

REVESTIMIENTOS PROTECTORES DE GRAN  
ESPESOR DE BASE BITUMINOSA \*

Dr. Alfredo Pinilla

Serie II, nº 191

\* Trabajo presentado al IX Simposio de Alterabilidad de Materiales, LEMIT, La Plata, noviembre de 1969.

---

## INTRODUCCION

---

Los materiales bituminosos son conocidos desde la más remota antigüedad (3 000 años A.C.), siendo empleados como adhesivos e impermeabilizantes de distintos materiales. Su costo comparativamente reducido y sus excelentes propiedades les han permitido una gran difusión y múltiples aplicaciones, aparte de las ya conocidas de la construcción de carreteras.

De acuerdo a la definición de la norma IRAM correspondiente, este nombre define un grupo numeroso de sustancias que incluye principalmente los asfaltos derivados del petróleo, las breas y alquitranes derivados de la destilación de la hulla, así como los asfaltos naturales y numerosas sustancias de otros orígenes.

En esta exposición haremos referencia fundamentalmente a los asfaltos de petróleo en sus distintas formas y posteriormente a los alquitranes y breas de hulla.

En la actualidad se define el asfalto de petróleo, como una dispersión coloidal de asfaltenos en un medio oleoso constituido por los maltenos y estabilizado por la presencia de compuestos resinosos. Las propiedades reológicas, la permeabilidad y la durabilidad a la intemperie, parecen estar estrictamente vinculadas con la estructura coloidal de los asfaltos y ésta parece depender de la base del petróleo crudo del cual derivan y del proceso de elaboración empleado.

En la actualidad, mediante el empleo de nuevas técnicas de elaboración, la selección de los petróleos crudos y el empleo de mejoradores y cargas adecuadas, se pueden lograr materiales de excepcionales propiedades en lo referente a adherencia, durabilidad, escurrimiento en frío, absorción de agua, rigidez dieléctrica, permeabilidad a los gases o resistencia a los agentes químicos.

Frecuentemente son poco conocidas algunas propiedades como los valores de permeabilidad, absorción de agua, coeficiente de conducción térmica, etc. de los materiales empleados en la protección de estructuras y revestimientos. Entre ellos, el asfalto posee valores de permeabilidad tan bajos como los obtenidos con otras cubiertas protectoras sintéticas, Taylor

ha determinado valores de la constante de permeabilidad del asfalto y otros materiales sintéticos cuyos valores se observan en la tabla I.

Los valores de la constante de permeabilidad se expresan en  $(g - cm/cm^2 \cdot mmHg \cdot Hora) \cdot 10^9$ . La ASTM en el capítulo de materiales, usa más frecuentemente la definición: granos difundidos por pie<sup>2</sup> de área, en una hora y bajo un gradiente de una pulgada de mercurio, pero se debe indicar el valor del espesor del recubrimiento de la película. También son bajos los valores de la constante de permeabilidad del agua líquida del asfalto frente a otros materiales empleados en cubiertas protectoras. Desde luego, algunos asfaltos muestran más permeabilidad que otros dependiendo esto de su consistencia, origen, proceso de elaboración y también de la presencia de carga.

A conclusiones similares se llega cuando se estudia la absorción de agua de alquitranes y breas. Saal encuentra valores de solubilidad en agua entre 0,001 y 0,01 % y otros autores valores menores para el asfalto de petróleo, dependiendo éstos de la consistencia, origen, proceso de manufactura y presencia de sales en el petróleo crudo. En mezclas con filler o rellenos, la absorción varía, ya que depende de éstos en cantidad y naturaleza.

El asfalto es buen aislante eléctrico y muchas de sus aplicaciones pueden depender de esta propiedad, vinculada a los cambios de la resistividad eléctrica por inmersión continua en agua con electrolitos.

A su vez, los agentes corrosivos de tipo ácido como el ácido sulfúrico concentrado (90 - 95 %), atacan los componentes aromáticos del asfalto, pero son muy poco atacadas las fracciones parafínicas; para una concentración del 55-60 % de ácido, el ataque es muy lento a temperatura ambiente. El betún resiste bien el HCl en soluciones concentradas, aún por períodos de muchos años.

Los álcalis no atacan a los betunes salvo aquellos que presentan altos números de acidez, aún en concentraciones de 15 - 20 % resisten por períodos de años a temperatura ambiente.

Por estas razones los materiales asfálticos se em-

T A B L A I

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA A 25°C

	Constante de Permeabilidad	Espesor, pulgadas (típico)	Perms
Asfalto oxidado	6-11,5	0,050	0,0171 - 0,033
Caucho endurecido	15	0,060	0,048
Neopreno vulcanizado	26	0,034	0,109
Cloruro vinilo (plastificado)	38	0,019	0,286
Poliestireno	40	0,021	0,272
Bakelita moldeada	48	0,022	0,312
Film de celulosa	810	0,002	57,9

plean en la preparacion de cubiertas y revestimientos que se comportan eficientemente en medios corrosivos para el hierro, el hormigón y otros materiales de la industria.

---

## REVESTIMIENTOS BITUMINOSOS DE APLICACION EN CALIENTE

---

Dentro de las formas de aplicación de los materiales bituminosos, la de aplicación en caliente es tal vez la más antigua y por esta técnica se aplican grandes cantidades de asfalto en la construcción de techados asfáltico, revestimiento de canales, etc..

Dentro de esas aplicaciones, muchas de ellas actualmente empleadas en nuestro medio, se destacan la de los revestimientos asfálticos de gran espesor (12 a 36 mm) para aplicar sobre los pisos de hormigón de cemento portland, metal o madera, así como también en paredes, conductos, desagües, etc.; especialmente en tanques y recipientes con propósitos de protección contra los agentes agresivos del hormigón.

Si bien existen mezclas asfálticas constituidas por betún asfáltico de petróleo y agregados minerales, empleadas en impermeabilización y pavimentación, las mezclas descritas en este capítulo, son las conocidas como mastic asfáltico preparado y colocado en caliente. Dicha mezcla está constituida por un asfalto de consistencia y otras características adecuadas, agregados pétreos graduados y correctamente seleccionados, de modo que la mezcla pueda resistir a los agentes agresivos (ácidos, álcalis o sales). Esta mezcla contiene además rellenos no activos, aditivos, inhibidores y/o plastificantes. Otras mezclas se emplean al solo efecto de impermeabilizar las estructuras y no poseen propiedades antiácidas.

La mezcla de tipo mastic antiácido de base asfáltica, es un revestimiento de la más alta impermeabilidad y a diferencia de las mezclas asfálticas convencionales de pavimentación, como el concreto asfáltico que tienen 3 a 6 % de vacíos (necesarios en ese caso), no posee vacíos, por lo cual la masa no permite el pasaje del agua en condiciones

normales y aún bajo presiones moderadas.

El material se presenta en panes de 15 a 30 kg de peso, que se refunden en el lugar, por calentamiento a 200-220°C (no debe excederse esta temperatura) y se aplica a mano, sobre las bases o estructuras de hormigón. Estas deben ser firmes, libres de polvo y ligeramente rugosas. Sobre madera y otras bases es necesario aplicar el piso en forma flotante y sobre metal se recomienda la aplicación de una pintura de imprimación, que debe estar seca al aplicar la mezcla asfáltica.

La aplicación se hace con llanas o fratás, lográndose con personal experimentado una superficie lisa y de estructura cerrada. Especial cuidado debe tenerse con las uniones, escurrideros y zonas de encuentro del piso y las paredes perimetrales, de modo de no perder la continuidad del tratamiento.

Según el tipo de mezcla empleada, con el mastic se pueden preparar materiales para pisos y superficies de rodamiento, en ciertos casos contrapisos protectores y sobre el mastic se colocan los ladrillos cerámicos de gres antiácido.

Para ello, se emplean asfaltos o agregados seleccionados que puedan resistir los ácidos y álcalis y soluciones salinas en condiciones moderadas de temperatura y/o concentración, con tráfico de cargas dinámicas o estáticas no muy elevado, por ejemplo de vagonetas o vehículos motorizados con llantas de goma.

Los tipos comunes de mastic se comportan bien en pisos de fábricas con salmuera, líquidos alcalinos y ácidos clorhídrico, sulfúrico, acético, fosfórico de baja concentración a temperaturas que no excedan los 35 - 40°C, aunque materiales especialmente preparados, pueden usarse hasta 55°C en fábricas que procesan ácidos inorgánicos, plantas de galvanizados, "pickling" y sales metálicas.

En la tabla II se dan los valores de la resistencia de este material a algunos agentes químicos en un análisis realizado durante noventa días.

Los mastic asfálticos antiácidos, no son inflamables de acuerdo al B. Standard y tienen una alta resistividad eléctrica del orden de  $10^{16}$  omhs/cm<sup>3</sup> pudiéndose considerar

TABLA II

PROPIEDADES DE MASTIC ANTIACIDO DE APLICACION EN CALIENTE

	Temperatura de servicio	
	25°C	45°C
<u>ACIDOS:</u>		
Acético 10 %.....	N	N
Benceno sulfónico 10 %.....	E	E
Benzoico.....	E	E
Bórico.....	E	E
Crómico 10 %.....	R	N
Cítrico 10 %.....	E	E
Grasos C7 y superiores (100%)..	N	N
Clorhídrico 37 %.....	E	E
Hipocloroso.....	E	R
Láctico.....	E	E
Nítrico 10 y 20 %.....	R	R
Oleico.....	R	R
Oxálico 20 %.....	E	E
Fosfórico 85 %.....	E	E
Sulfúrico 50 %.....	E	R
<u>ALCALIS:</u>		
Hidróxido de amonio.....	E	R
Hidróxido de calcio.....	E	R
Hidróxido de potasio 25 %.....	R	R
<u>SALES:</u>		
Alumbre 10 %.....	E	E
Sulfato, cloruro y nitrato de amonio.....	E	E
Bicarbonato de sodio.....	E	E
Cloruro, nitrato y sulfato de cobre.....	E	E
Cloruro y sulfato de calcio....	E	E
Cloruro y sulfato de magnesio..	E	E
<u>SOLVENTES ORGANICOS Y OTRAS SUSTANCIAS:</u>		
Acetona, benceno, tetracloruro de carbono.....	N	N
Acido tánico.....	E	E

Referencias: N, no aconsejable; R, comportamiento medianamente satisfactorio; E, excelente.

como un material no conductor.

Se usa generalmente en capas que oscilan entre 15 mm y 20 mm aunque en condiciones extremas se usan 25 mm o más. El control de la estabilidad y tendencia a la deformación se realiza mediante un ensayo de indentación a temperatura adecuada.

Para el caso de paredes en recintos o tanques, se emplean mezclas más plásticas, usando para ellos asfaltos asfaltos de adecuada consistencia y agregados pétreos graduados, que permitan la aplicación del material, evitando que el mismo deslice.

En esta aplicación, la temperatura del recipiente no sobrepasará los 60<sup>o</sup> C, aunque algunas formulaciones permiten el empleo de productos hasta 75<sup>o</sup> C.

La composición del mastic depende del uso, es decir de las condiciones de temperatura, tránsito, circulación y escurrimiento de fluidos, pero una composición media, en peso sería la indicada en las tablas III y IV.

### TABLA III

#### COMPOSICION MEDIA DEL MASTIC ANTIACIDO DE APLICACION EN CALIENTE

Material bituminoso y modificadores.....	10 - 20 %
Fracción de agregado pétreo grueso.....	5 - 25 %
Fracción de agregado pétreo fino.....	80 - 50 %

Dichos materiales, tanto el del piso como el de las paredes, se ajustan a determinadas características físico-mecánicas de acuerdo a las condiciones de servicio.

En la tabla IV se dan las características medias de este material.

Las ventajas de su empleo derivan de que es un revestimiento absolutamente impermeable, que no acumula polvo. Tiene cierta resistencia y flexibilidad. Se habilita en pocas horas, y es antisonoro, antideslizante y atenúa las vibraciones del equipo. Además es de fácil reparación y mante-

nimiento y no tiene juntas, pues es monolítico.

Sus inconvenientes u objeciones se refieren en particular a su color negro (que puede transformarse en castaño oscuro en casos especiales) y su reducida resistencia a los solventes y grasas. Este último aspecto es el que restringe en cierta forma su uso.

Mezclas de este tipo aplicadas en caliente y compactadas a mano, se emplearon en la impermeabilización y protección del hormigón de las plateas de la fundación de la planta potabilizadora de agua de Punta Lara de la Dirección de Obras Sanitarias. Las mismas están en servicio desde 1951-1952, es decir, han tenido buen comportamiento durante casi 18 años frente a aguas agresivas con alto contenido de sulfatos de sodio y de magnesio, sustancias estas que disgregan el hormigón por la acción que ejercen sobre sus componentes cementantes.

#### TABLA IV

##### PROPIEDADES DEL MASTIC ANTIACIDO

##### DE APLICACION EN CALIENTE

Peso específico a 25°C.....	2,1 - 2,2
Absorción de agua, %, 25°C, 24 h....	0,05 - 0,1
Resistencia a la penetración, carga de 31,7 kg/cm <sup>2</sup> , 60 seg; diámetro 6,35 (100 kg/cm <sup>2</sup> ), a 25°C.....	20 - 85 *
Adherencia en presencia de agua, a 25°C, 1 000 horas.....	Satisfactoria
Resistencia al pasaje de agua, 1 me- tro de columna, 240 horas.....	No pasa agua

\* Depende del tipo

Recientemente trabajos realizados en grandes plantas como la de Propulsora Siderúrgica en Ensenada evidenciaron su excelente comportamiento.

---

## COMPUESTOS BITUMINOSOS APLICABLES EN FRIO TIPO EMULSION

---

Cualquiera que sea el tipo de material bituminoso, brea o asfalto, se pueden elaborar materiales de aplicación en frío, bajo la forma de dispersiones en solventes adecuados o de emulsiones en agua.

En la presente exposición, haremos referencia a las emulsiones asfálticas empleadas como cubiertas protectoras de metales, hormigón, mampostería, etc. Las emulsiones asfálticas se pueden definir como una dispersión de asfalto en un medio acuoso conveniente, con el auxilio de emulsivos y estabilizadores adecuados. Según el tipo de emulsivo y estabilizador empleado, se pueden tener emulsiones asfálticas de tipo emulsionante químico o de coloide estabilizador. Las primeras pueden ser aniónicas (jabón aniónico); catiónicas (jabón catiónico) y de tipo no iónico.

En estas emulsiones las partículas de asfalto tienen tamaños medios entre 0,5 y 15 micrones según el tipo de emulsión.

La condición de emulsión aniónica o catiónica, es conferida por la carga de la partícula y este factor tiene importancia en las propiedades de la emulsión.

Las emulsiones de tipo coloide estabilizador, son unas de las de mayor aplicación en sinnúmero de industrias, entre ellas las de las cubiertas protectoras, por sus especiales propiedades y ventajas.

A diferencia de las dispersiones asfálticas con solventes, las emulsiones se aplican con suma facilidad sobre superficies húmedas (no inundadas), de mampostería y hormigón, etc. lo cual es de la mayor importancia, cuando se desea aplicar un material de este tipo, en una superficie que no se puede secar o donde por razones de incendio, no pueden

aplicarse cubiertas protectoras con solventes.

Una de las propiedades excepcionales de las películas de cierto espesor (1 a 2 mm) de estas emulsiones de coloide estabilizador, es su mecanismo de secado; pues el mismo se produce desde la base o fondo hacia el exterior en forma continuada, de modo de dejar un film sin las ampollas ni las fisuras que producen otras emulsiones.

La permeabilidad al vapor de agua de las películas secas de 2,0 mm es muy baja a 25°C, del orden de 0,2 - 0,6 perms. La característica reológica importante de estas emulsiones de tipo industrial, es su tixotropía bien manifiesta, es decir la propiedad de transformarse en forma isotérmica de sol a gel o viceversa por agitación; es decir una disminución de la viscosidad por agitación que destruye la estructura interna facilitando su aplicación.

Estas emulsiones reúnen otra propiedad más importante; el carácter estático del film seco. En efecto, si se aplica una película de esta emulsión sobre una superficie metálica o de hormigón, mampostería, madera, no chorrea aún en 2 - 3 mm de espesor. Si se deja secar, la película residual no fluye por el calor bajo ninguna condición de servicio, aún en paredes verticales y en espesores del film seco de 2-3 mm. Ensayos realizados en nuestro laboratorio, comprobaron que dicha película no corre ni aún durante 1 000 horas a 100°C. Esto es manifiestamente sorprendente, para un material bituminoso cuya susceptibilidad térmica y tendencia a deslizar por el calor son bien conocidas. Esta característica, de secar dando películas estáticas, no fluentes, unida a una excepcional durabilidad a la intemperie no alcanzada por ningún otro material asfáltico, hace que dichos materiales bituminosos, puedan resistir la acción de los agentes atmosféricos y otros por períodos de más de 20 años.

Un análisis típico de este material, según ASTM D 1010-66, está dado en la tabla V.

Este material cumple las normas ASTM D 1 010 y 1 227; MILR 3 472 y ASTM D 1 167 para la protección de metales y la impermeabilización de fundaciones por el sistema de múltiples capas asociadas a velos o tejidos de vidrio.

Las aplicaciones y ventajas de este tipo de emulsiones



en el campo de las cubiertas protectoras es bastante grande, sobre todo teniendo en cuenta su precio bajo y el hecho de que su empleo mayor, es en aquellos casos donde no se buscan efectos decorativos, sino protectores de grandes superficies.

Tal es el caso de la protección de estructuras metálicas en fábricas (techos, equipos, columnas, chimeneas) donde están sometidas a vapores o gases corrosivos, en la industria química, metalúrgica, etc.

Asociadas a rellenos y otros componentes, estas emulsiones se emplean como absorbedores de sonido y vibraciones en las carrocerías de automóviles, equipos de aire acondicionado, muebles metálicos y en otras estructuras metálicas sometidas permanentemente o eventualmente a vibraciones en las construcciones civiles o industriales y o/corrosión. En ciertas industrias, especialmente en aquellas donde no es posible usar cubiertas protectoras impermeables con olores residuales persistentes, tales como las industrias de la alimentación (frigorífica, vitivinícola, etc.), las emulsiones asfálticas tienen vasta aplicación en la impermeabilización de cubas y recipientes de hierro o de hormigón, dando películas adherentes continuas y de notables efectos protectores.

Estas emulsiones de consistencia pastosa se aplican en espesores de hasta 2 mm sin que el material ampolle o cuartee permitiendo su aplicación a soplete especial, rodillo, llama o pincel. El producto no coagula por escurrimiento a presión a través de toberas y orificios pequeños y se almacena a más de 5°C durante varios años.

El tiempo de secado de la película depende de su espesor, de la humedad relativa y temperatura ambiente, circulación de aire y grado de absorción de la base donde se aplica.

A medida que la película seca, se produce la coalescencia y disminuye progresiva del espacio intermiscelar por evaporación del agua hasta producir una película continua de asfalto de alta impermeabilidad.

La industria vitivinícola emplea desde hace años tratamientos en base a emulsiones asfálticas en el revestimiento de tanques de hormigón que contendrán vino u otros productos o en el caso de tanques metálicos de sidra, vinagre, etc. Las cantidades a aplicar son del orden de 2 mm de película seca, es decir 3 kg/m<sup>2</sup> en dos capas dejando secar bien entre

capas.

Las películas de las emulsiones asfálticas que han secado son de color gris oscuro, pero en el caso de ser necesaria una terminación decorativa en revestimientos al aire, se pueden pintar con pinturas de pigmento de aluminio de base bituminosa, lo cual aumenta el poder reflectante e incrementa la vida útil de la estructura o en base a pinturas coloreadas especiales.

---

#### REVESTIMIENTOS PROTECTORES DE MATERIALES BITUMINOSOS CON RESINAS EPOXY

---

En esta parte de la exposición haremos referencia al empleo de otro material bituminoso, el alquitrán y/o la brea derivada de la destilación de la hulla.

Durante muchos años el alquitrán y la brea de hulla solos o en mezclas se han utilizado en revestimientos impermeables, protecciones para techos, cubiertas para cañerías enterradas de agua, petróleo, gas, etc. y sinnúmero de otras aplicaciones. Algunas propiedades peculiares y características de los derivados de la hulla, distinguen a esos productos de los de origen petrolero, especialmente su resistencia a los solventes, propiedades antihongo y otros microorganismos, etc.

Pero fundamentalmente, las desventajas de los derivados del alquitrán se concretan en una gran susceptibilidad térmica (índice de penetración menor de -3) lo cual hace a la película quebradiza y frágil en invierno y blanda y con tendencia a deslizarse en verano, aparte de sus propiedades de flujo en frío y reducida o nula pintabilidad.

La compañía Pittsburgh Coke patentó en 1952, una técnica de mejoramiento de los alquitranes con una resina epoxi, éter del bisfenol A con la epiclorhidrina, y que comenzó a comercializarse en los Estados Unidos hace unos 10 años. Este producto, por acción de la resina epoxi y un agente de curado, cambia en forma notable las propiedades termoplásticas del alquitrán por las de un material termofraguante. Desde

el punto de vista económico, el agregado de alquitranes permite obtener materiales que conteniendo resinas epoxi, tienen precios comparativamente más bajos que los compuestos con resina pura; lo cual permite su empleo en aquellas estructuras donde siendo necesaria la resistencia de los productos de base epoxi, no pueden emplearse puros por razones económicas.

Dentro de los materiales de tipo epoxi bituminosos, debemos distinguir aquellos que contienen solvente como medio de posibilitar su aplicación, ya conocidos en nuestro medio y normalizados de acuerdo a la norma IRAM y, además, otros de tipo más reciente, caracterizados por no contener componentes volátiles, es decir, las pinturas o revestimientos de 100 % de sólidos. En esta exposición, hacemos referencia a algunas experiencias con estos materiales realizadas recientemente en nuestro laboratorio y en obra.

De una manera general, podemos decir que el agregado de resinas epoxi al alquitrán, como ya se ha mencionado, cambia la termoplasticidad del mismo, reduciéndola, mejora la resistencia a ciertos solventes y la durabilidad frente a los agentes atmosféricos. Aún en cantidades moderadas, la resina epoxi produce cambios importantes en las propiedades reológicas del alquitrán. A su vez, la resistencia al agua es mejorada por el alquitrán, así como también la inercia química frente a las soluciones de ácidos.

Estos materiales tienen excelente adherencia, gran resistencia a las sollicitaciones mecánicas y a los productos químicos. Por ello presentan las siguientes ventajas: resistencia a la tracción y compresión satisfactorias, adherencia a todo tipo de superficies, resistencia al choque y al desgaste, impermeabilidad y escasa contracción por curado.

Estos sistemas sin solventes, permiten la aplicación de capas espesas del orden de 200-400 micrones en una sola operación, sin que se produzcan desplazamientos de la película por chorreo, ni aparición de ampollas o cráteres en la misma durante el curado. Para ello, los componentes del sistema deben tener consistencias adecuadas (ya que no pueden agregarse solventes), por lo cual la fluidez y otras propiedades del alquitrán y la resina epoxi son factores decisivos. Ello no significa que no se considere la importancia de los agentes de curado; sobre los cuales se han realizado notables progresos en los últimos años, ya sea con sustancias con bajas tempera-

**turas de curado, o curado debajo del agua. Además se ha conseguido adecuado tiempo abierto para su aplicación y películas duras altamente inertes y flexibles.**

El examen de varios cortes de alquitranes especiales permite luego de los análisis y ensayos correspondientes, seleccionar el más adecuado. Un balance de componentes con un estudio de su acción sobre la resina, que comprende las características de pegajosidad de la película seca, el olor de la misma, así como el tiempo de curado y estabilidad del sistema, determinan la corrección más adecuada de la formulación para distintos contenidos de resina.

Este material, luego debe ser ajustado para la relación alquitrán epoxi - endurecedor; pigmentos y cargas. Estos últimos fueron seleccionados de acuerdo a sus propiedades químicas de inercia, propiedades inhibidoras de la corrosión, resistencia a la intemperie y desde luego a sus propiedades físicas como capacidad espesante, densidad, etc.

Algunas características de la pintura de dos componentes de uso general se indican en la tabla VI.

Estos revestimientos tienen vastas aplicaciones en la práctica como protectores contra la corrosión de metales y la desintegración por ataque químico del hormigón por agentes agresivos. Por lo tanto, su campo de aplicación se extiende a plantas metalúrgicas, químicas, minería, instalaciones portuarias, diques, desagües, centrales eléctricas, industria naviera y en todos los casos en que se necesita un agente protector para estructuras aéreas, enterradas o sumergidas que asocie excelente propiedades de resistencia al agua, productos químicos con muy buenas propiedades mecánicas y de resistencia a la abrasión. Desde luego su elección se hace considerando su costo reducido frente a los revestimientos a base de resina epoxi sin el agregado de alquitrán, sobre todo si se tiene en consideración que las características de flujo, adhesión, manufactura, resistencia al agua y a los ácidos son iguales o similares en ambos materiales.

Solamente pueden ser objetados con ciertas limitaciones el color, la resistencia a los álcalis y a algunos solventes orgánicos.

La aplicación de los revestimientos epoxi bituminosos,

TABLA VI

PROPIEDADES DE PINTURAS EPOXIBITUMINOSAS DE DOS COMPONENTES

Sobre la pintura

Peso específico a 25°C.....	1,0
Viscosidad a 25°C, Brookfield RTV, rotor 2....	10 000-11 000 cp
Color.....	Negro
Tiempo abierto de aplicación, a 20°C.....	5 - 6 horas/
Tiempo de secado, película de 300 micrones:	
Tacto suave, 20°C.....	5 horas
40°C.....	3 horas
Tiempo de secado firme a 20°C.....	12 horas
Tiempo de curado bajo agua.....	15-18 horas
Pintabilidad a pincel y rodillo.....	Buena, no chorra
Pintabilidad con soplete tipo De Vilbis (300-400 micrones), en dos capas.....	Excelente, no chorra

CARACTERISTICAS DE LA PELICULA SECA CURADA 7 DIAS, 300 MICRONES

Adherencia sobre hormigón y metal.....	Excelente
Aspecto de la película.....	Brillante
Resistencia a la intemperie, 4 meses.....	Sin fisuras ni ampollado; ligero tizáceo
Adherencia sobre mastic asfáltico.....	Excelente
Resistencia a la abrasión.....	Excelente
Resistencia química, durante 2 meses, 20°C:	
Acido acético 10 %.....	Excelente
Acido sulfúrico 10 y 30 %.....	Excelente
Acido clorhídrico 10 %.....	Excelente
Acido fosfórico 10 y 20 %.....	Excelente
Hidróxido de sodio 10 y 20 %.....	Excelente
Tolueno, xileno, acetona.....	No recomendable
Alcohol butílico.....	No recomendable
Sulfato de sodio 5 %.....	Excelente
Sulfato de magnesio 5 %.....	Excelente
Cloruro de sodio 3 %.....	Excelente
Gas oil, diesel oil.....	Excelente
Kerosene, aeronafta.....	Excelente
Tricloroetileno.....	No recomendable

exige una preparación previa tanto del hormigón como de los metales.

Para el caso del hormigón empleado en estructuras que deben ser protegidas, es necesario que el mismo esté bien limpio y libre de polvo o grasa y que su superficie sea firme sin partes flojas. Si las hubiere, retirarlas con cepillo de acero o chorro de arena, análogamente que las eflorescencias, en algunos casos puede ser necesario el tratamiento con ácido clorhídrico al 10 %, lavando luego con abundante agua. Los agujeros y depresiones pequeñas, se taparán con la mezcla 1:1 ó 1:3 cemento portland-arena, manteniéndose en curado húmedo por dos o tres días. Excepcionalmente será necesario emplear morteros de 1:4 de resina epoxi - acelerador y arena, previa imprimación no cargada con arena.

En ciertos casos, puede ser necesaria una imprimación de resina epoxi bituminosa con 5 % de tolueno para mejorar la adherencia.

Siendo la pintura epoxi -bituminosa un sistema de dos componentes, las proporciones indicadas deben guardarse con cuidado, homogeneizando bien en caso necesario por bajas temperaturas, calentar los componentes a no más de 30°C. En tiempo excesivamente frío, puede calentarse la estructura con sopletes. La aplicación se puede hacer con pincel de cerda de nylon, que pone en contacto más íntimo el revestimiento con la superficie y actúa sobre las irregularidades y los vacíos; aunque por su rapidez y facilidad, el rodillo es a veces aconsejable. Se debe evitar la formación de ampollas y de discontinuidades en el pintado.

La aplicación de la pintura epoxi - bituminosa sin solventes, también puede hacerse con espátulas de 10 cm de ancho, de plástico o acero, o con pistolas de aplicación tipo De Vilbiss JGA y con los tipos sin aire.

El espesor recomendable depende de la continuidad y homogeneidad del film, la rugosidad de la superficie, la abrasión, los agentes corrosivos, etc. pero no menos de dos capas es en general necesario de modo de tener de 0,4 a 0,5 mm en total, aunque para casos especiales un espesor de 1 mm es posible que sea aplicado en dos o tres capas sin dificultad. Muy importante es el tiempo que debe transcurrir entre la aplicación de

cada capa; se recomienda aplicar la segunda capa cuando la primera esté ligeramente pegajosa. La inercia química de esta película dificulta la adhesión de las siguientes, salvo cuando aún no ha curado. En el caso de revestimientos con varios días de aplicados, se los puede reactivar con solvente o rasparlos intensamente con cepillo de acero antes de aplicar la segunda capa. Ensayos realizados en obra con la incorporación de "mat" o estera de vidrio asódico en algunos casos, han dado magníficos resultados en lo referente a adherencia u resistencia a la tracción del revestimiento.

El tiempo de curado completo depende de la temperatura y composición de la mezcla, pero oscila entre 24 y 48 horas; el endurecimiento mayor se obtiene a los 7 días a 15 - 20°C.

En el caso de estructuras de hierro, se limpia la superficie por arenado en todos los casos y se hará un tratamiento previo con ácido fosfórico tal como el especificado en Estados Unidos por el Steel Structures Painting Council, aunque pueden usarse sin "primer" si están bien arenadas.

El rendimiento en estructuras de tipo metálica es del orden de 0,5 kg/m<sup>2</sup> y en superficies muy pulidas puede ser de 0,25 - 0,30 kg/m<sup>2</sup> para una protección muy eficiente.

Se han enumerado las ventajas de los revestimientos de alquitrán sin solvente frente a los revestimientos de epoxi pura, resultando que los primeros, es decir los de epoxi bituminoso sin solventes reúnen las mismas ventajas que los de resina epoxi pura con excepción del color y en cierta medida la resistencia a los solventes y a los ácidos y son comparativamente mucho más económicos que las pinturas y revestimientos a base de epoxi sin alquitrán.

Tienen mejor tiempo abierto a temperatura ambiente, pequeña contracción, buena resistencia al impacto, resistencia a los hongos y excelentes propiedades eléctricas.

Las desventajas son su menor resistencia a la tracción y como ya hemos dicho su color que puede mejorarse sin pérdida de propiedades.