



112
2y

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**“EMULSIONES CATIONICAS DE ASFALTOS
PARA VIAS DE COMUNICACION”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A:

Ramiro Urteaga Maya

México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pág.
I.- Introducción	1
II.- Generalidades	3
III.- Tipo de Emulsiones	12
III.1.- ¿Qué es una Emulsión?	12
III.1.2.- Clasificación de Emul-- siones	13
III.2.- Emulsiones Aniónicas	16
III.3.- Emulsiones Catiónicas	19
III.4.- Emulsiones Especiales	22
III.5.- Efectos que producen las emulsio- nes	23
III.5.1.- Factores que intervie-- nen en el rompimiento - de la emulsión sobre el material Pétreo	23
III.6.- Comportamiento de las emulsiones_ en los materiales alcalinos.....	25
III.6.1.- La emulsión Aniónica ..	26
III.6.2.- La emulsión Catiónica .	26
III.7.- Comportamiento de las emulsiones_ en los materiales ácidos	27

	Pág.
III.7.1.- La emulsión Catiónica	28
III.7.2.- La emulsión Aniónica	29
III.8.- Comportamiento de las emulsiones en - materiales mixtos	30
IV.- Elaboración de las Emulsiones	35
IV.1.- Proceso de Emulsificación tipo mecáni- co	35
IV.2.- Proceso de Emulsificación acción in- versa	36
IV.3.- Proceso de fabricación	36
IV.3.1.- Operación de una planta pa- ra la elaboración de las - emulsiones catiónicas de as- falto	37
V.- Resultados	42
V.1.- Pruebas que determinan la calidad de una emulsión	45
V.1.1.- Determinación de la viscosi- dad de la emulsión	45
V.1.2.- Prueba de asentamiento de - la emulsión	45
V.1.3.- Retenido de la malla No. 20	45
V.1.4.- Prueba de destilación	45
V.1.5.- Pruebas residuo de la desti- lación	45

	Pág.
V.1.6.- Solubilidad en tetracloruro de carbono.....	46
V.1.7.- Ductilidad.....	46
V.2.- Descripción de pruebas y aparatos que se utilizan para control de calidad de una emulsión.....	46
V.2.1.- Viscosidad Saybolt-Furol.....	46
V.2.2.- Residuo por destilación.....	54
V.2.3.- Residuo por Evaporización.....	59
V.2.4.- Asentamiento.....	62
V.2.5.- Determinación de la carga eléctrica.....	65
V.2.6.- Pruebas en el residuo.....	69
V.2.7.- Ductilidad de los materiales asfálticos.....	73
V.2.8.- Determinación del potencial de Hidrógeno.....	77
V.3.- Almacenamiento y transporte de las emulsiones asfálticas.	82
V.3.1.- Almacenamiento.....	82
V.3.1.1.- Tiempo de almacenamiento.....	83
V.3.1.2.- Incidentes de almacenamiento.....	84
V.3.2. Transporte.....	86
VI.- Conclusiones y Recomendaciones.....	87
VII.- Bibliografía.....	91

I.- INTRODUCCION

En el presente trabajo se desarrollará a nivel técnico la fabricación y las pruebas experimentales que se realizan a las emulsiones catiónicas de asfalto para las vías de comunicación, siguiendo las normas de elaboración marcadas por la A.S.T.M. (American — Society of Testing materials").

En la industria de carreteras se utilizan con éxito las emulsiones de asfalto; éstas son productos aplicados para la conservación de carreteras, su nombre se deriva del hecho de emulsionar un asfalto.

La técnica de las emulsiones tiene numerosas aplicaciones; en efecto, éstas se revelan por su fácil empleo en frío, a diferencia de los asfaltos que hay que calentarlos. Además si se compara el costo de fabricación de una emulsión; a la de un ligante (asfalto); resulta de añadir a este último, el precio del activante indispensable del recalentamiento o del almacenado de tanques calorificados.

La ventaja principal de las emulsiones permite la fácil manipulación de un ligante de viscosidad residual relativamente elevada.

La elaboración de las emulsiones catiónicas de asfalto, ha proporcionado nuevos cambios y además usos de los asfaltos.

Las emulsiones catiónicas, cuyos orígenes se remontan en Francia, en el año de 1952, toman cada año un importante aumento.

En México se empezaron a utilizar a partir de 1964, las cuales presentan un 10% de consumo de ligantes para carreteras.

El principal problema que se presentó en el uso de los asfaltos, - fué en época de lluvias, por lo que en esta temporada era inoperante trabajar, reflejando así considerables pérdidas y retrasos en la construcción de carreteras.

De esta manera empezaron a tener gran importancia en el país las - emulsiones asfálticas. Las ventajas que ofrece este producto es que pueden ser empleadas en distintos climas y con diversos tipos de materiales pétreos. Actualmente la demanda existente en el país es de : 150,000,000 - Lts. anuales, resultando cada vez un incremento del 10%. Por tal motivo - la importancia de las emulsiones cada vez cobra mayor auge en nuestro - país.

II.- GENERALIDADES

Este estudio se concretará específicamente en la utilización, elaboración, almacenamiento y transporte de las "Emulsiones Catiónicas de Asfalto para Vías de Comunicación". Las cuales tienen una aplicación en la pavimentación de carreteras, en los diferentes trabajos que se realizan.

Las emulsiones asfálticas, son materiales líquidos estables formados por fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión está formada por agua y la fase discontinua por pequeños glóbulos de asfalto.

Los principales componentes que son utilizados por su elaboración son los siguientes: asfalto, emulsificante y agua. Generalmente las emulsiones asfálticas se componen de un 50% a un 75% de asfalto, de 0.5 a 3% de emulsificante y el resto para completar el 100% es agua.

El asfalto es un material sólido de color pardo oscuro por lo general algo pegajoso, consistente en mezclas de hidrocarburos solubles en sulfuro de carbono. Los asfaltos se presentan como producto de refinación de ciertos petróleos crudos.

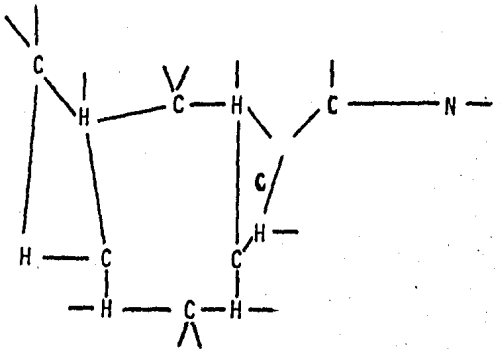
Los asfaltos de petróleo se obtienen principalmente como residuo de la destilación de ciertos petróleos -

crudos. Representan más del 90% de la producción de asfaltos. El contenido de asfalto del petróleo varía según su procedencia.

El asfalto es un sistema coloidal complejo en el cual es difícil hacer una distinción clara entre la fase continua y la dispersa. Puede considerarse como una dispersión de micelas en componentes oleosos semejantes a aceites lubricantes densos, micelas peptizadas en grado variable. Las partículas dispersas se llaman asfaltenos; el contenido de asfaltenos se determina como la porción insoluble en nafta de petróleo de asfalto. Son hidrocarburos de moléculas de alto peso molecular (mil a diez mil), y la razón C/H es aproximadamente 0.8 a 0.9. Por el calor se reblandecen, se descomponen, se hinchan y se aglutinan. Son prácticamente insolubles en éter de petróleo, pero absorben del petróleo resinas de peso molecular más bajo que están presentes en el asfalto y actúan como agente dispersante en el medio de dispersión con los asfaltenos. Las resinas se separan por medios de deshidrogenación separando a los asfaltenos de éstas.

Los asfaltenos son de cadenas cilíndricas por lo cual su fórmula estructural es difícil de determinar ya que éstas se componen de acuerdo al peso molecular (de mil a diez mil). Como se muestra en la figura 1.

FORMULA ESTRUCTURAL COMO SE REPRESENTA EN
CADENA CICLICA.



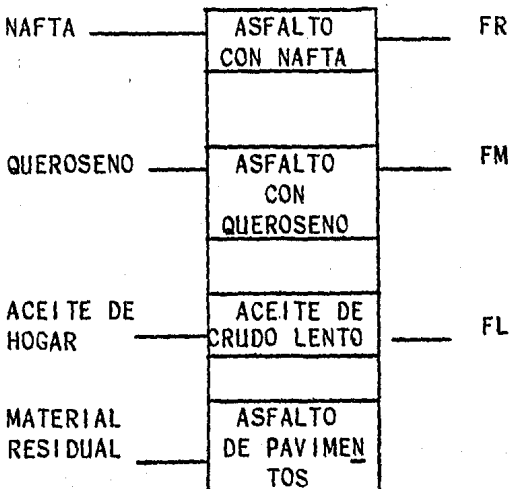
N = No. DE CARBONOS
O HIDROGE--
NOS DE -
ACUERDO AL
PESO MOLECU
LAR PRESEN
TADO.

- Figura 1 -

El asfalto utilizado en las emulsiones es una combinación de dos tipos de asfaltos; uno es el cemento asfáltico No. 6 y el otro es el rebajado asfáltico de FR-3 que es un cortado de nafta y queroseno. A continuación - en la tabla 1 nos muestra la obtención de los asfaltos.

NEFTA	ASFALTO CON NAFTA	FRAGUADO RAPIDO - FR
QUEROSENO	ASFALTO CON QUEROSENO	FRAGUADO MEDIO - FM
ACEITE DE HOGAR	ACEITE DE CRUDO LENTO	FRAGUADO LENTO - FL
MATERIAL RESIDUAL	ASFALTO DE PAVIMENTOS	

Composición de asfaltos líquidos



PROPIEDADES:

Los parámetros que se deben tener en cuenta en dicha preparación en la fabricación de emulsiones asfálticas son:

DECANTACION

Es la tendencia a separarse las dos fases al entrar en reposo en el cual las partículas se reagrupan por gravedad, influyendo el aspecto de concentración. Se puede reavivar, al agitar continuamente hasta hacerla nuevamente homogénea.

VISCOSIDAD

Es un parámetro importante en las emulsiones y depende de la concentración. Para la preparación de las emulsiones, se debe tener un 65% en asfalto para tipo catiónico y un 60% para tipo aniónico.

LA VISCOSIDAD VARIA DE ACUERDO A LA CONCENTRACION QUE EXISTA EN EL CEMENTO ASFALTICO.

El aumento de viscosidad va en función de acuerdo al volúmen de la fase dispersa.

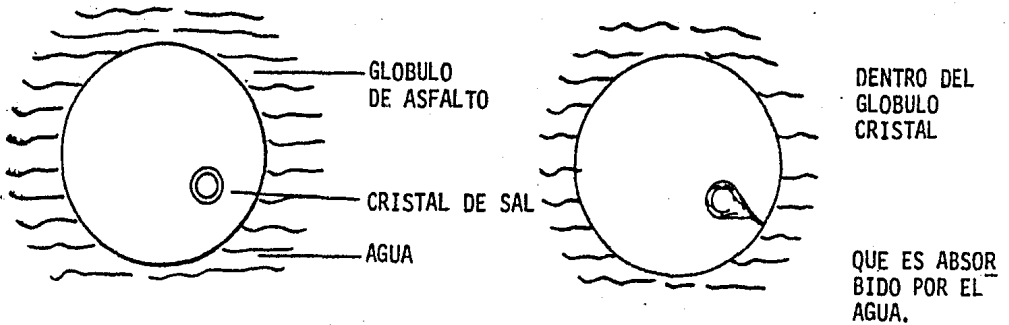
VISCOSIDAD DE LA FASE DISPERSANTE

Esta no es igual a la que se tiene en el agua sino que está en función directa de la naturaleza y del porcentaje de jabón emulsificante contenido en ella.

Los jabones dan formación a geles, que aumentan la viscosidad de la fase dispersante.

SAL EN LOS ASFALTOS

El contenido de sal que existe en el glóbulo de asfalto, influye en la viscosidad de dicha emulsión, esta parte se rompe de acuerdo al contenido de agua que se presenta en la emulsión (Figura 2).



- Figura 2 -

FENOMENO DE RUPTURA DEL FENOMENO ASFALTICO

Ruptura en una emulsión.

Esto se debe a dos factores:

1.- La ruptura intrínseca en una emulsión.




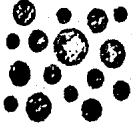

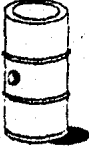
Este fenómeno que consiste en la función irreversible se debe a diferentes factores:






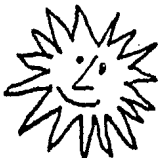


- 1) Un emulsificante malo.
- 2) Cantidad emulsificante poca.
- 3) Una decantación prolongada en la emulsión.
- 4) Prolongar la centrifugación en la emulsión.
- 5) Una agitación muy prolongada.
- 6) Evaporización del agua.
- 7) Adición de un producto químico aprobado.
- 8) Mal aplicación sobre la elección de una emulsión aniónica en lugar de una catiónica o viceversa.

Este fenómeno se presenta al entrar en contacto con el granulante, empieza el fenómeno de penetración (esto se debe a la atracción de carga de los diferentes granulantes); presentándose el fenómeno de coalescencia en el agua y penetrado el cemento asfáltico presentándose el fenómeno de adherencia en el granulante. (Figura 3).

- Figura 3 -

DIFERENTES TIPOS DE FACTORES QUE ACELERAN O RETARDAN EL -
FENOMENO DE RUPTURA

<p><u>FACTORES QUE RETARDAN</u></p>	<p><u>FACTORES QUE ACELERAN</u></p>
<p>Por una elevada viscosidad</p> 	<p>Por una baja viscosidad</p> 
<p>Baja concentración en el aceite</p> 	<p>Elevada concentración por el aceite</p> 
<p>Empleo de una cantidad elevada emulsificante</p> 	<p>Empleo de una pequeña cantidad Emulsificante</p> 

<p>Empleo de una emulsión aniónica</p> 	<p>Empleo de una emulsión catiónica</p> 
<p>Utilización de un material húmedo y tamaño grande</p> 	<p>Utilización de un material seco y un granulado más pequeño</p> 
<p>Temperatura ambiente Temperatura del granulante en base a la emulsión</p> 	<p>Temperatura ambiente Temperatura del granulante en base a la emulsión</p> 
<p>Poca agitación en la mezcla emulsión + granulante.</p> 	<p>Agitación intensa en la mezcla emulsión + granulante.</p> 

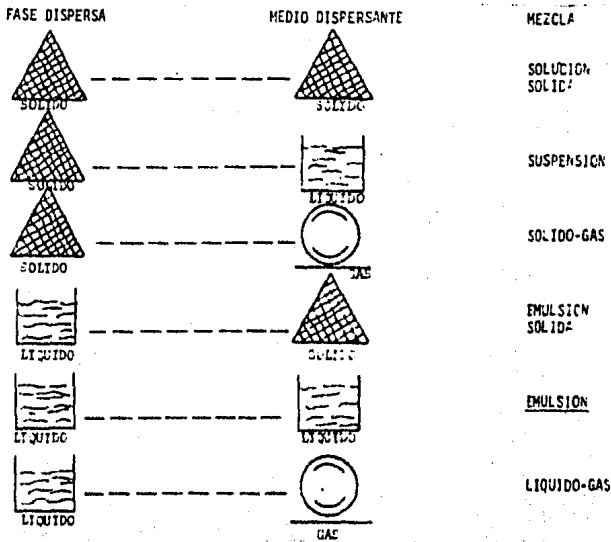
III.- TIPOS DE EMULSIONES

III.1.- ¿Qué es una emulsión?. Es un líquido constituido por dos sustancias no miscibles, una de las cuales se haya dispersa en la otra en forma de gotas finísimas.

Está compuesta por dos fases:

- a) La fase dispersa o discontinua que puede ser - un líquido más o menos viscoso.
- b) La fase dispersante o continúa la compone un - líquido.

DIFERENTES TIPOS DE MEZCLA

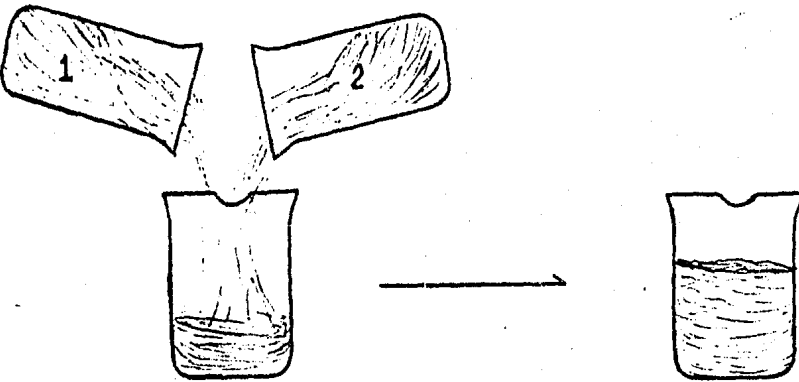


- Figura 4 -

MEZCLA DE UNA EMULSION (FIGURA 5)

- 1.- LIQUIDO ASFALTICO
- 2.- EMULSIFICANTE.

MEZCLA O EMULSION
ASFALTICA.



- Figura 5 -

III.1.2.- CLASIFICACION DE EMULSIONES.- Las emulsiones se clasifican en:

- 1.- Emulsiones aniónicas.
- 2.- Emulsiones catiónicas.
- 3.- Emulsiones especiales.

Las hay de varios tipos:

- a) Rompimiento rápido.
- b) Rompimiento medio.
- c) Rompimiento lento.

La rapidez de un rompimiento depende:

- a) De la composición mineralógica del material pétreo. (Hay materiales en más o en menos reactivos).
- b) De la superficie específica del material pétreo, una emulsión aumentará su rapidez de rompimiento cuando se mezcle con materiales de 2 a 5 mm, que cuando se mezcle con materiales de 12.5 a 25 mm aún cuando sean de la misma composición mineralógica.

Para fabricar una emulsión es necesario, después de poner en contacto y hacer suficientemente fluidos los dos productos:

- a) Proporcionar en la forma más apropiada una energía de dispersión.
- b) Introducir en la mezcla, en general, antes o durante la agitación, un cuerpo llamado emulsificante.

Este emulsificante tiene doble objeto:

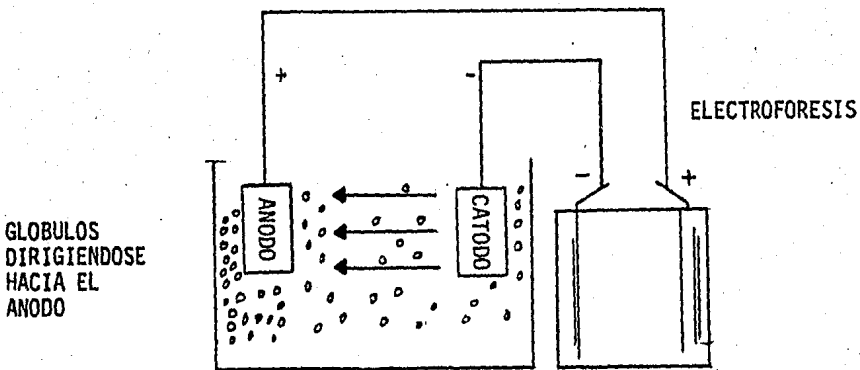
- 1.- Facilitar la emulsificación, al disminuir la tensión interfacial entre las dos fases.
- 2.- Estabilizar el producto fijándose a la periferia de los glóbulos dispersados y evitar así la unión de dichos glóbulos.

3.- Se seleccionará, en general, como emulsificante el que llene estos objetivos:

- a) Un cuerpo hipotensor tenso-activo, es decir, que disminuya considerablemente la tensión interfacial para una concentración muy débil.
- b) Un cuerpo que tenga una constitución polar-no polar, es decir, compuesto de moléculas complejas formadas en dos partes; una parte eléctricamente no polar y neutra hacia el exterior y una parte polar cargada eléctricamente también hacia el exterior. Esas moléculas se concentran en la interfase y se orientan para formar ahí la película protectora.

III.2 EMULSIONES ANIONICAS

Se llaman así porque al sumergir dos electrodos en el seno de una emulsión, los glóbulos de asfaltos se dirigen hacia el ánodo, esto sucede por la naturaleza del emulsificante utilizado. (Figura 6).

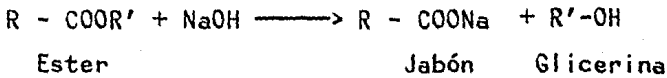


- Figura 6 -

Este emulsificante generalmente es un electrolito, que está compuesto por dos partes eléctricas, el anión y el catión que se disocian en el agua.

Para las emulsiones aniónicas se utiliza un jabón compuesto de un ácido graso, y una sal de sodio de un ácido orgánico (por ejemplo una resina). Este jabón se obtiene por acción de un ácido débil sobre una base fuerte, estas emulsiones se denominan también "Emulsiones Alcalinas".

Fórmula general de estos jabones es por ejemplo:



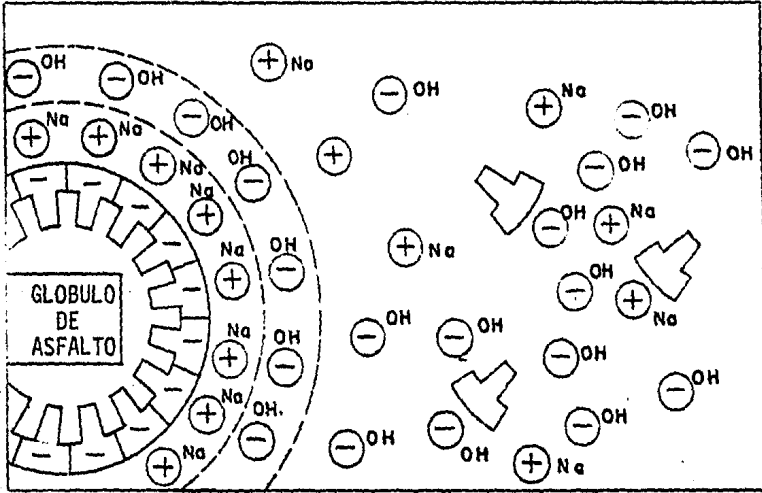
La cadena de ácido graso (RCCO-) es más o menos larga, ramificada y constituye la parte no polar de la molécula que tiene afinidad por la fase asfalto.

Y la otra parte Na⁺ constituye la parte polar de la molécula. Cuando este jabón se diluye en el agua, se ioniza; el sodio o el potasio constituye los iones positivos, el resto de la molécula RCOO- constituyen los iones negativos.

Cuando se hace la mezcla asfalto con solución jabonosa los aniones (RCCO-) son absorbidos por los glóbulos de asfalto vienen a constituir una envoltura alrededor de ellos, en tanto que los cationes (Na⁺) son absorbidos por el agua, constituye una segunda envoltura alrededor de la primera. (Figura 7).

Los iones que envuelven a los glóbulos de asfalto se repelen, puesto que llevan cargas del mismo signo impidiendo el fenómeno de coalescencia y asegurando así la estabilidad al almacenamiento.

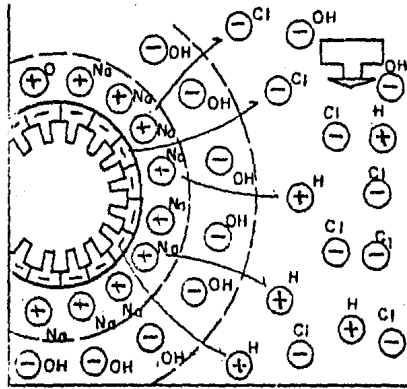
ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE UNA EMULSION ANIONICA



- Figura 7 -

La estabilidad es influida por el pH de la fase acuosa. Es óptima para un pH comprendido entre 11 y 12.- Si se introduce el ácido en la emulsión, (por ejemplo - HCl) se abate el pH a 7 ó menos. Este fenómeno no se debe a la neutralización por el ácido introducido.

Los cationes Na^+ , la capa formada alrededor de cada glóbulo desaparece y los cationes (H^+) vienen a neutralizar a la capa aniónica (RCOO^-) en la superficie de los glóbulos, las repulsiones electrostáticas cesan, los glóbulos entran en contacto y se adhieren unos con otros. - (Figura 8).



- Figura 8 -

Si se hiciera la adición de una base (NaOH) en cantidades pequeñas no provocaría ningún efecto, haciendo todo lo contrario, favoreciendo la estabilidad de la emulsión.

III.3.- EMULSIONES CATIONICAS.

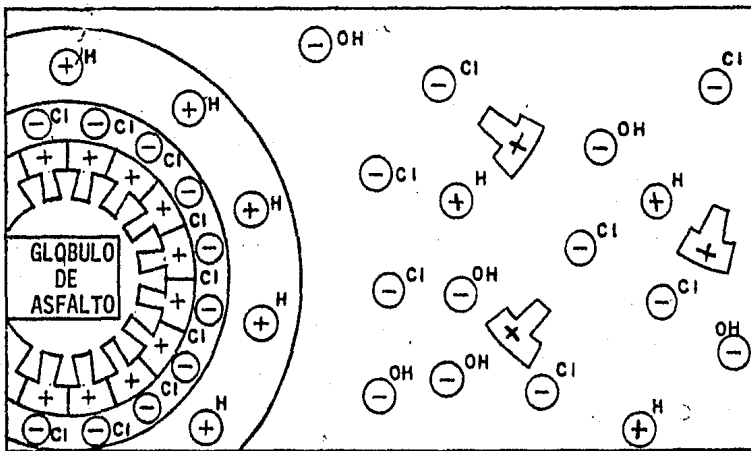
Se llaman así porque al sumergir dos electrodos en el seno de una emulsión los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el cátodo. (Figura 9).

la cadena orgánica (R'), que tiene por ligante hidrocarbunado (asfalto), la otra parte corresponde a la parte polar de la molécula (NH_3Cl).

Esta es diluída en agua, donde el emulsificante se ioniza; el átomo de cloro constituye el anión, el resto de la molécula lo forma el catión.

Cuando se mezcla el asfalto con la solución, los cationes ($R'NH^+$) son absorbidos por los glóbulos de asfalto, donde éstos vienen a constituir una envoltura alrededor de cada glóbulo, los aniones (Cl^-) son absorbidos por el agua ya que vienen a constituir la segunda envoltura (capa). (Figura 10).

La estabilidad es influída por el pH de la fase acuosa. Un ligero exceso de ácido favorece la resistencia contra la floculación el pH de todas maneras permanece entre seis y siete (bastante fuerte).



- Figura 10 -

Si se aumenta este pH, al introducir una base (sosa por ejemplo) los cationes alcalinos (Na^+) que provienen de la sosa neutralizan a los de cloro que provienen de la primera capa protectora, los aniones (OH^-) van a su vez a neutralizar a la parte catiónica ($\text{R}'\text{NH}_3$), las repulsiones cesan y se producirá la coagulación.

De la misma manera un exceso fuerte de ácido dará lugar a la floculación, por acción de los aniones (Cl^-) en exceso sobre la capa catiónica.

III.4 EMULSIONES ESPECIALES

Las emulsiones especiales se caracterizan:

4.1. Por la naturaleza del ligante de base.

Este ligante puede ser:

- a) Un asfalto de fraguado muy lento
- b) Un asfalto duro: 40/50 y 80/100
- c) Un asfalto de penetración común: 180/220, con adición de diversos productos modificando las características del ligante de base: Hule, combustóleo, etc.

Estas emulsiones pueden ser aniónicas o catiónicas, el esquema de estructura es también parecido, a los esquemas presentados anteriormente, para las emulsiones clásicas.

4.2 Por la naturaleza de emulsificante utilizado:

Este puede ser:

- a) Iónico (electrolitos menos comunes que los electrolitos de las emulsiones clásicas).
- b) No iónicos (éter, por ejemplo).
- c) "Natural" (caseínas, gelatinas y proteínas).

III.5 EFFECTOS QUE PRODUCEN LAS EMULSIONES

- a) Fenómeno de rompimiento y adhesividad.

Como se ha visto anteriormente las emulsiones ya sean aniónicas o catiónicas se pueden romper por medio de un ácido o una base, al introducir estas soluciones se produce la neutralización de los iones que envuelven a las micelas (glóbulos de asfalto así su efecto protector es anulado y permite la coagulación de la emulsión de asfalto).

5.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ROMPIMIENTO DE LA EMULSION SOBRE EL MATERIAL PETREO.

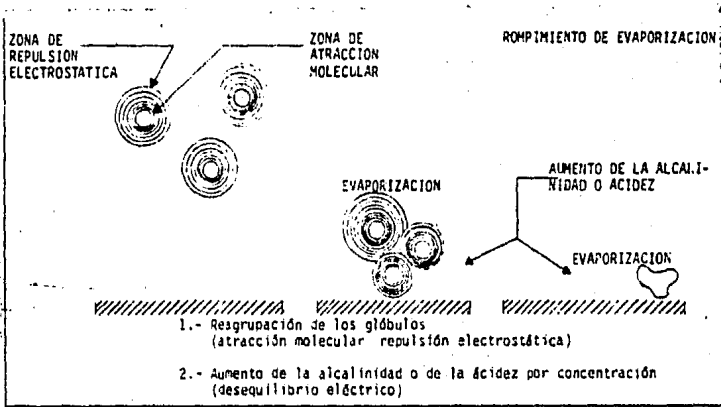
- a) ROMPIMIENTO POR EVAPORIZACION DEL AGUA.

El agua, forma una película delgada sobre la superficie de las partículas del material pétreo y al evaporarse provoca una concentración de los glóbulos de asfalto. - Esto da como resultado un aumento de las fuerzas de atracción molecular, que sobrepasa rápidamente a las fuerzas de repulsión electrostática.

Por otra parte, el agua evaporada causa el aumento de la alcalinidad o acidez de la emulsión y como hemos vis

to que este incremento dentro de ciertos límites, produce el rompimiento de la emulsión.

Este fenómeno por sí solo no explica el rompimiento ya que, en efecto, ésta produce en la superficie al aire, creando en esta superficie una película de asfalto - que encierra a las capas inferiores de emulsión no rotas, bajo una corteza hermética. (Figura 11).



- Figura 11 -

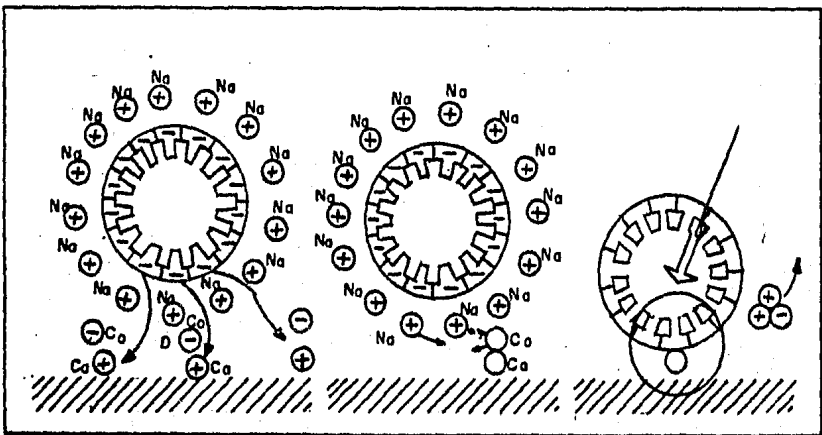
Por otra parte, si se explica esta forma, cuando menos parcialmente, el proceso de rompimiento de la emulsión, la evaporación explica pésimamente el mecanismo de adhesividad.

b) ROMPIMIENTO POR REACCION.

Puesto en presencia de la base acuosa de la emulsión, el material pétreo considerado, da lugar a una ionización superficial. Si un cambio de iones da lugar a la formación de un compuesto insoluble entre el material pétreo y el emulsificante, se produce la ruptura y también adhesividad. Para darnos cuenta se distinguen dos tipos de materiales "ácidos".

III.6 COMPORTAMIENTO DE LAS EMULSIONES EN LOS MATERIALES ALCALINOS

El material alcalino típico es la caliza pura, - constituida de carbonato de calcio (CaCO_3). Puesta en - presencia de la emulsión asfáltica es muy poco soluble en el agua, se ioniza dentro de la fase acuosa. (Figura 12).



- Figura 12 -

Los cationes (Ca^{++}) son absorbidos y fijados firmemente a la superficie del material; en razón de su afinidad por los aniones ($\text{CO}_3^{==}$) penetrarán en el interior de la fase acuosa y quedan con mucha movilidad.

6.1 LA EMULSION ANIONICA

Los glóbulos de asfalto de una emulsión aniónica - están cubiertos de aniones (RCOO^-) absorbidos y sólidamente adheridos y sufrirán una atracción entre estos aniones y los cationes (Ca^{++}) del material.

Los iones (Na^+) y ($\text{CO}_3^{==}$), muy móviles, serán atrapados en la fase acuosa y se formará una molécula de jabón de cal insoluble, compuesta de dos átomos de RCOO^- por un átomo de (Ca^{++}). Habrá una verdadera ligante entre el glóbulo de asfalto y el material calizo.

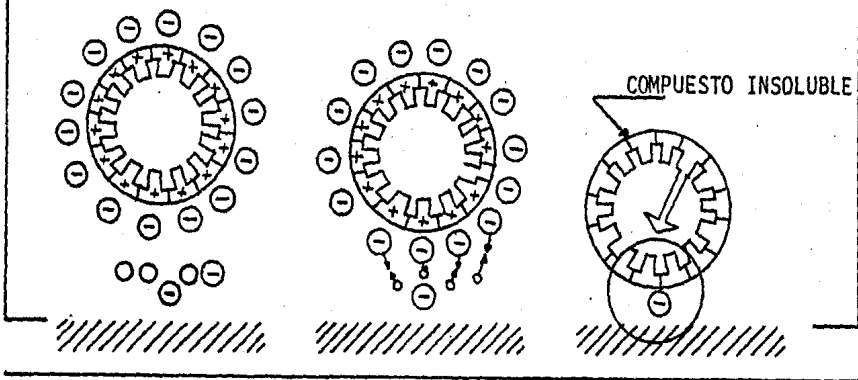
6.2 LA EMULSION CATIONICA

Si la emulsión utilizada es del tipo catiónico, habrá primero el ataque de ácido al material calizo contenido en la fase acuosa, y se formará el cloruro de calcio. - Habiendo sido utilizada de esta manera los cationes de calcio en la formación del cloruro. Son aniones ($\text{CO}_3^{==}$) vienen a rodear la superficie del material.

Tendremos la presencia: de los glóbulos de asfalto (cargados positivamente), como lo hemos visto y la superficie del material, cubierta de aniones ($\text{CO}_3^{==}$). (Figura 13).

ROMPIMIENTO POR REACCION

MATERIAL ALCALINO
EMULSION CATIONICA



- Figura 13 -

Los glóbulos serán de esta manera atraídos hacia el material y la ruptura se producirá, debido a la formación de una sal insoluble (carbonato de amina), que es un verdadero cemento entre el material calizo y el asfalto.

III.7 COMPORTAMIENTO DE LAS EMULSIONES EN LOS MATERIALES ACIDOS.

El material ácido típico está constituido por sílice pura (SiO_2) ó por silicatos.

Los fenómenos de ionización son más complejos en es

te caso, que con materiales calizos, ésto se lleva a cabo en la fase acuosa de la emulsión asfáltica.

Esquemáticamente, se puede decir, que considerando por ejemplo el caso puramente teórico del ácido ortosilícico Si_4H_4 , que:

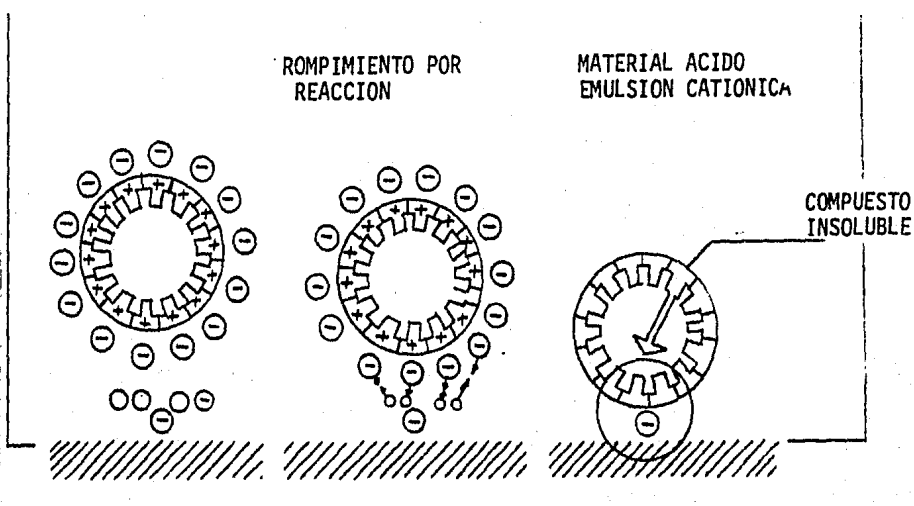
Los aniones (SiO_4^-) son absorbidos fuertemente en la superficie del material.

Los cationes (H^+) son absorbidos por el agua.

7.1 LA EMULSION CATIONICA

Puesto en presencia de un material ácido, los glóbulos de asfalto de una emulsión catiónica, cargados positivamente van a ser atraídos por los iones (SiO_4^-), cargados negativamente.

La capa protectora de iones (Cl^-), que rodea cada glóbulo, será neutralizada por los cationes (H^+) (Fig.14).



- Figura 14 -

Se producirá así la ruptura de la emulsión y la adhesividad entre el asfalto con material pétreo, debido a la formación de un compuesto insoluble.

La experiencia muestra que este cemento se forma casi instantáneamente.

7.2 LA EMULSION ANIONICA.

En este caso, los glóbulos cargados negativamente no tienen ninguna atracción hacia los iones (SiO_4).

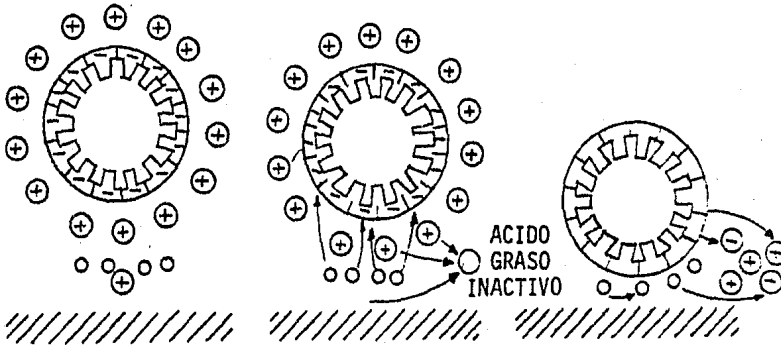
Se observa perfectamente por similitud con el caso del material alcalino emulsión catiónica, acción de los cationes (Na^+) de la película protectora sobre los iones (SiO_4) y la formación de un silicato de sodio soluble.

Pero la acción siguiente de los aniones (RCOO^-) del asfalto sobre los cationes (H^+), produce un ácido g^{ra}so inactivo por lo tanto no se tendrá formación del cemento. (Figura 15).

ROMPIMIENTO POR REACCION

MATERIAL ACIDO
EMULSION ANIONICA

SAL SOLUBLE



Uno observa de esta forma la ruptura de la emulsión pero no hay adhesividad ya que no forma "cemento", como en los otros casos estudiados.

- Figura 15 -

III.8 COMPORTAMIENTO DE LAS EMULSIONES EN MATERIALES MIXTOS.

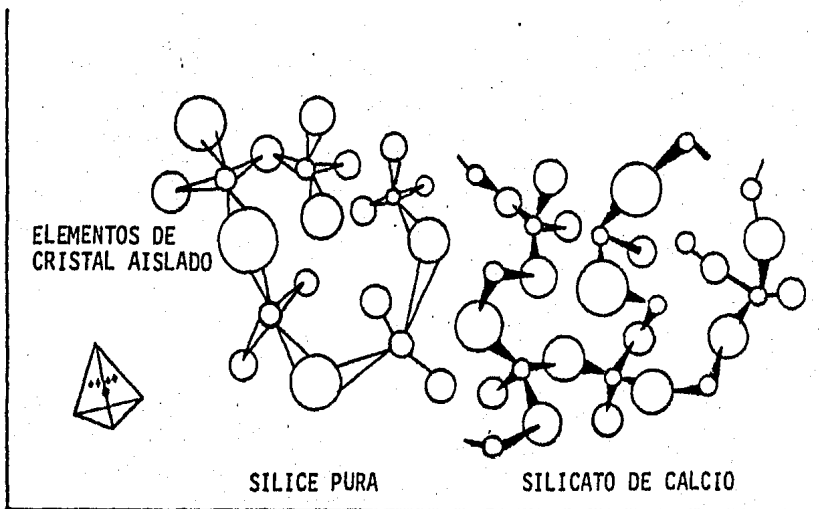
Hemos tratado anteriormente el caso de la ruptura y de la adhesividad; por una parte, sobre materiales alcalinos y por otra sobre materiales ácidos.

De hecho, casi el total de los materiales empleados en la industria de carreteras, son materiales "mixtos", en parte alcalinos, en parte ácidos.

Es así como el 75% de la corteza terrestre está compuesta de silicatos cristalinos, que caen en esta categoría.

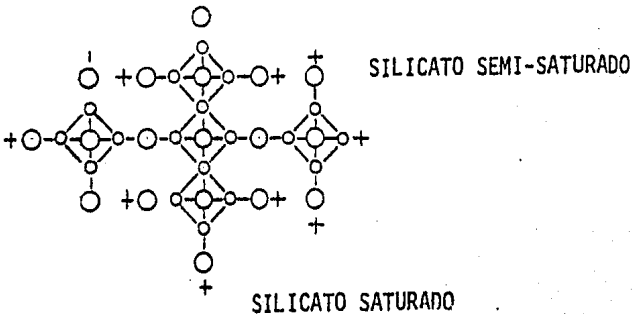
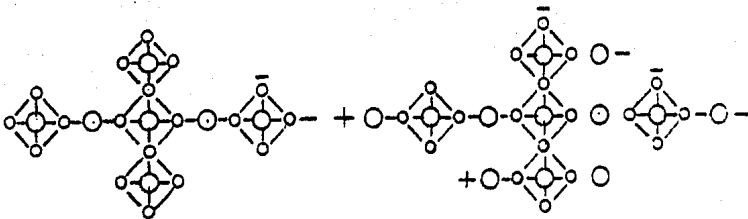
Esta doble naturaleza, alcalina y ácida, se explica de la siguiente manera: La sílice (SiO_4), cristal iónico, - se presenta bajo la forma de un tetraedro (ión de silicio - al centro, ión está saturado; algunas de estas valencias libres servirán para asegurar la liga entre los diversos tetraedros, pero substituirán en la periferia iones de oxígeno existiendo una valencia negativa libre.

Sucedará frecuentemente que los átomos de calcio bivalentes se combinan con estos tetraedros de sílice, ya sea entre tetraedros, neutralizados sus dos valencias y la valencia libre de los átomos de oxígeno vecinos o ya sea en el exterior del cristal neutralizando la valencia libre de oxígeno, pero conservando una valencia positiva libre. - (Figura 16).



El silicato puede estar así no saturado, semi-saturado o completamente saturado presentando en su periferia valencias negativas, alternadas con positivas. (Figura 17).

SILICATO NO SATURADO



SILICATO SATURADO

- Figura 17 -

Se sabe que es la relación SiO_4 / Ca^{++} la que condiciona el signo de la carga que lleva el material.

La tabla que se muestra más adelante, da "signo" de los materiales, en función de su contenido de sílice - SiO_2 (Tabla 2).

El tipo de emulsión por utilizar será escogido en función del lugar que ocupe en esta tabla el material con siderando:

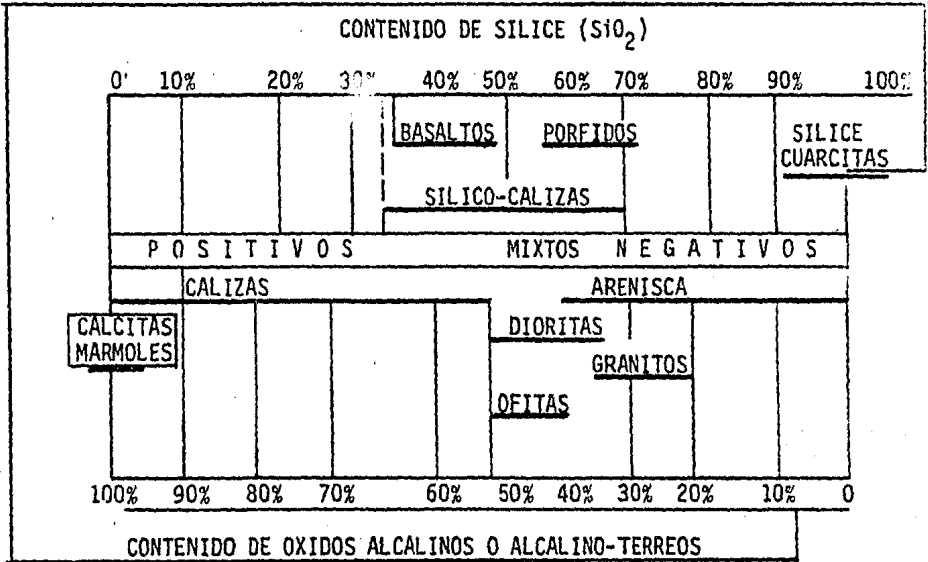
Emulsión aniónica para materiales "positivos" o "mixtos".

Emulsión catiónica para materiales Mixtos o Negativos.

Debemos agregar que de todas maneras es prudente, cada vez que se encuentra uno en presencia de materiales mixtos, utilizar una emulsión bi-activa, es decir, susceptible de intercambiar iones con las dos categorías de materiales.

Como hemos visto, la emulsión catiónica de asfalto presenta esta propiedad adhesiva polivalente.

La rapidez de formación del compuesto insoluble - obtenido con la emulsión catiónica, es otra razón para - preferirla cada vez que se temen riesgos de desprendimiento como en el caso de climas húmedos y fríos, en que se - tenga tránsito inmediato y muy importante en la carretera.



- Tabla 2

IV.- ELABORACION DE LAS EMULSIONES

El procedimiento de elaboración de las emulsiones se determina por el proceso de emulsificación, por medios de tipo mecánico, y de tipo acción inversa con el objeto de lograr la dispersión del asfalto en la solución acuosa.

La emulsificación, es el procedimiento de reducción de tamaño, en el cual se mezclan íntimamente dos o más líquidos mutuamente, insolubles entre sí. El tamaño de las partículas oscila en el orden de 1 a 10 micras de diámetro, el cuál ayuda a la emulsificación, formando un coloide (emulsión).

IV.1.- EL PROCESO DE EMULSIFICACION DE TIPO MECANICO

En este proceso, para la emulsificación mecánica del asfalto, se utiliza un molino coloidal que somete a la mezcla líquida a una acción cortante, la cual reduce sus partículas a tamaños microscópicos.

Usando mezcladores a alta velocidad ó simplemente desarrollando un sistema centrífugo en el asfalto y el agua dentro de una bomba. Este proceso, es el que más se utiliza, porque permite mayor facilidad en la elaboración de las emulsiones.

IV.2.- EL PROCESO DE EMULSIFICACION DE TIPO ACCION INVERSA.

Este proceso consiste, en una solución concentrada de un emulsificante, que contiene un 50% de jabón natural, que se dispersa mecánicamente en un asfalto rebajado obteniéndose de este proceso una dispersión de agua-aceite, - agregando a éste una solución débil alcalina provocando rápidamente, que el sistema de emulsificación agua-aceite - cambie a aceite-agua.

Este método de tipo acción inversa, bajo las condiciones antes especificadas son de una dispersión muy fina.

IV.3.- PROCESO DE FABRICACION

Los aparatos y dispositivos que son utilizados para la fabricación industrial de las emulsiones catiónicas de asfalto, son muy numerosos ya que existen diferentes y diversos sistemas para lograr su industrialización.

En estos equipos generalmente el fabricante desarrolla las condiciones óptimas de operación, así mismo detallan las fórmulas de características del material.

La parte más importante del proceso de fabricación de las emulsiones asfálticas es el molino coloidal.

Este molino coloidal consta de un rotor cónico con ranuras que se mueven dentro de un estator ranurado a una velocidad de 80 a 120 RPM.

Una holgadura regulada por medio de un dispositivo exterior calibrado.

Las corrientes rotativas establecidas, dentro de estas ranuras a las que somete el producto, realizando un corte hidráulico y a chequeo, de esta manera se logra un aumento de la superficie interfacial entre las dos fases - (aceite-agua) no miscibles.

IV.3.1 OPERACION DE UNA PLANTA PARA LA ELABORACION DE LAS EMULSIONES CATIONICAS DE ASFALTO.

El asfalto es recibido en la planta, y almacenado en tanques provistos de serpentines por donde circula vapor, el cual se mantiene en estado líquido a una temperatura de 115° a 120° este es enviado por medio de una bomba dosificadora (B), a través de una tubería, y llega hasta el molino coloidal (A), antes de entrar a éste, hace contacto con la solución emulsificante que ha sido preparada con anticipación, y que ésta es enviada por medio de una bomba centrífuga, (D).

La tubería por donde circula el asfalto se mantiene por medio de vapor, a la temperatura antes especificada, para evitar que baje su viscosidad y provoque incrustaciones en las paredes de ésta.

Además para la elaboración de la solución emulsifi

cante se realiza antes un concentrado el cuál es preparado para después llevarlo al volúmen que se pretende elaborar. Esta se realiza del tanque de concentrado (2), por medio de una bomba centrífuga (C), al tanque de solución.

En estos tanques también existen serpentines de vapor los cuáles son fundamentales para mantener la temperatura de 40° a 45° de esta manera se comprende la elaboración de las emulsiones catiónicas, para las emulsiones aniónicas es lo mismo nada más se lavan las líneas de proceso. Para tener un control de calidad de la emulsión que se esté elaborando a la salida del molino, se deben tomar muestras cada 15 minutos, ésto nos permitirá por medio de la prueba de residuo de evaporización (método más rápido para efectuar el control de calidad de la emulsión). Este resultado que se obtiene de esta prueba nos indicará si la emulsión que estamos elaborando está dentro del rango de especificaciones.

Si el porcentaje de asfalto obtenido de esta prueba de laboratorio, se encuentra fuera del rango establecido, deberá de regularse la entrada de alguna de las dos corrientes (asfalto y solución) hasta lograr el porcentaje deseado. Esto es regulado por las válvulas V_1 y V_2 que regulan las entradas de flujo. (Figura 18).

LAS TRES VARIABLES A CONTROLAR DURANTE LA ELABORACION SON:

- 1.- Temperatura: Asfalto y solución jabonosa.

- 2.- Velocidad de Bombeo: Asfalto y solución jabonosa.
- 3.- Tiempo de Dispersión: Este depende del tamaño de las partículas de asfalto, ya que el rango debe tener de 1 a 10 micras, para obtener una dispersión más fina.

Por lo tanto se deben de controlar las temperaturas para el asfalto y la solución emulsificante.

Fórmula para calcular la temperatura de acuerdo al tipo de emulsión que se pretende elaborar.

$$T_e = \frac{(0.475 M_a T_a) + (M_w T_w)}{(0.475 M_a) + (M_w)}$$

Donde:

T_e = Temperatura de la emulsión en grados Fahrenheit
o Centígrados

M_a = % de asfalto deseado.

M_w = % de jabón.

T_a = Temperatura del asfalto que entra al molino.

T_w = Temperatura de la solución jabonosa que entra al molino.

C_{te} = 0.475 (calor específico del asfalto).

Ejemplo:

Suponiendo que la emulsión que se desea fabricar tiene:

60 % de asfalto
40 % de solución jabonosa
100 % total (emulsión)

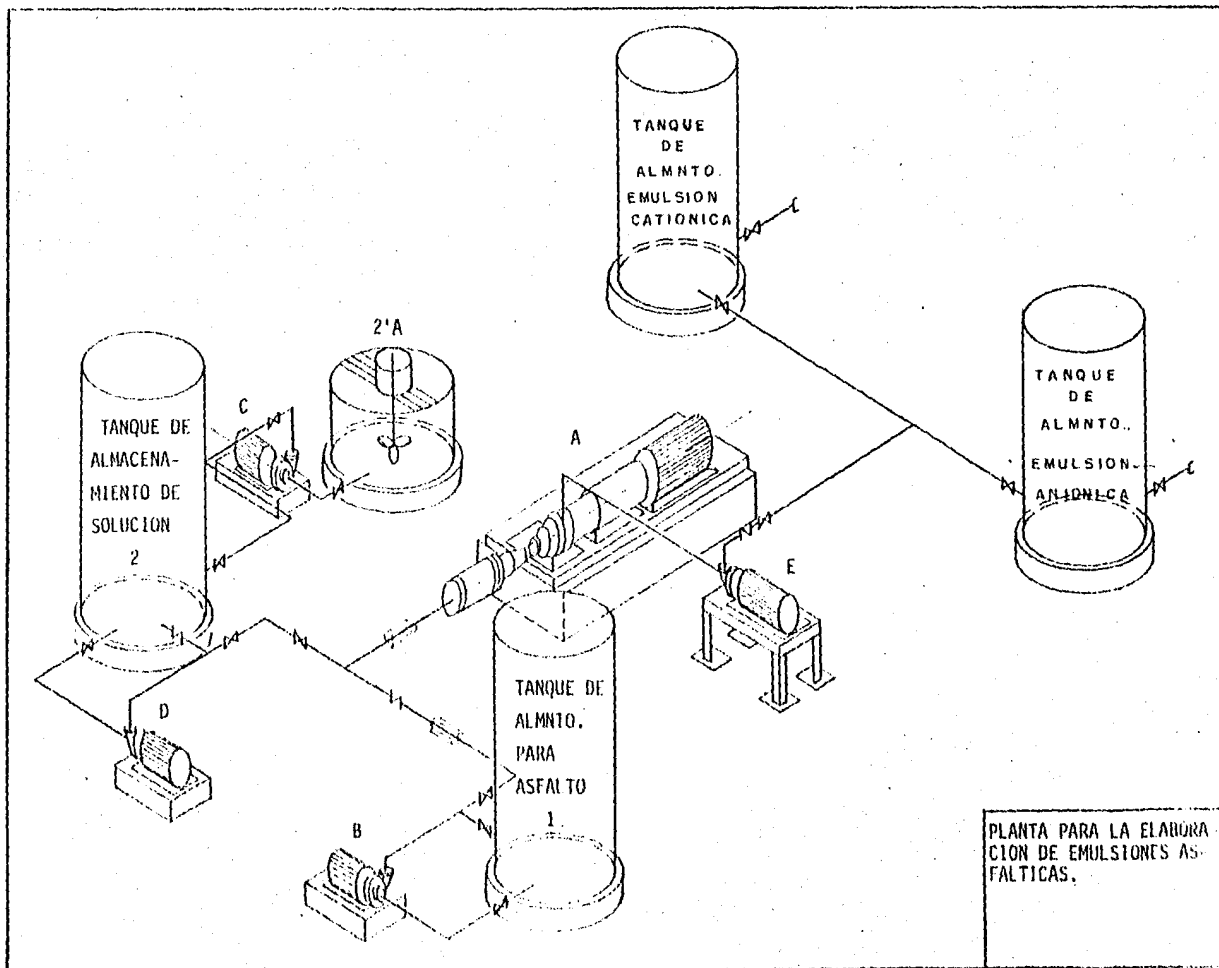
Temperatura del asfalto al molino 119°C y temperatura de la solución 55°C.

Sustituyendo:

$$T_e = \frac{(0.475(60)(119) + (40)(55))}{(0.475)(60) + (40)}$$

$$T_e = \frac{5591.5}{68.5} = 81.627^\circ\text{C}$$

De esta forma se calcula la temperatura de la emulsión deseada.



- Figura 18 -

V.- RESULTADOS

Las pruebas que a continuación se mencionan son usadas tanto por los fabricantes, como por los consumidores, éstas determinan la calidad de cada tipo de emulsión que se pretenda elaborar. De acuerdo a las especificaciones de la "American Society of Testing materials" (.A.S.T.M.) que actuammte fueron copiadas y publicadas en la parte octava, libro primero de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) en el año de 1976. Estas especificaciones, en México se han venido modificado basados en la experiencia de diez años y a su vez con una recopilación de datos. Especificaciones que a continuación se detallan en la siguiente tabla (3) para la elaboración de los diferentes tipos de emulsiones.

Estos son los standares de comparación de los resultados obtenidos, de las diferentes pruebas en el laboratorio, por lo que a su vez nos conduce a la obtención de un producto, con una calidad bien determinada.

Así mismo se indica que para cada tipo de emulsión que se pretenda elaborar debe de seguir las pruebas para determinación de la calidad de la emulsión.

En la tabla (4) se especifican las condiciones que deben tener los asfaltos para elaboración de las emulsiones.

ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

	C A R A C T E R I S T I C A S						
TIPO DE EMULSION	% de residuo asfáltico - por destilación.	% en volúmen de solvente.	Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C (seg.)	% Retenido en la malla No.20.	De asentamiento en 5 días %	Penetración 100g 5 seg. 25°C	Carga de la partícula
Emulsión de rompimiento rápido catiónica	63 - 70	0 - 7	80-200	0.0	1 - 4	70 - 120	positiva
Emulsión de rompimiento medio catiónica	60 - 66	0 - 7	25-100	0.0	0 - 7	70 - 120	positiva
Emulsión de rompimiento lento catiónica	60 - 66	0 - 7	25-100	0.0	0 - 7	70 - 120	positiva
Emulsión de rompimiento superestable catiónica (1)	60 - 62	0.0	18-30	0.0	3 - 10	70 - 100	positiva
Emulsión de rompimiento superestable catiónica (2)	60 - 62	0.0	18-30	0.0	3 - 12	70 - 120	positiva
Emulsión de rompimiento superestable aniónica	60 - 64	0.0	30-70	0.0	3 - 16	70 - 100	negativa

- 45 -

- TABLA 3 -

- TABLA 4 - DE ESPECIFICACIONES PARA ASFALTOS

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO			
	Núm. 3	Núm. 6	Núm. 7	Núm. 8
Penetración 100g, 5s, 25°C, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol: A 135°C, s, mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Cleveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de reblandecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	58-60
Ductilidad, 25°C, cm, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película, 50 cm ³ , 5h, 163°C: penetración retenida, por ciento, mínimo	40	50	54	58
pérdida por calentamiento, por ciento, máximo.....	1.4	1.0	0.8	0.8

V.1. PRUEBAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UNA EMULSION

V.1.1. DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DE LA EMULSION

Esta prueba es con el objeto de determinar el grado de fluidez a una determinada temperatura.

V.1.2 PRUEBA DE ASENTAMIENTO DE EMULSION

Esta prueba se realiza con el objeto de determinar la estabilidad de una emulsión en un tiempo de cinco días.

V.1.3. RETENIDO DE LA MALLA No. 20

La determinación de esta prueba, consiste en verificar si la emulsión contiene grumos de asfalto coagulados, los cuales pueden tapan la perforación de barras de presión.

V.1.4. PRUEBA DE DESTILACION

Esta prueba consiste en determinar el contenido de residuo asfáltico así mismo el agente emulsificador, o agua en la emulsión y así obtener el asfalto puro, con ésto se pueden realizar otras pruebas.

V.1.5. PRUEBAS EN EL RESIDUO DE LA DESTILACION

PENETRACION

La determinación de esta prueba consiste en saber la dureza del asfalto.

V.1.6. SOLUBILIDAD EN TETRACLORURO DE CARBONO

Esta prueba consiste en saber la cantidad de materias insolubles que haya en el asfalto.

V.1.7. DUCTILIDAD

El objeto de llevar a cabo esta prueba, es conuel fin de saber el máximo alargamiento que puede tener un asfalto, sin llegar a romperse.

V.2.- A continuación se describen las pruebas y aparutos, que se utilizan, en cada una de éstas, de uacuerdo a las especificaciones (A.S.T.M.).

Además de que la aplicación de cada tipo de uemulsión es como se detalló en el capítulo III, en el cuál se especificó el comportamiento conucada tipo de material para los diferentes tipos de emulsión y así mismo en el almacenamiento y transporte de las mismas.

V.2.1. VISCOSIDAD SAYBOLT-FUROL

Fundamento.- La viscosidad se define como la uresistencia que actúa en el seno de un líquido a sufrir una deformación cuyo gradiente de velociudad es: $\frac{\Delta v}{\Delta z}$

Para las emulsiones asfálticas se considera la viscosidad cinemática (γ):

$$\gamma = \frac{\eta}{\phi} = \frac{m^2}{seg}$$

ϕ es la masa específica de la emulsión a la temperatura de prueba y η es el coeficiente de la viscosidad.

Esta viscosidad se mide con ayuda de aparatos gravitacionales del tipo de Saybolt-Furol y Engler, - los cuales miden el estado de facilidad de trabajo que presentan los productos asfálticos a diferentes temperaturas. La viscosidad Saybolt-Furol de las emulsiones asfálticas se determina a las temperaturas de 25 y 50°C.

Equipo y material utilizado en la prueba:

Un viscosímetro Saybolt-Furol. (Figura 19).

Un matraz aforado de 60 ml, especial para este tipo de prueba.

Un termómetro de inmersión total, rango (45-47)°C, del tipo A.S.T.M. 19C.

Un baño de agua con temperatura controlable.

Un vaso de precipitados de 400 ml.

Una malla de 0.841 mn, Num. 20.

Procedimiento de la prueba a 25°C:

- 1) Uniformícese completamente la muestra en su recipiente, evitando la formación de burbujas y - vacíese 100 ml en el vaso de precipitados.

- 2) Sumérjase el vaso en el baño de agua durante 30 minutos a una temperatura de 25°C . Durante este lapso mézclase la muestra con ligeros movimientos circulares del termómetro a razón de 60 rpm aproximadamente.
- 3) Vacíese la muestra en el tubo del viscosímetro a través de una malla del No. 20, hasta que rebase el nivel del tubo de derrame.
- 4) Una vez lleno el tubo y sin agitar la muestra, determínese la viscosidad, quitando rápidamente el tapón de la boquilla del tubo del viscosímetro, permitiendo que la muestra escurra hacia el matraz aforado. En este momento iníciase la cuenta del tiempo.

Procedimiento para la prueba a 50°C .

- 1) Uniformícese la muestra en su recipiente, evitando la formación de burbujas y vacíense 100 ml en el vaso de precipitados.
- 2) Sumérjase el vaso en el baño de agua, cuya temperatura debe mantenerse a $71 \pm 3^{\circ}\text{C}$, de tal manera que el fondo del vaso quede aproximadamente a 5 cm bajo el nivel del agua del baño.
- 3) Para uniformizar la temperatura de la muestra, agítase moderadamente con movimientos circulares del termómetro.

- 4) Manténgase el vaso dentro del baño hasta que la muestra alcance una temperatura de $51.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$.- Inmediatamente después, viértase la emulsión en el tubo del viscosímetro a través de la malla No. 20, hasta que rebase el nivel del tubo de derrame.
- 5) Agítase moderadamente la muestra con el termómetro, hasta que alcance la temperatura de $50 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, la cuál deberá mantenerse durante un minuto, antes de proceder a determinar la viscosidad.
- 6) Extraigase el termómetro, límpiase rápidamente el exceso de emulsión que se haya vertido por el tubo de derrame y determínese la viscosidad como se describe en el inciso (4) del primer caso.

El tiempo de segundos que marque el cronómetro para llenar el matraz especial estándar hasta la marca de aforo, será la viscosidad Saybolt-Furol de la muestra a la temperatura de prueba.

Precauciones que se deben tener al efectuarse la prueba.

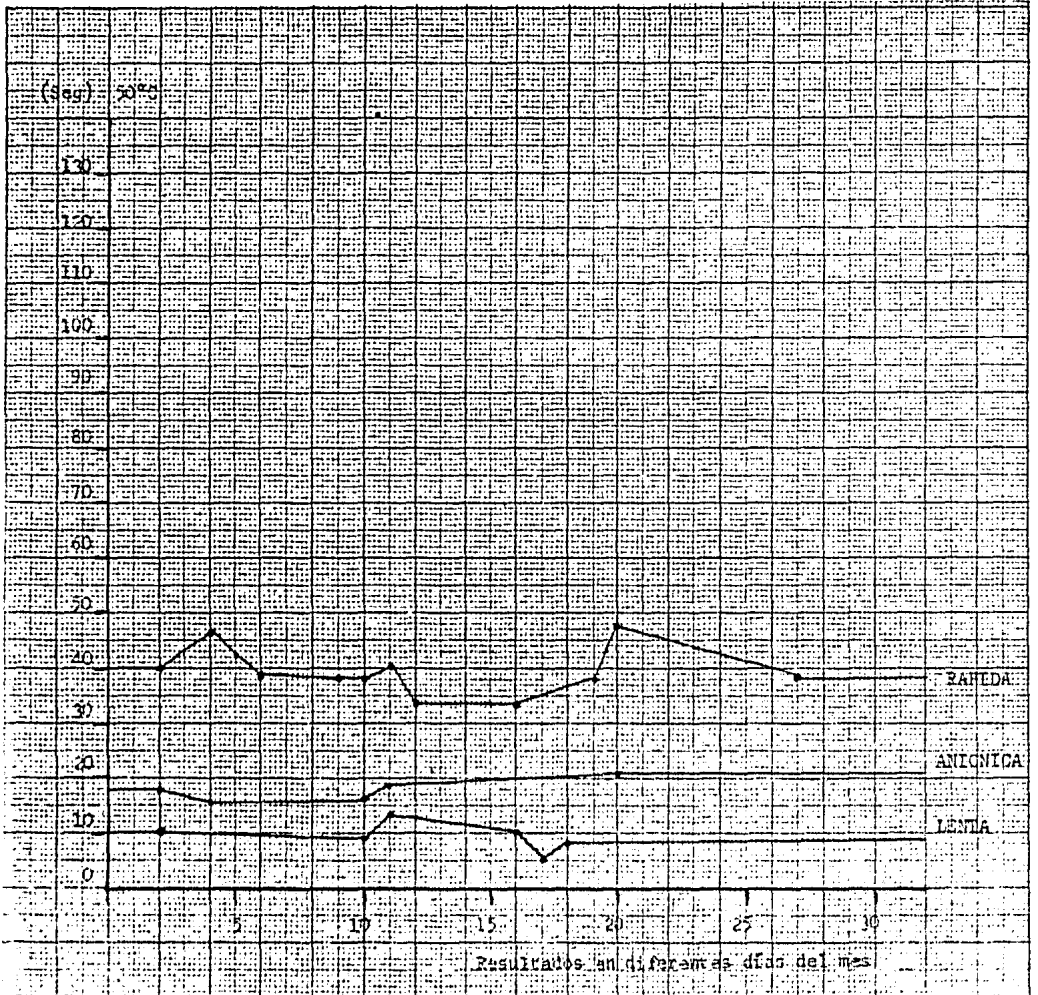
- a) Se llevará a cabo en un local libre de corrientes de aire y de cambios bruscos de temperaturas.
- b) Para que al caer la muestra en el matraz no forme burbujas de aire o espuma, se dejará que escurra por la pared del cuello del propio matraz. (Ver graficas # 1 , 2 , 3)

GRAFICA No. 1

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE VISCOSIDAD SAYBOLT - FUROL.

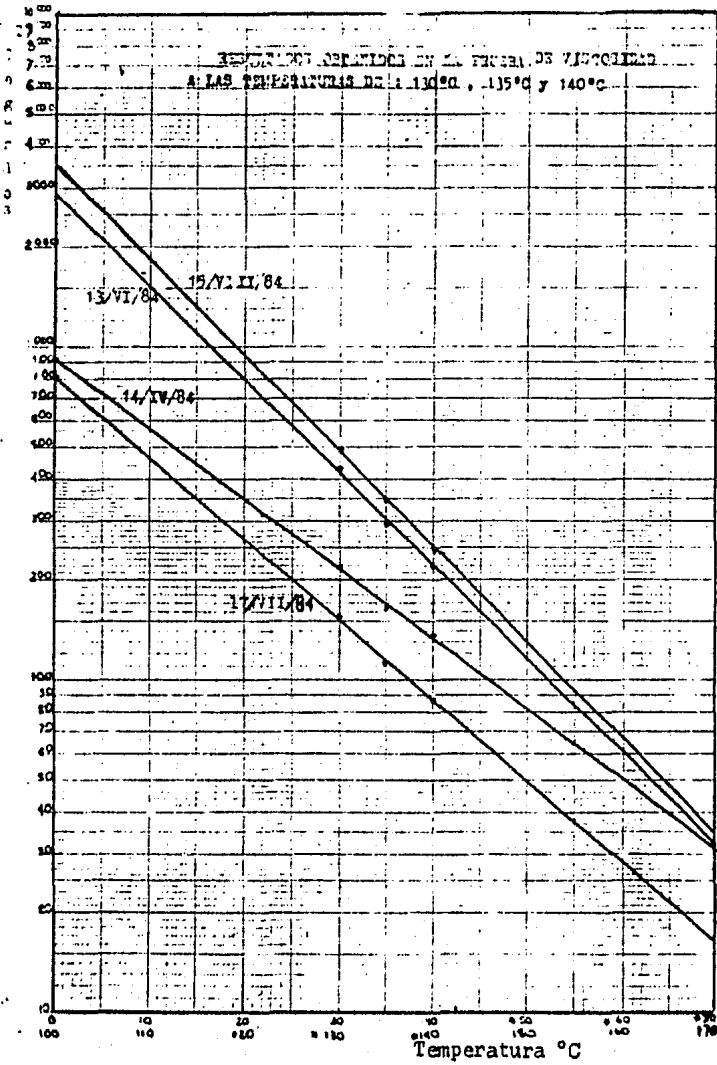
En esta prueba de Viscosidad, los resultados y comportamientos de los diferentes tipos de emulsiones es como se muestra en la siguiente gráfica: Los resultados de viscosidad están reportados, en segundos a una temperatura de 50°C.

(VISCOSIDAD Vs RESULTADOS EN DIFERENTES DIAS DEL MES)



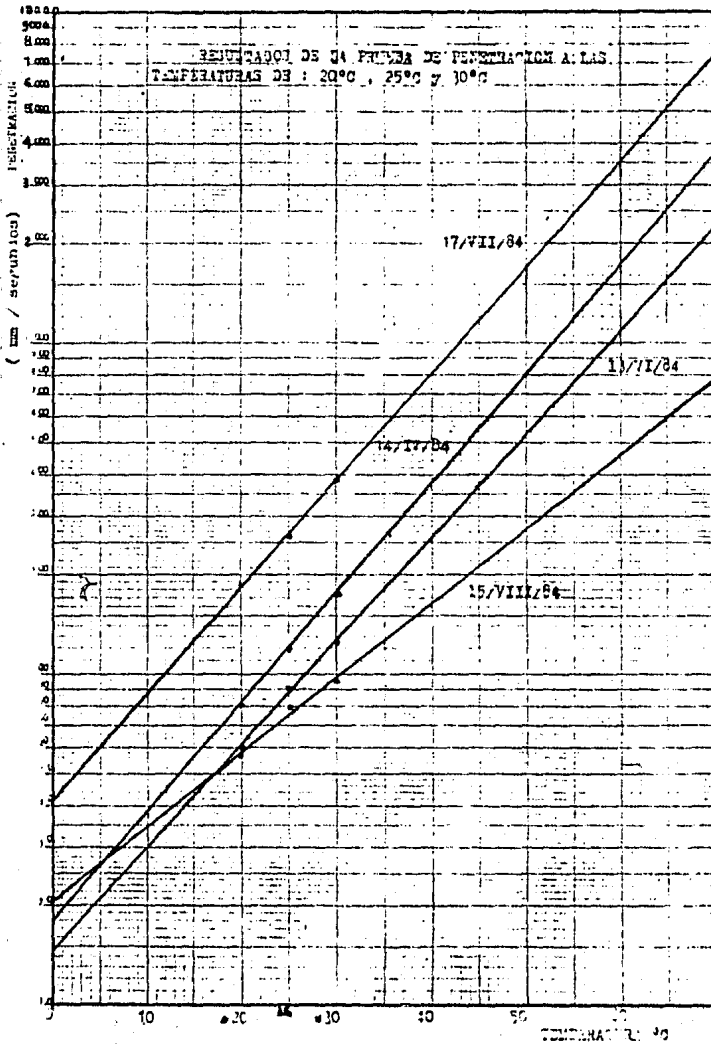
GRAFICA No. 2

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA REOLOGIA DEL CEMENTO
ASFALTICO No. 6

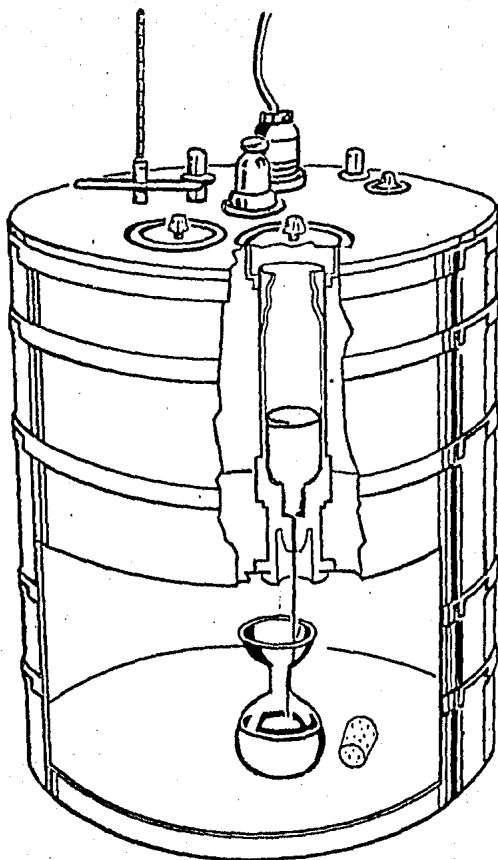


GRAFICA No. 3

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA REOLOGIA DEL CEMENTO
ASFALTICO No. 6
PARA LA PRUEBA DE PENETRACION



VISCOSIMETRO SAYBOLT - FUROL



- Figura 19 -

V.2.2. RESIDUO POR DESTILACION.

Objetivo de la Prueba.- Determinar las proporciones (%) de agua y de residuo asfáltico contenido en la emulsión.

Equipo y material utilizado en la prueba (Figura - 20).

Un alambique cilíndrico de fierro.

Un quemador anular de gas de 101.6 mm de diámetro.

Un quemador anular de gas de 52.4 mm de diámetro in terno.

Un quemador anular de gas de 50.8 mm de diámetro in terno.

Un tubo de conexión.

Un refrigerante.

Una probeta graduada de 100 ml.

Un termómetro de inmersión con rango de -2 a +300°C, tipo A.S.T.M. 7C.

Un mechero bunsen.

Procedimiento:

1) Pésense 200 gramos de una muestra representativa de la emulsión en el alambique previamente tapado, incluyendo accesorios como: tapaderas, abrazadera, termómetro, - etc. La tapadera debe ajustarse perfectamente mediante el tornillo de presión entre ella y el alambique, debe usarse un empaque de papel impregnado con aceite. El termómetro se insertará mediante un tapón de corcho, de tal manera que el bulbo quede a unos 6 mm del fondo del alambique.

2) Conéctese el alambique y colóquese alrededor de éste el quemador de gas de 101.6 mm de diámetro, con el que se calentará la parte superior del mismo.

3) Cuando la temperatura de la muestra haya llegado a 121°C, bájese el quemador hasta la mitad de la altura del alambique y manténgase en esta posición hasta alcanzar la temperatura de 176°C, después de la cual deberá bajarse nuevamente el quemador casi hasta la altura del fondo del alambique.

4) Elévese la temperatura de la muestra hasta 260°C y manténgase durante un tiempo de 15 minutos.

5) Desconéctese el alambique y pésese con todos sus accesorios.

CALCULOS

$$R = \frac{200 - (W_i - W_f)}{200} \times 100 = 100 - \frac{(W_i - W_f)}{100}$$

En donde:

R = Contenido de residuo por destilación en %.

W_i = Peso en gr del alambique y sus accesorios mas el peso de la muestra de emulsión antes de la prueba.

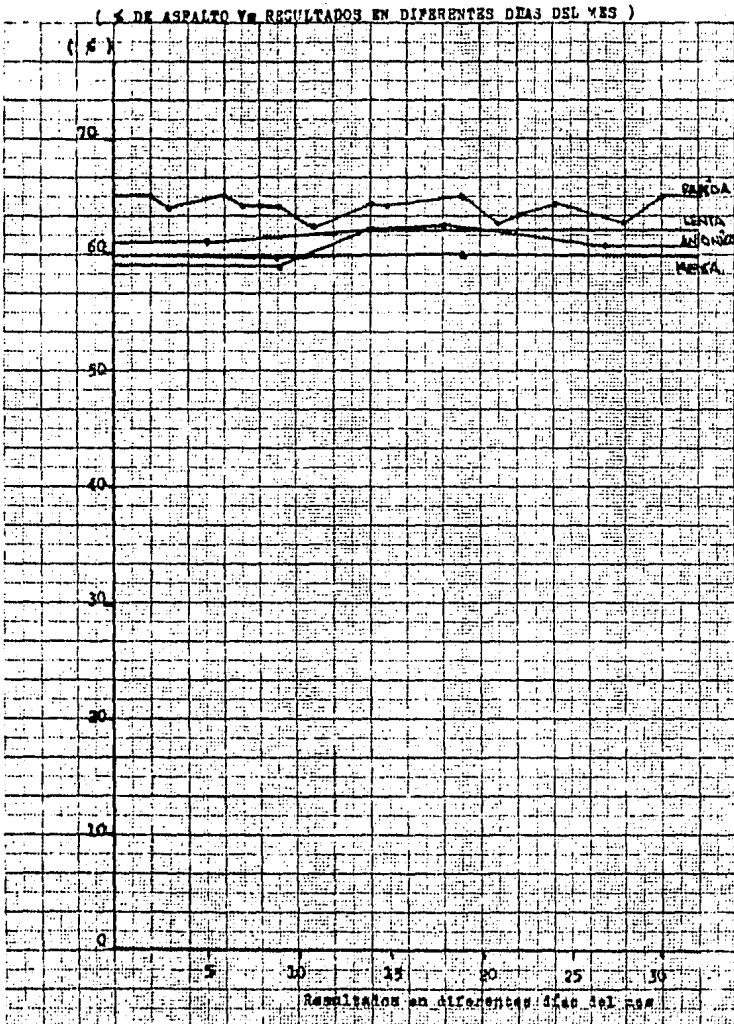
W_f = Peso en gr del alambique y sus accesorios mas el peso del residuo después de la prueba.

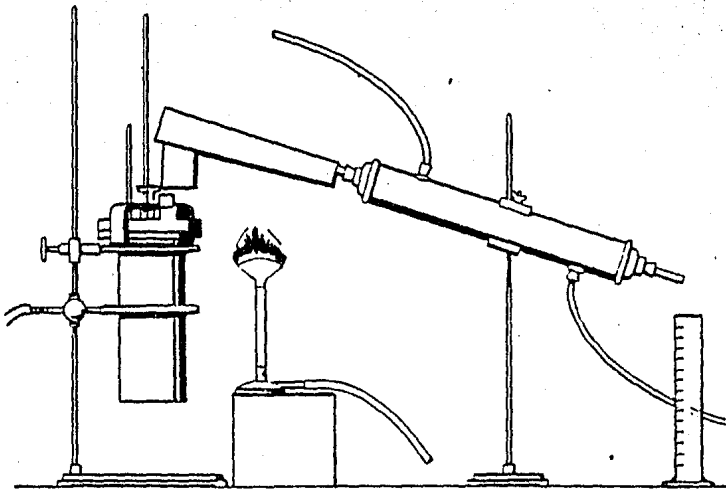
$W_i - W_f$ = Peso del destilado en gr. (Ver grafica # 4)

GRÁFICA No. 4

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLIDOS PARA LA DETERMINACION DEL % DE ASFALTO EN LOS DIFERENTES TIPOS DE EMULSION.

En esta prueba, los resultados que se obtuvieron en los diferentes días del mes, como se muestran en la gráfica siguiente; los resultados están reportados, en % de asfalto.





APARATO PARA RESIDUO POR DESTILACION

V.2.3. RESIDUO POR EVAPORIZACION

Objetivo de la prueba.- Determinar el porcentaje - del residuo de las emulsiones asfálticas mediante la evaporación del agua y solventes que éstas contienen.

Equipo y material utilizado en la prueba.

Charolas de aluminio de 20 cm de diámetro.

Agitadores metálicos.

Una balanza granataria de 1500 gr de capacidad.

Procedimiento:

1) Pésese la charola con el agitador y anótese - este peso como P_t .

2) Agréguese una cantidad cualquiera de emulsión P_e , que junto con el peso P_t será el peso total P .

3) Calíentese la charola con la emulsión hasta - evaporar totalmente el agua que contenga ésta. Debe mover se constantemente la emulsión para evitar que se derrame - al hacer espuma por el agua que contiene.

4) Pésese de inmediato y obtenga un valor P_1 , - que es el peso de la tara mas el cemento asfáltico (asfalto).

CALCULOS

$$P_r = P_e - (P_t + P_e - P_1) = P_1 - P_t$$

$$\% \text{ RESIDUO} = \frac{P_1 - P_t}{P_e} \times 100 = \frac{P_r}{P_e} \times 100$$

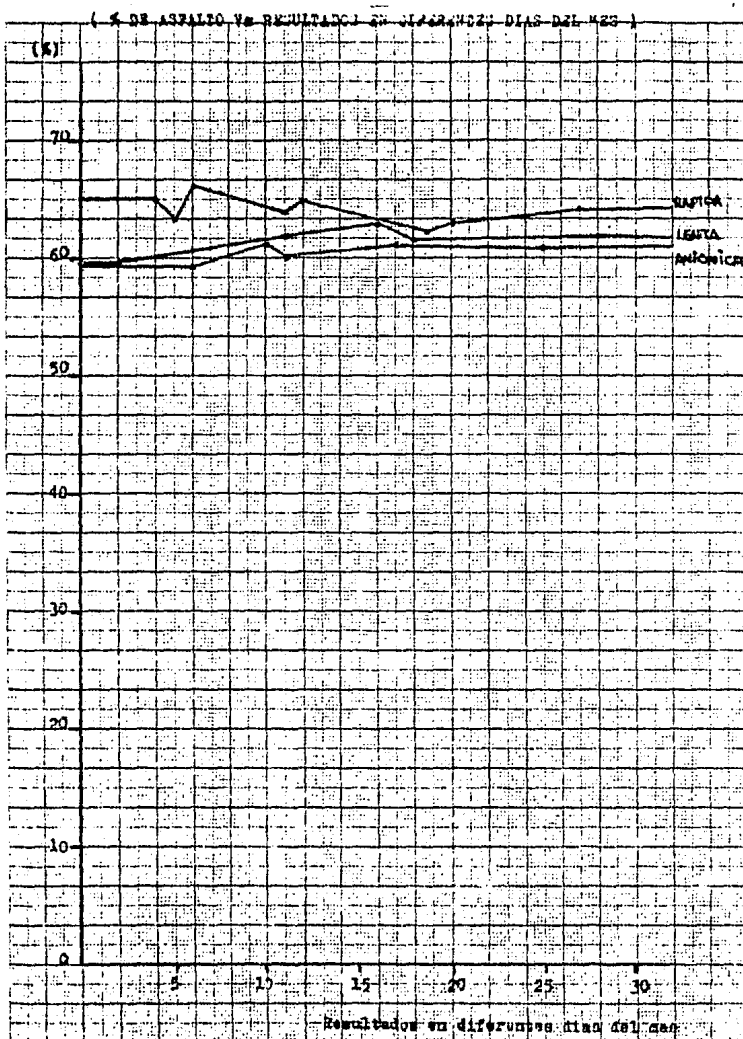
(Ver grafica # 5)

GRAFICA No. 5

RESULTADOS DE LA PRUEBA DEL RESIDUO POR EVAPORACION PARA LA DETERMINACION DEL % DE ASFALTO EN LOS DIFERENTES TIPOS DE EMULSION.

En esta prueba, los resultados que se obtuvieron en los diferentes días del mes, es como se muestra en la siguiente gráfica. Los resultados están reportados en % de Asfalto.

El muestreo de pruebas se efectuó cada 15 minutos.



V.2.4 ASENTAMIENTO

Objetivo de la prueba.- Obtener un índice de la -
tendencia que los glóbulos de asfalto tienen para sedimen-
tarse durante un almacenamiento prolongado de las emulsio-
nes asfálticas.

Material y equipo empleado en la prueba:

Dos probetas de vidrio de 500 ml de capacidad.

Una pipeta de 50 ml de capacidad.

Equipo utilizado en la determinación del residuo -
por evaporización.

Procedimiento:

1) Colóquese en cada probeta una muestra represen-
tativa de la emulsión, con un volúmen de 500 ml; déjense-
tapados y en reposo durante el tiempo especificado a la -
temperatura ambiente.

2) Transcurrido este tiempo, por medio de la pipe-
ta extráigase de la parte superior 55 ml de cada una de -
las muestras, sin alterar el resto del contenido de las -
probetas.

3) Colóquese en los vasos de 500 ml, cada una de -
las porciones tomadas. Uniformícese con la varilla metá-
lica y ajústese el peso de cada porción a 50 gr utilizan-
do la pipeta.

4) Determinése en ambas porciones el contenido - de residuo por evaporización siguiendo el método ya descrito y anótese el promedio de ambos resultados como R_s .

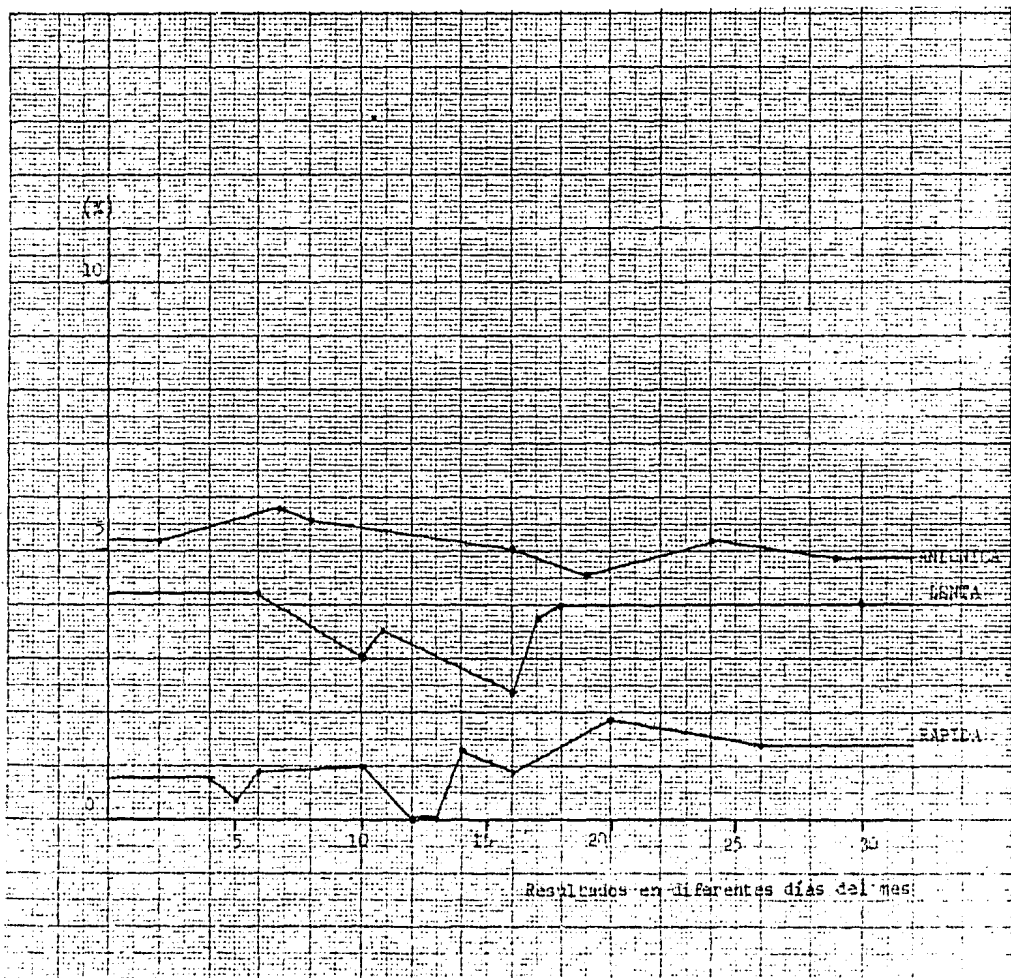
(Ver grafica # 6)

GRAFICA No. 6

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE ASENTAMIENTO CON LOS DIFERENTES TIPOS DE EMULSIONES.

Estas pruebas se realizaron en los diferentes días del mes como se muestra en la siguiente gráfica, y los resultados están reportados en % de Asentamiento.

(% DE ASENTAMIENTO Vs RESULTADOS EN DIFERENTES DIAS DEL MES)



V.2.5. DETERMINACION DE LA CARGA ELECTRICA.

Objetivo de la prueba.- Identificar las emulsiones asfálticas, catiónicas y aniónicas, a través de su carga eléctrica. Los glóbulos de asfalto con carga eléctrica positiva las clasifican como catiónicas; los de carga negativa en aniónica.

Equipo y material necesario para efectuar la prueba. (Figura 21).

Un dispositivo que proporcione una corriente eléctrica directa de 12 voltios, provisto de una resistencia variable y un miliamperímetro.

Un vaso de precipitado de 250 ml.

Un cronómetro.

Procedimiento:

1) Viértase en el vaso una cantidad de emulsión suficiente para que los electrodos puedan sumergirse sin tocar el fondo del vaso.

2) Conéctense al aparato, los electrodos limpios y secos; enseguida, sumérjanse en la emulsión sin tocar las paredes ni el fondo del vaso.

3) Acciónese el interruptor de la corriente eléctrica; ajústese ésta a una intensidad de 8 miliamperes, y a partir de este momento cuéntese el tiempo.

4) Cuando hayan transcurrido 30 minutos de aplicación de la corriente, o bien, la intensidad de ésta se haya reducido a 2 miliamperes de un tiempo menor, interrúmpase el peso de la corriente eléctrica; al desconectar - los electrodos lávense con agua de la llave.

5) Obsérvese si hay asfalto depositado en los electrodos. Una emulsión catiónica depositará una cantidad - apreciable de asfalto sobre el cátodo o electrodo negativo, mientras que el ánodo o electrodo positivo se conservará relativamente limpio.

6) En caso de no apreciarse depósito de asfalto en ninguno de los electrodos, deberá repetirse la prueba con mayor intensidad de corriente.

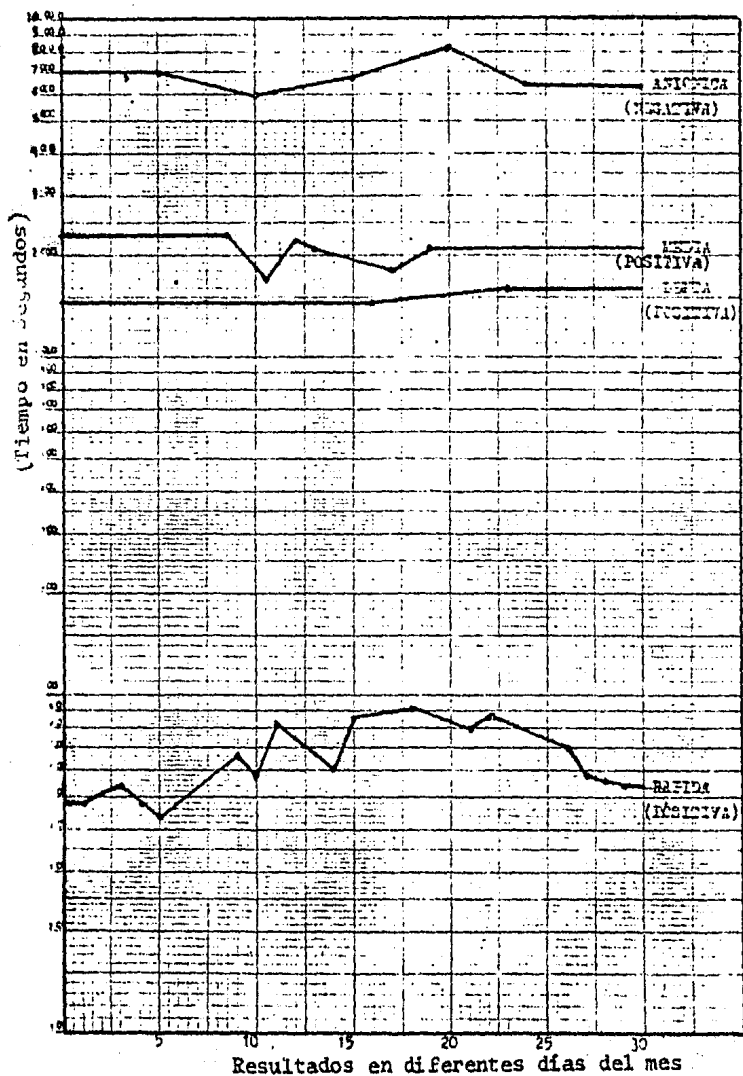
REPORTE DE LA PRUEBA:

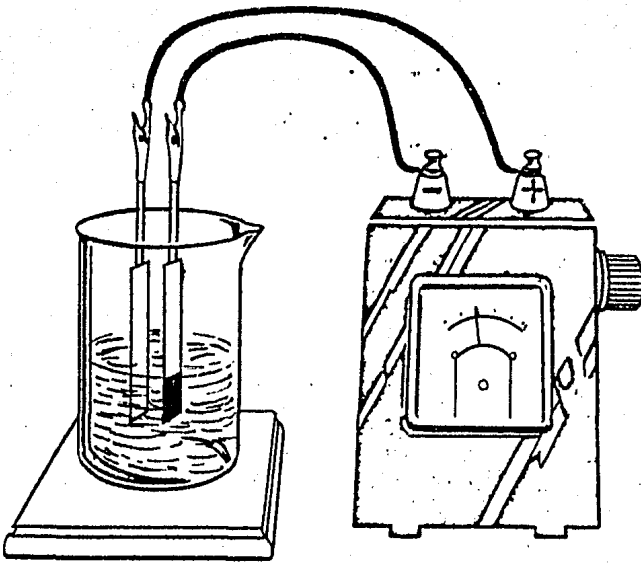
Los resultados de la prueba se reportan en términos de la polaridad determinada; positiva si el asfalto - se ha depositado en el cátodo; negativa si el depósito se observa en el ánodo.

(Ver grafica # 7)

GRAFICA No. 7

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA PARA DETERMINACION DE LA CARGA ELECTRICA DE LA PARTICULA EN DIFERENTES TIPOS DE EMULSIONES.





DETERMINACION DE CARGA ELECTRICA

V.2.6 PRUEBAS EN EL RESIDUO

Las pruebas en el residuo tienen como objeto conocer las propiedades de los materiales asfálticos que componen a una emulsión.

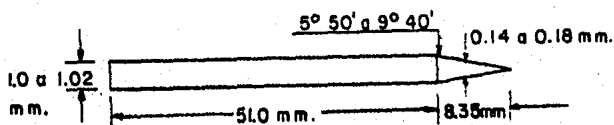
Estas pruebas se hacen sobre el residuo que se obtiene de la destilación.

PENETRACION DE LOS MATERIALES ASFALTICOS.

Objetivo de la prueba.- Determinar la penetración del asfalto en estado semisólido o sólido, la cual es determinada por la distancia en décimas de milímetro que una aguja estándar penetra verticalmente en una muestra de dicho material, bajo condiciones normalizadas de temperatura, carga y tiempo.

Equipo y material utilizado en la prueba:

Un penetrómetro provisto de una aguja estándar con la forma y dimensiones siguientes: (Figura 22).



- Figura 22 -

Un baño maría.

Un termómetro de inmersión total, A.S.T.M., rango: -8 a 27°C.

Un termómetro de precisión, tipo A.S.T.M., rango: -8 a 32°C.

Un termómetro del mismo tipo anterior, con rango de 25 a 55°C.

Un cronómetro:

Procedimiento:

1) Colocar el vaso de traslado, sobre el soporte del penetrómetro. La aguja cargada con el peso especificado, se ajusta de modo que haga contacto con la superficie de la muestra, por medio de una fuente luminosa convenientemente situada. Después se anota la lectura de la escala o se coloca la manecilla en cero. Se suelta la aguja durante el período de tiempo especificado, tras lo cual se ajusta el vástago del penetrómetro para leer la distancia penetrada.

2) Hacer tres pruebas sobre diferentes puntos de la superficie de la muestra, los cuales no deben de estar a menos de 1 cm de distancia de la pared del recipiente, ni entre sí.

Después de cada prueba, la muestra y el vaso de traslado se deben regresar al baño de agua, mientras la aguja se limpia cuidadosamente hacia su punta, primero con

un paño limpio humedecido con tetracloruro de carbono para quitar todo el asfalto adherido y después con un paño limpio y seco.

Reportar una penetración promedio calculando aproximado a la unidad más cercana de por lo menos tres pruebas, cuyos valores individuales no deben diferir del promedio en más de las tolerancias calculadas con aproximación de una unidad para dicha penetración.

Las tolerancias se calculan como sigue:

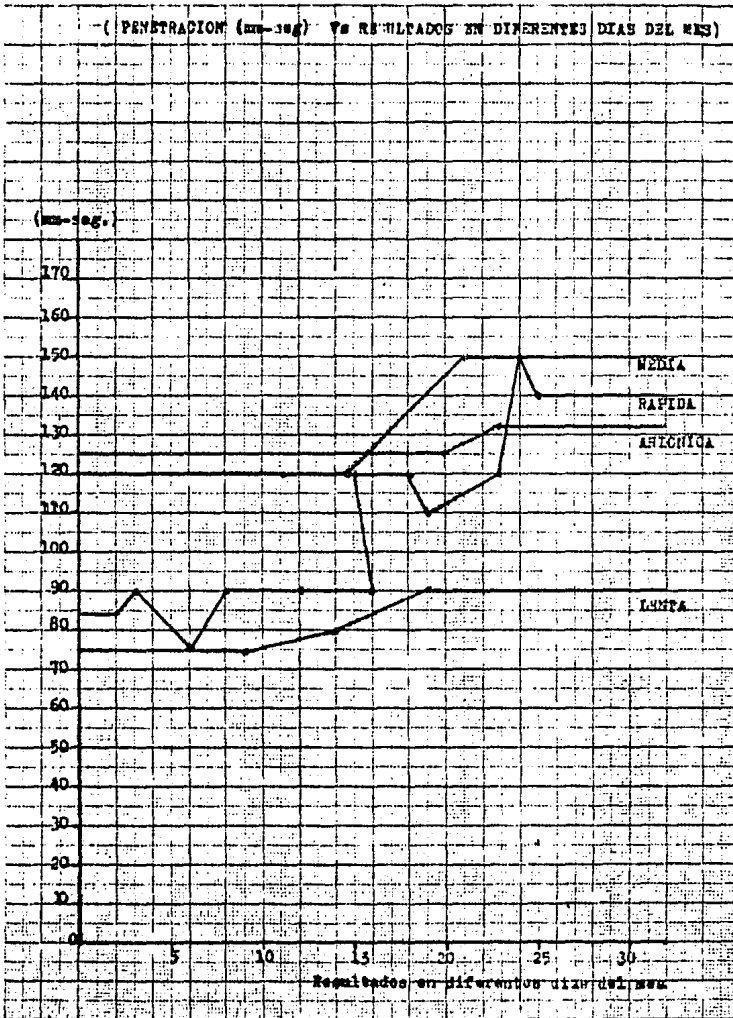
$$\text{TOLERANCIA} = \frac{\text{PENETRACION}}{100} \pm 1$$

(Ver grafica # 8)

GRÁFICA No. 8

RESULTADOS DE PENETRACION EN LOS DIFERENTES TIPOS DE EMULSIONES EN LA PRUEBA DE RESIDUO POR DESTILACION.

En la gráfica siguiente se determina el comportamiento, de - las diferentes emulsiones al determinar la penetración.



V.2.7 DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES ASFÁLTICOS.

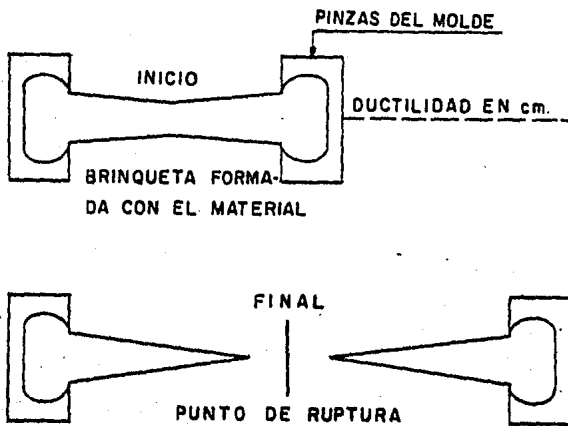
Objetivo de la prueba.- Medir la distancia a la cual se pueden estirar los materiales asfálticos (asfaltos) antes de romperse, cuando los extremos de una briqueta del material (forma que éste adopta en el molde) son jalados a una velocidad y temperatura especificada. (Figura 23).

La temperatura de prueba será $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y una velocidad de 5 cm/seg.

Equipo necesario para efectuar la prueba:

Un molde especial para la prueba de ductilidad.

Un baño de agua con capacidad no menor de 10 litros.



-Figura 23-

Representación esquemática de la prueba de ductilidad.

Procedimiento:

1) Modelado de la muestra para la prueba.- El asfalto que se va a probar debe ser fundido completamente, hasta que esté bien fluído, calentándolo en un baño de aceite que se mantiene a la temperatura mínima, necesaria para licuar debidamente la muestra. Después de agitar perfectamente, se agita el material dentro del molde que se arma sobre una placa de latón.

2) La placa de latón y el molde con la briqueta formada del material, se colocan después en el baño de agua y se conservan a la temperatura especificada por un período de 85 a 95 minutos, después de lo cual se quita la briqueta de la placa; se desconectan las piezas laterales y se prueba inmediatamente la briqueta formada.

3) Los anillos en cada extremo de las pinzas son conectados a los postes o ganchos de la máquina probadora, y de las dos pinzas son jaladas a la velocidad especificada hasta que la briqueta se rompa.

La distancia hasta la cual podrán ser jaladas las pinzas para producir la ruptura, se reporta en centímetros. Una prueba normal es aquella en la cual el material entre las dos pinzas se estira hasta el punto de ruptura en el lugar en que la briqueta prácticamente no tie-

ne ninguna sección.

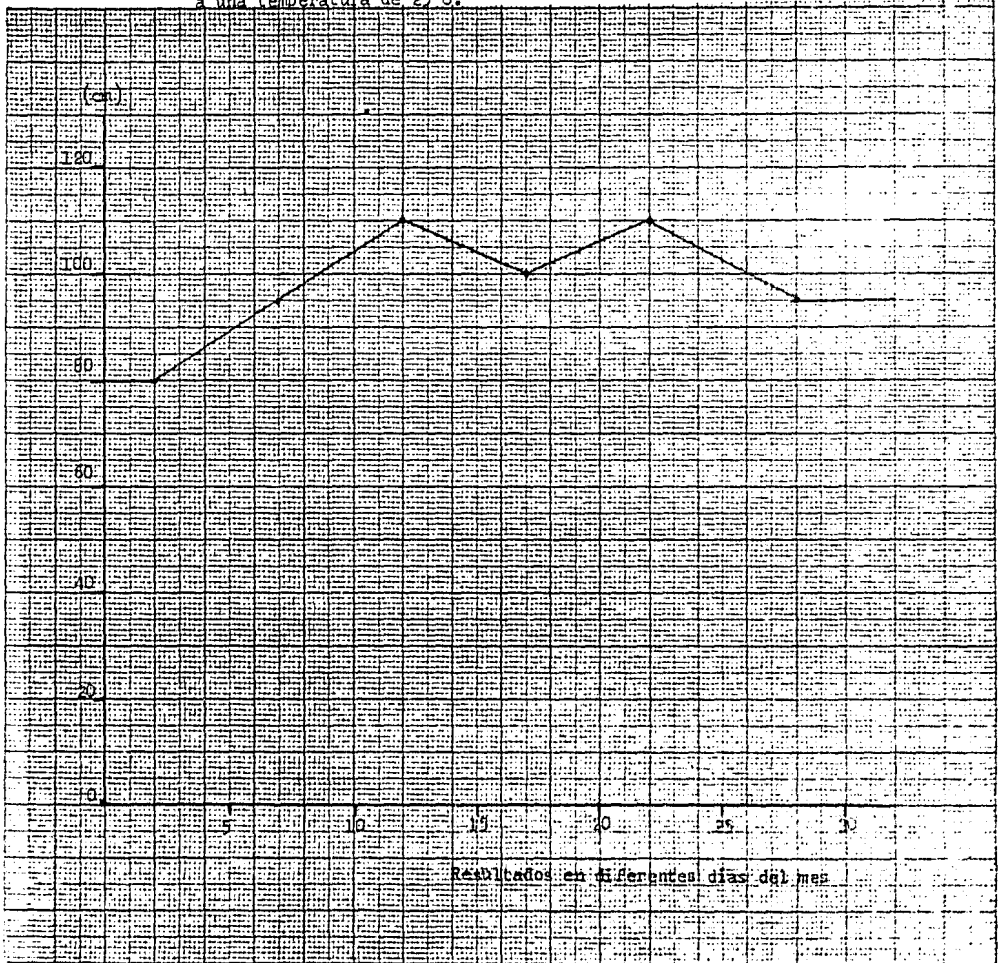
Reportar el promedio de tres pruebas normales como:
LA DUCTILIDAD DE LA MUESTRA DE ASFALTO.

(Ver grafico # 9)

GRAFICA No. 9

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE DUCTIBILIDAD PARA EL CEMENTO ASFALTICO No. 6, EL CUAL ES UTILIZADO EN LA ELABORACION DE LAS -
EMULSIONES.

(ALARGAMIENTO 5 cm/seg. Vs RESULTADOS EN DIFERENTES DIAS DEL MES)
a una temperatura de 25°C.



PRUEBA DE LABORATORIO DE LA SOLUCION O JABON EMULSIFICANTE

V.2.8 DETERMINACION DEL POTENCIAL HIDROGENO (pH).

Objetivo de la prueba.- Determinar la acidez o alcalinidad del jabón emulsificante.

Equipo y material para efectuar la prueba:

Un potenciómetro y un dispositivo que permita corregir los efectos de la temperatura.

Un electrodo de referencia del tipo Platino/Mercúrio-Calomel, en solución saturada de KCl.

Un electrodo de medición.

Dos vasos de precipitados de 100 ml a uno de 250 ml.

Reactivos y Soluciones:

Una solución de referencia de tartrato ácido de potasio (saturada) con $\text{pH} = 3.57 \pm 0.02$.

Una solución de referencia de bórax 0.01 M con:

$$\text{pH} = 9.22 \pm 0.01 \text{ a } 20^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{pH} = 9.18 \pm 0.01 \text{ a } 26^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{pH} = 9.13 \pm 0.01 \text{ a } 30^{\circ}\text{C}.$$

Una solución saturada de KCl.

Una solución de diamina comercial de clorhidrato de alquilpropileno al 1%, en casos de pH comprendido entre 3 y 5.

Una solución de jabón de resina vinsol con un pH entre 12 y 13.

Agua destilada, acetona y tricloroetileno.

Procedimiento:

1) En el caso de las emulsiones catiónicas, los electrodos se mojan en la solución de diamina de clorhidrato de alquilpropileno; para las aniónicas con jabón de resina vinsol.

2) Lavar los electrodos con agua destilada.

3) Los electrodos se calibran sumergiéndolos en algunas de las soluciones de referencia y se anota el pH que marca el potenciómetro, cuidando de hacer la corrección por temperatura.

4) Lavar los electrodos con agua destilada nuevamente.

5) Vertir 50 ml de la muestra en un vaso de 100 ml e introducir los electrodos, agitando el vaso durante algunos segundos. Leer el pH2 marcado en el potenciómetro.

6) Lavar finalmente los electrodos con agua destilada.

7) Con objeto de verificar la calibración de los electrodos, efectúense una determinación en la misma solución de referencia y anótese la lectura pH_3 :

8) Para lavar los electrodos, enjuáguese con acetona, luego con tricloroetileno, nuevamente con acetona y finalmente con agua destilada.

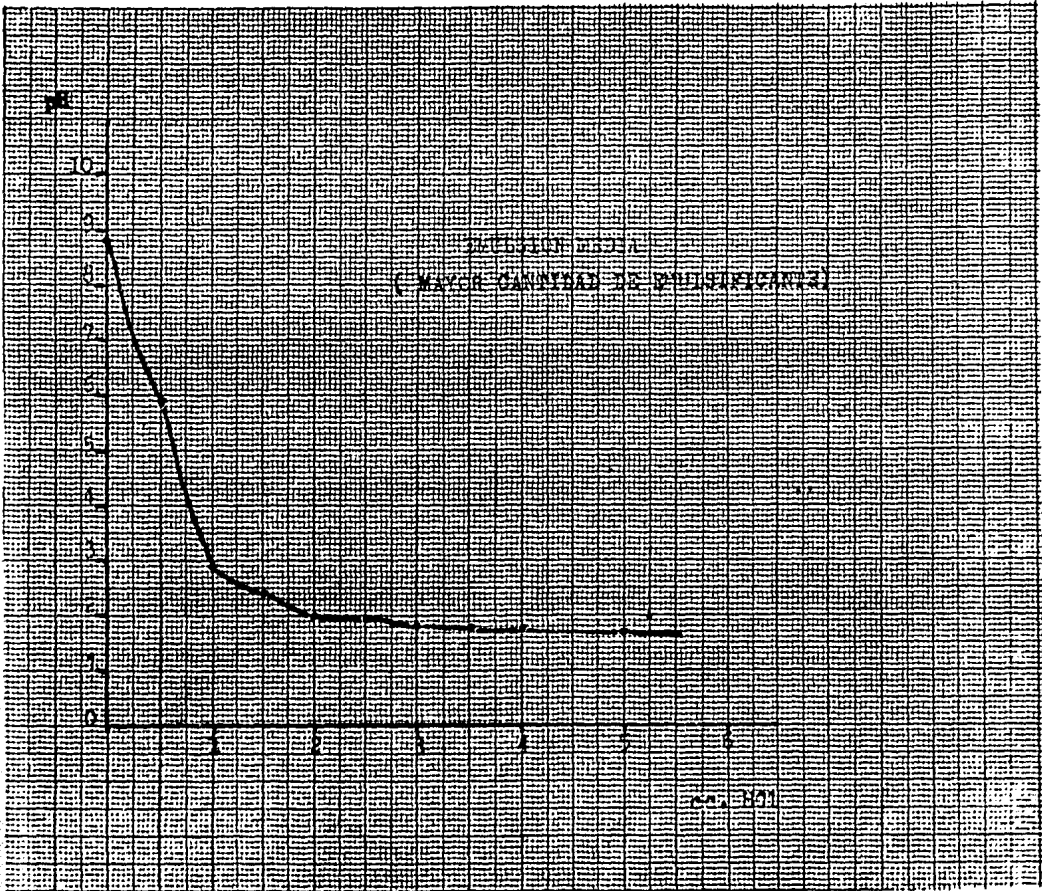
RESULTADOS: Reportar la lectura pH_2 , indicando la temperatura de la prueba, la cual debe estar comprendidaentre 20 y 30°C.

(Ver graficas # 10 y III)

GRAFICA # 10

En ésta gráfica se determina, la cantidad de ácido que se utilizará con mayor o menor cantidad de emulsificante, de acuerdo a la emulsión que se pretenda elaborar. Si es una emulsión de rompimiento rápido lleva menor cantidad de ácido, así como menor cantidad de emulsificante; en las demás emulsiones el incremento es mayor.

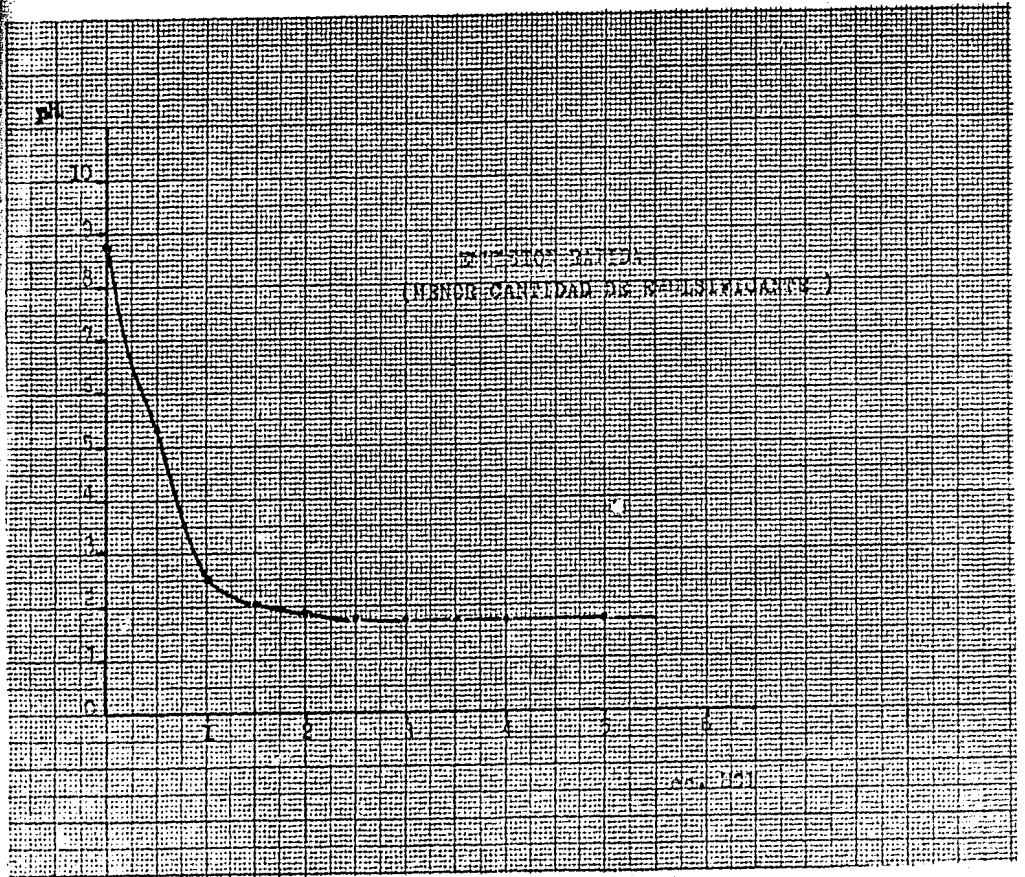
(pH vs. cc. HCl)



GRAFICA # III

En ésta gráfica se determina, la cantidad de ácido que se utilizará con mayor o menor cantidad de emulsificante, de acuerdo a la emulsión que se pretenda elaborar. Si es una emulsión de rompimiento rápido llevará menor cantidad de ácido, así como menor cantidad de emulsificante; en las demás emulsiones el incremento es mayor.

(pH Vs cc. HCl)



V.3 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS.

Cualquiera que sea la aplicación a que se destinen las emulsiones asfálticas, se deben ejecutar las siguientes operaciones:

- a). Almacenamiento
- b). Transporte

Estas operaciones deben obedecer a cierto número de reglas.

V.3.1 ALMACENAMIENTO

La emulsión asfáltica prácticamente nunca se fabrica de acuerdo con la demanda. En efecto, sería muy costoso mantener permanentemente el ligamento a la temperatura de fabricación: es evidentemente más lógico almacenar en frío que almacenar en caliente. Por otra parte, por razones que son más técnicas que económicas, las empresas han perfeccionado grupos de fabricación cuya producción horaria supera el consumo en las obras de utilización, siendo este consumo a menudo irregular y no siempre previsible, dados los numerosos factores a los que está sometida la ejecución de las obras.

El almacenamiento se efectúa:

- a).- Por una parte, en las mismas fábricas de producción.
- b).- Por otra parte, en depósitos fijos o móviles, colocados en lugares próximos a los de utilización.

Citamos aquí, únicamente para recordarlo, el almacenamiento en tambores, el cual tiende a desaparecer debido a su precio elevado y a las dificultades de manipulación, de limpieza y de consumo, que comprende.

V.3.1.1 TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.

El tiempo de almacenamiento, es bien entendido - muy variable. Depende:

- a) De las exigencias de la fabricación.
- b) De las capacidades relativas de los auto-tanques de abastecimiento y de aplicación.
- c) De las exigencias y contingencias de las obras consumidores las condiciones del clima (lluvia período de frío), son las causas principales - de un almacenamiento prolongado.

Las emulsiones comunmente fabricadas para la construcción de carreteras, permiten un almacenamiento de varios meses sin que sufran ningún daño.

V.3.1.2 INCIDENTES EN EL ALMACENAMIENTO

a) LA NATA

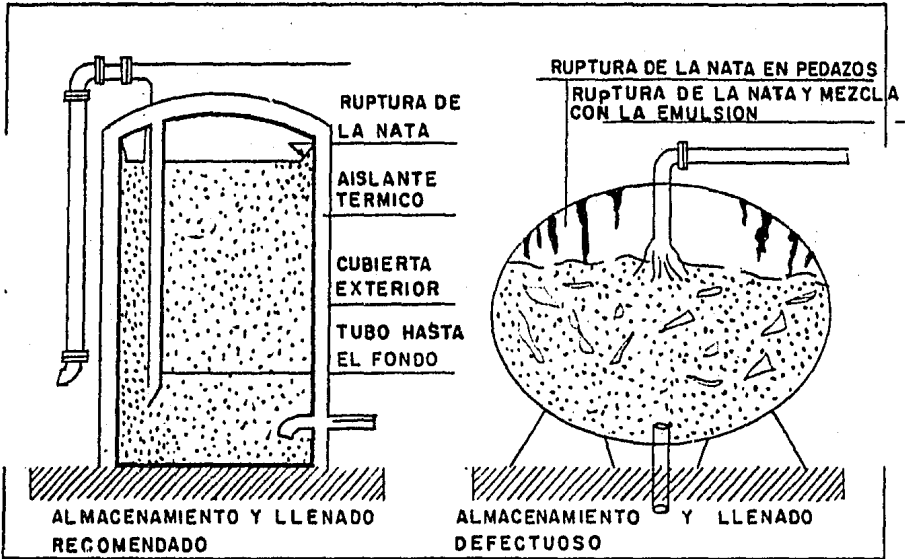
Es la película delgada de ligante que, en contacto con el aire, se forma siempre en la superficie de la emulsión después de un almacenamiento prolongado.

Esta película no representa ningún inconveniente, tiene aún la ventaja de proteger al ligante del contacto del aire.

En caso necesario, se puede evitar la formación de esta nata, vertiendo en el recipiente una cantidad muy pequeña de aceite combustible. Este producto sin embargo, se difunde completamente en la masa y será necesario renovarlo. En la práctica se emplea poco este procedimiento.

Lo mejor, salvo razón imperiosa contraria, es conservar la nata.

Es deseable, para este objeto, disponer de recipientes de almacenamiento de sección horizontal constante (tanques verticales) y alimentarlos por medio de tuberías que lleguen hasta el fondo. (Figura 24).



- Figura 24 -

Es peligroso almacenar emulsión aniónica en un tanque que antes haya tenido emulsión catiónica, lo cual para que esto suceda deberá seguir el procedimiento de neutralización.

V.3.2

T R A N S P O R T E

La emulsión asfáltica debe ser transportada:

- a) Sea de la planta de fabricación al depósito - de almacenamiento.
- b) O bien, de la planta de fabricación o del depósito de almacenamiento, al de la obra que - va a ser aplicada.

Los equipos de transporte serán los mismos que - los destinados al transporte de productos asfálticos ca- lientes; se podrán, sin embargo simplificar, ya que el - sistema de calentamiento o de conservación de la tempera- tura, no es necesario.

De acuerdo con la importancia de las distancias_ a transportar los equipos pueden tener tanques de capaci- dad muy variable, desde tanques de 23 ton., montados en semi-remolques, hasta pequeños tanques de 2 tons., desti- nados a alimentar equipos de conservación.

Todas las formas de tanques son convenientes, ci- líndricos, elípticos y solo razones de su construcción, - limpieza o estética pueden guiar a una elección.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el proceso de elaboración de las emulsiones, es necesario realizar un muestreo y análisis de la emulsión, para garantizar la calidad del producto. Para ello es necesario hacer todas las pruebas que antes se mencionan y el procedimiento como se describe en cada una de ellas.

Los resultados obtenidos en cada una de estas pruebas fueron de acuerdo a las especificaciones marcadas por la A. S.T.M.

La prueba en el residuo de la destilaciones de las más importantes, ya que de ésta dependen todas las demás pruebas. Pero antes de revisar la prueba de residuo por destilación se realiza la prueba por evaporación, ésta nos permite controlar la calidad y la cantidad. De sólidos durante el proceso en un tiempo de cada 15 minutos.

A una concentración alta de la parte asfáltica, el incremento de la viscosidad es mayor y la estabilidad es mejor, cualidad que puede aprovecharse durante el almacenamiento y transporte de las emulsiones. Con esto sí tenemos una buena concentración asfáltica, la prueba de viscosidad resultará satisfactoria; de lo contrario, una baja concentración disminuye la viscosidad y se refleja en la inestabilidad de la emulsión .

Una vez realizadas estas pruebas de mayor importancia se procedió a analizar, con las demás pruebas, que determinan la calidad de cada tipo de emulsión.

En la prueba de penetración los resultados que se obtuvieron, al sacar la reología de los asfaltos, éstos estuvieron en las normas de especificación que recomienda la A.S.T.M.

En la prueba de ductibilidad no se determina con frecuencia, ya que las principales pruebas que se realizan a los asfaltos son: viscosidad, penetración y solubilidad en tetracloruro de carbono.

En la prueba de la malla No. 20 es para determinar si existen grumos en la emulsión, por eso los resultados obtenidos son nulos ya que si se elabora la emulsión con una concentración alta y una buena emulsificación no habrá ningún retenido es esta prueba.

La prueba al pH en la emulsión es un dato importante para el productor, pues para dar una mayor adhesividad, con pH_5 cercanos a 4.5, pero es un valor crítico en la emulsificación. Conforme se disminuye, se tendrá una mayor facilidad de trabajo pero menor adherencia.

Es por esto que estas pruebas es importante, ya que con mayor cantidad de emulsificante, se tendrá mayor rompimiento y con menor cantidad tendremos menor tiempo de rompimiento.

La estabilidad de las emulsiones catiónicas de asfalto, aumentan cuando se trabaja el asfalto a temperaturas mínimas. Motivo por el cual se recomienda el uso de equipos potentes, de bombeo y de dispersión.

En la fabricación de las emulsiones, cuando se usan asfaltos con un elevado peso molecular, la cantidad de emulsificante a usar es menor. La estabilidad de la emulsión, aumenta cuando después de elaborada se enfría lentamente.

En épocas o regiones de frío intenso, se recomienda, no almacenar la emulsión y cuando son temperaturas de $10^{\circ}C$ no debe emplearse. Por esta razón es necesario, que la elaboración se lleve a cabo con las especificaciones y recomendaciones para cada tipo de emulsión.

El uso de las emulsiones asfálticas del tipo catiónico ha ganado confianza por su versatilidad dentro de la industria de la construcción, tanto en carreteras y aeropuertos, como dentro del área de impermeabilización en general.

Las principales causas de por qué las emulsiones catiónicas han venido a reemplazar el uso de asfaltos rebajados, concretos asfálticos y emulsiones aniónicas, son las siguientes:

1) La construcción de carreteras y aeropuertos usando emulsiones catiónicas puede ser realizada en condiciones que son consideradas adversas — cuando se usan otro tipo de asfaltos (rebajados asfálticos, emulsiones aniónicas, etc.), extendiendo así la temporada de construcción, sin afectar la buena calidad de los pavimentos.

2) Tanto los solventes, como el calentamiento, que son necesarios utilizar para la aplicación de mezclas en caliente o las emulsiones asfáltica dado que éstas no requieren ninguno de ellos para su aplicación, por concretarse en estado líquido a temperaturas cercanas a los 0°C. De esta manera la conservación de energía es altamente considerada.

3) La contaminación del medio ambiente es también prevenida durante el uso de emulsiones asfálticas, al no usar éstas las grandes cantidades de solventes que son utilizados para el calentamiento de rebajados asfálticos, los cuales se evaporan durante el proceso de calentamiento dentro del medio ambiente, creando así, más contaminación dentro del mismo. Al mismo tiempo el peligro que ofrecen los solventes durante su manejo (material inflamable), es eliminado completamente cuando se usan emulsiones asfálticas.

El costo de los emulsificantes catiónicos es función de su comportamiento, puede ser comparativo igual al de otros tipos de emulsificantes, - aunando a ésto la versatilidad de poder aplicarse a la mayoría de los materiales pétreos que existen sobre la corteza terrestre, con excelentes resultados.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- A BASIC ASPHAL EMULSION
MANUAL SERIES No. 19
MARCH 1979

- 2.- ASPHALT COLA MIX MANUAL
MANUAL SERIES No. 14
THE ASPHAL INSTITUTE
COLLEGE PARK MARYLAND 1977

- 3.- BITUMINOUS MATERIALS
ASPHALTS, TARS AND PITCHES
VOL. II PART ONE
ARNOL. J. HOLBERG
NEW YORK, N. Y.

- 4.- BOLETIN DE LA ESSO RESEARCH (PRODUCTOS BITUMINOSOS,
S. A.)
1969 Y 1970

- 5.- CONCRETOS DE CEMENTOS PORTLAND Y ASFALTICOS
AUTOR THOMAS D. LARSON.
EDITORIAL C.E.C.S.A.

6.- EMULSIONS AND FOAMS

SOPHIA BORKMAN AND GUSTAV. E. GLOFF.

REINHOLD PUBLISHING CORP.

NEW YORK, N. Y.

1941.

7.- EMULSIONES ASFALTICAS

CALIFORNIA STANDARD OIL COMPANY DE MEXICO

RAMOS SALIDO NAPOLEON

1935, MEXICO D.F.

8.- EMULSIONS CATIONIQUES

LABORATORIO DE LA CIA. COLAS, FRANCIA.

1958.

9.- ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LA ESTABILIZACION

DE ARENAS CON EMULSION

RIVERA E. GUSTAVO.

CONGRESO PANAMERICANO DE CARRETERAS

I.R.F. QUITO, ECUADOR,

1971.

10.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION

DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS.

LIBRO PRIMERO, PARTE OCTAVA.

SEGUNDA EDICION

1971.

- 11.- LABORATORIES DES PONTS ET CHAUSSEES; BULLETINS DE
LIAISON, 55 BD. LEFEVRE PARIS XV, FRANCE,
No. 13 MAI-JUIN 0 1965; R. DRON; COMPORTEMENT
ELECTRO CHIMIQUE DES EMULSIONS DE BITUME;
PAGS. 3-1 A 2-6.
No. 15 SEPTEMBRE-OCTOBRE 1965; LABORATORIE CENTRAL,
SECTIONS DE CHIMIE ET DES REVETEMENTS HYDROCARBONES;
ETIDE DE LELECTRO RUPTURE DES EMULSIONS CATIONIQUES
DE BITUME; PAG. 1-9.
No. 35 DECEMBRE 1968; J. BONNOT; ACIDITE DES
EMULSIONS DE BITUME EMPLOYES POUR LEXECUTION
DES ENDUITS SUPERFICIELS SUR GRAVE LAITIER; PAG. 10
PROCHINOR; LES EMULSIONS ACIDES DE BITUME; 48
RUE JACQUES DULUD NEULLY S/SEUBE, 1983, PARIS,
FRANCE.

- 12.- THE ASPHALT HANDBOOK
MANUAL SERIES No. 4 (MS-4) 1965 U.S.A.
THE ASPHALT INSTITUTE
COLLEGE PARK MARYLAND.

- 13.- THE HANDBOOK OF PETROLEUM AND NATURAL GAS
PUBLICADO COMO BOLETIN No. 25
ED. MC. CRAW HILL - 1960
ROY CROSS
KANSAS CITY Mo.
1982.