

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ELABORACION DE UN RECUBRIMIENTO EPOXICO PARA  
LA PROTECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO EN  
AMBIENTES MARINOS

EDUARDO GARCIA RAMOS

CARLOS MARIO ESPINOSA DELGADO.

QUIMICO

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 9



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

CLAS TESIS 1979  
AÑO M. C. 113  
FECHA \_\_\_\_\_  
PÁG. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



JURADO ASIGNADO

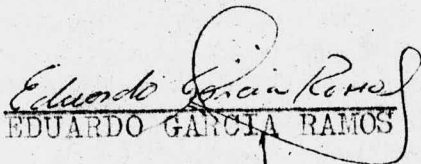
PRESIDENTE : JULIO TERAN ZAVALA  
V O C A L : ANTONIO REYES CHUMACERO  
SECRETARIO : MARGARITA GONZALES TERAN  
1er.SUPLLENTE : ROLANDO ALFREDO BARRON RUIZ  
2do.SUPLLENTE : ERNESTO IBARRA NUÑEZ


Sitio donde se desarrolló el tema :

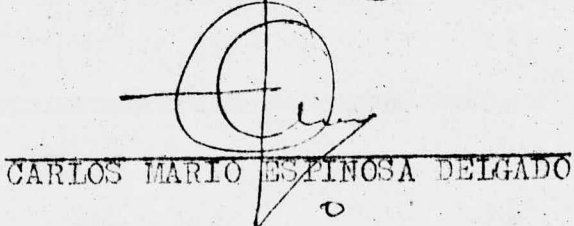
Laboratorio de Plásticos y Silicones I y II  
y en  
Recubrimientos y Pinturas Epoxicas S.A.

SUSTENTANTES

ASESOR DEL TEMA

  
EDUARDO GARCIA RAMOS

  
Quim. JULIO TERAN ZAVALA

  
CARLOS MARIO ESPINOSA DELGADO

## C O N T E N I D O

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- GENERALIDADES
- 3.- ELABORACION DE LA PINTURA
- 4.- APLICACION DE LA PINTURA
- 5.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES
- 6.- BIBLIOGRAFIA

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

Debido a que un gran número de Industrias localizadas en los litorales sufren deterioro en sus equipos de almacenamiento, tanto por el ambiente, como por las soluciones que almacenan, hemos tratado con el presente trabajo de resolver este problema que es aparentemente sencillo, pero en realidad es el factor más importante para el mantenimiento de dichas empresas.

También nos hemos propuesto lograr un recubrimiento que sirva no solamente para la protección externa de los tanques de almacenamiento, sino también para su parte interior.

En este trabajo vamos a considerar desde la elaboración de dicho recubrimiento hasta su aplicación, con el fin de optimizar una formulación, para obtener un mayor rendimiento y máxima durabilidad.

Ya que las resinas epoxi poseen una excelente adherencia, así como gran resistencia al impacto, abración, intemperismo a los agentes químicos nos hemos inclinado por esta clase de resinas para que sirva como base para la elaboración del tipo de recubrimiento ideal que nuestros propósitos persiguen.

## GENERALIDADES

### HISTORIA :

El origen de la palabra Epoxi es griego y significa, "EPI" (fuera de) y "OXI" (oxígeno). Esta denominación coincide con el símbolo químico para la familia de los epóxidos. A las resinas Epoxi, se les conoce también por los nombres EPOXIDOS, ETOXILINAS, EPOXIRESINAS, etc.,.

Las resinas Epoxi, fueron descubiertas en 1891 por el noruego Lindeman, pero hasta 1920 y 1930 no se encuentran patentes de trabajo con diepóxidos.

El principio de la Tecnología actual data de 1934 con la patente de Shalack de I.G. Farben, pero el paso más importante lo dio en 1936 el químico Suizo Dr. Pierre Castan produciendo una resina Epoxi para el empleo en prótesis dental.

En 1939 en los Estados Unidos de Norteamérica el Dr.-Greenlee, trabajando para la Devoe-Reynolds, observando la síntesis de la Epiclohidrina con Bisfenol "A" dio con una forma de obtener Resinas Epoxi.

La Casa Ciba de Basilea adquirió la licencia, y en la Fábrica Industrial Suiza en 1946, presenta el primer adhesivo epóxico así como resinas para empleo en aparatos eléctricos.

En 1943, la compañía Shell, obtiene la licencia de parte de la compañía Devoe and Reynolds, y comienza a producir una gran goma de resinas Epoxi que presenta en el mercado con el nombre de Epikote y finalmente en agosto de 1946 salió la patente sobre recubrimientos.

El principal objetivo de la casa Ciba, se enfocaba hacia adhesivos Epóxicos; paralelamente, la casa Devoe and Reynolds trataba primordialmente de las aplicaciones en recubrimientos de superficies y fueron estas dos casas las iniciadoras de -- las aplicaciones Industriales de las resinas Epoxi.

Las ventas se han ido incrementando considerablemente -- como vemos a continuación:

AÑO	PRODUCCION MUNDIAL TOTAL APROXIMADO EN MILLONES DE LIBRAS.
1950	1.5
1963	120
1977	600
1979	750

### T E O R I A

Las resinas Epoxi son sintéticas comprendiendo una gama que va desde líquidos de baja viscosidad sin solventes, hasta sólidos de alto punto de fusión, estas resinas estan caracterizadas por poseer en su Molécula, uno o varios grupos epoxi- de la forma:





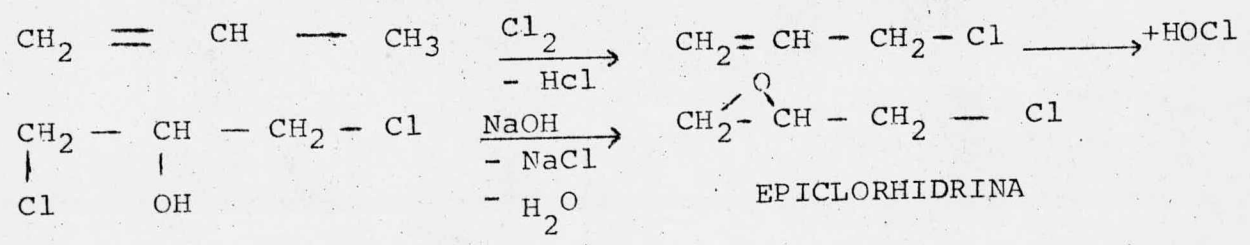
Y el compuesto más simple en el que se localiza, es el óxido de etileno.



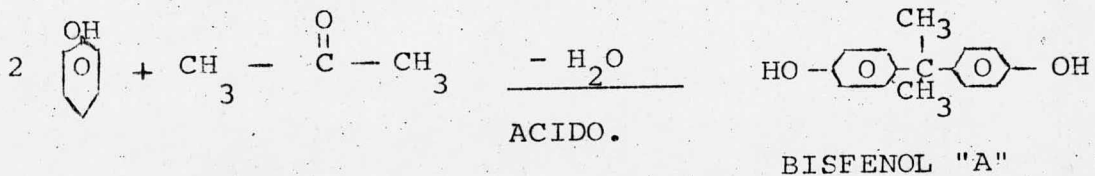
Para lograr la reacción de una resina Epoxi, se requiere un endurecedor o "Agente" de curado con el cual la resina reacciona para formar un sólido. Las resinas Epoxi se caracterizan por tener más de un grupo Epoxi por Molécula y poder polimerizarse a través de estos grupos, cuando se emplea un "Agente de Curado", las resinas epoxi no tienen aplicación práctica por sí solas, salvo que vayan unidas a estos agentes de curado.

De las diferentes resinas Epoxi la más importante comercialmente es el de los esteres glicéricos con componentes dihidroxi; el 95% de las resinas Epoxi, son productos de condensación que resulta de la reacción de la epiclorhidrina con compuestos de varios grupos fenólicos, generalmente con el difenil propano conocido también con el nombre de Bisfenol "A".

La Epiclorhidrina es un derivado del propileno, que es un gas desprendido en la destilación del petróleo. Es un líquido incoloro y de olor irritante, es muy activo combinándose con cualquier sustancia que tenga átomos de hidrógeno activo, como los fenoles, alcoholes, aminas, ácidos carboxílicos, etc.,. Es una sustancia tóxica y en forma de vapor irrita los ojos, nariz y garganta.



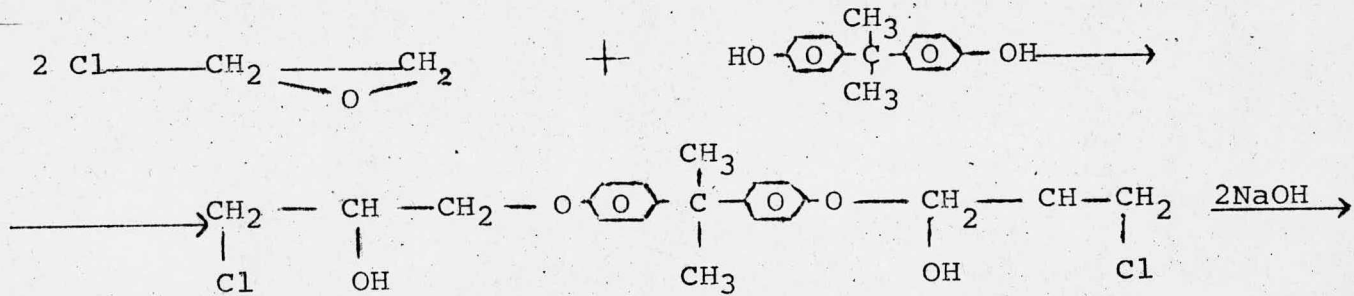
El difenil propano (bisfenol "A"), se obtiene a partir de Fenol y la acetona, el primero procede de la hulla o del petróleo y la acetona procede del propileno, es decir del petróleo también. Por ser abundante y barato el bisfenol "A" es el más usado en la preparación de resinas Epoxi. Es un sólido blanco que se obtiene en forma de escamas o cuando el bisfenol "A" reacciona con la Epiclorhidrina, en presencia de hidróxido de sodio, como catalizador se obtiene el diglicidil éter de bisfenol "A".



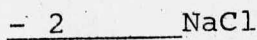
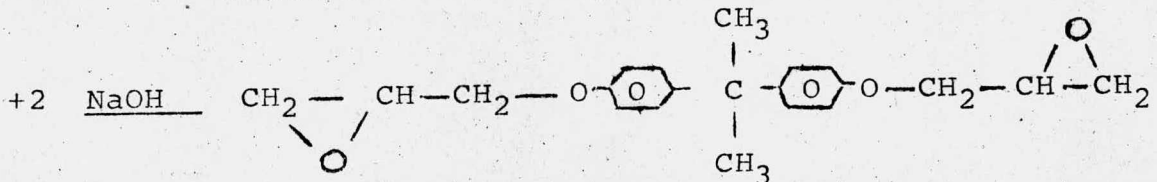
Las resinas Epoxi están incluidas en el grupo de los plásticos Termofijos, por tanto, al transformarse por la acción de un agente de curado, pasan a convertirse en sólidos duros e infusibles, cuya estructura está formada, por una red tridimensional, donde el número de puntos por los que la molécula puede unirse a otros, es lo que define la "Funcionalidad" de la resina, que es un factor importante, ya que muchas de sus propiedades tales como dureza, resistencia a solventes, temperatura de ablandamiento del producto final, etc., dependen de la funcionalidad.

### OBTENCION DE LA RESINA EPOXI

Se producen haciendo reaccionar 2 moles de Epíclorhidrina con una de bisfenol "A" y usando hidróxido de sodio como catalizador bajo presión atmosférica y ligeramente alta temperatura entre 80° y 90°C.



#### ETER DE CLORHIDRINA



La reacción es continua hasta agotamiento de una de las sustancias. Las resinas Epoxi varían en su aspecto y van de líquido viscoso a sólido transparente y quebradizo que funden a 155°C.



- 2.- Equivalente Hidróxido= Peso en gramos de la resina que con tiene un equivalente Hidróxilo, o 16 grms. de oxígeno en forma de grupo Hidroxi.
- 3.- Equivalente de Esterificación= gramos de resina requerida en la esterificación de un gramo mol. de ácido monobásico.
- 4.- Peso molecular.
- 5.- Índice "n" por la parte del cambio entre apoyos.
- 6.- Relación molecular Epiclorhidrina/Bisfenol.

PROCESO POR EL CUAL SE PRODUCEN RESINAS  
EPOXI.

PROCESO PARA RESINA DE PESO MOLECULAR BAJO

El material usado es un reactor provisto de chaqueta de vapor y con agitación, un cambiador de calor, un condensador que esté provisto de separador.

S U S T A N C I A S :

Las sustancias utilizadas como materias primas son Epi - clorhidrina y Bisfenol "A" y también el hidróxido de sodio al 40% de solución acuosa y como solventes agua y tolueno.

PROCESO :

Se adicionan al reactor la Epiclorhidrina y el Bisfenol "A" en cantidades estequiométricas según los resultados de los cálculos. Se empieza a agitar la mezcla y se va agregando la sosa calculada durante un período de 3 1/2 Hr. y 15 minutos- después de que se agregó toda la sosa se empieza a hacer circular vapor sobrecalentado por la chaqueta del reactor hasta que la mezcla alcance una temperatura de 119°C. aproximadamente, pero a partir de los 112°C. va a empezar el reflujo de la Epiclorhidrina y un poco antes el agua, que se condensan y se separan para hacer recircular la epiclorhidrina o que esta cantidad sea despreciable para el volumen del reactor.

Una vez terminada la reacción se le separa la sal formada, por medio de lavados de tolueno con agitación, se filtra la mezcla, y las soluciones de lavado así como los filtrados se unen posteriormente separar el tolueno de la sal por destilación a 2 mm. de Hg. y 170°C.

PROCESO PARA LA RESINA DE ALTO PESO  
MOLECULAR

M A T E R I A L :

Es el mismo que para la resina de bajo peso molecular, pero el reactor debe poder trabajar con presión variada y con un ajustador de nivel, además, debe tener una mirilla y el agitador debe ser en forma de ancla.

S U S T A N C I A S :

Bisfenol "A", Epiclorhidrina, ortosilicato de sodio, sosa y agua.

P R O C E S O :

Se introducen al reactor agua, sosa, ortosilicato de sodio, el bisfenol "A" y se agita y calienta durante unos 5 minutos a 50°C. y es entonces cuando se le agrega la parte correspondiente de epiclorhidrina sin cesar la agitación, inmediatamente después se eleva la temperatura a 115°C, se le introduce aire a presión y se ajusta a 25. PSI con lo cual obtenemos que nuestro producto resinoso se mantenga en el fondo del reactor y así podemos extraer la mayor cantidad de agua con el ajustador de nivel. Posteriormente se aumenta la temperatura a 135°C. y se lava con agua precalentada la resina para eliminar la mayor cantidad de sal y álcali, esto se lleva a cabo durante 2 1/2 horas con lo cual se elimina la sal y se neutraliza el álcali. - Se aumenta la temperatura a 138°C. y se va disminuyendo la presión hasta que ésta sea la atmosférica, entonces se sigue elevando la temperatura a 150°C. para eliminar las trazas de agua y después se saca del reactor y se coloca en recipientes para que se enfríe y poderla envasar.

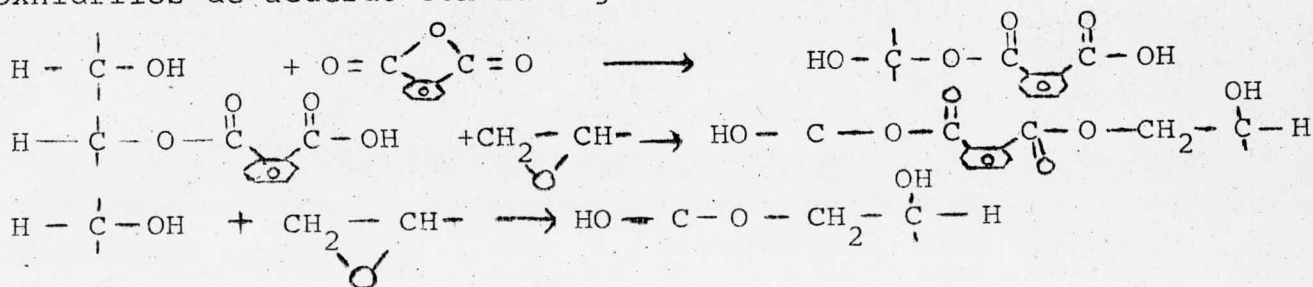
## AGENTES DE CURADO

Como la fórmula de la resina indica, los grupos reactivos contenidos en ella, son los de tipo Epoxi en forma de glicidil-éter por un lado, y los grupos oxhídrido por el otro. Existen también los nuevos grupos oxhídridos reactivos que se originan durante la mayor parte de reacciones con los grupos Epoxi.

Tomando en consideración las aplicaciones de las resinas en recubrimientos de protección y sistemas de endurecimiento al ambiente, los componentes más importantes, de reacción son los ácidos carboxílicos, sus anhídridos y sobre todo los amínicos y amídicos.

### REACCION CON ANHIDRIDOS DE ACIDOS POLICARBOXILICOS.

El anhídrido del ácido policarboxílico reacciona en primer término con un grupo oxhídrido de la resina Epoxi y forma un éter. Enseguida el grupo carboxílico formado, reacciona con un grupo epoxi para formar un diéster y un nuevo grupo oxhídrido. Se determinó que durante la reacción y bajo la influencia de los grupos ácidos o anhídridos, se origina una reacción de esterificación entre los grupos epoxi y los oxhídridos de acuerdo con la siguiente fórmula:





### REACCION CON ACIDOS MONOCARBOXILICOS

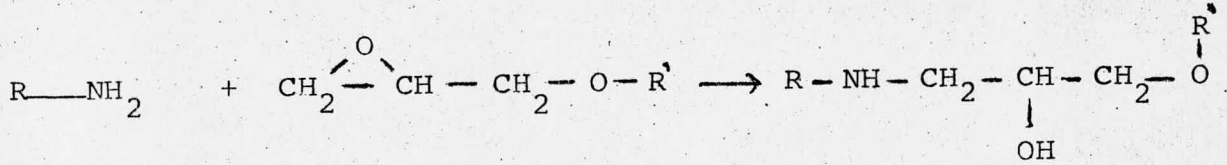
La reacción consiste en sintetizar un compuesto intermedio soluble, el cual más tarde se convierte en insoluble por medio de otra reacción, por ejemplo:

Secando al aire en donde el oxígeno del mismo actúa como secante adicionándose al ácido graso al romper las dobles ligaduras de éste.

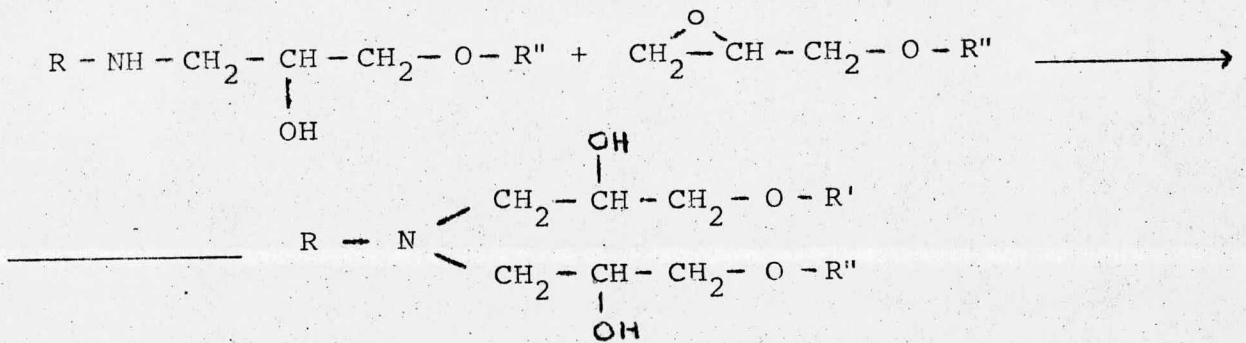
La reacción de ácidos grasos comienza por la reacción de un grupo carboxílicos con un grupo epoxi para formar un éster y un grupo oxhídrido. Existe en éste caso la variante de usar temperaturas más altas y formar otros grupos éster a partir de un ácido y un grupo oxhídrido, con desprendimiento de agua. Este tipo de reacción entre grupos epoxi y oxhídridos, es catalizado por ácidos policarboxílicos en presencia de ácidos grasos necesarios.

### REACCION CON COMPUESTOS AMINICOS

Como se ha explicado, la importancia que el uso de las aminas reviste en el endurecimiento de resinas epoxi, es vital tanto técnica como económicamente. Las reacciones esenciales de compuestos epoxicos con aminas, son relativamente simples pues sólo basta que un átomo de hidrógeno activo de un grupo amino primario, se adicione a un grupo epoxi, para formar un grupo oxhídrido y un grupo amino secundario.



El grupo amino Secundario así formado, reacciona con otro grupo Epoxi para formar un grupo amino terciario y otro grupo-oxhidrilo.



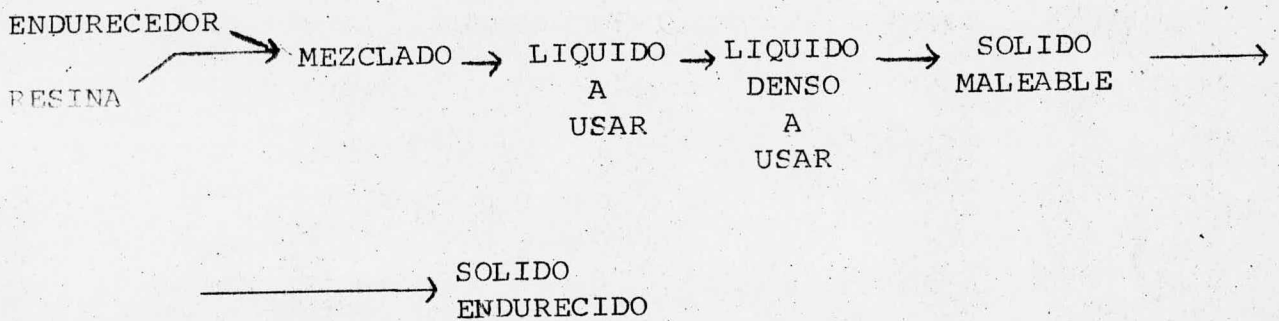
#### REACCION CON POLI AMIDAS

Las poliamidas son productos de poliaminas con ácidos grasos insaturados diméricos y triméricos, obteniéndose productos con grupos amínicos primarios y Secundarios que pueden reaccionar con las resinas epoxi a temperatura normal.

Las películas Epoxi curadas con una poliamida tienen gran resistencia a la flexibilidad e impacto, excelente adhesión al metal, concreto, madera y otros materiales inorgánicos.

PROCESO DEL ENDURECIMIENTO DE UNA FORMULACION  
EPOXI.

El proceso de endurecimiento o curado gráficamente se lleva a cabo de la siguiente manera:



× Cuando a una resina epoxi se le agrega alguna otra sustancia con algún motivo en especial, dejará de llamarse Resina - Epoxi para pasar a la designación, Formulaci3n E p o x i .

Así pues como el curado de la Formulaci3n Epoxi es producto de la reacci3n químicamente entre la resina y el endurecedor o agente de curado, estos dos productos intervendr3n en cantidades estequiométricas determinadas y siempre fijas y cualquier exceso o defecto sobre estas proporciones, repercutirá en las cualidades del producto obtenido.

Las REACCIONES de curado son exotérmicas y endotérmicas pero esto depende del agente de curado, aunque generalmente en la Industria de las pinturas es exotérmica por tratarse de poliamidas.

El calor formado en la reacci3n cuando el agente de curado es una amina primaria es de 25 K cal/mol. Epoxi y puede elevarse la temperatura del sistema, dependiendo de:

- a) La temperatura de los componentes a la hora de hacer la formulación.
- b) La temperatura ambiente.
- c) Posibilidad de la disipación del calor producido.
- d)  $\Delta H$  de la reacción.

Dependiendo de el  $\Delta H$  de la mezcla resina/endurecedor; cada formulación tendrá un tiempo de aplicación o "vida de bote" finito, por lo cual la viscosidad del sistema aumenta tanto que el material no se puede trabajar; y de acuerdo a su rango de "vida de bote" se emplean formulaciones variadas, dependiendo la aplicación que se vaya a hacer de ellas.

En algunos casos la proporción en que entran estos dos componentes son de 1:1 pero hay algunas formulaciones en que esta relación llega a ser de 20:1

Los agentes endurecedores o agentes de curado se pueden clasificar en dos grupos: SISTEMAS DE CURADO EN FRIO Y CALOR.

#### AGENTES DE CURADO EN FRIO

Los agentes de curado en FRIO, reaccionan con las resinas a temperatura ambiente o bajas, en atmósferas particularmente húmedas, en estas reacciones se forman Moléculas muy estables con buenas resistencias químicas. Endurecedores de este tipo más usados son:

- a) Aminas alifáticas
- b) Aminas primarias
- c) Poliaminas y poliamidas
- d) Poli isocianados.

#### AGENTES DE CURADO CON CALOR

Estos agentes de curado con calor reaccionan con las resinas pero es necesario aplicarles calor ya que por sí solas con la resina, no podría endurecer la fórmula hasta que después de mucho tiempo y esto ocasionaría que su resistencia variaría debido a la introducción de aire, polvo y otras sustancias que penetrarían en la mezcla ya aplicada y que serían el principio de deformación de la pintura. Por eso este tipo de agentes de curado solo se emplea generalmente para recibir objetos no muy grandes que se puedan hornear. Pero por otro lado estas resinas son muy estables y tienen excelentes resistencias químicas dieléctricas y su aspecto es un poco mejor debido al horneado.

Algunos de estos endurecedores son por ejemplo los:

- 1.-ACIDOS
- 2.-ALDEHIDOS
- 3.-ALCOHOLES

#### DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ENDURECEDOR EMPLEADA EN LA FORMULACION

La reacción química entre resina y catalizador origina un producto termoestable, que puede ser defectuoso, si no, se determinan las cantidades estequiométricas de resinas y endurecedor al ser mezcladas.

Las cantidades estequiométricas se basan en el equivalente de hidrógeno del catalizador, así como en el valor epoxi, de la resina.

CANTIDAD MINIMA REQUERIDA DE  
POLIAMINA EN GRAMOS POR 1000 = EQUIVALENTE ACTIVO  
GRAMOS DE RESINA DE HIDROGENO X VA-  
LOR EPOXI.

VALOR EPOXI= GRAMOS EQUIVALENTES DE LOS GRUPOS EPOXI  
1000 grs. DE RESINA

EQUIVALENTE AC  
TIVO DEL HIDRO = PESO MOLECULAR DE LA AMINA  
GENO NUMERO DE HIDROGENOS ACTI-  
VOS UNIDOS A ATOMOS DE NI-  
TROGENO.

CANTIDAD MINIMA REQUERIDA  
DE POLIAMIDA EN GRAMOS = VALOR EPOXI  
100 gr. DE RESINA EQUIVALENTE ACTIVO DEL HIDRO  
GENO (DE LA RESINA POLIAMIDICA)

E J E M P L O :

Formulación de dos componentes Resina Epoxi\_\_\_\_\_ endurecedor poliamídico, se requiere saber la cantidad a usar, en peso de endurecedor por cada .100 partes de resina.

DATOS RESINA EPOXI:

EQUIVALENTE EPOXI= 450 a 500 (grms. de resina contenidos en 1 grm. de equivalente epoxi).

DATOS ENDURECEDOR POLIAMIDICO:

Mili equivalente activo del hidrógeno para un gramo de resina=6.48

$$\text{CANTIDAD DE POLIAMIDA EN PARTES EN PESO.} = \frac{\text{VALOR EPOXI}}{\text{EQUIVALENTE ACTIVO DE HIDROGENO (DE RESINA POLIAMIDICA)}} \cdot 1$$

$$\text{EQUIVALENTE EPOXI} = \frac{100}{\text{EQUIVALENTE EPOXI}} = \frac{1000}{500} = .2 \cdot 3$$

SUSTITUYENDO EN 1:

$$\text{CANTIDAD DE POLIAMIDA EN GRAMOS POR CADA 100 GRAMOS DE RESINA.} = \frac{.2}{.00648} = 30.86$$

$$\text{CANTIDAD DE POLIAMIDA EN GRAMOS POR CADA 10 GRAMOS DE RESINA.} = 30.86$$

O sea que por cada 100 gramos de resina se requerirán - 30.86 gramos de poliamida.

MODIFICADORES DE LAS FORMULACIONES:

Existen agentes modificadores para las resinas epoxi con las cuales se pueden conseguir formulaciones líquidas, flexibles, con altas resistencias mecánicas, químicas, etc.,. Tales agentes modificadores son:

- a) Diluyentes
- b) Flexibilizadores
- c) C a r g a s
- d) Agentes tixotrópicos
- e) Materiales de refuerzo
- f) Pigmentos
- h) Modificación con otras resinas.

#### D I L U Y E N T E S :

Son productos que permiten disminuir su viscosidad lo -  
grando con ésta mayor facilidad de aplicación y mayor capaci-  
dad para aumentar el contenido de cargas y también modificar  
la temperatura de reblandecimiento, para cambiar la resisten  
cia eléctrica, para hacerla resistente a la flama y también  
para variar su resistencia química. En algunas ocasiones lo  
podemos dividir en reactivos y no reactivos.

#### DILUYENTES NO REACTIVOS:

Los diluyentes no reactivos como el toluol o xilol (hi-  
drocarburos aromáticos), el solvente permanece en el solven-  
te endurecido pero no esta ligado químicamente a él, por lo  
que el producto endurecido tiene sus resistencias químicas -  
disminuidas y si el curado se realiza en caliente, el solven-  
te se volatiliza originando poros o burbujas ocluidas en el -  
sistema, siendo estas punto de ataque de la corrosión, por  
lo que se deben tomar en cuenta al hacer la pintura.



### DILUYENTES REACTIVOS:

Los diluyentes reactivos generalmente usados son los no epóxidos los cuales reaccionan con el sistema quedando químicamente unidos a la red tridimensional y añadido en pequeñas cantidades reducen la viscosidad de la formulación sin afectar sensiblemente las propiedades mecánicas o químicas del sistema, algunos de estos diluyentes con éter de N bitilglicidil, éter de glicidil fenol, éter glicidil de ácido carboxílico, dióxido de butadieno, óxido de estireno, etc.

### S O L U B I L I D A D

La metil etil cetona, la diacetona alcohol, lametil ciclohexanona, el "cellosolve", el butil "cellosolve" y el acetato de "cellosolve" son solventes activos de las resinas EPOXI. Sin embargo, éstas presentan en común con muchas otras resinas sintéticas, un grado limitado de miscibilidad en ciertos solventes.

Por ejemplo, es posible preparar una solución al 40% en peso, pero no al 20% en peso de resina con equivalente EPOXI de 2000 a 2500 en acetona o acetato de etilo aunque en ciertos casos se puede aumentar la miscibilidad en este tipo de solventes, por el agregado de alcoholes y solventes aromáticos.

Aunque los alcoholes e hidrocarburos aromáticos no son solventes activos de las resinas EPOXI, tienen un efecto latente y pueden usarse para mejorar la fluidez y otras propiedades de formación de películas, pues proveen un mejor equilibrio de "solvencia". Considerando que en ciertos casos se registra una miscibilidad limitada, se recomienda al preparar soluciones de resinas EPOXI, hacer primero una solución concentrada y luego diluirla hasta el contenido deseado de sólidos. A continuación se dan los datos de solubilidad de los tipos de resinas en algunos solventes.

Resina con equivalente EPOXI de 475 ——— 550      Resina con equivalente EPOXI de 2000-2500

S O L V E N T E	Viscosidad aproximada (poises) a 25°		Límite de Miscibilidad (1)	Viscosidad aproximada (poises) a 25° C.		Límite de Miscibilidad. (1)
	Soluc. de Resina 50% en P.	Sol. de Resina 40% en P.		SOL. de Resina 50% en P.	Sol. de Resina 40% en P.	

## A C E T O N A S

Acetona		0.5	18	2.0	0.5	29
Metil Etil Cetona	0.5	0.5	cm	2.5	0.5	cm
Metil Isobutil Cetona	0.5	0.5	23	10		45
Metil Ciclohexanona			cm	98.5-148	15	cm
Diacetona Alcohól		1.0	cm		25	cm

## E S T E R E S

Acetato de Etilo		0.5	18	17.5	1	28
Acetato de N-Butilo		0.5	20	13	2	37
Acetato de "cellosolve"	1.4	0.5	cm	17.5	5	cm

## E T E R E S

"cellosolve"	1.4	0.5	cm	17.5-23	7	cm
Butil "cellosolve"			cm	46	10	cm

(1) Expresado como % en peso de resina, las cifras representan el menor contenido en sólidos de la solución, que es posible preparar. cm. significa que se obtiene completa miscibilidad en todas las concentraciones.

## FLEXIBILIZADORES

Son productos de cadena larga que se introducen a la resina epoxi y que reaccionan durante el curado.

Estos productos se utilizan en los sistemas para disminuir la rigidez y aumentar la flexibilidad, logrando buen comportamiento frente al impacto y para evitar las grandes tensiones mecánicas debidas a los coeficientes de dilatación térmica de la formulación. A cambio de esto, se ven afectadas sus resistencias a la tracción, químicas y eléctricas, es por esto, que es muy recomendable usarlo en pequeñas cantidades. Los flexibilizadores más usuales son:

- a) Butil ftalto
- b) Poliamidas

## CARGAS

Las cargas son compuestos químicamente inertes en la mayoría de los casos, a los que se les ha dado el nombre común de rellenos o cargas.

Como es obvio, deben evitarse cargas con alto porcentaje de humedad o de agua, combinada químicamente o físicamente. Además las cargas deben de ser neutras o ligeramente básicas de preferencia e inerte a la resina y el endurecedor.

Las cargas son utilizadas en las formulaciones para mejorar alguna de sus propiedades o simplemente abaratarlas.

Algunas ventajas de usar cargas en las formulaciones - epoxi son:

- a) reducen el costo
- b) reducen la temperatura de curado
- c) aumentan la conductividad térmica
- d) disminuyen el coeficiente de dilatación térmica.
- e) aumentan la resistencia a la compresión.
- f) aumentan la dureza superficial
- g) aumentan el tiempo de empleo

Las desventajas pueden ser:

- a) aumentan el peso de la formulación
- b) disminuyen la resistencia al impacto y a la tracción.
- c) aumentan la corriente dieléctrica
- d) hay pérdida de transferencia

La mayor parte de las cargas utilizadas son materiales inertes y por lo tanto, no reaccionan con los componentes de la formulación y pueden ser de Naturaleza orgánica e inorgánica y de diferentes formas, granulares, fibrosas, etc.

Como las cargas pueden ocupar en la formulación hasta un 70% en peso de la misma de aquí que su naturaleza y forma tengan una importancia determinante en las propiedades finales de la formulación así como a la hora de incorporarse a la formulación debido a que será más difícil incorporar a la carga entre más pequeño se tenga el tamaño de la partícula y menos esférica. Aunque por otro lado, su tendencia a sedimentarse será menor.

Las cargas más usadas son:

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 1.-Silice     | 4.-Amiento  |
| 2.-Cuarzo     | 5.-Grafito  |
| 3.-Caliza     | 6.-Metálica |
| 7.-Carbonatos |             |

#### AGENTES TIXOTROPICOS

Son cargas especiales neutras y se usan para evitar el "escurrimiento" de las formulaciones cuando son aplicadas sobre superficies verticales o muy inclinada.

Estos agentes aumentan la viscosidad del sistema y transmiten una resistencia a esfuerzos cortantes. Los agentes tixotropicos más usuales son:

- 1.-Silice coloidal
- 2.-Caolin
- 3.-Bentonita
- 4.-fibras de vidrio
- 5.-Polvo de amiento

#### MATERIALES DE REFUERZO

Son cargas que se introducen en la formulación para mejorar sus propiedades, están constituidas por fibras naturales o sintéticas, el más utilizado es la fibra de vidrio debido a su bajo costo y a la facilidad para conseguirla. Con éstos materiales refuerzo, se obtienen productos de mayores resistencias a:

- |                |            |
|----------------|------------|
| 1.-La tracción | 3.-Flexión |
| 2.-Compresión  | 4.-Impacto |

también se llega a utilizar como refuerzo el Nylon y se logra conseguir acabados de una gran resistencia a la impermeabilidad, siendo muy adecuados. Estos sistemas, para superficies al paso de agua o a la humedad, etc.

Los pigmentos son utilizados para mejorar el aspecto de la formulación dando un color especial. Los pigmentos pueden ser orgánicos e inorgánicos y no se deben considerar como una carga.

La cantidad de pigmento puede variar de 2 al 5% de la cantidad de resina en peso.

Es recomendable pigmentar la totalidad de la formulación pues si se hace en fragmentos de la misma, al terminar con la formulación se deberá mezclar unas con otras para que no tengamos tonalidades diferentes en cada fracción.

Los pigmentos deberán ser estables frente a los alcalis debido a la alcalinidad, de muchos de los agentes de curado, y en algunos casos, también de preferencia, deberán estar en un estado oxidado para que la corrosión no les afecte tanto y no haya variación en color.

Los pigmentos más empleados son:

- 1.-Bióxido de titanio
- 2.-Rojo de toluidina
- 3.-Rojo óxido de fierro--De Mateo y Cía.
- 4.-Anaranjado de cromo
- 5.-Amarillo cromato de Zn---Pigmentos y óxidos
- 6.-Amarillo de cromo
- 7.-Amarillo óxido de fierro--Mateo y Cía.
- 8.-Azul de ftolocianina
- 9.-Verde óxido de cromo--Pigmentos y Oxidos
- 10.-Negro de humo--"negro color"
- 11.-Café óxido de fierro--Mateo y Cía.

## MODIFICACION CON OTRAS RESINAS

Las resinas epoxi, se les pueden mezclar otras resinas a fin de disminuir su costo y proporcionarle otras nuevas propiedades a la resina resultante. El modificador a la vez que mejora unas propiedades pueda disminuir otras, por consiguiente se debe tener cuidado cuando se vaya a modificar.

El modificador de resinas epoxi más usado, es el alquitrán de hulla; que le da gran impermeabilidad a la formulación, empleándose con gran éxito en las pinturas marinas y recubrimientos de tuberías, tanques, etc.

En combinación con resinas vinílicas, reducen su costo y le da gran resistencia al impacto. Y cuando se modifica con cloruro de Polivinilo (PVC), la resina epóxi es utilizada como un estabilizador y con los silicones se han utilizado con fin de mejorar un poco el costo y alguna propiedad.

Las resinas epoxi se pueden combinar con otras resinas del tipo urca-formaldehído, malamina-formaldehído y fenol-formaldehído. La reacción se produce entre los grupos epoxi, e hidróxilos y los metinol de las amino fenolicas. Estas pinturas necesitan de alta temperatura (180-220°C), para poder curar; dando una película de gran dureza y adherencia a los metales y excelentes propiedades frente a los agentes químicos.

## COMPATIBILIDAD DE LAS RESINAS EPOXI CON OTRAS RESINAS

Las principales resinas empleadas para pinturas epoxi son las ésteres diglicidil del difenil propano que tiene un equivalente epoxi entre 450 y 4000, cuando el peso molecular de la resina epoxi aumenta la

compatibilidad con otras resinas disminuye. Las resinas de fenol formaldehído que se usan en proporciones de hasta 40% en peso con resinas epoxi de alto peso molecular.

Las resinas de urea formaldehído son compatibles con las epoxicas en todas las proporciones; siendo las menos compatibles las de melamina formaldehído que se emplean en cantidades de un 30% sobre el total de la resina.

Para proteger superficies se utilizan otro tipo de resinas, que pueden ser mezcladas con las epoxi, siendo las más importantes, las alcidicas y las acrílicas termo endurecidas, que se combinan con las epoxicas de bajo peso molecular.

#### Fabricación de la pintura

Los recubrimientos epóxicos en general, cumplen satisfactoriamente en la construcción, como protectores de depósitos o tuberías destinadas a contener elementos anticorrosivos, así como también son inmejorables cuando se quiere crear una barrera impermeable a la humedad y si a estos recubrimientos epoxicos se les adiciona un pigmento, puede obtenerse además de las características anteriores, un aspecto decorativo muy agradable a la vista.

#### Barnices y pinturas epoxi:

Los barnices son vestimientos transparentes y las pinturas son películas opacas; por lo tanto una pintura epoxi, es un barniz al cual se le ha agregado un pigmento con el objeto de darle color o hacerlo opaco.



Una pintura usada como recubrimiento está formada por resina, pigmentos, cargas y disolventes principalmente. El secado según su tipo puede llevarse a cabo por evaporación del disolvente, evaporación de agua, por oxidación de aceite mezclado con la carga o por reacción química entre los componentes fundamentales; este último caso es el de las resinas epoxi.

Como las resinas base son epóxicas, se deben combinar con productos de reticulación adecuados o bien macromoléculas que contengan grupos reactivos, que dan lugar a diferentes métodos de reticulación y los más usados en pinturas epoxi son:

#### a) ESTERIFICACION:

Consiste en la reacción de los grupos hidroxidos con ácidos grasos secantes, dando lugar a barnices que secan al aire o a estufa, según contenga. La resistencia al agua y a los agentes químicos es muy buena y el poder adherente sobre metales, concreto y madera.

es excelente, teniendo la película formada gran flexibilidad y dureza superficial.

#### b) REACCION CON EL GRUPO ANINICO

Esta reticulación, es la más GENERAL en las aplicaciones de resinas epoxi y se produce por reacción del grupo amínico, por ejemplo: conamina, poliamida, poliamina etc., y la formulaciones se presentan en los componentes "A" y "B" que se deben mezclar en el momento de la aplicación. "A" es la resina epoxi y "B" es el agente curante o endurecedor.

Este tipo de pintura se caracteriza por su endurecimiento a temperatura ambiente y su tiempo de empleo puede ser de 2 a 3 días máximo, estas pinturas tienen gran adherencia al metal, madera, cerámica, etc., su brillo es excelente tanto pigmentada como en su forma de barniz, su dureza y flexibilidad. Son buenas, gran resistencia al calor y envejecimiento, buena resistencia a los agentes atmosféricos, y a un gran número de agentes químicos. Como protección anticorrosiva, este tipo de pintura es excelente, y por eso son muy usadas para recubrir metales y concreto en donde la duración de la película y la adherencia de la misma es grande, pero siempre y cuando se hayan tomado las debidas precauciones en la preparación de la Superficie a recubrir.

#### RECUBRIMIENTOS CON Y SIN SOLVENTES

Las pinturas epoxicas normalmente en la Industria de las pinturas se les denomina pintura epoxi de altos sólidos o de bajos sólidos, la primera denominación se refiere a aquella que no contiene solventes y la segunda a la que sí contiene. Cada una de las cuales, son utilizadas para diferentes condiciones como veremos a continuación.

#### RECUBRIMIENTOS EPOXI SIN SOLVENTES

Cuando la impermeabilidad de la superficie es el fin predominante, las formulaciones epoxi sin solventes, son las más adecuadas ya que si se utilizan formulaciones de recubrimientos a base de solventes, estos al evaporarse, suelen dejar pequeños poros por donde puede penetrar un agente químico agresivo o bien permite el paso de la humedad o cualquier líquido que como consecuencia hará una más rápida corrosión.

Este tipo de recubrimiento se puede aplicar sobre las superficies mediante cepillos, brocha, rodillo, pulverización o inmersión. El empleo de cualquiera de estos sistemas esta en función de :

- a) Las características que tenga el recubrimiento.
- b) Forma de la superficie a recubrir
- c) Acabado que se quiera lograr

### PROPIEDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES DE SOLVENTES

Las propiedades más importantes de los recubrimientos epoxi libres de solventes, son las siguientes:

- a) Excelente adhesión al metal y al concreto
- b) Buena brillantez y facilidad de limpieza
- c) Excelente resistencia al agua y a la mayoría de los agentes químicos
- d) Buena resistencia al impacto.
- e) Buena resistencia a la abrasión
- f) No existe el peligro de inflamación
- g) Mayor espesor de la película aplicada a una mano
- h) Buenas propiedades dieléctricas
- i) Reducción en el costo de mano de obra

### USOS DE LOS RECUBRIMIENTOS SIN SOLVENTES

Los campos de aplicación en donde los recubrimientos sin solventes pueden ser usados con gran éxito son:

- a) PLANTAS QUIMICAS

Para protección de acero y concreto, en paredes, estructuras de acero, pisos, tuberías, tanques de almacenamiento de sustancias y algunas alimenticias.

- b) Industria petrolera
- c) Industria productos alimenticios
- d) Industria azucarera
- e) Industria de bebidas tales como fábricas de jugos, embotelladoras de vinos, cerveceras, etc.,
- f) Industria de papel y celulosa
- g) Ingeniería hidráulica.

### RECUBRIMIENTOS EPOXI CON SOLVENTES

Aún cuando los recubrimientos epoxi libres de solventes ofrescan un sin número de ventajas en aplicaciones de formulaciones para protección de diversas superficie sin embargo, los solventes no siempre son nocivos para los recubrimientos, ya que hay formulaciones que los requieren y los solventes más empleados en una formulación epoxi son:

- 1.-Metil Etil Cetona
- 2.-Metil Ciclohexano
- 3.-Eteres glicol, Etc.

Cuando se requiera un solvente de bajo costo, se pueden utilizar con buenos resultados, hidrocarburos aromáticos, tales como tolueno, xileno y N-butanol.

### SELECCION DEL SOLVENTE A UTILIZAR

Para hacer una buena selección del solvente que debemos utilizar en la formulación de un determinado sistema que va a cumplir una función de recubrimiento, se deben tomar en cuenta algunos factores importantes que son:

- a) Método de aplicación del recubrimiento.
- b) Viscosidad del recubrimiento
- c) Posible reacción entre el solvente y los constituyen de la formulación.

## USOS DE LOS RECUBRIMIENTOS CON SOLVENTES

- a) Son utilizados con gran frecuencia como anticorrosivos en estructuras metálicas.
- b) En la industria de la aviación.
- c) En la industria pesquera
- d) En la fabricación de oleoductos
- e) Para protección de tableros de puentes
- f) Bodegas en general
- g) En estructuras o materiales expuestos a interperie

## MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS CON Y SIN SOLVENTES

### RECUBRIMIENTOS SIN SOLVENTES

Inicialmente se lleva a cabo una dispersión del total de cargas finas, pigmentos, agentes tixotrópicos y demás aditivos, con una cuarta parte del total de la resina aproximadamente, hasta que la formulación de una pasta espesa dispensada, la cual tendrá un rango de finura que será determinado por el departamento de control de calidad. Una vez que la pasta está perfectamente dispersada, se saca, del recipiente que será móvil y la pasta se traslada hacia otro recipiente de mayor volumen, pero con agitación a menor velocidad, en el cual se adicionará el resto de la resina de la formulación y se mezclará hasta una incorporación total.

Cuando en la dispersión de la pasta, alguna carga especial o agente tixotrópico aumente la viscosidad en forma considerable, entonces será conveniente agregarle un poco más de resina.

La razón por la cual no se agrega el total de la resina en la dispersión de la pasta, es por que ello nos ocasionaría una introducción de aire y formación de burbujas que sería perjudicial para la formulación.

Siempre será necesario calcular un porcentaje de exceso, en la formulación sobre las cantidades iniciales bases, tanto de resina como de endurecedor, esto es porque con frecuencia se tiene una merma en la formulación elaborada ya sea por el proceso de embasado o derrames ocasionados por descuidos del operador.

### RECUBRIMIENTOS CON SOLVENTES

Para la elaboración de recubrimientos a base de solventes, se procede de la siguiente manera:

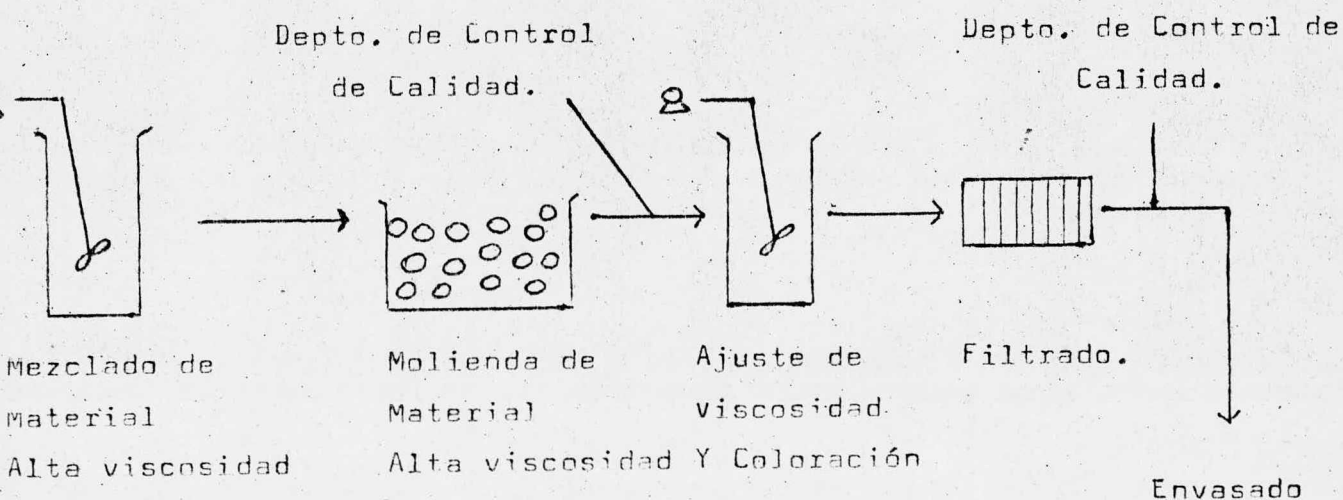
Si el lote a elaborar es pequeño, se mezclan en un recipiente el total de la resina con los agentes de flujo, antiflotantes y antiespumantes requeridos en la formulación y a continuación se adicionan las cargas y los pigmentos, el mezclado se hace manualmente, pero si el material es muy pesado, se pueden emplear un mezclador manual de baja velocidad (tipo taladro).

Esta pasta de alta viscosidad se pasa a un molino en el cual la pasta es perfectamente dispersada y de donde se extrae una muestra para que el departamento de control de calidad determine su grado de fineza, la molienda se recibe en un recipiente hasta lograr ajustar la viscosidad y coloración requerida por el formulador, si el recubrimiento presenta algunos grumos que no se alcanzaron a moler, entonces el material se puede filtrar en una malla muy fina y de ahí se pasa directamente al envase correspondiente y por separado se envasa el o los endurecedores., para esta formulación, agregándose también como en el caso de los recubrimientos sin solventes, un exceso, en la cantidad determinada tanto de la base pigmentada como de endurecedor.

## PROCESO DE LA FABRICACION DE LA PINTURA

Primeramente en un recipiente se coloca la formulación hecha y este recipiente se introduce a un dispersador de velocidad variable para poder ir aumentando poco a poco la velocidad y evitar derramamientos, se somete a la dispersión a la velocidad y tiempo necesario según la pintura deseada, una vez que se ha realizado la dispersión, este recipiente se pasa a un lugar un poco elevado y por medio de una bomba se hace circular hacia el molino en donde se someterá a molienda, controlándola por medio de la velocidad de entrada de la pintura e inmediatamente después se comprueba la molienda y se saca el recipiente donde se recogió la pintura ya molida y se traspasa a otro departamento en donde se checará color, y viscosidad, para después pasarla al departamento de envasado y etiquetado.

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO



Cuando se requiere una gama de colores, claros o colores fuertes, entonces se procede a elaborar una pasta Base, para colores claros y una pasta Base, para colores oscuros. Tomándose la base correspondiente para únicamente pigmentarla con una pasta pigmentada previa molienda para ajustar el color requerido por el formulador.

El orden de adición es el siguiente:

PARA PASTA BASE:

- 1.-Resina Epoxi
- 2.-Agentes de flujo, antiflotantes, antiespumantes, etc.,
- 3.-Cargas
- 4.-Pigmento
- 5.-Solventes (para ajuste de viscosidad).



## SELECCION DE EQUIPO

El equipo requerido para la elaboración de la pintura es el siguiente:

- 1.-Un dispersador de alta y baja velocidad (COWLEX)
- 2.-Un molino de perlas SAN MILL para moler la pintura.

Figura 1-Dispersador

Figura 2-Molino de Perlas

Los molinos utilizan perlas de silicuarzita o cromanita, que se hacen girar a altas velocidades. Los diámetros de las perlas normalmente son de 2 a 3 mm. para que funcionen correctamente.

El campo de acción de los SAND MILL es sumamente amplio y el rendimiento sorprendentemente elevado, logrando una sola pasada la finura de molienda que se desee, y además su manejo es sencillo, su construcción compacta y su trabajo silencioso, también tiene un bajo consumo de energía eléctrica e inversión reducida.

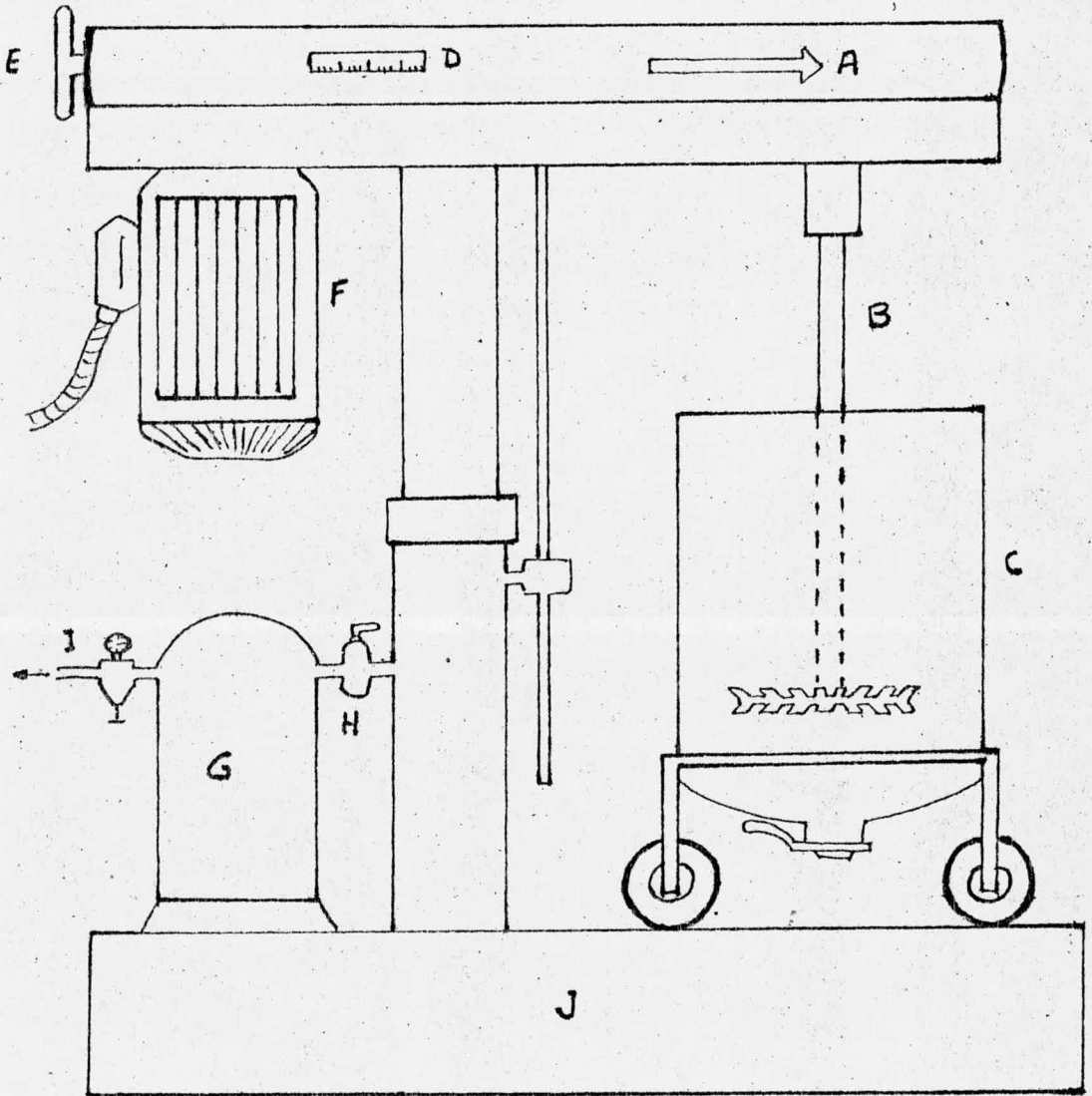
### VARIABLES DEL PROCESO DE DISPERSION Y SU CONTROL

Los molinos de alta velocidad, dispersan transmitiendo esfuerzo constante desde la periférica del disco impulsor hacia las partículas del pigmento. El esfuerzo se trasmite a través de la pasta misma y es en realidad lo que quiebra los aglomerados; esto hace necesario, reunir ciertas condiciones del equipo, para proveer el esfuerzo cortante conveniente.

Entre las variables a manejar, figura la potencia del motor que se sugiere fluctúe entre 50 y 100 H.P. dependiendo de sus necesidades de producción y que conjuntamente con la velocidad periférica necesaria para transmitir esfuerzo cortante a través de la base de molienda.

DISPERSOR DE ALTA Y BAJA VELOCIDAD

FIG. 1



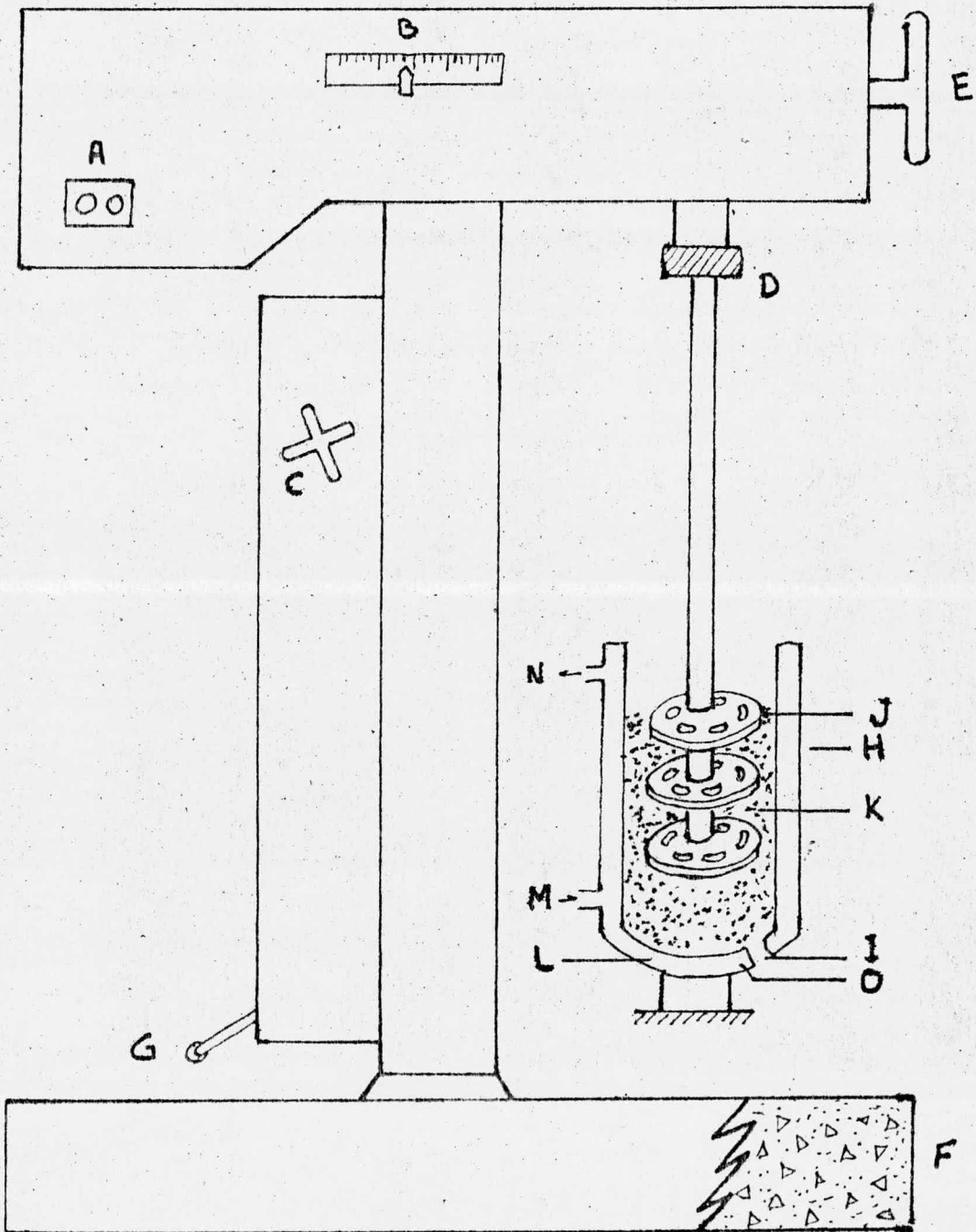
NOMENCLATURA

IG. I

- .- DISPERSOR DE ALTA Y BAJA VELOCIDAD
- .- VASTAGO PARA DISCO DE ASPAS
- .- TANQUE PARA HACER LA DISPERSION DE 400 LT. DE CAPACIDAD
- .- ESCALA DE VELOCIDAD DE 800 A 2400 RPM
- .- MANIVELA REGULADORA DE VELOCIDAD
- .- MOTOR DE 10 HP. (1450 RPM).
- .- TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE QUE PROVIENE DEL COMPRESOR.
- .- VALVULA DE PASO PARA ELEVAR O BAJAR EL APARATO
- .- VALVULA DE CIERRE PARA ADMITIR O ESCAPAR DEL AIRE
- .- BASE DEL SISTEMA.

MOLINO DE PERLAS

FIG. II



NOMENCLATURA

IG. II

- .- ARRANCADOR
- .- ESCALA INDICADORA DE LA VELOCIDAD (400-2700 RPM)
- .- MANIVELA PARA ELEVAR LA FLECHA
- .- FLECHA DE MOLIENDA
- .- MANIVELA PARA AUMENTAR O DISMINUIR RPM
- .- BASE FORMADA POR UN GROUT EPOXI
- .- PALANCA HIDRAULICA PARA BAJAR LA FLECHA
- .- MOLINO DE ARENA O DE PERLAS (SAND-MILL)
- .- REJILLA DE DESCARGA DEL PRODUCTO YA MOLIDO
- .- DISCO DE MOLIENDA
- .- ARENA REDONDA DE IMPURTACION (TRANSPARENTE)
- .- CAMARA DE CIRCULACION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
- .- ENTRADA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
- .- SALIDA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
- .- DESCARGA DEL PRODUCTO YA MOLIDO.

Al trabajar con pigmentaciones de la pasta arriba de 60%, es necesario desarrollar velocidades periféricas de 4000 pie/min., como mínimo, calculadas mediante la ecuación siguiente:

$$V_p == \frac{\pi \times D_i}{12} \times \text{RPM}$$

DONDE:

$V_p$  == VELOCIDAD PERIFERICA (Pie/min.)

$\pi$  == 3.1416

$D_i$  == DIAMETRO DEL DISCO IMPULSOR EN PULGADAS

RPM == REVOLUCIONES POR MINUTO DESARROLLADAS EN EL MOMENTO DE LA DISPERSION

De la ecuación anterior se deduce que a mayor velocidad y/o mayor diámetro del disco, se alcanzarán velocidades periféricas más altas. Pudiéndose usar diámetros impulsores, tan grandes como la demanda de intensidad de corriente del equipo, y la viscosidad de la base de molienda lo permitan.

Para un mezclado y dispersión óptimos, la relación de diámetros del disco tanque de dispersión se sugiere fluctúe entre 2.8 y 4.0

$$\frac{D_t}{D_d} == 2.8 \text{ -- } 4.0$$

no deberá colocarse el disco a una distancia del fondo del tanque menor a la mitad del diámetro de aquel. (Figura 1)

Muy importante es la carga que se maneja en el proceso de dispersión, ya que nos limitará la velocidad del motor y por consiguiente el esfuerzo suministrado, dado que al mover volúmenes grandes de bases de molienda, la demanda de intensidad de corriente del equipo, limita la velocidad del trabajo del mismo.

Es aconsejable cargar el tanque de dispersión hasta una altura total que fluctúe entre 0.5 Di y 1.5 Di. Esto dependerá del nivel de producción y la finura deseada, ya que a mayor productividad es decir mayor altura de la carga, la finura disminuye para un tiempo dado de dispersión. El volumen por cargar puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$V_0 = \pi \times r^2 \times h$$

DONDE:

- Volumen de carga para alcanzar la altura deseada en el tanque de dispersión.
- 3.1416
- Radio del tanque de dispersión
- Altura deseada de la carga (0.15 Di a 1.5 Di).

#### COMPOSICIÓN DE LA BASE DE MOLIENDA .

La viscosidad de la base de molienda influye significativamente en la calidad de la dispersión del pigmento. Con vehículos para pintura tales como los alquidálicos, el disolvedor Cowles y equipo similar de alta velocidad muelen por la fuerza cortante, transmitida a través de la fase líquida de la base molienda. Por lo tanto, debe usarse sólo la cantidad de solvente suficiente para dar buen flujo en la base molienda.

Es posible obtener finuras adecuadas a bajo contenido de sólidos del vehículo (79/6/15 pigmento/ligante/solvente) pero estas bases de molienda son frecuentemente dilatantes e inducen a problemas de reaglomeración cuando son reducidas a la pintura terminada, lo cual usualmente se ve como una disminución de finura. Para evitar este fenómeno se sugiere mantener los sólidos de ligante a un 10% o más en peso de la base de molienda.

ligante -- Sólidos de la resina al 100%

## FACTORES QUE AFECTAN LA DISPERSION

La evidencia de una pobre molienda es indicada generalmente por las partículas esparcidas en el extremo profundo del medidor de finura. Algunas razones para una pobre finura son:

- 1.-Una carga de pigmento demasiado bajo
- 2.-La reaglomeración en el proceso de reducción, causado por una molienda a un nivel demasiado bajo, acompañado por una adición demasiado rápida del vehículo y solventes para reducción. Siempre es conveniente una adición lenta del vehículo y solventes de reducción con una agitación lo suficientemente rápida como para incorporar estos materiales a la base de molienda sin causar salpicaduras.  
Relaciones de pigmento ligante de 6/1 o menos, usualmente no originan problemas de "shock".
- 3.-Un rápido aumento en la temperatura de la base de molienda acompañado por una disminución significativa de la viscosidad de la base de molienda. El enfriamiento con agua, si se tiene, corregirá este problema. De otra forma, es necesario inicialmente reducir el contenido de ligante o aumentar la pigmentación y disminuir la adición del pigmento hasta que se llega a la temperatura de operación del molino.
- 4.-Usar las mismas cantidades en la base de molienda para pigmento que tienen diferentes absorciones, de aceite en la mayoría de los casos, pigmentos de baja absorción de aceite se cargan a niveles más altos que pigmentos de alta absorción de aceite.

Para efecto del estudio presente, se realizaron pruebas de dispersión de molinos de alta velocidad de 50 y 100 RPM y se observan las variables que fueron controladas durante las pruebas en el sistema equipo-base de molienda; así como su influencia en el proceso.



RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS EN CAMPO

En las gráficas II y III se muestran los resultados de las pruebas de dispersión efectuadas en molino de alta velocidad de 50 y 100 HP, además de los datos de las variables principales controladas en las pruebas.

Analizando la gráfica II de dispersión en molino de 50 HP, observamos que se mejora el resultado de finura de 5.0 unidades Hegman con 34 partículas de  $TiO_2$  esparcidas en la placa 6.0 unidades Hegman con 33 partículas en el medidor. Lo anterior se debe principalmente al cambio de volumen de carga (647 lts. vs. 580 lts), altura de la carga (1.2 Di vs. 1.0 Di) y porcentaje de pigmentación (65/18/17 vs. 75/15/10) ya que la velocidad periférica se mantuvo constante de 4240 pie/min. La influencia de esta última variable (como ya hemos visto en el anexo), es directa sobre la viscosidad de la base de molienda. Y esta a su vez transmite el esfuerzo constante con una eficacia mayor.

La gráfica -- III muestra los resultados de dispersión en molino de 100 HP que se mejoran de 5.5 unidades Hegman con 30 partículas esparcidas en el medidor hasta 7.0 unidades Hegman con 30 partículas esparcidas en la placa. Durante las pruebas, la velocidad periférica se mantuvo constante de 5500 pie/min., es decir no se variaron las RPM del motor ni el diámetro del disco impulsor. El aumento del grado de dispersión se originó debió al cambio en el volumen de carga (1880 lts. vs. 9.12 lts.), altura de la carga (1.25 Di vs. 0.70 Di) y el aumento de viscosidad por el cambio de pigmentación (62/19/20 vs. 64/18/18).

Es preciso comentar que para ésta última prueba se incluyó como una variable más el diseño del impulsor. Del uso de un disco dentado a  $90^\circ$  como es el caso de los discos que actualmente se tienen en la plantas de Pinuritas, se pasó a un disco dentado a  $45^\circ$ . Mediante una sola prueba no fue posible precisar su influencia en el grado de dispersión. Sin embargo, la temperatura de la base de molienda no aumentó más allá de  $34^\circ C$ , lo que posiblemente se debe a que presenta menos superficie de fricción y mayor superficie de corte.

COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO DEL DISPERSOR  
DE ALTA VELOCIDAD VS MOLINO DE PERLAS

fectuado comparaciones sobre el tiempo de manufactura de un lote de 1000 lts. de un esmalte alquidálico de secado al aire dispersado a alta velocidad, contra otro de igual volumen, empleando perlas como material proveedor de esfuerzo cortante, puede concluirse lo siguiente: (Gráfica IV)

MOLINO DE PERLAS

- La operación que gobierna este proceso, es precisamente la de molienda; ya que se toma aproximadamente 65% del mismo es decir un tiempo real de 10 horas.
- Sumando los tiempos para las operaciones de cargado, bombeado, vaciado, reducción y envasado, observamos que absorben el 35% del tiempo total del proceso, que son de  $5 \frac{1}{2}$  horas.

DISPERSOR DE ALTA VELOCIDAD:

- La operación de molienda en equipo de alta velocidad; a diferencia de la dispersión con perlas, no gobierna el proceso de manufactura, ya que se lleva alrededor de 0.8 horas.

Si tomamos en consideración las áreas bajo las curvas de la gráfica IV que corresponden a los tiempos de molienda en uno y otro equipo, resulta que el área bajo la curva representada con una línea seguida, ocuparía solamente el 8% de la superficie bajo la curva punteada. Es decir, el dispersar en equipo de alta velocidad, toma  $12 \frac{1}{2}$  veces menos tiempo; que el moler con perlas, trayendo consigo las ventajas de menores demandas de energía eléctrica y mano de obra.

- Las operaciones de carga, bombeado y reducción, adquieren grados menores de dificultad; ya que se utiliza solamente el tanque de dispersión como tanque primario. De allí que la duración de las operaciones mencionadas resulte de 3 1/2 horas, o sea de un 38% del total del tiempo de fabricación.

- El envasado, es la operación que se lleva el máximo de tiempo al efectuar la dispersión en equipos de alta velocidad, siendo este de 5 horas; es decir, 52% del total del tiempo requerido para la fabricación de un lote de 4000 lts. de pintura.

La duración de este paso, se debe a que se requiere filtrar la pintura antes de llevar a cabo el envasado. La operación de filtrado puede hacerse a través de una malla que fluctúe entre 45 y 90 micras.

Como información complementaria, se efectuaron pruebas de brillo y poder cubriente sobre la pintura filtrada contra una pintura fabricada en molino de perlas de donde se obtuvieron resultados satisfactorios, es decir, no se encontraron diferencias en el brillo y poder cubriente de los acabados.

Al efectuar la estimación del rendimiento del proceso de manufactura, tomando como base al tiempo; resulta una diferencia de 6.2 horas a favor del proceso en el que se ha utilizado un molino de alta velocidad, es decir, se obtiene 40% más de rendimiento en horas al lograr dispersiones satisfactorias con estos equipos.

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL SISTEMA  
EQUIPO -- BASE DE MOLIENDA EN LA DISPERSION

V A R I A B L EI N F L U E N C I A

Relación de diámetro de impulsor  
diámetro de recipiente.

No directa

Diámetro de impulsor

Proporcional a la velocidad  
periférica.

Diámetro de recipiente

Inversa a la transmisión de  
esfuerzo cortante.

P M

Directa a la velocidad peri-  
férica.

Velocidad periférica

Proporcional a la transmisión  
de esfuerzo cortante.

Volumen cargado a la altura  
de la carga.

Inversa a la velocidad perifé-  
rica.

Inversa a la transmisión de es-  
fuerzo cortante.

Directa a la demanda de inten-  
sidad de corriente.

/ B / T /

Proporcional a la viscosidad de  
la base de molienda.

Proporcional a la productividad

Directa a la transmisión de es-  
fuerzo cortante.

Viscosidad de la resina

Directa a la viscosidad de la  
base de molienda.

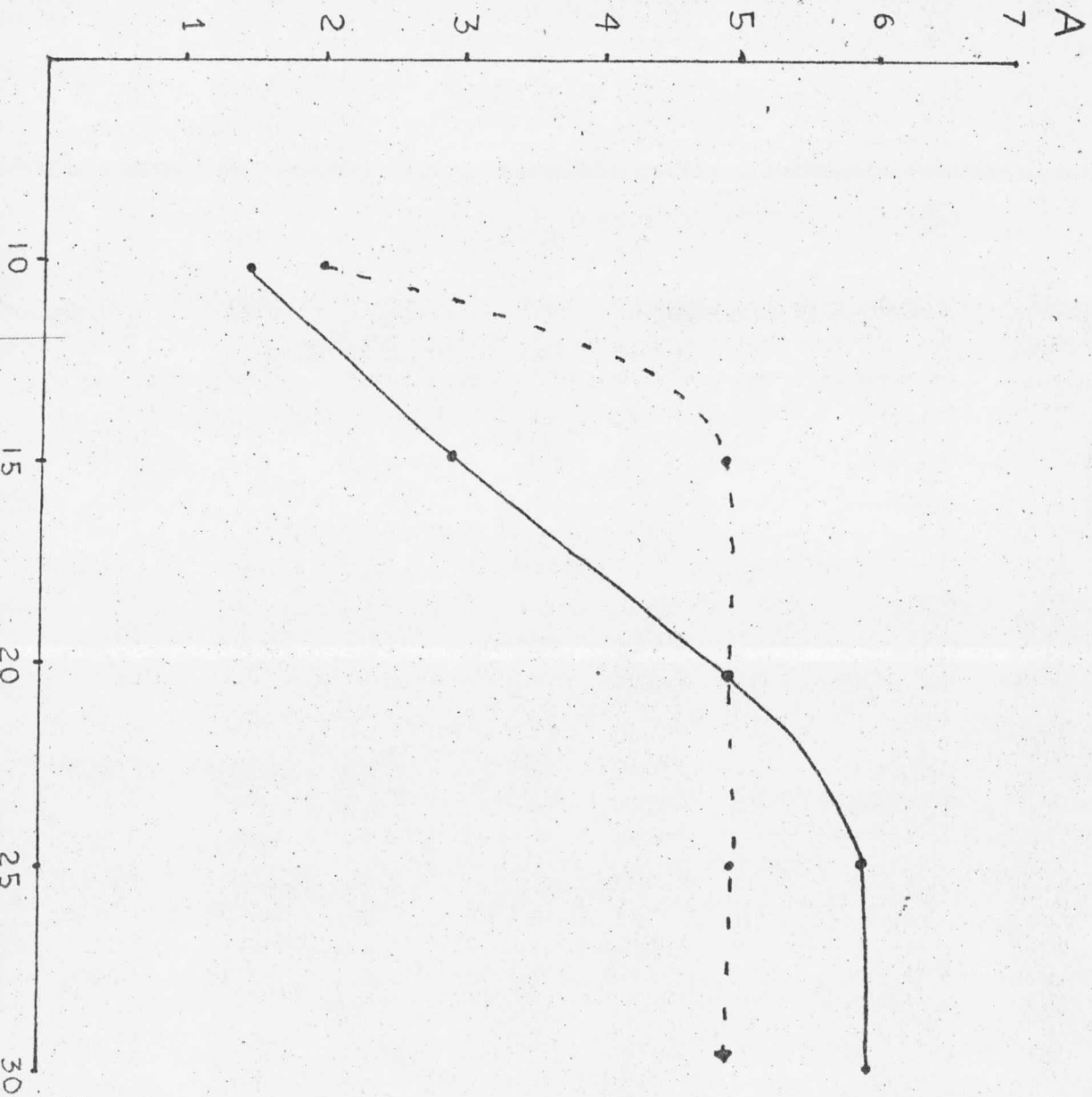
Inversa a la productividad.

Sólidos de resina

Directa en el poder de humecta-  
ción del  $TiO_2$

DISPERSION A. 50 H.P.

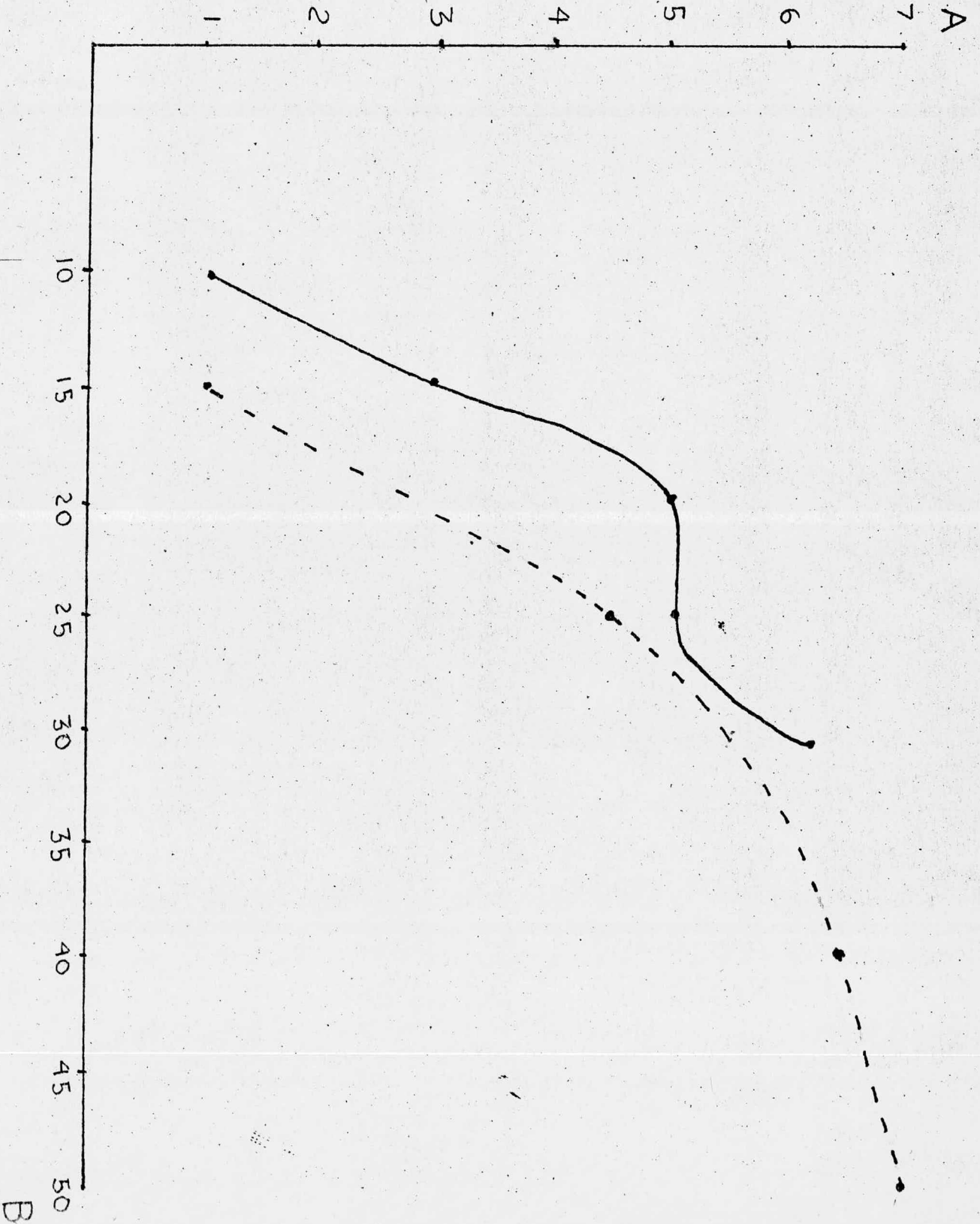
A.- FINURA HEGMAN  
B.- MINUTOS



DISPERSION A 100 H.P.

A.- FINURA HEGMAN

B.- MINUTOS



RENDIMIENTO EN HORAS DE LA MANUFACTURA  
DE UN LOTE DE 4000 LTS. DE PINTURA

I.- OPERACION

II.- HORAS

A.- ENVASADO

B.- FILTRACION Y ENVASADO

C.- BOMBEO

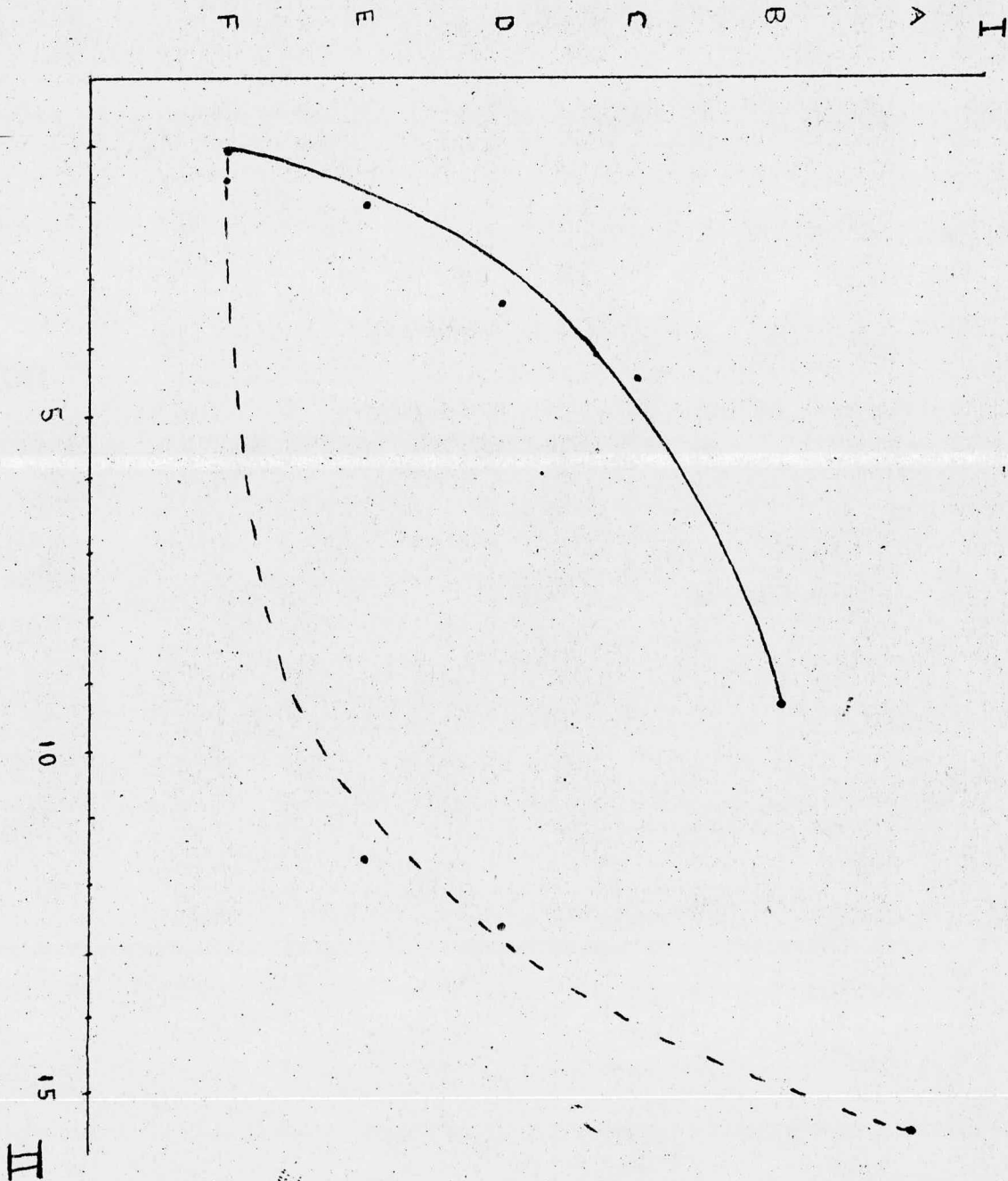
D.- VACIADO

E.- MOLIENDA

F.- CARGADO

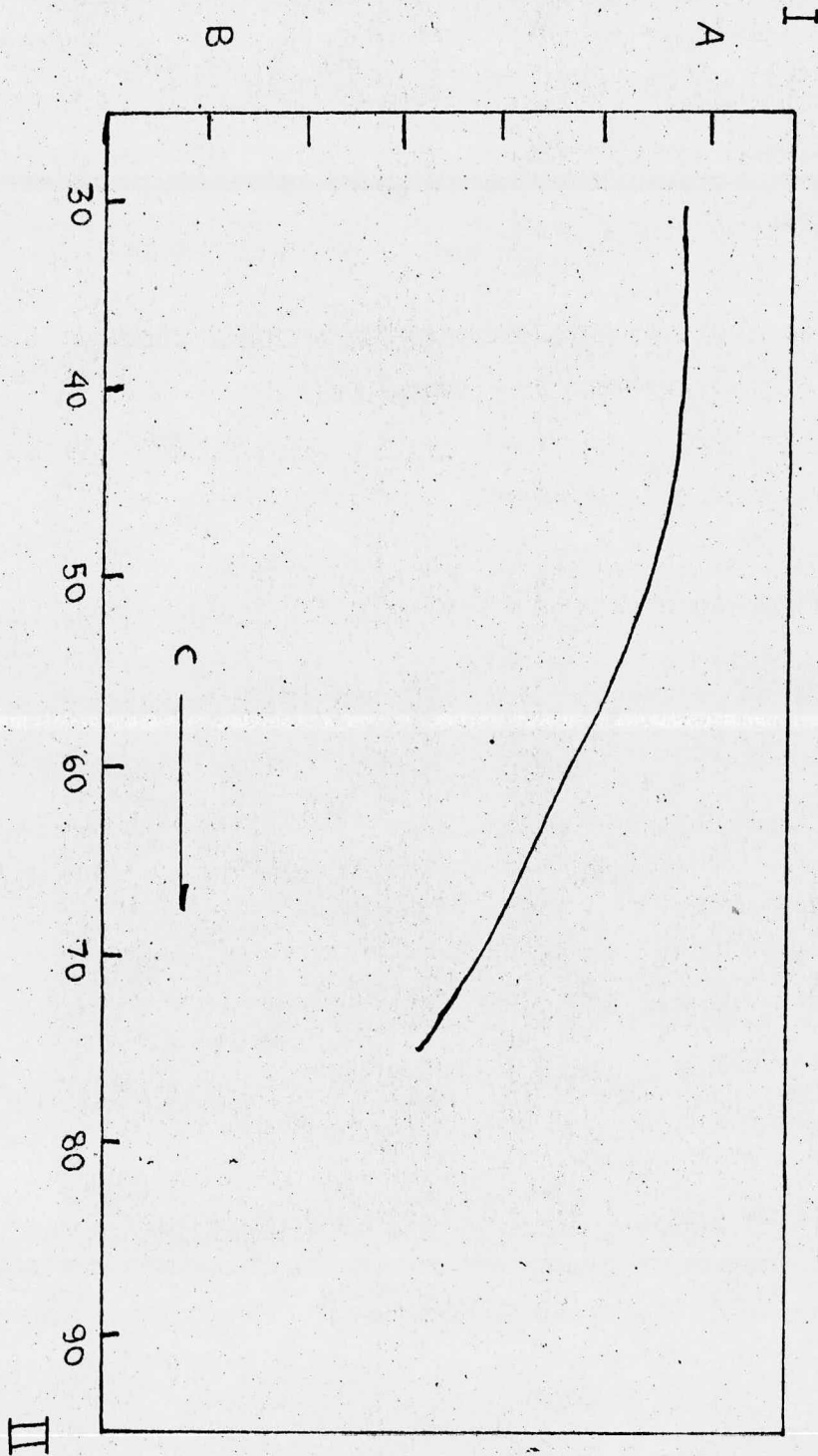
———— MOLINO DE ALTA VELOCIDAD

----- MOLINO DE PERLAS



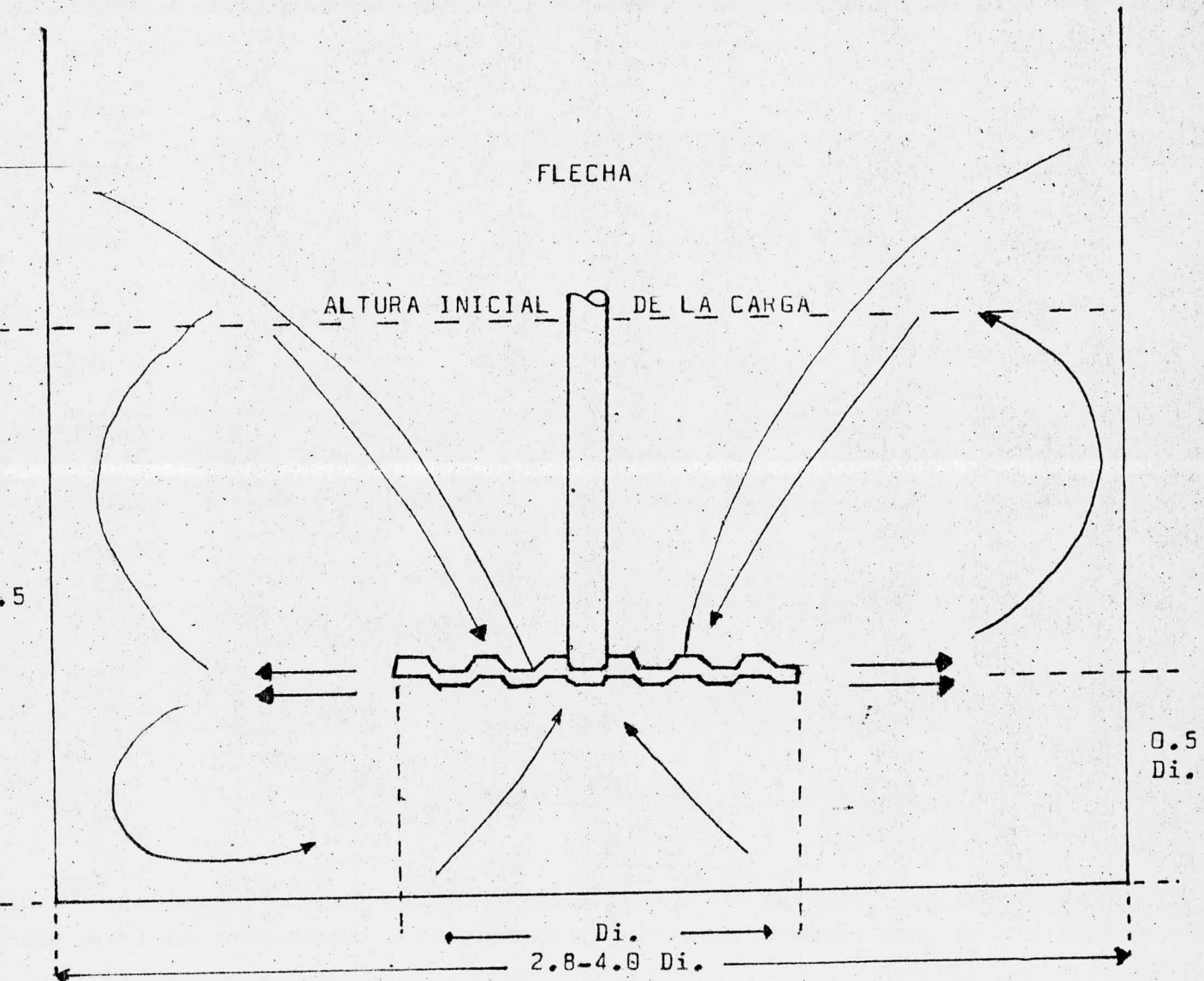
DISPERSION ACUOSA DE  $TiO_2$  EN  
MOLINOS DE ALTA VELOCIDAD

- I.- FINURA
- II.- PORCENTAJE DE  $TiO_2$  EN LA BASE
- A.- BUENA
- B.- REGULAR
- C.- INCREMENTO DE LA VELOCIDAD





DIMENSIONES Y CARGA DE UN EQUIPO DE  
ALTA VELOCIDAD EN BASE AL DIAMETRO  
DEL IMPULSOR



## APLICACIÓN DE LA PINTURA

Los resultados óptimos cuando se hace una aplicación epóxica, en gran parte del estado de la superficie, sobre la cual se hace la aplicación. Los recubrimientos necesarios para poderse efectuar todo recubrimientos epoxi son:

- 1.- Las superficies deben estar sanas.
- 2.- Las superficies deben estar limpias y secas.
- 3.- Las superficies deben estar a la temperatura más conveniente para el tipo de formulación que se va a utilizar.

## TIPOS DE ENSAYOS PARA DETERMINAR SI EL ESTADO DE LA SUPERFICIE ES CORRECTA

### ENSAYO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Las resistencias del concreto sobre el que se va a aplicar el recubrimiento, es muy importante, ya que las fallas normalmente ocurren en el concreto y cuando más alta sea la resistencia de éste, más eficiencia se tendrá en el recubrimiento epoxi. Una rápida evaluación de la resistencia del concreto se puede hacer mediante el golpeo con un martillo, aunque esta prueba está sujeta a falsas interpretaciones, pero si la realiza una persona con amplia experiencia, permite acercarse mucho a la realidad.

### ENSAYO DE TRACCION

Este tipo de ensayo se puede llevar a cabo directamente en la obra para determinar la resistencia de una base de concreto frente a un recubrimiento epoxi. Dicho ensayo, consiste en perforar un anillo circular en el concreto, dejando en su interior un núcleo inalterado y sobre éste se pega con resina epoxi, un tubo roscado y cuando la resina se ha endurecido, se adopta al tubo un aparato de tracción, con un dinamómetro y se va aplicando una carga de tracción que va creciendo hasta lograr arrancar el núcleo circular del resto del concreto una resistencia superior a 7  $\text{kg/cm}^2$  indica que el concreto es bueno.

### ENSAYO DE PRESENCIA DE HUMEDAD EXCESIVA

La humedad en una superficie de concreto es muchas veces motivo de fracaso en una aplicación epoxi a menos que se utilicen formulaciones insensibles al agua, por lo que es necesario hacer un ensayo de humedad excesiva.

Un método sencillo, consiste en colocar unas láminas de plástico transparente sobre la superficie del concreto, dejándolas por espacio de 8-12 horas sujetadas por los extremos, si durante este lapso aparece la humedad bajo las hojas plástico, la situación es crítica para la aplicación. Se habrá que esperar a que el concreto esté completamente seco y sin humedad.

### ENSAYO DE LA GOTA DE AGUA PARA SUPERFICIES METALICAS

La preparación de las superficies metálicas tiene por objeto eliminar: oxidados, suciedad, o cualquier material, que impida el buen contacto de adhesión que debe haber entre el metal y el recubrimiento.

La comprobación de la buena preparación y limpieza, consiste en el ensayo de la gota de agua. Esto se hace por medio de un cuenta gota, que coloca una gota de agua destilada sobre la superficie metálica y si la superficie no está del todo limpia, la tensión superficial de la gota, hará que ésta conserve su misma forma esférica o una forma parecida o sea que el agua no se extienda, pero si la superficie está completamente limpia la tensión superficial de la gota sera muy baja y el agua se extenderá mojando una zona más amplia.

### LIMPIEZA Y PREPARACION DEL CONCRETO Y METAL

El objeto de darle un tratamiento a la superficie que ha de recibir a un recubrimiento epóxico, es el de darle una determinada rugosidad y eliminar las capas débiles e incluso cambiar la naturaleza química de la superficie a recubrir a fin de que se vuelva más reactiva frente a las moléculas del recubrimiento epóxico.

ada sistema tiene un tratamiento específico superficial con lo cual se tendrán los mejores resultados de adherencia. Los materiales no metálicos y no porosos, se deben limpiar con detergente y solventes, lavándose después con agua abundante y secándolos perfectamente antes de recubrirlos, el solvente más adecuado es un solvente fácilmente evaporable como el tricloro etileno.

Los metales se limpian, con tricloro etileno y después un ataque con ácido clorhídrico o una limpieza con chorro de arena.

### LIMPIEZA SOBRE CONCRETO NUEVO

Generalmente las superficies superiores, de los concretos nuevos, son débiles y así se encuentran con una capa de aproximadamente 1 mm. formada por pasta de cemento y arena fina, esta capa débil y ciertos aditivos para concreto como membranas de curado, productos grasosos o resinas que se aplican para formar membranas, impermeables que retardan la evaporación del agua, impiden la perfecta unión del recubrimiento de concreto y por esto es preciso hacer un cuidadoso tratamiento de limpieza para su total eliminación.

El agua superficial es otro gran inconveniente para la adherencia del recubrimiento epóxico y como el concreto fresco contiene una gran cantidad de agua, habrá que esperar a que el concreto tenga, la edad suficiente y esté completamente seco, antes de hacer la aplicación; esto evitará también una menor retracción en el concreto y por lo consiguiente disminuirá la posibilidad de que se desprege la capa protectora. La edad mínima de un concreto para que pueda hacerse la aplicación del recubrimiento epoxi, varía entre 25-30 días según la humedad del medio ambiente.

## LIMPIEZA SOBRE CONCRETO VIEJO

Para la aplicación de un recubrimiento epoxi sobre un concreto viejo, se debe hacer una adecuada limpieza, de acuerdo a lo deteriorado del concreto y las recomendaciones generales como son las siguiente:

- a) Debe eliminarse cualquier resto de aceite, grasa o cualquier agente perjudicial que impida una buena adhesión.
- b) Se debe eliminar de la superficie deteriorada, la capa inmediata a la superficie que está muy debilitada.

## TRATAMIENTO

básicamente hay dos tipos de tratamiento superficiales del concreto:

- a) Limpieza Superficial
- b) Eliminación del concreto poco sano.

## LIMPIEZA SUPERFICIAL

Todas las superficies de concreto deben limpiarse a fin de eliminar sustancias que puedan perjudicar la union entre el recubrimiento epoxi y el concreto, los elementos más perjudiciales son:

- 1.- Lechada de cemento
- 2.- Membranas de cemento
- 3.- Pinturas anteriores y restos de la misma
- 4.- Aceites y grasas
- 5.- Silicones
- 6.- Asfaltos y cualquier otro producto ajeno totalmente que se interponga entre el concreto y el epoxi.

El método de limpieza más eficaz es el tratamiento con chorro de arena, este tipo de limpieza es un poco caro, pero si se cuenta con el equipo que tenga buen rendimiento y pueda recuperar la arena utilizada, entonces, es uno de los más baratos.

Una de las principales ventajas que tiene este tratamiento, es que proporciona una superficie muy rugosa, lo que garantiza una buena unión. Existen otros métodos de limpieza de la superficie como son:

- 1.- Escarificación.
- 2.- Amordentado con ácido.

#### ESCARIFICACION:

La escarificación, es un procedimiento que además de limpiar el concreto, le quita una capa superficial que puede ser de aproximadamente .2-.3 m. La superficie queda muy nivelada y con una rugosidad adecuada para aplicar el recubrimiento, éste método es ventajoso cuando se tratan grandes superficies y con máquinas esscarificadoras de regular tamaño y se termina la limpieza con lavado de chorro de agua a presión y luego se seca con aire seco.

#### AMORDENTADO CON ACIDOS:

Este tipo de preparación de la superficie, es quizá el más conocido y utilizado, en la industria de la construcción debido a su economía, lo mismo en áreas chicas que en áreas grandes.

El ácido más usado es el ácido clorhídrico diluido con agua, en proporción de un volumen de ácido clorhídrico de 20° Baume en dos volúmenes de agua o hasta un volumen de ácido por tres volúmenes de agua. Este ácido es vertido sobre la superficie y enseguida empieza a reaccionar con el material de la superficie que es atacado violentamente, la formación de miles de miles de burbujas así lo indican y cuando éstas burbujas desaparecen el ataque ácido ha cesado teniendo una duración de aproximadamente 3-4 minutos, se recomienda, tallar la superficie con esoba o cepillo, al mismo tiempo que está reaccionando el ácido, para un mejor amordentado de la superficie; después de esto se procede a lavar, abundantemente con agua a presión, para eliminar todas las partículas sueltas, residuos de ácido, sales, etc.

En algunas ocasiones después de este lavado, aún quedan restos de ácido que pueden ser detectados con un trozo de papel PH, y se recomienda entonces hacer una lavada con una solución de amoníaco al 1% para después volver a lavar con agua, enseguida se procede a un secado total antes de aplicar el recubrimiento.

#### ELIMINACION DEL CONCRETO POCO SANO

Este tipo de tratamiento, debe hacerse por procedimientos mecánicos, lo primero que se hace es limitar la zona que se va a tratar mediante un corte con disco de diamante, la profundidad está de acuerdo con el tipo de reparación que se va a efectuar; siendo de 12-15 mm. cuando la superficie se tratara con recubrimiento epoxi; en áreas pequeñas simplemente se puede utilizar un cincel y martillo. El área a tratar, debe ser la zona debilitada más una zona que se tomara como de seguridad, para así asegurarse que la aplicación del recubrimiento se hará sobre una superficie totalmente sana.

Después de haber arrancado todo el concreto malo, es necesario eliminar todo residuo de polvo acumulado, mediante chorro de agua a presión, seguido con un secado con aire a presión.

LIMPIEZA SOBRE ACERO

Los recubrimientos epoxi por lo general se adhieren bien al acero, pero para conseguir una unión perfecta, es necesario una preparación adecuada.

Primera se limpia la superficie a recubrir con solventes fácilmente evaporables, como tricloroetileno, tetracloruro de carbono, xilol, toluol, etc., luego se le da un tratamiento abrasivo que puede ser chorro de arena o esmerilado en toda la superficie, en ambos casos, será hasta metal blanco, con esto, se logra eliminar cualquier existencia de óxido y se crea una superficie rugosa, más apta para la adhesión buscada.

Inseguida se procede a colocar el recubrimiento epoxi, sobre la superficie limpia, en caso de que por cualquier motivo la aplicación se prolongue por mucho tiempo, la limpieza tendrá que repetirse, pues el metal se habrá oxidado nuevamente, si el ambiente es algo húmedo.

Después del tratamiento con chorro de arena o esmerilado, se tendrá cuidado de no tocar la superficie con las manos, pues el sudor puede ser motivo de contaminación; pero como en ocasiones es difícil controlar al personal, a pesar de las recomendaciones entonces será conveniente antes de aplicar el recubrimiento, limpiar de nuevo la superficie con los solventes utilizados en la primera limpieza y después esperar a que esté completamente seca y sin trazas de solventes.

Es recomendable hacer las operaciones de limpieza en locales bien ventilados y abstenerse de fumar o encender fuego durante la operación. Un tratamiento secundario sustituto de los ataques antes mencionados, puede ser con ácido clorhídrico; seguido de una buena limpieza (como se vió en la preparación de superficies de concreto.)



## LIMPIEZA SOBRE METALES GALVANIZADOS

El tratamiento es el mismo que el utilizado para el acero, pero en este tipo de metal no requiere el ataque de abrasivos (chorro de arena, esmerilado), simplemente basta con lavar con los mismos solventes utilizados para el acero, y lavar después con agua destilada y secado con aire seco. En ocasiones la adherencia se mejora aún más con un ataque de ácido clorhídrico (después del lavado con solventes), diluido 20 partes en peso de ácido por 80 partes en peso, de agua destilada y después lavar nuevamente con agua y secar la superficie con aire seco.

## LIMPIEZA SOBRE ALUMINIO

La preparación de las superficies de aluminio, ha de ser muy cuidadosa para lograr un éxito seguro en la adherencia con el recubrimiento. El tratamiento consiste en lavar primero con detergente comercial que no tenga cloro en su composición y después se le dá un tratamiento ácido que consiste en:

55 partes de ácido sulfúrico  
10 partes de Bicromato sódico  
80 partes de agua destilada.

Esta solución se mezcla con polvo de sílice, hasta lograr una pasta cixotrópica, la cual se aplica sobre la superficie a tratar, dejándola acutar de 20-25 minutos., durante los cuales se frotará con un cepillo de Nylon y antes que la pasta se vuelva dura, se quita y se coloca otra igual, hasta conseguir un ataque completo y que se antecipeará con el ensayo de la gota, como se describió anteriormente.

Después de hecho el ataque ácido, se limpia la superficie con agua destilada, y se seca con aire, luego se procede a la aplicación del recubrimiento.

### LIMPIEZA SOBRE COBRE Y SUS ALEACIONES

El cobre y sus aleaciones, son los metales más difíciles de unir al recubrimiento, por la facilidad con que se oxidan sus superficies; se recomienda el siguiente tratamiento.

- 1.- Limpiar la superficie con metil etil cetona, lavando luego con acetona.
- 2.- Limpiar la superficie con alguna de estas dos soluciones:
  - a) 15 partes de peso de cloruro férrico  
30 partes en peso de ácido nítrico  
200 partes en peso de agua destilada
  - b) 20 partes en peso de cloruro férrico  
50 partes en peso de ácido clorhídrico  
30 partes en peso de agua destilada

Las superficies lavadas se sumergirán en cualquiera de éstas dos soluciones ácidas durante 2 o 3 minutos y luego se lavan con agua destilada y se secarán con aire seco comprimido, inmediatamente después se procede a aplicar una capa de un primer epóxico sobre la superficie y finalmente el recubrimiento.

### LIMPIEZA SOBRE PLOMO

Antes de aplicar el recubrimiento se lija la superficie con lija de grava fino, se limpia y se lava con agua destilada y se seca con aire comprimido, antes de aplicar el recubrimiento, se le da un lavado ligero con trecloro etileno.

### LIMPIEZA SOBRE MADERA

Antes de la aplicación, debe eliminarse toda la humedad de la madera mediante aire caliente, o si la pieza de la madera a recubrir es pequeña, introducirla en una estufa a 50<sup>o</sup> C. durante 20 minutos, después de éste secado, se procede a lijar la superficie con lijas finas y eliminar todas las partículas producidas por la misma para después aplicar el recubrimiento epoxi.

## SISTEMAS DE APLICACION

### Aplicación con brocha

Constituyó el único método de aplicación por milenios y aún ahora es uno de los más comunes debido a su sencillez y bajo costo. El éxito de la aplicación depende en gran parte de la calidad de la brocha y más aún del tipo de cerda usada en la fabricación de la misma. Las mejores cerdas eran importadas de Rusia y China y variaban en longitud, diámetro y rigidez de las cerdas comunes. Ultimamente se han introducido al mercado cerdas sintéticas cuyos filamentos están rematados en la punta para mayor retención de la pintura, tienen buena elasticidad y mejor resistencia al deterioro que las anteriores. El pelo de caballo, usado con frecuencia en la manufactura de brochas, está considerado como adulterante por su inferior calidad, debido a que no retiene la pintura, no brochea bien, tiene muy poca flexibilidad y se deteriora rápidamente.

Se hacen también pinceles y brochuelos para trabajos más finos de cerdas de zorrillo y de ardilla, conocidos en el comercio como de "pelo de camello". Las brochas se fabrican en una gran variedad de medidas y estilos y deben ser seleccionadas de acuerdo con el uso que se les vaya a dar. En cierto tipo de brochas las cerdas se vulcanizan con el fin de que no se desprendan.

La mayoría de las pinturas de tipo arquitectónico tanto para interiores como para fachadas, barnices para pisos, acabados para uso doméstico, pinturas marinas y gran parte de las pinturas de mantenimiento tanto de maquinaria como de estructuras, se aplican con brocha de mano.

Algunos acabados industriales, sobre todo en talleres pequeños se aplican también con brocha de mano, debido a que resulta mucho más económico que la pistola de aire convencional, tanto en lo que se refiere a inversión de equipo como a desperdicio de pintura; pero desde otros puntos de vista resulta antieconómico debido a la lentitud de operación y al costo elevado de la mano de obra; además tiene la desventaja de la falta de uniformidad en el grosor de la película aplicada.

## Aspersión

Este método es sin lugar a dudas el más usado en la actualidad para la aplicación de acabados industriales debido a que las numerosas ventajas que presenta tales como su rapidez de aplicación y bajo costo de mano de obra, además que la película depositada es generalmente bastante uniforme y continua.

Puede ser usada para gran variedad de artículos de formas diversas, siempre que las superficies por pintar no sean demasiado estrechas o discontinuas pues en estos casos el desperdicio de pintura sería enorme y la película depositada no sería uniforme.

La inversión que se debe hacer para un equipo de aplicación por aspersión es elevada si se tienen en cuenta la pistola con sus diferentes tipos de accesorios, la compresora de aire, la caseta de aplicación y el sistema de extracción, además de los costos de mantenimiento.

Debido a las crecientes necesidades de la Industria moderna y la aparición de nuevos tipos de pinturas, se han hecho varias modificaciones al sistema convencional de aplicación con aire comprimido con el fin primordial de abatir costos, ya sea evitando el desperdicio de pintura, reduciendo la mano de obra, facilitando la aplicación de películas más gruesas con menor número de manos o evitando el gasto innecesario de disolventes.

### Aplicación por aspersión con aire comprimido.

El método consiste esencialmente en la atomización de la pintura por medio de una corriente de aire comprimido y la proyección de las pequeñas partículas así formadas hacia la superficie por recubrir. Un equipo eficiente debe combinar una alta eficiencia con una perfecta atomización del fluido además de que la pistola debe ser de fácil manejo y su uso prolongado no debe producir fatiga.

La aplicación se efectúa a temperatura ambiente y puede ser manual o automática; el fluido es inyectado a presión y en esta forma pasa de los tanques de almacenamiento a los sistemas de distribución central a la pistola.

### Doble alimentación.

Debido a la aparición en el mercado de pinturas en 2 envases tales como los acabados para madera a base de poliésteres, los esmaltes a base de poliuretanos, los primarios con ácido fosfórico, los acabados de tipo epoxi catalizado, etc., en los cuales la transformación de la resina para la formación de la película no se efectúa por medio de los procesos comunes de evaporación de disolventes, oxidación o polimerización por horneado a temperaturas más o menos elevadas, sino por la adición de un catalizador o activador el cual actúa sobre la resina produciendo películas infusibles y resistentes a los agentes exteriores. Estas mezclas tienen una vida limitada, que va desde unos cuantos minutos hasta varias horas debido a que en el momento de mezclar los dos componentes se inicia una reacción que conduce a un incremento progresivo de la viscosidad hasta la solidificación total de la masa y por lo tanto, en la mayoría de los casos no pueden ser aplicadas con brocha o con un equipo ordinario de aspersión.

Con objeto de hacer posible la aplicación de estos materiales tanto reactivos se han desarrollado un nuevo tipo de aspersora, en la cual los dos componentes se alimentan por separado a la pistola y son mezclados en el momento de la atomización.



El aparato consiste esencialmente en dos bombas de presión las cuales se encuentran acopladas por medio de engranes. Una de las bombas envía el material base al tubo alimentador de la pistola mientras que la otra envía la cantidad correcta de catalizador a un alimentador subsidiario, con el fin de que ambos se unan al salir de la boquilla.

#### Aplicación por aspersión sin aire

En este sistema se elimina el aire como elemento de presión, utilizando en cambio las fuerzas hidrostáticas producidas al forzar el material caliente a presión a través de un orificio muy fino. La evolución instantánea de los vapores de disolvente de la pintura caliente debido a la caída de presión repentina en el orificio de salida de la pistola, combinada con el efecto de extrusión a través de la boquilla producen la atomización de la pintura.

### Aplicación electrostática.

En años recientes el uso de los métodos de aplicación por el sistema electrostático ha ido en aumento, particularmente en los casos de producción en serie debido en primer lugar al ahorro considerable de pintura, comparado con los métodos comunes de aplicación por aspersión en los cuales se puede decir que de cada dos partículas de pintura atomizada una va hacia el objeto por pintar y otra se pierde. El sistema electrostático consiste básicamente en atraer eléctricamente las pequeñas partículas de pintura tal como los imanes atraen a las partículas de fierro, lo cual se consigue mediante la creación de un campo electrostático de alto voltaje entre el atomizador y piezas que van a ser pintadas.

Otras de las ventajas de este método, son la reducción del costo de mano de obra y la facilidad de aplicación sobre piezas con superficie discontinua, tales como rejillas, en las cuales la aplicación por pistola de aire común arrojaría fácilmente pérdidas hasta de un 90%, mientras que con este método se reducen a un 5% máximo.

Este método tiene el inconveniente de que las piezas deben ser diseñadas especialmente sobre todo en lo que se refiere a bordes y depresiones muy pronunciadas ya que en estas áreas se deposita un grosor mayor de película debido a una concentración de la carga.

Tiene además este método otras limitaciones, ya que por ejemplo, el flujo máximo que puede dar una pistola electrostática oscila entre 80-120 ml. por minuto, mientras que el flujo de una pistola común es de 400m., pero si se tienen en cuenta que las pérdidas en este último método son de 50-60% y que además que las pinturas en el sistema electrostático pueden ser aplicadas a un contenido de sólidos mayor, la diferencia llega a ser despreciable.

El proceso más usado es el Ransburg No.2, en el cual una cantidad controlada de pintura es alimentada al centro de un disco plano a una campana giratorios, los cuales se encuentran cargados a un potencial de 90,000 volts aproximadamente. La pintura es arastrada a los bordes de la piza rotatoria por la fuerza centrífuga y es atomizada por una combinación de éstas y las fuerzas electrostáticas. Las pequeñas partículas, cargadas electrostáticamente son atraídas hacia los objetos por pintar, los cuales son transportados frente al rotor por una cadena continua conectada a tierra.

### Aplicación por inmersión

Este método es uno de los más sencillos para la aplicación de una película de pintura, ya que consiste esencialmente en sumergir las piezas que van a ser recubiertas en tanques llenos del material, después de lo cual se dejan escurrir y se secan.

Tiene la ventaja sobre otros métodos de que no se necesita personal experimentado para la aplicación y demás las pérdidas de pintura son pequeñas debido a que el material que escurre de las piezas pintadas puede ser recuperado casi en su totalidad retornándolo a los tanques de inmersión. También se debe tomar en cuenta que el costo de la mano de obra es reducido y que el trabajo manual consiste prácticamente en colgar y descolgar las piezas de la cadena que las transporta a través del sistema.

### Sistema de flujo

Es otro de los métodos más antiguos para la aplicación de pintura y se puede considerar como la inversa del método anterior, ya que los artículos no son llevados a la pintura sino que la pintura vertida sobre los mismos. Básicamente consiste en bañar los artículos con el material por medio de una serie de mangueras en cuya extremidad se encuentra una boquilla por la cual fluye la pintura a una presión más o menos reducida, ya que no hay atomización como en los casos anteriores.

Este método se utiliza para el recubrimiento de objetos de gran tamaño tales como transformadores, chasis, bastidores de acero, etc., para los cuales no sería posible usar el método de aspersión debido a las pérdidas de material y por el método de inmersión se necesitaría hacer una gran inversión tanto en la construcción de los tanques como en la cantidad de pintura.

### Aplicación por rodillos

SISTEMA AUTOMATICO. Es muy usado en el recubrimiento de laminaciones metálicas completamente planas, ya sea cortadas o en forma de tiras, las cuales son posteriormente troqueladas o cortadas y soldadas en las formas más variadas para la fabricación de anuncios, tapas, juguetes, latas para envases de alimentos, persianas, lavadoras, calentadores, bardas, paredes divisionales, etc. Generalmente la aplicación se hace en un solo lado de la lámina a la vez secando la película de pintura después de cada aplicación en hornos de tipo rotativo; pero en algunos casos la aplicación puede hacerse simultáneamente por ambos lados.

### Aplicación de cortina

Consiste en principio en el paso de los artículos que va a ser pintados a través de una cortina de la pintura líquida. El equipo fué diseñado especialmente para el recubrimiento de superficies ligeramente sinuosas o acanadadas. Este nuevo método parece ser análogo a simple vista a los de flujo o inmersión, pero no es así, ya que la cantidad de material que fluye es exactamente la que se requiere para la formación de la película ya que no hay un escurrimiento posterior; en cambio semeja en algunos aspectos a la aplicación por rodillos pero con la ventaja de que el ajuste y control son más sencillos, además se puede trabajar en un rango mucho más amplio de grosores de película y lo que es más importante, se pueden recubrir piezas de diferentes grosores sin necesidad de hacer ajustes en el equipo.

RESULTADOS EXPERIMENTALESFORMULACIONES EXPERIMENTALES:

Los componentes utilizados en las formulaciones de base son las siguiente:

RESINA EPOXICA:

NOMBRE COMERCIAL	ARLADITE 815
TIPO DE RESINA	EPOXICA CON ACETONA Y SILOL (5%, 25%)
ESTADO FISICO	VISCOSO A 22° C.
DENSIDAD A 20° C	1.09---1.10 Kg/lt
EQUIVALENTE EPOXICO	130 -- 180

ENDURECEDOR

NOMBRE COMERCIAL	HZ--820
CONSTITUCION QUIMICA	P O L Y A M I D A
ESTADOS FISICO	VISCOSO A 20° C.
DENSIDAD	0.99 -- 1.00 Kg/lt

Mili equivalente activo de Hidrógeno amínico para 1 gr. de resina. 6.48

OTROS MATERIALES UTILIZADOS

- 1.- Bióxido de titanio tipo rutilico  
Malla # 300 -- 325  
Peso específico 4 --4.20  
Contenido de  $TiO_2$  95--98%



- 2.- Silice Amorfa o Agente Lixótripico
- 3.- Aditivo B y K 300 (Silicon)  
Aditivo para mejorar la resistencia al rajado y características de deslizamiento.
- 4.- SOLVENTES  
Tolueno  
Metil Isobutil Cetona  
Butanol  
Cilosolve
- 5.- T A L C O  
MALLA #350--400  
Peso específico 3--35  
Carbonato de calcio



FORMULACION UTILIZADA DE SOLVENTES ES LA SIGUIENTE:

Tolueno	72.2%
Metil Isobutil Cetona	14.7%
Butanol	<u>13.1%</u>
	100. %

FORMULACION No.1 BASE CLARA:

<u>MATERIA PRIMA</u>	<u>% P E S O</u>
Araldite 815	25.38%
Bióxido de Titanio	25.38%
S i l i c e	0.41%
B y K--300	0.21%

Tolueno	25.86 %
Metil Isobutil Cetona	5.39 %
Butanol	4.67 %
Endurecedor HZ 820	<u>12.69 %</u>
T O T A L	100.00 %

FORMULACION No.2 BASE OBSCURA

<u>MATERIA PRIMA</u>	% P E S O
Aralite 815	28.87 %
T a l c o	19.17%
S i l i c e	0.46 %
B y K - 300	0.23 %
T o l u e n o	26.52 %
Metil Isobutil Cetona	5.54 %
Butanol	5.05 %
Endurecedor HZ - 820	<u>14.43 %</u>
T O T A L	100.00 %

PASTA DE COLORES

Posteriormente se muelen las pastas pigmentadas y se procede de la misma forma que para la formulación 1 y 2, tomando en cuenta que aquí sólo intervienen la resina y el pigmento.

Se toma la cantidad de un kilogramo de resina agregando poco a poco el pigmento y mezclándolo con un taladro de mano hasta tener la pasta homogénea.

Posteriormente la pasta se muele en un molino de perlas hasta obtener una fineza de 7 - 8 en el medidor. Obteniéndose así una pasta con un 50% de resina y 50% pigmento, ejemplo:

FORMULACION 3Pasta NegraMateria prima% Peso

Araldite 815

50%

Negro de humo

50%

T O T A L

100%

Teniendo las pastas bases, se procede hacer una combinación entre éstas para sacar los colores intermedios como son: el amarillo limon, amarillo pasto, anaranjado, como ejemplo tenemos que para el color anaranjado se necesita:

FORMULACION 4Pasta anaranjadaMateria prima% Peso

Pasta amarilla

89.20%

Pasta roja

11.80%

T O T A L

100.00%

Teniendo las bases y las pastas se procede a formular los esmaltes de colores a 55% de materia no volátil.

Debido a que la mayoría de los esmaltes tiene la misma formulación y que puede variar un poco, únicamente se expone uno.

FORMULACION 5Esmalte rojo óxidoCOMPONENTES% Peso

Baseobscura

54.55%

<u>COMPONENTES</u>	<u>% Peso.</u>
Pasta roja	13.35%
Pasta negra	0.27%
Solventes	18.74%
Endurecedor	<u>13.09%</u>
T O T A L	100.00%

F O R M U L A C I O N 6

Barniz transparente 50% Sólidos

<u>COMPONENTES</u>	<u>% Peso</u>
Araldite 815	43.35%
Solventes	34.00%
Endurecedor HZ 820	<u>21.66%</u>
T O T A L	100.00%

Ya formulados los esmaltes de colores, se procedió a efectuar pruebas, como son rendimiento, aplicabilidad, adherencia, decoloración, estabilidad de la mezcla, abrasión, resistencia al impacto, dureza, tiempo de secado, resistencia al mandril cónico, estabilidad al almacenamiento y resistencias químicas.

Estas pruebas se efectuaron para poder predecir si el esmalte cumplía con las especificaciones requeridas para uso industrial.

#### DIFERENTES TIPOS DE PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las pruebas efectuadas se hicieron a los esmaltes que son intermedios entre todos los colores son:

- a).- Blanco (Formulación No. 1)
- b).- Rojo óxido (Formulación No. 5)
- c).- Negro (Formulación No. 2)
- d).- Barniz (Fórmula No. 6)

#### RENDIMIENTO POR LITRO DE RECUBRIMIENTO

El rendimiento se midió sobre una lámina de acero aplicando el recubrimiento a diferentes espesores de película; las cuales se midieron por medio de un Alcometro, que es uno de los aparatos más prácticos para medir el grosor de la película seca aplicada sobre una base de acero. Consta el aparato básicamente de un imán extremadamente durable. El flujo magnético que pasa a través de una cámara de aire varía de acuerdo con la proximidad de la superficie ferrosa a las dos esferas de contacto en la base.

Una armadura en la cámara de aire a la cual se encuentra unido un indicador que es influenciado por la intensidad de flujo. La determinación se hace calibrando a cero el aparato sobre una placa de acero standard o sobre el mismo sustrato; enseguida se hace la determinación apoyando el aparato sobre la superficie pintada. El indicador marca directamente el grosor de la película interpuesta entre la superficie de acero y los contactos metálicos.

Y por medio de este aparato obtuvimos los siguientes resultados:

ESPESOR DE LA PELICULA	RENDIMIENTO EN M <sup>2</sup> /Lt.
3 Mls. o 0.075 mm	12 M <sup>2</sup> /Lt.
6 Mls. o 0.150 mm	8 M <sup>2</sup> /Lt.
10 Mls. o 0.250 mm	4 M <sup>2</sup> /Lt.

#### APLICABILIDAD

La aplicabilidad se efectuó sobre láminas de asbesto, barras de concreto, y acero, observándose que en todos estos materiales era excelente su nivelación, continuidad, y fluidez.

#### ADHERENCIA

Para determinar la adherencia se procede como sigue:

- a).- Se hacen 100 cuadros de 10 mm. por lado sobre el esmalte, en el lugar donde se va a probar la adherencia.
- b).- Con una cinta para pegar como Masking.Tape, se cubren los 100 cuadros, teniendo cuidado que no quede fuera ninguno.
- c).- Se jala la cinta y si la pintura esta bien adherida, no se desprenderá.

d).- Para medir el porcentaje de adhesión, se observa cuántos pequeños cuadros fueron despegados, si fué uno, entonces el porcentaje es 99%, y así sucesivamente.

Los resultados obtenidos de esta prueba fueron los siguientes; aceptandose un porcentaje de 95-100 %

FORMULACION	% DE ADHERENCIA
1	100 %
5	95 %
2	98 %
6	100 %

#### DECOLORACION

Se aplicaron diferentes placas de asbesto, hierro, madera, los cuales se expusieron a la intemperie durante 6 meses. Obteniéndose los siguientes resultados:

FORMULACION	DECOLORACION
1	Ligero amarillamiento
5	Ligera decoloración
2	Ligera decoloración
6	Ligero amarillamiento

#### RENDIMIENTO POR LITRO DE ESMALTE

El rendimiento se midió sobre lámina de fierro standard aplicando el esmalte a diferentes espesores de película. Obteniéndose los siguientes resultados:

PRUEBAS FISICAS

Es estabilidad de la mezcla.

VIDA UTIL

Se procede de la siguiente manera: Se mezcla la parte A con la B en un bote de litro se ponen a temperatura a la cual se determinará la vida de la mezcla, tomando su viscosidad inicial, y después de tres horas se prueba nuevamente y así sucesivamente. De acuerdo al tiempo de curado la viscosidad aumenta, llega el momento en que ésta ya no se puede determinar y por lo tanto es difícil de aplicar, en este momento se tomará la lectura de vida útil de la mezcla.

La vida útil para el esmalte es la siguiente:

PRODUCTO FORMULACION	TEMPERATURA	VIDA UTIL DE LA MEZCLA	VISCOSIDAD No. 4	
			Inicial	Final
Blanco 1	10° C Refrigeración	48 horas	25 seg.	100 seg.
	20° C "	18 "	22 "	100 "
	30° C "	10 "	20 "	100 "
	40° C "	4.30 "	18 "	100 "
Rojo Oxido 5	10° C "	50 "	23 "	100 "
	20° C "	22 "	17 "	100 "
	30° C "	16 "	16 "	100 "
	40° C "	6 "	15 "	100 "
Negro 2	10° C "	72 "	20 "	100 "
	20° C "	20 "	17 "	100 "
	30° C "	14 "	16 "	100 "
	40° C "	8 "	14 "	100 "



Barniz						
Transparente	10° C	"	49 "	25 Seg.	100 Seg.	
	20° C	"	24 "	20 "	100 "	
6	30° C	"	12 "	19 "	100 "	
	40° C	"	5 "	16 "	100 "	

### RESISTENCIA A LA ABRASION (ABASOMETRO TABER).

#### Descripción del equipo.

Este aparato se emplea para medir la resistencia a la abrasión en las películas de acabados orgánicos, frotándolos por medio de discos abrasivos. La pintura es aplicada sobre una laminilla especial de acero de 10.6 cm. ó a 4 pulgadas de lado con una perforación en el centro por medio de la cual se inserta sobre un eje en un soporte horizontal que gira a una velocidad constante.

La dirección del movimiento de abrasión de uno de los discos se verifica del centro de la lámina hacia los bordes y la del otro disco de los bordes hacia el centro. Ambos discos se encuentran colocados sobre un eje y en contacto con la superficie pintada, pudiéndose colocar sobre las mismas una carga aproximada de 1000 grs., en adición a los 250 grs. de su propio peso. entre los dos discos se encuentra un tubo de succión por vacío que tiene por objeto remover las partículas desprendidas durante la operación. Una vez seleccionados los discos con la capacidad abrasiva adecuada para cada caso y colocadas en su lugar, la operación puede ser indicada ya sea por su número fijo de ciclos o bien hasta que una porción de substrato quede expuesta.

El aparato está provisto de un tacómetro con el fin de contar el número de revoluciones y los resultados pueden ser reportados como la pérdida en peso de la misma por número de ciclos.

Las pruebas efectuadas de resistencia a la abrasión de esmalte son las siguientes.

PLACAS	Gr. PERDIDOS DE PRODUCTO 1000 CICLOS TEMP. 20° C			
	24 Hr. (curado)	3 días (curado)	7 días (curado)	15d.
Barniz Transparente. (6)	0.05085	0.04845	0.02485	0.0132
Blanco(1)	0.04832	0.03535	0.02235	0.0125
Rojo Oxido (5)	0.05010	0.04152	0.02870	0.0193
Negro(2)	0.06095	0.05085	0.00295	0.0123

Nota: Las placas fueron aplicadas aún espesor de 6 mts-pulg. de película húmeda y película seca, ésta última va en relación con la cantidad de sólidos totales del recubrimiento.

PLACAS	PELICULA HUMEDA	PELICULA SECA
BARNIZ (6)	6 mls. de pulg.	2.9 mls de pulg.
Blanco(1)	6 mls. de pulg.	2.2 mls de pulg.
Rojo Oxido(5)	6 mls. de pulg.	2.5 mls de pulg.
Negro (2)	6 mls. de pulg.	2.5 mls de pulg.

Nota: Debido a que todos los medidores de espesor de película están en sistema inglés, las unidades se expresarán en mls. de pulgada.

RESISTENCIA AL IMPACTO.

## Descripción del aparato medidor de impacto.

Consta de una masa metálica con un peso variable terminada en bola colocada dentro de un tubo guía en posición vertical y es accionada por medio de un perno que se mueve a lo largo de una abertura grabada con una escala que va desde 0 hasta 60 pulg. ó 152.4 cm. La lámina de prueba es colocada sobre la placa base del instrumento y el peso se deja caer sobre la misma desde diferentes alturas tomándose como resultado óptimo la altura máxima de caída del mismo sin rompimiento de la película.

Cuando el impacto es recibido sobre el reverso de la lámina el metal sufre una deformación y la película de pintura es forzada hacia afuera, mientras que al voltear la lámina y golpear directamente sobre la película ésta absorbe el choque, de manera que los resultados de ambas pruebas son diferentes entre sí, los resultados se dan  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Los resultados de resistencia al impacto de los productos fueron los siguientes:

Muestras	Resistencia al impacto máximo Kg/-cm.				
	24 Horas	3 Días	7 Días	15 Días	30 Días
Barniz Transparente. (6)	184.7	184.7	184.7	184.7	184.7
Blanco (1)	184.7	184.7	184.7	184.7	184.7
Rojo Oxido (5)	184.7	184.7	184.7	184.7	138.5
Negro (2)	184.7	184.7	184.7	184.7	34.6

NOTA : Los resultados anteriores se hicieron al reverso de la lámina.

### DUREZA CON OXCILADOR SWARD.

#### Descripción del aparato.

Este aparato se utiliza para medir dureza a capas de pintura en posición horizontal y lo podemos definir como un péndulo que oscila sobre el material que se va a probar y consiste en dos hojas circulares de acero de 10-16 cm. (pulg. de diámetro, fijas coaxialmente a una distancia de 2.54 cm. (1 pulgad.). Y sostenidas por pivotes se encuentran dos ámpulas de cristal con un líquido especial que se puede ajustar de modo que el péndulo efectúe 50 oscilaciones en 60 más o menos 0.5 seg. a 25° C. sobre la superficie de vidrio.

Se aplica la película de pintura sobre un vidrio pulido tratando de que quede lo más tersa posible. Una vez seca la película se pone el sustrato a nivel y el péndulo se pone en movimiento sobre la superficie aplicada, las burbujas de aire en las ámpulas se desplazan de lado a lado al iniciarse el movimiento pero decrecen gradualmente a una velocidad que depende de la dureza de la película. Hasta el momento en que la burbuja de la izquierda deja de rebasar la marca del ámpula.

Desde ese momento se cuentan las oscilaciones de la burbuja del lado derecho hasta que practicamente ya no rebase la marca y el número de oscilaciones sobre el cristal nos da la dureza del material. Hay que evitar que el aparato reciba corrientes de aire ya que si esto sucede la lectura será incorrecta, la temperatura es importante ya que puede conducir a un cambio en la velocidad y el tamaño de las burbujas.

DETERMINACION DE LA DUREZA DE ESMALTE.YBARNIZ TRANSPARENTE

La determinación de la dureza se hizo de la siguiente forma.

Se aplicó el esmalte blanco, rojo óxido y negro, y también el barniz transparente, sobre placas de vidrio a un espesor de 0.006 mls. de pulgada, película húmeda y se dejó curar durante 7 días obteniendo los siguientes resultados:

PLACAS	OSCILACIONES SOBRE PINTURA CON RESPECTO AL CRISTAL	
	7 DIAS	80 DIAS
TRANSPARENTE (6)	11-13	13
BLANCO	12-15	20
ROJO OXIDO	7-8	12
NEGRO	13-16	17

TIEMPO DE SECADO (TACTO Y POLVO)

Registrador de tiempo de secado gardner:

Es un aparato para medir tiempo de secado en pinturas la magnitud de la marca hecha por una pelota sobrepuesta en la película que se está secando. Consiste de un motor sincronizado, montado sobre un pie, con su caja orientada verticalmente, un brazo sujeto a la caja y una aguja de metal terminada en una bola y montada verticalmente en el final de la caja.

Para hacer una prueba se coloca el registro en la película húmeda con la pelota tocando dicha película.

Se conecta el registrador en una corriente alterna de 110 vlt. 60 ciclos.

La pelota describirá una marca circular de 5.08 cm. de diámetro en la película, la magnitud de la marca hecha por la pelota es referida a diferentes promedios de secado se determina el tiempo que corresponde para cualquier posición seleccionada sobre la marca por comparación de un marcador, suplida con el instrumento, Las siguientes velocidades del motor son aceptables.

Una revolución en 1, 6, 12, 24, 48, 96 Hrs.- en orden de la velocidad específica.

Los resultados obtenidos con él son los siguientes:

#### SECADO AL TACTO

PLACA	3 mls. de pulg.	6 mls. de pulg.	10 mls. de Pulg.
Barníz			
Transparente	4.00 Hrs.	4.30 Hrs.	5.00 Hrs.
Blanco (1)	4.30 Hrs.	6.00 Hrs.	8.00 Hrs.
Rojo Oxido (5)	5.30 Hrs.	6.30 Hrs.	7.30 Hrs.
Negro (2)	5.00 hrs.	6.00 Hrs.	6.30 Hrs.

#### SECADO AL POLVO

PLACAS	3 mls. de pulg.	6 mls. de pulg.	10 mls. de P.
Barníz Trans parente. (6)	4.30 Hrs.	5.30 Hrs.	6.00 Hrs.
Blanco (1)	5.00 Hrs.	7.00 Hrs.	8.30 Hrs.
Rojo Oxido (5)	6.30 Hrs.	7.30 Hrs.	8.00 Hrs.
Negro (2)	5.30 Hrs.	7.30 Hrs.	8.00 Hrs.

FLEXIBILIDAD EN MANDRIL

## Descripción del aparato.

Este aparato consiste de 9 barras de acero abarcando diámetros de 3.17 milímetros hasta 25.4 milímetros, y una armazón de níquel que sirve para soportar la barra que está siendo usada en la prueba y además para almacenar las barras que no son usadas.

Con los productos se aplicaron placas de lámina negra No. 18 a 19 cm. por 8 cm. con espesor de 3 mls. de pulg. y 10 jlas. de pulg. se dejaron curar durante 7 días obteniéndose los siguientes resultados:

PLACAS.	RESISTENCIA AL MANDRIL 1/8 "		
	3 mls. de pulg.	6 mls. de pulg.	10 mls. de P.
Transparente (6)	Resiste	Resiste	Resiste
Blanco (1)	Resiste	Resiste	Resiste
Rojo Oxido (6)	Resiste	Resiste	Resiste
Negro (2)	Resiste	Resiste	Resiste

ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO.

Para checar la estabilidad al almacenamiento se procedió a meter frascos de 1 litro, con los productos a una temperatura de 50° C. durante 7 días y otros frascos que quedaron fuera a temperatura ambiente ó 23° C. se les determinó la viscosidad inicial y final obteniendo los siguientes resultados:

MUESTRAS	VISCOSIDAD INICIAL	VISCOSIDAD FINAL	ASPECTO FRESCO	ASPECTO INCORPORACIÓN DE LOS PIGMENTOS.
TRANSPARENTE (6)	14 seg.	16 seg.	bueno	brillo
Blanco	13 seg.	20 seg.	Asentamiento	Ligera matidez Sí Existe

MUESTRAS	VISCOSIDAD INI. FIN.	ASPECTO FRASCO	ASPECTO PELICULA	INCORPORACION DE PIGMENTOS
ROJO OXIDO	16 seg. 17 seg.	Asenta miento	Mate	Si existe
NEGRO (5)	12 seg. 13 seg.	Asenta miento	Ligera Matidez	Si existe

RELACION DE ESPESORES DE PELICULA HUMEDA A PELICULA SECA Y % SOLIDOS EN VOLUMEN A 3 mls. pulg. 6 pulg. 10 mls. pulg.

PLACAS	DENSIDAD		DENSIDAD DE LOS SOLVENTES	TS SOLIDOS % SOLIDOS % SOLIDOS % SOLIDOS % SOLIDOS	% SOLIDOS PEL. SECA		
	DEL PRODUCTO	DE LOS SOLVENTES			3 mls. 6 mls. 10 mls.	6 mls. 10 mls.	10 mls.
BARNIZ TRANSPARENTE	0.970	0.847	50%	48.48%	12. mls.	2.9	4.8
BLANCO (1)	1.174	0.847	55%	37.65%	1.1mlas	2.2	3.7
ROJO OXIDO (5)	1.087	0.847	55%	42.32%	1.2 "	2.5	4.2
NEGRO (2)	1.098	0.847	55%	41.68%	1.2 "	2.5	4.1

S= Peso/litro de los solventes.

D= Peso/litro del sistema o recubrimiento.

Ts= % Peso de sólidos del recubrimiento.

Los datos anteriores fueron calculados de acuerdo a la formula siguiente:

$$\text{Espesor de la película seca} = \frac{\text{Espesor Película húmeda} \times \%}{100} \\ \% \text{ Sólidos en Vol.}$$

$$\% \text{ Sólidos en Volumen} = 100 - \frac{D(100 - Ts)}{S}$$



TABLA DE RESISTENCIAS QUIMICAS DE UN SISTEMA CON SOLVENTES  
EPOXI POLIAMIDA A UNA TEMPERATURA DE 18-20° C.

REACTIVO	MESES	0	1	2	3	4	5	COMENTARIO
<u>ACIDOS</u>								
Acido Sulfurico	10%	—————						Decolorado
" "	90%	———						Destruido
" Clorhidrido	10%	—————						Ampollamiento
" "	37%	———						Decolor.y amp.
" Fosfórico	10%	—————						" "
" Nítrico	10%	—————						" "
" "	50%	———						Destruido
" Acético	20%	———						Ampollamiento
<u>ALCALIS</u>								
hidróxido de Sodio	20%	—————						No Afecta
" "	" 50%	—————						"
" " Amonio	30%	—————						Ampollamiento
<u>AGUAS</u>								
agua de mar		—————						Decoloración
agua de llave		—————						No afecta
agua destilada		—————						Ampollamiento
<u>SALES INORGANICAS</u>								
Bisulfito Zn	1%	—————						Decoloración
Bisulfito Ca	5%	—————						"
" Na	5%	—————						Ablandamiento
<u>SOLVENTES ORGANICOS</u>								
M.E.K.		———						Ablandamiento
M.I.B.K.		—————						"
Alcohol Etilico		—————						"
" Butilico		—————						No afecta
Xileno		—————						Ablandamiento
Nitrobenceno		—————						Ablandamiento
Diclorobenceno		—————						"
Etilen Glicol		—————						No afecta
<u>VARIOS</u>								
Tetracloruro de C.		—————						No afecta

## C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a los resultados y experiencias obtenidas, los recubrimientos a base de resina epóxica presentan las siguientes ventajas y desventajas:

1.- Son aplicados en cualquier tipo de material y se distinguen por tener buenas resistencias tanto física como a los agentes químicos, y que pueden ser un fracaso si no se siguen las reglas de limpieza antes descritas.

2.- El esmalte epóxico además de ser muy manejable permite que éste penetre aún en los poros más pequeños sellado o recubriendo toda la superficie.

3.- Tiene muy buenos rendimientos debido a que es y que tiene un gran poder cubriente.

4.- Presenta gran adhesión, pues los resultados obtenidos muestran que sólo un 5% no es adherido.

5.- Debido a que contienen en su formulación pigmentos oxidados no sufren decoloración o amarillante en gran cantidad con el sol pues son pigmentos especiales para pinturas exteriores.

6.- En los sistemas epóxicos contamos con resina y endurecedor que son seleccionados para tener una vida útil bastante amplia. Antes de que endurezca el esmalte epóxico cuenta con el tiempo considerable para el aplicador debido a que solo a 40° C se tiene un tiempo mucho más pequeño pero que es suficiente para terminar de aplicar.

7.- También es muy resistente al impacto, pues todas las pruebas efectuadas resultaron ser favorables.

8.- Como se dijo anteriormente éste tipo de recubrimiento es muy flexible, ya que si observamos en los resultados de resistencia al mandril en ningún momento sufrió una rotura.

9.- Los esmaltes epóxicos alcanzan resistencias óptimas, a los 15 días después de aplicados.

10.- Presentan buena resistencia al rayado.

11.- Si nosotros observamos los esmaltes epóxicos comparados con otros, como alquidales son muy caros, pero puede ser una inversión muy buena pues con el tiempo llegan amortizarse a su buena calidad.

12.- Por último mencionaremos que los revestimientos curados con poliamidas dan excelente resistencia química, dureza en las películas, flexión, abración, y poca decoloración, por lo cual son excelentes a la construcción.

13.- Al aplicar se debe tomar en cuenta el espesor y el tiempo de secado, desde la primera mano, si se puede usar un "primer" es mucho mejor, pero no hay necesidad pues éstos esmaltes debido a su fluidez pueden sellar cualquier poro.

14.- Las pinturas epóxicas tienen la desventaja que calean con los rayos ultravioleta del sol, o sea repolimerizan dando un aspecto cenizo, perdiendo así su brillantez.

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

- a).- RESINAS EPOXICAS PARA PROTECCION DE SUPERFICIES  
"VADEMECUM"  
CIBA GEIGY MEXICANA  
Junio 1966
- b).- APLICACION DE COMPUESTOS EPOXICOS AL CONCRETO  
(EDO. DEL ARTE) Parte 1 y 2  
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNO-  
LOGIA.  
Septiembre 1973
- c).- LONGITUD DE VIDA EN SISTEMAS EPOXICOS DE 2 COMPONENTES  
Y ADHESIVOS PARA MORTERO  
Revista CIBA 1975
- d).- EPOXIDE RESINS  
W. G. POTTER  
Published for the plastics Institute  
1970
- e).- TESIS PROFESIONAL, RESINAS EPOXI.  
Armando Rodriguez Navarro.  
1972

f).- APUNTES DE LA CATEDRA:

PLASTICOS Y SILICONES I Y II  
IMPARTIDA POR EL PROFESOR QUI  
MICO JULIO TERAN ZAVALA.

1977

g).- TECNOLOGIA DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS ORGA  
NICOS.

VOL. I Y II  
ALBERTO BLANCO MATAS  
ED. QUIMICA, S.A.

1974

h).- RESINAS EPOXI EN LA INDUSTRIA DE LA PINTURAS  
INSTITUTO MEXICANO DE TECNICOS  
EN PINTURAS Y TINTAS.

i).- INFORMACION INDUSTRIAL.

PROPORCIONADA POR J.CARRERA Y ASO  
CIADOS S. A. DE C.V.

j).- HAND BOOK OF EPOXI RESINS

HENRY LEE AND KRIS NEVILLE,  
MCGRAW HILL BOOK COMPANY.

1967

k).- EPOXI RESINS

"TECHNOLOGY"  
CIBA GEIGY E.U.A.

1975