

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



PROTECCION ANTICORROSIVA DE
PISOS INDUSTRIALES

T E S I S

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

JORGE FELIPE AVILES SOSA

México, D. F.

39

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

CLAS. Tesis
ADQ. 1926
FECHA
PROC. M7-39



QUIMICA

A MIS PADRES

CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO POR EL ESFUERZO
DEDICADO EN MI PREPARACION BASE DE EXITOS
SATISFACCIONES E INQUIETUDES ACTUALES.

A MI ESPOSA

AGRADEZCO SU AYUDA Y MOTIVACIONES CONSTANTES
QUE CON AMOR HICIERON POSIBLE LA TERMINACION
DE MI CARRERA Y SU CULMINACION A TRAVES DE
ESTE TRABAJO.

CON AMOR A MIS HIJAS

VERONICA Y NORIA.

A MIS QUERIDOS HERMANOS

EMMA Y ARTURO

CON CARINŌ Y RESPETO A MIS ABUELITOS

PORFIRIO, ESTHER Y FELIPE.

A MI ASESOR DE TESIS

ING. QUIM. EUGENIO MACOUZEP MANJALPEZ POR SUS
CONSEJOS Y AYUDA EN LA ELABORACION DE ESTA TESIS

A MIS MAESTROS DE ENSEÑANZA
SECUNDARIA POR HABER DESPERTADO EN MI
EL INTERES AL ESTUDIO

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

PRESIDENTE Prof.:	JULIO TERAN ZAVALETA
VOCAL Prof.:	ANTONIO REYES CHUMACERO
SECRETARIO Prof.:	EUGENIO MACOUZET MANJARREZ
1er. SUPLENTE Profa.:	SUSANA FLORES DE CASTAÑEDA
2do. SUPLENTE Prof.:	CARLOS CASTAÑEDA ESTRADA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:


AMERCOAT MEXICANA, S. A.

SUSTENTANTE:



JORGE FELIPE AVILES SOSA.

ASESOR DEL TEMA:

Ing. Quim.  EUGENIO MACOUZET MANJARREZ.

I N D I C E

OBJETO DE LA TESIS.

INTRODUCCION.

La corrosión y su lenguaje.

CAP. I. CEMENTO Y CONCRETO.

Constitución del cemento.

Clasificación de los cementos.

Procesos de fabricación.

Curado y endurecimiento.

Concreto.

Propiedades y materias primas.

Resistencia a agentes naturales.

Resistencia a diversos agentes orgánicos e inorgánicos.

CAP. II. SISTEMAS DE PROTECCION.

Medios de protección anticorrosiva.

Resinas sintéticas como plásticos.

Clasificación de plásticos.

Reacciones de polimerización.

Propiedades físicas de plásticos.

Relación de resistencia química a estructura molecular.

Morteros y cementos químico resistentes.

Cementos de resina poliéster.

Cementos de resina fenólica.

Cementos de resina furánica.

Cementos de resina epóxica.

Propiedades físicas y mecánicas de cementos químico-resistentes.

Resistencia química de cementos anticorrosivos.

Vida útil y tiempo de endurecimiento.

Membranas impermeables.

Tabiques antiácidos.

Juntas de expansión.

CAP. III. FABRICACION DE CEMENTOS ANTICORROSIVOS.

Fabricación del componente sólido y líquido.

Mezclado sólido-sólido / sólido-líquido.

Propiedades de los componentes que afectan el mezclado de sólidos.

Mecanismo de mezcla sólido-sólido.

Mecanismo de segregación.

Escalamiento.

Equipo para mezclado de sólidos.

CAP. IV. TECNICAS DE APLICACION DE SISTEMAS ANTICORROSIVOS.

Sistemas.

Loseta ó tabique antiácido.

Tabique ó loseta antiácida/membrana impermeable.

Placas de acero.

Carpetas ó pisos integrales (monolíticos).

Fallas y dificultades en la aplicación de un piso monolítico.

Limpieza del sustrato y preparación de superficie.

Estimaciones en cantidad de cementos anticorrosivos.

Tabla de usos y aplicación de los diferentes tipos de cementos.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

OBJETO DE LA TESIS.

Debido a que la mayoría de los pisos y bases de sustentación de equipos en la industria química se fabrican con cemento y concreto es necesario conocer su interacción ó resistencia con diferentes agentes externos y como puede ésto afectar su longevidad y falla algunas veces imperceptible hasta ser crítica.

Lo anterior motivo mi interes en conocer y profundizar -- sobre la constitución de este tipo de pisos, analizar -- las materias primas que conforman al cemento y al concreto, conocer los diferentes tipos que se fabrican en nuestro país y los procesos que lo llevan hasta el estado final de material cementante. El grado de deterioro por -- la acción de agentes naturales y químicos, y los medios disponibles y mas adecuados para protegerlos.

Estudiar como medios de protección para pisos contra -- agentes químicos severos y abusos mecánicos, sistemas anticorrosivos especiales basados en materiales inertes -- calcinados ó sinterizados a temperaturas elevadas, y manejados a manera de tabiques de albañilería, y unidos -- unos con otros por medio de cementos llamados anticorrosivos que portan como aglutinante una resina sintética -- de tipo termofijo.

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

LA CORROSION Y SU LENGUAJE. -

Cuando se lleva a cabo un estudio de corrosión, es natural el pensar que la corrosión sea una reacción simple y que cuando es entendida, puede manejarse tan fácilmente como el girar una llave para abrir -- una puerta.

Si los costos y disponibilidad no fueran factores importantes se podrían seleccionar los mejores materiales y apegarnos a su uso. Pero si se elimina la consideración de materiales como el oro, ó el platino y se piensa en términos de sustancias prácticas que puedan ser -- utilizadas en casas, industrias, automóviles, etc., llegaríamos a materiales prácticos como fierro y acero, aleaciones de cobre, aluminio plásticos, cerámicas, madera, metales refractarios, aceros inoxidables y muchas otras aleaciones modernas y super aleaciones que pre--sentan todas ciertas ventajas y desventajas. La selección de uno de estos materiales hace necesario valerse de la experiencia y conoci--miento.

La mayoría de la gente conoce la corrosión como el enmohecimiento de una cerca de fierro, un bote de acero, ó un clavo de fierro.

Cualquier persona ha visto la erección de un puente ó de un edificio moderno teniendo estructuras de acero. Estas armazones se colocan -- usualmente presentando un color naranja ó rojizo, él cual es el color de un recubrimiento protector aplicado a los elementos de acero an--tes de laminarlos. Estos recubrimientos tienen por objeto prote--ger contra el enmohecimiento. Entonces, después de la instalación, particularmente en la construcción de un puente, estas superficies -- son recubiertas nuevamente con otros materiales para proporcionar buena apariencia y protección anticorrosiva.

La tubería es otro de los tipos de equipo más comunes en los cuales se manifiesta la corrosión. Esto incluye tuberías de agua en las casas, tuberías de gas, aceite, etc. Así se puede afirmar con seguridad que cualquier persona tiene un grado mayor ó menor de familiaridad con la corrosión.

Ahora se puede definir que es corrosión:

"Corrosión es el deterioro de una sustancia o de sus propiedades causadas por una reacción con su medio ambiente".

La definición anterior afirma que se pueden corroer materiales diferentes a los metales. La deterioración de madera, concreto, plásticos, etc. debe también ser estudiada por el ingeniero de corrosión e incluirse en el término corrosión.

Así mismo, debe prestarse atención a las propiedades de los materiales en los cuales se presenta deterioro. En algunas formas de corrosión no hay cambios visibles, sin embargo sus propiedades varían y el material puede fallar sorpresivamente. Tales variaciones pueden burlar el examen visual ordinario ó las determinaciones de cambio de peso.

Para contrarrestar los diversos medios corrosivos el ingeniero en corrosión debe estar familiarizado con materiales tales como: aleaciones, plásticos, recubrimientos, madera, hule, etc. Es por este motivo que el criterio del deterioro por corrosión se ha extendido para incluir materiales metálicos y no metálicos.

Se puede formular la pregunta siguiente: "¿ en qué ambiente ocurre la corrosión?". La respuesta correcta debe ser, "sobre cualquier ambiente, dependiendo del tipo de material".

La siguiente pregunta que puede hacerse es, "¿ cuántas formas de corrosión existen?". Nuevamente la respuesta puede ser, "quizá tantas como 57 ó tan pocas como una, dependiendo de lo que se tenga por significado de "una forma diferente".

Desafortunadamente, muchas personas tanto en la vida diaria como en la industria frecuentemente observamos la corrosión y la aceptamos como inevitable. En la actualidad, algo puede y debe hacerse para prolongar la vida de muchas superficies expuestas a ambientes corrosivos. Es necesario considerar que la corrosión envuelve la destrucción gradual de un material y cuesta dinero reemplazar el material dañado. Así - la corrosión llega a ser un factor muy importante en el área sobresaliente de "pesos y centavos".

UN PROCESO NATURAL.-

El hecho de que la corrosión ocurra no debe causar sorpresa. Casi todos los materiales se deterioran con el tiempo cuando son expuestos a "los elementos". La corrosión es un proceso tan natural como el correr del agua cuesta abajo. En otras palabras, si el fierro fuera expuesto al aire y agua, nosotros esperaríamos encontrar desarrollo de moho en pocas horas. En efecto si esto no ocurriera, entonces se ría justificado el sorprenderse y preguntar, ¿ Por qué ?.

Algunos ambientes son más corrosivos que otros. Hay excepciones, pero se acepta generalmente como un hecho, que:

- 1) El aire húmedo es más corrosivo que el seco.
- 2) El aire caliente es más corrosivo que el aire frío.
- 3) El agua caliente es más corrosiva que el agua fría.
- 4) El aire contaminado es más corrosivo que el aire limpio.
- 5) Los ácidos son más corrosivos que los álcalis.
- 6) El agua de sal es más corrosiva que el agua fresca.
- 7) El acero inoxidable durará más que el acero ordinario.
- 8) La corrosión no se manifestará en el vacío, ni tampoco en temperaturas muy altas, etc.

Sin embargo, puede sorprender el hecho de que en algunos casos las afirmaciones anteriores sean incorrectas.

Hasta ahora se ha hablado en forma general de la corrosión, sin embargo a causa de que la mayoría de los pisos en la industria son de concreto, se excluirá el estudio de la corrosión metálica de estos materiales centrandonos esencialmente en la protección de pisos de concreto, dejando entre otras cosas a los trabajos de Electroquímica el estudio de este tipo de corrosión.

Así pues, para trabajar con el material "concreto" es necesario conocer su constitución físico y química, sus ventajas y limitaciones, -

procesamiento, clasificación, etc., para comprender la necesidad de protección con respecto a diferentes agentes corrosivos químicos y físicos, y si realmente es posible hablar de corrosión en este compuesto químico.

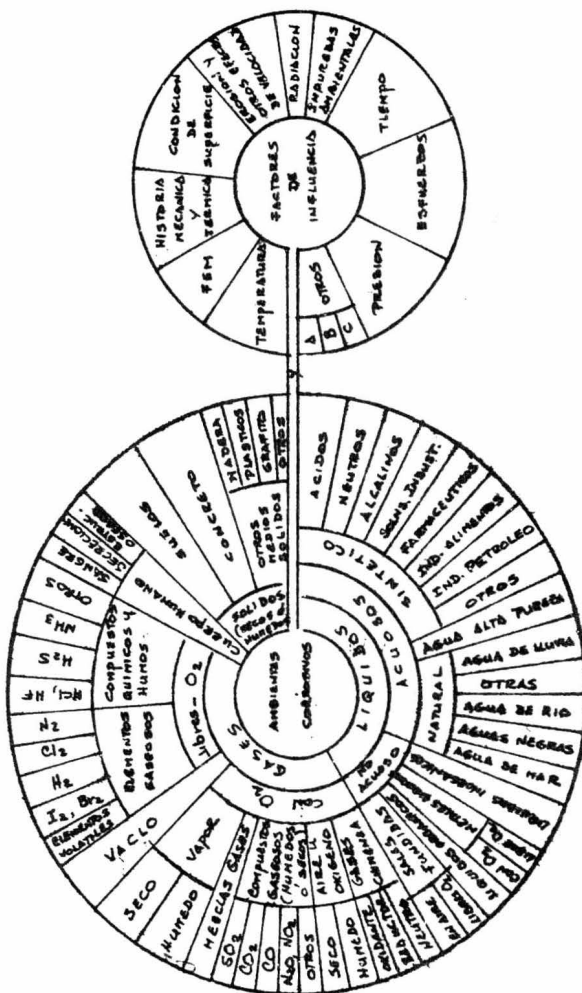


Fig. 1 El esquema muestra los medios diferentes en los cuales se conoce la corrosión y los factores que pueden tener influencia importante en ella.

C E M E N T O

Y

C O N C R E T O

C A P I T U L O I

C E M E N T O.-

Definición: los cementos pueden ser definidos como sustancias adhesivas capaces de unir fragmentos ó masas de materia sólida en un todo compacto.

Generalidades.-

La gran versatilidad del cemento dentro del campo de la construcción ha hecho posible el enorme desarrollo que esta industria ha tenido - en el mundo entero y, en particular, en la República Mexicana.

El concreto, asbesto-cemento etc., con los cuales se construyen un - sin número de obras de gran magnitud, son materiales cuyo ingrediente principal es el cemento.

A causa de que el cemento representa el elemento activo en varios ma - teriales, de ahí la importancia en su procesamiento, ya que para lo - grar eficiencia en distintos tipos de obras, conviene variar su com - posición de acuerdo con el empleo a que se le destina.

Naturalmente que a consecuencia del gran número de variaciones se -- originan gran diversidad de clases de cementos, constituyendo un au - mento en los costos de fabricación por requerirse mayor supervisión y cambios frecuentes en la operación de las máquinas. Sin embargo - este aumento en los costos se compensa con el incremento de la pro - ducción.

En la República Mexicana como en muchos otros países, la industria - del cemento es una de las más grandes y avanzadas que se conocen, y cuenta además con un gran número de técnicos de diferentes especiali - dades cuyo trabajo se conjuga para convertir la materia prima en un producto final de calidad uniforme que satisface las especificaciones estipuladas para el tipo de cemento de que se trate.

Breve historia del Cemento.-

Los materiales cementantes han sido usados desde los principios de - la civilización. Los antiguos egipcios usaban un cementante compues - to de yeso calcinado impuro. Los griegos y romanos usaban caliza cal - cinada y más tarde desarrollaron el cemento puzolánico, moliendo con - juntamente cal y una ceniza volcánica llamada puzolana. En la era

siguiente, vino una declinación general en el conocimiento de los materiales cementantes, regresando a las prácticas antiguas. Las puzolanas fueron olvidadas y los morteros de cal fueron de pobre calidad. Hubo sin embargo una tendencia al uso de las puzolanas en los siglos XV y XVI. No obstante el uso antiguo de estos materiales, se conoció muy poco de su química.

En 1756, John Smeaton, un ingeniero inglés, descubrió que cuando se calcinaba una caliza suave impura que contenía cierta proporción de arcilla, podía endurecer bajo el agua, así como en el aire en una masa sólida. Este descubrimiento permitió el rápido desarrollo de cales y cementos para construcciones de albañilería.

En 1796, Joseph Parker, de Inglaterra, obtuvo una patente para la fabricación de un material cementante que fue conocido como cemento romano por el color que presentaba, semejante al de los viejos cemen--tos romanos. Parker calcinaba ciertas piedras ó productos arcillo--sos llamados "nódulos de arcilla" en un horno de cal ordinario y mo--lía el producto resultante. En 1802 se produjo en Francia un cemen--to de este tipo, el cual marcó el comienzo de la industria cementera en este país.

En 1810 Edgar Dobbs, Inglaterra, produjo un cemento de caliza y arcilla. En 1813, Vicaten Francie y, en 1822 James Frost en Inglaterra, comenzaron a hacer cementos de caliza y arcilla.

En 1824, Joseph Aspdin, un albañil inglés adquirió una patente en Inglaterra para fabricar un cemento perfeccionado, producido por el calentamiento de una mezcla de caliza y arcilla moliendo el producto - resultante hasta convertirlo en un polvo fino. A este polvo le dió el nombre de "Cemento Portland", por la similitud que tiene este cemento endurecido con ciertas canteras de piedra de la Isla de Portland Inglaterra. Aspdin es reconocido como el inventor del cemento por--tland.

Los primeros trabajos para fabricar cemento portland en Inglaterra - fueron establecidos por James Frost en 1825. Las primeras plantas - establecidas fuera de Inglaterra se hicieron en Bélgica y Alemania - en 1855. En Estados Unidos comenzó a fabricarse Portland en 1875 y en México a principios del siglo XV.

MATERIAS PRIMAS.-

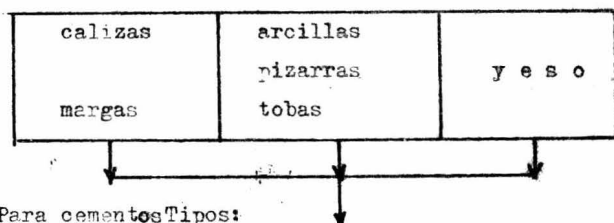
Las materias primas fundamentales para la fabricación del cemento son: caliza ó marga y materiales arcillosos como barro ó pizarra, éstos — constituidos esencialmente de carbonato de calcio y de silicato de aluminio. Además se pueden emplear otras materias primas para producir cementos especiales. Estas son: material férrico, hematita, material silicoso, cuarzo, arena, cenizas, escorias con elevado contenido en sílice. Otra materia prima importante y esencial para obtener un buen cemento, es el yeso.

Estos materiales se localizan por lo general cerca de la planta, transportándose por camiones o directamente por bandas, aunque algunos otros que se encuentran más lejos se acarrean en ferrocarril.

Los consumos aproximados de materias primas son por cada tonelada de cemento: caliza - 1200 kg, arcilla - 370 kg, yeso - 60 kg, mineral de fierro - 30 kg, material silicoso - 30 kg. Estos dos últimos materiales se emplean sólo cuando se requiere fabricar cementos especiales.

Fig. 2.

Para cemento Tipo Normal y de Resistencia Rápida.



Modificado
Bajo calor, y
Resistentes a los sulfatos.

se emplea además

material férrico hematita escoria	material silicoso arenas cuarzo
---	---------------------------------------

Fig. 2. Cuadro esquemático de materias primas.

Clasificación de los cementos:

En su evolución gradual algunos cementos que tuvieron considerable importancia han caído hoy en día parcial ó enteramente en desuso. Los cementos naturales son quizá el mejor ejemplo de este grupo. El desarrrollo de nuevas variedades de cementos ha sido asombroso, aunque muchos de ellos se usen para propósitos limitados.

El cemento de mayor producción mundial actualmente es el portland ordinario.

Así pues, para obtener una visión de las diferentes clases de cementos, éstas serán discutidas a continuación:

Cal. La obtención de la cal consiste esencialmente en la calccinación de una de las formas naturales del carbonato de calcio a una temperatura suficientemente alta para descomponer el carbonato de calcio y - eliminar bióxido de carbono como gas.

Cales hidráulicas. Estas son obtenidas por la calcinación de piedra caliza conteniendo una cierta proporción de arcilla. La alumina y silica de la arcilla se combinan en algún grado con la cal producida en la calcinación, y el compuesto resultante es responsable de las propiedades hidráulicas del material.

Cementos naturales. Estos son materiales formados por la calcinación de una mezcla natural de sustancias calcáreas y arcillosas a una temperatura abajo de la sinterización. Estos materiales representan un grupo intermedio entre las cales hidráulicas y el cemento portland. - La importancia de esta clase de cementos ha disminuido, y en muchos - países ha cesado su fabricación ó continua solamente en pequeña escala.

Cementos Portland.-

Los cementos portland se definen en el British Standard, como productos obtenidos por una mezcla íntima de materiales calcáreos y arcillosos, y otros de sílica, alumina y óxido de fierro procesándolos en - temperaturas de clinker (1000 - 1200°C), y moliendo posteriormente el clinker.

Los tipos más importantes son:

a) Portland común ó normal. Para usos generales en donde no se requieran las propiedades especiales de los otros tipos. Se caracteriza por tener alta resistencia mecánica y alta generación de calor durante su hidratación. Se emplea en construcción de pavimentos, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques, trabajos de mampostería, y, para todos los usos del cemento ó concreto no sujetos al ataque de suelos ó aguas sulfatadas ó donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura objetiva. Satisface la especificación ASTM Tipo I.

b) Cemento Portland de endurecimiento rápido. Este cemento es similar al Portland ordinario, pero es normalmente de molienda más fina y ligeramente alterado en composición. Desarrolla mayor resistencia inicial; su resistencia a los 7 días es comparable con la del Portland normal a los 28 días.

Por su alta resistencia temprana se emplea cuando se requiere descimbrar pronto, para poner rápidamente el concreto en servicio. En clima frío para reducir el periodo de protección contra la baja temperatura. Genera mucho calor al hidratarse, y a velocidad mayor que el tipo normal. Al igual que éste, tampoco resiste el ataque de los sulfatos. Corresponde al tipo III de la especificación ASTM.

c) Cemento Portland de bajo calor. Es un material en el cual la composición química está ajustada para reducir el calor de hidratación. Esto disminuye el agrietamiento que resulta de las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente con la caída de la misma. Posee buena resistencia a los sulfatos. El desarrollo de su resistencia mecánica es lento a edades tempranas, pero de igual resistencia a la de los demás cementos a edades avanzadas (6 a 12 meses). Corresponde al tipo IV en la especificación ASTM.

d) Cemento Portland modificado. Este cemento presenta características intermedias entre el común por una parte, y el de bajo calor y resistente a los sulfatos por la otra. Sus características de resistencia son similares a las del cemento común, pero presenta menor calor de hidratación y mayor resistencia a aguas y suelos sulfatados,

y es en general adecuado para obras hidráulicas. Satisface la especificación ASTM Tipo II.

e) Cemento Portland de resistencia a los sulfatos. En especial para usarse en construcciones expuestas a la acción severa de los sulfatos. El grado de desarrollo de resistencia es algo más lento en las primeras edades que el del cemento portland común, pero igual o de mayor resistencia a edades avanzadas (6 a 12 meses). Es benéfico en revestimiento de canales, alcantarillas, túneles y en general en todo tipo de estructuras que estén en contacto con suelos y aguas subterráneas que contengan sulfatos en concentraciones tales que pudieran causar deterioro del concreto si se empleara otro tipo de cemento. La generación de calor es también baja. Corresponde al tipo V de la especificación ASTM.

f) Cemento Portland blanco. La diferencia de este cemento respecto a los otros cementos portland radica en su bajo o nulo contenido de óxido férrico; de ahí su color blanco. Su proceso de fabricación es semejante al de los demás cementos, la diferencia estriba en que las calizas que se emplean como materia prima son nulas en óxido férrico y las arcillas se sustituyen por caolín, que es un material blanco a base de sílice y óxido de aluminio y muy bajo en óxido férrico. Este cemento se emplea generalmente para usos decorativos, arquitectónicos, terrazos, mosaicos, estucos, esculturas, etc..

g) Cemento Portland - Puzzolana. Este consiste de una mezcla íntima y uniforme de cemento portland y puzzolana, la cual se obtiene a través de la molienda simultánea de clinker portland, puzzolana y yeso. La puzzolana forma del 15 al 30 % de la mezcla total.

Las puzzolanas son materiales silícicos o silico-aluminosos, que en presencia de humedad reaccionan químicamente con la cal que se libera durante la hidratación del cemento portland para formar compuestos con propiedades cementantes.

Las puzzolanas que pueden emplearse en la manufactura de cementos portland - puzzolanas, incluyen materiales naturales del tipo de las cenizas volcánicas, pómez, tierras diatomáceas, esquistos, pizarras, ciertos materiales activados por calentamiento y algunos subproductos industriales como las cenizas volantes, algunos tipos de escoria,

etc.

Las puzzolanas se emplean en los cementos para mejorar su resistencia química, pudiendo producir también algunos efectos benéficos en el concreto como son: mejorar la trabajabilidad, reducir la generación de calor y contracción térmica, aumentar la impermeabilidad, mejorar la resistencia al ataque de los sulfatos, reducir la reacción álcali-agregado y reducir la segregación y sangrado.

h) Cemento portland - escoria de alto horno. Es el producto que se obtiene de la molienda simultánea de clinker portland, escoria granulada de alto horno y yeso. En la elaboración de este cemento se emplea de 30 a 70% de escoria.

La escoria básica granulada es el producto no metálico compuesto esencialmente de silicatos de aluminatos cálcicos, procedente del alto horno empleado en la metalurgia del hierro. Esta escoria se obtiene por enfriamiento rápido de la masa fundida en agua. La escoria básica granulada no debe considerarse solamente como una puzzolana, sino como un verdadero cemento hidráulico, latente ó potencial, para cuya hidratación se requiere la presencia de cal hidratada y yeso. Al igual que las puzzolanas, la escoria de alto horno se adiciona al cemento portland para mejorar ciertas propiedades del mismo.

Cementos inclusores de aire. Son cementos portland ordinarios ó desoplado al alto horno a los cuales se les ha adicionado una pequeña cantidad de un agente inclusor de aire (sales alcalinas de resinas de madera, detergentes aril-alquil-sulfonato, etc.) durante la molienda.

Cementos de alto contenido de alumina. Estos cementos son fabricados por un calentamiento hasta fusión, ó más raramente por sinterización de una mezcla de piedra caliza y bauxita. El producto se enfría y muele finamente.

El cemento de alta alumina se caracteriza por tener una velocidad muy rápida para desarrollar su resistencia, y su tiempo de endurecimiento es similar al del cemento portland I. Su color es negro.

Cementos de albañilería ó mampostería. Este grupo de cementos consiste de materiales diseñados para usarse en morteros. Su propósito es proporcionar un cemento, el cual dé un producto más plástico que el

obtenido con el cemento portland ordinario. Estos son frecuentemente producidos por la molienda fina de una mezcla de cemento portland y - piedra caliza junto con un plastificante inclusor de aire. Ellos son también fabricados por la molienda de mezclas de cemento portland con cal hidratada, escoria granulada, ó cargas inertes con la adición de estearato de calcio ó algún otro agente resistente al agua.

Tipos de Cementos que se fabrican en México:

- I.- Portland común ó normal
- II.- Portland Modificado.
- III.- Portland Resistencia rápida.
- IV.- Portland de bajo calor.
- V.- Portland de alta resistencia a los sulfatos.
- VI.- Portland blanco.
- VII.- Portland-puzzolana .
- VIII.- Portland-Escoria de alto horno.
- IX.- Cemento de albañilería.

Proceso de Fabricación: El proceso de fabricación del cemento consiste en la incorporación de las materias primas para formar una mezcla homogénea, y posteriormente procesarla en un horno para formar un aglomerado (clinker), el cual se muele a continuación con la adición - de una pequeña proporción de yeso dando como producto final un polvo fino. Dos procesos son conocidos: el seco y el húmedo de acuerdo a - como son molidas y mezcladas las materias primas ya sea en condiciones secas ó húmedas. El proceso húmedo es preferido por su fácil control de composición. Se ejemplificarán estos procesos aplicados a la fabricación del cemento portland.

- I) Proceso Seco: Este proceso es el más utilizado en nuestro país y consta de las etapas siguientes:
 - a) Trituración: Las materias primas que llegan a la fábrica se trituran en varias etapas en una serie de máquinas que están adaptadas al tamaño descendente de las partículas en proceso.
 - b) Secado: Una vez triturados y antes de entrar a los molinos, -- los materiales se introducen a secadores rotatorios.

c) Molienda: una vez quebrados y secos, la caliza y el barro se dosifican con básculas automáticas pasando esa mezcla a molinos tubulares. Al material que sale de los molinos se le llama "mezcla cruda" ó "crudo".

d) Calcinación: el crudo que sale de los molinos se envía a los silos en donde se homogeneiza y se mezclan entre sí para obtener una composición siempre uniforme.

De los silos el material entra a los hornos de calcinación. El horno es la parte fundamental de la fábrica, pues en él se realizan las reacciones químicas que forman los compuestos constituyentes del cemento.

A los aglomerados que se forman en el horno y que constituyen en esencia al cemento se les dá el nombre en conjunto de "clinker".

e) Enfriamiento: abatimiento de temperatura del clinker por medio de aire.

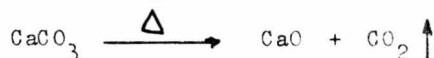
f) Molienda del Cemento: El clinker frío pasa a los molinos de cemento ó de acabado, junto con una cantidad de yeso previamente dosificado en donde se muele a finura muy elevada.

II) Proceso Húmedo:

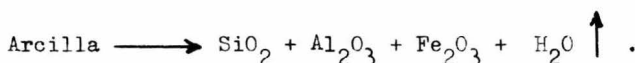
En este proceso la arcilla no se tritura sino se descarga en un molino de rastrillos tal que la mezcla con agua produce una lechada bastante fluida. Esta lechada que se dosifica junto con la caliza previamente triturada, se alimenta a los molinos de crudo donde se añade agua para facilitar la molienda. De los molinos, el crudo pasa a unos tanques correctores y de ahí al horno. En este proceso el secado se realiza en el horno. Los siguientes pasos de la fabricación son iguales a los que se siguen en el proceso por vía seca.

Reacciones Químicas en el Horno:

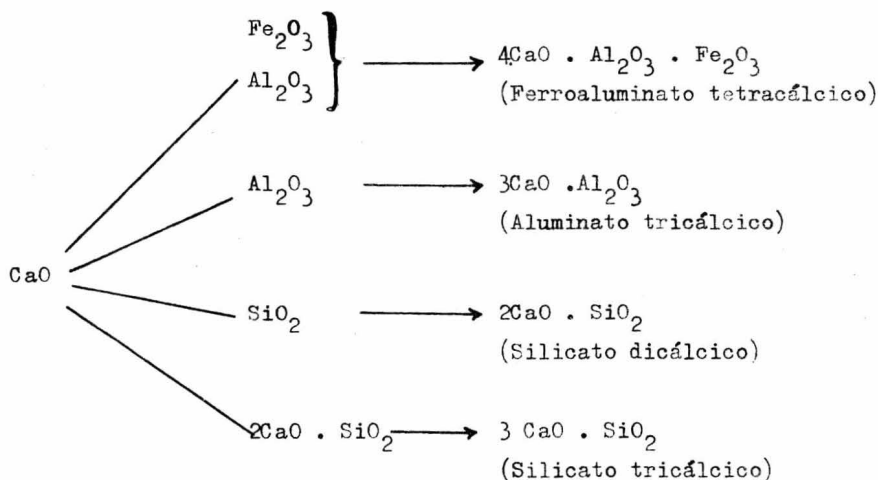
En el primer tramo del horno, el material crudo se calienta a 700°C aproximadamente; enseguida se descompone la caliza a una temperatura de 900°C, eliminándose CO₂ que es arrastrado hacia la chimenea, donde sale junto con los gases de combustión:



En la siguiente zona del horno se efectúa la descomposición de la arcilla en sus óxidos principales: sílice, alúmina y óxido férrico, -- desprendiéndose también agua de hidratación:



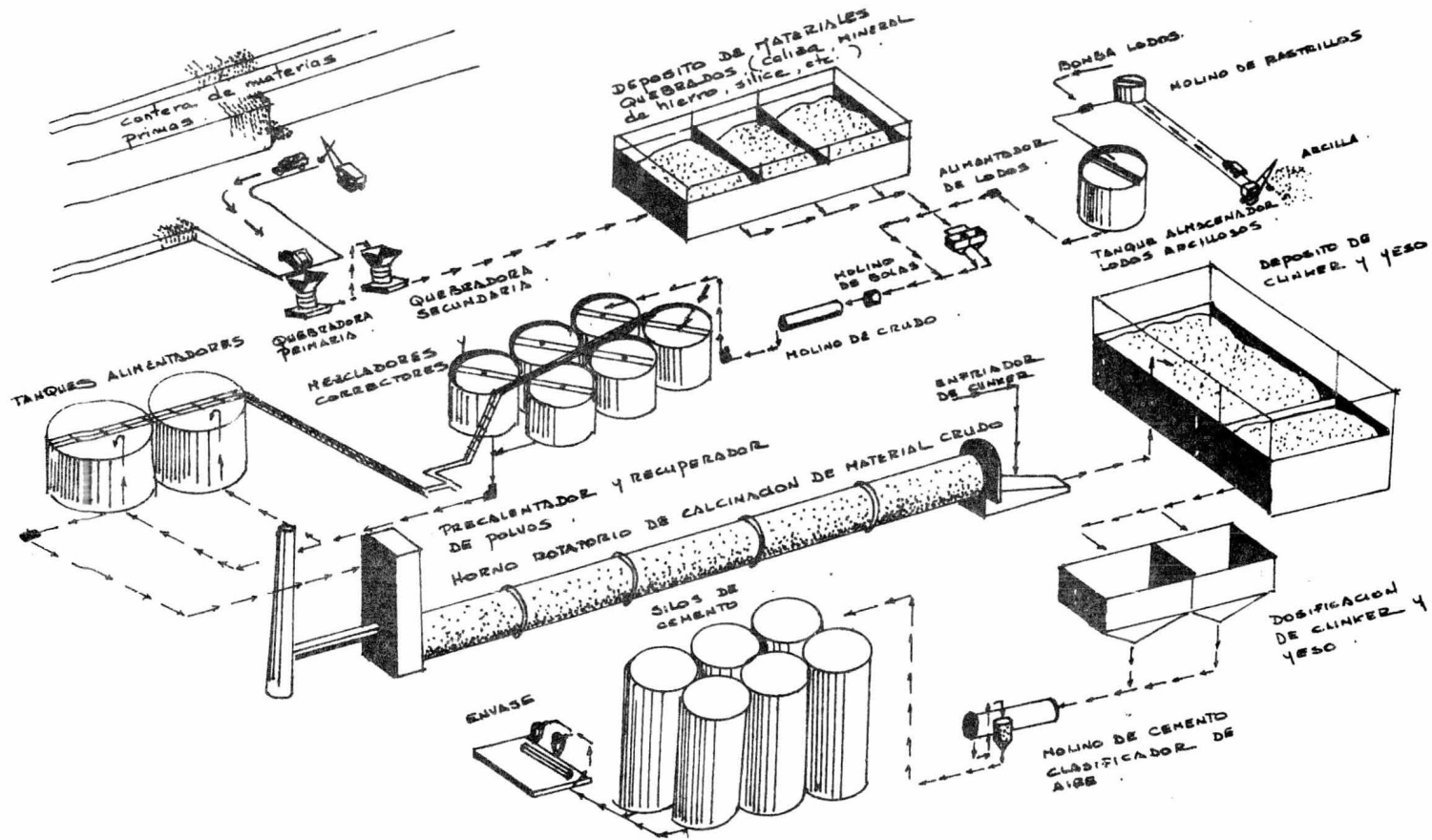
empezando la combinación de la cal (CaO) proveniente de la caliza con los óxidos de fierro y aluminio para formar primero, el ferroaluminato tetracálcico y en seguida el aluminato tricálcico; ésto se efectúa a 1 250°C aproximadamente. A continuación se efectúa la combinación de la cal (CaO) con la sílice (SiO₂) formándose el silicato dicálcico, él cual en presencia de más cal, forma el silicato tricálcico:



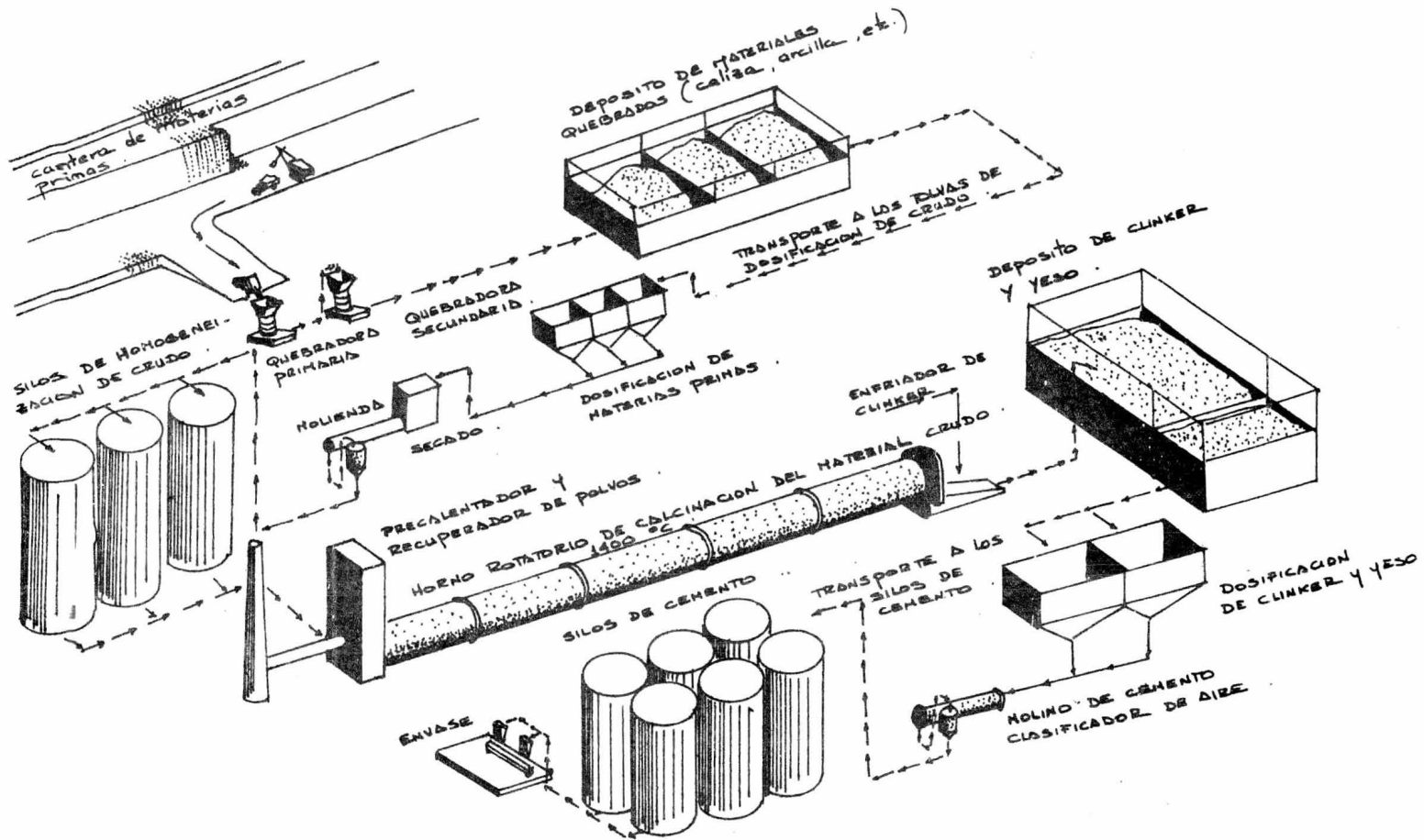
entre los 1 250 y 1 500°C se efectúa la semifusión. En este punto -- se funde aproximadamente de 20 a 30 % de la masa.

Los materiales menos importantes en el cemento que representan aproximadamente el 10% son: el yeso, y otros que quedan libres durante la calcinación de las materias primas, es decir, elementos que no se alcanzan a combinar, en los hornos. Entre éstos se encuentran cal libre, magnesia, álcalis, etc.

El yeso que se combina con el clinker antes de molerse, se emplea para regular la acción química del cemento con el agua (hidratación) y controlar el tiempo de fraguado. Si el yeso no se añadiera al comen



FABRICACION DE CEMENTO PROCESO HUMEDO



FABRICACION DE CEMENTO PROCESO SECO

to, éste fraguaría demasiado rápido haciendo imposible su manejo, ó bien fraguaría muy lento, retardando por tanto el endurecimiento del mismo.

Compuestos principales del cemento y características de cada uno:

Compuesto	Fórmula química	Nomenclatura común.	Características
Silicato tricálcico.	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	Responsable de las resistencias a primeras edades, hasta los 28 días aproximadamente.
Silicato dicálcico.	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	Responsable de las resistencias a edades avanzadas. De 28 días en adelante.
Aluminato tricálcico.	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	Genera mucho mas calor que una cantidad igual de los otros componentes. Es responsable de la variación de volumen, formación de grietas, ataque a los sulfatos.
Ferroaluminato tetracálcico.	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	Poca influencia en la resistencia.

El curado y endurecimiento del cemento portland:

La utilidad práctica de todos los cementos calcáreos depende del poder que posean cuando sean mezclados con agua, de formar una masa coherente, la cual en el curso del tiempo llega a ser dura y mecánicamente resistente. Los cementos son usados en la forma de un polvo, y cuando se mezclan con una cantidad apropiada de agua, y algún agregado producen al principio una masa plástica capaz de ser distribuida sobre una superficie como por ejemplo en la construcción de albañilería, ó tomando la forma de algún espacio confinado como en los trabajos de concreto. La transformación al estado duro en los cementos, — toma lugar en dos pasos : en el primero, la masa pierde su plasti—

cidad y llega a ser más ó menos desmenuzable de modo que si se moldea ó remezcla con agua la plasticidad no es restaurada, ó si lo es, solo parcialmente. En el segundo, la masa incrementa su dureza hasta alcanzar finalmente una textura de roca. En el caso de cementos hidrúlicos el cambio es acompañado por la desaparición casi completa a la permeabilidad en agua. Estos dos pasos son conocidos como los procesos de "curado y endurecimiento" respectivamente.

Ejemplo de Composición de los 5 tipos de Cemento Portland.

Compuestos	TIPO I Común	TIPO II Modificado	TIPO III R. rápida	TIPO IV Bajo calor	TIPO V Resis. sul- fatos.
C ₃ S	48	44	51	30	46
C ₂ S	22	29	16	46	32
C ₃ A	10	6	12	5	3
C ₄ AF	8	11	7	13	12
SUMA	88	90	86	94	93

Especificaciones Físicas para el Cemento Portland SIC DGN C-1-1968

Los cementos a que se refiere esta norma deberán satisfacer los requisitos que se anotan en el cuadro siguiente:

TIPCS:	I	II	III	IV	V
Finura, superficie específica, cm^2/g . (Nota 1)					
Método Turbidimétrico:					
Valor promedio mínimo	1600	1600	—	1600	1600
Valor mínimo en cualquier muestra	1500	1500	—	1500	1500
Método de permeabilidad al aire:					
Valor promedio mínimo	2800	2800	—	2800	2800
Valor mínimo en cualquier muestra	2600	2600	—	2600	2600
Sanidad (autoclave):					
Expansión máxima, %	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Método Gillmore:					
Fraguado inicial en mins. no menos de	60	60	60	60	60
Fraguado inicial en horas no más de	10	10	10	10	10
Método VICAT:					
Fraguado en mins. no menos de	43	45	43	43	43
Resistencia compresión, kg/cm^2 (psi) (Nota 3). En cubos de mortero 1:2.75 en peso (arena graduada std.)					
Valores mínimos:					
a las 24 hrs.	—	—	120 (1700)	—	—
a los 3 días	85 (1200)	75 (1000)	210 (3000)	—	—

	I	II	III	IV	V
a los 7 días	150 (2100)	125 (1800)	—	55 (750)	105 (1500)
a los 28 días	250 (3700)	250 (3700)	—	140 (2000)	210 (3000)

Resistencia a la tensión, kg/cm^2
(psi) (Nota 3). En probetas de
mortero 1:3 en peso (arena std.)

Valores mínimos:

a las 24 hrs.	—	—	19 (275)	—	—
a los 3 días	11 (150)	9 (125)	27 (375)	—	—
a los 7 días	20 (275)	18 (250)	—	12 (175)	18 (250)
a los 28 días	25 (350)	23 (325)	—	21 (300)	23 (325)

CONCRETO.-

El concreto es la mezcla íntima de cantidades predeterminadas de cemento portland, agua y agregados. A estos materiales, que son básicos para la elaboración del concreto, se les conoce como ingredientes. El cemento portland como definido en la sección anterior que en presencia de agua reacciona obteniendo poderes aglutinantes. Los agregados son materiales pétreos, que sirven como relleno, generalmente resistente del concreto. Los agregados se dividen, según el tamaño de sus partículas, en: agregados gruesos ó gravas, aquéllos cuyas partículas son mayores de $3/16''$, y agregados finos ó arenas, aquéllos cuyas partículas son menores de dicha cantidad. El agua que se emplea, es la común y corriente, que cumple con ciertos requisitos de calidad.

Además de los materiales básicos, se le pueden integrar otros, líquidos ó en polvo, llamados aditivos, con el fin de modificar una ó varias de las características del concreto, que se desean y que es imposible lograrlo con ajustes sencillos en las cantidades de los ingredientes ó con la selección adecuada de los mismos.

Una vez obtenida la mezcla de concreto, ésta se lleva a un molde determinado, y por la operación de compactación, se le reduce la cantidad de espacios vacíos a un mínimo, quedando únicamente pequeñas burbujas de aire atrapado.

En la fig. (3) se observa el concreto bien terminado, presentando una estructura interna muy peculiar, en la que los diversos tamaños de los agregados quedan distribuidos uniformemente dentro de la masa; lo más próximos entre sí y rodeados completamente por los granos de cemento, que van a asegurar su aglutinado perfecto, durante las reacciones con el agua.

Propiedades del concreto:

Para definir las propiedades del concreto es conveniente separarlo en los dos estados en que se presenta la masa que lo forma: concreto fresco y endurecido.

I) Concreto fresco:

Es el estado en el que la masa de concreto durante las primeras horas de haberse fabricado puede ser moldeada fácilmente con una fluidez -

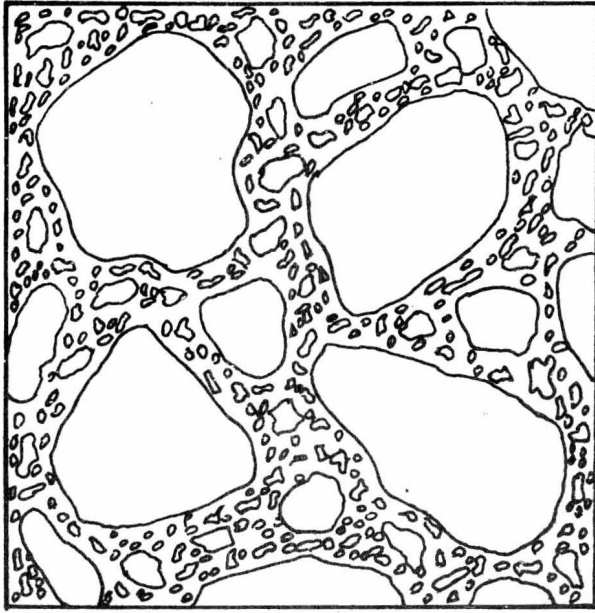
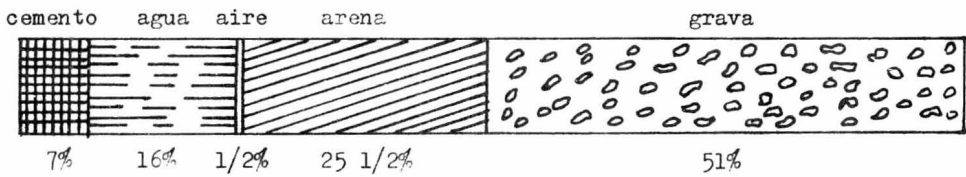
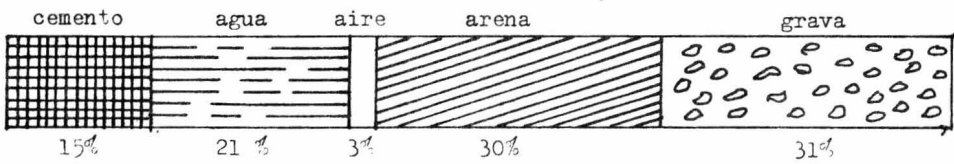


Fig. 3



MEZCLA POBRE EN CEMENTO.



MEZCLA DE ALTO CONTENIDO EN CEMENTO.

que depende, principalmente de las cantidades de pasta y del agua mis ma dentro de ella.

Las propiedades que el concreto tiene en estas condiciones son:

- a) Consistencia.- Es la habilidad relativa para fluir que tiene el concreto fresco. Cuando la masa es muy fluida, se dice que tiene una consistencia aguada; cuando es de fluidez media, se trata de una consistencia plástica, y cuando es poco fluida tiene una consistencia seca.
- b) Plasticidad.- Es la propiedad por la cual la masa se puede deformar, tomando las formas mas caprichosas, sin perder su calidad -- original.
- c) Fraguado.- A causa de las pérdidas del agua libre de la mezcla, principalmente por la avidez de agua del cemento en sus primeras reacciones y ayudada, en mayor ó menor grado por la evaporación y el desecamiento, la masa pierde gradualmente su fluidez y su plasticidad, transformándose en una masa rígida y resistente a la penetración; el fraguado del concreto, medido como la resistencia a la penetración, se divide en dos etapas, arbitrariamente defini-- das como fraguado inicial y final. Los tiempos de fraguado ini-- cial y final, son del orden de horas y depende del tipo de cemen-- to y aditivos que se estén empleando.
- d) Manejabilidad.- es la facilidad que ofrece la masa de concreto pa ra mezclarse, colocarse y acabarse. Esta propiedad es la más im- portante del concreto fresco, desde el punto de vista práctico, - porque además de reunir a todas las propiedades anteriores, es la que físicamente se aprovecha en las aplicaciones del concreto.

II) Concreto endurecido:

Si profundizar en la fisico-química del cemento, se puede definir el endurecimiento de la pasta de cemento como el proceso por el cual, la masa se solidifica, adquiriendo gradualmente una capacidad mecánica - y una estabilidad predeterminadas. El endurecimiento se inicia inme- diatamente después del fraguado final; este proceso corresponde a la

segunda etapa de las reacciones cemento-agua, que producen verdaderos cristales que se entrelazan, aglutinando a los agregados; en cambio, el fraguado es el proceso de transición, donde se presenta la primera etapa de las reacciones cemento-agua. Entonces, el concreto finalmente es, el producto del endurecimiento de la pasta de cemento que aglutina a los agregados, formando un todo sólido y con las siguientes -- propiedades: a) Impermeabilidad; b) durabilidad; c) resistencias mecánicas: compresión, tensión, flexión, fatiga, impacto, abrasión, cavitación; d) cambios volumétricos: contracción, expansión, deformación elástica, deformación plástica; e) resistencia al fuego y a la reactividad; f) propiedades térmicas, acústicas y eléctricas.

De toda esta serie de propiedades, las de mayor uso son: la resistencia a la compresión, la durabilidad y los cambios volumétricos por -- contracción y expansión, (Coef. expansión térmica prom. 5.5×10^{-6} in/in/ $^{\circ}$ F).

La resistencia a la compresión del concreto, se define como la máxima capacidad de carga por unidad de superficie, normal a la dirección de la carga, que comprime al concreto. Es la resistencia mecánica más -- notable de este material, su determinación es sencilla y un buen índice de calidad, (Fig. 4), los valores de compresión oscilan entre 200 y 300 kg/cm² en los concretos normales.

La durabilidad que se obtiene con el concreto, depende de una serie -- de factores que se deben tomar en cuenta, no es fácil de evaluar, pero afortunadamente ésta aumenta cuando la resistencia a la compresión aumenta.

Los cambios volumétricos por contracción y expansión, de hecho se ini -- cian en el concreto fresco, siendo más importante la contracción, que debido a las características de las reacciones del cemento es irrever -- sible; por otro lado, las expansiones de la masa del concreto, se de -- ben a los aumentos de la temperatura y a las saturaciones de agua de la masa. Las expansiones normalmente son menores que las contraccio -- nes, sólo en el caso de que algún agente extraño actúe en la masa, po -- drá invertirse esta situación.

Las contracciones son muy importantes en el comportamiento del concre -- to endurecido, principalmente porque las restricciones que tienen los elementos hechos de concreto y por las resistencias a la tensión --

relativamente bajas, provocan agrietamientos en la masa.

Por último se puede establecer otra diferencia entre el fraguado y el endurecimiento: el primero, es la pérdida de manejabilidad, y el segundo, es la ganancia de resistencia mecánica y durabilidad.

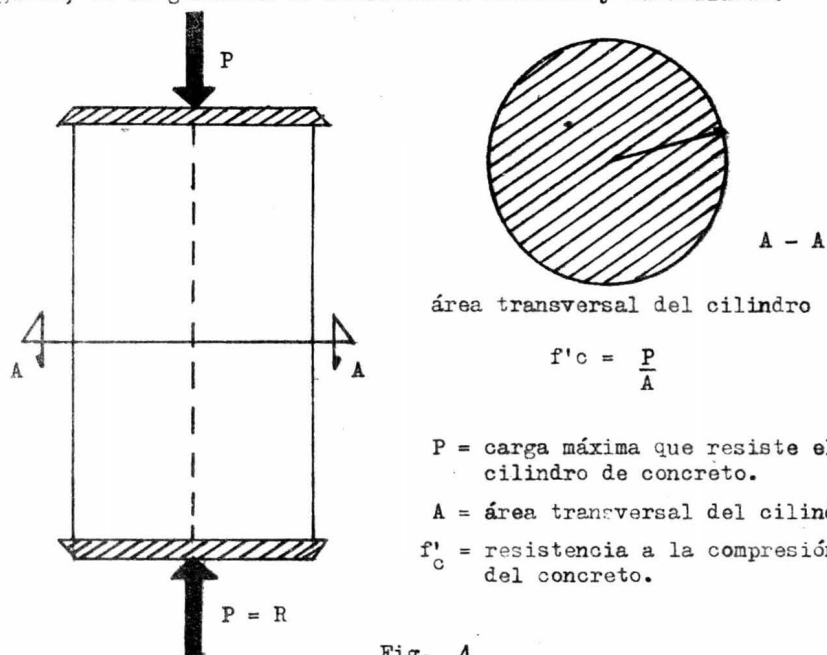


Fig. 4

I.- Materiales para el Concreto:

Los materiales esenciales para la fabricación del concreto son: cemento, agua, y agregados.

II.- A g u a:

Las fuentes de agua que comúnmente se encuentran al alcance para la fabricación del concreto, son aceptables para este empleo. Pero debido a esto, el agua es el material de todos los que forman el concreto, que menos atención se le ha dado a su calidad. La prueba está, en que no existe una norma completa que controle sus propiedades para su debida aceptación.

Lo anterior no es un simple descuido, en realidad se ha tratado de establecer una verdadera norma; el problema con que se ha enfrentado el investigador, es que la composición química del agua es muy compleja intervienen compuestos que pueden ó no ser muy nocivos para el --

concreto. Algunas aguas que atacan desde el exterior al concreto endurecido, pueden ser indefensas como agua de mezclado y, aun más, pueden ser benéficas para el concreto.

En general, se recomienda que toda agua que no haya sido probada previamente, se someta a un análisis comparativo de laboratorio, que consistirá en hacer ensayos de fraguado y de resistencia a la compresión con los materiales que se van a emplear; una serie con el agua que se va a probar y otra con agua previamente aceptada (puede ser agua destilada). El criterio americano dice que el fraguado inicial no deberá variar considerablemente y que la resistencia a la compresión a la edad de 28 días, deberá ser mayor que el 90% de la obtenida con los especímenes hechos con el agua aceptada. En cambio, el criterio británico acepta una tolerancia de 30 % en el fraguado inicial y una resistencia no menor del 80%.

Como una guía para la selección del agua de mezclado apropiada, se recomienda lo siguiente:

- a) Cuando se desee emplear una agua de la cual no se tiene experiencia, es conveniente someterla a ensayos de laboratorio.
- b) Las aguas potables de las ciudades, están aceptadas para su empleo en el concreto. Salvo muy alto contenido de cloro.
- c) Una agua clara, que no tenga sabor salado ni mal olor, es adecuada para el concreto.
- d) Las aguas negras y de desperdicios industriales, en apariencia -- son perjudiciales.
- e) Las aguas estancadas como las de pantanos, pueden ser aptas para el concreto, previa aceptación según a).
- f) El agua de mar que contenga menos de 35 000 ppm de sales, es adecuada para emplearse en el concreto simple.
- g) El azúcar es una de las sustancias más deletéreas del concreto. Comúnmente se pueden aceptar hasta 500 ppm.

III.- Agregados

Los agregados como la parte mayoritaria del concreto, juegan un pa--

pel muy importante en la calidad de éste. De ellos dependen muchas - de las propiedades mecánicas que desarrolla el concreto. Por tal motivo, debe procurarse que sus propiedades, aparte de que cumplan con los requisitos de calidad, permitan ser empleados con la mayor cantidad posible dentro de la masa de concreto, y para ésto, es necesario tener cuidado desde la selección de los depósitos naturales ó de las canteras de donde se obtendrán los agregados, hasta su preparación -- previa a la dosificación de las mezclas de concreto.

Los agregados tienen una gran variedad de características por las cuales se pueden agrupar.

a) Naturaleza. Es decir, al origen del material que los forma en:

-- Rocas ígneas. Son aquellas rocas eruptivas, que se forman por la solidificación del magma. Como ejemplos: el basalto, diorita, granito, dolerita, obsidiana, perlita, piedra pómez, etc.

-- Rocas sedimentarias. Son producto del intemperismo y la erosión, tales como: gravas, arenas, arcillas, margas, calizas, etc.

-- Rocas Metamórficas. Estas se forman en grandes profundidades, bajo la influencia de presiones y temperaturas elevadas, tales como: mármol, pizarras, esquistos, etc.

b) Forma de obtención:

Naturales. En depósitos naturales como gravas y arenas.

Artificiales. En canteras ó formaciones rocosas, requieren una -- fragmentación apropiada de sus tamaños ó un proceso elaborado para proporcionarles las propiedades que de ellas se desean.

Mixtas. Aquéllos en que ciertos agregados requieren una trituración parcial.

c) Tamaño.

Por medio de una malla cuadrículada con una abertura de 4.76 mm.

(#4), éstos se dividen en:

GRAVAS. Aquellas partículas cuyos tamaños son retenidos en la malla No. 4.

ARENAS. Aquellos cuyos tamaños pasan la malla No. 4.

d) Forma.

Por la forma geométrica de las partículas, en:

-- Redondos. Aquellos cuyas partículas tienden a la forma esférica, debido al desgaste por la erosión del agua ó del aire.

-- Irregulares. Sus partículas están parcialmente talladas de forma irregular y con los bordes redondeados.

-- Lajeados. Aquellas partículas en las que una dimensión es menor en relación a las otras (rocas laminadas).

-- Angulares. Aquéllas que poseen aristas y caras bien definidas -- (rocas trituradas).

-- Alargados. Una de las dimensiones es mayor que las otras.

-- Lajeados y alargados. Las partículas tienen bien definida su longitud, su ancho y su espesor, habiendo entre ellos una diferencia notable.

e) Textura.

Superficialmente, las partículas presentan a la vista y tacto, características definidas, que son importantes para el concreto. Se -- pueden dividir en:

-- Vitreos. Las partículas tienen fractura concoidal, con superficies de apariencia de vidrio, como el pedernal y la escoria vítrea.

-- Lisos. con partículas muy desgastadas y superficies suaves como: gravas, pizarras, mármol, y algunas riolitas.

-- Granulares. son partículas que en su fragmentación, muestran granos más ó menos uniformes, tales como: las areniscas, y las oolitas.

-- Asperos. Partículas con fractura áspera. Se obtienen de rocas -- con formación granular de fina a media, que no muestra fácilmente las formaciones cristalinas. Ejemplos: basalto y la caliza.

-- Cristalinos. Constituidos por cristales fácilmente visibles, co

mo el granito y el gabro.

-- Porosos. Partículas con poros y cavidades visibles, tales como: - la piedra pómez, el basalto vesicular ó espuma de escoria, el clinker y la arcilla expandida.

f) Peso.

Los materiales de los que se originan los agregados, tienen una - gran variedad de pesos unitarios y atendiendo a ésto se subdividen en:

-- Ligeros. Partículas que proporcionan una baja densidad a los concretos llamado por ésto ligeros. Pueden ser naturales como: piedra pómez, escoria volcánica, polvo de acerrín ó viruta de madera, asbesto, etc. Artificiales como: escoria de altos hornos, espuma de escoria, arcilla expandida, esquistos, etc.

-- Normales. Partículas empleadas para hacer la mayoría de los concretos estructurales de densidad normal ó media. Pueden ser naturales como: los cantos rodados y las arenas. Artificiales como: las rocas trituradas, la escoria de altos hornos, etc.

-- Densos. Aquéllos cuyas partículas tienen una densidad tal, que se obtienen concretos de alta densidad, utilizados principalmente, en escudos ó pantallas contra la radiactividad, tales como: la magnetita, barita, chatarra, etc.

El proceso que siguen los agregados desde su fuente u origen hasta la preparación previa a su aplicación en los cementos es el siguiente: - localización de bancos ó canteras, despilme de la zona, explotación y acarrees, trituración (primaria y secundaria), clasificación por tamaños, limpieza, y dosificación y mezcla de tamaños.

Propiedades y especificaciones de los Agregados.

En un principio se pensó que los agregados eran materiales inertes -- que tenían como único fin, servir de relleno económico a la masa de concreto. En realidad, los agregados no son estrictamente inertes, - sus propiedades físicas y algunas veces químicas, influyen en la calidad del concreto.

En consecuencia, es necesario conocer las propiedades de los agregados con sus limitaciones para cumplir con la calidad requerida.

Los requisitos de calidad (ASTM C-33) son los siguientes:

- a) Granulometría. Esta es la forma en que se encuentran distribuidos los diferentes tamaños de los agregados. (Estudio de análisis de mallas).
- b) Sanidad. Esta es la propiedad que tienen los agregados para resistir el ataque de la intemperie. La ASTM, ha desarrollado un ensaye, en el que los agregados se someten al ataque de Na_2SO_4 ó MgSO_4 , en 5 ciclos de saturación en una solución con estos sulfatos y secado en horno entre 105 y 110°C hasta peso constante. La sanidad es función inversa de la pérdida de peso por rompimiento de las partículas, debido a la cristalización expansiva de los sulfatos.
- c) Congelación - deshielo del concreto. (ASTM C-290 y 291) Esta es probablemente, la forma más representativa de medir la sanidad en los agregados dentro del concreto. Consiste en someter a cilindros o prismas de concreto, a ciclos de congelación rápida en el agua ó en el aire y al deshielo dentro del agua. La sanidad es función inversa al deterioro, que se mide como la pérdida progresiva del módulo dinámico de elasticidad.
- d) Resistencia a la abrasión. Esta se mide, en función inversa al incremento del material fino, que por abrasión, se desprende de los agregados cuando unas bolas de acero, golpean dentro de una especie de molino.
- e) Substancias Deletéreas. Son aquéllas que contaminan a los agregados y de alguna forma, dañan al concreto. Para determinar estas substancias, se siguen los siguientes ensayes:

- Cantidad de material que pasa la malla 200 (ASTM C-117)
- Cantidad de partículas ligeras (ASTM C-123)
- Impurezas orgánicas (ASTM C-40)
- Cantidad de partículas desmenuzables (ASTM C-142)
- Cantidad de partículas blandas (ASTM C-235)

La cantidad de impurezas orgánicas, se limita por comparación de un color estandar, con el color que toma una muestra de agregado adentro

de una solución de NaOH al 3% en agua destilada. Si este color es más intenso que el estandar, el contenido de impurezas orgánicas es mayor del aceptado, por el contrario, estarán abajo del límite, si el color es más claro. En el primer caso, los agregados se deben lavar y someter a otro ensaye. Si el color persiste, significa que la NaOH está atacando a algún compuesto de carbón, que puedan tener las partículas de los agregados. Los materiales que no pasaron esta prueba, se pueden someter a un ensaye de resistencia a la compresión, de acuerdo al ensaye ASTM C-87.

IV.- Aditivos.

Frecuentemente las cualidades del concreto se pueden obtener económicamente con una dosificación adecuada de sus mezclas y empleando los ingredientes apropiados. Sin embargo, pueden existir ocasiones en que ésto no es posible y la solución radica en el empleo de aditivos.

La eficacia de estos materiales depende de factores, tales como: tipo de cemento, cantidad de ingredientes, proporciones de la mezcla, forma de los agregados, granulometría, consistencia, tiempo de mezclado y temperatura ambiente.

El empleo de los aditivos se inicia posiblemente con los romanos, -- quienes emplearon sangre, manteca de cerdo y leche para mejorar la manejabilidad de sus concretos puzzolánicos. No obstante, su aplicación racional se inició hasta hace cerca de 30 años, cuando el "American Concrete Institute", se ocupó de su estudio, seguido por la "American Society of Testing and Materials", y por el "U.S. Bureau of Reclamation".

La labor de la ACI ha sido, reducir el número de sustancias aditivas, incluyendo solo aquéllas que probaron tener efectos positivos, pero todavía así existe un gran número de ellas, las cuales se presentan en la siguiente tabla (1-1) sin pretender hacer una descripción completa de las mismas.

El empleo y selección de los aditivos debe ser muy cuidadosa, porque son subatancias muy activas y una sobredosificación puede causar efectos desastrosos. Por tanto, se deben considerar las siguientes --

recomendaciones:

- a) Tomar como guía principal las recomendaciones del fabricante.
- b) Seguir las especificaciones de instituciones de prestigio como la ACI ó ASTM.
- c) Realizar pruebas de Laboratorio con los aditivos que se piensa -- usar.
- d) Dejar plenamente justificada su aplicación, de acuerdo a las circunstancias que prevalecen en la obra.

TABLA (1-1).

NOMBRE	MATERIALES	CARACTERISTICAS	U S O S .
INCLUSOR DE AIRE ASTM C-260 C-233, y C-226.	RESINA VINILO DAREX GRASAS, ACEITES Etc.	Generalmente son inso- lubles en agua. Produ- cen pequeñas burbujas de aire en la masa -- del concreto. Reaccio- nan frente a las are- nas. Aumentan la mane- jabilidad y la plas- ticidad; reducen la - segregación y el san- grado; aumentan nota- blemente la durabili- dad.	En todos los concre- tos expuestos al -- ataque severo de la intemperie; princi- palmente descongela- ción y deshielo: pa- ra aumentar la mane- jabilidad, en donde no es recomendable aumentar el agua.
RETARDAN- TES ASTM C-494	Lignosulfona-- tos, almidones etc.	Prolongan el tiempo - de fraguado y el ini- cio del endurecimien- to sin afectar el en- durecimiento posteri- or, es decir no afec- tan a las resisten- cias mecánicas.	Colados de concreto en clima cálido; in- yecciones de lecha- das; en general en aquellas obras don- de se requiere pro- longar el fraguado para asegurar cola- dos monolíticos.
ACELERAN- TES ASTM C-494	CaCl_2 , NaCl, algunos carbo- natos e hidróxi- dos: orgánicos como la trieta- nolamina.	Acelera el fraguado y el desarrollo de las resistencias mecáni- cas a edades tempraa- nas.	Se emplea con los - colados durante los climas fríos. En la prefabricación, etc.
REDUCTORES	Materiales in-	Reducen el agua de	Para mejorar la cali-

DE AGUA ASTM C-494	clusores de aire y retardantes, a base de lignosulfonatos generalmente.	mezclado para una manejabilidad determinada, son plastificantes, reducen la permeabilidad y aumentan durabilidad.	dad del concreto. Son muy empleados en los concretos bombeados.
GENERADO- FES DE GAS	Polvo de aluminio y en escala inferior el magnesio y el zinc.	Reaccionan con los hidróxidos del cemento, generando gas hidrógeno. En pequeñas cantidades se forman burbujas que expanden ligeramente el concreto disminuyendo su tendencia a segregarse.	Para formar concretos ligeros (células).
ESTABILIZADORES DE VOLUMEN.	Hierro pulverizado ó granulado.	Por oxidación producen expansiones internas que compensan las contracciones naturales del concreto.	Para apoyar maquinarias; para anclajes y rellenos.
PUZOLANAS ASTM C-219, - C-618, C-441 y C-311	Ceniza volante, vidrio volcánico, tierras diatomeas.	Mineral finamente pulverizado que solo tiene propiedades cementantes en agua, frente al $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y a temperaturas ordinarias. Controlan la temperatura del concreto. — Contrarrestan el ataque de los álcalis y de los sulfatos. Mejoran la plasticidad. Corrigen las deficiencias de finos de las arenas. Contribuyen al desarrollo de resistencias a edades posteriores.	En concretos masivos; con agregados reactivos; para mejorar la calidad del concreto; en elementos sujetos al ataque de los sulfatos donde los cambios volumétricos se deben reducir.
Materiales cementantes ASTM C-10 C-141, - C-205 y C-358	Cemento natural, cal hidráulica, escoria de altos hornos.	Minerales finamente pulverizados, con propiedades cementantes. Aumentan la manejabilidad sin incrementar el uso de cemento Portland.	En concretos masivos y para mejorar la calidad del cemento en forma económica.
Materiales	Cuarzo, caliza, bentonita	Minerales finamente pulverizados, que cu-	Donde se requiere mejorar la calidad de

Inertes	ta, cal hidrata- da y talco.	yas reacciones químicas, son relativamente inertes. Corrigen la deficiencia de finos aumentando la manejabilidad y disminuyendo el <u>san-</u> grado y la <u>permeabi-</u> dad. Esta última en menor grado que las -puzolanas y los materiales cementantes.	las arenas, para obtener mejor manejabilidad sin aumentar consumo de cemento portland.
---------	---------------------------------	---	--

La Resistencia del Concreto a agentes naturales destructivos.-

El objeto de esta sección es tratar el comportamiento del concreto en uso, y analizar algunas condiciones que en la práctica pueden encontrarse y ser perjudiciales para éste. Aunque existen un sin número de agentes potencialmente destructores, se mencionarán algunos como: el fuego, agua de mar, agua del subsuelo, aceites, grasas y soluciones de varias sales, a las cuales el concreto puede ser expuesto en la Industria. Es pues de lo anterior, que al pensar en la intemperie que rodea al concreto se deben tomar en cuenta ambos agentes: naturales y artificiales.

La resistencia del concreto a los agentes físicos y artificiales, no es como podría suponerse debida a una mayor resistencia mecánica dado a que ello no implica que este concreto pueda resistir el ataque de cualquier medio ambiente al que se sujete. Hay en efecto condiciones bajo las cuales el concreto más fuerte (mecánicamente) sufrirá ataque, en cambio un material más débil hecho con materiales químicamente más resistentes al medio en cuestión se verán exentos a la acción del mismo. No es tampoco verdadero que cuando se utiliza un cemento menos permeable el concreto producido será más resistente al ataque. Debido a que muchos factores, tales como graduación del agregado, el contenido de cemento en la mezcla, la relación agua cemento, etc., los cuales influyen favorablemente en la densidad de un concreto tienen un efecto benéfico en la resistencia, es también generalmente verdadero que el concreto más fuerte hecho de cualquier cemento será el más permanente. Un concreto cemento portland por ejemplo, puede permanecer casi inmune de ataque bajo condiciones en las cuales uno de menor ca-

lidad sufrirá desintegración y falla en el curso de pocos años.

Un concreto como se vió con anterioridad está formado por un agregado grueso que constituye el cuerpo de la mezcla, un agregado fino — llenando los espacios vacíos, y cemento agua uniendo el todo en forma conjunta. La arena, o agregado fino, y el cemento dan lugar a un mortero en el cual el agregado grueso es fijado.

Las propiedades del concreto dependen principalmente de la calidad y cantidad de este mortero intersticial y solo secundariamente del — agregado grueso. Este último debe ser lo suficientemente duro para no quebrarse bajo la presión a la cual sea sujeto cuando el concreto es esforzado, y suficientemente impermeable para no actuar como — un canal por el cual el agua pueda pasar en el concreto.

El primer factor de importancia en obtener un concreto denso es que el agregado sea de diferente granulometría, tal que la cantidad de — espacios vacíos sin llenar entre las partículas sea lo más bajo posible. Tal condición no puede obtenerse mezclando arena de un solo tamaño con el agregado grueso, sino que requiere que el material usado contenga partículas de variados tamaños. La arena debe presentarse en cantidades suficientes para llenar largas cavidades las cuales se serán formadas por el agregado grueso, cuyo tamaño varia de $3/16$ " a — $1" \text{ ó } 2"$.

La arena consistirá de partículas desde cerca de $3/16$ " hasta cerca de 0.006 " (# malla 100).

Se han hecho varios trabajos sobre la granulometría ideal, más sin — embargo, ésto es demasiado teórico ya que depende de varios factores controlables solo en la práctica. En general, sin embargo, — puede de cirse que una arena puede contener de 5 a 25% de material que pase a través de una malla no. 52, y que el cuerpo principal de la arena es é entre esta malla y una medida de $3/16$ ", debiendo contener partículas de variados tamaños y no consistir de una sola clase en tamaño. El objeto de la graduación es obtener un concreto fácil de dar forma con la mínima cantidad de agua.

Las propiedades del mortero cemento-arena, el cual conjunta a los — agregados gruesos, depende en la proporción de cemento que contenga,

de la cantidad de agua utilizada, y de la finura de la arena. Mientras más fina sea la arena, mayor será la superficie que posea, y por tanto mayor será la proporción de cemento requerido para cubrir esa superficie. Esta es una razón muy poderosa por la cual la arena no debe ser excesivamente fina y contener mucho material que pase a través de la malla 100. Un incremento en la cantidad de agua arriba de la necesaria da una mezcla más débil y permeable e incrementa el volumen de espacios vacíos. Si la proporción de la arena en un concreto no es suficiente, entonces los espacios vacíos entre los fragmentos de agregado grueso permanecerán; ahora, si ésta se encuentra en exceso, entonces los fragmentos de agregado grueso se separarán más de lo necesario por el exceso de mortero con la consiguiente pérdida en propiedades mecánicas. El agregado grueso en un concreto es normalmente inerte e impermeable, y es, entonces el cemento el punto de ataque para muchos agentes destructores, y el cual forma el canal por donde puede penetrar agua al concreto. La presencia de un exceso de este mortero tiende a debilitar la resistencia del concreto al ataque. La proporción de arena requerida decrece conforme el tamaño máximo del agregado grueso incrementa.

El agua utilizada para mezcla de morteros ó concretos no debe contener sustancias disueltas que afecten el tiempo de endurecimiento. En general, las impurezas en aguas naturales que son objetables son las sales disueltas y los límites permisibles para éstas son amplios.

El utilizar agua de mar en el concreto reforzado debe evitarse ya que a consecuencia de esto es factible incrementar la corrosión del refuerzo. Este tipo de agua no debe usarse nunca para preparar cemento de alto contenido de alumina debido a afectar la resistencia del concreto. Las impurezas orgánicas contenidas en el agua pueden retardar el curado y endurecimiento del cemento, sin embargo en aguas contaminadas artificialmente, éste efecto no es de importancia.

En caso de duda debe correrse una prueba comparativa de curado contra agua pura.

Se han reportado algunas dificultades por la presencia de cantidades considerables de algas en el agua, permitiendo atrapamiento de aire en el concreto y una reducción substancial en su resistencia.

La mezcla y colocación de un concreto juega también un papel importante en la calidad del producto. Un buen mezclado producirá dispersiones uniformes del cemento a través de la mezcla, cubriendo el total de partículas de agregados, gruesos y finos. La facilidad con la cual puede colocarse el concreto depende de la manejabilidad de la mezcla, que es, la facilidad con la cual el material fluye al mismo tiempo que permanece coherente y resiste la segregación. La trabajabilidad es un factor fácil de apreciar en la práctica y aunque existen varios métodos para su medida ninguno de ellos es enteramente representativo.

Una mezcla dura y difícil de manejar puede ser colocada más fácilmente adicionándole agua, pero solo a costa de abatir la resistencia e incrementando la permeabilidad del concreto causando segregación. La trabajabilidad del concreto es influenciada por el tipo y graduación de los agregados así como por otros factores. Las mezclas de concreto húmedas tienden a segregar al instalarse, dejando un exceso de agregado grueso en el fondo y un exceso de material más fino en la parte de arriba, formándose en la superficie una capa de cemento, arena fina y agua conocida como lechada. Las mezclas de concreto secas también presentan problemas de conformación y tienden a dejar espacios vacíos, pero estas mezclas secas pueden ser colocadas satisfactoriamente si se siguen métodos de vibración para compactar. La resistencia de un concreto al ataque es disminuida por la presencia de espacios vacíos, capas segregadas y capas de lechadas el total de los cuales forman puntos débiles en donde el ataque puede comenzar. La cantidad de agua requerida para producir una consistencia dada en mezcla de concreto incrementa con la temperatura de la mezcla. Así un incremento de 15 a 40°C eleva el agua necesaria en un orden del 10%. Esto da como resultado una resistencia última más baja, y un incremento en el encogimiento al secarse. En relaciones cemento-agua iguales la resistencia última parece abatirse para temperaturas más altas de mezcla, posiblemente debido a algún efecto adverso causado por el curado más rápido. Esta influencia de la temperatura puede -

ser apreciable en climas calientes, y para concreto que va a ser expuesto a condiciones severas de clima ó erosión algunas autoridades han estipulado una temperatura máxima de 30 a 35^oC para el concreto mezclado.

El concreto puede ser dañado por el propio curado. Es esencial para el desarrollo de altas resistencias que el concreto se conserve húmedo por un buen período de tiempo y no se le permite secar rápidamente. Para llevar a cabo la anterior recomendación algunas veces son esparcidas substancias curantes, pero la mayoría de las veces tan solo se cubre al concreto del sol y del viento mediante toldos ó construcciones temporales. Inmediatamente que el concreto ha curado bajo condiciones húmedas por un periodo de tiempo suficiente su resistencia al ataque por acción química se incrementa permitiéndosele permanecer al aire y secar al exterior. Una película de carbonato de calcio se forma sobre la superficie del material, bloqueando los poros y produciendo una película superficial más dura y densa.

Un factor adicional es necesario considerar en concreto reforzado, donde existen barras de acero embutidas en el material. La función del concreto aquí no es solo proporcionar resistencia a los esfuerzos de compresión sino también proteger al refuerzo de acero contra la corrosión. Cualquier corrosión del refuerzo causará la formación de una película de óxido de fierro sobre el metal ocupando un volumen cerca de 2.2 veces que la del fierro del cual se originó. La expansión -- que ocurre provocará una fractura en el concreto. La corrosión por tanto no solo daña a las barras de acero si no también al concreto. El grado de protección ofrecido al refuerzo depende de la impermeabilidad y espesor del concreto que lo cubre. Un concreto de alta calidad es esencial para un concreto reforzado para prevenir el acceso de humedad y aire al acero. Cuando se obtiene ésto el refuerzo está, bajo condiciones ordinarias, permanentemente protegido. El concreto reforzado que está expuesto a agua de mar, ó al ataque por otras -- aguas agresivas, requiere, sin embargo, un grado de protección mayor que el necesario bajo condiciones menos severas de uso.

El concreto reforzado puede sufrir también ataque de una fuente la -

cual no influye en un concreto ordinario, ésta es la electrólisis causada por corrientes eléctricas estáticas. En edificios ó estructu--ras de cualquier tipo donde existen estas corrientes eléctricas, el refuerzo sirve como tierra, ocurriendo la corrosión del mismo debido a la acción electrolítica directa.

----- .

LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A DIVERSOS AGENTES
ORGANICOS E INORGANICOS.

En esta sección serán revisadas las acciones de una amplia variedad de sustancias sobre el concreto. Muchas de estas sustancias se en encuentran en procesos industriales en los cuales ellas están en contac to con el concreto, por ejemplo, por almacenamiento en tanques de — concreto o por derrames en pisos de concreto. El concreto es un ma- terial de gran utilidad, y tan adaptable a muchos propósitos diferen tes, que el problema de su resistencia química a las condiciones a — las cuales será expuesto es algunas veces soslayado hasta que un tra bajo de reparación extensivo se vuelve necesario.

La protección de concreto contra ataque químico puede frecuentemente ser efectuada por tratamiento de la superficie. Los tipos generales de agentes protectores serán discutidos posteriormente con detalle.

Un agente protector para aplicación a concreto debe frecuentemente — ser resistente tanto químicamente como mecánicamente. Entonces un — material para uso en tanques de concreto puede tener solamente resis tencia a la acción del líquido contenido en el tanque, un tratamien to de superficie aplicado a un piso debe ser resistente también a — abuso mecánico y abrasivo.

Aceites minerales. Los aceites minerales tales como gasolina, aceites combustibles y petróleo en general, no atacan el concreto maduro, pe ro afectan seriamente el endurecimiento de un concreto verde. Estos aceites no contienen constituyentes que reaccionen químicamente con cementos curados. Las creosotas que contienen fenoles, cresoles y — compuestos ácidos similares pueden, sin embargo, tener algún efecto sobre el concreto. Los aceites lubricantes los cuales son enteramen te de origen mineral no atacan el concreto, pero si se encuentran — aceites vegetales, ellos tienen una acción definitiva y causan el de terioro del concreto.

Aunque no se tenga acción química en el concreto, es difícil, o impo sible, fabricar un concreto impermeable a los aceites minerales más ligeros. Investigaciones, y experiencia, del almacenamiento de acei-

tes minerales en tanques de concreto, han demostrado que el concreto puede ser hecho suficientemente impermeable para detener la pérdida por trasminación para combustibles de gravedad específica 0.875 y superiores en 15°C. Para tales tanques un concreto rico es necesario (1:1.5:3), donde para combustibles más ligeros, abajo de 0.85 de gravedad específica, se debe tratar la superficie con algún agente protector. En el caso de gasolina la calidad del combustible puede ser también afectado por reacción con alcalis del cemento curado.

Acidos Orgánicos. Hay un número de ácidos orgánicos los cuales algunas veces son puestos en contacto con el concreto y ejercen un efecto de deterioro en éste. Ellos deben ser divididos principalmente - en dos grupos. El primer grupo incluye ácidos de relativamente bajo peso molecular tales como ácido láctico y ácido butírico los cuales provienen de la leche y mantequilla, ácido acético el cual se encuentra en el vinagre y en otras industrias, y otros ácidos tales como oxálico y tartárico. Estos ácidos son todos solubles en agua. El - segundo grupo incluye ácidos de alto peso molecular tales como oleíco, esteárico y palmítico, encontrados como constituyentes en varios aceites y grasas.

Acido Láctico. Tiene una acción destructiva en cementos curados, y ejemplo son las fallas experimentadas con pisos de concreto en cremerías y lecherías. Estas fallas son muy acentuadas cuando el piso está sujeto a una abrasión extremosa causada por equipo pesado. Cuando el concreto está en inmersión en soluciones de ácido láctico el - cemento se disuelve gradualmente, dejando el agregado expuesto hasta que casi todo el material de cementado se remueve. No ocurren expansiones durante esta acción. En soluciones de ácido láctico sobre 1% en concentración el cemento de alto alumina es más rápidamente atacado que el cemento Portland, pero éste llega a ser progresivamente el más resistente a medida que la solución llega a ser más diluída. -- Así, debido a que los efluentes en las lecherías contienen ácido láctico y otros con un ph abajo de 4, los pisos de concreto-cemento de estas industrias deben ser de alta alumina, ya que el cemento portland normal es sensible al ataque. Los cementos de alta alumina han sido también usados para pisos de concreto en lecherías, y para juntas co

mo mortero en pisos de carpeta, tomando en cuenta su mayor resistencia a ácidos orgánicos diluïdos, pero éste no resistirá detergentes alcalinos fuertes.

Los cementos ácidos resistentes son también usados para el junteo de pisos de tabiques en los cuartos de procesamiento de leche y embotellado. Los cementos puzzolánico y el portland soplado al horno no ofrecen una ventaja apreciable sobre el cemento Portland contra el ataque por ácido láctico. El cemento Portland soplado al horno es también propenso a ataque, debido a los sulfuros presentes en éste, causando un olor desagradable cuando son puestos en contacto con el ácido. La misma objeción puede aplicarse a cementos super sulfatados, ya que su resistencia al ataque se espera sea mayor. Los tratamientos de superficie a pisos de concreto no son de valor significativo para incrementar su resistencia al ataque. Para tanques que contienen soluciones diluïdas de ácido láctico es conveniente utilizar pinturas bituminosas, pero en fábricas de queso se requiere de recubrimientos más durables tales como mastiques de asfalto con sistema de tabiques junteados con cementos ácidos resistentes.

Acido Butírico. Su comportamiento es similar al del ácido láctico.

Acido Acético. El ácido acético ataca al cemento curado y al concreto. En una solución al 5%, cerca de la concentración máxima en el vinagre, éste tiene una acción marcada en pocos meses. En esta concentración los cementos de alta alúmina son más severamente atacados. Pero éste es el más resistente a soluciones abajo de 0.5%. Los cementos puzzolánicos y Portland soplados al horno son más resistentes que el cemento Portland. Para protección contra soluciones más débiles, se han utilizado pinturas ácido resistentes, pero para soluciones más fuertes se requieren recubrimientos más adecuados, como en el caso del ácido láctico.

Acido Tartárico. Su acción en el concreto es similar al del ácido láctico y acético. Las soluciones diluïdas tales como las que se presentan en jugos de frutas no tienen en general gran efecto, pero los jugos pueden ser afectados adversamente. Por esta razón, y por que se presentan azúcares en los jugos, se recomienda algún tratamiento superficial.

El jugo de manzana, en el cual se presenta el ácido maléfico, puede causar serio deterioro de cemento-concreto Portland, al de alta alúmina.

Acido Oxálico. Tiene ligera acción en el cemento-concreto Portland, - pero su efecto no es serio. Así, este ácido es usado para tratar superficies de concreto y barnices más resistentes a otros ácidos orgánicos débiles. En este caso se forma una película superficial insoluble de oxalato de calcio. Este ácido no ataca al cemento de alta alúmina.

Acidos orgánicos de alto peso molecular. Tales ácidos como oléico, - esteárico y palmítico junto con las series generales de ácidos insaturados y alifáticos saturados todos tienen una acción definida en el concreto. La acción destructiva se incrementa con el aumento en peso molecular en ambas series del ácido esteárico ($C_n H_{2n} O_2$) y oléico ($C_n H_{2n-2} O_2$). Los miembros más bajos de las series son, sin embargo, una excepción a esta regla. Estos ácidos grasos de alto peso molecular - se encuentran en la industria como constituyentes de aceites y grasas. Ellos son todos insolubles en agua, en temperaturas ordinarias, los principales miembros son sólidos de bajo punto de fusión en las series del ácido esteárico y líquidos de alto punto de ebullición en las series del ácido oléico. En general, estos ácidos son constituyentes de aceites y atacan cualquier concreto no protegido. La desintegración producida es usualmente mas pronunciada cuando el concreto se expone al aire, como en un piso, que cuando está continuamente en inmersión en un líquido. Aunque en el cemento Portland soplado al horno, el de alta alúmina y el puzzolánico son casi menos vulnerables que el cemento Portland a su acción se duda de que las diferencias sean suficientemente considerables y de significado práctico.

Aceites y grasas vegetales y animales. Los aceites y grasas vegetales y animales son productos industriales compuestos principalmente de glicéridos, u otros ésteres, de los miembros más altos de las diferentes series de ácidos grasos, pero ellos también contienen en algunos casos cantidades notables de los correspondientes ácidos grasos libres y alcoholes. La glicerina es el constituyente alcoholico principal de los aceites y las grasas y se presenta por ejemplo como acetato de glicerilo (estearina) en sebo y manteca, como palmitato de glicerilo

lo en aceite de palma y como oleato de glicerilo en aceite de oliva.

Los aceites de origen vegetal, cuando son frescos, usualmente contienen cantidades apreciables de ácidos grasos libres. Las grasas animales, en su estado fresco, contienen solamente cantidades pequeñas de ácidos libres, pero la cantidad es incrementada por su exposición a la atmósfera. La rancidez consiste en el desarrollo de ciertos -- ácidos grasos libres oxidados en aceites ó grasas.

Los glicéridos y los demás ésteres son convertidos por hidrólisis en sus constituyentes alcohol y ácido. Este proceso, denominado saponificación puede ser producido por la acción de soluciones ácidas o alcalinas. Cuando los aceites son puestos en contacto con el concreto el óxido de calcio libre presente en el cemento curado saponifica el material, formando una sal de calcio del ácido graso y liberando el alcohol polihídrico. Este alcohol puede en si mismo frecuentemente reaccionar con el óxido de calcio. Así con la oleina se formará un oleato de calcio y glicerol, y éste último se combina con más cal para formar glicerilato de calcio. Este es un ejemplo típico del mecanismo de acción destructiva de los aceites y grasas saponificables -- sobre el concreto. Si se presentan ácidos libres, como es frecuentemente el caso, ellos también atacan al concreto y forman sus sales -- de calcio.

La extensión con la cual un aceite puede atacar un concreto depende de la facilidad con la cual éste pueda penetrar el material. La viscosidad del aceite es entonces un factor importante y, por lo tanto a mayor viscosidad del mismo su acción será menos seria. Los aceites expuestos los cuales han acumulado humedad y han llegado a oxidarse son más activos en su ataque. Entonces los aceites que pueden ser almacenados exitosamente en tanques de concreto cerrados pueden frecuentemente ser más destructivos en pisos de concreto donde cualquier película protectora puede ser rápidamente consumida debido al acceso libre, al aire y a la humedad.

La glicerina es producida en grandes cantidades en la fabricación de jabón. Aunque la glicerina libre no es un constituyente de jabones duros ésta se encuentra usualmente en jabones blandos. Esta es completamente miscible con agua en todas proporciones y es un solvente

para el óxido de calcio. Esta ataca el concreto por lenta combinación, y disolviendo, cualquier hidróxido de calcio presente en el cemento curado. Una solución de glicerina en agua tan débil como 2% tiene -- una acción destructiva en el concreto-cemento Portland fresco, pero -- tiene poco efecto en una superficie bien carbonatada de un concreto -- maduro. Los tanques de acero recubiertos con mortero cemento han sido usados para el almacenamiento de soluciones de glicerina diluída, pero un cuidado muy especial es requerido en su construcción. Los tratamientos superficiales con resinas sintéticas u otras pinturas disponibles han sido usadas como protección contra las soluciones débiles, pero contra las más fuertes, por ejemplo 10% y superior, tienen un -- efecto muy destructivo en el concreto y recubrimientos protectores -- mas gruesos son necesarios. La glicerina concentrada contiene solamente porcentajes bajos de agua y es menos destructiva.

Entre los aceites no minerales mas comunes se encuentran el aceite de semilla de algodón, el aceite de palma, el aceite de oliva, el aceite de coco, el aceite de linaza, el aceite de tung, el aceite de manteca, y el aceite de pescado. Debe asumirse que en general el total de tales aceites son igualmente peligrosos para el concreto-cemento Portland no protegido, aunque en algunos casos es posible despreciar su ataque. Algunos aceites secantes tales como el aceite de linaza y el de tung, en efecto, son frecuentemente usados para el tratamiento superficial de concreto, un uso el cual puede parecer incompatible con los problemas anteriores. Sin embargo debe recordarse, que en tales casos el recubrimiento de aceite se aplica y endurece por secado libre de exposición continúa, ó intermitente, a aceites frescos. Por -- ello, estos aceites particulares, conocidos como aceites secantes, se oxidan, y endurecen cuando son expuestos al aire, situación que se -- presenta diferente en la mayoría de los otros aceites que bajo esta -- misma exposición llegan a provocar rancidez y desarrollan productos -- ácidos.

El problema de tener pisos resistentes a la acción de aceites y grasas ácidas es de suma importancia en muchas industrias fabricantes de jabones, margarinas y grasas, alimentos, aceites lubricantes y otros procesos similares. Las dificultades que se presentan son frecuentemente incrementadas por la necesidad de que el piso sea resistente a

abuso mecánico y a tráfico de equipo pesado; la substitución en estos casos de hule por acero, reduciría marcadamente el desgaste en el concreto.

Se encuentra en las industrias de jabón y semillas de aceite que los pisos de concreto cemento Portland no son generalmente aconsejables - para usarse cuando ellos se expongan a la acción de aceites de semi--llas vegetales y ácidas. De tal manera que los mejores pisos granolíficos finalmente se ablandan y desintegran. El mayor contenido de ácidos grasos libres en los aceites mencionados, aumentarán su acción destructiva. La adición de endurecedores de superficie mejora la resistencia mecánica al peso cuando el tráfico es ligero pero de otra forma el efecto no es mejorado en un valor apreciable. Así mismo se ha encontrado que los pisos de concreto no son satisfactorios en fábricas procesadoras de carnes horneadas, grasas de animales, margarinas, etc. Estos conceptos generales se aplican a condiciones severas, pero en muchos casos donde la exposición es menor, y cuando es posible -- eliminar los aceites y grasas de un piso tan pronto como se derramen, se puede obtener un servicio satisfactorio con superficies de concreto.

Se han hecho pruebas de laboratorio que demuestran que el concreto-cemento Portland es rápidamente atacado por aceite de semilla de algo--dón, pero el cemento Portland de soplado al alto horno es más resis--tente, y el cemento de alta alúmina es más resistente a su acción. - Cuando una proporción considerable de ácidos orgánicos libres esta -- presente en el aceite la resistencia de los cementos de alta alúmina es abatida y puede no ser superior al cemento Portland. El aceite de manteca y el aceite de linaza crudo usualmente atacan al concreto-cemento Portland menos rápidamente que el aceite de semilla de algodón. Los cementos de alta alúmina no son mas resistentes al aceite de linaza que el cemento Portland, pero el concreto-cemento super sulfatado ha demostrado resistencia después de 5 años de exposición. El aceite de coco ataca al concreto-cemento Portland rápidamente. Pocos datos de prueba son disponibles para demostrar la resistencia comparativa - de diferentes cementos al ataque por aceites, pero es claro que en algunos casos el cemento de alta alúmina es más resistente que el cemento Portland aunque esto no siempre se cumple. La adición de una puz-

zolana al cemento Portland, ó el uso de cementos Portland de soplado - al horno han sido recomendados en prácticas alemanas pero estos cementos solamente dan una resistencia mayor, pero no inmunidad al ataque.

Las recomendaciones para el tratamiento de concreto han sido publicadas por la American Society of Civil Engineerings y son mostradas en la tabla 1-2.

T A B L A 1-2.

Efecto de Aceites en Concreto.

(American Society of Civil Engineers)

A c e i t e .	Efecto sobre concreto no tratado.	Tratamiento de Superficie
Aceite de manteca	Ataque muy ligero	Fluore silicato, silicato de sodio, aceite de linaza.
Aceite de pescado	" " "	Como el anterior.
Aceite de coco	Ligero ataque	" " "
Aceite de oliva	" "	Como el anterior más barniz.
Aceite de almendra	" "	Como el anterior.
Aceite de semilla de amapola	Muy ligero ataque.	" " "
Aceite de nuez	" " "	" " "
Aceite de soya	" " "	" " "
Aceite de cacahuete	" " "	" " "
Aceite de semilla de algodón	Ligero ataque	Ninguno
Aceite de linaza	" "	"

El grado de ataque indicado y las medidas de protección deben tomarse en cuenta como aplicables a tanques de concreto y no a condiciones donde el aceite es expuesto al aire y a la humedad.

Para aceite de coco y glicerina el uso de un barniz del tipo fenolformaldehido ha sido recomendado.

Los aceites lubricantes provenientes del petróleo no atacan el concreto, pero muchos contienen aceites vegetales que lo pueden dañar.

La acción de soluciones de azúcar en el concreto. El problema de obtener pisos de concreto resistentes a la acción de soluciones de azúcar,

frecuentemente calientes, se ha presentado en varias industrias fabricantes de alimentos y dulces. Los pisos de concreto-cemento Portland u otros tipos son atacados por soluciones de azúcar, y, cuando a las condiciones de exposición severa se auna un abuso mecánico considerable, son más rápidamente dañadas. En Alemania se recomienda el uso de puzzolanas y el tratamiento de la superficie del concreto con soluciones de silicato de sodio ó, probablemente mejor, soluciones de silico fluoruro de magnesio. Bajo malas condiciones, sin embargo, se duda de que estas medidas sean remedios permanentes o solo paliativos temporales. Los cementos de alto contenido de alúmina, usados como concreto o como un aditivo a un concreto-cemento Portland, es más resistente y ha dado mejores resultados. Aunque más durable que el concreto-cemento Portland, éste sin embargo, siempre ofrece un remedio temporal.

Los tanques de concreto han sido usados para el almacenamiento de melazas con resultados satisfactorios, pero en algunos casos la superficie de concreto ha llegado a ablandarse y fracturarse. Las melazas refinadas ligeras tienden a ser mas agresivas que las melazas oscuras. Por lo cual se ha recomendado que se le permita al concreto añejarse por lo menos 28 días en aire antes de su exposición y tratarlo con un recubrimiento de superficie.

La acción de los gases sobre el concreto. La acción de los gases en el concreto es usualmente despreciable, pero ciertas condiciones, además de algunas mencionadas anteriormente se encuentra que pueden hacer fallar al concreto. Tales casos algunas veces se presentan en túneles de ferrocarril, estaciones de poder, fábricas químicas, chimeneas domésticas, etc. El dióxido de azufre y el dióxido de carbono son los gases usualmente responsables de cualquier ataque en el concreto. En los túneles del ferrocarril ambos de estos gases pueden estar presentes en cantidades relativamente grandes en la atmósfera, pero cuando los túneles están secos ellos no producirán efecto alguno. Bajo condiciones de humedad sin embargo, se presenta un ataque rápido sobre los recubrimientos del concreto en los túneles, o en morteros unidos con tabiques. El uso de cementos puzzolánicos o de cemento Portland de coplado al alto horno ha sido recomendado preferentemente sobre el cemento Portland, pero hay evidencia de que el cemento de al

ta alumina es más resistente.

Se encuentran también fallas en chimeneas de concreto, donde la temperatura de los gases puede ser tan baja que ocurre una condensación. Cuando las gases no son tratados para eliminar los compuestos de azufre es común utilizar recubrimientos de tabiques, frecuentemente juntados con cementos ácido resistentes. Si los gases combustibles se lavan para eliminar el SO_2 el contenido de éste en los gases de salida sería bajo, pero alguna protección todavía se hace necesaria si se requiere evitar cualquier deterioro.

Una concentración relativamente alta de SO_2 en la atmósfera puede también ocurrir en la vecindad de estaciones de poder cuando los gases combustibles son emitidos en tratamiento. Bajo estas condiciones el concreto-cemento Portland puede sufrir ataque superficial. Así, por ejemplo, los pisos y placas de concreto-cemento Portland expuesto a este ambiente sufrieron ataque superficial con una profundidad en el deterioro de cerca de 1 cm. en un período de 10 años, pero el concreto-cemento de alta alumina no fue afectado. Debido a su mayor resistencia a la deterioración, los cementos de alto contenido de alumina se han usado en algunas plantas de poder como el mortero para trabajos con tabiques en equipos de lavado de gases, estaciones de vaciado de acero, etc. La protección superficial del concreto-cemento Portland puede obtenerse utilizando pinturas, por ejemplo, bituminosas ó de hule clorado, pero ellas necesitan mantenimiento.

Se conoce así mismo la desintegración de los recubrimientos de concreto en torres de lavado de gases para plantas de poder. En general se anticipa algún ataque en el concreto-cemento Portland cuando éste se expone continuamente a atmósferas conteniendo cantidades apreciables de SO_2 bajo condiciones de humedad, ó bajo condiciones alternas de humedad y secado. Este problema se ha solucionado con el uso de pinturas bituminosas ácido resistentes.

La acción de algunos compuestos inorgánicos y otros materiales en el concreto. A continuación se tratará el efecto que sobre el concreto provocan compuestos inorgánicos y ciertos materiales misceláneos no considerados anteriormente. Debe observarse que los efectos mencio--

nados se refieren al concreto ordinario y que una sal, por ejemplo, - la cual no tiene acción destructiva en el concreto en si misma puede causar corrosión acelerada del acero en el concreto reforzado si el - concreto es totalmente permeable ó el recubrimiento al refuerzo es in suficiente. El ataque en el concreto por soluciones agresivas se in crementa también con la temperatura y una sal la cual es inocua en + temperaturas ordinarias puede ser agresiva en soluciones calientes. - Además, las soluciones fuertes de sales que no tienen acción química en el concreto pueden causar daño por cristalización bajo la superfi- cie si ésta es periódicamente expuesta a la evaporación libre y seca- do. Es solamente posible discutir la acción de un número limitado de sales, y en efecto para muchas sales ningún dato es disponible, pero puede observarse que las sales de ácidos fuertes, por ejemplo nítrico y clorhídrico, y bases débiles, por ejemplo aluminio y fierro, tienen frecuentemente alguna acción destructiva a diferencia de las sales co rrespondientes de bases fuertes, por ejemplo álcalis y cal, que tie- nen poco ó ningún efecto. Las soluciones de las sales de ácidos fuer- tes y bases débiles son ácidos en reacción. Las soluciones de amonio son en general más destructivas que las sales análogas de otras bases, probablemente porque la base, amoniaco, liberada por la reacción de - sales de amonio con cal, puede ser perdida desde la solución. Enton- ces las soluciones de cloruro de amonio ó nitrato disuelven gradual- mente la cal del concreto, debilitándolo progresivamente sin causar - ninguna señal externa apreciable de ataque.

Acetatos. El acetato de amonio es agresivo a los morteros de cemento Portland, con extensión limitada al cemento de alta alúmina, y con el cemento Portland de soplado al horno como intermedio. El acetato de sodio no tiene acción, el acetato de calcio solo ligera, y el acetato de aluminio una acción más seria en el cemento Portland, pero no en - otros cementos.

Hidróxidos alcalinos. Dorsch encontró que una solución de hidróxido - de sodio al 10% no tuvo efecto en morteros 1:3, de cementos Portland, Portland soplado al horno, y puzolánicos, sujetos a inmersión en la solución alcalina. Después de 70 días la resistencia a la tensión - no fue afectada y ninguna señal de ataque fue visible. Con el cemen- to de alta alúmina ningún ataque fue visible, pero la resistencia dis

minuyó progresivamente y después de 700 días ha caído al 40% en morteros de arena standard 1:3. Otra evidencia indica que éste es atacado por una solución de sosa caustica fría al 5%. Las soluciones de hidróxidos alcalinos probablemente actúan en cementos de alta alúmina - disolviendo progresivamente la gel de alúmina y atacando así los aluminatos de calcio hidratados. Una solución de amoníaco al 10% no tuvo efecto en cementos de alta alúmina ó cualquier otro después de 700 días. No obstante la alta resistencia del cemento Portland a soluciones de hidróxidos alcalinos, alguna lenta deterioración del concreto ha sido ocasionalmente encontrada en la práctica bajo larga exposición a soluciones de alta concentración, por ejemplo 10%. El mortero muy denso debe normalmente dar protección suficiente.

Carbonatos. Las soluciones de carbonato de sodio tienen poca ó ninguna acción química en concreto-cemento Portland maduro y denso, pero los cementos de alta alúmina son menos resistentes. Eisenbeck encontró un lento incremento en la resistencia de los morteros Portland y de alta alúmina puestos en inmersión en una solución de carbonato de amonio al 10%. Las soluciones de bicarbonato de sodio parecen tener alguna acción en los cementos Portland.

Cloruros. Las soluciones de cloruro de sodio y de potasio no tienen efecto en el concreto-cemento Portland maduro cuando éste está sujeto a inmersión en ellos.

Las soluciones fuertes de cloruro de calcio tienen una influencia destructiva; se han presentado casos de desintegración gradual de pisos de concreto debido a fugas en las plantas de salmueras refrigeradas. La formación de cloro aluminato de calcio es probablemente un factor importante que causa esta desintegración, pero la solubilidad incrementada del hidróxido de calcio en las soluciones de cloruro de calcio puede considerarse también como un factor contribuyente.

El uso de tanques de concreto reforzados sin recubrimiento para almacenar salmueras de cloruro de calcio no se recomienda, esto porque se hace difícil con el espesor dado para prevenir la corrosión del refuerzo. Para solucionar este problema se pueden usar mastiques asfálticos, ó recubrimientos similares. Todos los cloruros aceleran la corrosión del refuerzo si ellos pueden penetrar a éste, ó al-

gunas fábricas donde manejan soluciones de sal común, es muy deseable proteger el sub-piso de concreto reforzado con una capa a prueba de agua sobre la superficie del piso.

Las soluciones de cloruro de magnesio del 5-15% producen una disminución gradual en la resistencia de los morteros cementos Portland. Los cementos Portland de soplado al horno y los puzzolánicos son menos atacados, y los cementos de alta alúmina son inmunes. En soluciones diluidas (por ejemplo 1%) el cloruro de magnesio no tiene un efecto apreciable en el cemento Portland. Las soluciones de cloruro de bario no atacan los cementos; las soluciones de cloruro de amonio de 0.5% de concentración tienen una acción destructiva en los concretos cemento Portland y Portland de soplado al horno; los cementos de alta alumina son afectados en concentraciones del 5%. Los cloruros de hierro son también muy dañinos al cemento Portland, y el cloruro de aluminio en una menor extensión. Gr \ddot{u} n encontró que los cementos de alta alumina fueron menos resistentes que el cemento Portland al cloruro de aluminio.

Acidos inorgánicos. Los ácidos inorgánicos son destructivos al concreto. Soluciones de 1% de ácido sulfúrico, clorhídrico, ó nítrico corroerán al concreto en unos pocos meses, y soluciones mas débiles lo afectarán más lentamente. El ácido fosfórico, debido a la insolubilidad del fosfato de calcio, es casi el menos destructivo y Gr \ddot{u} n encontró que los especímenes puestos en inmersión en soluciones al 5% incrementaban ligeramente en resistencia después de 6 meses, pero esto fue seguido por el decremento progresivo y falla última. Los recubrimientos totalmente a prueba de ácidos son **necesarios** en cualquier recipiente que contenga ácidos minerales. El concreto es algunas veces usado para pisos en fábricas que manejan ácidos minerales donde el derrame no es pesado y los pisos pueden ser frecuentemente lavados. La deterioración **se acepta** como inevitable y **se efectúan reparaciones frecuentes**. Los cementos de alto contenido de alumina resisten condiciones ácidas hasta un pH de 4-5, y son por lo tanto más resistentes que el cemento Portland si el ácido en contacto con el piso puede conservarse muy diluido, pero el cemento super sulfatado tiene una mejor resistencia y podrá soportar ácido sulfúrico en concentraciones arriba del 1%.

Oxidos metálicos. La presencia de pequeñas cantidades de óxidos de zinc ó plomo pueden retardar seriamente el endurecimiento del concreto cemento Portland. La adición de .001% de óxido de plomo al cemento Portland causa un gran retraso en el curado; esto se acentuó adicionando mayores concentraciones, superiores al 1%, más allá de las cuales ocurrió la señal de endurecimiento. La adición de 0.01% de óxido de zinc retardó similarmente el curado y disminuyó la resistencia en poco tiempo. La adición de 0.1% a cementos de alta alumina retarda en algo el curado.

Nitratos. Las soluciones alcalinas y de nitrato de calcio en concentraciones superiores al 10% no afectan al concreto maduro, pero el nitrato de aluminio si tiene alguna acción. El nitrato de amonio en soluciones al 5% ataca al cemento Portland y el cemento de alta alumina no es inmune en mayores concentraciones. Estos especímenes en inmersión en soluciones al 5% demostrarán una falla progresiva en resistencia tan rápida como en el cemento Portland.

Fosfatos. Las sales de fosfato básicas, incluyendo las sales de amonio, no parecen tener una acción seria en el concreto, sin embargo no se dispone de información definitiva en cuanto a las sales ácidas.

Sulfatos. Se encuentran varios sulfatos en la industria y sobre ellos puede tomarse como regla general que los cementos Portland resistentes a sulfatos, los puzzolánicos, y los soplados al alto horno serán más resistentes que el cemento Portland ordinario, pero no inmunes al ataque, y que el de alta alumina, en algunos casos sufrirá poco ó nulo ataque. El cemento super sulfatado es resistente a soluciones de sulfato de magnesio y aluminio al 2% y de sulfato de amonio al 0.5%, pero sufre ataque en soluciones mas fuertes.

El sulfato de amonio es probablemente la mas destructiva de todas las sales de sulfatos sobre el concreto-cemento Portland y se sabe de muchas fallas debido a su acción en la industria sintética del nitrógeno. La acción mas agresiva es debida a la solubilidad incrementada del sulfato de calcio en soluciones de sulfato de amonio. Se forma una sal doble de $\text{CaSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Se ha encontrado que la adición de algunas trazas de puzzolana incrementa la resistencia al ata-

que, aunque el concreto está todavía lejos de ser inmune. El cemento de alta alumina puede ser considerado en la práctica como inmune al ataque, en cualquier velocidad en soluciones superiores al 5% de concentración.

Las soluciones de sulfato de aluminio atacan al cemento Portland y en concentraciones de 1% ó más la acción es muy marcada. Los cementos Portland de soplado al horno y puzzolánicos son menos atacados, pero los concretos cementos de alta alumina no son enteramente inmunes a soluciones del 5%. Este ataque de soluciones de sulfato de aluminio en concreto cemento Portland continuamente en inmersión pueden ser comparados con el efecto de endurecimiento superficial que es producido por un tratamiento de superficie. Los sulfatos de fierro son también destructivos.

La acción de materiales diversos en el concreto.

- 1) Cerveza: La cerveza fresca no tiene acción en el concreto, pero cuando se añeja puede causar ataque lento. Los ácidos producidos durante el proceso de fermentación atacan lentamente al concreto; además se necesitan recubrimientos en los tanques de fermentación para evitar cualquier efecto en la cerveza.
- 2) Cloruro de calcio: Las soluciones no tienen acción destructiva en concretos buenos. El cloro libre, y las soluciones ácidas del cloruro de calcio, atacan al concreto.
- 3) Bisulfato de calcio: Las soluciones atacan al concreto. Se han usado exitosamente cementos de alto contenido de alumina para el asentamiento de losetas antiácidas que protegen de este medio corrosivo.
- 4) Café y cocoa: Durante la fermentación se originan azúcares y ácidos orgánicos que atacan al concreto cemento Portland. Los cementos de alto contenido de alumina presentan mayor resistencia.
- 5) Detergentes: Los detergentes ácidos, conteniendo por ejemplo ácido fosfórico afectan lentamente al concreto cemento Portland, y en menor medida a los cementos de alta alumina. Este último es el menos resistente a los detergentes conteniendo hidróxidos alcalinos libres.

- 6) Formaldehido: Las soluciones acuosas atacan fuertemente al concreto. El ácido formico, el cual es rápidamente formado por oxidación - es mas destructivo que el ácido acético.
 - 7) Tinta: Los tipos de tintas ácidas, conteniendo ácidos orgánicos - y sulfúricos libres, atacan al concreto.
 - 8) Ftalatos: Los alkil ftalatos atacan al concreto y han causado deterioro de pisos de concreto.
 - 9) Borato de sodio: Efecto ligero.
-

S I S T E M A S

D E

P R O T E C C I O N

C A P I T U L O I I

MEDIOS DE PROTECCION ANTICORROSIVA.

Existen una gran variedad de materiales que pueden ser aplicados a la superficie de concreto para mejorar su resistencia a agentes naturales y químicos. Las condiciones de exposición pueden ser más o menos severas, por lo cual los materiales de protección requieren una selección específica para cada caso individual. Los tratamientos de superficie para concreto pueden ser desde aplicación de soluciones acuosas de silicato de sodio, ó silico fluoruro de zinc, pinturas bituminosas, de hule clorado, etc. hasta un sistema de protección complejo dependiendo de las condiciones y trabajo al que se someterá el concreto. - En el caso de protección de pisos industriales es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- 1) Agente corrosivo en contacto.
- 2) Temperatura.
- 3) Esfuerzo Mecánico.

De los factores antes mencionados en el caso de pisos industriales el segundo no es tan importante, por tanto nos centraremos en los dos restantes. Un piso industrial estará plenamente protegido si satisface en general estas dos consideraciones. Los materiales antes mencionados no satisfacen enteramente los requisitos prescritos por lo que es necesario considerar un sistema complejo de protección.

Al hablar de complejo, ésto significa que no basta con un recubrimiento, ya sea orgánico ó inorgánico, sino que son necesarios de incluir otros componentes que refuerzen al recubrimiento desde el punto de vista de abrasión y uso.

El sistema en cuestión está constituido en general por los componentes siguientes:

- 1) Base estructural: puede ser de concreto reforzado ó no, dependiendo de los requerimientos específicos. Cualquiera que sea el caso, esta base es el cuerpo de soporte y debe encontrarse en condiciones óptimas estructuralmente.

Sobre este punto en particular se discutió ampliamente en el primer capítulo, haciendo hincapié en la necesidad de protección de esta base, ya que carece de resistencia a un gran número de corrosivos utilizados en la Industria Química.

En capítulos posteriores se discutirá la preparación adecuada de este sustrato, y las condiciones de aplicación cuando se tengan casos de concreto viejo, ó verde (sin el tiempo especificado de fraguado).

Es conveniente observar que varios plásticos son más fuertes que los cementos hidráulicos. Sin embargo, debido a su mayor costo, se acostumbra utilizarlos como protección de pisos de concreto, en lugar de considerarlos como materiales básicos de construcción. Así mismo como parte del sistema de protección el concreto utilizado deberá ser el específico para las diferentes condiciones de exposición y trabajo.

2) Membrana Impermeable: se aplica directamente al concreto; debe ser impermeable e inmune al ataque corrosivo. La identidad específica de la membrana se determina por la naturaleza de la solución corrosiva, y del tipo de la base estructural involucrada, ya sea de acero ó de concreto. Es muy importante recordar que es la "línea final de resistencia" que garantiza que la solución corrosiva nunca penetre a la base ó estructura vulnerable.

3) Recubrimiento de ladrillo a prueba de ácidos: Esta es la construcción que se instala sobre la membrana, protegiéndola tanto del ataque corrosivo, como del abuso mecánico. Dependiendo de las exposiciones corrosivas y de las condiciones de servicio, debe seleccionarse el tipo apropiado de tabique (antiácido cerámico regular ó de carbón).

4) Cemento anticorrosivo: Este es el material que se utiliza como liga ó unión del recubrimiento de ladrillos entre sí y con la membrana impermeable. Es obvio que debe presentar las características, anticorrosivas del sistema, así como propiedades mecánicas de la misma ó mejor magnitud que las de la barrera de tabiques.

Existen una gran variedad de cementos anticorrosivos para satisfacer las no menos variables condiciones de exposición y servicio, que podemos clasificar en dos:

- a) Cementos Hidráulicos: como su nombre lo indica teniendo como mayor componente el agua.
- b) Cementos Pesinosos: basados en el reciente desarrollo de resinas sintéticas termofijas.

En el campo de pisos industriales se trabaja sobre todo con estos últimos, ya que los primeros presentan limitaciones con respecto a propiedades mecánicas.

Existen otros sistemas de protección, en los cuales se prescinde de la membrana impermeable y barrera de tabiques, como ejemplo tenemos los sistemas monolíticos, los cuales constan de un primario ó sellador en contacto directo con la base estructural, y una carpeta de cemento anticorrosivo. Estos tipos de sistemas se tratarán en capítulos posteriores.

Ya que la parte fundamental en los sistemas de protección anticorrosivos es el cemento, éste será discutido inmediatamente.

Un cemento anticorrosivo está formado por las partes siguientes:

1.- Aglutinante ó resina sintética: este componente proporciona al sistema propiedades de resistencia química, es el elemento más notable y también el más costoso. Existen varios tipos de resinas sintéticas que se utilizan en estos cementos, por ejemplo, furánicas, epóxicas, fenólicas, poliéster, etc.

Los diferentes tipos de cemento tomaron sus nombres del tipo de aglutinante que los conforma.

2.- Agentes curantes ó catalizadores: Debido a que todas las resinas sintéticas utilizadas son termofijas, se necesita un agente curante que provoque el crecimiento tridimensional del polímero.

Los tipos de agentes curantes son muy variados y dependen desde luego de la resina en cuestión, y son parte de la planteología de cada compañía manufacturera de éstos materiales.

3.- Agregados: son materiales como la sílice, carbón, cuarzo, gravas, etc. que proporcionan al cemento propiedades mecánicas específicas, y en algo químicas como se verá posteriormente.

Un efecto también importante de estos materiales es abatir la gran - diferencia existente entre los coeficientes de expansión térmica entre las resinas curadas, la base estructural y en algunos casos la - barrera de tabiques.

4.- Aditivos: son materiales utilizados en bajas proporciones, y cuyo objeto primordial es impartir alguna propiedad específica como: - abatir viscosidad para mejorar aplicabilidad, reducir el tiempo de - endurecimiento del cemento, reducción de costo del producto, (caso de extendedores,) etc.

A causa de ser la resina sintética el componente de mayor importan- cia en el cemento, y por tratarse de un plástico, es conveniente discutir este compuesto desde ese punto de vista.

Los demás componentes se incluirán en la clasificación de los cemen- tos.

La Sociedad de la Industria del Plástico ha definido un plástico como "cualquier grupo variado de materiales que contengan como ingredien- te esencial, una substancia orgánica de alto peso molecular, la cual será sólida en el estado final, y que en alguno de los pasos de fa- bricación haya sido ó pueda ser conformada por flujo, usualmente a - través de aplicaciones individuales ó conjuntos de calor y presión".

Ahora bien, tratando la diferencia entre plástico y resina se puede afirmar: que no hay definiciones explícitas para estas palabras, -- sin embargo el significado es entendido por muchos de quienes las -- usan. Probablemente la definición más aproximada de resina sea la - de una substancia orgánica sólida ó semisólida, natural o sintética de relativo alto peso molecular (no necesariamente un polímero), y predominantemente amorfa en estructura.

El nombre "plástico" es usualmente aplicado a todos los polímeros, - los cuales no son considerados como elastómeros ó fibras: ó sea que no exhiben un rango largo de elasticidad como los elastómeros ni la muy alta cristalinidad de muchas fibras.

En términos de Ingeniería, sin embargo, un plástico es una mezcla -- conteniendo una ó mas resinas con cargas, plastificantes, lubricantes, colorantes, etc., los cuales han sido subsecuentemente fabricados.

El término "resina" originalmente referido a productos naturales -- (particularmente de origen vegetal) incluye hoy en día las sustancias hechas por el hombre. En resumen, debido a los criterios anteriores se aceptará que los términos de resina y plástico se intercambian bien frecuentemente.

Clasificación de Plásticos.-

Los materiales plásticos básicos pueden ser clasificados de diferentes maneras. Uno de los métodos más antiguos fue en base de su origen en "naturales", "artificiales" y "sintéticos". Los plásticos naturales son materiales de alto peso molecular de origen natural tal como el hule, celulosa, ceras y asfaltos. Sus derivados tales como hule clorado, acetato de celulosa, etc. son algunas veces referidos como plásticos artificiales, y los plásticos sintéticos están basados en compuestos de bajo peso molecular, los cuales construyen ó polimerizan en cadenas largas por reacciones químicas controladas. Una clasificación de éstos últimos es desde el punto de vista práctico, y está basada en la estructura molecular. Estas dos clases son plásticos termoplásticos y termofijos.

Los termoplásticos consisten esencialmente en largas cadenas de átomos con grupos ocurriendo regularmente y unidos a la cadena principal de la molécula. Estas cadenas son altamente enrizadas ó enrolladas una sobre otra, pero no son unidas por uniones químicas. Como su nombre lo indica, los termoplásticos se ablandan en temperaturas altas. En este estado, los plásticos pueden ser conformados por moldeo, extrusión ó vaciado y conservarán su nueva forma cuando se enfríen abajo de la temperatura de conformación. Este cambio en forma física es reversible y puede repetirse indefinidamente sin descomposición química. Algunos termoplásticos típicos son el poliestireno, cloruro de polivinilo y nylon.

Los plásticos termofijos, contienen estructuras complejas altamente entrecruzadas, las cuales no se ablandan con el calor. Estos son usualmente formados a partir de materiales de bajo peso molecular ó "prepolímeros" por acción del calor y/ó por acción química de catalizadores ó agentes curantes. Algunos de los tipos más importantes son: Resinas fenólicas, furánicas, epóxicas, urea, melamina, etc.

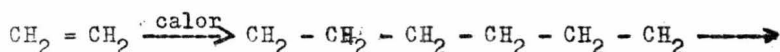
Otro método de clasificación es de acuerdo a su flexibilidad relativa, dividiéndose en plásticos y elastómeros ó hules. Los plásticos no son rápidamente deformados por bajos esfuerzos y cualquier deformación que suceda será permanente ó muy lentamente reversible. En contraste, los elastómeros son más ó menos elásticos, fácilmente deformados por esfuerzos débiles y recobran su forma original rápidamente. Muchos elastómeros son termofijos y contienen un sin número de entrecruzamientos por molécula.

REACCIONES DE POLIMERIZACION .-

Polimerización por adición: Muchos termoplásticos sintéticos son producidos por la adición de pequeñas moléculas insaturadas a una cadena creciendo bajo la influencia de calor y/ó catalizadores. Los catalizadores más comunes son los peróxidos: tales como peróxido de benzoilo, ó persulfato de potasio.

En el proceso de polimerización por adición, las moléculas no saturadas ó monómeros se adicionan a la molécula activada para formar una cadena con un extremo activo capaz de adicionar más grupos de monómeros. Esta agregación toma lugar en una secuencia muy rápida sin la eliminación de ningún componente. Esta reacción dá lugar a la formación de cadenas muy largas con un rango de peso molecular entre 10,000 a 200,000.

Un ejemplo sería la polimerización del etileno:

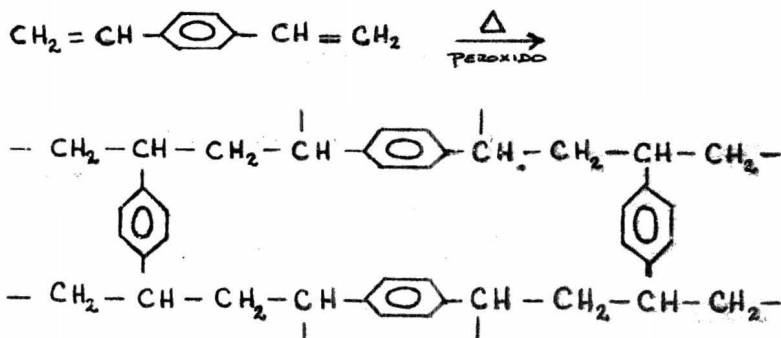


un segmento corto de la molécula de polietileno

Dos ó más monómeros insaturados diferentes pueden ser polimerizados juntos para producir copolímeros cuyas propiedades difieren usualmente de aquéllas de los productos formados cuando los monómeros son polimerizados separadamente. Varios de los más importantes termoplásticos tales como las resinas de acetato de vinilo-cloruro de vinilo, y plásticos de estireno-butadieno son copolímeros.

Cuando se tienen 2 moléculas conteniendo dos grupos insaturados tales como butadieno $\left(\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \right)$ ó divinilbenceno como

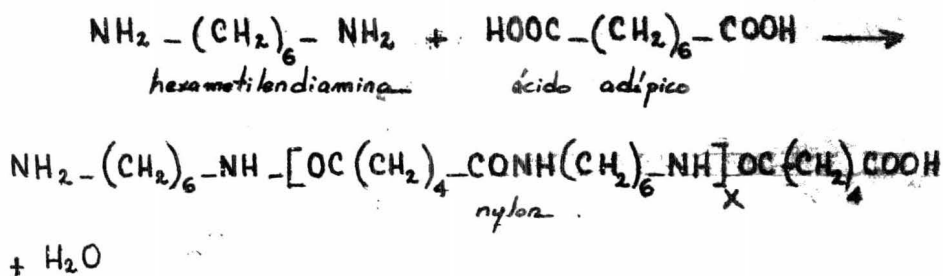
($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH} = \text{CH}_2$) son polimerizadas se pueden producir polímeros infusibles entrecruzados, los cuales pueden ilustrarse como sigue:



Un segmento de la molécula de polidivinilbenceno.

Polimerización por Condensación:

Las reacciones de condensación toman lugar cuando reaccionan conjuntamente moléculas que contienen dos ó más grupos reactivos con la eliminación de moléculas simples tales como agua. Si cada reactante contiene sólo dos grupos reactivos, se producen termoplásticos lineales tales como el nylon. Este tipo de condensación se ilustra a continuación:



Similarmente, los poliésteres termoplásticos pueden ser formados por la reacción de un alcohol dihidrico, tal como etilenglicol y un ácido dicarboxílico tal como el ácido ftálico. Esta reacción puede ser ilustrada de la siguiente manera:

Propiedades físicas de los Plásticos:

La mayoría de los ingenieros conocen que es peligroso generalizar -- cuando se considera el uso de varios productos como materiales de -- construcción. Ellos reconocen que se deben tomar en cuenta varios - puntos de vista cuando se utiliza madera, vidrio, ladrillo, cemento-portland, metales no-ferrosos y otros materiales de construcción bien conocidos. Los ingenieros de diseño que han trabajado con plásticos reconocen que muchos de los conceptos aceptados no son aplicables en este campo y que los mismos principios de diseño no se aplican para todos los materiales plásticos.

Se pueden hacer ciertas generalizaciones sobre plásticos termofijos y termoplásticos, pero debe recordarse que muchas propiedades físicas son específicas para cada material. Varias propiedades físicas para plásticos sin carga son dadas en la Tabla 2-1, pero debe considerarse que muchas de estas propiedades pueden modificarse considerablemente por la inclusión de ciertos compuestos.

Una revisión de estos valores mostrará que la densidad relativa de - los plásticos es considerablemente menor que el de materiales metálicos de construcción. También es observable que la resistencia a la tensión varía de 1,300 a 12,000 psi en temperatura ambiente, y que - estos valores decrecen rápidamente conforme se incrementa la temperatura sobre 170°C. La resistencia tensil de polímeros cristalinos al tamente orientados como el nylon, excederá 50,000 psi en temperatura ambiente, comparable favorablemente con muchos metales. Sin embargo debe recordarse que la comparación directa de las propiedades físicas de los plásticos y otros materiales debe evitarse para prevenir conclusiones inexactas.

El esfuerzo de trabajo máximo permisible debe determinarse antes que la estructura plástica sea diseñada. Esto requiere del conocimiento de características esfuerzo-deformación bajo las condiciones anticipadas de servicio.

Se han publicado varios datos de resistencia para plásticos en temperatura ambiente, sin considerar el factor flujo plástico. Este factor, llamado "dauerstandsfestigkeit" por los ingenieros alemanes, ha

T A B L A 2-1

PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES PLASTICOS TIPICOS.

METODO	ASTM	Resisten- cia ten- sil (psi)	Resisten- cia com- presión. (psi)	Resisten- cia fle- xión. (psi)	Resisten- cia impac- to IZOD. (ft-lb/in)	Gravedad Especifi- ca.	Distorsión por calor (264 psi) (°F)
		D 638	D 695	D 790	D 256	D 792	D 648
Poli etileno		1300	-----	-----	---	0.90	---
Poli estireno		7000	16000	11000	0.35	1.05	185
Estireno-Butadieno		8000	-----	15000	0.50	1.05	190
Hule Estirenado		5000	7000	9000	8.00	1.05	175
Poli metil Metacrilato		7000	12000	13000	0.50	1.20	170
Cloruro Polivinilo		8000	10000	13000	0.70	1.40	165
Copolímero PVC-PVA		7000	10000	13000	0.60	1.40	145
Poli vinil Butiral		6000	-----	10000	1.00	1.10	125
Poli tetrafluoroetileno		1800	-----	-----	3.00	2.20	270
Silicon		4000	9000	8000	8.00	1.70	550
Nylon		11000	-----	-----	1.00	1.14	360
Acetato Celulosa		6000	20000	-----	2.00	1.30	145
Poli ester Insaturado		6000	20000	12000	0.30	1.30	300
Resina Urea		7500	30000	14000	0.30	1.50	275
Resina Melamina		9000	40000	13000	0.40	1.50	298
Resina Fenolica		7500	15000	15000	0.30	1.30	160
Resina Epóxica		12000	17000	20000	0.50	1.20	160

sido el tropiezo para muchos ingenieros de diseño no familiarizados con las propiedades características de los materiales plásticos. Esta misma propiedad es asociada con metales.

La deformación bajo carga (creep ó flujo frío) es menor para plásticos con inertes que sin ellos. Esta es también menor para termofijos que para termoplásticos y es menor para plásticos termofijos reforzados.

Muchas otras propiedades físicas, tales como resistencia, esfuerzo -- tensil, módulo de elasticidad y deformación bajo carga son correlacionados con el flujo plástico, y el efecto de la temperatura en estas propiedades debe siempre considerarse. Con la excepción de politetrafluoroetileno y silicones, pocos plásticos pueden ser usados continuamente en temperaturas arriba de 175° C. Tales propiedades como coeficientes de expansión, conductividad térmica, resistencia dieléctrica son características específicas de plásticos. Los plásticos no son afectados tan adversamente como los metales en bajas temperaturas y son superiores como aislantes térmicos y eléctricos.

Relación de resistencia química a Estructura Molecular.--

Se requerirán pruebas prácticas para asegurar la resistencia química de aplicaciones plásticas, pero un considerable conocimiento de la resistencia química del plástico base puede ser determinada a partir de un exámen de la estructura química. En general, los corrosivos y plásticos pueden dividirse en base a su polaridad en: materiales polares y no polares.

Esta es una regla general la cual puede usarse como una guía para predecir el efecto de corrosivos específicos en los plásticos. Obviamente, sin embargo, el conocimiento de la naturaleza tanto del ambiente químico como de la estructura plástica es requerida para aplicar esta regla.

Los plásticos que poseen grupos polares, tales como hidroxilos (OH), carboxilos (COOH), y metoxilos (OCH₃) son usualmente atacados ó disueltos por líquidos polares tales como agua, y alcohol etílico. En contraste, los plásticos polares son resistentes a solventes orgáni--

cos no polares como gasolina, benceno ó tetracloruro de carbono.

Como puede asumirse de lo anterior, los plásticos que tienen un número grande de grupos no polares tales como hidrógeno (H), metilo (CH_3), y fenilo (C_6H_5), unidos a la cadena principal de la molécula del plástico son resistentes a solventes polares como agua y etanol, pero son usualmente atacados por solventes no polares tales como gasolina, benceno, etc.

Los ácidos, álcalis y sales son polares, así como varios solventes comunes, excepto agua, alcohol, glicoles son no polares. En general, los plásticos usados para aplicaciones resistentes a la corrosión contienen una pluralidad de grupos no polares.

La gelatina, caseína, metil celulosa, carboximetil celulosa, polietileno glicoles y alcohol polivinílico son todos plásticos de alto peso molecular, pero son raramente considerados para aplicaciones resistentes a la corrosión. Como se muestra en la Tabla 2-2, estos materiales contienen un gran número de grupos polares.

En contraste a los polímeros más polares, polietileno, polisobutileno, asfalto, resinas de cumarona-Indeno, poliestireno, polímeros ó copolímeros de cloruro de vinilo, politetrafluoroetileno, hule natural, neopreno, resinas fenólicas y resinas furánicas, son generalmente resistentes a ácidos no oxidantes, sales y álcalis pero son menos resistentes a solventes orgánicos. Puede concluirse también por un examen de las fórmulas químicas del nylon, poliésteres saturados, acetato de celulosa y etil celulosa ocupan una posición intermedia. Ellos son menos resistentes a químicos corrosivos pero son más resistentes a los solventes debido a su naturaleza un tanto polar.

En suma a la polaridad, la resistencia de grupos reactivos a químicos específicos debe también considerarse. El agua, alcohol, benceno y otros solventes orgánicos pueden disolver un plástico, pero en general ni éstos, ni sales neutras reaccionan químicamente con la molécula de un plástico. Sin embargo, químicos más activos, tales como el hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, y ácido nítrico pueden atacar grupos específicos.

Por ejemplo, materiales alcalinos tales como hidróxido de sodio acuo-

so puede saponificar a los grupos éster presentes en el acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, pinturas en base de aceite, acetato de polivinilo, polimetil acrilatos y poliésteres. Los álcalis - pueden también hidrolizar a los grupos ciano en los polímeros de acrilonitrilo y reaccionar con los grupos OH acídicos en las resinas fenólicas.

Los ácidos no oxidantes tal como el clorhídrico y el fosfórico pueden hidrolizar estos materiales de la misma manera. En suma, el ácido -- clorhídrico puede reaccionar con plásticos insaturados tal como el hule natural para formar productos cuyas propiedades difirieran de las - del material original.

Los agentes químicos oxidantes tal como el ácido sulfúrico concentra- do, crómico, y ClO_2 pueden oxidar muchos grupos. Estos corrosivos atacan las dobles ligaduras en las resinas fenólicas, furánicas y hule - natural. El HNO_3 y cloro pueden nitrar o' clorar el poliestireno. resinas de cumarona-indeno, fenólicas. La concentración y temperatura de los químicos, por supuesto, deben ser consideradas, pero estos facto- res son de segunda importancia a la habilidad de los corrosivos a -- reaccionar con grupos específicos.

En suma a considerar la resistencia química del material plástico en sí mismo, es también esencial conocer la resistencia química de car- gas, estabilizadores, plastificantes y otros aditivos presentes. Los celulósicos, tales como la madera, y carbonatos minerales como la ca- liza, no son recomendados como cargas para plásticos en aplicaciones resistentes a la corrosión. La sílica, vidrio y asbesto son frecuen- temente usados como inertes ó agentes de refuerzo pero no son recomen dados cuando el producto es usado en la presencia de álcalis fuertes, ácido fluorhídrico ó ácido hidrofluorosilícico.

Cuando una evaluación final de la resistencia química no pueda hacer se hasta que los materiales específicos sean probados bajo condicio- nes de servicio actual, una información considerable puede asegurarse determinando la resistencia de una estructura plástica a los si- guientes químicos típicos.

T A B L A 2-2

ESTRUCTURA MOLECULAR Y RESISTENCIA QUIMICA DE PLASTICOS

Producto Termoplásticos:	Formula	RESISTENCIA				
		Agua	Solventes orgánicos no polares	Sales Alcalis	Acidos no oxidantes	Acidos oxidantes.
Polietileno	$\begin{bmatrix} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}- \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{bmatrix}$	+	-	+	+	+
Asfalto	Policiclohidrocarburos	+	-	+	±	+
Poliestireno	$\begin{bmatrix} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}- \\ \text{C}_6\text{H}_5 & \text{H} & \text{C}_6\text{H}_5 & \text{H} \end{bmatrix}$	+	-	+	+	-
Polimetil metacrilato	$\begin{bmatrix} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{CH}_3 \\ -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}- \\ \text{H} & & \text{H} & \\ & \text{C}=\text{O} & & \text{C}=\text{O} \\ & & & \\ & \text{OCH}_3 & & \text{OCH}_3 \end{bmatrix}$	+	±	+	+	-

+ buena resistencia en temperaturas inferiores a 40°C.

± algún efecto

- ataque

RESISTENCIA

Producto	Fórmula	Agua	Solventes orgánicos no polares	Sales	Alcalis	Acidos no oxidantes	Acidos oxidantes.
Cloruro de Polivinilo	$\left[\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{Cl} \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]$	+	±	+	+	+	+
Copolímero Cloruro de vinilo -Acetato de vinilo	$\left[\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{H} \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ & & & \text{O} \\ & & & \\ & & & \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{O} \end{array} \right]$	+	±	+	+	+	±
Acetato de Polivinilo	$\left[\begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ \text{H} & & \text{H} & \\ & \text{O} & & \text{O} \\ & & & \\ & \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{O} & & \text{H}_3\text{C}-\text{C}=\text{O} \end{array} \right]$	±	-	+	-	-	-
Politetrafluoroetileno	$\left[\begin{array}{cccc} \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} \end{array} \right]$	+	+	+	+	+	+

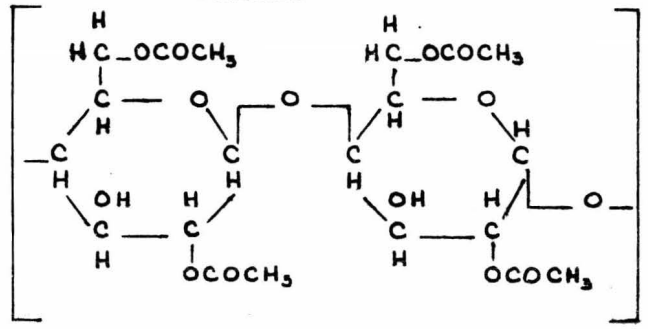
RESISTENCIA

Producto.	Fórmula	Agua	Solventes orgánicos no polares	Sales	Alcalis	Acidos no oxidantes	Acidos oxidantes.
Silicon	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---Si---O---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]$	+	-	+	-	-	-
Hules Sintéticos, Naturales y Derivados:							
Hule Natural	$\left[\begin{array}{cccccccc} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{---C---} & \text{C=C---} & \text{C---} & \text{C---} & \text{C=C---} & \text{C---} & \text{C---} & \text{C---} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array} \right]$	+	-	+	+	+	-
Neopreno	$\left[\begin{array}{cccccccc} \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{---C---} & \text{C=C---} & \text{C---} & \text{C---} & \text{C=C---} & \text{C---} & \text{C---} & \text{C---} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array} \right]$	+	-	+	+	+	-
Hule de polisulfuro	$\left[\begin{array}{cccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{S} & & \text{H} & \text{H} & \text{S} & \\ & & & & & & & \\ \text{---C---} & \text{C---} & \text{S---} & \text{S---} & \text{C---} & \text{C---} & \text{S---} & \text{S---} \\ & & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & \text{S} & \text{H} & \text{H} & & \text{S} \end{array} \right]$	+	+	+	+	+	-

Producto.

Fórmula

Acetato de Celulosa



AGUA

DISOLVENTES ORGANICOS No POLARES

SALES

ALCALIS

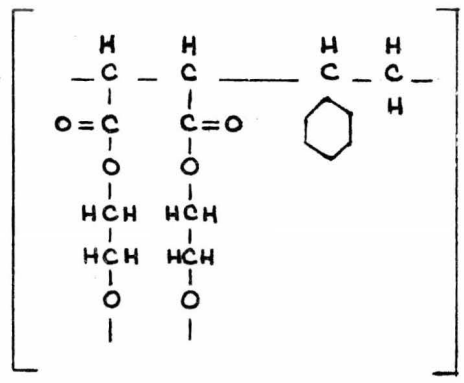
ACIDOS No OXIDANTES

ACIDOS OXIDANTES

+ - + - + -

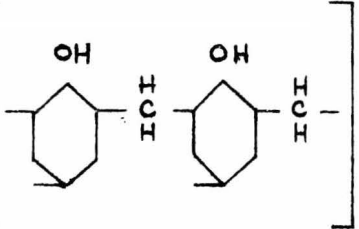
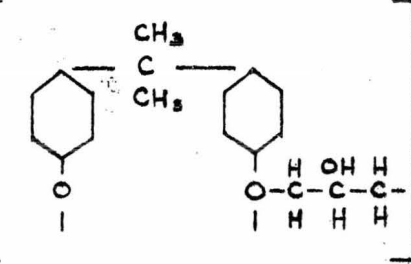
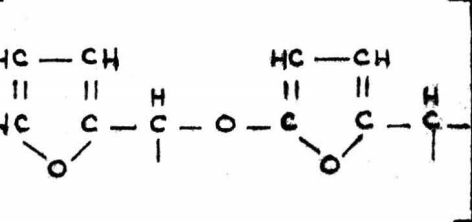
RESINAS TERMOFIJAS:

Poliester insaturado



+ - + - + +

RESISTENCIA

Producto	Fórmula	Agua	Solventes orgánicos no polares	Sales	Alcalis	Acidos no oxidantes	Acidos oxidantes
Resina Fenólica		+	+	+	-	+	-
Resina Epóxica		+	+	+	+	+	-
Resina Furánica		+	+	+	+	+	-

P O L A R :

NO - POLAR :

Agua

Sal: NaCl 10 %

Alcalis: NaOH 10 %

Acido no-oxidante: H_2SO_4 25 %Acidos oxidantes: HNO_3 50 %

Solvente Alifático: Kerosina

Solvente Aromático: Tolueno

Aceite Vegetal: Aceite de -
semilla de algodón.Morteros y Cementos Químico-Resistentes.-

Las construcciones de albañilería a prueba de ácidos proporcionan una barrera resistente al calor, y a la abrasión. Como se conoce, pocos recubrimientos orgánicos pueden usarse continuamente en temperaturas superiores a (160°F), 71°C, y ninguno puede resistir el abuso mecánico tal como el que se encuentra en pisos que soportan equipo de proceso.

Como es de esperarse, la resistencia a altas temperaturas es de vital importancia y, como un resultado, muchas de las bases usadas para morteros y cementos son plásticos termofijos, con excepción de aquéllos basados en azufre y asfalto.

Existen varios tipos de cementos químico-resistentes, entre los cuales se puede mencionar a los de azufre de vaciado en caliente y utilizados en el junteo de tabiques en tanques de reacción tinas de decapado, etc. (éstos no se tratarán por no ser tema de este estudio).

Algunos otros son suministrados como sistemas de dos componentes los cuales se combinan para producir el mortero ó cemento. Estos morteros curan por acción química para producir productos duros e impermeables.

Es conveniente hacer énfasis en que los morteros y cementos contienen poco ó ningún solvente y son aplicados usualmente en juntas de cuando menos 1.5mm de ancho. Estos materiales no deben confundirse con los adhesivos ó gomas, los cuales son frecuentemente soluciones de plásticos y son usados casi siempre para obtener líneas muy delgadas.

El mayor tipo de los cementos químico-resistentes comerciales será --

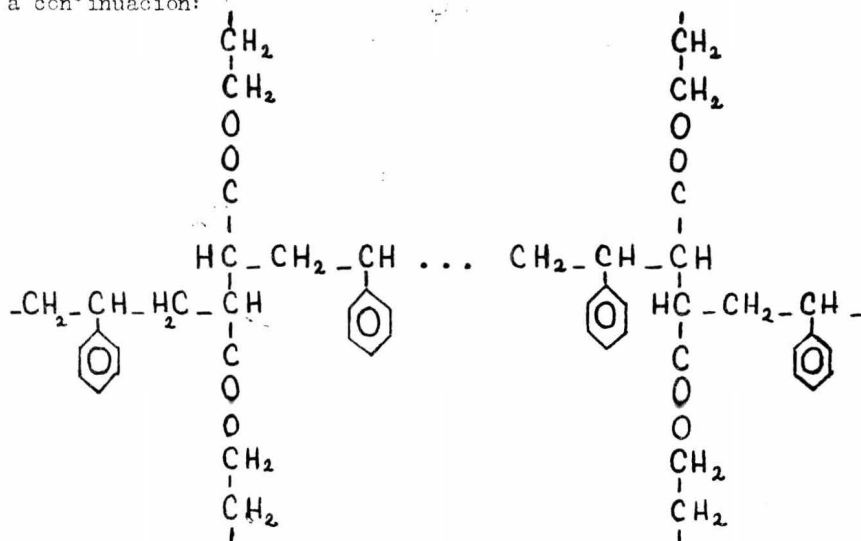
discutido a continuación, tratando cementos poliéster, fenólicos, epóxicos y furánicos.

TIPOS DE CEMENTOS ANTICORROSIVOS.-

1.- Cementos de Resina Poliester:

Uno de los tipos más recientes de cementos y mortero resinosos están basados en resinas poliéster insaturadas. Aunque quizá más costosas que los cementos furánicos ó fenólicos, ellos han sido usados en casos donde se requieren sus propiedades específicas.

Los materiales generalmente utilizados en la fabricación de resinas poliéster, base principal ó aglutinante de los cementos poliéster — son tales como ácido maléico y etilen glicol formando la resina poliéster lineal no saturada, la cual se disuelve en estireno. La resina líquida conteniendo estireno puede combinarse con un activador para formar el componente líquido del cemento ó mortero poliéster. El polvo ó agregados del cemento consiste de sílica combinada con una pequeña cantidad de peróxido orgánico (iniciador). Cuando el líquido y el polvo son mezclados, el activador descompone el peróxido iniciando la polimerización de los materiales monoméricos. Las moléculas poliéster son efectivamente entrecruzadas ó termocuradas por copolimerización del poliéster insaturado con las cadenas crecientes de poliestireno. Un segmento de la molécula polimérica se presenta a continuación:



T A B L A 2 - 3

PEROXIDOS INICIADORES

Tipos de baja temperatura (30° a 60°C)

Acido peracético
 Peróxido de metil etil cetona
 Hidroperóxido de ciclohexilo
 Peróxido de 2, 4-diclorobenzoilo
 Hidroperóxido de cumeno

Tipos de temperatura intermedia (60° a 100°C)

Hidroperóxido de terbutilo
 Peróxido de metil amil cetona
 Peróxido de benzoilo
 Perbenzoato de terbutilo
 Diperftalato de di-ter-butilo

Tipos de alta temperatura (100°C y superiores)

Peróxido de p-clorobenzoilo
 Peróxido de di-ter-butilo

La resistencia química de los cementos poliéster depende de la relación y composición de cada componente usado en preparar el poliéster insaturado lineal y el mortero. Por tanto, la resistencia química de los cementos ó mortero poliéster comerciales varían considerablemente, y no se puede generalizar como en otros casos. Obviamente, las ligas éster en la parte final del polímero son susceptibles a hidrolizarse por álcalis fuertes y ácidos calientes.

Los cementos poliéster son disponibles en sistemas de dos envases. - El polvo y la resina líquida son mezclados en relaciones de aproximada

mento 3:1 ó 4:1 en peso. Como el catalizador no es ácido, ni alcalino cualquier tipo de caja de mezclas puede ser usada.

La vida útil y el tiempo de endurecimiento de un cemento poliéster comercial en varias temperaturas son dadas en la tabla siguiente: (2-3A):

TEMPERATURA °F (°C)	VIDA UTIL. (minutos)	TIEMPO DE CURADO. (horas)
40 (4)	600	20
60 (16)	100	3
70 (21)	45	2
80 (27)	30	1
90 (32)	15	1/2

Es conveniente observar que este cemento no cura tan lentamente como otros en bajas temperaturas. Esta propiedad es de gran ventaja para el relleno de juntas en tanques y pisos donde las operaciones no pueden detenerse por periodos muy largos de tiempo.

Los cementos poliéster son resistentes a ácidos no oxidantes, sales ácidas ó neutras y solventes polares en todas las concentraciones. Debido a las cargas de sílice, no son recomendados para servicio en ácido fluorhídrico ó fluorosilícico. Su resistencia a ácido nítrico y crómico diluidos es superior al de muchos otros cementos resinosos.

Presumiblemente, debido a la naturaleza física de los agregados, los cementos poliéster tienen mejor resistencia que los poliésteres laminados a los ácidos calientes. Sin embargo, no se recomiendan para servicio continuo sobre (200°F) 93°C .

Los cementos poliéster resisten soluciones de hipoclorito de sodio en temperaturas arriba de (110°F) 43°C , abajo de un pH de 11. Estos cementos son atacados por soluciones acuosas teniendo un pH sobre 11 en todas las temperaturas, y por tanto nunca deben ser usados en presencia de álcalis fuertes. Ellos tienen excelentes propiedades físicas y adherencia a concreto y superficies metálicas.



QUIMICA

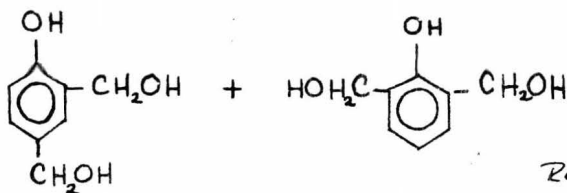
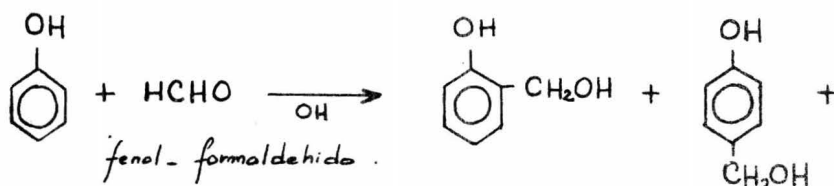
Aunque los componentes de la resina de estos cementos son usualmente estables en temperaturas ordinarias por cuando menos seis meses, se recomienda que la resina líquida se almacene en 20° ó más bajo para prevenir gelación eventual. El polvo debe ser almacenado en un área seca para minimizar la absorción de humedad.

Los cementos poliéster son normalmente suministrados con cargas blancas, pero pueden ser fabricados en cualquier color. Su uso principal es para el junteo de tabiques antiácidos en plantas de equipo para condiciones de servicio de baja temperatura y en pH abajo de 11.

2.- Cementos de Resinas Fenólicas:

Los cementos a base de resinas fenólicas químico-resistentes fueron introducidos en Alemania alrededor de 1930. Estos han sido ampliamente usados en la industria química en América desde 1935, pero han sido gradualmente reemplazados en muchas aplicaciones por cementos más versátiles como epóxicos y furánicos.

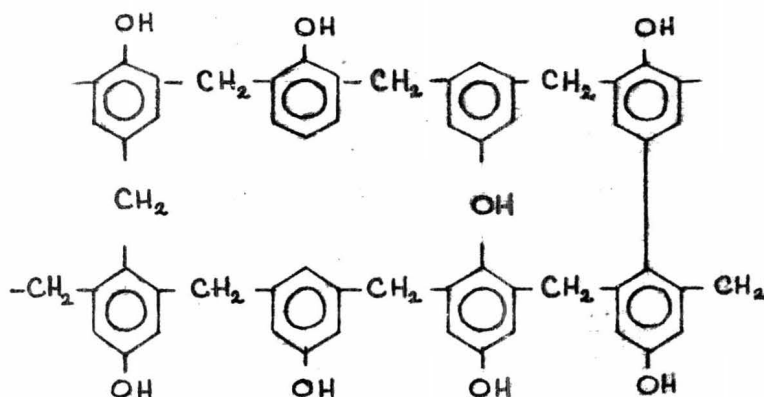
Los cementos de resinas fenólicas están basados en productos de condensación de bajo peso molecular fenol-formaldehído preparados en medio alcalino. La resina líquida consiste principalmente de alcoholes fenólicos aunque quizá probablemente ocurran otras reacciones en el proceso de fabricación. La formación de este producto líquido, el cual es referido como un "resol" ó resina fenólica de un paso puede ser representada por las ecuaciones siguientes:



La reacción de resificación es detenida en el rango de viscosidad - deseada por la neutralización del catalizador alcalino. Cualquier ex ceso de agua es eliminado por destilación al vacío.

El mortero resinoso es preparado combinando la resina fenólica líquida con un polvo conteniendo un ácido. El catalizador ácido causa una inmediata polimerización, lo cual dá como resultado la formación de - un producto infusible, altamente entrecruzado.

La resina curada puede representarse como sigue:



Debido a la presencia de grupos hidroxilo ácidos, débilmente unidos - a la estructura de la resina curada, estos cementos son atacados por álcalis fuertes. La resina no presenta puntos de ataque para ácidos no oxidantes, pero los agentes oxidantes fuertes pueden atacar las do bles ligaduras del anillo bencénico causando la desintegración del ce mento.

Los cemento-morteros de resina fenólica son preparados por la mezcla - de la resina líquida, y un polvo. La relación de mezcla de polvo a - líquido es en algunos casos 2:1 en peso para cargas de carbón, y 2.5:1 para los cementos cargados con sílices.

La vida útil y el tiempo de curado en varias temperaturas para cemen- tos fenólicos cargados con carbón y sílice son determinados por el mé todo ASTM C-308-53T y dados en la tabla siguiente (2-4):

VIDA UTIL Y TIEMPO DE CURADO PARA UN CEMENTO FENOLICO.

TEMPERATURA °F (°C)	VIDA UTIL (Mins.)	TIEMPO DE ENDURECIMIENTO FINAL (DIAS).
60 (16)	180	10
70 (21)	60	7
80 (27)	30	5
90 (32)	15	3

Los cementos de resinas fenólicas tienen pobre resistencia a álcalis fuertes, y buena resistencia a álcalis moderados, especialmente en bajas temperaturas. Su resistencia a ácidos oxidantes tales como H_2SO_4 entre concentraciones de 60 y 90% y HNO_3 es algo superior al de los cementos furánicos, por lo cual son algunas veces recomendados para tales aplicaciones a temperaturas ordinarias.

El bajo peso molecular de las resinas usadas en cementos fenólicos las hace inestables y tienden a polimerizar aún cuando el catalizador alcalino original haya sido neutralizado. Esta reacción es evidente por un espesamiento gradual de la resina y la aparición eventual de una capa acuosa en la superficie. Resinas ligeramente espesas pueden todavía ser usadas en la preparación de morteros, pero éstas son más difíciles de usar cuando aparece agua libre.

La vida de almacenamiento de este tipo de cemento oscila en tres meses a $18^\circ C$ ($65^\circ F$).

Quizá la mayor aplicación de los cementos fenólicos ha sido para el junteo de tabiques antiácidos en líneas continuas de decapado en plantas de acero. Los cementos fenólicos han funcionado satisfactoriamente cuando han sido expuestos a ácido sulfúrico caliente al 25% por sobre 12 años.

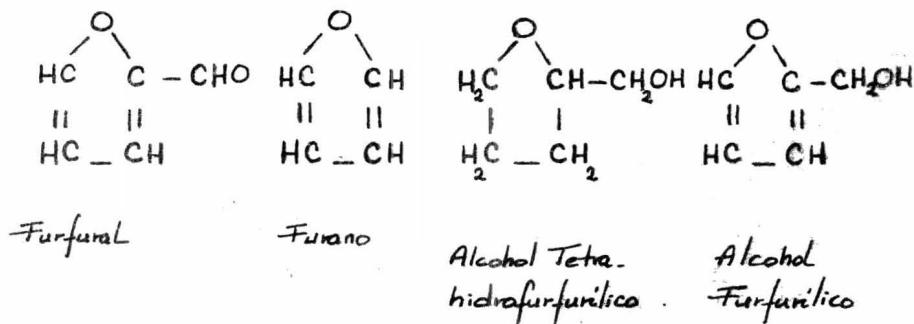
Usualmente la cantidad de carga usada es mucho más baja que en los cementos de allanado para obtener buenas propiedades de vaciado.

A causa de que los cementos fenólicos tienden a descomponerse en --

360°F (182°C), no deben usarse sobre esta temperatura.

3.- Cementos de Resina Furánica.-

El término "resinas furánicas" se refiere en general a productos resinosos obtenidos a partir de furfural y sus derivados, incluyendo furano, alcohol tetrahidrofurfurílico, y especialmente alcohol furfurílico.



El alcohol tetrahidrofurfurílico es el menos reactivo de los furanos, y se utiliza en la preparación de ciertos ésteres, usados como plastificantes para varias resinas vinílicas y celulósicas. La reacción del furfural con fenoles es de gran interés en la fabricación de fenoplastos. El furano es de un valor muy limitado actualmente.

De mayor reactividad, desde el punto de vista de resinificación propia, es el alcohol furfurílico. Este ha sido comercialmente fabricado desde 1934 por hidrogenación en altas presiones (1,000 a 1,500 psi) de furfural en la presencia de un catalizador: cromito de cobre en 175°C. El alcohol comercial es un líquido de color ámbar, que hierve a 170°C.

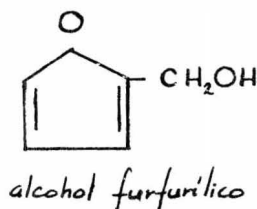
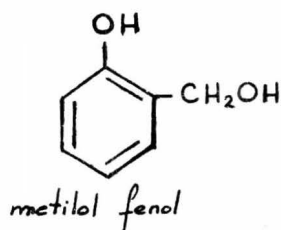
En la presencia de ácidos minerales concentrados u orgánicos fuertes, éste polimeriza con violencia explosiva.

El uso más amplio del alcohol furfurílico está en la fabricación de resinas termoestables, las cuales sobresalen, debido a su resistencia a químicos corrosivos ácidos, álcalis y solventes. Usualmente el al-

cohol furfurílico es primero parcialmente polimerizado para formar una resina soluble, utilizando un catalizador ácido que posteriormente se neutraliza. La resina neutralizada es estable en almacenamiento, pero se convierte en infusible por la adición de ácido al ser usada.

El control de la reacción exotérmica durante la resinificación de alcohol furfurílico es alcanzada por la regulación de la concentración de catalizador y temperatura.

El mecanismo de resinificación ha sido inferido, cuando menos en parte, a partir del producto intermedio formado. La reacción inicial y predominante es la deshidratación intermolecular, envolviendo el grupo hidroxilo de una molécula y el átomo α -hidrógeno activo de otra molécula. Por tanto, la reacción conduce a un producto de condensación de alto peso molecular, en el cual los anillos furánicos son ligados por puentes metilénicos de manera similar a los resoles, dado a que el alcohol furfurílico contiene también un grupo metilol:

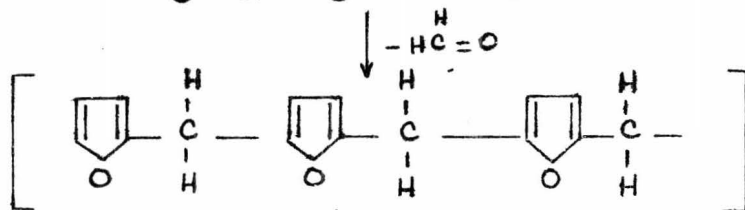
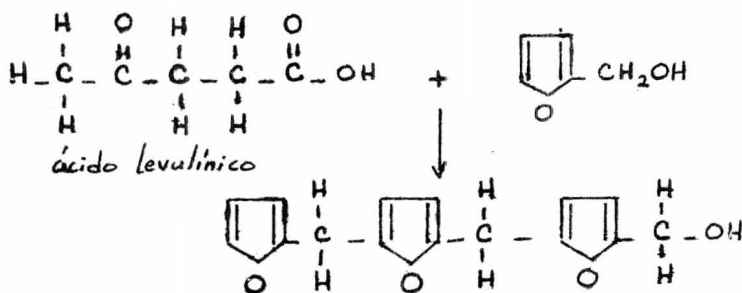
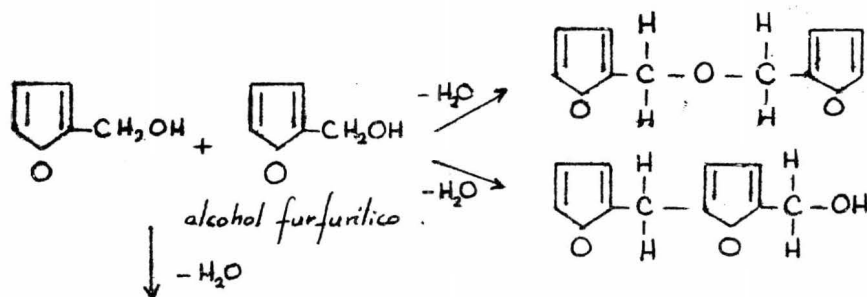


Hasta cierto punto, eter furfurílico y formaldehído, resultan por descomposición térmica en la mezcla de reacción. La evidencia experimental indica que el formaldehído recondensa con los productos intermedios, y se piensa que éste sea el camino por el cual las cadenas lleguen a entrecruzarse (cross-linking). Finalmente, una red de cadenas, entrecruzadas puede ser formada por una polimerización de adición envolviendo dobles uniones nucleares, para completar la resinificación. Esto explica el alto grado de resistencia química de la resina termofija.

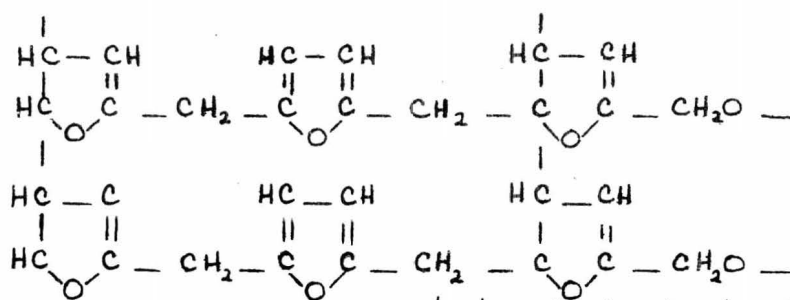
Como se ilustra por las ecuaciones siguientes, muchas resinas furánicas consisten principalmente de polímeros bajos disueltos en exceso

de furfural ó alcohol furfurilico

La polimerización de alcohol furfurilico puede representarse por el siguiente mecanismo:

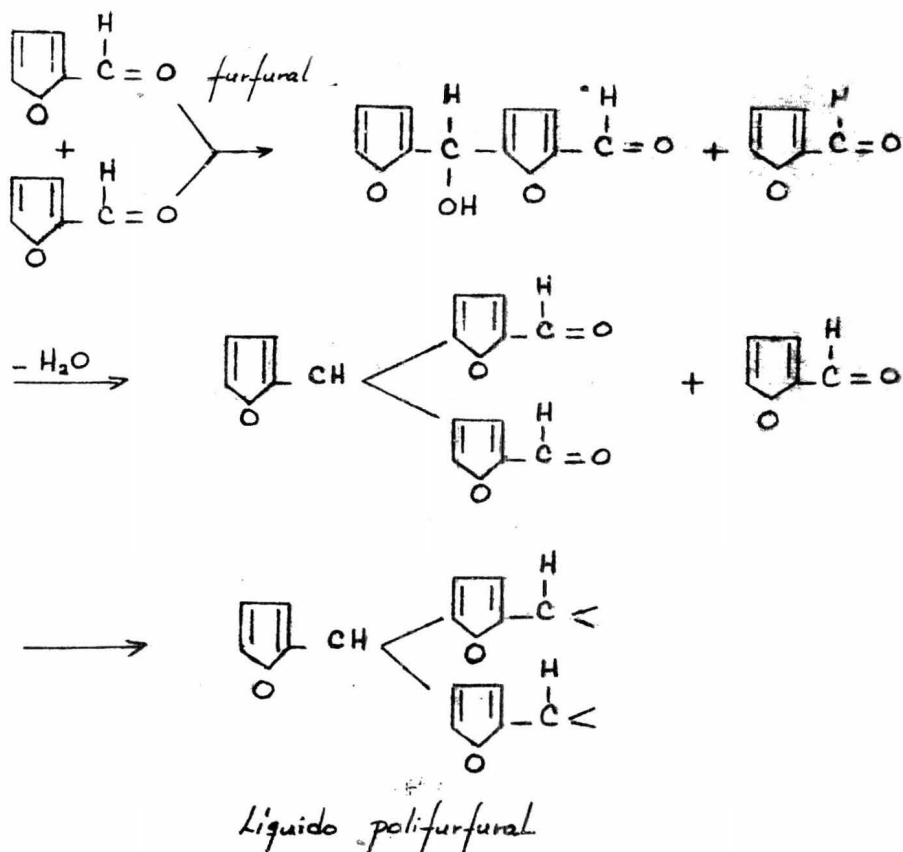


Mecanismo propuesto para polimerización alcohol furfural.

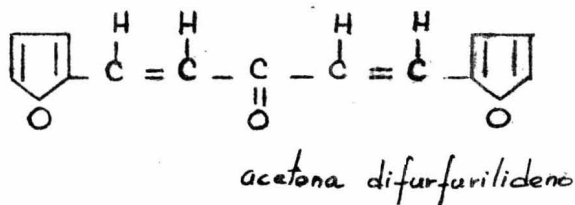
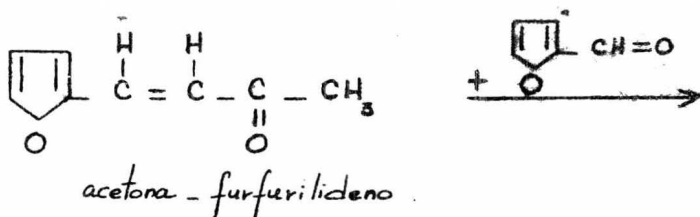
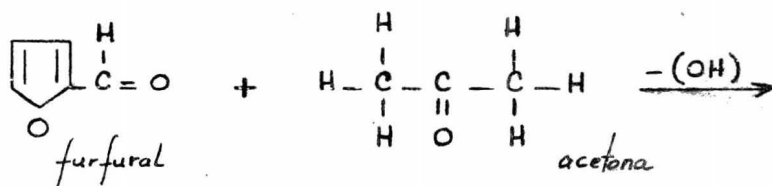


Segmento de molécula de alcohol polifurfurilico.

Las resinas furánicas pueden también ser preparadas por la polimerización de furfural. La polimerización puede ser representada por el mecanismo siguiente:



En muchos casos el alcohol furfurílico y el furfural son mezclados y calentados en la presencia de ácidos para formar una resina líquida. Es también posible formar resinas furánicas por la condensación de alcohol furfurílico y formaldehído. En otra variación importante, las resinas furánicas se obtienen a partir de furfural y acetona. El primer paso en esta reacción es el siguiente:



Estos productos, de resinas furánicas, han encontrado aplicación en la fabricación de morteros antiácidos, y mezclados con asbestos y otros inertes para la producción de equipo químicamente resistente.

La resina furánica líquida es mezclada con un polvo que contiene las cargas (coke flour, sílices, etc.) y un catalizador ácido fuerte tal como ácido p-toluen sulfónico para preparar el mortero. La polimerización adicional toma lugar después del mezclado para formar una resina entrecruzada infusible. La estructura exacta de la resina curada no es conocida, pero puede representarse aproximadamente como en el primer mecanismo propuesto.

Catorde años atrás se patentó un procedimiento para convertir una resina furánica al estado final, infusible en la presencia de un material alcalino. Desafortunadamente ésta resina, en temperatura ambiente posee un lento curado y estabilidad limitada durante su almacenamiento. Se están llevando a cabo investigaciones, y algunas mejoras

han sido obtenidas. Sin embargo comercialmente, las resinas furánicas curadas con ácidos son las más importantes.

No obstante de su composición específica, las resinas furánicas líquidas deben ser mezcladas con una carga que contiene catalizador ácido para producir el mortero resinoso. La relación de mezcla variará — desde dos partes de polvo a una de líquido en peso para un producto cargado con carbón, a 3:1 para cementos cargados con sílices. Las relaciones pueden variarse dependiendo de la temperatura y de la trabajabilidad requerida del mortero.

La vida útil de un cemento de este tipo ha sido definido por el método ASTM - C 308 - 53T como el intervalo de tiempo (después de que la mezcla inicial del polvo y la resina líquida se ha efectuado) durante el cual el mortero permanece en condiciones trabajables.

Como se muestra en la tabla (2-5) la vida útil, y el tiempo de curado decrecen conforme la temperatura se incrementa. Debe observarse que un curado preliminar toma lugar entre 2 a 16 horas dependiendo del espesor de aplicación y de la temperatura ambiente. Sin embargo, no es recomendable poner en servicio sistemas de tabiques junteados con estos morteros cuando sólo se tiene el curado preliminar, es conveniente esperar hasta el curado final para alcanzar las óptimas condiciones del material.

T A B L A 2 - 5

VIDA UTIL Y TIEMPO DE ENDURECIMIENTO DE UN
CEMENTO - MORTERO FURANICO.

TEMPERATURA °F (°C)	VIDA UTIL (min.)	ENDURECIMIENTO FINAL (días)
60 (16°C)	90	12
70 (20°C)	60	8
80 (27°C)	30	6
90 (32°C)	15	4

Existen, además de la vida útil y tiempo de endurecimiento del cemento resinoso dos datos que se utilizan para controlar su curado. Estos tienen como base el hecho de que la polimerización producida es una reacción exotérmica. Los datos en cuestión son: el aumento de temperatura en 9 minutos, considerado a partir del momento del mezclado, y el aumento total de temperatura en grados centígrados. Estas propiedades físicas inmediatas se encuentran íntimamente ligadas con la acción de los catalizadores ácidos sobre la molécula de resina furánica líquida. El aumento en 9 minutos se relaciona con la acción de un promotor, generalmente una sal ácida que reacciona aproximadamente en ese intervalo de tiempo; y el aumento total refleja la actividad y reacción del catalizador ácido fuerte (ácido p-toluen — sulfónico, ácido bencensulfónico, etc.), el cual en última instancia indicará si el curado final del producto será ó no el adecuado.

El porqué del uso de un promotor es debido a que la reacción inmediata con el catalizador ácido es violenta y poco controlable, además — de reducir el costo del producto terminado.

La necesidad de utilizar catalizadores ácidos relativamente fuertes para efectuar el curado presenta algunas limitaciones en la aplicabilidad de resinas de alcohol furfurílico. Es conveniente observar — que la velocidad de curado de estas resinas depende de la actividad y concentración del catalizador ácido, y de la temperatura. En otras palabras, el agente curante no toma parte en la reacción y no juega un papel tan importante como en los sistemas de resinas epóxicas. La resina furánica tiene más influencia en las propiedades finales, como puede verse en el siguiente ejemplo. El catalizador y materiales de refuerzo en ambos casos fueron los mismos. Las condiciones de curado y métodos de prueba fueron también idénticas.

La tabla (2-6) que representamos a continuación, muestra como se obtienen mejores vidas útiles y propiedades mecánicas en general, cuando se utiliza una nueva resina.

PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS .

TABLA 2-6

Tipo de resina.	Furánica (entrecruzada)	Furánica (nueva)
Reactividad.		
a) Vida útil (mins.)	12 - 14	15 - 18
b) Aumento en 9 mins. ($^{\circ}$ F)	31	21
c) Aumento Total ($^{\circ}$ F)	218	190
Resistencia a la compresión (psi) (ASTM 579 - 65T) después de 7 días de curado	9,873	11,784
Resistencia a la tensión (psi) (ASTM 307-61) 7 días.	1,765	1,853
Distorsión por calor -- (psi) 24 hrs. en 300° F.	11,953	12,857

La tabla siguiente presenta la comparación en resistencia química.

T A B L A 2 - 7

Resistencia química de morteros (psi) (ASTM - C 267-63T) después de - 7 días y dos meses en inmersión.

Resina Furánica	(Entrecruzada)	(Nueva)
Acetona	14,267	17,069
Benceno	15,032	17,069
Tricloroetileno	13,276	17,006
NaOH 25%	14,012	17,420
H ₂ SO ₄ 75%	14,841	17,197
Agua	13,949	16,974
Aire	14,140	17,516

Puede observarse que los cementos fabricados con resina nueva alcanzan resistencia a la compresión tan altas como 17,000 psi después de dos meses de curado en aire, y además que no hay pérdida de resistencia ó ataque por los agentes químicos demostrados.

T A B L A 2-8

RETENCION DE HUMEDAD.*

Resina (tipo).	Furánica (entrecruzada)	Furánica (nueva)
Resistencia a flexión (psi)		
a) Antes de inmersión en agua a 100°C	21,400	22,100
b) Después 7 días en agua a 100°C	15,600	18,100
∅ pérdida de resistencia	27	14

Al igual que todas las resinas termofijas, las propiedades mecánicas y químicas se mejoran por su curado en temperaturas elevadas. Por ejemplo, usando el mismo sistema de una resina furánica, pero diferentes condiciones de curado, se observó una gran diferencia a la resistencia a acetona.

T A B L A 2 - 9

Resistencia compresión (psi) (ASTM C 267 - 63T).

Condición de curado	7 días temp. ambiente.	6 días en temp. ambiente, y 1 día en 60°C.
Antes de inmersión.	8,831	12,165
Después de 7 días en acetona	4,708	12,802

Es importante notar que no todas las resinas curadas con el mismo tipo de catalizador y cantidad, tienen el mismo mejoramiento en resis-

tencia al solvente. El curado siguiente muestra la diferencia en resistencia para dos resinas furánicas con idénticos sistemas de catalizador. Ambos fueron curados por una semana en temperatura ambiente - y postcurados por 10 hrs. en 60°C, y por último sometidos a inmersión por 12 días en una mezcla de tricloroetileno, dicloroetileno y cloroforno (1:1:1 en volumen).

T A B L A 2 - 10

Resistencia a Hidrocarburos Clorados.

Resina Furánica	Muestra.	Solvente.
Tipo A	dura, sin cambio	claro
Tipo B	lavada, delaminada	negro.

En general, las resinas furánicas no son recomendadas para solventes llamados "activos" (acetona, benceno, tricloroetileno) debido a su pobre resistencia. Sin embargo, son resistentes a ácidos no-oxidantes, álcalis, sales en temperaturas sobre 180°C.

Los inertes de sílice y asbesto no pueden utilizarse en la presencia de álcalis fuertes, y ácidos ó sales conteniendo fluoruros debido a su reacción con éstos.

La adherencia de los cementos furánicos cargados con carbón a tabiques no vidreados, ó superficies de losetas es muy buena, y superior a la de los cementos hidráulicos. Debe hacerse énfasis en que a causa de la reacción del catalizador ácido, los cementos furánicos no se adherirán a un concreto no imprimado ó a superficies metálicas. Se dispone de varios primarios que deben ser usados para tales aplicaciones.

Es interesante conocer el uso de los cementos resinosos basados en alcohol furfúrico en la producción de recubrimientos para pisos teniendo una baja resistividad. Estos pisos son instalados en cuartos de operación en Hospitales para reducir la posibilidad de descargas electrostáticas y subsecuente ignición de los gases flamables usados. — Así mismo, se han desarrollado pisos altamente conductores para las plantas que fabrican explosivos.

Todos los cementos resinosos exhiben una cierta cantidad de encogimiento durante la conversión del mortero fluido al estado curado. La cantidad de encogimiento (notable en este tipo de cementos) variará desde 0.3 a 2.0% dependiendo de la naturaleza y cantidad de carga usada, pero el promedio será de 0.5% como medido linealmente en una barra de prueba de 10 inch. Este valor de encogimiento es relativamente no importante cuando el cemento es usado como material para junteo de tabiques ó losetas, pero es la causa para no poder realizar aplicaciones tipo monolíticas, y además debe considerarse en aplicaciones de moldeado y vaciado.

Las resinas furánicas líquidas no catalizadas son estables en temperaturas ordinarias por cuando menos 5 años. Esta es una ventaja marcada sobre algunos de los otros cementos resinosos los cuales requerirán de bajas temperaturas de almacenamiento. El polvo debe ser almacenado en un área seca para minimizar la absorción de humedad, la cual puede retardar y alterar notablemente el endurecimiento del cemento por abatimiento de la concentración del catalizador.

Existen varias propiedades de los cementos furánicos las cuales no pueden ser fácilmente descritas cuantitativamente, pero las cuales son importantes en la selección de estos productos. Por ejemplo, los cementos furánicos usados para untar tabiques deben tener compuestos que proporcionen buena consistencia. En contraste, los cementos furánicos que serán usados para relleno (grouting) para asentamiento de losetas son usualmente formados por compuestos que les darán consistencia para que fluyan rápidamente en juntas abiertas.

Como el curado de los cementos furánicos depende de una reacción ácida, la contaminación con sustancias alcalinas, tal como polvo de cemento Portland, él cual está casi siempre presente en los trabajos de construcción, interferirá seriamente la reacción de curado. Algunos cementos comerciales pueden ser permanentemente prevenidos de curar por la adición de cantidades tan pequeñas como 0.25% de cemento Portland. Algunos polvos de los cementos furánicos contienen reserva de ácido, y curarán bajo condiciones severas de contaminación sin embargo se recomienda insistir sobre la importancia de la limpieza en el trabajo.

Los cementos-mortero furánicos son diseñados principalmente para juntar tabiques y losetas antiácidas para la protección de tabiques de acero, y concreto de reacción, pisos industriales, tanques de almacenamiento, torres de absorción, y líneas de decapado. Tales equipos - han sido usados en la industria de pulpa de papel, acero, fertilizantes, cuero, textil e industrias de proceso químico.

A causa de su resistencia química poco usual, los cementos furánicos son usados en muchas plantas de proceso químico como un material de - reparación para emergencias. El uso inteligente de los cementos furánicos y telas de vidrio ha prevenido el paro de muchas plantas en la industria química.

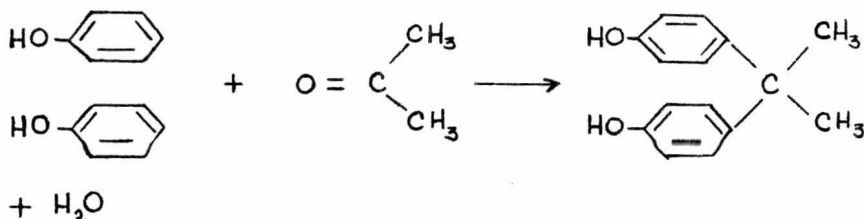
CEMENTOS DE RESINAS EPOXICAS.-

Las resinas "epoxy" ó "etioxilina" son uno de los plásticos termofijos más recientes usados como base para cementos químico-resistentes.

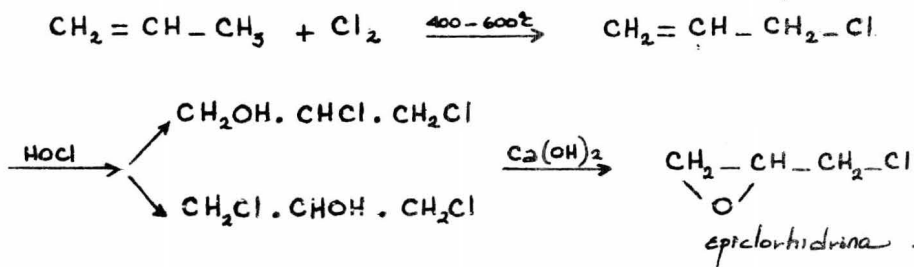
Las resinas epoxi, son poliéteres recientemente producidos, las cuales fueron específicamente desarrolladas, basados en consideraciones teóricas para obtener ciertas propiedades deseables para usarse en el campo eléctrico y de recubrimientos.

Los tipos más comunes son producidos por reacción de compuestos epoxi con fenoles dihidricos para dar glicidil éteres, y son conocidos comercialmente como EPI-REZ, APALDITA, EPON, y series de resinas Bakelita ERL Y EKRA.

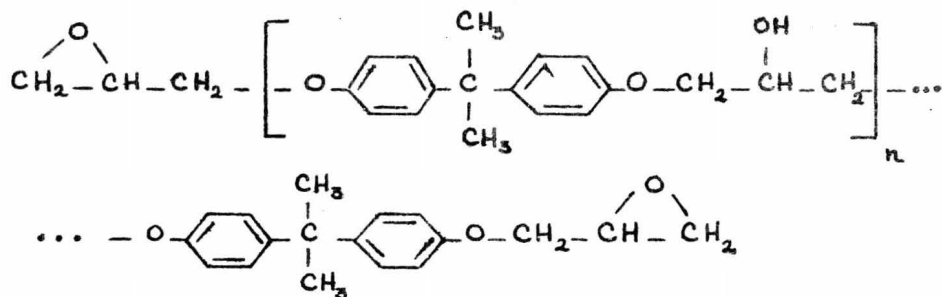
Los fenoles utilizados deben ser cuando menos dihidricos. Algunos posibles son: catecol, resorcinol, hidroquinona, pirogalol, y fluoroglucinol. Sin embargo, estos fenoles son todos relativamente escasos y caros. El fenol más comunmente usado en la fabricación de resinas epoxi es conocido como BISFENOL A, y se obtiene por la condensación - de acetona con fenol:



De los muchos compuestos epoxi posibles, el principalmente usado por su costo, es la epiclorhidrina, la cual es hecha por dehidrocloración de las diclorhidrinas de glicerol isoméricas, las cuales son obtenidas por cloración de propileno:



La reacción entre Bisfenol A y Epiclorhidrina en la presencia de álcalis produce polímeros lineales, una posibilidad puede ser representada como sigue:



Las moléculas pueden terminarse por carencia de reactivos, dependiendo de cual es usado en exceso. Las resinas comercialmente usadas terminan en grupos epoxi. Las moléculas pueden también ser terminadas por un telógeno, tal como fenol, cresol, etc. Esto elimina los grupos funcionales finales e incrementa lo inerte de la resina.

Notamos, que a diferencia de los fenoplastos, los grupos hidroxifenólicos se convierten totalmente a ligaduras éter.

Por tanto, donde los grupos hidroxil-fenólicos, frecuentemente dificultan una fuente de color, éstos han sido convertidos a unión éter,

proporcionando resinas de mejor color y retención del mismo.

La naturaleza polar de la molécula contribuye a la buena adherencia de estos polímeros. Más sin embargo, debido a la longitud de la cadena y naturaleza del mesómero, este tipo de resinas forman películas raramente flexibles, las cuales a causa de la ausencia de ligaduras éster, son resistentes a hidrólisis y saponificación, y a una amplia variedad de químicos. El peso molecular de las resinas epoxi sólidas oscila entre 500 y 1200.

Las resinas epoxi no modificadas, uniformemente cocidas, producen películas de utilidad limitada. Las propiedades excelentes de adherencia, flexibilidad, dureza y resistencia química son obtenidas por reacción química con agentes curantes, los cuales convierten estas resinas a polímeros termofijos altamente resistentes química y mecánicamente.

Los grupos reactivos epóxido e hidroxílicos son los puntos de reacción con los agentes curantes y resinas modificadas. La actividad química de las resinas líquidas, de bajo peso molecular, es debida principalmente a los grupos epóxidos, donde las resinas de alto peso molecular, teniendo una cantidad relativamente más baja de grupos epóxidos, reaccionan principalmente a través de los grupos hidroxilo. Las resinas intermedias exhiben la actividad de ambos grupos.

Numerosos compuestos orgánicos de nitrógeno han sido investigados para usarse como agentes curantes de resinas epoxi, siendo las aminas las más adecuadas, tanto alifáticas como aromáticas.

Las aminas primarias son más efectivas que las secundarias y terciarias. El mecanismo de curado de las aminas terciarias no es conveniente, debido a la carencia de hidrógenos activos, la reacción se cree sea catalítica. Las aminas alifáticas polifuncionales, tales como dietilentriamina, son las más efectivas, pues reaccionan rápidamente a temperatura ambiente, formando estructuras altamente entrecruzadas. Las aminas aromáticas necesitan de temperaturas elevadas para reaccionar óptimamente, dado a que curan muy lentamente a temperatura ambiente, resultando productos quebradizos con bajas temperaturas de ablandamiento.

Aminas complejas, o aductos han sido desarrolladas para vencer algunas deficiencias de las aminas simples. Ellas son preparadas por la

reacción de 2 moles de una poliamina con una mol de una resina epoxi. Otra ventaja de las aminas complejas son su más baja toxicidad, facilidad de manejo y mejoramiento de flujo. Las resinas Versamid (General Mills), al igual que los aducto-aminas, fueron desarrolladas también para vencer la volatilidad y toxicidad de las poliaminas simples.

El uso de anhídridos de ácido dibásicos es todavía otra reciente aplicación para encontrar una serie de productos menos tóxicos para usarse como agentes difuncionales de entrecruzamiento para resinas epoxi.

Otro agente para curar resinas epóxicas es el tipo de elastómero saturado terminado en mercaptano (líquidos THICKOL), los cuales pueden ser curados a temperatura ambiente ó elevada. Una amina es necesaria para catalizar la reacción y obtener propiedades óptimas. Estos copolímeros tienen excelente resistencia a aceites, agua, solventes, además de presentar buena flexibilidad.

Las resinas epoxi para satisfacer la multitud de necesidades, en general deben contener los siguientes ingredientes:

RESINAS EPOXI :

Un amplio rango de viscosidades son disponibles, desde líquidos de baja viscosidad hasta sólidos de altos puntos de fusión.

ENDURECEDORES:

Un gran número de aminas complejas y anhídridos de ácido son disponibles. El endurecedor determinará la vida útil y tendrá efecto en la viscosidad y propiedades de la resina curada.

PLASTIFICANTES :

Plastificantes, tales como DBP (Dibutil ftalato) y tricresil fosfato, han sido usados para modificar las resinas.

Polímeros, tales como polisulfuros, --

poliaminas, reaccionan con resinas epoxi y plastifican internamente la resina curada.

DILUYENTES REACTIVOS :

Esta clase de materiales incluyendo -- compuestos tales como oxido de estireno, epiclorhidrina y acetoniitrilo reducen la viscosidad y reaccionan con la resina.

CARGAS Y REFUERZOS:

Estos compuestos incrementan la resistencia al impacto, reducen el peligro de ruptura, incrementan la viscosidad y abaten el costo. Asbestos, mica, silica, polvo de aluminio, y fibra de vidrio pueden ser mezclados con la resina.

PIGMENTOS :

Estos son usados para impartir color y opacidad. Los pigmentos pueden ser dispersados como sólidos ó pastas. Ellos deben resistir las altas temperaturas desarrolladas durante el curado.

Las resinas epóxicas líquidas pueden ser mezcladas con cargas inertes tales como carbón ó sílice para producir morteros allanables.

El curado es completado por la adición de un compuesto poliamínico, tal como dietilentriamina. La interacción de los grupos amina con los epoxi terminales provocarán, como se vió anteriormente, un entra cruzamiento de la resina líquida para formar moléculas largas tridimensionales.

Los cementos epóxicos fueron alguna vez suministrados en 3 componentes: polvo, resina y catalizador, más sin embargo el reciente desarrollo de catalizadores amínicos en forma de polvo han hecho factible el suministro de cementos epóxicos en 2 componentes, facilitando

con ésto su mezclado. Es esencial que los dos componentes sean total mente mezclados.

T A B L A 2-11

VIDA UTIL Y TIEMPO DE ENDURECIMIENTO DE UN TÍPICOMORTERO - CEMENTO EPÓXICO

Temperatura (°C)	Vida útil. (min.)	Tiempo de endurecimiento final (días).
18°C	120	6
25°C	40	4
32°C	20	2

Estos cementos curarán en temperaturas tan bajas como 4°C, pero ésto hará necesario un período de tiempo demasiado largo antes de colocar la unidad en servicio.

Los cementos de resinas epóxicas tienen excelente resistencia a soluciones de sales acuosas y ácidos no oxidantes tales como ácido fosfórico, clorhídrico y sulfúrico diluido. Ellos son resistentes a algunos solventes pero no son tan resistentes como los cementos fenólicos discutidos anteriormente. Su resistencia a álcalis es considerablemente mejor que la de los cementos fenólicos ó poliésteres, pero no tan buena como la de los cementos furánicos. Los cementos de resinas epóxicas no se recomiendan para usarse con ácidos oxidantes tales como HNO_3 ó H_2SO_4 concentrados.

Los cementos de resinas epoxi presentan excelente adherencia al concreto y a superficies metálicas. Ellos se encogen ligeramente durante el proceso de curado formando productos con propiedades físicas excelentes.

Los cementos mortero epóxicos son indefinidamente estables bajo condiciones normales de almacenamiento. El catalizador, sin embargo, pierde poder después de varios meses de almacenamiento, y es conveniente,

si se presenta el caso, realizar una prueba antes de utilizar el material en gran escala.

La resistencia al calor depende del catalizador usado. Las poliamidas simples curarán a temperaturas ordinarias para producir un cemento que no debe ser usado en temperaturas ordinarias para producir un cemento que no debe ser usado en temperaturas sobre 95°C. Sin embargo, los cementos con mayor grado de resistencia a la temperatura pueden lograrse a través del uso de otros sistemas de catalizadores, pero éstos requieren casi siempre de calentamiento para curar completamente.

Los cementos epóxicos han sido usados además de en materiales para —
junteo de tabiques antiácidos como base en la producción de recubri-
mientos monolíticos para tanques de acero y pisos de concreto.

CEMENTO EPOXICOS EN PISOS INTEGRALES.-

Las resinas epóxicas dentro de su aplicación a pisos industriales pre-
senta una faceta dirigida hacia pisos integrales químico resistentes
para usos no muy extremos tanto mecánicos como químicos y con fines
más que todo decorativos. Aunque los componentes de todos los cemen-
tos ó pisos epóxicos son esencialmente los mismos a continuación se -
enfocará la discusión hacia los pisos integrales.

Un cemento para piso epóxico integral difiere de un cemento-mortero -
epóxico esencialmente en el tipo, cantidad y tamaño de los agregados,
además en el tipo de agente curante, ya que en este caso, éste puede
ser líquido y pertenecer a un sistema de dos componentes.

Un cemento epóxico para estos pisos tendrá cinco componentes principa-
les. El compuesto básico es la resina epóxica líquida. A ésta se —
adiciona un agente curante, él cual convierte la resina líquida a un
polímero sólido presentando excelente resistencia química y buena ad-
herencia al sustrato. Además de lo anterior se adicionan flexibili-
zantes, extendedores, y agregados. La selección adecuada y el uso de
estos componentes individuales es importante en la preparación de un
piso ó cemento satisfactorio. Estos componentes serán discutidos in-
dividualmente a continuación:

Selección de Resina:

Un gran número de resinas epóxicas líquidas han sido exitosamente usadas en esta aplicación. Dos factores necesitan considerarse al hacer la selección. Una baja viscosidad es un atributo deseable cuando se requiere un material más fácil de dispersar, de mejor humectación, y para poder utilizar alta cantidad de cargas. De otra forma, resinas de viscosidad más elevada puede permitir el uso de extendedores líquidos de bajo costo y viscosidad, produciendo una formulación más económica.

Selección del agente curante:

Para este tipo de aplicaciones, las resinas epóxicas pueden ser curadas con dos tipos generales, aminas alifáticas y resinas poliamidas. Las últimas proporcionan películas más flexibles, y son más utilizadas en la aplicación de pisos integrales decorativos. El formulador debe seleccionar un agente curante que reaccione bastante rápido con la resina en temperatura ambiente para regresar el área bajo tratamiento lo más pronto posible a servicio, y en un lapso de tiempo económicamente corto para proporcionar tiempo adecuado para la aplicación del cemento resinoso.

a) Aminas Alifáticas:

El agente curante más comúnmente usado con estos sistemas es la dietilentriamina (DTA) debido a su disponibilidad, costo, velocidad de curado y propiedades de polímero generalmente satisfactorias.

En temperaturas de operación de 15 a 40°C muchas formulaciones curarán satisfactoriamente en cerca de 2 a 8 hrs., donde en días de verano calurosos, curarán en tiempos tan cortos como de 1 hr. La superficie normalmente curará totalmente en una semana.

Cuando se desea un curado más rápido, se adicionan al sistema algunos aceleradores tales como fenol, bisfenol, ó resorcinol. Estos aceleradores funcionan satisfactoriamente en 20°C ó más, pero su efectividad disminuye en temperaturas más bajas.

Otros agentes curantes del tipo amino alifático, tales como etilendiamina, trietilentetramina, tetractilpentamina, pueden ser sustitui-

tos sin cambio significativo en propiedades.

b) Poliamidas :

Próximo a las aminas lineales, la fuente mayor de agentes curantes satisfactorios en temperatura ambiente se encuentra entre los agentes curantes flexibilizadores, tales como los Versamid, Genamid, ó Thiokol. La experiencia ha indicado que los efectos irritantes de estos agentes curantes son significativamente menores que el de los agentes tipo aminas alifáticas.

FLEXIBILIZANTES :

Es importante flexibilizar el sistema para:

- 1) Acomodar los esfuerzos creados por diferencias en coeficientes de expansión térmica entre el material de superficie y el material base al cual el primero fue aplicado, especialmente cuando áreas largas del recubrimiento son expuestas al sol e intemperie.
- 2) Mejorar la resistencia a fracturas e impacto y contrarrestar la rigidez creada por un sistema algunas veces altamente cargado.

La resistencia cohesiva y muchas otras propiedades físicas y químicas decrecen conforme la concentración de flexibilizante es incrementada más allá de un cierto límite. Consecuentemente debe tenerse cuidado para obtener el mejor balance entre flexibilidad y dureza para desarrollar un sistema el cual funcione satisfactoriamente en los servicios físicos y químicos más severos.

La tabla siguiente presenta algunos flexibilizantes de los más utilizados en estos sistemas:

T A B L A 2 - 12

ADITIVO	TIPO	PROVEEDOR	CONCENTRACION PRÁCTICA, PHR'	OBSERVACIONES
AROCLOR 1242	Difenilo clorado	Industrias Resistol	15-40	Tendencia a exudación y retardar la velocidad de curado en concentraciones mayores de 40 phr.

GENAMID 250	Poliamida	General Mills	80-115	No requiere agente curante adicional. Buen balance de propiedades.
ACEITE DE PINO	Producto natural	Hercules y otros.	10-25	Bajo costo. Buen balance de propiedades.
THIOKOL LP-3	Resina polisulfuro	Thiokol Corp.	50-100	Empaque separado. Buenas propiedades.
VERSAMID 140	Poliamida	General Mills	100-150	No se necesita agente curante adicional. Buen balance de propiedades.

'PHR - partes en peso, por cienpartes en peso de resina epóxica.

EXTENDEDORES Y PIGMENTOS.-

Es deseable, por supuesto, usar extendedores para abatir el costo cuando los requerimientos del servicio lo permiten. Los extendedores pueden ser líquidos ó sólidos, y pueden contribuir en otras propiedades además de la reducción de costo; tales como reducción de viscosidad, flexibilidad y humectación en el caso de extendedores líquidos, y espesamiento, color y resistencia al uso en el caso de extendedores sólidos.

A. Extendedores líquidos.

Los extendedores líquidos son clasificados como "permanente" (teniendo punto de ebullición sobre 200°), y "volátiles" (de bajo punto de ebullición).

1.- Extendedores líquidos permanentes:

Uno de los extendedores más atractivos desde el punto de vista de costo y funcionamiento es el alquitrán de hulla. La experiencia ha indicado que un grado moderadamente fluido de alquitrán de hulla (CP-524 de Allied Chemical Corp.) será el más satisfactorio, y que el uso de 100 phr es el límite máximo para obtener una larga vida y retención de adherencia. Las resinas epóxicas y alquitrán de hulla deberán empaquetarse separadamente debido a que la viscosidad de tal mezcla se incrementa en temperatura ambiente a una velocidad que después de 4-6 -

semanas llegará a ser demasiado viscosa para usarse. Este tipo de alquitrán de hulla es más estable cuando se mezcla con DTA, tales mezclas han sido observadas por más de 1 año sin cambio significativo en viscosidad ó velocidad de curado.

Otro extendedor utilizado fue el alquitrán de pino, éste es compatible en altas concentraciones con resinas epóxicas, e imparte mayor flexibilidad al sistema. La utilidad de este material es limitada, debido a la formación excesiva de cuerpo en la presencia de aminas a causa de su naturaleza ácida. Debido a su acidez, se requieren mayores cantidades de agentes curantes cuando se utilizan este tipo de extendedores. .

Aunque de más alto costo, pero siendo los extendedores líquidos actualmente más utilizados son los diluyentes reactivos tales como alil glicidil eter (AGE), fenil glicidil eter (PGE), etc., éstos pueden usarse en pequeñas cantidades para reducir viscosidades con poco ó nulo sacrificio en propiedades mecánicas, particularmente en temperaturas elevadas. Donde los diluyentes reactivos de este tipo también consumen agente curante, cantidades aproximadas de agente curante deben ser usadas, basadas en el total estequiométricamente requerido.

2.- Extendedores líquidos volátiles:

La inclusión de solventes volátiles (tal como xileno 10-15 phr) pueden usarse en carpetas siendo aplicadas en capas delgadas. Aquí se obtiene una excelente reducción de viscosidad, y como el solvente se evapora, el aglutinante rodea el agregado logrando efectos antiderrapantes, debido a que los granulos son completamente encapsulados. El uso de solventes volátiles retarda el endurecimiento y no debe usarse cuando se tengan capas ó películas mayores de 1/4", pues provocaría pobre liberación de solvente.

B. Extendedores sólidos y pigmentos:

Los extendedores sólidos y pigmentos pueden ser adicionados para 3 propósitos, impartir color, espesar, y lograr resistencia al uso.

1.- C o l o r.

A causa de la alcalinidad de los agentes curantes usados, los pigmentos de color deberán seleccionarse en base a la estabilidad en presen

cia de estos materiales. Naturalmente, los pigmentos de color no son utilizados cuando se incluyen materiales líquidos oscuros tales como el alquitrán de hulla. Cuando se observan estas precauciones, se pueden obtener pisos muy atractivos por técnicas convencionales de molienda de pigmentos. Con un ligero sacrificio en brillo, el pigmento puede ser incorporado y agitado directamente en el aglutinante. Debido a que en este tipo de aplicaciones se utilizan capas gruesas de resina, la necesidad de pigmento es más baja que la requerida en pinturas.

Es conveniente considerar en esta sección de color que la reacción entre la resina y los agentes curantes provocarán efectos de amarillamiento en el color más ó menos notables dependiendo del tipo de agente curante, más marcado con aminas alifáticas que con poliamidas.

2.- Espesamiento.

Cuando se van a hacer aplicaciones sobre superficies no horizontales, es deseable algunas veces adicionar agentes espesantes para eliminar el flujo. Estos materiales son normalmente usados en pequeñas cantidades, y como los pigmentos de color, son más efectivos cuando se dispersan en la resina. Ejemplos: Cab-o-sil, Santocel, Bentone 34, Thixcin E, etc.

3.- Resistencia al uso.

En suma a la reducción de costo, ciertos extendedores tales como sílica flour, cuarzo triturado, silicatos, etc., incrementan la dureza y resistencia al uso y abrasión de estos sistemas. La inclusión de estos materiales también (1) reduce los efectos de expansión térmica, (2) ayuda a distribuir las cargas aplicadas, (3) actúa para alargar la vida útil y permitir la instalación de secciones muy gruesas sin incrementar excesivamente la temperatura.

SELECCION Y USO DE AGREGADOS:

No todas las aplicaciones en el campo de los pisos industriales requieren resistencia antiderrapante. Sin embargo, esta sección se restringirá a considerar selección de agregados para aplicaciones que requieran un alto grado de efecto antiderrapante y resistencia al uso.

Para alcanzar la resistencia derrapante y al uso deseados, una selección adecuada del agregado abrasivo es de lo más importante. El agregado seleccionado deberá estar limpio, libre de polvo, duro, y sobre todo seco. Una gran variedad de agregados puede ser usada.

Generalmente, a menor dureza, más bajo el costo y la calidad de uso. La selección del agregado dependerá de la disponibilidad local, costo, vida de servicio y probablemente variará considerablemente de una aplicación a otra. Para muchas aplicaciones, el uso de cuarzo triturado ha probado ser altamente satisfactorio. El óxido de aluminio y el carburo de silicio son excelentes desde el punto de vista de resistencia a la compresión, uso y resistencia al pulido.

Para resistencia derrapante extrafuerte, el uso de agregados muy finos en aplicaciones donde la superficie estará sujeta a alta contaminación deberá evitarse, ya que tal contaminación podría fácilmente llenar los intersticios del recubrimiento y provocar que las propiedades de tracción se pierdan. En aquellas aplicaciones donde se requieren una continua limpieza de la superficie, la granulometría no deberá ser demasiado gruesa tal que llegue a ser rugosa ó abrasiva. Normalmente, tamaños de malla desde 8 a 40 ($1/8''$ a $1/32''$) son preferibles para superficies sujetas a tráfico de vehículos. En aplicaciones de frecuente limpieza (tal como plantas de alimentos), ó cuando es preferible usar una formulación allanable, tamaños de mallas tan bajas como 100 serán satisfactorias.

Los agregados en el rango de malla 8 a 100 contendrán usualmente de 30 a 50% de espacios vacíos por volumen. El porcentaje de espacios vacíos se incrementa conforme el tamaño de partícula es más uniforme, y como la forma de partícula llega a ser más irregular. Para mayor resistencia el volumen de resina deberá ser igual ó exceder ligeramente al contenido de espacios libres teóricos. Es realmente visto que el mezclado de agregados grandes y pequeños reducirán los espacios vacíos, y por tanto el requerimiento de resina, y el costo unitario.

Conforme disminuye el tamaño de partícula del agregado incrementa su efecto espesante y con ésto la allanabilidad. El tamaño de partícula mínimo para propósitos prácticos y económicos de rellenos es limi

tado a cerca de malla 100. Cuando el propósito de la mezcla resina-agregado es rellenar hoyos ó irregularidades, puede utilizarse una - baja relación de resina a agregado (menor costo).

T A B L A 2-13

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE
CEMENTOS QUIMICO - RESISTENTES

ASTM (N ^o de prueba)	PROPIEDAD	PCLIESTER (carga si- lice)	FENOLICO (carga - carbón)	EPOXICO (carga carbón)	FURANICO (carga - carbón)
C-307-53T C-287-52T	Resistencia a la tensi- ón psi.	1,200	1,250	1,500	1,200
C-306-53T C-287-52T	Resistencia a la compre- sión psi.	11,000.	11,000	16,000	14,000
D-790-49T	Resistencia a la flexión psi.	6,000	4,000	6,000	5,000
D-790-49T C-287-52T	Módulo de -- ruptura, psi	1,000	1,000	1,500	1,000
D-792-50	Gravedad es- pecífica	2.0	1.4	1.4	1.4
D-696-444	Coefficiente de expansión térmica in/in/° F x 10 ⁻⁶	5	6	6	6
	Adherencia - tabique, psi	400	400	500	500
D-750	Absorción de agua, %	0.2	0.2	0.3	0.2
	Temperatura max. de ser- vicio (°F)	180	360	200	375

T A B L A 2-14

RESISTENCIA QUIMICA DE CEMENTOS ANTICORROSIVOS.

T I P O	Cemento Furánico	Cemento Poliester	Cemento Epóxico	Cemento Fenólico
Temperatura máxima de Servicio	175°C	120°C	70°C	175°C
Acetaldehido	R	NR	—	—
Acido acético - 10%	R	25°	25°	R
Acido acético - Glacial	R	NR	NR	R
Acetona	25°	NR	NR	+
Cloruro de Acetilo	R	NR	NR	—
Cloruro de aluminio	R	R	R	R
Nitrato de aluminio	NR	70°	—	25°
Sulfato de aluminio	R	R	R	R
Cloruro de amonio	R	R	R	R
Hidróxido de amonio	R(1)	40°	R	NR
Nitrato de amonio	R	R	R	R
Sulfato de amonio	R	R	R	R
Acetato de amilo	R	NR	—	—
Alcohol amílico	R	—	—	—
Anilina	25°	NR	—	NR
Cloruro de antimonio	R	R	R	R
Cloruro de bario	R	R	R	R
Hidróxido de bario	R	25°	R	NR
Nitrato de bario	R	R	R	R
Sulfuro de bario	R	25°	R	NR
Benceno	R	NR	—	+
Acido bencen-sulfónico	R	NR	—	—
Acido benzoico	R	R	R	R
Acido bórico	R	R	R	R
Agua de bromo	NR	R	—	25°
Acetato de butilo	R	NR	—	—
Alcohol butílico	R	25°	R	—
Acido butírico	R	25°	—	R
Cloruro de cadmio	R	R	R	R
Nitrato de cadmio	R	70°	R	R

T I P O	Cemento Furánico	Cemento Poliéster	Cemento Epóxico	Cemento Fenólico
Temperatura máx. de servicio	175°C	120°C	70°C	175°C
Cloruro de calcio	R	R	R	R
Hidróxido de calcio	R	25°	R	NR
Sulfato de calcio	R	R	R	R
Bisulfuro de carbono	R	NR	NR	R
Tetracloruro de carbono	R	25°	R	R
Dióxido de cloro (soln. acuo.)	NR	80°	—	NR
Gas cloro, seco	NR	40°	NR	NR
Gas cloro, húmedo	NR	40°	NR	NR
Agua de cloro	+	80°	NR	25°
Acido cloroacético	R	NR	—	R
Clorobenceno	R	NR	—	25°
Cloroformo	R	NR	—	25°
Acido crómico - 10%	NR	60°	NR	+
Acido crómico - 5 %	NR	NR	NR	NR
Acido cítrico	R	R	R	R
Acido dicloroacético	R	NR	—	R
Diclorobenceno	R	25°	—	25°
Eter dietílico	R	+	—	25°
Acetato de etilo	R	NR	—	25°
Alcohol etílico	R	R	R	25°
Dicloroetileno	R	NR	—	25°
Etilenglicol	R	70°	—	R
Acido fluorosilícico	R(1)	25°(1)	—	R
Formaldehido	R	R	—	R
Acido fórmico	+	+	+	+
Furfural	25°	NR	NR	—
Gasolina	R	25°	R	R
Glicerina	R	70°	R	R
Acido iodhídrico	R	NR	—	—
Acido bromhídrico	25°	R	—	NR
Acido clorhídrico	R	R	R	R
Acido fluorhídrico 10%	R(1)	85°(1)	—	R
Acido fluorhídrico 48%	R(1)	NR	—	R

T I P O	Cemento Furánico	Cemento Poliéster	Cemento Epóxico	Cemento Fenólico
Temperatura máx. de servicio	175°C	120°C	70°C	175°C
Acido hidrof fluorosilícico	R(1)	25°	—	R
Peróxido de hidrogeno 30%	NR	25°	—	NR
Queroseno	R	25°	R	R
Acido láctico, 25%	R	R	25°	R
Acido láctico, 85%	R	R	NR	R
Nitrato de plomo	R	R	R	R
Aceite de linaza	R	R	R	R
Cloruro de Magnesio	R	R	R	R
Hidróxido de magnesio	R	70°	R	NR
Nitrato de magnesio	70°	70°	R	R
Sulfato de magnesio	R	R	R	R
Metanol	R	25°	25°	25°
Metil etil cetona	R	NR	—	25°
Metil isobutil cetona	R	NR	—	25°
Acido nítrico 5%	NR	70°	NR	+
Acido nítrico 20%	NR	25°	NR	NR
Acido nítrico 40%	NR	NR	NR	NR
Aceites vegetales	R	R	R	R
Solución fenol, 5%	R	NR	25°	—
Acido fosfórico	R	R	—	R
Acido ftálico	R	R	—	R
Dioromato de potasio	R	R	—	R
Hidróxido de potasio	R(1)	+(1)	R	NR
Permanganato de potasio sol. saturada	60°	60°	—	R
Piridina	25°	NR	NR	NR
Nitrato de plata	+	70°	—	R
Acetato de sodio	R	R	—	R
Bicarbonato de sodio	R	R	R	R
Bisulfito de sodio, 30%	R	R	R	R
Carbonato de sodio	R	+	R	25°
Hidróxido de sodio	R(1)	+(1)	R	NR
Hipoclorito de sodio	NR	R	NR	NR

T I P O	Cemento Furánico	Cemento Poliéster	Cemento Epóxico	Cemento Fenólico
Temperatura máx. de servicio	175°C	120°C	70°C	175°C
Nitrato de sodio	R	R	R	R
Sulfato de sodio	R	R	R	R
Sulfuro de sodio	R	25°	—	NR
Trióxido de azufre, húmedo	NR	NR	NR	25°
Acido sulfúrico, 5%	R	R	R	R
Acido sulfúrico, 50%	R	R	R	R
Acido sulfúrico, 80%	NR	NR	NR	25°
Acido sulfúrico, 93%	NR	NR	NR	25°
Acido sulfúrico fumante	NR	NR	NR	NR
Acido tartárico	R	R	R	R
Tolueno	R	25°	—	+
Acido Tricloroacético	R	NR	—	R
Fosfato trisódico	R	25°	R	25°
Urea	R	25°	—	R
Agua	R	R	R	R
Xileno	R	25°	—	+
Sulfato de zinc	R	R	R	R

En donde se indica la temperatura, ésta es la máxima recomendada en °C.

- R Resistencia del cemento en temperaturas hasta la máxima de servicio, ó el punto de ebullición del corrosivo, cualquiera de los dos que sea menor.
- NR El cemento no se recomienda para este servicio.
- R(1) Usar solamente grados libres de sílica.
- + Indica que el cemento es satisfactorio en algunos casos. Es conveniente verificarlo con los fabricantes de dichos productos.
- Indica que no hay datos suficientes para recomendación.

VIDA ÚTIL Y TIEMPO DE ENDURECIMIENTO DE MORTEROS RESINOSOS QUÍMICO-RESISTENTES.-

ASTM - C308 - 64

Definiciones:

- a) Mortero resinoso químico-resistente.- Una mezcla íntima de un material resinoso líquido, un agente endurecedor, y una carga propiamente seleccionada, mezclados en temperatura ordinaria para formar un mortero allanable que posteriormente endurece y se transforma en una masa infusible.
- b) Vida útil.- El intervalo de tiempo en minutos después del mezclado inicial del polvo y la resina líquida, en cualquier temperatura específica y en la ausencia de luz solar directa, en el cual el mortero puede ser aplicado a la superficie de un tabique ó loseta sin enrollarse en la llana y dificultarse su aplicación.
- c) Tiempo de endurecimiento Inicial.- El intervalo de tiempo en horas después del mezclado del polvo y la resina líquida, en cualquier temperatura específica, en el cual una junta de 1/4" de ancho del mortero entre tabiques es penetrada menos de 1 mm por una aguja VICAT durante un período de 10 minutos.
- d) Tiempo de endurecimiento para resistencia al servicio.- El intervalo de tiempo en días después del mezclado inicial de la carga y resina líquida, en cualquier temperatura específica, en el cual el cemento ha adquirido cuando menos 90% de su última resistencia tensil.
- e) Resistencia final a la tensión.- Aquel valor de resistencia a la tensión que no puede incrementarse con el tiempo. Para el propósito de estos métodos la resistencia final a la tensión es considerada como la resistencia tensil en el tiempo cuando hay un incremento de menos de 100 psi entre pruebas hechas en intervalos de 48 hrs.

TEMPERATURA.-

- a) Todos los materiales usados en este método deben almacenarse por cuando menos 16 hrs. antes de usarse en la temperatura de prueba estándar.

b) La temperatura estandar para la vida útil y tiempo de endurecimiento inicial deberá ser $73.4 \pm 4^{\circ}\text{F}$ ($23 \pm 2.2^{\circ}\text{C}$). Otras temperaturas de prueba entre 65 y 90°F (18 y 32°C) son aceptables.

PREPARACION DEL MORTERO.-

a) Se debe preparar una muestra de 1 000 g del mortero, usando cantidades proporcionales de carga y líquido, según recomiende el fabricante. Si las proporciones especificadas son por volúmen, los materiales deberán pesarse y reportar las proporciones correspondientes por peso. Una cantidad adecuada de líquido debe vaciarse en la caja de mezclas, el polvo adicionarse gradualmente a la resina líquida, y la masa total mezclarse con la llana hasta asegurar una mezcla uniforme (esta operación debe completarse en 3 minutos). La operación de mezclado deberá continuarse por 1 minuto después de haber obtenido una mezcla uniforme. El mortero se dispersará en una capa de espesor uniforme cubriendo la superficie entera de la caja de mezclas.

b) Para un cemento-mortero resinoso premezclado, el procedimiento descrito en el párrafo (a) puede modificarse ligeramente para permitir la adición de catalizador al mortero dentro del límite de tiempo especificado.

VIDA UTIL.- Tomar aproximadamente porciones de 15g del mortero resinoso en intervalos específicos y aplicarlos en una superficie horizontal de un tabique seco y limpio ó pedazo de asbesto-cemento.

Para obtener suficientes datos con la misma cantidad de material, se sugiere que los primeros 3 intervalos sean de 2 minutos, los siguientes 3 intervalos sean de 5 minutos, y los intervalos subsecuentes sean de 15'. La muestra deberá ser tomada de una porción del mortero localizada cuando menos 5 cm del lado de la caja de mezclados. La vida de trabajo deberá ser registrada como el tiempo en minutos en el cual el mortero no se enrosque alrededor de la llana.

TIEMPO DE CURADO INICIAL.-

a) Inmediatamente después de completar la mezcla, se toman aproximadamente 50 g del mortero con una llana y se aplican a los bordes de 2

tabiques secos y limpios. Los tabiques deben colocarse sobre papel encerado y los bordes aplicados presionarse para formar una junta de aproximadamente 1/4" de ancho. Es conveniente asegurar el espesor de la junta insertando pequeñas barras de fierro del espesor indicado en los extremos de la junta. Los espesores diferentes de 1/4" son aceptables, siempre y cuando sean registrados con los datos de prueba. - Cualquier exceso de material sobre la junta deberá eliminarse con la ayuda de la llana.

b) La junta será examinada cualitativamente, en intervalos de 2 hrs, con la punta de la llana, observando la dificultad de penetración. La prueba deberá continuarse con una aguja VICAT hasta que la indentación de la aguja durante un período de 10 mins. sea menor que 1 mm. El tiempo de endurecimiento inicial será registrado como el intervalo de tiempo en horas en el cual la indentación de la aguja VICAT es menor de 1 mm.

TIEMPO DE ENDURECIMIENTO PARA SERVICIO.-

Se prepararán 6 especímenes para prueba de tensión de acuerdo con el método ASTM C 307. La primera prueba se hará 24 hrs después de alcanzar el tiempo de curado inicial y continuará cada 48 hrs hasta que el incremento en resistencia entre pruebas sea menor de 100 psi. El tiempo de endurecimiento final será registrado como el tiempo en días - en el cual hay un incremento en resistencia tensil de menos de 100 psi entre pruebas hechas en intervalos de 48 hrs.

MEMBRANAS IMPERMEABLES.-

Debido a que los subpisos son algo porosos, éstos deben ser primero protegidos por una membrana a prueba de agua. Si se selecciona una membrana asfáltica gruesa y químico-resistente, el subpiso estará protegido tanto del agua como de soluciones correctivas.

En la práctica, un recubrimiento primario debe preceder a cualquier aplicación de una membrana. Este primario generalmente está formado por el material asfáltico básico que forma a la membrana, disuelto en solventes tipo naftas aromáticas.

Una de las membranas más satisfactorias y universalmente aceptadas - por su resistencia a la corrosión consiste de un primario tipo asfáltico seguido por una capa asfáltica de vaciado en caliente. El material base son asfaltos oxidados de números altos (12 y 14), los cuales presentan una consistencia quebradiza, a diferencia de los asfaltos oxidados de menores números que son de consistencia muy chiclosa y más difíciles de manejar. Como el producto es resiliente, termoplástico y blando éste no puede ser usado como una superficie final, por lo cual es necesario completar el sistema con tabiques y cemento.

En algunas ocasiones, sobre todo para aumentar la resistencia mecánica de la membrana, y su resistencia a la corrosión, se refuerza ésta con láminas de fibra de vidrio.

Esta membrana asfáltica es inmune a las concentraciones fuertes de casi todos los ácidos comerciales, álcalis, y soluciones salinas - pero no a los solventes-. Y mecánicamente aísla al sistema de tabiques del movimiento estructural del concreto.

Propiedades de la membrana asfáltica.

COLOR - Negro

METODO DE APLICACION - Distribución con herramientas de fibracel.

DENSIDAD (ASTM D 7152) - 65 - 66 lb/ft³ = 1.041 ó 1.057 K/lt.

EMPAQUE - Cuñetes de cartón, 100 kg netos c/u.

PUNTO DE ABLANDAMIENTO - 80 - 90°C.

Método bola y anillo (ASTM D 36 - 26)

RANGO OPTIMO DE VACIADO - 135 - 150°C (máximo)

PENETRACION A 25°C - 20 - 30
(ASTM D 5-61)

VIDA DE ALMACENAMIENTO - 1 año
(a temperaturas de 20 - 30°C)

Existen otros tipos de membranas impermeables fabricadas con materiales tales como cloruro de polivinilo, hule natural, neopreno, etc., - más sin embargo todas éstas son más utilizadas en sistemas de protección metálica (tanques de acero, estructuras, etc.).

TABIQUES ANTIACIDOS.-

Existen en general 3 tipos de tabiques disponibles para construcciónes químico-resistentes, ellos son: esquisto rojo quemados, caolin quemado y tabique de carbón. La diferencia entre el tabique de esquisto rojo y el tabique de caolin es principalmente física más que química. Los caolines son usualmente de 2 tipos: caolines superficiales, los cuales son extraídos de depósitos más viejos, y caolines quemados los cuales se encuentran en niveles más profundos y así llamados debido a sus cualidades refractarias.

Las propiedades químicas del caolin, en mayor extensión, determinan el color y fusibilidad del producto. El óxido de fierro en los caolines tiende a colorear el producto terminado en rango de rojo, café y ante, donde los caolines libres de este material usualmente dan colores blancos ó cremas.

Si hay cal presente en cantidad suficiente, producirá tabiques y losetas color crema ó ante. Debido a que estos materiales abaten el punto de fusión del caolin, son llamados fundentes. Otros fundentes son óxidos de fierro, manganeso, fósforo, calcio, magnesio, sodio y potasio.

Estos óxidos son impurezas desde el punto de vista químico, pero ellos actualmente fortifican el cuerpo del caolin quemado, lo cual es conveniente para propósitos estructurales. En general, los esquistos y caolines superficiales contienen altos porcentajes de óxidos, en un rango desde 1.5% mínimo hasta 9% máximo.

Los tabiques de carbón consisten esencialmente de partículas de carbón granulares, las cuales son comprimidas con un aglutinante, y entonces fundidas y cortadas en unidades estandares de construcción estructural. Los tabiques de grafito tienen una mayor conductividad térmica y mayor resistencia a la oxidación, pero son algo más blandos.

Tanto el carbón como el grafito son estables en varias temperaturas comerciales en atmósferas reducidas. Sin embargo, exposición continua, en temperaturas arriba de 350°C para el carbón y 450°C para el grafito causarán deterioración.

Los tabiques de carbón y grafito resisten la acción corrosiva de todos los ácidos, álcalis y solventes, excepto la de agentes oxidantes.

fuertes. Ellos se adhieren firmemente a materiales de unión, son mecánicamente fuertes y no tienden a desbaratarse excesivamente.

Los tabiques usados en construcciones químico-resistentes deben ser estructuralmente fuertes para soportar el abuso y servicio al cual se expongan en las industrias químicas. Este abuso es particularmente severo cuando los tabiques son usados en áreas de pisos como bordes de aceras, etc., y en menos grado cuando son usados como tapaderas, guarnición etc..

Los tabiques de caolin y esquistos son inherentemente resistentes a muchos ácidos en todas las concentraciones, y muchos álcalis en concentraciones moderadamente débiles. Debido a que estos tabiques son principalmente compuestos de sílice, ellos serán atacados por soluciones de ácido fluorhídrico. Estos dos tipos de tabiques no son recomendados para servicios alcalinos en concentraciones arriba de 20%.

En muchos casos, en los que el tabique es atacado químicamente, este ataque no es razón suficiente desde el punto de vista económico para justificar el uso de tabiques de carbón más caros. La unión del mortero con tabiques ordinarios de construcción depende en gran parte de la velocidad en la cual el agua pueda penetrar en los capilares del tabique. En construcciones a prueba de ácido, se deben hacer modificaciones superficiales ya que esta acción capilar no es tan evidente como con tabiques menos densos.

La adherencia satisfactoria es frecuentemente alcanzada por la rugosidad de la superficie del tabique al cual el mortero será aplicado. Esta rugosidad puede ser provocada modificando la textura del tabique ó texturizando físicamente la superficie del tabique antes de cocinarlo.

Propiedades comparables para los distintos tipos de tabiques se muestran a continuación:

	ESQUISTO ROJO	CAOLIN QUEMADO	CARBON
Resistencia Compresión Promedio (psi)	18,200	17,600	8,320
Modulo de ruptura (psi)	2,300	3,800	3,00
% Absorción 5 hr. en ebullición	2.7	2.4	—

	ESQUISTO ROJO	CAOLIN QUEMADO	CARBON
Densidad aprox. lb/ft ³	145	138	100
Quemado a punto de fusión (°F)	1980	2250	---
Conductividad térmica btu/hr ft ² (°F/ft)	9	7	3
Resistencia Tensil (psi)	690	1100	1500

Las dimensiones más comunes para construcción de pisos con tabiques - de esquisto rojo son 8 1/4 x 4 x 1 3/8" y 8 x 3 7/8 x 1 3/8" ó losetas de caolin quemado 12 x 6 x 1 1/2".

Los tabiques de carbón son usados cuando se presentan cantidades apreciables de fluoruros ó álcalis concentrados con dimensiones de 8 x 3 3/4 x 2 1/4 inch.

Debido a su color más claro y mejores propiedades aislantes, el tabique de caolin quemado es el más usado por la industria de proceso químico. Algunas veces cuando la contaminación de fierro debe evitarse ó reducirse a un mínimo absoluto, se especifican tabiques con nulo -- contenido de fierro.

TAPIQUES PARA PISOS INDUSTRIALES.-

ASTM C 410-60. / ASTM C 279-54

Objeto.

Estas especificaciones cubren a los tabiques fabricados de arcilla ó esquisto ó mezclas de ambos, los cuales son utilizados para recubrir pisos industriales. Las formas cerámicas conocidas como losetas, no son cubiertas por esta especificación. Cuatro tipos de tabiques para pisos industriales son cubiertos:

Tipo T. Para usarse donde se requiere un alto grado de resistencia a choques térmicos y mecánicos, pero no se necesita una baja absorción.

Tipo H. Para usarse cuando la resistencia química y el choque térmico sean factores de servicio pero no sea necesaria una absorción baja.

Tipo M. Para usarse donde se requiere absorción baja. Los tabiques de este tipo se caracterizan normalmente por su resistencia limitada al impacto mecánico pero ofrecen una alta resistencia a la abrasión.

Tipo L. Para usar donde se requiere absorción mínima y un alto grado de resistencia química. Los tabiques de este tipo se caracterizan -- normalmente por una resistencia térmica y al impacto limitadas, sin -- embargo, son altamente resistentes a la abrasión.

REQUERIMIENTOS FISICOS Y QUIMICOS.

DESIGNACION	MODULO DE RUPTURA MINIMO psi, (sec- ción gruesa).		ABSORCION DE AGUA MAXIMA, % (5 hrs. hirvien- do).		PERDIDA DE PE- SO MAXIMO POR PRUEBA DE RE- SISTENCIA QUI- MICA, %.
	Promedio de 5 ta- biques.	Indivi- dual.	Promedio de 5 ta- biques.	Indivi- dual.	
Tipo T	1000	750	10	12	No necesaria
Tipo H	1250	1000	6	7	20
Tipo M	2000	1500	2	2.5	No necesaria
Tipo L	2500	2000	1	1.5	8

El tipo más utilizado en la fabricación de pisos industriales es el - L, debido a sus excelentes características de resistencia química y - mecánica.

Composición típica de un tabique de caolín ó arcilla roja tipo L.
(20x10x6 cms.)

% de SiO₂ 63.95
 % de Al₂O₃ 18.35
 % de Fe₂O₃ 5.83
 % de CaO 0.32
 % de MgO 0.711
 % de Na₂O 0.721
 % de K₂O₃ 2.35
 % de pérdida por calcinación 6.68

Pruebas físicas con la Norma ASTM 279-54 Tipo L.

Resistencia a la flexión modulo de ruptura 174 kg/cm²

% de absorción 4.5 promedio

Especificación de tabiques tipo L del fabricante Santa Julia.

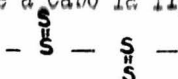
Resistencia a la compresión	700 kg/cm ²
Resistencia a la abrasión.	
Pérdida de peso en gramos a 2000 ciclos según código Taber con abrasivos 398-80 J.V.K. del país.	4.2 máx.
Resistencia a la absorción.	
Después de estar sumergidos dos horas en agua a temperatura de ebullición...	4.9% máx.
Resistencia al ácido nítrico.	
48 horas a ebullición, concentración 50%. Peso de la muestra 50 g.	46.8 peso final
Resistencia al ácido sulfúrico.	
48 horas a ebullición, concentración 80%. Peso de la muestra 50 g.	46.2 peso final

JUNTAS DE EXPANSION.

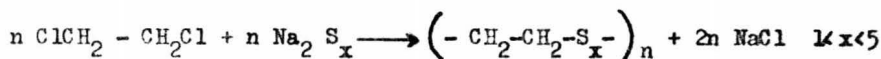
Los materiales utilizados como juntas de expansión en la aplicación de sistemas anticorrosivos a pisos son generalmente elastómeros de tipo polisulfuro, pertenecientes al grupo de los Tioplastos.

Los tioplastos tuvieron su origen en la combinación de cloruro de etileno y polisulfuro de sodio a ebullición en medio acuoso, dando lugar al producto patentado como THIOKOL A.

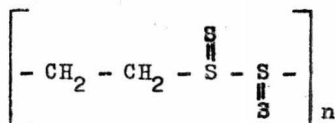
Una diferencia significativa entre la formación de elastómeros de polisulfuro y muchos otros elastómeros sintéticos es que la reacción esencial es una reacción verdadera de condensación, y no una polimerización de adición. Así mismo, se demostró que los dihaluros orgánicos que tienen la agrupación terminal-CH₂Cl reaccionan rápidamente con los polisulfuros inorgánicos formando polímeros lineales de alto peso molecular, llevándose a cabo la liga en las cadenas a través de los puentes de azufre



La reacción general es:



Así, la condensación de cloruro de etileno con tetrasulfuro de sodio produce un polisulfuro lineal teniendo como estructura:



la cual presenta propiedades similares al hule. Los materiales de esta clase forman la base de los elastómeros sintéticos tipo THIOKOL, los cuales tienen alta resistencia a aceites y solventes.

En la producción comercial, el dihaluro se adiciona lentamente, con agitación vigorosa, a una solución acuosa de polisulfuro de sodio. Además, se usa hidróxido de magnesio para facilitar la reacción, y exceso de polisulfuro de sodio por economía y para obtener un líquido viscoso en lugar de un elastómero. La reacción es exotérmica y requiere de dos a 6 horas para llevarse a cabo a 70°C. Al completarse la reacción, se permite que la suspensión se asiente, y el producto se lava hasta eliminar el cloruro de sodio libre, y el exceso de polisulfuro de sodio.

Los elastómeros THIOKOL que terminan en grupos tioles pueden ser vulcanizados por una variedad amplia de agentes oxidantes, como son: peróxido de zinc, peróxido de plomo, hidroperóxido de cumeno, y secantes de cobalto. La gravedad específica de estos materiales varía de 1.33 a 1.38. Su resistencia tensil es superior a 1400 psi y se obtienen elongaciones de 500 a 600%. Con respecto a su resistencia química presentan características excelentes a los solventes, aceites e impermeabilidad a gases.

Los polisulfuros de venta comercial para usarse en juntas de expansión son modificados la mayoría de las veces con resinas epóxicas y furánicas, lo cual mejora su resistencia química sin detrimento serio de sus propiedades elastoméricas.

Estos compuestos se venden en sistemas de dos componentes, uno de los cuales contiene al polisulfuro, y el otro al agente oxidante.

Especificación Típica:

Tipo de material	—	Polisulfuro furánico
Color	—	Negro
Método de aplicación	—	Vaciado
Vida útil a 20°C	—	3 horas
Curado inicial a 25°C	—	24 horas
Listo para servicio a 25°C	—	72 horas
Rango de temperatura	—	- 18°C a 120°C
Elongación	—	90 %
Resistencia tensil	—	52 psi
Dureza shore	—	35

M A N U F A C T U R A

D E

C E M E N T O S A N T I C O R P O S I V O S

C A P I T U L O I I I

FABRICACION DE CEMENTOS ANTICORROSIVOS.-

Los cementos anticorrosivos para protección ó formación de pisos industriales están constituidos esencialmente por dos componentes: un líquido en el cual se encuentra la resina ó aglutinante y aditivos; y un sólido conteniendo agregados y el agente curante.

De por lo anterior que la fabricación de cementos anticorrosivos se lleva a cabo en dos procesos, los cuales son:

I) Fabricación del componente sólido.- Este consiste en el mezclado de agregados de diferentes granulometrías con los agentes curantes, - que actualmente en su mayoría son sólidos. Es un proceso de mezclado sólido-sólido.

Los materiales usados como agregados son arenas-sílices de diferentes mallajes (Malla 100, 200, 40-serie Tyler-), coke-flour, Paritas, carbón, etc., y los agentes curantes, dependiendo del tipo de cemento -- pueden ser ácido p-toluensulfónico, peróxido de benzilo, compuestos amínicos en forma de polvo, etc.

En algunas ocasiones se adicionan a este componente aditivos para impartir propiedades específicas, como es el caso de anilina en los cementos furánicos (suaviza la reacción violenta que provoca el ácido p-toluen sulfónico), endurecedores amínicos para ayudar al agente curante a llevar el entrecruzamiento con las resinas epóxicas, etc. Esos aditivos son líquidos que se añaden en pequeñas proporciones y es un proceso de mezclado típico sólido-líquido.

II) Fabricación del componente líquido.- En el caso del componente líquido, generalmente se mezclan resinas de diferentes viscosidades con diluyentes reactivos llamados así por ser compuestos que abaten la -- viscosidad y forman parte de alguna manera en la estructura de la molécula entrecruzada, aditivos que proporcionan propiedades específicas, como silicones que aumentan la adherencia al sustrato, plastificantes, extendedores de cadenas y en algunas ocasiones, como en los monolíticos epóxicos ó poliéster, pigmentos para impartir un color determinado.

Estos últimos se emplean en cantidades muy pequeñas sobre la formulación 1-2%, por lo cual la dispersión de ellos no es difícil, y gene--

ralmente forman parte de bases pigmentadas. Esta operación puede con siderarse como un proceso de mezcla líquido-líquido.

Los dos primeros tipos de mezclado se realizan en equipos de mezcla - sólido-sólido y se analizarán posteriormente.

La fabricación del componente líquido depende en esencia de la manufac tura de las resinas ó aglutinantes correspondientes, tema demasiado - basto y al margen de nuestro estudio.

Una vez que se tiene la resina como un componente más del líquido se mezcla con el diluyente reactivo, aditivos líquidos y base pigmentada (muy baja proporción), utilizando equipo de mezclado líquido-líquido convencional, es decir equipo de flecha - impulsor de tipo propela ó turbina.

Esta operación es muy sencilla debido a que puede considerarse en un 95-98 % como una disolución.

La base pigmentada se fabrica utilizando equipos de dispersión de alta velocidad (Cowles, etc.) obteniendo grados de dispersión de 3 a 5 unidades Hegman.

A causa del uso de equipo más especializado, y por ser una operación más complicada la fabricación del componente sólido debido a la pre sencia de materiales de diferente tamaño, y en si por tratarse entera mente de una mezcla, se profundizará a continuación en ella.

MEZCLADO SOLIDO-SOLIDO/SOLIDO-LIQUIDO.

Los sólidos se mezclan para fabricar mezclas sólidas más valiosas a -- partir de materias primas de menor valor.

Las operaciones de mezclado han jugado siempre un papel importante en las artes domésticas y en la industria. Varias inclinaciones recientes están dirigiendo mayor atención al mezclado como una operación -- química comercial.

En la fabricación del componente sólido de un cemento anticorrosivo - es necesario distribuir perfectamente el agente curante en el agrega do, ya que de no hacerse así, algunas unidades envasadas careciendo -

de él, no llegarían a endurecer al mezclarse con el componente líquido.

PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES QUE AFECTAN EL MEZCLADO DE SÓLIDOS.-

Una amplia diferencia entre propiedades tales como distribución del tamaño de partículas, densidad, forma, y características de superficie (carga electrostática) pueden hacer el mezclado muy difícil. En efecto las propiedades de los ingredientes dominan la operación de mezcla. Las características más comunes de los sólidos son:

- (1) DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS. (porcentaje de material - en diferentes rangos de tamaño).
- (2) DENSIDAD DE BULTO, la cual es el peso por unidad de volumen de una cantidad de partículas de sólido; ésta es usualmente expresada en lb/ft^3 , g/cc . Esta no es una constante y puede decrecer por aereación e incrementarse por vibración ó empaque mecánico.
- (3) DENSIDAD REAL, se expresa usualmente en lb/ft^3 ó g/cc ., está dividida por la densidad del agua, y es igual a la gravedad específica.
- (4) FORMA DE PARTICULA, algunos tipos son perlas, ovoides, esferas, hojuelas, filamentos, cristales, etc.
- (5) CAPACERISTICAS DE SUPERFICIE, tales como área de superficie y - tendencia a mantener una carga estática.
- (6) CARACTERISTICAS DE FLUJO, ángulo de reposo y fluidez, son características medibles para los cuales existen pruebas estandar (ASTM TEST B 213 - 48).
Un ángulo de reposo más inclinado indicaría menos fluidez. El término "lubricidad" algunas veces ha sido usado para partículas sólidas correspondiendo aproximadamente a la VISCOSIDAD de un fluido.
- (7) FRIABILIDAD, ésta es la tendencia del material a romperse en tamaños más pequeños en el curso del manejo. Hay pruebas cuantitativas especialmente diseñadas para materiales como hulla, la cual puede ser usada para estimar esta propiedad.

La abrasión de un ingrediente sobre otro, también debe ser considerada.

- (8) ESTADO DE AGLOMERACION. Esto se refiere a si las partículas existen independiente ó adheridas a otras en grupos. La clase y grado de energía empleada durante el mezclado y la friabilidad del aglomerado, afectará la extensión de ruptura del aglomerado y dispersión de las partículas.
- (9) HUMEDAD O CONTENIDO DE LIQUIDO EN EL SOLIDO. Frecuentemente pequeñas cantidades de líquido son adicionadas para reducir la formación de polvo ó por requerimientos especiales. El material resultante puede todavía tener la apariencia de un sólido seco, en lugar de una pasta.
- (10) DENSIDAD, VISCOSIDAD Y TENSION SUPERFICIAL, en temperatura de operación de cualquier líquido adicionado.
- (11) LIMITACION DE TEMPERATURA EN LOS INGREDIENTES. Debe tomarse en cuenta cualquier efecto no usual debido a cambios de temperatura.

Una revisión de las propiedades anteriores para los ingredientes por mezclar es un primer paso para seleccionar el equipo de mezclado.

MECANISMO DE MEZCLA SOLIDO-SOLIDO.

La herramienta principal del mecanismo es el movimiento caótico ó al azar, esta acción ayuda a obtener una mezcla adecuada.

En el caso de gases, la energía cinética promueve el mezclado, en los líquidos la mezcla se efectúa por medio de un fenómeno similar, y el proceso se acelera usualmente con agitación. Para los sólidos el proceso es análogo, pero existen un mayor número de factores que inhiben la libertad del flujo caótico.

El equipo de mezclado para sólidos está dividido en dos clases generales: un tipo mueve al material por medio de hojas ó paletas. El otro hace uso de la gravedad para lograr el flujo, incorporando frecuentemente hojas ó separadores para aumentar la complejidad del camino del flujo.

La teoría se basa en que cuando varios grupos de partículas sólidas se mueven al azar en la presencia una de otra, será imposible conservarlas segregadas, ellas tenderán a mezclarse. Cuando la mezcla es com-

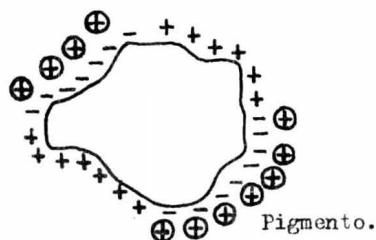
pleta, cada tipo de partícula estará distribuida uniformemente entre los otros tipos de partículas.

Sin embargo, una distribución al azar no es una mezcla perfecta, pero puede ser adecuada para el propósito específico. Si se requiriese un mezclado perfecto, la única manera de lograrlo sería colocando las -- partículas una por una, lo cual en la práctica es imposible.

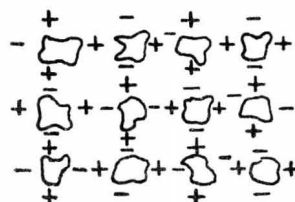
La idea de alcanzar una distribución al azar por movimiento caótico -- está basada en el hecho de que ningún otro movimiento es aplicado a -- las partículas. Casi siempre, otros factores están en el trabajo y -- éstos pueden promover la segregación, aglomeración, ruptura de partículas, ó un proceso de recubrimiento al mismo tiempo.

Cualquiera de estos mecanismos invalidarán, ó cuando menos modifica-- rán la teoría de mezclado por movimiento caótico.

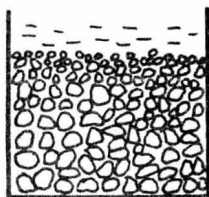
Recubrimiento parcial de una partícula por efectos de cargas localizadas.



Cargas neu--
tralizadas.
Atracción
fuerte de
partículas.



Dispersión de partículas pe--
queñas que tienden a adhe--
rirse a partículas mayores.



Las partículas
gruesas tienden
a asentarse en
el fondo de un
tanque agitado.



Fig. 1

Mecanismo de Segregación:

Los mecanismos de segregación que interfieren al movimiento caótico de las partículas operan en combinación, sin embargo los problemas industriales se resuelven usualmente minimizando los mas severos. Para — propósitos de discusión, ellos pueden considerarse por separado, aunque se encuentren rara vez en forma tan simple.

a) Cuando se mezclan partículas grandes y pequeñas de un mismo material con movimiento caótico, éstas tenderán a segregarse. Lo mismo — sucede al mezclar partículas largas de un material con partículas más pequeñas de otro, debido a que las partículas más grandes obtienen — su movilidad rodando y fluyendo una sobre otra, y las partículas más pequeñas tenderán a salir en forma de polvo por suspensión aerada.

Un remedio teórico puede ser mezclar en el vacío, tal que no exista — atmósfera que soporte a los finos, sin embargo se obtienen resultados más benéficos para combatir esta forma de segregación reduciendo la — velocidad del mezclador. La rotación lenta del tanque o de las hojas maneja la masa de partículas más facilmente disminuyendo la formación de polvo.

b) Otra fuerza que actúa en la segregación es la tendencia de las — partículas pequeñas a cubrir a las más largas. Nuevamente el mecanis— mo de distribución caótica se transforma.

El alcance de un buen mezclado vía "recubrimiento" es raro, debido a que depende de una proporción adecuada de ingredientes; el ingredien— te que cubre debe ser de dimensiones uniformes ó el más fino, con ma— yor superficie por gramo, y tenderá a posesionarse más que a compar— tir el recubrimiento.

c) Así mismo los materiales por mezclarse deberán poseer una atrac— ción natural uno por otro, sin embargo en muchos casos tal atracción puede ser mejorada introduciendo en la mezcla un aditivo que no afec— te negativamente al proceso ó al producto final.

d) Las diferencias de densidad entre partículas del mismo tamaño — tienden a promover la segregación; las más pesadas se asentarán en el fondo de la mezcla. Esta acción se agrava si las partículas pesadas

son gruesas y las partículas ligeras son los finos. Estas diferencias de tamaño y densidad pueden balancearse si los finos son más densos - que los constituyentes gruesos. Debido a que el rango de densidades de las partículas varia generalmente de 10 a 1, y el rango del tamaño de las partículas puede ser de 100 a 1 ó 1000 a 1, la relación de superficie de la partícula a la masa puede ajustarse fácilmente si se controlan las dimensiones de las partículas.

e) La aglomeración de partículas es un fenómeno que trastorna el camino de una distribución caótica en una operación de mezclado. Una característica de muchos tipos de pigmentos finamente divididos es la tendencia de las partículas a adherirse una a otra comportandose casi como una pasta. El ángulo de reposo de tal material se aproxima a 90° .

Las razones de este comportamiento incluyen fenómenos de carga estática que promueven el empaque y la finura extrema de las partículas envueltas. Ellos resisten la aereación, la cual haría el flujo posible. Frecuentemente, la molienda ó el roce de otros materiales en la operación de mezcla servirá para romper tales aglomerados. Cuando ésto falla se ha encontrado por experiencia que una medida para modificar el arreglo de las cargas que produce buenos resultados es la adición de un agente de superficie activa para eliminar completamente la aglomeración del material. Sin embargo, esta medida no será exitosa en algunos casos. Las cargas electrostáticas en la superficie de las partículas constituyen la fuerza más poderosa - y quizá la menos reconocida y entendida - de todos los mecanismos que trabajan contra la distribución caótica de las partículas en el mezclado sólido-sólido.

Mucho del saber tradicional sobre el mezclado se deriva de la experiencia con líquidos, suspensiones y pastas. La conductividad eléctrica de tales mezclas es relativamente alta, y así son las fuerzas necesarias para introducir el movimiento caótico.

En contraste a la forma, las partículas sólidas en contacto una con otra, ó más marcadamente cuando ellas están suspendidas como polvo -- exhiben más baja conductividad eléctrica en sus superficies. Las fuerzas que causarán que tales partículas sólidas se muevan serán extre

madamente pequeñas.

Las cargas eléctricas relativamente pequeñas que pueden existir en las partículas sólidas producirán por tanto efectos drásticos. Ellas son el agente principal responsable por el fenómeno conocido como "MEZCLADO NULO" (UNBLENDING).

En una mezcla binaria por ejemplo, si + das las partículas A se atraen unas a otras y repelen a todas las partículas B, es posible tener una separación casi perfecta de A's y B's. Cada extremo del tanque - contendrá casi 100 % de partículas A ó B. Este es un ejemplo extremo ya que la separación debida a las cargas no es tan completa, pero sus efectos son encontrados con más frecuencia de lo que en general se re conoce. Esto puede prolongar el tiempo de mezclado y puede ser un -- factor en la producción de mezclas insatisfactorias.

Otra manera en la cual pueden manifestarse las cargas electrostáticas es provocando diferencias entre las caras de una partícula individual. Esto se detecta por un exámen al microscopio. Es común ver, por ejem plo, pigmentos adheridos a ciertas caras de bolitas de plástico (pe— llets), pero que rechazan el recubrimiento de caras adyacentes.

El movimiento al azar que un mezclador imparte a su contenido sirve - irónicamente para formar mezclas no satisfactorias. Esto lo hace de dos maneras:

- 1.- El estado de los electrones superficiales está desbalanceado debido a los efectos de fricción de las partículas cuando rozan una con otra. El movimiento constante induce cargas electrostáticas.
- 2.- Este mismo movimiento dá a las partículas bastante movilidad tal ue se liberan y segregan. Las fuerzas electrostáticas solo deben ser débiles para causar movimiento en gran escala.* Pero estas fuerzas son super impuestas en fuerzas dinámicas caóticas.

La combinación de fuerzas estáticas fuertes y más fuertes, llega a -- proporcionar un mecanismo de segregación más y más efectivo.

PREVENCIÓN DE MEZCLADO DEFECTUOSO.

La prevención puede alcanzarse por varios caminos:

- a) El más simple es detener el ciclo de mezclado cuando la mezcla ha sido alcanzada. Inmediatamente que la distribución caótica ha sido alcanzada, no puede obtenerse mayor beneficio del movimiento de las partículas. Desde este punto, si ellas son susceptibles a segregarse a causa de una acumulación de cargas electrostáticas, entonces el movimiento solo ayudará a acentuar ésto.
- b) La segregación radical de los constituyentes en diferentes regiones de un mezclador se evita si son cargados en capas alternas en lugar de cargarse por separado. Así, inmediatamente que el mezclado comienza los materiales pueden alcanzar el movimiento caótico.
- c) Si el material con cargas estáticas ya impartidas está interfiriendo un buen mezclado es algunas veces posible modificar las operaciones anteriores para eliminar el problema. El objeto es alcanzar la ruptura deseada de partículas sin necesitar demasiado trabajo mecánico; en algunos casos la naturaleza de los materiales - envueltos y los procesos iniciales a su preparación se combinan - haciendo el mezclado de partículas cargadas inevitable.
- d) Otro posible remedio es introducir un agente tensoactivo en la mezcla, este remedio tiene sus ventajas pero no es definitivamente un cura todo. El agente humectante debe estar en contacto con cada partícula y no debe crear problemas propios de segregación.
- e) Quizá el paso más importante que pueda darse para combatir la segregación causada por cargas electrostáticas es reconocer el problema. Así puede tomarse cualquier precaución para evitar que las partículas se vean involucradas en un trabajo mecánico innecesario.

UN ACERCAMIENTO PRACTICO AL MEZCLADO.

Cuando se va a llevar a cabo un nuevo trabajo de mezclado, se deben tomar varias decisiones. Debe seleccionarse el equipo, procedimientos de trabajo y el ciclo de mezclado coordinarse con otras fases de producción.

De acuerdo a la experiencia, el mayor ahorro de tiempo y dinero se logra realizando pruebas de laboratorio. El mezclado sólido-sólido es una operación admirablemente adecuada para el escalamiento de laboratorio a planta. Los mezcladores de laboratorio no son difíciles de usar simulando diversas situaciones de planta. El uso de equipo de laboratorio ha indicado frecuentemente cambios de acercamiento al equipo originalmente contemplado. Estos cambios han transformado operaciones de mezclado en producción exitosa de menor costo y tiempo.

Las pruebas de laboratorio son un examen previo:

Las pruebas comparativas de diferentes tipos de mezcladores son hechas ocasionalmente para evaluar el funcionamiento relativo bajo el mismo trabajo. Algunas veces, la comparación no es el punto principal en el mezclado preciso, tal hecho sucede cuando se tienen limitaciones de capacidad por espacio restringido. Otras ocasiones, los materiales manejados pueden dictar la selección de un mezclador que iguale los medios existentes.

La contribución importante de una prueba de laboratorio es que ofrece una visión previa de los problemas de mezclado, revelando ésto cualquier propiedad peculiar de los sólidos, problemas en la descarga y problemas en el manejo de los materiales.

Por ejemplo el escalamiento desde dimensiones de laboratorio de unidades de volteo (tumbling) es muy preciso. Como una generalidad se puede considerar que los mezcladores de volteo mas largos tienen una eficiencia de mezclado mayor que las unidades más pequeñas.

Los mezcladores de rizo no se escalan en proporción directa. La magnitud relativa de las superficies agitándose es mucho mayor en las unidades de laboratorio que las usadas en unidades de producción. Este problema es más complicado por el hecho de que los requerimientos de potencia son difíciles de predecir, puesto que el consumo de potencia no depende tanto de la superficie de las hojas y la densidad de bulto como de la tendencia del material al empaque. La potencia no es proporcional a la superficie relativa de las hojas sino que depende de la profundidad a que esté sumergida la hoja cuando ésta se mue-

ve a través de la masa del material.

Otro equipo importante en una prueba de laboratorio incluirá medios - tales como secadores de baja temperatura, analizadores de humedad, un microscopio para análisis visual de pequeñas porciones del material - mezclado, etc.

El punto principal en estas pruebas es encontrar la fuente que dificulta el mezclado y evitar una investigación infructuosa por el mezclador ideal cuando el problema se encuentra principalmente con el sólido en sí mismo

CICLOS CORTOS.

Los tiempos de mezclado relativamente cortos son la regla general. - Si una mezcla no ha sido alcanzada en breve tiempo (de 5 a 10 minutos para mezcladores de precisión), esto es usualmente una señal para detener el proceso y analizar que es lo que está sucediendo. Aunque se puede tratar de impartir más movimiento si la mezcla está mejorando - con ello, es más probable tener que hacer algunos cambios en las condiciones. En este punto, un exámen cuidadoso a través de un análisis y estudio puede ser más productivo que un remedio inmediato por ensayo y error. El exámen puede revelar que un ingrediente menor ha recubierto selectivamente a otro.

Un síntoma que indica invariablemente la presencia de cargas electrostáticas es el recubrimiento de una de las paredes del mezclador con - partículas finas. Una segregación marcada es otra señal.

Cuando se observa una atracción selectiva, ésta puede evitarse omitiendo el ingrediente "hambriento". Primero, el componente menor puede ser mezclado en el resto del material, y después de que éste ha sido dispersado uniformemente, entonces se agrega el otro ingrediente.

ESCALAMIENTO.

El escalamiento de equipo de laboratorio a planta piloto ó equipo de producción se basa en el uso de la gravedad en mezcladores de tipo - volteo (tumblers), sin embargo esto no es totalmente aplicable a los mezcladores de tipo rizo u hojas, debido a que la proporción de área

de la hoja al volúmen de la mezcla puede variar radicalmente.

En un mezclador de precisión (tumbler) tal como el de corazas gemelas o doble-cono, la masa entera de material se mueve con cada media revolución, ésto proporciona condiciones análogas independientemente de las dimensiones envueltas. El escalamiento de la velocidad de rotación, la cual afecta al tiempo de mezclado debe considerarse, y en unidades mayores la fuerza centrífuga en los extremos del radio debe aproximarse a la fuerza de la gravedad. Esto tenderá a atrapar una porción de la mezcla en cada extremo del recipiente. La fuerza centrífuga debe conservarse dentro de un límite práctico de $3/4$ a la mitad de la fuerza de gravedad.

Las velocidades más bajas contribuirán a un manejo más leve y llevarán a cabo un mejor mezclado de materiales sensibles.

El nivel de carga en un mezclador tipo de volteo es usualmente designado como un porcentaje del volúmen total del mezclador. Generalmente, éste es 65 % del volúmen total. La capacidad de trabajo se indica siempre en unidades de volúmen, pero ésta debe ser considerada sólo como una capacidad de trabajo nominal a menos de que sea definitivamente establecida en una prueba previa.

Los materiales que tienen características de flujo pobres pueden ser más eficientemente mezclados usando una carga reducida.

Por ejemplo, debido a la simetría de un mezclador de doble cono, cualquier carga en exceso del 50 % del volúmen total no será desplazada completamente en una revolución. Con materiales de pobre flujo, la carga nominal puede propiciar zonas en las uniones donde poco ó ningún flujo ocurra, y ésto puede causar estratificación. Se han hecho intentos para compensar este problema aumentando la velocidad de rotación y causando un flujo inercial, sin embargo ésto puede crear otros problemas tales como segregación por suspensión en forma de polvo de los finos.

EQUIPO PARA MEZCLADO DE SÓLIDOS.

Existen parecidos entre el equipo de mezclado sólido-sólido y el equipo usado para mezclar líquidos, suspensiones y pastas. Generalmente

las mezclas deben moverse por acción directa de una fuerza. Para esto se utilizan impulsores relativamente pequeños que agitan volúmenes grandes de líquido. Las suspensiones requieren de impulsores mayores o en general mecanismos de movimiento más distribuidos. Las pastas - se mueven por acción laminar, típicamente en un mezclador de hojas - sigma. Y los mezcladores de partículas sólidas más efectivos, en contraste, aplican una fuerza motora (comunmente gravedad) al lote entero de material simultáneamente.

Dentro de esta referencia general se han desarrollado algunos tipos - de mezcladores, cada uno de los cuales tiene su importancia y ninguno es ideal en particular para todas las operaciones. También, hay mu-
chos casos donde las unidades que han sido diseñadas actualmente alre-
dedor de necesidades de pastas ó suspensiones han sido adecuadas en -
el mezclado de sólidos secos.

CUAL ES EL MEZCLADOR IDEAL.

El mezclador ideal para manejar partículas sólidas debe tener un núme-
ro de cualidades en balance perfecto, de las cuales las más importan-
tes son:

- a) Acción eficiente de mezclado: una mezcla completa debe ser alcan-
zada rápidamente.
- b) Acción suave de mezclado: la tendencia al no mezclado creado por
el trabajo mecánico debe minimizarse.
- c) Limpieza: la superficie interior debe ser accesible y libre de ben
diduras ó mecanismos elaborados.
- d) Descarga completa: debe ser posible vaciar totalmente la mezcla.
- e) Sellado al polvo: el proceso de mezclado debe llevarse a cabo en -
un ambiente completamente sellado para evitar contaminación ambi-
ental.
- f) Bajo mantenimiento: la necesidad de reparación, ajuste ó reempla-
zo de partes rotas debe conservarse en un mínimo.
- g) Bajo consumo de potencia: menos importante para operaciones inter-
mitentes, el consumo de potencia puede ser significativo en térmi-

nos de calor y trabajo impartidos a la masa de partículas.

- h) Bajo costo de instalación: quizá el menos importante de todos, si los otros factores son excelentes.

Esta lista puede necesitar modificaciones si el mezclador es una unidad de proceso para varios propósitos. Algunos mezcladores son usados como modificadores de tamaño de partícula, como secadores, como recipientes de reacción química, etc. La experiencia ha demostrado conclusivamente que cuando el requerimiento es un mezclado de precisión simple, los mezcladores tipo de volteo son mucho mejores que los de paletas, hojas ó impulsores.

En aspectos prácticos como limpieza y facilidad de descarga, la unidad de mezclado de volteo presenta menores dificultades.

Es conveniente también, llevar a cabo una comparación entre la eficiencia de mezclado y la suavidad del movimiento. El problema es alcanzar máxima movilidad con una fricción ó raspado mínimo.

TIPOS DE MEZCLADORES.

1) Mezcladores de tipo tambor ó cilindro.-

Los mezcladores de tipo tambor con ejes de rotación horizontales al centro del tambor son de uso común. La limitación básica de este arreglo es la falta de un buen flujo cruzado a lo largo del eje. La escasez de un flujo cambiante de sección cruzada, el cual fortalecería el flujo divergente de las partículas, causa que el mezclado se alcance muy gradualmente en zonas estratificadas. La necesidad de un flujo cruzado puede disminuirse distribuyendo todos los componentes uniformemente a través del eje del recipiente.

Usualmente una unidad de este tipo está provista de separadores internos ó platos helicoidales para mejorar el flujo cruzado. La carga y descarga se hace a través de un conducto ajustable, similar al de un mezclador de concreto.

Este tipo de equipo no se recomienda para mezclados precisos ni para aplicaciones donde hay problemas de limpieza.

La inclinación del tambor sobre sus ejes mejora la acción de mezclado

evitando el uso de separadores. Tal mezclador usualmente tiene uno ó dos cilindros montados en un mismo sistema. Las unidades mayores de este diseño montadas permanentemente en un eje, dejan de ser prácticas debido a que el contenido entero no puede descargarse fácilmente, sin embargo la acción de mezclado es buena también como suave.

2) Mezcladores de doble cono.-

Los mezcladores de doble cono representan uno de los tipos comercialmente más importantes, los cuales fueron diseñados para vencer las limitaciones de algunas otras clases de equipo de mezclado. Los dos conos están unidos a una sección cilíndrica relativamente corta, y el eje de rotación se localiza centralmente en la porción cilíndrica. Los conos normalmente tienen un ángulo comprendido de 90° , y un ángulo de descarga de 45° , el cual es adecuado para descargar una gran variedad de materiales. Si se van a manejar materiales no comunes, el ángulo de descarga puede modificarse.

Este tipo de mezclador satisface el requerimiento básico que un mezclador debe proporcionar de un cambio constante de flujo en secciones cruzadas conforme el recipiente gira. Puesto que el mezclador no contiene separadores, el movimiento es rotacional y se establece un buen flujo cruzado por la acción interlaminar de los conos conforme el material fluye. Además, a causa de que el doble cono es aproximado a la forma de una esfera, la potencia de entrada de todos los ángulos de rotación es casi igual. Debido a la forma simétrica del mezclador de doble cono, es una práctica buena no cargarlo 50 % arriba de su capacidad total. Este nivel de carga asegura un desplazamiento completo de material desde un cono a otro conforme el recipiente gira. Un nivel de carga más alto puede tolerarse solo si todos los componentes son de flujo extremadamente libre.

Puesto que el mezclador no contiene separadores u otras obstrucciones internas, esta unidad de doble cono es de fácil limpieza.

3) Mezcladores de corazas gemelas.-

El mezclador de corazas gemelas es otro mezclador de tipo de volteo de importancia industrial. Esta unidad se encuentra formada por un -

cilindro cortado en ángulo y unido para formar una "V".

Esto proporciona una forma no simétrica sobre el eje de rotación, el cual se localiza en un punto que proporciona igual torque de carga a través de una rotación completa.

El mezclador de doble coraza combina la acción eficiente de mezclado del cilindro inclinado con la acción interreticular que ocurre cuando dos cilindros inclinados combinan sus flujos. La efectividad de esta acción hace a la doble coraza el más rápido de los mezcladores de pre cisión.

La economía de fabricación se mejora por el hecho de que un cilindro largo puede cortarse en ángulo para producir las dos secciones. La forma "V" permite el uso de cubiertas de amplio acceso en cada pierna, ésto también permite la instalación de una válvula de descarga central que elimina completamente todo el contenido.

La limpiabilidad con este arreglo es excelente, puesto que toda la su perficie interior puede alcanzarse a través de estas aberturas amplias.

La forma del mezclador de doble coraza es también ideal cuando se usan aparatos de molienda interna. Tales componentes son fáciles de extra er del sistema a través de las aberturas en las cubiertas. Además da do a que los sellos son esenciales en un agitador de alta velocidad, la localización de cubiertas de amplio acceso hace a la inspección, - ajuste ó reemplazo de estos sellos una simple rutina.

4) Mezclador de Cintas ó Rizos.-

Este mezclador es uno de los aparatos de mezclado mecánico más anti-guo usado para el mezclado sólido-sólido. Estos mezcladores son firmemente establecidos como la herramienta básica de mezclado industrial, lo forman una coraza estacionaria de tipo canal, usualmente de -- 2 1/2 a 3 veces más larga que ancha, con un fondo semicircular y llevando en su interior una flecha longitudinal en la cual se encuentran montados brazos que soportan una combinación de cintas espirales ó pa letas.

El arreglo más común es tener una cinta espiral externa que mueva al material en una dirección y una cinta espiral interna que mueva al ma

terial en dirección opuesta. Esta oposición de los rizos proporciona un flujo axial y previene la acumulación de material en una dirección. La cantidad de material movido por los rizos es relativamente pequeña tal que, los ciclos de mezclado en unidades grandes tienden a ser largos. El rizo exterior debe mantener un espacio bastante cerrado con la sección semicircular del fondo de la coraza tal que ningún material permanezca en la superficie del fondo. Cuando se manejan sólidos que tienen solo ligera tendencia al empaque las superficies se mantendrán limpias si se deja un espacio un poco más generoso. Sin embargo, con sólidos finos existe la posibilidad de que una capa de material permanezca en el fondo sin mezclarse.

Un mezclador de este tipo puede ser enchaquetado para proporcionar calentamiento ó enfriamiento y puede ser usado efectivamente para mezclar pastas ligeras. Tal unidad se usa también para adicionar líquidos a sólidos instalando una batería de aspersores sobre el nivel de carga.

Los mezcladores de cintas pueden utilizarse también para operaciones de mezclado continuo. Comúnmente la coraza se fabrica más larga en proporción a su ancho, y las paletas espaciadas para mover el material progresivamente hacia adelante pueden sustituirse por rizos. En el extremo de la descarga, se instala una placa de ajuste para controlar la velocidad de descarga previniendo la introducción de material sin mezclar. Los mezcladores continuos pueden también enchaquetarse para enfriamiento ó calentamiento dependiendo del proceso en particular.

Ventajas y desventajas.-

La ventaja principal de un mezclador de cintas está basada en su coraza estacionaria. Esto permite una carga fija y conexiones de descarga e instalación de equipo en espacios relativamente confinados. Sin embargo, el manejo simplificado de los materiales que una coraza estacionaria proporciona puede ser asignada como una influencia indebida en la selección del equipo de mezclado. Así, una ventaja debe ser comparada cuidadosamente contra alguna de las desventajas siguientes:

a) El mezclador de cintas no es un mezclador de precisión.

- b) La potencia requerida para el mismo tamaño de lote es superior a la necesaria para mezcladores tipo de volteo (tumblers).
- c) El mezclador de rizos imparte una cierta acción de molienda y nunca debe ser usado para mezclar cristales frágiles ó materiales de licados en los cuales la ruptura de las partículas deba evitarse.
- d) El uso excesivo de las superficies del agitador puede llegar a ser un problema cuando se manejan materiales abrasivos. Aquellos materiales como las fibras, que tienen una tendencia a empacarse demandarán una potencia tremenda de entrada con pobres resultados de mezclado.
- e) El uso abrasivo y la demanda de potencia será excesiva en el manejo de materiales densos tales como polvos metálicos.

Por supuesto, todas las desventajas anteriores pueden vencerse mediante diseños especiales, pero cabría la pregunta, "¿ es la mejor manera de hacer ésto?". Hay muchas mezclas no críticas para las cuales el hecho de que un mezclador de cintas no sea un mezclador de precisión no es de gran consideración. No obstante, si es esencial tener una mezcla precisa, entonces el mezclador de rizos puede ser eliminado de la selección.

5) Mezclador de tornillo vertical.

Este subgrupo también tiene variaciones. Un tipo se muestra en la siguiente figura (7) . En este caso el tornillo gira sobre su propio eje, orbitando también alrededor del eje central del tanque cónico. - En otra variedad, el tornillo no orbita sino permanece en el centro del tanque cónico y es ahusado tal que el área de barrido se incrementa con el aumento en la altura.

De los tipos de mezcladores antes mencionados, debido a las caracte-rísticas del componente sólido de un cemento anticorrosivo, de contener el catalizador y la necesidad de distribuirlo uniformemente, se utilizan los mezcladores de precisión sobre todo en el caso de mezclado de componentes sólidos. Cuando se añaden componentes líquidos en pequeñas proporciones se prefiere el uso de un mezclador de coraza estacionaria.

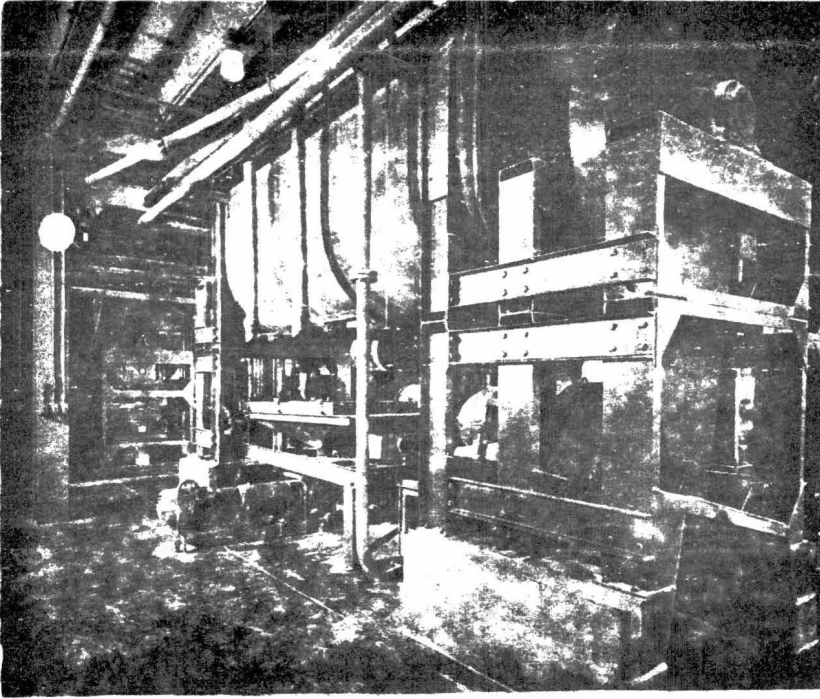


Fig. 2 Mezclador de rizos, herramienta básica para el mezclado sólido-sólido.

Fig. 3. Mezclador de rizos, presentando como variedad la inclusión de paletas.

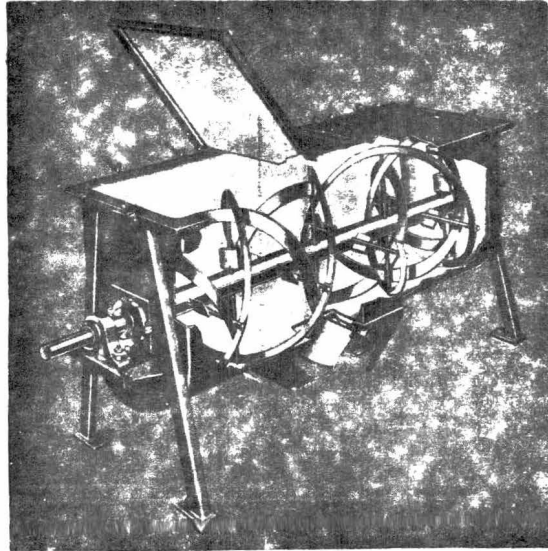
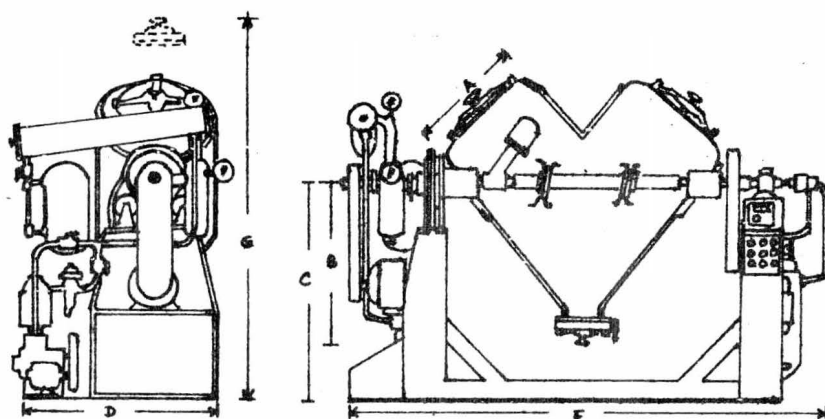


Fig. 4 Mezclador de corazas gemelas con transmisión por cadenas.



CAPACIDAD DE TRABAJO M ³	A M	B M	C M	D M	F M	G M	MOTOR DE MEZCLA HP	RPM DE MEZCLA	MOTOR BARRA ALIN-TO LIGU-RO HP	ABERTU-RA DE CARGA M	DES-CARGA CMS.	DENS. MAX. K/M ³
0.030	4.0	6.0	11	1.20	1.9	1.4	3/4	6.9	2	3.40	10.2	800
0.060	5.0	6.0	12	1.27	2.0	1.5	3/4	4.4	2	4.30	15.2	800
0.090	5.5	8.0	12	1.32	2.1	1.7	3/4	5.2	3	4.90	15.2	1120
0.140	6.4	9.0	12	1.80	2.6	1.8	3/4	3.0	5	5.80	15.2	1040
0.280	8.0	11	15	1.90	2.9	2.0	1	2.8	5	5.50	20.3	1040
0.570	10	13	17	2.40	3.6	2.5	2	2.3	5	5.50	20.3	1040

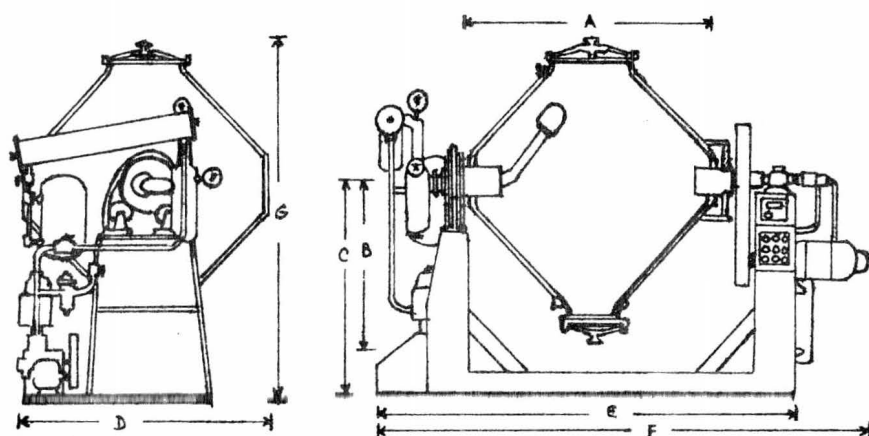


Fig. 5 Mezclador de doble cono, tipo de engranes.

CAPACIDAD DE TRABAJO M ³	ABERTURA DESCARGA CMS.	A M	B M	C M	D M	E M	F M	G M	MOTOR HP	RPM DE MEZCLA	DENS. MAX. K/M ³
0.90	25.40	17	40.2	13.4	12.8	2.3	2.8	2.0	3	21.9	800
1.10	25.40	19	41.8	13.2	14.0	2.6	3.2	2.2	10	19.5	2030
1.40	25.40	20	42.8	13.9	14.6	2.6	3.3	2.4	7 1/2	20.0	1120
1.70	30.50	21	43.6	16.5	15.9	2.8	3.4	2.5	7 1/2	20.0	900
2.10	30.50	23	44.0	17.4	16.5	2.9	3.8	2.6	7 1/2	12.0	950
2.80	30.50	26	46.1	18.8	18.3	3.3	3.8	2.9	10	14.7	800
3.50	30.50	27	46.7	19.8	19.5	3.5	4.2	3.0	15	14.0	800
4.30	30.50	29	47.9	21.0	20.1	3.6	4.3	3.2	15	7.0	800

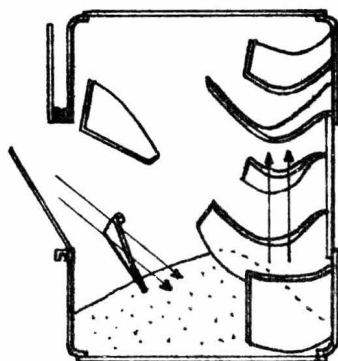
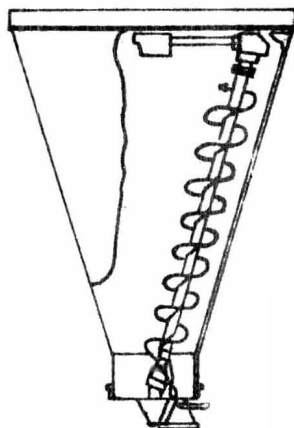


Fig. 6

Tambor horizontal
con separadores.

Fig. 7

Mezclador de tornillo
vertical, tipo orbitante.



T E C N I C A S

D E

A P L I C A C I O N

D E

S I S T E M A S A N T I C O R R O S I V O S

C A P I T U L O I V

TECNICAS DE APLICACION DE SISTEMAS ANTICORROSIVOS.

En el campo del control de la corrosión, por medio de la construcción con materiales a prueba de ácidos, generalmente está comprendida la protección de tanques, fosas, pisos, bases y soportes, trincheras, pozos, y drenajes. En algunos casos limitados es posible resolver totalmente el problema en una forma sencilla como efectiva. Por ejemplo, las condiciones que existen en un caso específico pueden permitir el uso de un piso fabricado con cementos tipo V ó modificados con puzzolanas prescindiendo de un sistema de construcción complejo. Sin embargo, en los aspectos más amplios de la protección contra la corrosión, estos simples requisitos son excepciones más que reglas. La industria actualmente está procesando con soluciones corrosivas que comprenden una combinación compleja de agentes químicos a temperaturas más ó menos elevadas, y con ellos, factores mecánicos que no deben ser ignorados.

Para obtener un comportamiento satisfactorio bajo estas condiciones, el equipo, los accesorios y las partes anexas deben ser:

A prueba de corrosión: Esto significa que todos los materiales usados deberán tener inmunidad individual contra los elementos corrosivos presentes en el proceso.

A prueba de fugas: Los materiales específicos empleados para una protección efectiva contra la corrosión, aunque inmunes a los agentes corrosivos, todavía permiten la penetración por absorción ó capilaridad. De aquí, que una instalación completa deba ser diseñada de modo que esté provista de una barrera (generalmente llamada membrana) para prevenir cualquier forma de penetración antes de que las soluciones corrosivas alcancen y ataquen la base estructural de concreto.

A prueba de desgaste: Las condiciones mecánicas relativas al proceso (expansión, impacto, ó tráfico, etc.) pueden dar como resultado el deterioro eventual ó la destrucción de cualquier instalación que falle debido a estos factores.

INGENIERIA: El buen diseño, seguido de acuerdo con los principios básicos de la Ingeniería es muy importante. Los materiales selecciona-

dos podrán ser de la más alta calidad y podrán ser instalados ó aplicados por personal capacitado y calificado, no obstante lo cual, si el diseño es incorrecto, todo el trabajo está destinado a ser un fracaso.

Los requisitos anteriormente mencionados, claramente nos llevan a la secuencia y naturaleza de la construcción de pisos antiácidos.

Antes de profundizar en la instalación de un piso antiácido es necesario clasificar ó exponer los tipos de sistemas anticorrosivos más comúnmente utilizados en la Industria. Ellos son:

- Tipo I) SISTEMA DE LOSETA O TABIQUE ANTIACIDOS.
- Tipo II) SISTEMA DE TABIQUE O LOSETA ANTIACIDA/MEMBRANA IMPERMEABLE
- Tipo III) SISTEMA DE PLACAS DE ACERO.
- Tipo IV) SISTEMA DE CARPETAS O PISOS INTEGRALES.

Tipo I) SISTEMA DE LOSETA-ANTIACIDA :

Un sistema de loseta antiácida es el piso más económico de su clase, ya que proporciona buena resistencia química y a la abrasión, servicio permanente y económico y una apariencia atractiva. Estos pisos son fáciles de instalar, y de mantener limpios.

Las partes constitutivas de este sistema son:

- 1) Superficie: losetas de 20x10x3.5 cms.

Es la primera línea de defensa del sistema, dado a que estará en contacto con los agentes químicos, físicos y mecánicos. Está formada por una serie de losetas antiácidas que satisfacen la especificación ASTM C 279-54 tipo L. Es un material duro, que resiste abusos mecánicos, impactos y ataque químico además de presentar una apariencia atractiva.

- 2) Juntas verticales (cementos allanables):

Se forman con cementos allanables. Este tipo de cementos son químico resistentes unen las losetas una con otra conformando un piso que será completamente resistente al ataque bacteriano y a la corrosión de ácidos, sales, aceites, grasas y detergentes.

Existen varios tipos de estos cementos, algunos de los cuales son lavables con agua para facilitar la limpieza después del allanado.

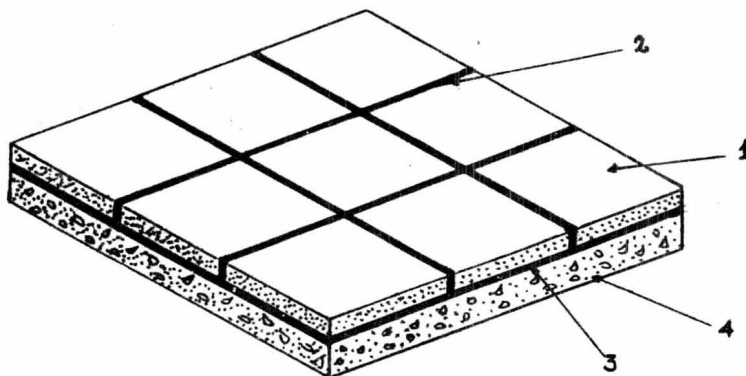
3) Camas de Cementos:

Las camas de cemento actúan como una segunda línea de defensa, protegiendo el subpiso de concreto de ser atacado por corrosivos y soluciones de alimento produciendo olor.

Los cementos más utilizados en esta sección son epóxicos y furánicos dependiendo de las condiciones de servicio. En algunos casos se puede utilizar cemento portland. Como cama, aunque no sea químico resistente.

4) Subpiso estructural de concreto:

Protegido por cementos químico resistentes, esta base no se encontrará sujeta a contaminación ó ataque por alimentos, ácidos y soluciones químicas.



Instalación :

El sistema con cama de cemento portland es el más usado en la industria debido a su economía y versatilidad para las condiciones de exposición.

Primero se fabrica el subpiso de concreto, después se aplica una mezcla de cemento portland y arena sobre la placa de concreto. Las losas se asientan sobre el cemento, dejando las juntas verticales abiertas de 3 mm. Después de que el cemento portland ha curado, las juntas se rellenan con cemento allanable químico resistente.

Ventajas: Desde un punto de vista puramente estructural, éste es un -

método seguro de construcción. La cama de cemento portland-arena tiene suficiente cualidad de carga para soportar equipo pesado en los pisos, y las losetas no están unidas rígidamente a la placa estructural. El sistema de piso funciona de manera similar al sistema de pisos con tabiques y membranas. La placa de concreto estructural es libre de moverse sin reflejar el movimiento a través del piso de losetas.

Desventajas: Hay dos desventajas principales para este tipo de pisos:

1) Cuando las losetas son colocadas sobre la cama de cemento portland éstas se hunden ligeramente, provocando que las juntas verticales contengan cierta cantidad de material de la cama. Las juntas deben limpiarse totalmente de este material a la profundidad total de la loseta de espesor de $3/4$ inch para asegurar una completa unión de las superficies de los bordes de las losetas.

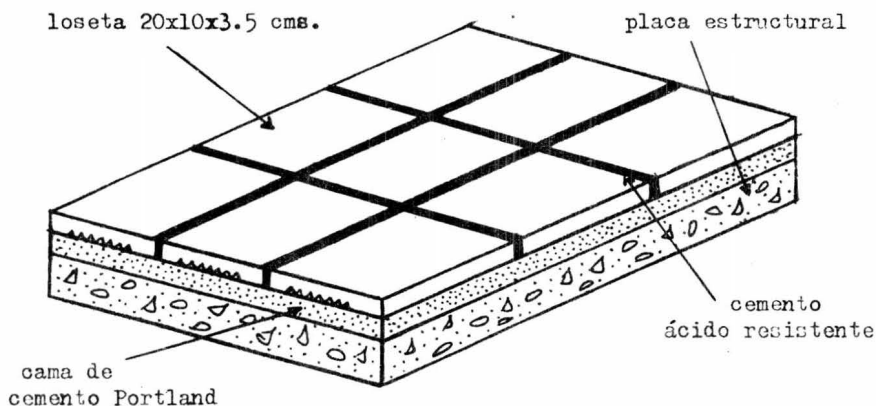
2) La cama de cemento portland unido a las losetas no es una estructura densa como el concreto. Los pequeños agujeros en la junta entre las losetas permite una libre migración a través del piso de líquido que puede llegar al cemento y atacarlo. En plantas de alimentos donde el líquido contiene ácidos, y frecuentemente bacterias, la cama unida a las losetas se quebrará y puede llegar a despedir malos olores debido a la proliferación de bacterias en el área.

Aparte del sistema antes visto, se está tendiendo en la industria a unir las losetas directamente a la base estructural mediante una capa delgada de cemento resinoso. Debido a que los epóxicos curan en medio alcalino y tienen excelentes cualidades de adherencia, ellos se utilizan aquí como material de liga entre la loseta antiácida y la base estructural.

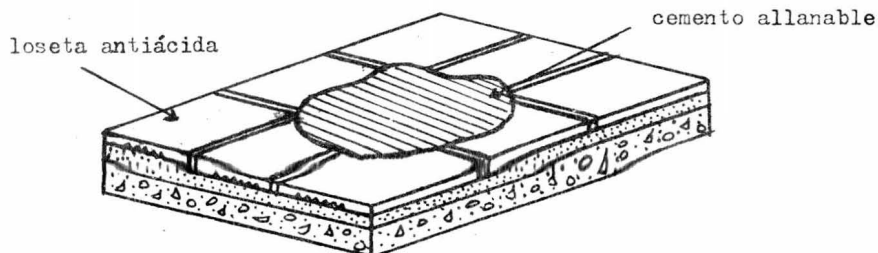
Ventajas: Por el uso de una cama delgada de cemento epóxico, se asegura que la junta vertical se llene totalmente, mejorando la adhesión entre las superficies de las losetas. Si existiera una ligera penetración de líquido a través de la junta vertical, todavía habría una barrera epóxica entre la loseta y la base estructural que proporcionaría una protección adicional a la base. Esto no puede considerarse una membrana, debido al espesor que está abajo de 3 mm.

Desventajas: Cuando las losetas son unidas rígidamente al concreto, no hay tolerancia para el movimiento estructural entre la loseta y la placa de concreto. Cualquier ligera variación de la base estructural se reflejaría a través de la superficie de losetas.

Esto puede vencerse con un buen diseño de Ingeniería antes de la instalación del sistema de losetas. Las placas de concreto estructural deben ser limitadas a dimensiones que no originen fracturas a través de la placa. Las áreas que requieran dimensiones mayores deberán reforzarse con juntas de control. La loseta debe ser arreglada tal que no cruce la junta de control. Debe colocarse una junta de expansión entre las losetas sobre la junta de control. El tráfico pesado, sobre la junta de expansión causaría que los bordes de las losetas se quebraran en ese punto.

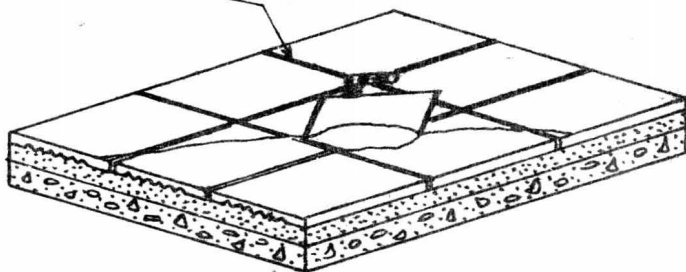


Ejemplo de instalación de este sistema:
 Instalación de un cemento lavable con agua.



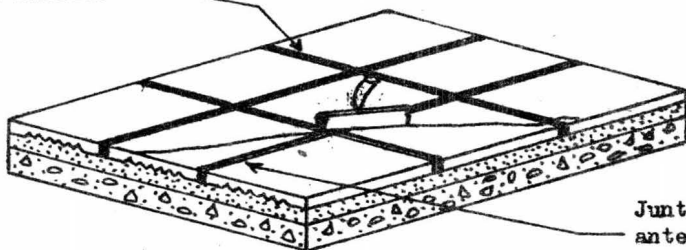
Después de que las losetas se han adherido a la base estructural por medio de cemento portland, se consideran listas para recibir el cemento anticorrosivo; mezclar el cemento de acuerdo a las instrucciones del fabricante y vaciarlo directamente sobre el conjunto de losetas.

juntas convexas
ligeramente elevadas

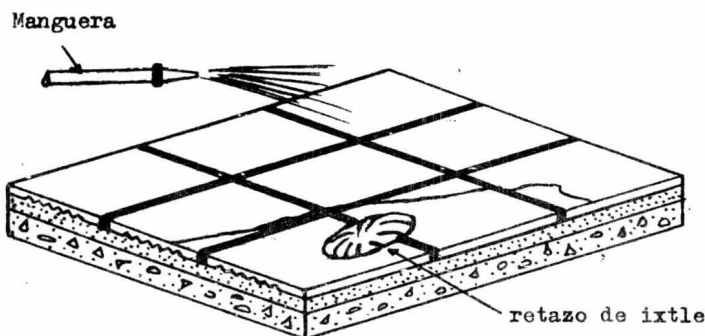


Usar una llana para trabajar el cemento y distribuirlo en las juntas verticales abiertas en un movimiento circular cruzando las juntas en ángulo. Se trabajará la misma área varias veces manteniendo presión en la llana para forzar la salida de aire de las juntas y no tener problemas futuros de filtración.

Junta nivelada después
del rasado.



Usar un limpia vidrios con hoja de hule de aproximadamente 25 cms. para eliminar el exceso de cemento de la superficie tratada. Conservar el rasero casi vertical y formando un ángulo de 45° con el sistema para no extraer cemento de juntas ya niveladas.



Antes de lavar el piso, permitir que el cemento endurezca un mínimo de 20 minutos. Mojar un pedazo de ixtle y lavar el piso con movimiento circular. Posteriormente dar un enjuague final con agua abundante.

U s o s .- Plantas de bebidas, cervecerías, panaderías, plantas de alimentos, plantas empacadoras de carne.

Pisos para Plantas de Alimentos.-

Dentro del sistema tratado cabe hacer la discusión de la aplicación de pisos antiácidos para la Industria Alimenticia.

Los requerimientos para un piso de una planta moderna de alimentos son:

- 1) Alto grado de sanidad.
- 2) Resistencia completa a ácidos severos y moderados, grasas, detergentes, y otros líquidos característicos de la Industria Alimenticia.
- 3) Habilidad para resistir vapor, esterilización y daño por impacto de botes, cazos y botellas.
- 4) Apariencia atractiva y libre de olores.
- 5) Vida de servicio larga.

Estos requerimientos son satisfechos por pisos modernos de losetas, en los cuales ambos cama y juntas verticales están formados por cementos de resina ácido-resistente.

Esta construcción hace uso de losetas de $20 \times 10 \times 3.5$ cm para producir un piso permanentemente atractivo. Sin embargo, pueden utilizarse también tabiques, pero no es lo usual. Como en el caso del piso industrial, es esencial tener una temperatura mínima de 20°C (aunque actualmente -

están en desarrollo cementos que resisten temperaturas cercanas a 0°C) y que a la base de concreto le sea dado un acabado tipo allanado ó de madera flotada. Ya que el piso de losetas está muy cercano a la base estructural, cualquier irregularidad que se presente en ella se reflejará en el conjunto de losetas.

Es importante que la membrana a prueba de agua del sistema sea extendida sobre las paredes verticales y otras deformaciones a una altura sobre el nivel final del acabado del piso, y que se tomen medidas para colocar una hilada de loseta vertical sobre el área entera.

Técnica de aplicación :

Tipo mosaiquero, primero se hace una cama de cemento antiácido de 3 mm., se colocan las losetas a intervalos de 6 mm., teniendo la parte superior cubierta con cera. Todas las hendiduras en el fondo de la loseta deben llenarse con la cama de cemento. Las losetas pueden presionarse para asegurar una superficie satisfactoriamente nivelada. Al día siguiente se rascan las juntas y se coloca el cemento allanable que también es anticorrosivo.

Aproximadamente 24 horas después de que las juntas han endurecido, el piso se limpia con chorro de vapor para eliminar la parafina y el exceso de cemento de la superficie de las losetas.

Materiales requeridos :

El número de losetas y la cantidad de cemento resinoso requerido por m² para losetas de diferentes medidas son dados en la tabla 4-1.

Reparación de pisos de Loseta:

La reparación de pisos de loseta consiste en el corte de las juntas verticales a una profundidad mínima de 1/2". Todo el cemento perdido y el residuo del piso debe ser eliminado de las juntas abiertas. Esto se completa por el lavado con una solución al 10% de HCl, seguido por lavados alternados con agua y fosfato trisódico al 10%. La junta abierta antes de ser rellenada, debe estar seca y libre de ácidos, calis u otros residuos.

La superficie de la loseta usualmente se protege antes de ser recubierta con el cemento de reparación por la adhesión de papel al área bajo

reparación. El papel puede eliminarse de las juntas pasando un soplete sobre la superficie entera. De esta manera, el papel sobre las juntas abiertas se quema pero la superficie de la loseta permanece protegida.

Posteriormente, se aplica el cemento-anticorrosivo en las juntas. Las juntas de mortero químico-resistente endurecerá en 4-6 horas a 25°C. Se necesitará mayor tiempo en temperaturas más bajas.

Después de que las juntas han endurecido, el papel de la superficie puede ser eliminado por lavado con chorro de vapor.

Tipo II.- SISTEMA DE TABIQUE O LOSETA ANTIACIDA/MEMBRANA IMPERMEABLE.

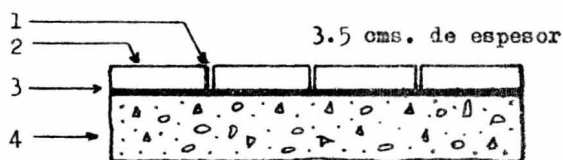
Estos sistemas son utilizados en exposiciones más severas tanto mecánicas como químicas, y pueden considerarse en dos clases:

- 1) De loseta antiácida: para trabajos mecánicos no muy severos, buena resistencia química a derrames y salpicaduras con agentes químicos de cierto grado de corrosividad, juntas con morteros anticorrosivos tipo furánico generalmente, ó cementos poliéster y fenólicos algunas veces.
- 2) De tabique antiácido: para trabajos pesados, mayor resistencia mecánica, excelente durabilidad en medios químicos ácidos y alcalinos alternativamente. Juntas con morteros furánicos generalmente.

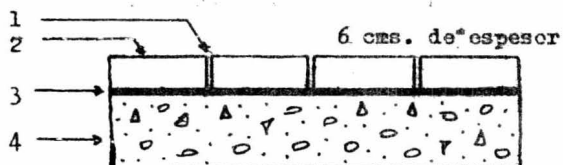
Cuando un mortero de base resinosa es usado para unir tabiques, se aplica primero una membrana de tipo asfáltico al piso de concreto. Todos los drenes metálicos, tubos, etc., deben recubrirse con un primario asfáltico. Como se vió en el Capítulo II, muchos cementos resinosos contienen catalizadores ácidos como agentes endurecedores. Si el cemento se aplicara directamente a una superficie de concreto, el catalizador podría ser neutralizado ó suficientemente debilitado evitando el curado del mortero ó cemento.

Es por lo anterior, que este tipo de sistema está constituido esencialmente por tres componentes:

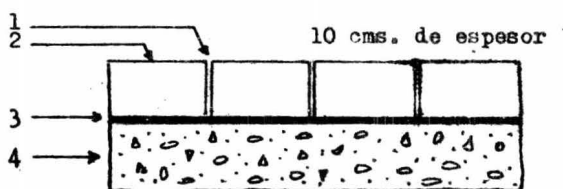
- 1) Membrana químico-resistente.
- 2) Tabique ó loseta antiácida.
- 3) Mortero ó cemento químico-resistente.



A. Piso para servicio ligero



B. Piso para trabajo pesado.



C. Piso para trabajo extra pesado.

- 1) Mortero ó cemento químico resistente.
- 2) Tabique ó loseta antiácida.
- 3) Membrana químico resistente.
- 4) Base de concreto.

1) Preparación de la base de concreto:

La base de concreto destinada a soportar el piso de ladrillo ó loseta a prueba de ácidos deberá estar en buenas condiciones de tersura, con un desnivel en declive de 5 mm. para formar una pendiente y obtener un drenaje adecuado.

Si las condiciones de una base de concreto existente necesitan llenar estos requisitos, deberá ser atendido inicialmente. Cuando la base de concreto ha fraguado y secado completamente (28 días aproximadamente), todas las partículas sueltas de polvo, suciedad y cemento deben eliminarse usando cepillos duros y barriendo después con una escoba flexible ó con aire a presión. (Ver sección preparación de superficie).

2) Drenes:

Los drenes deberán instalarse en el momento en que se vacíe la losa de concreto. En caso de no haberse hecho así, deberán instalarse justamente antes de la colocación ó aplicación de cualquier material a prueba de ácidos. Deberán ser empotrados en la base de concreto, 3 mm. abajo del nivel previsto para el piso acabado.

3) Aplicación de la membrana:

Al piso limpio y seco de concreto debe aplicarse una mano generosa de primario asfáltico. Este penetrará al concreto, sellando los poros -- y aumentando la adherencia de la membrana que le sigue.

La membrana asfáltica se aplica en caliente a temperaturas de aproximadamente 100 - 150°C en forma uniforme para formar una membrana impermeable, tersa homogénea y sin uniones visibles.

Membrana de refuerzo:

Puede especificarse el uso de tela de fibra de vidrio para reforzar la membrana impermeable. Esta puede colocarse en toda la membrana ó en ciertas áreas críticas como es alrededor de los drenes del piso y en las juntas de la pared y el piso, en la esquina que se forma.

4) Instalación del ladrillo ó loseta a prueba de ácidos:

Los ladrillos ó losetas para pisos a prueba de ácidos son generalmente de 20 x 10 x 6.0 cms. ó de 20 x 6.0x10 cms. Estas dimensiones pueden variar ligeramente dependiendo de los estándares de loseta ó ladrillo a prueba de ácidos de cada fabricante.

Para completar todo el trabajo preliminar, incluida la membrana, el ladrillo a prueba de ácidos se coloca usando una cama de cemento ó mortero a prueba de ácidos. La cama ó junta posterior generalmente es de 3 mm. de espesor y su propósito es nivelar el ladrillo ó loseta y asegurar que no queden partes abiertas sin recubrir como bolsas de aire, huecos, cavidades, etc., y asegurar con ello una instalación integral. El mortero ó cemento a prueba de ácidos se unta en los lados y cabeceeras del ladrillo ó loseta antiácida y se coloca en su lugar, sobre la cama de cemento a prueba de ácidos ya colocada. Las juntas entre ladrillo y ladrillo deben mantenerse a 3 mm., sin embargo, con ciertos -

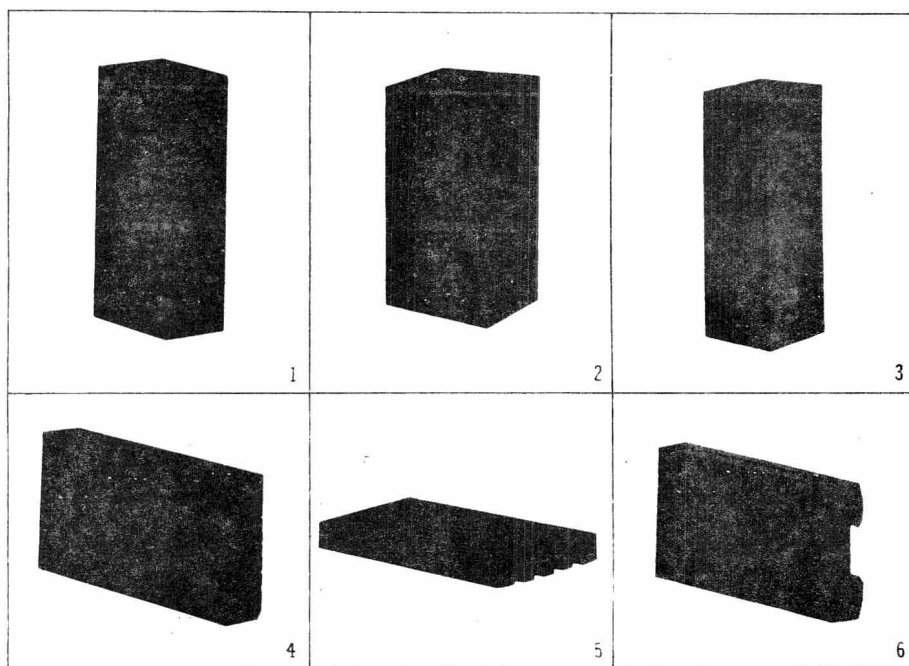
PRODUCTOS ACIDO RESISTENTES PARA USOS INDUSTRIALES

Esta línea de productos incluye tabiques y losetas comprimidas para la construcción o revestimiento de tanques, fosas, bases, soportes, trincheras, pozos, drenajes y pisos que requieren protección contra la corrosión causada por ácidos concentrados o diluidos, o soluciones corrosivas que comprenden una combinación compleja de agentes químicos.

Para la fabricación de estos productos, son rigurosamente seleccionadas las arcillas que intervienen en la preparación de las mezclas, y además de un estricto control de calidad, se someten a prueba según los métodos de la A. S. T. M. Estos materiales tienen diseño especial en las caras donde se aplicarán los morteros para juntarlos o pegarlos.

Su correcto uso requiere especial cuidado, tanto en el diseño de las instalaciones, como en el empleo y colocación de los materiales y morteros adecuados, por lo que es conveniente consultar a un técnico especializado.

En pisos para cocinas de hospitales, en hoteles, restaurantes, laboratorios, etc., donde las condiciones no son tan severas, el empleo de las losetas industriales ácido resistentes, eliminan gastos de mantenimiento por su resistencia a la abrasión, a la compresión y a los impactos, proporcionando aspectos agradables y facilitando su limpieza.



MATERIALES PARA MUROS TABIQUE INDUSTRIAL ACIDO RESISTENTE COMPACTO

Medidas aproximadas en centímetros:

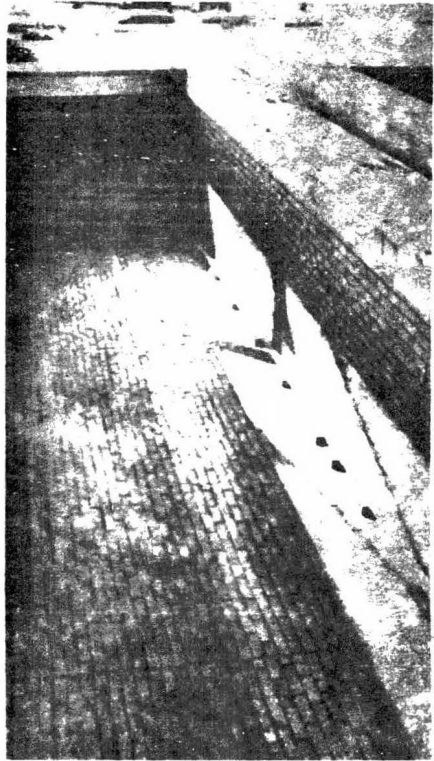
MODELO	ANCHO	GRUESO	ALTO	COLOR
1	6	10	20	Rojo
2	12	10	20	Rojo
3	6	10	20	Café Glacé

MATERIALES PARA PISOS LOSETA INDUSTRIAL COMPRIMIDA

Medidas aproximadas en centímetros:

MODELO	LARGO	ANCHO	GRUESO	COLOR
4	30	10	3.5	Rojo
6	20	10	2	Café Glacé
5	20	10	3.5	Rojo

Esmaltados en una, dos o tres de sus caras



IV. SUGESTIONES Y CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA EL MEJOR USO DE LOS MATERIALES "ACIDO RESISTENTES"

La colocación y correcto uso de estos materiales, está condicionado a las circunstancias particulares de operación en cada uno de ellos, pero en general se recomienda lo siguiente:

1. Utilizar cemento-ácidoresistente
 2. Colocar siempre la cara esmaltada viendo hacia el ácido o líquido corrosivo.
 3. Procurar siempre dejar las juntas lo más angostas o tan cerradas como sea posible con un máximo de 3 mm.
 4. Usar una membrana asfáltica en las paredes laterales de los tanques.
- Resistencia a los Acidos: 1% de solubilidad en Acido Clorhídrico Normal 0.066
 - Absorción en AGUA FRIA: 4%.
 - Absorción en AGUA EN EBULLICION: 5% (Norma 8.0).
 - Resistencia al Salitre: 100%.
 - Resistencia a la Compresión.
 - Resistencia a la Abrasión.

morteros puede especificarse una junta de 6 mm. de espesor.

Los pisos a prueba de ácidos requieren destreza y habilidad para colocarse. Deben instalarse con la pendiente correcta a los drenes, libres de depresiones ó salientes y con todas las juntas perfectamente llenas.

Los tabiques ó losetas no deben estar desnivelados, y por tanto deben colocarse formando un tendido uniforme y con el amarre deseado por el cliente.

Para obtener los mejores resultados, los tabiques a prueba de ácidos deberán encerarse ó parafinarse previamente a su colocación para que pueda lograrse una limpieza correcta una vez terminado el trabajo. Todos los cortes de ladrillo y loseta deberán hacerse con una cortadora para ladrillo y nunca con martillos ó mano. Una cortadora para ladrillo asegura un trabajo limpio, y reduce costos.

Materiales requeridos:

El número de tabiques y la cantidad de mortero químico resistente requerido por m^2 para varios tipos de pisos industriales son dados en la tabla 4-1.

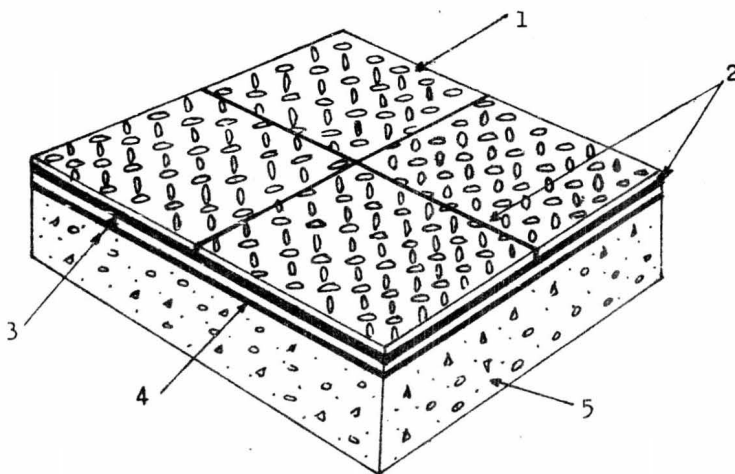
U s o s.- Fábricas de acero, Plantas de acabado metálico y platinado, Plantas de galvanoplastia, Industria del Petróleo, Plantas de proceso químico.

Tipo III.- SISTEMA DE PLACAS DE ACERO.

Los pisos metálicos están constituidos por la base estructural, la membrana asfáltica, y las placas de acero pegadas por medio de cementos epóxicos. Este tipo de cementos resisten perfectamente álcalis, solventes, aceites y productos lácticos. Son sumamente resistentes a la abrasión y a los cambios de temperatura (siempre que se incluyan juntas de expansión para el metal hasta $110^{\circ}C$).

Antes de pegar las placas deberá aplicarse una cama de cemento epoxi sobre la base de concreto y sobre ella ir colocando las placas previamente limpias por abajo y sopleteada con chorro de arena en sus bordes para lograr una buena adherencia en la junta.

Los principales usos de este tipo de piso es en bodegas de carga de lecherías, embotelladoras, ó donde se instalen cadenas transportadoras en el piso.



1) Placa de acero (12" x 12"; usualmente de 3/16" de espesor).

La placa de acero como primera línea del piso está diseñada para resistir todo el impacto, abrasión y otros abusos requeridos en el servicio. Al mismo tiempo su acabado proporciona seguridad contra derrapes.

2) Cemento anticorrosivo (usualmente epóxico).

Este cemento sella las juntas entre las placas de acero y las protege contra penetraciones ó filtraciones, donde al mismo tiempo protege la parte interior de la placa de acero del ataque corrosivo. Siendo un material inerte y químico-resistente, ésto virtualmente elimina los problemas de sanidad.

3) Membrana Asfáltica:

Actúa como una segunda línea de defensa. Esta membrana impermeable asegura que los derrames de materiales que provocan el mal olor no puedan alcanzar la base de concreto si ellos llegasen a penetrar las juntas superficiales. Además debido a su flexibilidad también ayuda a absorber los esfuerzos estructurales.

4) Primario Asfáltico:

Sella el subpiso de concreto y asegura la adherencia entre la membrana y la base de concreto.

5) Subpiso estructural de concreto:

Protegido por una capa impermeable la base estructural de concreto no estará sujeta a contaminación ó ataque por ácidos alimenticios ó soluciones químicas. (Ver sección preparación de superficie).

U s o s.- Cuartos de enfriamiento en lecherías, plantas de proceso de alimentos, cervecerías.

Tipo IV.- SISTEMA DE CARPETA O PISOS MONOLITICOS.

Monolíticos - Definición.-

La palabra monolíticos comunmente se utiliza para describir cualquier estructura que está hecha de una sola pieza. En referencia a una protección para pisos la palabra define un grupo de formulaciones espeefficas. Por lo tanto podríamos definir un piso monolítico como una --carpeta ó revestimiento a base de una resina termofija resistente a --la corrosión y protegiendo superficies basadas en otros materiales no resistentes a condiciones corrosivas.

Formulados y aplicados los materiales monolíticos constituyen una superficie continua, caracterizada por resistencias altas a factores tales como: abrasión, impactos, choques térmicos y cargas. Dependiendo de la resistencia química necesaria será la resina a escoger como base de la formulación. La mezcla de los diferentes componentes entre si, producen un material de consistencia pastosa, susceptible de aplicación a llana.

Carpetas - Revestimientos:

A fin de evitar confusiones y aclarar conceptos, definiremos dos de --los términos arriba empleados y que seguiremos usando en el desarro--llo de esta sección, en la inteligencia de que en nuestro país, no ha habido un intento por estandarizar los términos usados en control de corrosión. Por carpeta (topping) entendemos una capa de un material monolítico resistente a la corrosión, aplicado sin refuerzo de tela --alguna. Su uso está limitado a la aplicación sobre superficies hori--zontales y con servicios químicos no muy severos. Se colocan a espe--sores generalmente de 3 a 6.5 mm. (fig. 1) dependiendo ésta, del servicio a que estarán sujetos.

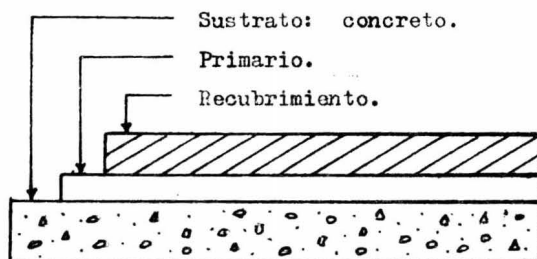


Fig. 1

Por revestimiento (lining) se entiende un monolítico para servicios químicos severos, generalmente, aunque no necesariamente reforzado — con alguna tela de material químico-resistente, y susceptible el revestimiento, de colocarse sobre superficies tanto horizontales como — verticales. Se colocan generalmente a espesores de 3 mm. aproximadamente (4capas) y su aplicación se recomienda en pisos en condiciones de casi inmersión, así como en trincheras y bases de equipo.

Resinas usadas:

Los primeros pisos monolíticos y con resistencia química de que se — tienen noticias, son los llamados mastiques asfálticos que empezaron a ser usados a fines del siglo pasado. Consisten de asfaltos especia — les con agregados y se colocan a espesores mayores de 25 mm. Tienen buena resistencia química a ácidos inorgánicos no oxidantes y a álca — lis. Su principal desventaja es su flujo en frío y su mala resisten — cia a solventes y temperaturas altas en los derrames. A pesar de la comodidad de su precio, han ido perdiendo popularidad sobre todo por — lo engorroso de su aplicación, comparado con materiales de nueva apa — rición que cuentan con mejores propiedades en forma general.

Después de la 2a. Guerra Mundial se lograron otras formulaciones mo — nolíticas a base de cementos hidráulicos (base agua) y látices de e — lastómeros sintéticos. Posteriormente hacia principios de la década de los años 50 las resinas epoxi fueron adaptadas a ese uso, uniéndoseles en los años 60 las resinas poliéster y las uretanos.

Su principio como el de todos los materiales nuevos, fue muy errático,

seguramente por que se desconocían muchos de los factores que debían intervenir para la obtención de un buen material y de su aplicación - misma. Actualmente la experiencia ha demostrado cuales son esos factores y ha propiciado que permanezcan en el mercado productos que han probado su eficacia en instalaciones reales, a través de muchos años.

Otras resinas de buena resistencia química como son las furánicas y - fenólicas, no han podido ser formuladas para obtener materiales que - puedan trabajar como protecciones superficiales de substratos de concreto. Conviene aclarar que existen formulaciones a base de resinas fenólicas modificadas que se usan como recubrimientos delgados en pisos (coatings), y como cementos de junteo en sistemas de tabique ó loseta antiácida/membrana impermeable, pero definitivamente no como monolíticos. Las resinas furánicas han tenido como principal problema, su alta fragilidad y encogimiento. Su baja adhesividad a superficies porosas y el ser afectadas en su curado por la alcalinidad de los concretos tampoco ha ayudado a poderlas aprovechar, a pesar de sus excelentes resistencias químicas tanto a ácidos y álcalis, como a solventes.

Características necesarias para un compuesto de Protección Monolítica.

Para que un compuesto pueda aplicarse como un monolítico de protección a una superficie de concreto y que efectivamente cumpla su cometido, debe tener un mínimo de requisitos entre los cuales los más destacados son:

1) Resistencia Química.- Ante todo y siendo lo que se busca, protección contra algún ó algunos agentes químicos, la resina base del compuesto deberá tener la resistencia química adecuada a los agentes que se derramarán sobre los pisos.

2) Resistencia a la Actividad Bacteriana.- Como una derivación de la resistencia química, hay que considerar la resistencia al ataque bacteriano. Es muy común olvidarse, que si el piso se ve sujeto a un ataque de esa clase, los productos generados en estos procesos, son agentes químicos enérgicos tanto líquidos como gaseosos. Muchas veces se piensa sólo en los problemas de sanidad y contaminación del producto, olvidando que en realidad los pisos están siendo destruidos

causando que el problema se agrave, al producirse secciones de más - fácil oclusión de las bacterias, lo que da origen a que progresen los procesos que están provocando la destrucción del piso.

Por lo anterior, una formulación para piso debe ser lo suficientemente compacta y libre de acabado irregular, para impedir lugares de contaminación bacteriana, así como lugares de difícil acceso a los materiales de limpieza y desinfección.

3) Adhesividad.- Una buena adhesión es básica para el buen funcionamiento de un monolítico. Su unión integral al concreto que está protegiendo, proporciona una combinación mecánicamente sana. Un monolítico parcialmente adherido ó mal adherido acaba por tronarse y desprenderse en pedazos, al no tener la resistencia mecánica para actuar como piso por sí mismo.

4) Cargas e impactos.- Un piso puede ser sometido desde un simple tránsito ocasional de personas hasta un tránsito intenso de personas y equipos de transporte pesado. Debido a lo anterior es importantísimo tomar en cuenta la resistencia de un material a: la erosión causada por personas ó equipos, las cargas a que será sujeto, y aunque tal vez en forma ocasional a los impactos que pudiera sufrir. Los mejores monolíticos sólo pueden resolver problemas como los anteriores -- hasta ciertos límites.

5) Resistencia a la temperatura.- En compuestos monolíticos para pisos, por lo general, un factor limitante no es la temperatura de los derrames de soluciones, aunque siempre debe tomarse en cuenta. Sin embargo, en lo que a temperaturas se refiere, lo peligroso para un monolítico está constituido por los choques térmicos. Todo compuesto para monolítico debe estar formulado tomando en cuenta en forma muy especial, la seguridad de que estará sujeto a choques térmicos durante su servicio.

6) Espesor.- Este es un requerimiento indispensable para un monolítico. El material debe tener un espesor suficiente para no dañarse fácilmente por objetos arrastrados a través del piso, por golpes localizados y para cubrir defectos dentro de ciertos límites.

7) Seguridad.- El material debe presentar una superficie antiresbalante. De otra forma y en virtud de que muchas veces hay humedad y materiales lubricantes sobre las superficies protegidas, sería riesgo para las personas que transitan ó trabajan en esa área.

8) Facilidad de reparación.- Este es un requerimiento muy importante por los abusos a que un piso industrial se ve sujeto por lo regular. Dado a que seguramente habrá necesidad de reparar un piso durante su vida útil, se debe de contar con formulaciones fáciles de reparar, -- con respecto al tiempo empleado y mano de obra a usarse.

9) Economía.- Dentro de ciertos límites una formulación bien balanceada, permite una carga alta de inerte, que lejos de degradar la resina le confiere ciertas propiedades, por medio de las cuales cumple con la serie de requisitos que se han mencionado. Aunado a lo anterior permite obtener compuestos de precios muy atractivos.

Propiedades comparativas de diversos materiales en Plantas de Alimentos.-

Materiales considerados:

- 1) Mastiques asfálticos a 38 mm (1 1/2").
- 2) Tabiques antiácidos con membrana asfáltica de 1/4" cama y juntas de cementos anticorrosivos. Loseta antiácida colocada sobre firme de mortero portland y junteada con cementos anticorrosivos.
- 3) Monolíticos époxis ó poliésteres a espesores de 6 mm. (1/4").

Nota: Esta comparación es desde un punto de vista muy general, dado a que en algún caso específico por ejemplo resistencia a tráfico pesado, el piso monolítico no es tan versátil como un piso de tabiques antiácidos, dado a que su resistencia a la compresión como sistema es mucho mayor.

	1	2	3
Resistencia Química	Buena	Excelente	Excelente
Permeabilidad a Bacterias	Buena	Buena	Excelente a buena
Adhesividad	Regular	Buena	Buena a Excelente
Resistencia a la Abrasión	Buena	Excelente a Buena	Excelente
Resistencia al Impacto	Mala	Buena a Excelente	Excelente
Resistencia a las Cargas	Mala	Excelente	Buena a Excelente
Facilidad de Aplicación	Mala	Regular	Buena
Facilidad de Reparación	Regular	Regular	Buena
Facilidad de Mantenimiento	Regular	Excelente	Excelente

PISOS INTEGRALES EPOXICOS.-

Dentro de este mismo sistema de tipo monolítico cabe resaltar la versatilidad de los pisos epóxicos, ya que de los varios tipos de aglutinantes plásticos usados para materiales en pisos, los epóxicos poseen excelentes propiedades de aplicación debido a las siguientes características:

- a) Adherencia permanente a casi cualquier material.
- b) Muy bajo encogimiento durante el curado.
- c) Alta resistencia a varios químicos.
- d) Buena resistencia mecánica y a la abrasión.
- e) Estabilidad dimensional.
- f) Posibilidad de obtener colores brillantes ó pastel.
- g) Bajo costo de mantenimiento.

Tipos de pisos:

Existen 2 tipos principales:

- 1) Industrial.
- 2) Decorativo.

Ambos tienen en común el bajo costo de mantenimiento, más sin embargo - el tipo industrial requiere poseer buena resistencia a la abrasión y - resistencia química.

1) PISOS EPOXI INDUSTRIALES :

- A) Para propósitos generales (altamente cargado).

Como un propósito general para satisfacer las propiedades mecánicas requeridas, un material epoxi 100% sólido, con una relación agregado a - aglutinante de 6 a 1 ó mayor es recomendado. Al usar una alta cantidad de agregados, se obtiene un coeficiente de expansión térmica razonablemente cercano al del concreto y acero. Este hecho permite su uso en áreas donde se esperan variaciones de temperatura, tales como en -- plataformas y lugares donde pueden derramarse líquidos calientes y posteriormente lavarse con agua fría.

La mayoría de este tipo de pisos son antiderrapantes y resisten abrasión mecánica y choques, pero no son químico-resistentes.

Cuando se desea una superficie muy burda, se puede rociar una pequeña cantidad de arena (# 40) sobre la superficie durante la operación final de allanado. Donde se requiere una superficie fácil de limpiar, es conveniente colocar una capa de sellador epoxi sobre el piso inmediatamente después del allanado. Sin embargo, debe hacerse notar que ésto reduce la relación efectiva agregado/aglutinante en una carpeta porosa.

2) PISOS QUÍMICOS-RESISTENTES.-

Ciertos pisos epóxicos ofrecen mejor resistencia química que otros, - éstos tipos deben ser usados en áreas expuestas a derrames de productos químicos.

Para utilizar un aglutinante epoxi que presente alta resistencia a estas condiciones, es mejor reducir la oportunidad de porosidad, reduciendo la relación agregado/aglutinante a 4.5 ó 5/1, además de usar un endurecedor más fácil de provocar entrecruzamiento con la resina epoxi (cross-linking).

Tales sistemas pueden ser usados en plantas de procesos de alimentos, cervecerías y plantas químicas donde ocurran derrames de solventes, - ácidos y álcalis. En las formulaciones de bajas relaciones agregado/aglutinante, estos productos epoxi son prácticamente sistemas autonivelantes, haciendo posible si se requiere, acabados muy tersos, los cuales son muy fáciles de mantener.

PRIMARIOS USADOS EN PISOS MONOLÍTICOS.-

El primario es un recubrimiento de baja viscosidad fabricado con resinas del mismo tipo ó afines con aglutinantes de las carpetas ó monolíticos superiores.

El primario ideal penetraría en el concreto a una profundidad de 1/4" a 1", ó también cuando hay humedad y condiciones frías para reforzar la superficie del concreto e incrementar su fuerza tensil. Esto incrementará la efectividad de alta resistencia del acabado colocado sobre la superficie.

Existen dos tendencias sobre el uso de primarios: unos a favor de su uso, otros en contra.

a) A favor:

Un primario es requerido cuando el material para el piso tiene poco exceso de aglutinante con el cual humectar el subpiso.

Un primario es usado cuando las propiedades de humectación del aglutinante son de bajo orden, tal que no moja adecuadamente el sustrato.

Las condiciones anteriores pueden checarse haciendo una pequeña aplicación sobre el subpiso, 10 minutos después de la aplicación, la muestra se limpia con una llana. La humectación de la superficie es claramente indicada. La demostración de un 95% de humectación indica que no debe utilizarse primario. La humectación del 75% ó menos requiere el uso de un primario.

El concreto poroso absorberá mucho exceso de aglutinante de una mezcla de buena humectación, por tanto es conveniente colocar un primario sobre el concreto poroso antes de aplicar la carpeta.

En tales casos es ventajoso usar un primario conteniendo algún solvente para lograr una buena penetración. Es esencial que tal solvente se evapore antes de que la carpeta sea colocada.

Es ventajoso así mismo, usar un primario inmediatamente después de la limpieza del sustrato, si se encuentra que por alguna razón la operación subsecuente de colocación del piso va a demorar. En este caso el primario se utiliza para proteger la superficie preparada.

b) Contra Primarios:

Una razón contra el uso general de primarios es el costo. En suma, ésta es una operación que debe incluirse en el programa, con el consecuente consumo de tiempo.

Cuando la formulación no ha sido cuidadosamente balanceada, el primario puede ser el causante de una pobre adherencia. Por su naturaleza, el primario es una película delgada, y como tal puede ser sensible a la humedad y CO_2 , lo cual puede provocar la formación de una película grasosa de carbonato en la superficie. Si tales películas se forman - ésto causará una adherencia débil con la carpeta.

Si la formación de tales películas ocurre, éstas pueden eliminarse por raspado mecánico y lavado con un detergente no-iónico, fluyendo agua -

limpia sobre ella y posteriormente secando.

Contrario a lo esperado, no se ha encontrado que el uso de primarios reduzcan las burbujas de aire atrapado en cualquier acabado subsecuente.

En cualquier caso si se decide usar primarios es conveniente que éste satisfaga las características siguientes:

- A) PENETRACION
- B) FLEXIBILIDAD.
- C) RESISTENCIA A HUMEDAD.
- D) HABILIDAD PARA CURAR BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD.

TECNICAS DE APLICACION:

Las técnicas de aplicación para este sistema son muy parecidas a las comunes de albañilería, sin embargo por ser los materiales diferentes a los convencionales es necesario manejarlos siguiendo las instrucciones de cada fabricante.

1) Preparación de Superficie.- Como en los sistemas anteriores éste es el paso más importante para asegurar el buen funcionamiento del piso, y dado a que es común en cualquier sistema se discutirá en una sección por separado.

2) Aplicación del Primario.- Una vez que se tiene el sustrato preparado, se procede a la aplicación del primario cuando sea requerido, - llevando a cabo los pasos siguientes:

a) Mezclado de los componentes:

Esto es debido a que los primarios de sistemas epóxicos ó poliéster son envasados en dos componentes, resina en uno y el agente curante en el otro, deben mezclarse perfectamente para obtener las propiedades finales requeridas.

Es conveniente resaltar que la relación de mezcla no es arbitraria, sino que está fijada por cada fabricante, y debe seguirse fielmente si se desean obtener buenos resultados. El mezclado puede hacerse manualmente.

b) Aplicación: La aplicación es por medio de brocha procurando que el material penetre en las porosidades del sustrato.

Aquí es necesario considerar la vida útil de la mezcla, y preparar exclusivamente material que puede ser aplicado en ese lapso de tiempo.

- c) Tiempo de curado: Generalmente se deja curar, ó reaccionar el agente curante con la resina durante toda una noche (16 horas), antes de aplicarle la carpeta.

Si la temperatura es muy diferente de 25°C la velocidad de reacción será afectada, retardandola en temperaturas bajas, y acelerandola en altas temperaturas.

Existen primarios de tipo epóxico en el mercado que pueden ser recubiertos hasta 30 días después de haber sido aplicados.

3) Aplicación de la Carpeta.--

- a) Mezclado de los componentes: Una de las claves para obtener propiedades finales satisfactorias es la mezcla correcta del componente resinoso con el agente curante. Actualmente se dispone de varias clases de mezcladores eléctricos y neumáticos que hacen un trabajo satisfactorio. Algunas veces se requieren variaciones en el equipo de mezclado dependiendo de la viscosidad, las consideraciones siguientes son generalmente aceptadas en la mayoría de los casos. Cuando se van a recubrir áreas pequeñas, el mezclado puede realizarse por medio de un agitador eléctrico de propela, en un recipiente generalmente de 18 a 20 lts. Se deben tomar precauciones especiales para asegurar que el material no se pegue en las paredes, ni se asiente en el fondo del recipiente, provocando un mezclado deficiente.

En aplicaciones de volúmenes mayores, se deben utilizar mezcladores de cemento ó plastes de 3 1/2 ft³. En tales casos el volumen total de mezcla no debe ser menor de 20 litros ni mayor de 40 litros por lote. En cualquier caso, se debe proporcionar un tiempo de mezclado entre 3 y 6 minutos. Este tiempo de mezclado máximo debe ser cuidadosamente observado para no consumir demasiado tiempo de la vida útil de la mezcla, y prevenir endurecimiento prematuro del aglutinante en el mezclador. Tan pronto como se termina el

mezclado, se vaciará el lote en la superficie por tratar, y distribuir el material por medio de implementos de albañilería en capas delgadas para prolongar la vida útil del material. El mezclador debe limpiarse inmediatamente por medio de solventes tales como metil isobutil cetona, antes de que la resina endurezca.

Para aplicaciones todavía mayores el método de aplicación por lotes, es fastidioso y pesado. Para este tipo de trabajos se han desarrollado unidades de pavimentado continuo, las cuales mezclan y distribuyen el material automáticamente. Aunque estos desarrollos son específicos para carreteras, ellos se recomiendan en la aplicación de muchos pisos industriales. Equipos similares de menor tamaño están siendo diseñados y podrán ser usados en la reparación de pisos industriales.

- b) Aplicación del aglutinante resinoso y recubrimiento final.- Existen varios métodos de aplicación para este tipo de recubrimientos. Los más importantes serán descritos a continuación:

b-1) Recubrimiento tipo pintura sin solvente: Se mezclan el componente resinoso y el agente curante con el agregado (cargas) para formar un recubrimiento fluido sin solvente el cual puede ser aplicado por aspersión, rodillo ó brocha.

Este tipo de recubrimientos son similares a las pinturas, pero debido a no contener solventes pueden aplicarse en capas más gruesas que las pinturas convencionales, proporcionando por tanto mayor nivelación y vida de uso. Este es recomendable para reparación de pisos relativamente lisos.

Las ventajas de este método son:

- 1) La textura final puede variar desde lisa a ligeramente rugosa.
- 2) Aplicación fácil y rápida (generalmente son autonivelantes).
- 3) Facilidad de coloreo.

Nota: Conviene aclarar que en este caso de materiales de dos componentes, la reacción química entre ellos afecta el color final del recubrimiento.

b-2) Aplicación de resina sin agregados: Se mezcla y aplica el --

aglutinante líquido, en la ausencia de cargas, directamente al sustrato preparado, y subsecuentemente se rocían los agregados en exceso.

Este método de aplicación es satisfactorio solo cuando se desean aplicaciones de bajos espesores (1/8 a 1/4"), y consecuentemente se restringe a superficies relativamente uniformes. Inmediatamente que la resina líquida ha sido mezclada, se transporta al sitio por recubrir y se distribuye uniformemente abarcando el área deseada por medio de escobas de cerdas duras ó rodillos de pinturas. El agregado debe aplicarse casi inmediatamente para proporcionar una superficie antiderrapante. Las dimensiones del agregado no deben ser muy finas tal que produzcan un efecto "absorbente" creado por espacios capilares, propiciando absorción del aglutinante líquido dejando secciones sin resina y reduciendo con ello la adherencia. Tan pronto como la resina ha endurecido suficientemente para permitir **pisar** la carpeta, usualmente 2 a 10 horas dependiendo de la temperatura; el exceso de arena puede eliminarse. La superficie resultante contendrá normalmente de 70 a 80% de agregado.

Las ventajas de este método de aplicación son:

- 1) El método ayuda a aplicar áreas grandes.
- 2) El líquido sin carga es extremadamente fácil de manejar y dispersar.
- 3) La superficie no requiere de acabado después de haber sido rociada con el agregado.
- 4) Se obtiene una textura antiderrapante.

b-3 Compuestos premezclados.- Se adiciona una parte del agregado a la resina líquida, se mezclan y aplican, inmediatamente después se rocía con el remanente de agregado.

Esta técnica puede emplearse cuando el sustrato por recubrir está relativamente áspero, como un resultado de picaduras, resquebrajamientos, etc. La distribución del material utilizada en los casos anteriores no es aplicable aquí, ya que las depresiones causarían irregularidades en la superficie final.

Cuando este método es usado, se adiciona una porción del agregado

al aglutinante, mezclando de 3 a 6 minutos, con el objeto de humectar el agregado. Dependiendo de la viscosidad de la resina líquida empleada, la relación de agregado a resina para el sistema de premezcla puede ser de 1 a 1 hasta 2 1/2 a 1 por volumen para alcanzar la consistencia deseada. El resto de la operación es similar a la descrita anteriormente.

Las ventajas de este método de aplicación son:

- 1) La premezcla puede ajustarse para proporcionar las ventajas del caso anterior.
- 2) Este método permite también la aplicación de capas gruesas nivelantes cuando el subpiso está algo destruido.

b-4 Aplicación de compuestos con llana:

Aplicación a la superficie preparada de una mezcla consistente de toda la resina más el total de agregado requerido. Para resultados óptimos, la resina y el agregado llevando el agente curante (sistema de dos componentes) son mezclados perfectamente.

Esta técnica puede usarse para aplicar casi a cualquier espesor, y es en especial recomendada en la aplicación de espesores gruesos. En este caso, todo el agregado por usar está contenido en el sistema al momento de distribuir el material sobre la superficie por recubrir, y no se necesita exceso de agregado. Inmediatamente que los componentes han sido mezclados, estos son transportados al sitio por recubrir y dispersados sobre el área deseada por medio de llanas ó rodillos. Después se allana la superficie para obtener la nivelación adecuada. Se prefiere llana de acero para este tipo de sistemas. Se recomienda ocasionalmente mojar la cara de la llana con un trapo impregnado en queroseno para facilitar la operación de allanado.

Ventajas:

- 1) Permite la aplicación de recubrimientos a casi cualquier espesor, y en casi cualquier grado de acabado del subpiso.
- 2) Los granulos abrasivos son completamente encapsulados en el -

recubrimiento, siempre y cuando la selección de tamaño y forma -- de agregado sea la correcta, proporcionando además facilidad de - limpieza.

3) No requiere limpieza de exceso de agregado.

Como un método adicional en este caso para distribuir el material ó mezcla de resina y agregado sobre la superficie por tratar, se cuenta actualmente con sistemas por aspersión (uso de presión de aire) usando equipos como el BINKS PRESSURE TANK ó QUIKSPRAY CA-- BRUCCEL PUMP UNIT, teniendo como ventajas las siguientes:

- 1) Asegurar la formación de películas densas, libres de espacios vacíos.
- 2) Puede ser aplicado a pisos y paredes, también como a techos, - sin escurrir (obviamente esta propiedad también depende en gran parte de la consistencia de la mezcla).
- 3) Abate costos de instalación por mano de obra (incremento de la productividad).

En todos los casos anteriores la velocidad de aplicación (la cual determina el espesor final) es convenientemente controlada en ope raciones "batch" (por lotes) trabajando una área definida, ó por un peso dado de material que debe ser distribuido para obtener el rendimiento deseado (m^2/Kg). Ver tabla 4-1 de rendimientos.

Fallas y dificultades posteriores a la aplicación de un piso monolítico .-

El exámen de esta lista demuestra la importancia de la supervisión en los procedimientos de aplicación.

Fallas y sus causas :

- Fallas que pueden ocurrir :
- 1) en el subpiso
 - 2) en la línea de unión
 - 3) en la carpeta epóxica.

FALLA

CAUSA

Mala adherencia, no falla el concreto.

- A) Mala preparación de superficie.
- B) Solvente del primario no evaporado.
- C) Primario grasoso.

Pobre adherencia hacia el concreto.

- D) Mal mezclado del primario o aglutinante.
- E) Baja temperatura de aplicación.
- F) Subpiso húmedo.

Ampollamiento, elevación del concreto de 1/8 - 1/2 ".

- A) Preparación de superficie insuficiente.
- B) Subpiso mojado.
- A) Baja resistencia del subpiso .
- B) Severa diferencia de expansión térmica localizada.
- C) Piso aplicado en subpiso frío sin membrana selladora cuando el uso normal del piso es para aplicarse a temperaturas más elevadas.
- D) Vaciado del material en placas frías, más tarde expuestas a incremento de temperatura sin prevención de expansión.

Fracturas

- A) Fracturas de reflexión de un piso dañado.
- B) Encogimiento de una mezcla pobremente formulada.

Ampollamiento ligero en la carpeta

- A) Aire atrapado en la carpeta.
- B) Calentamiento localizado cuando el piso está curando.
- C) Concreto muy poroso y sin primario; liberación de aire cuando el piso está curando.
- D) Escape de solvente de baja ebullición de un aglutinante mal formulado.

Ablandamiento (a través de la carpeta endurecida.

- A) Exposición al agua durante el curado.
- B) Formulación incorrecta (sobre plastificante) .
- C) Endurecedor insuficiente.
- D) Exceso de endurecedor.

- E) Largo período abajo de la temperatura mínima de curado.
- F) Agregados húmedos.
- G) Mezclado con aglutinante insuficiente
- Remiendos blandos. A) Mezcla inadecuada.
- B) Exposición al agua durante el endurecimiento.
- C) Exposición a agentes químicos antes de completarse el curado.
- Superficie áspera. A) Selección pobre de agregado.
- B) Contenido inadecuado de aglutinante.
- C) Allanado pobre.
- Superficie brillante. A) Allanado incorrecto.
- B) Mezcla rica en resina.
- C) Exceso de agregado redondo.
- Textura desigual. A) Variación en las técnicas de allanado
- B) Allanado en diferentes estados de vida útil.
- C) Mezcla inadecuada.
- Color desigual. A) Técnicas pobres de formulación.
- B) Allanado en varios estados de vida útil.
- C) Variación en las técnicas de allanado.
- Decoloración. A) Exposición a agua durante el curado.
- B) Condiciones húmedas durante el curado.

Algunos comentarios sobre el por qué es más fácil evitar las fallas que corregirlas.

Mala adherencia :

Cuando no se trata de falla de todo el piso, las áreas de mala adherencia pueden ser definidas golpeando el área con un martillo. Un sonido hueco indica mala adherencia.

Se marcarán las áreas de falla con algunos centímetros fuera de los límites, y se hará un corte a través de la carpeta como en la Fig.2A pero en forma lo más angular posible como en las figuras 2B y 2C,

y debe penetrarse aproximadamente 1" en el piso de concreto si el refuerzo lo permite.



Carpeta Epoxi.

Fig. 2A



Area de adherencia pobre.

Fig. 2B



Subpiso de concreto.

Fig. 2C

Entonces, remover el área dañada por medios mecánicos y analizar la causa de la falla. Posteriormente, asegurarse de que el concreto esté libre de grasa, etc., y reemplazar la sección de carpeta epoxi.



Nota: Los pisos epóxicos tienen relativamente baja resistencia a pe-
larse, y en casos de mala o pobre adherencia eliminar el remiendo, --
cincelando como se muestra en la fig. 3 . Esto puede levantar una --
área grande de piso donde la adherencia es todavía buena. Tal levanta-
miento puede ser limitado por un corte (ilustrado por una "x" en la
Fig.3).

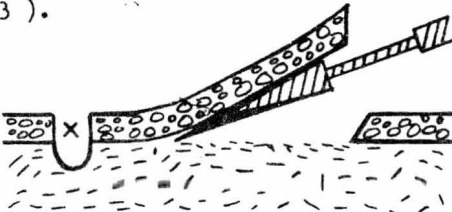


Fig. 3

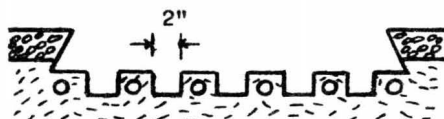
Adherencia pobre :

Esta es más difícil de localizar y definir que la mala adherencia. Cuando tales fallas son localizadas, la técnica a seguir es similar a la anterior.

Una pobre adherencia puede ocurrir cuando la lechada no ha sido eliminada del concreto nuevo antes de colocar la carpeta.

Ampollamiento :

Este puede ser reparado cuando sus causas son conocidas. Puede deberse a la falla provocada por una severa expansión térmica localizada. Hay oportunidad de evitar esto anclando la carpeta al sustrato con perforaciones (2" de diámetro y 2" de profundidad) entre las barras de refuerzo como se muestra en las Figs. 4A y 4B



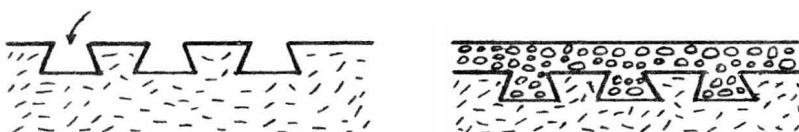
Barras de refuerzo en subpiso de concreto.

Fig. 4 A



Fig. 4 B

Si el equipo lo permite, el subpiso puede cortarse de la siguiente manera

Ampollamiento ligero :

Este puede ser reparado taladrando la falla y rellenando con material similar al original, Fig. 5.

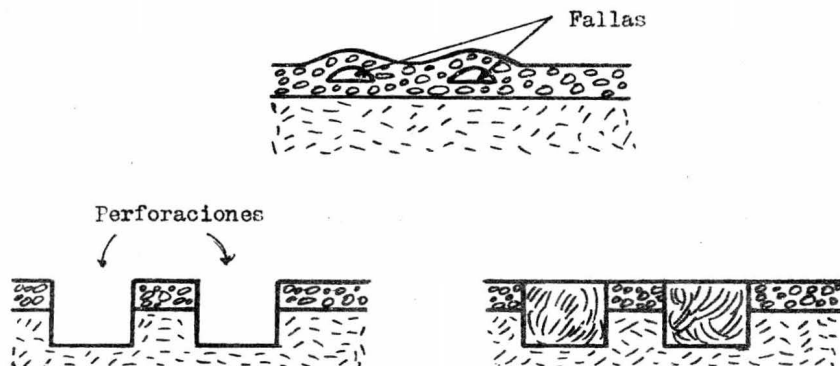


Fig. 5

Fracturas :

Las fracturas en la carpeta provocadas por reflexión de fracturas en el subpiso de concreto son una fuente común de dificultades (Fig.6).

Usualmente el constructor marca las fracturas existentes en el subpiso y se las muestra al arquitecto antes de colocar el piso.

Se debe corregir tal situación haciendo un corte en la carpeta, y posteriormente otro en forma de "V" en el subpiso. Entonces el corte en "V" se llena con un material polimérico para juntas de expansión, y se repara el corte en la carpeta con el mismo material epóxico.

Si es posible el trabajo debe hacerse en invierno o cuando la grieta esté totalmente abierta.

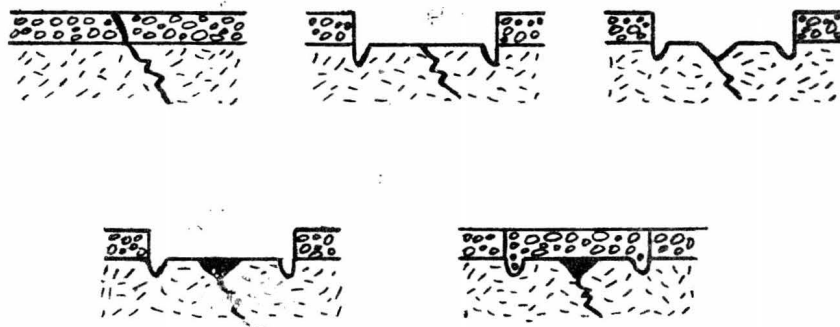


Fig. 6

USOS: Plantas de procesos químicos, plantas de acabados metálicos, fábricas de papel y pulpa, plantas de tratamiento de aguas negras, plantas de procesos de alimentos, fábricas textiles, plantas de poder (nucleares), plantas de refinamiento de petróleo, fábricas de acumuladores.

Ahora trataremos dos tópicos de suma importancia para el buen funcionamiento de un piso industrial.

I) Preparación del sustrato o superficie a proteger.

II) Juntas de expansión.

I) Preparación del sustrato .-

1) Reparación del subpiso (anterior a la preparación de superficie).

Debido a que se pueden obtener resultados pobres al colocar un sistema hasta cierto punto duro sobre un subpiso débil, algunas observaciones sobre la reparación del subpiso serán de interés :

Fracturas (Cracking) :

Las fracturas son más notables en tiempo de frío. Esto es debido a la contracción térmica de las placas.

Las fracturas son más perceptibles cuando un piso ha sido lavado y secado, ya que las fracturas se conservan húmedas.

No se hará aquí mención a las causas posibles de fallas del concreto, sin embargo el conocimiento de la causa de la fractura es de gran importancia para decidir sobre el mejor método de remediar el problema. Una de las maneras para solucionarlo es utilizar compuestos selladores flexibles.

Hay dos tipos de fracturas :

A) Por movimiento (expansión- contracción).

B) Sin movimiento.

A) Fracturas por movimiento :

Preparación de la grieta : limpieza de la superficie agrietada. - El polvo y la mugre deben eliminarse soplando con aire comprimido para conseguir limpieza y secado de la superficie.

Frecuentemente, los lados de las grietas se debilitan, por lo cual es conveniente reforzar esta superficie con la impregnación de un primario, generalmente termofijo. Estos materiales son usualmente adhesivos epóxicos de bajo contenido de sólidos capaces de penetrar en el concreto poroso y debilitado. Así :

1o. Aplicar el primario sobre la fractura.

2o. Llenar la grieta con la junta de expansión (siendo de preferencia de tipo termofijo) después de que el solvente del primario se ha evaporado, pero antes de que haya secado al tacto.

Cuando se aplica la junta de expansión deben considerarse las situaciones siguientes :

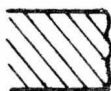


Fig. 7A Fractura expandida
(Invierno)



Fig. 7B Fractura contraída
(Verano)

Claramente es más fácil rellenar tales grietas en el invierno Figs. 7A 8A pero debe considerarse que bastante de este material se desbordará en el verano Fig. 8B



Fig. 8A Invierno



Fig. 8B Verano

Si el material no puede ser exudado hacia arriba debido al piso, entonces éste sería presionado hacia abajo Fig. 9A . Cuando se llevan a cabo tales reparaciones en el invierno debe tenerse cuidado de que exista tal escape hacia abajo. Si no-la hay, resultará en consecuencia amollamiento del piso, Fig. 9B



Fig. 9 A



Fig. 9 B

B) Fracturas sin movimiento :

El sellado de grietas finas : en fracturas muy finas, las cuales se mueven ligeramente, la técnica siguiente es frecuentemente exitosa, y puede prevenir una pequeña fractura del subpiso que sea reflejada a través del sistema. Se procede de la manera siguiente : cortar en for

ma de "V" en la parte superior de la grieta.



Esto permite una zona mayor para colocar la junta de material sellador, y por tanto abatir su porcentaje de elongación o compresión.



Fig. 10

Enmendaduras .-

Los remiendos de concreto convencional deben ser usados en las áreas preparadas. Si las enmendaduras son delgadas es posible usar adhesivos tipo epóxicos para asegurar una buena adherencia. Ninguna membrana de curado químico debe ser usada sobre las enmendaduras.

Debe permitirse un tiempo de endurecimiento adecuado para el concreto reparado. Es muy importante que el remiendo esté seco antes de colocar el piso. Si no es posible dejar secar el concreto reparado suficiente tiempo, entonces es conveniente utilizar un material de tipo resinoso sintético con agregados para remendar, aunque debido a sus exotermias éste debe colocarse y permitirsele endurecer antes de aplicar el piso.

La ventaja es que el tiempo para obtener el endurecimiento del remiendo con resinas sintéticas es menor.

En este caso es necesario considerar el costo de reparar con concreto o cementos sintéticos contra el tiempo de retener el subpiso en reparación.

2) Limpieza del sustrato y preparación de superficie.-

La limpieza y condición del subpiso es de vital importancia para la durabilidad y adherencia de cualquier piso colocado sobre éste.

Tipos de subpisos y tratamiento :

Concreto nuevo :

La superficie de concreto nuevo es siempre débil, rara vez se tiene un concreto de alta resistencia. Esto es debido a la vibración y a los movimientos de allanado hechos cuando se coloca el concreto, fomentado por la migración hacia la superficie de los componentes más ligeros, tales como exceso de cemento Portland y agua. A este fenómeno se le conoce como "lechamiento" (laitence), éste dá al concreto nuevo una apariencia uniforme pero falsa.

La lechada está presente a una profundidad de 0.05" aproximadamente y es débil en casi toda su superficie.

A menos que sea eliminado, éste limitará el funcionamiento, y probablemente causará fallas de cualquier unión a esta superficie.



Fig. 11

Compuestos curantes :

Los compuestos curantes son frecuentemente rociados sobre el concreto húmedo para actuar como una membrana y retardar la evaporación de agua cuando el concreto está curando. Ellos son casi invisibles cuando curan. Los químicos usados para tales compuestos son frecuentemente aceites o materiales resinosos que perjudican la adherencia para cualquier acabado subsecuente.

Si es posible prohibir el uso de tales compuestos en la especificación del concreto, éste sería de gran ayuda. Si ellos han sido usados, deben eliminarse antes de que cualquier capa subsecuente sea aplicada.

Tiempo de curado del concreto :

Al concreto se le debe permitir fraguar por tan largo tiempo como sea posible antes de instalar un piso fabricado con cementos anticorrosivos por las siguientes razones :

A) Para reducir el contenido de humedad.

El concreto nuevo contiene agua, parte de la cual está en exceso. El agua afecta a varios sistemas, particularmente a los cementos furáni-

cos, inhibiendo su endurecimiento, ya que diluye los catalizadores evitando su reacción con la resina.

B) Para permitir el encogimiento de la mayor parte de la placa y evitar tensiones internas subsecuentes que provocarían fallas de adherencia. El contenido inicial de agua en la placa, su espesor y las condiciones climatológicas presentes tendrán un gran efecto sobre el tiempo de curado del cemento. El tiempo de añejado debe ser lo más largo posible, -teniéndose como mínimo 28 días.

Concreto viejo :

Cada piso debe ser considerado por separado, y su condición analizadas antes de tomar cualquier decisión e instalar un acabado sobre éste.

Debe tenerse cuidado antes de hacer cualquier recomendación de considerar que el firme de concreto ha estado expuesto durante largo tiempo a jabones, azúcares, grasas, y otros tipos de sustancias penetrantes.

Todas las trazas de aceites, asfaltos, y compuestos viejos sobre el concreto pueden dañar la adherencia de un recubrimiento posterior, y -deben ser totalmente eliminados.

El concreto viejo está frecuentemente deteriorado, y presenta una superficie débil para adherir cualquier capa subsecuente. La eliminación de esta capa superior es siempre preferible y con frecuencia esencial.

Preparación de subpisos de concreto .-

A) Pre-limpieza:

Todos los depósitos de mugre, asfalto, aceites o grasas deben ser removidos antes de la preparación final de la superficie. La mejor manera de eliminar tales depósitos es por medios mecánicos, ayudados por detergentes de tipo no-iónico, o solventes tales como percloroetileno o naftas de altos puntos de ignición, siempre y cuando se sigan las normas de seguridad pertinentes.

B) Preparación :

Los métodos de preparación preferibles son :

- a) Pulido.
- b) Soplado con chorro de arena (sandblasting).
- c) Escarificación mecánica.

Después de cualquiera de estas preparaciones, todo el polvo y partículas sueltas deben ser removidas.

En la industria pesada, la limpieza por vacío es el método preferido.

Cuando el tratamiento mecánico es impracticable, entonces la superficie puede ser preparada por mordentado con ácido, lavando posteriormente — con agua a presión y secando.

A continuación se darán algunos detalles del mordentado con ácido. Aunque no es tan efectivo como un método mecánico, es una manera conveniente de preparar un subpiso de concreto.

Mordentado :

Después de que la superficie ha sido pre-limpiada se distribuye una solución ácida sobre ella por medio de brocha o rociado.

Solución ácida :

- | | |
|--|--------------------------|
| a) Acido Muriático Comercial (20° Baumé HCl) - | 1 parte por vol. |
| b) Agua | - 2 partes por vol. |
| | <u>3 partes por vol.</u> |

Esta es una solución aproximadamente al 10% de HCl. La velocidad de — aplicación es : 1/2 litro por metro cuadrado para una solución al 15%; 3/4 litro por metro cuadrado para una solución al 10%.

La solución ácida debe ser trabajada en la superficie por medio de cepillos hasta obtener una humectación y cubrimiento completo.

El ácido reaccionará con la superficie de concreto y burbujeará vigorosamente durante algunos minutos. Durante este tiempo el brochado debe continuar. Después de 10 a 15 minutos el burbujeo cesará y una suspensión se presentará en la superficie, ésta debe ser eliminada; La manera más efectiva es por agua a presión. A mayor fuerza del chorro del agua mejor será la eliminación de partículas sueltas así como de ácido residual.

La superficie debe estar completamente seca antes de la aplicación de cualquier acabado. Después del mordentado con ácido, pueden correrse — pruebas de remiende o aplicación de una pequeña sección para checar adherencia.

Cualquier superficie limpia puede fácilmente contaminarse, no solo visiblemente, si no por la acción contaminante del aire en áreas industriales. Por tanto, si existen lapsos de tiempo antes de instalar un — piso, el tratamiento de mordentado debe repetirse.

II) Juntas de expansión .-

Las juntas de expansión son un elemento más en los sistemas de protección anticorrosivos estudiados hasta ahora.

Su principal objetivo es liberar presiones laterales, las cuales pueden causar pandeos en el piso u otros resultados indeseables. Ellas deben instalarse normalmente alrededor de todas las columnas o maquinarias, y en todos los puntos donde las placas del piso se unan a las paredes.

Obviamente, este elemento en un piso anticorrosivo debe proporcionar también la resistencia química impartida al piso por el resto del sistema. Es por lo anterior que se utilizan hules especiales del tipo del Hypalon (Du Pont), y en condiciones menos severas hule crudo, espuma, etc.. Sin embargo estos materiales antes mencionados tienen la desventaja de no sellar perfectamente la junta, y ser de aplicación difícil. A causa de las deficiencias anteriores se han desarrollado materiales para junteo a partir de polisulfuros combinados con resinas epóxicas o furánicas los cuales presentan la ventaja de ser líquidos, por lo cual son fáciles de aplicar por vaciado sellando totalmente las juntas y presentando buena resistencia química. Estos compuestos poseen una vida útil aproximadamente de 3 horas, tiempo después del cual comienzan a adoptar su forma final elastomérica hasta alcanzarla totalmente después de 72 horas.

Se recomienda que en la construcción de pisos nuevos o en reparaciones, se coloquen juntas de expansión sobre las juntas de construcción de la placa estructural de concreto.

En el caso del sistema de placas de acero para evitar movimientos por cambios térmicos, encogimiento del subpiso de concreto o asentamiento, se deben instalar juntas perimetralmente a las áreas de pisos y cada 15 metros a través de él.

Aplicación .-

Después de la instalación de tabiques, losetas o placas metálicas se introduce en el espacio vacío donde se aplicará la junta de expansión un madero de 1/4" de espesor, y de ancho tal que combine la profundidad del tabique o placa y el ancho de la cama de cemento.

Una vez que el cemento ha endurecido suficientemente para prevenir el flujo, se elimina el madero y se vacía en los espacios la junta de expansión.

Para evitar ensuciar las unidades alrededor de la junta por vaciar se recomienda aplicar una tira de masking - tape de 2" de ancho sobre ellas.

PISO CON TABIQUES ACIDO RESISTENTES
Y CEMENTOS ANTICORROSIVOS.

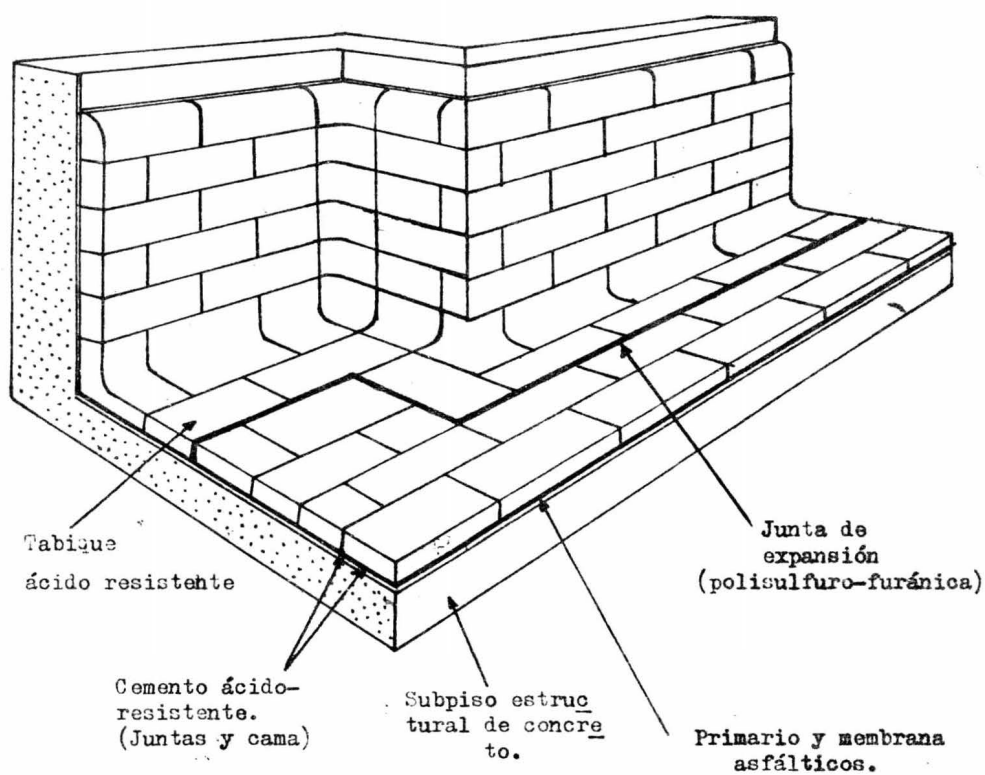


Fig. 12

T A B L A 4-1

ESTIMACIONES DE CEMENTOS ANTICORROSIVOS.

Las tablas siguientes han sido elaboradas para ayudar en la estimación de las cantidades de materiales. Los datos se han calculado a partir de las dimensiones de los ladrillos -- ácidos resistentes más comunes en México, y de los pesos específicos de los cementos determinados de acuerdo con el Método ASTM D-71-52.

NOTA: No se ha considerado ningún factor de seguridad ó desperdicio.

Fórmula de Cálculo: Consumo (Tablas E y F) = Densidad x Volúmen (Tabla D)

TABLA A.		TAMAÑO DE TABIQUES Y LOSETAS (Especificación ASTM C279-54 Tipo L)							
Longitud	Cm.	20	20	20	20	20	20	20	22.9
Anchura	Cm.	10	10	10	6	10	12	12	11.4
Grosor	Cm.	1.5	3.5	6	10	12	10	10	3.2
MORTEROS Y CEMENTOS PARA VACIADO, UNTADO Y JUNTEO NUMERO DE TABIQUES O LOSETAS POR METRO CUADRADO									
Junta de 3 mm.		48	48	48	78	48	40		37
Junta de 6 mm.		46	46	46	74	46	39		36
TABLA B.		VOLUMEN OCUPADO POR EL CEMENTO, POR CADA PIEZA							
Juntas	de 3 mm.	Cm. ³	9	31.5	54	78	108	96	32.93
Juntas	de 6 mm.	Cm. ³	18	63	108	156	216	192	65.86
Cama	de 3 mm.	Cm. ³	60	60	60	36	60	72	78.3
Cama	de 6 mm.	Cm. ³	120	120	120	72	120	144	156.6
Junta y Cama	a 3 mm.	Cm. ³	69	91.5	114	114	168	168	111.23
Junta y Cama	a 6 mm.	Cm. ³	138	183	228	228	336	336	222.46

TABLA C.		TAMAÑO DE TABIQUES Y LOSETAS (Especificación ASTM C279-54 Tipo L)							
Longitud	Cm.	20	20	20	20	20	20	22.9	
Anchura	Cm.	10	10	10	10	6	10	11.4	
Grosor	Cm.	1	1.5	3.5	6	10	12	3.2	
TABLA D.		VOLUMEN OCUPADO POR EL CEMENTO, POR METRO CUADRADO							
Juntas	de 3 mm.	Cm. ³	432	648	1512	2592	6084	5184	1219
Juntas	de 6 mm.	Cm. ³	828	1242	2900	4970	11544	9940	2370
Cama	de 3 mm.	Cm. ³		3000	3000	3000	3000	3000	3000
Cama	de 6 mm.	Cm. ³		6000	6000	6000	6000	6000	6000
Junta y Cama	de 3 mm.	Cm. ³		3648	4512	5592	9084	8184	4220
Junta y Cama	de 6 mm.	Cm. ³		7242	8900	10970	17544	15940	8370
Junta de 6 mm. y Cama de 3 mm.		Cm. ³	3828	4242	5900	7970	14544	12940	5370
TABLA E.		Junta	Dens	KILOS POR METRO CUADRADO, UNICAMENTE LAS JUNTAS					
Furánico-carbón	3 mm.	1.83	0.79	1.18	2.76	4.74	11.13	9.48	2.23
Furánico-sílice	3 mm.	2.00	0.86	1.29	3.02	5.18	12.16	10.36	2.43
Epóxico	6 mm.	2.01	1.66	2.49	5.83				4.76
Poliéster	3 mm.	2.04	0.88	1.32	3.13	5.37	12.59	10.73	2.52
TABLA F. Cama y Junta		Dens	KILOS POR METRO CUADRADO. CAMA Y JUNTAS						
Furánico-carbón	3 mm.			8.25	10.23	16.62	14.97	7.72	
Furánico-sílice	3 mm.	2.00		9.02	11.18	18.13	16.36	8.43	
Poliéster	3 mm.	2.04		9.34	11.57	18.80	16.94	8.73	
Fenólico	3 mm.	1.56		7.04	8.72	14.17	12.76	6.58	

Primario Asfáltico Membrana Asfáltica		2.5 m ² /lt. 7 K/m ² a 6 mm.					
ACABADOS INTEGRALES PARA PISOS MONOLITICOS.							
	Dens			Rendimiento			
Primario epóxico Monolítico epóxico	1.15 2.02			10 m ² /lt. 12 K/m ² a 6 mm.			
JUNTAS DE EXPANSION PARA PISOS							
	K/Unidad	Dens.	lts/Unidad	Metros lineales/Unidad a 6 mm. de grosor.			
Profundidad (cm)				1	2	3.5	6
Elastómero de poli- sulfuro	4.5	1.31	3.43	57.2	28.6	16.3	9.5
D R E N A J E S*							
Diam. Interno	Dens.	De 10 cm.	De 15 cm.	De 20 cm.	De 25 cm.	De 30 cm.	De 40 cm.
Furánico-carbón	1.83	0.33	1.06	1.70	2.60	2.92	3.40
Furánico-sílice		0.36	1.16	1.80	2.84	3.20	3.74

* Kilos por unión de tubo de barro vitrificado (Cálculo en base a dimensiones dadas - por el fabricante Cia. Mexicana de Tubos de Albañal).

T A B L A 4 - 2

	CEMENTO FURANICO	EPOXICO MONOLITICO	EPOXICO DE JUNTEO	CEMENTO POLIESTER	CEMENTO FENOLICO
USOS PRINCIPALES.	a) Pisos antiácidos en plantas químicas. b) Fosas de neutralización. c) Tanques de decapado. d) Interiores de tanques, reactores, bases, etc.	a) Pisos antiácidos en plantas químicas. b) Zonas de ataque con cargas fuertes. c) Zonas donde se requiera un acabado antideslizante.	a) Pisos en embotelladoras. b) Pisos en cervecerías. c) Pisos en fábricas de productos alimenticios. d) Pisos con ataque químico moderado.	Pisos y tanques con ataque de ácidos oxidantes.	a) Pisos en plantas de ácido sulfúrico. b) Pisos en plantas de papel. c) Industria de acabado de acero y metal.
S I S T E M A	1- Primario asfáltico, 1 capa. 2- Membrana asfáltica, 1 capa. 3- Tabique antiácido generalmente de 20x10x3.5 cms. ó 20x10x6 cms. 4- Cemento en cama y juntas de 3mm. de espesor.	1- Primario epóxico, 1 capa. 2- Monolítico epóxico (carpeta) a 6mm. de espesor.	1- Fijar loseta al firme de concreto con cemento Portland. 2- Aplicar cemento epóxico en las juntas de un espesor de 6mm.	1- Primario asfáltico, 1 capa. 2- Membrana asfáltica a 6mm. 3- Tabique antiácido. 4- Cemento en cama y juntas a 3mm de espesor.	1- Primario asfáltico, 1 capa. 2- Membrana asfáltica, 1 capa. 3- Tabique antiácido, generalmente de 20x10x3.5 cm ó 20x10x6 cm. 4- Cemento en cama y juntas de 3 mm espesor.
APLICACION.	U N T A D O	Vaciado y emparejado con llana.	Vaciado y distribuido con rasero de huile.	U N T A D O	U N T A D O
RENDIMIENTO (k/m ²)	Tabique 20x10x3.5 cm. - (7.0). Tabique 20x10x6 cm. (9.0).	11.0	Con loseta de 20x10x1 cm. - 1.66. Con loseta de 20x10x1.5cm - 2.5.	Con tabique de 20x10x3.5 cm -9.34 Con tabique de 20x10x6cm - 11.6.	Tabique 20x10x3.5 cm. - 7.04. Tabique 20x10x6 cm. - 8.72.
VENTAJAS.	Los cementos antiácidos más versátiles, amplia experiencia y antecedentes. Buena resistencia.	Buena resistencia química y a la abrasión y compresión. Fácil aplicación.	Buena resistencia química, fácil aplicación, lavable, bajo costo.	Resistencia a ácidos oxidantes.	Alta resistencia química a ácido sulfúrico conc. en temp. ambiente.

CONCLUSIONES.

- 1) El término de corrosión debe aplicarse tanto a materiales metálicos como no metálicos. El cemento y el concreto, principales componentes de un piso industrial siendo materiales no metálicos son viables de corroerse por la acción de su medio ambiente.
- 2) El conocimiento de la constitución del cemento y del concreto son esenciales para comprender el porque de su deterioro bajo la acción de agentes naturales y/o químicos.
- 3) La existencia de diferentes tipos de cemento-concreto debe considerarse en el diseño de un piso para seleccionar el tipo mas adecuado con respecto a su uso último. Sin embargo, si la instalación es defectuosa aun cuando la selección sea la correcta todo el trabajo habrá sido inútil.
- 4) El desarrollo de resinas ó polímeros sintéticos de tipo termofijo, aunado a la tecnología en fabricación de tabiques antiácidos ha venido a auxiliar la resistencia físico y química de un piso industrial. Sin embargo, al no existir un polímero ó sistema que resista 100% a todos los ataques corrosivos, es necesario usar materiales ó sistemas específicos para cada caso.
- 5) Para determinar el sistema de protección óptimo es necesario contar como información con la clase de ambiente corrosivo, temperatura y el tráfico ó resistencia mecánica deseada. Lo anterior determinará si se utiliza un piso de tabique, loseta, placa ó monolítico, y el tipo de cemento anticorrosivo necesario. Es conveniente resaltar que aun cuando los sistemas de protección son específicos, los cementos furánicos y epóxicos son los mas versátiles en cuanto a su amplia gama de resistencias químicas y mecánicas.

- 6) La buena resistencia ó protección de los sistemas anticorrosivos no puede desafortunadamente utilizarse como base estructural debido a su alto costo.
- 7) Aun cuando los sistemas de protección de pisos industriales tienen como base una tecnología científicamente sustentada, la instalación de dichos sistemas es totalmente artesanal.
- 8) El costo de un sistema de protección es inicialmente elevado, — sin embargo si se compara con el deterioro de un piso sin protección al cabo del tiempo el costo a largo plazo es mas económico.

BIBLIOGRAFIA.

Aguilar Calderón, Ausencio
 CEMENTO PORTLAND. FABRICACION, PROPIEDADES Y EMPLEO.
 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.
 Junio, 1969.

Brasunas de S., Anton
 SCOPE AND LANGUAGE OF CORROSION.
 Basic Corrosion Course.
 National Association of Corrosion Engineers.
 University of Missouri St. Louis, 1970.

American Society of Testing Materials.
 CHEMICAL RESISTANT MORTARS, PLASTIC STRUCTURES; CLAY AND CONCRETE,
 PIPE AND TILE; MASONRY UNITS; ASBESTS-CEMENT PRODUCTS; BUILDING STONE.
 Part 12, Feb. 1966.

Mc Dowell, Dave
 SPECIFICATIONS FOR ACID PROOF BRICKS.
 CHEMICAL ENGINEERING.
 June 10, 1974.

García Piñon, Guillermo.
 PROTECCIONES PLASTICAS MONOLITICAS EN PISOS INDUSTRIALES.
 Ceilcote, Ingenieros en Corrosión, S. A. de C. V.
 Julio, 1972.

Seymour, Raymond B. and Steiner, Robert H.
 PLASTICS FOR CORROSION - RESISTANT APPLICATIONS.
 Reinhold Publishing Corporation.
 New York, 1955.

SOLID - SOLID BLENDING.
 Chemical Engineering.
 August 8, 1960.

SOLIDS PROCESSING EQUIPMENT.
 The Patterson - Kelley CO., Inc.

ARALDITE EPOXY RESINS FOR FLOORING APPLICATIONS.
 CIBA.

CATALOGO GENERAL.

Cia. Mexicana de Tubos de Albañal, S. A.

CEMENTOS, MORTEROS, MEMBRANAS Y OTROS MATERIALES RESISTENTES A LA
CORROSION.

Amercoat Mexicana, S. A.

1973.

Avitia G., Rodolfo C.

FABRICACION DEL CONCRETO.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C.

1972 - 1973.

Golding, Brage.

POLYMERS AND RESINS.

D. Van Nostrand Company Inc.

Princeton, New Jersey, 1959.

Perry, John H.

CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK.

Mc Graw Hill Book Company.

Fourth Edition, 1963.

Metil, Ignatius.

CATALYSTS AND THEIR EFFECT ON EPOXY AND FURAN PROPERTIES.

Ameron, Corporation.

August 8, 1967.

Shell Chemical Company.

EPON RESIN FOR INDUSTRIAL FLOOR SURFACING COMPOUNDS.

Plastics and Resins Division.

New York, N. Y.

Lea, Frederick Measham.

THE CHEMISTRY OF CEMENT AND CONCRETE.

1956.

American Society of Testing Materials.

CEMENT, MORTARS AND CLAYS.

Part 10, 1972.