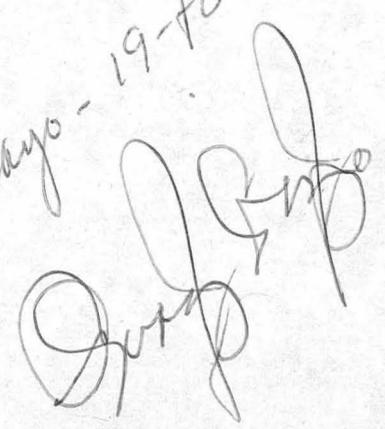


DZCWS
500.00

W 31

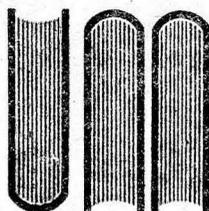
Mayo - 19-78


Original

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Clasif.
070.668
G 984p
1978



UNIVERSIDAD
DE MONTERREY

Jelio

801065

Título:

PRODUCCION DE RESINAS FENOLICAS FENOL FORMALDEHIDO

PROGRAMA DE EVALUACION FINAL
REPORTE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO ADMINISTRADOR
PRESENTADO POR:

Autor: JAVIER GUTIERREZ ELIZONDO

MONTERREY, N. L.

MAYO DE 1978

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

A MIS PADRES

Sr. Pedro Gutiérrez González

Sra. Blanca Elizondo de Gutiérrez

A quienes les debo tantas cosas
buenas, así como la culminación
de mis estudios profesionales.

A MIS HERMANOS

Pedro Luis Gutiérrez Elizondo
Blanca Laura Gutiérrez Elizondo
Susana Gutiérrez Elizondo *

Con todo cariño, por su ayuda
durante toda mi carrera.

* Especiales gracias por el mecanogra-
fiado de este trabajo.

A MIS MAESTROS

Con todo respeto y
agradecimiento.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

A MI NOVIA

Blanca M.

Con todo mi amor.

Por su comprensión y estímulo.

I N D I C E

	PAG.
1.- INTRODUCCION - - - - -	1
2.- DESCRIPCION DEL PROCESO - - - - -	6
3.- BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA - - - - -	9
4.- DIAGRAMA ESQUEMATICO - - - - -	20
5.- EQUIPO ELEMENTAL - - - - -	21
6.- LOCALIZACION DE LA PLANTA - - - - -	22
7.- ESTUDIO ECONOMICO - - - - -	30
8.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES - - - - -	33
9.- APENDICES	
A) CONSTANTES FISICAS - - - - -	34
B) PROPIEDADES DE LAS RESINAS - - - - -	35
10.- BIBLIOGRAFIA - - - - -	39

INTRODUCCION

Las resinas fenólicas, llamadas también fenoplásticas y resinas del alquitrán de hulla comprenden las resinas y plásticos fabricados con fenoles y aldehídos. En este grupo de resinas se pueden encontrar las de fenol-furfural, resorcinol-formaldehído y otras similares, pero las más abundantes e importantes son las de fenol-formaldehído, siendo el estudio de éstas el objetivo de éste trabajo.

La condensación de fenoles con aldehídos en medio ácido fué descrita por primera vez como reacción general por Baeyer (1872), y años más tarde en 1883, Michael encontró que también los catalizadores alcalinos activaban ésta condensación. Baekeland entre 1905 y 1909 designó tres etapas en los productos del proceso de resinificación con los nombres de "etapa A" para los de resinificación inicial, "etapa B" para los de la intermedia y "etapa C" para el producto de condensación final. También introdujo nuevas técnicas de moldeo de resinas, siendo ésto, base para el desarrollo de la industria de las resinas fenólicas. La precursora de esta industria fue la General Bakelite Company, empresa que empezó con la fabricación de la resina fenólica termoendurecible - llamada Bakelita.

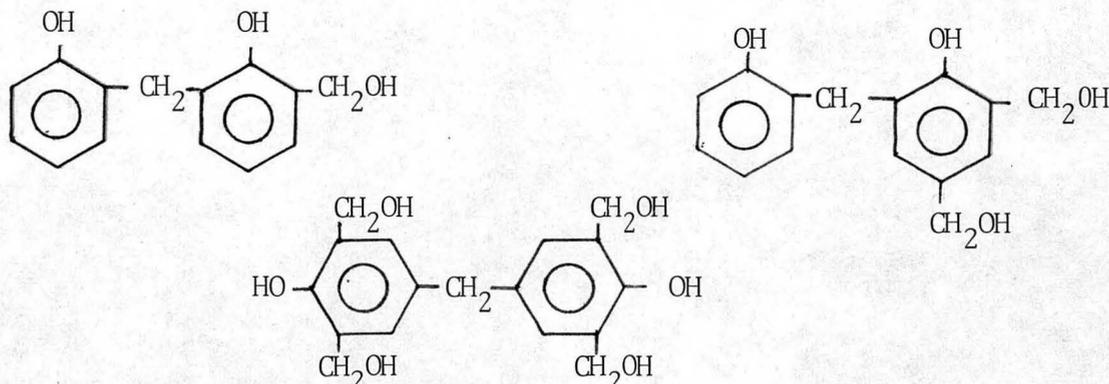
Las reacciones básicas de resinificación de los fenoles dependen de numerosos factores, de los cuales los seis más importantes son:

1.- LA NATURALEZA DEL CATALIZADOR.- La naturaleza alcalina o ácida del catalizador determinará el curso de las reacciones de condensación - -

fenol-formaldehído. Se ha observado que cuando la resina fenólica es catalizada por "bases" el primer paso de la condensación fenol-formaldehído es la formación de alcoholes fenólicos.

Los grupos metiloles (hidróxilos), activados por el hidróxilo fenólico, son extremadamente activos y a ellos se deben las reacciones de condensación que conducen a la recinificación de los alcoholes fenólicos. La recinificación se efectúa en tres etapas: RESOLES ó resinas de la etapa A, RESITOLES ó resinas de la etapa B y RESITAS ó resinas de la etapa C.

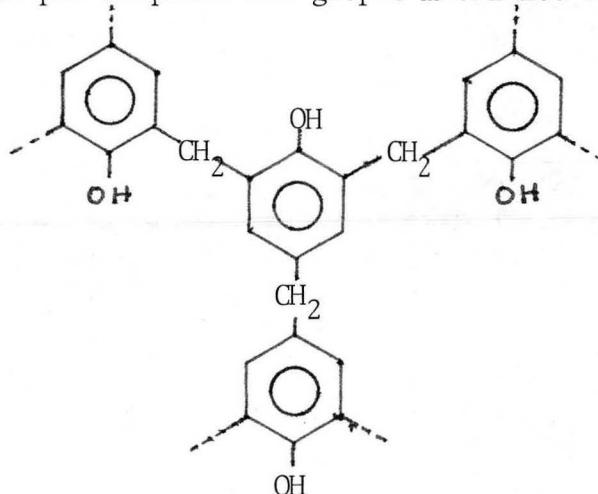
A) RESOLES.- Resinas que constan de una mezcla compleja de alcoholes fenólicos con contenido hidroxílico relativamente alto. Algunos grupos metiloles se condensan con átomos de hidrógeno en posición orto y para, de las moléculas adyacentes, con formación de metilólfenoles enlazados por puentes de metileno. Ejemplo:



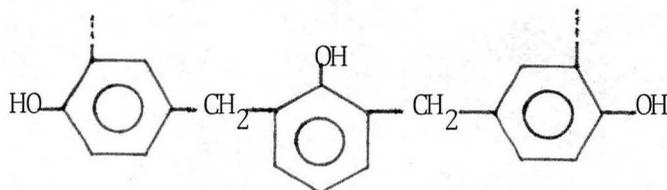
Estas resinas son solubles en álcalis, alcoholes, cetonas y un poco de agua.

B) RESITOLES.- Estas son resinas de alto peso molecular insolubles en álcalis y se forman por condensación con calor y catalizadores. Estos productos intermedios no están bien definidos químicamente. Aunque éstas resinas se ablandan por el calor, son duros y frágiles cuando están fríos.

C) RESITAS.- Resinas insolubles e infusibles en los cuales ya se han utilizado por completo los grupos metiloles originales. Ejemplo:



Las resinas catalizadas por ácidos son permanentemente fusibles y solubles si la razón molar F/A (fenol/aldehído) es mayor que 1. Estas resinas se llaman Novolacas y consisten esencialmente en cadenas de núcleos fenólicos unidos por puentes de metileno. Ejemplo:



El peso molecular de los novolacas es generalmente inferior a 1000. Reaccionan con formaldehído en medio alcalino dando productos equivalentes a los resitas.

2.- LA CONCENTRACION DEL CATALIZADOR.- La velocidad de formación de las resinas fenólicas es presencia de catalizadores alcalinos es independiente de la concentración de iones hidróxidos. Por el contrario la velocidad de reacción es directamente proporcional a la concentración de hidrogeniones cuando está catalizada por ácidos.

3.- LA RAZON FENOL-ALDEHIDO F/A.- Las cantidades de fenol y aldehído determinan que la resina resultante sea una resina bidimensional. - (termoplástica) o una resina con enlaces transversales o termoendurecibles. En el caso de las resinas de fenol-formaldehído, la razón F/A queda entre 1/1.1 y 1/1.5 para las resinas de moldeo y laminado. Para las resinas de vaciado, esta razón queda entre 1/1.5 y 1/2.5

4.- LA NATURALEZA QUIMICA DEL FENOL Y DEL ALDEHIDO.- La velocidad de resinificación depende del caracter y grado de la sustitución en la estructura del fenol. La estructura del aldehído es de menos importancia que la del fenol, pues el más importante, con mucha diferencia es el formaldehído.

5.- LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE REACCION.- El control de una y otra es necesario para asegurar la uniformidad de los lotes de resinas. Como la reacción inicial entre fenoles y aldehídos es exotérmica, es preciso vigilar bien la temperatura durante la primera parte de la reacción y durante el paso de deshidratación para evitar el fraguado prematuro de la resina.

6.- LOS AGENTES MODIFICADORES, RELLENOS Y EXTENDEDORES.- Las propiedades de los plásticos fenólicos dependen en grado considerable de la presencia de agentes modificadores, rellenos y extendedores pues solo una porción relativamente pequeña de resinas fenólicas se encuentran en estado no modificado.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La fabricación de resinas fenólicas se efectúa por proceso "húmedo" o "seco". El "proceso seco" usa como fuentes de aldehído, paraformaldehído, hexametilentretamina ("hexa") o productos sólidos similares. El proceso "húmedo" opera con soluciones acuosas de formaldehído. Por su costo más alto, el proceso seco se utiliza solo cuando se desean resinas transparentes o de colores claros, se usa relativamente poco.

El proceso húmedo se realiza en una o dos etapas, procesos más bien conocidos como de "uno o dos pasos". En el proceso de un paso se agrega a la mezcla de reacción inicial todo el formaldehído necesario para la resinificación y el endurecimiento. En el proceso de dos pasos se agrega el formaldehído en dos pasos separados. Primero se forma una resina permanentemente fusible (novolaca), que se cura luego por adición de suficiente cantidad del agente de endurecimiento hexa. En general el proceso de dos pasos da productos más uniformes y es más fácil de controlar.

NO Una forma general de establecer diferencias entre los procesos de uno y dos pasos es :

- de UN PASO.- la razón molar $F/A < 1$, el catalizador es alcalino, y para gelar solo necesita calor.
- de DOS PASOS.- la razón molar $F/A > 1$, el catalizador es ácido y para gelar necesita de otro catalizador además de calor.

Se hace la aclaración de que en el establecimiento de un proceso u otro no necesariamente deben cumplirse éstos tres factores exactamente sino que puede haber combinación de ellos siendo el factor más importante en este caso, la naturaleza del catalizador.

El proceso en dos etapas (dos pasos). Se cargan el fenol y el aldehído en un reactor de tipo universal, provisto de agitador, en presencia de catalizadores ácidos. Los catalizadores más comunes son el ácido sulfúrico, clordídrico y fosfórico y algunos ácidos orgánicos. El reactor lleva camisa para vapor y está conectado a un condensador de reflujo; todo el sistema está construído para poder operar al vacío. El tiempo de reacción depende de la concentración del catalizador, la razón molar. Fenol/Aldehído y la temperatura. Usualmente se corta la entrada de vapor antes de empezar el reflujo, pues la reacción es exotérmica y puede marchar algún tiempo por el calor de reacción desprendido. Después, hay que suministrar algo más de vapor para que el reflujo dure el tiempo deseado. A continuación se deshidrata la resina en el vacío. Con catalizadores ácidos, la neutralización precede a la deshidratación. Si la resina se desea líquida se agrega solvente. Si se desea sólida (en polvo) la resina se vierte en un piso de refrigeración en donde se enfría por agua o por aire. La resina frágil se rompe y se muele en polvo fino en un molino de martillos a gran velocidad, que va provisto de un separador de aire.

En esta forma, la resina está lista para composiciones con lubricantes, rellenos, pigmentos, y la cantidad deseada de un agente de endurecimiento, como hexa. El proceso de curado con hexa es más rápido que con paraformaldehído ya que el hexa, como el formaldehído, libera amoníaco, que actúa catalíticamente.

Las condiciones de reacción en el proceso de una etapa (un paso) son similares a las del de dos etapas; pero ha de tenerse más cuidado en el control de la resenificación, particularmente en el paso de la deshidratación, para asegurar la uniformidad del producto. Los catalizadores más comunes para este proceso son los hidróxidos de sodio, calcio y bario, carbonato sódico y amoníaco.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

BALANCE DE MATERIA.- Para llevar a cabo el balance de materia y energía se ha tomado una formulación experimental de una resina de recubrimiento y se aclara que esto es a manera de ejemplificación ya que las resinas fenólicas son muy variadas y de múltiples usos.

A continuación se enlistarán las materias primas así como las cantidades correspondientes y también los pasos a seguir para este proceso en particular.

	Kg.	%
FENOL SINTETICO V.S.P.	2158.	53.95
FORMALDEHIDO AL 37%	1342.4	33.56
AC.SULFURICO CONCENTRADO	3.2	0.08
AC.SALICILICO	107.2	2.68
TRITANOLAMINA (T.E.A.)	110.0	2.75
METANOL	279.2	6.98
	4000 Kg.	100 %

Procedimiento.-

- 1.- se carga fenol
- 2.- se carga H_2SO_4 y Ac.Salicílico
- 3.- se carga formaldehído (14% de la formulación)
- 4.- se inicia el calentamiento
- 5.- a 85° se comienza la adición del formaldehído restante
- 6.- mantener a reflujo atmosférico hasta un porcentaje de formaldehído libre menos que 1.

- 7.- ajustar el P.H. a 4-4.6 con T.E.A.
- 8.- poner a destilar e equipo
- 9.- destilar hasta un P.F. de 114- 117°C
- 10.- enfriar y cargar metanol .
- 11.- descargar el reactor.

Alimentación = productos + desperdicios
 4000 Kg 3,000Kg + 1,000 Kg.

REACCION:



base 2158 Kg. Fenol

Cantidad de Resina producida con 2158 Kg. de fenol.

$$\frac{306 \text{ Kg. Resina}}{(3 \times 94) \text{ Kg. Fenol}} \quad \Bigg| \quad \frac{2158 \text{ Kg. Fenol}}{1} = \frac{2,341.66 \text{ Kg. de Resina}}{1}$$

Cantidad de Formaldehído requerida estequimétricamente.

$$\frac{60 \text{ Kg. de Formaldehído}}{306 \text{ Kg. de Resina}} \quad \Bigg| \quad \frac{2341.66 \text{ Kg. de Resina}}{1} = 459.15 \text{ Kg. de Form.}$$

*496.7 Kg. de Form. son alimentados . . .

$$\frac{496.7 \text{ Kg. de Form.} - 459.15 \text{ Kg. de Form.} \times 100}{459.15 \text{ Kg. Form.}} = 08.17 \%$$

exceso de Formaldehído = 8.178 %

De los 37.55 Kg. de Formaldehído de exceso, 24 Kg. salen mezclados en el producto final según las especificaciones de la formulación y los 13.55 Kg. restantes salen por la corriente de desperdicio con el agua destilada.

Agua generada en la reacción:

$$\frac{2 \times 18 \text{ Kg. de H}_2\text{O}}{3 \times 94 \text{ Kg. de Fenol}} \Bigg| \frac{2158 \text{ Kg. de Fenol}}{\phantom{3 \times 94 \text{ Kg. de Fenol}}} = 275.49 \text{ Kg. de H}_2\text{O}$$

Agua generada en la reacción		275.49 Kg.
+ Agua alimentada en la Sln de Form.		845.7 Kg.
		1,121.19 Kg. de H ₂ O totales

Cantidad de H₂O descargada en la corriente de desperdicios y en la corriente de producto (balance de H₂O)

$$13.55 \text{ Kg. de Form.Desp.} + X \text{ Kg. de H}_2\text{O dest.} = 1000 \text{ Kg. de desp.}$$

$$\text{H}_2\text{O destilada} = 985.45 \text{ Kg.}$$

$$\text{y } 1,121.19 \text{ Kg. H}_2\text{O totales} - 985.45 \text{ Kg. H}_2\text{O dest.} = 134.74 \text{ Kg. H}_2\text{O en el producto}$$

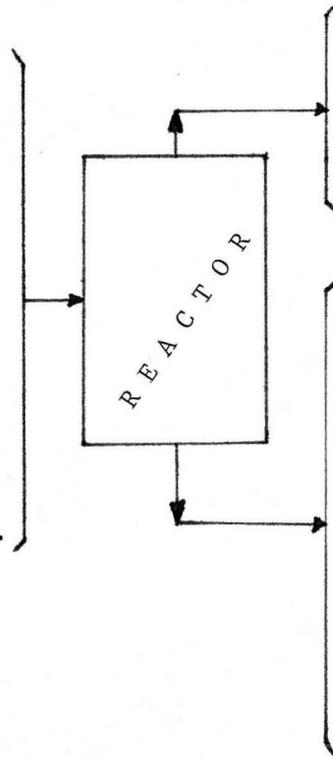
Especificaciones del producto:

viscocidad	=	3000-6000 cps.
PH	=	4.5-4.8
% no-volátiles	=	76 - 78
% formaldehído	=	0.8

BALANCE TOTAL DE MATERIA

(esquemático)

REACTIVOS	%	Kg.
Fenol	-53.95	2158
Formaldehído	12.4	496.7
H ₂ O	21.2	845.7
H ₂ SO ₄	0.08	3.2
Ac.Salicílico	2.68	107.2
T.E.A.	2.75	110.0
Metanol	6.98	279.2
	<u>100.%</u>	<u>4,000.0Kg.</u>



DESPERDICIO	%	Kg.
H ₂ O	98.645	986.45
Formaldehído	1.355	13.55
	<u>100 %</u>	<u>1000 Kg.</u>

PRODUCTO	%	Kg.
Resina	78.05	2341.66
Formaldehído	0.8	24
H ₂ O	4.49	134.74
H ₂ SO ₄	0.106	3.2
Ac.Salicílico	3.57	107.2
T.E.A.	3.66	110.0
Metanol	9.306	279.2
	<u>100 %</u>	<u>3000 Kg.</u>

BALANCE DE ENERGIA.-

energía que sale - energía que entre = energía generada

el sistema tomado es : el reactor

<u>Entradas</u>	<u>ΔH</u> BTU/lb	<u>ΔH</u> Kcal./Kg.
vapor a 170°C (338°F) y 8Kg./cm ² (113.7 lb/pulg. ²)	1190	660.53
agua a 20°C (68°F)	36.05	20.01
fenol a 40°C (104 °F)	92.73	51.47
formaldehído a 50°C (122°F)	3.394	1.883
agitador (trabajo de árbol) 10 H.P.	7.068 *	1.781 **

<u>Salidas</u>		
vapor a 100°C (212°F)	1150.4	638.548
agua a 30°C	54.01	29.97
destilación a 100°C (vapor)	1150.4	638.548
resina	18.9	10.49

Las temperaturas de referencia para el cálculo de entalpías fueron a 0°C

::: * BTU/seg.

** Kcal/seg.

Entradas :

1. Vapor Saturado a 170°C (338°F) y 8 Kg/cm² (113.7 lb/pulg.²)

Se alimenta vapor durante 10 min. para iniciar la reacción con una caldera que suministra 1250 Kg de vapor /hr. en 10 min. son

208.33 Kg.de vapor.

Después se vuelve a alimentar vapor para destilar el agua de la reacción y experimentalmente se sabe que es a razón de 1 Kg.vapor/ 1 Kg.H₂O si se destilan 1000 Kg. de H₂O se deben alimentar 1000 Kg.de vapor saturado.

$$\frac{1000 \text{ Kg.} + 208.33 \text{ Kg.}}{\quad} \left| \frac{660.53 \text{ Kcal.}}{\text{Kg.}} \right. = 798,138.215$$

$$\underline{\underline{\Delta H \text{ vapor} = 798,138.215 \text{ Kcal.}}}$$

2.- Agua a 20°C (77°F). Por el mismo serpentín por donde se suministra el vapor para calentar, se suministra agua para enfriar el producto final. La masa del producto final es de 3000 Kg. con un Cp = 0.35 Kcal/Kg.°C entonces:

calor ganado por el H₂O = calor perdido por la resina

$$\text{Masa de H}_2\text{O} = \frac{3000 \text{ Kg} \times 0.35 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times (150^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{0.999 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times (30^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})} = 12,612.6 \text{ Kg.}$$

$$\frac{12,612.6 \text{ Kg.}}{\quad} \left| \frac{20.01 \text{ Kcal.}}{\text{Kg}} \right. = 252,378.126 \text{ Kcal}$$

$$\underline{\underline{\Delta H \text{ del agua} = 252,378.126 \text{ Kcal}}}$$

3. Fenol a 42°C : Se alimentaron 2158 Kg de fenol, el cual debe entrar a una temperatura de 42°C con un Cp = 0.561 Kcal/Kg. °C y un calor latente de fusión de 29.03 Kcal/Kg.

$$\Delta H = C_p \Delta t \qquad T.\text{referencia} = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = (0.561 \text{ Kcal/Kg. } ^\circ\text{C}) 42^\circ\text{C}) = 23.562 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$\Delta H \text{ a } 42^\circ\text{C} + \Delta H \text{ fusión} = \Delta H \text{ total}$$

$$23.562 \text{ Kcal/Kg.} + 29.03 \text{ Kcal/Kg.} = 52.592 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$\frac{2158 \text{ Kg}}{\quad} \left| \frac{52.592 \text{ Kcal/Kg.}}{\quad} = 113,493.536 \text{ Kcal.} \right.$$

$$\Delta H \text{ del fenol} = \underline{\underline{113,493.536 \text{ Kcal.}}}$$

4.- Formaldehído a 50°C: Se alimentaron 1342.4 Kg de solución de formaldehído al 37% la cual debe estar a 50°C para que no precipite el formaldehído. Su Cp es de 0.0378 Kcal/Kg.°C aprosimadamente, de donde se obtiene que :

$$T.\text{referencia} = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = 0.03768 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times 50^\circ\text{C} = 1.884. \text{ Kcal/Kg.}$$

$$\frac{1342.4 \text{ Kg.}}{\quad} \left| \frac{1.884 \text{ Kcal}}{\text{Kg.}} = 2,529.08 \text{ Kcal} \right.$$

$$\Delta H \text{ del formaldehído} = \underline{\underline{2,529.08 \text{ Kcal.}}}$$

5. Trabajo de árbol: La reacción es agitada con un motor con flecha y aspas de una potencia de 10 H.P. Esta agitación se lleva a cabo durante 2 horas, por lo que tenemos que:

$$\frac{1.781 \text{ Kcal}}{\text{seg.}} \left| \frac{3600 \text{ seg.}}{\text{hr.}} \right| \frac{2 \text{ hr.}}{1} = 12,823 \text{ Kcal.}$$

$$\text{Trabajo de árbol} = \underline{\underline{12,823. \text{ Kcal.}}}$$

Energía Total de Entrada.

	Kcal.
vapor	798,138.215
agua	252,378.126
fenol	113,493.536
formaldehído	2,529.08
trabajo de árbol	12,823.
	1,179,361.957 Kcal.

$$\underline{\text{Energía total de entrada}} = \underline{\underline{1,179,361.957 \text{ Kcal.}}}$$

Salidas:

1. Vapor a 100°C : El vapor, después de pasar por el serpentín sale a 100°C y una presión de 8Kg/cm²

$$\frac{1,208.33 \text{ Kg.}}{1} \left| \frac{638.548 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} \right| = 771,576.726 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ del vapor} = 771,576.726 \text{ Kcal.}$$

2. Agua de enfriamiento: El agua necesaria para enfriar el producto final son 12,612.6 Kg., entonces:

$$\frac{12,612.6 \text{ Kg}}{\text{Kg}} \times \frac{29.98 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} = 378,114.635 \text{ Kcal.}$$

$$\Delta H \text{ agua de enfriamiento} = \underline{\underline{378,114.635 \text{ Kcal.}}}$$

3. Agua a destilar: Se condensan 1000 Kg de vapor destilados al vacío a una temperatura de 100°C.

$$\frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Kg}} \times \frac{638.548 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} = 638,548.0 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ de agua destilada} = \underline{\underline{638,548. \text{ Kcal.}}}$$

4. Resina fenólica: De producto final, como se demuestra en el balance de materia, se obtienen 2,341.66 Kg. los cuales salen a una temperatura de 30°C y con un Cp de 0.35 Kcal/Kg°C aproximadamente.

$$\frac{2341.66 \text{ Kg.}}{\text{Kg}} \times \frac{10.99 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} = 24,587.43 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ de resina fenólica} = \underline{\underline{24,587.43 \text{ Kcal}}}$$

ENERGIA TOTAL DE SALIDA

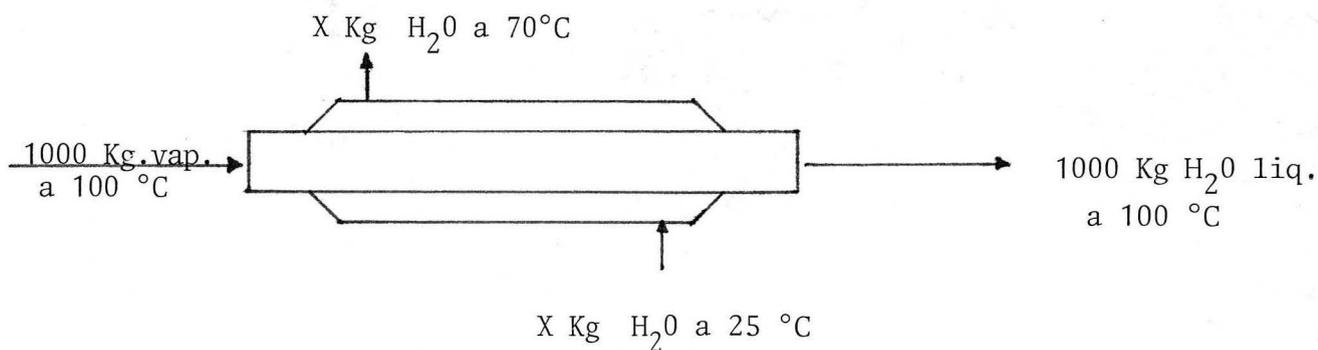
vapor	771,576.726	Kcal
agua de enfriamiento	378,114.635	Kcal
agua a destilar	638,548.0	Kcal
resina fenólica	24,587.43	Kcal
	<hr/>	
	1,812,826.791	Kcal

Energía total de Salida = 1,812,826.791 Kcal.

Energía Total de Salida	1,812,826.791	Kcal
Energía Total de Entrada	1,179,361.957	Kcal
	<hr/>	
Energía Total Generada	633,464.834	Kcal

∴ La Reacción es Exotérmica

BALANCE EN EL CONDENSADOR



$$\Delta H \text{ vapor a } 100^\circ C = \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Kg}} \left| \frac{338.548 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} \right. = 638,548 \text{ Kcal}$$

$$\text{Energía que entran con el vapor} = \underline{\underline{638,548 \text{ Kcal.}}}$$

$$\Delta H \text{ agua líquida a } 100^\circ C = \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{Kg}} \left| \frac{99.95 \text{ Kcal}}{\text{Kg}} \right. = 99,950 \text{ Kcal}$$

$$\text{Energía que sale con el agua condensada} = \underline{\underline{99,950 \text{ Kcal}}}$$

El calor perdido por el vapor al condensarse es $638,548 \text{ Kcal.} - 99,950 \text{ Kcal.} = 538,599 \text{ Kcal}$, entonces la cantidad de agua necesaria para condensarlo es:

$$\text{Masa de agua} = \frac{538,598 \text{ Kcal}}{(.999 \text{ Kcal/Kg}^\circ C) (70^\circ C - 25^\circ C)} = 11,980.82 \text{ Kg.}$$

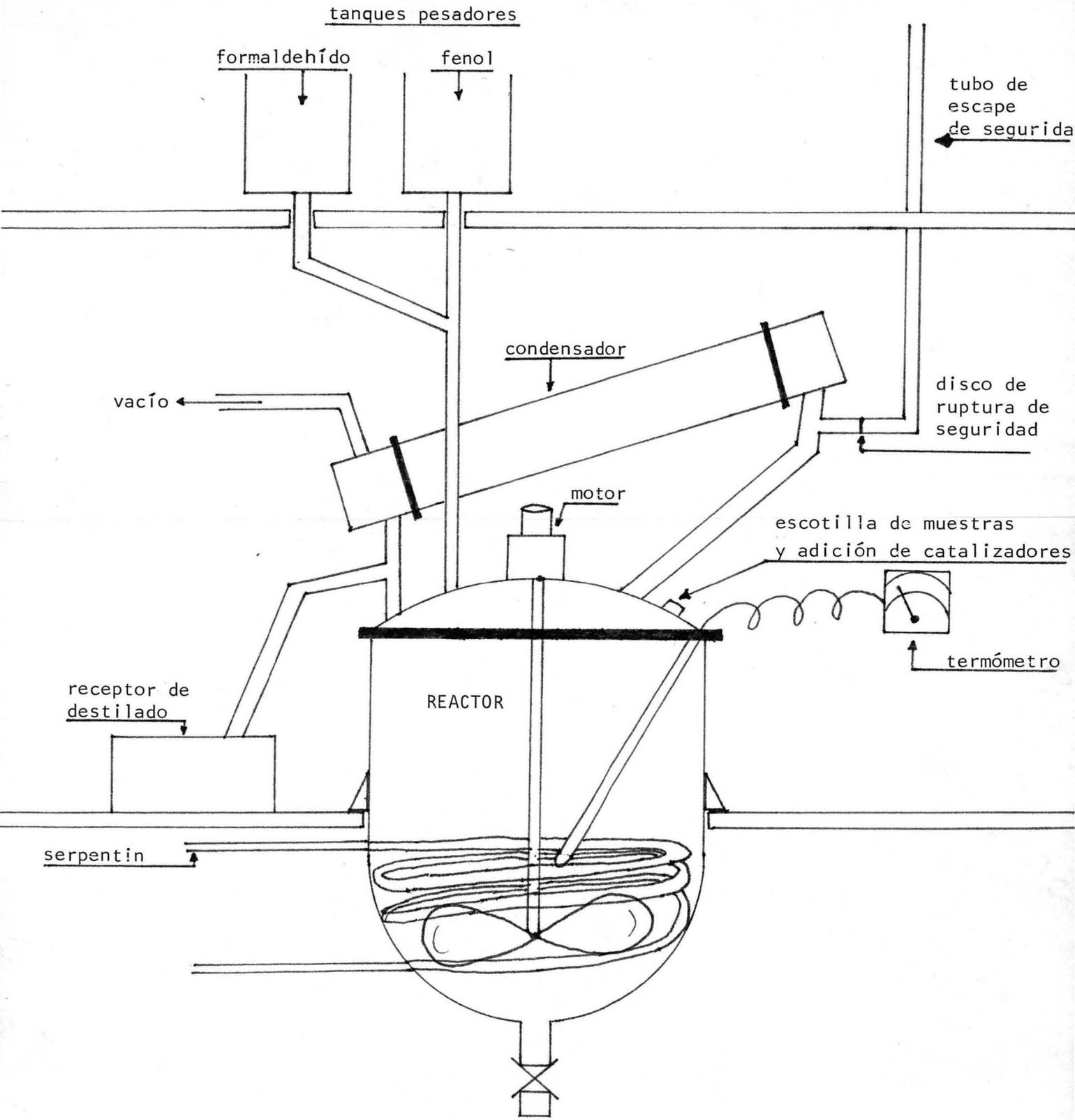


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE RESINAS FENOLICAS

EQUIPO ELEMENTAL Y SU COSTO

COSTO APROXIMADO DEL EQUIPO ELEMENTAL

1.- Reactor de 1,200 gal. (4,542 lts.) con serpentín, condensador, agitador y tanque receptor de destilado.	\$4,000,000.00
2.- Una caldera	400,000.00
3.- Una bomba de vacío	200,000.00
4.- Un tanque almacenador de acero inoxidable para el formaldehído	250,000.00
5.- Un tanque almacenador de fenol	100,000.00
6.- Un tanque almacenador de metanol	100,00.00
7.- Dos tanques pesador de acero inoxidable	80,000.00
8.- Una báscula	75,000.00
9.- Una bomba para agua (Q=440 lts/min.)	10,700.00
10.- 50 tambores de 200 lts. c/u \$350.00	18,250.00
	<hr/>
	\$ 5,233,950.00

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Uno de los aspectos más importantes de un proyecto es la localización de la planta. El impacto económico que la localización puede tener sobre un proyecto es definitivo y altamente significativo.

Es definitivo, porque una vez seleccionado el lugar más adecuado y ejecutado el proyecto, que no tiene flexibilidad en cuanto a corrección, simplemente se hizo una elección adecuada o para el caso, inadecuada.

Existen aspectos de un proyecto que pueden corregirse o cuya trascendencia no es de tanto significado para la vida de la empresa. Por ejemplo, un equipo más diseñado, un problema de calidad, el que la capacidad de diseño no se alcanza satisfactoriamente y aun el proceso mismo en algunos casos es posible cambiarlo o adaptarlo, usando substancialmente el equipo instalado, todo ello a un costo menor que tratar de corregir una mala localización.

Antes de proceder a evaluar y analizar posibles sitios para instalar una planta es necesario contar con información técnica, económica y comercial del mismo, que aportará elementos de evaluación de las zonas de interés.

Cualquier análisis, por sus características tendrá dos factores: el primero que incluye elementos de juicio cuantificables y el segundo que considera aspectos cualitativos, cuya cuantificación en todo caso podrá ser hecha sobre bases meramente apreciativas.

A continuación se enlistan una serie de factores importantes en la localización de una planta industrial.

1.- MERCADOS

- a) características del producto, precio actual y futuro.
- b) localización y distribución geográfica actual y futura.
- c) industrias consumidoras tendencias, nuevos usuarios.
- d) logística de distribución: distancias, costo de fletes, inventarios, tiempos de transportación.
- e) competencia presente y futura, localización.
- f) aspectos relacionados con exportaciones.

2.-MATERIAS PRIMAS

- a) fuentes de M.P.
- b) disponibilidad presente y futura
- c) logística de distribución: distancias, costo de fletes, inventarios, tiempos de transportación.
- d) materias primas sustitutas.
- e) aspectos relacionados con importaciones

3.- ASPECTOS FISCALES

- a) impuestos federales y locales
- b) incentivos federales y estatales.
- c) política de descentralización industrial
- d) otros impuestos y obligaciones.

4.- CONDICIONES CLIMATICAS

- a) altura sobre el nivel del mar
- b) condiciones de temperatura y humedad
- c) exposición a temblores, huracanes, etc.

5.- AGUA

- a) disponibilidad, cantidad, requisitos legales
- b) calidad, características biológicas y químicas
- c) confiabilidad
- d) costos

6.- ENERGIA ELECTRICA Y COMBUSTIBLES

- a) disponibilidad, cantidad.
- b) calidad, características de las fuentes.
- c) confiabilidad de las fuentes de corriente eléctrica
- d) necesidad de fuente de emergencia
- e) costos

7.- MEDIOS DE TRANSPORTE

- a) ferrocarriles
- b) carreteras
- c) vías fluviales y marítimas
- d) transportación aérea

8.- MANO DE OBRA

- a) disponibilidad, calidad
- b) relaciones sindicales
- c) posibilidad de entrenamiento
- d) costos tabuladores

9.- COMUNICACIONES

- a) teléfonos y telégrafos
- b) facilidades para transportación del personal
- c) servicio de correo
- d) radio

10.- OTROS ASPECTOS

- a) control ambiental

Antes de hacer un análisis de alternativas se ha tomado que los criterios más importantes son los de abastecimiento de materias primas y la distribución del producto en el mercado y que para ambos criterios el punto ideal era Monterrey pues es en ésta ciudad donde se tiene un gran mercado y donde se consiguen las materias primas, sin embargo no se puede olvidar la política actual del país en materia de descentralización industrial, y es por eso que se escogerá algún municipio cercano a Monterrey.

PROCESO DE DECISION PARA SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA EN LA CONSTRUCCION
DE LA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS

ALTERNATIVAS:

- A₁ Villa de García, N.L.
- A₂ Villa del Carmen, N.L.
- A₃ Villa Juárez, N.L.

CRITERIOS:

- C₁ Mano de obra
- C₂ Localización del mercado
- C₃ Abastecimiento de Materias Primas
- C₄ Teléfono

VALORACION DE LAS ALTERNATIVAS CON CADA CRITERIO.

Criterio C₁ : Mano de Obra.- Para ésta valoración se han tomado los salarios mínimos en cada municipio.

Alternativa	Salario/día
A ₁	\$75.00
A ₂	75.00
A ₃	75.00

Criterio C_2 : Localización del Mercado.- Como el mercado en su gran mayoría está en Monterrey se tomara la distancia que hay entre ésta ciudad y cada alternativa.

El costo del transporte es de \$11.60 por kilómetro

Alternativa	Distancia	Costo/Km.	Costo Total
A_1	35 Km.	\$11.60	\$406.00
A_2	30 Km.	11.60	348.00
A_3	25 Km.	11.60	290.00

Criterio C_3 : Abastecimiento de Materias Primas.- Como el abastecimiento de materias primas se hace casi en su totalidad en Monterrey se valorará igual que el Criterio C_2 .

Alternativa	Distancia	Costo/Km.	Costo Total
A_1	35 Km.	\$11.60	\$406.00
A_2	35 Km.	11.60	348.00
A_3	25 Km.	11.60	290.00

Criterio C_4 : Teléfono.- Este medio de comunicación es muy importante y la falta de éste podría ocasionar aumento en los costos así como diferencia en las ventas.

Alternativa	Existencia de teléfono
A ₁	Sí
A ₂	Sí
A ₃	Sólo en la central telefónica

ITERACION DE VALORES A CADA ALTERNATIVA. -

Criterio	Alternativas			Razonamiento
	A ₁	A ₂	A ₃	
C ₁	.333	.333	.333	El salario mínimo es igual en las tres A
C ₂	.388	.333	.277	Villa de Juárez es el más cercano
C ₃	.388	.333	.277	El precio del producto será LAB planta.
C ₄	.200	.200	.600	En Villa de Juárez solo hay teléfono en la central.

ASIGNACION DE VALORES A LOS CRITERIOS. -

	Xi	
C ₁	.80	A menor costo de mano de obra, mayor utilidad.
C ₂	.98	En cuanto menor sean los costos de transportación.
C ₃	.98	El costo total del producto será menor y por lo tanto su precio puede ser muy competitivo así como las fechas de entrega.
C ₄	.65	Puede haber otra forma de comunicación o bien una oficina representante en Monterrey.

FUNCION CRITERIO

Funcion	Xi	A ₁	A ₁ Xi	A ₂	A ₂ Xi	A ₃	A ₃ Xi
C ₁	.80	.333	.2664	.333	.2664	.333	.2664
C ₂	.98	.388	.38024	.333	.3263	.277	.27146
C ₃	.98	.388	.38024	.333	.3263	.277	.27146
C ₄	.65	.200	<u>.130</u>	.200	<u>.130</u>	.600	<u>.390</u>
			<u>1.156</u>		<u>1.049</u>		<u>1.199</u>

El objetivo es tener los menores costos de abastecimiento de M.P. y la distribución del producto, en el mercado se ha tomado la decisión de instalar la planta en Villa del Carmen, N.L. (Alternativa A₂) por ser la de función criterio más bajo.

ESTUDIO ECONOMICO

COSTO DE LA RESINA

Costo de materias primas

Costo de mano de obra

Costo de energéticos

Costo de la Resina

COSTO DE MATERIAS PRIMAS

BASE 1 DIA DE OPERACION

Materia Prima	Costo \$/Kg.	Cantidad Kg/proceso	Proceso /día	Cantidad Kg/día	Costo \$/día
fenol	20.00	2158	4	8,632	172,640
formaldehído	5.90	1342.4	4	5,369.6	31,680.64
Ac. sulfúrico	1.65	3.2	4	12.8	21.12
Ac. salicílico	75.00	107.2	4	428.8	32,160.00
Trietanol Amina	27.75	110.0	4	440.	12,210.00
Metanol	4.60	279.2	4	1,116.8	5,137.28
					<u>\$ 253,849.04</u>

COSTO DE MANO DE OBRA

	salario/día	turnos	total \$/día
1 operador	104.00	3	312.00
1 ayudante de operador	75.00	3	225.00
1 fogonero de caldera	104.00	3	312.00
3 obreros	75.00	3	675.00
1 jefe de producción	200.00	1	200.00
			\$1,724.00

COSTO DE ENERGETICOS

combustóleo \$0.40 /lto.

consumo aproximado 400 lts/día

entonces $\frac{400 \text{ lts.}}{\text{día}} \times \frac{0.40 \$}{\text{lts.}} = \frac{\$160.00}{\text{día}}$ de combustóleo

Se obtiene 3,000 Kg. de resina fenólica por proceso y cada proceso se lleva a cabo en 6 horas aproximadamente desde que se carga hasta que se descarga. Por lo tanto se suponen 4 procesos diarios.

$$\text{entonces: } \frac{3000 \text{ Kg}}{\text{proceso}} \times \frac{4 \text{ procesos}}{\text{día}} = \frac{12000 \text{ Kg.}}{\text{día}}$$

COSTO DE MATERIAS PRIMAS	\$253,849.04 /día
COSTO DE MANO DE OBRA	1,724.00 /día
COSTO DE ENERGETICOS	160.00 /día
	<hr/>
	\$255,733.04 /día

$$\frac{\$ 255,733.04 /día}{12000 \text{ Kg./día}} = \$21.31 /\text{Kg.}$$

$$\text{COSTO DE LA RESINA} = \$21.31 /\text{Kg.}$$

Suponiendo un precio de venta = \$35.00 /Kg. se calculará el punto de equilibrio (B.E.P.)

Cantidad de Kgs. que se deben vender para no obtener pérdidas:

$$X \text{ Kg} = \frac{255,733.04 /día}{\$35.00 /\text{kg.}} = 7,306.65 \text{ Kg/día}$$

Cantidad de resina que se debe vender para no obtener pérdidas = \$7,307. Kg/día

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Con este trabajo se describe a grandes rasgos lo que es la producción de las resinas fenólicas, tomando en cuenta que se escogió uno de los productos que se pueden obtener, ya que son muchos y de muy variados usos, y en función de éste producto están hechas todas las consideraciones. Claro está que con el mismo equipo elemental, acompañado de sus aditamentos, se pueden fabricar resinas fenólicas, tanto para recubrimiento, como para moldeo, para vaciado, y laminaciones, etc. . Como dato al margen se dirá que existe un "proceso continuo" para la fabricación de resinas fenólicas diseñado por "Booty Research Co.", (Salinas, Calif.) del cual no se pudo conseguir toda la información necesaria. Por eso, y por el hecho de que los actuales fabricantes de Resina Fenólica usan el "proceso discontinuo" (proceso Batch) es que se optó por el estudio del proceso discontinuo considerando que dá buenos resultados.

APENDICE A : CONSTANTES FISICAS

Compuesto	Fórmula	Peso Molecular	Gravedad Específica	Punto de Fusión °C	Punto de Ebullición °C	Solubilidad
fenol	C_6H_5OH	94.11	1.071 25/4	42-43	181.4	alcohol y eter
formaldehído	CH_2O	30.03	0.815 -20	- 92	- 21	agua alcohol y eter
Ac. sulfúrico	H_2SO_4	98.08	1.834 18°/4	10.49	340	agua
Av. salicílico	$HO-C_6H_4-CO_2H$	138.12	1.443 20/4	159	211 ²⁰	alcohol y eter
trietanolamina	$(HOCH_2CH_2)_3N$	149.19	1.126 20/20	21-21	277-279 ¹⁵⁰	agua y alcohol
metanol	CH_3OH	32.04	0.792 20/4	-97-98	64.7	agua alcohol y eter
agua	H_2O	18.016	1.004 ^{4°} (1q.)	0.00	100.0	

TABLA X. Propiedades de resinas y barnices preparados con compuestos fenólicos y aldchidos

Compuesto fenólico	Fórmula	Condiciones de reacción				Propiedades de la resina		Propiedades del barniz ^c					
		Catalizador	Razón molar CH ₂ O: fenol	Tiempo, horas	Temperatura, °C.	Tipo ^a	p.f., °C ^b	Color ^d	Resist. a la luz	Solab. en aceites	Gelación, horas	Secado, horas	Estabilidad de color
<i>p</i> -Cresol		Ácido Alcali	1.0:1 4.0:1	3 48	100 25	P.F. E.C.	104 Cristales	Claro Claro	Regular Buena	Sol. Sol.	24 —	5 6	Regular Buena
<i>p</i> -Etilfenol		Ácido	1.0:1	3	100	P.F.	66	Amarillo claro	Regular	Sol.	27	6	Regular
		Alcali	2.0:1	24	25	E.C.	Cristales	Amarillo claro	Buena	Sol.	—	6	Buena
<i>p</i> - <i>ter</i> -Butilfenol		Ácido	1.0:1	12	100	P.F.	96	Amarillo claro	Regular	Sol.	34	5	Regular
		Alcali	2.0:1	40	25	E.C.	Líquido	Claro de agua	Buena	Sol.	35	6	Buena
<i>p</i> - <i>ter</i> -Amilfenol		Ácido	1.0:1	17	100	P.F.	88	Amarillo claro	Regular	Sol.	32	5.5	Regular
		Alcali	2.0:1	46	25	E.C.	Líquido	Amarillo claro	Buena	Sol.	26	6	Buena
<i>p</i> - <i>ter</i> -Hexilfenol		Ácido	1.0:1	18	100	P.F.	85	Amarillo claro	Regular	Sol.	35	6	Regular
<i>p</i> - <i>iso</i> -Octilfenol		Ácido	1.1:1	13	100	P.F.	91	Lig. amarillo	Regular	Sol.	39	6	Regular
Fenoles terpénicos	Mezcla de isómeros	Ácido	1.0:1	8	100	P.F.	75	Amarillo	Buena	Sol.	45	6	Buena
Diisobutilfenol	Mezcla de isómeros	Ácido	1.0:1	11	100	P.F.	68	Amarillo	Regular	Sol.	31	6	Regular
<i>p</i> Fenilfenol (4-hidroxidifenilo)		Ácido	1.5:1	3	130	P.F.	110	Amarillo claro	Regular	Sol.	24	3	Regular
		Alcali	3.0:1	24	35	E.C.	Cristales	Amarillo claro	Buena	Sol.	16	4	Buena
<i>p,p'</i> -Dihidroxidifenilmetano		Ácido	1.0:1	6	100	E.C.	—	Amarillo claro	Regular	Insol.	—	—	—

^a E.C., endurecimiento por el calor; P.F., permanentemente líquido.

^b Los puntos de fusión se determinaron por el método de la bola y el anillo.

^c Todas las propiedades del barniz se determinaron a base de 100 partes de resina por 200 partes de aceite de tung; los ensayos de gelación se realizaron a 250° C.; el tiempo de secado es el tiempo aproximado en alcanzar la etapa de "no impresión".

TABLA VII. Laminados de fenol-formaldehído

Propiedad	Base							
	Papel de celulosa	Algodón	Tejido de algodón	Nailon	Vidrio	Arbesto	Papel de arbesto	Madera
Temperatura de moldeo por compresión, °C.	135-177	135-177	135-177	135-163	135-177	149-177	149-177	149-160
Presión de moldeo, Kg/cm ²	70-125	70-125	70-210	70-125	70-125	70-125	70-125	70-140
Densidad	1.30-1.40	1.35-1.36	1.36	1.15	1.4-1.3	1.55-1.80	1.70	1.3
Volumen específico, cm ³ /Kg	770-712	770-737	737	967	712-556	644-556	599	770
Resistencia a la tracción, Kg/cm ²	420-1 750	455-1 330	1 090	350-670	805-2 800	420-840	350-1 050	1 120-2 250
Módulo de elasticidad en tracción Kg/cm ² × 10 ³	23-210	24-105	--	25	70-140	24-105	--	26
Resistencia a la compresión Kg/cm ²	1 400-2 800	2-100-3 090	2 250-2 880	--	2 950-3 300	1 260-3 160	2 670	810-1 470
Resistencia a la flexión, Kg/cm ²	740-1 750	910-2 100	1 260-1 470	700-1 540	1 400-1 890	700-2 460	700-1 750	1 750-2 300
Resistencia al choque, g-m/pulg. de muesca (ensayo de Izod)	48-304	138-2 073	304-760	414-1 590	691-898	248-1 520	110-262	553-1 106
Dureza Rockwell	M70-M120	M70-M120	M100-M110	M100	M105-M110	M70-M110	M100	M90-M105
Conductividad calorífica, cal./seg. (cm ²) (°C./cm.) × 10 ⁻³	5-8	5-8	--	--	5-8	--	--	--
Calor específico, cal./({°C.}) (g)	0.3-0.4	0.3-0.4	--	--	--	--	--	--
Dilatación térmica por °C., × 10 ⁻⁵	1.7-2.5	1.7-3	1.3-1.6	4	--	1.7-2.5	--	0.6, 6.5 ±
Resistencia térmica (continua) °C.	100-121	100-121	--	74	121-149	121-149	--	100-121
Temperatura de distorsión, °C.	>160	>160	--	74	>160	>160	--	>160
Resistencia aislante (96 h., 35 °C., 90% h.r.), megaohm	35-5 300	10-250	--	30 000	25-500	--	--	0.25-335
Resistividad en volumen (a 25° C. y 50% h.r.) ohm-cm	10 ¹⁰ -10 ¹¹	10 ¹⁰ -10 ¹²	--	1 000 000	7 × 10 ¹⁰	--	--	--
Resistencia dieléctrica, breve tiempo (1/8" grueso), volt./0.1 mm	1 574-3 937	590-2 362	984	1 417-1 890	1 771-2 559	236-590	787	295-1 968
Resistencia dieléctrica, gradual 1/8" grueso volt./0.1 mm	1 023-2 362	590-1 574	590	1 082	196-492	472	--	--
Resistencia dieléctrica, gradual paralela al laminado Kv./cm	5.9-23.6	3.9-23.6	3.9-15.7	15.7-39.4	3.9-15.7	--	1.9-9.3	--
Constante dieléctrica, 60 ciclos	--	--	--	4.2	--	--	--	--
Constante dieléctrica, 16 ^o ciclos	3.6-5.5	4.5-7	5.9	3.9	3.7-6.0	--	5.2	5
Factor de disipación, 60 ciclos	--	--	--	0.018	--	--	--	0.20
Factor de disipación, 10 ^o ciclos	0.02-0.03	0.02-0.03	0.75	0.014	0.01-0.03	--	0.115	0.65
Resistencia al arco, seg.	Huellas	Huellas	--	3-40	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas
Absorción de agua, 24 h. (1/8" grueso), %	0.3-9.0	0.3-9.0	1.1	0.2-0.35	0.3-2.3	0.3-2.0	0.4-2.0	2.5-11
Velocidad de quemado	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja	Casi cero	Casi cero	Muy baja

Fuente: referencia 29. Reproducción autorizada de *Modern Plastics Encyclopedia and Engineer's Handbook*, 1952. Copyright 1952 de Plastics Catalogue Corporation.

TABLA V. Resinas de fenol-formaldehído para vaciado

Propiedad	Sin relleno	Relleno mineral	Relleno de asbesto	Resina de vaciado, grado labrable
Densidad	1.30-1.32	1.68-1.70	1.70	1.25-1.30
Volumen específico, cm ³ /Kg	770-755	596-589	589	802-770
Índice de refracción, n_d	1.53-1.66	—	—	—
Resistencia a la tracción, Kg/cm ²	420-630	280-630	210-420	230-490
Elongación, %	1.5-2.0	—	—	—
Módulo de elasticidad en tracción, Kg/cm ² × 10 ³	28-35	—	132	35-49
Resistencia a la compresión, Kg/cm ²	840-1 050	2 030-2 390	735-875	1 050-1 400
Resistencia a la flexión, Kg/cm ²	770-1 190	630-840	350-560	630-980
Resistencia al choque, g-m/pulg. de muesca (barra entallada de 1/2 × 1/2 pulg., ensayo Izod)	34-55	48-69	—	41-55
Dureza Brinell (bola 2.5 mm, carga 25 Kg)	5.8-30	12-30	—	—
Dureza Rockwell	M93-M120	M85-M120	R110	M70-M110
Conductividad calorífica, cal/(seg.) (cm ²) (°C./cm) × 10 ⁻³	3-5	—	8.4	3-5
Calor específico, cal/(°C.) (g)	0.3-0.4	—	0.3	0.3-0.4
Dilatación térmica por °C. × 10 ⁻³	6-8	7.5	3.3	8-11
Resistencia térmica, °C. (continua)	71	71	149	121
Temperatura de distorsión, °C.	74-79	65-79	—	115-126
Resistividad en volumen (a 25° C. y 50% h.r.), ohm-cm	10 ¹² -10 ¹³	10 ¹² -10 ¹²	—	—
Resistencia dieléctrica, breve tiempo (1/8" grueso) volt./0.1 mm	1 378-1 574	393-984	—	—
Resistencia dieléctrica gradual (1/8" grueso) volt./mil ≈ volt./cm × 0.0025	934-1 181	295-787	—	—
Constante dieléctrica, 60 ciclos	6.5-7.5	—	—	—
Constante dieléctrica, 10 ⁶ ciclos	4.0-5.5	9-15	—	—
Factor de disipación, 60 ciclos	0.10-0.15	—	—	—
Factor de disipación, 10 ⁶ ciclos	0.04-0.05	0.07-0.20	—	—
Resistencia al arco, seg.	200-250	—	—	—
Absorción de agua, 24 h. (1/8" grueso), %	0.3-0.4	0.12-0.36	—	0.2-0.4
Velocidad de quemado	Muy baja	Casi cero	Casi cero	Muy baja

Fuente: referencia 29. Reproducción autorizada de *Modern Plastics Encyclopedia and Engineer's Handbook*, 1952, Copyright 1952 de Plastics Catalogue Corporation.

TABLA III. Fórmulas para moldeo de fenol-formaldehído

Propiedad	Sin relleno	Relleno de harina de madera y borra de algodón	Relleno de asbesto	Relleno de mica	Relleno de tejidos y cuerda macerados	Relleno de fieltro de sisal	Cartón de pulpa preformado
Cualidades de moldeo	Regulares	Excelentes	Reg. a buenas	Reg. a buenas	Reg. a buenas	Reg. a buenas	Buenas
Temperatura de moldeo por compresión, °C.	132-160	143-205	143-194	149-165	138-194	135-177	143-177
Presión de moldeo por compresión, Kg/cm ²	140-350	105-350	140-490	140-385	140-560	21-210	140-350
Razón de compresión	2.0-2.5	2.1-4.4	2.0-12.5	2.1-2.7	6.0-18.0	2-5	3.0-3.5
Contracción de moldeo, cm/cm	0.010-0.012	0.004-0.009	0.001-0.006	0.001-0.004	0.0017-0.006	0.010-0.030	0.004-0.007
Densidad	1.25-1.30	1.32-1.45	1.52-1.98	1.75-1.92	1.56-1.43	0.70-1.35	1.36-1.42
Resistencia a la tracción, Kg/cm ²	490-560	455-595	280-490	273-490	230-630	490-840	350-490
Elongación, %	1.0-1.5	0.4-0.8	0.18-0.50	0.13-0.5	0.37-0.57	—	0.3-0.7
Módulo de elasticidad en la tracción, Kg/cm ² × 10 ³	52-70	56-84	70-175	210-230	63-91	—	63-91
Resistencia a la compresión, Kg/cm ²	700-2 100	1 600-2 530	1 050-2 460	1 050-1 750	1 050-2 100	700-2 450	1 400-2 100
Resistencia a la flexión, Kg/cm ²	840-1 050	595-840	465-840	560-840	595-1 050	1 125-1 400	595-720
Resistencia al choque, g-m/pulg. de muesca (barra entallada, de 1/2 × 1/4 pulg., ensayo de Izod)	27-49	33-83	31-414	41-52	138-1 106	414-2 212	69-165
Dureza Brinell (bola de 2.5 mm, carga 25 Kg)	—	30-45	—	—	32-40	—	30-40
Dureza Rockwell	M124-M128	M100-M120	M95-M115	M100-M110	M95-M120	—	M100-M120
Conductividad calorífica, cal./(seg.)-(cm ²) (°C/cm) × 10 ⁻⁴	3-6	4-7	1-16	10-14	4-7	2-8	4-7
Calor específico, cal./(°C.) (g)	0.38-0.42	0.35-0.40	0.28-0.32	0.28-0.32	0.30-0.35	0.3-0.4	0.35-0.40
Dilatación térmica por °C., × 10 ⁻⁵	2.5-6.0	3.0-4.5	1.5-2.12	1.9	1-3	7-20	3.0-4.5
Resistencia térmica, °C. (continua)	121	149-177	177-232	110-149	121	121	149-205
Temperatura de distorsión térmica, °C.	115-127	127-171	143-177	100-177	121-177	160	127-171
Resistividad en volumen (a 25 °C. y 50% h.r.), ohm-cm	10 ¹¹ -10 ¹²	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹²	10 ¹¹ ->10 ¹¹	10 ¹¹ -10 ¹²	10 ¹¹ -10 ¹²	10 ¹¹ -10 ¹²
Resistencia dieléctrica, corto tiempo 1/8" de grueso, volt./0.1 mm	1 130-1 575	283-1 673	700-1 378	1 130-1 810	737-1 575	984-1 575	934-1 575
Resistencia dieléctrica, gradual (1/8" de grueso), volt./0.1 mm	934-1 378	243-1 476	492-1 280	1 082-1 535	590-1 130	—	737-1 378
Constante dieléctrica, 60 ciclos	5-6.5	5.0-9	5.8-50	4.7-5.5	6.5-15	5-10	5.0-8.0
Constante dieléctrica, 10 ³ ciclos	4.5-5.0	4.0-7.0	4.8-8.0	4.2-5.0	4.5-6.0	3-5	4.0-7.0
Factor de disipación, 60 ciclos	0.06-0.10	0.05-0.30	0.10-0.50	0.01-0.055	0.03-0.45	0.1-0.3	0.05-0.30
Factor de disipación, 10 ³ ciclos	0.015-0.03	0.03-0.07	0.04-0.20	0.005-0.013	0.03-0.09	0.3-0.5	0.03-0.7
Resistencia al arco, seg.	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas
Absorción de agua, 24 h., (1/8" de grueso), %	0.1-0.2	0.3-1.0	0.19-0.30	0.01-0.07	0.05-1.75	0.5-15	0.3-1.2
Velocidad de quemado	Muy baja	Muy baja	Cero	Cero	Casi cero	Muy baja	Muy baja

Fuente: referencia 29. Reproducción autorizada de *Modern Plastics Encyclopedia and Engineer's Handbook*, 1952. Copyright 1952 de Plastics Catalog Corporation.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Kirk-Othmer; Enciclopedia de Tecnología Química, UTEHA 1972.
- 2.- Enciclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons., Inc. 1971
- 3.- G.G.Brown; Operaciones Básicas de la Ingeniería Química., Ed. Marin 1965
- 4.- A.S. Foust, Principios de Operaciones Unitarias.
- 5.- D.M. Himmelblau; Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química. C.E.C.S.A. 1974.
- 6.- Perry and Chilton; Chemical Engineering Hand Book, McGraw Hill 1973.
- 7.- Robert C. West; Handbook of Chemistry and Physics. C.R.C. Press 1973
- 8.- Chemical Week PP 35-40 Nov.6 1965.
- 9.- M.A. Corzo; Introducción a la Ingeniería de Proyectos.
- 10.- Gabriel García-Moreno C. ; Algunas Consideraciones sobre la localización de Plantas Industriales. (apuntes)