



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

El Prensado en frío para el Moldeado de
Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio.

2351

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
JESUS TELLEZ MAGAÑA
MEXICO, D. F. 1974



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1974
3 [REDACTED] 320
Test. [REDACTED]
327
3



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE

Prof. JULIO TERAN ZAVALA

V O C A L

Prof. FERNANDO ITURBE HERMANN

SECRETARIO

Prof. RAMON ARNAUD HUERTA

1er. SUPLENTE

Profa. MARGARITA GONZALEZ TERAN

2o. SUPLENTE

Prof. ROLANDO ALREDO BARRON RUIZ

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: VITRO FIBRAS, S.A.

JESUS TELLEZ MAGAÑA

Prof. JULIO TERAN ZAVALA

SUSTENTANTE

ASESOR DEL TEMA

A MIS PADRES

Ing. Jesús Téllez Amarillas

Ana Ma. Mogaña de Téllez

**Con mi más profunda gratitud por su esfuerzo que hizo posible
la culminación de mis estudios.**

A MI ESPOSA

Profa. Ma Eugenia Aguilar de Téllez

Por su cariño, dedicación y ayuda, indispensable apoyo en mi vida profesional.

A MIS PARIENTES Y AMIGOS

Por su apoyo en todo momento

Mi reconocimiento al Prof.

Manuel Arroyave R.

Con agradecimiento por su colaboración a los señores

Ing. Alfonso Ortega C.

Ing. Horacio Méndez L.

Srita. Esperanza Martínez L.

Con gratitud y respeto a los Maestros

Julio Terán Zavaleta

Fernando Iturbe Hemann

Ramón Arnaud Huerta

I N D I C E

I. INTRODUCCION .-	
II. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE OPERACION PARA EL MOLDEADO EN FRIO	Pág. 4
III. FABRICACION DEL MODELO Y CONSTRUCCION DE MOLDES	Pág. 44
IV. REQUERIMIENTO DEL PENSADO	Pág. 65
V. ACABADO	Pág. 76
VI. ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA PRODUCIR DIEZ TONELADAS DE PRODUCTO	Pág. 82
a) Estudio de Inversión	
b) Definición de Equipo	
c) Cálculo de Costos	
d) Rendimiento sobre Inversión	
VII. CONCLUSIONES	Pág. 96

CAPITULO I

INTRODUCCION

Debido al creciente desarrollo de la industria del plástico reforzado, se ha creado la necesidad cada vez mayor del mejoramiento de los métodos y materiales usados en la fabricación de piezas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Es por ésto, que la presente tesis tiene por objeto mostrar un nuevo desarrollo dentro de la industria mencionada anteriormente, para que los ingenieros y diseñadores dispongan de un nuevo procedimiento de producción que les ofrezca tanto libertad de diseño como mejoras en servicio.

La idea de este trabajo consiste en exponer ante el ingeniero relacionado con esta área un nuevo método de moldeo.

Los capítulos referidos se han enfocado hacia los siguientes aspectos:

Fomulación

Generalidades

Curvas Características

Diseño de Moldes

Sistema de Prensado

Fabricación de Piezas

Propiedades Físicas Comparativas con
otros Sistemas

Anteproyecto de Planta

La clave del éxito en el campo industrial, actual, radica en la **selección** adecuada de las materias primas y el proceso de fabricación más apropiado, para lograr la obtención del producto deseado bajo normas de calidad y especificaciones definidas, que permitan competir en el mercado. Es por ésto, que en el presente estudio se expondrá el desarrollo llevado a cabo para un nuevo proceso que presenta precisamente una serie de ventajas en la fabricación de partes a base de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Algunos procesos del moldeo de plástico reforzado, tales como el moldeo a alta presión y temperatura, requieren una fuerte inversión en equipo y herramientas. Esta inversión se justifica para grandes volúmenes de producción.

Por otra parte, tenemos aquellos procesos, tales como el moldeo manual ó el de aspersion con pistola, cuyo instrumental es simple y económico, pero que, sólo permiten bajos volúmenes de productos terminados.

El moldeo de prensa en frío del cual trataremos en la presente tesis, puede considerarse como un proceso situado entre el de alta presión y temperatura y el manual ó el de aspersion por otra parte.

El moldeo en frío, es un proceso intermedio entre los dos tipos, no sólo en lo relativo al monto de la inversión necesaria, sino también en cuanto a la cantidad de piezas que pueden fabricarse. Así pues, en la elección del proceso habrá que tomar en cuenta la posible demanda del mercado por una parte y por otra, las características que debe llenar el producto, de acuerdo al uso al que esté destinado.

¿ Qué es el moldeo en frío ?

Es un proceso en prensa, económico, para la fabricación de volúmenes intermedios, en el rango de 200 a 8,000 unidades, en donde se usa baja presión y curado a temperatura ambiente. Los moldes que se utilizan son relativamente de bajo costo. Estos moldes se fabrican de plástico reforzado y no de metal, y permiten obtener piezas de este mismo material poliéster - fibra de vidrio, con ambas caras perfectamente acabadas y de color integral, agregando pigmentos al sistema resina - fibra. Este proceso de moldeo en frío se usa en Europa y especialmente, en la Gran Bretaña. En nuestro continente es poco empleado en relación a otros procesos.

En cuanto a dimensiones, podemos citar que se han hecho desde piezas pequeñas hasta algunas de aproximadamente cinco metros cuadrados.

En el mismo juego de moldes es posible fabricar cuatro ó cinco mil piezas chicas.

CAPITULO II

CONDICIONES DE OPERACION

(Refs. Bibliográfica No. 1, 2, 6, 7, 8 y 9)

Factores que afectan:

a) Formulaci3n -

ai) Resina: Dentro de la gama de pl1sticos termofijos, se han escogido las resinas poli3ster debido a su gran versatilidad de uso, ma - nuabilidad y bajo costo.

Las resinas poli3ster son productos de policondensaci3n de 1cidos difun - cionales 3 m1s propiamente sus anh3dridos y alcoholes tambi3n difuncionales, cualquiera de ellos 3 ambos, teniendo una 3 m1s dobles ligaduras en la ca - dena principal de su mol3cula. Las cadenas de poli3ster insaturado for - madas inicialmente, son ligadas molecularmente por medio de un mon3mero polimerizable, como estireno, bajo la influencia de un per3xido catalizador, especficamente por el proceso de radicales libres, convirtiendo las dobles ligaduras en ligaduras simples.

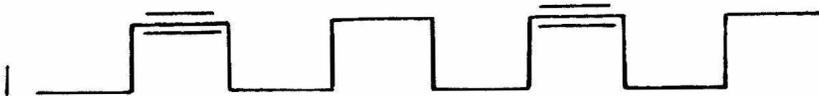
El proceso de radicales libres es iniciado por el calor de descomposici3n del per3xido y la conversi3n de dobles ligaduras a ligaduras simples, incre - menta sustancialmente la densidad, libera calor y provoca p3rdidas en vol3 - men de aproximadamente un 15% con mono-olefinas de peso molecular de alrededor de 100.

a ii) **Fórmula básica estructural:** La resina de un poliéster insaturado es convencionalmente lineal para polímeros de bajo peso molecular obtenidos por la condensación de un ácido dibásico y un glicol.

En general de 10 a 30 moléculas son alineadas en la forma siguiente:



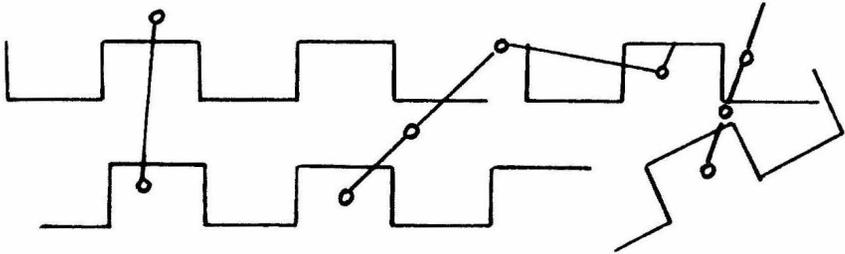
En forma simplificada:



Los poliésteres insaturados, generalmente se presentan como líquidos espesos que al ser catalizados curan hasta endurecer.

a i i) **Agente de enlace:** El agente de enlace es convencionalmente una olefina líquida la cual es adicionada al poliéster insaturado, formando un líquido de viscosidad fácilmente controlable.

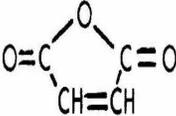
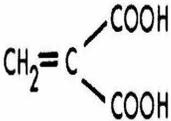
Esquemáticamente el agente de enlace puede representarse como
y la red formada con el poliéster de la siguiente forma:



Potencialmente un gran número de ácidos dibásicos y glicoles pueden ser utilizados; pero en la práctica solo un pequeño número de ellos son económicamente accesibles.

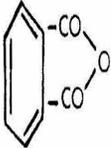
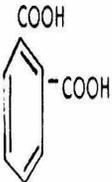
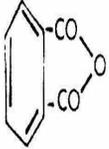
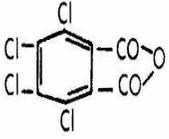
A continuación presentamos algunos de los más comunes.

CLASE: ACIDOS DIBASICOS INSATURADOS

<u>NOMBRE</u>	<u>FORMULA QUIMICA</u>	<u>FUNCION</u>	<u>DIMENSION DE USO</u>
ANHIDRIDO MALEICO		ENLACE	EL MAS IMPORTANTE
ACIDO FUMARICO	HOOC-CH=CH-COOH	ENLACE	USO EXTENSIVO
ACIDO ITACONICO		ENLACE	PUEDE SER USADO SI EL PRECIO LO PERMITE

CLASE: ACIDOS DIBASICOS MODIFICADOS

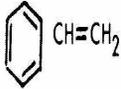
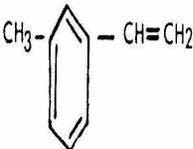
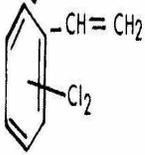
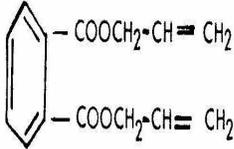
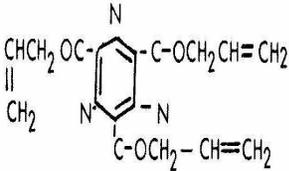
101

<u>NOMBRE</u>	<u>FORMULA QUIMICA</u>	<u>FUNCION</u>	<u>DIMENSION DE USO</u>	<u>RECOMENDACION</u>
ANHIDRIDO FTALICO		DILUYENTE	PREDOMINANTE	
ACIDO ADIPICO	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	FLEXIBILIZANTE	EXTENSIVO	
ACIDO ISOFTALICO		DILUYENTE Y FLEXIBILIZANTE	LLEGANDO A SER EXTENSIVO	
ANHIDRIDO NADICO		DILUYENTE Y AGENTE DE ENLACE SUPLEMENTARIO	SIGNIFICANTE	
ANHIDRIDO TETRACLOROFTALICO		RETARDANTE A LA FLAMA	SIGNIFICANTE	
ACIDO DIMERICO		FLEXIBILIZANTE	MENOR	

CLASE: GLICOLES

<u>NOMBRE</u>	<u>FORMULA QUIMICA</u>	<u>FUNCION</u>	<u>DIMENSION DE USO</u>	<u>RECOMENDACION</u>
PROPILEN GLICOL	$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH}$	GLICOL	PREDOMINANTE	
ETILEN GLICOL	$\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	GLICOL	PRINCIPAL	
DIPROPILEN GLICOL	$\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	GLICOL FLEXIBILIZANTE	MENOR	
DIETILEN GLICOL	$\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	GLICOL FLEXIBILIZANTE	MENOR	
1,4 BUTANO DIOL	$\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	GLICOL FLEXIBILIZANTE	INSIGNIFICANTE	
OXIETALATO Y OXIPROPALATO BISFENOL	$\text{OHCH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$	RESISTENCIA A AGUA, ACIDO ALCALIS		

CLASE: AGENTES OLEFINICOS DE ENLACE

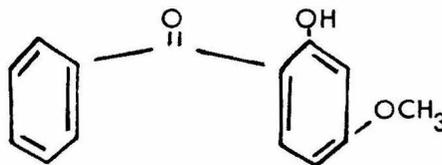
<u>NOMBRE</u>	<u>FORMULA QUIMICA</u>	<u>FUNCION</u>	<u>DIMENSION DE USO</u>	<u>RECOMENDACION</u>
ESTIRENO			PREDOMINANTE	
VINIL TOLUENO			MENOR	
CICLORO ESTIRENO		RETARDANTE A LA FLAMA		
DIALIL FTALATO (DAP)		BAJA VOLATILI- DAD ALTA VISCOSIDAD	EXTENSIVO	
TRIALIL CIANURATO (TAC)		RESISTENCIA A ALTA TEMPERA- TURA	MENOR	
METILMETACRILATO (MMA)	$CH_2 = \overset{CH_3}{C} - COO - CH_3$	RESISTENCIA AL INTEMPERIS- MO	MENOR	

b.- Cargas -

Los poliésteres pueden ser modificados por el uso de cierto tipo de aditivos.

Se pueden usar cargas con los poliésteres, ya sea para abatir los costos, aumentar las propiedades estructurales al laminado, obtener una superficie más tersa en el acabado ó para agregar color, ya sea en forma de pigmentos ó tinturas, sin olvidar que pueden motivarse variaciones en las condiciones de curado.

Los estabilizadores, particularmente los de luz, son utilizados para proteger al plástico de la degradación natural. Dentro de este tipo de aditivos se encuentra la 2- Hidroxibenzofenona.



Tipos de cargas más comunes :

Carbonato de calcio

Sulfato de calcio

Caolin

Oxido de Aluminio

Cab - o - sil

Trioxido de Antimonio

Silicato de Aluminio

c.- Refuerzo -

Virtualmente cualquier material plástico puede ser reforzado. Tanto termoplásticos como termofijos, pueden ser transformados en productos más fuertes mediante la adición de fibras, tales como de vidrio, nylon, asbesto, henequén y otros materiales naturales ó sintéticos.

Entre la gran variedad de materiales disponibles para reforzar plástico, la fibra de vidrio es actualmente la que presenta la mayor parte del

volúmen de refuerzo usado por la industria. La forma de la fibra de vidrio escogida para un propósito dado, depende de las propiedades físicas requeridas en el producto y del método de moldeo que se vaya a seguir.

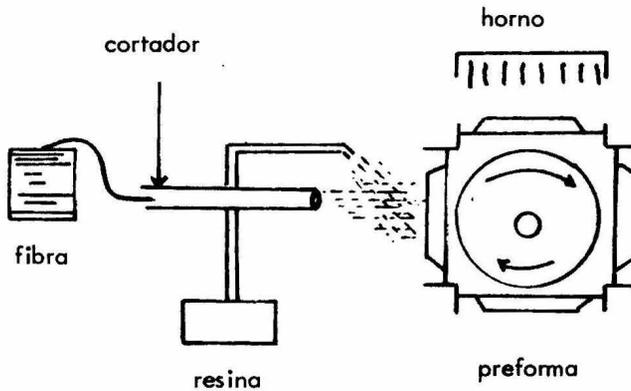
Particularmente en nuestro proceso utilizamos colchoneta de fibra de vidrio, acondicionada mediante el sistema de preforma que explicaremos más adelante.

PREFORMA .-

Dentro de los procesos de moldeo para plástico reforzado a través de prensa, se hace necesario contar con un refuerzo que permita su colocación en los moldes cerrados, lo más apegado posible a la figura del producto final, por esta razón tenemos que partir de masas de refuerzo construídas como colchoneta ó fieltros adoptando formas lo más aproximadamente posible a las del molde final. La masa se hace permanecer unida mediante una pequeña cantidad de resina aglutinante. La manufactura de la preforma es llevada a cabo , ya sea soplando ó aspirando

secciones cortas ó una mecha continúa de fibra de vidrio sobre la superficie de la preforma, ó también haciendo una suspensión de tramos de hilo impregnadas previamente con resina en agua, y haciendo pasar esta suspensión a través de la preforma.

El dibujo de la Fig. 11-a muestra el método seguido para la obtención de la preforma. Este método es el llamado "seco" y consiste en un rociador de resina aglutinante dirigido hacia la preforma simultáneamente con la mecha de hilo. La resina aglutinante es curada antes de extraer la preforma.



El moldeo por preforma resulta económico para la fabricación de formas complejas si se produce en línea, es fácilmente automatizable y se emplean los refuerzos de más bajo costo.

d.- Sistema de Catalización -

Probablemente una de las más importantes consideraciones en el uso de los poliésteres insaturados, sea el escoger el sistema de catalización y acelerador más adecuado.

Técnicamente un catalizador es un material el cual no toma parte en la reacción, pero los efectos de su presencia dan origen al inicio de la misma y a su velocidad.

Los catalizadores más comunmente usados son peróxidos orgánicos que se descomponen a la forma llamada de " radicales libres " produciendo de esta manera una reacción en cadena que forma el enlace cruzado en la estructura.

Es conveniente anotar que este enlace cruzado puede ocurrir en las re -

sinas poliéster aún sin la presencia de un catalizador ya que el calor y la luz ultravioleta son otros métodos también empleados para este propósito.

El enlace cruzado con monómero de estireno puede realizarse a cualquier temperatura razonable entre 16°C y 204°C . Generalmente esta escala se encuentra clasificada dentro de los rangos siguientes:

baja temperatura ó temperatura ambiente

temperatura media (hasta 125°C)

temperatura alta (arriba de 125°C)

El curado a temperatura ambiente, generalmente requiere el uso de un acelerador con el tipo particular de catalizador.

di) Promotores ó aceleradores - Los aceleradores son compuestos que disparan ó inician la reactividad del peróxido catalizador a temperaturas menores que la temperatura crítica del catalizador. Cuando se usan estos promotores, los poliésteres pueden ser curados a temperatura ambiente. Los promotores son seleccionados de acuerdo al peróxido escogido para una mayor efectividad.

Las combinaciones más comúnmente usadas son las siguientes :

<u>Catalizador</u>	<u>Acelerador</u>
Peróxido de Metil Etil Cetona	Naftenato de Cobalto
Peróxido de Ciclohexano	Naftenato de Cobalto
Hidroperóxido de Cumeno	Naftenato de Manganeso
Peróxido de Benzoilo	Dimetil Anilina

dii) **Tiempo de gelado** - Es el tiempo requerido para que la resina cambie del estado líquido a gel.

La optimización de las características físicas y químicas de los plásticos reforzados se alcanza cuando el proceso de polimerización se ha completado, es decir, la pieza se encuentra curada.

El curado y el tiempo de gel se ven afectados por varios factores que a

continuación se enumeran:

1 - Porcentaje de catalizador .

A menor cantidad de catalizador mayor tiempo de gel y consecuentemente aumento en el tiempo de curado.

2 - Cantidad de acelerador .

Al igual que en el caso anterior, la cantidad de promotor influye en el tiempo de gelado. A mayor cantidad de acelerador menor tiempo de gelado y viceversa, ya que la función del acelerador es activar el catalizador contenido en la formulación.

3- Temperatura ambiente .

Como señalamos anteriormente, la temperatura influye directamente. A mayores temperaturas menores tiempos y en casos extremos una baja de temperatura y alta humedad relativas pueden ocasionar curados incompletos.

4 - Concentración de resina .

A mayor concentración de resina se obtendrá un menor tiempo de gel.

Este factor es importante en la utilización de "gel coats" (mezcla de resinas flexibles pigmentadas que dan el acabado terso y color a las piezas) y barnices, aplicaciones en las que generalmente la película es delgada.

5 - Evaporación de Monómeros .

Los monómeros, agentes de enlace reticular, son de suma importancia en el curado de las resinas poliéster , ya que en algunos casos imparten reactividad y siempre son necesarios para una polimerización adecuada, por ello la cantidad de monómero reactivo debe mantenerse relativamente constante durante el proceso de curado. Si una reducción de viscosidad es requerida, el monómero puede ser usado.

6 - Cargas y Pigmentos .

Una gran mayoría de cargas ó rellenos tienden a aumentar el tiempo de gelado de las resinas. Este aumento puede estar ocasionado no únicamente por la carga como por su contenido de humedad ó impurezas y valor ácido. El pH no debe ser mayor de 8.5

Por lo que respecta a los pigmentos, existen algunos tipos que alargan los tiempos de gel, siendo característicos los pigmentos negros y algunos

tipos azules que contienen fierro en su molécula. Por el contrario existen pigmentos reactivos que cuando se encuentran dispersados en resinas poliéster tienden al gelado.

7 - Inhibidores .

Pequeñas cantidades de compuestos químicos, pueden ocasionar un curado incompleto de las resinas poliéster. Entre los inhibidores ocasionales se encuentran resinas de fenol formaldehído, hule natural, cobre, sus sales y azufre. Este último material se emplea en la vulcanización del hule.

El tiempo de gelado es por tanto, una consideración muy importante y la selección del sistema de catalización adecuado deberá ser áquel que nos dé el tiempo de gelado satisfactorio para operaciones subsecuentes.

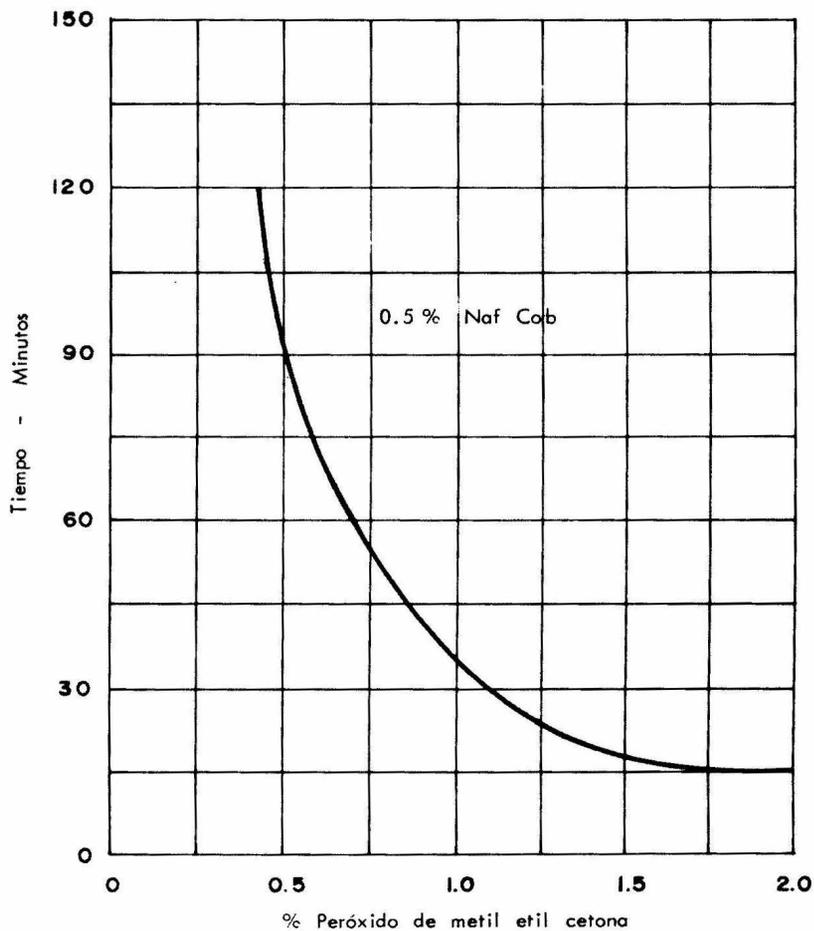
diii) Reacción exotérmica .- Durante el cambio de líquido a gel se presenta un aumento de temperatura seguido de una rapidez comparativa. Este aumento de temperatura es generalmente referido como temperatura exotérmica.

La cantidad de calor liberado depende del sistema de catalización seleccionado. La velocidad a la cual se genera el calor y la temperatura máxima alcanzada dependerán del volúmen, forma de la pieza, temperatura ambiente y sistema de catalización.

A continuación se muestran ilustrativamente algunas curvas características de la resina poliéster durante el ciclo de curado y como es afectada por variaciones en el catalizador, acelerador, temperatura y masa.

La figura No. 1, ilustra el efecto que la concentración de catalizador tiene sobre el tiempo requerido para alcanzar la temperatura exotérmica.

CURADO A TEMPERATURA AMBIENTE



La Figura No. 2 , ilustra el efecto que la concentración de catali -
zador tiene sobre la temperatura exotérmica.

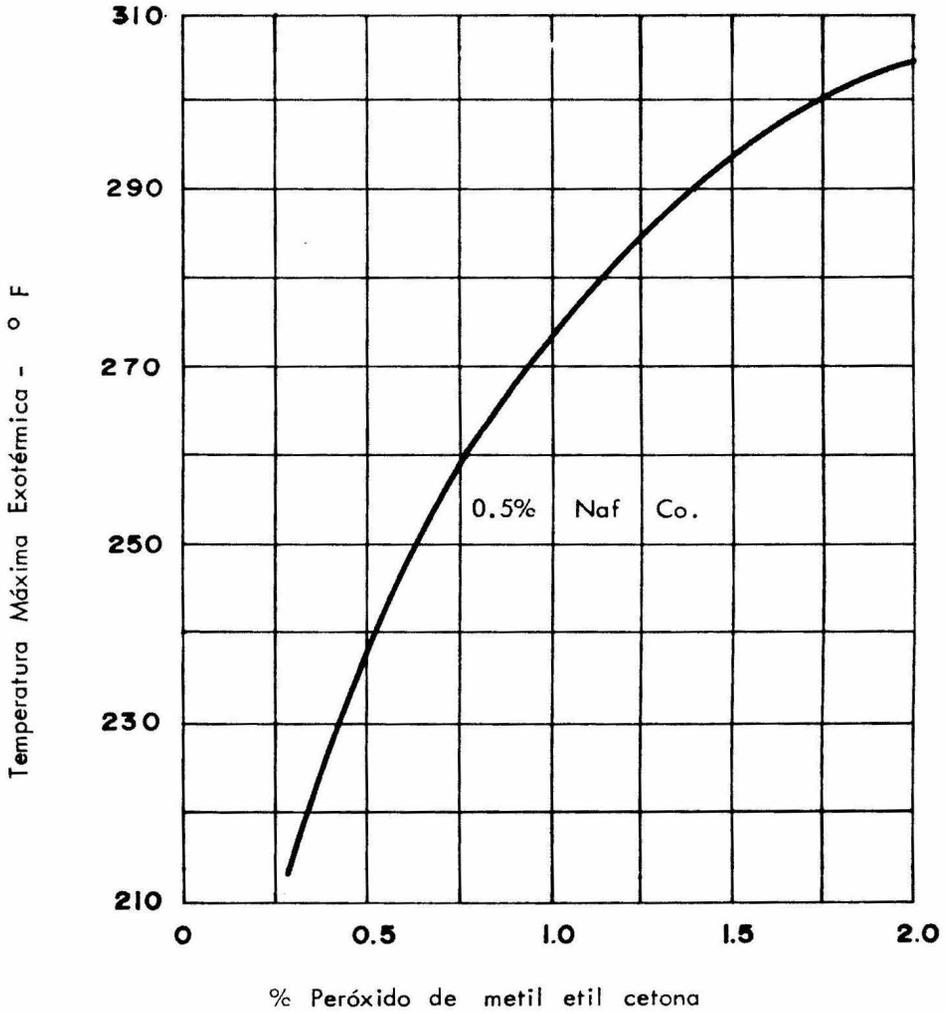


FIGURA No. 2

La Figura No. 3 ilustra el efecto de concentración de acelerador sobre el tiempo requerido para alcanzar la exotérmica.

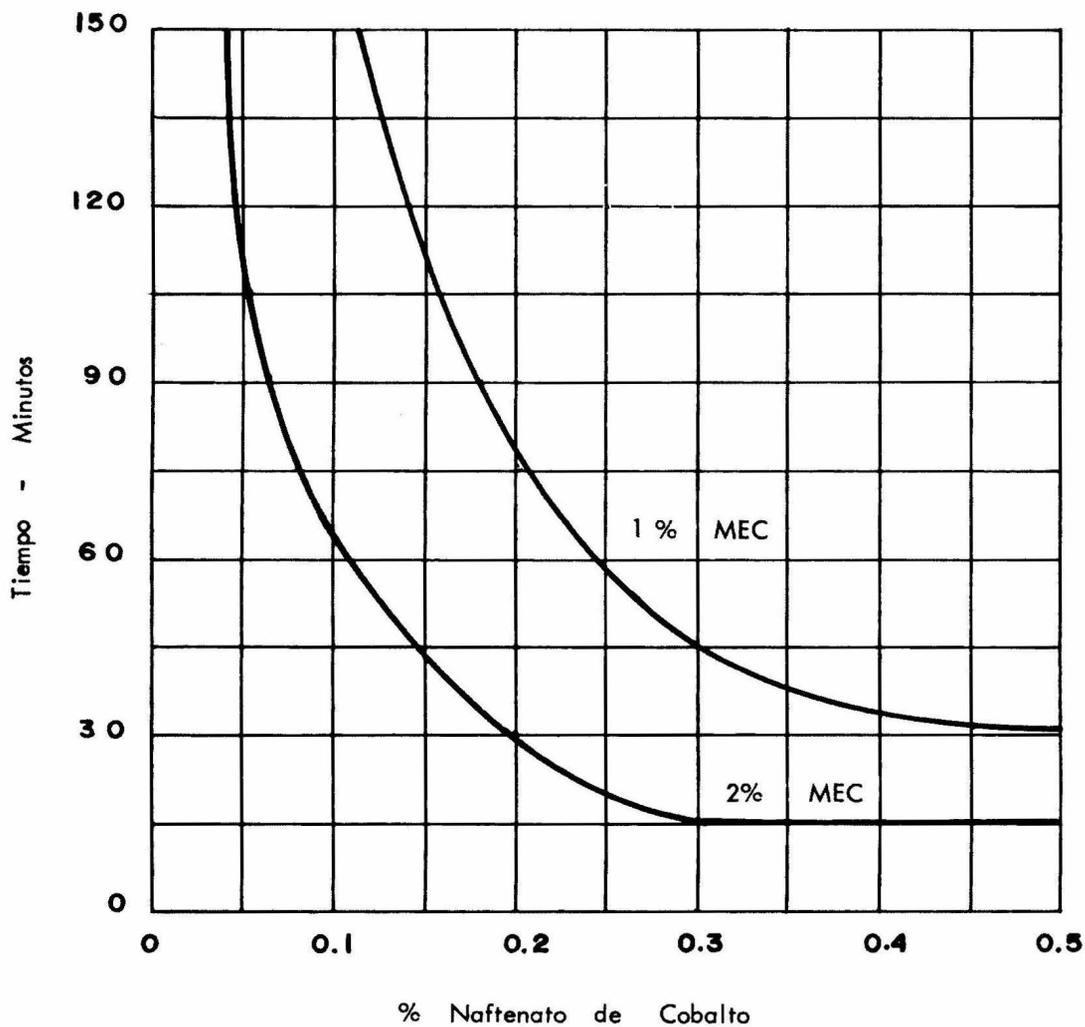


FIGURA No. 3

La Figura No. 4 ilustra el efecto de la concentración de acelerador sobre la temperatura máxima exotérmica.

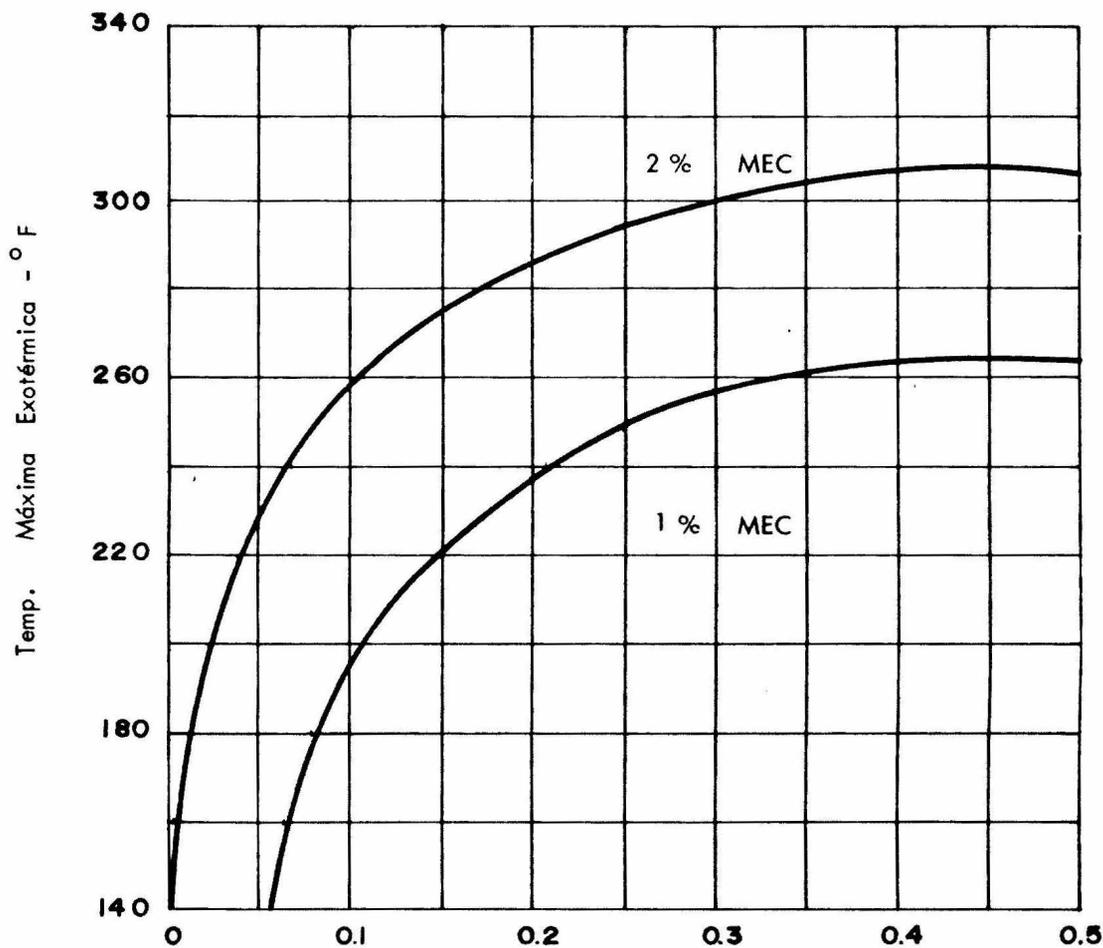


FIGURA No. 4

La Figura No. 5 ilustra el efecto que tiene la temperatura sobre el tiempo requerido para alcanzar la temperatura máxima exotérmica.

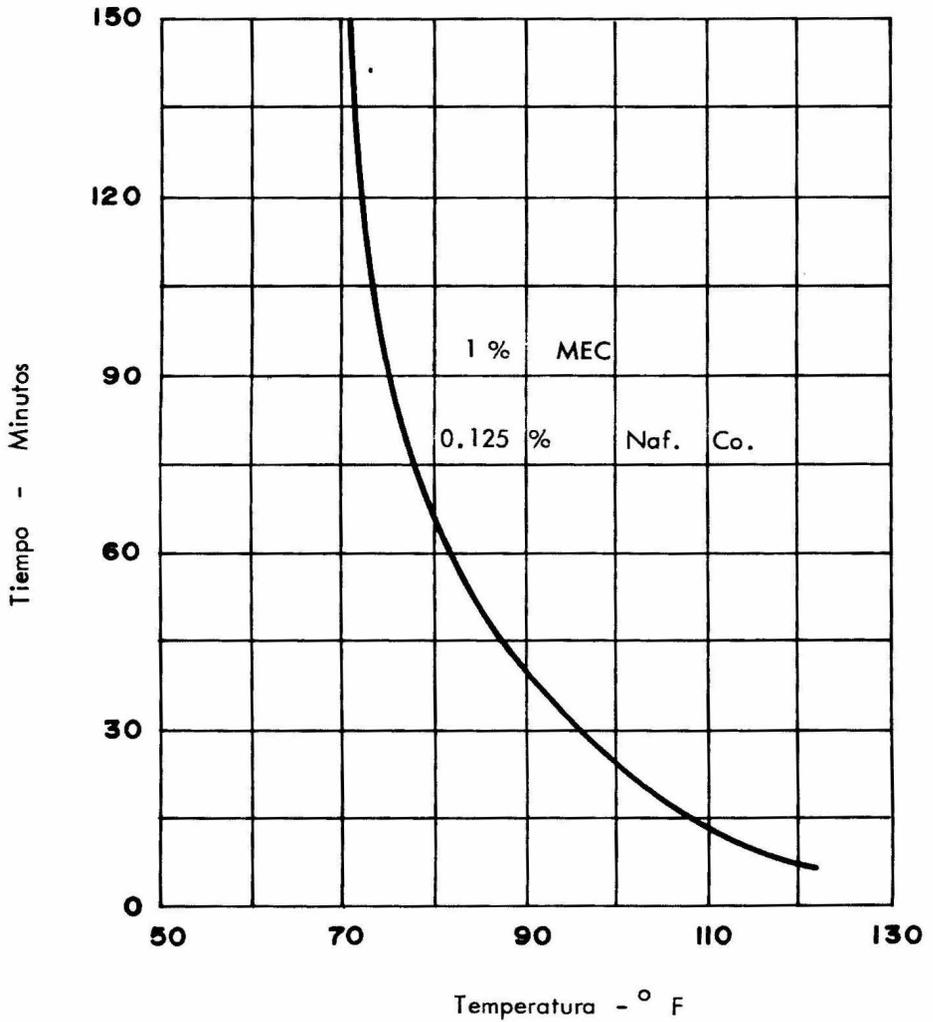


FIGURA No. 5

La Figura No. 6 ilustra el efecto que tiene la temperatura sobre la exotérmica.

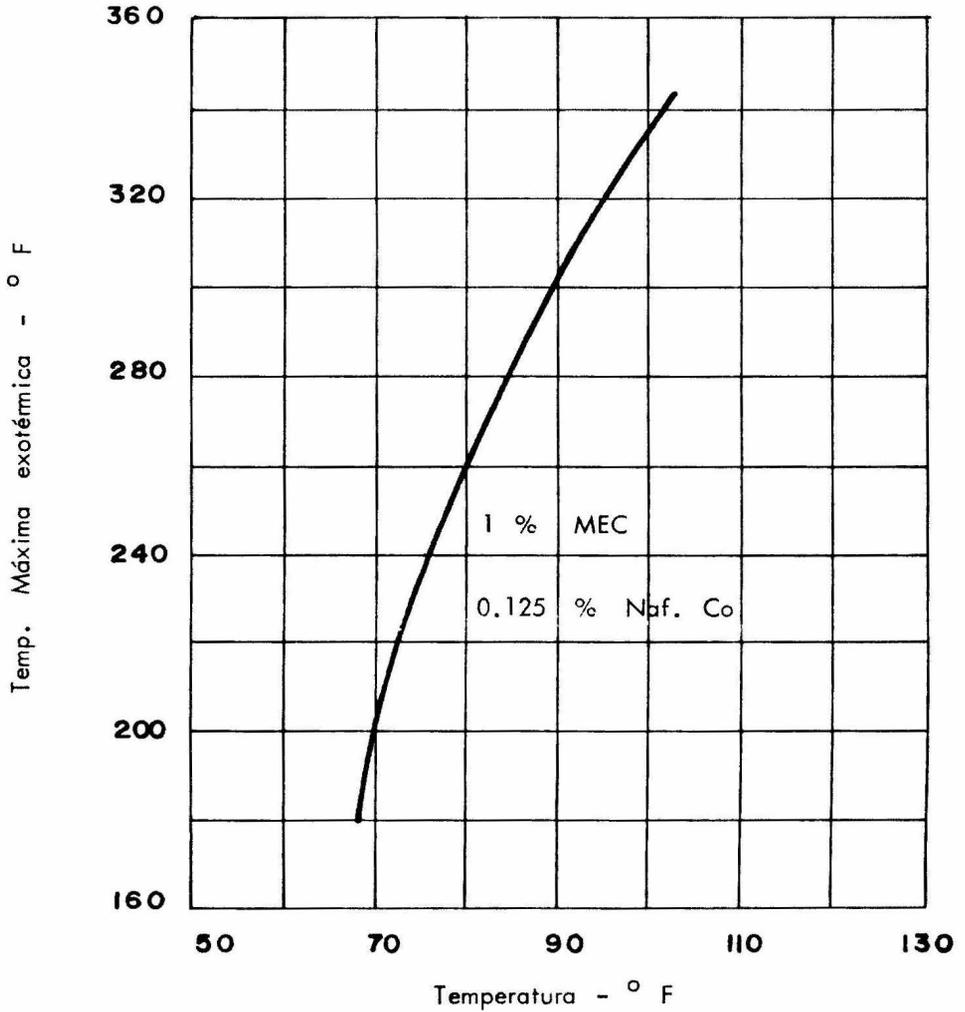


FIGURA No. 6

La Figura No. 7 ilustra el efecto de la masa sobre el tiempo requerido para alcanzar la exotérmica.

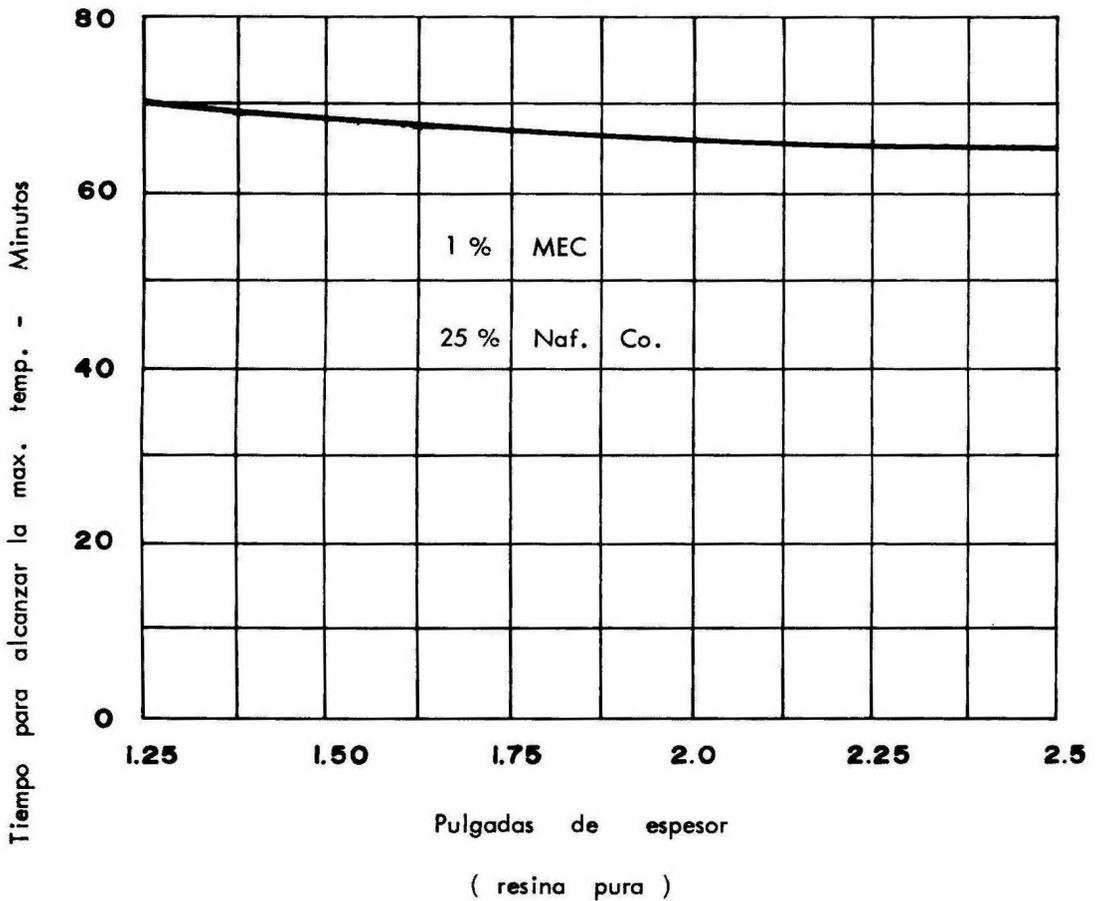
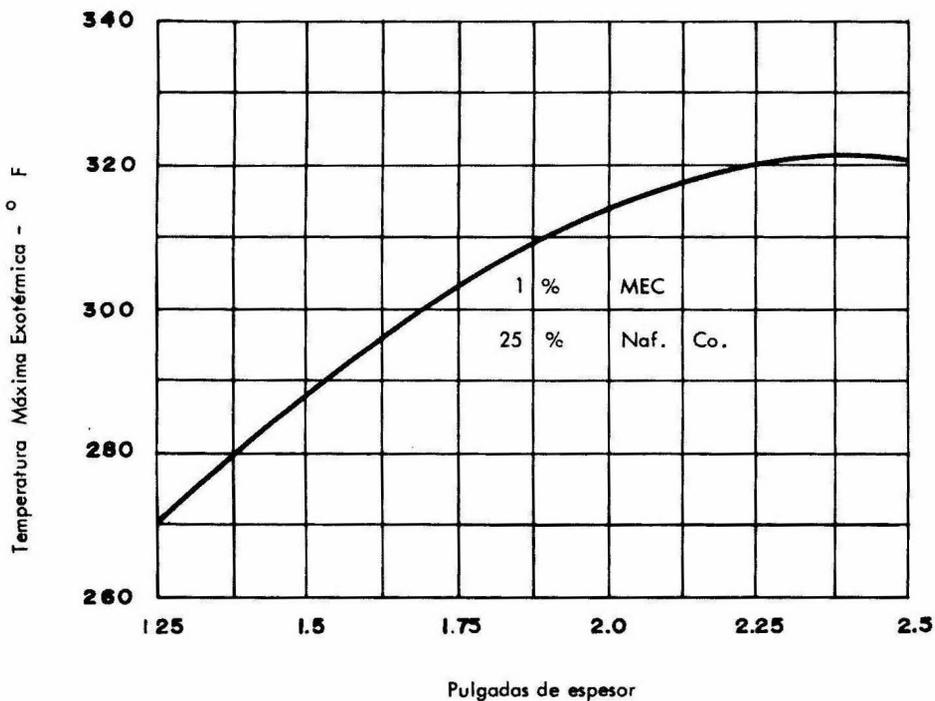


FIGURA No. 7

La Figura No. 8 ilustra el efecto de la masa sobre la temperatura máxima exotérmica.



Pulgadas de espesor

(resina pura)

FIGURA No. 8

La Figura No. 9 ilustra el efecto que la concentración de catalizador tiene sobre el tiempo requerido para alcanzar la temperatura máxima exotérmica.

La curva "A" ilustra este efecto en una resina catalizada y expuesta a una temperatura de 180 ° F. El tiempo requerido para alcanzar la máxima exotérmica es medido a partir de 180 ° F.

La curva "B" ilustra este efecto con la resina catalizada, sometida a 180 ° F y su tiempo para alcanzar la máxima exotérmica fue tomado a partir de la temperatura ambiente.

TEMPERATURA DE CURADO ELEVADA

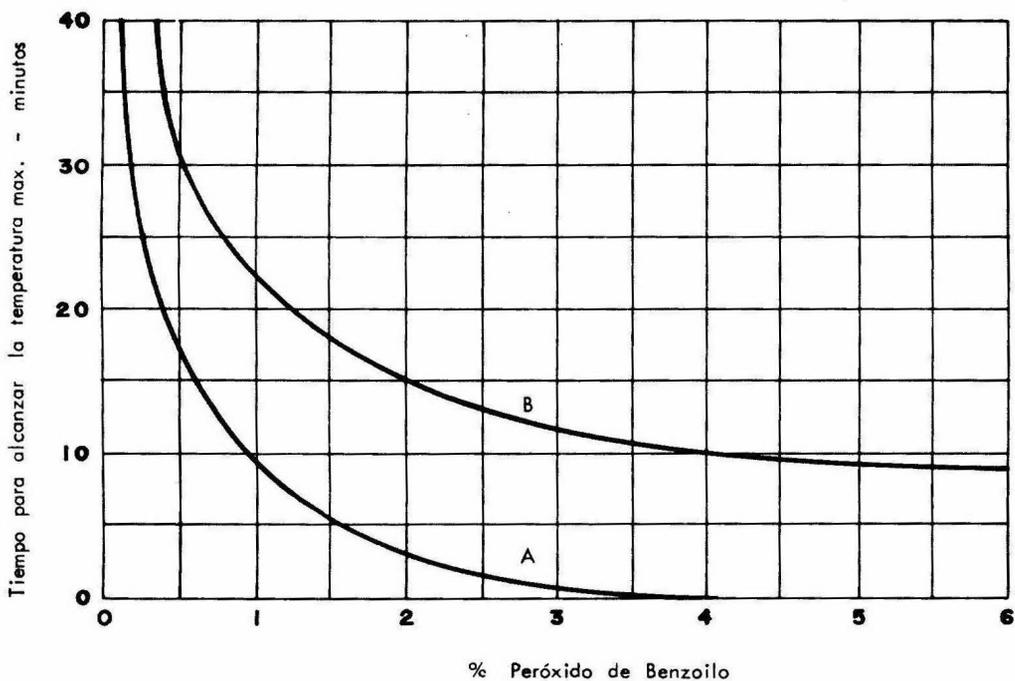


FIGURA No. 9

La Figura No. 10 ilustra el efecto de diferentes temperaturas de curado sobre los tiempos requeridos para alcanzar la máxima exotérmica.

La curva "A" ilustra este efecto en una resina catalizada expuesta a una temperatura específica de curado. El tiempo requerido para alcanzar la exotérmica como se muestra, es medido después que la resina ha alcanzado su temperatura específica de curado.

La curva "B" ilustra este efecto en una resina catalizada expuesta a una temperatura específica de curado y su tiempo requerido para alcanzar la exotérmica es medido desde la temperatura ambiente.

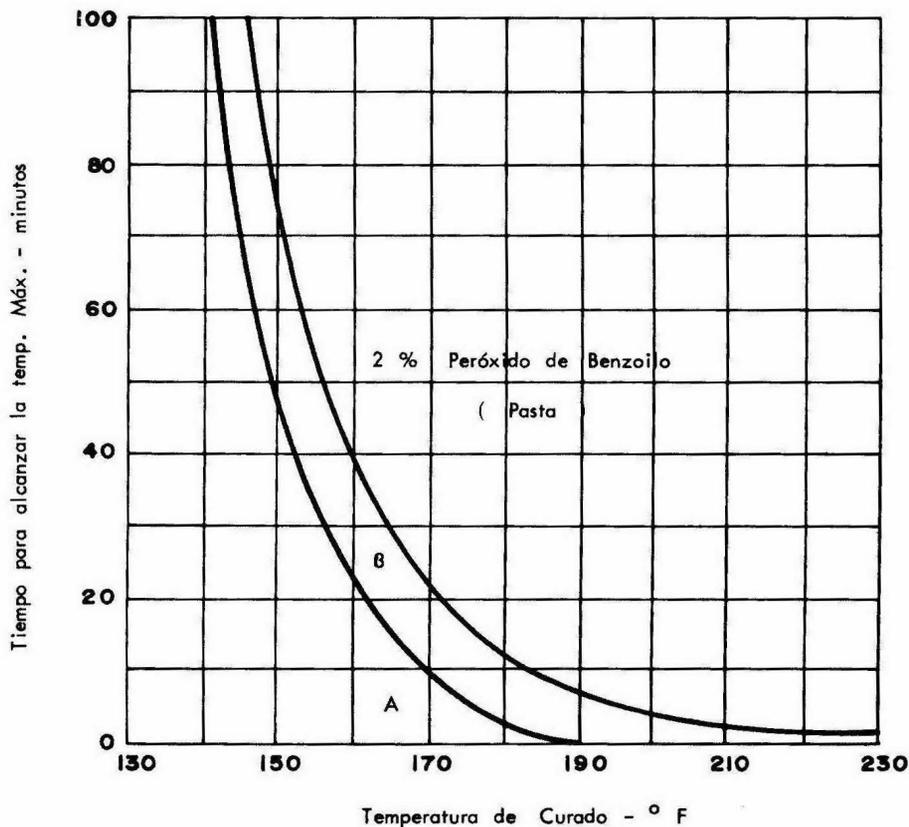


FIGURA No. 10

La Figura No. 11 ilustra el efecto que la concentración tiene sobre la temperatura máxima exotérmica a una temperatura de curado de 176 ° F.

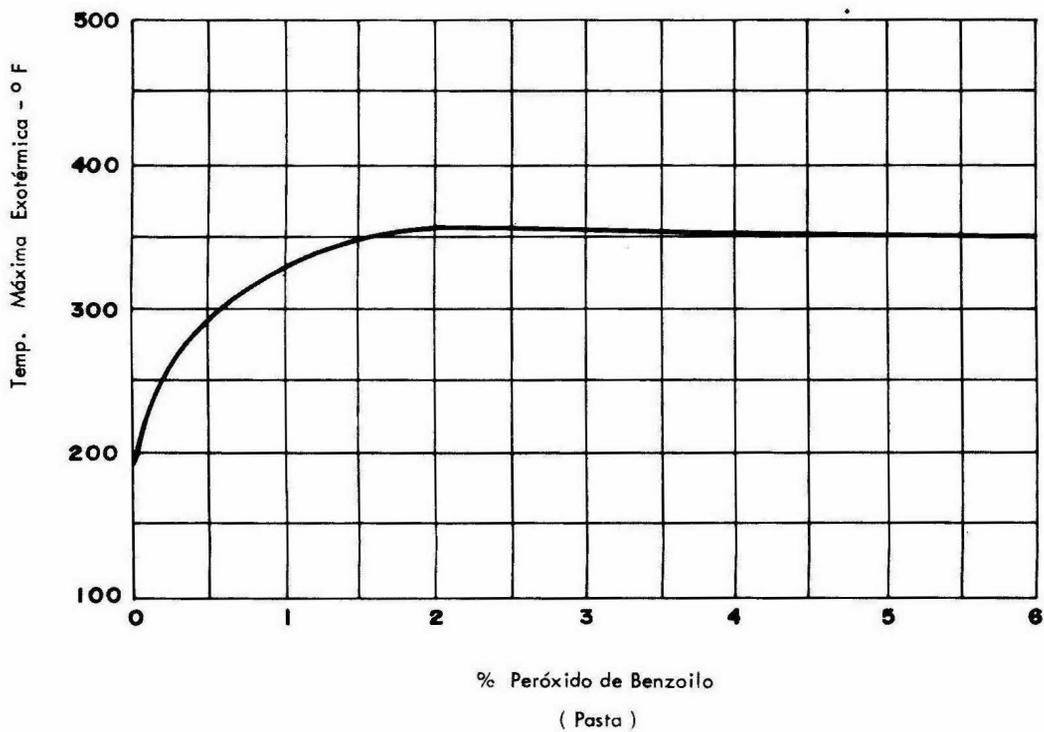


FIGURA No. 11

La Figura No. 12 ilustra la temperatura máxima exotérmica a diferentes temperaturas.

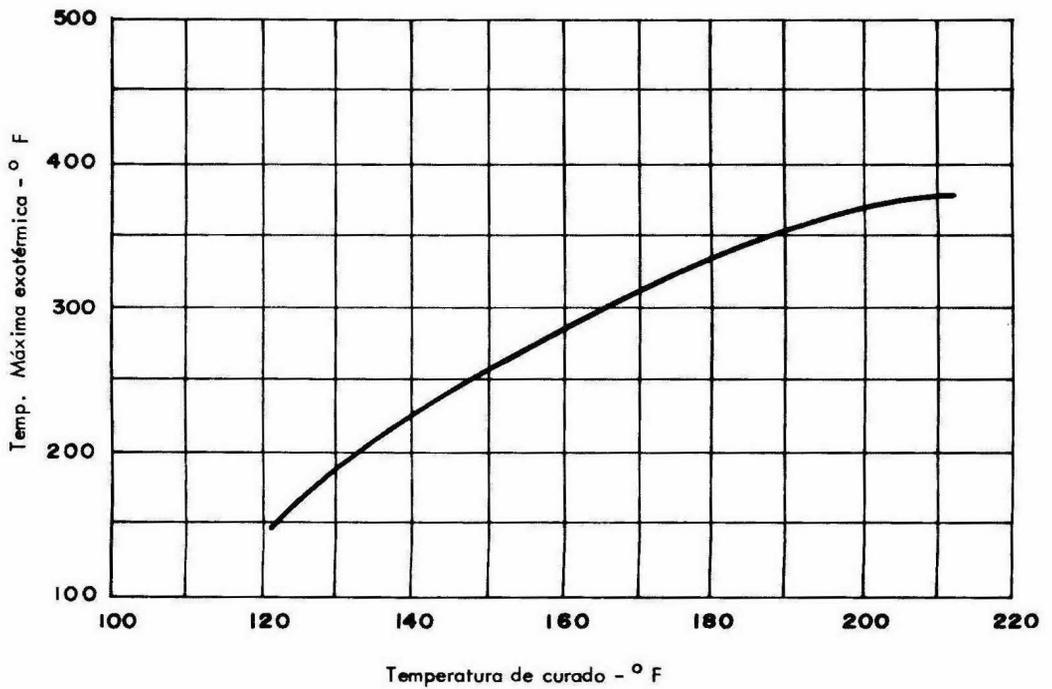


FIGURA No. 12

La Figura No. 13 es una ilustración típica de curvas exotérmicas para resinas poliéster dentro de condiciones específicas .

curvas exotérmicas típicas

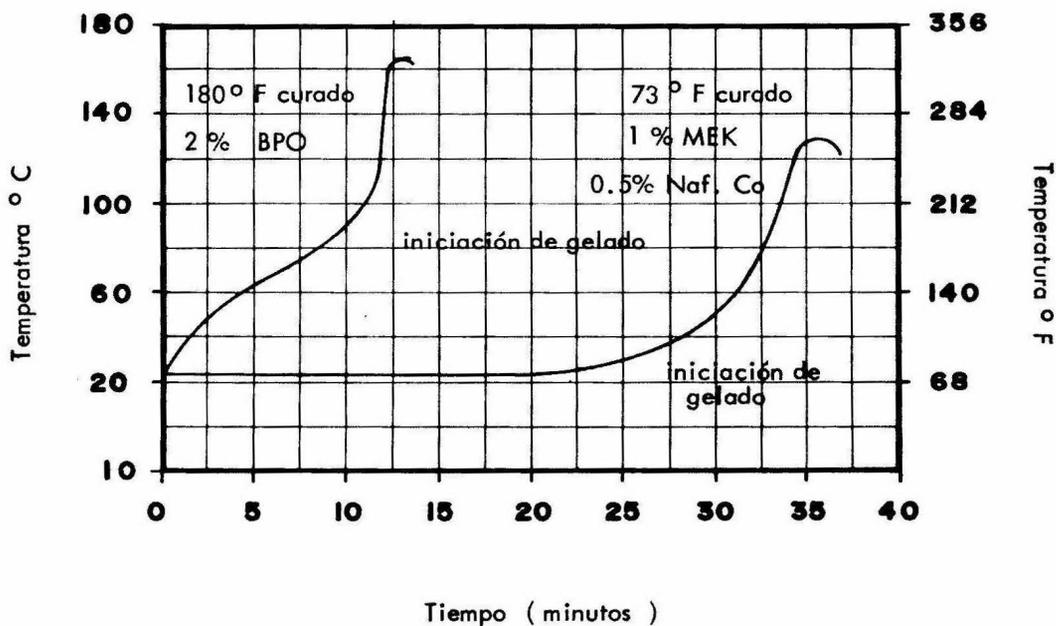


FIGURA No.13

SELECCION DE FORMULACION FINAL .-

Una vez fijado el objetivo buscado para este proceso, es necesario lograr una formulación que nos encauce dentro de los márgenes determinados como estándares de producción para este proceso, comparados contra los de aspersión y prensado en caliente; consecuentemente la formulación requerida deberá darnos tiempo de curado de cinco minutos, tiempo en el que se preparará la mezcla, se verterá sobre la colchoneta ó petatillo, compactarán los dados del molde y se obtendrá una impregnación completa.

El ciclo de cerrado para la prensa debe ser tal que realicemos las operaciones anteriores y el curado (polimerización) de la pieza .

PROCESO DE SELECCION DE RESINA .-

Generalmente el criterio seguido para la selección de una resina para una pieza determinada, abarca los siguientes aspectos:

- 1- Determinación de las propiedades físicas finales de la parte.

- 2- Condiciones de ataque químico que deberá soportar.
- 3- La resina deberá ser compatible con el refuerzo seleccionado para este proceso.
- 4- Verificar la cantidad de monómero de estireno que puede ser adicionado sin afectar considerablemente las propiedades fijadas.

Las resinas utilizadas para el prensado en caliente son normalmente más viscosas que las usadas para el proceso de moldeado en frío. Una resina de baja viscosidad nos permite más libertad para seleccionar el tipo de carga que se puede adicionar a la resina.

- 5- Sistema de catalización . La mayoría de investigadores que han desarrollado este proceso en Estados Unidos y Europa, recomiendan el sistema de peróxido de benzoilo y dimetil anilina . Sin embargo, si se dispone de otros catalizadores, como el peróxido de metil etil cetona y el naf-tenato de cobalto, pueden utilizarse en forma similar.

La selección apropiada del sistema resina-catalizador proporciona tiempos de curado y ciclos de prensa cortos, sin provocar una elevación fuera de lo normal de la temperatura exotérmica máxima de reacción que reduce la deterioración potencial del " gel coat " del molde, que prácticamente significa la vida del molde.

6- Agentes desmoldantes. El uso de un agente desmoldante interno es factor esencial para prolongar la vida del molde y obtener alta productividad. Con agentes desmoldantes internos es posible moldear de 40 a 50 piezas, sin preparar el molde.

Prácticamente se ha encontrado que es recomendable preparar los moldes una vez por turno.

Si la pieza obtenida fuere a llevar un acabado posterior de pintura, será necesario tomar en cuenta que el desmoldante no contenga silicones, puesto que impiden el buen anclaje de la pintura sobre la superficie. Existen en el mercado desmoldantes internos fabricados a base de ceras de carnauba modificadas, como el Zelec 18-36 .

CONTROL DE LA RESINA .-

Existen varias condiciones de la resina que son causas directas de la calidad del producto terminado, por lo cual se hace imprescindible su control.

La reactividad y viscosidad de la resina son propiedades de mucha importancia, ya que ellas determinarán prácticamente la buena impregnación del refuerzo,

que significa la resistencia integral de la pieza.

La forma de mezclado y su duración proporcionan la distribución adecuada de los componentes de la formulación que influyen en el comportamiento de la resina cuando ésta fluye mojando el refuerzo.

Pueden detectarse variaciones en el tiempo de gelado entre lote y lote, ocasionadas por cambios en las proporciones de inhibidor, estireno, acelerador y catalizador, lo que obliga a una revisión periódica.

FORMULACION DE MEZCLA DESARROLLADA PARA EL MOLDEADO EN FRIO .-

La mezcla final se elabora en dos partes con objeto de evitar la iniciación de la reacción antes de impregnar el refuerzo, debido a la reactividad del catalizador y acelerador seleccionados.

Parte A		Parte B	
Resina base		Resina base	
Carga (Caolin)	35%	Carga	35 %
Monómero (Estireno)	5 %	Monómero	5%
Pigmento	3 %	Pigmento	3 %
Agente desmoldante (Axel)	0.05%	Agente desmoldante	0.05 %
Catalizador (BPO)	6 %	Acelerador	0.1 %

Especificaciones de resina base

Tipo de resina	Isoftálica
Uso	Flexible
Viscosidad	2800 cps

Laminado de resina

Dureza Barcol	35
Distorsión de calor	86° C
Esfuerzo a la tensión	11,500 Psi
Esfuerzo a la flexión	18,500 Psi
Módulo de flexión	542,000 Psi

TIEMPO DE GELADO

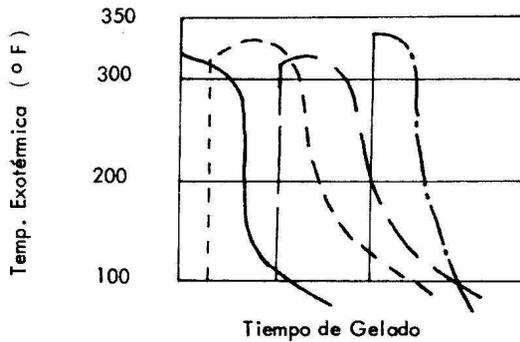
1% BPO SPI 180° F

Tiempo de gelado	3.5 - 5.0 Min.
Temp. exotérmica	420 ° F

TIEMPO DE GELADO

Temp. de cuarto	4.5 minutos
(BPO / DMA)	1 % / 0.25 %

Curva Exotérmica



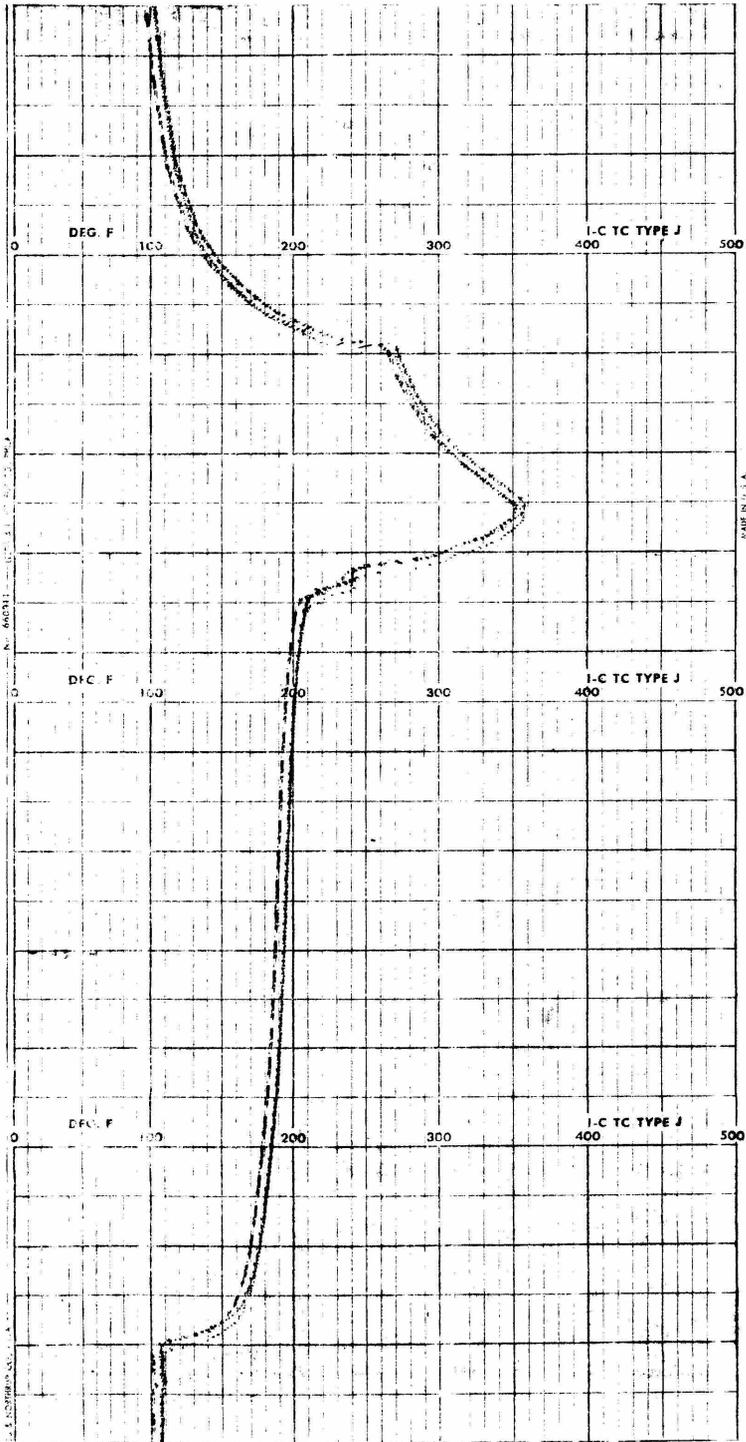
Método seguido: OCF: C-25-3

Dureza Barcol de laminado de 3.5 mm

Expuesto al aire: 23/40 (1 hora)

Exotérmica de mezcla

Viscosidad: 1500 c p.



CAPITULO III

FABRICACION DEL MODELO Y CONSTRUCCION DE MOLDES

(Refs. Bibliográficas Nos. 3, 4, 8, 10, 13, 14, 15 y 16)

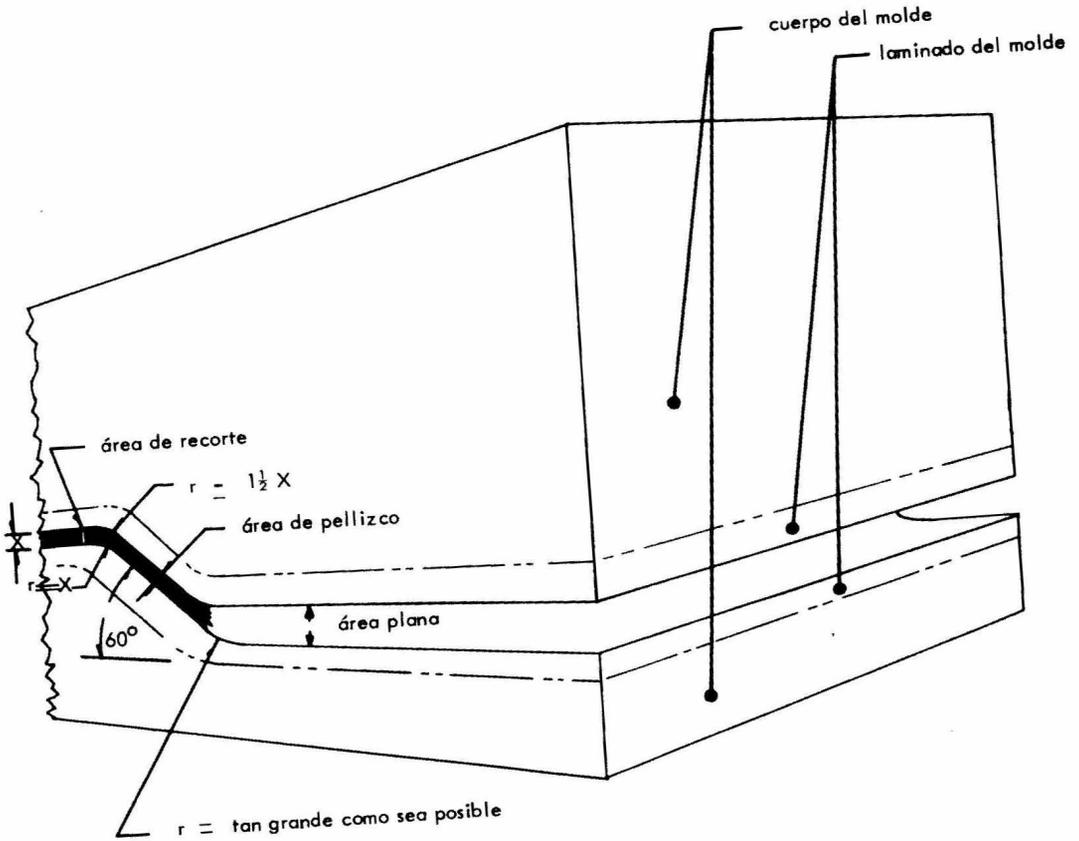
La primera parte del molde deberá fabricarse partiendo de un modelo, el cual puede ser de yeso, madera, metal ó cualquier otro material de construcción fácil de trabajar. El modelo deberá tener excelente acabado superficial, así como las dimensiones exactas de la parte (producto) a obtener.

En casos especiales, es necesario diseñar tolerancias de contracciones y deformaciones en el molde, ésto se presenta si el modelo tiene superficies planas ó perpendiculares (estrías) .

Una de las consideraciones más importantes en el diseño del molde son: el área de compresión y el área perimetral del molde. (Figura A)

AREAS DE COMPRESION Y PERIMETRAL DEL MOLDE

(Fig. A)



El área de compresión tiene por objeto hacer el sellado entre molde hembra y molde macho, así como crear una contra presión. Generalmente, el área de compresión del molde tendrá una dimensión aproximadamente de $1/4$ a $1/3$ del espesor de la pieza a fabricar y el área perimetral será de unos 15 centímetros (6 pulgadas) más grande que el perímetro de la pieza, con objeto de dar cabida a las guías principales del molde.

La altura del molde es recomendable que tenga 15 centímetros (6 pulgadas) más que la mayor profundidad del molde para lograr un mayor margen de seguridad y resista debidamente la compresión en condiciones normales de operación.

La construcción de las áreas de compresión y perimetrales del modelo es conveniente modelarlas en yeso por razones de economía.

Después de dimensionar correctamente el modelo es necesario darle un buen acabado en la superficie (tipo automotriz).

Fijación del modelo. -

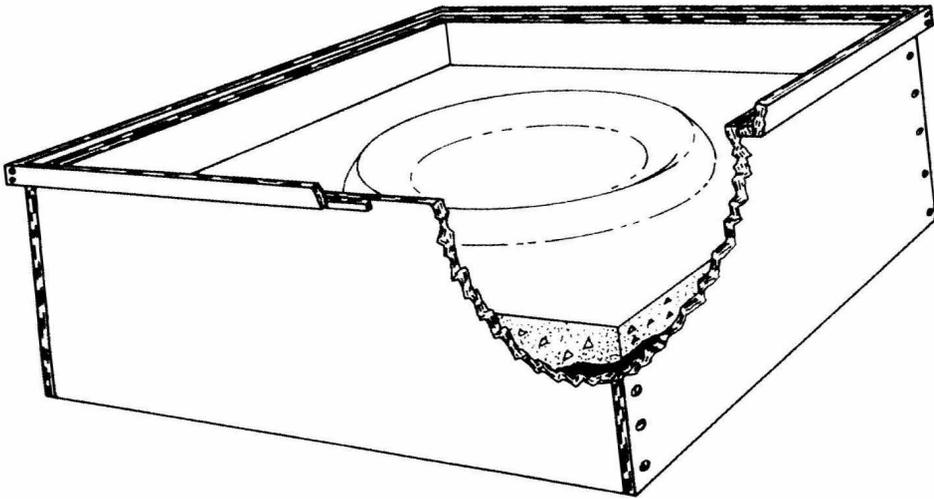
El modelo deberá soportarse en una mesa perfectamente nivelada y reforzada para aguantarlo, así como a la primera mitad del molde que se procederá a construir.

El objeto de usar una mesa nivelada es con el fin de evitar problemas subsecuentes al colocar el molde en la prensa.

Contrucción de la caja (Fig. B)

CAJA DE CONSTRUCCION

(Fig. B)



Es necesario construir una caja alrededor del modelo, la cual puede ser fabricada de madera tipo triplay de 19 mm. (3/4 de pulgada) de espesor ensamblada con tornillos para madera. En moldes de grandes dimensiones será necesario reforzar esta caja.

Esta caja necesitará llevar una pestaña perimetral con objeto de alojar el marco soporte del dado a la prensa. El sellado de la superficie (madera) de la caja tendrá que ser con laca y lijarse con lija de grano fino (No. 320) con el fin de obtener un mejor acabado superficial.

Es recomendable rellenar todos los ángulos que forman el modelo de la caja con yeso ó plastilina para facilidad del rolado de fibra y resina con que se construirá el molde.

Guías del molde.-

La guía hembra deberá colocarse sobre el área perimetral del modelo y la guía macho se integrará al molde después de que éste ha sido terminado completamente.

Construcción de Moldes .-

1) Preparación del modelo .-

Una vez que el modelo ha sido soportado, nivelado y tenga un buen acabado en su superficie, es necesario aplicar los agentes separadores ó desmoldantes, los cuales nos permitirán evitar que molde y modelo se peguen.

Es recomendable aplicar dos ó tres capas finas y uniformes de cera, dejando secar entre capa y capa y puliendo debidamente, para que por último se agregue la película de alcohol polivinílico que se utilizará en estado líquido para que permita ser depositado en aquellos angulos ó vértices pronunciados propios del diseño del modelo. Al secar el alcohol, formará una película cuya función es de actuar como separador. Cabe hacer mención que el alcohol polivinílico se obtiene comercialmente en estado sólido por lo que se tendrá que disolver con agua para formar la solución separadora.

2) "Gel coat" del molde . -

La selección de un buen "gel coat" así como la aplicación uniforme deberá hacerse cuidadosamente ya que esta parte del molde significa la vida del mismo y la calidad del acabado de la producción. Un "gel coat" especial para moldes de alto calor de distorsión es el recomendable para este tipo de moldes.

Conviene aplicar el gel coat en dos capas de diferente color, de 12 a 15 milésimas de pulgada cada una, puesto que de esta manera podrá detectarse el deterioramiento gradual del molde y preveer su vida útil. De preferencia hay que seleccionar un pigmento más oscuro en la primera película de "gel coat."

El color usado en los moldes normalmente es diferente al que se usará en las piezas, ya que con ésto se podrá hacer una apreciación visual de la uniformidad de aplicación del "gel coat" en las partes de producción.

3) Laminado del molde .-

El laminado es propiamente el cuerpo del molde y su fabricación se lleva a cabo sobreponiendo al modelo base, capas de la siguiente manera:

3.i) Una capa de tela a base de fibra de vidrio (petatillo) de 4 onzas/pie², impregnada con resina poliéster, es colocada sobre el modelo recubierto con el "gel coat" mencionado anteriormente. Rolar debidamente y dejar gelar.

3ii) Capa de tela (petatillo F.V.) de 3/4 onzas/pie² impregnada con resina poliéster. Rolar debidamente y dejar gelar.

3iii) Capa de tela (petatillo F.V.) de 10 onzas/pie² impregnada con resina poliéster. Rolar debidamente y dejar gelar.

- 3.iv) Capa de colchoneta de $1\frac{1}{2}$ onzas / pie² . Rolar debidamente y dejar gelar.
- 3.v) Dos capas de tela (petatillo) de 10 onzas / pie² . Rolar debidamente y dejar gelar.
- 3.vi) Dos capas de colchoneta de $1\frac{1}{2}$ onzas / pie² . Rolar y dejar gelar 12 horas en total para un curado completo.

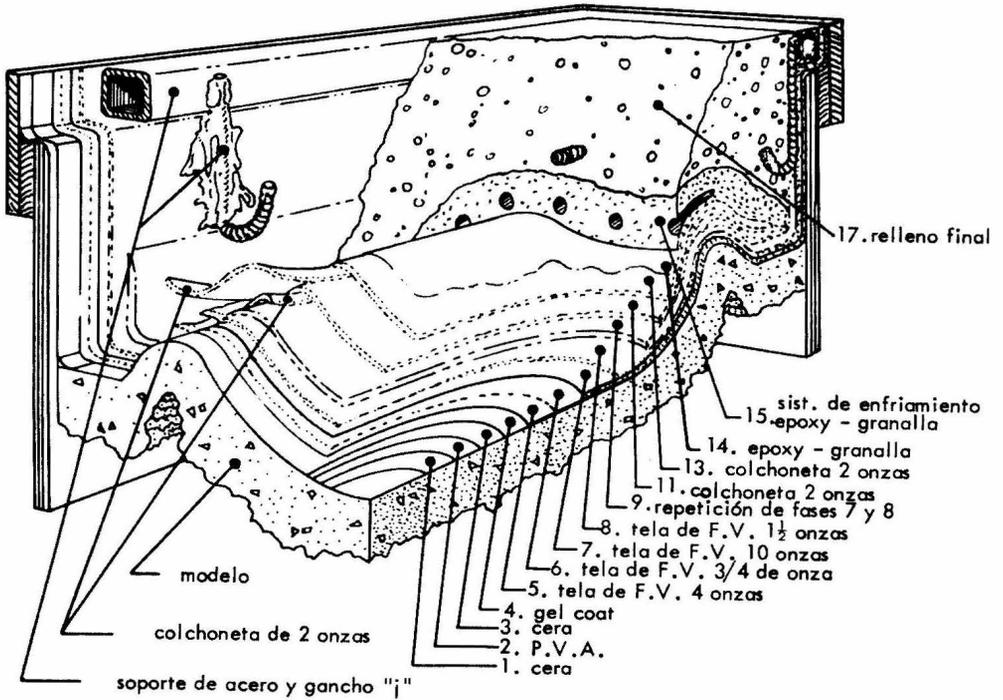
Es recomendable tener cuidado en la impregnación de las telas y colchonetas de fibra de vidrio, así como eliminar las burbujas de aire entre capa y capa, de ahí la conveniencia en dejar gelar .

En caso de que se obtengan algunas burbujas entre capa y capa, es necesario cortar ésta, lijarla, eliminar el polvo y volver a rellenar con resina.

La resina usada para la fabricación del laminado es de curado lento para lograr por este medio la mínima contracción posible.

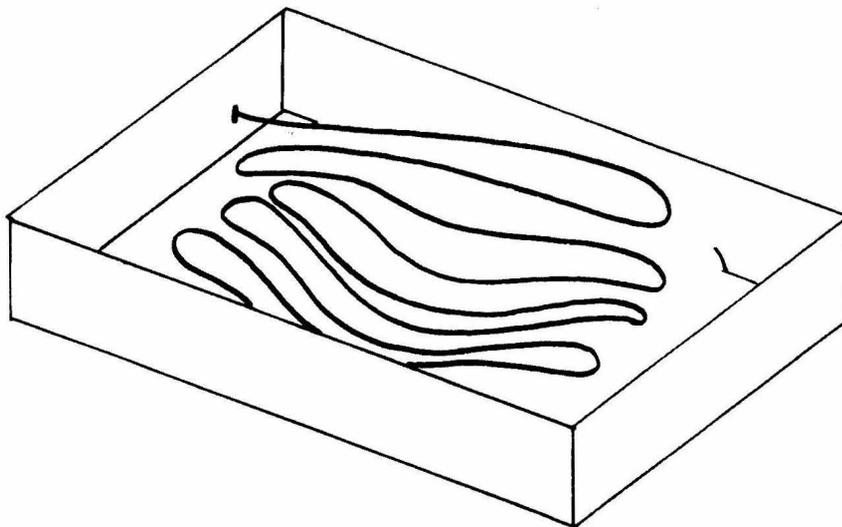
4) Sistema de enfriamiento .-

Debido a la reacción exotérmica de las resinas utilizadas en la fabricación de las piezas, se tiene una elevación de temperatura en la superficie de los



dados, la cual es necesario mantener a 30° C aproximadamente para poder controlar mejor la reacción de las resinas usadas en proceso, ya que a elevadas temperaturas la vida del molde se acorta.

El sistema de enfriamiento fue diseñado de la siguiente forma.



Se toma un tubo de cobre ó aluminio de 1/4 a 1/2 pulgadas de diámetro, se dobla a 7.5 cm. de los centros y se rola el mismo, procurando que quede lo más cerca posible del área de trabajo del molde, así como de las áreas de compresión. La separación entre el sistema de enfriamiento y el laminado del molde deberá ser aproximadamente de 2.5 cm. ya que con ésto se logra un buen sistema de enfriamiento y no se debilita el molde. Una vez realizada la operación anterior, conviene dar una ligera lijada a toda la tubería con el fin de obtener una mayor adherencia entre la resina epóxica que contendrá la caja y el serpentín.

Cuando se ha formado el serpentín requerido, se aparta éste y se procede a la fabricación de una mezcla a base de resina epóxica y granalla de zinc con que se cubrirá el serpentín.

La proporción de la nueva mezcla es de 1 Kg. de resina por 6 Kg. de granalla de zinc, de manera que el porcentaje metálico predominante dé una mejor eficiencia al sistema de enfriamiento.

Se procede a la aplicación de una capa de resina epóxica al cuerpo del molde, colocando inmediatamente el serpentín para aplicar luego un baño de resina y cubrirlo con la mezcla obtenida de granalla y resina epóxica. Compactando

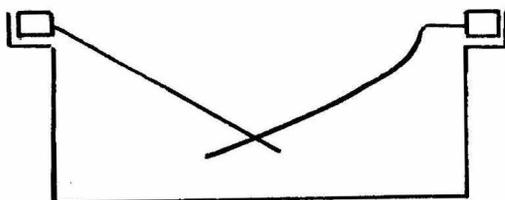
perfectamente para evitar burbujas de aire ó grietas que debiliten el molde y bajen la eficiencia en el enfriamiento.

7) Estructura del soporte del molde .-

Un marco perimetral de acero con ganchos de varilla corrugada soldados, es el utilizado para la estructura soporte. El material especificado para este marco es ángulo de $1 \frac{1}{2}$ pulgadas, calibre 11.

Este marco se construye soldando 4 tramos de ángulo para formar un cuadrado, de tal manera que ajuste perfectamente al contorno de la moldura soporte del molde.

Conviene soldar tramos de varilla soportados únicamente en uno de sus extremos para sostener todo el relleno del molde. El objeto de estar soldada la varilla únicamente en uno de sus extremos es con el fin de evitar esfuerzos debidos a deformaciones por temperatura.



Teniendo el marco construido se incorporará el molde usando resina epóxica así como los ganchos de varilla " J " . Es necesario aplicar colchoneta y resina extra a los ganchos para lograr una mejor sujeción.

8) Soportes para manejo del dado .-

Consiste en cuatro nipples de diámetro aproximado de 2.5 cm., los cuales van embebidos en el cuerpo del molde y servirán para alojar pernos ó argollas para el manejo normal del molde. Estos nipples se fijarán también al molde con resina epóxica y conviene darles una lijada previa para lograr un mejor anclaje de la resina epóxica que los cubra.

9) Relleno del molde .-

El relleno se lleva a cabo con una mezcla de resina epóxica y grava de cuarzo. Normalmente la relación usada en volumen es de 1 a 8 .

La mezcla debe ser perfectamente homogénea y el vaciado de ésta en la cavidad del molde es lenta y haciendo una compactación perfecta, con el objeto de evitar burbujas grandes de aire que podrían debilitar el cuerpo del molde. El relleno del molde se lleva al nivel del marco de acero y se deja curar aproximadamente 12 horas a temperatura ambiente.

Una vez que el relleno ha curado se procederá a desensamblar la caja, separarla del molde y consecuentemente del modelo. Se limpian las superficies del molde con agua, eliminando así el agente desmoldante (alcohol polivinílico) y se coloca nuevamente el molde en la misma posición original del modelo para proceder a la fabricación de la segunda parte del molde.

Algunos otros materiales que se pueden usar para el relleno son espumas de poliuretano de alta densidad, cartoncillo para huevo, etc.

10) Construcción de la segunda parte del molde.-

10i) Aplicación de cera dimensional. La cera dimensional es un producto con espesor uniforme, dureza y maleabilidad para resistir el trabajo de moldeo. Sobre la superficie de la primera parte del molde se van colocando capas de este material con el espesor deseado para las piezas, excepto en el área de compresión, donde se colocan placas de cera con espesor equivalente a $1/3$ del espesor deseado para las partes.

En el área perimetral del molde se usan capas de cera de dos veces el espesor de la pieza.

10ii) Localización de las guías . Este paso es ligeramente diferente en esta sección ya que se fabricarán cuatro machos de madera con 6 mm. de diámetro mayor que las guías finales de acero.

Estas guías de madera se colocan en los orificios de la guía hembra alojada en la primera sección del molde.

Se aplica un sellador y un agente desmoldante ya que se eliminarán cuando se desmolde la segunda sección. En el hueco que estas guías dejen, se alojarán las metálicas finales.

Una vez que se han colocado en el orificio de la hembra, se procede a fabricar la segunda sección de la misma forma y procedimiento que la primera.

10iii) Post Curado. Las dos partes del molde se someten a un post-curado de 16 horas, incrementando la temperatura lentamente hasta 70° C durante 8 horas, partiendo de la ambiente y disminuyendo en el mismo lapso de tiempo hasta llegar nuevamente a la temperatura ambiente.

Otra forma de lograr el post-curado consiste en hacer fluir agua a través del sistema de enfriamiento durante 24 horas a una temperatura de 45° C.

11) Terminado de Moldes. -

A esta altura del desarrollo se entregarán los moldes a producción, por lo que debe eliminarse el agente desmoldante de ambas caras del dado, lavando con agua natural y si es preciso lijar finamente, asentar y pulir.

Conviene dar un tratamiento originalmente al dado antes de entregarlo a producción. Este consiste en aplicar cinco capas de cera de carnauba fina, dejando reposar y secar durante 30 minutos, entre aplicación y aplicación, puliendo consecutivamente entre estas operaciones.

12) Protección del sistema de enfriamiento .-

Con el objeto de proteger las salidas del serpentín, se instalan bridas atornilladas ó pegadas al molde (Fig. 10).

13) Colocación de guías al macho. -

Una vez montado en la prensa el dado, se retiran las guías de madera y en el hueco dejado por éstas, se colocan las metálicas finales, fijándose con resina epóxica, puesto que al cerrar la prensa, ambas partes del dado obtendrán su localización precisa.

CONEXION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

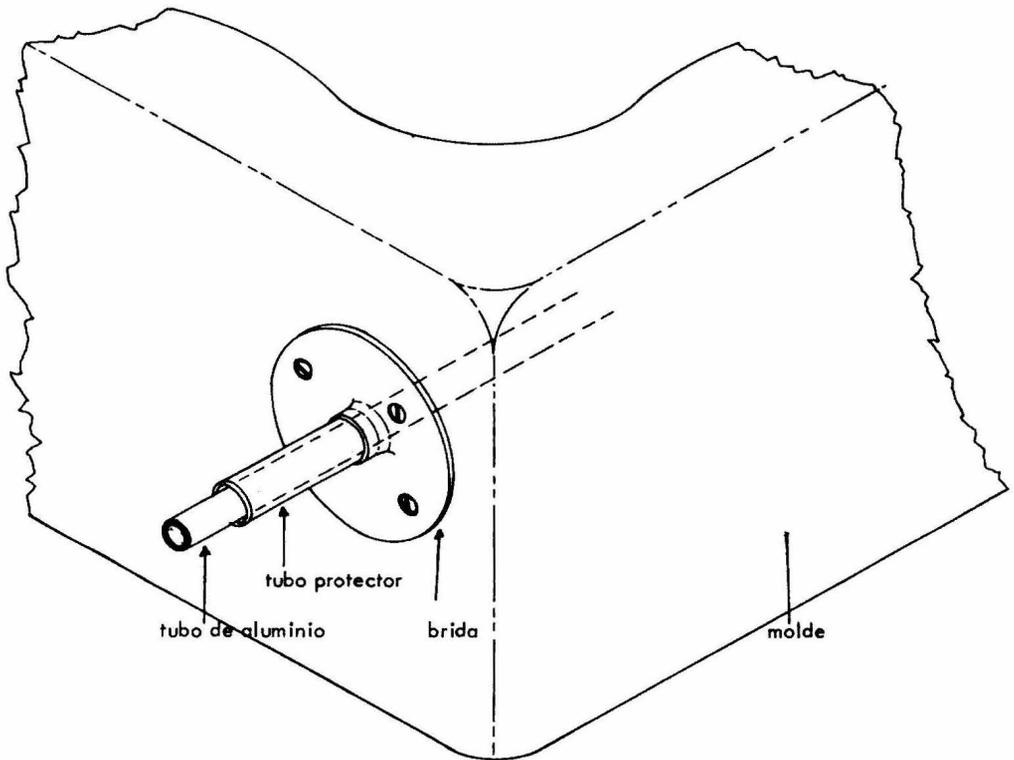


Figura No. 10

El objeto de anexas las guías metálicas al final, es con el fin de poder absorber contracciones que pudieran obtenerse en la segunda sección.

CAPITULO IV

REQUERIMIENTO DEL PRENSADO

(Refs. Bibliográficas Nos. 3, 11, 14 y 16)

SELECCION DE LA PRENSA .-

Aunque se pueden fabricar piezas para este proceso con una prensa sencilla de tornillo manual, conviene el uso de una prensa hidráulica que tenga velocidades variables de avance, cerrado final y de retroceso (Fig. "A").

La velocidad de avance debe ser rápida para acercar los moldes uno al otro. Normalmente la velocidad de cerrado deberá ajustarse de 10 a 15 pulgadas por minuto.

En un sistema automático se calibra la prensa por medio de micro switch y reloj automático (timer).

La prensa debe ser capaz de mantener una presión de 25 a 75 libras por pulgada cuadrada en el área de prensado (capacidad de la prensa).

El tipo de accionamiento de la prensa hacia arriba ó hacia abajo, dependerá del tamaño de la parte que se va a moldear, de su profundidad, de la forma (diseño) y de la facilidad de preparación .

La vida del molde también depende del tipo de prensa usada, ya que una des -

CONCEPTO SIMPLE DE PRENSA

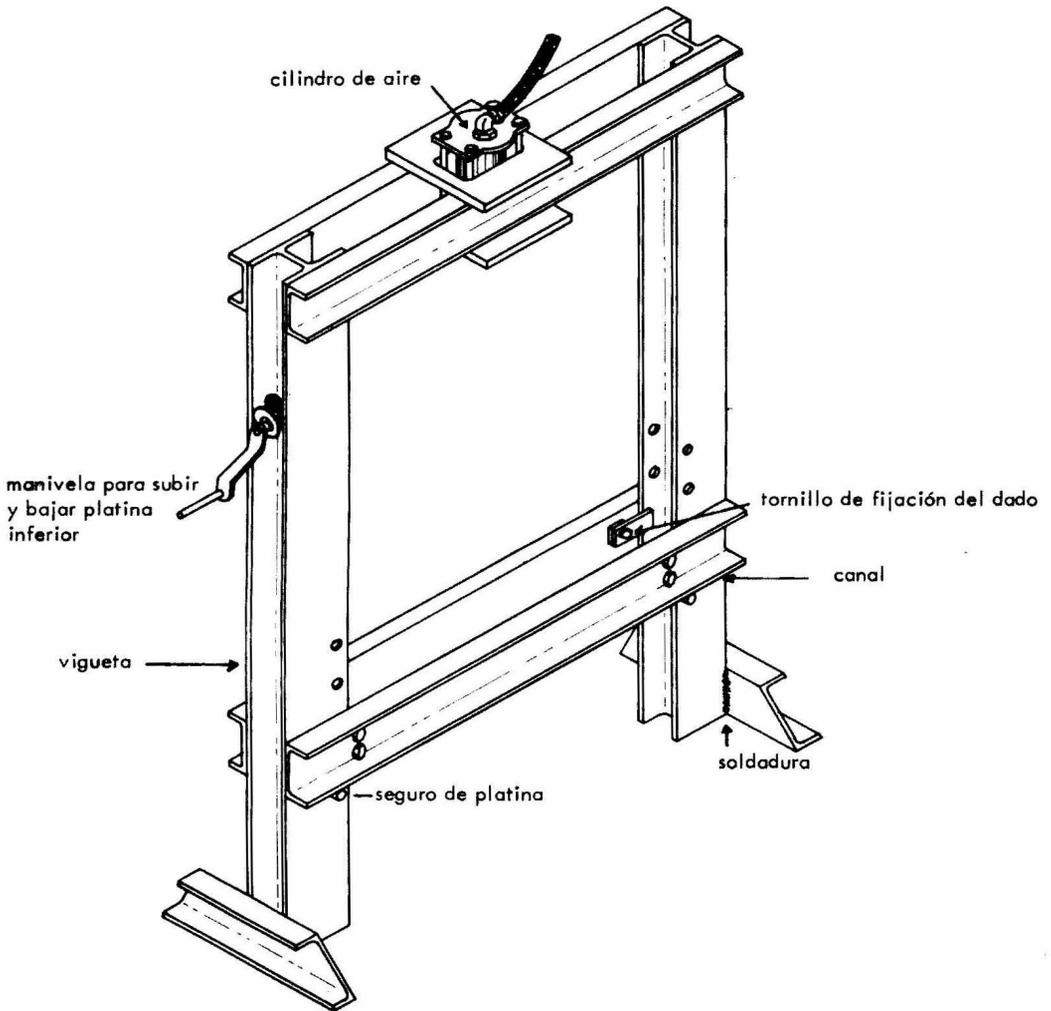


Figura "A"

nivelación del dado puese llegar a fracturar la superficie ó totalidad del molde.

COLOCACION Y NIVELADO DEL MOLDE EN LA PRENSA .-

Se coloca primeramente el dado en la platina inferior de la prensa, se aplica un agente desmoldante en la platina superior y superficie superior, también del dado. Posteriormente, se colocan dos capas de colchoneta impregnadas perfectamente sobre el dado y se baja la platina superior de la prensa hasta llegar a las capas de colchoneta, aplicando la presión mínima para lograr un buen contacto entre el molde y la platina.

La parte inferior también se nivela, levantando ambas partes del molde y colocando la fibra de vidrio impregnada para posteriormente bajar el dado y aplicar la presión requerida.

Desde luego en las operaciones anteriores, es necesario dejar gelar en la nivelación de cada parte.

ESPACEADORAS DE PLATINAS .-

Cuando se cuenta con prensas hidráulicas de alta capacidad (tonelaje) es necesario proteger los dados de una sobrepresión, la cual puede llegar a deteriorar el dado. Para evitar ésto, se diseñan unos topes, los cuales se colocan en los cuatro extremos de la platina. El ajuste dimensional del espesor de los topes, se realiza partiendo de un espesor de 10% mayor que el deseado en la pieza.

En esta operación inicial de calibrado, es recomendable colocar partes de madera con el espesor deseado para la pieza, en dos diferentes zonas del molde.

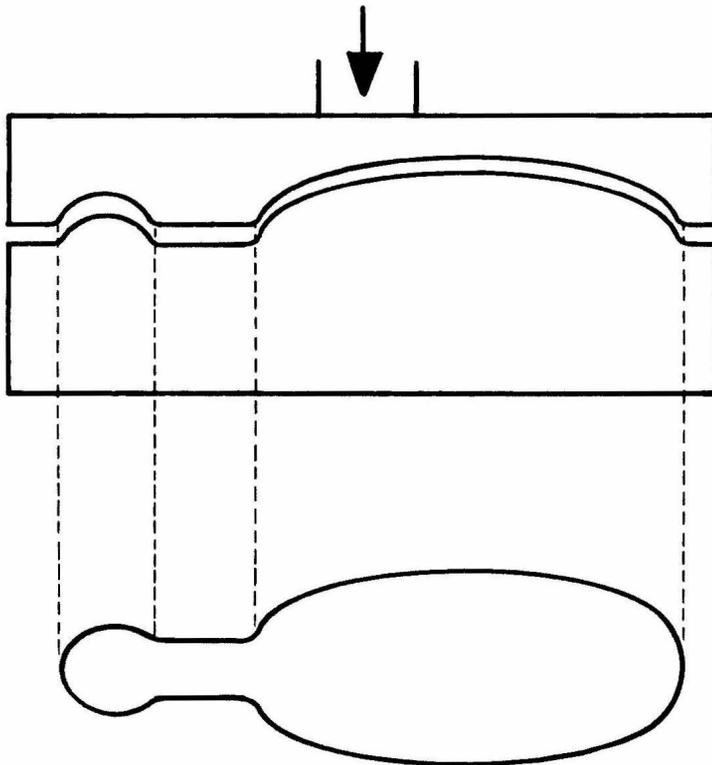
Para verificar la operación de nivelación de los espaceadores, se colocan tramos de cera con plastilina y se baja la prensa a su mínima presión, para lograr el espesor deseado.

CONDICIONES DE OPERACION DEL PRENSADO PARA EL MOLDEADO EN FRIO.-

a) Consideraciones básicas de presión .-

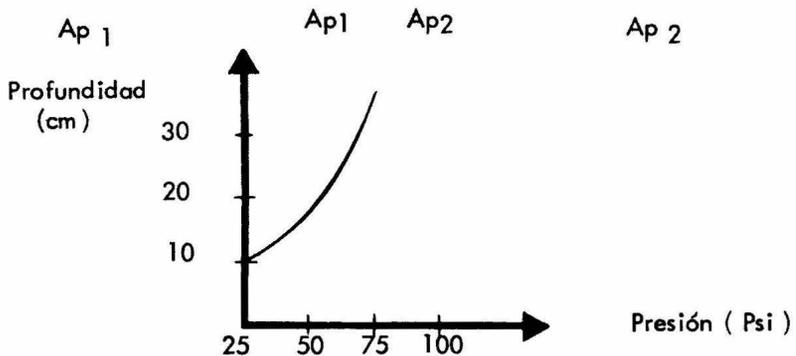
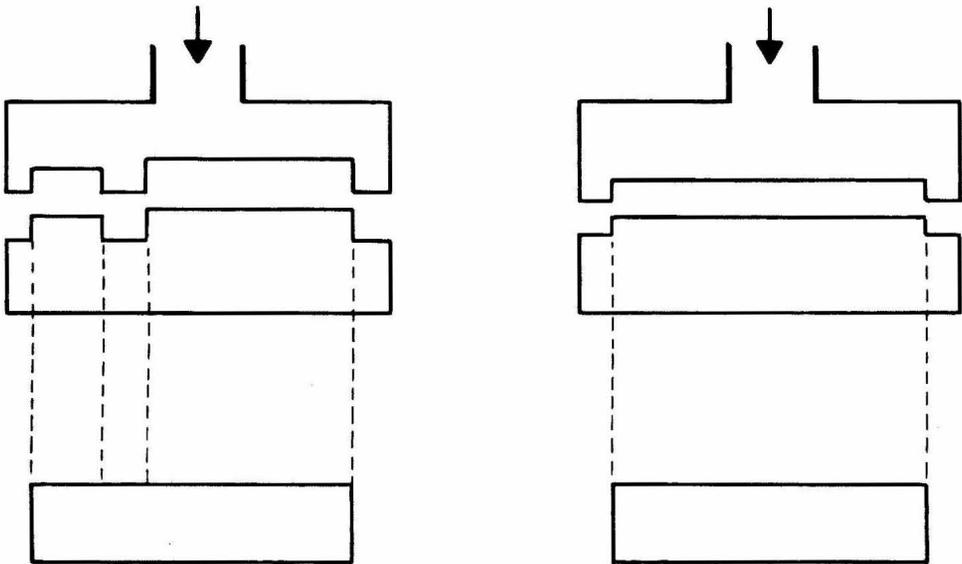
Dentro de las condiciones base que nos determinarán el tonelaje de

prensa necesario para hacer fluir nuestra resina formulada, de manera que logremos una buena impregnación del vidrio, se encuentra en primer lugar el área proyectada de la pieza, a partir de cuyo cálculo multiplicado por el valor de presión determinado para la viscosidad de resina y profundidad de pieza, nos dará el tonelaje básico.



Area Proyectada: A_p

La forma de la pieza así como la profundidad, son variables y sumamente importantes en la determinación de presión de prensa, ya que podemos tener diferentes formas con igual ó similar área proyectada y diferentes profundidades que provocarán incrementos de presión para poder hacer fluir la resina.



El tipo de formulación seleccionada con una viscosidad determinada permitirá una mayor ó menor velocidad de flujo de la resina en el vidrio, misma que influye en la determinación del tonelaje base.

Tomando en consideración los aspectos anteriores, se podrán establecer las constantes y variables que permitirán partir de un tonelaje básico de prensado.

Por consiguiente, si tenemos una misma área proyectada para dos productos de diferente forma y profundidad, nuestra presión de prensado variará por lo que deberá fijarse como constante el área proyectada, así como la viscosidad de la resina para poder iniciar pruebas que dependiendo de la forma y profundidad de la pieza determinarán el tonelaje final.

Otros conceptos muy importantes son los de presión positiva y moldeo a parar.

El primero de éstos conceptos, se refiere a la presión entre dados sin material de por medio.

Volúmen entre dados = cero espesor = presión

El segundo se considera cuando el volúmen entre dados es igual al volúmen de mezcla y ésto nos dá el espesor de pieza.

$$\text{Volúmen de mezcla} = \text{Volúmen entre dados}$$

b) Ciclo de Operación .-

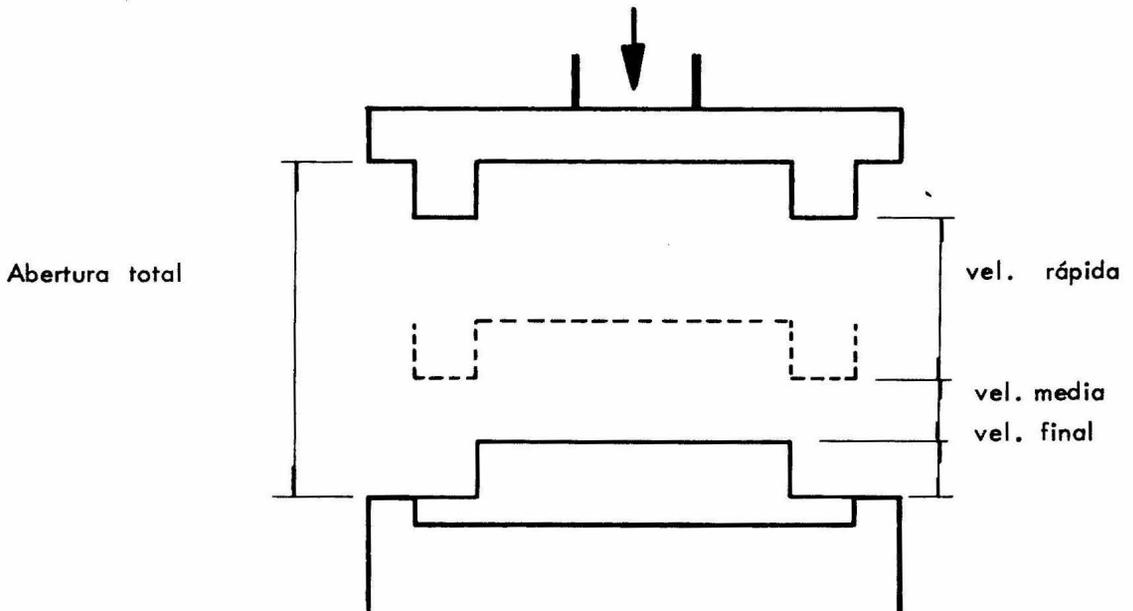
La limpieza del molde, la carga y las diferentes velocidades de la prensa, tanto para prensar el material como para curarlo y separarlo de los dados, es lo que se considera como ciclo de operación, el cual es función directa de los tiempos y de la exotérmica de la reacción.

El ciclo de operación total consta de las siguientes etapas:

- 1.- Limpieza del molde.
- 2.- Carga.- En esta etapa, se coloca la fibra preformada y se aplica la resina sobre la misma en forma manual y dándole una predistribución en toda la superficie.
- 3.- Velocidad rápida de avance.- La abertura total mínima nos determina los tiempos de avance de la prensa. Se ha obtenido prácticamente que la abertura óptima para poder maniobrar sobre los moldes, tanto para la colocación

del vidrio - resina, como para efectuar el desmolde de la pieza, deberá ser de una amplitud igual a 3 ó 5 piezas y su velocidad rápida de avance la equivalente para recorrer una distancia igual a 3 piezas/min.

- 4.- Velocidad media de aproximación. Esta debe ser igual a la necesaria para recorrer $5/8$ de pieza por minuto.
- 5.- Velocidad final .- Equivalente a $1/8$ de pieza por minuto.
- 6.- Ciclo de curado - Estará determinado por el tiempo de curado de la resina y temperatura máxima exotérmica.
- 7.- Abertura .- Repetición de etapas 3,4 y 5 .
- 8.- Desmolde .- Separación de la pieza del molde.



C A P I T U L O V

A C A B A D O

(Refs. Bibliográficas Nos. 4,5,10,11,12,15,16 y 17)

FABRICACION DE PIEZAS .-

En esta parte, que prácticamente es la iniciación del proceso de producción en serie de la parte solicitada, se deberá formular la resina con las proporciones de agente desmoldante y catalizador establecidos, y escoger el tipo de refuerzo (F.V.) que nos dé las propiedades mecánicas requeridas .

La relación normal de fibra - resina es generalmente de dos a uno, respectivamente.

METODO .-

Una vez fijado el molde en la prensa, conviene inicialmente aplicar una capa de separador (cera) perfectamente pulida. Con la resina formulada se pesan las cantidades adecuadas, con respecto al peso de la fibra de vidrio cortada ó preformada a la figura necesaria. Terminado ésto se coloca el refuerzo sobre el dado inferior, vertiendo la resina seguidamente. Es muy importante procurar que ninguna sección de la pieza quede sin la cantidad adecuada de resina, por lo que toda la fibra deberá estar impregnada lo mejor posible.

Se procede a accionar la prensa, manteniéndola cerrada durante un lapso de 8 minutos. Una vez transcurrido este período, se separan los dados y se desmolda la pieza.

Si la parte presenta dificultad para separarla del molde, conviene dejarla enfriar un poco, ya que la contracción normal de la resina, ayudará al desmolde, aún si la pieza se mantuviera pegada al dado macho, podrá utilizarse un sistema de ventosas para ayudarse a la separación.

Una corriente de aire aplicada internamente entre la pieza y el molde en el área de compresión, también ayudará a este propósito. En casos extremos se hará uso de cuñas de madera, con la debida precaución para no dañar los dados.

Todo el exceso de material que haya quedado en el área de compresión, se corta con una cuchilla manual. Cualquier operación subsecuente que necesite la pieza (insertos, cortes, pintura, etc.) deberá hacerse fuera de la sección de prensado.

Después de que han sido moldeadas cinco piezas, normalmente se presenta una elevación de temperatura debida a la reacción exotérmica del polí-



por tal razón, si llegara a presentarse una elevación mayor de 45° C, se hará circular agua por el sistema de enfriamiento.

La experiencia nos ha indicado que después de que han sido obtenidas quince piezas en forma similar a lo señalado anteriormente, el molde tiene cubiertos por el agente desmoldante, todos los pequeños poros existentes, por lo que ya no será necesario seguir aplicando separadores externos.

Cuando se tienen fabricadas un promedio de cuarenta piezas, normalmente se presentan acumulaciones de residuos producidos por el agente desmoldante, lo que obliga a limpiar la superficie del molde con un paño impregnado con estireno.

Para una nueva iniciación de producción deben volverse a aplicar capas de separador al molde y pulirlas adecuadamente.

Datos experimentales obtenidos durante el desarrollo de este proceso, demostraron que es posible llegar a un noventa y siete por ciento de piezas buenas en producción normal y un ochenta por ciento al arrancar.

El tiempo de curado, la temperatura del molde y la distribución de la resina deberán controlarse de tal manera que la resina fluya en toda la superficie del molde antes de iniciarse la reacción.

La presión aplicada debe compactar perfectamente la fibra con la resina. La experiencia nos demostró que una presión de 25 libras por pulgada cuadrada, funcionaba adecuadamente sin peligro de llegar a estrellar el molde.

A continuación mostramos un promedio de valores de los laminados obtenidos por el proceso de prensado en frío, comparado con otros sistemas.

Propiedades Físicas (material políester)	Porcentaje de fibra de vidrio (% en peso)	Esfuerzo Flexionante ($\text{Psi} \times 10^3$)	Modulo Flexionante ($\text{Psi} \times 10^5$)	Esfuerzo al sometimiento ($\text{Psi} \times 10^3$)	Resistencia al impacto IZOD (lb/in notch)
Prensado en frío	20 - 30	22 - 37	13 - 19	12 - 20	9 - 12
S M C	15 - 30	18 - 30	14 - 20	8 - 20	8 - 22
Prensado en caliente	25 - 50	10 - 40	13 - 18	25 - 30	10 - 20
Aspersión	30 - 50	16 - 28	10 - 12	9 - 18	4 - 12

CAPITULO VI

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA

PARA PRODUCIR DIEZ TONELADAS

DE PRODUCTO

ESTUDIO ECONOMICO DE LA PLANTA -

El análisis del mercado para las piezas de plástico reforzado con fibra de vidrio es muy complejo y específicamente dentro del campo de bocinas altavoz nunca se ha realizado a fondo en ninguna compañía o institución; sin embargo existen situaciones y características en este mercado que son de interés para poder proyectar una planta que lo ataque a través del plástico reforzado y por medio del proceso de moldeado por el prensado en frío.

La estimación de costos que en el desarrollo del capítulo se lleva a cabo, se ha hecho basándose en las fuentes de información de fabricantes actuales de plástico reforzado con fibra de vidrio.

La finalidad que se persigue es estimar la rentabilidad de la planta en el alcance que un anteproyecto permite para una producción anual mínima posible durante los primeros años de operación de manera que se justifique financieramente la inversión hecha.

Como primer paso se hará una estimación de la inversión que se requiere para poner a funcionar la planta.

ESTUDIO DE LA INVERSION. -

La inversión la constituyen los siguientes factores:

- Maquinaria y equipo
- Equipo auxiliar
- Instalaciones eléctrica, hidráulica y neumática
- Instalación de la maquinaria y el equipo
- Renta del local, oficinas y almacén
- Capital de trabajo necesario para echar a andar la planta

A continuación se hace una estimación de los renglones de la inversión mencionados.

MAQUINARIA Y EQUIPO.-

Basando nuestra inversión para una producción mensual de 10 toneladas de producto y definiendo este como bocina altavoz con peso de 3.3 Kg./pza., evaluaremos el número de prensas necesarias para a partir de esto definir el resto de nuestro equipo y maquinaria.

Producto: Bocina altavoz

Peso: 3.3 Kg. c/u

Número de piezas por mes.- $10,000 \text{ Kg.} / 3.3 \text{ Kg.} : 3030$ unidades

Tiempo de prensa: ciclo de Prensa/unidad por número de unidades, considerando eficiencia de prensa del 100% y un ciclo de 10 min.:

$$10 \text{ min./pza. por } 3,030 \text{ pzas.} = 30,300 \text{ min.}$$

Evaluación del número de prensas.-

Turno de trabajo: 8 Hrs.

Tiempo de comida: 30 min.

Capacidad disponible de prensa: 7.5 Hrs. = 450 min.

Días hábiles: 25 días/mes = 11,250 min./mes.

Para un turno.-

$$30,300/11,250 = 2.69 \text{ Prensas.}$$

Considerando una eficiencia de prensa del 90%.

$$\text{Ciclo de prensa} = 11.11 \text{ min./pza.}; 11.11 \text{ por } 30,30 = 33,663 \text{ min.}$$

Evaluación del número de prensas.-

$$33,663 \frac{1}{2} / 11,250 = 2.99 \text{ prensas.}$$

Tomaremos un turno y 3 prensas para evaluar el equipo necesario.

Unidad	Cantidad	Costo estimado unitario	Costo total
Prensa	3	\$ 30,000.00	\$ 90,000.00
Preforma	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00

Equipo auxiliar de materias primas.-

Unidad	Cantidad	Costo estimado unitario	Costo total
Báscula	1	\$ 3,000	\$ 3,000
Mezclador	1	\$ 25,000	\$ 25,000
Equipo de manejo	1	\$ 1,500	\$ 1,500

Equipo de proceso.-

Inst. eléctrica y neumática		\$ 40,000	\$ 40,000
Moldes	3	\$ 10,000	\$ 30,000

Equipo de manejo del proceso.-

Taladro	1	\$ 1,000	\$ 1,000
Router	1	\$ 2,000	\$ 2,000
Lijadora	1	\$ 2,000	\$ 2,000

Total: \$ 244,500

Dentro del presupuesto de cada máquina se han tomado en cuenta todos los aditamentos necesarios para realizar su trabajo, sin embargo, existen algunos elementos por considerar dentro de los cuales se encuentran: Equipo esencial de laboratorio, equipo de mantenimiento, reserva de auxiliares de producción, etc. Algu-

nos representan una inversión mínima respecto al global, pero otros como el herramental, deben ser considerados dentro de la inversión.

De las fuentes mencionadas, se obtuvo que este renglón puede ser cubierto si se considera un 10% del costo del equipo y maquinaria.

Equipo adicional \$ 24,450.00

COSTO DEL LOCAL, ALMACEN Y OFICINAS.-

El valor del local en la zona seleccionada donde se cuenta con todos los servicios, cuesta a razón de \$ 10,000.00 mensuales (Naucalpan, 1,200 m²)

Costo anual \$ 120,000.00

CAPITAL DE TRABAJO.-

Debe considerarse dentro de la inversión el capital que representa la materia prima mínima necesaria para empezar a producir. Deberán incluirse de la misma forma, los gastos iniciales de producción que deberán poderse cubrir mientras las ventas produzcan ingresos que pueden ser reinvertidos.

Se estima que éstos pueden ser cubiertos si se toman tres meses de los abastecimientos de materia prima así como de sueldos y salarios.

Más adelante se determina este valor.

Capital de trabajo: \$ 853,845.00

Total de inversión: \$ 1'242,795.00

CALCULO DE COSTOS

COSTOS DE PRODUCCION.-

Se hará el cálculo refiriendo los valores a la base de producción mensual

(10,000 Kg.)

Se distinguirán: Costos variables

Costos fijos

COSTOS VARIABLES.-

Considerando un 1% de desperdicio de material por cortes de orillas, se requiere de 10,100 Kg. de material para producir 10,000 Kg. de producto.

El costo promedio de los principales componentes fibra de vidrio- Resina poliéster,

se estima en:

\$ 25,00 por Kg. de fibra de vidrio

\$ 16.00 por Kg. de Resina

Según esto, el costo de la materia prima es: 70% Resina; 30% Fibra.

F.V. \$ 75,000.00

Resina: \$ 112,000.00 Total mensual: \$ 187,000.00

Materiales indirectos-

El consumo de herramientas de corte, desmoldantes, estopa, brochas, rodillos etc., es función del volumen de producción, según datos estadísticos de los fabricantes actuales, esta cantidad asciende a un valor aproximado de \$ 200.00 por tonelada de producto. Por lo que para 10 toneladas serán \$ 2,000.00/mes.

Comisiones sobre ventas.-

Si el valor del producto en el mercado es de \$ 120.00 pza., se estima un 1% sobre el valor de la venta.

Comisiones sobre ventas:

\$ 120.00 por 3030 pzas. = \$ 363,600/mes

1% = \$ 3,636.00/mes

Impuesto Mercantil.-

Se valúa en 4% sobre ventas.

Impuesto mercantil: \$ 14,544.00/mes .

Costo de publicidad.-

0.5% sobre el valor de ventas

\$ 1,818.00 por mes.

Total costos variables: \$ 208,998.00 por mes.

Total anual: \$ 2,507,976.00

COSTOS FIJOS.-

Depreciación de maquinaria y equipo (anual)

- Contablemente se calcula como el 10% de su valor
- Depreciación del equipo : \$ 24,450.00 anuales.

Mano de obra directa.-

Considerando un solo turno de trabajo, durante 365 días al año se hará el cálculo de los gastos por concepto de operadores de maquinaria y equipo. (Mayo de 1973)

Supervisor	1	\$ 100.00/día	
Operador de prensa	3	" 80.00 "	\$ 240.00/día
Mezclador	1	" 60.00 "	
Auxiliares	3	" 55.00 "	" 165.00/día
		T o t a l :	" 565.00/día
		Total mensual:	" 17,515.00
		Total anual:	\$ 210,180.00

Mano de obra indirecta.-

Superintendente de producción	\$ 10,000.00/mes
Mecánico	" 3,000.00 "
Laboratorista	" 5,000.00 "
Limpieza	" 1,600.00 "
Total mensual:	\$ 19,600.00
Total anual:	\$ 235,200.00

Gastos de administración.-

Una planta de este tipo requiere de un departamento administrativo con el siguiente personal.

Personal	Cantidad	Sueldo global
Gerente general	1	\$ 15,000.00/mes
Gerente de Admon.	1	" 10,000.00/mes
Compras	1	" 8,000.00/mes
Almacenista MP y P.Terminado	1	" 3,000.00/mes
Crédito y Cobranza	2	" 15,000.00/mes
Secretaria	1	" 2,500.00/mes
Vigilancia	2	" 5,000.00/mes
Total mensual:		\$ 58,500.00
Total anual:		\$ 702,000.00

Servicio de fabricación.-

Dado que la planta se forma básicamente de máquinas y herramientas, resulta más real considerar estos costos como fijos.

POTENCIA.-

Se tienen instalados básicamente 1 compresor de 30 HP y 4 motores de 5 HP c/u.

Considerando una eficiencia de motores global de 90%; la energía eléctrica consumida es de:

$$\frac{50}{0.9} \times 0.746 = 41 \text{ Kw}$$

Considerando un factor de demanda de 90%; la potencia consumida es:

$$41 \times 0.9 = 36.9 \text{ Kw}$$

Para un turno diario de 8 Hrs. para 300 días de trabajo anuales, el consumo de energía eléctrica es de:

$$88,560 \text{ Kw} - \text{hr.}$$

Para un precio unitario de \$ 0.30 Kw - hr.

Se tiene un costo por este concepto de \$ 26,568.00

Seguros.-

Están formados por el 5% sobre la inversión \$ 62,139.00

Costos fijos totales: \$ 1'260,537.00 Anual

Total de costos de producción: \$ 3'768,513.00 Anual

UTILIDAD, IMPUESTO, RENTABILIDAD

De la opinión y estudios estadísticos hechos por las empresas que actualmente trabajan el plástico reforzado así como de los procesadores de este tipo de pieza, se llegó a la conclusión de que puede esperarse con cierto margen de seguridad que las ventas mínimas del primer año sean de 120 Tons. ó 3,030 bocinas por mes.

Esta es la razón por la cual interesa estimar la rentabilidad de la planta para 120 Tons./año, que sería la condición mínima de producción durante el primer año de ejercicio.

El precio en el mercado actual (1974) de este producto es en promedio de:

(dependiendo de las especificaciones) \$ 120.00 Pza.

Según esto:

Ventas anuales \$ 4'363,200.00

Costos de producción \$ 3'768,513.00

Utilidad bruta	\$	594,687.00
Rep. Utilidades 7% UB	"	41,628.00
Utilidad neta antes Imp.	"	553,059.00
Impuesto sobre la renta 42%	"	232,284.00
Utilidad neta después de Imp.	"	320,775.00
Comparando el valor de la inversión total		\$ 1'242,795.00
Rentabilidad estimada de la planta para 10,000 Kg./mes: 25.8%		

OBSERVACIONES.-

El análisis económico hecho, muestra que para las condiciones que rigen el anteproyecto desarrollado, la inversión representa un negocio productivo.

Fue mi intención en este estudio, mostrar a los actuales fabricantes de plástico reforzado, que la instalación de este proceso representa grandes ventajas, no sólo al interés directo del inversionista sino también a la industria nacional; puesto que un proceso de este tipo es de fundamental importancia para impulsar la industria del plástico en muchos de sus campos.

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES

VENTAJAS DEL PROCESO DE MOLDEO EN FRIO .-

- 1.- Los costos de los moldes de plástico son bajos comparados con los costos de los dados metálicos requeridos para la prensa de alta presión y temperatura y pueden fabricarse en la propia planta del usuario, en unas cuantas semanas, en vez de los meses que se necesitan para los moldes de metal.
- 2.- Por tratarse de prensas sencillas, su precio es relativamente bajo.
- 3.- El entrenamiento del personal es sencillo y la supervisión que el proceso requiere es mínima.
- 4.- La apariencia de las piezas obtenidas por moldeo en frío, es similar a la lograda con dados metálicos a alta presión y temperatura, lo mismo que las propiedades físicas y la calidad general, con la ventaja de que para volúmenes intermedios, los costos son menores.
- 5.- El producto obtenido es preciso en sus dimensiones y tiene además ambos lados perfectamente acabados.

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

- 1- Polyesters and their applications
Bjoekstein J.
Reinhold Publishing Co.
New York, U.S.A.
1966

- 2- Polyesters Resins
Lawrence J.R.
New York, U.S.A.
1962

- 3- S M C Compression Molding
Modern Plastics International 1972
Kerr R.C.
McGraw Hill Book Co. New York
1972

- 4- Water Extended Polyester Resins
Engineering properties and application technology
Lei theiser R.
23rd Annual Meeting of Reinforced Plastics
S.P.I. U.S.A.

- 5- Improving Chemical Resistant Polyesters
Kerle E.J.
Plastics World, Dec.
1963

- 6- Condensed Chemical Dictionary
Rose A and E
Reinhold Publising Co.
New York, U.S.A.
1966

- 7- Polymer Process
Schildknecht C.E.
Interscience Publishers
New York, U.S.A.
1956

- 8- Owens Corning - Fiberglass Corp. Manual
Vitro Fibras, S.A.
México, D.F.

- 9- Durez Plastics Division Manual
Hooker Chemical Corp.
New York, U.S.A.

- 10- Glass Reinforced Plastics
Philip Morgan
London Iliffe Book Ltd 1958

- 11- Society of Plastics Engineers Inc.
(S.P.E. Journal 1973)

- 12- " Giant Plastic Structures "
Modern Plastics, Feb. 1961

- 13- " Reinforced Plastics in Chemical Engineering "
W.A. Szymanski
Plastic World Feb. 1959

- 14- Designing Reinforced Plastic Equipment
Atlas Chemical Industries, Inc.

- 15- SPI Handbook of Technology and Engineering of
Reinforced Plastics
J. Gilbert Mohr
Van Nostrand Reinhold
Septiembre 1973

16- Fiberglass/ Plastics Design Guide

Owens/ Cornina Fiberglass

Correspondencia

17- 29th. Annual Technical Conference, 1974

Reinforced Plastics / Composites Institute

The Society of the Plastics Industry Inc.