

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO DE LOS SISTEMAS DE IMPER-  
MEABILIZACION A BASE DE POLICLOROPRENO Y  
POLIETILENO CLOROSULFONADO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A

FRANCISCO JAVIER ZARZOSA MANRIQUEZ

MEXICO, D. F.

1969



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 esta 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.

**JUNTA DIRECTIVA DEL INSTITUTO DEL TIPO**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>Julio Terán Zavaleta</b>
<b>VICE</b>	<b>Fernando Iturbe Hermann</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Antonio Reyes Chumacero</b>
<b>Co. SECRETARIO</b>	<b>Guana Flores Alvarado</b>
<b>Inte. SECRETARIO</b>	<b>David E. Figueroa Tagle</b>

**COMITÉ DE ASESORIA DEL TIPO:**

**MEXICOTOL, S. A.**  
**Casa. Azcapotzalco-Villa 705,**  
**México, D.F.**

**SECRETARÍA:**

**Francisco J. Carrón Manríquez**

**ASISTENTE DEL TIPO:**

**Fernando Iturbe Hermann**

**SUPERVISOR TÉCNICO:**

**Julio Terán Zavaleta**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA  
DEPTO. DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES.

FORMA C

( AUTORIZACION PARA ESCRIBIR DEFINITIVAMENTE EL TEMA REVISADO )

C. Director Genl. de Servicios Escolares  
Universidad Nacional Autónoma de México.  
P r e s e n t e .

Se permite comunicar a usted, que el tema de \_\_\_\_\_

T E S I S Titulado: "ESTUDIO TECNICO DE LOS TI-  
TEMAS DE IMPERMEABILIZACION A BASE DE POLICLOROPRENO Y P.  
TILINO SULFONADO"

que presenta: EL SR. FRANCISCO J. ZARZOSA MARRIQUEZ

Pasante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO

Fue aceptado por el Jurado nombrado para dicho examen, el cual  
quedó integrado en la siguiente forma:

Presidente Prof: JULIO TERAN ZAVALTA

V o c a l " : FERNANDO ITURBE HERMANN

Secretario " : ANTONIO REYES CHUACERO

1er. Suplente : SUSANA FLORES ALMAZAN

2do. Suplente : DAVID H. FIGUEROA TAGLE

A t e n t a m e n t o .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria D.F., a 11 de noviembre de 19 69

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES  
Y EXAMENES PROFESIONALES.

QUIM.  TERAN Z.

En la vida existen situaciones que verdaderamente impulsan a realizar las cosas que se llegan a proponer y que algunas de -- ellas son tan inapreciables que crean sentimientos de gratitud -- tan profundos que no llegan a retribuirse íntegramente, por tal -- dedico cariñosamente este trabajo a mis padres con el objeto de -- darles algo a cambio de tanto que me han proporcionado y que al-- gún día trataré de hacer lo mismo para alcanzar las mismas satis-- facciones que ellos tuvieron. Gracias

Dr. Francisco Zarzosa A. y

Ma. de la Paz M. de Zarzosa

Deseo, además dedicarla a mis queridos hermanos Ma. Estela, Leticia, Fernando, Jesús y -- Norberto para que sigamos manteniendo ese nivel de compañerismo que nos une.

Sinceros agradecimientos al Maestro  
Fernando Iturbe H. por la gran ayuda  
en el asesoramiento que me ofreció y  
y al Maestro Julio Terán por sus -  
consejos tanto dentro como fuera de-  
la facultad.

Agradezco las facilidades y la amable  
cooperación que me brindaron todas --  
aquellas personas en Resistol, S.A. -  
para llevar a cabo la terminación de  
esta tesis.



# I N D I C E

Página

PROLOGO . . . . .	1
INTRODUCCION . . . . .	111
Historia . . . . .	111
Generalidades sobre Impermeabilización . . . . .	iv
CAPITULO I	
LAS HUMEDADES COMO MOTIVO DE IMPERMEABILIZACION . . . . . 1	
Humedad del suelo, absorbida por las fuerzas capilares y electroosmóticas. . . . .	1
Agua empleada en la construcción. . . . .	2
La humedad de la atmosfera, condensada en el interior de los muros o de los materiales de construcción . . . . .	3
Humedad debida a la lluvia, penetrando al interior de la construcción . . . . .	3
Acción de las aguas accidentales. . . . .	5
Efecto de las humedades y señales que se manifiestan. . . . .	6
Conclusiones . . . . .	7
CAPITULO II	
MECANISMO DE CONDUCCION DE LAS HUMEDADES. . . . . 9	
Generalidades sobre interfaces. . . . .	9
Interface sólido-líquido. . . . .	10
Fenómeno de conducción de humedad en la construcción. . . . .	12
1.- Tensión superficial . . . . .	13
2.- Capilaridad . . . . .	15
3.- Presión hidrostática. . . . .	19
Conclusiones. . . . .	20
CAPITULO III	
CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL POLICLOROPRENO Y POLIESTIRENO CLOROSULFONADO. . . . . 21	
Policloropreno. . . . .	22
1.- Generalidades . . . . .	22
2.- Estructura molecular. . . . .	22
3.- Tipo de policloropreno. . . . .	24
4.- Estabilidad del polímero bruto. . . . .	24
6.- Costo del polímero. . . . .	25
6.- Características de los vulcanizados . . . . .	26
Poliestireno clorosulfonado. . . . .	30
1.- Generalidades . . . . .	30
2.- Manufactura y estructura molecular. . . . .	31
3.- Tipos de polímero y propiedades . . . . .	31
4.- Vulcanización . . . . .	34
CAPITULO IV	
INTERPERISMO. . . . . 38	
Definición. . . . .	38

Deterioración física por la acción del solvente . . .	38
Cambios químicos en el envejecimiento . . . . .	39
Factores que influyen en el envejecimiento. . . . .	40
Catalizadores de la oxidación . . . . .	46
Antioxidantes . . . . .	48

**CAPITULO V**

<b>FORMULACIONES . . . . .</b>	<b>49</b>
Policloropreno. . . . .	50
Tipo de elastómero . . . . .	50
Agentes vulcanizantes. . . . .	52
Aceleradores de curado . . . . .	55
Antioxidantes. . . . .	56
Pigmentos. . . . .	57
Solventes. . . . .	61
Molienda . . . . .	64
Disolución . . . . .	67
Poliétileno clorocruzonado . . . . .	68
Tipo de elastómero . . . . .	68
Sistema de vulcanización . . . . .	68
Antioxidantes. . . . .	72
Cargas . . . . .	73
Solventes. . . . .	76
Masticado. . . . .	77
Disolución . . . . .	78
Pruebas de funcionamiento. . . . .	80
Para la película . . . . .	80
Para la solución de techado. . . . .	81

**CAPITULO VI**

<b>LOS SISTEMAS Y SUS CARACTERISTICAS. . . . .</b>	<b>85</b>
Propiedades aprovechables para impermeabilización . . . . .	85
Tipos de techos más usuales . . . . .	92
Formación de los sistemas en función del tipo de techado. . . . .	93
Estimación de las cantidades usadas de las soluciones de techado . . . . .	95

**CAPITULO VII**

<b>APLICACIÓN. . . . .</b>	<b>100</b>
1.- Cuidados y precauciones . . . . .	101
2.- Influencia del medio ambiente . . . . .	102
3.- Técnicas de la aplicación . . . . .	104
a) Preparación de las superficies . . . . .	104
b) Refuerzo de los sistemas . . . . .	106
c) Aplicación de las soluciones . . . . .	107

<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>116</b>
-------------------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>118</b>
-------------------------------	------------

## PROLOGO

El problema de la filtración de humedad en las construcciones ha constituido una de las principales causas de mal aspecto, condiciones insalubres y destrucción prematura de las mismas. De lo anterior deriva la importancia de proporcionar una protección adecuada mediante la aplicación de impermeabilizantes de probada eficacia, cuya duración y facilidad de manejo los hagan económicamente atractivos. Los adelantos logrados en la elaboración de impermeabilizantes permiten seleccionar el más adecuado entre la amplia variedad de productos disponibles. Para la elaboración de tales productos se emplean diversos materiales de acuerdo a las especificaciones por satisfacer en cada sistema de protección, asimismo, las técnicas de aplicación cambian con el tipo de producto y de superficie por cubrir.

Tanto por la importancia de la impermeabilización como por la variedad de factores que intervienen en el fenómeno de filtración de humedad y los diversos productos que se han desarrollado, se considera interesante la elaboración de un trabajo que presente las principales causas de la presencia de humedad en las construcciones, así como los fenómenos involucrados en su conducción a través de los materiales de construcción, una descripción de los tipos fundamentales de impermeabilizantes y sus métodos de aplicación. Ante la imposibilidad de considerar todos los tipos de productos, el presente trabajo comprende únicamente los que tienen como base al policloropreno y al polietileno clorosulfonado, pre-

sentando las características de estos materiales, sus comportamientos a la intemperie, las formulaciones en las que se emplean y los sistemas de impermeabilización que con dichas formulaciones se pueden obtener, junto con las técnicas de aplicación requeridas para obtener el máximo rendimiento y las medidas de seguridad que deben tomarse durante dicha aplicación.

---

---

---

## I N T R O D U C I O N

### Historia

Desde los primeros tiempos de la humanidad el hombre ha buscado el refugio a las inclemencias del tiempo y en particular a las precipitaciones que lo orilló inicialmente a buscar protección en las cuevas y cavernas que lo salvaguardaban en contra de ellas, pero al filtrarse el agua en tales refugios y producirse humedades insanas, buscó algo más apropiado para morar, y empezó a utilizar la madera como otro recurso de protección pero que posteriormente también le causó dificultades debido a que conservaba la humedad, y en expediciones largas se alcanzaba la putrefacción, entonces, como una manera de evitarlo utilizó lodo mezclada con yerbas como barrera protectora, presentándose así la primera manifestación de impermeabilización en la antigüedad.

Al transcurso de los años, las necesidades de protección se fueron acentuando y sobre todo al aumentar las exigencias en la comodidad de vivir, hicieron que el ente humano fuera irrenunciándose para utilizar diferentes materiales en la construcción de su vivienda, y evitar así, las humedades insanas que tanto lo habían molestado.

El uso del cemento y del concreto resolvió en gran parte el problema, pero inclusive presenta cierta permeabilidad, ya que en la fase de curación o fraguado presenta los fenómenos de sangrado o eliminación de agua y el de contracción, los cuales originan

intersticios y porosidad, creando vías de filtración de la humedad lo cual implicaba otro problema que había de eliminarse, ya fuera -- por recubrimientos superficiales que actuaran como barreras, o adicionándole directamente al cemento ciertas sustancias que le dieran impermeabilidad integral.

Poco a poco el estudio y la investigación fué creando y mejorando el uso de los impermeabilizantes, tanto integrales como superficiales, ideando sistemas ya sea de un sólo tipo de ellos, - o bien, haciendo mezcla con el objeto de encontrar óptimos resultados.

En la actualidad está muy generalizado el uso del impermeabilizante, a tal grado que casi toda la construcción lo emplea lo cual ha provocado la utilización de numerosos materiales desde asfálticos, recubrimientos plásticos, elastoméricos, repelentes a base de silicones, etc.

Las técnicas del aislamiento y la protección de los edificios tienen un desarrollo bastante reciente y, sin embargo, son de gran importancia, porque de ellos depende en gran parte la comodidad de los que los ocupan, a veces también su seguridad y, finalmente la buena conservación de las construcciones.

#### Generalidades sobre impermeabilización

El término impermeable aplicado al concreto y materiales de construcción implica la eliminación completa del paso del agua y del vapor de agua, ya se trate de líquido y vapor a presión o no. Para la impermeabilización es necesario usualmente la protección -

con una barrera o un revestimiento impermeable, como una membrana bituminosa, pues casi todo el concreto o cualquier material de construcción es más o menos permeable al paso del agua y del vapor de agua. La velocidad de penetración capilar del agua a presión por el concreto es muy pequeña. El mayor problema se presenta por causa de las goteras de agua a través de orificios mayores que los capilares. El concreto y otros materiales similares en su uso que no la filtran de éste modo se consideran "resistentes al agua". Si no se tiene éste tipo de vías ni tampoco transmite agua por capilaridad, se describe como "repelente del agua". Sin embargo, éste último tipo es permeable al vapor de agua y permite la transmisión de agua a presión por sus capilares.

Con el fin de eliminar y evitar prácticas comerciales poco limpias, en los Estados Unidos la Comisión de Comercio Federal promulgó las reglas prácticas comerciales para la industria de la construcción, en 1946. Estas reglas se refieren, entre otras cosas al uso de términos descriptivos tan importantes como "impermeable", "resistente a la humedad", "resistente a los agentes atmosféricos", "hermético al agua" y "resistente al vapor".

La American Society for Testing Materials ha establecido una serie de normas con requisitos para asfalto, materiales bituminosos y otros productos, usados en la impermeabilización de construcciones de concreto y de materiales similares en su uso, para conferirles resistencia a la humedad.

En México a partir de 1967 La Secretaría de Industria y Comercio ha creado Subcomitéo para la normalización de productos impermeabilizantes con el objeto de que se manejen en el comercio materiales de calidad perfectamente bien establecida y así, prote

ger a todo aquel fabricante que cumpla con los requisitos establecidos en los acuerdos tomados en las juntas de dichos Subcomités.

Los cementos llamados impermeables llevan una cantidad muy pequeña de un repelente del agua, como una sal de un ácido -- graso, como oleatos e estearatos. El mortero y el concreto hechos con estas sustancias pueden ser repelentes del agua, pero no impermeables en el pleno sentido de la palabra. A veces se usan --- "rellenos de poros", como el fluorosilicato magnésico.

Los muros a nivel superior al del suelo sólo requieren resistencia a la lluvia traída por el viento, pues la filtración por capilaridad del agua de lluvia por estas estructuras es muy lenta y de ordinario carece de importancia práctica. Por ellos -- son preferibles las superficies externas repelentes, que son muy resistentes al agua, pero no impermeables, como pinturas a base de aceite, son barreras para el vapor y a veces son inadecuadas a causa de la posible condensación y retención de la humedad en las paredes.

El National Bureau of Standards ha realizado mucha labor acerca de la aplicación de materiales impermeabilizantes sobre materiales de construcción. Los resultados de un ensayo de materiales a través de 13 años para cerrar poros han sido resumidos -- por Kowler. La aplicación de parafina de alto punto de fusión -- al material de construcción dió buenos resultados en el cierre de la porosidad ( pero no de orificios mayores ) para impedir la penetración de agua por capilaridad. Jumper ha efectuado ensayos de impermeabilización integral de concreto contra la penetración de agua por los capilares. La permeabilidad para el agua, de las paredes construidas con ladrillo o tabique, ha sido también estudiada



da por Plathburn. Más tarde se ensayaron revestimientos de superficie para muros de obra que sean permeables, después de aplicarlos a muestras pequeñas de muros de tabique, se halló que los mejores resultados contra la filtración se habían obtenido de ordinario con una lechada de cemento y agua. Datos similares sobre la eficacia de la lechada de cemento y agua, habían sido obtenidos antes por Copeland y Carlson. En su investigación, se halló que los revestimientos aplicados con brocha eran más resistentes que los aplicados por pulverización.

A veces se usan repelentes de silicónes para obras a nivel superior al del suelo cuando sólo se necesita una ligera protección. Se dice que no manchan a los materiales de construcción que incluso reducen las manchas de suciedad depositadas por el agua. Permiten el paso de vapor de agua, por lo que la estructura puede "respirar". Como resultado de la menor absorción de agua en la obra, probablemente disminuye la posibilidad de daños por heladas y eflorescencia.

Los ensayos de los muros tratados con silicónes han demostrado que la protección contra las goteras de lluvia arrastrada por el viento es temporal, pues se produjeron goteras después de unas horas de exposición, cuya velocidad aumentó con la duración del ensayo. Para remediarlo, pueden necesitarse otros tratamientos de juntas o revestimientos con un mortero de cemento Portland. Como los materiales del tipo del cemento no se unen bien a una superficie repelente, deben aplicarse antes de utilizar silicónes.

La aparición de materiales novedosos como son de los que nos ocuparemos que practicamente son lo más moderno en impermeabili-

lización junto con las membranas de hule butilo de más reciente aparición constituyen los sistemas de tipo elastomérico para esta clase de usos. El policloropreno y el polietileno clorosulfonado formulados como solución y las membranas de hule butilo ofrecen una gran continuidad en la membrana formada con total ausencia de porosidad, además de gran flexibilidad y resistencia al intemperismo.

Su uso es tan variado que estando debidamente vulcanizados pueden utilizarse como barreras permanentes en el almacenamiento de agua sin peligros de filtración, ni de fallas en su funcionamiento. Por sus características de gran elongación pueden aplicarse en gran variedad de sustratos donde los movimientos son muy pronunciados y rebasan los límites de seguridad de impermeabilizantes con poca elasticidad.

Reuniendo estas y otras propiedades, pueden combinarse estos elastómeros y crear sistemas de membranas muy eficientes y sobre todo mucho más eficaces que los sistemas antiguamente usados, avanzando así, en la técnica y en el conocimiento de una de las necesidades que va acentuándose a medida que el mejoramiento de las construcciones así lo requiera.

## C A P I T U L O I

### LAS HUMEDADES COMO FACTIVO DE IMPERMEABILIZACION

La presencia de las humedades en el interior de una --- construcción siempre es factible por diferentes causas, aunque se afirma que un buen colado es totalmente impermeable, siempre podrá encontrarse tal anomalía, aún teniendo buenos cuidados en esta operación, ya que las causas que intervienen muchas veces son factores imprevistos no visualizados, o bién, imposibles de solucionar de inmediato excepto por procedimientos diferentes. Las -- causas a que nos referimos son:

- Humedad del suelo
- Agua de construcción
- Humedad de la atmósfera
- Humedad por lluvia
- Agua accidentales

#### Humedad del suelo, aspirada por las fuerzas capilares y electroosmóticas

La absorción de agua del suelo por capilaridad tiene mucha importancia, la cual dependen en gran magnitud del nivel freático existente en el subsuelo del lugar. Estas humedades pueden eliminarse por varios métodos como son los drenes con énfasis de desagüe, métodos electroosmóticos o colocando barreras de tipo -- asfáltico en la sala de cimentación y evitar el paso de agua por capilaridad a los muros. Con estos métodos a la vez se elimina la

posibilidad de la aparición de la eflorescencia del salitre.

### El agua empleada en la construcción

El agua de construcción, que contiene la mayor parte de los materiales utilizados corrientemente, debe desaparecer en los casos normales en el transcurso aproximado de un año. En algunos casos el secado natural puede ser más largo y es necesario evitar esta retención perjudicial del agua por los materiales. En otros casos puede convenir, para reducir el tiempo de ejecución de las obras y sobre todo el acatado de las mismas, utilizar el secado artificial o acelerar el secado natural.

La humedad inicial no desaparece totalmente después de un cierto plazo, aproximadamente de un año, ya que se establece un especie de equilibrio que oscila entre ciertos límites, debido a que los materiales absorben cierta cantidad de agua, variable según el estado higrométrico de la atmósfera y a veces puede durar varios años en materiales como el concreto o en los muros porosos revestidos con aplastados bastante impermeables. Desde luego que influye grandemente la estructura del material y particularmente la de los poros que conducen la humedad hacia la superficie de evaporación. Los materiales con poros de diámetro bastante grande ( ladrillo, cal, etc. ) se secan con bastante rapidez. Los materiales de estructura fina ( morteros de cemento, madera, ladrillos silíceocalcareos ) pierden su agua muy lentamente. Las cavidades mayores en sus dimensiones o las figuras ( huecos de concreto celular, figuras de contracción ) aceleran la desecación.

La humedad de la atmósfera, condensada en el interior de los muros, o de los materiales de construcción

Como habíamos visto, existe un estado de equilibrio entre la humedad ambiente y las construcciones debido a cierta absorción que tienen las paredes y que eventualmente toman la forma de condensaciones aparentes. Como es sabido las condensaciones en la atmósfera se llevan a cabo con un grado higrométrico aproximadamente de 100%, es decir, en la saturación. Desde luego que en la construcción esto no tiene importancia si se lleva a cabo en las paredes exteriores de ella, sino en los poros de los materiales de que está hecha la construcción, ya que las condensaciones de las humedades dentro de ellos se suceden con porcentajes o grados higrométricos inferiores y tanto más bajo son cuanto son más finos los poros. Así por ejemplo, cuando los poros tienen un diámetro menor de 3 milionésimas de milímetros, la condensación llena los poros a un grado higrométrico de 70%. Ahora bien, un 30% aproximadamente del concreto posee poros interiores a esta dimensión y, por lo tanto, se saturan de agua a un grado higrométrico de 70%. Se comprende que a causa de estos fenómenos hay absorción de agua por las paredes, de tal manera que, lo que interesa es evitar tales condensaciones poniendo barreras no porosas o impermeables como materiales del tipo que estamos estudiando.

Humedad debida a la lluvia, penetrando al interior de la construcción

Es muy importante comprender y tener en cuenta el hecho de la penetración del agua al ser proyectada en forma de lluvia contra techos y muros. Aunque es relativamente raro, sin ser excep

cional, con los nuevos materiales que la penetración de las aguas -  
pluviales prosiga hasta la cara interior de las paredes, pero pue -  
de producirse en lugares que tienen vientos húmedos muy fuertes.  
Después de la lluvia la evaporación en la cara exterior es general-  
mente bastante intensa y esto evita que el muro absorba una canti-  
dad de agua demasiado grande. Cuando por circunstancias especiales  
esta evaporación se reduce ( en patios poco ventilados, fugas en --  
los canales, etc. ) pueden producirse fenómenos accidentales de po-  
netración.

Es preciso que los materiales expuestos a la intemperie -  
resistan la penetración de la lluvia, pero esta resistencia debe --  
ser mayor o menor según el clima. Se tienen pocos datos experimenta  
les pero se puede afirmar que el concreto con baja dosificación re-  
siste mejor que el ladrillo a la penetración de la lluvia, excepto  
los concretos ligeros, que en general resisten menos, aunque no se  
puede precisar un espesor de comparación. En todo caso deberá po---  
nerse mucho cuidado en las juntas de mortero que, por despegue o fi-  
suración, dejan penetrar fácilmente la lluvia. Las precauciones a  
tomar deberán ser tanto mayores, cuanto mayores sean las piezas que  
se unen con estas juntas. En ciertos casos los constructores prefi-  
ren recurrir a usar juntas de asfalto que muchas veces es la mejor  
solución para paredes delgadas.

Se ha creído demasiado que el mejor procedimiento para --  
protegerse contra la lluvia es el de recubrir la cara exterior con  
un aplanado de algún material tan impermeable como sea posible (por  
ejemplo, el aplanado de cemento en lugar del de cal ). Generalmente  
es un error, pues estos aplanados es difícilmente que no se fisuren  
por efecto de la contracción, y con las fisuras las que producen --

las penetraciones más profundas, ya que la impermeabilidad misma - del aplanado retarda la evaporación por el exterior, por lo tanto, no se pueden recomendar estos procedimientos en la cara exterior - de los muros, salvo los casos siguientes:

1.- Los aplanados aplicados en superficies sensiblemente horizontales de terrazas y azoteas, con la condición de que sean ejecutados con toda la perfección posible.

2.- Las paredes impermeables delante de una cámara de aire ventilada, ya que la evaporación del agua que penetre eventualmente atrás de la cara impermeable es facilitada por la ventilación.

3.- Los recubrimientos más nuevos que no se fisuren, como ocurre con algunos productos nuevos a base de siliconas o de hules sintéticos.

La protección contra la lluvia de los elementos de construcción sensiblemente horizontales es todavía más importante que las paredes verticales, además no afecta a los materiales homogéneos, sino también a las estructuras y sobre todo aquellas que tienen juntas y no han sido selladas con mortero y las que tienen cierto juego (puertas, ventanas, etc.)

#### Acción de las aguas accidentales

Y finalmente no hay que olvidar la acción de las aguas - accidentales, que aunque no es una causa frecuente que produzca humedades sí deberá tomarse en cuenta por seguridad. Solamente se -- presentarán algunos casos sintomáticos ilustrativos para que se entienda mejor su efecto .

El primer caso de este tipo es el escape en las canaliza

ciones como los drenajes y tuberías de agua, de las que en muchos casos podemos darnos cuenta fácilmente, pero que algunas veces se producen en sitios especiales y pueden dar lugar a fenómenos que se confunden con las condensaciones o penetración de la humedad.

En otros casos, las aguas accidentales proceden del fregado de los suelos y se infiltran por las fisuras o por debajo de los revestimientos del pavimento. La misma previsión hay que tomar en cuenta cuando son inevitables las caídas de agua o de otros líquidos. En estos casos conviene doblar el revestimiento del suelo con una capa impermeable del material más conveniente.

#### Efecto de las humedades y aguas que se manifiestan

La humedad es una causa esencial de deterioro de las construcciones. Puede causar corrosiones o modificaciones en el aspecto (manchas, etc.) muchas veces inadmisibles. Según los estudios que se han hecho sobre las estadísticas de las viviendas miserables, la humedad es un factor esencial, más importante aún que la falta de calefacción; por otra parte, hay más edificios húmedos que viviendas propiamente miserables. Los arquitectos y constructores deben darse cuenta de los múltiples inconvenientes de la humedad y deben, por lo tanto, cuidar especialmente la protección de las construcciones en lo que a ello se refiere.

La humedad puede provocar deterioros más graves aún cuando el agua se congela y se dilata. Varias clases de deterioros se deben a este fenómeno de la congelación, del que cada vez se tiene mejor conocimiento, hasta el punto de existir ya numerosos procedimientos para reducirlos en los materiales de uso más frecuente, co



no es el concreto.

Por otra parte, la humedad tiene gran influencia en las condiciones de aislamiento térmico, pues la mayor parte de los materiales de construcción son mucho menos aislantes del calor cuando están húmedos. En un muro de concreto ligero después de su construcción, el coeficiente de transmisión de calor es mucho mayor cuando el material es nuevo y está húmedo, después decrece progresivamente y alcanza su valor normal hasta el cabo de 7 meses. Cuando por cualquier circunstancia permaneciera humedad en los muros, esto produciría una disminución muy apreciable en el aislamiento térmico.

Otro de los efectos que se pueden mencionar es que generalmente se cree que el aire húmedo es insano. Efectivamente esta opinión está bastante extendida y numerosos trabajos científicos han intentado justificarlo, pero en realidad los estudios más recientes y de mayor validez no permiten confirmar esta opinión, ya que por ejemplo, la mortalidad es menor cuando el tiempo es húmedo, claro que no hay que tomar esto como una base definitiva.

### Conclusiones

Hemos visto que las causas que llegan a provocar las humedades dentro de las construcciones pueden ser combatidas haciendo un enfoque completo de la situación de cada caso en particular, ya que en muchos de ellos pueden ser más de una las causas que las originan. Tomando en cuenta todo esto, debemos buscar que la aplicación de un material impermeable esté encaminada hacia obtener los mejores resultados posibles y no se llegue a entorpecer alguna otra operación.

## CAPITULO I I

### MECANISMOS DE COHECION DE LAS HUEVEDAS

#### Generalidades sobre interfaces

Desde el punto de vista físico una superficie o una interfase es la unión de dos fases. En un sistema heterogeneo las uniones son fundamentales en el comportamiento total del mismo, esto es de particular importancia en la tecnología. Por ejemplo, el fenómeno de adhesión puede considerarse como un efecto de superficie e interfase entre dos fases sólidas, o en algunos otros casos una fase líquida y una sólida.

Entre dos fases existe una superficie de separación. Tres fases o más solamente pueden tener una línea en común, pero nunca, una superficie. Este hecho simplifica el tratamiento teórico aún de los sistemas más complejos.

Hay cinco tipos de interfaces posibles: sólido-gas, sólido-líquido, líquido-gas, sólido-sólido y líquido-líquido. En nuestro caso de impermeabilización, la interfase que más nos interesa es la de sólido-líquido.

Existen tres hechos fundamentales cuando se forman interfaces:

1.- La transición de una fase a la otra es muy pequeña. Aunque hay tremendo viaje cinético de moléculas a través de la unión a temeraturas ordinarias, esta permanece estática de tal manera que su espesor no excede el de dos moléculas de grueso.

2.- Al formarse una interfase existe una cantidad definida de energía libre por cada unidad de area interfacial. La energía interfacial se expresa matemáticamente en erg por centímetro

cuadrado y es dimensionalmente equivalente a una tensión interfacial que expresada en dinas por centímetro lineal. Ambos conceptos son intercambiables. La tensión superficial aumenta al aumentar el desbalance geométrico del campo de fuerzas que actúan sobre las moléculas que forman la interfase. Como es de su propia un valor bajo de energía interfacial caracteriza interfaces relativamente fáciles de formar y por consiguiente de separar.

3.- La tercera característica en una interfase es la existencia de una diferencia de potencial en sus extremos, es decir una está cargada con respecto a la otra. Aunque no necesariamente en los sistemas conocidos entre dos fases puede apreciarse una diferencia de potencial, esta característica es fundamental en otros casos de superficie como en el de las emulsiones y suspensiones.

La carga o energía interfacial de un sistema está regida por las variables usuales termodinámicas, ó sea, la presión, temperatura y primordialmente la naturaleza química de los componentes presentes en cada fase. La característica de la carga puede ser a menudo modificada agregando simples compuestos orgánicos o inorgánicos de carácter iónico solubles en agua.

### Interfase Sólido-Líquido

La superficie de los sólidos así como la de los líquidos poseen energía libre debida a fuerzas no balanceadas de atracción que actúan por medio de la capa superficial de moléculas. Bajo condiciones normales la mayoría de los sólidos no se acercan verdaderamente a la isotropía como se acercan los líquidos, y la energía superficial varía de punto a punto. Desde el punto de vista experi

rental, la superficie de un líquido es mucho mejor estudiada ya - que son mucho más fácilmente reproducibles.

Esto es, porque están en equilibrio dinámico con el interior y son constantemente renovadas.

En una superficie sólida, de forma cualquiera, las moléculas permanecen en posiciones fijas y las propiedades de una superficie realmente limpia es rápidamente obsoletas por la suciedad adherida, y la fricción externa que pueda haber. La energía superficial de los sólidos puede estudiarse en algunos casos por cristaleografía y algunas otras formas. Puede ser estudiada también comparando los calores de dilución con muestras finamente o burdamente divididas, también como por otros métodos indirectos. No hay métodos directos nuevos para medir las energías libres de la tensión superficial de los sólidos. En todos los casos son generalmente del mismo orden de magnitud que la de los líquidos, aunque algo más elevada. Esto es de esperarse ya que las densidades no son bastante diferentes, lo que indica que las moléculas tienen la misma distancia entre sí. De aquí que las fuerzas de Van-der Waals deberán ser de la misma magnitud.

Cuando un líquido se pone en contacto con otra superficie de un líquido insoluble en él, las moléculas de ambas fases se atraen mutuamente a través de la interfase, y la tensión interfacial es en efecto más baja que la suma de las tensiones separadas de ambas fases. En realidad la situación del estado molecular es, algo diferente de la que se forma en la interfase líquido-sólido. Hay un intercambio molecular prácticamente nulo a través de la interfase, y las condiciones del lado sólido son prácticamente

estáticas. La interfase por sí misma posee energía libre y por consiguiente tiene una tendencia a minimizar su área, y debe considerarse matemáticamente de la misma manera que la interfase formada de un sistema líquido-líquido.

Aplicando la ecuación de Dupré:

$$W_{ad} = \gamma_{sl} + \gamma_{ll} - \gamma_{sl}$$

Donde  $W_{ad}$  es el trabajo de adhesión entre el sólido y el líquido y  $\gamma_{ll}$  es la tensión superficial del líquido.  $\gamma_{sl}$  y  $\gamma_{sl}$  es la tensión interfacial del sólido-líquido respectivamente, los cuales son medibles por métodos indirectos. El trabajo de adhesión también puede medirse por métodos indirectos.

### Fenómeno de conducción de humedad en la construcción

La transición del agua en el concreto y en los materiales de construcción, ya sea en forma líquida o en forma de vapor, tiende a llevarse a cabo a través de los poros e intersticiales que presentan en su superficie exterior principalmente.

Este fenómeno de filtración puede llevarse a cabo en cualquier instante, simplemente al haber contacto del agua con estos materiales, y desde luego no existiendo barreras ni porosidad que lo impidan. En la mayoría de los casos la importancia reside en la absorción y adsorción creada por las porosidades y las características propias del material respectivamente.

Vamos a hacer un estudio de las causas que dan lugar al fenómeno de conducción de humedad en la construcción; las causas

a que nos referimos son:

- 1.- Tensión superficial
- 2.- Capilaridad
- 3.- Presión hidrostática

#### Tensión superficial

Dentro del seno de un líquido las moléculas ejercen entre sí fuerzas de atracción distribuidas más o menos simétricamente, de tal manera que en la superficie las moléculas están parcialmente rodeadas por las otras moléculas, y por consiguiente solamente experimentan una atracción hacia el cuerpo del líquido. Estas fuerzas tienden a llevar las moléculas superficiales hacia adentro y provocan que el comportamiento del líquido sea como si estuviera rodeado de una membrana invisible. Este comportamiento de la superficie se lo denomina Tensión Superficial, y es el responsable de la resistencia a penetrar; tenemos ejemplos en la forma esférica de las gotas de los líquidos, la forma esférica de las partículas de mercurio en una superficie plana, el aumento de la altura del líquido dentro de un tubo capilar y el de observar como flotan películas de aceite en superficies líquidas.

Desde un punto de vista puramente termodinámico la tensión superficial tiende a minimizar su área hasta un punto de energía libre determinado, condición indispensable para obtener un equilibrio superficial estable. Esta energía libre es debida a las fuerzas de atracción no equilibradas de las moléculas en la superficie.

Una esfera es el área menor presentada por cualquier volumen, por lo tanto la tendencia de las partículas del líquido se-

rá debido a la tensión superficial, o sea a agruparse en forma esférica, fenómeno que se presenta al hacer a lín un líquido por un gotero.

Ya que la tendencia natural de un líquido es la de disminuir su área, cualquier incremento de superficie deberá ser acompañado de un trabajo. Este trabajo será explicado más adelante de la siguiente manera:

Consideremos una película de un líquido dentro de un marco de alambre en forma de  $\square$ ,  $a-b-c-d$ , como indica la figura 1a.

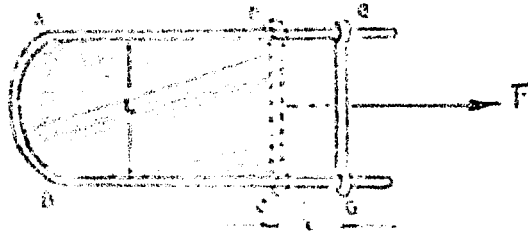


Figura 1a.

El lado  $cd = l$  es móvil. Si una fuerza  $F$  se requiere para mover el alambre  $CD$  contra la fuerza de tensión superficial actuando a lo largo de  $CD$ , el trabajo hecho  $W$ , en mover el alambre  $CD$  a  $ED$  es:

$$W = Fl \quad (2)$$

La fuerza actuante  $F$ , debe, sin embargo ser balanceada por la fuerza de tensión superficial a lo largo de  $CD$ . Si designamos por  $\gamma$  la fuerza por centímetro a lo largo de  $CD$ , y como tenemos dos superficies en ambos lados del marco, tendremos doble acción de la película, por lo tanto tendremos:

$$F = 2L\gamma \quad (3)$$

Substituyendo este valor en la ecuación 2:

$$F = F_x = \gamma \Delta x \quad (4)$$

Si despejamos de esta ecuación a  $\gamma$  tendremos:

$$\gamma = \frac{F}{\Delta x} \quad (5)$$

Entonces  $\gamma$  se define como una fuerza en dinas actuando a lo largo de un centímetro de longitud de superficie. De cualquier manera, el  $x$  es el incremento de superficie de la película creada o sea,  $\Delta A$ , por lo tanto la ecuación viene a ser:

$$F = F_x = \gamma (\Delta x) = \gamma \Delta A \quad (6)$$

Despejando a  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{F}{\Delta A} \quad (7)$$

Consecuentemente, debe ser considerado también como el trabajo en ergs necesarios para crear un incremento de un centímetro cuadrado de área, y por consiguiente, referida como la energía libre superficial de un líquido por centímetro cuadrado de área.

La tensión superficial es una característica propia de cada líquido y difiere grandemente en magnitud en los diferentes líquidos. Hay métodos que se utilizan para medirla tales como el tensiómetro, caída de gota, presión de burbuja, o el de capilaridad.

#### Capilaridad

La capilaridad es un fenómeno que está íntimamente li-



gada con la tensión superficial, o bien, es una consecuencia de esta. En nuestro caso vamos a considerar que cada una crea una acción específica, la tensión superficial dependerá básicamente de la constitución molecular del líquido y la capilaridad de las características de porosidad del material de construcción.

La explicación de la acción de la capilaridad será de la siguiente manera:

Si se coloca un tubo de vidrio de diámetro muy pequeño en el agua, figura 1b, ésta sube hasta cierta altura (dicho tubo recibe el nombre de tubo capilar) que se debe a que la atracción molecular entre el vidrio y el agua se combina con la tensión superficial, lo cual hace que suba el agua hasta h.

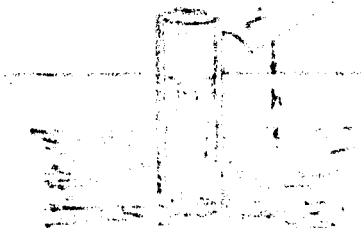


Figura 1b

A esta altura h se le denomina ascensión capilar. La superficie dentro del tubo capilar toma la forma de una cavidad cóncava llamada menisco, que forma un ángulo  $\theta$  con las paredes del tubo. El valor de este ángulo depende del material con que está hecha la pared del tubo y de las impurezas que la cubren.

Los límites en que varía el ángulo  $\theta$  son:

Para tubos de vidrio con paredes químicamente limpias

$$\theta = 0^\circ$$

Para tubos de vidrio con paredes químicamente no limpias,  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

Para tubos de vidrio con paredes cubiertas de grasa,  $\alpha > 90^\circ$

Este último valor del ángulo hace que el menisco se invierta, lo que se atribuye a que las moléculas de grasa y del agua se repelen.

Habiendo designado por  $\gamma$  a la tensión superficial (cuyas unidades expresamos en dinas/cm) y  $\rho$  a la densidad del agua, podremos llegar a una ecuación que nos represente el equilibrio al mantenerse una altura del agua dentro del tubo capilar, de la siguiente manera:

$\pi r^2 h \rho =$  Peso de la columna del líquido

$2 \pi r \gamma \cos \alpha =$  Fuerza de ascensión

Por lo tanto al estar equilibradas estas fuerzas se igualan:

$$2 \pi r \gamma \cos \alpha = \pi r^2 h \rho$$

Despejando a  $h$ :

$$h = \frac{2 \gamma \cos \alpha}{r \rho}$$

Donde:  $\gamma$ , tensión superficial  
 $h$ , ascensión capilar  
 $r$ , radio capilar  
 $\rho$ , densidad  
 $\alpha$ , ángulo de contacto

El valor de  $\gamma$ , se ve afectado por la temperatura, disminuyendo con el aumento de ésta. a la temperatura ambiente vale - 72.8 dinas/cm aproximadamente.

Esta ascención capilar es mayor a medida que el diámetro va disminuyendo hasta llegar a un valor límite o crítico en que la ascención es nula, ya que la tensión superficial es incapaz de desplazar la menbrana del líquido por la adhesividad existente -- entre las paredes del capilar y el líquido. Al llegar a este límite de capilaridad en el diámetro solamente podría haber penetración de un líquido en forma de vapor. Muchas veces en el resultado de -- las construcciones existen por capilar repeticiones a base de cillones para tener a disminuir el tamaño del diámetro de la porosidad y evitar penetración de agua hasta el interior, y se dice que el edificio "respira" porque solamente hay entrada y salida de vapor. A este fenómeno se le denomina en la industria erróneamente capilaridad negativa.

Mediante una estabilidad del fenómeno de capilaridad que se ha explicado con lo que sucede en la práctica, podremos ver que cada poro e intersticio que presente el material de construcción formará un vaso capilar a través del cual se va a llevar a cabo este mecanismo, y todavía será más crítico cuando se presenta en los techados ya que la presencia de agua en ellos creará una vía de filtración continua debido a que el proceso no se lleva a cabo como se capilar, sino en sentido inverso y en este caso no -- existirá el peso de la columna del agua que equilibrará la entrada del mismo a través del poro, por lo tanto todo el líquido presente deberá ser teóricamente absorbido en su totalidad.

Desde luego este cause de aumento de filtración se presentará con mayor frecuencia cuando no existan bajadas apropiadas --

das de agua, o bien, estén obstruccionadas.

### Presión Hidrostática

Independientemente de la absorción del agua por la capilaridad creada por la tensión superficial en el material de construcción, la otra causa que puede presentarse es la de un aumento en la transmisión de humedad por los intersticios o por los poros debida a la existencia de una presión hidrostática generada por una altura de agua alcanzada sobre de ellos, de tal manera que este incremento será mayor cuanto más grande sea esta altura, así como lo define la siguiente ecuación:

$$P_h = h P_e$$

Donde:

$h$ , altura alcanzada por el agua  
 $P_e$ , peso específico del agua

Este factor es posiblemente el que tenga menor importancia en la conducción hacia el interior y puede llegar a presentarse muy ocasionalmente, excepto por negligencia en el mantenimiento de los techados al no evitar que se presenten estancamientos.

Como una experiencia de comprobación se pueden hacer pruebas de transmisión de agua a través de lozas delgadas de cemento o concreto colocadas sobre ellos cilindros ya sean de vidrio o de algún otro material, sellando perfectamente sus bases inferiores para evitar fugas de agua. En cada cilindro se vierte agua de tal manera que la altura varíe en cada uno de ellos y que observándose en intervalos de tiempo escogidos las cantidades de agua transmitidas a través de las lozas van a ser mayores en los

cilindros donde la altura sea mayor. Estas pruebas son empíricas para determinar que tan eficiente es la acción de un aditivo que se usa para obtener impermeabilidad integral en el concreto.

### Conclusiones

La acción de estos 3 factores o causas específicas de transmisión de humedad a través de los materiales de construcción prácticamente se llaman a cabo al mismo tiempo ya que solamente se necesita la posibilidad del contacto de estos materiales con el líquido para crear su acción específica.

El tercer factor a causa, o sea el de la presencia de una presión hidrostática va a ser el menos significativo y el menos probable ya que se necesita una altura considerable para que su acción pueda llevarse a cabo y sea determinante. Claro que cuando se tengan estancamientos de agua considerables se presentarán los casos más críticos debido a que la presión hidrostática será un factor adicional de incremento en la conducción por que aumentará la permeación por tensión superficial en el proceso de capilaridad, de tal manera que la única forma de que la acción de estos tres factores sea nulificada es la de colocar barreras no porosas entre el líquido y el material de construcción para evitar su contacto. Los recubrimientos de policloropreno y de polietileno clorosulfonado harán esta función con gran eficiencia debido a que forman membranas continuas carentes de porosidad, de ahí su recomendación.

---

## C A P I T U L O   I I I

### CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

#### DEL

### POLICLOROPRENO Y POLIETILENO CLOROSULFONADO

En la introducción hacia el conocimiento de la elaboración de los recubrimientos, necesariamente se deberá proporcionar una explicación de los factores que deberán intervenir técnicamente en su desarrollo, aunque de momento sea de una manera muy general pero que formará un criterio para su comprensión inicial.

En primer lugar, se deberán conocer las finalidades a -- que se destina su uso, o sea, crear el objetivo hacia el cual se -- orientarán los estudios, y posteriormente buscar y conocer las propiedades y características de que se dispone en el material o materiales que nos vayan a dar tales finalidades.

Generalmente, se formula un producto usando un material base, que dará las características principales, las cuales van a -- ser modificadas por otra serie de aditivos, cuya función es darle las propiedades finales que se buscan.

Tratando de hacer una analogía de lo anteriormente e--- puesto, la presentación de este capítulo, tratará de dar a conocer las características principales que poseen los materiales base de elaboración, o sea, los elastómeros o hules sintéticos, policloropreno y polietileno clorosulfonado, los cuales nos darán elementos para experimentar en las modificaciones necesarias para la obtención de recubrimientos impermeabilizantes de alta calidad funcio--  
na..

## Policloropreno

### 1.- Generalidades

Policloropreno es el nombre técnico de una variada cantidad de polímeros, que pertenecen de acuerdo con sus características a la clasificación de elastómeros o hules sintéticos. E. I. DuPont de Nemours y Cía. elaboradora del producto los ha registrado el nombre genérico de Neopreno para todos ellos y ciertas claves para cada uno de acuerdo con sus propiedades específicas.

El policloropreno es un elastómero particularmente versátil debido a que tienen una combinación de propiedades adecuadas para muchas y variadas aplicaciones.

Todos los tipos producen vulcanizados que tienen resistencia a la mayoría de los aceites y grasas ya sean de origen mineral, vegetal o animal. Además tienen elevada resistencia a la tracción, resiliencia y resistencia a la abrasión. Pero las propiedades que más nos interesan de acuerdo a nuestro objetivo son la resistencia al intemperismo, ozono y al envejecimiento natural. Todas estas propiedades de los vulcanizados se pueden desarrollar eficazmente para obtener las máximas ventajas deseadas de las propiedades intrínsecas del Policloropreno haciendo una selección adecuada del tipo más apropiado.

### 2.- Estructura molecular

Este polímero es muy regular en su estructura, consiste principalmente en una secuencia lineal de unidades trans 2-cloro-butieno, resultante de la polimerización por adición del trans 1.4 -

cloropreno. Otras unidades estructurales existen en la cadena polimérica como resultado de la adición en cis 1,4 o 1,2 o 3,4. El porcentaje de cada unidad estructural se indica en la tabla No. 1

Como resultado de la polimerización en 1,2 el 1.6% del cloro está en forma alílica; es lábil y se cree ser el lugar más activo en la vulcanización.

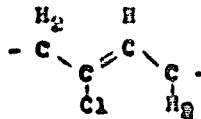
Debido al alto porcentaje de configuración trans el hule tiende a cristalizar cuando le favorecen las condiciones. Estas cristalizaciones pueden efectuarse en los polímeros brutos, en composiciones crudas y en los vulcanizados. A medida que se desarrolla la cristalización se observa un gradual endurecimiento, atecamiento y pérdida de flexibilidad. No obstante la cristalización es un fenómeno reversible; con calor decristaliza una muestra cristalizada. Los diversos policloroprenos seces son producidos con velocidades de cristalización muy diferentes, de tal manera que este factor puede utilizarse o eliminarse al se desee.

TABLA No. I Unidades estructurales en la cadena del polímero policloropreno

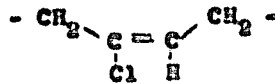
Tipos de adición

Fórmula

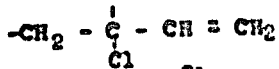
Trans 1,4



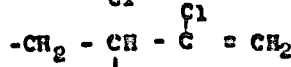
Cis 1,4



1,2



3,4





### 3.- Tipos de Policloropreno

En la actualidad existen 20 tipos de policloroprenos secos y 13 tipos de latex. Los tipos secos pueden dividirse en dos grandes grupos, los de empleo general y los tipos especiales. Los de empleo general son los denominados GN, GNA, GNT, W, W-M1, WHV, WHV-100, -- WX, YHT, YD y YH cuyos usos son variados para diferentes aplicaciones. Los de empleo especial son AC, AD, CG, FB, FC, HC, IIA, KNR y S. Cada tipo especial ha sido diseñado principalmente para una aplicación particular ( p.e. adhesivos, pinturas, suelas de crepé, etc.)

Los tipos de empleo general los dividen en dos grandes grupos, los "G" y los "W". Los G difieren de los W en que los primeros son interpolimerizados con azufre y contienen disulfuro de tirano como estabilizante. Las dos clases de polímeros se distinguen fácilmente por su color. Los tipos G son amarillos mientras que los W son blancos cremosos o gris plata.

Se ha encontrado que los tipos G tienen una distribución molecular que va de 20,000 a 250,000, presentándose la mayor frecuencia alrededor de 100,000. Los tipos W tienen una distribución mucho más uniforme con la mayor frecuencia entre 180,000 y 200,000.

Existen ciertas propiedades que los diferencian como son la estabilidad del polímero bruto, velocidad de vulcanización, características de trabajo y algunas propiedades del vulcanizado.

Para nuestro estudio el interés es hacia los de tipo general por un menor costo y algunas otras ventajas que veremos a continuación.

#### 4.- Estabilidad del polímero bruto

Los tipos W presentan mucha mayor estabilidad del polímero

bruto que los tipos G. Como consecuencia, la viscosidad, las velocidades de prevulcanización y de vulcanización de los tipo W permanecerán constantes por más largos períodos de tiempo después de su elaboración y no son necesarios ajustes en las formulaciones para compensar las variaciones según la edad del polímero.

Los tipos G vulcanizan rápidamente sin aceleración mientras que los W tienen características de vulcanización y propiedades de los vulcanizados aceptables únicamente si se les proporciona aceleración. Por estas razones, debe prestarse particular atención al programar el consumo del polímero G de tal manera que se haga en un plazo corto después de su recepción, por tal razón hay necesidad de adicionarle una amina aromática secundaria para mejorar la estabilidad del polímero bruto. Esto origina emplearlos principalmente en composiciones oscuras y en aplicaciones en las que no sea problema ni la decoloración por exposición a la luz, ni el manchado de los acabados, mientras que los W como no contienen estabilizante, ni azufre elemental, ni disulfuro de tioran, ni otros productos capaces de descomponerse para dar azufre libre que puedan manchar la película, por lo tanto pueden dar acabados estables en el color y además con menor proporción de pigmento agregado dan colores más vivos que no pierden el lustre.

#### 5.- Costo del polímero

Como materia prima o en forma bruta el precio del tipo W es más bajo que el tipo G.

Debido a la obtención de vulcanizados de mucho mejor calidad de los del tipo W, es posible utilizar mayor cantidad de cargas abaratando el costo de formulación considerablemente y obtener las

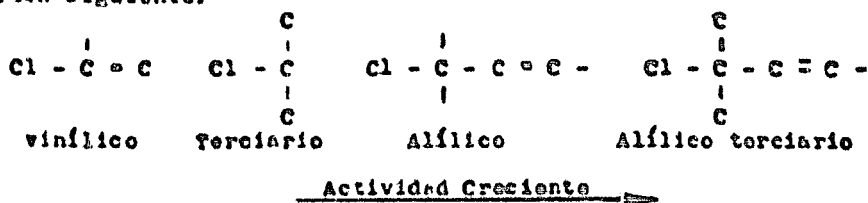
simas propiedades de una manera más específica debido a que se -- pueden fijar límites superiores en los contenidos de las cargas evitando con esto tener menores desperdicios.

#### 6.- Características de los vulcanizados

Los vulcanizados obtenidos del uso de un tipo W poseen -- una mayor resistencia a la deformación por compresión y al calor, un poco menos de dureza y módulo para la misma carga. Tienen más -- alta resistencia a la tracción y una resistividad eléctrica ligeramente más elevada, aunque tienen menor resiliencia y resistencia al desgarro.

#### 7.- Vulcanización

La reactividad del átomo de cloro varía de acuerdo con -- su posición relativa frente a los otros átomos de una molécula orgánica. Ha sido bien establecido que la reactividad aumenta en el orden siguientes:



El cloro terciario alílico altamente reactivo está pre-- sente en el policloropreno como resultado de su polimerización en 1,2 . Este cloro lábil abarca el 1.65 del cloro total en el poli-- cloropreno tipo W, lo cual hace posible su rapidez de vulcaniza-- ción con muchas clases de aceleradores orgánicos ( p.e. diaminas, -- fenodíoles o sus derivados, amina fenoles, tiouras y tiamidias )

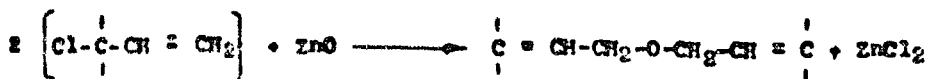
Una de las teorías de la vulcanización con acelerantes --

orgánicos bifuncionales es una alquilación en ambos sitios funcionales con las cadenas precisamente en el sitio del cloro activo. Como ejemplo tenemos la reacción con la piperazina donde la reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



Donde los dos moles de ácido clorhídrico formados son neutralizados por la magnesia y el óxido de zinc normalmente presentes en las composiciones de policloropreno, dando los correspondientes cloruros. Se cree que el cloruro de zinc formado es un ácido de Lewis fuerte el cual cataliza la reacción de enlazamiento. Esto se puede llegar a afirmar ya que en formulaciones de policloropreno que no contienen óxido de zinc no vulcanizan fácilmente aún existiendo la presencia de un acelerador orgánico. Una confirmación complementaria que aboga por la naturaleza catalizadora del óxido de zinc es proporcionada por los tipos de retardantes de vulcanización que tienen eficacia en el policloropreno. Pueden clasificarse en dos grupos: a) Los que rivalizan con el óxido de zinc por el ácido clorhídrico, tales como la magnesia (óxido de magnesio), y b) Los que reducen la actividad catalizadora del cloruro de zinc por coordinación, como el agua y las aminas secundarias terciarias.

Cuando está presente un acelerador orgánico en el policloropreno W, únicamente ocurre una vulcanización parcial con los óxidos metálicos. La naturaleza de los entrelazamientos que se forman no son conocidos. La siguiente reacción puede probar la existencia de los puentes de tioceter, aunque no hay testimonio



Otro posible mecanismo puede implicar la formación de  $\text{---ZnCl}_2$ , primero con la reacción del  $\text{ZnO}$  con el  $\text{HCl}$  liberado por una oxidación del policloropreno seguida por una reacción de Friedel y Crafts que incluya el  $\text{ZnCl}_2$ .

Han sido llevados a cabo varios experimentos que apoyan la teoría de la vulcanización por bisalquilación. Por ejemplo, se ha comprobado que en el policloropreno solo se desarrollan vulcanizaciones muy débiles cuando productos químicos monofuncionales, como el fenol o la piperidina, reemplazan los productos bifuncionales afines como el estetol o la piperazina. Obviamente los productos monofuncionales que no pueden completar un enlazamiento por bisalquilación aunque son capaces de ser monoalquilados y formar cadenas laterales como se indica a continuación:



El policloropreno cuando está al estado de latex que se ha hecho reaccionar con piperidina antes de separarlo, no puede ser vulcanizado satisfactoriamente por los acelerantes convencionales del policloropreno como el etilén tiorrea ya que el cloro activo unido a la cadena del polímero ha sido eliminado. Sin embargo, cosa bastante interesante, el azufre vulcaniza el policloropreno tratado con piperazina produciendo resistentes. Esto supone que hay en el policloropreno otros sitios de vulcanización disponibles además del cloro lábil. Es completamente posible que el azufre lo vulcanice --

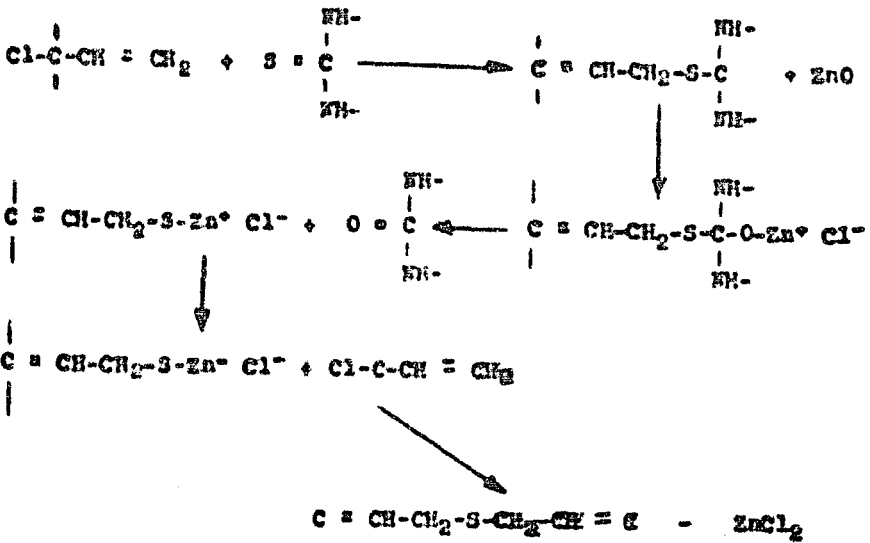
en las porciones insaturadas de la cadena polimérica en una reacción similar a la vulcanización del caucho natural con azufre.

El 1.0% del cloro terciario alílico en el policloropreno - tipo W representa un punto de enlazamiento por cada 63 unidades cloroprenicas o aproximadamente 36 sitios por una molécula de policloropreno con un peso molecular promedio de 200,000. De acuerdo con la teoría de la bialquilación el grado de vulcanización alcanzaría un máximo cuando la cantidad de acelerante usada sea estequiométricamente equivalente al cloro lábil del polímero. Cantidades mayores de -- acelerante causarían una disminución del grado de vulcanización ya -- que tiene lugar una saturación de los puntos de enlazamiento más que un real enlazamiento transversal.

Con los acelerantes de la clase de las tioureas, debe buscarse un mecanismo de vulcanización diferente según los resultados de las investigaciones más recientes. Por ejemplo ha sido demostrado que no hay disminución del grado de vulcanización cuando la concentración de etilen tiourea es aumentada considerablemente más allá de las cantidades requeridas por la estequiometría. Además, muchas tioureas tetrasustituidas, que son incapaces de ser bialquiladas, se han encontrado ser vulcanizantes fuertes para el policloropreno.

Un mecanismo detallado sirviéndose aún del cloro activo, -- pero no excluyendo la bialquilación, ha sido propuesto para explicar la vulcanización del policloropreno por las tioureas. En este -- mecanismo, el acelerante tiourea se convierte en urea como resultado de la vulcanización. Hay aproximadamente, dos cloros alílicos se combinan con una tiourea para formar un puente o enlace. Empleando la

aceleración con etilen tiourea, se ha demostrado la formación de - etilen urea. Esto apoya en parte la teoría, pero es necesario ultg riores estudios para verificar este mecanismo. El mecanismo es el siguiente:



Polie'ileno Clorosulfonado

1.- Generalidades

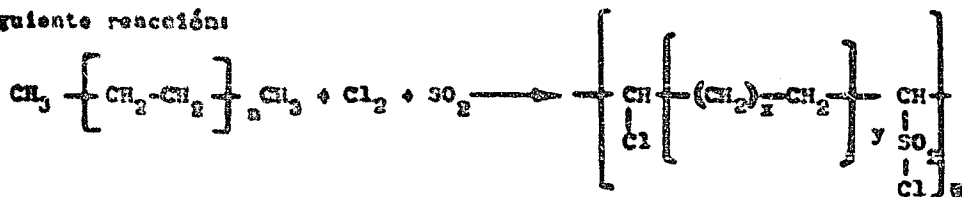
Este magnífico elastómero fué introducida en 1952 por -- E. I. Dupont de Nemours dentro de la industria huleira con el nom-- bre registrado de Hypalon y se puede decir que es relativamente -- nuevo con respecto a la aparición de otros hules sintéticos.

Su introducción se hizo con el propósito de satisfacer - ciertas necesidades especiales debido a que reunía una serie de -- combinaciones de propiedades no posibles de obtener a la vez en --

otros hules sintéticos como las de soportar condiciones severas de oxidación prolongadas y al mismo tiempo conservando el color por largo tiempo, inclusive a temperaturas de 177°C, además, resistencia a reactivos químicos, envejecimiento al calor, etc.

### 2.- Manufactura y estructura molecular

El polietileno clorosulfonado se obtiene tratando el polietileno en solución, con un peso molecular aproximado de 20,000 -- con cloro gaseoso y dióxido de azufre, tal como se indica en la siguiente reacción:



En esta reacción se forma un polímero con 1.0 a 1.5% de -- azufre y 20% de cloro, para los polietileno de cadena ramificada y un 38% para los polietileno lineales aproximadamente por sustitución dentro de la cadena polimérica durante el ciclo del proceso. La mayoría de los átomos de cloro son unidos directamente al carbono y ocurren aproximadamente en intervalos de siete carbonos a lo largo de la cadena. El cloro restante se encuentra presente en los grupos cloro sulfonil (SO<sub>2</sub>-Cl) en intervalos de 100 carbonos a 200 aproximadamente, dando los sitios reactivos a través de los cuales ocurren las uniones cruzadas.

### 3.- Tipos de polímero y propiedades

En la actualidad se encuentran solamente 3 tipos de este -- elastómero, denominados 20, 30 y 40. Estos se obtienen variando el -- peso molecular, las cadenas laterales y el grado de cristalización.



a) Tipo 20

Es el tipo que más frecuentemente se usa ya sea en mezclas con otros elastómeros, recubrimientos flexibles, etc. En formulaciones similares al tipo 40 dá viscosidades más bajas por lo cual es más fácil de mezclarlo con otros elastómeros. Tiene un peso específico menor que los otros, es ligeramente más barato y por esta razón es más accesible a usarse por costo. Este tipo de polímero provee de más protección contra el ozono e intemperie que los otros tipos. También se prefiere el 20 al 40 cuando se desea una baja viscosidad de la mezcla o cuando se requiere un alto nivel de adhesividad. En las soluciones para recubrir este polímero forma películas más flexibles que las que forma el tipo 40 y muestra también propiedades mejores a bajas temperaturas.

b) Tipo 30

Este generalmente se diseña para recubrimientos en sustratos rígidos. En solución tienen una viscosidad más baja que la de los otros tipos y produce superficies más duras, secas y lustrosas, las cuales son muy resistentes a la adherencia de suciedad.

Las propiedades a bajas temperaturas no son tan buenas como las del tipo 20. Por este motivo, si las exigencias a bajas temperaturas debe emplearse el tipo 20 o una mezcla de los dos, -- las soluciones cubrientes basadas en mezclas del tipo 20 y 30, en la proporción de 50/50, conservan varias de las características deseadas del tipo 30 y presentan propiedades a baja temperatura considerablemente aumentadas.

Las propiedades de los vulcanizados del tipo 30 no pue--

den, en general, compararse favorablemente con las de las basadas en otros tipos. Este tipo muestra, no obstante, muy buena resistencia al aceite y han sido extensamente utilizadas en aplicaciones en que se requiera una elevada resistencia a aquel y al ozono.

e) Tipo 40

Este tipo es el más versátil y puede trabajarse mejor que el tipo 20. Sus vulcanizados tienen mejores propiedades físicas y a alta temperatura, mejor resistencia al desgaste y una mejorada resistencia al aceite, deformación permanente, abrasión y a la flama. Además de eso, aunque es difícil mejorar la excepcional resistencia a la intemperie del tipo 20, el 40 manifiesta ser ligeramente superior.

A causa de su sobresaliente equilibrio de propiedades, es generalmente preferido el tipo 40 para artículos moldeados por extrusión o calandrados. No es recomendable para soluciones ya que su viscosidad en las mismas concentraciones es, de mucho, la más alta de los tres polímeros.

TABLA No. II Comparación de propiedades de los 3 polímeros de polietileno clorosulfonado

<u>Propiedad</u>	<u>Tipo 20</u>	<u>Tipo 30</u>	<u>Tipo 40</u>
Viscosidad	Intermedia	Baja	Alta
Solubilidad en cetonas e hidrocarburos aromáticos	Muy buena	Buena	Muy limitada
Propiedades de los vulcanizados: 1.- Dureza, Shore A	45 - 95	60 - 95	40-95

<u>Propiedad</u>	<u>Tipo 20</u>	<u>Tipo 30</u>	<u>Tipo 40</u>
2.- Resistencia a la tracción, Kg/cm <sup>2</sup>			
a) Mezclas con negro de humo	Hasta 210.9	Hasta 246	Hasta 281.2
b) Mezclas de goma pura	" 105.4	" 140.6	" 316.3
3.- Estabilidad de color	Excelente	Excelente	Excelente
4.- Propiedades a baja temperatura	Buenas	Malas	Buenas
5.- Resistencia al desgarrar	Regular	Buena	Buena
6.- Resistencia a:			
a) Abrasión	Excelente	Excelente	Excelente
b) Productos químicos	Excelente	Buena	Excelente
c) Deformación permanente	Regular	Mala	Buena
d) La flama	Regular	Muy buena	Buena
e) Envejecimiento al calor	Muy buena	Buena	Buena
f) Ozono	Excelente	Excelente	Excelente
g) Aceites de petróleo	Regular	Excelente	Buena
h) Intemperie	Excelente	Excelente	Excelente

#### 4.- Vulcanización

Debido a la alta reactividad del grupo cloruro de sulfonilo de la cadena polimérica se han encontrado bastantes componentes reactivos que pueden dar enlaces cruzados y llevar a cabo la vulcanización. Donde la selección del sistema vulcanizante deberá tener un equilibrio la reactividad con factores prácticos - tales como la carencia de riesgos durante los procesos y las propiedades físicas y químicas de los vulcanizados resultantes. Muchos de los reactivos no pueden tenerse en cuenta por ser de --- reactividad demasiado elevada, porque dan subproductos manchantes porque sus vulcanizados no son termoestables, o por diversas razones.

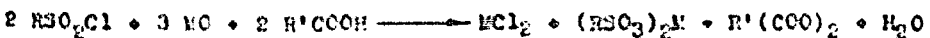
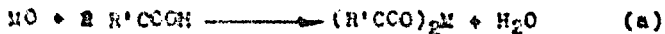
Los sistemas que pudieran utilizarse son:

1.- Los sistemas basados en óxidos metálicos especialmente la magnesia y las bases de plomo como aceptadores de ácido. Es el sistema principal recomendado. Donde se necesite excelente resistencia contra el agua es preciso usar bases de plomo o de compuestos orgánicos como el maleato tritáxico de plomo o el ftalato dibásico de plomo.

Es el que más se recomienda ya que se obtienen vulcanizados de excelentes propiedades en un periodo relativamente corto. En estos casos es conveniente usar un acelerador de azufre, por lo tanto, el sistema consistirá de un ácido orgánico, un óxido metálico y un acelerador de azufre.

Las reacciones siguientes han sido propuestas:

Donde R' es el ácido orgánico, MO el óxido metálico y R es la cadena polimérica.



La actuación de cada uno de los componentes en el sistema es:

Acido orgánico.- Es principalmente fuente de formación de agua, ya que esta es necesaria para llevar a cabo la vulcanización, debido a que tiende a hidrolizar el grupo cloruro de sulfoni

lo y lo hace reaccionar con el óxido metálico, aunque solamente se necesita una cantidad catalítica para empezar la reacción. Se puede también producir del ácido orgánico en algunos sistemas debido a la presencia adicional de agua, pero es necesario aumentar el acelerador de azufre.

**Oxidos metálicos.** - Tienen dos funciones, una como productores de iones metálicos divalentes y formar los enlaces cruzados y segunda, como aceptadores de ácido (reacción 6). Los más usados son la vainilla y el litargirio. Los usados en impermeabilizantes coloridos, a saber, que se combinan con las sales básicas orgánicas de plomo, como el acetato plúmbico y el ftalato plúmbico de plomo. No se deberá usar el óxido de zinc, ya que él vulcaniza los que se degradan por la formación del cloruro de zinc. También existen los sistemas más básicos metálicos y sales que producen la reacción de vulcanización, pero tienen los defectos de no ser económicos o de producir vulcanizados cuyas propiedades no son adecuadas.

**Aceleradores.** - El papel del acelerador de azufre consiste en activar la vulcanización y a la vez, de formar valencias cruzadas por insaturación de la cadena polimérica, resultante en complejas reacciones de reactivos de los grupos cloruro de sulfonilo.

Este sistema es el más empleado debido a que suministra el mejor balance de propiedades entre la economía y el funcionamiento del producto.

Pueden utilizarse algunos otros sistemas de iniciar la reacción, entre ellos se tienen:

1.- Si la vulcanización se lleva a cabo con sales óxidos metálicos, los enlaces cruzados resultantes son puramente iónicos y

den vulcanizados de excelentes propiedades, exceptuando el comportamiento en cuanto a deformación permanente por compresión, que será deficiente. En este caso se utiliza un ácido orgánico y un depurador llamado de radical libre como nitrosaminas, nitritos orgánicos, etc., ya que impiden la degradación de la cadena de radical libre de los grupos cloruro de sulfonilo.

2.- Para hacer vulcanizados que tengan resistencia a la deformación permanente es necesario introducir enlaces cruzados covalentes. El reactivo que más se usa para este fin es el tetra sulfuro de dipentametilenticarbamilo.

3.- Cuando se quiera un sistema orgánico por ejemplo, para evitar el empleo de compuestos de plomo, el mejor sistema de vulcanización es con resinas epóxi.

---

## C A P I T U L O   I V

### INTemperismo

#### Definición

El término intemperismo y envejecimiento son muy similares entre sí ya que se aplica a aquellos elastómeros vulcanizados (desde el vulcanizado es una reacción en que se forman valencias - cruzadas entre los cuerpos de los polímeros) y describe cambios en varias propiedades físicas y químicas desde que se aplica el producto y se expone a los factores ambientales hasta que las propiedades se degradan y ya no son apropiadas para el uso a que se destinaron. Este conocimiento de los cambios que pueden sufrir las capas protectoras de policloropreno y polietileno clorosulfonado en el medio ambiente es muy importante porque el conocimiento profundo de las causas y mecanismo que se suceden, nos puedan llevar al mejoramiento de los recubrimientos.

#### Deterioración física por la acción del solvente

Es importante citar otra causa de empobrecimiento de las propiedades de los hules vulcanizados, que aunque no está relacionado con el intemperismo, si será conveniente por causa de seguridad.

El hinchamiento por absorción de aceite u otros líquidos en los elastómeros, trae consigo un debilitamiento y por consiguiente una degradación en las propiedades físicas en general. Afortunadamente este fenómeno es bien conocido, y la selección del polímero más apropiado para determinado uso traerá consigo un medio de protección más duradero. El policloropreno y el polietileno

no clorosulfonado tienen una similitud de resistencia a determinado tipo de solventes como los hidrocarburos, algunos tipos de solventes no polares, pero generalmente son pobres sus resistencias a solventes de tipo polar. No es necesario especificar que tipos ya que el uso a que se piensan destinar no tendrán contacto con ellos en la práctica.

### Cambios químicos en el envejecimiento

Los cambios químicos que se llevan a cabo en los hules - vulcanizados durante el envejecimiento son difíciles de visualizar pero según los estudios que se han hecho se deben a 3 posibles reacciones:

- 1.- Las cadenas de moléculas que constituyen la estructura del polímero se rompen dando cadenas más pequeñas.
- 2.- Las cadenas poliméricas se endurecen por la formación de enlaces cruzados.
- 3.- Cambio en la naturaleza química de las cadenas laterales de los polímeros.

La primera reacción se describe como reacción de escisión y usualmente es la más dañina ya que cambia la naturaleza del polímero obteniéndose propiedades diferentes. Esto es, a medida que disminuye el peso molecular, va disminuyendo el esfuerzo de tensión - hasta que se pierde totalmente. También sucede que haya separación en las partes donde hay pocas valencias cruzadas y entonces el producto presentará características de que no haya habido vulcanización. Este fenómeno se ha estudiado en el hule natural y se le ha denominado regresión.



El segundo tipo de cambios por envejecimiento es la intrucción de valencias cruzadas, lo cual provoca un endurecimiento -- gradual que hace que disminuya la elongación o extensibilidad del polímero.

El tercer tipo de cambio, la modificación de cadenas laterales, normalmente tiene poco efecto en las propiedades de esfuerzo del elastómero, pero sí cambia otras, tales como resistencia a solventes, características eléctricas, etc., entre que, dependen de la naturaleza de las grupos introducidos.

Durante la deterioración normal, es de suponerse que estos 3 mecanismos se llevan a cabo al mismo tiempo y a una mayor o menor dimensión. Las velocidades de reacción varían de hule a hule y también del estado de preferéncia que se encuentran.

#### Factores que influyen en el envejecimiento

Los cambios que ocurren, y entre uno de ellos es el de -- formación de valencias cruzadas en ciertos casos, llevarse a cabo por reacción propia bajo la influencia de calor o luz solar. La región del espectro electromagnético que afecta a los elastómeros se ilustra en la figura IVa

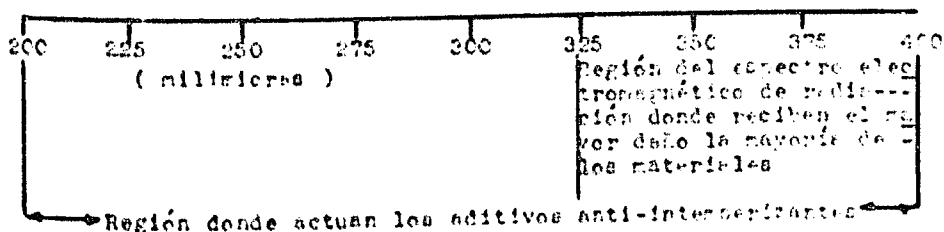


Fig. IVa. Región del espectro electromagnético donde -- son afectados la mayoría de los materiales -- por radiación y donde actúan los antioxidantes.

Los otros cambios en las propiedades son causados por -- reacción química con el medio que lo rodea. Usualmente este medio es la atmósfera. Hay dos sustancias principales en la atmósfera - que bajo ciertas circunstancias pueden considerarse reactivas con los hules vulcanizados, y vienen a ser el ozono y el oxígeno. La humedad un tercer componente de la atmósfera también puede provocar una disminución en el tiempo de vida del elastómero en algunas aplicaciones, especialmente actuando junto con los 2 anteriores.

1.- Ozono. Es un reactivo extremadamente activo y se encuentra en una concentración en la atmósfera aproximadamente de 0 a 0.5 partes por millón. En esta concentración tan baja se ha encontrado que no tiene efecto en los materiales químicamente saturados, pero es muy dañino en materiales no saturados, incluyendo el hule natural y los copolímeros sintéticos.

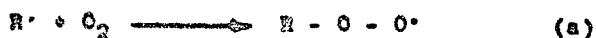
El ozono es un reactivo específico para dobles ligaduras carbón-carbón, formando un ozonido que sufre un rearrreglo dando como resultado una separación. Cuando el hule está sometido a un esfuerzo de tensión, o sea que está en un estado de alargamiento, el ataque es mucho mayor provocando cortes transversales en las partes donde el esfuerzo es mayor. Las grietas irán creciendo si la acción continúa ya que el esfuerzo irá concentrándose provocando así una acción física conjunta con la interna.

De acuerdo a estos criterios el polietileno clorosulfonado no puede ser afectado debido a que carece de dobles ligaduras en su estructura y esto es precisamente la base que se toma para usarse como recubrimiento superficial. El policloropreno tampoco es atacado ya que se cree que el cloro unido a la doble ligadura -

La secuencia del proceso es la siguiente:

a) La absorción de energía radiante provoca un aumento de temperatura en el polímero que tiende a disociar las uniones poco estables -O-O- (ejemplo, peróxidos) o por la disociación de las uniones un poco más estables C-C o C-H cuya menor o mayor acción - dependerá de la estructura química.

b) Estos radicales tenderán a reaccionar con el oxígeno para formar radicales tipo peróxido de acuerdo con la siguiente reacción. Donde R<sup>•</sup> es el radical libre:



c) Estos radicales tipo peróxido también muy reactivos cuya afinidad por el hidrógeno es grande, tienden a secuestrarlo - de alguna otra molécula del sustrato:



(Estas ecuaciones fueron escritas por Bäckström para la oxidación del benzaldehído y han sido adoptadas por otros muchos)

Esta última reacción resulta de una serie de colisiones en que se forman una serie de compuestos complejos intermedios los cuales se descomponen en los productos indicados. La molécula que perdió hidrógeno es ahora capaz de repetir el proceso reaccionando primero con el oxígeno y después con otra molécula de recubrimiento. Esta reacción lineal en cadena continua hasta que dos radicales libres por colisión finalizan la reacción. La naturaleza de esta reacción es autocatalítica por el hecho de formar el compuesto llamado hidroperóxido ROOH ya que tales compuestos son relativamente estables y se descomponen lentamente en radicales libres e ini-

inician nuevas reacciones:



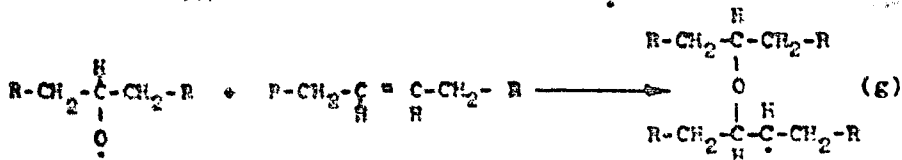
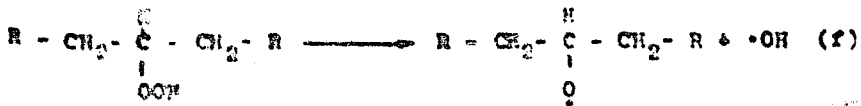
Donde la velocidad inicial de regeneración de radicales libres (reacción c) se forma por rompimiento del hidropéroxido puede ser muy lenta, pero combinadas las reacciones se incrementa rápidamente ya que cada molécula de peróxido producida en la reacción en cadena viene a ser un potencial potencial de radicales libres. Eventualmente la velocidad alcanza lo que aparentemente es un estado estacionario de reacción, posteriormente disminuye y acaba.

En estos casos la misma similitud que no existe es que cuando una molécula pequeña alcanza su estado de reacción más rápidamente, es decir, su equilibrio de oxidación no será igual al de polímeros de alto peso molecular, donde posiblemente la oxidación tenga mayores fases de reacción y desde luego el cambio de propiedad va a ser diferente. Además, no toda reacción con el oxígeno provoca una partición, pero de cualquier manera una cantidad muy pequeña de oxígeno arruina un material polimerizado con una pérdida de un 0.1% aproximadamente y de acuerdo a los estudios hechos la formación de hidropéroxidos provoca la ruptura de las cadenas.

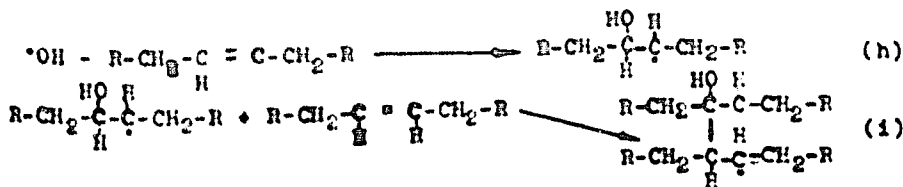
d) Las valencias cruzadas resultantes de la oxidación, constituyen el segundo factor de importancia en la oxidación de polímeros no saturados cuyo efecto es un endurecimiento, perdiendo la flexibilidad pero no el esfuerzo de tensión. Esto podrá observarse perfectamente bien si está en forma de película ya que inclusive presenta características de un sólido. El mecanismo detallado del

proceso aún no es perfectamente conocido pero pueden hacerse -- ciertas deducciones al respecto. No puede considerarse como una vulcanización de un polímero ya que el efecto es casi nulo en -- ausencia de oxígeno.

La probabilidad de reacción es inducida por radicales libres y que asemeja a la vulcanización de poliésteres inantura -- dos con peróxidos, donde es evidente que el radical libre ataca a la doble ligadura iniciando la valencia cruzada.



De esta manera ya que se introdujo una valencia. El -- nuevo reactivo puede combinarse con otro radical o con oxígeno para formar un grupo peróxido que puede reaccionar con una doble ligadura en otra cadena para formar una valencia cruzada adicig -- nal. Si un antioxidante está presente, la reacción podría ser -- directa a este material. El grupo hidroxilo resultante de la des -- composición inicial (reacción f) podría iniciar una serie simi -- lar de reacciones resultando una o más valencias cruzadas:



El factor que determina la obtención de valencias cruzadas es la estructura química del polímero ( su peróxido ). El modo de descomposición del peróxido tiene la mayor importancia.

#### Catalizadores de la oxidación

La descripción del mecanismo de auto-oxidación sugiere ciertos caminos de como puede acelerarse en los hules.

Ya que la oxidación es un proceso de radicales libres, una manera obvia de acelerarse es por adición de más radicales libres o sustancias que los producen. La adición de peróxidos a compuestos orgánicos generalmente aceleran la velocidad de oxidación. Similarmenete la velocidad de oxidación de un material relativamente estable, es acelerado si existen trazas de algún material fácilmente oxidable. Por ejemplo, la adición de Turpentina en la cara parafínica acelera su oxidación.

Existen ciertos iones metálicos que se emplean para la descomposición del grupo peróxido, y su presencia es bien conocida ya que tiene un efecto muy marcado en el deterioro de algunos hules.

El cobre particularmente es activo como un catalizador de la oxidación en el hule natural y en algunos casos en el polícloropreno. El cobalto, manganeso y el fierro contribuyen también al empobrecimiento de los elastómeros.

#### Antioxidantes

Moureu y Dufrainse descubrieron que la oxidación de muchos compuestos orgánicos puede ser grandemente retardada por la adición de ciertos compuestos químicos llamados antioxidantes.

Aunque el mecanismo que ellos postularon para la acción de estos materiales no es muy aceptada, sus descubrimientos permitieron el uso de tales agentes protectores en la industria huleira.

La acción de estos materiales se conoce también como una reacción de radicales libres. Los antioxidantes inhiben la oxidación interponiéndose entre las reacciones en cadena, debido a que al reaccionar con un radical libre forma otro que es relativamente inerte porque es estabilizado por resonancia. Por ejemplo, un antioxidante designado HA, puede actuar como sigue:



En este caso el antioxidante satisface al radical peróxido al dar el hidrógeno que el otro necesita. Pero el radical A $\cdot$  no es suficientemente reactivo para continuar con la reacción en cadena. Como ya se había mencionado, muchas colisiones del radical ROO $\cdot$  con moléculas adyacentes se llevan a cabo antes de que la reacción se inicie. Si la reactividad del radical ROO $\cdot$  hacia HA es suficiente, entonces, las colisiones iniciales que se llevan a cabo podrán detenerse con pequeñas cantidades del antioxidante, anulando así desde una etapa inicial el mecanismo de la reacción. El grado de protección que puede impartir un antioxidante varía de acuerdo al tipo de reacción en cadena con la ausencia de un inhibidor y también depende de la estructura de la cadena que se va a formar debido al mecanismo que provee el antioxidante.

Por lo tanto, los antioxidantes son de gran utilidad cuando la velocidad de iniciación en la reacción de oxidación es baja como sucede en los casos donde la oxidación es provocada por

umentos de temperatura. En cambio, la velocidad de iniciación de las cadenas en elastómeros expuestos al sol (foto-oxidación) es tan grande que cualquier tipo de antioxidante presente se consume rápidamente y es oxidado también en estos casos. Por cierta razón, los antioxidantes arrojados en contra de la oxidación provocada por la luz solar deberán estar presentes en más grandes cantidades que en los casos de oxidación térmica. Las cantidades adicionadas dependen absolutamente de la concentración de las especies predispuestas a las reacciones de oxidación. Generalmente, la concentración varía de 1 a 2 partes por 100 partes de elastómero, claro que, también dependerá del tipo de hule y de las condiciones de trabajo.

La mayoría de los materiales usados como antioxidantes en elastómeros son del tipo de aminas aromáticas o fenoles reforzados (diversas sustituciones en las posiciones activas) principalmente. La reacción química, generada por la adición de un antioxidante aún no está completamente clara como para definir que tipo es más efectivo científicamente que otro. Desde un punto de vista químico, lo que se necesita es un cierto nivel de reactividad que, desde luego, varía de elastómero a elastómero; además, se necesitan otro tipo de características como solubilidad en el hule, que sea inerte en él, que tenga una volatilidad adecuada, ya que también ejerce influencia en su efectividad. Recientemente estas características varían de hule a hule y habrá que probar los que den los mejores resultados en cada uno de ellos.

---

---



## CAPITULO V

### FORMULACIONES

La mayoría de las formulaciones utilizadas en la industria consisten en un balance de factores de tal manera que se pueda tener cierta flexibilidad para su elaboración. Los factores considerados son, sobre todo la economía obtenida de la materia prima y de los gastos de fabricación. Otros factores también de gran importancia son seguridad en el funcionamiento del producto, facilidad de manufactura, etc., y algunos otros como son la facilidad de transporte, estabilidad en el almacenaje, etc.

Como habíamos visto en la breve explicación dada al inicio del capítulo III, las características esenciales de un producto están dadas por la llamada base o vehículo, a la cual se le mejoran aquellas que se deseen con la adición de ciertos agregados específicos para ello.

Para el polietileno clorosulfonado y el policloropreno es necesario incrementar ciertas propiedades, aunque ya de por sí las gomas puras tienen alta resistencia a los agentes atmosféricos. En nuestro caso, es necesario vulcanizarlos debidamente, endurecerlos, abaratarlos, utilizar solventes apropiados, aumentar su resistencia al intemperismo, mejorar su tendencia a formación de películas, etc. Es decir, la elaboración de soluciones de techado consistirá básicamente en un polímero mezclado con ingredientes apropiados.

El fundamento sobre el que se trabajará al formular las soluciones de techado será en que el producto deberá vulcanizar a

temperatura ambiente en un promedio de 5 a 7 meses siempre y cuando sea capaz de proveer suficiente protección inicial contra los agentes atmosféricos.

### Policloropreno

#### Tipo de elastómero

Ya hemos visto que los policloroprenos forman 3 grandes grupos: los W, los G y los de uso especial.

Los que pertenecen a este último grupo se elaboran para usos específicos lo cual origina un costo de materia prima mayor que los de uso general ( W y G ). Solamente sería factible utilizar un elastómero de uso especial cuando las condiciones de impermeabilización fueran más inmediatas y de constante inmersión en agua. Para estos casos se recomienda el uso de los tipos AD y HC que tienen velocidades de cristalización mucho más rápidas además que poseen el color blanco que no afectaría en los cambios de tonalidad, si es que esta fuera una condición indispensable.

La razón de que se escoja un polímero de mayor cristalización es porque inicialmente ofrecen una mayor barrera y menor absorción de agua y cuyos esfuerzos de tensión son mucho más altos en el polímero bruto. Y considerando que la vulcanización retarda la cristalización en un polímero de baja rapidez de cristalización la vulcanización lo haría menos efectivo en el tiempo transcurrido inmediatamente después de la aplicación.

En la selección del elastómero hay que tomar en cuenta varios factores que nos lleven a obtener una base lo más pegada

a la mayoría de los requerimientos que se buscan satisfacer. Precisamente estos factores tomados en cuenta nos induce a seleccionar el tipo V de acuerdo a los siguientes criterios:

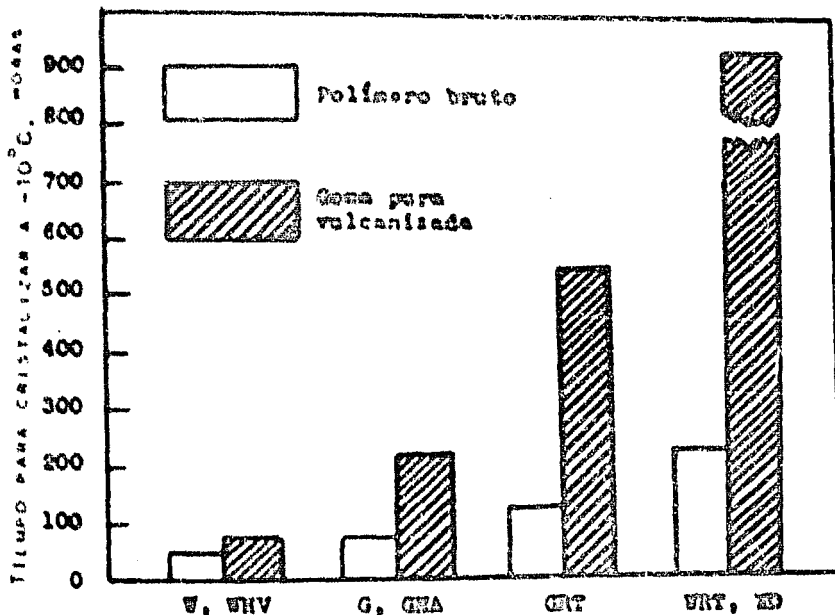


Figura Va. Velocidad de cristalización.

1.- Es el tipo de cristalización más rápida de todos los -- de uso general, por lo tanto será el que ofrezca mayor protección inicial, ver fig. Va.

2.- Los tipo V son más baratos que los tipo G como polímero bruto.

3.- Los tipo V son más estables en el almacenaje, es decir, el polímero bruto permanece prácticamente constante, como consecuencia la viscosidad, las velocidades de prevulcanización y de vulcanización de los tipo V permanecerán inalterables por más largos periodos

de tiempo después de su fabricación y no serán necesarios ajustar los en las formulaciones para compensar las variaciones según la edad del polímero.

4.- Como los tipo G tienen velocidades de prevulcanización, es probable no alcanzar un estado de vulcanización más específico que los obtenidos utilizando el tipo W. Los vulcanizados de los tipo G son superiores en ciertas propiedades pero el W es mejor en otras, como la obtención de una mayor resistencia a la tracción, a la deformación por compresión y al calor. Y lo que es bastante importante pueden prepararse artículos no manchantes y sin pérdida de lustre.

5.- En las características de elaboración, los tipo W -- tienen ciertas ventajas sobre los tipo G. Las composiciones de W -- se trabajan con más rapidez y generan menos calor durante el mezcla 60. Ofrecen mayor amplitud en la seguridad de trabajo y velocidad de vulcanización mediante la selección de los acelerantes orgánicos y variación de las proporciones de los mismos, se obtiene menor dureza y módulo para la misma relación de cargas, lo cual nos da la ventaja de abaratar más la formulación. Otro aspecto importante del tipo W es que es de un color blanco y con menor cantidad de pigmento se pueden obtener colores más vivos.

#### Agentes vulcanizantes

Muchos óxidos metálicos vulcanizan el policloropreno pero el sistema más útil y menor que se haya encontrado es la combinación de la magnes (óxido de magnesio) y del óxido de zinc. Los

óxidos de plomo (litargirio, minio) también dan propiedades excelentes. Cuando se refiere a absorción de agua se utiliza el minio, pero se sacrifica economía, resistencia a la tracción, a la deformación por compresión, resistencia al calor y colorabilidad. Como el policloropreno al utilizarse en los sistemas de impermeabilización forma parte de las capas interiores, esto no es muy indispensable desde el punto de vista aplicación general porque no siempre se tendrá agua en contacto como para utilizarlo como vulcanizante. Los óxidos de zinc o sistemas de óxidos no ofrecen para estas aplicaciones vulcanizadas muy recomendables.

El óxido de zinc usado únicamente como agente vulcanizante produce en el policloropreno una mayor velocidad de prevulcanización pero un estado final de vulcanización ligeramente menor que con el óxido de magnesio, que inicialmente en la misma proporción crea una vulcanización más lenta pero que se puede aumentar al aumentar la concentración. Lo mismo de este óxido de magnesio es que produce un estado final de vulcanización más avanzado que el óxido de zinc. El mecanismo conjunto de estos óxidos no es completamente conocido pero es necesario la presencia de estos ya que compiten como eliminadores de ácido clorhídrico que se forma con la vulcanización, envejecimiento y elaboración, controlando así la reacción. Para darnos cuenta mejor de su acción es conveniente observar la figura Vb donde la gráfica nos indica el efecto de la concentración del óxido de magnesio con un módulo de 300% a diferentes tiempos de vulcanización con una temperatura de 150°C constante. La figura Vc nos muestra la variación en los efectos de vulcanización que genera las concentraciones de óxido de zinc con una concentra-

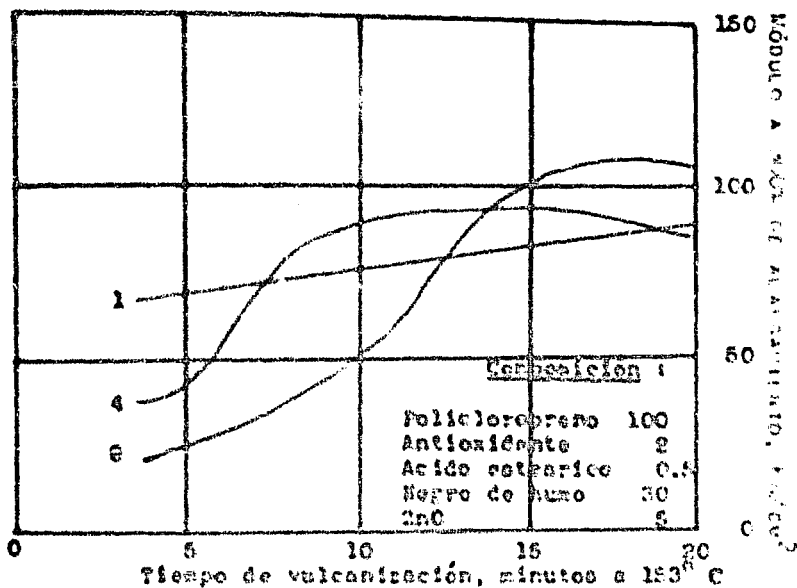


Fig. Vb. Efecto de la concentración de H<sub>2</sub>O

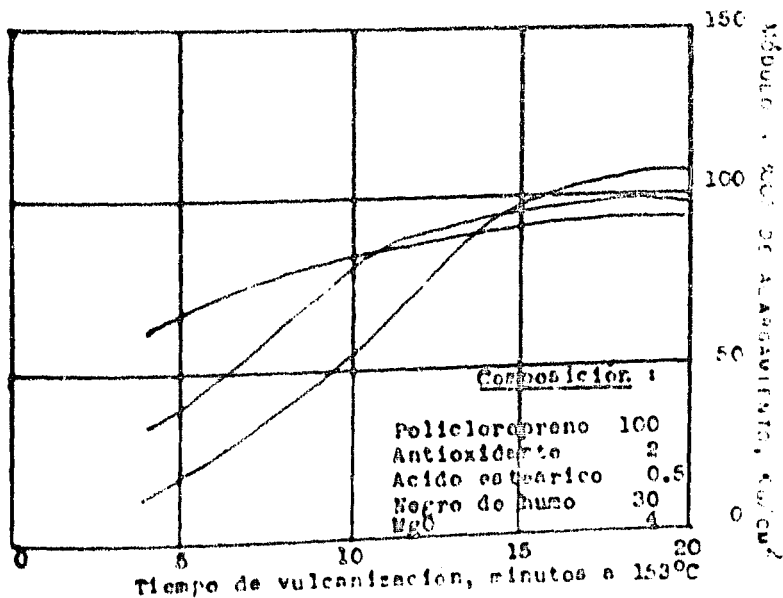


Fig. Vc. Efecto de la concentración de ZnO

ción fija de óxido de magnesio a diferentes tiempos de vulcanización y a una temperatura constante con el mismo módulo de 300%.

El efecto de cuatro partes de magnesio y cinco partes de óxido de zinc proporcionan un buen equilibrio entre la seguridad de trabajo y velocidad de vulcanización dando vulcanizados con buena resistencia al calor.

Con estos sistemas se obtienen vulcanizados apropiados para los requerimientos presentes y no es necesario utilizar un acelerante de curado.

El grado de la magnesio empleado en las composiciones de policloropreno juega un papel importante ya que se han desarrollado exclusivamente para sus formulaciones y deberán reunir dos importantes características. Primera, deben ser precipitados (no molidos) y calcinados después de la precipitación. Segunda, debido a lo anterior presentan una alta actividad debido a la elevada relación de superficie a volumen. Por lo tanto a menor tamaño de partícula obtendremos mucho más actividad, lo cual nos llevará a obtener mejores propiedades de vulcanizados con menor concentración.

#### Aceleradores de curado .

Como en este tipo de recubrimientos se vulcanizan aproximadamente en 6 meses, no es necesario utilizar, ni se recomienda ningún tipo de acelerador, pero, en el caso de que si lo fuera necesario para mayor rapidez inicial de trabajo del recubrimiento, podrán utilizarse los siguientes sistemas:

1.- 0.5 partes de Tetrametilthiuram monosulfuro (TMS - de Vanderbilt) y 0.5 partes de azufre por 100 partes de policloropreno.

2.- 0.25 partes de tiodipirimidina (Thiate A de Vanderbilt) o trialkil tiourea (Thiate B de Vanderbilt) en 100 partes de policloropreno.

3.- La aceleración con etilen tiourea (0.25 partes en 100 de policloropreno) proporciona cualidades sobrecalientes a los vulcanizados y proporciona un notable mejoramiento en la resistencia al envejecimiento por calor.

4.- Para aumentar altamente resistencias a la humedad los cuales se vulcanizan con zinc ( $ZnO_2$ ) se les podrá adicionar 0.5 partes de azufre para obtener una velocidad buena de curado.

5.- Otro acelerador que nos daría buenas características en los vulcanizados es la N, N'-dibutil tiourea (Robinson Frothers Ltd.). Agregarse de 0.25 a 0.5 partes por 100 de policloropreno.

### Antioxidantes

Para el buen envejecimiento del vulcanizado es esencial la presencia del antioxidante. Los que comunmente responden tién en otros tipos de hule pueden utilizarse en el policloropreno siempre y cuando tengan la característica de ser no manchantes. Los diversos antioxidantes no manchantes disponibles en el mercado varian -- considerablemente en su relativa eficacia para favorecer la resistencia al calor, ataque del oxígeno y decoloración por la luz. Para estos casos pueden utilizarse los de tipo fenol alquilado (Zalbe de Dupont), fenoles alquilados modificados (Zalbe special de Dupont, Santo White crystals tipo Nonox del de Monsanto), el 2,6 metileno-bis 4, metil 6 terbutil fenol (Santo White crystals tipo Nonox Wap de Monsanto, antioxidante 2246 de Cyanamid), etc.



Todos estos antioxidantes se deberán usar en una proporción de 2 partes por 100 partes de elastómero. En esta relación se busca tener siempre un exceso para asegurar la protección máxima -- que deberá impartir el antioxidante. En estudios hechos se ha encontrado que la cantidad necesaria es aproximadamente de 1 parte en 100 de elastómero, pero generalmente se utiliza de 1.5 a 2 partes por seguridad.

### Pigmentos

En el policloropreno solamente es factible utilizar pigmentos inorgánicos debido a que no tienden a decolorarse, por lo tanto, deben ser resistentes a la acción de los rayos ultravioleta como el negro de humo, óxido férrico y polvo de aluminio.

El tamaño de partícula afecta la viscosidad debido a que a medida de que el tamaño de partícula es menor el área superficial del polvo es mayor y por consiguiente se tiene mejor dispersión, menor asentamiento y mayor consistencia del producto (viscosidad), y si el tamaño de partícula es prácticamente de tamaño coloidal -- tiende a producir mayor tixotropía. Este aumento de tixotropía es importante porque facilita las condiciones de aplicación. Por tal función se los denomina extendedores de película y son indispensables para un mejor control de la aplicación.

Además de esta función se tienen otras en los vulcanizados, ya que una de las discusiones sobre la vulcanización total de elastómeros dice que no es completa sin la adición de rellenos o cargas, particularmente el negro de humo. Aunque se han hecho mu-

chos estudios aún no se entiende perfectamente su acción. Según -- trabajos recientes indican que el negro de humo es químicamente ag tivo y contribuye aparentemente al efecto total de vulcanización, mejorándolo.

Se ha postulado que se crea un enlace cruzado entre el -- negro de humo y el elastómero, y que será mejor este enlace a medi da que la vulcanización es más avanzada. Esto, desde luego, varía con el tipo de negro de humo y del sistema de vulcanización emple do.

La adición de 50 a 100 partes de pigmento por 100 partes en peso de policloropreno nos da una buena relación de dureza con colorabilidad. Se ha encontrado que los pigmentos que dan colores opacos son los que ofrecen óptimas propiedades en estabilidad de -- coloración y resistencia al intemperismo como el óxido férrico -- ( $Fe_2O_3$ ) rojo y el negro de humo.

Se ha encontrado que los pigmentos orgánicos que dan as-- pecto brillante se oscurecen al exponerse a los rayos ultravioleta de la luz solar en formulaciones de policloropreno.

TABLA No. III. Relación de tamaño de partícula y superficie en diferentes negro de humo.

Tipo	Tamaño de partícula promedio m $\mu$	superficie m $^2$ /L
HT	320 - 472	8 - 5.7
PT	153 - 180	17 - 16
SRP	70 - 83	25 - 31
SLP	50 - 60	36 - 38
PSF	51 - 58	45 - 52
FF	39 - 43	59 - 62
CF	42	70
EPC	29 - 33	88 - 70
MPC	25 - 28	106 - 90
HPC	24	105
HAF	23 - 28	74 - 68
ISAF	17 - 22	121 - 115
SAP	14	145

Estas dos propiedades, la de firma y la de superficie - (tamaño de partícula y estructura, respectivamente) son causantes de ciertos comportamientos del elastómero ya formulado. La superficie nos da una idea del índice de refuerzo, esfuerzo de tensión y de la recuperación; la firma nos provee un índice de módulo, duzeta y otras propiedades relacionadas; el pH indica un índice de velocidad de curado y de comportamiento en el envejecimiento.

Con el uso del negro de humo no será necesario el empleo de otras cargas para atarlar el producto y degradar sus propiedades hasta donde se crea conveniente para lograr la máxima economía. Usando el negro de humo como única carga se obtendrán hules de mucho mejor calidad con un costo similar en las formulaciones.

Si se usa el óxido férrico como pigmento se obtendrán -- óptimas propiedades y resultados tratando de que el pigmento tenga las siguientes especificaciones:

Contenido de $Fe_2O_3$	99.0%
Densidad	5.2
Finura, malla 325	99.8 mínimo
Contenido de cobre	3.0 ppm máximo
Contenido de manganeso	2.0 ppm máximo

Los pigmentos de aluminio favorecen la resistencia al -- intemperismo y son los únicos que mantienen la brillantez al formularlos con policloropreno, pero tienden a disminuir la estabilidad en el almacenaje.

Los pigmentos de aluminio se elaboran en forma de polvo y en forma de pasta, este último no deberán utilizarse ya que tienen una variación de 63.5 a 74.0% de material aprovechable neto y lo demás son materiales grasos, o bien, ácido estéarico en naftas altamente volátiles que sirven como aglutinantes. Se deberán utili

ser los pigmentos en forma de polvo con el tamaño de partícula más pequeña de que se disponga.

Para obtener un producto con la mejor consistencia, se recomienda lo siguiente:

Finura, malla 325	95% mínimo
Densidad	2.50 - 2.55 g/cm <sup>3</sup>

El criterio de selección del pigmento depende de ciertos factores indispensables para su funcionamiento y el criterio para determinar su concentración en la formulación estará dada por la siguiente relación:

$$\% \text{ Vep} = \frac{V_a}{V_a + V_{pr}} \times 100$$

Donde:  $\% \text{ Vep}$  = Porcentaje de la concentración en volumen del pigmento. No deberá exceder el 33%

$V_a$  = Volumen de las cargas, incluyendo todos los ingredientes secos, excepto el polímero, resinas y solventes.

$V_{pr}$  = Volumen del polímero y resinas.

Al hacer estas formulaciones debemos siempre tener en mente el buscar el mejoramiento de las propiedades importantes en la elaboración y en el funcionamiento del producto. Para obtener un producto de mejor calidad debemos hacer lo siguiente:

1.- Mejoramiento en la elaboración. La presencia de ciertos ácidos grasos como el esteárico y láurico y otro tipo de compuestos como la vaselina, parafina, aceite de palma, lanolina, cera microcristalina, etc. tienden a mejorar la propiedad de desprendimiento de la masa que se está mezclando o masticando en molinos de rodillos o en mezcladores internos, y además, actúa como lubricante

referentes del humectado y por consiguiente del mejor dispersado de las cargas. Pero la adición de estos compuestos tienen una limitación ya que actúan como modificadores de curado, retardando la vulcanización. Para evitar esto es necesario que su relación sea de 0.5 partes máximo por 100 partes de policloropreno W.

2.- Aumento de adhesividad. Todas las soluciones de estado, excepto aquellas que vanan a estar expuestas a la intemperie deberán contener una cantidad apropiada de resina fenólica tan sensible de 6 a 7% en peso de la formulación total, o bien, 45 partes de resina por 100 partes de policloropreno en base de peso - también, con el objeto de impartirle un aumento de adhesividad al recubrimiento. Esta resina se deberá disolver en los solventes usados para tener la mejor forma y más rápida de incorporarla al producto.

### Solventes

Los policloroprenos crudos y las composiciones no vulcanizadas son solubles en hidrocarburos aromáticos como el tolueno, xileno, en compuestos clorados como el tetracloruro de carbono y ortodichlorobenceno, y en ciertas cetonas como la metil etil cetona. No son solubles en acetona, alcoholes, ésteres o la mayoría de los hidrocarburos alifáticos, pero si es soluble en mezclas de hidrocarburos aromáticos y alifáticos.

Doce o más disolventes que individualmente no disolverían el policloropreno pueden muchas veces emplearse en combinación para formar soluciones homogéneas. La acetona y la kerosena son una combinación típica. La otra es el acetato de etilo y el hexano.

La tabla siguiente indica tales mezclas con sus margenes aproximados de seguridad.

**TABLA No. IV. Mezclas disolventes para el policloropreno.**

Con aditivos		Cantidad del componente A, % en Volumen.
A	B	
Acetona	Ciclohexano	30 a 60
Acetona	Hexano	30 a 60
Acetona	Heptano	30 a 60
Acetona	Terpeneo	30 a 60
Metil etil cetona		
Metil isobutil	Hexano	30 a 100
Cetona	Hexano	30 a 100
Acetato de metilo	Hexano	30 a 60
Acetato de etilo	Hexano	40 a 80
Benceno	Hexano	40 a 100
Tolueno	Hexano	40 a 100

Las soluciones de policloroprenos AC, AD, E, CRT y CNV en diferentes disolventes que contengan acetona parecen ser todas estables.

La viscosidad de las soluciones del polímero pueden ser regulada en cierto grado mediante la selección del disolvente. Además dan viscosidades menores que las que dan los hidrocarburos orgánicos puros. Estas propiedades se demuestran en la tabla siguiente.

**TABLA V. Efecto del disolvente sobre la viscosidad. -- Viscosidad Brookfield de la solución, poises.**

Mezcla disolvente empleada	policloropreno			
	AC	H	CC	CN
Tolueno	17	16	11	11
Tolueno/Acetato de etilo (20/80)	15	12	5	3
Tolueno/Metil etil cetona (20/80)	15	11	4	3
Tolueno/Acetato de metilo (30/70)	15	11	5	4
Acetona/Hexano (40/60)	12	8	4	3

**Nota:** Estos disolventes actúan en 180 gramos de base seca ( 100 partes de policloropreno, 4 partes de óxido de magnesio y 5 partes de óxido de zinc) aforados a un litro.

El solvente seleccionado deberá evaporar lentamente de tal manera que a temperaturas altas la evaporación rápida no cause burbujeo en el recubrimiento y que pueda eliminarse a temperaturas tan bajas como 5°C. Desde luego, que el solvente utilizado se deberá seleccionar para condiciones óptimas, conservando el contenido de sólidos y la viscosidad dentro de un rango para hacer más flexible la formulación y poder utilizar diferentes tipos con diferente poder disolvente y diferente velocidad de evaporación. Para determinar datos exactos hay que experimentar con las condiciones apropiadas. Los factores que nos determinaran estas variaciones en las especificaciones son:

- 1.- Diferentes materias primas
- 2.- Variaciones en las concentraciones
- 3.- Grado de molienda.

Teniendo varias variables la selección del disolvente o mezcla de ellos quedará sujeta principalmente a las condiciones de aplicación (viscosidad y temperatura ambiente). Se recomienda el siguiente criterio:

- 1.- Evaporación a temperaturas bajas:

Etil benceno, tolueno y m-xileno o mezclas que contengan acetona, acetato de metilo y hexano.

- 2.- Rango amplio de evaporación, considerando desde 5 -- hasta 50°C:

Mezclas de orto, meta y para xileno, mezclas con heptano normal, metil etil cetona, metil isobutil

etona.

Nota: Aún más, si se quiere afinar más el tiempo de evaporación se pueden hacer mezclas de los disolventes anteriores.

### Molienda

En este tipo de formulaciones es necesario utilizar la molienda para incorporar las cargas y obtener la homogeneidad en el producto final, y sobre todo de que la viscosidad puede regularse y uniformarse según el grado de molienda o masticación que se haga.

Como una explicación, diremos que lo que sucede durante este proceso es que se hace el rompimiento térmico del polímero -- dando lugar a cadenas más cortas y provocando un decremento en la viscosidad.

Cuando se trabaja a un rango de temperatura de 38 a 52°C en el molino o mezclador, el polímero es translucido, donde se forma una banda homogénea y resistente. A esta consistencia y temperatura se encuentra en su fase elástica, en la cual se hace una magnífica incorporación de cargas dando una excelente dispersión. Si se aumenta la temperatura arriba de 71°C se alcanza la fase granular que posiblemente sea la dispersión del polímero elástico en el polímero plástico perdiéndose mucha fuerza cohesiva dando lugar a una superficie como papel lija fino, con lo que es difícil obtener una buena dispersión. Alrededor de los 93°C se llega a la fase --- plástica, donde el polímero se vuelve muy blando, lustroso y liso. No se obtiene una buena dispersión.

Muchas veces en la práctica se obtiene una buena disper



ción con temperatura de descarga de 93°C, debido a que la adición de cargas se ha hecho en la fase elástica y su adición contrarresta la acción de la elevación de temperatura. Por lo tanto, los puntos de transición de una fase a otra varían y son totalmente reversibles siempre y cuando no haya habido vulcanización. Se recomienda las variaciones de tales puntos cuando sean convenientes.

El molido puede hacerse en mezcladores internos llamados Banbury o en molinos de cilindros abiertos.

1.- Molido en molinos de cilindros abiertos. En este tipo de molienda es necesario trabajar en la fase elástica, plástificando el polímero bruto de 5 a 10 minutos, espesando con aberturas de 1.0 a 1.5 centímetros, y posteriormente incorporar las cargas en el siguiente orden:

a) Magnesita. No hacerlo a temperaturas más bajas, ya que se apelmaza en los cilindros fríos. No provoca prevulcanización su adición en este orden y sobre todo que su inclusión al principio mejora la molienda.

b) Cargas duras. El negro de humo, polvo de aluminio u óxido férrico.

c) Otras cargas. Antioxidantes, cargas blandas, si existen.

d) Acido estéarico o agentes humectantes mejoradores de la molienda.

e) Óxido de zinc.

f) Aceleradores. Si se requieren.

Las dos últimas cargas se aconseja agregarlas al final para evitar una vulcanización con la temperatura.

Se recomienda que habiéndose incorporado cada carga, se le den dos o tres pasadas más a través de los rodillos e incorporar la siguiente carga. Ya incorporadas todas las cargas, pasar por el molino otros 20 o 30 minutos más.

En el siguiente cuadro podremos apreciar el efecto del tiempo de molienda sobre la viscosidad de la solución. Las pruebas se hicieron con un 20% de contenido de sólidos, utilizándose xilol como solvente. Los sólidos tenían la siguiente relación

<u>Materia prima</u>	<u>partes en peso</u>
Policloropreno T	100
óxido de zinc	5
óxido de magnesio	4

Tabla No. VI. Efecto del tiempo de molienda sobre la viscosidad. Viscosidad Brookfield.

<u>Tiempo de molienda, min.</u>	<u>viscosidad, poises</u>
10	8.1
20	7.5
30	7.4

Nota: El tiempo reportado, fué el tomado después de la incorporación de cargas. Se utilizó un molino de rodillos abiertos y la misma abertura para todas las muestras conservando siempre la misma cantidad de muestra.

1.- Masticación en mezcladoras internas. Este método es más recomendable ya que hay menor generación de calor en el proceso y con mejor control de él. Para obtenerse una masticación óptima se deberá someter a la masa a la máxima acción del mezclador, atacando a la vez a la formación de grumos, en el caso de que se llegaran a presentar.

Se recomienda eliminar toda la humedad posible durante -

el masticado para evitar una acción de prevulcanización, y por si alguna razón llegara a existir se aconseja una temperatura de de carga de 104°C.

El sistema de adición de las cargas se deberá hacer en forma similar al utilizado en el método anterior ya que el principio de acción de ellas es el mismo.

El método de mezclado interno es más recomendable porque se utiliza menos tiempo y el sistema de adición es mucho más sencillo.

Después de seguir cualquier sistema de mezclado la masa obtenida se deberá cortar en pedacos de 10 x 10 cm o del tamaño -- que se requiera para obtener la mayor rapidez de disolución.

### Disolución

Para hacerse la integración de las partes y obtener ya - el producto final, habrá de disolverse la parte masticada con las cargas en los solventes seleccionados que traerá consigo disuelta la resina fenólica.

La adición de los trozos se deberá ir agregando poco a poco (dependiendo del tamaño de la barcada o lote) y posteriormente darle un tiempo de agitación hasta la incorporación total de la parte sólida. Si el % de contenido de sólidos está correcto y haya necesidad de ajustar viscosidad se deberá hacer de la siguiente manera:

1.- Alta. Ajustarse con solvente. Si se usa un sistema, - agregar el que tenga mayor efecto de disolución para que la cantidad agregada sea la menor y no vaya a quedar baja de sólidos.

2.- Baja. Con trozos de molienda hasta obtener el límite inferior del rango de viscosidad. No es recomendable ajustarse con cargas ya que además de ser impráctico, la relación de cargas es muy importante y su efecto sería muy poco.

También se recomienda hacerlo con trozos de la goma pura sólida (al añadir de cargas) ya que es la que crea la viscosidad de la disolución.

### Poliisileno cloroxilfenado

#### Tipo de elastómero

De las características de los 3 tipos existentes de que se habló en el capítulo III se aconseja usar el tipo 20 porque da magníficas propiedades de vulcanizado, es más barato, magnífica resistencia al ozono, flexible, y aunque el tipo 40 da ligeramente mejores propiedades de vulcanizado, su viscosidad a iguales concentraciones es más alta. Además de que con una baja viscosidad se obtienen valores más altos de adhesividad. La característica que más influye en el uso específico como impermeabilizante es su resistencia excepcional al intemperismo.

De la cantidad empleada se tomará como base 100 partes en peso o bien, un 15.6 a 16 % de la solución total.

#### Sistema de vulcanización

Como se había indicado, la vulcanización de éste polímero consiste en formar valencias cruzadas entre los radicales clo-

ro-sulfonados aprovechando su alta reactividad con las cadenas adyacentes.

Teniendo en cuenta que la colorabilidad de los recubrimientos es uno de sus aspectos importantes, es necesario, que los sistemas de vulcanización se diseñen o modifiquen cumpliendo satisfactoriamente además con la función específica de su uso. Los sistemas de vulcanización empleados para este caso son:

- 1.- Ácido orgánicos: Colofonia hidrogenada, colofonia, -- ácido esteárico.
- 2.- Óxido metálicos: Litargirio, óxido de magnesio, ftalato dibásico de plomo, valceto tribásico de plomo, pero no el óxido de zinc.
- 3.- Acelerador orgánicos: Tetrasulfuro de dipentametil--tiuramilo, Dibenzotiazyl disulfuro, 2-mercaptobenzotiazole, etilentiurea, dipenta-metilen-tiuram-hexasulfuro.

La función del ácido orgánico es iniciar la vulcanización al reaccionar con el óxido metálico y formar agua para hidrolizar el grupo sulfurilo. Es importante indicar que la vulcanización solo se realiza solo en aquellas condiciones en que esté agua presente, por lo cual se recomienda vulcanizar cuando exista humedad ambiente.

Si se omite el ácido orgánico, y los ingredientes de la mezcla están relativamente secos, no se conseguirá vulcanizar.

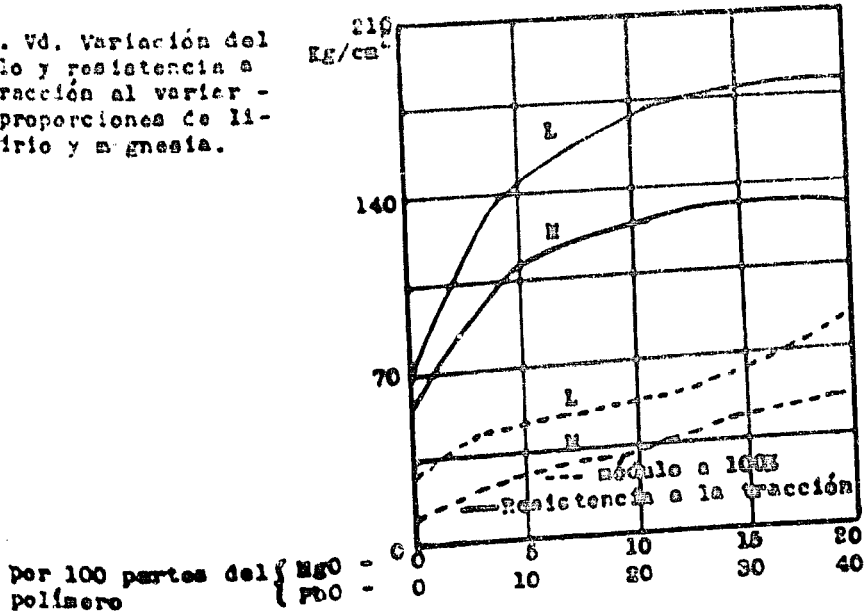
Los mejores ácidos orgánicos para la mezcla son ácidos de colofonia, o sea, la brea y la brea hidrogenada. Los ácidos grasos como el esteárico y el láurico son agentes de vulcanización eficaces, pero aumentan el índice de prevulcanización.

La cantidad de ácido orgánico recomendada es de 2.5 par--

tas. No obstante, pueden emplearse hasta 10 partes, particularmente cuando se precisan estados más elevados de vulcanización.

Los óxidos metálicos recomendados, generalmente son el litargirio, magnesia o una combinación de ambos. Usándose el zinc, - el fosfato dibásico de plomo y el salento tribásico de plomo se obtienen velocidades de vulcanización más lentas pero también utilizadas en las misturas de impermeabilización; los dos últimos y el óxido de magnesio tienden a mantener la tonalidad de la coloración, razón por la cual con los más indicados en este tipo de uso. Aunque el litargirio en mezcla con la magnesia también se recomienda, puede utilizarse como vulcanizante único añadiendo 25 partes y 2 partes de estearato de calcio para contrarrestar la tendencia a oscurecerse. Este vulcanizante se recomienda porque es el que proporciona la máxima estabilidad a la intemperie y, mezclado con la magnesia formaría una buena alternativa como sistema de vulcanización.

Fig. Vd. Variación del módulo y resistencia a la tracción al variar las proporciones de litargirio y magnesia.



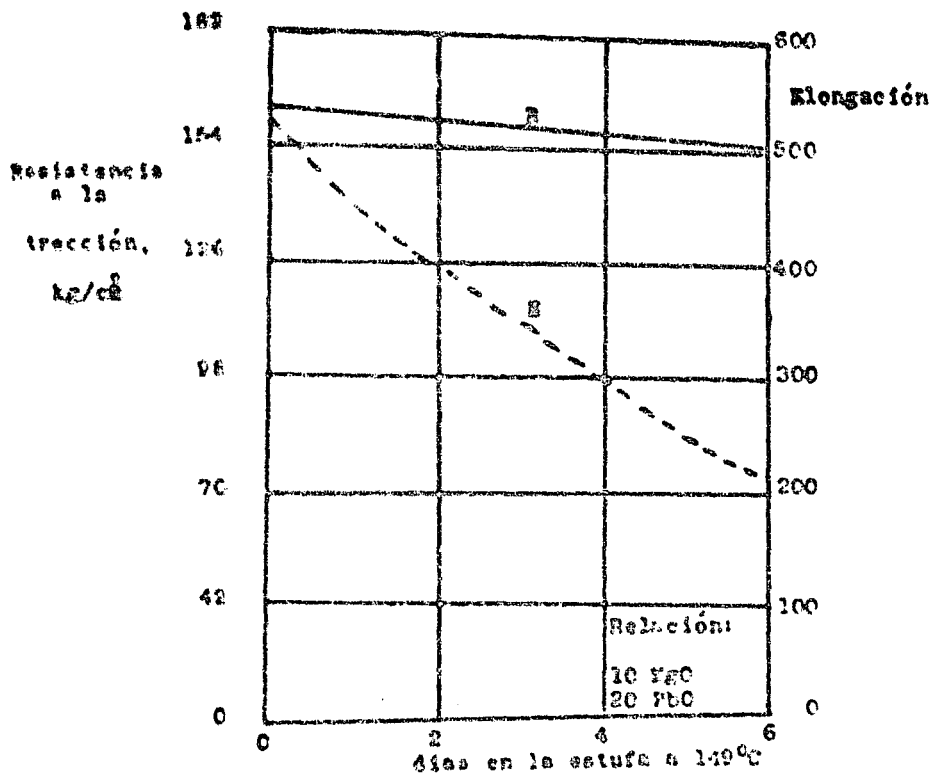


Fig. Vc. Variación del módulo y de la resistencia a la tracción.

Utilizando el Selenato tribásico de plomo se obtienen los siguientes datos:

Exposición 8 horas a 100°C : 137 psi  
 Exposición 24 horas a 100°C : 415 psi

Lo cual nos muestra una vulcanización más atenuada que el litargirio y la magnesia. Por lo tanto, en estos casos el uso de un acelerador de vulcanización es más necesario que utilizando la magnesia o el litargirio.

Utilizando el Sulfato dibásico de plomo sucede una cosa muy similar como el caso del Selenato tribásico de plomo, donde también se requerirá el uso de acelerador.

Para los efectos que se persiguen deberán utilizarse las siguientes proporciones:

<u>Componente</u>	<u>Con pigmento negro</u>	<u>Con pigmentos claros</u>
Oxidos	40 partes de litargirio PbO	25 partes de litargirio ó 20 partes de magneaia. 20 partes de litargirio más 10 partes de magneaia. 40 partes de óxido tribásico de plomo ó de ftalato dibásico de plomo.
Estabilizante - para el color		2 partes de esteerato de cadmio. (Si se vulcaniza con litargirio).
Aceleradores	0.5 a 1.0 de Dibenzotiacil disulfuro más 0.5 a 1.0 de Dipentametilén tioran hexasulfuro 1.0 partes de etilén tioran.	De 0.5 a 1.0 de 2-Mercaptobenzotiazole (cuando se vulcaniza con litargirio); 1.0 de Dipentametilén tioran hexasulfuro (vulcanizados con magneaia); 1.0 de Tetrasulfuro de dipentametilén tioran (vulcanizados con Maleato tribásico o Ftalato dibásico de plomo.

En todas las formulaciones de polietileno clorosulfonado es necesario la presencia de un acelerador de curado, ya que la vulcanización es bastante lenta y máxime si se utilizan vulcanizantes de acción atenuada (como las sales de plomo, como el Maleato y Ftalato).

#### Antioxidantes

No es necesario la presencia de antioxidantes en las formulaciones de polietileno clorosulfonado, excepto cuando haya exposición a temperaturas elevadas. Ya sabemos visto que éste el etómero es el único en la actualidad que no puede ser afectado por la acción del oxígeno o del ozono sin importar el esfuerzo a que estuviera sometido, ni las concentraciones de los gases. No obstante, en presencia de la luz ultravioleta el ritmo de oxidación se acelera considerablemente. Por lo tanto, para obtener una buena duración en la in-



temperie es necesario proteger los vulcanizados utilizando pigmentos o cargas que hagan la función de absorber, filtrar o de reflejar la luz ultravioleta. Generalmente se recomienda utilizar por seguridad una proporción de 5 partes de antioxidante por 100 partes de elastómero. Los antioxidantes recomendados son los mismos que los utilizados para el polietileno. Otro de más reciente aparición es el 2,6-di-tert-amil hidroquinona.

### Cargas

Se recomiendan cargas de partícula pequeña para conseguir la mejor retención de propiedades físicas, color y superficie de las masclas expuestas a la intemperie, además que favorecen la homogeneidad de la solución debido a una mejor dispersión de ellas. Aquellas masclas no protegidas en una forma adecuada, pueden volverse quebradizas en el espacio de uno o dos meses de exposición, mientras que masclas idénticas pero pigmentadas debidamente, muestran un cambio insignificante en sus propiedades después de tres años de exposición a la intemperie.

Para las masclas pigmentadas de negro, tanto los tipos Channel como los Furanos<sup>®</sup>, son igualmente satisfactorias. Para las masclas blancas y no-negras es excelente el dióxido de titanio, - los caolines duros como los tipos Dixie Clay y Par Clay y como una carga para bajar el costo es recomendable usar el carbonato de calcio finamente precipitado.

A continuación se darán sugerencias del uso de las cargas, tomando como base dos formulaciones típicas:

• De canal o de horno

Componentes

Vulcanizante

Litargiria    Magnesia

Poliisotileno clorosulfonado No. 20	100.0	100.0
Celofanía hidrogenada	2.5	2.5
Magnesia	---	20.0
Litargiria	40.0	----
Tetracloruro de dipenta metil tiura	0.5	----
Dipentametilén tiura hexacloruro	0,75	1.0
Cargas	(según se indican)	

Las siguientes operaciones son hechas, tomando en --- cuenta que se sustituyera el carbonato de calcio por las que se indican.

<u>Carga</u>	<u>Exposición a la luz</u>	<u>Resistencia al agua</u>	<u>Exposición directa a la luz solar</u>
Silicato magnésico	no hay cambio	Se mejora	Ligeramente más pobre
Sulfato de bario	Se oscurece ligeramente	Se mejora	Se oscurece; -- más pobre
Caolines	Se oscurece ligeramente	Se mejora	Mayor giseo, más rápida ercción.

Las especificaciones para estas cargas son:

<u>Carga</u>	<u>Humedad, %</u>	<u>Tamizado malla 325, %</u>
Sulfato de bario	1.0 max.	98.5 min.
Carbonato de calcio	2.0 "	90.0 "
Silicato magnésico	1.0 "	99.5 "
Caolin, tipo Dixie Clay	1.0 "	99.8 "
" " " Par Clay	1.0 "	99.5 "

Las concentraciones de las cargas y del pigmento deberán estar de acuerdo con la siguiente fórmula. Si se excede un valor - de 3% de Vcp no se obtendrá un buen funcionamiento.

$$Vcp \frac{Vpig}{Vpig + Vpc} \times 100$$

Donde: Vcp - Porcentaje en volumen del pigmento más las cargas  
 Vpig - Volumen unitario de todos los ingredientes secos excepto el elastómero y solventes  
 Vpc - Volumen unitario del elastómero

Los pigmentos utilizados en las formulaciones de polietileno clorosulfonado son:

Color	Tipo	Codificación	Concentración
Negro	Furnace o Charcol		Mínimo 6 partes
Azul	Azul de ftalocianina	Rubber Blue PCL	De 3 a 6 partes
" "	" " "	Rubber Blue CD	Sobre 3 partes
Verde	Verde de ftalocianina	Rubber Green CD	De 3 a 6 partes
Anaranjado	Anaranjado de wolframato	YG 607 D	Mínimo 6 partes
Rojo	Rojo de cobaltina	RT-8000 y RT-3800	De 3 a 6 partes
" "	Oxido férrico	Serie 100 y 1000	De 3 a 6 partes
" "	Rojo de cadmio		12 partes mín.
" "	Rojo 2 6	Rubber Red PBD	12 partes mín.
Blanco	Dioxido de titanio	Ti-pure R-610	12 partes mín.
Amarillo	Amarillo de cromo	Rubber Yellow CD	8 partes mín.

Carbonato de calcio.- Es una carga que decrecienta el costo del producto y que modifica en forma relativamente pequeña las propiedades originales del elastómero. Los grados más finos (Whiting y Whiting) se pueden utilizar en recubrimientos blancos, ya que su tamaño de partícula es similar a la del dióxido de titanio. Los grados de tamaño de partícula más grande (York White) deberán utilizarse en tonos mate.

Véase en la página anterior los otros tipos de cargas que se pueden utilizar en lugar del carbonato de calcio para obtener resultados similares. El porcentaje de estas cargas deberá variar de 3 a 6% en peso de la solución total, o bien, de 25 a 30 partes de carga por 100 de elastómero.

### Solventes

Deberán usarse solventes del tipo aromático como el tolueno, xileno, benceno, etc., e bién, compuestos clorinados como el tetracloruro de carbono. Pueden utilizarse también mezclas de compuestos aromáticos como disolventes y compuestos alifáticos como adelgazantes, incluyendo en estos a las cetonas. Seguir el mismo criterio aplicado en el caso del policloropreno.

La base de la selección de un tipo de solvente o mezcla de solventes, es que al evaporar no produzcan burbujes en el recubrimiento. Si se va a utilizar en lugares bastante calurosos se -- deberán usar solventes de tipo aromático pesado para provocar una evaporación más lenta que con solventes más volátiles. En estos -- casos emplear el Solvesso 100 de Esso Standard Oil Co. El criterio inverso se utilizará en climas bastante fríos.

Posiblemente el solvente con mejores perspectivas de uso es el xileno, de tal manera que además de disolver al polímero, -- disperse las cargas para dar mayor facilidad en la aplicación.

En el caso del polietileno clorosulfonado como no sucede en el caso del policloropreno, la viscosidad tiende a aumentar bastante durante el almacenaje. Debido a esto es necesario disminuir esta tendencia utilizando algunos estabilizadores como son el n--butanol, isopropanol 993, o el 2-etoxi-etanol (cellosolve). Para -- formarse mejor una idea se presenta la gráfica siguiente (Fig. VI)

De acuerdo con la gráfica el cellosolve es el mejor es--tabilizador de viscosidad. De acuerdo a los estudios, aún con el -- 403 del sistema de solventes no genera separación de fases. El e--fecto de aumentarlo en la formulación no se ha estudiado pero con

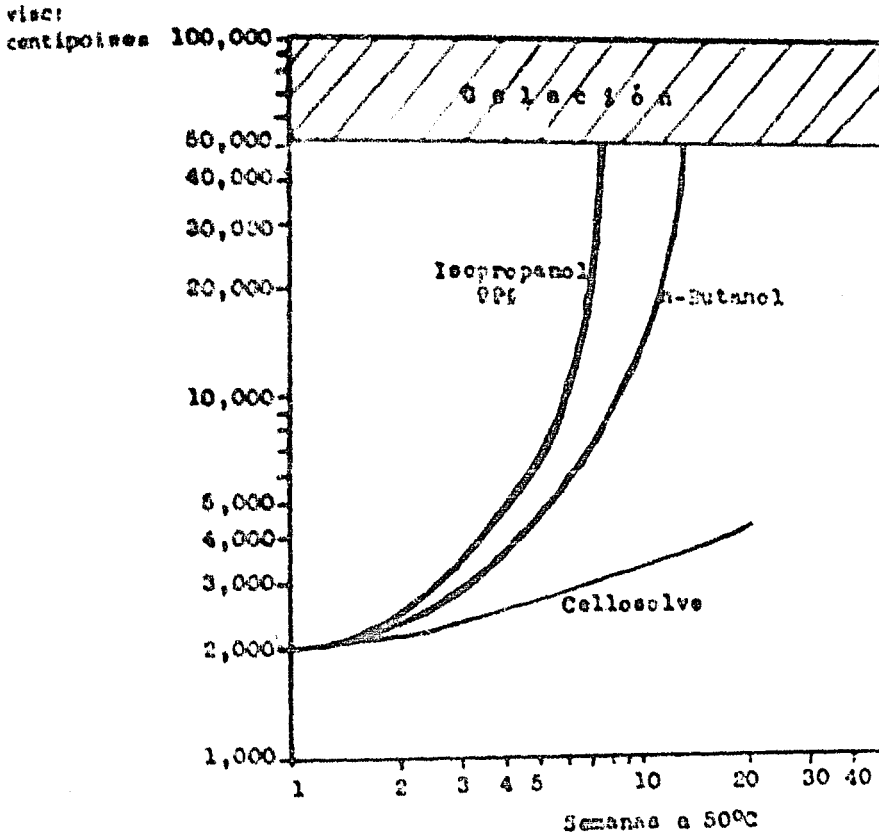


Figura Vf. Efecto de los estabilizadores de viscosidad.

un 10% se alcanza adecuada estabilización para la mayoría de las mezclas.

#### Masticado

Las mezclas de polietileno clorosulfonado pueden elaborarse y manipularse satisfactoriamente con procedimientos similares a los seguidos para elaborar el policloropreno o el caucho natural.

Aunque existen importantes diferencias para obtener los mejores masticados, esto se debe a una termoplasticidad mayor en el polímero - del polietileno clorosulfonado, lo cual provoca un ablandamiento más rápido para una masticación inicial igual. También, es innecesario una degradación inicial o tratar de forzarla con el uso de peptisantes ya que la saturación química no lo permite.

La mayoría de las mezclas de polietileno clorosulfonado, que contiene magnesita poseen una larga vida de elaboración. La experiencia demuestra que pueden ejecutarse las mezclas por los métodos corrientes sin que se presente ninguna dificultad.

No obstante, las mezclas que contienen litargirio poseen una vida de elaboración relativamente corta por su gran actividad - de vulcanización, se recomienda que se mantenga la mínima acumulación de calor a que está sometida la mezcla para mayor facilidad de manipulación y mayor seguridad.

Si se utilizan vulcanizantes del tipo orgánico como el ma leato tribásico de plomo y el ftalato dibásico de plomo se tiene todavía más tiempo de elaboración y permiten mantener una temperatura más alta en el proceso.

Para una buena molienda o masticación deberán seguirse -- las recomendaciones siguientes, ya sea que se utilice un molino de cilindros abiertos o mezcladores internos del tipo banbury.

- 1.- Enfriamiento constante y máximo, desde su iniciación.
- 2.- Masticado ligero inicial para ablandamiento.
- 3.- Incorporación perfecta de las cargas.
- 4.- Incorporación del vulcanizante.
- 5.- Incorporación del acelerador.

En el caso de utilizar un molino abierto por lo general se alcanzarían comúnmente temperaturas que varían de 82 a 93°C, con las cuales se obtienen dispersiones bastante aceptables.

En el caso del mezclador interno, es necesario que la temperatura no exceda de 115°C para evitar prevulcanizaciones y obtener buenas dispersiones.

Para dar una idea del efecto de la masticación se exponen valores de la modificación que se lleva a cabo en este proceso, utilizando una mezcla con las siguientes proporciones en peso, polietileno clor sulfonado No. 20, 100 partes; calcato tribásico de plomo, 40 partes; Tetracloruro de dipenta-metil tiuran, 1 parte. Esta mezcla se disolvió en xileno a un 17% de contenido de sólidos y se obtuvieron las siguientes viscosidades:

<u>Tiempo de molienda, minutos</u>	<u>Viscosidad Brookfield, cps</u>
10	20.10
20	18.20
30	16.50

### Disolución

Para hacerse la integración de las partes se deberá seguir el mismo procedimiento que en el caso del policloropreno, o sea, disolverse la parte masticada en la parte que contiene el solvente, colofonia hidro, enada, estabilizador de viscosidad. La cantidad de sólidos dependerá del rango que se desee.

El ajuste de viscosidad también se deberá hacerse como en el caso del policloropreno.



### Pruebas de funcionamiento

Todas las formulaciones que se elaboren a base de estos elastómeros para utilizarse en impermeabilización, deberán cumplir satisfactoriamente ciertas pruebas de funcionamiento para garantizar una buena calidad durante su vida de uso. Tales pruebas de funcionamiento son:

#### Para la neoprena

1.- Absorción de agua. Método de prueba, ASTM D 471-59T  
Método tentativo para la determinación del cambio de propiedades y por inmersión en líquidos de productos elastoméricos vulcanizados. Los rangos de incremento en peso son:

Policloropreno	5% máximo
Poliétileno clorosulfonado	4% "

2.- Fuerza de tensión. Método de prueba ASTM D 412-51T  
Método tentativo para la determinación de la tensión en hules vulcanizados. Los rangos son:

Policloropreno	1600 lb/in <sup>2</sup> mínimo
Poliétileno clorosulfonado	500 lb/in <sup>2</sup> "

3.- Elongación. Método de prueba, ASTM D 412-51T. Pruebas a 30°C. Los valores están dados en porcentaje de aumento de longitud inicial.

Policloropreno	400 mínimo
Poliétileno clorosulfonado	400 "

4.- Elongación permanente. Método de prueba, ASTM D 412-51T. Rangos a 30°C, dados en porcentaje de aumento de longitud original.

Policloropreno	50% máximo
Poliétileno clorosulfonado	50% "



ción no existe un límite aún pero se recomienda que se hagan comparaciones con los 6 tipos standard e ir fijando los límites.

2.- Viscosidad. Método de prueba, viscosidad Brookfield a 25°C, vaso de 400 ml, spindle # 3 y 10 RPM. Las especificaciones son (rangos) :

(Spindle # husillo o flecha)

Policloropreno	10 - 20 poises
Poliétileno clorosulfonado	15 - 25 "

3.- Contenido de sólidos. No se tiene un método standard. Hacer la determinación por diferencia de peso de una muestra y su residuo que se metió a la estufa a 125°C durante 1 hora. Utilizar pedos de muestras de aproximadamente 5 gramos. Los rangos son:

Policloropreno	39 - 41 %
Poliétileno clorosulfonado	39 - 41 %

Preparación de las probetas para las pruebas de funcionamiento

#### 1.- Adhesión

Se deberá utilizar un sustrato de lámina de asbesto cemento de 1/4 de pulgada de espesor, de acuerdo con el tipo P, según la especificación 33-3-1934 (Normas Federales de E.U.) y el tamaño de acuerdo al indicado en el método ASTM D-900-45 (el tamaño es de 1 x 14 pulgadas).

El procedimiento para hacerlas es el siguiente:

a) Se toma la cara más lisa de la probeta, se cubren 7 -- pulgadas con papel kraft delgado unido con un pegamento sensitivo a la presión.

b) Se aplican dos manos de un imprimador que consiste en 2 partes del solvente por una de la solución en peso, cubriendo todo la parte cubierta como la que no está cubierta. Se deja secar -- Perfectamente antes de aplicar la segunda capa.

c) Se dan 3 manos con brocha de la solución, dejándose secar perfectamente entre capas.

d) Se dejan reposar 24 horas a temperatura ambiente.

e) Se cortan tiras de lona del mismo tamaño, o sea de ---  
1 x 14 pulgadas, se aplica tanto a la tira de lona como a la superficie ya seca de la proleta, un cemento de contacto, dejándose secar perfectamente antes de unir ambas cosas. Se unen y se dejan reposar otras 24 horas a temperatura ambiente.

f) Las proletas de poliuretano se ponen a la estufa durante 8 horas a 100°C, y 24 horas a la misma temperatura las de polietileno cloroculfonado.

g) Se dejan 77 horas a temperatura ambiente y se procede a hacer las pruebas.

## 2.- Formación de las películas para las otras pruebas

Deberá usarse un sustrato, de tal manera que se pueda colocar sobre de él un papel siliconado y fijarse perfectamente -- bien. Esto es con el objeto de formarse las películas y puedan desprenderse lo más fácilmente que se pueda. También pueden utilizarse láminas perfectamente planas recubiertas con teflón o algún otro agente no adherente.

Para formar las películas se deberá de contar con un aplicador que tenga cuando menos dos espesores, de preferencia que uno tenga la mitad del espesor del mayor. Esto es con el objeto de que al crearse la película se haga mediante dos aplicaciones y no vaya a correrse la solución con una sola aplicación utilizando únicamente el espesor que no debiera dar el espesor de película -- seca que buscamos.

Al hacerse las dos aplicaciones se deberá obtener un espesor de película seca de 0.080 mm ( 15 milésimas de pulgada ).

Para formarse este tipo de películas también puede emplearse el método ASTM D-883-52, ajustando la hoja maestra de espesores a dos medidas para que también en dos aplicaciones obtener el espesor de película seca que deseanse.

Se dejan reposar a temperatura ambiente 24 horas y se sigue el mismo procedimiento de curado que con las probetas para las pruebas de adhesión.

---

## C A P I T U L O   V I

### LOS SISTEMAS Y SUS CARACTERISTICAS

Los procedimientos para la determinación de los posibles usos de estos materiales elastoméricos van a depender exclusivamente de las propiedades medidas en el laboratorio, las cuales son probadas haciéndose series de aplicaciones en las condiciones de trabajo. Además, se aprovechan las ventajas que ofrecen tanto de elaboración como de aplicación, siempre y cuando se conserven buenas perspectivas económicas para su industrialización.

En el capítulo III se había tratado acerca de estas propiedades para estos elastómeros, pero ahora se hablará de las características de ellas que nos enfocan hacia su uso en impermeabilización.

Tales propiedades son:

1.- Resistencia al intemperismo. Ambos elastómeros, tanto el polioleopreno como el polietileno clorosulfonado poseen sobresaliente resistencia a la deterioración provocada por los agentes atmosféricos, permaneciendo prácticamente inalterables después de varios años de exposición.

2.- Resistencia a la abrasión. En forma de membranas son inherentemente duras y soportan la acción desgastadora de la erosión del aire, polvo y de otros erosionantes.

3.- Estabilidad. Aplicados en forma líquida, estos elastómeros vulcanizan formando una membrana sólida y elástica que peg

sanece perfectamente adherida al sustrato, siempre y cuando esté seco y limpio al hacerse la aplicación. A diferencia de otros compuestos termoplásticos, estos recubrimientos no se ablandan con el calor, ni se vuelven quebradizos.

4.- Resiliencia. En forma de membranas tiene la suficiente elasticidad para expanderse y contraerse con el sustrato. Al formarse grietas capilares en los techados, las películas no se rompen sino permanecen continuas.

5.- Resistencia a la flama. Debidamente formulados pertenecen al grupo de los plásticos que no continúan la flama al haberseles evaporado totalmente el solvente.

6.- Peso. En forma de sistemas de películas dan pesos que varían de 0.6 a 1.5 kg/m<sup>2</sup> contra las carpetas asfálticas impermeabilizantes que van de 27.5 a 32.5 kg/m<sup>2</sup>. Esto nos da una idea de que su peso es prácticamente nulo, de tal manera que no habrá necesidad en ciertos tipos de techos la inclusión de soportes por seguridad como pasa en el caso de las cúpulas.

7.- Colorabilidad. El polietileno clorosulfonado puede formularse con un amplio rango de colores permanentes blancos, colores claros y oscuros, lo cual proporciona un artículo para embellecimiento del techado. Además, los colores claros poseen una reflectividad inherente que los hacen actuar como aislantes térmicos.

8.- Versatilidad. Pueden aplicarse en gran variedad de techos y sustratos, desde madera, cemento, concreto, asbesto cemento, metálicos, etc.

9.- Aplicación. Debido a su consistencia (10 a 25 poises) pueden aplicarse con brocha, rodillo y con cualquier equipo convencional de aspersión, sin necesidad de equipos complicados para ello la aplicación puede hacerse en frío.

10.- Refuerzo. Formándose sistemas de membranas se puede reducir su labor de refuerzo introduciéndose los fieltros de fibra de vidrio para aumentarse tanto la vida útil como su resistencia.

11.- Reparación. Son fácilmente reparables, ya que el daño mecánico que pueda ocasionarse en las membranas pueden perfectamente repararse con la misma solución empleada aplicando sobre el parte dañado.

Para apreciar mejor las propiedades comparativamente de ambos elastómeros es necesario observar la gráfica VII.

A continuación se presentará una serie de datos obtenidos de aplicaciones de los elastómeros en forma de membranas impermeabilizantes, con el objeto de mostrar que son perfectamente adaptables para estos usos.

#### Esfuerzo de tensión y elongación

a) Resultados de estas propiedades después de 2 años de exposición a la intemperie:

#### Policloropreno    Polietileno clorosulfonado

Esfuerzo de tensión, psi	1600	1800
Elongación, %	250	180
Recuperación a 2 minutos después de raspar, %	22	20

b) Como el polietileno clorosulfonado es el que realmente va a soportar la acción del medio ambiente por ser la capa superficial, se le determinó la variación de las siguientes propiedades:

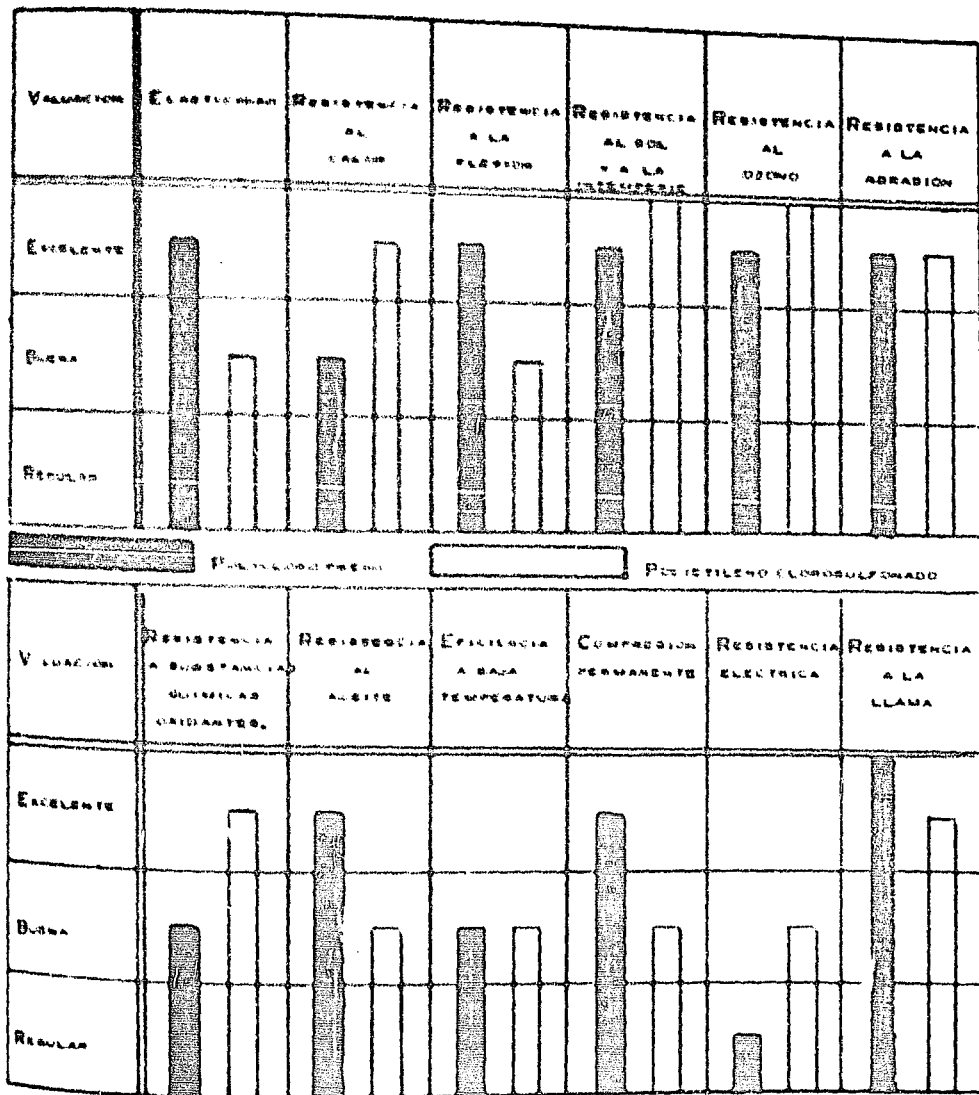


Fig. VIa. Comparación de propiedades entre el polietileno y el polietileno clorosulfonado. Con base en promedios. Las propiedades individuales dependen de la formulación y técnica de proceso.

	<u>1 año</u>	<u>6 años</u>
Esfuerzo de tensión, psi	1200	1600
Elongación, %	320	210

Notas: Se determinan a un año las propiedades iniciales porque se considera que de 6 meses a 1 año se lleva a cabo totalmente la vulcanización.

#### Velocidad de erosión

Los cables laminados son pruned o a 2 años de exposición en lugares de máxima erosión para películas protectoras.

#### erosión por agua, milímetros de mm

Policloropreno	12 - 13
Poliétileno clorosulfonado	22 - 25

Notas: Se acepta con estos datos, y haciendo una extrapolación aproximada, se espera que la vida útil de un cable de estas características en forma de membrana sea de 15 a 20 años, con un espesor de película seca de 380 a 510 milímetros de mm.

#### Estabilidad de color

Se evalúa en el poliétileno clorosulfonado, donde el cambio de tonalidad total es de 2.5 unidades de acuerdo al National Bureau of Standards, después de 2 años de exposición.

#### Transmisión de vapor

Se obtienen un promedio de los siguientes valores con un espesor de la película de 380 milímetros de mm

Policloropreno	0.25 perms
Poliétileno clorosulfonado	0.30 perms

#### Prueba de flexión

Las pruebas se hicieron con una flexión de 1/8 de pulgada (o sea, 1/16 arriba y 1/16 abajo) a 22 ciclos por segundo. Se aplicó una capa de 510 milímetros de mm en la cinta de prueba, dando los siguientes valores:



No hubo agrietamiento después de . . . . . 3,700,000 ciclos

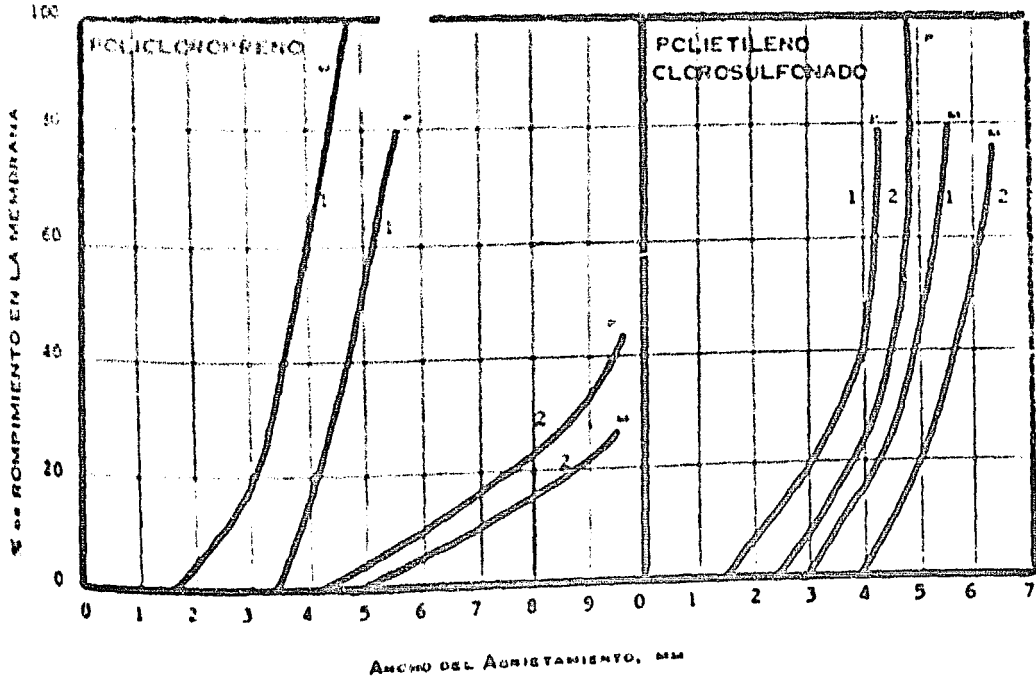
Posteriormente se hizo la misma prueba bajo una lámpara de luz solar proporcionando una temperatura de 62.5°C. Tiempo hasta agrietamiento con . . . . . 2,500,000 ciclos

Total . . . . . 6,600,000 ciclos

Nota: Este nos indica su gran elasticidad y poder de recuperación al someterse a esfuerzos.

Resistencia al Desmenuamiento de las Membranas por Fisuración del Substrato.

La determinación de esta propiedad consistió en mediciones de los agrietamientos formados después de haber aplicado la solución de estos elastómeros, siempre y cuando se conservara la continuidad de la membrana.



M= CONCRETO CIMENTADO CON MADERA

1= 0.125 MM DE ESPESOR

P= CONCRETO PULIDO

2= 0.255 MM DE ESPESOR

Figura VIb.

La creación de los sistemas de impermeabilización depende casi en su totalidad del sustrato sobre el cual vaya a aplicarse y del tiempo de duración que se esperará del recubrimiento.

Es necesario que la película tenga gran elasticidad debido a los posibles movimientos estructurales y agrietamientos que puedan presentarse en el sustrato, en cambio, en otro tipo de superficies la protección es la que más importa, dándole un aspecto secundario a la elasticidad.

El criterio a emplearse, es formar la película seca con un 70% de polidlorepreno y un 30% de polietileno clorosulfon de aproximadamente para obtener una buena combinación en las propiedades físicas.

Para resultados satisfactorios es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- 1.- Aplicar en superficies donde se esperen tener los mínimos resquebrajados y movimientos estructurales.
- 2.- Superficies donde sean mínimos los esfuerzos de tensión.
- 3.- Existan bajadas de agua lo suficientemente satisfactorias y evitar estancamientos.
- 4.- Superficies carentes de irregularidades o dañadas.

Los sistemas de impermeabilización deberán aplicarse de acuerdo a los anteriores requerimientos, porque es muy importante que se tome en cuenta, ya que en México en la actualidad, la calidad de la construcción en la mayoría de los casos desmerece un poco como para emplearse en ella este tipo de impermeabilizantes.

### Los tipos de techos más usuales son:

1.- Losas monolíticas horizontales o con declive. Son los techos más frecuentes y presentan superficies apropiadas para aplicación. Deben estar debidamente reforzadas y curadas con el objeto de evitar futuros agrietamientos. No es necesario usar rellenos.

Si se diseña alguna losa donde se vaya a aplicar estos sistemas, se deberá incluir refuerzos por temperatura, reducir el tamaño del agregado del concreto, utilizar un aditivo con disgregante del cemento, utilizar la mínima relación de agua-cemento y curar la losa utilizando esas mismas hojas de polietileno para mantener la humedad durante el curado y evitar con ellos la pérdida.

2.- Losas precoladas y pretensadas. Pueden ser de claro largo o corto, siempre y cuando la estabilidad dimensional sea constante. En estos casos es necesario la aplicación de rellenos para uniformizar la superficie.

3.- Losas tensadas posteriormente. Deberán utilizarse rellenos superficialmente para homogeneización.

4.- Techos tipo modernista como cascarón, dome, hiperboloides, losa volada, tetrahedrico, barril, cilíndrico, paraboloides, etc.

Según las teorías de esfuerzos que soportan las losas es que las que acabamos de mencionar, afirman que superficialmente están soportando esfuerzos de compresión y no de tensión, lo cual da la ventaja de la eliminación de los agrietamientos.

En estos casos no es necesario el empleo de rellenos, siempre y cuando la superficie esté perfectamente homogénea.

## Formación de los sistemas en función del tipo de acabado

### 1.- Superficies de forma irregular o modernista

a) Aplicación de 2 manos de un primer imprimador, preparado a base de la solución de policloropreno, diluyéndola en una proporción de una parte en peso por 2 partes del solvente utilizado con un rendimiento de 4 m<sup>2</sup>/litro. La presencia del imprimador es para hacer mayor penetración de la solución en el material de construcción y obtener mejor ajuste del sistema.

b) Aplicación de 2 manos de solución de policloropreno con un rendimiento de 2 m<sup>2</sup>/litro.

c) Aplicación de 2 manos de solución de polietileno clorulfonado con un rendimiento de 3 m<sup>2</sup>/litro.

La membrana seca tendrá aproximadamente un espesor de 380 a 410 milésimas de milímetro.

### 2.- Superficies donde se necesite muy buena resistencia en la membrana

En todo tipo de superficies donde se espere ciertos esfuerzos, movimientos algo considerables, ciertos desplazamientos, o bien, sufrir algún peso de tráfico, es necesario el empleo de membranas de refuerzo como las de fibre de vidrio en forma de fieltro, la cual incrementará bastante la resistencia de la película seca. - La formación del sistema es como sigue:

a) Aplicación del imprimador, como en el caso anterior.

b) Una mano de la solución de policloropreno con un rendimiento de 3 m<sup>2</sup>/litro.

c) Colocación de la fibre de vidrio, dejándose traslapar de 3 cm. como mínimo entre membrana y membrana

d) Aplicación de 2 manos de la solución de policloro-  
preno con un rendimiento de 3 m<sup>2</sup>/ litro, o bien, aplicar solución  
hasta que la fibra quede completamente cubierta.

e) Aplicación de 2 manos de solución de polietileno -  
clorosulfonado con un rendimiento de 3 m<sup>2</sup>/ litro.

El espesor de la membrana seca será de 760 a 860 milé-  
simas de milímetro, suficiente para trabajo pesado.

### 3.- Sistema para trabajo poco pesado.

Se deberá aplicar en todas aquellas superficies donde -  
se existen esfuerzos de tensión, o bien, en techos de lámina de -  
fibra, en estas últimas como protección contra la corrosión.

En estos casos el espesor de la película seca es más del  
80%, con menor elasticidad, ya que se elimina la aplicación de la  
solución de policloropreno. La secuencia de aplicación es como si-  
gue:

a) Una mano del imprimador a base de la solución de po-  
licloropreno como el de los dos casos anteriores.

b) Aplicación de 2 manos de solución de polietileno -  
clorosulfonado con un rendimiento aproximado de 3 m<sup>2</sup>/ litro.

El espesor de la película seca variará de 152 a 310 milé-  
simas de milímetro.

Las soluciones de techado para presentar las mejores ca-  
racterísticas de aplicación debería tener las siguientes especi-  
ficaciones:

	Viscosidad Brook- field, poises	Contenido de sólidos, % en peso	Concentración - en volumen, %
Impresor de policloropreno	1 - 3	14 - 16	11.0 - 11.5
Solución de polipolicloropreno	10 - 20	39 - 41	27.8 - 28.8
Solución de polietileno clorosulfonado	15 - 25	39 - 41	23.8 - 24.6

Estimación de las cantidades usadas de las soluciones de techado

Se deberán tomar en cuenta varios factores para hacer una estimación previa de la cantidad total necesaria de las soluciones que se vaya a aplicar sobre alguna superficie determinada. Tales factores son:

- en volumen de los sólidos de la solución
- Viscosidad de la solución
- Número de capas
- Espesor total de película seca
- Tipo de área superficial por cubrir

La viscosidad y el contenido de sólidos en volumen son de gran importancia, ya que el espesor de película seca exacto depende exclusivamente de estos dos factores, de acuerdo a los dos siguientes factores:

- a) A mayor viscosidad, mayor espesor de película
- b) A mayor volumen de los sólidos, mayor espesor de película seca, también.

El espesor de película seca dependerá del número de capas que se apliquen.

El último factor, o sea, el tipo de área superficial es

es importante ya que a mayor irregularidad o rugosidad, mayor superficie que cubrir y por lo tanto mayor solución empleada.

Para facilitar el cálculo de las cantidades de las soluciones a emplear se ha construido una gráfica ( fig V1c ) tomándose -- las siguientes factores y criterios para su uso:

1.- La concentración porcentual en volumen de los sólidos de la solución, la cual deberá conocerse con una aproximación de -- 1 a 2%. Este factor está localizado en las ordenadas.

2.- El espesor de película seca que se desee, como parámetro. Se puede interpolar el en que el espesor quede dentro de los -- que se marcan, o bien, calcularlo con los volúmenes específicos de los componentes de la solución.

3.- Se dá un 15% de exceso de la cantidad teórica necesaria para compensar pérdidas por adherencias en los equipos y recipientes usados, escurrimientos, salpicaduras, absorción por irregularidad de las superficies, adelgazamientos, etc.

Con el uso de esta gráfica se pretende obtener una estimación inicial del rendimiento para controlar la cantidad empleada durante las aplicaciones y mantener de una manera más aproximada el costo que se estimó.

---

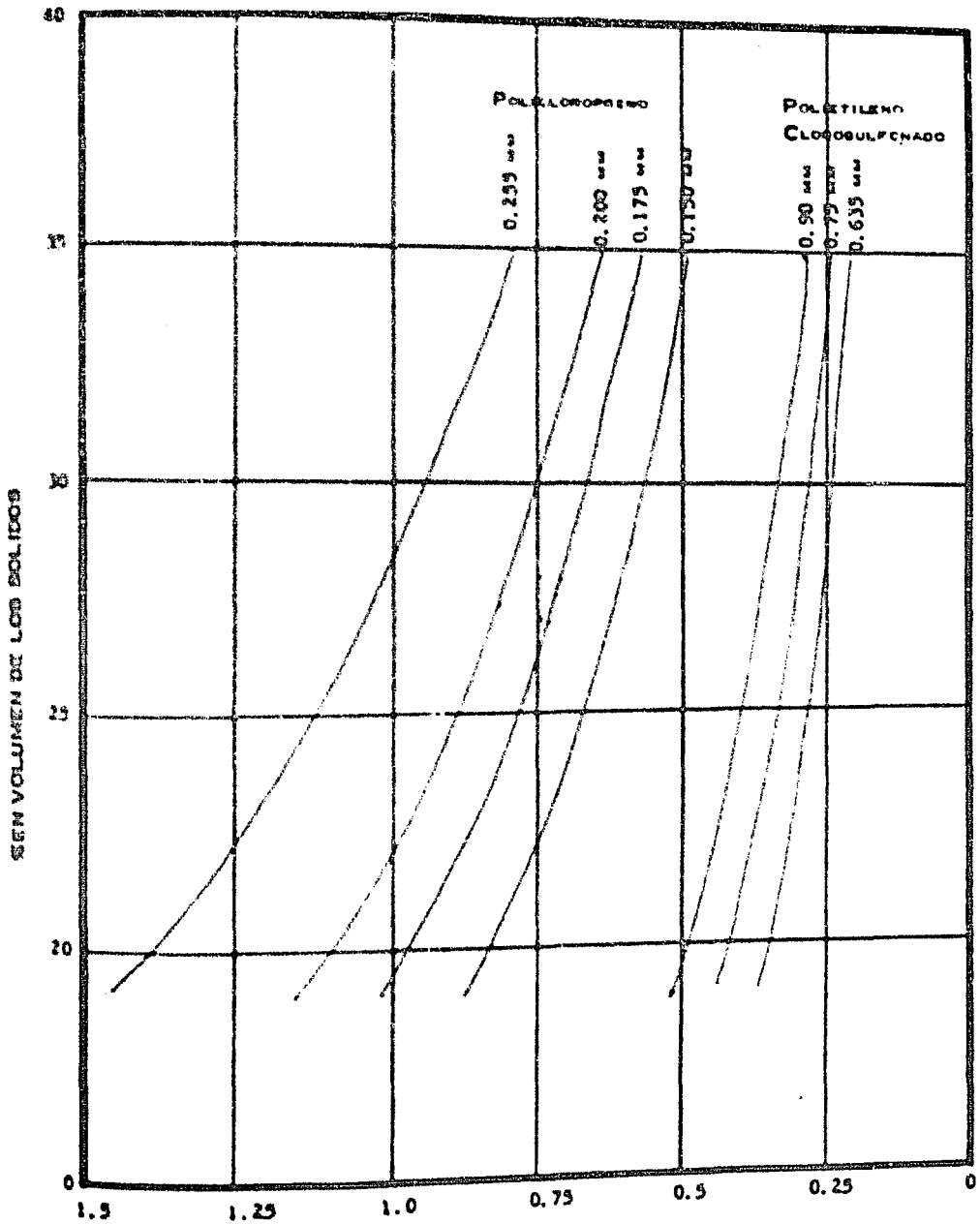


Figura VIc. Carta para cálculo de rendimientos



Tipos de techos apropiados para la aplicación de los sistemas impermeabilizantes a base de policloropreno y polietileno cig resulfonado.



1. Barril radial con declive



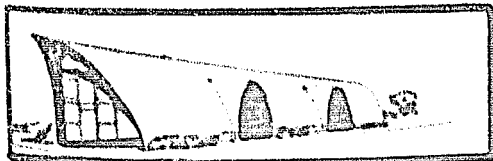
2. Lona volada acantilada



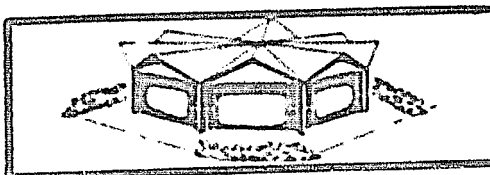
3. Domo



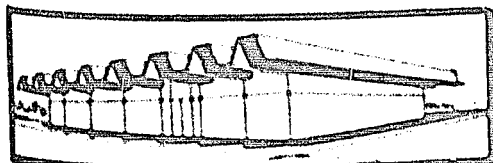
4.- Hiperbólico paraboloide



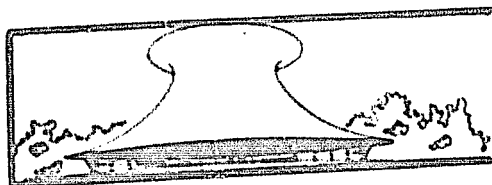
5.- Bovedas conectadas



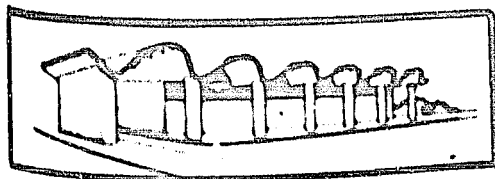
6.- Canal radial en forma de Y



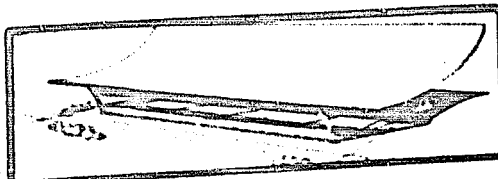
7.- Acanalado



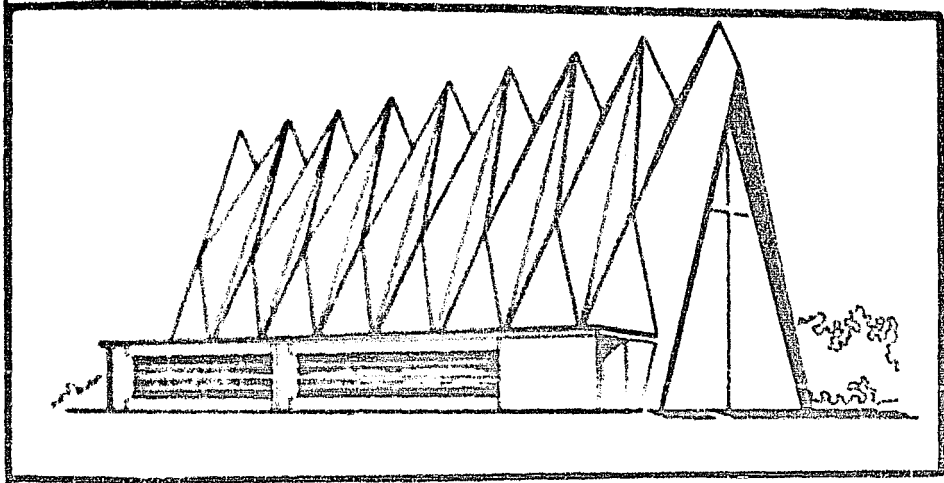
8.- Proyección cónica hiperbólica



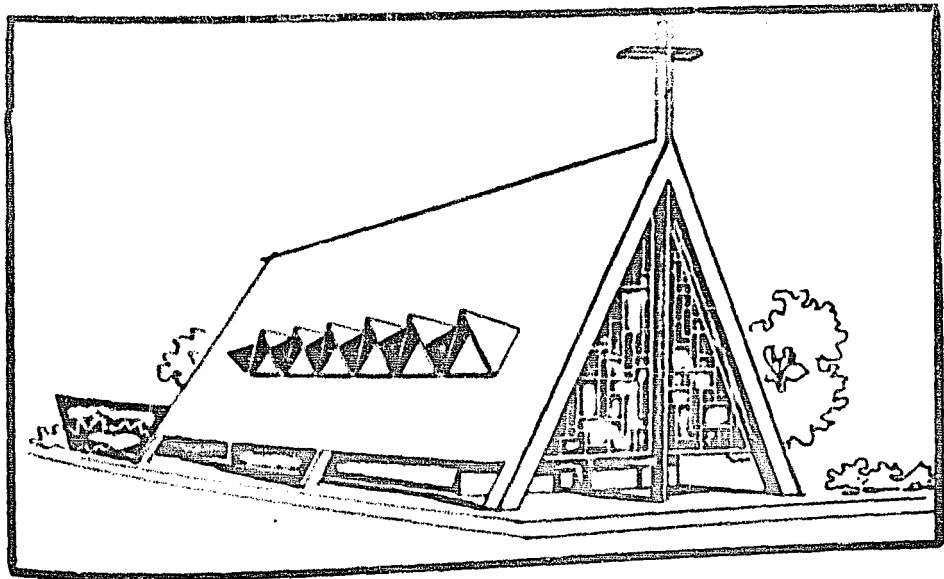
9.- Ondulado



10.- Cóncavo



11.- tetraedrico



12.- Planos con declive

## CAPITULO VII

### APLICACION

En la actualidad el uso de sistemas impermeabilizantes - asfálticos se encuentra muy difundido, lo cual ha sido provocado - por dos factores importantes, con, en primer lugar, su costo, que es relativamente más bajo con respecto a los otros tipos y en segundo lugar, que se siguen técnicas sencillas y rápidas de aplicación, haciéndolos más atractivos al consumidor.

Desde su aparición en el mercado han evolucionado bastante, tanto en la calidad como en la variedad del producto necesitado; pero a pesar de esto, los sistemas de aplicación prácticamente han venido siendo los mismos, provocando un estancamiento relativo en el conocimiento de esta técnica.

Se dice que es relativo porque no ha habido una necesidad lo suficientemente fuerte para motivar su evolución, ya que - las características de aplicación que presentan los nuevos productos asfálticos han sido considerablemente las mismas. En cambio, en materiales de más reciente aparición a base de elastómeros en forma de membranas calandradas (hule butilo, PVC, policloropreno, etc.) o de solución de techado (policloropreno o polietileno clorosulfonado) se requieren técnicas diferentes.

En el caso de las membranas calandradas, la aplicación es bastante sencilla, debido a que solo se requiere su fijación - al sustrato, usándose el adhesivo especial para ello y no se requieren mayores cuidados porque la membrana ya se encuentra casi

completamente vulcanizada y ofrece desde el principio la máxima -- protección y resistencia que pudiera proporcionar.

La formación de membranas impermeabilizantes a base de policlоропрено y polietileno clorosulfonado en solución es diferente, ya que a pesar de que se obtiene un mayor grado de impermeabilidad, la metodología de integrar los sistemas requiere mayores -- cuidados, debido a que la membrana fresca, recientemente evaporado el solvente, es delicada y viene a ofrecer las mejores características de funcionamiento hasta los 6 meses a un año de haberse aplicado. Esto, aparentemente representa una desventaja pero inicialmente se tiene protección suficiente contra los elementos ambientales que la pudieran afectar.

El estudio de las técnicas de aplicación de las soluciones de techado a base de policlоропрено y polietileno clorosulfonado comprende 3 factores importantes en la operación, que son:

- 1.- Cuidados y precauciones
- 2.- Influencia del medio ambiente
- 3.- Procedimientos en la aplicación.

- 1.- Cuidados y precauciones.

Estos recubrimientos son necesariamente formulados con solventes de tipo aromático, o bien, con mezclas de ellos, pero en general todos son altamente volátiles y por consiguiente inflamables. Esto crea una necesidad de precaución más inmediata. Por lo tanto, todos los instrumentos capaces de producir fuego deberá mantenerse lejos del lugar de la aplicación y procurar que se prohíba a todos los aplicadores que fumen dentro de una área que se considere como

peligrosos; además, es conveniente que se coloquen en sitios estratégicos extinguidores de espuma o de polvo seco para usarse rápidamente en caso de incendio.

Otra precaución muy recomendable es que inmediatamente - que se haga la aplicación se cierren las latas o tambores que contengan las soluciones y se evite también dejarlas directamente a la exposición del sol ya que además de que se modifica el producto una mayor evaporación aumentaría el peligro.

La tercera consideración que hay que tomar en cuenta, es la toxicidad de los vapores de los solventes, por lo que debe evitarse su inhalación tanto en lugares cerrados como a la intemperie.

En lugares cerrados es más alta la concentración de vapores y en estas condiciones si no se tiene un buen cuidado personal, las peores consecuencias serían en todo caso el peligro de un incendio y no tanto de toxicidad; en cambio, a la intemperie donde su concentración es menor por la difusividad de los vapores, la inhalación sería más prolongada y con el transcurso del tiempo puede traer consecuencias en aplicadores que se llegaran especificar, razón por la cual se recomienda el uso de mascarillas contra vapores orgánicos durante la aplicación.

Deberá evitarse un contacto prolongado de las soluciones con la piel, recomendándose utilizar guantes y otros medio de protección contra salpicaduras, como protectores de ojos (goggles), ropa apropiada, etc.

## 2.- Influencia del medio ambiente.

Las soluciones de techado no deberán aplicarse cuando --

haya temperaturas abajo de 40C, excepto cuando se hayan formulado con solventes volátiles a estas temperaturas. Aunque las soluciones no son dañadas por las bajas temperaturas, el tiempo de secado es directamente proporcional a la temperatura existente. Por consiguiente, al bajar la velocidad de evaporación, aumentaría el tiempo de espera entre la aplicación de las capas, con lo cual se retrasaría la operación. Una baja temperatura aumentaría la viscosidad de la solución, lo cual implicaría dejar un espesor de película más grueso con mayor gasto de la solución. Además, la presencia de bajas temperaturas incrementará la posibilidad de condensación de la humedad ambiente sobre la superficie con lo que se tendería a inhibir la adhesión entre capas.

Cuando existan altas temperaturas, la evaporación del solvente se llevará a cabo más rápidamente, de tal manera que si ocasionalmente llegara a ser excesiva, la parte superficial del recubrimiento llegaría a secar antes de que todo el solvente haya sido eliminado, ocasionando la formación de burbujas y ampollas por la presión de los vapores atrapados. Esto se presenta generalmente cuando se hace alguna aplicación sobre superficies bastante porosas. Si se llegara a presentar este tipo de casos se deberá detener la operación hasta que la temperatura baje, o bien, diluir la solución con solventes menos volátiles.

Cuando el tiempo sea lluvioso y consecuentemente altamente húmedo, pueden ocurrir condensaciones perjudiciales, de tal manera que las labores deberán suspenderse hasta que se haya evaporado toda la humedad de la superficie de las capas previamente

aplicadas. Por lo tanto, después de lluvia o cuando se haya presentado algún otro tipo de precipitación se deberán dar periodos de secado adecuados.

### 3.- Procedimientos en la aplicación.

El éxito del aprovechamiento de estos materiales dependerá de emplearlos adecuadamente según sus características, así como -- del uso de otros materiales adicionales para mejor funcionamiento y desde luego de las superficies donde se apliquen. Estos 3 factores deberán combinarse dependiendo de las condiciones específicas de que se trate.

En la metodología de aplicación debemos considerar 3 aspectos importantes, que son:

- A)- Preparación de las superficies
- B)- Refuerzo de los sistemas
- C)- Aplicación de las soluciones

#### A)- Preparación de las superficies:

Este aspecto es muy importante ya que es la base de la cual dependerá gran parte del éxito del funcionamiento de los materiales.

En primer lugar hay que cerciorarse del estado superficial presentado por la superficie donde se vaya a aplicar. Si existen hoyos, fisuras, descascaramientos en el concreto, etc., habrá necesidad de reparar lo mejor posible, utilizándose morteros de cemento, arena fina y un adhesivo (a base de acetato de polivinilo)

para darle mayor dureza y adhesividad.

Todas estas cuidados se deben llevar a cabo porque se --- puede presentar la posibilidad de que las grietas muerdan y dañen la membrana ya terminada.

Si se han reconocido todas las irregularidades, es conveniente algunas veces crear cierta rugosidad en la superficie para aumentar la adhesividad de la membrana con el sustrato. Esta rugosidad se provoca utilizando soluciones de ácido muriático diluido al 10 o 15%. Al acabar de aplicar la solución es necesario dejarla actuando de 10 a 15 minutos para provocar la acción de disolución que se requiere sobre el concreto. Si después de este tiempo no se obtuvo la rugosidad deseada, será necesario repetir la operación --- las veces que sean requeridas. Después de esto hay que lavar perfectamente con agua y dejar secar completamente.

Muchas veces la superficie por aplicar posee suciedad como grasas, aceites y alguna otra más común como pinturas o materiales bituminosos (asfálticos), cuya presencia será más perjudicial a medida que esté más penetrada en la superficie, de tal manera --- que muchas veces será necesario el uso de morteros sobre las partes donde los procesos de limpieza no han dado resultado. El objeto de esta precaución es evitar adherencia débil entre la membrana y el sustrato, ya que el solvente que traen las soluciones remueve superficialmente a estas sustancias y esto trae consigo que no se provoque una buena adhesividad; además, las películas de estas mismas sustancias impiden que la solución penetre, con lo cual --- también se evita un buen anclaje interno de la membrana.

En los casos donde no se llegaron a presentar estas anomalías



lles, el raspado, el uso de detergentes comerciales o solventes como toluol o xilol, podran remediar estas situaciones.

#### B)- Refuerzo de los sistemas

Con el objeto de prevenir futuras fallas en la integridad del recubrimiento, es necesario, emplear refuerzos en forma de mallas también, que tengan la particularidad de ayudar a absorber los esfuerzos, las cuales deben aplicarse en lugares donde el trabajo de este tipo (esfuerzo de tensión) sea máximo. Aunque estos sistemas son lo bastante elásticos, siempre es recomendable una medida de prevención adicional.

Los lugares que deberán reforzarse son:

- a).- Bajadas de agua (Ver fig. VII a, b  
c y d)
- b).- Angulo formado por techos a dos aguas
- c).- Tubos de viento, chimeneas, esquinas, etc.
- d).- Juntas de dilatación y de construcción
- e).- Angulo que forman los pretiles con el techo.

Las membranas para estos casos son:

En las bajadas de agua y tubos de viento, membranas de plástico flexible como PVC.

En las juntas de dilatación y de construcción, membranas de hule butilo o de policloropreno.

En techos a dos aguas, pretiles, choflones, chimeneas, esquinas, etc., membranas de lana delgada o de tela de algodón.

El procedimiento de aplicación de estas membranas reforzantes deberá hacerse como sigue:

- a).- Limpieza total de las partes por cubrir
- b).- Aplicar suficiente solución de policloropreno, de tal manera que penetre en la porosidad del sustrato y dentro de la membrana. En este caso también es recomendable usar un cerete de contacto, aplicando a las 2 caras por unir, dejándose secar al tacto y después unirlos y presionar para provocar la adhesión.
- c).- Para evitar abollamientos y arrugas en la membrana, es recomendable pasar un rodillo sobre ella cuando esté recién aplicada; una o varias veces según se necesite.
- d).- Ya adherida perfectamente se procederá a cubrir la membrana con solución de policloropreno.

En la mayoría de los casos, el ancho de las cintas o membrana de refuerzo dependerá de la importancia de la sección por reforzar, pero es recomendable dejar cuando menos unos 5 centímetros a ambos lados por seguridad.

### C)- Aplicación de las soluciones.

En estos materiales cuyo costo implica un máximo de aprovechamiento, es necesario tener a la mano ciertos implementos que nos ayudarán a determinar si se está haciendo la operación eficientemente.

Un viscosímetro para comprobar la viscosidad a fin de que en las aplicaciones se formen películas de la mayor uniformidad posible, ya que cuando una solución es muy viscosa dará películas húmedas más gruesas que cuando la solución es delgada. Se recomienda

el uso de la copa Zahn No. 4 (se fabrican en varios numeros que indican los diámetros de los orificios) o el viscosímetro Craftsman - Co. 1629-C con el orificio de 0.205 pulgadas. En estas copas la viscosidad se mide al determinar el tiempo en que se desaloja por el orificio una cantidad determinada de la solución. Para una aplicación eficiente los tiempos son:

<u>Solución</u>	<u>15°C</u>	<u>32°C</u>
Policloropreno	0.5 - 5 min	0.5 - 4 min
Poliétileno clorosulfonado	1.5 min	50 seg.

En el caso de que las temperaturas existentes sean más bajas, se hará una dilución de la solución hasta que quede dentro del intervalo de viscosidad adecuada, tratando de que la adición del solvente (precurar que sea el mismo que trae el producto) no exceda un 10% del total de la solución, para evitar una separación de sus ingredientes al estar en reposo.

Se deberá contar además con medidores de película húmeda y con micrómetros para medir las películas secas. Con esto se controlará más uniformemente el gasto de las soluciones. Además, se recomienda cumplir con lo especificado en la carta de rendimiento de la página 97.

La aplicación de las soluciones puede hacerse con brochas, mechudos, rodillos o con equipos estándar de atomización para pinturas.

La solución de policloropreno deberá aplicarse con rodillos de alimentación continua, o bien, con rodillos simples espaldando en los botes o recipientes que contengan la solución.

Se recomienda esto porque al usarse equipos de atomización tiende a formar hebra, segregando el producto y no permite uniformidad de las capas. El rodillo de alimentación continua es mejor porque la operación se hace con mayor rapidez.

Las soluciones de polietileno clorosulfonado pueden aplicarse con los equipos de atomización y los demás mencionados.

Se deberá contar con espátulas de suela suave para evitar que se ocasionen algún daño en las películas recientemente formadas. Además, ropa apropiada como overoles para evitar manchado -- por salpicaduras.

La metodología de aplicación deberá hacerse como sigue:

a).- Una agitación bastante completa de las soluciones por aplicar.

b).- Aplicar 2 partes de un imprimador hecho con 2 partes de solvente por una parte de la solución de policloropreno, con el objeto de lograr mayor penetración y por consiguiente, mayor anclaje de las capas que estarán adheridas directamente al sustrato y evitar con ello futuros desprendimientos de las mismas.

c).- Aplicar las soluciones de policloropreno con un rendimiento de 2 m<sup>2</sup> por litro, dejando secar al tacto antes de hacer la siguiente aplicación. Esto tardará de 2 a 24 horas aproximadamente, dependiendo de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad y velocidad del viento).

Es recomendable usar soluciones de diferente color para llevar un control apropiado de las capas, aunque lo más común es utilizar un solo color.

Cuando se necesite una protección mucho más completa la

Introducción de fibra de vidrio en forma de fieltro o como fibra -  
corta suelta, originará mayor resistencia a la membrana, debido a  
que se tendrá mayor superficie de adherencia del polímero, con lo -  
cual se creará un aumento en la resistencia al esfuerzo de tensión.  
Esto nos representa una mejor absorción de los movimientos estruc-  
turales de las construcciones, una disminución de la transmisión de  
vapor y de absorción de agua a través de la membrana.

La aplicación de la fibra de vidrio deberá hacerse inme-  
diatamente después de haber aplicado la primera capa de solución -  
de polietileno, después se dejará secar completamente.

Si la fibra está en forma de rollos, estos se irán desen-  
rollando a medida que se haga la aplicación fijándolos con rodi-  
llas uniformemente.

Si la fibra viene suelta, se irá esparciendo a mano o --  
con una máquina esparcedora si se requiere mayor rapidez.

Una vez que se haya secado la primera capa y haya queda-  
do fijada la fibra de vidrio, se deberá cubrir totalmente con la -  
solución, utilizándose 2 capas más aproximadamente.

d).- Durante la aplicación de las soluciones de polietileno el-  
resulfonado, deberá procurarse obtener un rendimiento de 3 a 4 m<sup>2</sup>  
por litro. Se deberán dar de 2 a 3 capas para obtener la mejor pro-  
tección contra el intemperismo.

Considerando todo lo anteriormente expuesto, es recomen-  
dable que se siga esta metodología como una base inicial, tomando  
en cuenta que las recomendaciones hechas son para que se adquiera  
un conocimiento que permita resolver la mayoría de los problemas -

que se lleguen a presentar y que existieran detalles imprevistos -- que de alguna forma se los tendrá que dar una solución satisfactoria. La forma de resolver los problemas se irá afirmando por la capacidad que se vaya adquiriendo con la experiencia en estas actividades.

---

3 capas de policloro-  
preno sobre la membrana  
de reforzante y queda  
cubierta perfectamen-  
te.

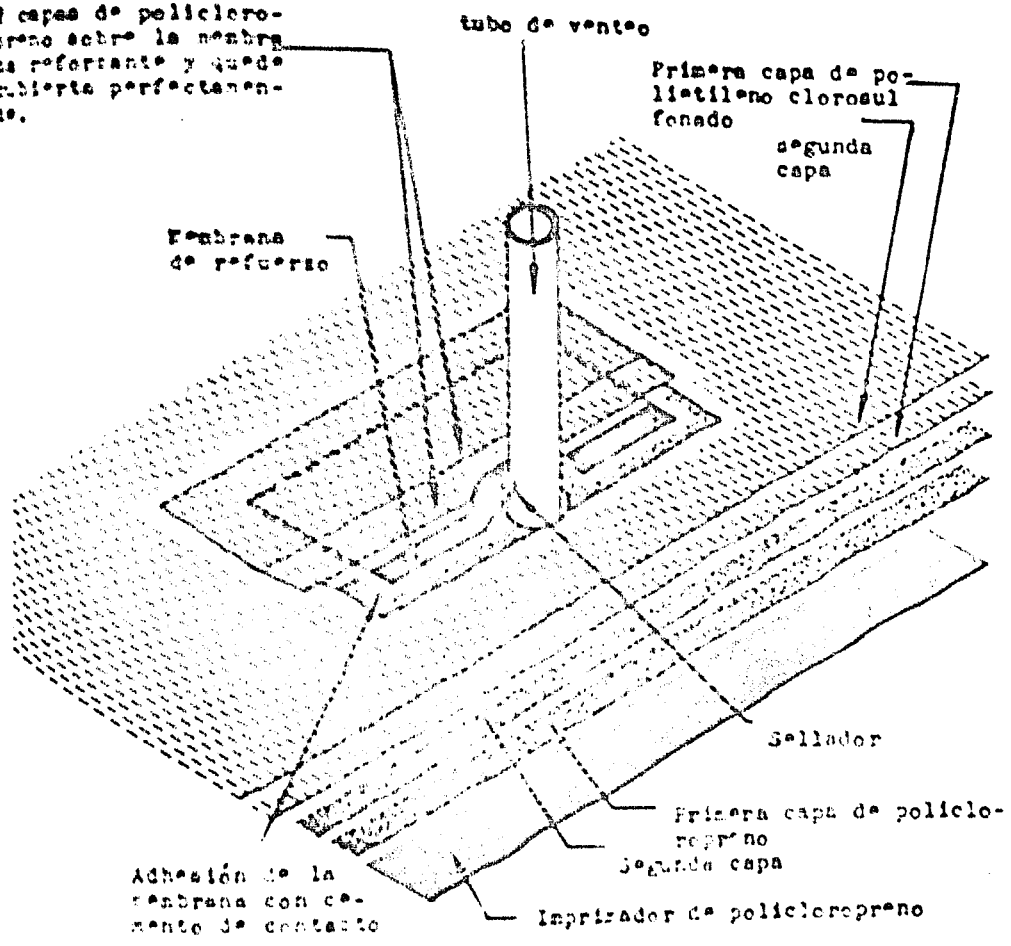


Figura VIIa.- Refuerzo de tubos de viento

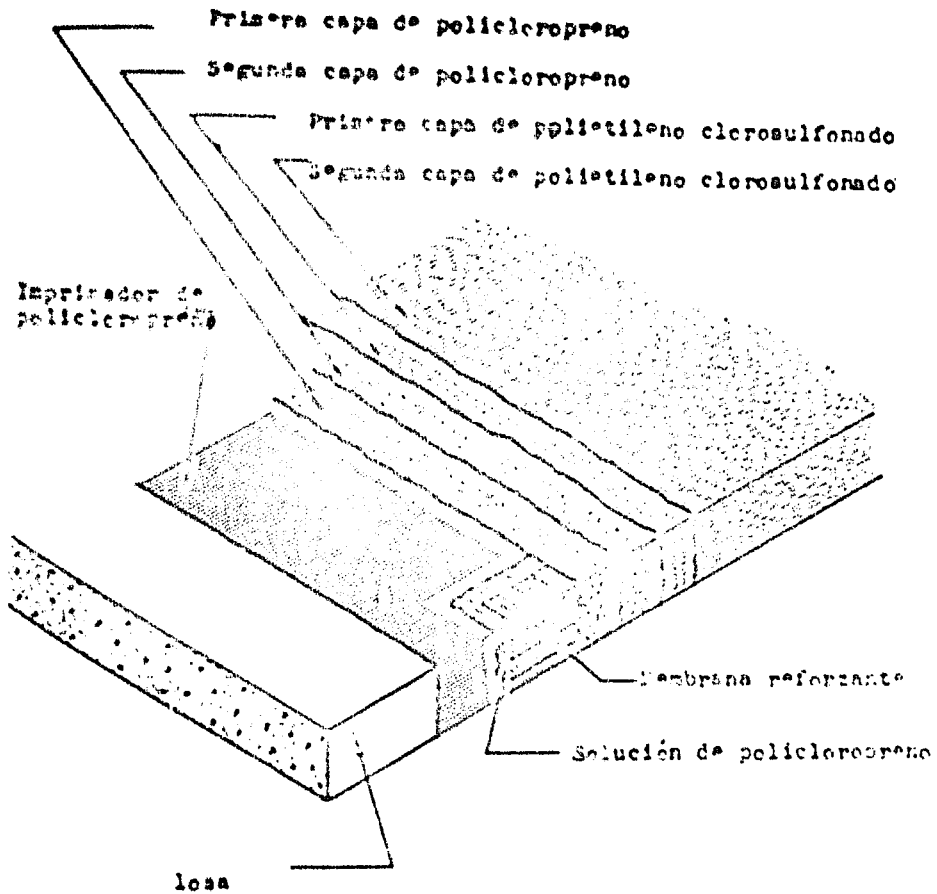


Figura VII b.- Refuerzo en esquinas



Segunda capa de polietileno  
clorosulfonado

Primera capa de polietileno  
clorosulfonado

Primera y segunda capas  
de policloropreno

Forma de alinear  
el papel que cubre  
la cara adhesiva de  
la membrana reforzada

Imprimador

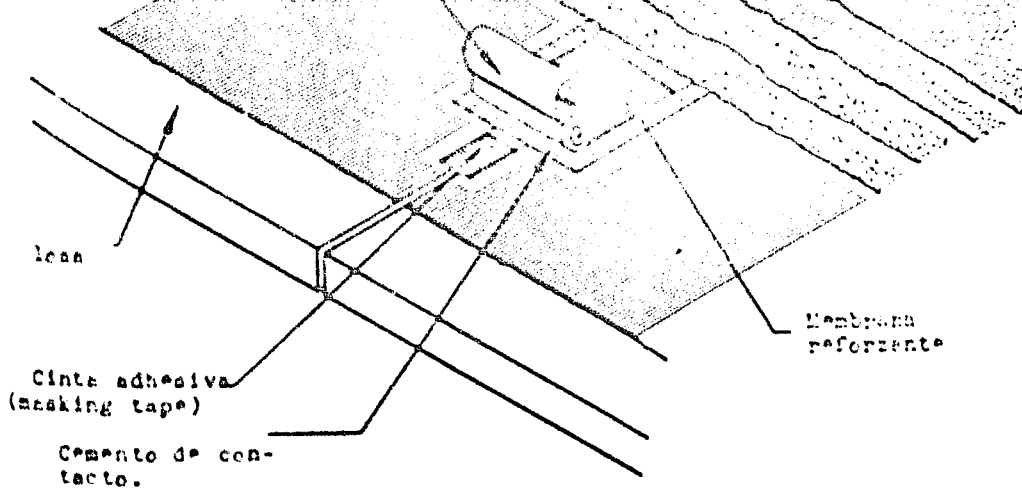


Figura VII c.- Refuerzo en juntas de expansión.

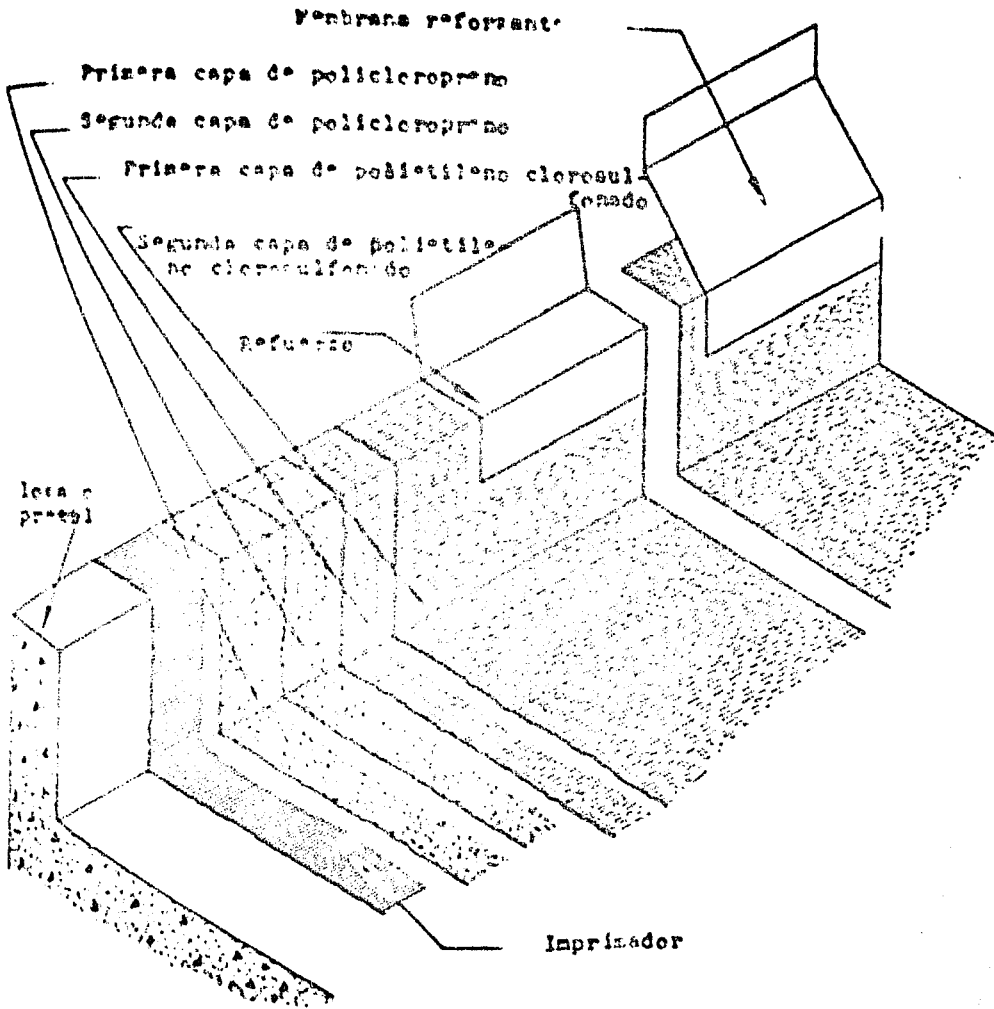


Figura VII d.- Refuerzo en pretilos

## CONCLUSIONES

Considero que las ventajas que se pueden obtener con el uso del policloropreno y polietileno clorosulfonado como impermeabilizantes son las siguientes:

- 1.- Magnificas barreras contra la humedad. Mejores que las que imparten los demás impermeabilizantes.
- 2.- Mejor resistencia al intemperismo, lo cual implica una mayor vida útil de trabajo.
- 3.- Gran elasticidad para una mejor absorción de los movimientos estructurales en las construcciones, haciéndolos potencialmente utilizables en más tipos de superficies.
- 4.- Un costo por año más bajo por la gran durabilidad que poseen.
- 5.- Se necesita menor volumen por aplicar, con lo cual se evitan muchos problemas de transporte y de manejo.
- 6.- Por la ligereza de las películas aplicadas no se necesita adición de incluir refuerzos por peso adicional en ciertos tipos de construcciones.

Las desventajas que podrían tenerse inicialmente serían:

- 1.- Un mayor cuidado durante la aplicación que necesitaría una mejor supervisión y un mayor tiempo en la operación.
- 2.- Ciertos riesgos por el uso de solventes inflamables y tóxicos.
- 3.- Una mayor inversión inicial que los haría menos atractivos al interesado.
- 4.- La necesidad de gente especializada para hacer una buena labor en la aplicación.

Todas estas desventajas se pueden considerar relativas ya que todas ellas pueden tener una solución adecuada tanto con la experiencia que se vaya adquiriendo como al hacerse un buen análisis en los costos de material y mano de obra, los cuales se compensan por la durabilidad y confiabilidad del sistema de protección.

=====

==

## B I B L I O G R A F I A

1.- ASTM.- Edición 1958.

Ítem	<u>Especificaciones y métodos consultados</u>
6	D-903-49
8	D-562-55
	D-873-53
	D-1210-54
9	D-412-51-T
	D-471-51-T
	D-903-49
	D-1148-55
	D-1149-55-T
	D-56-53-T

- 2.- J. F. Bello Lopez.- La Impermeabilización de las edificaciones.- UNAM, 1961
- 3.- B. Camblorgua.- Aislamiento y Protección de las Construcciones.- Ed. Gustavo Gili.- Barcelona, 1959
- 4.- Imperial Chemical Industries, Ltd.- Dyestuffs Division.- The Rubber Technology.- Hazegon House, Blackely, 1963.
- 5.- Kirk and Othmer.- Enciclopedia de Tecnología Química.- - Tomo 9.- INTMA.- México, 1962
- 6.- Dr. H. Lazo Serna.- Higiene y Seguridad Industrial.- Edición IV.- México, 1966
- 7.- S. H. Vemon and C. F. Preuton.- Principles of Physical -- Chemistry.- Third Edition.- The Mc Millan Company.- New York 1958.
- 8.- R. T. Morrison and R. M. Boyd.- Organic Chemistry.- Second Edition.- Ed. Allyn and Bacon, Inc.- Boston, 1966
- 9.- R. M. Murray and P. C. Thompson.- Los Neoprenos.- Depto. - de Elastómeros Químicos.- E. I. DuPont de Nemours and Co. (Inc) Wilmington, Delaware, U.S.A., 1964

- 10.- A. K. Schwartz and J. W. Perry.- Surface Active Agents.- Vol. 1.- Interscience Publishers, Inc.- New York, 1949.
- 11.- R. T. Vanderbilt Co., Inc.- Rubber Handbook.- New York,- 1954.

Se consultaron los siguientes boletines:

- 1.- Alcolac Company of America.- Alcon Pigments Paste and - Paper (Section VADA).- Pittsburg 19, P.A., 1960.
- 2.- Antara Chemicals.- Unisol (Nullifies ultraviolet radiation).- New York.
- 3.- J. R. A. Burton.- Comparación entre el Hypalon 20, 30 y 40 (Reporte No. 1).- DuPont, Depto. de Elastómeros, 1960.
- 4.- J. R. A. Burton.- Color for Hypalon (Reporte No. 3).- DuPont, Depto. de Elastómeros, 1960.
- 5.- Depto. Elastómeros de DuPont.- Petrosol A.- 1965
- 6.- R. V. Fuller.- Hypalon 20 (Principios de formulación y - elaboración).- DuPont, Depto. de Elastómeros, 1956.
- 7.- E. P. Lieberman.- Improved Stability of Hypalon Paints - and Coatings.- DuPont, Depto de Elastómeros, 1961.
- 8.- E. P. Lieberman.- Color Pigment in Hypalon (Reporte No.7 suplemento).- DuPont, Depto. de Elastómeros.
- 9.- J. T. Kaynard y P. R. Johnson.- Enlace Cruzado de Polietileno Clorosulfonado (Reporte No. 13).- DuPont, Depto. de - Elastómeros, 1963.
- 10.- Robinson Brothers LTD.- Acelerantes Robac (Introducción e información general).- Ryders Green, West Bromwich, Inglaterra, 1967.