

## Tesis de Posgrado

# Asfaltos argentinos : su aplicación en mezclas asfálticas antiácidas

Wainhaus, José

1948

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Wainhaus, José. (1948). Asfaltos argentinos : su aplicación en mezclas asfálticas antiácidas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0578\\_Wainhaus.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0578_Wainhaus.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Wainhaus, José. "Asfaltos argentinos : su aplicación en mezclas asfálticas antiácidas". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1948. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0578\\_Wainhaus.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0578_Wainhaus.pdf)

-UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES.-

-FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES.-

- "ASFALTOS ARGENTINOS" -

-SU APLICACION EN MEZCLAS ASFALTICAS ANTIACIDAS.-

Tesis para optar al título de

"Doctor en Química"

por

José Wainhaus

!

-Julio de 1948.-

*Tesis- 578*

Agradesco al Dr. Carlos Gini Lacerte, por las directivas prestadas, como así tambien a los Ingenieros Delfor J. J. Campanella y Aldo J. J. Ottaviani que me han asesorado en todo lo que se refiere a construcción de pavimentos y técnicas de dosaje de mezclas asfálticas.-

Asimismo, debo mencionar la amabilidad de los Jefes y Personal de los laboratorios especializados de Vialidad Nacional y Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, que me facilitaren los aparatos necesarios para realizar los ensayos.-

J. W.-

A mis padres.-

## I.- CONSIDERACIONES GENERALES

Es sugestivo el hecho que a pesar de usarse el asfalto desde tiempos inmemoriales, aun hoy se le conoce tan poco, no solo en lo que respecta a su composición, sino tambien en su uso empírico.

Recientemente, aplicando los métodos de investigación más modernos se ha llegado a la conclusión que el asfalto está constituido por hidrocarburos de alto peso molecular, cuya naturaleza depende de la fuente de obtención, en el caso de los asfaltos naturales, y del tipo de petróleo (parafínico, nafténico e mixto), en el de los artificiales. Así mismo se ha comprobado la presencia de O, S y H.

Desde hace unos veinte años se ha comenzado a estudiar este material con métodos científicos, pero a pesar de ello, poco se ha avanzado.

Posiblemente, sea debido a la complejidad de su constitución y a la falta de antecedentes, que hace de este tema, un campo prácticamente virgen para la investigación.

Nosotros hemos querido contribuir al conocimiento de las propiedades del asfalto, con la íntima convicción que este material tiene un gran futuro, por sus aplicaciones en la Ingeniería Química y como fuente económica de numerosos productos.

### Breve Introducción Histórica.-

El origen de la palabra "asfalto", se atribuye al término "acadiano", sphalle o asphaltu, que significa "partirse". El término pasó al griego en forma de adjetivo, para significar "seguro", "estable"; más tarde al latín, y de allí al francés (asphalte), y al inglés (asphalt).(1).

El primer uso registrado, fué el llevado a cabo por los habitantes del valle del Éufrates (pre-babilónicos).

En esta región se han encontrado varios depósitos de asfalto, que según se ha descubierto, se usaron en estatuas y diversos ornamentos.

También fué mencionado por el historiador griego Herodoto como así por Tucídides y Plinio.

En el año 1852, se construye el primer pavimento de asfalto (Paris-Perpignan), empleando asfalto de roca de Val des Travers.

En 1894, Eyerley perfecciona el moderno proceso de "seplado" de los asfaltos de petróleo que iba a dar gran impulso a esta industria.

### Clasificación de los Asfaltos.-

Se han intentado numerosas clasificaciones de las materias asfálticas, pero

todas han tropezado con el inconveniente de la complejidad de las mismas; por otra parte, es difícil encontrar dos materiales de constitución semejante y aun dos muestras de un mismo origen, no siempre tienen igual constitución.

La clasificación mas racional y completa, nos parece la realizada por Abraham (1), que adopta como criterio para definir una sustancia, las características inherentes a la sustancia en sí, de modo de poder identificarla sin tener necesidad de conocer su lugar de origen, para lo cual, como puntos básicos toma los siguientes: tipo, propiedades físicas, solubilidad, composición química.

Los cuatro puntos básicos de esta clasificación pueden luego desarrollarse, como se observa en la Tabla I.

En la Tabla II, los principales tipos de sustancias bituminosas están clasificados de acuerdo a los datos enumerados en la Tabla I.

Las definiciones que siguen están basadas en esta clasificación:

**Bitumen (2):** Término genérico aplicado a sustancias nativas de color variable dureza y volatilidad; compuesto principalmente de hidrocarburos, casi libre de cuerpos oxigenados; a veces asociadas a agregados minerales, siendo los constituyentes no minerales, fusibles y muy solubles en  $S_2C$ , dando productos de sulfonación insolubles en agua.

**Pirobitumenes:** Término genérico aplicado a sustancias nativas de color oscuro comparativamente duros y no volátiles; compuesto de hidrocarburos que pueden o no contener cuerpos oxigenados; la sustancia no mineral es relativamente insoluble en  $S_2C$ .

Esta definición incluye: elaterita, wurtsilita, albertita, impsolita.

**Asfalto:** Término aplicado a especies de betunes, y también a sustancias pirogenadas de color oscuro, dureza variable, comparativamente poco volátil; compuesto principalmente de hidrocarburos, sustancialmente libre de cuerpos oxigenados; conteniendo poca o ninguna parafina cristalisable; asociado a veces con agregados minerales; la parte no mineral es fusible y muy soluble en  $S_2C$ .

Esta definición se aplica a asfaltos nativos y asfaltos pirogenados.

De acuerdo con estas definiciones, que son por cierto muy amplias, la diferencia principal entre betún y asfalto es que este último es una especie del género Betún; en una palabra: "Todos los asfaltos son betunes, pero no todos los betunes pueden ser asfaltos".

CLASIFICACION DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE

Sustancias Bituminosas	Tipo	Propiedades Físicas				
		Color en Masa	Consistencia.	Lustre	Al tacto	Olor
Bitumen	Nativo	Variable (claro a oscuro)	Variable (líg. a sólido)	--	--	-
Pirobitumen	"	Oscuro	Duro	Resinoso	No Adherente	-
Asfalto	Nativo ó Pirogenado	Oscuro	Variable	Variedades duras	Adherente a no "	-
Asfaltita	Nativo	Oscuro	Duro	Resinoso	No Adherente	-
Alquitrán	Pirogenado	Oscuro	Líquido	--	Aceitoso	Careo -t (acei

(Tomado de: Abraham, pag. 59)

		Solubilidad		Composición
Volatilidad	Fusibilidad Const. no Minerales	Sust. no Minerales en S <sub>2</sub> C.	Química	
Variable	Variedades duras son fusibles.	Muy soluble	De prod. de sul- fonación ins. en H <sub>2</sub> O, libre de cuerpos oxig.	
No volátil	Infusible	Relativamen- -te insoluble.	Prod. sulfatos insolubles en H <sub>2</sub> O; puede contener cuerpos oxig. o más.	
Comparat. no volátil	Fusible	Muy soluble	Produce sulfónicos ins. en H <sub>2</sub> O libre de cuerpos oxig.	
No volátil	Poco Fusible	Muy soluble	Igual que el ant-	
Volátil	- -	Muy soluble	Produce sulfónicos insolubles en H <sub>2</sub> O composición variá- -ble.	

de  
no)



-CLASIFICACION DE SUSTANCIAS

Género	Especie	Mienbros
<b>Bitumenes</b>	<b>Petróleos</b>	Petróleos no asfálticos Petróleos semi-asfálticos Petróleos asfálticos
	<b>Cera Mineral Nativa</b>	Osoquerita Cera Montana
	<b>Asfalto Nativo</b>	Puro e casi puro Con materia mineral
	<b>Asfaltitas</b>	Gilsonita Brea Grahamita
<b>Pirobitumenes</b>	<b>Pirobitumenes Asfálticos</b>	Klaterita Nurtzilita Albertita Impsonita
	<b>Pirobitumenes no Asfálticos</b>	Lignito Carbón bituminoso Antracita
<b>Destilados Pirogenados .</b>	<b>Ceras Pirogenadas</b>	Parafinas de Petróleo " " Turba " " Lignito
<b>Residuos Pirogenados</b>	<b>Asfaltos Pirogenados</b>	Aceites Residuales Asfaltos de Petróleos Soplados Asfaltos Residuales Asfaltos Sludge

Observaciones

Contiene apreciable cantidad de parafina cristalizabile y sustancias no asfálticas.	
Contiene parafina cristálizable y tambien asfalto.	
" " no "	y apreciable cantidad de asfalto.
Un mineral parafináceo, llamado ceresina cuando refinado.	
Extraída del lignito per medio de solventes.	
Comparativamente libre de sustancia mineral (Menos del 10 %, en peso)	
Contiene proporción sustancial de arena, calizo, arcilla.	
Extremadamente puro. Puro a moderadamente puro. Puro a muy impuro.	} tienen un punto de fusión mayor que los asfaltos derivados del petróleo.
Gomoso - parcialmente saponificable.	
Se despolimeriza con el calor haciéndose fusible y saponificable.	
" " "	parcialmente con el calor.
Puro o casi puro. Infusible e insoluble.	
Contienen cuerpos más o menos oxigenados.	
Derivados de vegetales.	
Parafinas sólidas obtenidas de petróleos no asfálticos.	
" " " "	alquitrán de turba.
" " " "	" " lignito.
Producidos per la destilación seca de petróleos no asfálticos, destilación a vapor de petróleos semi-asfálticos o asfálticos.	
Producidos soplando con aire a través de aceites residuales calientes.	
Producidos por destilación a vapor de petróleos asfálticos y semi-asfálticos.	
Producidos con el sludge ácido obtenido en la purificación de los destilados con ácido sulfúrico.	

### Naturaleza Física y Química de los Asfaltes.-

Los betunes asfálticos pueden considerarse como los productos de mayor punto de ebullición del petróleo, desde que se obtienen como residuo de destilaciones.

Su estructura es sumamente compleja, y variable de un asfalto a otro, pues depende de numerosos factores, entre ellos la naturaleza del crudo de que proviene, y de su ulterior tratamiento; esto último, da lugar posiblemente a isomerizaciones y polimerizaciones tan complicadas que por ahora no es posible separarlo en sus componentes.

Debemos a Nellensteyn (3) y colaboradores, el haber aclarado en parte la naturaleza física de los betunes. Este autor, ideó una teoría según la cual el asfalto es una sustancia coloidal, en la que sus principales constituyentes son los: asfaltones, resinas y constituyentes oleosos.

Se da el nombre de asfaltones a la porción insoluble en un destilado de petróleo liviano ya especificado, como puede ser el benceno.

Las resinas son los cuerpos que quedan cuando se trata la solución benecónica de un betún libre de asfaltones con sílico-gel o arcilla adsorbente; al extraer con  $\text{CHCl}_3$  u otro solvente adecuado, las resinas quedan en la arcilla, pasando en solución los aceites.

De algunos asfaltes se extraen porciones más pesadas, como los "carbones" solubles en  $\text{Cl}_4\text{C}$ , y los "carboides", solubles en  $\text{S}_2\text{C}$ .

Pues bien, Nellensteyn supone que los asfaltones consisten en un núcleo de carbón, rodeado por cuerpos protectores, y el asfalto consiste por lo tanto, de carbón rodeado por capas de hidrocarburos en el que la relación C/H se hace progresivamente menor.

La capa más externa de esta fase dispersada será la misma que la del medio aceitoso (fase dispersante).

Los diagramas de rayos X (4), han indicado la presencia de C grafitico, pero esta teoría no ha sido aceptada por otros autores.

Mack (5), señaló que si los asfaltones están compuestos por carbón libre más cuerpos protectores, podría anticiparse que ese sistema tendría un tamaño enorme, pero el P.M. hallado para varias series de betunes típicos oscila entre 1.500 y 1.800; otra prueba de su poco tamaño relativo, es que los asfaltones pueden dialisar en condiciones adecuadas. Pfeiffer y Van Doermal (6), sostienen que está lejos de probarse que el núcleo de la fase dispersa esté constituido por carbono elemental a pesar de las observaciones ultramicroscópicas.

Resumiendo podemos decir que el conocimiento actual sobre este problema es el siguiente:

Los asfaltos están constituidos por asfaltenes parcialmente suspendidos, y parcialmente disueltos en un medio oleoso, y sus propiedades físicas están determinadas por las propiedades químicas de sus componentes: asfaltenes y maltenes.

Relación entre las Propiedades Físicas y la Composición Química.-

Una de las propiedades fundamentales de los asfaltos es la de fluencia, ya que ella rige casi todos sus usos. La propiedad de fluencia depende de la naturaleza de los asfaltenes y aceites, desde que los betunes pueden considerarse por un lado como líquidos viscosos y por otro como líquidos complejos que muestran fluides anómala o muestran plasticidad hasta un cierto límite.

Los líquidos verdaderos se deforman continuamente, cuando se someten a pequeñas fuerzas tangenciales, mientras que en los sólidos la deformación alcanza rápidamente un límite. Los líquidos verdaderos dan por lo tanto, un diagrama rectilíneo, mientras que los líquidos con fluencia anómala muestran relaciones curvilíneas.

Mack (5), a fin de demostrar lo anterior, separó los asfaltenes y maltenes de una serie de 5 betunes, y luego, "sintetizó" nuevos asfaltos, mezclando ordenadamente, los asfaltenes de uno, con los maltenes de los demás en concentraciones de 10 y 15 %. La diferencia entre los líquidos verdaderos y los complejos se determinaba midiendo la viscosidad en un cierto campo de temperaturas.

Mack señaló que aumentando la concentración de asfaltenes, se obtenía un marcado aumento en la viscosidad. Además es interesante mencionar que con un tipo de maltenes, obtenía siempre líquidos verdaderos cualesquiera fuesen los asfaltenes mezclados; no ocurría lo mismo en los demás casos, donde obtenía líquidos complejos. La primera mezcla acusaba, para una misma concentración de asfaltenes, un aumento de viscosidad menor que las del último tipo mencionado; el P.M. aparente de los asfaltenes, es por lo tanto, para Mack, mucho mayor en el último caso que en el primero.

De ahí se deduce que los asfaltenes, cuando están mezclados con los maltenes, en los que son parcialmente solubles, se asocian entre sí y el peso de la micela es mucho mayor que el P.M.

Las propiedades fluentes de los betunes en los que los asfaltenes están dispersados en los maltenes, dependen de las propiedades de estos últimos. Mack estableció que si son ricos en azufre o de carácter arenítico, deben ser buenos disolventes de los asfaltenes y por lo tanto tienden a dar líquidos verdaderos; si en

cambio son malos disolventes, los asfaltenes se dispersan más que lo que se disuelven y las moléculas se asocian para dar partículas relativamente grandes. Saal y Koens (7), también encontraron que el grado de plasticidad depende principalmente de los maltenes, y que el tipo de asfaltenes parece ser secundario.

Composición química.-

Los asfaltos son cuerpos hidrocarbonados, en los que casi siempre existe S, H y O; se presume generalmente que solo los compuestos hidrocarbonados son importantes, pero en algunos betunes se han encontrado grandes proporciones de compuestos sulfurados.

Se ha propuesto considerar la composición química de los asfaltenes, resinas y petrolones, considerando luego los compuestos distintos de los hidrocarburos.

Asfaltenes.- Se ha llegado a determinar que en los compuestos oleosos, la relación C/H ( átomos de carbono a átomos de hidrógeno ), es de 1/1,7 mientras que en los asfaltenes es de 1/1.

Podrá verse en la tabla siguientes, que los asfaltenes de productos craqueados tienen un peso molecular menor y mayor relación C/H que los del tipo seplado y refinado. Con respecto al dato de peso molecular, hacemos notar que Spielman y Hughes (8), dan como pesos moleculares de asfaltenes de asfaltos seplados valores del orden de 5.000.

<u>Asfaltenes Extraídos de Asfaltos</u>		
	<u>Refinado al vapor y seplado.</u>	<u>Craqueado</u>
Peso Molecular	1.200 a 1.800	500 a 800
Relación C/H	Ca 1/1	Ca 1/0,88

El alto porcentaje de C de los asfaltenes, muestra que deben estar presentes hidrocarburos de carácter efelico, aunque éstos son naturalmente diferentes que los hidrocarburos bencénicos altamente condensados, los que son sólidos cristalinos de alto punto de fusión.

Pfeiffer y Van Doormal (6), consideraron a los asfaltenes como cuerpos arenáticos o hidroarenáticos (nafténicos); posición apoyada igualmente por Hillman y Barnett.

Parece que los asfaltenes siempre contienen azufre y posiblemente compuestos con oxígeno y nitrógeno.

Resinas.- Se conoce muy poco respecto a la constitución química de las resinas,

pero se supone que consisten esencialmente de compuestos policíclicos y son intermedios entre los constituyentes oleosos y los asfaltenos. (9). El peso molecular de las resinas es generalmente menor que el de los asfaltenos.

Petrolenes.- Los petrolenes son aceites de alto punto de ebullición, variando su composición química para diferentes betunes, y por lo tanto varía también su poder adyente.

Mair-Willingham (10), encuentran principalmente compuestos cíclicos en las fracciones pesadas del petróleo, yendo de naftenos con uno o más anillos, con grupos alquílicos, a hidrocarburos formados por ciclos nafténicos y aromáticos. Un grupo normal de hidrocarburos presentes en el petróleo y en los asfaltos es la parafina. Hubo cierta tendencia a adjudicar a dicho producto el papel de indicador de la calidad del betún; no hay sin embargo, razones que justifiquen la creencia que cuanto más pequeño es el porcentaje de parafina mejor es la calidad del producto, pero si la parafina está en proporción tal que pueda cristalizar, no hay duda que modificará la estructura del betún, haciéndole quebradizo y destruyendo en consecuencia la cualidad esencial del asfalto, es decir, su plasticidad.

Spielman (8), sin embargo, ha registrado valores según los cuales, hasta 4 % de parafina no tiene ninguna influencia en la ductilidad y penetración del asfalto.

Compuestos con Azufre.- Se conoce muy poco sobre el tipo de compuestos sulfurados que están presentes, pero en algunos asfaltos donde la proporción de azufre es de  $\pm$  5 % el contenido en estos compuestos debe ser muy alto. En estos betunes, cada componente presenta un alto contenido en azufre (12).

Los conocimientos sobre compuestos sulfurados se limitan a los petrolenes. Se encuentran tiefanos y tiofanos, que corresponden a cuerpos de estructura aromática y nafténica, con un S en lugar de un  $\text{CH}_2$  del anillo. Los compuestos tiefánicos son muy semejantes en sus propiedades a los hidrocarburos aromáticos, pero los tiofanos son muy similares a los sulfuros alifáticos y pueden separarse rápidamente, en forma de sales dobles, con Hg (11).

Compuestos de Oxígeno y Nitrógeno.- Estos compuestos aparecen en pequeña cantidad en los asfaltos, pero debido a su actividad química, son importantes. Thurston y Knowles (12), encontraron más del 6 % de O y N en los asfaltos, comparado con la proporción despreciable en las resinas y aceites. Sin embargo Sakhanow (13), encontró en betunes rusos más del 5 % de O y N en las resinas, lo que demuestra la heterogeneidad de este material. Lo único cierto por ahora, es que se ha demostrado la existencia de esos elementos como formando parte del asfalto.

El ácido nafténico es un componente normal del petróleo y está presente en distintos asfaltos en amplias y variadas proporciones. Von Braun (14), ha sugerido que todos los ácidos que pueden aislarse del asfalto, podrían incluirse en el término "ácidos nafténicos", que comprendería junto con los fenoles todos los compuestos exigenados presentes en el asfalto, y de los cuales se conoce su fórmula. En la literatura se ha hecho referencia a "ácidos asfálticos" o "asfaltogénicos", pero están tan mal definidos que esta denominación ha caído en desuso.

Mabery y Byerley (15), dan como porcentajes variables de N en betunes: de 0,18 a 0,64 mientras el O varía de 1,88 a 2,39.

En los petróleos se ha encontrado el N en quinelinas y piridina, y se atribuye su presencia en asfaltos a esos compuestos.

Resumiendo, diremos que todos los hidrocarburos y los compuestos de S, N y O son en gran proporción de estructura cíclica.

Los hidrocarburos son anillos de 5 y 6 átomos de carbono, mientras los compuestos de O (ácidos nafténicos), solo parecen tener 5 átomos de C. Los compuestos con N en su molécula parecen derivar del tiofeno y del tiofano y los de N, de la piridina y quinelina.

-PROPIEDADES FISICAS DE LOS ASFALTOS.-

Consistencia.-

Se usan muy a menudo para determinar la consistencia de los asfaltos, los ensayos de penetración y punto de ablandamiento, que luego se detallarán, a pesar que estos ensayos son influenciados por otros factores, como la adhesividad.

La consistencia de los betunes con respecto a la temperatura es de fundamental importancia, desde que debe tenerse en cuenta en la fabricación y uso del material, la selección del tamaño del agregado en la mescla, preparación y colocación de la misma y en la durabilidad del pavimento.

Propiedades de Fluencia y Temperatura.-

Las propiedades de fluencia de los asfaltos con respecto a cambios determinados de temperatura, pueden variar ampliamente; de aquí que sería erróneo deducir que dos betunes con igual relación viscosidad-temperatura a altas temperaturas (a las que se realiza la mescla betún-agregado), mostrarán la misma relación en la viscosidad o penetración a bajas temperaturas (como las que se encuentran en el pavimento).

Haack (5), estableció que los cambios de consistencia con la temperatura son complejos, y que los factores que deben tenerse en cuenta son:

- 1)- Concentración de asfaltos.
- 2)- Peso molecular de los asfaltos.
- 3)- Aumento del grado de asociación con la caída de temperatura; aunque el factor principal es la naturaleza del aceite, es decir, su composición química.

A altas temperaturas, la relación viscosidad-temperatura, depende del carácter de los asfaltos, pero a baja temperatura, parece ser más importante el grado de asociación de los asfaltos.

Fluencia y Estructura.-

Se sabe desde hace mucho tiempo que la consistencia de un betún varía de acuerdo de al tratamiento térmico previo, o al trabajo mecánico a que fué sometido. Esta variación es obvio que se refiere a la estructura del asfalto, (16), desde que se hubo alteración en el contenido de asfaltos o asfaltos.

También se ha puesto de manifiesto que el asfalto se endurece lentamente con el tiempo y este "envejecimiento" varía para diferentes betunes (más marcado para los "seplados" que para los directos), y está relacionada con la formación de estructuras, como lo prueba el hecho que al fundir y volver a enfriar se vuelve a re-



recuperar la dureza original, siempre que no haya transcurrido demasiado tiempo.

Los asfaltos oxidados cuando se calientan a temperaturas menores a las de cracking muestran reducción en su consistencia. Holmes y Raphael (17), han señalado que los asfaltos "sintéticos" obtenidos por mezcla de asfaltos, resinas y aceites, no se combinan en la misma relación que la que tenían en el asfalto original. Esta es otra evidencia de la existencia de una "estructura" de los betunes asfálticos.

Se ha verificado que los asfaltos están asociados, es decir, un cierto número de moléculas están ligadas de modo de formar grandes partículas, y puede ser que este gran "racimo" de moléculas esté interligado de modo tal, que forme una cierta "estructura" en el asfalto.

Los asfaltos de acuerdo a la teoría de Nellensteyn están rodeados por capas de hidrocarburos, y puede ocurrir que grupos de moléculas de asfaltos estén rodeados en forma similar por hidrocarburos, de donde se originaría una estructura tipo gel. Este tipo de estructura sería destruido por el trabajo mecánico y por la temperatura cuando la viscosidad del medio oleoso se reduce y los asfaltos tienden a disolverse. Al enfriarse, tiene lugar la formación de los "racimos" de partículas, muy lentamente, y esto aporta una explicación del fenómeno del "envejecimiento". En efecto, este endurecimiento se explica más racionalmente admitiendo la estructura gel, atribuyendo entonces el fenómeno a la disminución del medio oleoso en íntima asociación con los asfaltos.

La evidencia de la existencia de una cierta estructura, se revela cuando se es parce por la superficie, algún solvente adecuado: los betunes que muestran fluides anómala dan dibujos en dicha superficie, mientras que los que son líquidos verdaderos no dejan señales sobre la misma. (18).

#### Viscosidad, Penetración y Punto de Ablandamiento.-

Las propiedades de fluencia de los asfaltos pueden determinarse por medida de la viscosidad en un amplio campo de temperaturas, y se han ideado algunos métodos para relacionar la viscosidad con la penetración y el punto de ablandamiento. Saal (19), demostró que es posible convertir las medidas de penetración, en las de viscosidad absoluta, para betunes no plásticos o muy poco plásticos, aunque no es posible para betunes plásticos. Más recientemente se ha señalado que las lecturas de penetración a diferentes profundidades pueden usarse para medir la consistencia, y decidir si un betún es un líquido simple o complejo. (16).

Se han sugerido muchos métodos para expresar la susceptibilidad de un betún (cambio de consistencia con la variación de la temperatura), usando medidas de penetración a diferentes temperaturas y puntos de ablandamiento.

Así mismo, se han propuesto métodos para la determinación de la fluencia a bajas temperaturas, pero estos ensayos arbitrarios no dan una información que no pue-

da ser obtenida más rápida y fácilmente por medidas de penetración a distintas temperaturas.

Holmes y colaboradores (20), encontraron que son necesarios tres diferentes factores para expresar la relación consistencia-temperatura, en el campo de temperaturas que se encuentra en la práctica, y esos tres factores están basados en el punto de ablandamiento, penetración a dos temperaturas y la viscosidad Seybolt-Furol a 135 °C.

Otros autores (6), han sugerido otras relaciones penetración-temperatura, mientras, algunos otros, proponen investigar índices de viscosidad.

#### Ductilidad.-

La ductilidad se relaciona con la plasticidad en aquellos betunes de plasticidad marcada.

Saal y Koens (7), han establecido que en el ensayo de ductilidad la fuerza de tensión en la sección más pequeña de briqueta de asfalto (ver capítulo de Ensayos), es la mayor y con betunes plásticos, esto implica una menor viscosidad en esta sección que en la parte más ancha de la misma. En el trabajo de Holmes y Raphael (17), se señala que los betunes sintéticos de bajo contenido de resinas, acusaron una ductilidad pobre, al contrario de los asfaltos con alto contenido de resinas.

- - - 0 - - -

Visto el estado actual de los conocimientos sobre asfalto, pasamos al estudio de los Asfaltos Argentinos, y su aplicación en Mezclas Antifricción.

-.ASFALTOS ARGENTINOS.-

-.Características y Elaboración.-

Los asfaltos de nuestro país, pueden clasificarse en forma general en: naturales y artificiales. Los primeros, no se encuentran puros, sino en forma de "roca asfáltica" especie de mezcla natural de asfalto y agregados, como la gilsonita, granhamita, albertita, rafaclita, etc.

En los cuadros N° 1 al N° 4 damos algunas características de estos tipos de asfaltos.

Los asfaltos artificiales son los obtenidos en la destilación del petróleo. Se bre este particular es conveniente mencionar que por lo general los petróleos crudos de base nafténica se caracterizan por tener un porcentaje elevado de residuos asfálticos, mientras los parafínicos contienen un porcentaje mucho menor.

De los asfaltos artificiales se conocen dos tipos principales: los obtenidos por destilación al vacío o vapor de crudos de base nafténica, y los productos de oxidación a elevadas temperaturas, de los residuos de crudos de base intermedia, con poco contenido en parafinas. En la industria, a los primeros se los llama "Asfaltos Residuales" y "Asfaltos Soplados" a los segundos.

En nuestro país, los asfaltos residuales se obtienen en las plantas de vacío, de destilación de aceites lubricantes, regulando las características del producto por control del caudal de aceites pesados.

En el cuadro N° 5 se dan las características de asfaltos residuales obtenidos de los crudos de Comodoro Rivadavia, Plaza Huincul y, comparativamente, de un crudo de California. (22).

-.Asfaltos Soplados.-

Algunos investigadores sostienen que los asfaltos soplados tienen para igual penetración un mayor punto de fusión y menor susceptibilidad a los cambios de temperatura, que los asfaltos residuales. Nuestra experiencia confirma lo anterior, aunque es necesario aclarar que no es esto un criterio de calidad, pues el uso de uno u otro depende de muchos otros factores.

La reacción de oxidación es exotérmica, por que una vez iniciada, sigue aunque no se le suministre calor; se sabe que la presencia de azufre activa y facilita la reacción, y algunos recomiendan el empleo de ese elemento.

Por lo general, la oxidación se pone de manifiesto en forma activa entre 240°C y 280 °C., según las características del crudo. La reacción se produce enérgicamente con desprendimiento de calor, siendo necesario controlar el aire que se inyecta

y la temperatura del oxidador para no pasar de 300 °C. A esa temperatura se activa la formación de compuestos oxidados y se lleva la reacción de polimerización y deshidrogenación demasiado a fondo, dando lugar a la producción excesiva de carbonos y carboides, cuya presencia en los asfaltos debe mantenerse debajo del 1 %.

En la práctica las variantes que se tiene en cuenta son: temperatura de soplado y tiempo de oxidación, factores estos que determinan el tipo de asfalto a obtener.

#### -Elaboración de Asfaltos Soplados.-

Los primeros procesos se llevaron a cabo en alambiques cilíndricos cuya capacidad oscilaba entre 30 y 60 m<sup>3</sup>; aun existen numerosas instalaciones que usan este tipo de oxidador cuya ventaja sobre los alambiques modernos es que pueden prepararse pequeñas partidas de características determinadas, a medida que ellas sean requeridas para la venta.

Los alambiques oxidadores vienen provistos de serpentines para aire en la parte inferior, teniendo además una inyección de vapor en la parte superior. Es de mucha importancia la distribución y dimensiones de estos serpentines, ya que de ellos depende la buena distribución del calor en el alambique.

Se ha calculado que solo el 2 % del aire empleado en el soplado, reacciona con el residuo y se recomienda inyectar aire a razón de 1 m<sup>3</sup>. por tonelada por minuto; la reacción del aire con el asfalto comienza a los 170 °C. aproximadamente, haciéndose activa, arriba de los 240 °C. Cuanto menor la temperatura del asfalto, tanto mayor el tiempo de soplado necesario para conseguir una penetración determinada.

El exceso de aire empleado, actúa como medio enfriador y generalmente es suficiente para mantener la temperatura de reacción dentro de los límites deseados.

En los casos en que la temperatura del asfalto en la superficie pasa de los 290 °C. se inyecta vapor en la parte superior para evitar inflamación del producto, tratando al mismo tiempo de enfriar el convertidor.

#### Proceso Gard-Aldrich.-

Con el fin de reducir la cantidad de aire y el tiempo de elaboración, se desarrolló el proceso Gard-Aldrich, que consiste en mantener el asfalto en activa circulación. Esto se hace por medio de una bomba centrífuga vertical con varios rotores, que actúa a su vez como mezclador. La bomba se coloca en la parte posterior del convertidor y succiona de la parte anterior por un conducto especial donde se inyecta el aire. La mezcla asfalto-aire, descarga en la parte posterior y sobre el conducto horizontal, facilitando el desprendimiento de aire y gas.

Dada la rápida reacción del oxígeno con el asfalto el aumento de la temperatu-

ra del convertidor es más intenso que en los oxidadores antes mencionados, por lo que se ha previsto un serpentín de enfriamiento con circulación de gas oil para poder regular la temperatura del asfalto.

Se asegura que con el proceso Gard-Aldrich se tiene una reducción de más del 50 % en el consumo de aire y tiempo de soplado.

Este proceso no ha tenido aceptación comercial porque el costo de circulación y mezcla resulta superior, según ensayos en instalaciones comerciales, a las ventajas que representa la menor cantidad de aire usada y la reducción en el tiempo de soplado.

#### Oxidadores Verticales con Agitación Mecánica.-

Estas instalaciones para el soplado de asfaltos fueron desarrolladas en los Estados Unidos de Norte América después del año 1933 y adoptadas con buen éxito en nuestro país.

Se emplean tanques verticales con un mezclador a turbulencia en la parte inferior que tiene por objeto facilitar el contacto del aire y del asfalto, reduciendo la cantidad de aire y el tiempo necesario para la oxidación.

En el diagrama N° 1 se ilustra la forma de instalar el agitador en la parte inferior del tanque oxidador, y en la figura N° 2 se da el detalle del agitador a turbulencia cuya finalidad, como se dijo, es la de producir un mejor contacto entre el aire y el asfalto y mantener a éste en constante circulación para producir un producto de características uniformes.

Para obtener buenos resultados es conveniente tener no menos de 2 m. de altura de líquido sobre el agitador. El oxidador se mantiene aislado y en su interior se encuentra un serpentín de 2" de diámetro; por él circula aceite para regular la temperatura del asfalto.

#### Régimen de Operación.-

En la figura N° 3 se da el diagrama de operación de una instalación con oxidadores verticales y mezcladores.

El asfalto se calienta en un alambique adecuado a una temperatura de 220 °C; cuando se tiene una altura de líquido de unos 4 m. se pone en marcha el agitador y se comienza a inyectar aire en pequeña cantidad. A medida que aumenta el nivel del líquido y su temperatura, como consecuencia de la reacción, se aumenta la inyección de aire que alcanza el máximo cuando el asfalto en oxidador tiene 230 °C. La cantidad de aire inyectado oscila entre 0,4 y 0,8 m<sup>3</sup> por tonelada por minuto.

Una vez que el asfalto alcanza la temperatura máxima fijada, que puede oscilar entre 260 °C. y 280 °C, ésta se regula con circulación de aceite, pudiendo ser

# TURBO MIXER PARA ASFALTOS

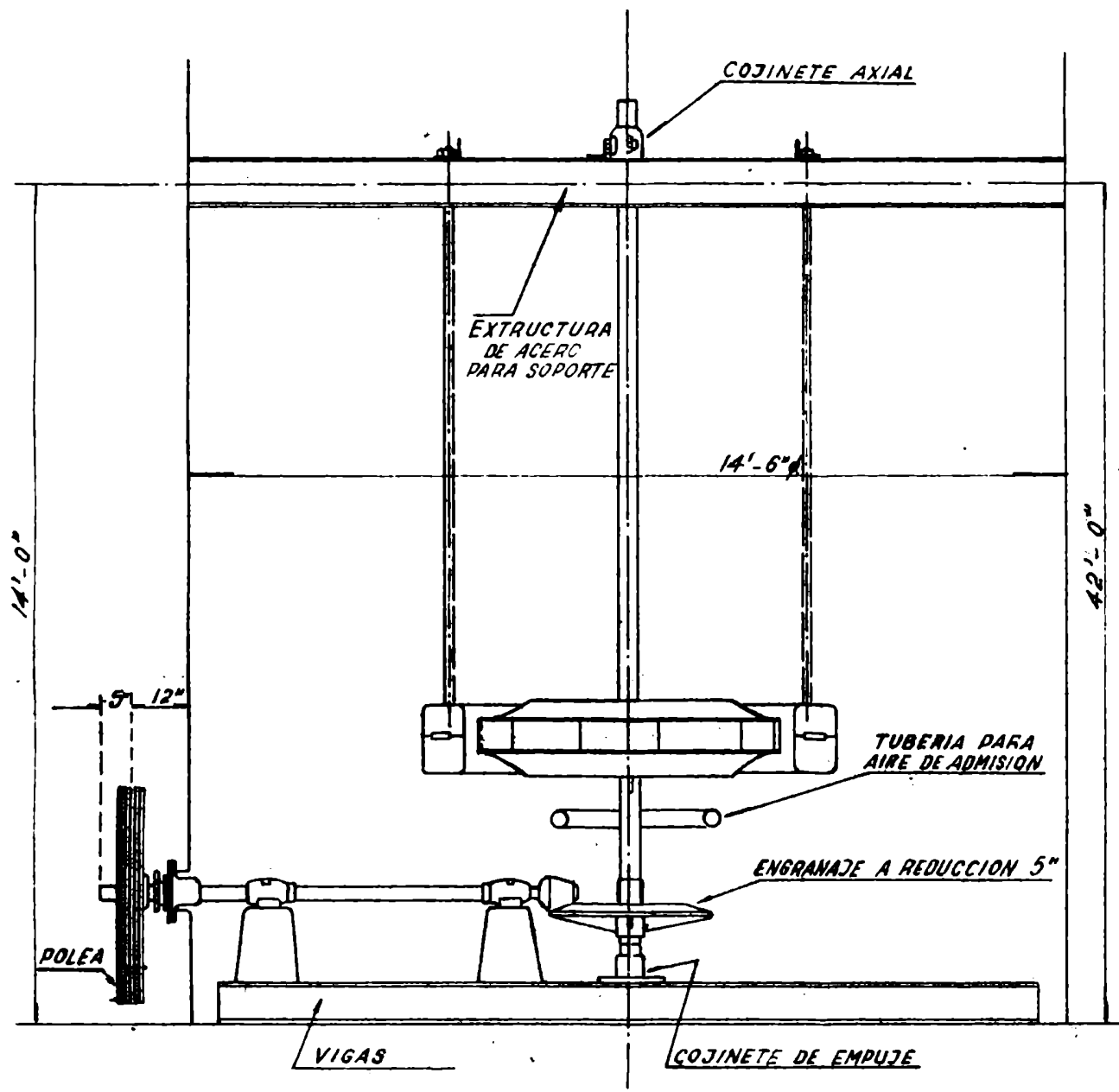


Fig. N° 1

DETALLE DEL TURBO MIXTER

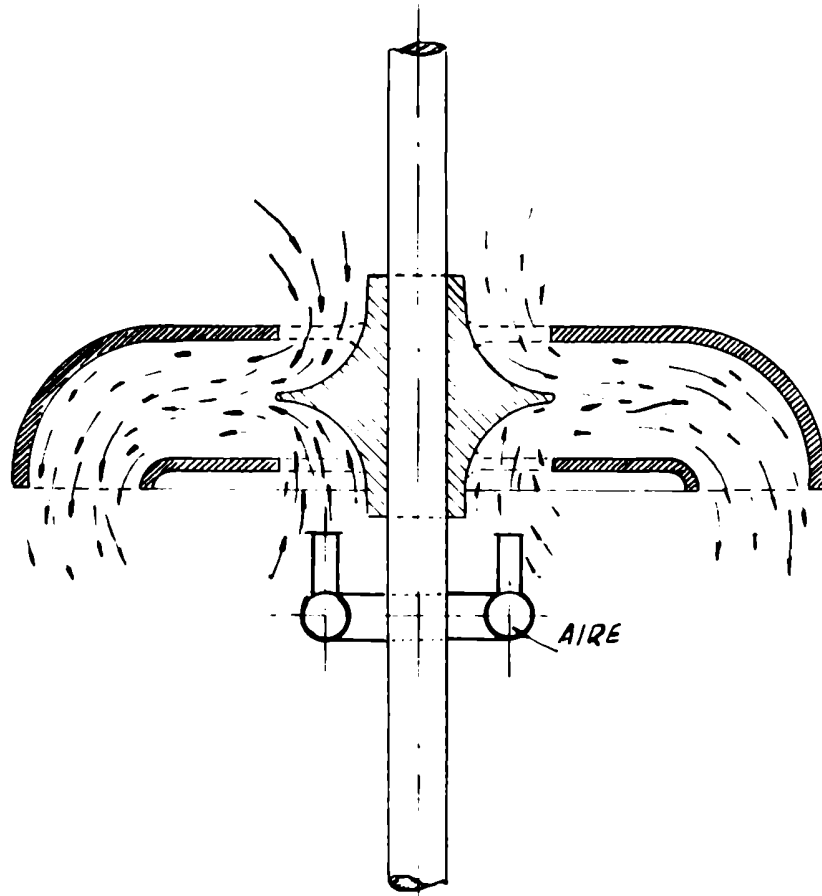


Fig. N° 2

**TURBO MIXER  
PARA ASFALTOS**

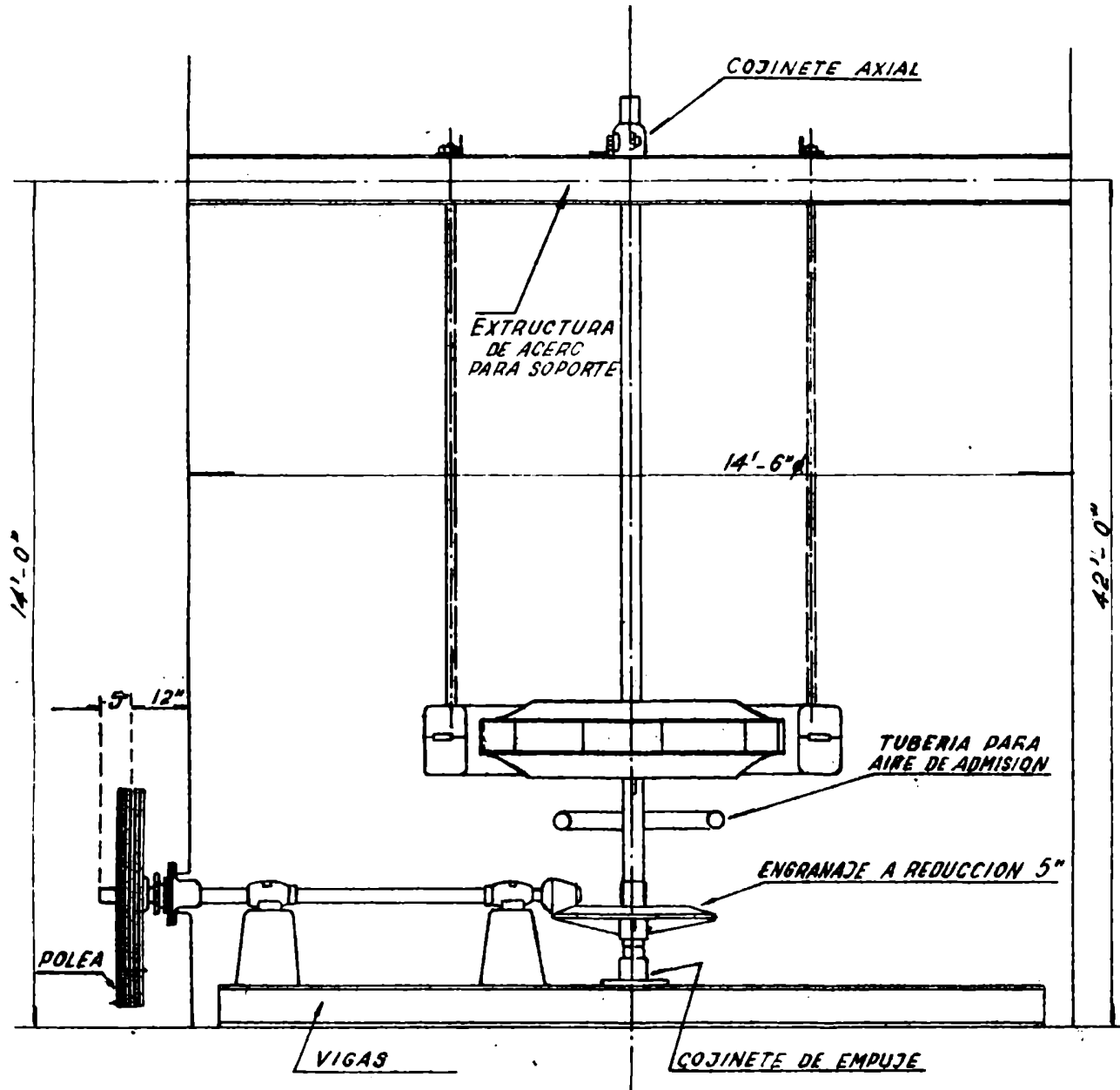


Fig. N° 1



necesario en algunos casos suprimir la inyección de aire hasta uniformar la temperatura del asfalto en el oxidador por medio del agitador y luego volver a inyectar el aire para el soplado.

En una operación bien controlada se calcula que puede obtenerse a esa temperatura un aumento de 5 °C. por hora, en el punto de fusión del asfalto. La cantidad de aire requerida para un aumento de 1 °C. en el punto de fusión del asfalto, depende de la carga empleada, aunque en las plantas comerciales se tienen valores aproximados que se usan como guía de la operación.

El aire y los vapores del oxidador salen por la parte superior, por una manga que descarga en un tanque separador provisto de una lluvia de agua para condensar los vapores. De este separador, el aire y los gases no condensables descargan por una chimenea, a la atmósfera.

El tiempo de soplado necesario para preparar una carga de asfalto, dependerá de las características de la materia prima y del producto que se desea fabricar, pudiendo variar de 6 horas para un asfalto de penetración 60 y punto de fusión 50 °C., a más de 24 horas para asfaltos de penetración menor de 5 y punto de fusión 150 °C.

En la figura N° 4 se ilustra sobre la variación de algunas de las características principales de los asfaltos de petróleos soplados, y su variación con el tiempo de operación.

#### -Asfaltos Líquidos.-

Para aplicar los asfaltos residuales o soplados, es necesario calentarlos a temperaturas superiores a las de su punto de fusión y en algunos casos se requiere calentar también el material que se va a tratar con el asfalto. Para ello, se hacen necesarios equipos especiales que permitan mantener temperaturas superiores a los 150 °C.

Con el fin de evitar estos calentamientos elevados que haría necesario el empleo de calderas o calentadores, se emplean en numerosos casos los llamados "asfaltos líquidos", que permiten utilizarlos a temperaturas inferiores a los 60 °C. y hacen más fácil y rápida su aplicación.

Los asfaltos líquidos pueden estar formados por mezclas de diversos asfaltos, con nafta, querosene, y gas oil, a los que se denomina en la industria con el nombre genérico de "cut-backs" o "asfaltos cortados" o "asfaliq"; o bien, por mezclas de asfalto y agua, denominándose en estos casos "emulsiones asfálticas".

De acuerdo con las características de la mezcla, los asfaltos líquidos se dividen en tres grandes grupos, a saber:

# PREPARACION DE ASFALTOS SOLIDOS

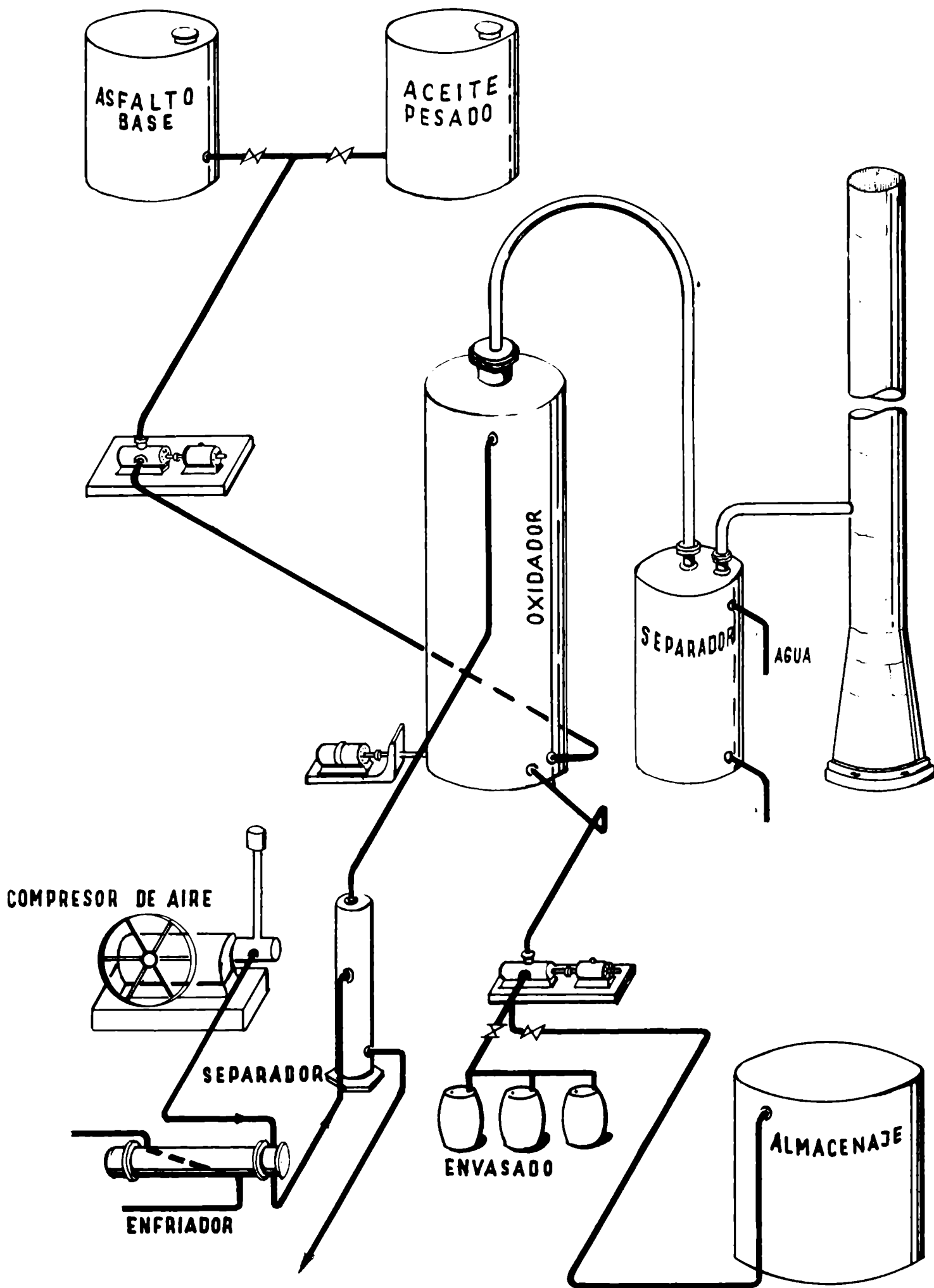


Fig. N° 3

necesario en algunos casos suprimir la inyección de aire hasta uniformar la temperatura del asfalto en el oxidador por medio del agitador y luego volver a inyectar el aire para el soplado.

En una operación bien controlada se calcula que puede obtenerse a esa temperatura un aumento de 5 °C. por hora, en el punto de fusión del asfalto. La cantidad de aire requerida para un aumento de 1 °C. en el punto de fusión del asfalto, depende de la carga empleada, aunque en las plantas comerciales se tienen valores aproximados que se usan como guía de la operación.

El aire y los vapores del oxidador salen por la parte superior, por una manga que descarga en un tanque separador provisto de una lluvia de agua para condensar los vapores. De este separador, el aire y los gases no condensables descargan por una chimenea, a la atmósfera.

El tiempo de soplado necesario para preparar una carga de asfalto, dependerá de las características de la materia prima y del producto que se desea fabricar, pudiendo variar de 6 horas para un asfalto de penetración 60 y punto de fusión 50 °C., a más de 24 horas para asfaltos de penetración menor de 5 y punto de fusión 150 °C.

En la figura N° 4 se ilustra sobre la variación de algunas de las características principales de los asfaltos de petróleos soplados, y su variación con el tiempo de operación.

#### -Asfaltos Líquidos.-

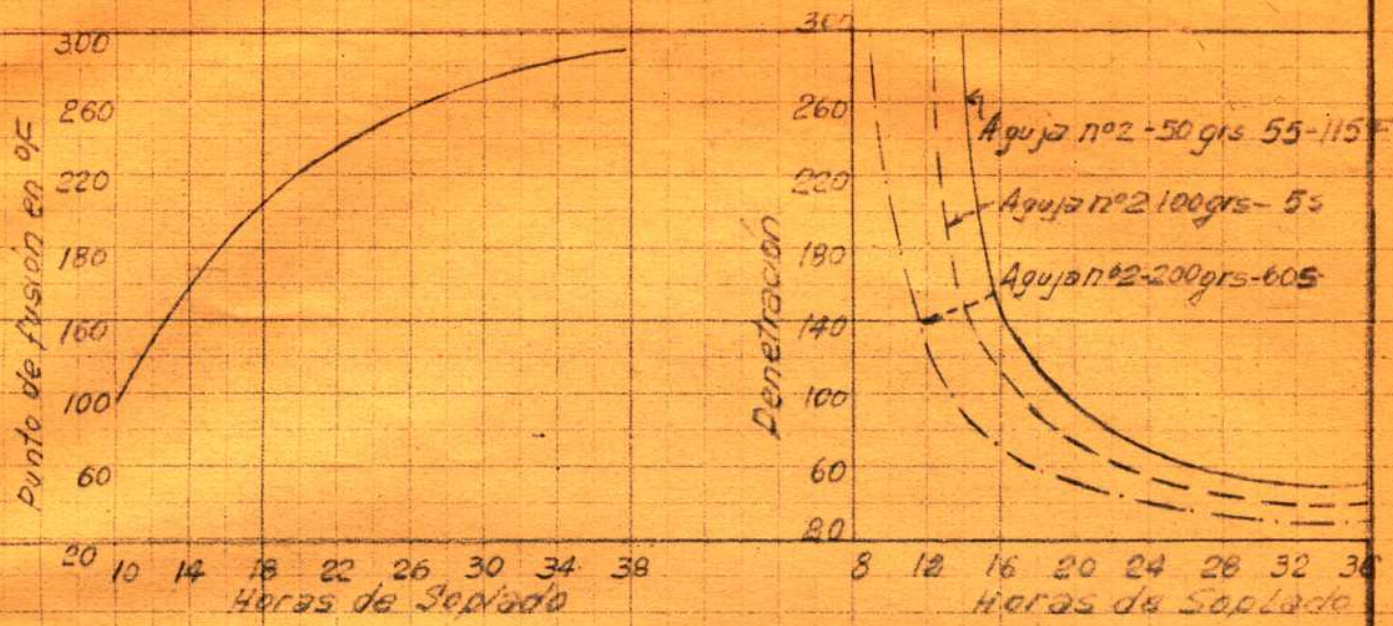
Para aplicar los asfaltos residuales o soplados, es necesario calentarlos a temperaturas superiores a las de su punto de fusión y en algunos casos se requiere calentar también el material que se va a tratar con el asfalto. Para ello, se hacen necesarios equipos especiales que permitan mantener temperaturas superiores a los 150 °C.

Con el fin de evitar estos calentamientos elevados que haría necesario el empleo de calderas o calentadores, se emplean en numerosos casos los llamados "asfaltos líquidos", que permiten utilizarlos a temperaturas inferiores a los 60 °C. y hacen más fácil y rápida su aplicación.

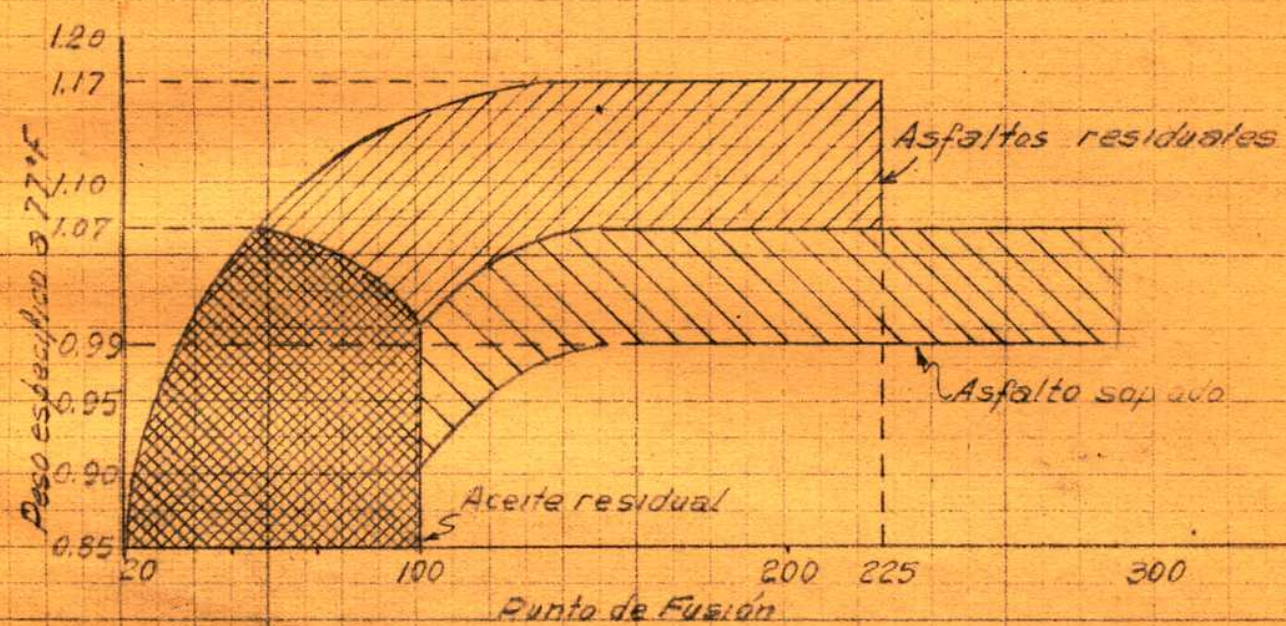
Los asfaltos líquidos pueden estar formados por mezclas de diversos asfaltos, con nafta, querosene, y gas oil, a los que se denomina en la industria con el nombre genérico de "cut-backs" o "asfaltos cortados" o "asfaliq"; o bien, por mezclas de asfalto y agua, denominándose en estos casos "emulsiones asfálticas".

De acuerdo con las características de la mezcla, los asfaltos líquidos se dividen en tres grandes grupos, a saber:

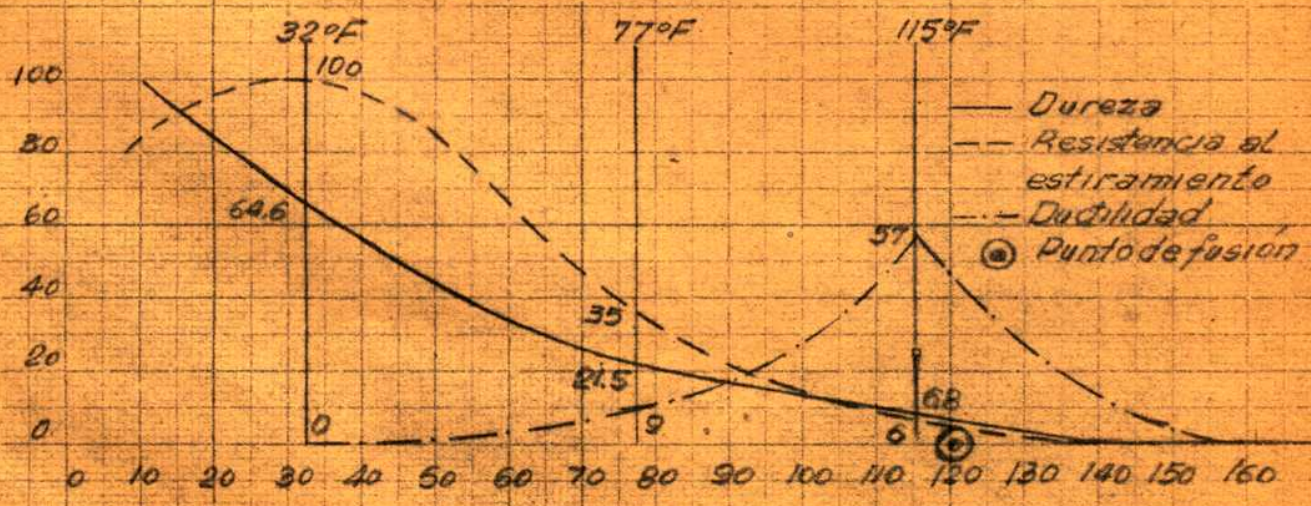




Efecto del soplado sobre el punto de fusión y dureza del asfalto del Petróleo



Relación entre el peso específico y el punto de fusión de aceites residuales, asfaltos de petróleo soplados y asfaltos residuales



Características físicas de asfaltos de petróleo-soplados

FIG. N°4



1)- Los de Endurecimiento Rápido, formados por mezclas de nafta y asfalto caracterizados por las iniciales "RC" (rapid curing),

2)- Los de Endurecimiento Medio, formados generalmente por mezclas de asfalto y querosene, caracterizados por las letras "MC" (medium curing).

3)- Los de Endurecimiento Lento, cuyo disolvente es querosene pasado o gas oil y cuyas letras características son "SC" (slew curing).

Cada uno de estos grupos reúne a varios tipos, caracterizados por diferentes proporciones de solvente y asfalto, y que se diferencian entre sí por un número que sigue a las iniciales del grupo.

Como se observa por la clasificación arriba mencionada, puede decirse que, en general, la propiedad principal del asfalto líquido, esto es, la velocidad de "curado", viene dada por el tipo de solvente; por otra parte, es lógico que sea así, ya que una nafta ha de evaporarse con mayor facilidad que un querosene o un gas oil.

Investigaciones recientes en nuestro país, han demostrado que el curado de los asfaltos, es un fenómeno esencialmente físico-químico.

La elección de un tipo dado, en la construcción o mejorado de un pavimento, debe ser objeto de un detenido estudio que comprende: el tipo de trabajo que ha de ejecutarse, las características de los materiales de construcción, clima, humedad reinante, etc.

Los asfaltos líquidos se aplican con rociadores especiales que pueden trabajar a una presión de 2 atmósferas, teniendo dispositivos que permiten mantener el producto entre 50 y 60 °C. cuando ello es necesario, a fin de reducir la viscosidad a un grado que facilite su distribución uniforme.

Las Emulsiones Asfálticas, se han desarrollado hace relativamente pocos años, habiendo alcanzado ya un uso realmente intensivo.

Se conocen también tres tipos: de Rotura Lenta, de Rotura Media y de Rotura Rápida.

Por lo general, las emulsiones asfálticas contienen de 55 a 65 % de asfalto, y de 45 a 35 % de agua incluyéndose en este porcentaje el emulsionante; como emulsionante se emplean entre otros, jabones formados por soda cáustica y resina, variando las proporciones de éstos con el pH del agua empleada y la cantidad de sales en el asfalto. Una de las proporciones recomendadas para emulsiones de rotura rápida, dice que el 1 % del agua empleada en la emulsión debe estar formada por resina y soda (0,87 % y 0,13 % respectivamente).

Para emulsiones de rotura lenta, la resina y soda, van en proporción del 5 % en el agua (4,35 % y 0,65 % respectivamente). Otra de las fórmulas se basa en el empleo de fosfato bisódico y un aceite saponificado. Con ciertos asfaltos se emplean oleínas y potasa cáustica.

### Elaboración de Asfaltos Líquidos.-

Para la preparación de los asfaltos líquidos es necesario contar con equipos que aseguren una mescla íntima y homogénea entre asfalto y solvente.

El método más práctico, parece ser, en el caso de preparaciones intermitentes, cargar el tanque con el solvente, y luego ir bombeando el asfalto caliente, manteniendo agitación continuada; en esta forma se reducen las pérdidas por evaporación y la preparación se hace rápidamente.

En instalaciones de gran capacidad, pueden emplearse métodos continuos, para lo cual pueden usarse mezcladores a turbina o a orificio, bombeando ámbos productos en las proporciones establecidas, por equipos de control automáticos.

Cualquiera haya sido la forma de mesclar, una vez terminado el producto es imprescindible someterlo a análisis, a fin de asegurarse que está dentro de las especificaciones establecidas.

### Preparación de Emulsiones Asfálticas.-

Las emulsiones asfálticas son dispersiones de asfalto en agua, a la que se agrega un emulsificador que reduce la tensión superficial del agua. Los emulsionantes, son generalmente jabones de metales monovalentes (sodio, potasio, amonio), siendo los más comúnmente empleados los de oleato de sodio, caseinato de amonio y de sodio.

En la preparación de las emulsiones el equipo más importante de la instalación lo constituye el emulsor; de su eficiencia en mesclar el asfalto con el agua y darle el grado de dispersión y uniformidad deseados depende la homogeneidad y la estabilidad de la emulsión.

El tipo que ha encontrado mayor aplicación en la industria, es el llamado precisamente "molino coloidal", que se ilustra en la figura N° 5. Consiste en un rotor cónico que gira dentro de un cuerpo fijo a alta velocidad; el rotor puede moverse hacia adelante o hacia atrás por un mecanismo que regula el espacio libre entre el rotor y el cuerpo, desde 0,25 mm. a 1,25 mm. Además, el emulsor está equipado con camisa exterior por la que haciendo circular agua o vapor se puede regular la temperatura de mescla; el rotor está acoplado a un motor eléctrico con velocidad regulable, para poder emplear la más conveniente a cada tipo de emulsión que se prepara.

Para la preparación de emulsiones asfálticas debe contarse con los siguientes equipos principales:

- 1).- Tanques para almacenar los productos químicos.
- 2).- Equipos proporcionadores y mezcladores para mesclar dichos productos.
- 3).- Tanques de almacenaje de agua y asfalto con serpentines de calentamiento.

# MEZCLADOR COLOIDAL

PARA TRABAJO PESADO

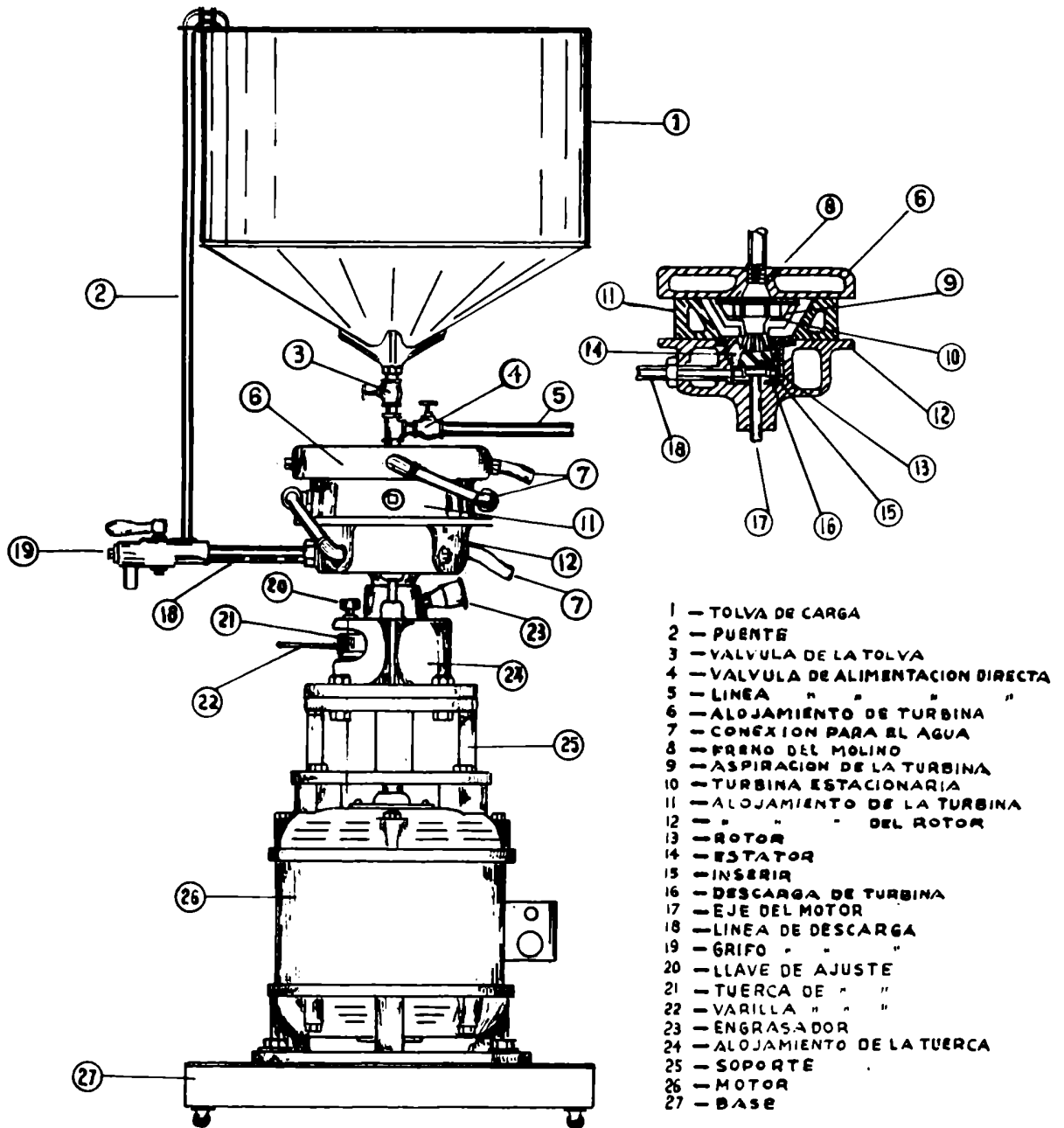


Fig. N° 5

4).- Emulsor y tanques de alimentación a nivel constante, del emulsor.

5).- Bombas con camisa de vapor para bombear asfalto.

En la figura N° 6 se da un diagrama tipo de operación de una planta para preparación de emulsiones asfálticas.



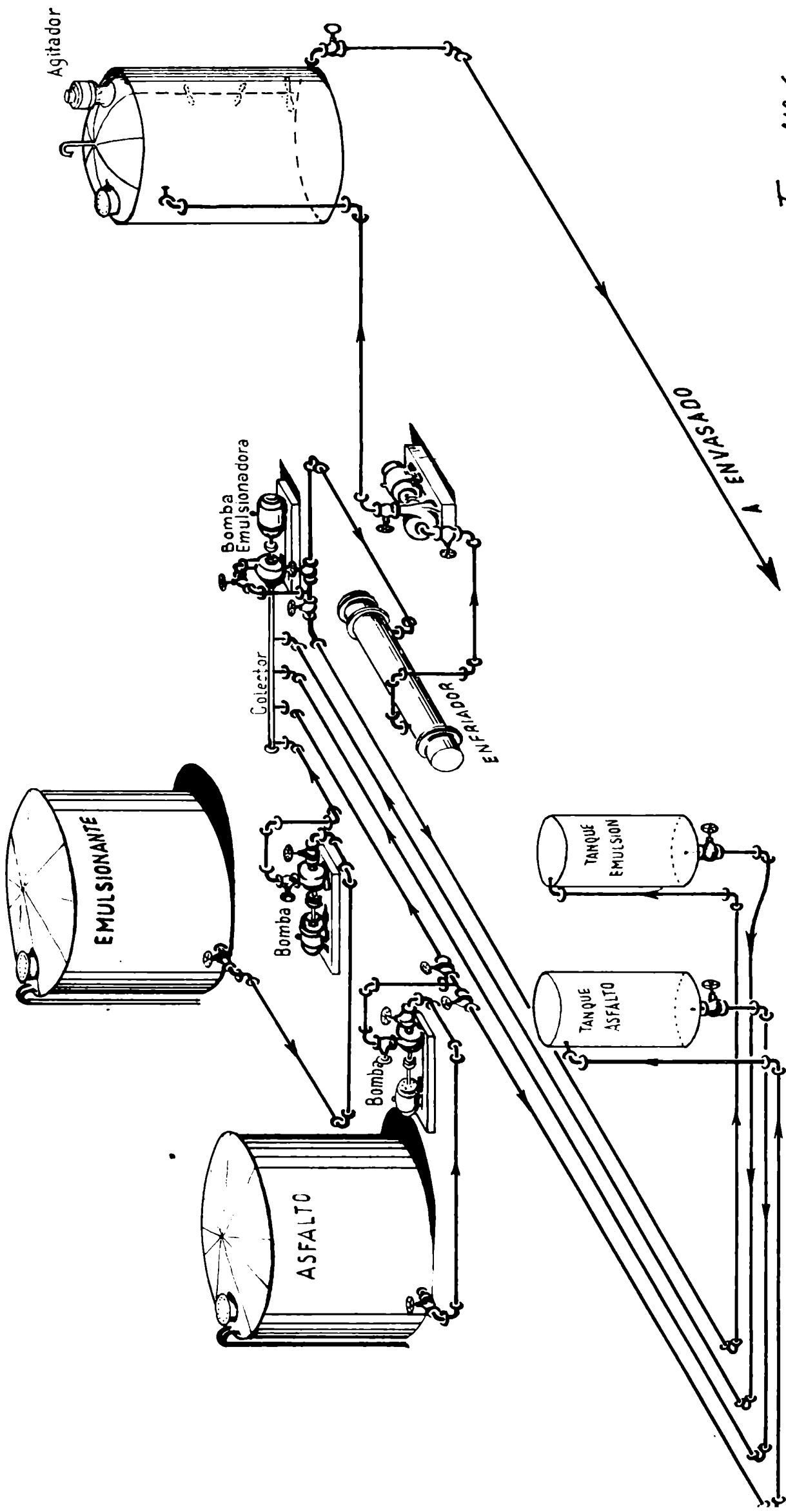


FIG. N° 6

- APLICACION DE LOS ASFALTOS ARGENTINOS EN MEZCLAS ANTIACIDAS.-

El manipuleo de ácidos, ha sido casi siempre un motivo de preocupación para los técnicos, puesto que su naturaleza, trae aparejados problemas de conservación y seguridad, cuestiones éstas, sin duda importantes en toda actividad industrial.

Atwell (23), que se ha ocupado del tema, da una serie de aplicaciones de mezclas asfálticas, que han dado un resultados ampliamente satisfactorio, y entre las que podemos señalar como más interesantes, las siguientes: pisos de salas de baterías, pisos de fábricas de seda artificial, y refinerías de azúcar, frigeríficos; revestimientos de tanques en procesos de galvanización, de recuperación de metales preciosos y similares, etc.

Hemos encarado el estudio de este tipo de mezclas antiácidas, con el doble fin de comprobar si los asfaltos argentinos pueden usarse en los casos en que priman condiciones de acídés, y para dejar un antecedente en esta materia tan poco estudiada aún en nuestro país.

Una mezcla asfáltica está constituida por dos componentes fundamentales: el betún y el agregado pétreo. La función del asfalto es la de "ligar" uno con otro los granos del agregado, lo que forma un todo denominado mezcla asfáltica.

Hasta hace relativamente poco tiempo, la elaboración de estas mezclas se hacía en forma esencialmente empírica, pero los nuevos investigadores han desarrollado teorías físico-químicas y mecánicas que dieron base para un nuevo desarrollo científico en la construcción de pavimentos, y que permiten prever, con más o menos exactitud, el comportamiento de una mezcla proyectada.

Naturalmente, no pueden darse fórmulas rígidas para mezclas resistentes a los ácidos, desde que el uso de uno o más agregados, así como del tipo de asfalto, viene dado por las condiciones en que esa mezcla va a actuar, pero en cambio pueden darse, reglas generales en base a las cuales puede lograrse un mortero eficiente.

Se deduce, a simple vista, que ante todo, los agregados han de ser de tipo silíceo. El agregado ideal sería el  $\text{SiO}_2$  puro, desde que es prácticamente inatacado por los ácidos, en las condiciones de servicio que es lógico prever.

A pesar de ello no se usa mucho (salvo en casos realmente serios), en la práctica, simplemente por razones económicas; se trata de encontrar un agregado mineral que reúna ambas condiciones; antiácido y económico, es decir más o menos abundante. Materiales de este tipo son las arcillas, cuarcita y granito; si bien este último tiene sustancias solubles en ácidos, en ocasiones puede usarse, pues todo depende como ya hemos señalado, de las condiciones imperantes (concentración ácida, tempera

tura, frecuencia del tránsito, etc.).

Para el revestimiento de cañerías y tanques, hemos usado mesclas en las que predomina el asfalto, a fin de facilitar su empleo y aumentar la adhesividad de las mismas, siendo el agregado un "filler" silíceo (material que pasa por el tamis N° 200 el 80 % por lo menos), adicionado e no con amiante en fibras o en polvo, en proporciones que oscilan entre el 20 y el 40 %.

Vamos a referirnos en primer lugar a los problemas que se presentan en la determinación de una buena fórmula para pisos resistentes a los ácidos.

Desde luego, éstos deben reunir dos condiciones fundamentales, que son:

- 1).- Resistencia al agente corrosivo.
- 2).- Estabilidad bajo la acción de las cargas, es decir que no deben deformarse ni desintegrarse por la acción de los esfuerzos que sobre él realizan, ya sean los materiales fijos (máquinas, estructuras, etc.), o rodantes (camiones, vagones, etc.).

Resistencia al Agente Corrosivo.- Para proyectar un piso con esta cualidad, es necesario conocer dónde va a actuar ese pavimento, en el sentido de tener en cuenta qué concentración de ácido se derrama, de qué tipo de ácido se trata, con qué frecuencia le hace, etc.

Estabilidad.- Se entiende por "estabilidad" de un pavimento asfáltico, su resistencia a desintegrarse, cuando se le somete a una fuerza.

No teníamos antecedentes sobre la magnitud que podría lograrse con materiales silíceos exclusivamente, pues los agregados que se usan para pavimentos comunes son del tipo calcáreo. Los agregados silíceos, y esto se ve muy bien, cuando se usa emulsión asfáltica, son hidrófilos, es decir que presentan dificultad en ser "mojados" por el asfalto, lo que se traduce en el caso de la emulsión, en que los granos del agregado no se ven totalmente rodeados por el asfalto: se desgarnecen. Si bien este problema es de pequeña magnitud en el caso de empleo de asfaltos en caliente (asfaltos sólidos), los valores de estabilidad, medidos como se indicará más adelante, sobrepasan en mucho los que se especifican como aceptables.

#### - Parte Experimental -

El trabajo de laboratorio comprendió los siguientes tópicos:

- 1).- Análisis físico y químico de los agregados.
- 2).- Reconocimiento de los asfaltos a emplear.
- 3).- Determinación de la proporción óptima de asfalto en la mezcla.
- 4).- Confección de los distintos tipos de probetas de acuerdo a los datos recogidos en el punto 3).
- 5).- Ensayo a los ácidos de las distintas probetas.

6).- Ensayo de la "Estabilidad" de las probetas, antes y después de un ataque con ácidos.

Desarrollaremos ahora, cada uno de estos puntos.

1).- Análisis Físico y Químico de los Agregados.-

Los agregados minerales que hemos utilizado fueron los siguientes: cuarzoita, material silíceo proveniente de canteras de Azul (Pcia. de Buenos Aires), "fillor" del mismo tipo, y granito.

Sobre estos materiales hemos realizado los siguientes ensayos:

Ensayo N° 1: Granulometrías.- Este ensayo se realizó con el fin de determinar el tamaño de los granos que integran cada material.

Es necesario aclarar que estos ensayos nos servirán luego para poder calcular el "número de vacíos" de la mezcla, y de allí el porcentaje óptimo de asfalto que llene esos vacíos. La determinación se realiza siguiendo la norma A.S.T.M.- Designación y que, en síntesis, aconseja pesar una cantidad no menor de 200 gr. de material, el que se va pasando por los tamices "standard", cuyos números indican la cantidad de mallas por pulgada lineal. Se comprende que a medida que los números de tamices aumentan, las aperturas son cada vez más pequeñas.

En la tabla N° 3 se dan los resultados obtenidos, expresados en porcentajes del material, con respecto al total, que pasa la malla indicada.

Además se determinó el peso específico de cada material, dato necesario en cálculos posteriores.

Ensayo N° 2: Análisis Químico de los Agregados.- Como no era necesario para los objetivos que nos habíamos propuesto, realizar un análisis minucioso de los agregados, nos concretamos a lo realmente importante: 1°) determinar si el material era silíceo y la proporción de  $\text{SiO}_2$  que contenía; y 2°) determinar el porcentaje de materia soluble en ácidos.

Este ensayo se realizó pesando 15 gr. del material reducido a polvo fino, y tratándolo con HCl diluido al medio. Así se determinó el porcentaje de  $\text{SiO}_2$ ; luego se atacó un nuevo material por cada uno de los ácidos, en concentración del 15 % en peso; se eligió esta concentración para tener un margen de seguridad, ya que en nuestros ensayos finales, la concentración máxima llegó a 10 %.

Los resultados obtenidos figuran en la tabla N° 1, donde puede observarse la diferencia nota entre el granito y los otros materiales, diferencia que luego se confirmará en su comportamiento general.

2).- Reconocimiento de los Asfaltos a Emplear.-(24).-

El asfalto es un material sumamente complejo, como ya hemos podido observar por su constitución química y físico-química, y esa misma complejidad que lo acerca

a los altos polímeros hace que no tenga constantes físicas definidas, lo que ha obligado adoptar como único recurso para la diferenciación entre los diversos tipos una serie de ensayos "standard", siendo los más importantes, los siguientes:

a).- Penetración: es un ensayo arbitrario que mide la consistencia o duresa de los asfaltos, siendo la base de clasificación de los asfaltos sólidos y semi-sólidos.

El ensayo se lleva a cabo a 25 °C. en la mayoría de los casos, aunque también son de valor los ensayos que se realizan a 0 °C. y a 60 °C. cuando se estudia el cambio de consistencia con la temperatura, es decir, lo que se llama la "susceptibilidad" del asfalto.

Damos a continuación el método seguido para determinar la penetración en los asfaltos usados, (A.S.T.M.- Designación D5-25).

Definición: Se define la penetración como la consistencia de un material bituminoso, expresada por la distancia que una aguja standard penetra verticalmente en el material en condiciones especificadas de carga, tiempo y temperatura.

Cuando las condiciones del ensayo no se especifican, se dan como conocidas: 100 gr., 5 segundos, 25 °C., y las unidades de penetración se indican en centésimas de centímetro.

Aparato: El recipiente en el que se ensayaron las muestras fué de metal (cápsulas Gill), de fondo plano, de 55 mm. de diámetro, y 35 mm. de altura, aproximadamente.

La aguja, cuyas dimensiones se ven en la figura N° 7, termina en un cono truncado con punta esmerilada.

El baño se mantiene a una temperatura de 25 °C  $\pm$  0,1 °C. siendo el volumen no menor de 10 litros, y las muestras se sumergieron a una profundidad no menor de 10 cm., estando sostenidas por un soporte perforado, distante del fondo no menos de 5 cm.

Preparación de las muestras: Las muestras se funden completamente a la menor temperatura posible agitando bien hasta que estén homogéneas y libres de burbujas de aire. Se vierten en los recipientes hasta una altura no menor de 15 mm. Se dejan enfriar en una atmósfera cuya temperatura no sea menor de 18 °C., durante una hora, protegiendo la superficie del polvo. Luego, se colocan en el baño de agua donde se dejarán una hora.

Procedimiento: La aguja del penetrómetro cargada con el peso especificado se ajusta hasta ponerla en contacto con la superficie de la muestra. Este puede hacerse estableciendo el contacto de la punta de la aguja con la imagen reflejada por la superficie de la muestra. Se lee a continuación la indicación de la aguja sobre el dial, o se lleva a cero. Por medio de un mecanismo a resorte, se suelta la aguja durante el tiempo especificado, después de lo cual se ajusta el penetrómetro para medir

la distancia penetrada, (Fig. N° 8).

Se hacen por lo menos tres ensayos en puntos sobre la superficie de la muestra, distanciados no menos de 1 cm., de la periferia del recipiente y entre sí. Después de cada ensayo, la aguja se limpiará cuidadosamente con un paño limpio y seco hasta eliminar el material bituminoso adherido.

La penetración será el promedio, por lo menos, de tres valores que no difieran más de cuatro puntos entre máximo y mínimo.

Cuando se quiera obtener valores de penetración a otras temperaturas, se deben sumergir las muestras en agua o salmuera, según el caso lo requiera. Las condiciones más usadas para determinar la susceptibilidad son:

0 °C.,	250 gr. de peso,	60 segundos.
46,1 "	50 " " "	5 "
25 "	100 " " "	5 "

b).- Ductilidad: Este ensayo, que se lleva a cabo normalmente a 25 °C., a una velocidad de 5 cm/min., mide la elasticidad de un asfalto bajo las condiciones especificadas. Se han usado otras temperaturas y velocidades, pero no se han obtenido suficientes datos como para asegurar su importancia.

Más que el valor real de la ductilidad es de importancia la presencia o ausencia de ductilidad. Los asfaltos que tienen ductilidad demasiado alta, son también sumamente susceptibles a los cambios de temperatura. Los que tienen ductilidad normal son asfaltos que adhieren bien a los agregados minerales. El ensayo, por lo tanto, es de valer no solo en las especificaciones sino también bajo el punto de vista funcional.

Aparato.- a).- Molde: El molde y sus dimensiones pueden verse en la figura N° 9 y deben ser tales que una vez moldeada, la muestra debe tener las siguientes dimensiones:

Large total . . . . .	7,45 - 7,55 cm.
Distancia entre los elips . . .	2,97 - 3,03 cm.
Ancho de la sección menor . . .	0,99 - 1,01 cm.

b).- Baño: El baño de agua, deberá mantenerse a la temperatura especificada, con aproximación del 0,1 °C. El volumen de agua no será menor de 10 litros, y la muestra será sumergida no menos de 10 cm., descansando en un soporte perforado que debe estar separado del fondo en más de 5 cm.

c).- Máquina de ensayo: Puede usarse cualquier aparato que mantenga la muestra sumergida constantemente, mientras los dos elips son impulsados en sentido contrario a velocidad uniforme sin ninguna vibración.

Procedimiento.- d).- Moldeo de las muestras: La sustancia debe estar comple-

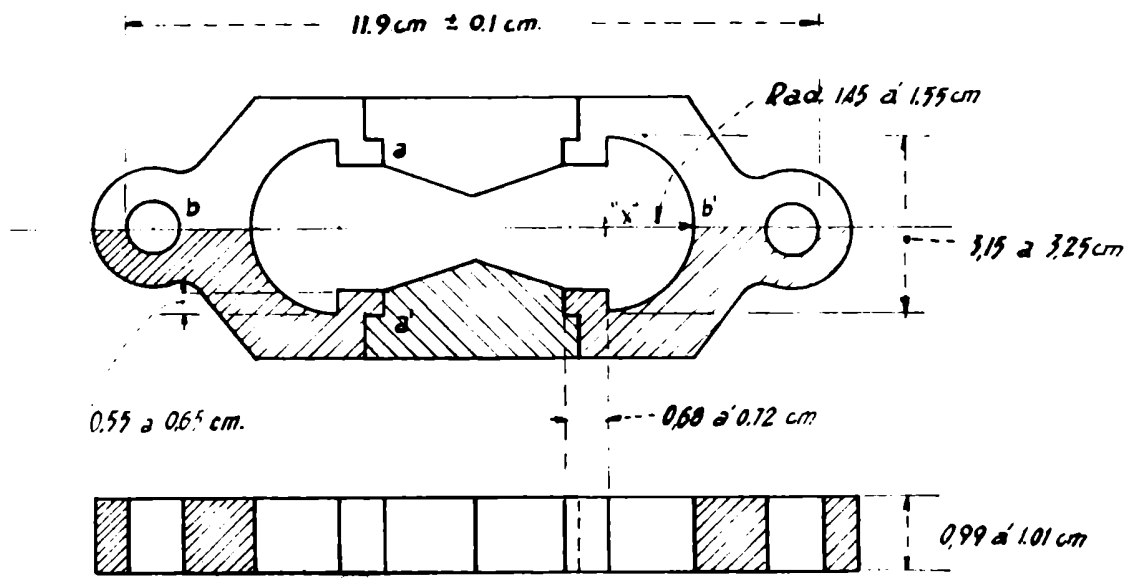


Fig 9 : Molde para ensayo de ductilidad

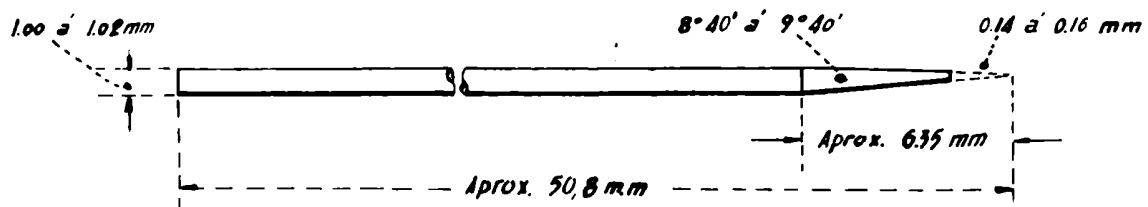


Fig 7 : Aguja para penetración

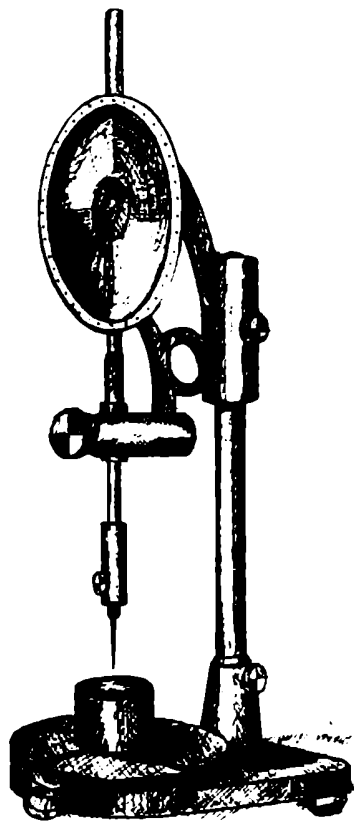


Fig 8 : Penetrómetro

tamente fundida, y luego de una agitación rápida, se echa dentro del molde. Este se encuentra sobre una placa de bronce, y a fin de evitar que el material se pegue al molde, se le pasa por las paredes interiores, un poco de amalgama. Se deja luego, a la temperatura ambiente durante 30 a 40 minutos, y luego se coloca en el baño de agua, manteniendo la temperatura especificada durante 30 minutos, después de lo cual se corta el exceso de betún que contenía el molde.

e).- **Ensayo:** Los anillos de cada extremo del molde se unen a los ganchos especiales de la máquina, poniendo en marcha un motor u otro medio que mueve una de las dos mitades de la muestra. Se mide entonces la distancia a la que se produce la división del material, en centímetros, y ese es el valor de la ductilidad. Se hacen tres ensayos, y se toma el valor promedio.

e).- **Punto de Ablandamiento:** Es una medida indirecta de la consistencia, siendo la temperatura a la cual el material se ablanda lo suficiente como para permitir a la muestra (contenida en un anillo metálico y que soporta el peso de una esfera), fluir a través del anillo.

Este ensayo es particularmente importante para asfaltos que se usen en capas relativamente gruesas, como es nuestro caso.

Debemos hacer notar que el ablandamiento de los materiales bituminosos no ocurre, generalmente, en un momento o temperatura dados. A medida que la temperatura aumenta, gradual e imperceptiblemente cambia su consistencia quebradiza o excesivamente viscosa y de lento escurrimiento, en una masa fluida. Por esta razón, la determinación del punto de ablandamiento debe hacerse por un método fijo, arbitrario y perfectamente definido, para que los resultados sean comparables.

El método que hemos seguido, es el más difundido en la práctica, es decir, el denominado del "anillo y esfera", que pasamos a describir:

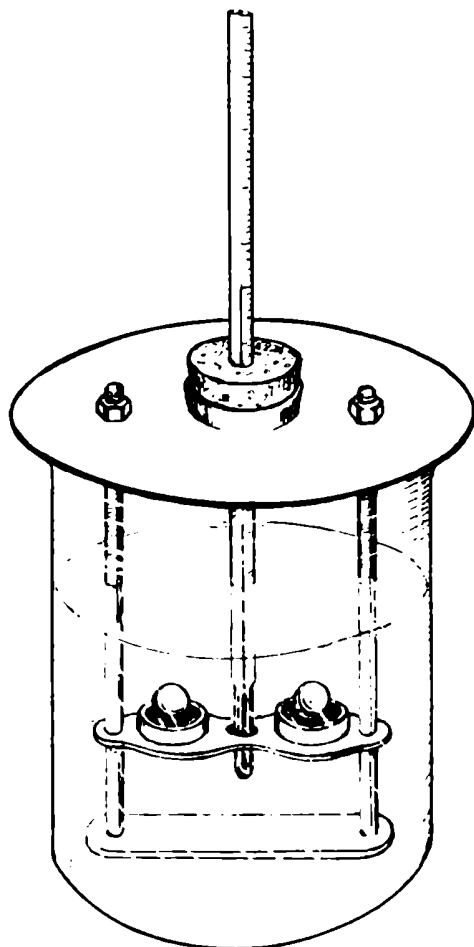
**Aparato:** El aparato consistirá de lo siguiente:

Un anillo de bronce, unido a un alambre de bronce (ver Fig. N° 10), una esfera de acero, de peso especificado, un vaso de vidrio de 10,5 cm. de altura y un termómetro graduado.

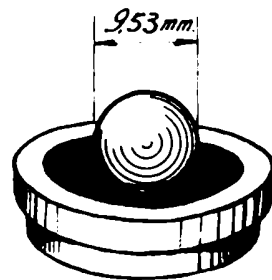
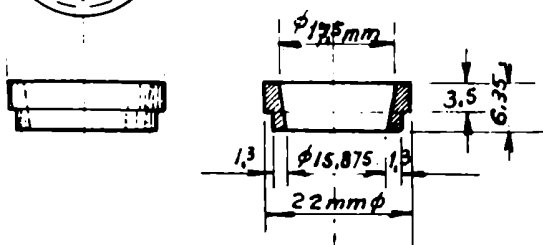
**Preparación de la muestra:** La muestra se funde bien evitando la inclusión de burbujas de aire en la masa. Se vierte sobre el anillo de modo que quede un exceso después del enfriamiento. El anillo, para ser llenado, estará dispuesto sobre una placa de bronce que haya sido amalgamada para impedir que el material se adhiera a ella. Después del enfriamiento que durará 1 hora, el material excedente se quitará mediante una espátula ligeramente calentada.

**Procedimiento:** Se llena la vasija de vidrio hasta una altura de 8,25 cm. de glicerina pura a 32 °C.; el baño se lleva a esa temperatura y luego se colocan den-

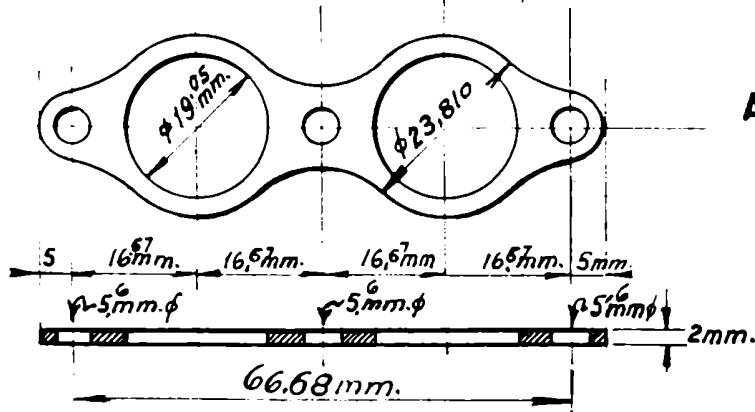




APARATO PARA DETERMINAR PUNTO DE ABLANDAMIENTO  
(ANILLO Y ESFERA)



ANILLO CON PRODUC-  
TO Y ESFERA



SOPORTE DE ANILLOS

FIG. N° 9 y 10

tre, el aparato y la muestra; se agita durante 15 minutos, después de lo cual se dispone la bolilla sobre la muestra y se aplica calor de modo que la temperatura del baño se eleve 5 °C. por minuto.

La temperatura indicada por el termómetro en el momento en que el material bituminoso toca el fondo de la vasija, se toma como "punto de ablandamiento". No se hace corrección por el vástago emergente.

Los resultados obtenidos con los dos asfaltos empleados, están sintetizados en la tabla N°2 donde se comparan los valores hallados con los que debe cumplir por especificaciones oficiales. Como se observa, dichos valores están dentro de las normas.

-Tabla N° 2.-

-Características de los Asfaltos Empleados.-

Característica	Asfalto "A"		Asfalto "B"	
	Exigido	Obtenido	Exigido	Obtenido
Penetración: 25°C-100gr-5 seg., cm/100	20 - 30	23	10 - 20	16
Ductilidad: 25°C-5 cm/min., cm.	+ 3	5	+ 2	3
Punto de Ablandamiento (A. y B.), °C.	80 - 90	82	90 - 110	98
Peso Específico a 25 °C., gr/cc.	+ 1	1,009	+ 1	1,012
Punto de Inflamación, Vaso Abierto, Cleveland, °C.	+ 230	248	+ 230	257

3).- Cálculo de la Proporción óptima de Asfalto en la Mezcla.-(25).-

El problema de dosificar el material ligante de una mezcla asfáltica, ha sido objeto de numerosos estudios por parte de los técnicos especializados, puesto que si la dosificación no ha sido correcta, pueden presentarse los dos casos críticos siguientes:

a).- Si la cantidad de asfalto es escasa, se corre el riesgo de un desprendimiento prematuro de las partículas del agregado pétreo, lo que implica la desintegración de la carpeta construida.

b).- Si por el contrario, la cantidad de ligante es abundante, puede ocurrir que la mezcla resulte inestable, o que la superficie de rodamiento se vuelva resbaladiza.

Se observa inmediatamente, que cualquiera sea la deficiencia en que se incurra, los resultados son realmente serios.

Es por ello, como se dijo anteriormente, que este problema mereció el interés

de la mayoría de los investigadores, lo que trajo como resultado, la elaboración de una serie de métodos, al principio empíricos como el "Pat Test", el "Stain Test", o ensayo de la mancha, perfeccionamiento del anterior; el método de las "áreas superficiales" de Richardson, cuya idea básica es la siguiente:

La cantidad de asfalto requerida para ligar entre sí las partículas de un agregado pétreo, tiene cierta relación con el "área superficial" de las partículas a cubrir, aunque esta cantidad no pueda ser calculada solamente como una función simple y directa de dicha área. Para calcular esa superficie se usan tablas que asignan distintas constantes a los diferentes tamaños de las partículas clasificadas por tamizado. Partiendo de esta base, se han deducido fórmulas que se usan en Norte América, tales como las de Mr. Keesen, Frickstad, Stanton, etc.

El método de los vacíos, ha sido el que se ha impuesto en la práctica argentina, pues reúne una serie de ventajas teóricas y prácticas sobre los anteriores y otros que se han ideado.

El principio en que se basa la "teoría de los vacíos" es el siguiente: "el contenido ideal de ligante en una mescla asfáltica, es aquél que permite llenar parcialmente los "vacíos" que dejan los agregados inertes cuando sus partículas están en íntimo contacto, en forma tal de que reste espacio para la mayor dilatación del ligante y la posible presencia de agua".

La cuestión es poder determinar en forma bastante exacta, los vacíos que dejan las partículas, vacío que se expresa como porcentaje del volumen total ocupado por el mismo, y que llamaremos "v".

Sin entrar a detallar métodos que como el "húmedo", "seco" y "vibratorio", dan datos solo aproximados, veremos el "método de compresión" que permite obtener valores de "v" prácticamente exactos, y que por otra parte es el que hemos usado.

Dicho método consiste en preparar una mescla bituminosa con los agregados pétreos y el material asfáltico que se ha de usar luego en obra. La mescla preparada se compacta en molde cilíndrico, a razón de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Esta compresión se toma como la más aproximada a las obtenidas en la construcción de carpetas bituminosas; por otra parte, si así no fuere, siempre queda el recurso de aplicar la presión deseada. Luego se procede a determinar la "relación peso-volumen", "d", siendo por lo tanto:

$$d = \frac{P}{V}$$

Para ello debemos conocer:

$d_1$  = relación "peso-volumen" o "densidad" de la probeta moldeada.

$P_3$  = porcentaje en peso del material asfáltico.

Este último es conocido, mientras que  $d_t$  se calcula mediante el peso de probeta,  $P$ , y su volumen,  $V$ , este último hallado por medidas o por el método hidrostático.

Y entonces:

$$d = d_t - \frac{P_3 \cdot d_t}{100} = d_t \left(1 - \frac{P_3}{100}\right)$$

Y a su vez:

$$D = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Siendo:

$D$  = densidad máxima teórica del agregado pétreo, que sería la máxima relación "peso-volumen" del mismo, suponiendo que en él no hubiera vacíos.

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = porcentajes en peso de los distintos agregados pétreos.

$G_1, G_2, \dots, G_n$  = pesos específicos de los distintos agregados pétreos.

Con estos datos ya pueden calcularse los vacíos con la fórmula:

$$v = \frac{D - d}{D} \cdot 100$$

Una vez conocido el valor de "v" (vacíos en el agregado pétreo), se determina el valor correcto de  $P_3$ , es decir del porcentaje de ligante, haciendo las consideraciones siguientes:

Si llamamos  $G_3$  al peso específico del betún, y suponemos que éste llene por completo los vacíos del agregado compactado, su porcentaje en peso con respecto a dicho agregado será:

$$P_3' = \frac{v \cdot G_3}{d}$$

y con respecto a la mezcla total (inerte + ligante):

$$P_3 = \frac{P_3'}{100 + P_3'} \cdot 100$$

o sea:

$$P_3 = \frac{v \cdot G_3}{100 \cdot d + v \cdot G_3} \cdot 100$$

Si en esta fórmula restamos de "v" el porcentaje de vacíos que destinamos a la dilatación del ligante y a la presencia de agua, tendremos finalmente el valor definitivo de  $P_3$ .

De acuerdo a la técnica actual de dosificación de mezclas asfálticas en caliente, y en frío con asfaltos disueltos de curado rápido y medio, el porcentaje de va-

efos a restar de "v" por las razones dadas anteriormente, es de 1,5 a 2 % en concretos asfálticos; de 2 a 3 % en morteros asfálticos (sheet asphalt) y de 6 % en mezclas en frío con MC y RC.

**- Parte Experimental. -**

El procedimiento que hemos seguido para determinar las fórmulas definitivas de las muestras a ensayar, le daremos ahora en un solo caso (mezcla N° 3), sirviendo a la vez como ejemplo numérico de las consideraciones teóricas ya expuestas.

El método consiste en lo siguiente:

a).- Determinación de la granulometría de los agregados pétreos: Se realiza siguiendo la técnica ya indicada. Los datos obtenidos se ven en la tabla N°

b).- Determinación de densidades: Se determina la densidad de los agregados por el método hidrostático.

c).- Representación gráfica de las granulometrías: Los datos granulométricos se llevan a un diagrama como el representado por la Fig. N° 13, en el que en las abscisas se colocan las aberturas de los tamices, y en las ordenadas, el "porcentaje que pasa". Se va luego al diagrama triangular, de la misma figura, donde se elijan dos tamices convenientes, y se representan los puntos correspondientes; teniendo en cuenta la propiedad fundamental en que se basan estos diagramas (la suma de las tres ordenadas es igual a 100), se obtiene, como se ve en el mismo, el porcentaje de cada uno de los agregados.

Haciendo una simple repartición proporcional se obtiene luego, la granulometría que tendrá la mezcla, ver tabla N° 4. Se transportan esos datos al sistema de ejes ortogonales anterior, y se compara con la curva standard obtenida de tablas. Si con cierta aproximación coincide, se deja como definitiva, en caso contrario, se van modificando convenientemente las proporciones de la mezcla, hasta que se llega a una coincidencia satisfactoria con la curva standard.

Obtenida la fórmula de los agregados, se procede a determinar el

d).- Porcentaje óptimo de asfalto: Se determina siguiendo los lineamientos ya vistos en la explicación teórica.

Para ello, se debe disponer de los siguientes datos:

Peso específico del granito:  $G_1 = 2,77 \text{ gr/co.}$

" " de la cuarcita:  $G_2 = 1,65 \text{ "}$

" " del filler sil.  $G_3 = 1,75 \text{ "}$

Proporción de granito:  $P_1 = 35 \%$

" " cuarcita:  $P_2 = 49 \text{ "}$

" " filler:  $P_3 = 16 \text{ "}$

Asfalto: Penetración 20 - 30; densidad:  $G_4 = 1,054$  gr/co.

Relación Peso-volumen de la probeta moldeada:  $d_4 = 2,23$  gr/co.

Porcentaje en peso del material asfáltico:  $P_4 = 8$  %.

Con estos datos calculamos:

Relación Peso-volumen del agregado comprimido:  $d$

$$d = d_4 \cdot \left( 1 - \frac{P_4}{100} \right) = 2,23 \times \left( 1 - \frac{8}{100} \right) = 2,05 \text{ gr/co.}$$

Densidad máxima teórica de los agregados:  $D$

$$D = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3}} = \frac{100}{\frac{35}{2,77} + \frac{49}{1,65} + \frac{16}{1,75}} = 2,10 \text{ gr/co.}$$

con lo que:

$$v = \frac{D - d}{D} \cdot 100 = \underline{\underline{24 \%}}$$

y por lo tanto:

$$P_4 = \frac{(v - 2 \%), G_4}{100 \cdot d + (v - 2 \%), G_4} \cdot 100 = \underline{\underline{10,5 \%}}$$

A los vacíos le restamos 2 % calculados para expansiones y entrada de agua.

4).- Confesión de los distintos tipos de ~~muestras~~ de acuerdo a los datos obtenidos en el párrafo N° 3.-

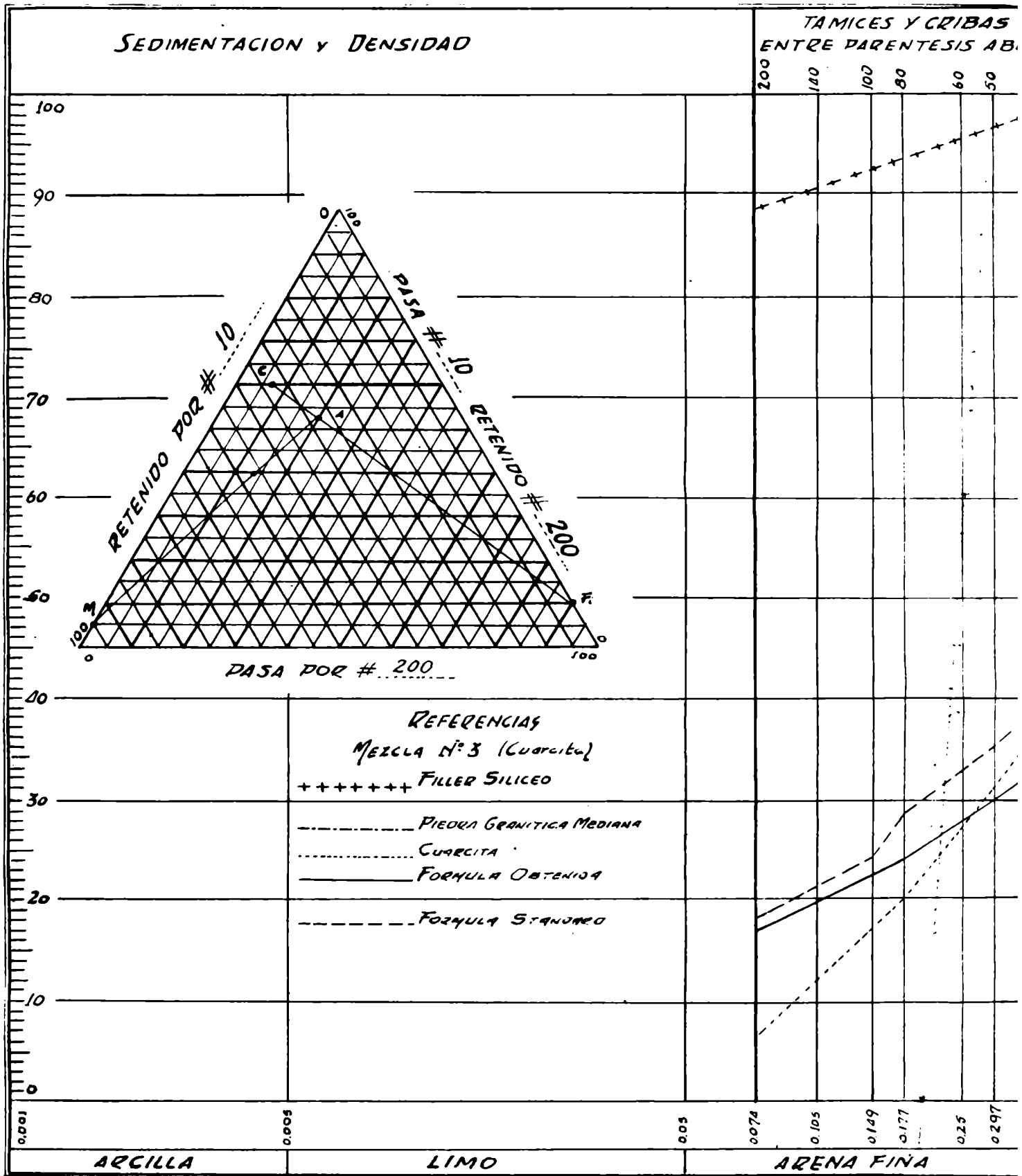
Como ya se ha indicado, los agregados pétreos elegidos fueron: granito, cuarcita, material silíceo y filler silíceo. El granito se tomó como material comparativo, pues como se observa en la tabla N° 1, tiene gran cantidad de sustancia solubles en los ácidos empleados.

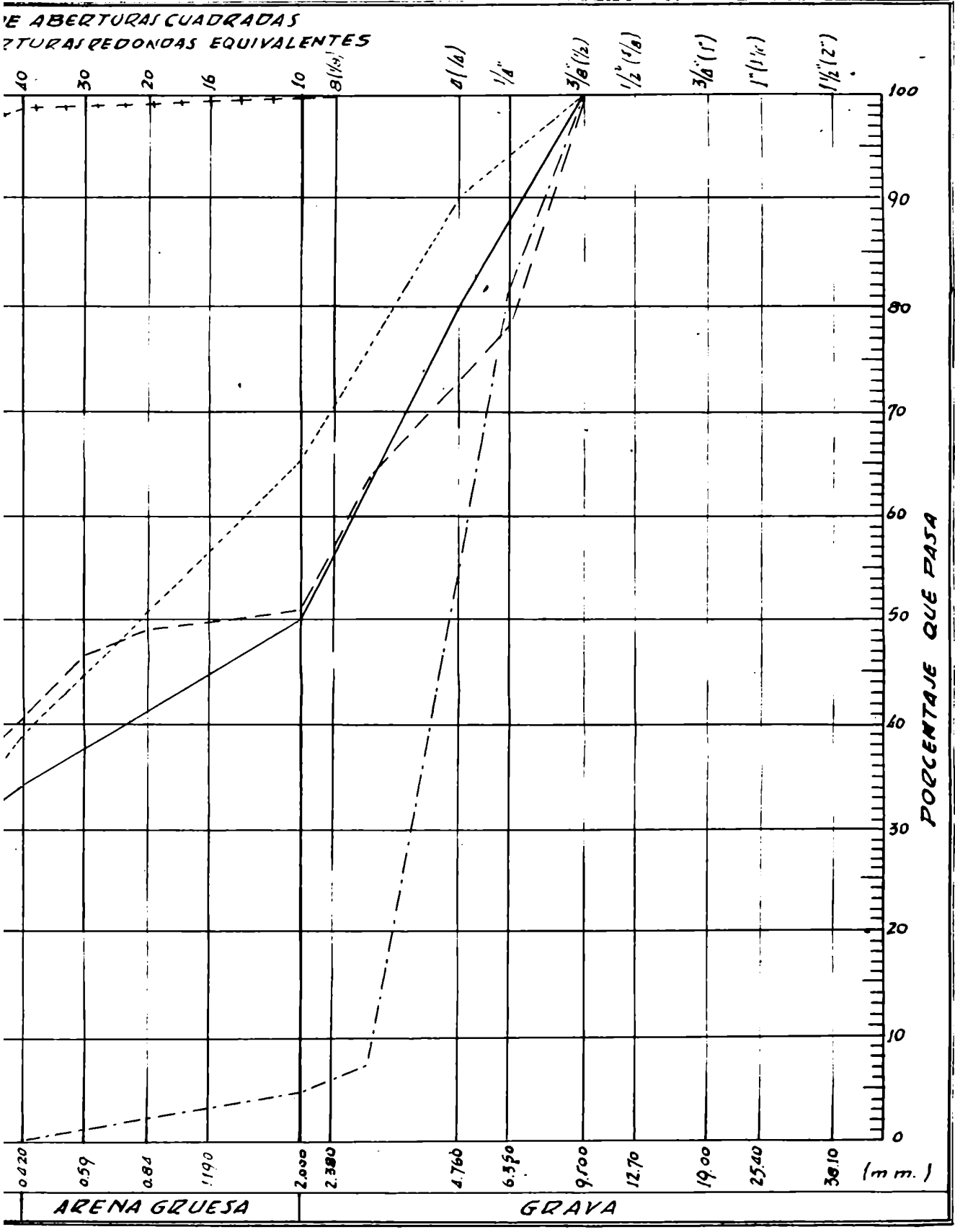
Las características del asfalto empleado, se da en la tabla N° 2.

En cuanto a la técnica de preparación de las muestras, se presentaba el problema de elegir un método que asegurase constancia en la forma y calidad de las mismas; es por ello que se adoptó como tipo de muestra la denominada "probeta asfáltica" que no es más que un cilindro de la mezcla, de 2,5 cm. de altura y 5 cm. de diámetro, moldeado en condiciones bien especificadas, lo que asegura la constancia exigida.

La técnica seguida para confeccionar esas muestras, fué la de Hubbard Field; en realidad estos autores elaboraron la preparación "standardizada" de las muestras como paso intermedio para su conocido ensayo de "Estabilidad", por lo que la hemos de detallar en capítulo correspondiente.

En total, se confeccionaron unas 80 probetas, correspondientes a las tres mezclas elegidas. En la tabla N° 5 se da la composición de cada tipo de mezcla. Puede observarse que la mezcla N° 1 está constituida íntegramente por material granítico;

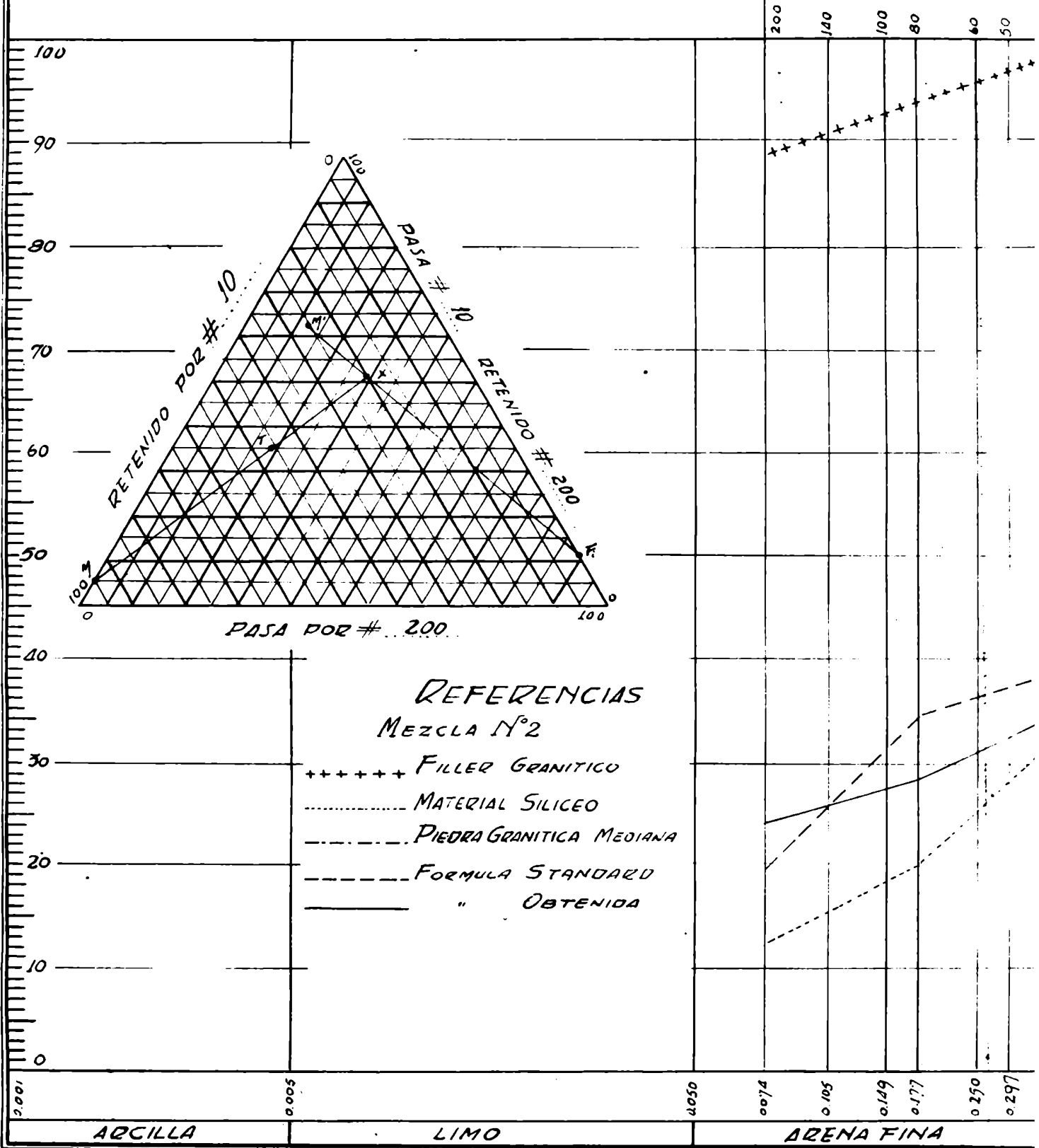






SEDIMENTACION Y DENSIDAD

TAMICES Y CRIBAS  
ENTRE PARENTESIS AB



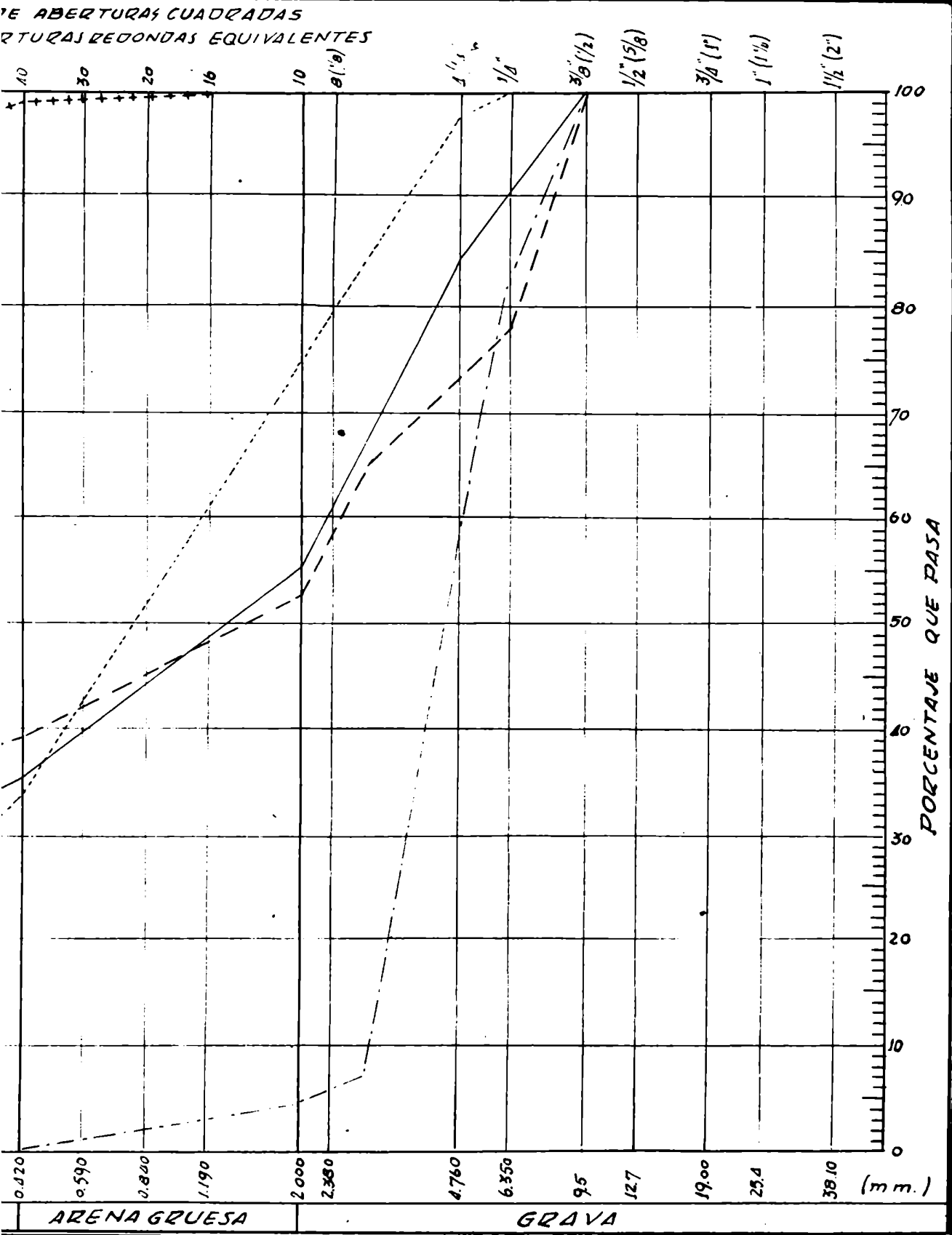
REFERENCIAS  
MEZCLA N°2

- +++++ FILLER GRANITICO
- ..... MATERIAL SILICEO
- .-.-.-. PIEDRA GRANITICA MEDIANA
- FORMULA STANDARD
- " OBTENIDA

ARCILLA

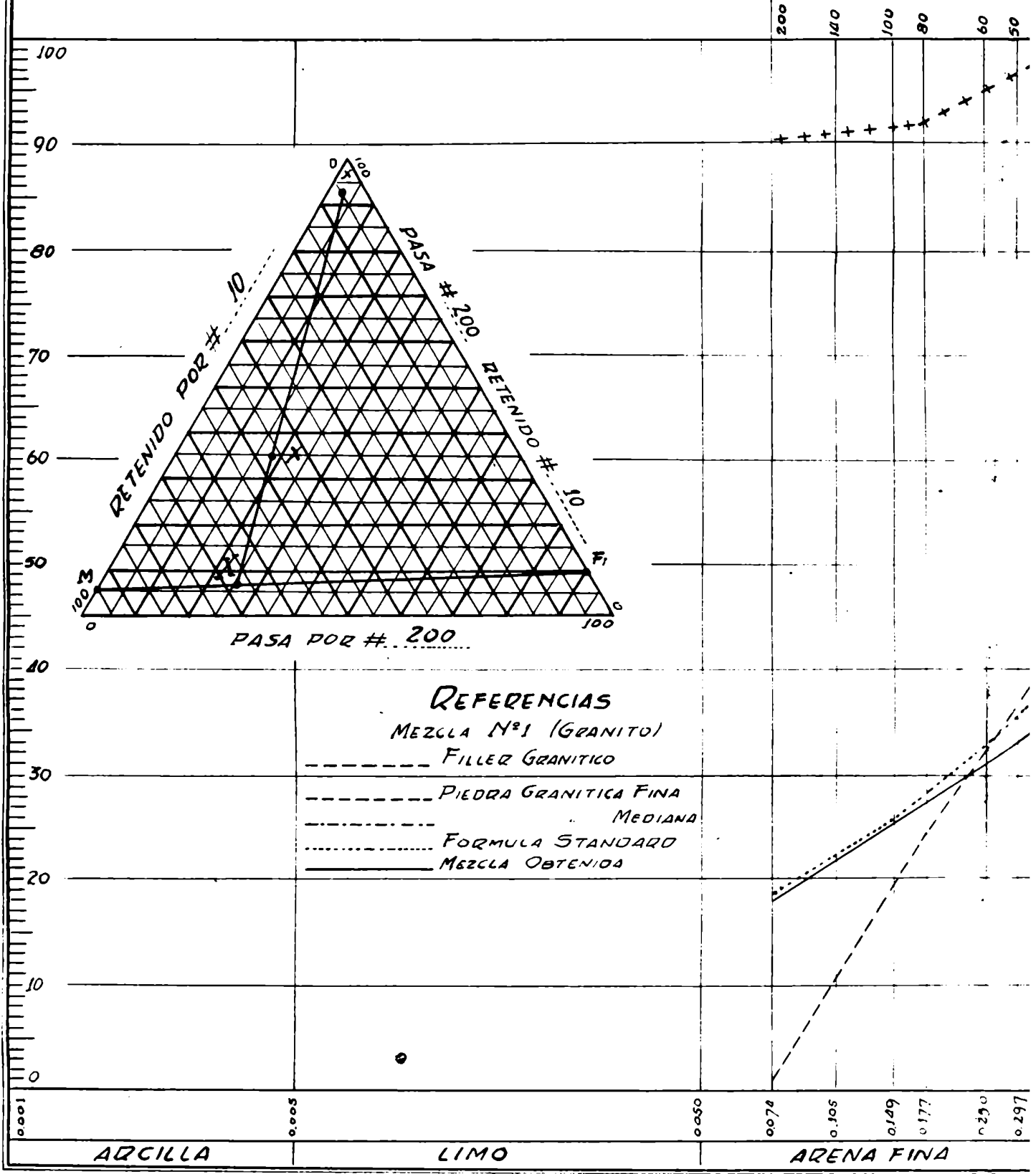
LIMO

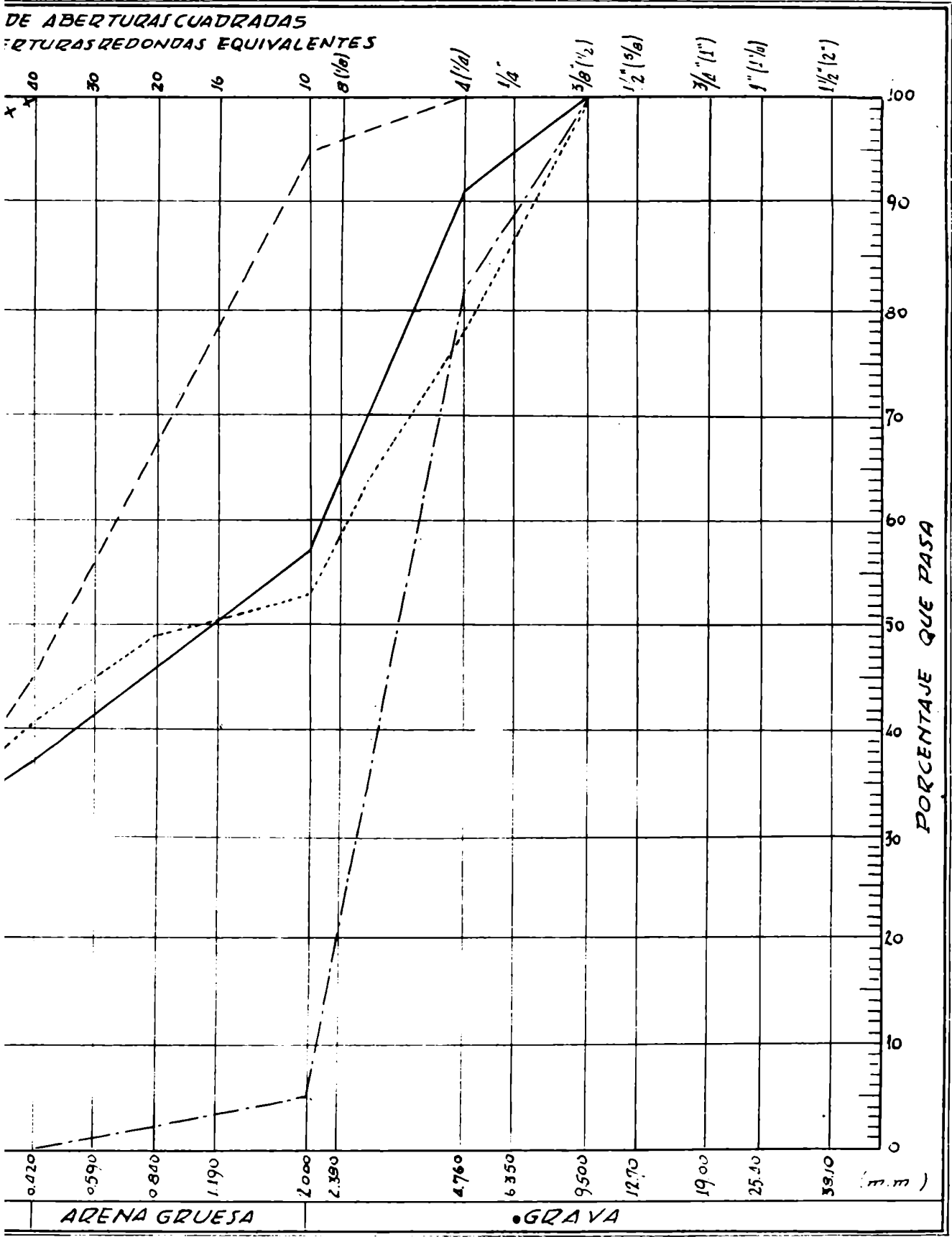
ARENA FINA



SEDIMENTACION y DENSIDAD

TAMICES Y CRIBAS  
ENTRE PARENTESIS





la muestra N° 2 contiene: granito 37 %, material silíceo 44 % y filler silíceo 19 % y la muestra N° 3 contiene: granito 35 %, cuarzoita 49 % y filler silíceo 16 %.

En realidad, lo ideal hubiera sido poder confeccionar probetas que estuviesen constituidas por un solo tipo de material, pero desgraciadamente eso solo pudo ser posible en el caso de la muestra N° 1, pues tanto el material silíceo, como la cuarzoita, no pudieron hallarse con una granulometría adecuada como para poder emplear los solos; por otra parte, si bien hubiera podido lograrse por tamizado de esos materiales, los tamaños convenientes, el ensayo hubiera tenido un valor meramente teórico. Los resultados obtenidos en los ensayos de corrosión, nos demuestran no obstante, las diferencias entre estos tres materiales, en lo que respecta a su comportamiento frente a soluciones ácidas.

#### 5).- Ensayo de corrosión con ácidos.-

El ensayo de ataque con ácido, se hizo sumergiendo totalmente las probetas en vasos de precipitados que contenían la solución corrosiva. Las concentraciones fueron elegidas de tal manera que cubrieran con gran exceso las que se presentan comúnmente en la práctica; como se ve en la tabla N° 6, las concentraciones fueron de 3 %, 5 % y 10 % en peso, usándose los ácidos HCl,  $SO_4H_2$  y  $NO_3H$ .

Para determinar el porcentaje de sustancia atacada, se siguió el método A.S.T.M., designación C-200-44.T., año 1944, sobre ensayos de materiales resistentes a los ácidos, que fué convenientemente modificado para nuestro caso.

Para objetivar mejor el método y las modificaciones introducidas, lo transcribiremos en la forma siguiente:

#### Método A.S.T.M.

a).- Reactivos.- Se usarán soluciones 1 N de los ácidos ya sea  $SO_4H_2$ , HCl,  $NO_3H$ .

Estas soluciones pueden prepararse para este ensayo, tomando los siguientes volúmenes y llevando a 1.000:  $SO_4H_2$  (D:1,84): 28,5 ml; HCl (D:1,18): 88,9 ml;  $NO_3H$  (D:1,42): 65 ml.

b).- Muestras.- Cada muestra no debe ser menor de 2 x 2 pulgadas y no debe pesar más de 250 gr.

c).- Procedimiento.- Las muestras deben estar sumergidas en la solución a temperaturas de 21 °C. a 32 °C, duran-

#### Modificaciones

a).- Reactivos.- Se usaron soluciones de HCl,  $SO_4H_2$  y  $NO_3H$  en concentraciones de 3 %, 5 % y 10 % en peso para cada ácido.

c).- Procedimiento.- las muestras se dejaron sumergidas en ácido durante 10 días, analizándose las soluciones a los 3, 7 y

te 48 horas; luego se sacan y con cuidado y rápidamente se lavan con agua caliente, lavando con ésta primero el vaso. La solución se filtra y el filtrado se lava con agua caliente, añadiendo los lavados al filtrado. Se agregan al filtrado, 5 ml. de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  (D:1,84). Luego la solución se evapora (cuidando las calcificaciones) hasta unos 5 ml.; se pasa a una cápsula tarada y se calienta con cuidado hasta seco.

El residuo se calcina hasta constancia de peso.

Cálculo:

Sustancia soluble en ácido, % -

$$= \frac{R}{P} \cdot 100$$

siendo:

R = peso del residuo;

P = peso de la muestra antes de la inmersión en ácido.

La sustancia soluble no debe ser superior a 0,25 %.

- - - - -

Como se desprende de esta norma, las condiciones impuestas a muestras ensayadas deben calificarse como muy rigurosas, desde que el tiempo de inmersión lo hemos hecho cinco veces mayor, mientras que la concentración aumenta de tres a cuatro veces de la indicada por el método.

En la tabla N° 6 se detallan los resultados obtenidos en los análisis de los líquidos de inmersión donde se ve que si bien la muestra N° 1 en general no se podría aceptar como enteramente antiácida, nos fué sumamente provechosa, como punto de referencia para aquilatar la bondad de los otros materiales. En efecto, los porcentajes atacados, mínimo y máximo de dicha muestra fueron: 0,083 gr. y 1,090 gr. % respectivamente, mientras que las muestras 2 y 3, dan sólo 0,010 y 0,120 gr. %, de mínimo y máximo.

Por otra parte, estos resultados vienen a corroborar lo que ya hemos dicho:

10 días. Para completar el ensayo, se dejaron probetas sumergidas en HCl 5 % durante 30 días. En todo lo demás se siguió el método "standard".

que para servicio poco severo, el granito puede adaptarse satisfactoriamente, desde que ese porcentaje de 0,083 % está bastante lejos del máximo exigido por el método (0,25 %).

Hemos de hacer notar que el aspecto de las muestras después de ensayadas, da también un índice de cómo se comportará esa mezcla en el pavimento. Así por ejemplo, todas las probetas sometidas al ataque con ácidos al 3 % no mostraban, al final del ensayo, ningún signo visible de desintegración, lo que no ocurría con las probetas de granito atacadas con soluciones al 10 %, que se veían casi desintegradas, hecho que se confirma con los valores obtenidos. Las probetas correspondientes a las muestras N° 2 y N° 3, aun con soluciones al 10 % no dan signos visibles de desintegración.

Hemos analizado periódicamente las soluciones ácidas, con el objeto de estudiar la forma en que progresaba el ataque, concluyendo que la sustancia atacada va disminuyendo con el tiempo. Seguramente no llegará nunca a hacerse nula, pero no hay duda que es éste un fenómeno favorable para la vida útil del pavimento.

Para ilustrar este último, damos a continuación los valores obtenidos con probetas sumergidas durante 30 días en HCl 5 % en peso.

Muestra N°	% soluble a los 10 días	% soluble a los 30 días	% soluble en 20 días
1).- Granito	0,264	0,760	0,496
2).- Material silíceo	0,101	0,108	0,007
3).- Cuarzita	0,100	0,105	0,005

Como se ve en el cuadro, el porcentaje de sustancia atacada, después de los 10 días desciende en forma casi vertical en lo que respecta a las muestras 2 y 3; con respecto a la muestra N° 1 (granito), es ésta una nueva prueba que el material no es apto para esa concentración, y confirma a su vez, lo que dijimos sobre la calidad antiácida de los otros dos materiales.

En la Fig. N° 14 se dan los valores del cuadro anterior, y se observan mejor las diferencias anotadas.

#### 6).- Ensayo de la Estabilidad de las mezclas.-

El término "Estabilidad", se usa en la técnica para significar la "resistencia" opuesta por las mezclas asfálticas a las deformaciones plásticas producidas por la acción del tránsito, y en general por las cargas. Se dice que un pavimento es inestable, cuando en el mismo se observan ondulaciones aisladas e periódicas; en cambio un pavimento que se desintegre debido al desgaste de sus agregados, o que falle por



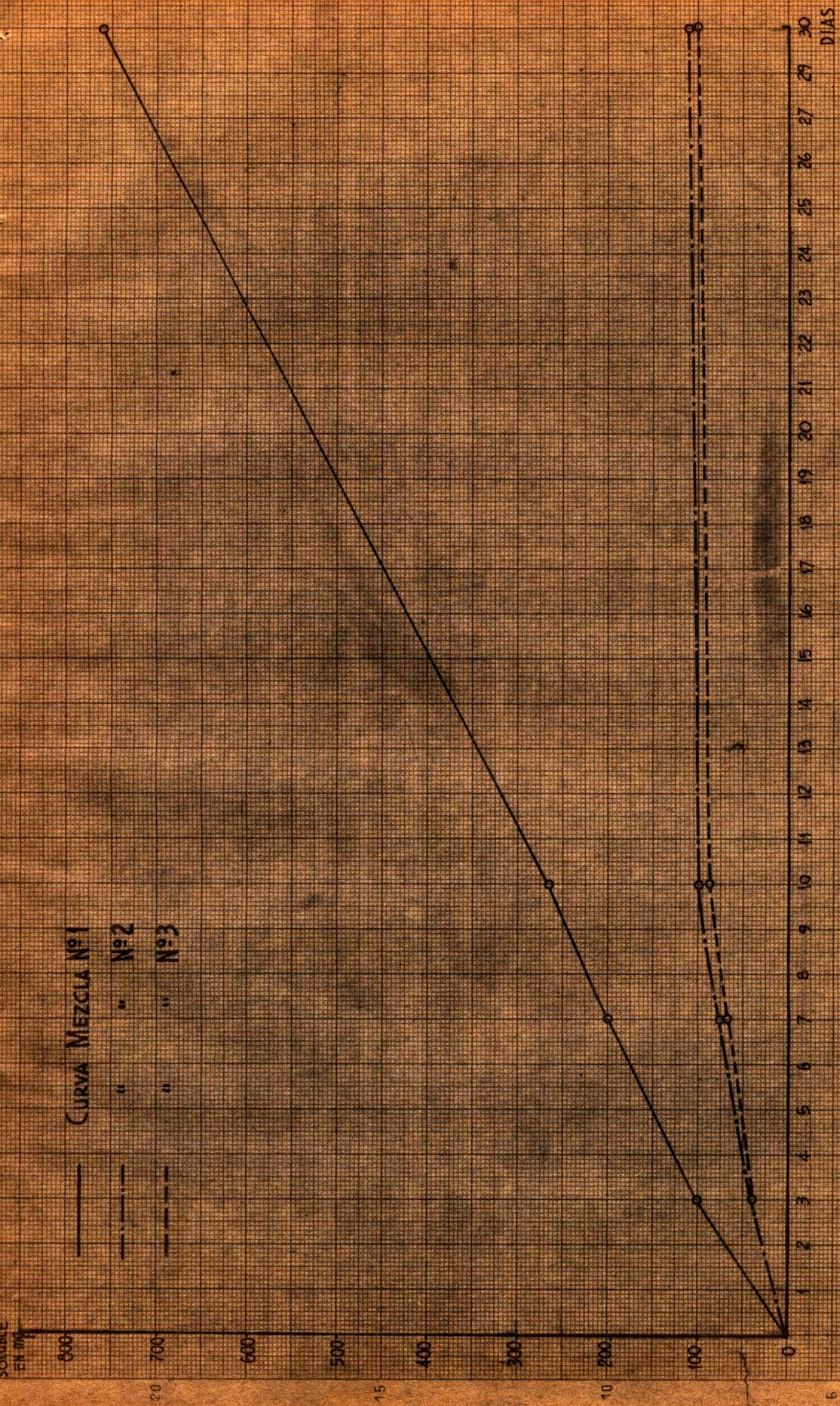


FIGURA Nº14

**VARIACION DE LA CORROSION DE PROBETAS SUMERGIDAS EN HCL 5%**

SOLUBLE EN MG

CURVA MEZCLA Nº1  
 " " Nº2  
 " " Nº3

DIAS



la acción del agua, no será necesariamente inestable.

Naturalmente que en la construcción de un pavimento antiácido, no solo es importante su resistencia a dichos agentes corrosivos, sino también lo es, su "estabilidad" según la hemos definido. Por ello, el criterio que nos guió en la obtención de las fórmulas, ha sido el de obtener mesclas antiácidas, pero que cumplieren la estabilidad exigida en las especificaciones.

Los métodos más conocidos para llevar a cabo este ensayo, son los de Hveem, basado en una medida de la "deformación", el de Taylor que mide la resistencia a la penetración, y el de Hubbard-Field, que se basa en la medida de la resistencia al estrangulamiento, a través de un orificio.

El método que hemos usado, ha sido este último, por ser el más conocido y mejor experimentado en nuestro país.

#### Aparato de Hubbard-Field.-

El ensayo consiste en la determinación arbitraria de la carga máxima que es necesario aplicar, a una velocidad constante, sobre la probeta, para conseguir su expulsión a través de un orificio standard. Las muestras son cilindros comprimidos de la mescla a ensayar, siendo la temperatura del mismo de 60 °C, por ser esta temperatura el valor límite práctico alcanzado en los pavimentos bituminosos en condiciones severas de calor y en zonas de clima templado.

El equipo necesario es el siguiente:

#### I.- Para moldes y las probetas:

Moldes de acero cilíndricos de 50,8 mm. (2") de diámetro interno, 121 mm. (4 $\frac{1}{2}$ " ) de altura y 12,7 mm. (1/2") de espesor de paredes, con sus respectivas planchas cuadradas para base.

Pistón metálico, (el mismo que se emplea para ejecutar el ensayo).

Pisón N° 1, tipo de hoja, con sección efectiva de 6,3 x 4,6 mm. y de un peso de 950 gr.

Pisón N° 2, tipo cilíndrico con sección efectiva circular de 49,2 mm. de diámetro y un peso de 1.400 gr.

#### II.- Para ejecutar el ensayo:

Máquina para ensayar estabilidad tipo Hubbard-Field, consistente en una plataforma-balanza, equipada con un dispositivo a resorte y su correspondiente cuadrante con doble aguja (una de ellas testigo), en donde se registran las cargas aplicadas. En esencia es una máquina de compresión cuya capacidad es de 4.500 Kg. Se acciona mediante una manivela.

Molde completo para ensayo, cilíndrico, con su anillo para formar la sección de estrangulamiento y el dispositivo de sostén de conjunto.

Pistón con sección circular efectiva de compresión de 50,8 mm. (2"), de diámetro.

Recipiente para baño de agua con estante perforado para apoyar muestras.

La Fig. N° 15 da una idea del principio del aparato.

#### Preparación de las muestras.-

Como las dimensiones de cada muestra a moldear son 50,8 mm. de diámetro de base y 25,4 mm. de altura, y su volumen corresponde a un peso de mezcla comprendido entre 100 y 115 gr., se trabaja con una cantidad de mezcla de 200 a 230 gr., puesto que los ensayos se hacen por duplicado.

Para efectuar la misma, se pesan las agregadas minerales secas, con aproximación de 0,1 gr. Luego se calientan en una fuente tarada hasta más o menos 175 °C. y se mezclan entre sí; a continuación se adiciona el material asfáltico también previamente calentado a 175 °C., en la proporción requerida.

Se mezclan completamente durante 3 a 5 minutos, los dos materiales, usando una espátula, y comprimiendo la mezcla contra los bordes de la fuente, a fin de eliminar los terrones que pudieran haberse formado. Cuando se observa que la mezcla está completamente uniforme, se colocan aproximadamente 100 gr. de la misma en cada uno de los dos moldes cilíndricos, los que primeramente fueron calentados a una temperatura de aproximadamente 120 °C.

La cantidad de mezcla a colocar en cada molde, se determina por ensayos previos, de tal modo que después de compactada, se obtenga una altura de 25,4 mm. (1")

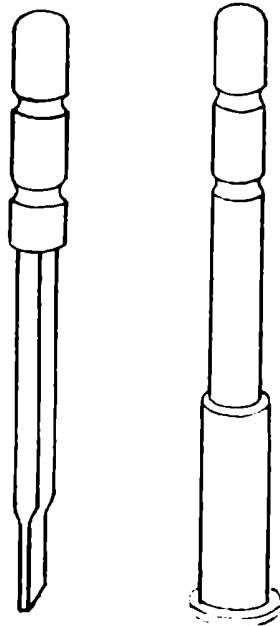
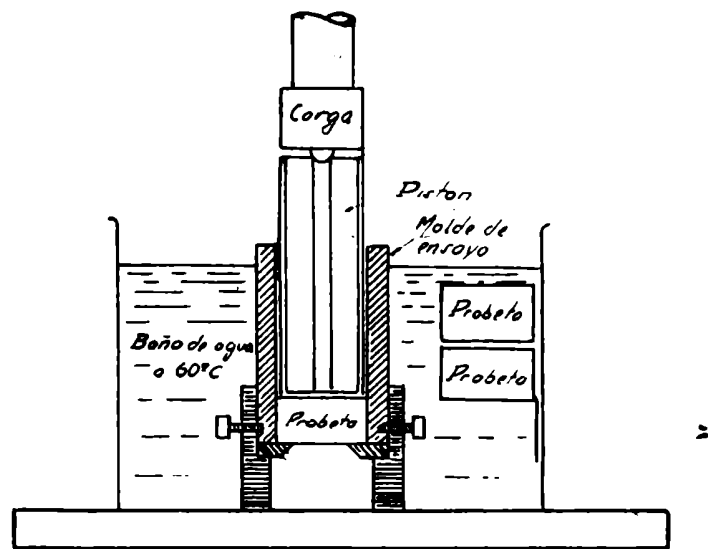
El molde con su contenido se coloca sobre la plancha de calentamiento, hasta que se consiga una temperatura de 120-130 °C. Después de esto, se procede a la compactación de la mezcla, utilizando los pisones descriptos, en la siguiente forma: se dan 60 golpes fuertes con el N° 1, teniendo la precaución de girar el mismo de un pequeño ángulo en cada golpe, a fin de uniformar el apisonamiento. Se completa la compactación por medio del pistón N° 2, con el que se dan 10 golpes.

A continuación se coloca el pistón en el molde y se lleva a éste hasta la plataforma de la máquina, ubicándolo dentro del recipiente para el baño de agua, el que en ese momento está vacío. Se aplica entonces una presión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. En seguida, se llena con agua fría el recipiente, y se permite enfriar la muestra durante 5 minutos, durante los cuales se mantiene constante la carga alcanzada. Esta operación tiene por objeto evitar que se produzca alguna distorsión motivada en el enfriamiento de la muestra.

Después de esto, se quita la presión sobre la probeta y se retira la misma del molde y del baño. Se la deja a temperatura ambiente durante una noche y al día siguiente se las coloca en un baño de agua cuidadosamente mantenida a la temperatura

# MAQUINA DE HUBBARD FIELD

## PARA ENSAYOS DE ESTABILIDAD



PISON N°1 PISON N°2

FIG. N° 15.

de ensayo, generalmente 60 °C., por espacio de una hora antes de la ejecución del mismo.

Forma de ejecutar el ensayo.-

Cada una de las muestras se coloca en el molde cilíndrico para ensayo, teniendo la precaución de que la cara de la probeta que ha recibido directamente la compresión corresponda al plano de la sección de estrangulamiento. Sobre la muestra se coloca el pistón, y el conjunto es sumergido en el recipiente para el baño de agua, mantenido a una temperatura de 60 °C. La carga es entonces aplicada a una velocidad uniforme, girando la manivela a razón de 2 vueltas por segundo, lo que corresponde a un descenso del pistón de 60 mm. por minuto. El control de esta operación se hace con un metrónomo.

La resistencia a la expulsión por parte de la probeta corresponde a su esfuerzo de corte al forzarla a través del anillo de ensayo, y su valor se registra en el cuadrante de la máquina de ensayo.

La carga aplicada llega a un máximo en el momento anterior al que precisamente corresponde a la pérdida de resistencia interna de la muestra.

Esta carga máxima expresada en libras o en kilogramos, da el valor de la estabilidad de la muestra; se toma el promedio de dos ensayos.

El método da diferencias menores al 10 % para dos probetas de una misma mezcla.

Resultados obtenidos.-

En la tabla N° 6 se dan los valores obtenidos, siendo éstos promedio de dos de terminaciones. Como puede observarse, los valores son superiores a los comúnmente exigidos (que son del orden de los 450 Kg. aproximadamente).

Para fijar el valor adecuado para la estabilidad del piso, es necesario naturalmente observar en qué condiciones ese piso va a actuar y qué fuerzas incidirán sobre el mismo, pero en general puede decirse que valores de estabilidad superiores a 500 Kg. aseguran un buen comportamiento.

Así mismo, se midió la estabilidad de las probetas después de un mes de inmersión las que dieron los resultados que también pueden verse en la tabla N° 7. Como se aprecia comparando ambos valores, éstos no han experimentado prácticamente variación, excepto los de las muestras N° 1; resultado que confirma lo ya probado en los ensayos de corrosión, es decir, que las muestras N° 2 y N° 3 se comportan satisfactoriamente.

- TABLA N° 7. -

Mezcla N°	Estabilidad antes de Inmersión	Estabilidad después de 30 días de inmersión
1.- Granite	450 Kg.	350 Kg.
2.- Material silíceo	810 "	780 "
3.- Cuarzita	860 "	820 "

- - - 0 - - -

**- REVESTIMIENTOS ASFÁLTICOS ANTIÁCIDOS.-**

Hemos estudiado la aplicación de mezclas asfálticas antiácidas en tanques y en cañerías, con el fin de encontrar una solución económica al problema de la corrosión que en esos lugares toma características verdaderamente serias cuando se trabaja con soluciones ácidas.

Para dar una idea más concreta de los usos que pueden tener estas mezclas, detallaremos una serie de ejemplos que menciona Mc. Donald (27), y que han dado resultados verdaderamente satisfactorios: un tanque que se usa para reducir una solución ácida de  $\text{Cl}_3\text{Fe}$ , tiene la composición promedio siguiente: Fe 60,8 gr/l; HCl libre 62,8 gr/l; Cu 6 gr/l. La temperatura se mantiene en 32 °C. El autor anticipa una vida útil de 20 años.

Otro tanque, que se usa para tratar mezclas de soluciones, con Fe metálico, con el fin de recuperar Cu y traza de metales preciosos, tiene una composición de: Fe 3,7 gr/l; Cu 2,5 gr/l;  $\text{HNO}_3$  libre 6 gr/l. La temperatura varía entre 37 °C. y la normal, y su vida eficaz se calcula en 15 años.

Un tercero contiene:  $\text{SO}_4\text{H}_2$  50 gr/l; HCl libre y sal ferrosa; su temperatura a menudo llega a los 70 °C. El autor trabajó con este tanque durante 8 meses, y hasta ese momento, se había comportado perfectamente.

Además podemos mencionar otros usos muy interesantes, como son los de tanques de almacenamiento de sidras, vinos, vinagres, y en general todo proceso donde existan ácidos libres.

Naturalmente que las mezclas a usar en tanques y cañerías, no pueden ser las mismas, que las usadas para pisos, pues los requerimientos son distintos. En efecto, aquí se trata de lograr una mezcla que al estado de fusión sea fácil de colocar, es decir que debe tener una consistencia fluida, pero una vez fría no deberá escurrir sobre la pared que cubre.

Los problemas de revestimientos de tanques y cañerías son similares, y solo difieren en la técnica de "aplicación" de la mezcla. Por ello, todas las consideraciones que hacemos aquí, pueden aplicarse indistintamente a ambos.

El éxito de un revestimiento asfáltico, depende de dos factores principales:

1).- Elección apropiada de los materiales.- Es obvio que en la elección del asfalto y de los agregados, deberán tenerse en cuenta las condiciones en que esa mezcla ha de actuar, y las exigencias que debe llenar la misma. Así por ejemplo, no podrá usarse el mismo asfalto, en un ambiente donde la temperatura es mayor de 50 °C., y donde la temperatura es la normal. Es natural que para el primer caso, se elija un asfal

te más duro (de penetración baja), mientras que en el segundo, eso puede no ser necesario.

2).- Colocación eficiente.- De nada valdría elaborar una buena mezcla antiácida, si al aplicarla en el tanque o cañería, se dejan grietas u orificios que permitan el ataque del ácido al material.

En cuanto a la mezcla en sí, las dos condiciones que debe llenar son:

1).- Resistencia a los ácidos, y 2).- Resistencia al escurrimiento, cuando aumenta la temperatura.

Este segundo punto es sumamente importante, especialmente cuando se quiere recubrir paredes o chapas, verticales o inclinadas.

#### -Parte Experimental.-

Las mezclas empleadas en nuestros ensayos constaron de: agregado mineral fino y amianto, en proporciones que oscilaron del 10 al 20 %, y asfaltos cuyas características ya se han dado en la tabla N° 2.

Una vez probada la resistencia a los ácidos, se fué variando el porcentaje de asfalto y agregados, con el fin de lograr mezclas resistentes al escurrimiento por elevación de temperatura.

El ensayo de ataque con ácidos se realizó en la siguiente forma:

Primero se cubrieron cuidadosamente las paredes interiores de cubetas de cobre de 10 cm. de diámetro por 8 cm. de altura; luego se introducían 500 ml. de solución de ácido al 3, 5 y 10 % en peso, dejando las cubetas tapadas con vidrio de reloj durante 30 días.

Transcurrido ese período, se procedía a trasvasar el líquido a un vaso de precipitados, al que se unían los líquidos de lavado. Luego, se procedía a evaluar el residuo, siguiendo el método ya descrito.

Los resultados fueron altamente satisfactorios, ya que en el peor de los casos ( $\text{HNO}_3$  al 10 %), la cantidad atacada fué de 1 mg. por litro, pudiendo considerarse que en los otros ensayos, la cantidad de sustancia soluble en ácidos, es prácticamente despreciable.

Se ensayó asimismo, el grado de escurrimiento de estas capas protectoras, al aumentar la temperatura. Para ello, nos basamos en la sencilla técnica aconsejada por Jackson (28), que transcribimos: "Se aplica una capa de 3 mm. de espesor del material a ensayar, sobre una placa de acero. Se señalan los límites de dicha capa, y el conjunto se coloca en ángulo de 45°, en una estufa a la temperatura deseada, tomándose como "escurrimiento", el desplazamiento promedio, en mm., después de 20 horas de exposición".

Como nuestro objeto era observar el comportamiento de numerosas capas, y compararas entre sí, hemos creído conveniente modificar la apreciación del escurrimiento en mm., por el de la temperatura máxima a la cual todavía no se produce escurrimiento, y asignando ese valor a la capa en ensayo.

Además, y para hacerlo más severo y real, colocamos las placas en posición vertical. Todas las otras condiciones fueron las del ensayo.

En la tabla N° 8, se dan las fórmulas de constitución y las temperaturas máximas de resistencia al escurrimiento, de cada una de las mezclas.

Como se observa en dicha tabla, el porcentaje de asfalto es siempre muy superior al de los agregados, pues en estos casos, debe tenerse en cuenta que un porcentaje excesivamente grande de inertes, dificulta la aplicación práctica, al no ser la mezcla suficientemente fluida. Puede verse también, la influencia que ejerce el agregado de solo 8 % de amianto, por ejemplo, sobre la temperatura de escurrimiento de los asfaltos puros, ya que la eleva en 15 °C. y 20 °C. respectivamente.

La diferencia entre el filler silíceo y el amianto, en lo que respecta a la influencia en la elevación de la temperatura de escurrimiento, se observa claramente, comparando las muestras 10 y 15; en efecto, se obtiene el mismo punto de escurrimiento mezclando con 35 % de filler silíceo, y con 8 % de amianto, de lo que se desprende que este último material es mucho más efectivo que el filler, usado comúnmente.

Los resultados obtenidos, nos demuestran que pueden obtenerse capas que resisten los 100 °C. sin escurrir, y aunque este ensayo no nos asegure que esas mezclas se comporten tan bien en la práctica como lo hacen en los ensayos de laboratorio, es menester pensar también que muy difícilmente se sometan a tan rigurosas condiciones.

#### Revestimientos de Cañerías.-

Como ya hemos puntualizado, los resultados obtenidos con las mezclas anteriores, pueden aplicarse a los revestimientos en cañerías, teniendo en este caso, la ventaja de que el problema del escurrimiento no tiene la magnitud del que se presenta en el revestimiento de tanques.

La diferencia, consiste en la forma de aplicar dichas mezclas, siendo el método general, el siguiente:

Se lleva a fusión la mezcla asfáltica y luego se sumerge el caño previamente calentado a la misma temperatura, dándole un rápido movimiento de rotación; se saca y se deja secar en posición vertical, de modo de dejar escurrir la mezcla en exceso.

Si bien la aplicación de una capa interior reduce el diámetro interno de la cañería, su ventaja se aprecia mejor en cañerías viejas, donde la corrosión aumenta la fricción interna y reduce la capacidad de carga.



Finalmente, daremos un método general que permite determinar la existencia y el lugar de la fisura de la capa aplicada, es decir, asegura una perfecta continuidad de la misma, y en caso contrario permite localizar y subsanar rápidamente la falla.

El método, es el llamado "Ensayo del IK", y consiste en lo siguiente:

Se conecta el polo positivo de una pila de 4,5 volts con el metal de la cañería y el polo negativo, a una placa de plomo que se prensa contra un trozo de muselina impregnada en solución de IK y almidón, y que está en contacto con la superficie de la capa. Se hace pasar la corriente durante 1 minuto, y luego se saca la placa. La existencia y lugar de una fisura, se evidencia por la presencia de manchas azules en el tejido.

-. CONCLUSIONES .-

- 1).- Se ensayaron diversas mezclas compuestas por asfalto y agregados minerales del tipo silíceo, con los ácidos: HCl,  $SO_4H_2$ ,  $NO_3H$  a diferentes concentraciones.
- 2).- Se estudió la variación del ataque, con el transcurso del tiempo.
- 3).- Se obtuvieron mezclas asfálticas que demostraron ser aptas para su uso en pisos industriales, tanques y revestimientos en general, donde se produce acción corrosiva de ácidos.
- 4).- Las mezclas destinadas a revestimientos, soportan altas temperaturas, sin sufrir escurrimientos.

--- 0 ---

*Jose D. Alvarez*

- Tabla N° 1 -

- Porcentaje de Materia Soluble de los Agregados. -

	HCl 5%	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 5%	HNO <sub>3</sub> 5%
Granite	23	23,5	22,2
Cuarcita	3,1	3,5	3,3
Material Silíceo	5,8	5,9	5,8
Amianto	6,5	6,5	6,4

- Tabla N° 3 -

- Granulometría de los Agregados Minerales. -

(Porcentajes, en peso, que pasan por cribas y tamices)

Material	3/8"	1/4"	N° 4	1/8"	N°10	N°40	N°60	N°80	N°100	N°200
I).- Cuarcita	-	-	100	-	66	38,6	-	20	-	6,1
II).- Mat. Silíceo	-	100	97,6	-	75,5	33,5	24	-	17,4	11,5
III).- Granite Med.	100	82,2	-	7,7	5	0,7	-	-	-	-
IV).- " Fino	-	-	100	-	96,1	46	-	-	-	0,8
V).- Filler granft.	-	-	-	-	-	100	-	92	-	90
VI).- " Silíceo	-	-	-	-	-	100	-	93	-	88,6

- Tabla N° 4 -

- Obtención de la Granulometría de las Mezclas. -

MEZCLA N° 1.-

Materiales Empleados	- Tamices - Porcentajes que pasan. -					
	3/8	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Piedra Granítica Fina	100	100	95	45	24	1
" " Mediana	100	82	5	1	0,5	-
Filler Granítico	100	100	100	100	92	90
38% Piedra Granit. Fina	38	38	36,1	17,1	9,12	0,38
43% " " Med.	43	35,3	2,15	0,43	0,20	-
19% Filler Granítico	19	19	19	19	17,5	17,1
Granulometría de la Mezcla	100	92,3	57,2	36,5	26,7	17,5

MEZCLA N° 2.-

Materiales Empleados.	- Tamices - Porcentajes que pasan. -					
	3/8	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Piedra Granítica Mediana	100	58	5	-	-	-
Material Silíceo	100	97,5	75	33,5	20	12
Filler Silíceo	100	100	100	99	93	88,6
35% Piedra Granit. Med.	35	20,3	1,75	-	-	-
44% Material Silíceo	44	42,9	33	14,8	8,8	5,3
21% Filler Silíceo	21	21	21	20,7	19,5	18,6
Granulometría de la Mezcla	100	84,2	55,8	35,5	28,3	23,9

- Tabla N° 4 -

(Continuación)

MEZCLA N° 3.-

Materiales Empleados.	Tamices - Porcentajes que pasan.-					
	3/8	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Piedra Granítica Mediana	100	58	5	-	-	-
Cuarcita	100	90	66	38,6	20	6
Filler Silíceo	100	100	100	99	93	88,6
35% Piedra Granit. Mediana	35	20,3	1,75	-	-	-
49% Cuarcita	49	44,1	32,3	19	9,8	2,9
16% Filler Silíceo	16	16	16	15,8	15	14
Granulometría de la Mezcla	100	80,4	50,05	34,8	24,8	17,0

- Tabla N° 5 -

Composición de las Tres Mezclas  
Ensayadas

MEZCLA N° 1.-

Piedra Granítica Mediana . . . . .	43 %
"          "          Piedra . . . . .	38 "
Filler Granítico . . . . .	19 "
	<hr/>
	100 %
	<hr/>
Agregados . . . . .	90 %
Asfalto "A" . . . . .	10 "
	- - - - -

MEZCLA N° 2.-

Piedra Granítica Mediana . . . . .	37 %
Material Silíceo . . . . .	44 "
Filler Silíceo . . . . .	19 "
	<hr/>
	100 %
	<hr/>
Agregados . . . . .	90,5 %
Asfalto "A" . . . . .	9,5 "
	- - - - -

MEZCLA N° 3.-

Piedra Granítica Mediana . . . . .	35 %
Cuarcita . . . . .	49 "
Filler Silíceo . . . . .	16 "
	<hr/>
	100 %
	<hr/>
Agregados . . . . .	89,5 %
Asfalto "A" . . . . .	10,5 "
	- - - 0 - - -

- Tabla N° 6 -

- Ensayes de Corrosión -

	Mescla N° 1		Mescla N° 2		Mescla N° 3		
	Gr. % que pasa a soluc.		Gr. % que pasa a soluc.		Gr. % que pasa a soluc.		
	Parciales	Acumulados	Parciales	Acumulados	Parciales	Acumulados	
HCl 3%	3.d	0,050	0,050	0,006	0,006	0,005	0,005
	7.d	0,030	0,080	0,004	0,010	0,003	0,008
	10.d	0,020	0,100	0,002	0,012	0,002	0,010
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 3%	3.d	0,040	0,040	0,006	0,006	0,008	0,008
	7.d	0,025	0,065	0,004	0,010	0,003	0,011
	10.d	0,018	0,083	0,003	0,013	0,002	0,013
NO <sub>2</sub> H 3%	3.d	0,042	0,042	0,008	0,008	0,008	0,008
	7.d	0,025	0,067	0,004	0,012	0,004	0,012
	10.d	0,016	0,083	0,003	0,015	0,003	0,015
HCl 5%	3.d	0,100	0,100	0,041	0,041	0,042	0,042
	7.d	0,100	0,200	0,034	0,075	0,025	0,067
	10.d	0,065	0,265	0,018	0,093	0,025	0,092
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 5%	3.d	0,100	0,100	0,042	0,042	0,042	0,042
	7.d	0,072	0,172	0,033	0,075	0,034	0,076
	10.d	0,060	0,232	0,026	0,101	0,024	0,100
NO <sub>2</sub> H 5%	3.d	0,110	0,110	0,047	0,047	0,051	0,051
	7.d	0,083	0,193	0,046	0,093	0,025	0,076
	10.d	0,052	0,255	0,018	0,111	0,017	0,093
HCl 10%	3.d	0,250	0,250	0,045	0,045	0,045	0,045
	7.d	0,169	0,419	0,040	0,085	0,020	0,065
	10.d	0,150	0,569	0,015	0,100	0,010	0,075
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 10%	3.d	0,260	0,260	0,080	0,080	0,040	0,040
	7.d	0,200	0,460	0,065	0,145	0,035	0,075
	10.d	0,150	0,610	0,032	0,177	0,023	0,098
NO <sub>2</sub> H 10%	3.d	0,460	0,460	0,080	0,080	0,045	0,045
	7.d	0,380	0,840	0,065	0,145	0,035	0,080
	10.d	0,250	1,090	0,060	0,205	0,040	0,120
Estabilidad	550 Kg.		810 Kg.		860 Kg.		

- Tabla N° 8 -

- Mesclas para Revestimientos -

Mescla N°	Asfalto "A" %	Asfalto "B" %	Amianto (polvo) %	Amianto (fibra) %	Filler Silíceo %	Temperatura de Escurri- miento.-°C.
1	100	-	-	-	-	45
2	-	100	-	-	-	60
3	92	-	8	-	-	60
4	88	-	12	-	-	65
5	85	-	-	7,5	7,5	100
6	80	-	-	5	15	100
7	80	-	-	2	18	80
8	85	-	-	2	13	75
9	65	-	-	-	35	60
10	-	92	8	-	-	80
11	-	88	12	-	-	84
12	-	85	-	3	12	100
13	-	80	-	2	18	100
14	-	85	-	1	14	85
15	-	65	-	-	35	80



--. Cuadro N° 1 .--

Características de Asfaltos

Naturales

(Tomado del "Science Of Petroleum").

--. Gilsonita .--

Color en masa	Negro
Fractura	Variable, conoidal
Lustre	- -
Raya	Pardo castaño
Peso específico a 60°F.	1,03 a 1,09
Dureza (Escala Mohs)	2
Punto de Ablandamiento	250 °F. hasta más de 500 °F.
Carbón fijo	10 a 20 %
Betún (Soluble en S <sub>2</sub> C)	mayor que 98 %
Materia mineral	menor del 1 %
Materia no mineral, insoluble	menor del 1 %
Betún soluble a 86 °C. en nafta	10 - 60 %
Escala parafínica	Vestigios
Subfuros	Menor del 0,8 %

--. Cuadro N° 2 .--

--. Grahamita .--

Color en masa	Negro
Fractura	Conoidal
Lustre	Muy brillante a opaco
Raya sobre porcelana	Negra
Peso específico a 25 °C.	1,15 - 1,20
Dureza (Escala Mohs)	2 - 3
Punto de fusión (Anillo y esfera)	370 - 625 °F.
Carbón fijo	30 - 55 %
Solubilidad en S <sub>2</sub> C	45 - 100 %
Solubilidad en nafta a 86 °C.	Menor del 5 %
Materia mineral	Variable (Arriba del 50 %)
Materia no mineral insoluble en S <sub>2</sub> C	Vestigios - 50 %
Parafina	0 - vestigios

-. Cuadro N° 3 .-

-.Grahamita de Funguen (R.A.)-.-

Color en masa	Negro
Fractura	Concoidal
Lustre	Brillante
Raya	Negra
Peso específico	1,135
Punto de fusión	± 625 °F.
Solubilidad en S <sub>2</sub> O	53 %
Materia no mineral insoluble en S <sub>2</sub> O	46 %
Materia mineral	0,25 %

- - - - -

-. Cuadro N° 4 .-

-.Bafaelita de Arg.-

Peso específico	1,099 a 1,103
Punto de ablandamiento sobre Hg	380 °F. - +400 °F.
Betún (Soluble en S <sub>2</sub> O)	98,7 - 99,7 %
Materia mineral	0,4 - 0
Carbón fijo	29,6 - 29,8 %
Raya sobre porcelana	Negra
Betún soluble en nafta a 86 °C.	33,6 - 35,2 %
Sulfuro	2,2 - 2,9 %

- - - 0 - - -

- Cuadro N° 5. -

CARACTERISTICAS DE ASFALTOS RESIDUALES DE CRUDOS  
DE COMODORO RIVADAVIA, PLAZA HUINCUL Y CALIFORNIA

Características	C. Rivadavia	P. Huincul	California
Penetración -25°C-100 gr-5 seg.	85	138	62
Ductilidad a 25 °C.	90	100	100
Punto de Ablandamiento (A y B).	47	36	46,5
Viscosidad (Centistokes a 150 °C.)	--	—	125
Solubilidad en nafta 60/80	—	—	93,2
Pérdidas por calentamiento a 163 °C.	1	1	0,03
Pérdida de penetración después del calentamiento	—	—	7

**-BIBLIOGRAFIA.-**

- 1).- H. Abraham: "Asphalt and Allied Substances". Ed. 1945.-
- 2).- A.S.T.M.: D8-33 (1942), II, 520: "Standard Definitions of Terms Relating to Materials for Roads and Pavements".-
- 3).- F. J. Nellensteyn: J. Inst. Pet. Techn.: 10, 311, 1924; 11, 346, 1925; 14, 134, 1928.-  
Proceed. Primer Congreso Mundial de Petróleo, II, 616, 1933.-
- 4).- F. J. Nellensteyn: "Science of Petroleum". Vol. IV. Londres 1938.-
- 5).- G. Mack: Proc. Ass. Asph. Paving Techn., 5, 40, 1933.
- 6).- Pfeiffer-Van Doornal: J. Inst. Pet. Techn. 22, 433, 1936.-
- 7).- Saal-Koenig: J. Inst. Pet. Techn. 19, 176, 1933.-
- 8).- Spielman y Hughes: "Asphalt Roads"; 32, pag. 35.-
- 9).- Kalichevsky-Fulton: Nat. Petr. News: 23, (51), 35, 1931.-
- 10).- Hair-Willingham: J. Ind. Eng. Chem., 28, 1452, 1936.-
- 11).- Carleton Ellis: Chemistry of Petroleum Derivatives, I, 450; II, 483.- C. Reid: "Science of Petroleum", pag. 1033.-
- 12).- Thurston-Knowles: J. Ind. Eng. Chem., 28, 88, 1936.-
- 13).- Sakhanov-Vassilief: Petr. 4, 1925, 31, 1441.-
- 14).- J. Von Braun: "The Science Of Petroleum". Pag. 1007.-
- 15).- Mavery-Byerley: American Chem. Journal, 18, 14, 1926.-
- 16).- Truller: Proc. A.S.T.M., 23, 1937.-
- 17).- Holmes-Raphael: Proc. Ass. Asph. Paving Tech.: 8, 105, 1937.-
- 18).- Tranter-Coombs: J. Ind. Eng. Chem., 30, 440, 1938.-
- 19).- Saal: Proc. Primer Congreso Mundial de Petróleo, II, 515, 1933.-
- 20).- Holmes, Collins, Child: J. Ind. Eng. Chem. (Anal.), 28, 100, 1936.-
- 21).- Schweyer-Coombs: Proc. A.S.T.M., 36, II, 531, 1936.-
- 22).- B. Rikles: "Elaboración del Petróleo".
- 23).- Atwood: J. of the Soc. of Chem. Ind.: 49, T, 1930.-
- 24).- "The Asphalt Institute". Research Series N° 6, abril 1941.-
- 25).- A. P. Grisi: "Camino". N° 6, 147, 1935.-
- 26).- El P. Tagle: "Camino", N° 62, 24, 1945.-
- 27).- J. Mac Donald: J. Soc. Chem. Ind., 49, 187, 1930.-
- 28).- J. S. Jackson: J. of the Inst. of Petr. feb. 1939, vol. 25.-

- . I N D I C E . -

- 0 -

Consideraciones generales . . . . .	4
Clasificación de los Asfaltos . . . . .	4
Definiciones . . . . .	5
Naturaleza química y física de los Asfaltos . . . . .	8
Relación entre las propiedades físicas y la composición química . . . . .	9
Composición química . . . . .	10
Propiedades Físicas . . . . .	13
Asfaltos Argentinos. Características y Elaboración . . . . .	16
Asfaltos Seplades . . . . .	16
Asfaltos Líquidos . . . . .	19
Aplicación de los Asfaltos Argentinos en Mezclas Antiácidas . . . . .	23
Descripción de ensayos físicos . . . . .	25
Parte Experimental . . . . .	32
Revestimientos Antiácidos . . . . .	41
Conclusiones . . . . .	45
Tablas . . . . .	46
Bibliografía . . . . .	55

- - - 0 - - -