

**ESTUDIO DE LABORATORIO Y EN TRAMO EXPERIMENTAL
DE ASFALTOS PARA PAVIMENTACION OBTENIDOS DE
PETROLEOS NACIONALES**

Dr. Jorge O. Agnusdei **

SERIE II, N° 332

- * Trabajo presentado a la XIX Reunión del Asfalto; publicado en la Revista Carreteras, 21 (77), enero/marzo 1976.
- ** Ex-Jefe de la División Derivados del Petróleo del LEMIT.

INTRODUCCION

En el año 1970 la Comisión de Refinación del Instituto Argentino del Petróleo decidió encarar un estudio sobre asfaltos para pavimentación obtenidos de petróleos nacionales con el objeto de lograr un aprovechamiento integral de estos crudos ya sea empleándolos solos o mezclados entre sí, de manera de obtener asfaltos que cumplan con las exigencias de calidad requeridas.

Como objetivo final se preveía la revisión de las actuales especificaciones de asfaltos para pavimentación.

Inicialmente se decidió estudiar mediante ensayos de laboratorio, el asfalto proveniente del crudo Medanito. Este yacimiento está situado en la provincia de Río Negro, lindando con las de La Pampa y Neuquén y forma parte de la denominada Cuenca Neuquina. Los otros dos asfaltos ensayados derivan del crudo Escalante, proveniente de la provincia de Chubut y del crudo Cañadón Seco, yacimiento éste ubicado al norte de la provincia de Santa Cruz. Estos petróleos pertenecen a la Cuenca del Golfo San Jorge (figura 1).

Es de destacar que los petróleos de los yacimientos citados anteriormente son de base mixta.

En total se estudiaron 8 muestras de asfalto, procesadas por las destilerías locales y mezclas preparadas en laboratorio. Las técnicas de ensayo empleadas son las de la norma IRAM 6604, siendo complementadas por ensayos reológicos y de consistencia a distintas temperaturas.

Como consecuencia de los resultados obtenidos y en razón de los nuevos conceptos en lo referente a especificaciones y técnicas de preparación y colocación de las mezclas asfálticas, se decide, a fin de arribar a un juicio definitivo sobre las bondades de estos asfaltos, realizar una prueba en escala real mediante la ejecución de un tramo experimental.

Esta parte del trabajo se realiza con la cooperación de la Comisión Permanente del Asfalto, de la Dirección Nacional

de Vialidad, del LEMIT y de las empresas productoras de asfalto.

La finalidad del presente trabajo es la de informar todo lo realizado desde el punto de vista de ensayos de laboratorio y lo referente a la construcción del tramo experimental. Hasta el momento, no se pueden emitir conclusiones definitivas, por el escaso tiempo transcurrido desde la finalización de la obra hasta la redacción del presente informe.

ANTECEDENTES DE ESTUDIOS REALIZADOS CON ASFALTOS NACIONALES

En nuestro país son numerosos los trabajos de laboratorio que se han realizado con asfaltos argentinos en lo referente a composición (1, 2, 3); comportamiento reológico (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11); propiedades fisicomecánicas (12) y especificación (13, 14). Algunos de estos trabajos contribuyeron a aportar ideas a la industria petrolera local para solucionar problemas en la elaboración de asfaltos para uso vial.

En lo que respecta al estudio del comportamiento de asfaltos en servicio, no hay antecedentes en nuestro país de trabajos sistemáticos efectuados con productos nacionales.

En un trabajo realizado por el autor (15) se ha podido estudiar el comportamiento de un pavimento urbano luego de 27 años de funcionamiento. Este pavimento fue construido con un asfalto de características similares a los obtenidos de petróleos provenientes de la zona de Comodoro Rivadavia y no cumplía con las exigencias de la norma IRAM 6604. El pavimento a que hacemos referencia se comportó satisfactoriamente durante largo tiempo, si bien hay que tener en cuenta en este caso, el tipo de mezcla fina empleada y el buen comportamiento de las capas de base. Sin embargo, pavimentos de concreto asfáltico en caliente, construidos en la misma época del pavimento urbano antes citado y con asfaltos de ca-



T A B L A I

CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS ARGENTINOS UTILIZADOS EN EL
TRAMO EXPERIMENTAL DEL GRAND MANIL, BELGICA, 1958 (Ref. 17 y 19).

| | Asfasol A50 | Challacó A80 |
|---|-------------|--------------|
| Contenido de asfaltenos (%) | 13,3 | 11,0 |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 53 | 68 |
| Peso específico a 25/25°C | 1,012 | 1,017 |
| Punto de ablandamiento (A y E) (°C) | 52,3 | 48,6 |
| Viscosidad a 25°C (Poises) | 5,18 | 2,65 |

racterísticas similares, se comportaron en forma deficiente, deteriorándose al poco tiempo de construidos (16).

Resulta interesante mencionar una experiencia llevada a cabo por el Centre des Recherches Routieres de Bélgica, el que en el año 1958 construyó una serie de tramos experimentales con asfaltos de distintas procedencias. Entre los asfaltos estudiados había dos provenientes de nuestro país, identificados como "Asfasol A50 y Challacó A80". La experiencia a que nos referimos fue realizada en la ruta N° 21 entre Gemblour y Tongrines, sobre el territorio del Grand-Manil y de Corroy-le-Chateau (17, 18, 19, 20), comprendiendo 34 secciones de ensayo que cubrían una superficie de 1 260 m de largo por 7 m de ancho, y un espesor de 4 cm. En total se estudiaron 18 asfaltos, de los cuales 8 se agrupaban dentro del rango de penetración 40/60 y los 10 restantes como 70/100. Algunas de las características de los asfaltos argentinos se presentan en la tabla I.

La experiencia del Grand-Manil tenía por objetivo poner en evidencia el comportamiento de distintos betunes en un concreto asfáltico tipo. Los resultados obtenidos se circunscriben fundamentalmente a medidas de rugosidad de la superficie, mediante determinaciones periódicas del coeficiente de frotamiento transversal. Después de 9 años de prueba, las secciones construidas con los asfaltos argentinos no presentan alteraciones desde el punto de vista de su aspecto superficial y poseían coeficientes de frotamiento transversal elevados.

Los dos asfaltos fueron encuadrados dentro del grupo que mejor comportamiento presentaron a lo largo de la experiencia.

ESTUDIO DE LOS ASFALTOS MEDIANTE
ENSAYOS DE LABORATORIO

En total se estudiaron 8 muestras de asfalto de las cuales 7 se encuadran dentro del rango de penetración 70-100 y la restante en el de 50-60. Con excepción de dos muestras, que fueron preparadas en laboratorio, el resto fue suministrado directamente por productores locales. Las muestras fueron identificadas de la siguiente manera:

- A: Asfalto Medanito (70-100). Productor Shell.
- B: Asfalto Medanito (70-100). Productor YPF.
- C: Asfalto Medanito (50-60). Productor YPF.
- D: Asfalto Escalante (70-100). Productor ESSO.
- E: Asfalto Cañadón Seco (70-100). Productor ESSO.
- F: Mezcla de asfaltos de Cañadón Seco y Escalante (70-100). Productor ESSO.
- G: Mezcla de 70 % de asfalto de Cañadón Seco y 30 % de asfalto Medanito B (70-100). Preparada en laboratorio.
- H: Mezcla de 50 % de asfalto Escalante y 50 % de asfalto Medanito B (70-100). Preparada en laboratorio.

En la tabla II se presentan los valores obtenidos cuando los asfaltos son ensayados de acuerdo con la norma IRAM 6604. Tal como se dijo anteriormente, los asfaltos A y B han sido procesados a partir del mismo petróleo pero por diferentes elaboradores. Ambos cumplen en la totalidad con lo especificado por la norma IRAM 6604 para el tipo IV (penetración 70-100). Para este caso particular las diferencias que pueden existir en las distintas plantas de elaboración no se ponen de manifiesto en las propiedades de los productos elaborados.

El asfalto C, también procesado con el mismo crudo que los anteriores, cumple con lo especificado por la norma IRAM,

T A B L A II
CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS DE ACUERDO A LA NORMA IRAM 6604

| E N S A Y O | A S F A L T O | | | | | | | |
|--|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 99 | 89 | 57 | 88 | 81 | 83 | 83 | 90 |
| Peso específico relativo a 25/25°C | 0,998 | 0,996 | 1,003 | 0,981 | 0,984 | 0,982 | 0,991 | 0,991 |
| Ductilidad a 25°C (5 cm/min) (cm) | + 150 | + 150 | + 150 | 42 | 59 | 54 | 110 | 103 |
| Punto de inflamación (Cleveland vaso abierto) (°C) | 330 | 316 | 340 | 328 | 354 | 354 | 340 | 325 |
| Ensayo en película delgada: | | | | | | | | |
| Pérdida por calentamiento a 163°C, durante 5 hs. (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| Penetración retenida a 25°C (100 g-5 seg) (% del original) | 71 | 73 | 80 | 73 | 77 | 75 | 75 | 68 |
| Ductilidad del residuo a 25°C (5 cm/min) (cm) | + 150 | + 150 | + 150 | 12 | 35 | 21 | 95 | 89 |
| Solubilidad en sulfuro de carbono (%) | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,8 |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono (%) | 99,8 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,8 | 99,9 | 99,8 | 99,8 |
| Índice de penetración (Pfeiffer) | -0,5 | -0,4 | 0,0 | + 1,2 | + 0,6 | + 0,9 | -0,3 | -0,1 |
| Ensayo de Oliensis | Neg. | Neg. | Neg. | Neg. | Neg. | Neg. | Neg. | Neg. |

T A B L A III

ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

| E N S A Y O | A S F A L T O | | | | | | | |
|---|---------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| Contenido de asfaltenos (ASTM D2006-65 T) (%) | 17,9 | 18,6 | 20,4 | 28,7 | 24,9 | 25,5 | 23,0 | 24,5 |
| Viscosidad a 135°C (ASTM D-2170) (cS) | 372 | 410 | 547 | 1164 | 806 | 855 | 637 | 560 |
| Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg (ASTM D-2171) (Poise) | 1360 | 1710 | 3215 | 9180 | 4832 | 5530 | 3192 | 2308 |
| Viscosidad a 25°C y 5×10^{-2} seg ⁻¹ (Megapoise) | 1,00 | 1,16 | 4,46 | 4,78 | 2,40 | 2,80 | 2,30 | 1,55 |
| Índice de flujo complejo | 0,86 | 0,86 | 0,70 | 0,29 | 0,60 | 0,45 | 0,79 | 0,73 |
| Sobre el residuo del ensayo de pérdida por calentamiento a 163°C: | | | | | | | | |
| Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg (ASTM D-2171) (Poise) | 2000 | 2480 | 5614 | 41960 | 10860 | 22460 | 6319 | 5033 |
| Viscosidad a 25°C y 5×10^{-2} seg ⁻¹ (Megapoise) .. | — | — | 9,20 | 7,18 | 3,39 | 4,60 | 4,80 | 4,40 |
| Índice de flujo complejo | — | — | 0,61 | 0,18 | 0,46 | 0,36 | 0,66 | 0,69 |

pero en este caso para el tipo II (penetración 50-60).

En cuanto a los asfaltos D, E y F, no cumplen con las especificaciones vigentes por sus bajos valores de peso específico y ductilidad, ya sea en el asfalto original como en el residuo del ensayo de calentamiento en película delgada. Además el índice de penetración Pfeiffer es superior al especificado.

Con el objeto de mejorar las características de los asfaltos D y E, se preparan en laboratorio mezclas de los mismos con asfalto B. Esto dio origen a los asfaltos G y H. Estos asfaltos si bien no llegan a cumplir totalmente con la especificación IRAM, sus valores se aproximan bastante a los límites mínimos requeridos por la misma.

En la tabla III se presenta una serie de ensayos complementarios no contemplados por la especificación IRAM pero que contribuye a juzgar de una forma más racional a los asfaltos en estudio.

Las nuevas tendencias imperantes para clasificar los betunes asfálticos, se basan principalmente en el ensayo de viscosidad absoluta 60°C (14), en razón del hecho ya conocido y comprobado que el ensayo de penetración a 25°C no mide la consistencia real de los asfaltos. Es así que en los EE. UU. gran número de sus Estados e inclusive la AASHO han adoptado el ensayo de viscosidad para clasificar a sus asfaltos. Estas especificaciones también incluyen la determinación de viscosidad a 135°C. La importancia de conocer el valor de la viscosidad a esa temperatura, radica en el hecho de que la misma está muy próxima a la de mezclado en usina. La viscosidad de los asfaltos a esa temperatura deberá ser tal que permita un mezclado rápido y eficiente.

Dentro del grupo de asfaltos 70-100, los identificados como A y B son los que presentan valores más bajos de viscosidad; por el contrario los asfaltos D, E y F dan los valores más altos, ocupando las mezclas un lugar intermedio. Los valores elevados de consistencia están en estrecha relación con los también elevados valores del índice de penetración de Pfeiffer y contenido de asfaltenos.

Un ensayo que se considera de suma importancia es el

comportamiento reológico de los asfaltos. Esta determinación se efectuó a 25°C empleando el microviscosímetro de placas deslizantes. Mediante este dispositivo es posible obtener las curvas de flujo de los asfaltos, que resultan de graficar los esfuerzos de corte aplicados en función de las velocidades de fluir obtenidas. La pendiente de la recta que se logra para cada caso, se denomina índice de flujo complejo de Traxler y el mismo permite conocer el apartamiento del fluir simple o newtoniano de los asfaltos. Es así que una pendiente igual a 1 corresponde a un fluir newtoniano; mientras que pendientes menores a 1 indican comportamiento complejo o no newtoniano. Valores bajos del índice de flujo complejo son indicadores de alto grado de elasticidad, tixotropía y gran tendencia al envejecimiento, entendiéndose por esto último aumento de la consistencia con el correr del tiempo.

Por lo general los asfaltos para pavimentación de comportamiento normal presentan valores del índice de flujo complejo entre 0,85 y 1,00. En razón del fluir no newtoniano de los asfaltos aquí estudiados, su consistencia depende tanto del esfuerzo de corte aplicado como de la velocidad de fluir; por lo tanto es usual referir los valores de consistencia a 25°C a una determinada velocidad de fluir, que en este caso es $5 \times 10^{-2} \text{ seg}^{-1}$.

Finalmente en lo referente al contenido de asfaltenos, los valores obtenidos pueden considerarse normales para el tipo de solvente empleado en el ensayo (n-pentano). En el caso particular de estos asfaltos se cumple que, al aumentar el contenido de asfaltenos, se produce un incremento en la complejidad de los asfaltos que viene dado por una disminución del índice de flujo complejo.

Desde el punto de vista reológico, los únicos asfaltos que serían aptos para ser empleados en pavimentación son los asfaltos A y B. Por el contrario los asfaltos D, E y F, por su naturaleza compleja y la elevada consistencia que poseen a cualquiera de las temperaturas consideradas, 25°, 60° y 135°C tanto en su forma original como envejecidos no serían aptos. Las características que poseen ponen en evidencia efectos elásticos y tixotrópicos, que hacen suponer que el período de vida útil de un pavimento construido con este tipo de asfalto pueda llegar a ser menor del que se obtendría con asfaltos normales.

En lo referente a las mezclas, el asfalto B de Medanito, mejora notoriamente las características reológicas de los asfaltos D y E. En efecto, las propiedades que presentan los asfaltos G y H se acercan lo suficiente a la de aquellos considerados aptos, como para intentar su utilización sin correr riesgos exagerados.

Como es sabido, la alteración que sufren los asfaltos durante el mezclado en la planta asfáltica, es reproducida con bastante aproximación en laboratorio, por el ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada. Es así que un elevado aumento de la consistencia de los asfaltos durante el mezclado, ha de redundar en una menor durabilidad de la estructura asfáltica en que intervenga. Algunas especificaciones americanas fijan un máximo de consistencia, luego del ensayo de pérdida en película, igual a cuatro veces su valor original. De todos los asfaltos estudiados el D es el que mayor alteración ha sufrido, como lo demuestra el elevado valor de la viscosidad del residuo a 60°C.

De lo expuesto se deduce a través de los ensayos realizados de acuerdo a la norma IRAM 6604 y las determinaciones reológicas, que el único asfalto que sería apto para ser empleado en pavimentación es el Medanito, mientras que los de Escalante y Cañadón Seco quedarían excluidos. Sin embargo, con los nuevos criterios que imperan en cuanto a especificaciones se refiere y teniendo en cuenta el comportamiento logrado con un asfalto de características similares a los de Escalante y Cañadón Seco (15), la prueba definitiva para comprobar su real comportamiento sería la que se obtiene mediante la ejecución de tramos experimentales.

ESTUDIO DE LOS ASFALTOS EN UN TRAMO EXPERIMENTAL

Esta etapa del estudio fue analizada y discutida por un grupo de trabajo formado por miembros de la comisión de refinación del Instituto Argentino del Petróleo y de la Comisión Permanente del Asfalto, actuando el autor como coordina-

dor del grupo.

En un principio se pensó en construir una serie de secciones experimentales de concreto asfáltico en caliente, diseñadas de manera tal de independizar la variable asfalto del resto de variables que pueden incidir en el comportamiento de la carpeta asfáltica y de lograr en un tiempo relativamente corto, poner en evidencia defectos o virtudes de los asfaltos en estudio.

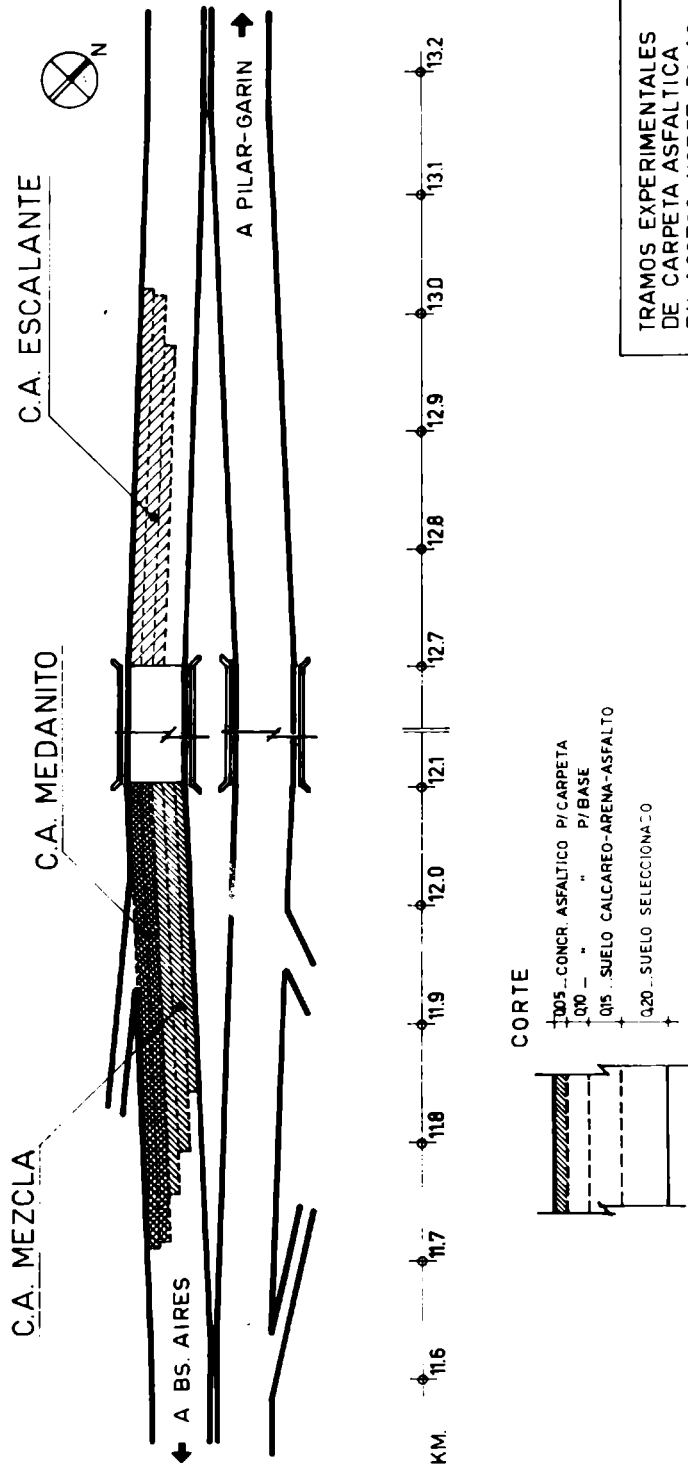
Al no disponer en ese momento de los medios económicos necesarios para llevar a cabo la construcción de un número mínimo de secciones experimentales en las condiciones antes mencionadas, se decidió, en una primera etapa y a los fines de ir obteniendo experiencia en este tipo de pruebas, aprovechar un camino en construcción a la altura de la capa de rodamiento y construir una serie de tramos de la misma con los asfaltos en cuestión. Se es conciente de los riesgos que se corren para la interpretación final de los resultados que se obtengan, pero seguramente los mismos han de contribuir a aumentar el conocimiento de las propiedades de estos asfaltos.

El rasgo principal que caracterizó la construcción de este tramo experimental fue la de trabajar, tanto en la preparación como compactación de las distintas mezclas, con las temperaturas de equiviscosidad de los asfaltos. De esta manera se pretende colocar inicialmente a los asfaltos en igualdad de condiciones en las respectivas mezclas en que intervienen.

UBICACION DEL TRAMO
EXPERIMENTAL

El tramo experimental se construyó en la Obra de la Dirección Nacional de Vialidad ubicada en el Acceso Norte a la Capital Federal, en su intersección con las vías del FCNGBM y Río Reconquista. La zona elegida para la colocación de la carpeta asfáltica fue la calzada principal Sur (de ingreso a Buenos Aires) entre las progresivas 11700 a 12100 (Sector II)

FIGURA 2



TRAMOS EXPERIMENTALES
DE CARPETA ASFALTICA
EN ACCESO NORTE BS.AS.

y 12710 a 13070 (Sector III). En la figura 2 se muestra un detalle con la ubicación del tramo experimental.

ASFALTOS ESTUDIADOS

Del total de asfaltos estudiados en la primera parte del trabajo, se decidió someter a prueba al asfalto de Escalante, en razón del considerable volumen de que se dispone; al de Medanito por ser el único que cumple con todo lo especificado y además haber demostrado hasta el presente un buen comportamiento en servicio y un tercer asfalto constituido por una mezcla en partes iguales de los dos asfaltos antes citados. El objeto de realizar esta mezcla es mejorar las características del asfalto Escalante.

En la tabla IV se exponen las características de los asfaltos empleados en el tramo experimental cuando son ensayados de acuerdo con la norma IRAM 6604 y en la tabla V el resultado de los ensayos complementarios de consistencia y comportamiento reológico.

Tal como puede apreciarse del análisis de estas tablas, el asfalto de Medanito cumple con el total de los ensayos especificados por la norma IRAM y sus características son similares a las del asfalto estudiado en la primera parte del trabajo. En cambio, el asfalto Escalante presenta mayor consistencia que el anteriormente ensayado e inclusive su penetración está por debajo del límite especificado para el tipo IV (penetración 70-100), junto con su ductilidad y peso específico.

En cuanto a las características del asfalto mezcla constituido por partes iguales de los asfaltos antes mencionados, puede decirse que, si bien el mismo no cumple con la especificación vigente en su totalidad, su apartamiento no es muy grande y podría ser considerado como un asfalto normal.

Tal como fue dicho anteriormente, para aplicar el criterio de temperatura de equiviscosidad en la preparación y

T A B L A IV

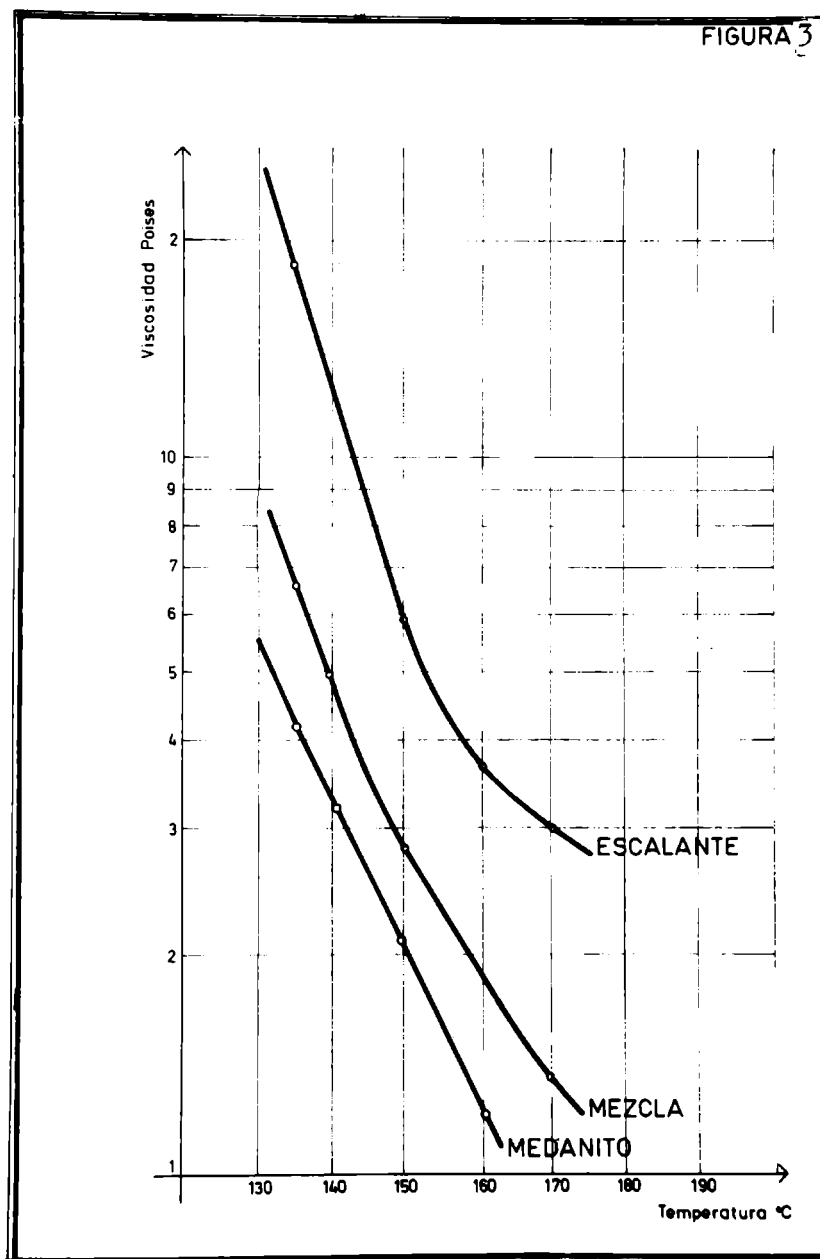
CARACTERISTICAS DE LOS ASFALTOS EMPLEADOS EN EL TRAMO EXPERIMENTAL DE ACUERDO A LA NORMA IRAM 6604

| E N S A Y O | A S F A L T O | | |
|--|---------------|-----------|----------|
| | Medanito | Escalante | Mezcla |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 75 | 60 | 70 |
| Peso específico relativo a 25/25°C | 1,002 | 0,991 | 0,993 |
| Ductilidad a 25°C (5 cm/min) (cm) | + 150 | 22 | + 150 |
| Punto de inflamación (Cleveland vaso abierto) (°C) | 340 | 346 | 340 |
| Ensayo de película delgada: | | | |
| Pérdida por calentamiento a 163°C, durante 5 horas (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Penetración retenida a 25°C (100 g-5 seg) (% del original) | 69 | 76 | 71 |
| Ductilidad del residuo a 25°C (5 cm/min) (cm) | + 150 | 7 | 91 |
| Solubilidad en sulfuro de carbono (%) | 99,9 | 99,8 | 99,8 |
| Solubilidad en tetracloruro de carbono (%) | 99,9 | 99,9 | 99,8 |
| Indice de penetración (Pfeiffer) | - 1,0 | + 1,3 | + 0,1 |
| Ensayo de Oliensis | Negativo | Negativo | Negativo |

T A B L A V

ENSAYOS COMPLEMENTARIOS SOBRE LOS ASFALTOS EMPLEADOS EN EL TRAMO EXPERIMENTAL

| E N S A Y O | A S F A L T O | | |
|---|---------------|-----------|--------|
| | Medanito | Escalante | Mezcla |
| Contenido de asfaltenos (ASTM D-2008-65 T) (%) | 18,8 | 28,3 | 24,3 |
| Viscosidad a 135°C (ASTM D-2170) (cS) | 428 | 1872 | 663 |
| Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg (ASTM D-2171) (Poise) | 2040 | 21799 | 3410 |
| Viscosidad a 25°C y 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ (Megapoise) | 1,85 | 8,40 | 3,36 |
| Indice de flujo complejo | 0,92 | 0,31 | 0,81 |
| Sobre el residuo del ensayo de pérdida por calentamiento a 163°C: | | | |
| Viscosidad a 60°C y vacío equivalente a 30 cm de Hg (ASTM D-2171) (Poise) | 3857 | 80750 | 8819 |
| Viscosidad a 25°C y 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ (Megapoise) | 5,01 | 13,8 | 7,00 |
| Indice de flujo complejo | 0,85 | 0,43 | 0,55 |



colocación de las mezclas asfálticas, fue necesario contar con las curvas de susceptibilidad térmica de los asfaltos.

En la figura 3 se presentan las mismas, destacándose, en todo el ámbito de temperatura cubierta, la marcada diferencia en consistencia del asfalto Escalante frente al de Medanito y la Mezcla.

CONSTRUCCION DE LA CARPETA ASFALTICA
DE LAS SECCIONES DE ENSAYO

La estructura del pavimento en que se construyó la carpeta asfáltica consta de:

- 20 cm: Suelo seleccionado
- 15 cm: Suelo calcáreo arena asfalto
- 10 cm: Concreto asfáltico para base
- 5 cm: Concreto asfáltico para carpeta de rodamiento.

La mezcla asfáltica de la carpeta de rodamiento respondía a la siguiente dosificación:

- 42,9 %: Piedra granítica de Olavarría, 6-20
- 18,1 %: Arena silíceo
- 30,4 %: Arena granítica
- 3,8 %: Filler calcáreo
- 4,8 %: Cemento asfáltico

Para la elaboración de la mezcla asfáltica se empleó una usina Barber Greene 847 con una producción de 120 Tn/h.

La temperatura de mezclado se reguló de acuerdo con la viscosidad de los asfaltos y siguiendo lo recomendado por el Instituto del Asfalto de EE.UU. (21) quien establece que la temperatura de mezclado más adecuada es aquella en que la viscosidad del asfalto está comprendida entre 75 y 150 segundos Saybolt Furol (aproximadamente 1,5 a 5,0 Poises).

En el caso que nos ocupa y de acuerdo con las curvas de susceptibilidad térmica de la figura 5, la temperatura de mezclado para el asfalto de Escalante fue 170°C, siendo algo más baja para los otros dos asfaltos.

Para la colocación y compactación de las mezclas se procedió con el mismo criterio que para el mezclado. De acuerdo a resultados obtenidos por Massaccesi (12) con asfaltos de características similares a los aquí empleados, la compatibilidad de las mezclas no se ve afectada hasta una temperatura por debajo de la cual la viscosidad de los asfaltos es superior a 8 Poises. En nuestro caso las condiciones de colocación y compactación de las mezclas fueron las que se muestran

T A B L A VI

CONDICIONES DE COMPACTACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

| Mezcla con asfalto de: | Temperatura de compactación (°C) | Viscosidad del asfalto (Poises) |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Medanito | 140 - 145 | 3,2 - 2,7 |
| Escalante | 155 - 160 | 4,5 - 3,7 |
| Mezcla | 145 - 150 | 3,6 - 2,8 |

T A B L A VII

CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS EMPLEADAS EN EL
TRAMO EXPERIMENTAL

| Mezcla con asfalto de: | Medanito | Escalante | Mezcla |
|--|----------|-----------|--------|
| Densidad Marshall (g/cm ³) | 2,38 | 2,37 | 2,38 |
| Estabilidad Marshall (kg) | 680 | 1070 | 840 |
| Fluencia Marshall (mm) | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Betún recuperado (%) | 4,8 | 4,6 | 4,7 |
| Vacios (%) | 3,2 | 3,7 | 3,2 |

en la tabla VI. Tal cual puede apreciarse en esta tabla, la viscosidad de los asfaltos a las respectivas temperaturas de trabajo, están muy por debajo de los 8 Poises, descartándose de esta manera la posible incidencia de las diferentes viscosidades de los asfaltos en la compactación de las mezclas.

El 18 de febrero de 1974 se comenzó a colocar en el sector II del tramo experimental, la mezcla fabricada con el asfalto de Medanito. Para ello se utilizó una terminadora Barber Green 873 con un ancho de colocación de 3,05 metros. La compactación se efectuó con un rodillo neumático Tampo de 9 ruedas y 18 t (presión de neumático variable de 40 a 90 lb/pulg²), junto con una aplanadora Tandem Haber Warco de 8 Tn y una aplanadora Tandem Ingran de 8 Tn.

La cantidad de mezcla asfáltica colocada fue de 315 Tn, abarcando una superficie de 2591 m² con una longitud aproximada de 390 m.

El 22 de febrero, también en el sector II, se colocó la mezcla asfáltica fabricada con una mezcla de 50 % de asfalto Medanito y 50 % de asfalto Escalante. Esta mezcla de asfaltos fue preparada previamente en la planta asfáltica. La cantidad de mezcla colocada fue de 433 Tn cubriendo una superficie de 2925 m² y un largo de aproximadamente 325 m.

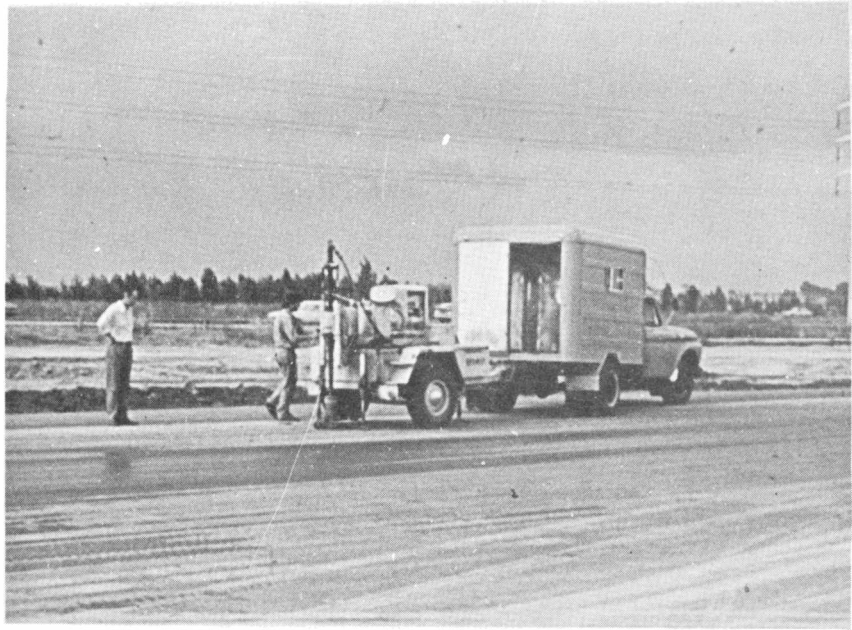


Fig. 4



Fig. 5

Finalmente el 27 de febrero se colocó la mezcla correspondiente al asfalto Escalante en el sector III. En este caso la cantidad de mezcla asfáltica colocada fue de 358 Tn en una superficie de 2681 m² y una longitud de 300 m aproximadamente.

En los tres casos se utilizó el mismo equipo de compactación y terminación; la única variable fue, como se dijo anteriormente, las diferentes temperaturas de compactación de las mezclas. En las figuras 4 y 5 se observa parte del tramo construido.

Durante la ejecución de los trabajos, en el laboratorio de obra se moldearon probetas Marshall de las distintas mezclas, para determinar sus características fisicomecánicas. Parte de estas probetas fueron ensayadas por la Inspección de Vialidad Nacional y otras enviadas al LEMIT. Al ser ensayadas estas últimas arrojaron los valores promedio que se muestran en la tabla VII. Tal como puede apreciarse en dicha tabla, la mezcla con asfalto Escalante es la que presenta el valor más elevado de estabilidad, si bien las diferencias que se observan con las otras mezclas no son tan pronunciadas como lo hacían suponer las viscosidades a 60°C de los respectivos asfaltos. Esto podría ser explicado considerando el diferente comportamiento reológico de los mismos.

Es así que cuando a un asfalto del tipo de Escalante se le aplican esfuerzos de corte en forma creciente, su consistencia disminuye en forma pronunciada tal como lo indica su bajo índice de flujo complejo.

En cambio asfaltos del tipo de Medanita o la Mezcla no son tan susceptibles a los cambios de consistencia por acción de los esfuerzos cortantes (índice de flujo complejo alto). Ello significa que la marcada diferencia de viscosidad a 60°C del asfalto de Escalante frente a los otros dos, sólo se revela con cargas pequeñas.

Cabe señalar que en el ensayo de estabilidad Marshall los esfuerzos de corte son elevados y en tal caso la consistencia del Escalante no se diferencia en mucho de los otros asfaltos, como lo demuestran los valores de estabilidad.

Para una mezcla con distintos asfaltos de fluir newtonia-

T A B L A VIII
VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LOS TESTIGOS DE PAVIMENTO

| | Medanito | | Escalante | | Mezcla | |
|---|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | Inicial | 8 meses | Inicial | 8 meses | Inicial | 8 meses |
| Mezcla con asfalto de | | | | | | |
| Período | 2,35 | 2,38 | 2,35 | 2,37 | 2,34 | 2,34 |
| Densidad del testigo (g/cm ³) | 4,8 | 4,8 | 4,6 | 4,4 | 4,7 | 4,8 |
| Betún recuperado (%) | 4,5 | 3,3 | 4,5 | 3,4 | 4,9 | 4,9 |
| Vacios (%) | | | | | | |
| Granulometría de los agregados recuperados: | | | | | | |
| Pasa tamiz 1" | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Pasa tamiz 3/4" | 96,0 | 100 | 97,7 | 97,2 | 99,2 | 100 |
| Pasa tamiz 3/8" | 78,3 | 82,0 | 75,4 | 77,8 | 78,0 | 84,3 |
| Pasa tamiz Nº 4 | 64,4 | 66,2 | 64,1 | 64,0 | 65,0 | 70,4 |
| Pasa tamiz Nº 10 | 50,4 | 54,4 | 50,0 | 52,5 | 51,0 | 56,9 |
| Pasa tamiz Nº 40 | 34,0 | 36,1 | 32,4 | 33,4 | 32,7 | 36,0 |
| Pasa tamiz Nº 80 | 13,0 | 13,8 | 12,6 | 12,4 | 12,5 | 14,4 |
| Pasa tamiz Nº 200 | 6,2 | 6,4 | 5,7 | 5,2 | 5,7 | 6,3 |

no, las estabilidades Marshall a 60°C, crecen en relación con la mayor viscosidad del asfalto, y se igualan cuando la estabilidad se determina a la temperatura de igual viscosidad de los asfaltos.

En general los valores obtenidos en el LEMIT, fueron coincidentes con los que se lograron en el laboratorio de obra.

COMPORTAMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA EN LOS TRAMOS DE ENSAYO

En razón de las limitaciones impuestas para la realización del tramo experimental, las determinaciones y observaciones a realizar en el mismo se reducen a comparar el desempeño de las carpetas para establecer el comportamiento de los tres asfaltos, aceptando que el resto de las variables que regulan el comportamiento de las carpetas son prácticamente iguales.

Al finalizar la construcción de los tres tramos de carpeta asfáltica, el aspecto de los mismos no presentaba diferencias notables a simple vista en lo que a color y textura se refiere. A los pocos días se tomaron muestras del pavimento, efectuándose la extracción de las mismas con máquina caladora Acker con broca de diamante de 15 cm de diámetro, cubriendo diferentes zonas de la superficie pavimentada. Esta operación se repitió luego de ocho meses de construido el tramo.

Los valores promedio que se obtuvieron al ensayar los testigos se exponen en la tabla VIII. Tal como era de esperar por el poco tiempo transcurrido, no se han producido cambios notables en las características de las distintas mezclas, ya que las variaciones que se aprecian son normales para este tipo de ensayos. En lo referente a los vacíos de la mezcla se observa que el grado de compactación logrado está dentro de las exigencias vigentes y en un mismo orden para las tres mezclas, pese a las diferentes características de los asfaltos.

T A B L A IX
CAMBIOS PRODUCIDOS EN EL ASFALTO MEDANITO

| | Original | Después de 5 hs. a 163° | Recuperado del Pavimento | |
|--|----------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | Inicial | 8 meses |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 75 | 52 | 54 | 54 |
| Punto de ablandamiento (A y E) (°C) | 46,8 | — | 49,8 | 50,0 |
| Ductilidad a 25°C (cm) | + 150 | + 150 | + 150 | + 150 |
| Viscosidad a 60°C (Poises) | 2040 | 3857 | 3690 | 3866 |
| Viscosidad a 25°C, y 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ (Megapoise) | 1,85 | 5,00 | 4,82 | 5,81 |
| Indice de flujo complejo | 0,92 | 0,85 | 0,83 | 0,77 |
| Contenido de asfaltenos (%) .. | 18,8 | — | 23,4 | 23,6 |

T A B L A X
CAMBIOS PRODUCIDOS EN EL ASFALTO ESCALANTE

| | Original | Después de 5 hs. a 163° | Recuperado del Pavimento | |
|---|----------|----------------------------|-----------------------------|----------|
| | | | Inicial | 8 meses |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 60 | 46 | 44 | 39 |
| Punto de ablandamiento (A y E) (°C) | 59,0 | — | 68,0 | 73,0 |
| Ductilidad a 25°C (cm) | 22 | 7 | 6 | 5 |
| Viscosidad a 60°C (Poises) .. | 21799 | 80750 | 150300 | > 150000 |
| Viscosidad a 25°C y 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ (Megapoise) | 8,40 | 13,8 | 15,0 | 22,0 |
| Indice de flujo complejo | 0,31 | 0,43 | 0,46 | 0,36 |
| Contenido de asfaltenos (%) .. | 28,3 | — | 31,1 | 32,5 |

T A B L A XI
CAMBIOS PRODUCIDOS EN EL ASFALTO MEZCLA

| | Original | Después de 5 hs. a 163° | Recuperado del Pavimento | |
|--|----------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | Inicial | 8 meses |
| Penetración a 25°C (100 g-5 seg) | 70 | 50 | 52 | 48 |
| Punto de ablandamiento (A y E) (°C) | 50,8 | — | 53,4 | 54,0 |
| Ductilidad a 25°C (cm) | + 150 | 91 | 75 | 60 |
| Viscosidad a 60°C (Poises) ... | 3410 | 8819 | 8430 | 8491 |
| Viscosidad a 25°C, y 5 x 10 ⁻² seg ⁻¹ (Megapoise) | 3,36 | 7,70 | 7,62 | 8,10 |
| Indice de flujo complejo | 0,81 | 0,55 | 0,58 | 0,51 |
| Contenido de asfaltenos (%) .. | 24,3 | — | 25,9 | 27,5 |

Para verificar los cambios producidos en los asfaltos, se procedió a su extracción y posterior recuperación. Para ello se aplicó el método de Abson (ASTM D 1856-69). El asfalto correspondiente a las muestras individuales de cada tramo se reunió en una sola muestra para su posterior ensayo.

En las tablas IX, X y XI se presentan los valores obtenidos en los asfaltos recuperados del pavimento y los correspondientes a los asfaltos originales y luego del ensayo de calentamiento en película delgada. Tanto el asfalto de Medanito como la Mezcla no presentan cambios significativos en sus propiedades luego de transcurridos ocho meses en servicio, notándose una muy buena concordancia en los valores obtenidos luego del ensayo de pérdida en película fina y la de los asfaltos recuperados del pavimento una vez finalizada su construcción.

Donde se observan mayores cambios es en el Escalante y los mismos vienen dados por un elevado incremento de consistencia a cualquiera de las temperaturas consideradas.

Según Kandhal y colaboradores (22), en observaciones realizadas en tramos experimentales, concluyen que la viscosidad a 25°C y 0,05 seg⁻¹ guarda una estrecha relación con el comportamiento en servicio. Es así que los comportamientos más pobres se obtuvieron con asfaltos de elevada consistencia. Si bien éste es un hecho que no puede generalizarse, debe ser tomado en cuenta en las evaluaciones que se efectúen.

Durante el año 1974 se llevó un control del número de vehículos que circularon por el tramo experimental. Un puesto de registro se ubicó en la zona correspondiente al asfalto Escalante, aproximadamente a 2 m de la banquina y el promedio mensual fue de 5.039 vehículos por día. El otro puesto de registro se encuentra en la zona construida con el asfalto de Medanito, a 5 m de la banquina y el promedio mensual registrado fue de 8.050 vehículos por día.

Tal como fue dicho anteriormente no es posible sacar conclusiones respecto al comportamiento de los asfaltos en razón del escaso tiempo transcurrido desde la ejecución de la obra. Se ha programado una serie de controles y extracción de testigos en forma periódica para seguir la evolución del tramo. Los resultados que se obtengan serán motivo de información posterior.

BIBLIOGRAFIA

1. Pinilla, A. - Composición y estructura de los betunes asfálticos de Comodoro Rivadavia y Challacó. VII Reunión del Asfalto, 203, 1953.
2. Zucherino, D.; García, R. - Comunicación sobre petróleos crudos nacionales para la elaboración de betunes asfálticos. VIII Reunión del Asfalto, 189, 1955.
3. Ruiz, C. L.; Rivara de Ronchi, Y; López, B. - Sobre una medida comparativa de la estabilidad de los asfaltos usados en pavimentación. XVIII Reunión del Asfalto, 109, 1973.
4. Ruiz, C. L. - Reología. Boletín de informaciones petroleras, nº 20, 1943.
5. Elicabe, J. L. - Estudio reológico de betunes asfálticos obtenidos por destilación conservativa de los petróleos de Challacó y Comodoro Rivadavia y de mezclas de aquéllos. VI Reunión Anual del Asfalto, 25, 1952.
6. Pinilla, A.; Agnusdei J. O. - Reología de asfaltos argentinos con el empleo del microviscosímetro. I y II Parte. XIII Reunión Anual del Asfalto, 85, 1964.
7. Agnusdei, J. O.; Anvaria, O. - Reología de asfaltos argentinos a baja temperatura. XVI Reunión Anual del Asfalto, 312, 1969.
8. De Luca, J. C. - Características de viscosidad de asfaltos nacionales. XVIII Reunión Anual del Asfalto, 86, 1973.
9. Agnusdei, J. O.; Frezzini, P.; Rueda Ibáñez, E. - Comportamiento reológico de asfaltos nacionales y de sus componentes. XVIII Reunión Anual del Asfalto, 133, 1973.
10. Ruiz, C. L. - Sobre el índice de penetración de cementos asfálticos argentinos. XVII Reunión Anual del Asfalto, 442, 1971.
11. Pinilla, A.; Agnusdei, J. O.; Gainza, J. A. - Susceptibilidad térmica de asfaltos argentinos y sus mezclas. XI Reunión Anual del Asfalto, 92, 1962.

12. Massaccesi, D. D.; Iosco, O. - Influencia de la viscosidad de algunos asfaltos en la compactabilidad y otras características de un concreto asfáltico. XVIII Reunión Anual del Asfalto, 260, 1973.
13. Pinilla, A. - Nuevos criterios y tendencias sobre especificaciones de asfaltos para uso vial. XVI Reunión Anual del Asfalto, 69, 1969.
14. Pinilla, A.; Agnusdei, J. O.; Frezzini, P. O. - Nuevas tendencias en especificaciones y su aplicación a los asfaltos procesados en el país. XVII Reunión Anual del Asfalto, 160, 1971.
15. Agnusdei, J. O.; Massaccesi, D. D. - Análisis de los componentes estructurales de un pavimento urbano luego de 27 años de servicio. XVII Reunión Anual del Asfalto, 333, 1971.
16. Ruiz, C. L. - Comunicación personal.
17. Davin, J. - Etude des revêtements fermés a liant bitumineux. Revêtements experimentaux. IX Congrès Belges de la Route, Section A. Question A2, Rapport A2/7, Liege, 1959.
18. Hubrecht, L. - Betons asphaltiques experimentaux (Grand Manil 1958). Enseignements après 5 années. La Technique Routiere, IX/1, 40, 1964.
19. Outer, P. - Bitumes et betons asphaltiques. La Technique Routiere, XII/4, 1, 1967.
20. Huet, J. - Enseignements tirés des routes experimentales en betons asphaltiques. La Technique Routiere, XVII/1, 1972.
21. The Asphalt Institute. Manual del Asfalto, 102, 1969.
22. Kandhal, P. S.; Sandvig, L. D.; Koehler, W. C.; Wenger, M. E. - Asphalt viscosity related properties of in-service pavements in Pennsylvania. Research report. Commonwealth of Pennsylvania, Department of Transportation, Bureau of Materials Testing and Research, 1972.

AGRADECIMIENTO

Por la valiosa colaboración prestada para el proyecto, ejecución y control del tramo experimental se agradece a los Dres. Celestino Ruiz y Alfredo Pinilla e Ing. Hipólito Fernández García de la Comisión Permanente del Asfalto; a los Ings. Oscar Rivara y O. Petrocelli de la Dirección Nacional de Vialidad; a los Ings. Duilio D. Massaccesi y Eduardo Rueda Ibáñez y Técnicos Omar Iosco y Martín Pucko del LEMIT, al Ing. M. Beccar Varela de la empresa pavimentadora, a las empresas Y.P.F., ESSO S.A.P.A. y SHELL C.A.P.S.A. que suministraron los asfaltos y a todos aquellos que de alguna forma participaron en la realización de este trabajo.