



ANALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA - ARGENTINA

2-1972



ANALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES
LA PLATA - ARGENTINA

2-1972

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

Ministro, Ing. Leonardo D. Bertoni

Subsecretario de Obras Públicas, Ing. Rodolfo A. Montalvo

Subsecretario de Urbanismo y Vivienda, Ing. Raúl R. Ronco

Subsecretario de Programación, Dr. Carlos A. Coloma

L E M I T

Director, Dr. Pedro J. Carriquiriborde

Subdirector, Ing. Mecánico y Electricista Américo O. Boero

Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Hidráulica,
Ing. Mecánico y Electricista Héctor P. Alcalde

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción,
Ing. Civil Luis M. Fossa

Jefe del Departamento Tecnología Aplicada y Plantas Experimentales,
Dr. en Química Luis A. Mennucci

Jefe del Departamento Análisis y Ensayo de Materiales,
Dr. en Química Vicente J. D. Rascio

Dirección de la Revista: Dr. Vicente J. D. Rascio

Diagramación: Sr. Jorge Luis Borio

Fotografía: Tco. Qco. Sr. Francisco Da Cruz

Impresión: Talleres Gráficos del M. O. P.

Compaginación: Sr. Carlos Sosa

L. E. M. I. T.

52, entre 121 y 122.

LA PLATA - ARGENTINA

I N D I C E

- Pág. 1 CONSIDERACIONES GEOMETRICO CINETICAS SOBRE REAC-
CIONES SOLIDO-FLUIDO
- Dr. Norberto O. Lemcoff
Dr. Roberto E. Cunningham
- Pág. 13 NUEVAS TENDENCIAS EN ESPECIFICACIONES Y SU APLI-
CACION A LOS ASFALTOS PROCESADOS EN EL PAIS
- Dr. Alfredo Pinilla
Dr. Jorge O. Agnusdei
Lic. Pascual O. Frezzini
- Pág. 43 ANALISIS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN
PAVIMENTO URBANO LUEGO DE 27 AÑOS DE SERVICIO
- Dr. Jorge O. Agnusdei
Ing. Duilio D. Massaccesi
- Pág. 67 MULTITIZACION DE MEZCLAS DE ARCILLA CAOLINITICA
E HIDROXIDO DE ALUMINIO
- Dr. Angel R. Rossini
Dr. Salomón Cohen Arazi
Dr. Teodoro G. Krenkel
- Pág. 81 AREA DEL POLO DE DESARROLLO DE BAHIA BLANCA. RE-
CURSOS MINERALES Y ROCAS DE APLICACION
- Ing. Victorio Angelelli
Lic. Jorge Villa
Lic. José M. Suriano

APENDICE

Resúmenes de los trabajos
Abstracts of papers in this issue

CONSIDERACIONES GEOMETRICO CINETICAS
SOBRE REACCIONES SOLIDO-FLUIDO

Dr. Norberto O. Lemcoff *

Dr. Roberto E. Cunningham **

SERIE II, n° 207

- * Departamento de Tecnología Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- ** LEMIT y Departamento de Tecnología Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Miembro de la Carrera de Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

INTRODUCCION

Para una reacción en fase fluída cuya cinética se expresa

$$r_A = k c_A^a \quad (1)$$

es sabido que si $a \geq 1$, la velocidad de reacción por unidad de volumen disminuye más rápidamente de lo que lo hace la concentración del reactivo. En consecuencia, el reactivo sólo se agotará a tiempo infinito.

En cambio, si $a < 1$, el reactivo se agotará a tiempo finito y tanto más rápidamente cuanto menor sea el orden de reacción.

Consideremos ahora la reacción entre el fluido A y el sólido poroso B, en la que b moles del sólido reaccionan con uno del fluido.

A diferencia del caso anterior, y siempre que el sólido sea insoluble en el fluído, la reacción ocurrirá sobre la superficie del sólido exclusivamente; es decir, el fenómeno es de naturaleza interfásial o superficial en lugar de volumétrica. Por ello la velocidad de reacción por unidad de superficie de reactivo sólido será independiente de la cantidad de sólido presente.

En consecuencia, el sólido se habrá de agotar a tiempo finito.

Si la cinética de tal reacción la expresamos como

$$r_A = b k c_A^a c_B^\beta \quad (2)$$

se infiere entonces que es condición necesaria que sea $\beta < 1$, y ello es de validez general para este tipo de reacciones.

Ahora bien, debemos observar que, si bien el fenómeno es superficial para la fase B, sin embargo la ecuación (2) se ha escrito en términos de una concentración de tal fase. La variación temporal de tal concentración se deberá pues a la variación temporal de la estructura porosa de dicha fase.

Ello nos conduce a dos consideraciones ligadas entre sí: 1) la forma de expresar la ecuación (2) implica un tratamiento aparente (y no fundamental) del fenómeno en lo que a la fase sólida se refiere; 2) la exigencia de que sea $\beta < 1$ debe por ende traducirse en otra exigencia en relación con la geometría de la estructura porosa.

Seguidamente pasaremos a ver esto en detalle.

LA GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA POROSA

Para una estructura porosa cualquiera se tiene que

$$S_V = S_V(r_p, \epsilon) \quad (3)$$

pero al mismo tiempo

$$\epsilon = \epsilon(\epsilon_o, r_p) \quad (4)$$

y como

$$c_B = (1 - \epsilon) / (1 - \epsilon_o) \quad (5)$$

Entonces, de las ecuaciones (3), (4) y (5) surge que:

$$S_V = S_V(c_B) \quad (6)$$

Es más práctico escribir la relación de la ecuación (6) en forma adimensional, tomando para ello el instante inicial como estado de referencia; de esta forma la ecuación (6) se puede escribir como sigue:

$$S_V^* = S_V^*(c_B^*) \quad (7)$$

Salvo para modelos de poros muy simples, la relación dada por la ecuación (7) es muy compleja, y más aún, muchas veces no es explicitable (ver Apéndice). No obstante, podemos aceptar que siempre existirá un polinomio de c_B^* que denominaremos $P(c_B^*)$, que cumpla con tal relación. En consecuencia será

$$S_V^* = P(c_B^*) \quad (8)$$

LA EXPRESION CINETICA

La velocidad de consumo del sólido B por unidad de volumen se puede escribir como sigue:

$$r_A = b k' c_A^a S_V \quad (9)$$

Esta expresión contiene un coeficiente fundamental ya que el mismo es por unidad de superficie de sólido reactivo.

Pero si se tiene en cuenta la ecuación (8), la ecuación (9) se puede transformar en:

$$r_A = b k' S_{V_0} c_A^a P(c_B) \quad (10)$$

Si se compara la ecuación (10) con la (2) se ve que el polinomio debe expresarse bajo la forma

$$P(c_B) = c_B^\beta \quad (11)$$

a efectos de que ambas expresiones cinéticas se igualen entre sí.

De esta manera queda determinado el significado del coeficiente de velocidad de reacción en la ecuación (2):

$$k = k' S_{V_0} / c_{B_0}^\beta \quad (12)$$

Pero ocurre que, para que se cumpla la ecuación (11) en todo el rango de c_B , deberá ser:

$$\beta = \beta(c_B) \quad (13)$$

Por lo tanto, el coeficiente de velocidad de reacción así como el orden de reacción respecto de B son coeficientes aparentes en la ecuación 2. Por ello la ecuación (10) es más útil que la ecuación (2).

LA CONDICION $\beta < 1$

La ecuación (2) es poco útil porque implica coeficientes variables. No obstante, la condición de que debe ser $\beta < 1$ mantiene vigencia.

Pero si tenemos en cuenta las ecuaciones (8) y (11), vemos que tal condición, que es de naturaleza cinética, implica otra que es de naturaleza geométrica; en efecto, vemos que entonces debe ser

$$S_V^* > c_B^* \quad (14)$$

La ecuación (14) indica una condición que hace exclusivamente a la geometría de un medio poroso, independiente de un fenómeno cinético.

La validez de lo expresado por la ecuación (14) puede demostrarse por una vía semicuantitativa.

Para ello debemos tener en cuenta que, al consumirse el sólido poroso, el volumen de la fase sólida varía proporcionalmente a una longitud L al cubo, mientras su superficie lo hace en una longitud L al cuadrado, es decir que será

$$V_B \propto L^3 \quad (15)$$

$$S_B \propto L^2 \quad (16)$$

Al consumirse el sólido, su volumen siempre disminuye, no así su superficie.

Al respecto, vamos a tratar de ver cómo es la variación de la superficie de sólido reactivo por unidad de volumen de dicho sólido, que denominamos S_t , a medida que se consume el sólido. De las ecuaciones (15) y (16) sabemos que será

$$S_t = (\text{superficie de sólido B/volumen de sólido B}) \propto L^{-1} \quad (17)$$

A este fin debemos tener en cuenta que el sólido poroso puede ser tal que: 1) la fase sólida sea la fase dispersa; este es el caso de partículas no porosas compactadas; en este caso, al consumirse el sólido, tanto su superficie como su volumen van disminuyendo, y como L también disminuye, de la ecuación (17) surge que será

$$S_t > S_{t_0} \quad (18)$$

2) La otra posibilidad es que la fase continua sea la del sólido. Este caso corresponde al de un sólido atravesado-

do por poros entrecruzados.

En este caso aparecen dos efectos simultáneos: a) al agrandarse los poros la superficie del sólido reactivo aumenta; b) pero al mismo tiempo, toda vez que se consume la pared que separa los poros, dicha superficie disminuye.

Es evidente que cualquiera de ambos efectos hace que S_t aumente al consumirse el sólido. En consecuencia se sigue cumpliendo la ecuación (18).

Vemos pues que tal ecuación es de validez general.

La ecuación (18) puede también escribirse como sigue:

$$S_g \rho_t / (S_g \rho_t)_o > 1 \quad (19)$$

Y como la densidad molar verdadera del sólido reactivo (moles por unidad de volumen de sólido reactivo) no varía durante el proceso (es decir $c_{tB} = c_{tB_0}$), la ecuación (19) se puede transformar en:

$$S_g \rho_t (1 - \epsilon) / (S_g \rho_t)_o (1 - \epsilon_o) > c_{tB} (1 - \epsilon) / c_{tB_0} (1 - \epsilon_o) \quad (20)$$

pero como

$$S_V = S_g \rho_t (1 - \epsilon) \quad (21)$$

$$c_B = c_{tB} (1 - \epsilon) \quad (22)$$

Introduciendo las ecuaciones (21) y (22) en la ecuación (20) se verifica la ecuación (14).

APENDICE

Veremos en este punto las formas particulares que adoptan las ecuaciones (3) a (8), y verificaremos la validez de la ecuación (14) para tres estructuras porosas.

1. El sólido es la fase dispersa.

En este caso el sólido está formado por partículas que podemos caracterizar por un radio equivalente r_p ; por lo tanto tendremos que:

$$S_V = (\Phi / r_p) (1 - \epsilon) \quad (\text{A.1})$$

en donde Φ es el factor de forma de la superficie, definido como

$$\Phi = S r_p / V \quad (\text{A.2})$$

La ecuación (A.1) se puede escribir en forma adimensional

$$S_V^* = (1 - \epsilon) / (1 - \epsilon_0) r_p^* \quad (\text{A.3})$$

Pero además se tiene que

$$c_B^* = (1 - \epsilon) / (1 - \epsilon_0) = r_p^{*3} \quad (\text{A.4})$$

Combinando las ecuaciones (A.3) y (A.4) se obtiene:

$$S_V^* = (c_B^*)^{2/3} \quad (\text{A.5})$$

con lo que se verifica lo postulado por la ecuación (14).

Al margen de ello se observa que este es un caso particular simple en el cuál el polinomio de la ecuación (8) se ha reducido a un monomio y en el que, por lo tanto, el orden de reacción respecto de B de la ecuación (11), será constante.

2. El sólido es la fase continua.

Se considerarán dos tipos de poros que atraviesan el sólido.

2.1 Poros cilíndricos rectos paralelos. Si el radio de poro es r_p y la distancia entre los ejes de poros es D, entonces se tiene que:

$$r_{p_0} \leq r_p \leq D/2 \quad \left\{ \begin{array}{l} S_V^* = r_p^* \quad (\text{A.6}) \\ c_B^* = (\epsilon_0^{-1} - r_p^{*2}) / (\epsilon_0^{-1} - 1) \quad (\text{A.7}) \end{array} \right.$$

De las ecuaciones (A.6) y (A.7) se obtiene:

$$S_V^* = \left[\epsilon_0^{-1} - (\epsilon_0^{-1} - 1) c_B^* \right]^{1/2} \quad (\text{A.8})$$

A su vez, cuando los poros se comienzan a tocar entre sí se tiene que:

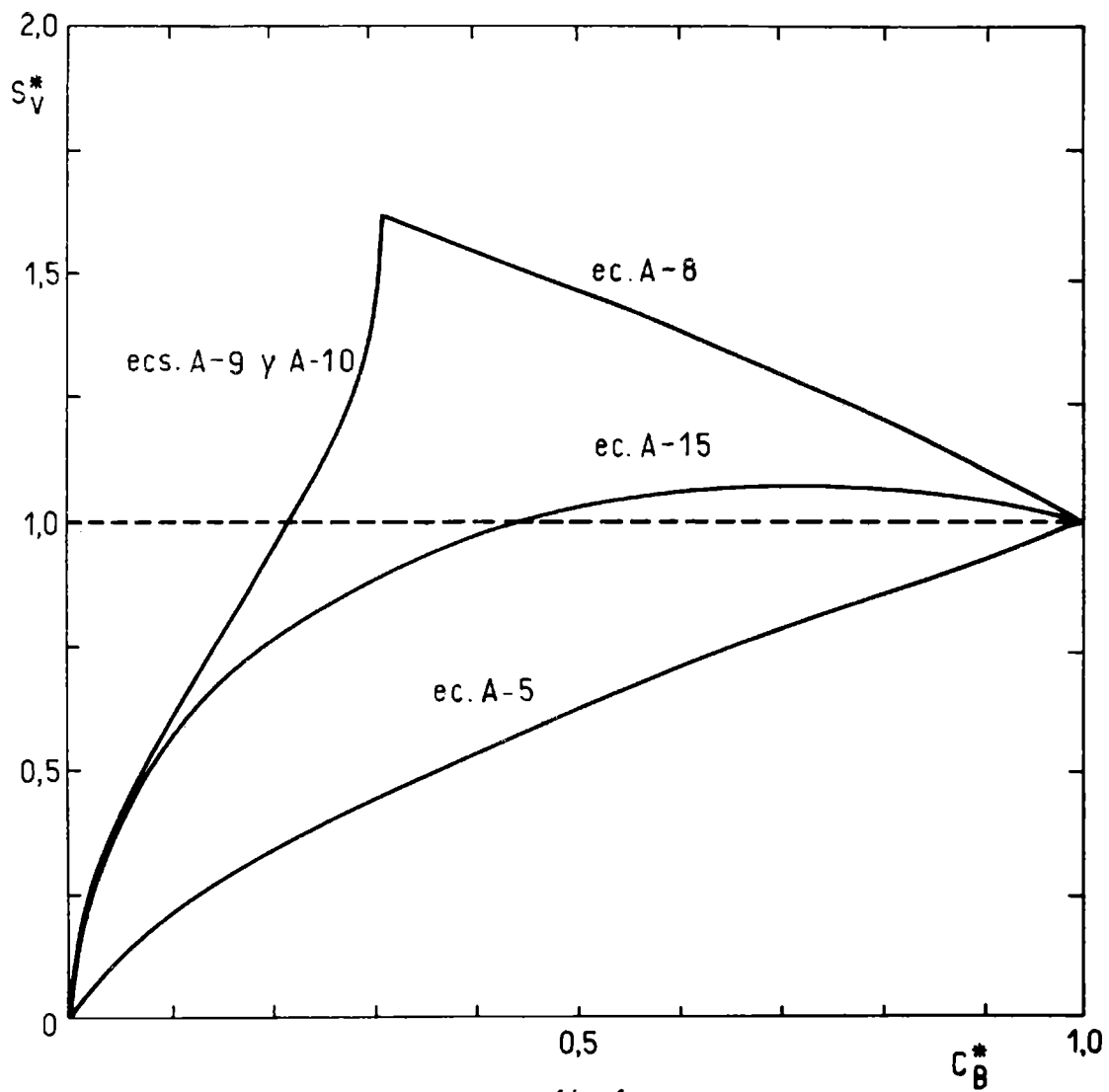


fig. 1

$$\frac{D}{2} \leq r_p \leq \frac{D}{\sqrt{2}} \quad ;$$

$$S_V^* = \left[1 - (4/\pi) \arccos E/r_p^* \right] r_p^* \quad (A.9)$$

$$c_B^* = \frac{4E^2 - 2 r_p^{*2} \left[(\pi/2 \arccos E/r_p^*) - 4 E r_p^* \left[1 - (E/r_p^2) \right]^{1/2} \right]}{4 E^2 - \pi} \quad (A.10)$$

en donde:

$$E^2 = \pi/4 \epsilon_0 = D^2/4 r_{p0}^2 \quad (A.11)$$

Las ecuaciones (A.9) y (A.10) muestran algo que se había dicho previamente: es muy común que la relación $S_V^*(c_B^*)$ no sea explicitable en forma directa.

Para el caso de una porosidad inicial de 0,3 se tiene una relación entre S_V^* y c_B^* como la que se ve en la fig. 1, en la que se diferencia claramente la zona en la que los poros aún no se tocan de la que ya lo han hecho. Además, hasta un valor de $c_B^* = 0,214$ la superficie de sólido por unidad de volumen de medio es mayor que la inicial. Compárese ello con el caso del sólido disperso en el que la superficie inicial por unidad de volumen de medio es siempre mayor.

2.2 Modelo de poros cilíndricos y rectos entrecruzados al azar, de radio uniforme (1). En este caso se tiene que:

$$S_V^* = \left[(2G - 3r^*) / (2G - 3) \right] r^* \quad (A.12)$$

y al mismo tiempo es

$$c_B^* = \left[(4/27)G^3 - r^{*2}(G - r^*) \right] / \left[(4/27)G^3 - G + 1 \right] \quad (A.13)$$

Así tampoco se puede explicitar la relación $S_V^*(c_B^*)$, pero para el caso de una porosidad inicial de 0,303 se tiene que, como

$$(4/27)G^3 - (G/\epsilon_0) + \epsilon_0^{-1} = 0 \quad (A.14)$$

entonces surge un valor de $G = 4,105$. En consecuencia, la relación $S_V^*(c_B^*)$ se puede representar por un polinomio de la for-

$$S_V^* = 0,56 + 1,43 c_B^* - 0,97 c_B^{*2} - 0,0137/(0,0244 + c_B^*)$$

(A.15)

La relación dada por la ecuación A.15 se representa en la fig. 1.

La fig. 1 nos muestra que, para el caso en que el sólido es la fase continua, también se verifica la validez de la ecuación (A.14).

CONCLUSIONES

Se ha mostrado que para una reacción entre un fluido y un sólido poroso hay una condición necesaria surgida de un razonamiento cinético que implica a su vez otra condición necesaria de naturaleza exclusivamente geométrica acerca de la estructura porosa del sólido reactivo.

BIBLIOGRAFIA

1. Petersen, E. E.- A. I. Ch. E. Journal, 1957, 3, 443.

NOMENCLATURA

- A reactivo fluido
- B reactivo sólido
- b coeficiente estequiométrico de B
- c concentración molar
- $c^* = c/c_0$
- D distancia entre ejes de poros
- E coeficiente definido en ecuación (A.11)
- G coeficiente definido en ecuación (A. 14)
- k coeficiente de velocidad de reacción por unidad de vo-

lumen de medio
 k' coeficiente de velocidad de reacción por unidad de superficie de sólido reactivo
 L longitud
 $P(c_B)$ polinomio de c_B
 r velocidad de reacción por unidad de volumen de medio
 r_p radio de poro o de partícula
 $r_p^* = r_p / r_{p0}$
 S superficie
 $S^* = S / S_0$

Subíndices:

g propiedad por unidad de masa de sólido B
 o valor inicial
 t propiedad por unidad de volumen de sólido B
 V propiedad por unidad de volumen de medio

Símbolos griegos:

α orden de reacción respecto de A
 β orden de reacción respecto de B
 ϵ porosidad
 ρ densidad másica
 Φ factor de forma definido por la ecuación (A.2)

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

Dr. Alfredo Pinilla^{*}

Dr. Jorge O. Agnusdei^{**}

Lic. Pascual O. Frezzini^{***}

- * 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 ₄ 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, fisurado 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 ⁴ 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

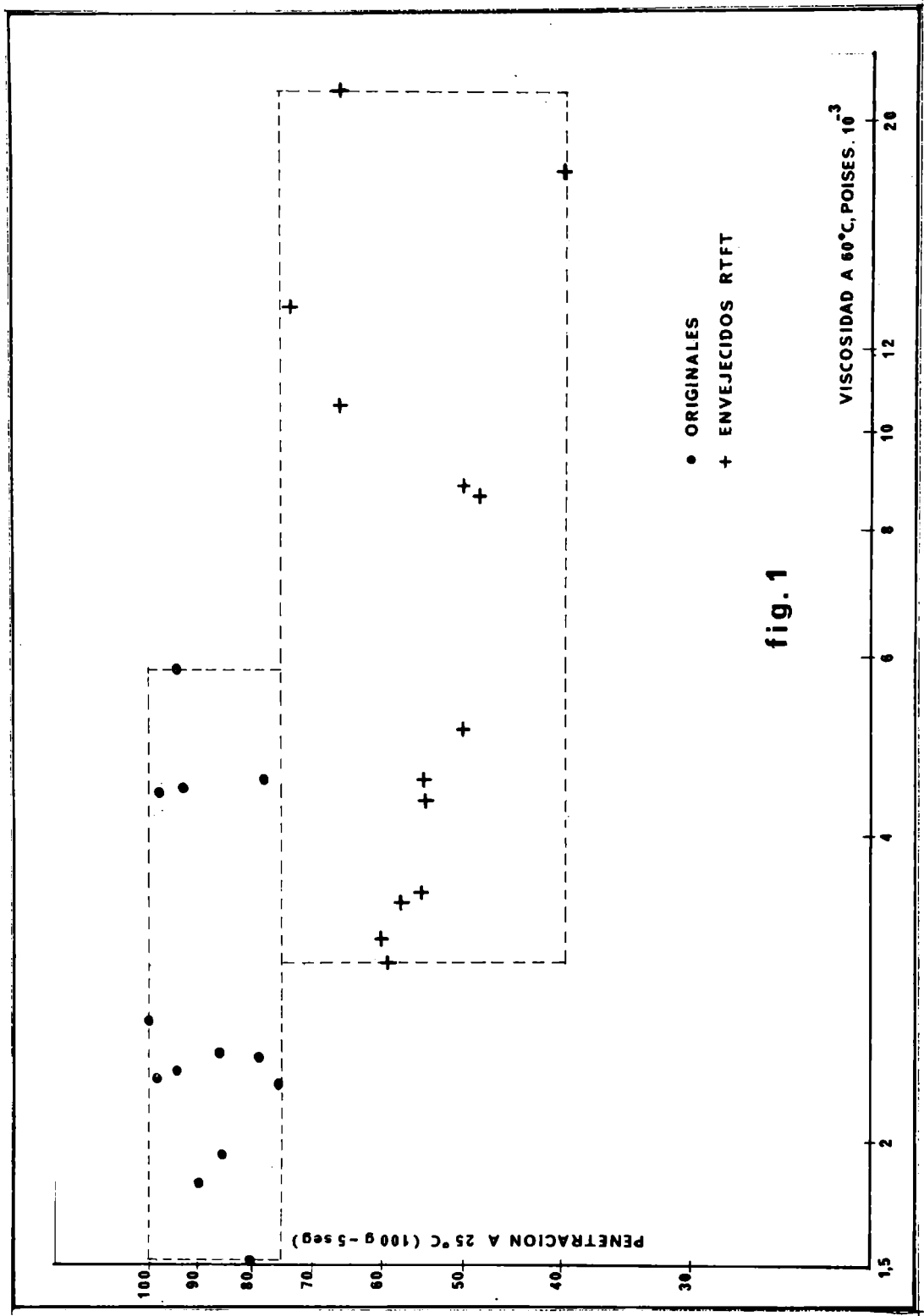


fig. 1

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

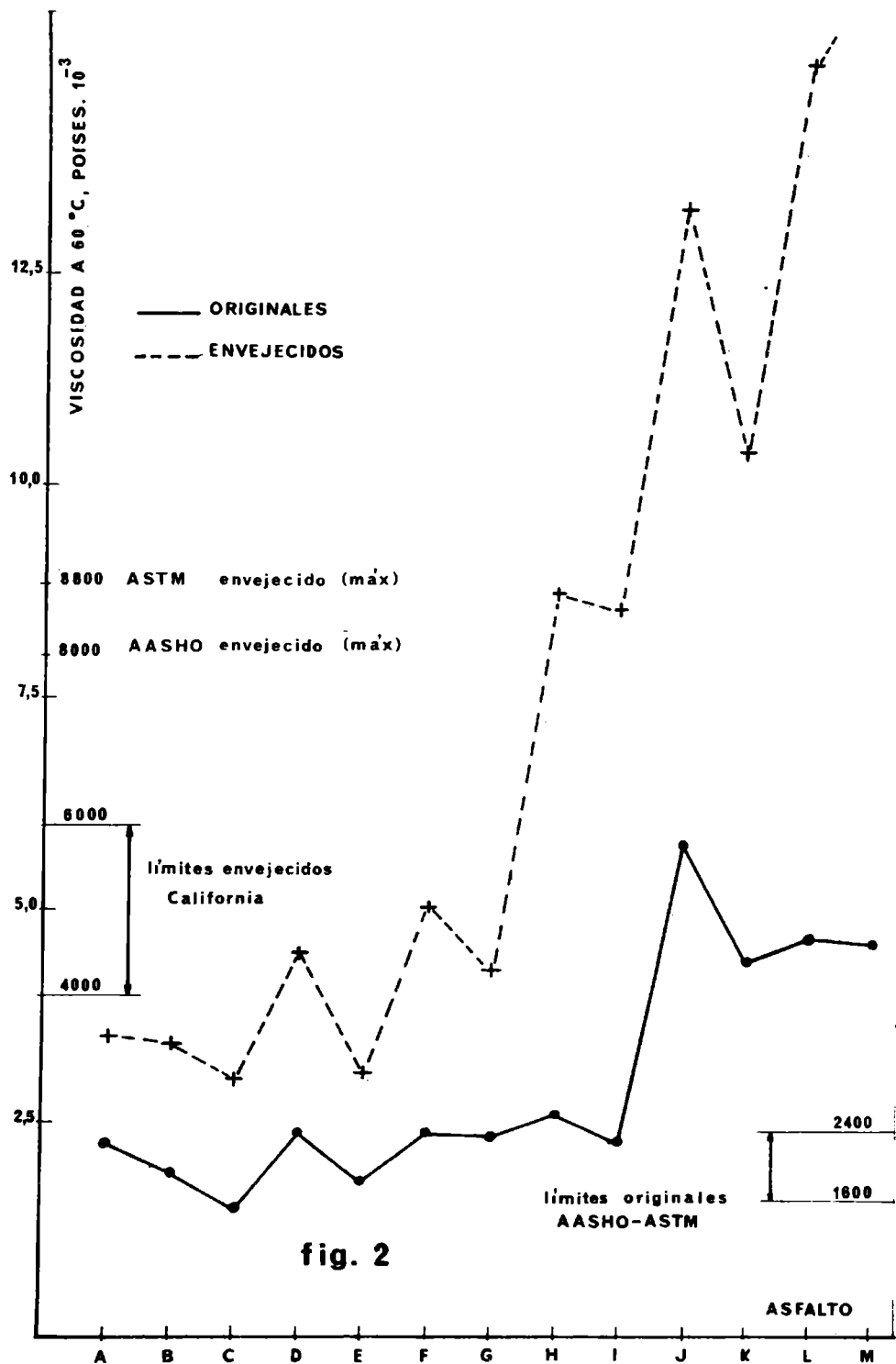
La viscosidad a 60°C fue determinada de acuerdo a la norma ASTM D 2171 empleando viscosímetros capilares de vacío. El vacío aplicado es de $30 \pm 0,05$ cm de mercurio. Mayores detalles sobre el mismo pueden encontrarse en trabajos anteriores (15). Esta temperatura responde a la máxima temperatura del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

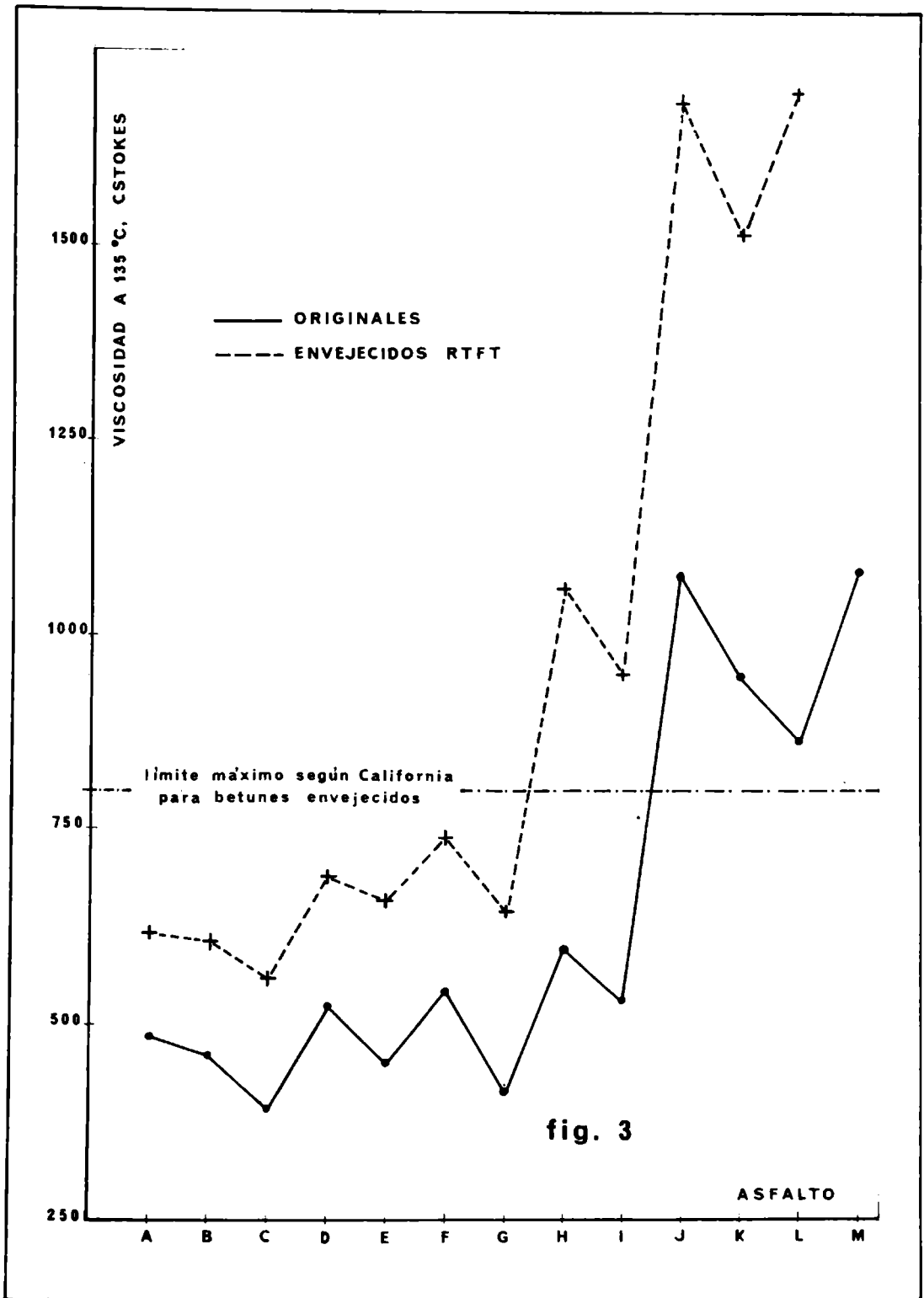
El presente ensayo, recomendado por ASTM, hace uso del microviscosímetro de placas deslizantes modificado. La modificación consiste en el empleo de placas de acero inoxidable en lugar de las clásicas placas de vidrio. Estas están diseñadas de tal manera que el área de la película de asfalto que es deformada es de 1,2 cm², en lugar de los 6 cm² 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⁻¹.

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.

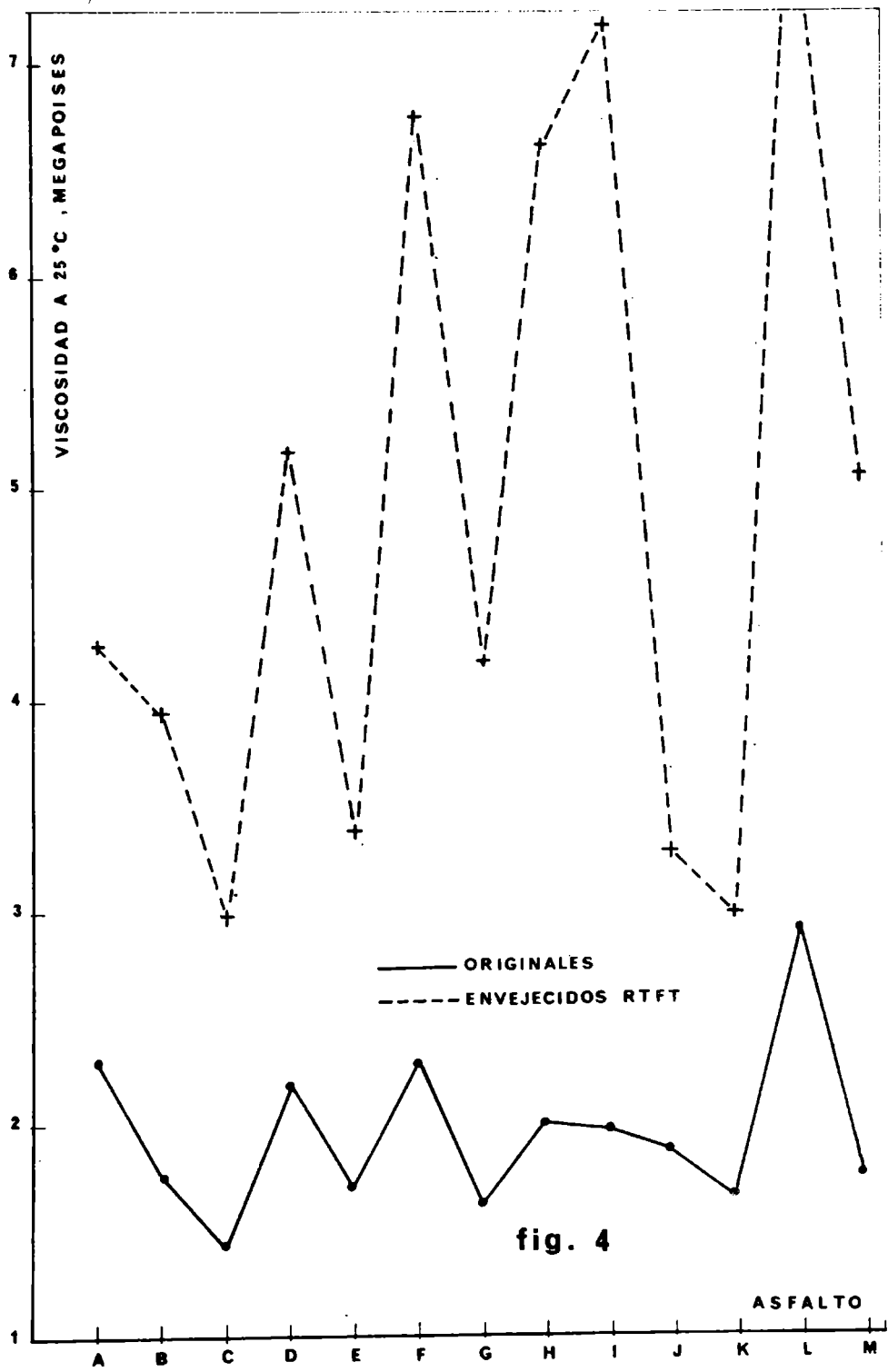


fig. 4

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

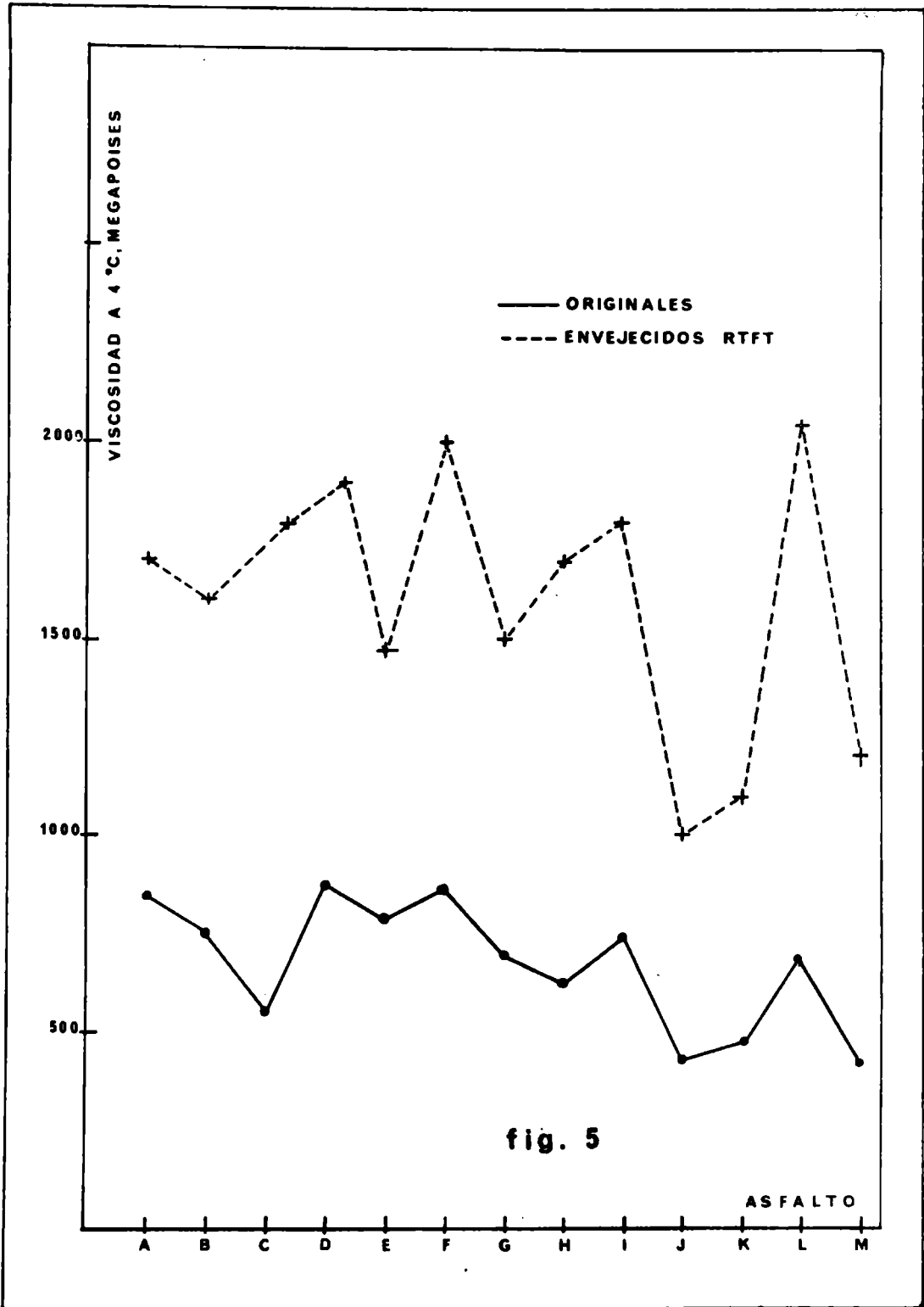


fig. 5

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 ₄ , %.....	99,9	--	99,8	--	99,9	--
Ensayo de Oliensis.....	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 ⁻² seg ⁻¹) megapoises.....	2,30	4,24	1,76	3,98	1,42	3,00
Viscosidad a 4°C (10 ⁻³ seg ⁻¹), 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 ₄ , %.....	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 ⁻² seg ⁻¹) megapoises.....	2,02	6,64	1,98	7,30	1,89	3,15
Viscosidad a 4°C (10 ⁻³ seg ⁻¹), 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

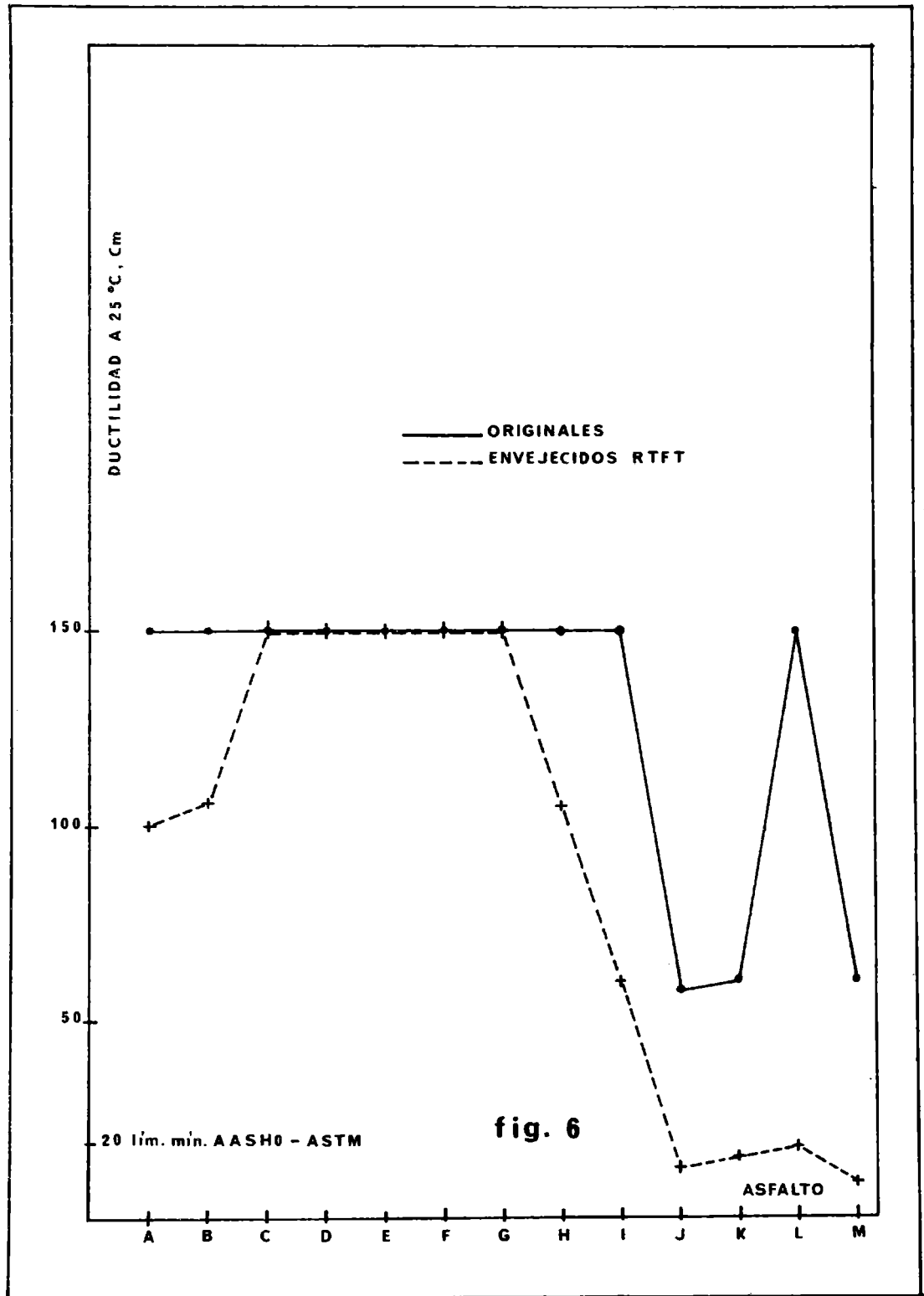
esto, solamente cumplirían con este requisito los asfaltos A,B,C,D,F y G. Considerando la especificación AASHO o ASTM y la del Instituto del Asfalto, todos los materiales ensayados, cumplirían, ya que estas especificaciones exigen solamente un valor mínimo de 210 y 200 centistokes, para los asfaltos 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

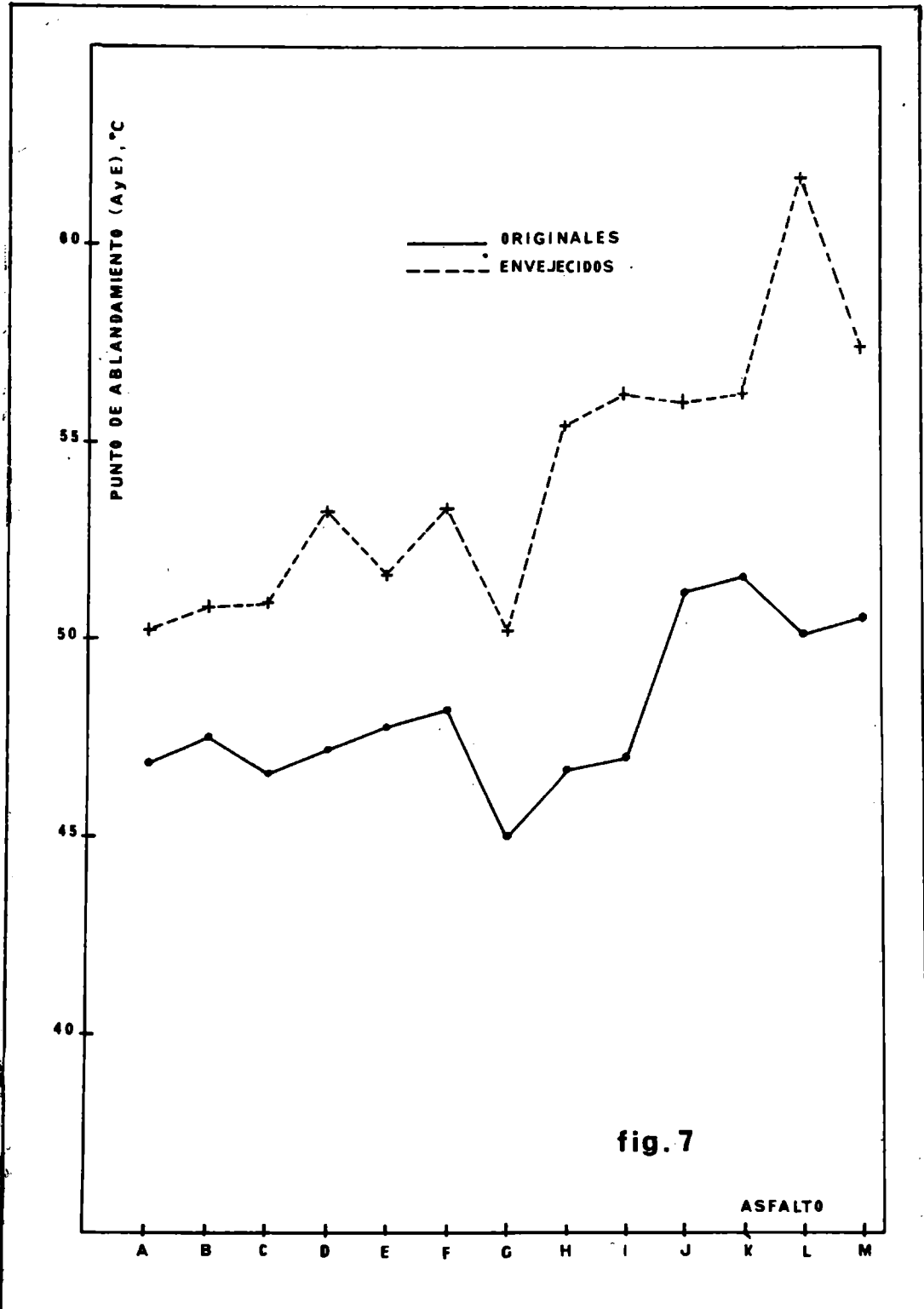


viscosidad a 4°C para los distintos asfaltos. El método de ensayo como se dijo anteriormente está recomendado por ASTM pero debemos hacer algunas observaciones al mismo, de acuerdo a los resultados obtenidos. Los valores sobre los asfaltos originales oscilan entre 550 y 880 megapoisés y para los asfaltos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



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 AC₂₀ (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 AC₄₀ (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 AC₂₄ (1800-3000 Poises), en cuanto a consistencia y ductilidad. Si se considera el grado AC₄₈ (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.

ANALISIS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES
DE UN PAVIMENTO URBANO LUEGO DE 27 AÑOS DE SERVICIO

Dr. Jorge O. Agnusdei

Ing. Duilio D. Massaccesi

SERIE II, Nº 209

INTRODUCCION

En los años 1942-1943 durante la ejecución de los pavimentos de una zona de la ciudad de La Plata, el LEMIT tuvo a su cargo, el contralor de los materiales integrantes de la mezcla asfáltica empleada. Es así que obran en nuestro poder los resultados de los ensayos practicados oportunamente a los citados materiales como así también muestras de los asfaltos empleados para la ejecución de los pavimentos.

Entre las obras ejecutadas en el período indicado, se ha elegido para el presente estudio, una ubicada dentro de la zona urbana de la ciudad sobre la cual no se ha practicado hasta la fecha ningún tipo de mantenimiento -por no haberlo necesitado- conservándose por consiguiente la superficie de rodamiento original.

El diseño del pavimento consistió en una carpeta de rodamiento constituida por una mezcla asfáltica fina, tipo sheet asphalt de 3 cm de espesor, una base negra de 7 cm y una sub-base de macadam hidráulico de 30 cm, todo sobre un lecho de arena procedente del Río de La Plata, de 3 cm de espesor.

La densidad promedio del tránsito en las horas de mayor circulación, fue en la época de su ejecución de 160 vehículos de llantas de hierro (tracción a sangre), 100 autos y vehículos livianos, 18 camiones de menos de 5 tn y 9 camiones de más de 5 tn (1).

Los resultados actuales de censo de tránsito practicado por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires pueden estimarse en un promedio de 4.900 vehículos diarios discriminados en la siguiente forma : autos y vehículos livianos 80%, omnibus y colectivos 12%, camiones livianos 7%, camiones pesados 1%.

El pavimento en cuestión pertenece a una calle con rambla central y dos trochas laterales, con tránsito localizado a pesar de lo cual el perfil no presenta signos de alteración ya sea por hundimientos o desplazamientos de mezcla por el tránsito, peladuras, etc.

Los signos de deterioro que se observan en la actualidad, consisten en fisuras longitudinales y transversales en diversos sitios que van aumentando en número no habiéndose, hasta el momento, originado baches por pérdida del material de carpeta (figs. 1 a 3).

En términos generales, el pavimento aún se encuentra en condiciones de prestar servicio pese a las fallas aparecidas.

La finalidad principal de este informe es comunicar resultados de ensayos físico-mecánicos practicados en el material de carpeta, poniendo especial atención en el ligante asfáltico por el hecho de contar con las muestras originales con las cuales el pavimento fue construido, y poder analizar el betún más intensivamente mediante técnicas de aplicación actual.

CARACTERISTICAS ORIGINALES DE LA MEZCLA ASFALTICA DE CARPETA

De acuerdo con la información que obra en la publicación del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia, del Día del Camino, 5 de octubre de 1942 (1) la carpeta del pavimento que nos ocupa estaba constituida por una mezcla tipo sheet asphalt cuya dosificación era la siguiente:

Arena del río Paraná	16 %
Arena de trituración (cuarcítica)	63 %
Filler calcáreo	12 %
Asfalto	9 %

Como se dijo anteriormente el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas tuvo a su cargo durante la ejecución del pavimento, el contralor de la mezcla empleada.

Los resultados de los análisis practicados en el año 1942 revelaban que la granulometría de inertes estuvo prácticamente encuadrada dentro de la zona que se indica a continuación:

Pasa tamiz nº	10	20	30	50	100	200
(%)	90-99	70-81	64-73	45-55	7-25	5-10

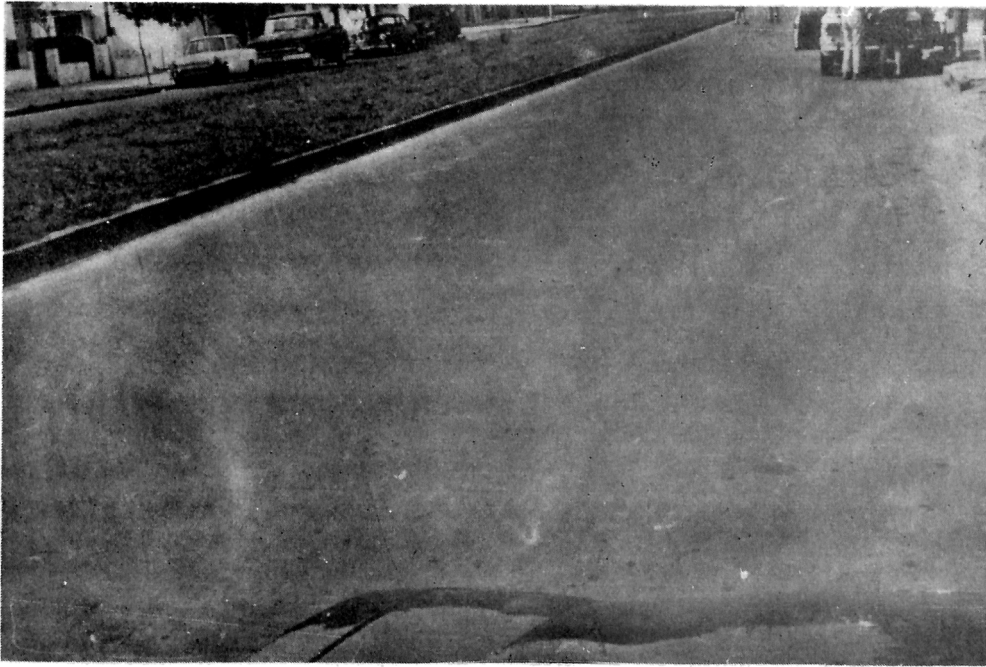


Fig. 1

Vista general del pavimento en estudio

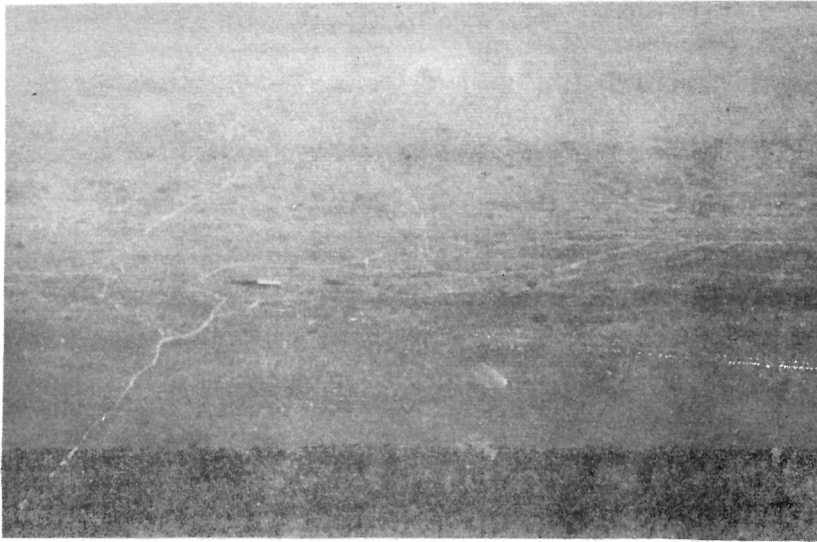


Fig. 2

Fisuras debidas a la contracción de la carpeta asfáltica

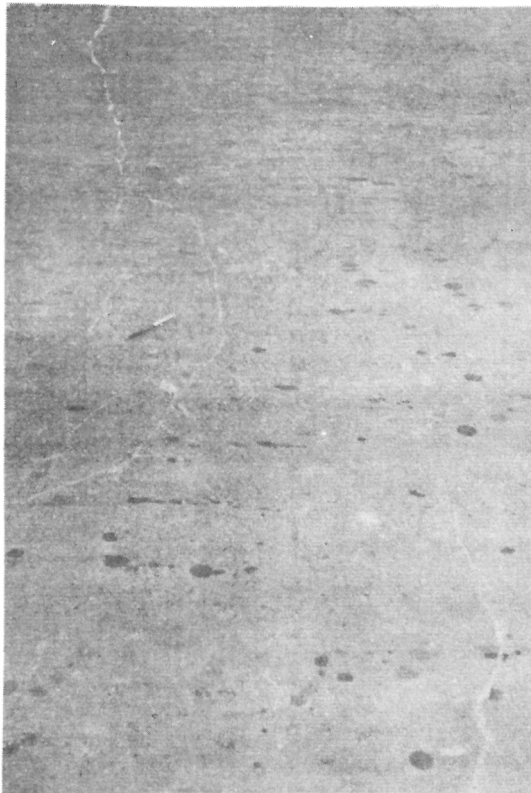


Fig. 3

Fisuras debidas a
la contracción de
la carpeta asfál-
tica

Las características promedio de la carpeta ejecutada arrojaron en el año citado los resultados que da cuenta la tabla I.

TABLA I

Características promedio de la carpeta
asfáltica ejecutada en el año 1942 - 1943

Espesor medio de la carpeta (cm).....	3,1
Peso específico aparente (g/cm ³).....	2,26
Vacíos residuales (%).....	4
Estabilidad Hubbard-Field (1h. su- merg. a 60°C) (Lb).....	1430
Betún recuperado (%).....	9,0

ENSAYOS REALIZADOS EN LA ACTUALIDAD

A los efectos de conocer las características actuales de la capa de rodamiento se extrajeron testigos a razón de seis por cuadra, utilizando una máquina caladora "Calix" y, en determinados casos, cuando se quiso contar con muestras que tuvieran el menor grado de alteración posible, se las extrajo meticulosamente en forma manual. Todas estas operaciones se realizaron en zonas sanas y fisuradas de la calzada.

El primer signo que llamó la atención al extraer las muestras, fue el grado de rigidez que presentaban las mismas y la consistencia vítrea de la mezcla que la tornaban fácilmente quebradiza ante la aplicación de cargas de impacto.

Al efectuar las extracciones, se pudo verificar que el perfil del pavimento respondía exactamente al que según nuestra información se había proyectado en el año 1942.

Asimismo se comprobó que en los lugares deteriorados, las fisuras se extendían solamente a través de la capa de rodamiento sin atravesar la base ni la sub-base, estructuras éstas que se encontraban en perfectas condiciones, y que también fueron analizadas, así como el terreno natural

fig.4

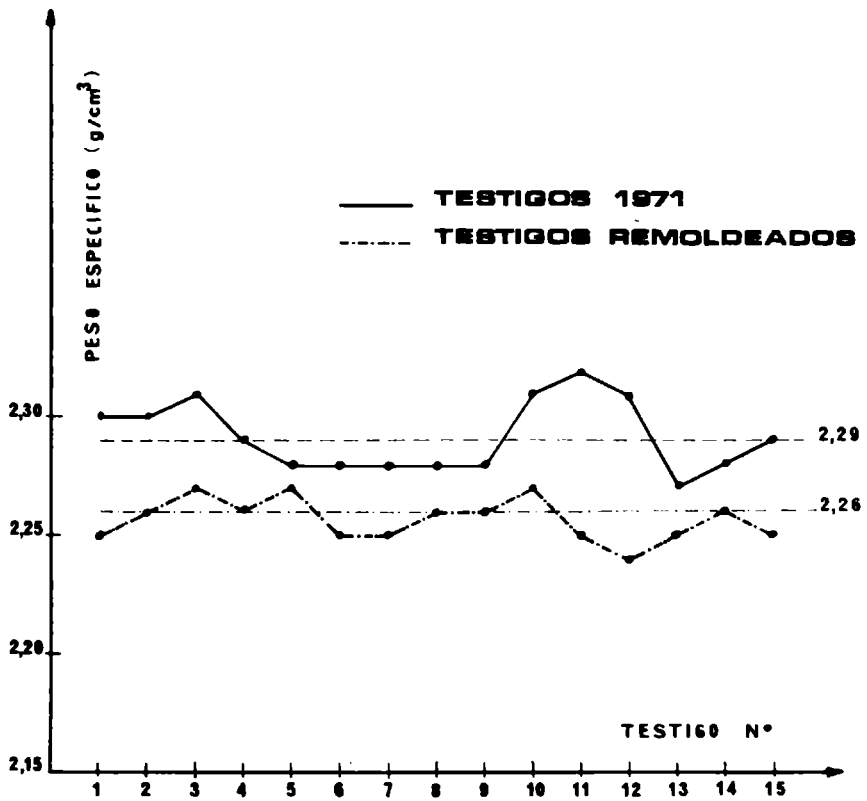
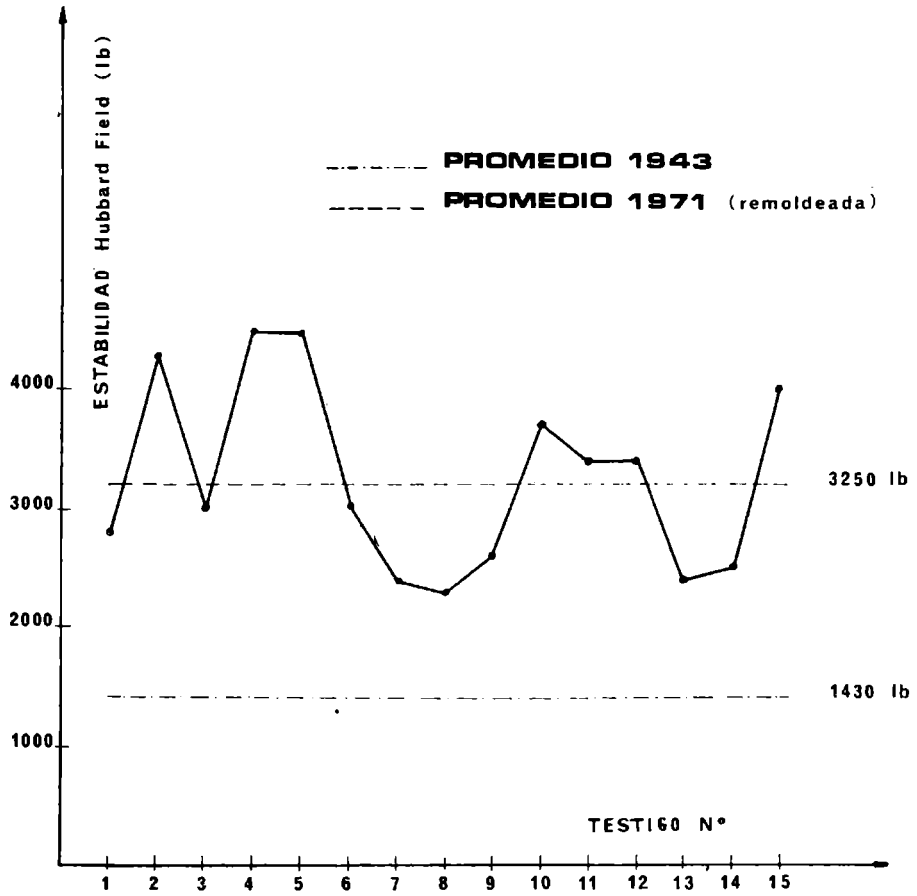


fig.5



sobre el que se apoyaba el pavimento.

La base negra poseía espesores que oscilaron entre los 6,8 y 7,8 cm, con tamaño máximo de agregado de $3/4$ " y porcentaje de material retenido en el tamiz nº 10 del orden de 80 %. El tenor de asfalto estuvo comprendido entre el 4,2 % y el 4,6 %.

El macadam hidráulico cuyo espesor superó en todos los casos los 30 cm estaba constituido por agregado pétreo granítico, con tamaño entre 5" y 1" formando una estructura perfectamente trabada y recebada, costando trabajo poder destrabar el agregado para efectuar la extracción de muestras, tanto de esta capa como de la inferior. Debajo de un lecho de arena de aproximadamente 3 cm de espesor, nos encontramos con el suelo natural con un valor soporte California que osciló entre el 4 % y el 6 %.

Sobre los testigos de carpeta se practicaron determinaciones de peso específico, contenido de betún, porcentaje de vacíos y granulometría, además se remoldearon con los mismos probetas Hubbard-Field y sobre éstas se determinó peso específico y estabilidad.

Los valores obtenidos son los que se muestran en las tablas II y III y figs. 4 y 5.

De la tabla II se deduce que el peso específico promedio de la carpeta, determinado en la actualidad es de 2,29 g/cm³, resultando, los vacíos residuales del orden de 1,3 %. Asimismo el porcentaje promedio de betún asfáltico resulta de 8,6 %.

Comparando estos valores con los que se obtuvieron hace 27 años al ejecutar el pavimento (que son los que se informan en la tabla I) se observan las siguientes variaciones:

La densidad de la carpeta asfáltica ha experimentado un lógico aumento, debido a la acción del tránsito a través del tiempo.

Este incremento no ha sido mayor posiblemente en razón de que se trata de una mezcla friccional dado el elevado porcentaje de arena de trituración y filler calcáreo que posee.

El porcentaje de vacíos disminuyó como consecuencia del aumento de la densidad de la carpeta. En cuanto al contenido de betún, este se encuentra dentro de límites aceptables respecto al valor consignado en la tabla I. En lo que respecta

TABLA II

Determinaciones practicadas sobre testigos del pavimento en estudio.

Testigo n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Peso específico, g/cm ³	2,30	2,30	2,31	2,29	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,31	2,35	2,31	2,27	2,28	2,29
Vacios, %	0,4	0,4	1,7	1,3	2,6	1,7	0	1,7	1,3	1,3	0	0	2,3	1,3	1,3
Betún recuperado %	8,8	8,8	7,7	8,4	7,9	8,4	9,7	8,7	8,9	8,2	8,5	9,9	8,7	8,9	7,5
Granulometría %															
Pasa tamiz n° 10	92,3	90,6	89,0	91,6	95,6	92,6	88,8	97,9	90,9	91,5	95,6	90,0	97,2	87,2	89,9
Pasa tamiz n° 20	79,0	74,8	68,7	76,5	80,4	76,9	74,6	83,5	78,3	78,2	82,2	70,2	84,4	74,0	67,7
Pasa tamiz n° 30	74,0	66,8	63,6	69,3	74,6	70,1	70,2	78,0	73,3	73,2	76,3	64,6	79,0	68,9	63,7
Pasa tamiz n° 50	57,2	62,9	48,0	48,7	58,0	53,9	54,6	61,6	55,0	56,9	55,5	49,0	60,8	50,4	45,1
Pasa tamiz n° 100	29,6	25,1	23,3	22,0	30,9	27,1	27,8	30,0	26,0	30,4	24,4	20,8	26,8	21,5	21,2
Pasa tamiz n° 200	16,4	12,2	12,2	11,4	14,6	14,1	12,9	17,0	13,3	17,0	11,1	10,6	14,2	10,8	10,0

TABLA III
Ensayos sobre probetas Hubbard-Field remodeladas con
los testigos de la Tabla II

Testigo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Peso específico (g/cm ³)	2,25	2,26	2,27	2,26	2,27	2,25	2,26	2,26	2,26	2,27	2,25	2,24	2,25	2,26	2,25
Estabilidad Hu- bbard-Field (1h sum. a 60°C (1h)	2800	4300	3000	4500	4400	3050	2400	2300	2600	3750	3400	3400	2400	2450	4000

a la granulometría de inertes, se observa que se ha producido con el tiempo y el tránsito una sensible degradación que se hace más notoria en las fracciones finas.

De la tabla III se deduce que el valor promedio del peso específico de las probetas Hubbard-Field remoldeadas con los testigos, es de 2,26 g/cm³, valor que coincide con la densidad de la carpeta en el momento de su ejecución.

En cuanto a la estabilidad Hubbard-Field, el resultado promedio de las probetas remoldeadas es de 3250 libras, valor este que duplica al que poseía la mezcla al construirse el pavimento.

Dado que al extraer los testigos del pavimento se verificó que las fisuras atravesaban solamente la capa de rodamiento, estando la base y sub-base en perfectas condiciones, y que los valores de estabilidad Hubbard-Field que se obtuvieron en los testigos remoldeados habían sufrido un aumento notable respecto al original, se extrajo como primera conclusión, que era muy probable que las anomalías observadas en la carpeta se debieran al cambio de características con el tiempo del asfalto componente de la mezcla. Por ello se trató de estudiar un aspecto, el ligante, más profundamente, mediante nuevas técnicas de ensayos, y en esa forma poder compararlo con los asfaltos originales, cuyas muestras, como se dijo al comienzo del informe obran en el L.E.M.I.T.

Ante todo, se quiso confirmar si estos asfaltos originales no habían sufrido otra alteración que el envejecimiento debido al hecho de permanecer almacenados en recipientes cerrados durante largo tiempo.

Entendemos por envejecimiento al aumento de viscosidad con el correr del tiempo. Este aumento de viscosidad es producido principalmente por la formación de una estructura interna (tixotropía) a causa de variaciones en las condiciones de equilibrio del sistema asfaltenos - resinas - maltenos. Este es un proceso reversible dado que por la aplicación de calor o de esfuerzos adecuados se puede restablecer la viscosidad original del asfalto.

Es posible que además de este proceso también tengan lugar los de oxidación y los de polimerización, pero dado el volumen de la muestra de asfalto, y el hecho de haber estado estas debidamente acondicionadas, las magnitudes de estas

TABLA IV

Características de los asfaltos determinados en el año 1942 y las actuales luego de su refusión

ASFALTO	A		B		C		D	
	1942	Actual	1942	Actual	1942	Actual	1942	Actual
Penetración a 25°C (100 g 5 seg)	63	68	70	75	77	76	60	66
Ductilidad a 25°C (cm)	28	30	45	47	41	40	36	42
Punto de ablandamiento (A y E) °C	58,6	55,4	54,4	54,7	54,0	55,4	56,0	56,0
Ollensis	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

procesos se tornan despreciables.

Para tratar de confirmar el grado de alteración sufrido por los asfaltos, se procedió a refundirlos calentándolos durante 30 minutos a 160°C en estufa y a ensayarlos nuevamente para comparar sus características, con las que poseían estos mismos asfaltos en su origen, es decir hace 27 años.

En la tabla IV se dan los resultados obtenidos de los ensayos comparativos de penetración, ductilidad, punto de ablandamiento y oliensis, ya que estos son los únicos datos que se disponen del año 1942.

Los valores de la tabla IV nos muestran que las características de los asfaltos luego de la refusión actual son coincidentes con las obtenidas en el momento de ejecutarse el pavimento. De esta manera ponemos en evidencia que el envejecimiento producido por formación de estructura interna, es eliminado por el calentamiento. Conclusión similar fue alcanzada por Franchi y Sucherinó (2) al realizar ensayos sobre asfaltos mantenidos durante 1 año en recipiente cerrado.

Nosotros hemos visto en cierto modo corroborado lo antedicho, por el hecho de haber obtenido sobre mezclas preparadas actualmente con los asfaltos originales, y los mismos inertes recuperados de los testigos, resultados prácticamente idénticos a los que presentaba la mezcla en los ensayos realizados en el año 1942-1943, que son los que se indican en la tabla I.

El grado de fillerización alcanzado a través del tiempo debido a la degradación de los agregados, hace que las mezclas preparadas como se dijo en el párrafo anterior, presenten un valor promedio de estabilidad Hubbard-Field de 1740 lb, que comparado con las 1430 lb que acusaba la mezcla en el inicio de la obra, indica que el aumento de la fracción fina afecta en poco grado la estabilidad, no siendo por lo tanto ésta la causa fundamental de los elevados valores que presentan los testigos remoldeados. De acuerdo a esto la influencia fundamental en las variaciones de las características de la mezcla actual del pavimento, frente a las que poseía en su origen, podrían ser atribuidas al ligante asfáltico.

De esta manera estamos en condiciones de profundizar el estudio de estos asfaltos mediante nuevas técnicas de ensayos

que nos permitan conocer otras características no reveladas por las determinaciones corrientes.

En la tabla V se incluye un análisis más completo de los asfaltos originales (OR) junto con los mismos asfaltos envejecidos (EN) durante 75 minutos a 163°C mediante la técnica de la película fina rotativa (rolling thin film test). Esta técnica provee resultados similares al de pérdida por calentamiento en película delgada durante 5 hs. a 163°C (IRAM - ASTM). Como se sabe, este ensayo reproduce las alteraciones que sufre un asfalto durante el proceso de mezclado en usina.

En esta tabla se observa que las muestras ensayadas presentan características similares a la de los asfaltos de Comodoro Rivadavia, al comparar los datos obtenidos con los comunicados en otros trabajos (3) (4).

Es evidente que los asfaltos de la tabla V no cumplen con las especificaciones de Vialidad Nacional e IRAM en lo que respecta a peso específico, ductilidad, e índice de penetración de Pfeiffer.

Si bien los valores de la tabla IV indican que los asfaltos conservados durante 27 años al ser refundidos presentan nuevamente las características originales, es posible que los mismos hayan incrementado algo su consistencia dado los elevados valores de viscosidad a 25 y 60°C que se obtienen al refundirlos, factor este no revelado por los ensayos de penetración y ductilidad.

Los valores de viscosidad ya sea sobre los asfaltos originales como sobre los envejecidos en laboratorio, son mucho más grandes que los que presentan, para el mismo rango de penetración, la mayoría de los asfaltos que se emplean en la actualidad.

En cuanto a los asfaltos recuperados de los testigos de carpeta, mediante el método de Abson, algunas características de los mismos se muestran en la tabla VI, donde se han tomado los valores correspondientes a cuatro testigos provenientes de las cuadras ejecutadas con los asfaltos A, C y D, respectivamente.

En la tabla VII se presentan comparativamente los valores promedio de viscosidad a 25°C, medidos a una velocidad de fluir de $5 \times 10^{-2} \text{ seg}^{-1}$, mediante el microviscosímetro de

placas deslizantes, de los asfaltos recuperados del pavimento frente a los que poseían los asfaltos originales y los envejecidos en laboratorio durante 75 minutos a 163°C. Es de hacer notar que dada la elevada consistencia de los asfaltos recuperados, no pudo realizarse la determinación de viscosidad a 60°C, pues los mismos estaban fuera del rango de medida de las pipetas viscosimétricas que se disponen.

TABLA VII
COMPARACION ENTRE LA VISCOSIDAD DE LOS
ASFALTOS ORIGINALES Y RECUPERADOS DEL PAVIMENTO

	Viscosidad a 25°C, 5×10^{-2} seg ⁻¹ Megapoises.		
	A	C	D
Original.....	5,16	5,56	5,80
75 min. a 163°C.	8,90	8,44	7,76
Recuperado del pavimento.....	45	40	40

Del análisis de las tablas VI y VII se ve que los asfaltos recuperados presentan un alto grado de alteración a pesar de que en todos, el ensayo de Oliensis sigue siendo negativo. Los valores de penetración oscilan entre 20 y 37 con un valor medio de 29. El punto de ablandamiento fluctúa entre 80 y 102°C siendo la media 86°C. Finalmente, los valores de ductilidad, son sumamente bajos y parejos con un valor medio de 7 cm.

Hasta el presente la mayoría de las correlaciones realizadas sobre el cambio de consistencia o envejecimiento de los asfaltos con el comportamiento en servicio, se basan en medidas de penetración, ductilidad y punto de ablandamiento. Finn (5) en un trabajo sobre durabilidad de superficies asfálticas presenta un resumen de valores obtenidos por distintos autores que se consideran críticos para el comportamiento de un pavimento asfáltico. En general hay concordancia que un pavimento está al límite de servicio cuando sobre el asfalto recuperado la penetración a 25°C es menor de 20, la ductilidad a 25°C es menor de 15 y el punto de ablandamiento es mayor de 67°C.

TABLA VIII

Valores medios de características de los asfaltos originales, envejecidos y recuperados del pavimento

ENSAYO	ASFALTO	Original	75 min. a 163°C	Recuperado	Valores críticos.
Penetración a 25°C (100 g - 5 seg).....		71	51	29	20
Ductilidad a 25°C, cm		40	19	7	15
Punto de ablandamiento (A y E), °C.....		55	64	86	67
Viscosidad a 25°C (5 x 10 ⁻² seg ⁻¹) Megapoises		5,5	8,4	42	10-100

En el mismo trabajo de Finn se dan valores críticos de viscosidad a 25°C y velocidad de fluir de $5 \times 10^{-2} \text{seg}^{-1}$ tomados de resultados obtenidos en el proyecto Zaca Wigmore en California. Los valores que se dan están entre 10 y 100 Megapoises.

Los valores que se obtuvieron en nuestro caso oscilaron entre 40 y 45 Megapoises, es decir, dentro de los límites considerados críticos.

En la tabla VIII se presenta un resumen con los valores medios correspondientes a los asfaltos originales y envejecidos en laboratorio durante 75 minutos a 163°C, junto con los obtenidos de los asfaltos recuperados del pavimento luego de 27 años en servicio. En la última columna del mismo cuadro se muestran los valores medios que se consideran críticos para valorar el comportamiento de un pavimento, tal cual se dijo más arriba.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado pueden emitirse los siguientes juicios a manera de conclusión:

- 1) El pavimento que nos ocupa cumplió sus funciones sin ningún inconveniente durante más de 27 años.
- 2) Dado el buen estado en que fueron encontradas las estructuras de base y sub-base, se adjudicaron las fallas por fisuramiento observadas en la carpeta en los últimos años al envejecimiento sufrido por el asfalto.
- 3) En primera instancia este proceso quedó detectado por el extraordinario incremento de estabilidad Hubbard-Field que arrojaron los testigos remoldeados, frente a las características originales de la mezcla.
- 4) Los asfaltos recuperados de estos testigos presentan un alto grado de alteración dado los bajos valores de penetración y ductilidad, y lo elevado del punto de ablandamiento y viscosidad a 25°C, lo que indica que la carpeta en estudio estaría en el límite de su servicio pues estos valores coinciden con los que se consideran críticos.

Estos resultados están en concordancia con las fallas observadas.

- 5) Los asfaltos originales (conservados) con los cuales fue construída la carpeta, presentan bajos valores de ductilidad y peso específico y alto índice de penetración (características similares a los de Comodoro Rivadavia). Estos asfaltos no hubieran cumplido con las especificaciones actuales. Además los valores de viscosidad que arrojan son mucho más elevados que los que se obtienen con la mayoría de los asfaltos que se emplean en la actualidad para el mismo rango de penetración.
- 6) Pese al grado de alteración alcanzado por los asfaltos de la carpeta a través de 27, años puede considerarse que el comportamiento de la misma ha sido aceptable, pudiendo haber colaborado en esta circunstancia el buen comportamiento de las estructuras inferiores y el tipo de mezcla fina empleada, con un alto contenido de asfalto. Tal vez asfaltos de características similares, empleados en otro tipo de mezcla y estructura hubieran tenido un comportamiento diferente.

BIBLIOGRAFIA

1. Publicación "Día del Camino", pag. 395, octubre 1942.
2. Franchi, E. y Zucherino, D.-Primera Reunión Anual del Asfalto, 165-174, 1946.
3. Castellano, E. y Galli, J.-Primera Reunión Anual del Asfalto, 175-204, 1946.
4. Pinilla, A., Agnusdei, J.O. y Frezzini, P.-XVIII Reunión Anual del Asfalto, Mendoza, 1971.
5. Finn, F.-Highway Research Board, report 39, 1967.

MULLITIZACION DE MEZCLAS DE ARCILLA
CAOLINITICA E HIDROXIDO DE ALUMINIO

Dr. Angel R. Rossini

Dr. Salomón Cohen Arazi**

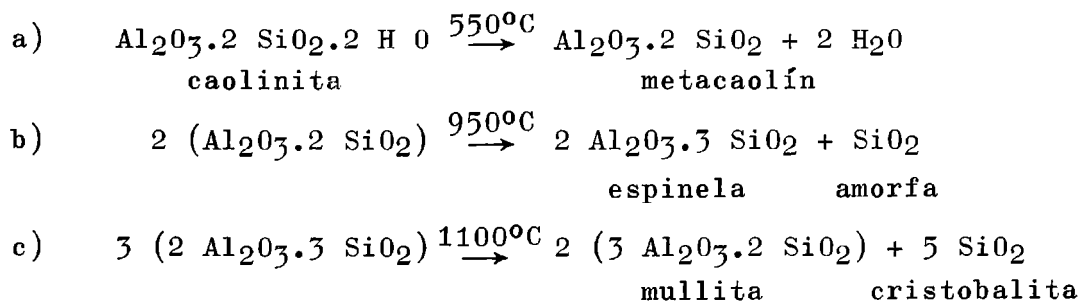
Dr. Teodoro G. Krenkel**

* Trabajo realizado en colaboración entre el LEMIT y el Departamento de Tecnología Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Publicado en el "Boletín de la Sociedad Española de Cerámica", Vol. 9, número 5.

** Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

INTRODUCCION

Brindley y Nakahira (1) han estudiado por técnicas de rayos X las transformaciones que sufre un cristal de caolinita y han propuesto las composiciones de las distintas fases que se forman a alta temperatura y sus márgenes de estabilidad. Sus resultados indican que cuando el metacaolín se calienta a 925-950°C, se transforma en una fase cúbica con estructura tipo espinela comúnmente llamada γ -Al₂O₃, la cuál tiene una orientación reticular similar a la del material que le dió origen. Estos autores llaman a esa fase, espinela de alúmina-sílice, la cuál tiene defectos reticulares que hacen inestable su estructura. La composición química de la espinela alumina-sílice (2 Al₂O₃.3 SiO₂) indica que para que se transforme en mullita (3 Al₂O₃.2 SiO₂) deberá difundir sílice desde su estructura. Los mismos autores suponen que esa eliminación de sílice es progresiva y ocurre por difusión de iones silicio conjuntamente con una redistribución de los iones aluminio, facilitada por las vacancias catiónicas que presenta la estructura de la espinela de alúmina-sílice. Este proceso puede resumirse en las siguientes ecuaciones:



En el presente trabajo se estudia la posibilidad de reacción entre la SiO₂ liberada en la mullitización del caolín y la γ -Al₂O₃ producida durante la calcinación de la mezcla que contiene hidróxido de aluminio, ya que consideramos que las estructuras inestables de la γ -Al₂O₃ y de la SiO₂, liberadas durante el proceso, podrían combinarse para formar mullita, si se consiguen las condiciones adecuadas de reacción.

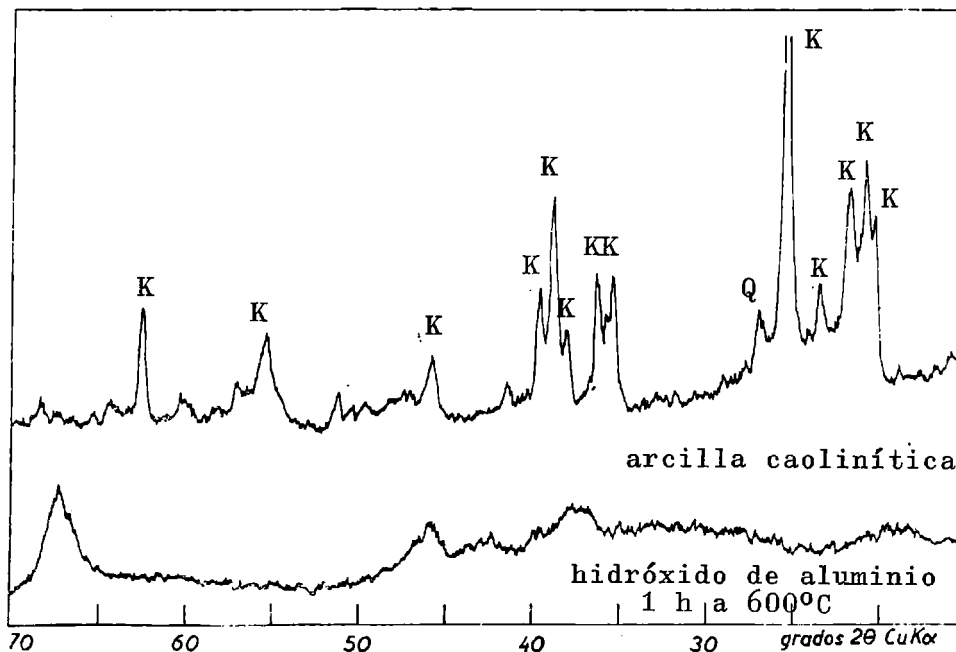


FIG. 1.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Se emplearon como elementos de reacción una arcilla proveniente de La Rioja (R. Argentina), muy rica en caolín, un hidróxido de aluminio Bayer y ácido silícico puro.

El análisis químico de la arcilla es el siguiente:

	%
Anhídrido silícico (SiO ₂).....	44,3
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃).....	37,3
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃).....	1,2
Oxido de titanio (TiO ₂).....	1,2
Oxido de calcio (CaO).....	0,0
Oxido de magnesio (MgO).....	0,8
Oxido de sodio (Na ₂ O).....	0,16
Oxido de potasio (K ₂ O).....	0,52
Pérdida por calcinación a 1000°C.....	14,5

El hidróxido de aluminio Bayer contiene: óxido de aluminio (Al₂O₃) 64,5 %; agua (H₂O) 35,5 %.

En la fig. 1, diagramas 1 y 2, se observan respectivamente los difractogramas de la arcilla natural y de la γ - Al_2O_3 obtenida por calcinación del $\text{Al}(\text{OH})_3$ a 600°C .

Las calcinaciones se efectuaron en un crisol de alúmina sinterizada de 3 cm^3 de capacidad, en un horno eléctrico con control de calentamiento programado a $20^\circ\text{C}/\text{min}$.

Los diagramas de rayos X se obtuvieron mediante un equipo Philips, PW 1100, con cátodo de cobre, radiación K_α y filtro de Ni.

PARTE EXPERIMENTAL

Las muestras utilizadas se molieron hasta pasar un tamiz de malla 200 y se mezclaron íntimamente en las proporciones adecuadas.

Se hicieron cuatro tipos de ensayos:

- a) Con arcilla caolinítica natural.
- b) Con mezclas de hidróxido de aluminio y arcilla, con una relación de 72 % de Al_2O_3 a 28 % de SiO_2 .
- c) Con la mezcla anterior, previo calentamiento a posibles temperaturas de nucleación.
- d) Con mezclas de ácido silícico e hidróxido de aluminio (72 % de Al_2O_3 y 28 % de SiO_2).

Estudio de las transformaciones que ocurren durante la calcinación del caolín.

En esta parte del trabajo, las muestras se calcinaron a 860 - 1000 - 1100 - 1200 - 1300 y 1400°C durante una hora, y luego de enfriarse al aire se determinó su composición por difracción de rayos X. Los resultados experimentales se muestran en la fig. 2 y tabla I.

Reacciones que ocurren durante el calentamiento de una mezcla de caolín e hidróxido de aluminio.

Las mezclas conteniendo la alúmina necesaria para combinarse totalmente con la sílice del caolín, en la proporción a-

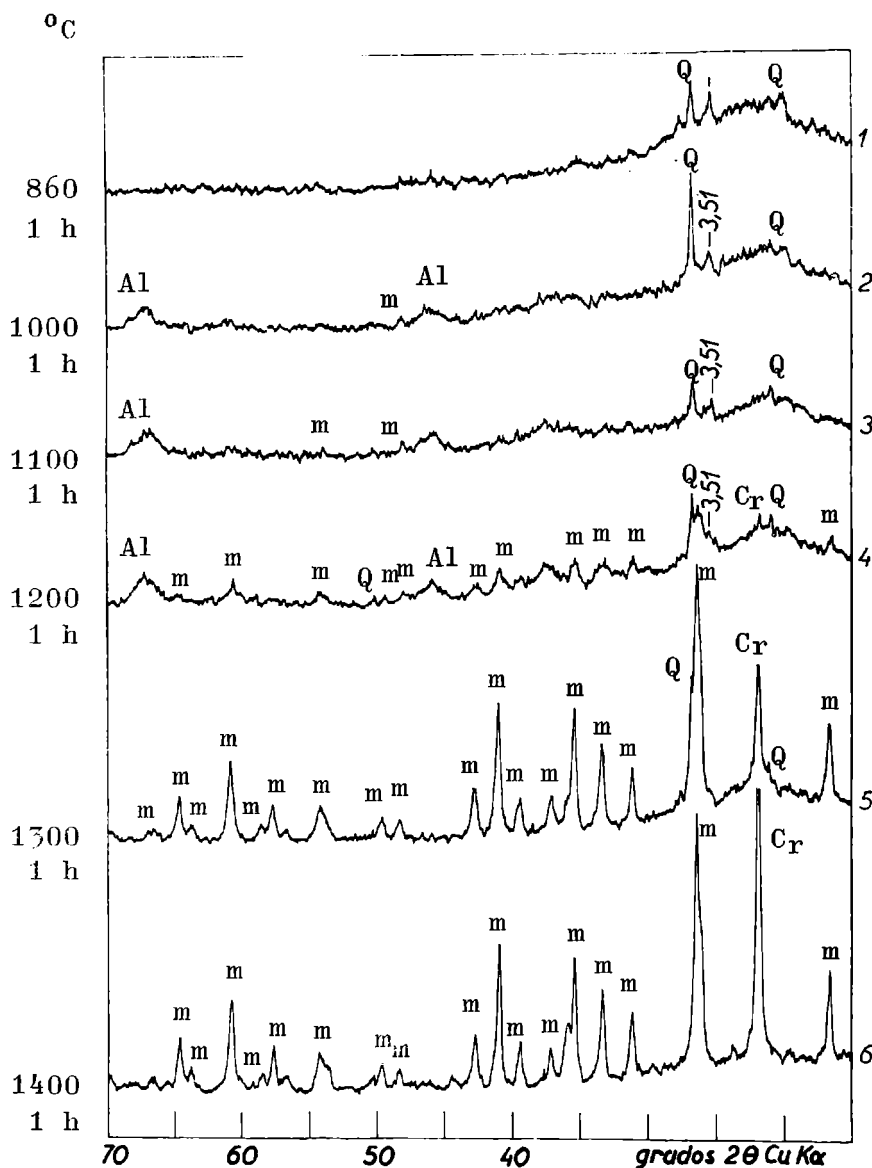


Fig. 2.- Arcilla calcinada

deuada para formar mullita (72 % de Al_2O_3 y 28 % de SiO_2) se calcinaron durante 1 h a 900-1000-1100-1200-1300 y 1400 $^\circ\text{C}$, se dejaron enfriar en aire, a temperatura ambiente, y se determinó su composición cristalina por difracción de rayos X. Los resultados de esta serie de ensayos se muestran en la fig. 3 y tabla II.

Ensayos con mezclas de arcilla caolinítica e $\text{Al}(\text{OH})_3$, previo calentamiento a posibles temperaturas de nucleación.

Las mezclas de arcilla e $\text{Al}(\text{OH})_3$ se mantuvieron duran-

TABLA I

Difractogramas de la fig. 2	Temperatura de calc. en °C	COMPUESTOS OBSERVADOS POR RAYOS X			
		Cuarzo	Espinela de alúmina-sílice	Mullita	Cristobalita
1	860	sí	—	—	—
2	1.000	sí	incipiente	—	—
3	1.100	sí	desarrollado	incipiente	—
4	1.200	sí	inalterado	desarrollado	incipiente
5	1.300	sí	desaparece	incrementado	desarrollado
6	1.400	—	—	inalterado	incrementado

TABLA II

Difractogramas de figura 3	Temperatura calcificación °C	COMPUESTOS OBSERVADOS POR RAYOS X				
		Cuarzo	Espinela alúmina- sílice y/o gama alúmina	Alúmina	Mullita	Cristobalita
1	900	sí	desarrollado	—	—	—
2	1.000	sí	desarrollado	—	—	—
3	1.100	sí	incrementado	incipiente	—	—
4	1.200	sí	disminuido	desarrollado	incipiente	—
5	1.300	sí	—	incrementado	desarrollado	incipiente
6	1.400	—	—	incrementado	incrementado	incrementado

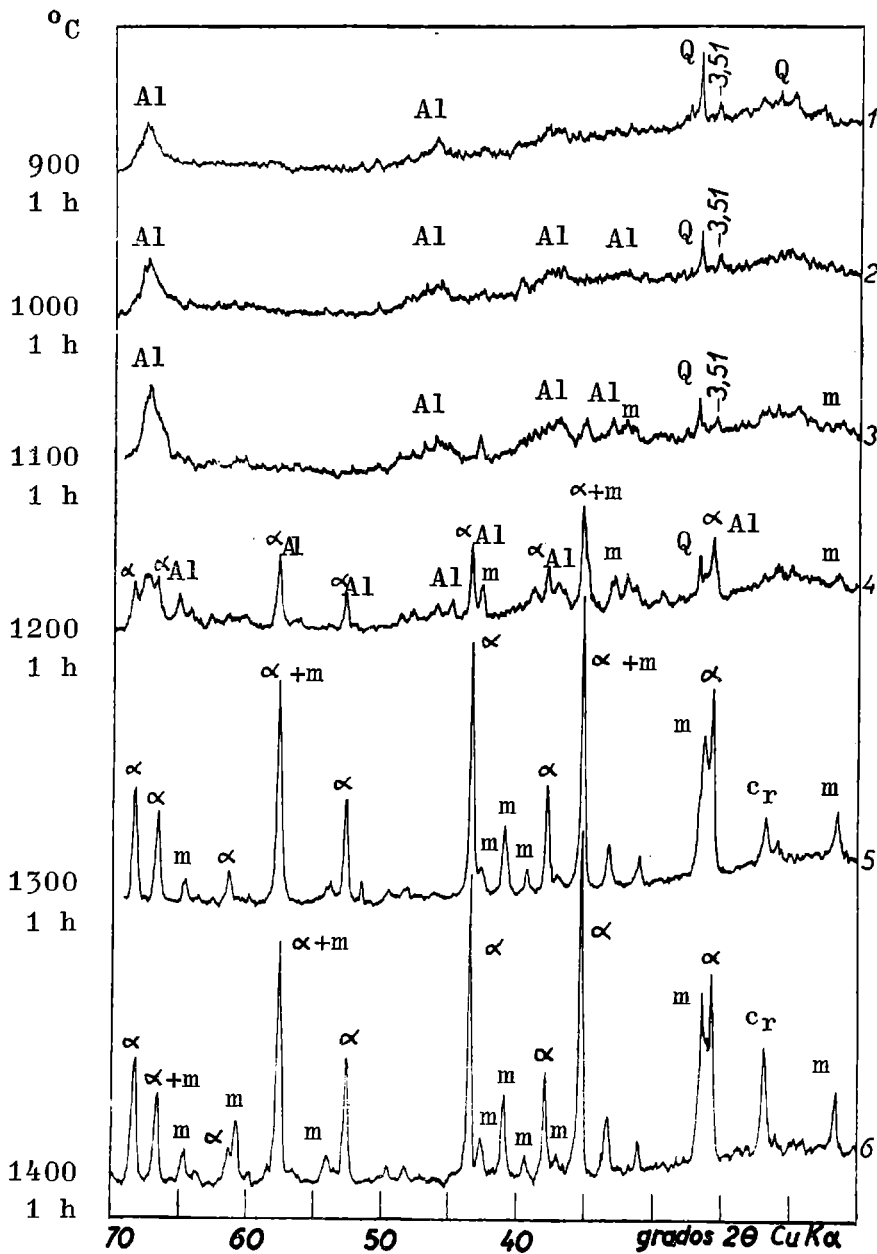


Fig. 3.- Mezclas de 72 % de Al₂O₃

te 15 h a 925 y 1130°C. Durante ese tiempo las muestras fueron mezcladas varias veces sin sacarlas del crisol, luego se dejaron enfriar al aire hasta temperatura ambiente y se estudiaron por rayos X. Posteriormente se hicieron calcinaciones a 1400°C durante 5 h, de las muestras anteriores y de una mezcla de arcilla e hidróxido de aluminio sin previo tratamiento térmico.

TABLA III

Difractograma de figura 4	Temperatura calcinación °C	Tiempo calcinación hs.	COMPUESTOS OBSERVADOS POR RAYOS X				
			Cuarzo	Espinela alúmina-sílice y/o gama alúmina	Alúmina	Mullita	Cristobalita
1	925	15 (a)	sí	desarrollado	incipiente	—	—
2	1.130	15 (b)	sí	—	desarrollado	incipiente	—
3	1.400	(a) 5	—	—	desarrollado	desarrollado	desarrollado
4	1.400	(b) 5	—	—	desarrollado	desarrollado	desarrollado
5	1.400	5	—	—	desarrollado	desarrollado	desarrollado

TABLA IV

Difractogramas de la figura 5	Pre calentamiento a 1.000° C	Calcinación a 1.400° C	COMPUESTOS OBSERVADOS POR RAYOS X		
			Mullita	α-Al ₂ O ₃	Cristobalita
1	—	5 hs.	incipiente	desarrollado	desarrollado
2	15 hs.	5 hs.	desarrollado	desarrollado	desarrollado

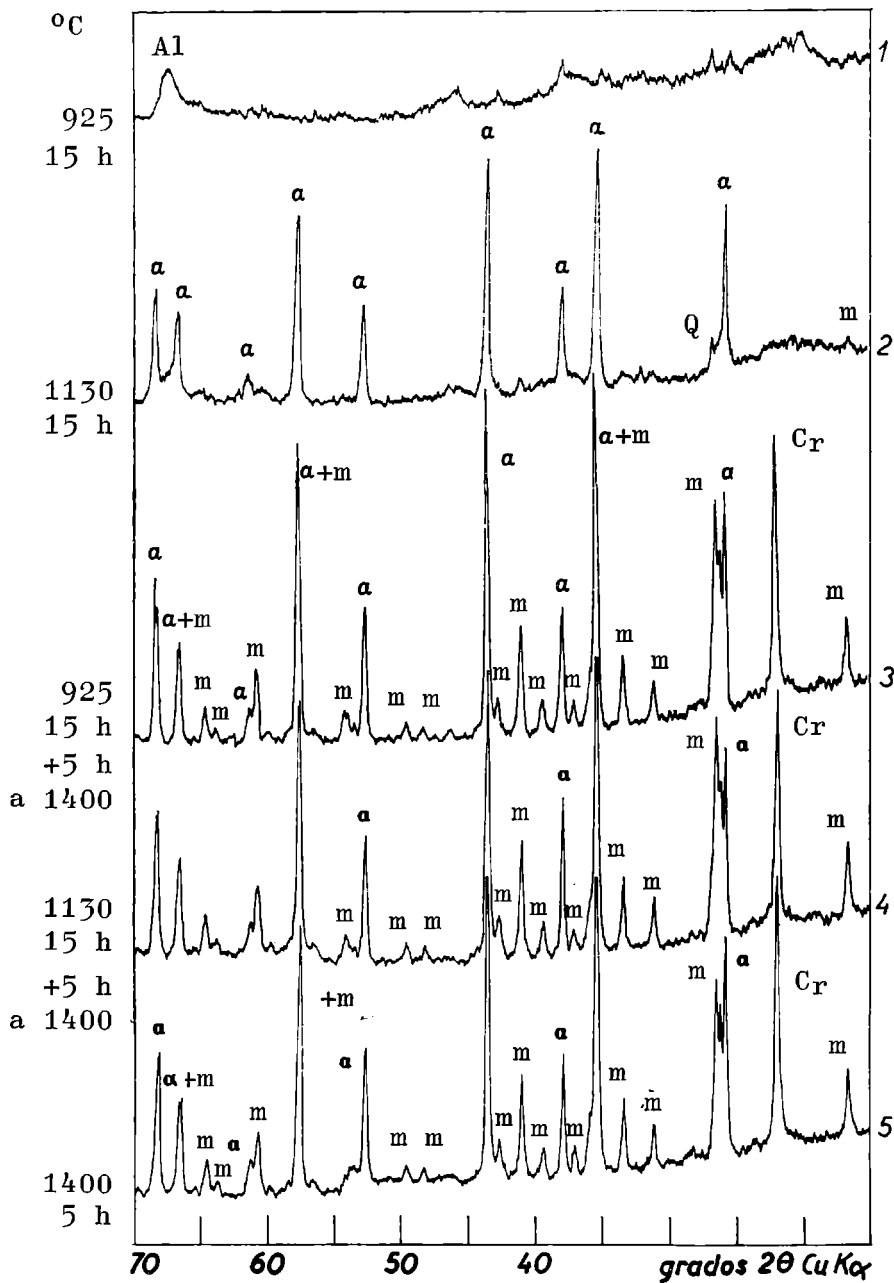


Fig. 4.- Tiempo de nucleación, mezclas 72 %

Los resultados de este conjunto de experiencias aparecen en la fig. 4 y tabla III.

Ensayos con mezclas de ácido silícico e hidróxido de aluminio.

Para ratificar el esquema propuesto y evitar la influencia de la espinela de alúmina-sílice, derivada del metacaolín,

se hicieron calentamientos con mezclas de ácido silícico e hidróxido de aluminio químicamente puros, en proporciones adecuadas para obtener 28 % de SiO_2 y 72 % de Al_2O_3 . Se efectuaron dos tipos de ensayos:

a) Calentamiento directo, a $20^\circ\text{C}/\text{min}$, hasta 1400°C , y calcinación a esa temperatura durante 5 h.

b) Calentamiento directo, a $20^\circ\text{C}/\text{min}$, hasta 1000°C , manteniendo a esa temperatura 15 horas, durante las cuáles la muestra fué mezclada en repetidas oportunidades. Seguidamente se calcinó durante 5 horas a 1400°C .

Los resultados de estos dos ensayos son dados en la figura 5 y tabla IV; de ellos se deduce que en el proceso sin tiempo de residencia a 1000°C , la cantidad de mullita formada, durante las 5 h de calentamiento a 1400°C es ínfima, comparada con el mismo ensayo con tiempo de residencia a 1000°C .

DISCUSION DE RESULTADOS

La calcinación del caolín nos muestra la franca aparición de mullita a 1200°C , con una buena cristalización de ésta a los 1300°C . Por difracción de rayos X se detecta la iniciación de su cristalización a temperaturas del orden de los 1100°C , mientras va desapareciendo el metacaolín. Esta última estructura subsiste hasta las temperaturas antes mencionadas como resulta de considerar el pico que aparece a $d = 3,51 \text{ \AA}$, no mencionado en la literatura, que los autores han observado al tratar térmicamente, desde 860 a 1100°C , la arcilla caolinítica usada en este trabajo (fig. 2, diagramas 1, 2 y 3). Para confirmar lo anteriormente expresado se han hecho tratamientos térmicos a 860°C de otras muestras de caolines, conteniendo distintas impurezas, tales como cuarzo, muscovita, pirofilita y montmorillonita, y en todos los casos se observó la aparición del pico de $3,51 \text{ \AA}$. Estas experiencias nos inducen a atribuir este pico a una reflexión de la estructura del metacaolín.

Los picos correspondientes a la espinela de alúmina-sílice se observan entre 1000 y 1200°C . A los 1300°C se con-

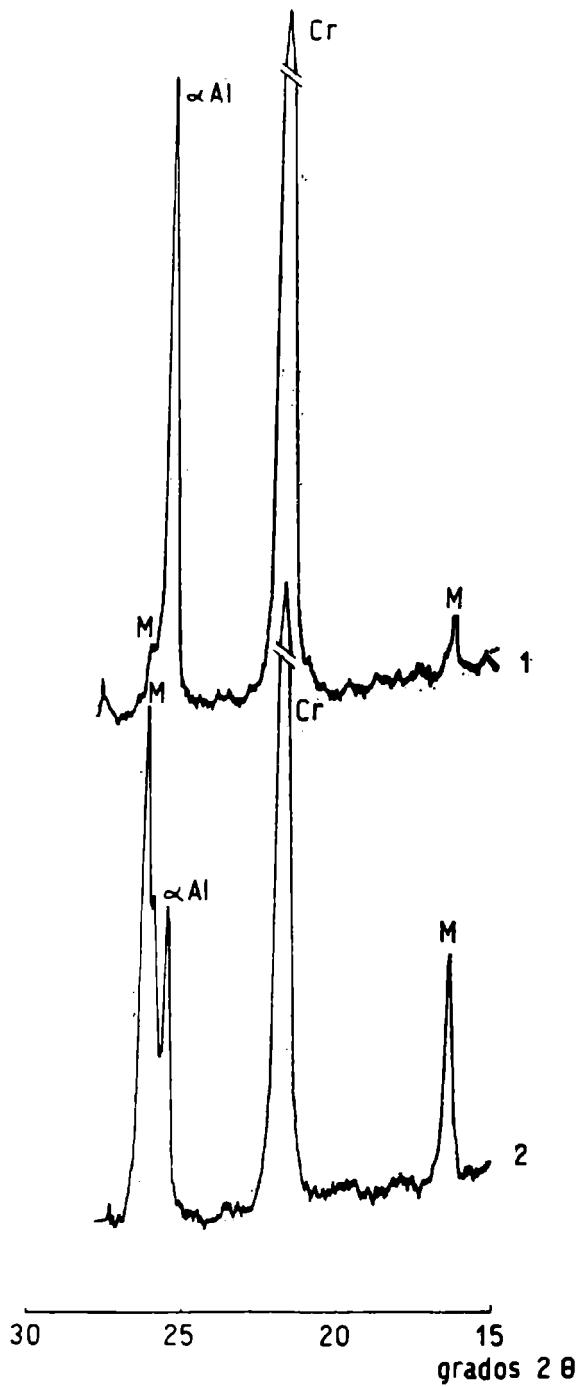


FIG. 5.

sigue la total transformación en mullita de la alúmina presente en la arcilla y el exceso de sílice se transforma en cristobalita. Un aumento de temperatura de 100°C permite mejorar la cristalinidad de la mullita y transformar el cuarzo, existente como impureza, en cristobalita.

Se observa que el calentamiento de la mezcla de caolín e hidróxido de aluminio a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 900°C, conduce a una mezcla de γ -Al₂O₃ y metacaolín. Aunque se eleve la temperatura a 1200°C no se mejora el proceso, ya que en esas condiciones lo que se consigue es la transformación de la γ -Al₂O₃ en α -Al₂O₃, poco reactiva. Mientras que a esa temperatura, cuando se calentaba la arcilla, ya se detectaba claramente la mullita, en el caso de las mezclas recién hechas se nota la aparición incipiente de la misma, como se observa en la fig. 3, diagrama 4. Una mayor temperatura de tratamiento produce una mejor cristalización de la Al₂O₃ y no la reacción de ésta con sílice, que ahora se encuentra como cristobalita bien cristalizada.

En las mezclas conteniendo Al(OH)₃ la proporción de arcilla-alúmina, una vez calcinadas, es de 58,9 % de arcilla calcinada (metacaolín) a 41,1 % de Al₂O₃. Cuando se comparan las alturas de pico en el gráfico correspondiente a la arcilla calcinada a 1400°C, fig. 2, diagrama 6, con las alturas de los picos de mullita de la mezcla calcinada a igual temperatura, fig. 3, diagrama 6, se observa que los picos de esta última son un 60 % de lo que eran en el caolín, en concordancia con el contenido de arcilla de la mezcla (aproximadamente 59 %). Esto comprobaría que al calcinar a 1400°C la mezcla de caolín-hidróxido de aluminio, no se produce una mayor conversión a mullita, cuando se opera a velocidades de calentamiento de 20°C/min.

La idea presentada como objeto de este trabajo, de que el hidrato de aluminio calentado a 600°C generaría una alúmina altamente reactiva, que podría reaccionar fácilmente con la sílice, también reactiva, que se obtiene en la mezcla al deshidroxilarse el caolín, no se traduce en la formación de mullita en los hechos experimentales, cuando se calienta el sistema hasta 1400°C a velocidades máximas de 20°C/min, debido a que no hubo suficiente tiempo de reacción a las temperaturas que coexisten: la espinela de alúmina-sílice, la sílice amorfa y la γ alúmina. Para favorecer la mullitización-

las mezclas se dejaron reaccionar durante 15 horas a temperaturas próximas a 1000°C, con lo que se consiguieron los resultados esperados. Se hicieron dos series de experiencias, a 925 y 1130°C, por considerarse temperaturas límites del proceso de nucleación.

De acuerdo con el resultado de las mismas puede estimarse que las muestras que fueron precalentadas a 925 y 1130°C, han mullitizado más que aquellas calentadas directamente a 1400°C (fig. 4, diagramas 3, 4 y 5, respectivamente). La mayor formación de mullita se observó por comparación de las alturas de pico, principalmente por las variaciones de altura de los picos de mullita y α -Al₂O₃, que aparecen entre 25 y 30 grados. Con estos resultados y los de las experiencias realizadas con mezclas de ácido silícico e hidróxido de aluminio (fig. 5, cuadro IV), queda comprobado que se produce formación de mullita a bajas temperaturas, sólo si se da tiempo suficiente de reacción a la temperatura de nucleación.

Estos resultados establecen que para lograr una buena mullitización de una mezcla de arcilla caolinítica y alúmina hidratada es necesario un pretratamiento térmico a temperaturas próximas a los 1000°C, durante suficiente tiempo como para que se desarrolle el proceso de mullitización, seguido de una calcinación a mayor temperatura para permitir el crecimiento de los cristales.

BIBLIOGRAFIA

1. Brindley, G. W. and Nakahira, "Kaolinite-Mullite Reaction Series:
I", J. Am. Ceram. Soc., 42, (7), 311-14 (1959).
II", J. Am. Ceram. Soc.; 42, (7), 314-18 (1959):
III", J. Am. Ceram. Soc., 42, (7), 319-24 (1959).

AREA DEL POLO DE DESARROLLO DE BAHIA BLANCA

RECURSOS MINERALES Y ROCAS DE APLICACION

Ing. Victorio Angelelli

Lic. Jorge Villa

Lic. José M. Suriano

SERIE II, N° 211

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte del estudio encomendado por LEMIT sobre los "Recursos Minerales y Rocas de Aplicación de la Provincia de Buenos Aires", y tiene por finalidad proporcionar información acerca de la disponibilidad de los recursos no renovables del área del polo de desarrollo de Bahía Blanca y de la medida en que ellos pueden contribuir al mismo.

Dicha área comprende 15 partidos, que, ordenados alfabéticamente, son: Adolfo Alsina, Bahía Blanca, Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Suarez, Coronel de Marina L. Rosales, Guaminí, Patagones, Pellegrini, Puan, Saavedra, Salliqueló, Tornquist, Tres Arroyos y Villarino, cuya superficie totaliza unos 80.000 km². Geográficamente queda delimitada por los paralelos 33°10' y 41° de latitud sur y los meridianos 56°41' y 63°22' de longitud oeste.

Acerca de esta región suroccidental de la provincia, existen diversos estudios geológicos y geológico-económicos que abarcan el sistema de las Sierras Australes y las depresiones que contienen depósitos salinos, como así también la zona costera con las arenas negras, ferrotitaníferas, de playa y dunas, entre los que se señalan: Angelelli y Chaar (1964, 1967, 1969); Argam S.R.L. (1960); Cooperativa Geológica Minera del Sur (1958); Cordini (1950, 1960, 1967); Frenguelli (1950); Harrington (1947); Kilmurray (1963, 1966, 1968); Limousin (1956); Mauriño (1954); Suero (1957) y Terruggi et. al. (1959, 1964) como trabajos encomendados por el LEMIT, la Dirección Nacional de Geología y Minería, la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Facultad de Ciencias Naturales y Museo La Plata (tesis doctorales).

Dentro de la actividad minera de la provincia, la realizada en el área del polo de desarrollo de Bahía Blanca se circunscribe a la explotación de evaporitas y algunas rocas de aplicación, en una proporción solo destacable en el orden nacional, en lo que concierne al aprovechamiento de la sal común y sulfato de sodio.

La presente información se basa en el resultado de estudios anteriores y en las observaciones registradas por los autores en dos giras de reciente realización (diciembre 1971), con las que se cubrió prácticamente la actividad minera más destacable de la región que nos ocupa, con la revisión de 30 explotaciones, entre minas y canteras.

En ella se ponen de manifiesto las características más salientes de los depósitos minerales o de las rocas tratadas; su mineralización y tenores, según los casos; reservas y labores realizadas; producción, etc., conjunto de datos que permiten ilustrar acerca de la importancia de los yacimientos o concesiones mineras consideradas.

En la preparación de este trabajo deseamos dejar constancia de la amplia colaboración recibida de parte del personal de la División Minería del Departamento de Geodesia (M.O.P. de la Prov. de Buenos Aires) al que expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

RASGOS MORFO-GEOLOGICOS DEL AREA

Con la finalidad de ubicarnos en el ambiente imperante en el área, a continuación se expone, en forma muy somera, su morfología y elementos geológicos principales en relación con las concentraciones minerales y rocas de aplicación en la misma.

De su superficie total de aproximadamente 80.000 km², solo una reducida fracción pertenece a un relieve montañoso, representado por las Sierras Australes, de alrededor de 2.000 km², en tanto que el resto lo constituye una llanura que en sus sectores austral y occidental es recortada esencialmente por depresiones y bajos que albergan las acumulaciones minerales de mayor interés del SO bonaerense (evaporitas).

Las Sierras Australes, de dirección general NO-SE y de un recorrido de unos 175 km, comprenden dos grupos de eleva

ciones; uno oriental, con las sierras de Tunas y Pillahuincó, de un relieve más bien suave y con cumbres que se mantienen a una altura de 600 a 700 m s.n.m.; el otro, el occidental, se caracteriza por formar cordones que constituyen altas crestas y que registran las alturas máximas de la provincia, entre 900-1000 m sobre el nivel del mar.

De acuerdo con Harrington (1947), en estos relieves participan elementos asignados al Precámbrico, Silúrico, Devónico inferior, Pérmico, Mioceno, Plioceno y Cuaternario (Pleistoceno).

Al Precámbrico corresponden rocas ígneas representadas por granitos y pórfidos cuarcíferos; los primeros presentes en cerro Colorado, cerro Pan de Azúcar, San Mario, Aguas Blancas y Lopez Lecube, algunos de los cuales se han explotado y aún se explotan como piedra partida.

Los terrenos del Paleozoico, sedimentitas en su totalidad, de un espesor total de 4.500-4.800 m, comprenden, de abajo hacia arriba, la Serie de Curamalal (Silúrico), la de la Ventana (Devónico inf.) y el Sistema de Pillahuincó (Pérmico), conjuntos en los que intervienen sedimentos preponderantemente arenosos, a saber: areniscas cuarcíticas, de grano fino a grueso, por lo general de fina estratificación, a veces muy homogéneas, compactas, con intercalaciones arcillosas en algunos casos; areniscas conglomerádicas; conglomerados; pizarras, arcillas, etc. De estos elementos revisiten interés las areniscas cuarcíticas (cuarcitas) de los grupos Mascota y Trocadero (Serie Curamalal) y Bravard (Serie de Ventana), como así también ciertas areniscas de la Serie Bonete (Sistema de Pillahuincó), algunas de las cuales son motivo de explotación. Suero y col. (1957), en su trabajo sobre la sierra Pillahuincó, se refiere a las areniscas de la última serie indicada, señalando además la existencia de areniscas útiles en la de Tunas, y de capas de arcillas blanquecinas (Serie de Bonete), de algunos dm de potencia, con 16,4-20 % de Al_2O_3 , no aptas para ser empleadas en la industria cerámica.

Los sedimentos del Terciario, constituidos por el conglomerado rojo y por areniscas, de un espesor de alrededor

de 180 m en total, no han sido motivo de aprovechamiento.

En esta extensa estructura serrana, portadora de abundantes vetas hidrotermales de cuarzo, no se ha registrado ninguna mineralización metalífera, al presente (Harrington, 1947).

Finalmente, al Holoceno corresponden acumulaciones de arena y canto rodado como las existentes y explotadas en las del río Sauce Grande, sus arroyos principales y en otros lugares de las Sierras Australes.

Los 78.000 Km² restantes del área en consideración representan un relieve de llanura, integrada por la del sector sur, comprendida entre los ríos Colorado y Negro, que Frenguelli (1950) considera geográfica y geológicamente relacionada con las mesetas patagónicas.

Se trata de un meseta baja, casi llana, con cañadones erosivos y depresiones tectónicas cerradas, que encierran salinas y salitrales, constituida por sedimentos rionegrenses (Plioceno) y del Puelchense (Pleistoceno). En su recorte costero se presentan psammitas, del Holoceno, portadoras de minerales ferrotitaníferos y zircón, tanto en el material de playa cuanto en el de dumas, en particular en el tramo comprendido entre San Blas y Punta Rasa, de donde, con intermitencias, se les explota.

Del río Colorado al norte, hasta más allá del límite norte del área en cuestión, y en todo lo que resta de la misma, excluidas las Sierras Australes, se presenta un relieve de llanura monótona, interrumpida sólo por valles erosivos, formaciones eólicas y fuertes depresiones, con cuencas cerradas, que dan lugar a diversos cuerpos de agua, a veces fuertemente salinizada, y a salinas como ser los de Chasilauquen, Epecuén, del Monte, Alsina, Chasicó-Salinas Chicas y otros productores de sal común y sulfato de sodio, originadas por descenso de bloques profundos.

Participan en la constitución de esta llanura, sedimentos areno-arcillosos, en parte loessoides, de la Formación Pampeana y también de la Postpampeana.

Finalmente, cabe señalar entre otros elementos presentes en el relieve de llanura en general, la existencia de tosca, material calcáreo originado en el Cuaternario, en mantos o costras de mayores espesores y riqueza en carbonato, particularmente en los partidos de Dorrego y Tres Arroyos. Se le encuentra además, en los de Bahía Blanca, Saavedra, Coronel Pringles, Villarino y Patagones, siendo objeto de explotación en diversos lugares.

RECURSOS MINERALES Y ROCAS DE APLICACION

Atento a lo expuesto al tratar los rasgos morfo-geológicos del área en cuestión. los minerales y rocas de aplicación presentes en la misma, se agrupan a los fines de su consideración, en los apartados siguientes (Lámina I).

Minerales metalíferos: Depósitos psammíticos portadores de compuestos de hierro, de titanio y de circonio.

Minerales no metalíferos: Mica y cuarzo, procedentes de una cuarcita milonitizada.

Depósitos salinos (evaporitas): sal común y sulfato de sodio.

Aguas termales salinizadas.

Rocas de aplicación: Granitos, cuarcitas y tosca
Arena y canto rodado.

MINERALES METALIFEROS

YACIMIENTOS FERROTITANIFEROS

La existencia de minerales de hierro y de titanio en el litoral atlántico bonaerense es conocida desde hace mucho tiempo, como constituyentes pesados de las arenas de playas y dunas.

El sector más rico en dichos minerales es el compren-

dido entre la bahía San Blas y Punta Rasa, como lo certifican los datos aportados por Teruggi et. al. (1964), al investigar el material de la costa comprendida entre Bahía Blanca y Río Negro.

Los estudios realizados por Mauriño (1954) y Limousin (1956) entre Faro Recalada y Faro Monte Hermoso y Faro Recalada y Punta Asunción, respectivamente, han demostrado, entre otros, la existencia de minerales magnéticos en proporciones de 5 hasta 15%, en la capa de hasta 30 cm de arenas de playas y dunas.

Con posteridad a estos trabajos, Navarini (1965) se refiere particularmente a las reservas de la zona de San Blas y Angelelli y Chaar (1964 y 1967) llevan a cabo una exhaustiva investigación orientada hacia la determinación de los minerales útiles de las arenas, con especial enfoque de su contenido de zircón.

Se trata de acumulaciones de psammitas de playa y de dunas, procedentes de rocas volcánicas feldespáticas (riolitas-pórfidos cuarcíferos y sus tobas) y básico-intermedias (basalto, andesitas). Su mayor contribución proviene de la desintegración por la acción marina de los terrenos pliocenos y pleistocenos aflorantes de la costa.

En lo referente a las concentraciones de minerales metalíferos opacos, se sostiene que ella obedece únicamente a la acción de corrientes, derivas, etc., que se hacen más efectivas en determinados lugares, como ser en San Blas y Faro Segunda Barranca, quizás por corrientes marinas, como la de las Malvinas.

Las zonas de los depósitos de playas corresponden al tipo de costas de construcción y también al de costa de destrucción.

Bordeando las playas se encuentran las lomas o cordones de dunas, de naturaleza eólica, formadas por las arenas que el mar arroja a las mismas.

Las arenas, de una granulometría fina a mediana y co-

loración castaño amarillento grisáceo, tonalidad a un tipo moderado de arena negra, están constituidas por minerales livianos, pesados y magnéticos, al imán permanente.

Los primeros consisten esencialmente en cuarzo, plagioclasas, feldespatos potásico, vidrio y pastas volcánicas; los pesados por piroxenos y anfíboles a los que se suman los minerales opacos (ilmenita con hematita) y en menor proporción zircón, rutilo, titanita, etc, y los magnéticos, por titanomagnetita con o sin desmezcla de ilmenita, magnetita y hematita.

El contenido en minerales pesados opacos es muy variable: se presentan como granos finos diseminados en la masa arenosa o bien constituyendo delgadas capas o concentraciones lenticulares, de gran pureza, con espesores de hasta 20 cm.

La relación establecida entre minerales magnéticos y no magnéticos es de aproximadamente 2:1.

Estos depósitos representan las mayores concentraciones de minerales de titanio y de zircón evidenciadas al presente en el país.

Los estudios realizados en los años 1963 y 1964 establecieron para el sector San Blas-Punta Rasa una reserva total, correspondiente a un volumen de 21 millones de toneladas de arenas de playa y dunas (denominadas médanos en el trabajo) de 1.840.000 t de minerales magnéticos y 820.000 t de minerales no-magnéticos (incluyendo 14.000 t de zircón), o sea una existencia de 1.370.000 t Fe y 434.000 t TiO_2 , cuya discriminación y tenores medios se indicarán al considerar San Blas-Punta Rasa.

Los ensayos de concentración de estas arenas han permitido obtener concentrados con tenores de 50-54 % Fe; 16,1-17,3 % TiO_2 con 0,4 % V_2O_5 y 0,6 % de zircón, registrando su fracción magnética: 56-57,7 % Fe; 13,7-15,4 % TiO_2 con 0,5 % V_2O_5 y la no magnética: 38,4-47 % Fe; 20,6-22,4 % TiO_2 y 0,25 % V_2O_5 . Esta última fracción acusa un contenido de 1,8-2,0 % de zircón y 0,10-0,26 % de rutilo.

Las concentraciones de la zona de Punta Rubia fueron motivo de explotaciones en 1939, registrando una producción de 2.794 t, con destino a la industria del cemento. Las arenas eran tratadas en instalaciones electromagnéticas.

En 1961-1962 la empresa Titanit intenta aprovechar los minerales del sector San Blas como materia para la elaboración del blanco de titanio.

En 1969 y 1970 la Estadística Minera de la Nación señala una producción de 235 y de 918 t de mineral rico, destinadas, en el primer año citado a la preparación de medio denso para el lavado del carbón de Río Turbio, y en el segundo, a la elaboración de cemento (Petroquímica).

PATAGONES

San Blas - Faro Segunda Barranca

Los depósitos de minerales de hierro, de titanio y de zircón de San Blas-Faro Segunda Barranca, investigados por Angelelli y Chaar (1963, 1967), comprenden un desarrollo de 30 km que, incluyendo su prolongación hasta Punta Rasa, alcanza los 45 (Lámina II).

De esa extensión, 13 km están cubiertos por otras tantas pertenencias mineras de 20 ha cada una.

La población de San Blas, sita en el extremo norte de los depósitos, dista 35 km al SE de la estación José B. Casas (F.N.G.R.) y 95 Km al NE de Carmen de Patagones.

Del tramo mencionado se procedió al estudio detenido de los 30 km primeros, mediante la toma de muestras obtenidas por sondeos, realizados tanto en la playa como en las dunas, a profundidades de 0,5-0,7 m en el primer caso y de 3-4-5 m en las dunas, hasta encontrar el piso firme.

La playa posee un ancho de pocas decenas de metros hasta 300 m y un máximo de 1.000 m. Las dunas acusan un ancho de 100 - 300 m y una altura de hasta 7-8 m, y forman una

franja más o menos continua, de rumbo general N-S.

Como resultado de los datos anotados en campaña y de los obtenidos en gabinete, se ha llegado a establecer las siguientes reservas:

en t	MINERALES MAGNETICOS	MINERALES NO MAGNETICOS
SECTOR SAN BLAS - FARO SEGUNDA BARRANCA (Mineral indicado) 30 km	1.300.845 con 57,3 % Fe y 14,5 % TiO ₂	650.000 con 44,9 % Fe y 22,1 % TiO ₂ , conteniendo 10.382 t de zircón y 1.413 t rutilo
FARO SEGUNDA BARRANCA- PUNTA RASA (Mineral inferido) 15 km	540.000	270.000 con 3.500 t zir- cón y 450 t rutilo

Estas reservas están contenidas en el primer caso en 12.000.000 t de arenas y en 9.000.000, en el segundo. Los tenores medios correspondientes a la reserva total San Blas Faro Segunda Barranca son: 16,2% entre minerales magnéticos y no-magnéticos y 860 g/t de zircón. Las dunas acusan tenores de minerales magnéticos de 16,9 a 20,6% y de 1.683 a 1.862 g/t de zircón en el área de la baliza La Torre-Faro Segunda Barranca.

TRES ARROYOS

Claromecó

Las arenas de las dunas del sector de Claromecó fueron

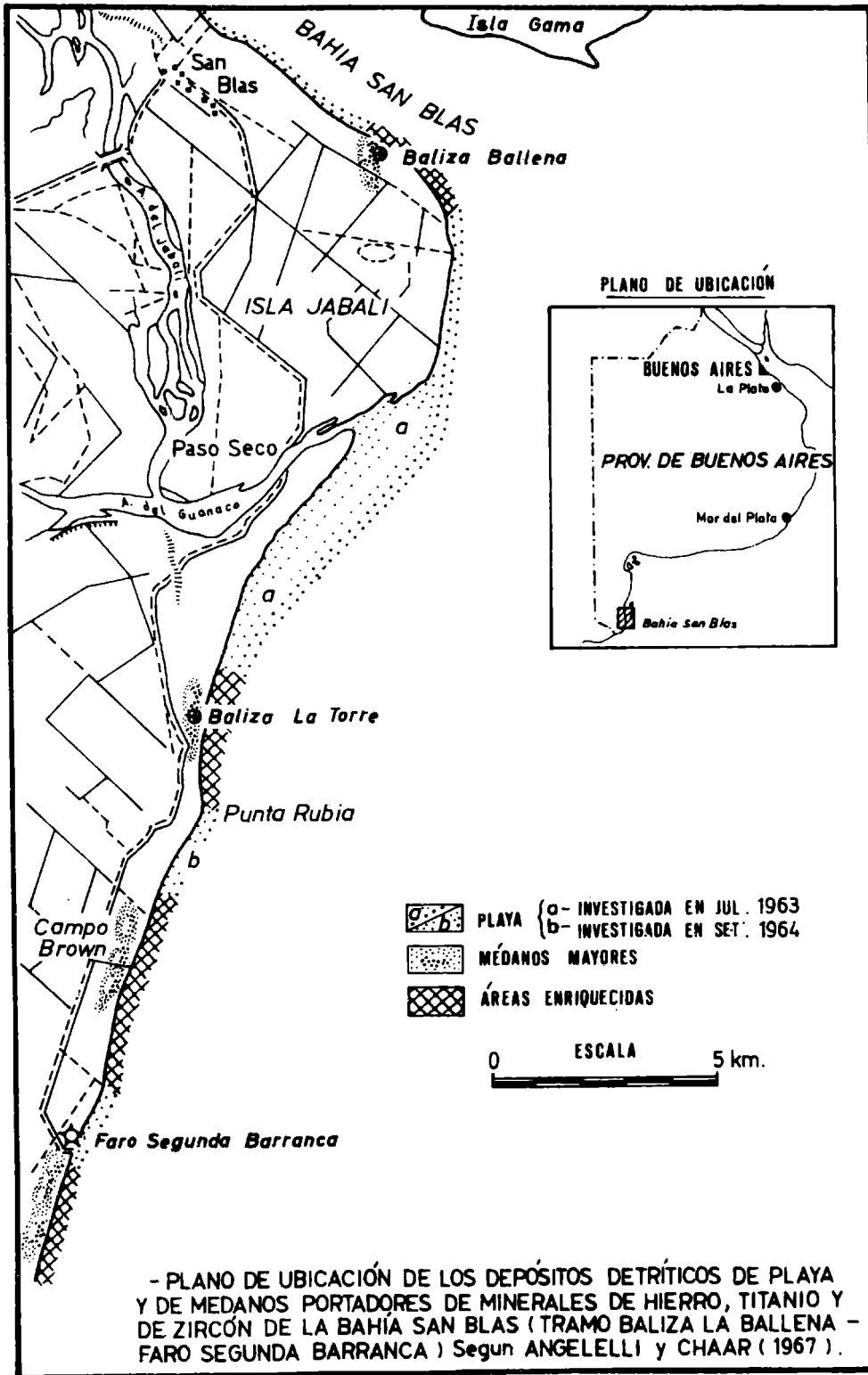
consideradas por Lannefors (1930) al estudiar las posibilidades de aprovechamiento del hierro contenido en las arenas del litoral atlántico bonaerense. Más tarde Teruggi et. al (1959), al investigar las arenas de la costa del tramo comprendido entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca, se refieren a dicha zona, y de reciente data es la investigación realizada por Angelelli y Chaar (1969) con vistas a definir su contenido en zircón.

En este último trabajo se estudian 20 cuerpos de dunas (denominadas médanos en el trabajo), esparcidos en 15 Km, tanto el norte como al sur del balneario de Claromecó. Dichas dunas registran una altura de 4-7 m, llegando en algunos casos a 15-20 m; un desarrollo de 200-450 y hasta 700 m y un ancho de 60-100 m. Dispuestos cerca de la costa, poseen una dirección N-S.

El material tiene un color grisáceo con tinte castaño claro. Su granulometría es superior al de las arenas de los médanos de San Blas, siendo idéntica su composición mineralógica.

Un común general acusó: 3,8% de minerales magnéticos, 80% de minerales livianos y 16,2% de minerales pesados.

Los resultados obtenidos del muestreo mediante sondeos de los 20 cuerpos citados, determinan un tenor ponderado de: 4,1% de magnéticos, 2,05% de minerales no-magnéticos, 233 g/t de zircón y 42 g/t de rutilo. Para un volumen de 6.217.000 t de arenas se establecen las siguientes reservas: 258.000 t de minerales magnéticos, 129.000 t de minerales no-magnéticos, los que incluyen 1.450 t de zircón y 260 t de rutilo.



C.P.T.

MINERALES NO-METALIFEROS

MICA Y CUARZO

TORNQUIST

"Don Lelio"

Esta propiedad minera denunciada por mica, no se encontraba activa en el momento en que fue visitada (diciembre 1971). Se halla situada a unos 600 m al oeste del río Sauce Grande; dista 17 Km al NE de Cabildo y 70 Km en la misma dirección de la ciudad de Bahía Blanca, próximo al dique Paso de las Piedras (Lámina I).

Consiste en una cantera representada por un corte que avanza en 60 m de desarrollo, con rumbo N 40° 0 y con una altura máxima del frente de 12 m.

El material es una cuarcita micácea, de grano muy fino, milonitizada, de color blanco, con brillo sedoso, completamente deleznable y que presenta una fina estratificación, de dirección predominante N 20° 0 y buzamiento 20 ° S0, con diaclasas orientadas N-S y algo inclinadas al oeste.

Dicho material pertenece al grupo Trocadero, de la Serie Curamalal (Paleozoico inf.).

En su composición participan como minerales esenciales, cuarzo y mica (muscovita), con illita, tremolita, limonita e ilmenita (?), en muy pequeñas proporciones. El contenido medio en cuarzo y mica es de 82,5% y 14,6%.

Se tiene prevista la instalación de una planta de tratamiento de 100 t/día por procesos de disgregación, atrición, flotación y clasificación hidráulica, para una producción de 6,5 t de mica y 70 t de cuarzo, estas últimas distribuidas en fracciones de las siguientes mallas: 30-100

50,3 t; 100-250, 9,7 t y mayor de 250, 30 t, materiales todos ellos que tendrían mercado interno (datos proporcionados por el B.N.D.).

YACIMIENTOS SALINOS

En la llanura que se extiende en los sectores S0 y 0 de la provincia, desde Carmen de Patagones por el sur hasta Trenquen Lauquen por el norte, sobre un recorrido de 540 Km, existe una serie de cuerpos de agua salinizada (lagunas) y salinas portadores de cloruro de sodio (ClNa , sal común o halita) y sulfato de sodio (SO_4Na_2), alojados en accidentes tectónicos que modelaron no solamente sus cuencas sino también que, en algunos casos, facilitaron el acceso a las mismas de aguas profundas salinizadas, procedentes de terrenos terciarios (lámina I).

Acerca de estos depósitos salinos o evaporitas, Cordini (1950, 1960 y 1967) efectuó una muy completa investigación de los principales yacimientos de sal común y de sulfato de sodio bonaerenses.

Los distintos cuerpos de agua y salinas que han de considerarse en este trabajo, se agrupan, de sur a norte, como sigue: 1) Salina de Piedra, Salina del Inglés, Salina La Espuma, en el extremo austral de la provincia (partido de Patagones); 2) Salinas Chicas, Laguna Chasicó y Choiqué, en el área cercana a Bahía Blanca; las dos primeras alineadas en una fosa de rumbo NO-SE (partido de Villarino) y 3) grupo de lagunas de Chasilauquen, Epecuén y otras, emplazadas en una depresión, orientada NE-SO (partido de Adolfo Alsina).

Estos cuerpos de forma alargada y también semicircular acusan dimensiones variables; entre los mayores se encuentra la laguna de Epecuén con 18 Km de longitud por 8 de ancho, y Salinas Chicas, de 8 x 4 Km, y entre los menores: Salina La Espuma, de 1.500 x 800 m y el correspondiente a la mina "La Castellana", casi circular, de 600 m de diámetro.

Bordean a los depósitos, barrancas de terrenos cuaternarios, a veces portadores de una costra calcárea y hasta

sedimentos del Plioceno. Por lo general, sedimentos eólicos médanos semifijos, rodean a los cuerpos de agua o a los depósitos salinos, cuya altura, en ciertos casos, como ser en Salinas Chicas y Chasicó, se halla a 42 y 25 m bajo nivel del mar, respectivamente.

Dentro del conjunto de los cuerpos señalados cabe su distinción, conforme con su contenido aprovechable, esto es en: productores de sal común (salinas) y en productores de sulfato de sodio (sulfateras) y cuyo aprovechamiento difiere en cuanto a la época de extracción, debido al diferente grado de solubilidad de las sales mencionadas.

Aparte del cloruro y sulfato de sodio, cabe señalar la participación, en proporciones reducidas, de bromuro de magnesio y de cloruro de potasio, que para Salinas Chicas, se encontrarían en cantidades de 609 y 2.910 g/m³, respectivamente, según Cordini (1950).

Las salinas constituyen cuerpos de agua temporarios (periodicamente inundables) denominadas salinas de cosecha, originadas por redisolución de su reserva permanente y recristalización de la sal en períodos de sequía. La reserva permanente, de algunos dm a varios metros de espesor, está representada por capas o capas de cloruro de sodio asociado a sulfato de sodio, que alternan con otras de fango escuro y yeso.

Respecto a la ubicación de la reserva permanente, las salinas pueden ser: de piso con reserva por debajo de una cubierta limo-arenosa, el caso de Salina de Piedra y del Inglés, y de piso con reserva arriba, ejemplo: Salinas Chicas.

La costra temporaria, esto es, la capa de sal recristalizada que se cosecha, adquiere un espesor que depende obviamente de las condiciones climáticas imperantes, pero que por lo general varía entre 1 y 3 cm.

Esta costra temporaria, una vez recogida se emparva por algún tiempo para lograr una cierta depuración de la sal.

Los cuerpos salinos están rodeados de una faja de sedi

mentos oscuros, salinizados, de poco soporte, ricos en materia orgánica (gyttia).

Los depósitos de sulfato de sodio o sulfateras comprenden mas bien lagunas de evaporación y separación de dicha sal de sus aguas en los meses de invierno, compuesto que bajo la forma de mirabilita ($\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), cristaliza a bajas temperaturas, flotando sobre las mismas. De este tipo de depósitos, el más importante lo representa la laguna de Epecuén.

Aquí también se procede emparvar el sulfato, antes de su ulterior tratamiento hasta la obtención de sulfato anhidro.

En cuanto al origen de las sales debe aceptarse como de procedencia marina; algunas salinas y salitrales son costeros, y aún para el caso de Salinas Chicas, existe evidencia de que la ingresión Querandí alcanzó la laguna de Chasicó, pero con todo hay que admitir el aporte a las cuencas de aguas salinizadas profundas que ascienden a través de fracturas y que enriquecen el contenido original marino.

De conformidad con la información disponible, las reservas globales en cloruro y en sulfato de sodio en los depósitos considerados ascenderían, en cifras redondas, a 93.500.000 t de cloruro de sodio y 32.000.000 t de sulfato de sodio (pág. 127).

En este apartado se consideran además las aguas termales de Pedro Luro y "Los Gauchos" por su elevada mineralización, en la que participa el bromo.

La provincia de Buenos Aires es el segundo productor del país, tanto de cloruro como en sulfato de sodio, después de La Pampa en el primer caso y de Santa Cruz en el segundo. Sin embargo, desplazó a Santa Cruz en 1970.

El producido de estas sales en el quinquenio 1966-1970, conforme con la Estadística Minera de la Nación, ha sido, en toneladas, como sigue:

	<u>Sal común</u>	<u>Sulfato de Sodio</u>
1966	358.609	5.898
1967	209.915	10.898
1968	192.570	4.863
1969 (1)	-----	6.868
1970	236.206	14.704

(1) No se registró producción alguna por precipitaciones acaecidas en los meses de verano.

SAL COMUN

PATAGONES

Salina de Piedra.

Se halla ubicada 14 km al NO de la estación Cardenal Cagliero; es conocida también como Salina de Cagliero.

Este cuerpo salino, de una longitud de 15 km por poco mas de 2 km en su parte más ancha, está orientado hacia el ONO y, según Cordini (1967), tiene una superficie salinizada, entre la salina, playas inundables y los salitrales, de 2.200 ha, de las cuales 1.700 pueden trabajarse.

Se trata de una salina denominada "reserva abajo", por tenerlas debajo de un relleno limo-arenoso de alta capilaridad; la formación de su costra temporaria es más lenta que en aquellas con reservas arriba.

El agua madre de la salina, de una profundidad de 27 cm, en la época en que fué estudiada por el autor citado, contenía: 310,6 o/oo ClNa y 9,73 o/oo SO₄Na₂. Su reserva fue establecida en 142.460 t de ClNa contenidas en aguas madres.

En los años normales las cosechas podrían producir 18.000-20.000 t y en años excepcionales 22.000-30.000 t,

según Cordini (op. cit.).

A este yacimiento el autor citado, teniendo en consideración su capa permanente, le asigna una reserva total estimada en 20.000.000 t de ClNa.

Esta salina está cubierta con 120 pedimentos mineros, de los cuales 40 pertenecen a la Cía Salinera Anglo Argentina S.A.I.C., sita en el sector sur de la Salina, que en el verano 1970-1971 extrajo unos 14.000 m³ de sal.

Entre otros productores figuran Oscar Conti y Argañaraz y Alcorta.

Salina del Inglés

Se encuentra situada 25 km, en línea recta, al SO de la población de San Blas, y a 20 km de la costa marina. Esta cuenca, de una superficie de 2.000 ha (aprox. 6 x 3,5 km), ha estado unida con el Salitral Grande y este a su vez, con el mar abierto.

Bordean a la misma sedimentos de ambiente pseudomarino, yesíferos. La capa madre, reserva permanente, se encuentra en la parte central de la salina, a profundidades de 0,40-0,70 m. Hacia la periferia abunda el yeso, en cristales, en mezcla con un sedimento amarillento. No se tiene información respecto del espesor de la reserva permanente.

Su piso es blando. Se intentó explotarla hace mucho tiempo pero sin resultados (datos proporcionados por el Lic. J. Olibarrena).

Cordini (1967), le asigna a este cuerpo salino una reserva estimada en 5 millones de toneladas de cloruro de sodio.

Salina La Espuma

Este pequeño cuerpo salino se encuentra ubicado 50 km al NO de Carmen de Patagones, 28 km siguiendo la ruta 248 en dirección a Guardia Mitre y 2 km sobre la margen derecha

de la misma.

Registra una longitud aproximada de 1.500 m y un ancho de 800 m, habiendo sido cubierta por 5 pertenencias mensuradas, que constituyen la mina "La Espuma".

Es explotada en su sector austral por su concesionario, Juan M. Gaspalou, que lo hace en forma muy precaria, alcanzando una producción de pocas decenas de toneladas, las que son consumidas localmente.

VILLARINO

Salinas Chicas

Este importante cuerpo salino se encuentra situado a sólo 12 km al norte de Nicolás Levalle, su estación de embarque, y a 60 km al oeste de Bahía Blanca.

Se trata de un cuerpo de aguas residuales alojado en un graben compuesto, dentro de la gran fractura que nace en el seno de Bahía Blanca y se dirige hacia el NO, según Cordini (1950).

De forma ligeramente alargada, orientado al NO, registra una longitud de 8 km, un ancho de 4 y una superficie de 34,6 Km². La superficie del depósito se halla 42 m bajo el nivel del mar. En la cuenca se distinguen: sedimentos salinos (reciente y cuaternario muy joven); médanos y rellenos en gran parte eólicos (Cuaternario); sedimentos terrazados contemporáneos a la ingesión Querandí; rellenos de carácter loessoide de la base del Cuaternario y areniscas friables del Rionegrense (Plioceno).

Se encuentra circundado por una franja de sedimentos muy oscuros salinizados que constituye la playa inundable, de reducida capacidad para soportar cargas, la que a su vez está rodeada de la playa emergida.

Su contenido salino es, en su mayor parte, de origen marino, por la ingesión del Querandí que alcanzó también a la laguna Chasicó.

Es muy probable que esta salina se haya enriquecido en cloruros procedentes de aguas profundas. Cordini (op. cit.), estableció un contenido salino total, en promedio, de 338,02 ‰, discriminado así: ClNa, 275,47; SO₄Na₂, 36,16; y otras sales, 27,39 ‰.

Se comporta como una salina de cosecha por redisoluciones y evaporaciones periódicas; deposita cloruro de sodio manteniendo en solución el sulfato en sus aguas madres.

Sus aguas son de un color rosado por la gran cantidad de plancton existente, siendo el planctonte más abundante el Artemia salina Lin.

Acorde con el ciclo de las aguas madres para un período de 8 meses (1941), la variación en ClNa y SO₄Na₂ (valores extremos) es: 252,87-301,50 y 15,15-69,05 ‰ respectivamente.

El tonelaje en ClNa y SO₄Na₂ disueltos en las aguas madres, ha sido calculado en: 10.973.690 y 1.439.438, respectivamente. Se señala además la existencia de 115.954 t de ClK, 857,123 t de Cl₂Mg y 24.288 t de Br₂Mg.

La capa madre (reserva permanente) tendría un espesor de 1-4 m.

Cordini en su trabajo de 1967 le asigna a esta salina una reserva total de 20 millones de toneladas de cloruro de sodio.

El aporte de agua a la salina es 90% de lluvia y el 10% subterránea.

Esta salina está cubierta por pedimentos correspondientes principalmente a las empresas La Aurora S.A.I.C. y G. ("Salinas Chicas" con 136 pertenencias mensuradas) y Salina Las Barrancas S.A.Ind. y Com. ("Las Barrancas" con 122 pertenencias mensuradas), ambas instaladas en su sector sur.

El sector que explota La Aurora dista 7 Km al norte del Km 749 de la ruta 22 y Las Barrancas, 5 Km en línea rec

ta al oeste de la anterior y 12 Km de la ruta ciudad, a la altura de su Km 751.

La capa anual explotable tiene un espesor de 1-3 cm, dependiendo obviamente de la cantidad de agua que recibe la salina y de las condiciones climáticas imperantes.

Ambas empresas trabajan con medios mecánicos.

Las parvas de forma prismática, de 20-25 m de ancho, por 90-100 m de largo, registran alturas de 8-10 m.

Esta salina está capacitada para producir cosechas anuales del orden de 200.000 t y más.

En 1970, la producción de las empresas La Aurora y Salina Las Barrancas fue de 140.000 y 96.000 t, respectivamente.

SULFATO DE SODIO

ADOLFO ALSINA

Epecuén

Este cuerpo de agua se encuentra ubicado en las adyacencias de las localidades de Epecuén y Carhué. De una longitud de 18 km y 8 de ancho, alargado en sentido NO-SE, ha sido motivo de un estudio exhaustivo por parte de Cordini (1960), quien la incluye entre las lagunas alineadas a lo largo de fallas que sirvieron de cauce a aguas continentales, pero cuya salinidad se debe al ascenso de aguas profundas. Su cuenca cubre 10.300 ha.

La profundidad del agua puede llegar a más de 2 m; su fondo está cubierto por un estrato de limo negro, con abundante materia orgánica, de 50-70 cm de espesor. Debajo de dicho limo negro se halla uno rojo, que se encuentra salinizado en una potencia de un metro, en su parte superior.

El citado autor calculó las reservas de sales de este cuerpo de agua, considerando las del fondo y las de las

aguas del mismo.

Para el limo negro, con 12% de SO_4Na_2 y 1,3 de densidad, y un área de 10.000 ha, estableció una reserva de 6.000.000 t y para el limo rojo, con 2,2% de SO_4Na_2 y 2,3 de densidad, 4.700.000 t.

Respecto del contenido salino de las aguas, indica los siguientes guarismos, en gramos por litro:

SO_4Na_2	70,60
ClNa	217,92
CO_3Na_2	2,64
CO_3HNa	0,41

lo que significa que las aguas contendrían un volumen de 14.120.000 t de SO_4Na_2 y 43.584.000 de ClNa . Luego la reserva total en SO_4Na_2 ascendería a 24.820.000 t.

En esta laguna se localizan diversos pedimentos mineros (45 pertenencias), que cubren una superficie de 900 ha, de ellos 5 pertenencias (100 ha) mensuradas corresponden a la empresa Yacimientos Salinas Tres Lagunas S.R.L., sitas en el sector oeste de la laguna, 6,5 km al NE de la estación Tres Lagunas (F.C.G.R.).

La mencionada empresa realiza el proceso completo en dicho lugar, a saber: cosecha, en los meses de invierno; emparvado y manufactura del sulfato hasta obtener la forma anhidra. La cosecha se efectúa con rastras, bateas profundas de madera, de 1m³ de capacidad, las que se cargan manualmente.

El proceso industrial consiste en: 1) dilución de la sal en su agua de cristalización; 2) precipitación de la misma por saturación del ión Na (agregado de sal) y 3) centrifugado y secado en hornos rotativos.

Producción correspondiente al período 1965-1967:

	<u>Sulfato hidratado</u>	<u>Sulfato anhidro</u>
1965	3.880 t	970 t
1966	4.760 t	1.190 t
1967	6.800 t	1.700 t

En 1970 esta empresa produjo 14.669 t de sulfato hidratado.

En el sector norte de la laguna, a unos 3 Km, en línea recta, al oeste de la localidad de Epecuén, se halla la explotación correspondiente a la mina "La Miki", perteneciente a José A. Noel.

Chasilauquen

Esta laguna se encuentra situada 16 km al SE de la localidad de Rivera.

De forma más o menos circular, posee un diámetro de 4 Km y una superficie aproximada de 1.800 ha y se halla rodeada saltuariamente por pequeñas barrancas bajas, salvo su sector sur, donde alcanzan una altura de hasta 5 m.

Su perímetro está cubierto por 12 pertenencias mensuradas que totalizan 240 ha, bajo la denominación "Laguna Chasilauquen", registrándose además la mina "Chasilauquen II", de 5 pertenencias.

En ocasión de su visita, la laguna se encontraba seca, cubierta por una capa de sal de algunos centímetros de espesor en sus bordes.

Este cuerpo salino se viene explotando desde 1940.

Actualmente es trabajada en su sector norte por las firmas: Pagrun S.A. y Daniel Guerstein.

La extracción se efectúa manualmente, arrastrando el sulfato en bateas por medio de tractores o bien con chupadoras sacando el agua con sulfato. El sector sur no se puede

operar por ser muy fangoso.

Durante el año 1970 la producción alcanzó a 5.000 t, las que fueron destinadas, para su ulterior elaboración, Guatraché (La Pampa).

PUAN

"Elchi"

Esta mina, registrada en 1967, se halla situada en los campos de Basile, 30 km al SO de la estación Rondeau (F.C. G.R.). Desde Rondeau, por camino mejorado, se alcanza siguiendo la ruta hasta la estancia La Buena Esperanza (24 km) y dentro de ésta 6 km hacia el SO.

Se trata de un cuerpo salino alargado, orientado de NO a SE, de unos 3,5 km de largo por 500 m de ancho. En diciembre de 1971, presentaba muy poca agua en su centro y una costra de 3-4 cm de sales, rica en sulfato de sodio, en sus bordes. La playa inundable, de unos 8-10 m, está constituida por un limo negro con abundante materia orgánica.

Su extremo NO que no se explota desde el año 1943, se resuelve en un angosto salitral de unos 600 m de largo por 50 m de ancho.

"La Castellna"

Se emplaza al NE de la localidad de Villa Iris, en campos del mismo nombre, en una laguna de forma semicircular, de unos 600 m de diámetro.

En la época en que se visitó (diciembre 1971), contenía agua en casi toda su superficie.

Bordea a la laguna una reducida playa, con mayor desarrollo en su fracción austral, donde abunda el fango oscuro. Pequeñas barrancas, de 1 a 2 m de altura, rodean a la misma, en casi todo su perímetro.

En su sector este se observó una pequeña parva de sulfato, extraído con fines de ensayos.

Esta mina, como la anterior, se explotó hace unos 35-40 años.

VILLARINO

Choiqué

La fosa de Choiqué constituye una pequeña cuenca de drenaje centrípeto, de una superficie de 38 ha, emplazada 16 km al SO de la estación Nueva Roma del F.N.G.R.

Alargada en sentido NO-SE y de una longitud de unos 1.000 m, registra los pedimentos mineros denominados "La Lydia" y "Nueva Roma".

Cordini (1950), en su "Contribución al conocimiento de los Cuerpos Salinos de Argentina", presenta un detallado estudio de Choiqué. Calcula una existencia, en base a una costra salina de 47 cm de espesor, presente en ocasión de su investigación, de 269.000 t de costra y de 580.000 t de fango, de un espesor de 1,5 m, lo que en conjunto representaría una reserva de 216.300 y 339.200 t de SO_4Na_2 4.125 y 15.000 t de ClNa y 3.820 y 9.505 t de SO_4Mg , respectivamente.

La laguna está rodeada de una angosta playa inundable compuesta de un fango oscuro con abundante materia orgánica (gyttias).

La extracción de sulfato de sodio es manual y se lleva a cabo con rastrillos, en todos los sectores de la laguna.

En la época de su inspección (diciembre 1971), habían 20 parvas de alrededor de 10 m³ cada una.

Opera en esta laguna la empresa Pagrum S.A., la que envía el producido a Guatraché (La Pampa) para su ulterior elaboración.

La laguna de Chasicó constituye un cuerpo de agua residual, que se localiza 8 km, en línea recta, al NO de Salinas Chicas y que conjuntamente con ésta, fue estudiada detalladamente por Cordini (1950).

Chasicó, de una superficie de 34 km², en cifras redondas, y 3 m de profundidad, es una laguna que, a 25 m bajo el nivel del mar, funciona por evaporación y enfriamiento, depositando sulfato de sodio casi libre de otras sales, como lo demuestra el análisis señalado por el autor citado, quien, para la época que estudió Chasicó, determinó un contenido en las aguas de 43,10-54,17 ‰ SO₄Na₂ y de 82,5-110,93 ‰ ClNa (valores extremos para un período de ocho meses de 1941).

Cordini (op. cit.), le asigna una reserva de sales disueltas de 2.864.178 t SO₄Na₂ y 5.406.428 t ClNa, para un tenor promedio de 48,5 y 91,5 ‰ de sulfato de sodio en las aguas, respectivamente.

Contabiliza también, entre otras sales, su contenido en bromuro de magnesio, cloruro de magnesio y cloruro de potasio.

Chasicó constituye una reserva potencial. En su extremo sur se halla el balneario Chapalcó.

AGUAS TERMALES

Pedro Luro - "Los Gauchos"

Se trata de dos surgentes termominerales ubicadas, uno en Pedro Luro, 130 km al sur de Bahía Blanca (partido Villarino) y el otro 10 km por caminos de la población de Villalonga (partido Patagones). Ver Lámina I.

De un elevado grado de salinidad, ambos pertenecen al mismo régimen artesiano. Una distancia aproximada de 50 km separa uno del otro.

Las aguas del primero surgen de la profundidad de 968,5 m, a razón de 22.000 l/hora y una temperatura de 70°, en tanto que las de "Los Gauchos" proceden de 966 y 1164 m, con un caudal reducido a 14.000 l (puede alcanzar 72.000 l), y a 78°C.

En ambos casos las aguas proceden de terrenos considerados del Mioceno sup.-Plioceno inf., cuya salinidad aumenta con la profundidad a medida que se avanza hacia el sur (Rubio y Pandolfi, 1948).

El contenido salino total es de 124,07 y 137,98 g/l para Pedro Luro y "Los Gauchos", respectivamente, cuyas principales combinaciones se indican a continuación, en g/l:

	<u>Pedro Luro</u>	<u>"Los Gauchos"</u>
Bromuro de magnesio (Br ₂ Mg)	0,258	0,446
Ioduro de magnesio (I ₂ Mg)..	0,006	0,005
Cloruro de magnesio (Cl ₂ Mg)	7,409	7,876
Cloruro de potasio (ClK)...	0,829	0,845
Sulfato de calcio (SO ₄ Ca)..	2,448	2,174
Cloruro de sodio (ClNa)....	105,415	116,545

La proporción de sales de estas aguas hipotermales es 3,6 veces más elevada que la correspondiente al agua de mar.

Poseen propiedades medicinales y se las explota en balneario.

Por su elevado grado de mineralización han sido motivo de estudios tendientes a definir el aprovechamiento, en particular, del bromo presente en una proporción de 0,376 g/l, en "Los Gauchos" (Ronco, 1948) y de 0,224 en Pedro Luro.

GRANITOS

En el extremo noroeste de las Sierras Australes, mas precisamente sobre la vertiente occidental de la Sierra de Curamalal, se presentan tres grupos de afloramientos dispersos de granitos, a saber: en Cerro Colorado, en las lomas de Aguas Blancas, al norte de Dufaur y en la zona de Cerro Pan de Azúcar-San Mario (Lámina I).

Se trata de granitos de edad precámbrica que han sido considerados por Harrington (1947) y muy en particular, desde el punto de vista petrológico, por Kilmurray (1968). De coloración rosada a rojiza y de grano mediano a grueso, contienen en su masa vetas delgadas de aplitas. Estas rocas se muestran tectónicamente deformadas, en mayor o menor grado, llegando hasta constituir granitos milonitizados, muy esquistosos, en cuyo caso la participación de sericita es abundante (Cerro Pan de Azúcar).

Además se cita el granito de López Lecube, que fue motivo de una explotación intensa en épocas pasadas.

PUAN

Lopez Lecube

Esta cantera abandonada, que fue motivo de una intensa explotación desde principios de siglo hasta 1936, sobre todo para las obras del ex-ferrocarril del Sud, se halla situada 3 km al SE de la estación homónima.

Se trata de una fosa emplazada en un terreno llano de unos 150 por 100 m, con una profundidad de 15 m, la que se encuentra completamente anegada.

El material es un granito hornbléndico, de una coloración rosada, de grano mediano, afectado por diac^lasa y pl^a

nos de disyunción.

Calmels (1955), en su trabajo de tesis doctoral, se refiere a la geología y petrografía de esta cantera.

SAAVEDRA

Cerros Colorados

Esta cantera, que entró en producción en el mes de septiembre de 1971, se halla ubicada a la altura de la localidad de Dufaur, tomando por un desvío de 17 km hacia el oeste, desde el km 86 de la ruta 33.

El laboreo se emplaza en el faldeo sudoeste del Cerro Colorado y consiste en un frente de 240 m de desarrollo, orientado hacia el SO y con un avance de 40 m. La altura del corte, que registra 8-10 m en su parte mas alta, va en aumento.

La roca que se explota es un granito rosado y hasta rojo, de grano grueso, parecido al de Sierra Chica. Diaclasas bien esparcidas dividen a la roca en grandes bloques, sobre todo en el extremo oeste del frente, de donde se han de extraer bloques. El juego principal de diaclasas registra una dirección N 18° O y un buzamiento de 50° S. Venas de cuarzo de hasta varios cm de espesor se observan en la masa granítica.

La empresa explotadora, Piro y Ruiz S.C.A., cuenta con modernas instalaciones de trituración y clasificación de una capacidad de 2.500 a 3.000 t/10 hs. que provee materiales de los siguientes tamaños: 0-3; 3-9; 9-20; 10-30 mm y 3/4". Fue explotada en épocas anteriores.

Aguas Blancas

Trabajada durante algún tiempo, esta cantera dista 10 km al norte de la estación Dufaur.

La roca explotada consiste en: granito, granito aplítico y vetas de aplita, de grano mediano a fino, afectados

por metamorfismo dinámico (Harrington, 1947).

Cerro San Mario

Se trata de un granito gris rosado, de grano mediano, que fue motivo de explotación en pequeña escala, con destino a la construcción de la ruta 76.

CUARCITAS

En la constitución de las Sierras Australes, de naturaleza preponderantemente arenosa, se distinguen varias formaciones portadoras de areniscas cuarcíticas (cuarcitas), tanto en las infras como en las suprapaleozoicas, como ser en las de la Serie de la Ventana (grupo Mascota, Trocadero, Hinojo, Napostá, Providencia), como en las del Sistema de Pillahuincó (Serie de Bonete y de Tunas). Se trata, en la mayoría de los casos, de cuarcitas que, por sus cualidades, son aptas como piedra partida para construcciones en general (Lámina I).

Acercas de estas rocas, Harrington (1947), en la explicación de las Hojas Geológicas 33 m x 34 m (Sierras de Curamalal y de la Ventana), las considera señalando los resultados obtenidos en ensayos físicos correspondientes a:

1) Areniscas cuarcíticas blancò-rosadas, del grupo Mostaza, de la sierra de Chasicó, al oeste de Tornquist; 2) Areniscas cuarcíticas de la Serie de Tunas, de un lugar distante 33 km al sur de Coronel Suarez y 3) Areniscas cuarcíticas verde oscuras de la serie citada, en el extremo sudeste de la sierra de Pillahuincó, junto a la estación Las Mostazas, rocas estas que se prestan para ser utilizadas como piedra partida y cuyos resultados, incluyendo los de las cuarcitas de Tornquist, se exponen en la tabla I (Kittl, 1942):

TABLA I

	Absorción en % de peso	Peso espe- cífico	Desgaste (Deval)	Dureza (Dorry)	Tenacidad (Page)	Compresión (kg/cm ²)
1. TORNQUIST.....	0,110	2,652	1,90	19,50	18,66	1791
	0,292	2,657	2,40	19,17	10,66	810
	0,214	2,634	2,00	19,00	19,66	1916
	0,139	2,610	2,40	19,00	15,66	942,5
2. CHASICO.....	0,148	2,339	1,50	19,34	26,66	2030
3. CORONEL SUAREZ.....	0,226	2,731	1,26	19,00	48,00	2867
4. LAS MOSTAZAS.....	?	2,790	2,00	19,34	29,60	2230

PRINGLES

Cantarelli

Dista esta cantera 1 km a la derecha de la ruta 51 y 65 km al NE de Bahía Blanca.

Se trata de un corte de 70 m de desarrollo, de rumbo N 5° E, con un avance de 20 m y una altura de 5 m.

El material consiste en una cuarcita blanca grisácea, con intercalaciones lenticulares de arcillas verdosas.

Se la explota en pequeña escala.

Vita Hnos

Se halla situada unos 800 m al este de la cantera considerada anteriormente, en las cercanías de la estancia La Ernestina.

Se encuentra en los comienzos de su explotación, realizando los destapes correspondientes al frente y preparando la base para la instalación de la planta de una capacidad de 30-35 t/hora.

El frente mira hacia el SE, en la parte superior de un cerro.

La roca es una cuarcita gris verdosa, de grano mediano, muy dura y compacta, que se presenta en bancos gruesos.

SAAVEDRA

Pigüé

Esta cantera se halla situada 2,5 km al oeste del km 130 de la ruta 33. Dista al sur de la ciudad de Pigüé.

Su laboreo se inició en julio de 1971 por parte de la empresa SYCIC y comprende dos frentes de extracción, uno orientado N 10° 0, de 80 m de largo por 8 de altura y un

avance de 40 m aproximadamente, y el otro, distante 500 m al oeste del anterior, de igual altura pero de menor desarrollo y avance.

La roca que se extrae es una cuarcita gris rosada, con manchas ferruginosas, en bancos de 10 a 30 cm de espesor, entre cuyos planos de estratificación suelen presentarse intercalaciones lenticulares de arcilla. El diaclasamiento del material es marcado.

La empresa dispone de una planta de molienda y clasificación de una capacidad de 90 t/hora, la que abastece de material de los siguientes tamaños: 0-10; 10-19; 19-30 y 30-50 mm, que SYCIC los destina a sus necesidades propias para la construcción de caminos.

TORNQUIST

Marengo

Se halla emplazada 4 km al NE de la ciudad de Tornquist, en las inmediaciones del calvario.

Se trata de una cantera actualmente abandonada, pero intensamente explotada en años anteriores. Representa una fosa de 200 m de largo por 60 de ancho, orientada casi este-oeste. Su frente oriental, de 10 m de altura, presenta una sucesión de bancos finamente estratificados, no así su pared norte donde éstos acusan espesores de 30-40 cm. El rumbo general de estos estratos, que contienen intercalaciones arcillosas, es N 55° O con 25° SO de buzamiento.

Sobre la falda SO del cerro del Calvario, con vista hacia Tornquist y a unos 300 m del laboreo anterior, se presenta un corte de 100 m de longitud por 12 de alto, con un avance de 30 m.

El material consiste en una cuarcita color gris oscuro, finamente estratificada y seccionada por numerosas diaclasas.

También paralizada, esta cantera fue explotada por la empresa Piro y Ruiz (Agric. Gan. y Com. S.C.A.), hasta hace algunos años.

Consiste en una abertura trapezoidal, sita en la ladera oeste de una elevación, a 3 km al este de la descrita anteriormente, con frente de avance en su base mayor, de 40-50 m de largo con una altura de 15 m. Su base menor es de 10-15 m y el avance de 80 m.

El material explotado constituye una cuarcita rosada y gris de grano fino hasta conglomerádico, en general de fina estratificación.

Contó con instalaciones de molienda y clasificación, al presente completamente deterioradas.

TOSCA

La tosca es un material calcáreo de amplia distribución, particularmente en el sector SO de la provincia, que ha sido motivo de diversos estudios de carácter petrográfico, geológico-económico y tecnológico.

Las primeras informaciones geológicas sobre dicho material se remontan a fines del siglo pasado y las primeras décadas del presente. Estudios posteriores son los presentados por Kashinsky (1938) y Del Pecho (1953), pero el mayor aporte sobre el particular es el que surge de las investigaciones encomendadas por el LEMIT a la Cooperativa Geológica del Sur (1958) y a ARGAM S.R.L. (1960) y del estudio realizado en especial por Kilmurray (1963 y 1966).

En lo técnico se hace mención a los trabajos de Añon Suarez (1949), Bustos (1937) y Herrero Laporte (1949).

La tosca es una sedimentita de origen poligenético, de naturaleza en parte química, en parte detrítica.

Su distribución en la provincia ofrece características

muy particulares, con una marcada acentuación en cuanto a su riqueza en CO_3Ca y espesores, en sus partidos del sudoeste, como se expondrá más adelante.

Forma costras o capas de variados espesores que alcanzan hasta 2-2,50 m, dispuestas paralela o subparalelamente a la estratificación de los sedimentos que la alojan. Aparecen también formando mantos apoyados sobre el basamento cristalino o sobre elementos del paleozoico, o cubriendo depósitos pefíticos cuaternarios. A veces se presenta constituyendo varias capas separadas por sedimentos arcillosos.

De una coloración castaña clara, gris claro hasta blanquecino, presenta una estructura que puede ser homogénea, bandeada, concrecional, brechosa y pisolítica. Su textura permite distinguir, siguiendo a Kilmurray (1966), tosca oolitiforme, cristalino-pulverítica, pulverítica y oolito-pulverítica.

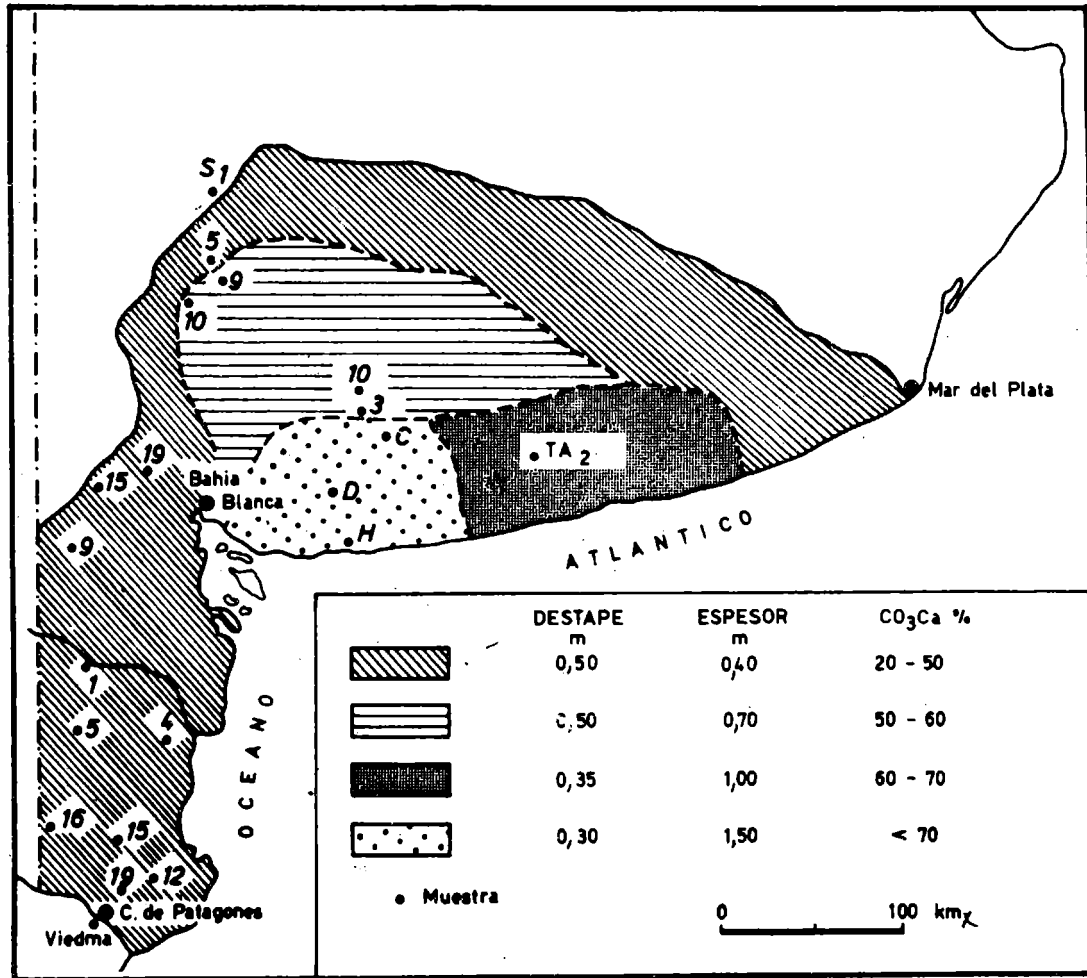
Su composición depende obviamente del sedimento original y de la cantidad de material calcáreo cementante. Aparte del CO_3Ca , en variedad calcita, suele presentarse finas vénitas de ópalo. El autor arriba citado, en su obra de 1966, presenta el estudio petrográfico en cortes delgados, el estudio a grano suelto y su análisis mineralógico, correspondiente a diversas muestras de tosca de distintas procedencias.

Diversas son las teorías propuestas para explicar su formación, pero cualquiera sea ella, es evidente que se origina obedeciendo a un gran proceso diagenético: vale decir la cementación de sedimentos preexistentes, a través de soluciones bicarbonatadas que atravesaron los estratos, depositando su contenido en los poros y espacios capilares o reemplazándolos, las que actuaron a cambios de temperatura, proceso que se repite en el tiempo más de una vez y que se produjeron en el Cuaternario.

En el sector SO de la provincia se han definido cuatro áreas principales portadoras de tosca, material que aflora coronando lomas si bien con una cubierta de variado espesor, a saber: 1) la zona costera que comprende los par

PLANO DE DISTRIBUCION DE TOSCA
tomado de KILMURRAY (1966)

LAMINA III



tidos de Bahía Blanca y Cnel. Dorrego, donde la tosca registra mayores espesores y escasa sobrecarga; 2) la zona próxima que abarca los partidos de Tres Arroyos y Necochea caracterizada por potencias de capas de alrededor de un metro y alto contenido en CO_3Ca ; 3) la zona interserrana austral, integrada por los partidos de Saavedra, Tornquist, Cnel. Pringles, sur de Laprida y Gonzalez Chavez, caracterizada por valores intermedios de destapes y 4) la zona periférica, que incluyendo los partidos de Patagones, Villarino, oeste de Tornquist, Saavedra y Cnel. Suarez, norte de Gral. Lamadrid, Laprida, Juarez, Necochea, Lobería, sur de Balcarce, Tandil, Olavarría y Gral. Alvarado, presenta espesores y sobrecargas máximas (Lámina III).

En la tabla II se exponen los resultados analíticos correspondientes a muestras procedentes de los partidos de Coronel Dorrego, Patagones y Villarino.

Respecto de las propiedades físicas, Kilmurray (1966) proporciona varios cuadros de ensayos según normas ASTM y cuya síntesis es:

- 1.- Absorción con líquido polar (agua) hasta saturación de las muestras. Entre límites: 1,5 - 15%.
- 2.- Peso específico. Entre límites: 2,15 - 2,40%.
- 3.- Desgaste "Los Angeles". Entre límites: 20 - 80%.
 - Grado "A": 40,8% (valor promedio)
 - Grado "B": 37,5% (valor promedio)
 - Grado "C": 31,9% (valor promedio)

Desde el punto de vista de la aplicación de la tosca en obras viales, se considera: dura, con desgaste 30%; semidura, 30-50% y blanda, 50%.

Si bien no existen datos relacionados con las reservas de este material, las mismas, teniendo en consideración su difusión y espesores en los sectores indicados, deberá considerarselas como muy apreciables a ilimitadas, geológicamente.

TABLA II

Partido	Muestra	Sflice	Suma de	CaO	MgO	Pérdida por	C ₂ O ₃
		total	óxidos (R ⁿ O ₃)	%	%	calcinación	
		%	%	%	%	%	%
CORONEL DORREGO.....	7	17,2	1,9	42,5	1,2	37,2	79,1
	F	21,5	4,3	39,0	1,1	34,7	72,2
	D	28,7	3,2	34,6	1,4	31,8	60,0
PATAGONES.....	19	34,1	4,0	30,4	1,6	29,0	51,0
	4	48,5	4,8	23,3	1,5	22,0	43,5
	1 bis	53,6	6,1	20,8	1,0	17,8	33,9
VILLARINO.....	19	52,0	3,7	21,7	1,3	21,1	34,5
	15	27,1	3,7	35,5	1,4	31,3	64,7

Este material se destina para la construcción vial, como ser en afirmado de caminos, subrasante y en tratamientos bituminosos; en tal sentido su aprovechamiento es local como lo es también su empleo en la elaboración de cal, en determinados lugares del partido de Dorrego.

CORONEL DORREGO

Aparte de las explotaciones que a continuación se han de considerar, cabe la mención de otras abandonadas, con planta de molienda y clasificación, sitas sobre la ruta 3 (km 611 y 614), a unos 20-23 km de Coronel Dorrego, en dirección a Bahía Blanca, cuyo material se utilizó para la construcción de la citada ruta (Lámina I).

Triunfo

La cantera de la empresa Sanllorenti y Brunand, elaborada del cemento natural "Triunfo", se halla situada 3 km al NE de la localidad de Oriente, sobre la margen derecha del río Quequén Salado. La estación Irene, de embarque, dista 30 km de la fábrica.

Se trata de un frente de extracción de 200 m de longitud, de dirección general N 35° 0, con un avance de 80 m y 2,0-2,5 m de espesor de tosca. Su destape es escaso.

El material es compacto y en parte de aspecto terroso, de una coloración pardo clara a blanco amarillento.

Esta cantera inició su explotación en 1920 por intermedio de la empresa "La Hidroeléctrica del Sud S.A.". Actualmente la trabaja en forma mecanizada, la empresa arriba citada y cuya producción alimenta dos hornos de cal de una capacidad conjunta de 32 t/día del producto que comercializa.

Calera Cometa

Dista 2 km al norte de la ruta 3, a la altura de su km 598.

Presenta un frente de cantera irregular, de unos 80 m de recorrido, con espesores de tosca de hasta 1 m. Se trata de un material muy duro, de una coloración variable, pardo claro a oscura, que forma lentes muy irregulares. La sobrecarga consiste en 40 cm de tierra vegetal.

La extracción de la tosca es manual y se la destina a la fabricación de cal, en los hornos de una capacidad de 12 t/día de tosca.

Industrial del Sur

La cantera de esta firma se encuentra ubicada a la altura del km 600 de la ruta 3, sobre la margen derecha y en las cercanías del cruce de la misma con el arroyo Las Mostazas, a poca distancia de la ciudad de Cnel. Dorrego.

Su frente de cantera, de rumbo general N 45° 0, posee un desarrollo de 120 m y una altura de 1 m y en lugares menos, con 10-20 cm de destape de tierra vegetal. El espesor de la tosca alcanzaría a 1,50 m. Las características del material son similares a las expuestas para la cantera anterior.

La extracción del material es manual y se destina a la fabricación de cal, en un horno de una capacidad de 7 t/día.

ARENA Y CANTO RODADO

Estos materiales de aplicación en las construcciones en general, se les extrae de lechos mayores de ríos y arroyos, como ser del río Sauce Grande, arroyos Sauce Chico, Napostá Grande y otros del área de las sierras australes.

Siguiendo el curso del río Sauce Grande, a 11,17 y 19 km respectivamente, aguas arriba del dique de Las Piedras, se hallan tres lugares que son explotados por arena y canto rodado, mediante medios mecanizados, por la empresa constructora del referido dique.

También se extrae arena e incluso canto rodado, en cier

tos parajes de la costa, en los partidos de Coronel de Marina L. Rosales, Dorrego, Patagones y Tres Arroyos (Lámina I).

Teruggi et al (1959 y 1964), representan un detallado estudio sobre la procedencia, composición y aprovechamiento de las arenas del litoral atlántico bonaerense.

En el Padrón Minero de 1970 figuran las siguientes concesiones, discriminadas por materia y partido:

Arena:

Dorrego (Monte Hermoso)	31
Villarino	1

Arena y canto rodado:

Coronel de Marina L. Rosales	2
Coronel Pringles	3
Patagones	4
Tornquist	1
Tres Arroyos	2

No se disponen de datos concretos acerca de la producción de estos materiales de uso local, que escapa a veces a todo control.

ENERGIA GEOTERMICA

Con fines ilustrativos se menciona la posibilidad de aprovechamiento de energía geotérmica, en el área de la extensa cuenca artesiana de Bahía Blanca.

Sobre el particular, Maraggi (1970) ha venido últimamente llamando la atención e instando a la conveniencia de realizar un estudio mas a fondo de la cuenca citada, de una superficie superior a 10.000 km², con una producción actual de 45.000 m³/día y con surgentes a presión de 10-15 atmósferas y temperatura de hasta 60-70°C y más, al alcanzarse mayores profundidades con miras, entre otros objeti-

vos, a definir sus perspectivas en cuanto al posible aprovechamiento de la energía geotérmica que pudiera proporcionar.

RESERVAS - POSIBILIDADES DEL AREA

En base a la información expuesta precedentemente, se tratará en este apartado, de presentar el "quantum" de mineral o roca disponible como reserva de carácter geológico, a los efectos de su consideración desde el punto de vista de su aprovechamiento presente y futuro.

Se deja expresa constancia de que no siempre se dispone de datos concluyentes respecto de las reservas y leyes de las concentraciones minerales, ni tampoco es posible expresar en cifras la magnitud de las masas de rocas de aplicación, por la falta de estudios complementarios a través de un adecuado laboreo y muestreo de exploración, tendientes al logro de un mayor conocimiento de las características de las acumulaciones minerales (salinas, arenas ferrotitaníferas) o a una delimitación de los campos rocosos, si fuese necesaria, que por sus propiedades físicas resultan económicamente aprovechables.

Con todo lo realizado al presente, tomando como punto de partida los yacimientos mas investigados, permite arribar a cifras de reservas de consideración que aseguran mantener, por muchos años, el ritmo actual de explotación y el que surja en un futuro no lejano.

Minerales ferrotitaníferos y zircón

Se ha determinado para el sector San Blas-Faro Segunda Barranca una reserva expresada en minerales magnéticos y no magnéticos (titanomagnetita e ilmenita, principalmente) de 1.950.843 t, en la categoría de "mineral indicado", y de 810.000 t como "mineral inferido" para el sector Faro Segunda Barranca-Punta Rasa; volúmenes estos que contendrían 14.000 t de zircón.

Estas reservas, modestas para este tipo de acumulación detrítica, las mayores de titanio y zircón del país, podrían considerarse como materia prima básica para la obtención de bióxido de titanio o bien ser utilizadas como menas ferríferas.

Desde el punto de vista tecnológico, dichos minerales registran un relativo bajo tenor en titanio (TiO_2) y su aprovechamiento requiere una investigación especial (Angeleli y Chaar, 1967, pág. 49-51). La empresa Titanit intentó su beneficiación, partiendo de concentrados obtenidos de las arenas de playa, pero sin resultado, sin poder precisar las reales causas de su fracaso en la fabricación de blanco de titanio.

Como material destinado a aportar hierro en la fabricación de cemento, se explotó en un tiempo y con idéntico fin se beneficia actualmente.

El aprovechamiento del zircón contenido en los concentrados, de interés en el campo de la industria de los refractarios y también en el de la energía atómica, como aleación a base de circonio, sólo es factible si las arenas son sometidas a procesos que permitan la recuperación y comercialización integral de todos sus componentes útiles.

Minerales no-metalíferos

En este renglón radica la mayor riqueza mineral del SO bonaerense, a través de sus grandes concentraciones salinas, en particular de sal común, de aplicación en la alimentación, industrias frigoríficas, etc, como tal, y como materia prima para la elaboración de cloro, hidrato, carbonato de sodio, etc, con destino a la industria química y petroquímica.

i) Mica: Buenas son las perspectivas que se perfilan con la explotación del material cuarcítico de la mina "Don Lelio", por su contenido en mica (sericita) y cuarzo. En efecto, los resultados obtenidos al presente en los ensayos y análisis realizados, tendientes hacia la recuperación de productos comercializables de mica y cuarzo, son promi-

sorios, los que harían prever la puesta en marcha de esa propiedad minera a un ritmo de cierta consideración.

ii) Sal común y sulfato de sodio: En el apartado "Yacimientos salinos" se ha indicado una reserva total de 93.500.000 t de ClNa y de 32.000.000 t de SO₄Na₂. A estos guarismos se arribó contabilizando el contenido total de las sales de cuerpos salinos y de aguas salinizadas. En principio, ambas cifras constituyen una reserva potencial, cuyo grado de aprovechamiento está supeditado, entre otros factores, al sistema a seguir en cuanto a la extracción de dichas sales. Su discriminación por yacimiento se indica a continuación, en toneladas y en cifras redondas:

YACIMIENTO	SAL COMUN	SULFATO DE SODIO
Salinas Chicas.....	20.000.000	3.000.000
Salina de Piedra.....	20.000.000	600.000
Salina del Inglés.....	5.000.000	sin datos
Epecuén.....	43.000.000	25.000.000
Chasilauquen.....	sin datos	sin datos
Choiqué.....	20.000	553.000
Chasicó.....	5.406.000	2.864.000
	<hr/>	<hr/>
	↪ 93.500.000	↪ 32.000.000
	<hr/>	<hr/>

A las cifras indicadas cabe agregar la existencia en Salinas Chicas de 115.954 t de ClK, 857.123 t de Cl₂Mg y 24.288 t de Br₂Mg, sales evidenciadas también en Chasicó.

Si se continúa con el actual sistema de explotación, de cosecha, los volúmenes aprovechables no son los indicados, por cuanto el ClNa asignado a los cuerpos productores de SO₄Na₂ o el SO₄Na₂ registrado en las salinas, no se recuperan, de modo entonces que las reservas se reducen, incluyendo Chasicó que no se explota, a 45.000.000 y 28.500.000 t respectivamente, manteniéndose una relación de 2:1, en lugar de aproximadamente 3:1 resultante de las cifras anteriores.

El aprovechamiento, tanto del cloruro de sodio cuanto del sulfato, está sujeto a condiciones climáticas favo-

rables, como se ha indicado, en un caso a un régimen de precipitaciones y períodos de sequía, y en el otro, al registro de bajas temperaturas invernales; de modo tal que la producción resulta fluctuante y que puede llegar a ser nula, como ocurrió para la sal en el año 1969.

Si se desea el logro de una producción regulable, se tendrá que ir, y esto ocurrirá sin duda en un futuro no muy distante, a la explotación mixta, esto es, recurriendo por un lado al producido de la cosecha en sí, y por el otro, a la aplicación de procesos de evaporación controlada de las salmueras (aguas madres), en el caso del cloruro de sodio, o de enfriamiento de las mismas, en el de la recuperación del sulfato, con la ventaja además de la obtención de productos de mayor pureza.

Finalmente, cabría por otra parte señalar incluso la aplicación de procesos que permitan la recuperación integral de las sales contenidas en los depósitos.

Rocas de Aplicación

El aprovechamiento de estos materiales (granitos, cuarcitas, toscas, arena y canto rodado), no presentan problema alguno en cuanto a sus reservas, ya que las mismas geológicamente pueden considerarse ilimitadas, aunque desde el punto de vista económico su explotación estará sujeta, independientemente de las especificaciones requeridas en lo que concierne a sus propiedades físicas, a la incidencia del factor transporte hasta el lugar de destino, vale decir, a un determinado radio de influencia. En suma, para cualquiera de los materiales considerados que comprende este renglón, existe una disponibilidad de abastecimiento para satisfacer ampliamente la demanda que ha de surgir del creciente grado de desarrollo de las obras públicas y de las construcciones en general.

ESTADO DE LA ACTIVIDAD MINERA

Concesiones mineras - Producción

Las concesiones acordadas en el área que nos ocupa, de

conformidad con el padrón de minas del año 1971, se indican a continuación, agrupadas por materia y partido.

1. Minas mensuradas:

	Perte- nencias	Superf. Ha
a) <u>Cloruro de sodio:</u>		
Villarino: "Salinas chicas"	136	2.720
"Las Barrancas"	122	2.440
Patagones: "La Espuma"	5	100
Otras (12)	12	240
b) <u>Sulfato de sodio:</u>		
A. Alsina: "Tres Lagunas"	5	100
"Lag. Chaquisilauquen"	12	240
Villarino: "Nueva Roma"	1	20

2. Minas registradas:

a) Cloruro de sodio:

Patagones 107 minas

b) Sulfato de sodio:

Adolfo Alsina 41 minas
Villarino 1 mina

c) Arenas metalíferas:

Patagones (área San Blas) 13 minas

d) Arena y canto rodado:

Dorrego 31 concesion.
Pringles 2 concesion.
Patagones 3 concesion.

e) Mica:

Tornquist 1 mina

En la tabla III se indican las cifras de producción del área en cuestión, correspondientes al período 1960-1970.

TABLA III

PRODUCCION DEL AREA CONSIDERADA

(en toneladas)

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Mineral ferrotitanífero	--	--	--	--	--	--	--	--	--	235	918
Sal común.....	131.217	141.903	121.649	62.438	203.222	233.668	358.609	205.915	192.570	--	236.206
Sulfato de sodio*.....	3.048	5.568	6.580	2.272	4.453	4.502	5.898	10.898	4.863	6.868	14.704
Cuarcitas.....						Sin datos					
Rocas graníticas.....						Sin datos					
Arenas y canto rodado..						Sin datos					

* Incluye la producción del área de la laguna del Hinojo (partido de Trenque Lauquen)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angelelli, V. y Chaar, E., 1964.- Las arenas de la Bahía de San Blas, su investigación por minerales de hierro, titanio y circonio (Partido de Carmen de Patagones, Prov. de Buenos Aires). Informe C.N.E.A., 122. Buenos Aires.
- Angelelli, V. y Chaar, E., 1967.- Los depósitos de titanomagnetita, ilmenita y zircón de la Bahía de San Blas (tramo Baliza La Ballena-Faro Segunda Barranca), partido de Carmen de Patagones, provincia de Buenos Aires. Informe C.N.E.A. 210. Buenos Aires.
- Angelelli, V. y Chaar, E., 1969.- Los médanos del área de Charomecó y su investigación por zircón. Cuart. Geol. Arg. T-1.
- Añon Suarez, H., Marelli, L.N., 1949.- Concreto asfáltico de tosca para pavimentos urbanos. Com. Per. del Asfalto, 3ra. Reunión Anual del Asfalto. Buenos Aires.
- Argam S.R.L., 1960.- Estudio geológico-económico de los depósitos de tosca de los partidos de Gral. Lamadrid y La Prida. LEMIT, inf. inédito.
- Bernasconi, O.H. y Cangiolli, G.H., 1970.- Estado actual de la industria de la piedra en las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. C.I.C., La Plata.
- Bustos, J.C., 1937.- La tosca como material de construcción de calzadas. Caminos, Vol. II, Año IV, nº 10, Buenos Aires.
- Calmels, A.P., 1955.- Estudio geológico y petrográfico de la cantera de Lopez Lecube, provincia de Buenos Aires. Tesis del Museo de La Plata Nº 222.
- Cooperativa Geológica Minera del Sud., 1958.- Resultados de la exploración de los depósitos de tosca y calcáreos y estudio geológico económico de los mismos, en los partidos de Patagones, Villarino, Bahía Blanca, Cnel. Suarez, Tres Arroyos, Cnel. Rosales, Tornquist, Saavedra, Cnel. Pringles y Cnel. Dorrego. LEMIT. Informe Inédito.
- Cordini, I.R., 1950.- Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de la Argentina. An. Dir. Gen Ind. Min. III, Buenos Aires.
- Cordini, I.R., 1960.- La laguna de Epecuén (Provincia de Buenos Aires). An. Soc. Científica Argentina, E. III, T. CLXIX, Buenos Aires.

- Cordini, I.R., 1967.- Reservas Salinas de Argentina. Instituto Nacional de Geología y Minería. Anales N° 13, Buenos Aires.
- Del Pecho, J. C., 1953.- Contribución al estudio de la tosca en el SE de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata. Tesis 205, inédita.
- Frenguelli, J., 1950.- Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie II, n° 33, La Plata.
- Del Pecho, J. C., 1953.- Contribución al estudio de la tosca en el SE de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata. Tesis 205.
- Harrington, H.J., 1947.- Hojas geológicas 33m y 34m. Sierras de Curamalal y de La Ventana, Prov. de Buenos Aires. Dirección de Minas y Geología, Boletín N° 61, Buenos Aires.
- Herrero Laporte, F., 1949.- La tosca como material de aprovechamiento integral, su uso en bases estabilizadas y en tratamientos bituminosos. Com. perm. del Asfalto, 4ta. Reunión Anual, Buenos Aires.
- Kashinsky, A., 1938.- La formación de costras (toscas) calcáreas. Rev. Min. Año IX, N° 20-29, Buenos Aires.
- Kilmurray, J.O., 1963.- Petrographic studies, area distribution and technical qualities of tufas used as aggregates in the Province of Buenos Aires. Ninth Pan American Highway Congress, V.II, Washington.
- Kilmurray, J.O., 1966.- Rasgos petrográficos y físicos de las toscas de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie II, N° 104, La Plata.
- Kilmurray, J.O., 1968.- Petrología de las rocas ígneas de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. Rev. Museo La Plata, t. VI, Geol. N° 45. La Plata.
- Kittl, E., 1942.- Las rocas de aplicación existentes en la Argentina, especialmente las utilizables en construcciones viales. Publ. Técn. Dir. Nac. de Vialidad, N° 37, Buenos Aires.
- Lannefors, N.A., 1930.- Posibilidades de explotar el hierro que contienen los médanos cercanos a la costa de la Provincia de Buenos Aires. Dir. Gral. Minas, N° 76, Buenos Aires.
- Limousin, T.A., 1956.- Los sedimentos psammiticos actuales de la región costera entre Faro Recalada y Punta Asun-

- ción (Prov. de Buenos Aires). Tesis Museo de La Plata, N° 234
- Maraggi, E. S., 1970.- Energía geotérmica. Ed. Parmedelle, Buenos Aires.
- Mauriño, V. E., 1954.- Los sedimentos psammíticos actuales de la región costera comprendida entre Faro Recalada y Faro Monte Hermoso (Prov. de Buenos Aires). Tesis n° 219, Museo de La Plata.
- Navarini, A., 1965.- Cálculos de reservas y ensayos de concentración del mineral ferrotitanífero del yacimiento Bahía San Blas (Prov. de Buenos Aires). Act. Seg. Jorn. Geol. Arg., tomo I, Tucumán.
- Ronco, J. J. y col., 1948.- Fundamento para el proyecto de una industria extractiva del bromo. Estudio de la surgente "Los Gauchos". LEMIT, serie II, n° 23. La Plata.
- Rubio, E. F. y Pandolfi, C. L., 1948.- El surgente termal de Pedro Luro (Prov. de Buenos Aires). Rev. Asoc. Geol. Arg., tomo III, n° 4, Buenos Aires.
- Teruggi, M. E., Chaar, E., Remiro, J. R. y Limousin, T., 1959.- Las arenas de la costa de la Prov. de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. LEMIT, La Plata.
- Teruggi, M. E., Etchichuri, M. C. y Remiro, J. R., 1964.- Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires entre Bahía Blanca y Río Negro. LEMIT, serie II, n° 81, La Plata.

S U M A R I O

	<u>Pág.</u>
<u>Introducción</u>	83
<u>Rasgos morfo-geológicos del área</u>	84
<u>Recursos minerales y rocas de aplicación</u>	87
Minerales metalíferos:	
Yacimientos ferrotitaníferos.....	87
San Blas-Faro Segunda Barranca.....	92
Claromecó.....	93
Minerales no metalíferos:	
Yacimiento de mica y cuarzo	
"Don Lelio".....	96
Yacimientos salinos (evaporitas).....	97
Sal común:	
Salina de piedra.....	100

	<u>Pág.</u>
Salina del Inglés.....	101
Salina La Espuma.....	101
Salinas Chicas.....	102
Sulfato de sodio:	
Epecuén.....	104
Chasilauquen.....	106
"Elchi".....	107
"La Castellana".....	107
Choiqué.....	108
Chasicó.....	109
Aguas termales:	
Pedro Luro-"Los Gauchos".....	109
Rocas de aplicación:	
Granitos.....	111
López Lecube.....	111
Cerros Colorados.....	112
Aguas Blancas.....	112
Cerro San Mario.....	113
Cuarcitas.....	113
Cantarelli.....	115
Vita Hnos.....	115
Pigüé.....	115
Marengo.....	116
Rosmar.....	117
Tosca.....	117
Triunfo.....	122
Calera Cometa.....	122
Industrial del Sur.....	123
Arena y canto rodado.....	123
<u>Energía geotérmica.....</u>	124
<u>Reservas - Posibilidades del área.....</u>	125
Minerales ferrotitaníferos y zircón.....	125
Minerales no metalíferos.....	126
Rocas de aplicación.....	128
<u>Estado de la actividad minera.....</u>	128
Concesiones mineras - Producción.....	128
<u>Referencias bibliográficas.....</u>	131

Abstracts of Papers in this Issue

Lemcoff, R. O. and R. E. Cunningham

U.D.C. 541.124

KINETIC-GEOMETRIC CONSIDERATIONS ABOUT FLUID-SOLID REACTIONS

LEMIT-ANALES, 2-1972, 1/12 (Serie II, nº 207)

It is shown in this paper that from the kinetic treatment for a reaction between a fluid and a porous solid it can be concluded that the apparent order of reaction for the solid ought to be less than one.

This in turn implies another conclusion of a purely geometric nature about the porous structure of the solid reactant; this conclusion says that the dimensionless surface area of solid reactant per unit volume ought to be greater than the dimensionless concentration of that solid, the reference condition being those of the initial ones.

Pinilla, A., J. O. Agusdei and P. O. Frezzini

U.D.C. 665.45 (083.7)

NEW TRENDS IN SPECIFICATIONS AND THEIR APPLICATION TO ASPHALTS PROCESSED IN THE COUNTRY

LEMIT-ANALES, 2-1972, 13/43 (Serie II, nº 208)

A compilation and a review of specifications for paving asphalts used in Europe and in the United States is made. They are evaluated the new trends for the classification of asphalts based in their viscosity at different temperatures. These measurements provide a uniform system to evaluate changes in asphalt properties before and after laboratory aging. Temperature range used for the determinations is from 4 to 135°C.

Locally produced paving asphalts were tested according to the new specifications. The data obtained allow a comparison between the current IRAM penetration system for the classifications of the asphalts, and the new tendency by viscosity. A comparison is included of limiting test values for the remaining assays in the current specifications.

CONSIDERACIONES GEOMETRICO CINETICAS SOBRE REACCIONES SOLIDO-FLUIDO

LEMIT-ANALES, 2-1972, 1/12 (Serie II, nº 207)

En este trabajo se muestra que, partiendo de un tratamiento cinético para la reacción entre un sólido poroso y un fluido, el orden de reacción aparente con respecto al sólido debe ser menor que uno.

Esto a su vez implica otra conclusión de naturaleza exclusivamente geométrica acerca de la estructura porosa del reactivo sólido. Esta conclusión expresa que la superficie por unidad de volumen hecha adimensional tiene que ser mayor que la concentración adimensional del sólido, tomándose como condición de referencia para adimensionalizar a la del estado inicial.

Pinilla, A., J. O. Agnusdei y P. O. Frezzini

C.D.U. 665.45 (085.7)

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

LEMIT-ANALES, 2-1972, 13/43 (Serie II, nº 208)

Se efectúa una revisión y recopilación de las especificaciones para asfaltos para pavimentación que rigen en Europa y en Estados e Instituciones de normalización de EE.UU. Son evaluadas las nuevas tendencias imperantes en lo que concierne a la clasificación de los asfaltos por medidas de viscosidad a distintas temperaturas, teniendo en cuenta que tales medidas proveen un sistema uniforme para seguir los cambios en las propiedades de los asfaltos antes y después de ser envejecidos en laboratorio. Las determinaciones efectuadas abarcan un rango de temperatura entre 4 y 155°C.

Se ensayaron asfaltos empleados en construcciones camineras del país, provenientes de productores locales. Los datos obtenidos permiten comparar el actual sistema de clasificación de los asfaltos según IRAM, frente a las nuevas tendencias que clasifican mediante viscosidad.

Agnusdei J. O. and D. D. Massaccesi

U.D.C. 625.033.373

AN ANALYSIS OF STRUCTURAL COMPONENTS OF AN URBAN PAVEMENT AFTER 27 YEARS OF WEATHERING

LEMIT-ANALES, 2-1972, 43/66 (Serie II, nº 209)

This report present the results of an analysis made on a urban pavement when it begun to show the first signs of deterioration after 27 years of wearing. It is presently subjected to an intensive traffic by light and heavy vehicles and it was never subjected to improvements or maintenance.

With a praiseworthy foresight the technicians who proportioned its materials in 1945 preserved the samples of the asphalts used for the road construction. This permits the confrontation of the original bitumes with those presently recuperated from the pavement, and the determination of the changes in physical and mechanical properties of the mixture after field use.

A correlation of observed failures with assay results is attempted.

U.D.C. 666.32

Rossini, A. R., S. Cohen Arazi and T. G. Krenkel

MULLITIZATION OF MIXTURES OF KAOLIN CLAY AND ALUMINIUM HYDROXIDE

LEMIT-ANALES, 2-1972, 67/80 (Serie II, nº 210)

Mixtures of kaolin clay and aluminium hydroxide were heated to temperatures between 900 and 1400°C for different periods. The heat treated samples were studied by X-ray diffraction techniques. It was clearly shown that the added Al_2O_3 reacts with the free SiO_2 to form mullite at temperatures below 1400°C when the mixtures were preheated for several hours at temperatures approaching 1000°C. Through similar heating treatments in mixtures of silicic acid and pure aluminium hydroxide, the mullite nucleation phenomenon was confirmed. It is of technological interest to achieve the total transformation to mullite of the clay-alumina mixtures by heating to temperatures not exceeding 1400°C. It was the aim of the present investigation to observe the reaction between the $\gamma-Al_2O_3$ formed from $Al(OH)_3$ and the silica freed from the kaolin to form mullite.

ANALISIS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN PAVIMENTO URBANO LUEGO DE 27 AÑOS DE SERVICIO

LEMIT-ANALES, 2-1972, 43/66 (Serie II, nº 209)

Este trabajo se refiere al análisis efectuado sobre un pavimento urbano con 27 años de servicio, que a la fecha comienza a presentar los primeros signos de deterioro. Sobre el mismo, actualmente sometido a intenso tránsito, no se ha ejecutado en el transcurso de su vida útil ningún tipo de mejora ni mantenimiento.

En virtud de una previsión elogiada por parte de los técnicos que en su oportunidad (año 1943) intervinieron en la dosificación de la carpeta de rodamiento, se conservan perfectamente preservadas las muestras de asfaltos que se utilizaron hace 27 años en dicha mezcla. Esta circunstancia permitió cotejar las características de estos betunes originales con las que presenta en la actualidad el asfalto recuperado del pavimento, como también determinar las variaciones de las características físico-mecánicas de la mezcla.

Rossini, A. R., S. Cohen Arazi y T. G. Krenkel C.D.U. 666.32

MULLITIZACION DE MEZCLAS DE ARCILLA CAOLINITICA E HIDROXIDO DE ALUMINIO

LEMIT-ANALES, 2-1972, 67/80 (Serie II, nº 210).

Se calcinaron mezclas de arcilla caolinítica e hidróxido de aluminio. los ensayos se realizaron entre 900 y 1400°C, a distintos tiempos de calentamiento. Los compuestos obtenidos se estudiaron por técnicas de difracción de rayos X, dejándose establecido que se produce reacción entre la Al_2O_3 agregada y la SiO_2 liberada, para formar mullita a temperaturas inferiores a 1400°C, cuando la mezcla se precalienta varias horas a temperaturas próximas a los 1000°C. Se confirmó el fenómeno de nucleación de mullita, por tratamientos térmicos similares en mezclas de ácido silícico e hidróxido de aluminio puros. Es de interés tecnológico lograr la transformación total a mullita, de mezclas arcilla alúmina, a temperaturas no mayores de 1400°C. Por esto, el presente trabajo tuvo por fin comprobar si la $\gamma-Al_2O_3$ que se forma durante el calentamiento del $Al(OH)_3$ puede entrar en la reacción de mullitización del caolín, combinándose con la sílice remanente.

Angelelli, V., J. Villa and J. M. Suriano

BAHIA BLANCA DEVELOPMENT POLE AREA. MINERAL RESOURCES AND INDUSTRIAL ROCKS

LEMIT-ANALES, 2-1972, 81/134 (Serie II, nº 211)

This work deals on the mineral and industrial rocks in 15 countries from southwest of the Buenos Aires province into a total surface of some 80.000 km². These resources comprises: metalliferous ores, that is detrital deposit of magnetite, ilmenite and zircon; non-metalliferous ores represented by evaporites (common salt and sodium sulphate), including salt-enriched thermal waters; and finally the industrial rocks such as granites, quartzites, caliche, sands and gravels.

After the general part of each matter, the characteristics of the deposits with indication of their law, mining works, etc. are succesively treated. The last part of the report considers the reserves and possibilities from the mineral deposits and industrial rocks and also the mining activity of the studied area.

Angelelli, V., J. Villa y J. M. Suriano

AREA DEL POLO DE DESARROLLO DE BAHIA BLANCA. RECURSOS MINERALES Y ROCAS DE APLICACION

LEMIT-ANALES, 2-1972, 81/134 (Serie II, nº 211)

Se presentan los recursos minerales y rocas de aplicación existentes en una superficie de 80.000 km², que involucra 15 partidos del sudoeste bonaerense. Dichos recursos comprenden: minerales metalíferos (acumulaciones detríticas portadoras de magnetita, ilmenita y zircón); no metalíferos, representados esencialmente por evaporitas, sal común y sulfato de sodio, incluyendo aguas termales muy salinizadas; y rocas de aplicación (granitos, cuarcitas, tosca y canto rodado).

Esbozada la parte general de cada materia, se pasa a tratar las características de sus yacimientos, señalando leyes, laboreo minero, etc. En la parte final del trabajo se consideran las reservas y posibilidades que ofrecen los distintos materiales a que se refiere el mismo, como así también al estado de la actividad minera del área examinada.

Normas que deben aplicarse en materia de publicaciones científicas

El Comité de Enlace FID/CIUC/FIAB/OIN Unesco¹, fundado y reunido para examinar los medios de llevar a cabo una acción internacional eficaz a fin de mejorar la actual situación de la información científica, considera que la falta de disciplina libremente aceptada en materia de redacción y de publicación de informaciones científicas es una de las causas principales que acrecen inútilmente el volumen de los documentos publicados, así como los gastos para imprimirlos, resumirlos, clasificarlos y localizarlos.

Por consiguiente, el Comité, a propuesta del Secretario de la Oficina de Resúmenes Analíticos del CIUC, ha redactado en la forma más breve posible un texto donde se definen las reglas que constituyen una obligación moral evidente para todo autor de publicación científica y que debe aplicar todo redactor de revista científica.

Ese texto, que se aplica a las ciencias exactas y naturales y a la tecnología, se compone de cuatro partes. En la primera, se indica que toda memoria científica debe ir precedida de un resumen correctamente redactado por el propio autor. En la segunda se definen tres categorías de textos científicos originales, se indican sus características distintivas y se recuerda a todo autor que debe indicar a cuál de las tres categorías pertenece el texto cuya publicación propone. La tercera parte trata de la redacción de los textos científicos e impone a todo autor la obligación moral de señalar toda duplicación o toda omisión en las partes importantes del texto publicado. En esas tres partes, se recuerda repetidamente que, para el porvenir de la documentación científica, tiene importancia capital la adopción de normas internacionales uniformes, universales que permitan establecer un método único de redacción de resúmenes analíticos, un sistema único para abreviar los títulos de revistas científicas, un código único para la manera y el orden en que se hacen las citas bibliográficas numéricas, un código único de símbolos y de abreviaturas de términos, técnicos, un código único para la transliteración de los caracteres de un alfabeto a otro y reglas comunes para la formación de los vocabularios técnicos y para su correspondencia entre lenguas diferentes.

El Comité está convencido de que sólo el empleo de esas normalizaciones permitirá la utilización de medios automáticos para la clasificación de las informaciones y de las publicaciones científicas y para las investigaciones que requiere la preparación rápida de bibliografías retrospectivas.

Para dar ejemplo de unificación y poner fin a la dispersión de los esfuerzos, a la existencia de textos internacionales múltiples y a veces contradictorios, se ha creado el Comité, que ha preparado el texto a que nos referimos y que confía a la OIN², en estrecha cooperación con los otros organismos que representa, la tarea de conseguir que se acepten rápidamente las normas para las que aún no se ha obtenido un acuerdo general.

La parte cuarta del texto está destinada a los directores de revistas y publicaciones científicas y les impone la obligación moral de comprobar que sus autores conocen y aplican las disposiciones que les conciernen; pide asimismo a esos directores que autoricen la reproducción de los resúmenes analíticos. El Comité no ha considerado necesario recordarles en detalle las recomendaciones de normalización internacional que se aplican principalmente a la presentación de las revistas y de las publicaciones, y que constituyen uno de los elementos básicos de sus conocimientos profesionales.

El Comité aprobó por unanimidad el texto que se sometió al examen del Comité Consultivo Internacional de Bibliografía, Documentación y Terminología de la Unesco, en su primera reunión, celebrada en París del 25 al 29 de septiembre de 1961. Ese Comité, que también lo aprobó, consideró que las Normas, concebidas para las ciencias exactas y naturales y para la tecnología, no podrían aplicarse a las ciencias sociales ni a las ciencias humanas antes de que las examinaran las organizaciones internacionales no gubernamentales especializadas en esas esferas.

La Unesco publica y difunde estas "Normas que deben aplicarse en materia de publicaciones científicas" persuadida de que su respeto permitirá acelerar la clasificación de la documentación científica, dará mayor utilidad a las informaciones y limitará los enormes gastos de los centros de documentación científica y técnica de todos los países.

1. FID. (Federación Internacional de Documentación); CIUC (Consejo Internacional de Uniones Científicas); FIAB (Federación Internacional de Asociaciones de Bibliotecarios); OIN (Organización Internacional de Normalización).
2. En la página 32 figura la lista de las recomendaciones de la OIN.

4. En consecuencia, se ruega al autor de cada artículo que presente igualmente un resumen analítico del mismo, de acuerdo con las siguientes sugerencias:

FORMA DE EXPRESIÓN

5. Empléense frases completas más bien que una simple enumeración de títulos. Toda referencia al autor del artículo deberá hacerse en tercera persona. Se utilizará una terminología normalizada, evitándose las expresiones personales y las elipses innecesarias. Ha de darse por supuesto que el lector posee cierto conocimiento del tema, pero que no ha leído el artículo. Por consiguiente, el resumen analítico habrá de ser inteligible por sí mismo, sin que haya necesidad de referirse al artículo. (Por ejemplo, no se citarán las secciones o las ilustraciones por sus referencias numéricas en el texto.)

CONTENIDO

6. Como el título del artículo suele leerse como parte integrante del resumen analítico, la frase inicial de éste deberá redactarse en consecuencia, para evitar la repetición del título. Sin embargo, de no ser éste suficientemente explícito, la frase inicial deberá indicar el tema de que se trata. Por regla general, el comienzo de un resumen analítico habrá de expresar el tema de la investigación.

7. En ocasiones conviene indicar la forma en que está tratado el tema, con palabras como: conciso, exhaustivo, teórico, etc.

8. El resumen analítico deberá indicar los hechos recientemente observados, las conclusiones de una experiencia o de un argumento, y, de ser posible, los elementos esenciales de cualquier teoría, método, aparato técnico, etc. nuevos.

9. Habrá de comprender el nombre de los nuevos compuestos, especies minerales, etc., y cualesquiera datos numéricos nuevos, tales como las constantes físicas; de no ser esto posible, el resumen llamará la atención, por lo menos, sobre esos elementos. Es importante referirse a los nuevos puntos y observaciones, aun cuando puedan ser incidentales en relación con la finalidad capital del artículo; de lo contrario, esta información, que puede ser muy útil, corre peligro de pasar inadvertida.

10. Cuando el resumen analítico presente resultados experimentales, deberá indicar el método empleado; tratándose de métodos nuevos, se darán los principios fundamentales, el tipo de operación y el grado de exactitud.

REFERENCIAS. CITAS

11. De ser necesario referirse en el resumen a un trabajo anterior, la referencia deberá siempre darse en la misma forma en que aparezca en el artículo a que se remita; en otro caso, deben omitirse las referencias.

12. Las citas de revistas científicas deberán hacerse con arreglo a la práctica normal en la revista para la cual se haya escrito el artículo. (La Conferencia Internacional sobre Resúmenes Analíticos recomendó el modelo propuesto por la International Organization for Standardization, Technical Committee 46, abreviándose los nombres de revistas como se hace en la *World list of scientific periodicals* [repertorio universal de publicaciones científicas].)

PRESENTACIÓN

13. El resumen analítico ha de tener la mayor concisión posible, para permitir una vez impreso, recortarlo y montarlo en una ficha de 7,5 × 12,5 cm. Su texto sólo excepcionalmente podrá tener más de 200 palabras.

PUBLICACIÓN, LENGUA Y FORMATO

14. La Conferencia Internacional sobre Resúmenes Analíticos ha recomendado que los resúmenes se publiquen en una de las lenguas de mayor difusión cualquiera que sea la lengua original de la revista, para facilitar su utilización internacional.

15. La Conferencia Internacional sobre Resúmenes Analíticos recomendó asimismo la práctica seguida por ciertas revistas, en las que todos los resúmenes publicados en un solo número se imprimen juntos, ya sea en las guardas o solapas de la revista, ya al dorso, con los anuncios, de manera que se puedan recortar y montar sobre fichas, para su consulta, sin mutilar las páginas de la publicación. A este efecto, el ancho de los resúmenes no debe ser superior a 10 cm, de modo que sea posible montarlos en fichas de 7,5 × 12,5 cm.

NORMAS QUE DEBEN APLICARSE EN MATERIA
DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS¹

I. EL RESUMEN

1. Todo texto de carácter original que haya de aparecer en una revista o publicación científica y técnica deberá ir acompañado de un resumen, de cuya redacción se encargará el propio autor.

2. En espera de una normalización internacional, se redactará el resumen ajustándose a las reglas y a los consejos reunidos en la « Guía para la preparación y publicación de resúmenes analíticos », redactada, impresa, distribuida y revisada periódicamente por la Unesco (documento NS/37.D.10 a)².

II. NATURALEZA DEL TEXTO

3. Al entregar el manuscrito de su texto a la redacción de la revista donde desee publicarlo, el autor indicará, siempre que le sea posible, en que categoría de las publicaciones científicas originales deberá clasificarse su texto: a) memorias científicas originales; b) publicaciones provisionales o notas iniciales³; c) estudios recapitulativos.

4. Un texto pertenece a la categoría "Memorias científicas originales" cuando está redactado en tal forma que un investigador competente, suficientemente especializado en la misma rama de la ciencia pueda, basándose exclusivamente en las indicaciones que figuran en ese texto: reproducir los experimentos y obtener los resultados que se describen con errores iguales o inferiores al límite superior indicado por el autor; repetir las observaciones y juzgar las conclusiones del autor; verificar la exactitud de los análisis y deducciones que han permitido al autor llegar a sus conclusiones.

5. Un texto pertenece a la categoría "Publicaciones provisionales o notas iniciales" cuando, si bien aporta una o varias informaciones científicas nuevas, su redacción no permite a sus lectores verificar esas informaciones en las condiciones indicadas en el párrafo 4.

6. Los "Estudios recapitulativos" no están destinados a la publicación de informaciones científicas nuevas; reúnen, analizan y discuten informaciones ya publicadas relativas a un solo tema.

III. REDACCIÓN DEL TEXTO

7. La introducción histórica o crítica, a menudo útil, debe ser lo más breve posible: el autor evitará redactar una memoria científica como si fuera una exposición analítica.

8. La sintaxis será lo más sencilla posible y las palabras utilizadas deberán encontrarse en un diccionario corriente. Cuando no pueda satisfacerse ese requisito, el autor comprobará si los neologismos que piensa utilizar pertenecen al vocabulario científico y técnico internacional⁴.

9. Al redactar el texto, se evitará la omisión total o parcial de los métodos empleados o de los resultados importantes. Si por motivos de propiedad industrial o de seguridad, el autor debe limitar las informaciones científicas que desea publicar sobre el tema que le ocupa, el texto se presentará como perteneciente a la categoría b) (Publicaciones provisionales o notas iniciales) y no como perteneciente a la categoría "Memorias". Ello constituye una obligación moral absoluta para el autor científico⁵.

10. Se hará referencia explícita a todo trabajo anteriormente publicado por el mismo autor o por otro autor cuando el conocimiento de esos trabajos sea esencial para situar, en el desarrollo científico, el texto presentado. Se indicará si publicaciones anteriores constituyen una duplicación total o parcial del texto presentado.

11. En ningún caso se darán argumentos o pruebas que se basen en comunicaciones privadas o en publicaciones de carácter secreto o de difusión limitada⁶.

1. Pueden obtenerse ejemplares de este texto en español, francés, inglés o ruso, dirigiéndose al Departamento de Fomento de las Ciencias, Unesco, place de Fontenoy, Paris 7, Francia.

2. Esa Guía, que ha sido aprobada oficialmente por el Consejo Internacional de Uniones Científicas, figura en la pág. 32.

3. Véase la precedente exposición de los motivos.

4. Se recomienda precisar el origen de los neologismos empleados. Si el autor se ve obligado a crearlos, deberá describir el método de formación, dar su etimología y definición. En fin, el autor procurará no deformar el sentido de los términos que pertenecen al vocabulario concreto de la materia de que se trate.

5. Se admite, como evidente para todos, que en ninguna publicación se deformará conscientemente la descripción de los hechos observados o de los métodos empleados.

6. No se trata de prohibir las alusiones a entrevistas orales o a comunicaciones privadas, pero se recalca que no parece justificado hacer una afirmación o una conclusión refiriéndose a una simple entrevista no comprobada. Por publicación de difusión limitada se entiende una publicación no accesible al público científico en general, ni gratuitamente ni satisfaciendo su importe.

12. En la redacción, el autor respetará las normas internacionales relativas a las abreviaturas de los títulos de publicaciones periódicas, al orden de las citas bibliográficas, a los símbolos, abreviaturas, transliteración, terminología y presentación de los artículos. Utilizará un sistema coherente de unidades de medida que especificará con claridad.

IV. RECOMENDACIONES A LOS DIRECTORES Y EDITORES DE REVISTAS CIENTÍFICAS

13. Al aceptar para su publicación un artículo científico, el director de la revista pedirá al autor que indique si su texto pertenece a la categoría *a*) (Memorias científicas originales), a la categoría *b*) (Publicaciones provisionales o notas iniciales) o a la categoría *c*) (Estudios recapitulativos).

14. Al imprimir el trabajo aceptado, el director mencionará al principio del resumen a cuál de las tres categorías pertenece el texto.

15. Al aceptar para su publicación el texto científico y en espera de que exista una normalización internacional, el director velará por que el resumen analítico que debe acompañar obligatoriamente ese texto, esté redactado con arreglo a las indicaciones dadas por la Guía para la Preparación y Publicación de Resúmenes Analíticos (véase recomendación I, párrafo 2 y comentarios).

16. Para garantizar en todo tiempo y lugar la libre reproducción de los resúmenes analíticos, se indicará claramente en las páginas de la revista que se autoriza la reproducción de esos resúmenes.

LISTA DE RECOMENDACIONES DE LA OIN RELATIVAS A LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS¹

- ISO/R 4. "Code international pour l'abréviation des titres de périodiques"
- ISO/R 8. "Présentation de périodiques"
- ISO/R 9. "Système international pour la translittération des caractères cyrilliques"
- ISO/R 18. "Sommaire de périodiques ou d'autres documents"
- ISO/R 30. "Manchette bibliographique"
- ISO/R 77. "Références bibliographiques. Éléments essentiels"
- ISO/R 214. "Analyses et résumés d'auteurs"
- ISO/R 215. "Présentation des articles de périodiques"
- ISO/R 233. "Système international pour la translittération des caractères arabes"
- Projet ISO n.º 315. "Translittération des caractères grecs en caractères latins"
- Projet ISO n.º 379. "Translittération de l'hébreu"

GUÍA PARA LA PREPARACIÓN Y PUBLICACIÓN DE RESÚMENES ANALÍTICOS

1. "*Synopsis*" es el término inglés, correspondiente al de "resumen analítico", adoptado por la Royal Society de Londres (en cumplimiento de una recomendación de la Conferencia de Información científica patrocinada por la susodicha sociedad en 1948) y por la Conferencia Internacional sobre Resúmenes Analíticos, organizada por la Unesco, en 1949, para definir el resumen hecho por el autor de un artículo científico, publicado simultáneamente al mismo artículo, después de su examen por el director de la revista en que haya salido a luz.

2. La finalidad de un resumen de este tipo no es sólo atender a la comodidad de los lectores de la revista en que se publique, sino también reducir el costo y facilitar el trabajo de las revistas especializadas en resúmenes analíticos, contribuyendo así al mejoramiento, en general, de los servicios informativos en el dominio científico.

3. La *synopsis* debe comprender un resumen breve y puntual del contenido y conclusiones del artículo, la mención de cualquier información nueva que pueda contener, y la indicación de su aplicación posible. Ha de capacitar al lector para decidir, con más seguridad de lo que le permitiría el simple título del artículo, si éste vale la pena de ser leído.

1. Pueden obtenerse ejemplares de estos textos en francés o inglés solicitándolos a las organizaciones nacionales de normalización, o a la secretaría de la ISO, 1, rue Varembé, Genève, Suiza.

Este ejemplar se terminó de
imprimir en los Talleres Grá-
ficos del M. O. P., el día 12
de junio de 1972

Se permite la reproducción parcial o total de estos trabajos
siempre que se deje constancia de la fuente de origen