



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

Contribución al Estudio de las Resinas  
Fenol-Formaldehído para el Recubrimiento  
de las Arenas de Fundición para su uso  
en el Proceso Shell Molding.

350

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de

Ingeniero Químico

p r e s e n t a

Alejandro Tapia Real



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.

314

CLASS 1974  
AGE [redacted]  
FECHA Tests  
PROC \_\_\_\_\_  
# \_\_\_\_\_

322

322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS RESINAS  
FENOL-FORMALDEHIDO PARA EL RECUBRIMIENTO  
DE LAS ARENAS DE FUNDICION PARA SU USO EN  
EL PROCESO SHELL MOLDING.

ALEJANDRO TAPIA REAL

1 9 7 4

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE	QUIM. JULIO TERAN ZAVALETA
VOCAL	I.Q. HECTOR SOBOL ZASLAV
SECRETARIO	DR. JOSE JUAN MORALES ROMNA
1er. Suplente	GUILLERMO ALCAYDE LA CORTE
2do. Suplente	QUIM. MARGARITA GONZALEZ TERAN

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA POLI - RESINAS, S. A.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE ALEJANDRO TAPIA REAL

NOMBRE DEL ASESOR DEL TEMA. DR. JOSE JUAN MORALES ROMAN

A LA MEMORIA DE MI MADRE:

No es fácil expresar con palabras  
lo que se siente en el corazón y más  
ahora que ha llegado el momento anhelado  
durante tantos años. El presente trabajo  
tiene más merito tuyo, por tu cariño, por  
el sendero que me enseñaste a caminar en la  
vida, que mio por haberlo llevado a cabo.

A MI ABUELITA

Quien con su cariño y bondad me alento  
y dió ánimo para terminar mi carrera.

A MI HERMANO.

A mis familiares y amigos-  
que de alguna forma contrii  
buyeron a la culminación -  
de mis estudios.

I N D I C E

C A P I T U L O I  
I N T R O D U C C I O N.

C A P I T U L O II  
GENERALIDADES DE LAS RESINAS FENOL-FORMALDEHIDO.

C A P I T U L O III  
GENERALIDADES DE LAS ARENAS DE FUNDICION.

C A P I T U L O IV  
PROCESO SHELL MOLDING.

C A P I T U L O V  
DESARROLLO EXPERIMENTAL.

C A P I T U L O VI  
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

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

C A P I T U L O I

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

Una definición aproximada de los materiales plásticos es la siguiente: "Son sustancias orgánicas polimerizadas de alto peso molecular, cuya estructura química es compleja e intrincada". Estos materiales son transformados en formas o artículos útiles por técnicas de proceso en que intervienen la presión, calor, etc.

En términos generales los materiales plásticos se obtienen por medio de una reacción de polimerización, que consiste en la combinación de compuestos de carbón mediante una catálisis, temperatura o presión. La reacción de polimerización transforma las moléculas simples o monómeros en moléculas gigantes de cadenas largas llamadas polímeros.

Los materiales plásticos se dividen en:

#### 1.- MATERIALES TERMOFIJOS.

Son aquellos materiales que ya endurecidos por acción de la presión, temperatura o catálisis no es posible reblandecerlos por aplicación ulterior de calor, presentándose como materiales infusibles insolubles e incombustibles. Por ejemplo; son materiales termofijos las resinas fenólicas, ureas, poliester, etc.

#### 2.- MATERIALES TERMOPLASTICOS (SEMEJANTES A LA CERA).

Se reblandecen a altas temperaturas, son solubles en ciertos solventes orgánicos, algo inflamables. Ejemplos típicos son las resinas vinílicas, polietileno, poliamidas, etc.

La importancia y desarrollo actual que tienen los materiales plásticos en el mundo es factor determinante para el avance tecnológico e industrial de los países en pleno desarrollo. No obstante que se tienen referencias de que tales materiales fueron registrados por la historia en tiempos remotos, según estudios realizados por Leonard Wooley, quien concluye que 50 siglos atrás en Mesopotamia se usaban la brea y el betún en artículos de orfebrería y lujo. Igualmente la historia del antiguo Egipto registra la existencia de éstos materiales cuya aplicación primordial era en forma de barniz para recubrir los atáúdes de los faraones, ya que la goma laca y el betún poseen mayor resistencia al intemperismo que otros materiales tradicionales.

Profunda huella a través del tiempo han dejado éstos materiales por su intervención de manera indirecta en los grandes cambios y convulsiones que ha sufrido el mundo entero, teniéndose en la actualidad una verdadera revolución industrial de la cual son parte medular.

C A P I T U L O   I I

GENERALIDADES

DE                      L A S

RESINAS FENOL-FORMALDEHIDO

## RESINAS FENOL - FORMALDEHIDO

El desarrollo de los materiales plásticos sintéticos se inició - en el año 1845 con los trabajos realizados por Schoenbein (Suiza), cuya finalidad fué la preparación del nitrato de celulosa. Fué hasta el año 1868 cuando JHON Wesley Hyatt, trituro trapo, madera y papel con ácidos nítrico y sulfúrico obteniendo de esa forma la nitrocelulosa (primer material plástico sintético que se explotó comercialmente) y que aglutinó con alcanfor. El descubrimiento anterior dió por resultado el establecimiento de la primera empresa que explotó al celuloide, la Albany Dental Plate Company que producía piezas dentales a base de celuloide.

Es interesante observar que un material tan peligroso e inestable a la luz solar como lo es la nitrocelulosa, fué el que inició el desarrollo de la próspera y creciente industria de los plásticos; debido a su inflamabilidad la nitrocelulosa fué substituída por el acetato de celulosa--- que fué producido comercialmente durante la primera guerra mundial pero --- preparado desde 1865.

El Dr. Leo Hendrick Baekeland (1863 - 1944) de Yonkers, N. Y. en 1909 patentó su descubrimiento que fué el primer material plástico termofijo. Se trataba de una resina de Fenol y Formaldehido que dió lugar al --- crecimiento rápido de la Industria. Con anterioridad Baeyer (Alemania) en 1872 indicó que la reacción entre el Fenol y los Aldehidos conduce a la -- formación de "cuerpos resinosos", en lugar de productos cristalinos. Como no fué posible controlar ésta reacción, impidió su aplicación hasta el descubrimiento de Baekeland en 1909. Que indicó la importancia de los catalizadores en la velocidad de la reacción y el sentido de la misma, ade--- más de los efectos que tenía la relación molecular entre el Fenol y el Aldehido.

La producción de resinas fenólicas se inició en pequeña escala--- por el año de 1907 y las ventas dieron resultado la formación de la Gene---ral Bakelite Company de N. Y. en 1910.

Baekeland fué autor de "Productos insolubles de Fenol y Formal---dehido, formuló patentes de 1910 a 1912 que usaban resinas Fenol-Formal---dehido para impregnar y hacer laminados. Fué llamado "Padre de los lamina---dos y materiales termofijos" e inició la producción de la Bakelita comer---cialmente. En 1926 al caducar las patentes básicas muchas empresas inicia---ron la producción de éstas resinas, máxime que apareció el fufural que las vino a modificar, creándose nuevas aplicaciones de tal forma que se incre---

mentó grandemente la Industria de los plásticos.

A partir de esa fecha y a medida que avanzan las investigaciones, han surgido nuevos materiales plásticos en el mercado con excelentes propiedades tanto físicas como químicas, no obstante las resinas fenólicas a pesar de su antigüedad siguen jugando un papel medular dentro de la industria por esa razón se les conoce como el caballo de batalla de la industria de los plásticos.

#### APARICION CRONOLOGICA DE LOS PRIMEROS MATERIALES PLASTICOS.

<u>FECHA</u>	<u>MATERIAL</u>	<u>FORMA</u>
1850	caucho	Formas moldeables.
1870	Nitrato de celulosa	Planchas, varillas, tubos, etc.
1895	Composiciones de goma laca.	Formas moldeables.
1909	Composiciones de betún	Mezclas para moldeo en frío.
1909	RESINAS FENOL-FORMALDEHIDO.	Tubos, varillas y piezas coladas.
1910	Lacas de Fenol-Formaldehido.	Capas para cubrir latón.
1910	Resinas Fenol-Formaldehido.	Planchas laminadas.
1911	Resinas Fenol-Formaldehido.	Polvos de moldeo.
1919	Caseína	Planchas, varillas y tubos.
1919	Resinas de cumarona	Compuestos de moldeo.
1928	Resinas fenólicas modificadas.	Tubos, varillas, piezas coladas, etc.

#### PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS.

Comprende llanamente todos los productos de la reacción de polimerización condensante entre los compuestos fenólicos y los aldehidos. Los cuerpos fenólicos pueden ser el Fenol sin substituciones, Cresol, Xilenol, numerosos fenoles con radicales alquilos y arilos en su núcleo bencénico o derivados de origen natural. Los aldehidos pueden comprender el Formaldehido, benzaldehido, furfuraldehido y otros compuestos que contengan grupos metilénicosactivos tal como la hexametilentetramina.

Por la variedad tan notoria de materias primas tanto de Fenoles como de Aldehidos, el número posible de resinas formadas es casi ilimitado

por el cual se comprende lo complejo del campo de las resinas Fenólicas; - más aún si se toma en cuenta la relación mol de Fenol a Aldehído y el tipo de catálisis

Factores secundarios tales como la temperatura de la reacción y orden de - adición de los reactivos tienen influencia menor. Las propiedades de la - resina son modificadas por la adición de varios materiales antes, durante o después de la condensación. Algunos de esos materiales pueden copolimerizar o controlar la reacción en velocidad o dirección.

### C A T A L I S I S.

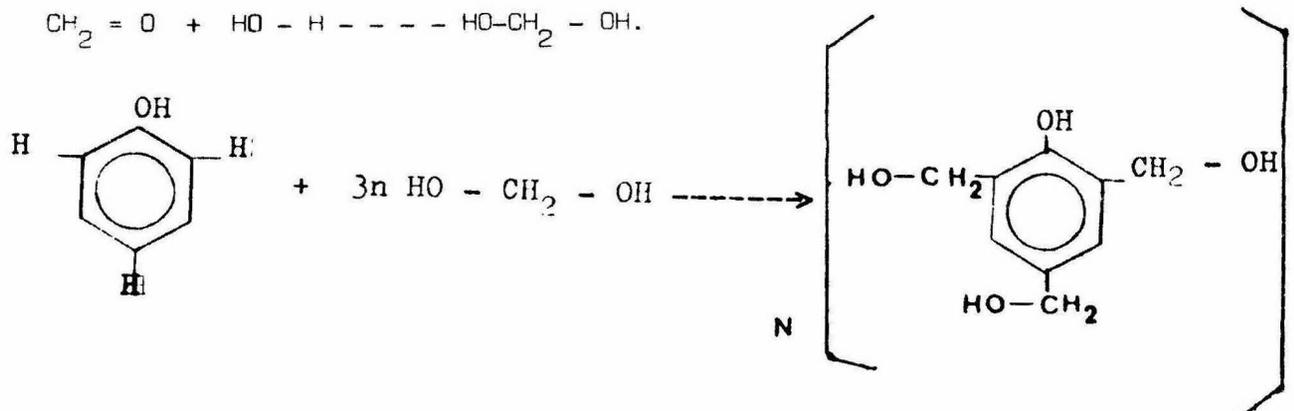
La reacción entre el Fenol y los Aldehídos es lenta por lo cual existen una gran variedad de agentes químicos que la promueven. La cantidad de catalizador se determina en base a la carga de Fenol, de la manera siguiente:

<u>Tipo de catálisis.</u>	<u>% usado</u>
Acida	1 - 3
Alcalina	2 - 6

El catalizador ácido más usado es el ácido sulfúrico por su bajo costo, volatilidad mínima y su fácil manejo, existen otros tales como el - ácido oxálico, fórmico, clorhídrico y fosfórico.

Entre los catalizadores alcalinos se tiene la sosa cáustica el - amoníaco, las aminas primarias y secundarias, el carbonato de sodio, y las soluciones amoniacales.

La reacción general de formación de la unidad monómera de las - resinas Fenólicas es la siguiente:



El mecanismo de adición del Formaldehído al Fenol se basa en que el hidroxilo fenólico activa el anillo bencénico de tal forma que un grupo metilol ( $-\text{CH}_2 - \text{OH}$ ) se inserta en el núcleo en posición Orto y Para respecto a él. Cuando una o más de las posiciones Orto y Para están ocupadas la reacción es lenta y ésta no ocurre al estar saturadas esas posiciones. La presencia de grupos no funcionales en posición meta respecto al hidroxilofenólico tiene un efecto marcado, tal es el caso del aceite de Anacardo cuya cadena lateral de 15 átomos de carbono no incrementa de manera notable la flexibilidad de las Resinas Fenólicas, además esos grupos aumentan en mucho la velocidad de la reacción, mientras que su presencia en posiciones Orto y Para retarda la condensación.

#### DIVISION GENERAL DE LAS RESINAS FENOLICAS.

##### RESOLES

Se producen cuando la catálisis es alcalina, al reaccionar una mol o más de Formaldehído con una mol de Fenol.

Ya iniciada la reacción continúa sin adiciones posteriores de material hasta que la masa llega a ser insoluble e infusible. Estas resinas se conocen como de un paso o resoles.

La naturaleza de los condensados varía de acuerdo al catalizador alcalino usado. Por ejemplo, el amoníaco introduce  $\text{N}_2$  a la molécula del polímero, dando condensados de poca solubilidad en el agua. En la producción de resoles duros se usan diferentes catalizadores sucesivamente.

##### P R O P I E D A D E S

En todos los casos de producción comercial, la reacción se controla en puntos predeterminados, la resina se retira del reactor y se enfría para retardar la reacción final y permitir la preparación de ella según la aplicación o uso determinado que tendrá. En ésta etapa los resoles son líquidos de diversos grados de viscosidad o resinas sólidas duras de acuerdo a la formulación usada.

##### Resinas líquidas.

Color	Rojizas - café
Peso específico	1.15 - 1.30
Ph	6 - 10.
Viscosidad, C.P.	35-5,000.
% de no volátil	55-75.

Tiempo de curado a 150°C.Segs.	30-720
% de Fenol libre	5 - 20
% de Formaldehido libre	2 - 5
Tolerancia de agua	Cero a infinito.

#### Resinas sólidas

Color	Rojizas - café
Flujo en plato inclinado, a 150°C., mm.	5-150 Máx.
Punto de fusión, tubo capilar, °c.	55-85
Tiempo de curado a 150°C., Segs.	35-360
% de Fenol Libre	5 - 15

#### E S T A B I L I D A D.

Los resoles no son estables pues la reacción de condensación -- tiende a continuar hasta que la resina se polimeriza. Por lo que puede -- ser material de horas o meses dependiendo de la formulación usada en su -- producción y de la temperatura de almacenaje.

#### C U R A D O.

El tiempo de curado final que se desea tener en la resina se logra con una elevación de temperatura, cambio del P<sup>H</sup> o ambos. Se puede --- agregar la catálisis cuando se desea velocidad en la reacción de produc--- ción.

#### CONFIGURACION QUIMICA.

Debido al exceso de Formaldehido, las cadenas del polímero formado se presentan en varias direcciones o planos, muchas ocasiones su formación es caótica.

#### N O V O L A C A S.

Si una mol de Fenol se condensa con menos de una mol de Formal-- dehido en medio ácido, la reacción se lleva a cabo rápidamente formando un producto insoluble. En la práctica la reacción de condensación se hace -- entre una mol de Fenol y 0.883 moles de Formaldehido. En este caso, la -- reacción produce una resina, que necesita se le adicione más cantidad de -- grupos metilénicos o sea Formaldehido para que llegue a una etapa insolu-- ble e infusible, por lo que el uso de término "Resina de dos pasos" se -- aplica a ésta clase de producto y el producto de la primera etapa se llama usualmente Novolaca.

Los catalizadores ácidos se neutralizan cuando la reacción de -- condensación se completa, pero la presencia de una sal en la resina no es conveniente para ciertas aplicaciones.

Las Novolacas se consideran termoplásticas pero son demasiado quebradizas para usarse en la práctica como tal, pero es un producto intermedio en la producción de resinas termofijas y gran cantidad de productos -- químicos. Se preparan para usos posteriores adicionando agentes endurecedores, el más común la hexametilentetramina.

#### E S T A B I L I D A D.

Las Novolacas son bastante estables. No se registró cambio alguno después de almacenarlas durante cuatro años a temperatura ambiente y en otro caso, después de mantenerlas una semana a 160°C. Sin embargo, Hoyt -- demostró que si una Novolaca es fabricada con un catalizador no volátil -- como  $H_2SO_4$  o  $H_3PO_4$  y un residuo de éste permanece en el producto dicha Novolaca no es estable a 150°C. o más.

#### P R O P I E D A D E S.

Son ligeramente higroscópicas y deben almacenarse en lugares secos. Luego de agregar la hexametilentetramina, la importancia de su almacenamiento en lugar seco es mayor, pues la humedad favorece la reacción -- con la hexametilentetramina y la resina en polvo endurece.

Las Novolacas son polvos blancos, rosados, amarillos o de color-canela de acuerdo al catalizador usado en la condensación, el metal del -- reactor, el añejamiento de la resina, la pureza del fenol usado y el tiempo de contacto al aire. Otras propiedades se mencionan a continuación.

Punto de fusión, tubo capilar, °C	65 - 95
Tiempo de curado a 150°C., Seg.	45 - 110
Flujo en plato inclinado, mm.	15 - 60
% de Nitrógeno.	3 - 7
% de Hexametilentetramina.	7.5 - 17.5
pH.	6 - 9
% Fenol libre	8 - 11
Solubles en	Alcoholes, cetonas ésteres y soluciones alcalinas.

## CONVERSION

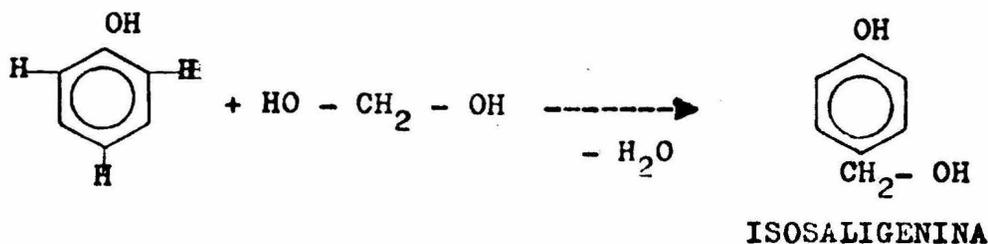
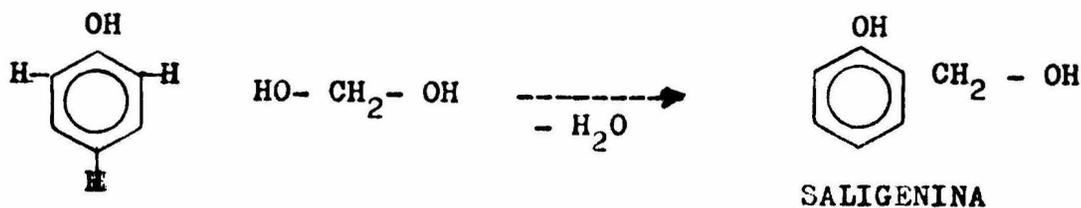
Una Novolaca puede reaccionar con Formaldehído adicional en presencia de un álcali y forma un Resol. La reacción es detenida antes de la etapa final de condensación. Blattner demostró que las Novolacas se convierten en Resoles por calentamiento con hexametilentetramina en presencia de pequeñas cantidades de ácido adípico.

## CONFIGURACION QUIMICA.

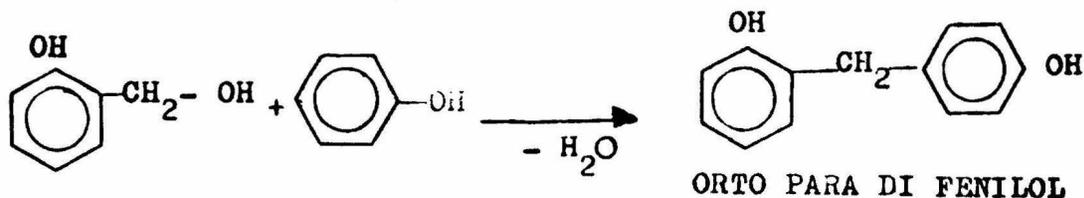
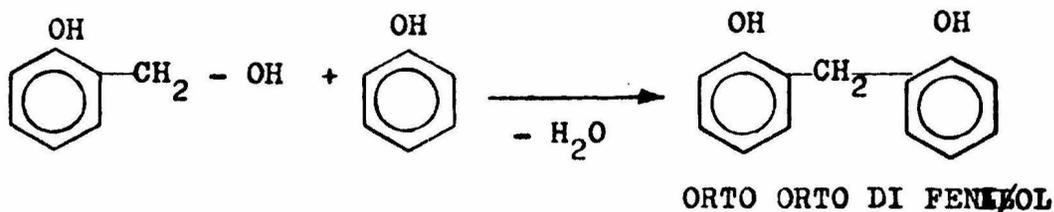
Las Novolacas presentan una estructura lineal en el espacio y tienen de 6 a 8 nucleos bencénicos unidos por radicales metilénicos, su formación lineal no necesita de catalizadores tipo orientante.

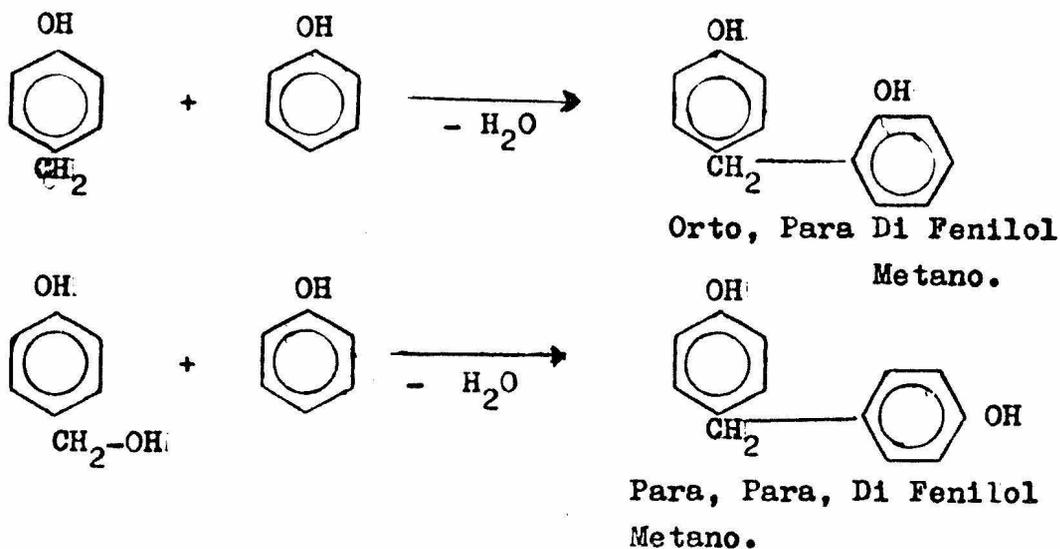
## QUIMIOTECNICAS DE LAS RESINAS FENOLICAS.

Se ha determinado que la reacción forma inicialmente 2 compuestos debido al poder orientante del hidroxilo fenólico hacia orto y para.



La saligenina se produce en un 66% y la isosaligenina tiene un 33% de posibilidades de formación.





Consecuentemente al finalizar la polimerización, se tendrán en los Resoles una variedad de uniones orto-orto, para y orto para respecto al hidroxilo fenólico y en el caso de las novolacas predominarán las uniones orto-orto.

#### RESINAS FENOL/FORMALDEHIDO MODIFICADAS

La producción de resinas fenólicas modificadas representa un 10% del total de las fenólicas producidas. Las resinas fenólicas modificadas se obtienen para los siguientes objetivos:

- 1.- Proporcionarle a las resinas alguna característica en especial tal como la solubilidad, color, propiedades electricas velocidad de curado, estabilidad, ETC.
- 2.- Incrementar la flexibilidad de la resina curada.
- 3.- Reducción de costos.
- 4.- El metodo para modificar las resinas varia según sea está, a).- - Por adición antes de la condensación del fenol y el formaldehido con un compuesto que también condense en esas condiciones.

- b).- Reaccionando un condensado intermedio de Fenol y Formaldehido con --- otro material reactivo.
- c).- Mezclado un condensado intermedio de Fenol y Formaldehido con un se-- gundo material resinoso.
- d).- Agregando un compuesto químico que le proporciona a la resina ciertas propiedades cuando cura.

Las resinas Fenólicas modificadas con rosina, representan el 50% del total producido en años reciente. Los condensados de Fenol y Formal-- dehido se procesan con rosina en la preparación de resina cuyo uso será -- en recubrimiento de superficie, se usan de preferencia los condensados de-- alkilfenoles obtenidos con catálisis alcalina. Las resinas fenólicas para recubrir superficies se modifican con aceites secantes (linaza, anacardo,- etc.) por tratamientos a altas temperaturas.

Las fenólicas modificadas con anilina representan el 7% del gran total y tienen características eléctricas óptimas un gran número de modi-- ficaciones a las Fenólicas han sido propuestas. Los materiales usados de-- mayor interés para formar copolímeros son:

MATERIAL	CARACTERISTICAS
Aminas	Resinas cambiadoras de iones.
Fenoles clorados	Resinas con resistencia a la flama, po-- límeros lineales, menos viscosos y rápi-- dos en el curado.
Derivados ANACARDICOS	RESINAS FLEXIBLES, BUENAS PROPIEDADES - ELECTRICAS.
Nitrometano	Resinas de alto poder adhesivo y termo-- fijas.
Organo-Silicones	Resinas estables a alta temperatura.
Urea o Melamina	Buenas propiedades de molde y laminado.

#### TRATAMIENTO DE INTERMEDIOS.

Algunos de los materiales usados para tratar condensados inter-- medios de Fenol Formaldehido son:

MATERIAL	CARACTERISTICAS
Epiclorhidrina	Dá color y resistencia a los álcalis.
Peróxido de hidrógeno.	Resinas de curado rápido.
Cetonas	Resinas de endurecimiento en frío para adhesivos.
Productos terpenofenólicos	Resinas de alto punto de fusión, y de película muy fuerte.

#### MEZCLA DE RESINAS.

Hay gran similitud entre la mezcla de resinas y las aleaciones de metales. Los objetivos de ambas operaciones son alguna o varias de las siguientes características.

- 1.- Reducción de costos con mínima pérdida de propiedades.
- 2.- Aumentar o disminuir dureza.
- 3.- Aportar resistencia mecánica.
- 4.- Elevar punto de fusión.
- 5.- Aportar resistencia a agentes químicos.
- 6.- Proporcionar características eléctricas.

Las mezclas de varios materiales con resinas Fenólicas han tenido buenos resultados para usos muy específicos, algunos se mencionan a continuación:

MATERIAL	USO
Resinas epoxi	Compuestos de moldeo.
Resinas alcohol-furfurílicas	Resinas con resistencia a solventes --- y álcalis.
Condensados ceto-aldehídicos	Adhesivos para madera.
Resinas de Melamina y urea	Adhesivos
Hules sintéticos o naturales	Compuestos de moldeo o adhesivos.

RESINAS POLIVINIL-ACETALES	Adhesivos especiales, ESMALTES PARA RECUBRIMIENTOS DE TIPO ELECTRICO.
Resinas naturales, ácido abiético, copal, etc.	Usos generales.
Cloruro de Polivinilo	Aislamiento eléctrico.

#### EQUIPO DE PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS.

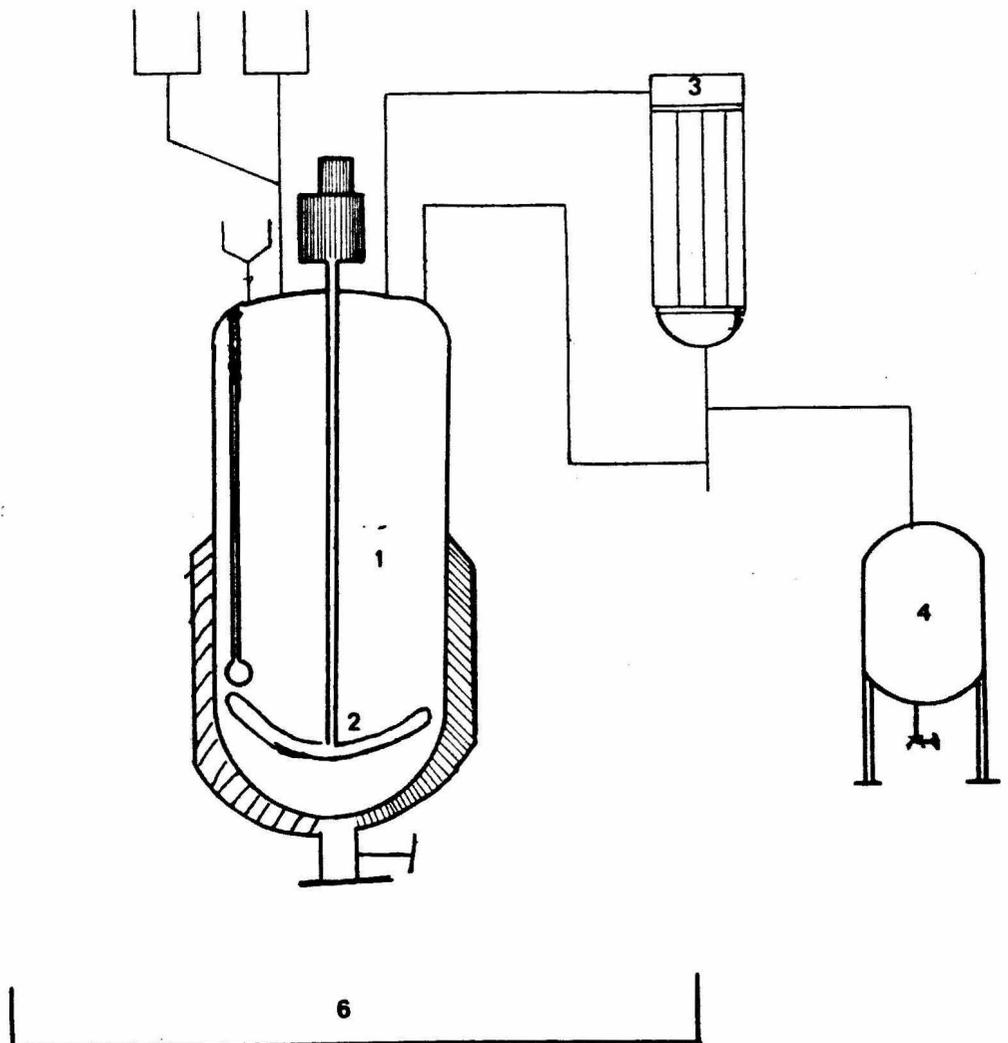
El equipo que en la industria se utiliza para la producción de resinas Fenol-Formaldehido está compuesto fundamentalmente por las siguientes unidades:

- 1.- Ractor con chaquetas para enfriamiento o calentamiento.
- 2.- Sistema de agitación de ancla integrado.
- 3.- Condensador.
- 4.- Tanque receptor de condensados.
- 5.- Termógrafo.
- 6.- Charola de descarga.

Para el funcionamiento perfecto del equipo industrial usado en la producción de Resinas Fenólicas, es necesario controlar los siguientes factores:

- 1.- Que el proyecto y la elección del sistema de agitación sea el correcto.
- 2.- El condensador y la bomba exterior se deben ajustar a las condiciones de trabajo.
- 3.- El reactor por su forma y materiales de construcción, debe favorecer el íntimo contacto de las materias reaccionantes.
- 4.- Determinar el tiempo de reacción preciso de la resina.
- 5.- Pureza apropiada de los materiales usados en la fabricación.

El reactor apropiado debe contar con los siguientes factores:



EQUIPO PARA LA PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS.

EQUIPO PARA LA PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS.

- a).- Un área máxima de intercambio de calor.
- b).- Su diseño debe favorecer el coeficiente total de transmisión del calor.
- c).- Los fenómenos de reflujo y deshidratación se deben acelerar contando con el diseño apropiado de sus tuberías; dependiendo esto último de la capacidad del reactor y de la resina producida.
- d).- Disponer de un control adecuado para la operación del reactor.
- e).- Medios de seguridad.

LA PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS PRESENTA OBSTACULOS TALES COMO:

- 1.- Formación de espumas en la masa reaccionante, llegando a ensuciar los conductos de reflujo o respiraderos.
- 2.- Depósito en las paredes del reactor de las resinas ya frías en los ciclos de enfriamiento.
- 3.- Son sensibles a la agitación turbulenta o vigorosa y al corte directo ejercido por el medio de agitación.

SISTEMA DE AGITACION.

Para resinas Fenólicas la agitación es lenta; los agitadores --- que se usan pueden ser de ancla, paletas o de herradura. El agitador de paletas presenta una mayor área de agitación y dá una mayor continuidad a la operación de mezclado del centro del reactor a la periferia. La primera paleta por seguridad estará colocada a 50 cm. abajo del nivel de carga del reactor. No usan rascadores de paredes en los brazos de agitación, para evitar desprendimientos de partículas que originan chispas, además del consumo extra de un 20 % de potencia, debido a la fricción con el reactor.

FACTORES MECANICOS EN LA CONSTRUCCION DEL REACTOR.

- 1.- Material de construcción.
- 2.- Forma
- 3.- Tamaño de aberturas (descarga, reflujo, respiradero, mirillas, entrada de hombre).

- 4.- Medios de suspensión o estructura.
- 5.- Medios de calentamiento y enfriamiento.
- 6.- Espesores de paredes requeridos en las distintas zonas del reactor.

Los factores antes mencionados son función de:

- a).- Propiedades del producto por fabricar.
- b).- Condiciones de la reacción.
- c).- Influencia del factor económico.
- d).- Costo de producción.
- e).- Duración probable del equipo, etc.

Los materiales de construcción son seleccionados de acuerdo a:

- 1.- Efectos del material sobre las propiedades físicas de la resina producida.
- 2.- Efecto corrosivo de las materias primas que entran en la formulación.
- 3.- Velocidad de corrosión del material.
- 4.- Pérdida de resistencia mecánica admisible por cambios de temperatura.

Para resinas Fenólicas puras o modificadas los materiales de construcción son los siguientes:

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1.- Níquel                          | 5.- Mónel.      |
| 2.- Aluminio                        | 6.- Incónel     |
| 3.- Cobre                           | 7.- Acero dulce |
| 4.- Aleaciones Cromo-Níquel-Hierro. |                 |

Corrosión característica en la producción de Resinas Fenólicas:

Condiciones: Temperatura = 275°C.,  $\theta$  = 240 horas durante 30 días.

Material: Penetración en mm. por año Penetración en mm. por año de funcionamiento continuo: en servicio medio.

Níquel	0.138	0.0423
Mónel	0.053	0.0123
Incónel	0.012	0.0043

Los materiales más favorables para la construcción de reactores son por lo antes dicho aleaciones cromo-níquel-hierro (En especial el acero inoxidable 18-8), incónel, mónel, etc. Además no muestran cambio aparente en la resistencia mecánica entre 25° y 316°C.

Medios de calentamiento para la producción de Resinas Fenólicas.

- 1.- Aplicación de elementos de resistencia eléctrica a la parte externa -- del reactor.
- 2.- Circulación de fluidos a través de la camisa exterior.

Jamás deberá usarse calentamiento a fuego directo.

Este medio de calentamiento lo determinan los siguientes factores:

- a).- Temperatura de la catálisis.
- b).- Cantidad de energía térmica necesaria en el proceso.
- c).- Rapidez de calentamiento.

Consideraciones que indican la importancia del uso de una camisa exterior completa de intercambio de calor.

- a).- Presenta mayor superficie de calentamiento o enfriamiento.
- b).- Reduce la necesidad de tener una temperatura mayor para copensar las zonas descubiertas.
- c).- La ventaja que presenta al formarse corrientes internas, que producen mayor transmisión de calor.

#### IDENTIFICACION DE RESINAS FENOLICAS.

Análisis a la flama.

Método: Se acerca el plástico a la parte inferior de la flama reductora para observar en el resto de la misma el color producido, así como el olor que se desprende y los humos que se volatilizan.

**Resultado:** Los compuestos fenólicos no producen llama alguna el artículo conserva su forma, tiene olor a Formaldehído y a Fenol el humo que desprende, en ocasiones presentan coloración amarilla debido a impurezas de sodio.

**Pirólisis de tubo.**

**Método:** En el fondo de un tubo de ensaye, se coloca una pequeña porción de muestra y se somete el tubo a calentamiento directo en la parte inferior, se observan los cambios que sufre la muestra a mayor temperatura, así como los vapores desprendidos en la parte fría del tubo en cuyos labios se coloca un papel tornasol azul y otro rosado humedecido con agua destilada para determinar la reacción ácida o alcalina de los vapores.

**Resultado:** Las Fenólicas funden difícilmente, luego se descomponen y ciertos tipos se hinchan, otros revientan primero y luego se descomponen. Sus vapores son blancos pardos con reacción ácida algunos y otros alcalina.

**Reacción de Lieberman - Storch.**

**Método:** Es una confirmación del análisis a la flama y de la pirólisis en tubo. Una pequeña muestra se pone en una cápsula y se cubre con anhídrido acético, se añaden una o dos gotas de  $H_2SO_4$  concentrado y se observan durante media hora los colores o tonalidades que se forman en la mezcla y sobre la superficie del plástico.

**Resultado:** Las resinas Fenólicas presentan tonalidades rojas.

**SOLUBILIDAD:**

Algunos tipos de Resinas Fenólicas se disuelven en anilina y nftol a  $160^{\circ}C.$ , otros solo parcialmente se solubilizan en piridina y tetracloroetano.

**Lámpara de rayos ultravioleta:**

Las Fenólicas se identifican por un color verde olivo oscuro o violeta oscuro, otras con una totalidad azul pálida.

**COMPONENTES TIPICOS DE LOS MATERIALES PLASTICOS INTEGRADOS.**

La parte medular de un material plástico es la resina propiamente dicha, además según el tipo o uso final el material tiene cargas, catalizadores, plastificantes, estabilizadores, solventes, lubricantes, colorantes,

etc., todos éstos componentes tienen asignada una función específica dentro del material ya integrado.

#### C A R G A S.

Se usan por 2 razones: 1o. Para modificar, mejorar o introducir una o más propiedades deseadas en un material plástico o para hacerlo más adecuado a determinados usos. 2o. Reducción del costo del artículo producido, sustituyendo parte de los materiales químicos con materiales menos costosos.

Las cargas son de dos tipos generales:

1.- Orgánica.

2.- Inorgánicas o Minerales.

Son cargas Orgánicas: La harina de madera (muy usual), fibra y viruta de madera, copos de algodón, fibras vegetales (lino, cáñamo, yute, palma, tallos de maíz), cáscaras de granos o nueces molidas, harina de corcho, etc.

Las cargas Inorgánicas o Minerales son: Asbesto en polvo, fibra de asbesto, mica, talco molido, grafito, cuarzo, calcita, carbón, yeso, -- polvo de mármol, harina de basalto, granito, feldespato bauxita, cal, bióxido de titanio, fibra de vidrio, polvo de aluminio o de hierro.

#### C A R G A S    O R G A N I C A S.

La carga más generalizada para las Resinas Fenólicas es la harina de madera debido a su bajo costo y fácil manejo. Aunque a mayor porcentaje de carga menor brillo tendrá y la suavidad del acabado decrece.

#### CARGAS INORGANICAS O MINERALES.

Estas cargas producen en el plástico mayores dificultades en el moldeo y pastillaje, en cambio proporcionan mayor resistencia al agua y al calor, un coeficiente de dilatación calorífico menor, menos contracción al moldeo. Esta clase de cargas se utilizan cuando la dureza es más importante que la resistencia mecánica.

En especial el asbesto y la mica aumentan la resistencia al arco-eléctrico (son grandes dieléctricos). Cuando son de especial importancia las propiedades eléctricas y la resistencia al calor, la carga de mica molido se usa en las resinas Fenólicas con la siguiente proporción: 66 % de-

carga por 34 % de resina. La mica como carga presenta las siguientes ventajas: buenas propiedades eléctricas, gran resistencia al calor, facilidad en la impregnación, baja absorción de humedad, bajo peso específico, - carece de efectos abrasivos sobre moldes y matrices, conserva el color claro a elevadas temperaturas y es inerte a álcalis, ácidos y solventes.

#### CATALIZADORES.

Son sustancias que fomentan o alteran la velocidad de la reacción entre 2 reactivos. Generan un rendimiento mayor de las reacciones, - solo basta su presencia en muy pequeñas cantidades. En el caso de las Resinas Fenólicas para llevarse a cabo la reacción de condensación se usan - como catalizadores: amoníaco, soluciones amoniacaes, KOH o NaOH cuando - la catálisis es alcalina y  $H_2SO_4$  ácido oxálico, HCL, etc. si es ácida.

El carácter del catalizador define el tipo de compuesto fenólico-resultante y su naturaleza. El concurso de un catalizador en la reacción- implica la formación de un compuesto intermedio que al reaccionar con un - segundo reactivo provoca la formación del compuesto final.

#### ENDURECEDORES.

Son compuestos que o bien aceleran el endurecimiento de varios -- materiales plásticos o aumentan la dureza de los mismos y en ocasiones hacen ambas cosas a la vez; algunos actúan catalíticamente y otros por combinación química con los plásticos. Para Resinas Fenólicas se tienen los- siguientes endurecedores:

Acidos;  $H_2SO_4$ , HCL,  $HNO_3$ , oxálico y succínico.

Alcalis;  $NH_3$ , sales de amonio, hexametilentetramina.

Sales; Sales neutras de titanio,  $FeCl_3$   $SnCl_2$  .  
 $BiCl_3$ , etc.

#### LUBRICANTES.

Son compuestos que se agregan al material plástico para evitar -- que las piezas moldeadas se queden adheridas al molde o matriz. Son aceites, ceras, sales de ácidos grasos. Se aplican los lubricantes a los mol-- des o se incorporan directamente al material plástico. Para los plásticos Fenólicos el lubricante es incorporado al material de moldeo; se mencionan como lubricantes el aceite de linaza, ácido esteárico, jabones metálicos,- etc.

## SOLVENTES Y PLASTIFICANTES.

El objeto de los solventes en una formulación de cualquier material plástico es cortar bruscamente la polimerización del compuesto dentro del reactor, de tal manera que el material sea preparado debidamente para su uso final. También su función consiste en proporcionarle al material - una parte volátil que se elimina al polimerizar totalmente. Para las Resinas Fenólicas se usa el Tolueno (gran consumo), además el Xileno, Benceno y algunos alcoholes como el Metanol y otros.

Los plastificantes juegan un papel primordial en los materiales - plásticos, su función es proporcionar o incrementar la flexibilidad necesaria al plástico, para que el artículo terminado no se presente rígido y sí tenga resistencia a esfuerzos mecánicos y sea flexible.

El plastificante más conocido es el dibutil ftalato y otros tales como el butano-diol, dioctil ftalato.

## OBJETIVOS Y USOS FINALES DE LAS RESINAS FENOLICAS.

Para establecer una clasificación aproximada de los usos finales de las Resinas Fenólicas se parte del estado físico en que se presentan es decir:

- a).- Resinas Fenólicas sólidas o polvos. (Novolacas).
- b).- Resinas Fenólicas líquidas (resoles).

Las Resinas Fenólicas poseen casi todas las propiedades y características necesarias, para su aplicación en extensos campos que llegan a -- ser miles, desde la formación del teléfono familiar, bases para radios o -- tableros electrónicos, cajas de televisión, agitadores de lavadoras, ins-- trumentos, moldes, matrices y piezas industriales, laminados decorativos, -- dieléctricos (varios grados), elementos de fricción particularmente para -- frenos y embrague de automóviles, barnices industriales de tipo eléctrico -- para bobinas, cables magnetos, cubiertas aislantes, para sistemas de encen -- dido en aeroplanos, en recubrimientos protectores, hasta para formar parte de adhesivos y pegamentos además de insecticidas, recubrimiento de arenas -- para la industria de la fundición.

Todas las aplicaciones mencionadas se basan en las característi-- cas que presentan las resinas Fenólicas, siendo las principales:

- a).- Buen comportamiento cuando son sometidas a altos voltajes así como -- cambios bruscos de temperatura entre amplios límites.

- b).- Buena resistencia a agentes químicos, tales como solventes, álcalis - y ácidos.
- c).- Buena resistencia a la humanidad.
- d).- Conservan un alto porcentaje de su resistencia luego de someterlos a temperaturas extremas.
- e).- Resisten los efectos cortantes, muy estables en cualquier medio.
- f).- En especial los polvos son maquinales (como madera, vidrio, etc.), - presentan resistencia a la tensión, comprensión e impacto y en gene--ral a esfuerzos mecánicos.

C A P I T U L O   I I I

G E N E R A L I D A D E S

D E      L A S

A R E N A S   D E   F U N D I C I O N

## ARENAS DE FUNDICION

GENERALIDADES.- El espacio destinado a recibir al metal líquido, se llama MOLDE. En la fundición del hierro y del acero se emplean dos tipos de moldes: MOLDES PERMANENTES en casos muy especiales, Estos moldes - están fabricados de metales o aleaciones de los mismos, con la característica principal de soportar las temperaturas tan elevadas del hierro y del acero los cuales tienen un punto de fusión demasiado elevado.

MOLDES PERDIDOS.- Generalmente para este tipo de moldes se emplean arenas arcillosas, empleándose estos moldes para una sola vez, puesto que se les destruye una vez efectuada la "Colada", es decir el vaciado del metal líquido en el molde.

El presente estudio está destinado al recubrimiento de arenas para este tipo de Moldes Perdidos.

A continuación se mencionan las características que deben reunir estas arenas.

- A). Ser plásticas.- Es decir deben permitir una preparación fácil y cómoda del molde. De la plasticidad depende que el material de moldes reproduzca de manera exacta la forma del moldeo original.
- B). Tener cohesión y resistencia con el objeto de poder reproducir y conservar la reproducción del modelo.
- C). Resistir la acción de las temperaturas elevadas es decir refractorios con el objeto de poder soportar el efecto de la Colada sin que se produzcan desmoronamientos o fracturas en el molde a causa del metal líquido.
- D). Tiene que ser porosa.- Poseer una permeabilidad suficiente para dejar escapar los gases que se desarrollan durante la "Colada" por la acción del calor sobre el mismo molde si estos gases no tienen salida a través del molde, pueden destruirlo.
- E). Disgregarse fácilmente para permitir la extracción y pulimentado de las piezas es decir deben ser disgregables.

Los materiales dotados de estas cualidades se encuentran en la Naturaleza clasificados como arenas de Fundición las cuales están constituidas por granos de cuarzo (Bióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) muy refractario y por-

arcilla (Silicato hidratado de aluminio cuya fórmula aproximada es  $(2 \text{ Si} - \text{O}_2, \text{ Al}_2, \text{ O}_3, 2 \text{ H}_2\text{O})$ ) que es el elemento de unión y confiere plasticidad y disgregabilidad al molde la estructura granular propia de la arena asegura la permeabilidad. Por lo cual la uniformidad propia de los granos de la arena es de mucha importancia.

La proporción normal de sílice en las arenas de moldeo es de 80 a 90%, el contenido necesario de sílice en la arena de moldeo depende de las características de las piezas a fundir, cuanto más grueso las paredes de las piezas tanto más elevado debe ser el contenido de sílice en la arena. La sílice resiste temperaturas de hasta 1400°C y se funde a unos 1600°C.

Una primera clasificación de las arenas naturales puede basarse en su contenido de arcilla:

- 1). Arenas arcillosas o tierras grasas cuyo contenido de arcilla es superior al 18%.
- 2). Arenas Arcillosas. Tierras semi grasas cuyo contenido de arcilla es del 8 al 18%.
- 3). Arenas Arcillosas. Tierras magras cuyo contenido de arcilla es de 5 al 8 %.
- 4). Arenas Silíceas cuyo contenido de arcilla es inferior al 5% en este caso.

Una segunda clasificación puede hacerse atendiendo a la forma del grano.

- 1). ARENA DE GRANO ESFEROIDAL.
- 2). ARENA DE GRANO ANGULADO.
- 3). ARENA DE GRANO COMPUESTO.

Finalmente en relación con las dimensiones del grano:

- 1). Arena de grano grueso.
- 2). Arena de grano medio.
- 3). Arena de grano fino.

## ORIGEN DE LAS ARENAS DE FUNDICION

Las arenas de fundición tienen un origen común. La roca madre de la cual derivan es el granito, compuesto de feldespato, cuarzo y mica.

El feldespato (silicato doble de aluminio y potasio o sodio) actúa de sustancia aglomerante de la mica y el cuarzo; bajo la acción tenaz y constante de los agentes atmosféricos, se disocian los dos silicatos que componen el feldespato. El silicato de aluminio, al hidratarse se convierte en arcilla, mientras que los silicatos de potasio o sodio (como tales transformados en carbonatos por la acción del anhídrido carbónico del aire) son arrastrados por las aguas meteóricas. De este modo se han constituido los vastos depósitos de arenas naturales las cuales por otra parte, presentan características distintas según el proceso de disgregación éste más o menos avanzado (en este último caso existen residuos de Feldespato, que es fusible y disminuye la refractariedad de la arena) y que la disociación se haya realizado en el mismo lugar donde se encuentra la arena -- (arenas arcillosas naturales por porcentajes variables de arcilla) o condiciones de transporte que forman depósitos distintos de arena silicea y de arcilla.

No siempre puede emplearse la arena en la fundición tal y como llega de los depósitos, sino que debe someterse a algunos procesos de modificación que se efectuarán después de una serie de pruebas adecuadas para el estudio de las características técnicas. El conjunto de estas pruebas lo mismo que las destinadas a comprobar las características del material.

Los casos más importantes de modificación de las arenas se presentan cuando se procede a la mezcla de arenas de tipo diverso (sea para variar la distribución del grano, sea para rebajar o reforzar la arena) o bien a la adición de aglomerantes.

En el primer caso se trabajan arenas naturales y en el segundo caso arenas sintéticas o aglomerantes que se obtienen partiendo de arenas siliceas lo más puras posibles a las cuales se les añaden diversos porcentajes de sustancias aglutinantes.

El uso de arenas sintéticas se ha incrementado notablemente en el último decenio y su empleo creciente se justifica con las inegables ventajas que presentan respecto a las arenas naturales.

## CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ARENAS

Las características técnicas de una arena que interesan más conocer y comprobar son:

a) LA REFRACTARIDAD.- La refractaridad de una arena se determina por la temperatura a la cual puede someterse sin presentar signos de fusión. La refractaridad es función del contenido de sílice que la arena contenga, cuyas características, por otra parte, resultan siempre modificadas por la presencia de otros elementos.

El punto de vitrificación de una arena disminuye en proporción inversa a su contenido en otros materiales.

El grado de refractaridad que se exige de una arena de fundición depende naturalmente del metal que deba colarse.

La arena para acero debe resistir temperaturas de 135°C a 1400°C; las arenas para aleaciones de metales no ferrosos deberán resistir temperaturas de 850°C a 1400°C.

b) COHESION O RESISTENCIA.- La resistencia de una arena es consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de la humedad.

La resistencia se puede establecer por medio de cuatro pruebas que determinan las cargas de rotura por comprensión, por tracción por flexión, y por cortadura; la más importante es la primera por que indica si la arena, al moldearse, será capaz de soportar las fuerzas a que será sometido el molde durante las diversas operaciones. La resistencia a la cortadura corresponde al índice de plasticidad. La forma del grano de arena influye grandemente sobre la cohesión en igualdad de condiciones una arena de grano anguloso presenta una cohesión o resistencia menor que una arena de granos redondos, por que en esta última las superficies de contacto son mayores.

En igualdad de forma la resistencia queda influida por el tamaño de los granos. En general las resistencias más elevadas se obtienen con arenas de granos muy gruesos o muy finos.

En el primer caso la superficie total de los granos es menor que la de una arena de granos finos y por lo tanto el revestimiento de arcilla de los granos resultará de más espesor, confiriéndole con ello mayor -

cohesión; en el caso de la arena fina se tendrá una capa ligera en torno a los granos, pero en compensación, serán mucho más numerosas las superficies de contacto.

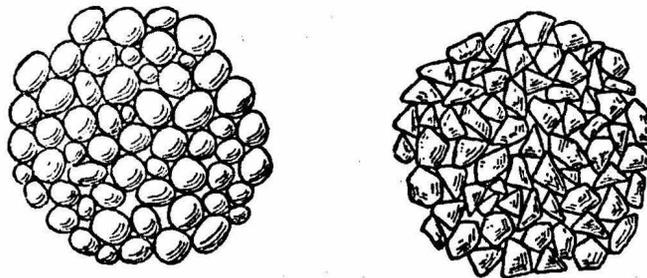
Por las mismas razones del juego de las superficies de contacto, también la distribución granulométrica de la arena influye en su resistencia, una arena muy uniforme presenta una cohesión menor que otra arena distribuida en un mayor número de cedajos o tamices.

c) LA PERMEABILIDAD.- La permeabilidad - - - - - es la propiedad que permite a la arena ser atravesada por los gases y que permite la evacuación de éstos del molde en el momento de la colada.

La permeabilidad es de una gran importancia si es escasa la evacuación del gas resulta muy difícil o casi imposible, provocando la ebullición del metal líquido y la consiguiente formación de "ampolladuras" en la pieza colada. La permeabilidad queda establecida en fun---ción del volúmen de los huecos existentes en una arena aglutinada.

En consecuencia depende de la forma, tamaño y distribución de los granos de arena.

La forma de los granos incluye por regla general de manera opuesta a lo que podría creerse, una arena de granos redondos tiene teóricamente un número de huecos mayor que otra de granos angulosos; pero en realidad la segunda es más permeable que la primera porque los granos angulosos se comprimen unos contra otros menos apretadamente que los granos redondos.



LA ARENA DE GRANOS ANGULOSOS (A LA DERECHA) TIENE MAS VOLUMEN DE HUECOS QUE LA DE GRANOS REDONDEADOS Y POR LO TANTO, ES MAS PERMEABLE.

C) Tamaño y distribución de granos. Para determinar el tamaño de los granos de una arena se efectúa el análisis granulométrico para - este objeto se procede previamente a la separación de los materiales - arcillosos por medio de la livigación después de lo cual el residuo lavado compuesto solamente de granos de sílice se deja secar, se pesa - - (100 gramos por ejemplo) y se hace pasar a través de una serie de cedazos metálicos de mallas decrecientes.

Se pesan las cantidades de arena, contenidas en cada cedazo y se establece el reparto porcentual de los granos en una forma como la siguiente:

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE GRANOS DE ARENA  
SEGÚN EL SISTEMA A.F.S.

TAMIZ N°	APERTURA DE LA MALLA (µm)	FACTOR K
6	3,36	3
12	1,68	5
20	0,84	10
30	0,59	20
40	0,42	30
50	0,297	40
70	0,210	50
100	0,149	70
140	0,105	100
200	0,073	140
270	0,053	200
Recipiente	---	300

NÚMERO DE FINURA DEL GRANO	CLASIFICACIÓN Grado	NÚMERO DE FINURA DEL GRANO	CLASIFICACIÓN Grado
200 a 300	1	40 a 50	6
140 a 200	2	30 a 40	7
100 a 140	3	20 a 30	8
70 a 100	4	15 a 20	9
50 a 70	5	10 a 15	10

TABLA 4

EJEMPLO PARA EL MÉTODO A.F.S. DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE GRANOS DE ARENA

TAMIZ N°	Residuo sobre tamiz gr.	Factor K	Producto (gramos x K)
6	---	3	---
12	---	5	---
20	0,78	10	7,8
30	6,50	20	130,0
40	7,0	30	210,0
50	1,50	40	60,0
70	0,97	50	48,5
100	0,40	70	28
140	0,26	100	26
200	0,15	140	21
270	0,06	200	12
Recipiente	0,14	300	42

TOTALES: 17,70

579,3

$$\text{Número de finura de grano} = \frac{579,3}{17,7} = 32,6$$

El ensayo mismo se efectúa en un aparato en el cual el juego de tamices está sometido a un movimiento oscilatorio y vibratorio según el método A.F.S. Este movimiento debe durar 15 minutos.

FIGURA DEL APARATO



CEDAZOS EN COLUMNA EN SERIE DECRECIENTE DE MALLAS: AL CABO DE UNOS MINUTOS DE SACUDIMIENTO, LA ARENA SE DISTRIBUYE ENTRE LOS CEDAZOS SEGUN LAS DIMENSIONES DE LOS GRANOS.

El movimiento se obtiene por medio de un motor eléctrico que impone a los tamices un movimiento giratorio. Un brazo con movimiento alternado aplica golpes leves sobre la parte superior del tamiz.

El juego de tamices normalizados por la A.F.S. que se emplean en este aparato tiene un diámetro de 200 m.m. y una altura de 25.4 mm.

De acuerdo con el sistema establecido por la American Foundry—min's Society (A.F.S.) de los Estados Unidos de Norte América, los granos — se clasifican de la siguiente manera.

Se hace pasar la arena sucesivamente por once tamices, numerados— el tamiz con la abertura de la malla más grande lleva el número 6 es decir tiene 6 mallas por pulgada lineal, mientras que el tamiz más fino lleva el número 270.

El peso del residuo de cada tamiz y el peso de la arena caída al— recipiente se multiplica por un factor "K" cuyo valor depende del tamiz en— cuestión se suman todos estos productos y finalmente se divide esta suma — por el peso total de la muestra ensayada.

De esta manera se obtiene el número de finura del grano, este nú— mero indica el número de mallas, por pulgada lineal por el cual pasaría la— arena de moldeo si tuviera un tamaño uniforme de grano, a continuación — veremos un ejemplo para mayor comprensión de este método.

Análisis granulométrico de arena A

NÚMERO	MALLA mm	FACTOR	RETENIDO		PRODUCTO
			Gramos	%	
6	3,360	3	0	0	0
12	1,680	5	0	0	0
20	0,840	10	0,5	1	10
30	0,590	20	1,8	3,6	72
40	0,420	30	8	16	480
50	0,297	40	17	34	1360
70	0,210	50	11	22	1100
100	0,149	70	3,5	7	490
140	0,105	100	1	2	200
200	0,074	140	0,3	0,6	84
270	0,053	200	0	0	0
fondo		300	0,5	1	300
Total		gramos	43,6	87,2	4096
Arcilloide		»	6,1	12,8	
		gramos	50	100 %	

Índice de finura 4096 : 87,2 = 47.

Las series unificadas de cedazos más usadas son las Americanas de la A.F.S. (American Foundry Min's Society) la cual está constituida por once cedazos numerados correlativamente, cada uno de los cuales se caracteriza por un determinado tamaño de mallas y las FISCHER compuestas de siete cedazos correspondientes a las normas DIN Alemanas.

**Características de los cedazos A.F.S. y de los cedazos Fischer**

SERIE A.F.S.			SERIE FISCHER (DIN)	
Número del cedazo	Apertura de malla mm	Factor $\alpha$	Número del cedazo	Apertura de malla mm
6	3,36	3	—	—
12	1,68	5	4	1,50
20	0,84	10	6	1
30	0,59	20	10	0,6
40	0,42	30	—	—
50	0,297	40	20	0,50
70	0,210	50	30	0,20
100	0,149	70	—	—
140	0,105	100	60	0,10
200	0,074	140	—	—
270	0,053	200	100	0,06
fondo	—	300	fondo	—

d) FLUIDEZ DE LA ARENA.- Gracias a la cual llena todos los huecos del molde o modelo de metal.- Es evidente que cuanto mayor sea la fluidez de la arena tanto más fácilmente podrá ser comprimida en sus justos límites, un grado excesivo de fluidez es perjudicial por que en tal caso la arena, se comprime demasiado, el molde resulta demasiado duro y no puede absorber la dilatación que provoca en la arena la acción del absorber la dilatación que provoca en la arena la acción del calor. De este modo se pueden producir grietas en la superficie del molde.

VALORES NUMÉRICOS DE PROPIEDADES DE ARENAS DE MOLDEO PARA DISTINTAS CLASES DE FUNDICIÓN DE HIERRO Y DE ACEBO

CLASE DE FUNDICIÓN	Humedad %	Permeabilidad	Compresión en verde (kg)	Deformación (mm)	Arcilla %	Figura N° (según A. F. S.)
<i>Gris Liviano</i> Moldeo al descubierto . . . . .	6,5 a 8,5	10 a 15	2,5 a 3,5	0,4 a 0,5	10 a 12	200 a 180
<i>Gris Liviano</i> Moldes apisonados . . . . .	6 a 7,5	18 a 25	2,8 a 3,5	0,4 a 0,5	12 a 14	120 a 87
<i>Gris Mediano</i> Arena sintética . . . . .	5,5 a 7	40 a 60	3,5 a 4	0,2 a 0,35	11 a 14	86 a 70
<i>Gris Pesado</i> Arena verde o seca . . . . .	4 a 6	50 a 80	4 a 4,5	0,3 a 0,4	4 a 10	75 a 55
<i>Fundición Liviana Maleable</i>	4 a 6,5	80 a 120	3,5 a 4	0,3 a 0,4	8 a 13	61 a 50
<i>Fundición Pesada Maleable</i>	6 a 8	20 a 30	3,5 a 3,8	0,4 a 0,5	8 a 13	120 a 92
<i>Acero Liviano</i> Arena verde . . . . .	5,5 a 7,5	40 a 60	3,5 a 4,3	0,3 a 0,45	8 a 13	85 a 70
<i>Acero Pesado</i> Arena verde . . . . .	2 a 4	125 a 200	3,5 a 3,8	0,5 a 0,8	4 a 10	55 a 45
<i>Acero</i> Arena seca . . . . .	2 a 4	130 a 300	3,5 a 3,8	0,5 a 0,8	4 a 10	62 a 38
<i>Acero</i> Arena seca . . . . .	4 a 6	100 a 200	3,5 a 3,8	0,8 a 1	6 a 12	60 a 45

Consideraciones generales. Durante la segunda guerra mundial se ha patentado en Alemania un nuevo procedimiento de moldeo que se está aplicando en la actualidad, en escala siempre creciente, tanto en Europa como en los EE.UU. de Norteamérica.

En Alemania se conoce este método de moldeo bajo la denominación de Proceso Croning, o simplemente Proceso C, según el apellido de su inventor J. Croning. En los EE. UU. de Norteamérica se lo denomina Shell-Molding Proceso, lo que podríamos traducir como proceso de moldeo con envoltente o sencillamente: moldeo en cáscara.

En el moldeo en cáscara se recurre a materiales secos, a saber: - arena seca y resina sintética, termofraguable, a base de fenol y formaldehído, ó a base de urea y formaldehído, resina que sirve para conglomerar la arena de modo que forme un casco rígido.

Primero se prepara una mezcla de resina y arena en un mezclador adecuado. Luego, se vierte esta mezcla sobre un modelo previamente calentado, fabricado de metal, o bien se la inyecta en una cavidad formada por modelos, o en una caja de noyo, ambas precalentadas. El ó los modelos, o la caja de noyo con el molde de cáscara se colocan inmediatamente en una estufa de calentamiento en la cual la resina sintética se endurece. Finalmente se separa la cáscara del modelo o de la caja de noyo, quedando la misma lista para el uso.

De esta manera se obtienen rápida y económicamente moldes de forma de cáscaras, de un espesor de 3 a 10 mm. Al igual que en los procedimientos convencionales, los moldes se hacen en dos o más secciones de separación vertical y horizontal. Las secciones deben tener espigas y agujeros, respectivamente, para que puedan alinearse con precisión; se unen las secciones con dispositivos mecánicos, o se pegan con una sustancia adhesiva, a fin de dejar el molde listo para la colada.

Como veremos más adelante, reúne este nuevo procedimiento ventajas indiscutibles en comparación con el método clásico de moldeo, o sea, el moldeo en arena.

Elementos principales necesarios. Para la preparación de este tipo de moldes se precisan los cinco elementos principales detallados a continuación:

Arena.

Una sustancia para poder desprender el molde del modelo.

Un líquido para eliminar el polvo provocado por las partículas finas de la arena y resina.

Una placa-modelo.

Veamos a continuación las características y propiedades de estos elementos.

Arena. No todas las arenas empleadas en el moldeo clásico pueden utilizarse en este procedimiento. Debe recurrirse a una arena más fina -- que la necesaria para el moldeo en arena verde: la misma debe ser seca, -- libre de arcilla y de sustancias orgánicas. Es importante que tenga un -- alto porcentaje de sílice, para asegurar su calidad refractaria (98% o -- más).

El número de finura de la arena que da los mejores resultados debe ser de A.F.S. 160 (tamaño de los granos, termino medio, de 0,1 a 0,15-mm).

Como regla general, que cuanto más fina sea la arena empleada, -- tanto mejor será la terminación de la pieza fundida. La permeabilidad del molde, indispensable para poder evacuar los gases desarrollados durante el procedimiento de colada, se obtiene por el agregado de resina. Ahora bien, como una arena fina reduce la permeabilidad del molde, hay que agregar mayor porcentaje de resina a la mezcla, cuando se fundan metales de alto --- punto de fusión deberá recurrirse a una arena más gruesa, para asegurar -- la ventilación del molde.

Otro factor importante para el éxito del procedimiento consiste -- en la forma y la distribución adecuadas de los granos de la arena. Arenas con granos de forma redonda o con cantos redondeados dan los mejores resultados; además, deben ser de un tamaño uniforme.

Por recientes investigaciones se ha establecido que al fundir metales de alto punto de fusión, es aconsejable agregar a la arena algunas -- sustancias para mejorar sus propiedades refractarias. En particular, el -- agregado de un porcentaje relativamente pequeño de zirconio mejora considerablemente la calidad de la arena.

Como ya se ha dicho, es esencial que la arena esté completamente-secaca así pueden obtenerse moldes de una resistencia elevada con un agregado mínimo de resina.

Resina. Se emplea una resina sintética termofraguable, en polvo, preparada en base de urea, o bien, de fenol y de formaldehído. Esta resina debe poseer la propiedad de fundir primero y luego endurecerse actualmente se da preferencia a las resinas fenólicas por su comportamiento y -- costo. Esta clase de resinas tienen como característica importante que se endurecen bajo la acción del calor en forma irreversible, es decir: una -- vez endurecidas por el calor no se ablandan más (véase la baquelita que se prepara también a partir del fenol y del formaldehído).

El polvo de resina debe ser uniforme y capaz de reproducir las -- partes del modelo, aun las más complejas. Del tamaño de las partículas -- del polvo depende la resistencia a la flexión del molde de cáscara: cuanto más fino sea el polvo, tanto más resistente resultará el molde. Un polvo de buena calidad debe componerse de partículas cuyo diámetro término medio sea de 10 a 25 micrones.

Durante el procedimiento de moldeo la resina está sujeta a tres -- modificaciones en sus propiedades físicas. Primero, la resina en polvo se funde y se pone líquida.

Luego, la resina líquida se transforma en un material sólido, -- elástico, similar a la goma. Finalmente, este material elástico se endurece progresivamente para transformarse en una sustancia dura, resistente e insoluble; es imposible transformarla nuevamente a su estado líquido, quedando dura bajo todas las temperaturas. A la temperatura de 260°C empieza a descomponerse lentamente; esta descomposición es acelerada al aumen-- tar la temperatura.

La mezcla arena-resina se efectúa en la proporción siguiente:

para cada 100 kg. de arena se agregan de 3 a 10 kg. de resina, dependiendo el porcentaje exacto de la clase de resina empleada (casi siempre es suficiente un 6 a 7 % de resina).

Sustancia para el desprendimiento del molde. La sustancia para -- el desprendimiento del molde juega un papel importante en el proceso. Sin la misma, la separación de la cáscara endurecida del modelo de metal sería imposible. A este respecto se han probado gran cantidad de material, ta-- les como cera, gomas, silicones, etc.

Actualmente deben considerarse las emulsiones a base de silicones como las sustancias que mejor resultado han dado para este fin. Estas soportan temperaturas elevadas no se carbonizan y resultan económicas en el uso, puesto que se precisan únicamente cantidades muy pequeñas.

Líquido para la eliminación del polvo. Durante la preparación de la mezcla de arena fina y la resina pulverizada, se levanta un polvo debido a las partículas finas de la resina. Este fenómeno es no solo molesto, sino también perjudicial para la salud de los operarios. Para eliminar en lo posible este inconveniente, se agrega a la mezcla arena-resina una pequeña cantidad de alguna sustancia que reduzca la segregación de la resina sin modificar las otras propiedades físicas o químicas de la mezcla.

Podemos mencionar para tal objeto algún aceite mineral liviano, - kerosene, parafina u otro líquido similar.

Placa Modelo.- Las placas-modelo utilizadas en la preparación de moldes de resinas sintéticas están sometidas durante el proceso a temperaturas que pueden oscilar entre 200° y 750°C. Es por lo tanto necesario -- fabricarlas de metal; se recurre con preferencia al hierro gris aleado, al acero dulce, o a una aleación de cobre-níquel. Para una producción en -- serie más pequeña, se utilizan con frecuencia placas-modelos fabricadas - de aluminio.

Los metales mencionados tienen una resistencia abrasiva suficiente y una capacidad elevada para soportar temperaturas altas, no sufriendo modificaciones en sus dimensiones durante el procedimiento de moldeo, en - el cual están calentados y enfriados alternativamente. Para obtener pie-- zas fundidas de buena calidad, es importante que las superficie de la placa modelo sea perfecta. Cualquier imperfección, por insignificante que sea, - se reproduce exactamente en el molde.

### Desarrollo del proceso para preparar moldes de "cáscara".

#### 1.- DESCRIPCION:

La arena preparada para la fabricación de moldes y corazones utilizando el proceso de Shell, se logra de varias formas, que son básicamente las siguientes: El proceso en frío, y el proceso en caliente.

Se puede usar dos tipos de resinas: La sólida que puede ser en - polvo o en escamas, y la líquida.

En este proceso se usará la preparación de frío y resina en polvo.

#### 2.- MATERIAS PRIMAS:

- a) Arena sílica de alto contenido de Sílica. Con una fineza A.F.S. 50/55 de grano angular no redondo, ya que ésta sufre fracturas cuando se pro

duce el choque térmico.

Bajo contenido de finos y de arcilla.

- b) Estearato de Calcio, como lubricante.
- c) Alcohol de tipo industrial.

### 3.- EQUIPO:

- a) Molino de arena tipo Simpson, Mulbaro, Porto Muller, o mezcaldor Clear field.
- b) Aereador de tipo horizontal con soplado de aire seco o caliente.

### 4.- PROCEDIMIENTO DE OPERACION:

- A) Pese la arena y vacíe la mitad en el molino.
- b) Pese el Estearato de calcio, la resina y vacíelo en el molino sobre la arena.
- c) Agregue la arena restante.
- d) Mezcle durante un minuto más o menos.
- e) Agregue el alcohol.
- f) Muélase hasta que casi todos los grumos blandos hayan sido desbaratados hasta la fineza original de la arena. Aproximadamente de 10 a 20 minutos.
- g) Gripe la mezcla de arena.
- h) Pásela por el aereador.

### 5.- PROPORCIONES:

100 Kg. de Arena Sílica.

3  $\frac{1}{2}$  Kg. de Resina en polvo.

250 gr. de Estearato de Calcio en polvo.

1  $\frac{1}{2}$  lts. de Alcohol industrial.

NOTA: El empleo de arena más fina, aumenta el contenido de resina.

### 5.- TIEMPO DE MOLIENDA:

Debido a que los ciclos de mezcla y molienda varían considerablemente con el tipo de molino usado, no puede proporcionarse datos específicos.

cos de la dureción de este ciclo. Generalmente varía de 4 a 25 minutos.

Deberá sin embargo evitarse el excesivo tiempo de molienda ya que esto provocará una menor resistencia a la tensión, debido a que la resina se empieza a desprender de la arena.

El recubrimiento de la arena se lleva a cabo muy rápidamente.

El recubrimiento con la resina se completa cuando la mezcla --- en el molino alcanza un punto de humectación máximo, variando el tiempo-- según el tipo de molino, porcentaje empleado de resina, solvente y tamaño del lote.

El molino de Simpson, que es el más común, el máximo punto de -- humectación se tiene en unos 2 minutos, mientras que en un Speed Muller, -- se logra en 15 segundos aproximadamente.

A partir de este punto, el proceso es únicamente de secado. El -- ciclo de secado puede ser acelerado soplando aire, ya sea seco o caliente-- en el molino durante el proceso. Si se usa aire durante el secado para -- acelerar este período, debe ser después que la mezcla ha alcanzado su máxi-- mo punto de humectación.

#### 7.- TIEMPO Y TAMAÑO DE LOTES EN MOLINO:

##### MOLINO

a) Simpson	1 $\frac{1}{2}$	100-180 Kg.	10-12 minutos
b) Simpson	1 $\frac{1}{2}$	300-450 Kg.	12-25 minutos
c) Simpson	3	500-900 Kg.	15-20 minutos
d) Speed-muller	30	100-180 Kg.	4-6 minutos
e) Speed-ller	80	500-900 Kg.	4-6 minutos

#### 8.- AEREADA:

Las mezclas hechas en cualquier tipo de mezclador, son secas y no se observan pegajosas; sin embargo, pueden tener cierta facilidad de aglomerarse en grumos; éstos son suaves y fáciles de romper, pero aún así, deben evitarse. Para ello se puede prolongar el ciclo del molino, pero a -- expensas de pérdidas de resistencia a la tensión por lo que debe procederse con el debido criterio.

Otra forma de eliminar la tendencia a formar grumos, es aereando la arena recubierta, soplando aire seco o caliente.

Una malla A.F.S. No. 30, es generalmente satisfactoria para cribar la arena.

La criba debe colocarse en tal forma que la arena caiga a través del aire de 90 a 1.50 cm.

Esta cribada eliminará los últimos grumos o partículas de arena - que tienen tendencia a aglomerarse.

Si se cirba excesivamente arena recubierta, se observará una disminución de resistencia a la tensión, fenómeno parecido al observado cuando hay excesiva molienda, por la abración del recubrimiento resinosos de las partículas de arena.

Esta abración o erosión, provoca la presencia de resina pulverizada libre en la muestra y esta resina puede ser mejor observada, pasando la mano a través de la mezcla varias veces.

Si hay resina libre, un depósito blanco aparecerá en los dedos.

#### o.- GRUMOS.

Cuando no hay cribas disponibles y adecuadas, los grumos de arena y resina se convierten en un problema serio. La mejor solución en este caso, es cribar la arena recubierta a través de la malla A.F.S. No. 30 y separar la arena aglomerada, cuando se acumule una cantidad suficiente de estos grumos, se puede recuperar haciendo una carga en el molino con las siguientes proporciones:

200 Kgs. de arena preparada aglomerada.

2.5 Lts. de Alcohol industrial.

Y procésece como una carga normal.

Al humedecerse al material aglomerado con el solvente, se desintegrara instantáneamente.

No se requieren adiciones de resina. Las características de resistencia a la tensión del material reprocesado, son exactamente iguales-

a las del material original.

Los lotes defectuosos de arena procesada por errores del solvente o molienda, pueden ser reprocesados en la misma forma.

Durante el reproceso de arena es recubierta y restaurada con sus características normales.

#### 10.- CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA.

Es una creencia común en las fundiciones, que las resistencias altas obtenidas con arenas recubiertas, se deben al hecho de que las partí--culas de arena se recubren completamente por la resina, produciendo un pun--to de contacto más frecuente y más fuerte. Esto es dudoso. Las más altas resistencias se obtienen debido a que si se procesa correctamente una are--na recubierta, se obtendrá siempre un producto de mayor densidad que una --mezcla seca.

Esta mayor densidad se debe principalmente al hecho de que la re--sina se adhiera en la superficie del grano de arena en forma de una pelí--cula fina y uniforme, y en tanto el recubrimiento permanezca parejo, los --granos de arena se juntarán entre sí.

Cuando el recubrimiento se encuentra picado y áspero, los granos--de arena aumentarán ligeramente en tamaño y no quedarán juntos con tanta --adherencia. Como resultado, la densidad disminuirá.

En una mezcla seca los granos de arena estarán separados a mayor--distancia, por partículas de resina en estado seco al curar, el puente de--resina entre ellos es mayor.

Las mezclas secas por lo tanto, serán siempre de mayor densidad --que las arenas recubiertas y los productos de moldes de cáscara o concha--obtenidos, serán de diferente densidad que los elaborados con mezclas se--cas. Esta diferencia de densidad entre una mezcla seca y una arena recu--bierta, es de aproximadamente de un 20%.

A medida que disminuye la densidad como resultado de una sobre mo--lienda o cribado excesivo, los resultados son que la resistencia a la trac--ción tendrán que disminuir. Es por lo tanto muy importante que siempre se--haga una compración de resistencias, se haga con una densidad similar. --Siempre que se hagan pruebas de resistencia a la tracción o resistencia --transversal, pese las probetas de arena y registre las diferencias encon--tradas.

### 11.- PRUEBAS DE ARENAS RECUBIERTAS:

Se ha hecho un considerable trabajo en establecer métodos de pruebas adecuados para evaluar la resina y la arena recubierta.

Pruebas estandar, tales como: Punto de fusión, de flujo, y de curado.

Son útiles para rechar la uniformidad de diferentes embarques de lotes de resina.

No hay ninguna correlación posible entre los resultados de resistencia a la tensión y la capacidad de la mezcla de arena para producir --- vaciados satisfactorios.

Sin embargo, las pruebas de resistencia a la tensión señalan:

- a) Diferencias de resistencia entre varias resinas.
- b) Diferencias de resistencias en el empleo de diferentes arenas.
- c) Permite verificar uniformidad de la producción de arena recubierta.
- d) El control de la resistencia minimizará las rupturas por manejo de los moldes.

La experiencia práctica, indica que los moldes de cáscara una resistencia a la tensión de 250 PSI, es la mínima tolerable.

Para los corazones se puede tolerar menor resistencia a la tensión; ésta es del orden 200 PSI.

Esto se debe de determinar en base a la experiencia, es decir ---\* dependiendo del tipo de piezas que esté uno fabricando.

### 12.- LUBRICACION DE LOS MODELOS:

Las arenas recubiertas con resinas, en virtud del lubricante que se ha agregado con el Estearato de calcio a la mezcla, proporciona un desprendimiento muy fácil del modelo, pero en muchos casos puede usarse sin separador. Sin embargo en algunas ocasiones un lubricante adicional es requerido cada 15 ó 30 moldes hechos.

Para este propósito debe usarse separadores estandar, tales como silicones o emulsiones.

### 13.- SOPLADO:

En algunas operaciones de moldeo por soplado o corazones soplados, es deseable que la mezcla esté ligeramente húmeda, para obtener un óptimo llenado de un molde.

Esto puede obtenerse agregando a la arena recubierta seca aproximadamente  $1.0 \text{ cm}^3$  Kerosene por cada kilo de arena recubierta.

Se le debe agregar al molino goteando lentamente y moliendo durante uno ó dos minutos.

C A P I T U L O VI

R E S U L T A D O S

Y

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

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

El principal objetivo fué desarrollar una nueva resina de Fenol--formaldehido que reuniera grandes ventajas en comparación con las resinas--actuales, como es.

Facilidad de operación, ahorro de tiempo de movimientos, abati---miento en los costos y la obtención de un producto final con mayor calidad para lo cual era necesario que reuniera las siguientes características.

Buena resistencia a la tracción con un mínimo de resina, que la --resistencia fuera lo suficiente para que las "cáscaras" formadas se pudie--sen emplear tanto en metales ferrosos como no ferrosos.

Que la resina en su formulación incluya un humectante que elimina la adición de alcohol u otros líquidos, además de procesos posteriores co--mo lo es pasarlo por tamices vibratorios etc, etc.

Durante la preparación de la mezcla de arena y resina pulverizada, se levanta un polvo debido a las partículas finas de la resina. Este fenó--meno no solo es molesto, sino también perjudicial para la salud de los ---operarios, además de una pérdida de resina. El humectante deberá evitar --este problema sin modificar las otras propiedades físicas o químicas de la mezcla arena-resina.

Además deberá contener un desmoldante que facilite el desprendi---miento de la cáscara formada en la máquina en un porcentaje tal que la mez--cla arena-resina no pierda su fluidez.

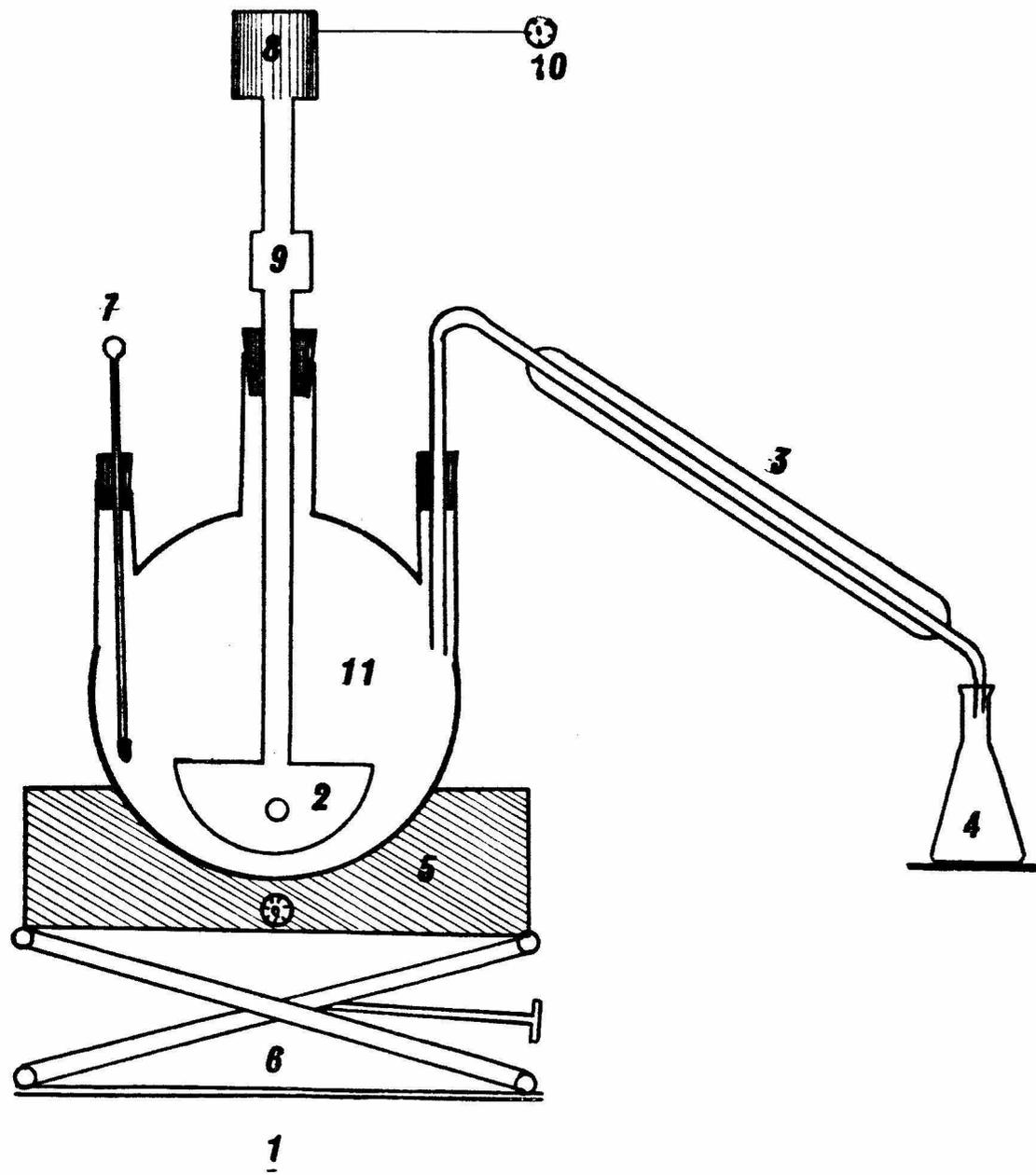
Para llevar a cabo el proceso experimental se considero pertinente procesar varios lotes de la resina fenol-formaldehido del tipo novola--cas; con el objeto de determinar que cambios se producen en la resina al--hacer variar los porcentajes del donador metilénico (Hexametilentetramina) y del humectante, así como la cantidad de desmoldante. Finalmente evaluar los resultados y especificaciones finales como son: Temperatura de fusión, tiempo de curado, prueba de resistencia a la tracción en caliente de la --mezcla arena resina.

METODO DE PRODUCCION. En un matraz de bola de tres bocas ó reac--tor piloto, se cargan a la temperatura ambiente las materias primas previa--mente pesadas de acuerdo a la estequiometria de la reacción; primeramente--se adiciona el fenol previamente fundido, formol, ácido oxalico, se conec--ta el agitador y se inicia el calentamiento, por ser la reacción exotérmi--

ca al llegar el lote a la temperatura de 50 ó 60 grados se corta la fuente de calor; la reacción continua por si misma hasta alcanzar la temperatura de 92 grados, a está temperatura empieza a reflujar, se mantiene el reflujado durante dos horas con treinta minutos. A continuación se pone a destilar a presión atmosférica; observandose que a medida que se elimina agua la temperatura de fusión de la resina formada aumenta. El proceso de polimerización avanza con incrementos en la viscosidad, y el color lechoso de la solución inicial empieza a desaparecer a medida que avanza el tiempo de reacción, la temperatura de fusión de la resina también aumenta por lo cual se recomienda sacar muestras y determinar su temperatura de fusión en el aparato de Fisher a intervalos de 15 minutos primeramente y a medida que pasa el tiempo de reacción a intervalos más cortos (3 a 5 minutos) hasta que el polimero formado ha alcanzado la temperatura de fusión deseada. Finalmente el lote se descarga en una charola de aluminio y se deja enfriar a temperatura ambiente.

- 1.- EQUIPO DE LABORATORIO PARA LA OBTENCION DE RESINAS FENOLICAS.
- 2.- Agitador.
- 3.- Refrigerante.
- 4.- Matraz Erlenmeyer.
- 5.- Canastilla de calentamiento.
- 6.- Elevador.
- 7.- Termometro.
- 8.- Motor de velocidad variable.
- 9.- Conección agitador-motor
- 10.- Swich.
- 11.- Matraz de bola de tres bocas.

EQUIPO DE LABORATORIO PARA LA  
OBTENCIÓN DE RESINAS FENÓLICAS.



## ESTEQUIOMETRIA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

Fenol.	1599	gramos
Formaldehido	1075	"
AC. Oxalico	8	"
	<u>2682</u>	gramos

$$\text{Peso Molecular del Fenol.} = \frac{94 \text{ g}}{\text{g mol}}$$

$$\text{Peso Molecular del Formaldehido.} = \frac{30 \text{ g}}{\text{g mol}}$$

$$\text{Moles} = \frac{\text{Mesa}}{\text{Peso Molecular}}$$

$$\text{Moles de Fenol} = \frac{1599 \text{ g}}{94 \text{ g mol}} = 17 \text{ g Moles}$$

$$\text{Moles de Formol} = \frac{1075 \times 0.377 \text{ g}}{30 \text{ g mol}} = 13.5 \text{ "}$$

La prueba de resistencia a la tracción es controlada bajo las siguientes condiciones:

La galleta de fundición está formada por:

Arena 80 - 90 A.F.S.	90.5 %
Resina Novolaca	4.5 %
Tiempo de mezcla	10 minutos
Tipo de molino	Chileno

La galleta es formada y probada en el aparato "GF" para medir --- resistencia de corazones de fundición en caliente que opera en las siguientes condiciones:

Temperatura de la placa metálica.	150 grados centígrados
-----------------------------------	------------------------

Tiempo de prueba al corte	3 minutos
	4
	5

RESINA	EXPERIMENT, 1	TEMP. DE FUSION	O/ O DE HEXA	2 TEMP. DE FUSION	TIEMPO DE CURADO EN SEGUNDOS	RESISTENCIA A LA TRACCION. EN Kga/cm <sup>2</sup>		
						3'	4'	5'
NOVOLACA 1	70	10	76	46 - 51	2.5	3.5	4.1	
NOVOLACA 2	70	12	78	42 - 45	3.7	4.8	5.2	
NOVOLACA 3	70	14	81	39 - 39	6.3	7.2	8.4	
NOVOLACA 4	70	16	83	30 - 33	6.6	7.3	8.7	
NOVOLACA 5	70	18	85	26 - 29	6.5	7.3	8.6	
NOVOLACA 6	80	10	86	42 - 45	7.5	8.3	9.1	
NOVOLACA 7	80	12	89	38 - 40	8.1	9.3	10.4	
NOVOLACA 8	80	14	92	32 - 35	10.0	11.6	12.8	
NOVOLACA 9	80	16	103	25 - 28	10.3	11.6	12.8	
NOVOLACA 10	80	18	107	18 - 22	10.7	12.0	13.1	
NOVOLACA 11	90	10	97	39 - 42	9.0	11.5	13.6	
NOVOLACA 12	90	12	102	34 - 37	12.5	15.0	18.0	
NOVOLACA 13	90	14	105	28 - 31	14.2	19.3	23.5	
NOVOLACA 14	90	16	108	23 - 25	15.0	20.1	23.9	
NOVOLACA 15	90	18	112	16 - 19	15.3	20.5	24.2	
NOVOLACA 16	95	10	108	22 - 25	13.0	16	22.6	
NOVOLACA 17	95	12	112	16 - 19	11.6	17.2	21.6	
NOVOLACA 18	95	14	116	12 - 15	2.7	1.4	0.2	
NOVOLACA 19	95	16	121	6 - 9	NO DA RESISTENCIA			

De los valores obtenidos anteriormente se deduce lo siguiente:

- a) El aumento en la resistencia a la tracción de la mezcla arena resina - es una relación directa con el aumento en el % del donador metilénico.
- b) Un aumento mayor del 14 % del donador metilénico no es recomendable de bido a que lo único que se consigue es disminuir el tiempo de curado - de la resina sin mejorar en forma notoria un aumento en la resistencia a la tracción de la mezcla arena resina.
- c) Por lo cual el valor más recomendable de Hexametilentetramina es del - 14 %.
- d) A mayor deshidratación de la resina el punto de fusión de la misma aumenta.
- e) Una resina demasiado deshidratada como la que se obtuvo al final (Temp. de fusión 95°C) no es recomendable por su poca aceptación de hexame--- tilentetramina, y baja resistencia a la tracción en la mezcla arena -- resina.
- f) La resina que mejores resultados da es la de temperatura de fusión de- 90°C, y 14% del donador metilénico.

FLUENCIA.- Es la propiedad de la arena que impide la formación de huecos falsos en la superficie del molde, debido a los grumos de arena, la fluencia adecuada para una arena de proceso shell deberá ser de 90 obteniéndose superficies del molde uniformes, por el contrario una arena con un valor de fluencia de 75 requerira mayor energía de apisonado y las superficies de la pieza fundida seran de calidad inferior.

RESINA	TEMP. DE FUSION	% DE HEXA	% DE HUMECTANTE MINERAL	FLUIDEZ DE LA ARENA-RESINA- HUMECTANTE
NOVOLACA	90	14	3.0	161
NOVOLACA	90	14	4.0	148
NOVOLACA	90	14	4.5	132
NOVOLACA	90	14	5.0	118
NOVOLACA	90	14	5.5	96
NOVOLACA	90	14	6.0	83
NOVOLACA	90	14	6.5	72
NOVOLACA	90	14	7.0	59

De lo anterior se deduce que la concentración optima del humectante mineral sera de 5.5 a 6.0 %.

De los datos experimentales evaluados anteriormente se concluye que la mejor resina del novolaca es aquella que tiene una temperatura de fusión de 90°C a la salida del reactor (1); con el 14% de Hexametilentetramina y el 5.8% de aceite mineral.

A continuación con resina del tipo novolaca de las especificaciones mencionadas anteriormente se evaluará la concentración del derivado graso (estearato de calcio) haciendo las determinaciones de resistencia a la tracción y resistencia al desmolde.

Derivado Graso %	RESISTENCIA A LA TRACCION. Kg/cm <sup>2</sup>			RESISTENCIA AL DESMOLDE. Kg/cm <sup>2</sup>		
	T - 250 C			T - 250 C		
	3'	4'	5'	3'	4'	5'
	15.1	20.1	23.9	3.5	4.8	6.2
.5	15.3	20.6	24.2	2.2	3.1	5.5
1.0	15.2	20.5	24.0	1.8	2.7	4.6
1.5	13.8	18.0	21.0	1.6	2.5	4.0
2.0	13.0	16.8	18.3	1.2	2.0	3.2

La concentración del derivado graso metálico debe ser de --- 0.5%, un exceso del mismo provoca disminución en la resistencia a la tracción de la mezcla arena resina, aceite mineral y estearato de calcio.

C A P I T U L O V

D E S A R R O L L O

E X P E R I M E N T A L

### Ventajas del procedimiento del moldeo en "cáscaras".

Esté método puede emplearse para una producción en serie de piezas fundidas de alta calidad a un costo que casi siempre puede competir con el de otros métodos de fundición. Además se debe tener en cuenta que los equipos requeridos para el proceso son relativamente económicos, puesto que pueden utilizarse hasta para una producción en serie instalaciones sencillas. Es exacto que las placas-modelo en comparación con el costo de los modelos de madera utilizados en el moldeo clásico con arena resultan caras. Sin embargo, como las mismas tienen una vida más prolongada, su costo recarga poco el precio total de cada pieza fundida.

Se destacara a continuación las ventajas más importantes de las técnicas del moldeo con resinas sintéticas.

Los moldes se adaptan tanto para la fundición de metales ferreos como no ferreos (En particular para aluminio, Bronces al Estaño, Latones y Magnesio).

Pueden prepararse con la misma facilidad moldes complejos y sencillos.

Todos los moldes pueden elaborarse de una composición uniforme y exacta.

Puesto que se trata de un proceso automático no requiere de operarios especializados.

Las piezas fundidas poseen una exactitud elevada lo que significa el ahorro de operaciones costosas de ajuste con máquinas herramientas.

Los moldes pueden almacenarse sin dificultad, esté factor es importante ya que permite la preparación de los mismos de manera independiente de la producción es decir pueden formarse stock de moldes determinados.

Está resina obtenida es un producto ideal para aplicarse en los sistemas Shell Molding usado en la fundición moderna donde se requiere de una velocidad de producción elevada y de una fluidez optima en las arenas preparadas.

La fluidez en la arena es debida al agente humectante ya integrado en la resina y permite obtener cáscaras uniformes evitando al máximo rugosidades y poros en la pieza formada.

## VENTAJAS GENERALES QUE PRESENTA ESTA RESINA

- a).- Reduce los gastos de operación y mano de obra debido a que se presenta lista para mezclarse con la arena es decir, para llevar a cabo la mezcla únicamente es necesario poner la resina en presencia de la arena y mezclar.
- b).- La mezcla arena resina se hace totalmente en frío, al no hacer necesario calentar la arena para su recubrimiento ahorra gastos de combustible.
- c).- El material obtenido de la mezcla arena resina es de fácil manejo y de uso directo de la mezcladora a la máquina formadora de corazones, esta mezcla como ya se mencionó anteriormente tiene incluido un humectante y un desmoldante por lo que la pared de los corazones que se obtienen es más tersa, dando mejor acabado a las piezas fundidas.

## VENTAJAS GENERALES QUE PRESENTA ESTA RESINA

- a).- Reduce los gastos de operación y mano de obra debido a que se presenta lista para mezclarse con la arena es decir, para llevar a cabo la mezcla únicamente es necesario poner la resina en presencia de la arena y mezclar.
- b).- La mezcla arena resina se hace totalmente en frío, al no hacer necesario calentar la arena para su recubrimiento ahorra gastos de combustible.
- c).- El material obtenido de la mezcla arena resina es de fácil manejo y de uso directo de la mezcladora a la máquina formadora de corazones, esta mezcla como ya se mencionó anteriormente tiene incluido un humectante y un desmoldante por lo que la pared de los corazones que se obtienen es más tersa, dando mejor acabado a las piezas fundidas.

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

Textbook of Polymer Science

Fred Billmeyer.

Interscience of Jhon Wiley.- First Edition.- New York. 1962

Phenolic Resins.

K. Ptitchett.

Published for Plastics Institute London. 1957.

Phenolic Resins Chemistry

L. Megson

Butterworths Scientific Publications.- First Ed.

London. 1958.

Principles of High - Polymer Theory and Practice.

Aois. X. Schmidt and Charles.

Mc Graw Hill Book Company. Inc.

New YorK 1960.

Handbook of Plastics

Herbert. P Simons and James.

D. Van Nostrand Company, Inc. Second Ed.

New York 1958.

Apuntes del curso Industrial de Plásticos y Silicones

Q. Julio Terán Zavaleta

Facultad de Química, U.N.A.M.

Méx. D. F. 1967.

Plásticos y su Identificación.

Carlos Martin Wirth.

Director de control "The Sidney Roos Co.

Méx. D. F. 1962.

Plastics Technol. 12 (10), 54 (Oct. 1966).

Mod. Plastic. 44 (5), 125, Enero 1967).

Manual de Arenas para Fundición.

American Foundrymen's Society, Inc.

Illinois, E. U. A. 1967.

Molding Sand Test

American Foudry Society. 1960.

Problemas in Sampling and Sieva Testing Sand.

A.F.S. Transactions, Vol. 70, 1962.