24	13	8	6	1,8	1,8	1,8	1,8
Número de golpes.....	50	50	50	50	50	10	30	40	50
Densidad aparente, g/cm <sup>3</sup> .....	2,313	2,336	2,354	2,362	2,370	2,240	2,338	2,359	2,375
Índice de compactabilidad (Ic).....	4,2	4,8	6,1	6,2	6,1	6,2*	6,2*	6,2*	6,2*
Estabilidad Marshall, kg.....	864	1.056	1.170	1.286	1.400	730	1.075	1.363	1.468
Fluencia, mm.....	3,8	3,3	3,5	3,7	3,9	5,0	4,2	4,0	4,0
Vacíos, %.....	5,6	4,6	3,9	3,6	3,3	8,6	4,6	3,7	3,1
Estabilidad remanente (% de la normal).	89,0				89,5				89,9

Densidad teórica: 2,450 g/cm<sup>3</sup>Densidad máxima Rice: 2,467 g/cm<sup>3</sup>

\* Valor promedio

T A B L A III

PROBETAS MOLDEADAS CON MATERIAL GRUESO Y FINO NATURAL

Temperatura de compactación, °C.....	90	110	120	128	135	165	165	165	165	165
Viscosidad del asfalto en el momento de la compactación, poises.....	100	24	13	8	6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Número de golpes.....	50	50	50	50	50	10	30	40	50	50
Densidad aparente, g/cm <sup>3</sup> .....	2,339	2,365	2,375	2,376	2,378	2,303	2,357	2,368	2,378	2,378
Índice de compactabilidad (Ic).....	4,5	5,5	9,7	9,8	9,5	9,8*	9,8*	9,8*	9,8*	9,8*
Estabilidad Marshall, kg.....	584	547	600	600	620	330	650	630	650	650
Fluencia, mm.....	2,3	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
Vacios, %.....	4,5	3,5	3,1	3,0	3,0	6,0	3,8	3,4	3,0	3,0
Estabilidad remanente (% de la normal).		91,4			94,0					95,5

Densidad teórica: 2,451 g/cm<sup>3</sup>

Densidad máxima Rice: 2,476 g/cm<sup>3</sup>

\* Valor promedio

Laboratory.

En el LEMIT se ha comprobado (1) que el Índice de Compactabilidad se mantiene constante en mezclas medianamente friccionales integradas con agregados triturados y arena natural, realizando la compactación con temperaturas correspondientes a variaciones de viscosidad del betún dentro del rango de 1 a 8 poises y que en dicho período las características fisicomecánicas de las mezclas, es decir, densidad, estabilidad, fluencia, vacíos, etc. no sufren modificaciones muy sensibles.

No obstante, si bien cuando se realizó esta verificación se trabajó con diferentes asfaltos, sólo se empleó una determinada mezcla de áridos.

Nuestro propósito actual es analizar si dichas conclusiones son válidas para concretos asfálticos integrados con agregados pétreos de características bien diferentes entre sí desde el punto de vista de la rugosidad superficial y por consiguiente con distinta resistencia a ser compactados.

En la tabla II se observan las características de probetas de concreto asfáltico, hechas totalmente con agregados triturados y compactadas con el asfalto a viscosidades de 1,8, 6, 13, 24 y 100 poises a las cuales corresponden temperaturas de 165, 135, 128, 120, 110 y 90°C respectivamente.

En la tabla III se informan los valores obtenidos sobre probetas Marshall de concreto asfáltico elaborado con agregados naturales, redondeados y compactadas en las mismas condiciones que las indicadas para la tabla I.

Con el objeto de visualizar mejor los valores informados en ambas tablas, se los graficó, obteniéndose los diagramas que de las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

La figura 2 corresponde a concreto asfáltico ejecutado totalmente con agregados triturados, indicándose en abcisas la temperatura de compactación y en ordenadas las densidades de probetas Marshall (50 golpes por cara) que se obtuvieron con las respectivas temperaturas; se indican también las viscosidades del asfalto en el momento de la compactación.

En este gráfico puede observarse un primer tramo inicial aproximadamente recto en que se producen importantes

# CURVA DE VISCOSIDAD-TEMPERATURA DEL ASFALTO EMPLEADO

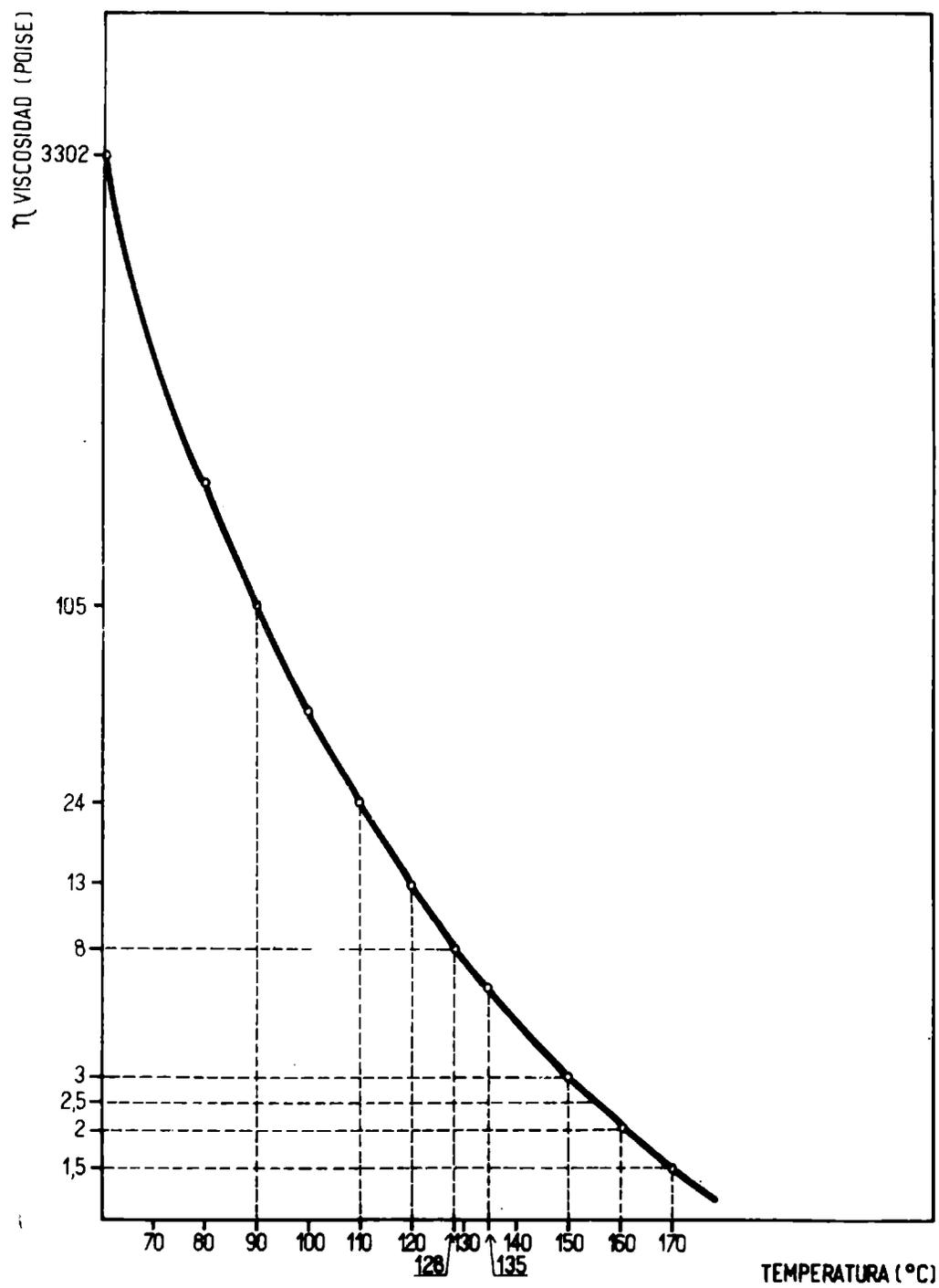


FIGURA 1

aumentos de densidad con el aumento de la temperatura.

Evidentemente, de los dos factores que gobiernan el proceso de compactación de una mezcla, la fricción entre partículas y la viscosidad del betún, en esta zona del diagrama influye en mayor grado la resistencia a la compactación que ofrece la viscosidad del asfalto, que es función de la temperatura.

La pendiente de esta recta cambia a partir de viscosidades de compactación de 6 poises (135°C) produciéndose desde aquí pequeñas variaciones de la densidad frente al aumento de la temperatura de compactación (o lo que es lo mismo frente a la disminución de la viscosidad).

En esta segunda rama deja de tener preponderancia la viscosidad del asfalto y entra a jugar un rol principal la fricción entre las partículas de los agregados, que no depende de la temperatura y es prácticamente responsable de la resistencia a la densificación entre 135°C y 165°C (6 poises a 1,8 poises). La resistencia por roce entre partículas, es prácticamente constante dentro de esta zona, y dado que la viscosidad influye muy poco, ello explica los valores semejantes de la densidad de las probetas Marshall, y la constancia del índice de compactabilidad.

De acuerdo con la figura 2, en concretos asfálticos constituidos por mezclas muy friccionables, de baja compactabilidad como el presente, pueden lograrse las máximas densidades mientras la viscosidad absoluta del asfalto en el momento de la compactación no pase de 6 poises.

A una conclusión similar se llega analizando la figura 3 correspondiente a Estabilidad - Temperatura de Compactación, en la cual también la influencia de la temperatura de compactación sobre la estabilidad Marshall disminuye cuando se superan los 135°C, es decir a partir del momento en que la viscosidad del asfalto durante la densificación es inferior a 6 poises.

Dicho en otras palabras, compactando las probetas Marshall dentro del rango 1,5 a 6 poises, las estabilidades que se obtienen al ensayar las mismas tienen poca variación.

En coincidencia con lo expuesto, también se observa en

**CARACTERISTICAS DE CONCRETO ASFALTICO  
CON AGREGADOS TRITURADOS**

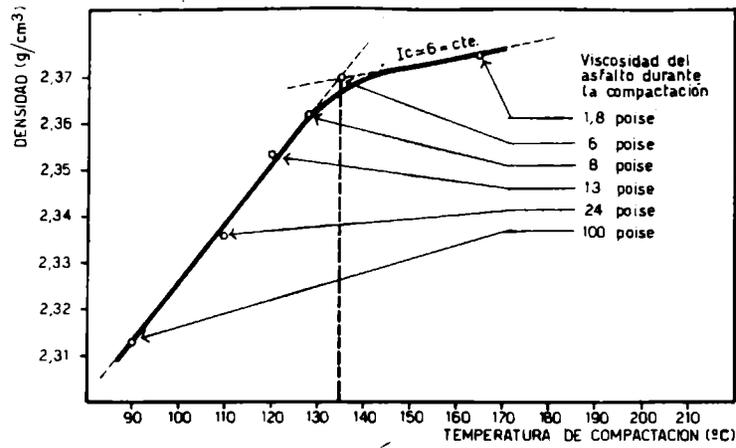


FIGURA 2

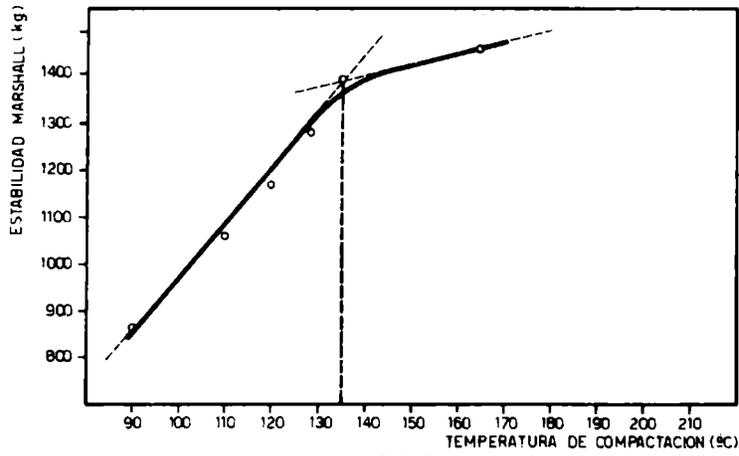


FIGURA 3

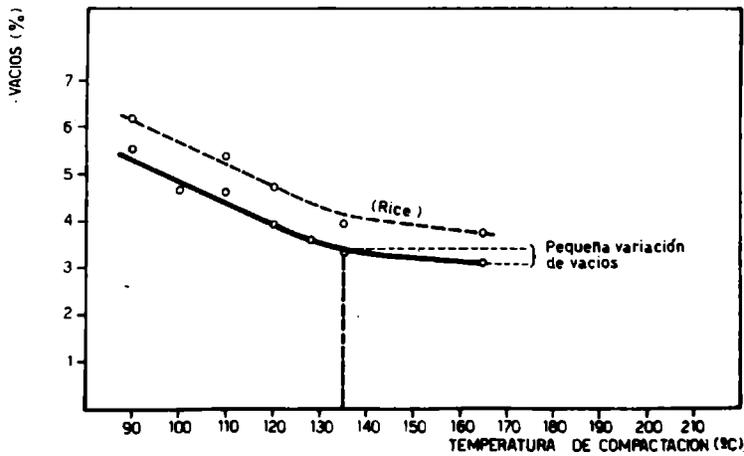


FIGURA 4

la figura 4 que la menor variación de vacíos ocurre a partir de temperaturas de compactación superiores a 135°C (viscosidades inferiores a 6 poises).

Un análisis semejante realizado en la figura 5 (concreto asfáltico con agregados naturales) permite establecer que el cambio de pendiente se produce a partir de las probetas compactadas con viscosidades del asfalto de 10 poises (aproximadamente 123°C).

Compactando con viscosidades menores, el  $I_c$  se mantiene constante y la densidad de las probetas sufre poca variación.

Lo mismo ocurre con la estabilidad Marshall y los vacíos graficados en las figuras 6 y 7; para temperaturas de compactación superiores a 123°C la variación que se produce en ambos valores es mínima.

Resumiendo, de acuerdo con los resultados que se presentan se llega a tener una idea de la acción de la viscosidad del betún y de la fricción entre partículas durante la compactación de un concreto asfáltico, valiéndose de los resultados que brindó un método empírico (Marshall) y apoyándose en una medida importante como es el índice de compactabilidad.

No se pretendió valorar con el ensayo de las probetas, ninguno de los términos principales que integran la resistencia al corte como expresión de la estabilidad, es decir la cohesión viscosa y el ángulo  $\theta$  de fricción interna, que por otra parte, este método no puede proporcionar en forma adecuada. Sólo permite deducir en forma aproximada la mayor responsabilidad del fino de trituración en la característica friccional de un concreto asfáltico, oponiéndose en mayor grado que el grueso triturado a la densificación de la mezcla (3) y colaborando en forma más efectiva en su resistencia, durante el ensayo de la misma.

Evidentemente el método más apropiado para determinar los valores de cohesión y fricción en forma individual, es el método triaxial, con base semicientífica, mediante el cual es posible reducir al mínimo la velocidad de deformación a los efectos de anular la viscosidad de masa, y al no aportar este término a la resistencia, subsisten como úni-

**CARACTERISTICAS DE CONCRETO ASFALTICO  
CON AGREGADOS NATURALES**

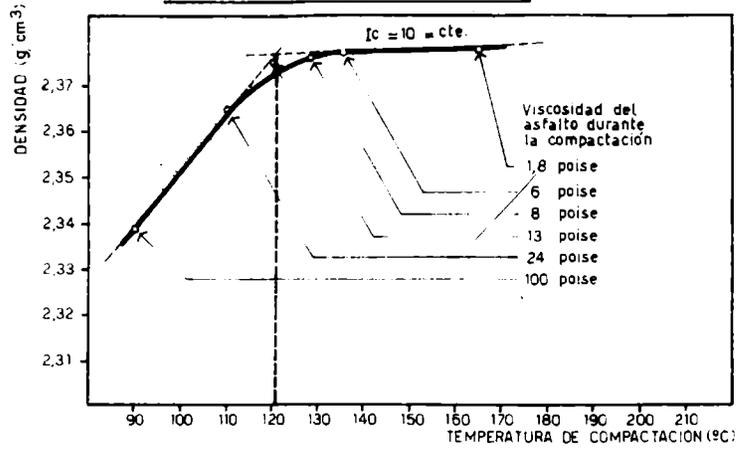


FIGURA 5

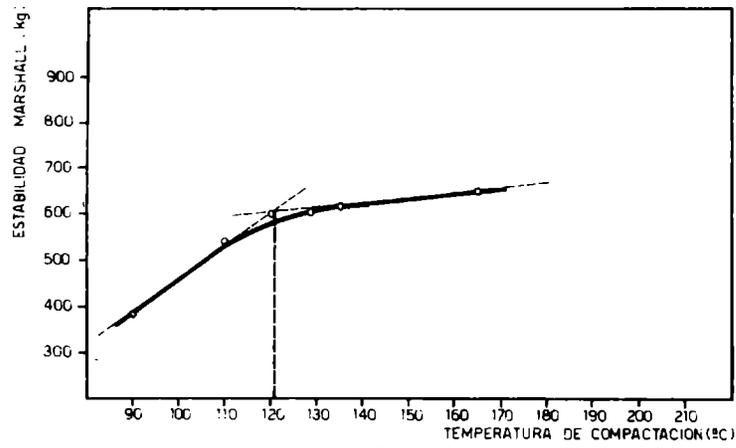


FIGURA 6

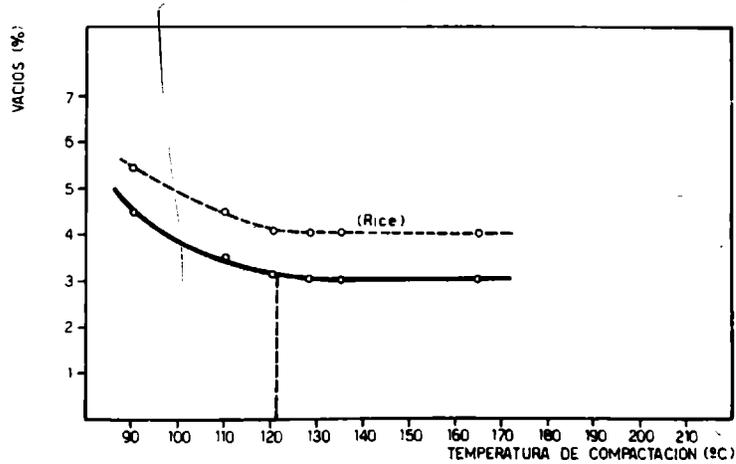


FIGURA 7

cos valores que colaboran en la estabilidad  $C + \sigma \operatorname{tg} \phi$  de los cuales  $\sigma \operatorname{tg} \phi$  es el más importante, ya que C es relativamente pequeño.

En este trabajo se ha medido la "Compatibilidad" de la mezcla, considerando incluido los dos términos. Además se determinó la estabilidad Marshall al sólo efecto de comparar la magnitud de su disminución al ir disminuyendo las densidades de las probetas en función de la reducción de la temperatura de compactación. Ello permitió poner en evidencia hasta qué punto las caídas de estabilidad y densidad eran significativas frente a la disminución de dichas temperaturas de compactación.

---

## CONCLUSIONES

---

De lo expuesto se deduce lo siguiente:

a) Ampliando el criterio sustentado por algunos de los organismos extranjeros mencionados en este trabajo, pueden establecerse en nuestro medio tres rangos de valores para la compactación de concretos asfálticos, referidos a la viscosidad del betún y relacionados con el índice de compactabilidad de las respectivas mezclas.

b) El límite de 1,5 a 6 poises de viscosidad del asfalto, es recomendable para la compactación de mezclas altamente friccionales, constituidas íntegramente con agregados triturados (o por lo menos con finos triturados) con índice de compactabilidad menor de 6.

c) El límite superior indicado puede ampliarse a 8 poises cuando se trate de mezclas medianamente friccionales, con índice de compactabilidad entre 6 y 10 aproximadamente.

d) El citado límite superior podría extenderse a 10 poises en mezclas elaboradas con agregados que opongán baja resistencia a ser compactados, con  $I_c$  mayor de 10.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. Massaccesi, D. D. y Iosco, O. - Influencia de la viscosidad de algunos asfaltos en la compactabilidad y otras características de un concreto asfáltico. XVII Reunión del Asfalto. 1973.
2. Ruiz, C. L. y Dorfmann, B. - Sobre la medida de la compactación y de la compactabilidad de las mezclas asfálticas del tipo superior. XV Reunión del Asfalto. 1968.
3. Massaccesi, D. D. - Influencia de distintos tipos de agregados en las características mecánicas de un concreto asfáltico. Boletín "El Asfalto", nº 17, sep. 1963.
4. Norma ASTM D-1559, 1974.
5. Specifications and Construction Methods for Asphalt Concrete - The Asphalt Institute, 1964.
6. Bituminous Materials in Road Construction - Road Research Laboratory.