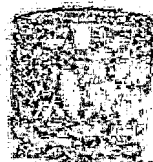




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION O ESTUDIO TECNICO
ECONOMICO PARA LA PRODUCCION
DE RESINAS FENOLICAS EN
MEXICO



EXAMEN PROFESIONAL
FAC. DE QUIMICA

TESIS

MARIO VILLANUEVA HERRERA
INGENIERO QUIMICO

MEXICO, D. F.

1983



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.

I N D I C E

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCION..... | 1 |
| CAPITULO 1 | |
| FORMULACION DE LAS RESINAS FENOLICAS..... | 3 |
| 1.1 Generalidades..... | 3 |
| 1.2 Catálisis básica..... | 7 |
| 1.3 Catálisis ácida..... | 18 |
| 1.4 Catálisis a pH intermedio..... | 20 |
| 1.5 Cinética de la reacción..... | 22 |
| 1.6 Curado..... | 30 |
| CAPITULO 2 | |
| PROPIEDADES FISICAS..... | 35 |
| 2.1 Peso molecular..... | 35 |
| 2.2 Distribución del peso molecular.... | 40 |
| 2.3 Estructura..... | 45 |
| 2.4 Velocidad de reacción del curado.... | 45 |
| 2.5 Desintegración térmica..... | 55 |
| CAPITULO 3 | |
| USOS DE LAS RESINAS FENOLICAS..... | 58 |
| 3.1 Productos para moldeo..... | 58 |
| 3.2 Productos para vaciado..... | 59 |
| 3.3 Productos para laminado..... | 60 |
| 3.4 Productos para adhesivos..... | 62 |
| 3.5 Productos para revestimientos..... | 63 |
| 3.5.1 Resinas fenólicas puras o no modificadas..... | 63 |
| 3.6 Aplicaciones diversas..... | 66 |
| CAPITULO 4 | |
| ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA PARA UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS..... | 69 |
| 4.1 Estudio de mercado de consumo..... | 69 |
| 4.2 Disponibilidad de materias primas... | 75 |
| 4.2.1 Materias primas básicas..... | 76 |
| 4.2.2 Localización de los princi- pales productores de mate- rias primas..... | 76 |
| 4.2.3 Volumen de producción e im- | |

| | Página |
|--|------------|
| portaciones de materias primas..... | 78 |
| 4.2.4 Precios de adquisición de materias primas..... | 84 |
| 4.2.5 Determinación del tamaño de la planta..... | 84 |
| | |
| CAPITULO 5 | |
| ESTUDIO DE LOCALIZACION PARA UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS..... | 87 |
| 5.1 Características del proyecto..... | 93 |
| 5.1.1 Capacidad de producción..... | 93 |
| 5.1.2 Superficie necesaria para la planta..... | 93 |
| 5.1.3 Secciones de la planta..... | 93 |
| 5.1.4 Insumos de producción..... | 94 |
| 5.2 Evaluación de las localizaciones preseleccionadas..... | 94 |
| 5.2.1 Inversión total de capital.. | 95 |
| 5.2.2 Costos de producción..... | 95 |
| 5.2.3 Conclusiones del estudio | 96 |
| | |
| CAPITULO 6 | |
| INGENIERIA DE PROYECTO..... | 103 |
| 6.1 Bases de diseño..... | 104 |
| 6.1.1 Generalidades..... | 105 |
| 6.1.2 Capacidad y flexibilidad.... | 106 |
| 6.1.3 Especificaciones de alimentaciones de proceso..... | 106 |
| 6.1.4 Especificación del producto. | 107 |
| 6.1.5 Alimentación de materias primas..... | 107 |
| 6.1.6 Condiciones del producto.... | 107 |
| 6.1.7 Eliminación de desechos..... | 108 |
| 6.1.8 Almacenamiento..... | 108 |
| 6.1.9 Servicios auxiliares..... | 108 |
| 6.1.10 Sistemas de seguridad..... | 110 |
| 6.1.11 Condiciones climatológicas y metereológicas..... | 111 |
| 6.1.12 Localización de la planta... | 112 |
| 6.1.13 Bases de diseño de ingeniería eléctrica..... | 113 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.1.14 | Bases de diseño para tuberías..... | 103 |
| 6.1.15 | Bases de diseño de ingeniería civil..... | 113 |
| 6.1.16 | Bases de diseño para instrumentos..... | 114 |
| 6.1.17 | Bases de diseño para equipo..... | 114 |
| 6.1.18 | Normas, códigos y especificaciones..... | 114 |
| 6.2 | Selección del proceso..... | 115 |
| 6.2.1 | Descripción del proceso..... | 121 |
| 6.2.2 | Seguridad e higiene en la producción de las resinas fenólicas..... | 124 |
| 6.2.3 | Control de calidad en la producción de las resinas fenólicas..... | 125 |
| 6.3 | Diagrama de bloques..... | 131 |
| 6.4 | Balance de materia y energía..... | 131 |
| 6.4.1 | Balance de materia..... | 131 |
| 6.4.2 | Balance de energía..... | 136 |
| 6.5 | Diagrama de flujo de proceso..... | 138 |
| 6.6 | Lista de equipo..... | 139 |
| 6.7 | Especificaciones de equipo..... | 142 |
| 6.7.1 | Equipo de proceso..... | 142 |
| 6.7.2 | Equipo de servicios auxiliares..... | 142 |
| 6.8 | Plano de localización general de equipo..... | 144 |
| 6.9 | Diagrama de tubería e instrumentación..... | 144 |
| 6.10 | Programa del proyecto..... | 147 |
| 6.11 | Estimado de horas-hombre y costo de la ingeniería de proyecto..... | 150 |
| 6.11.1 | Administración del proyecto..... | 152 |
| 6.11.2 | Ingeniería de proceso..... | 152 |
| 6.11.3 | Ingeniería mecánica..... | 152 |
| 6.11.4 | Ingeniería de tuberías..... | 152 |
| 6.11.5 | Ingeniería eléctrica..... | 153 |
| 6.11.6 | Ingeniería civil..... | 154 |
| 6.11.7 | Arquitectura..... | 154 |
| 6.11.8 | Ingeniería de instrumentos..... | 154 |
| 6.11.9 | Compras, inspección y expe | |

| | Página |
|---|------------|
| 6.11.10 | 155 |
| ditación..... | 155 |
| Total de horas-hombre y costo de la ingeniería de proyecto..... | 156 |
| | |
| CAPITULO 7 | |
| ESTIMADO DE COSTOS..... | 157 |
| 7.1 Estimado del capital de inversión.... | 158 |
| 7.1.1 Tipos estimados de costo de capital..... | 158 |
| 7.1.2 Métodos para la estimación del capital de inversión... | 160 |
| 7.2 Estimados de costo para la planta de resinas fenólicas..... | 168 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 174 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA..... | 176 |
| | |
| ANEXO..... | 178 |

INTRODUCCION

Nuestro país se encuentra en el inicio de un proceso de industrialización acelerado, que deberá fincarse en los conocimientos de una ingeniería moderna, en la que se armonicen y profundicen los conocimientos de la ciencia de los materiales, de las ciencias sociales, la administración y la economía. Estos conocimientos coadyuvarán en forma integral y eficiente al desarrollo de nuestro país, considerando nuestros recursos, carencias y necesidades.

En el esfuerzo por industrializar el país, muchas industrias nacieron y murieron, dejando sólo experiencia sin haber contribuido significativamente a la economía del país.

No cabe duda que existieron serias deficiencias en la planeación y diseño técnico y empresarial de las mismas.

Aún cuando los resultados del balance industrial han sido positivos en el pasado, estos podrían superarse en el futuro si existiera una mejor planeación y diseño de las empresas industriales, no dejándose guiar únicamente por el instinto y el abandono al juego espontáneo de las fuerzas de la economía, sino que es necesario aplicar una fuerza orien-

tadora, capaz de introducir eficiencia al desarrollo industrial.

La necesidad de introducir eficiencia a las empresas industriales debe hacerse patente desde su concepción y formulación, ya que la corrección posterior de ciertas deficiencias habrá de requerir de fuertes erogaciones, mientras que la corrección de otras será incosteable, y la empresa que se encuentre en este caso tendrá que afrontar las consecuencias que se deriven de ellas a lo largo de su existencia.

Partiendo de lo que representa la formulación y evaluación de un proyecto, el presente trabajo lo aplica al caso de la concepción de una planta de resinas fenólicas, que si bien resulta ser una industria antigua cuyo inicio se remonta al año de 1910, es interesante tener en cuenta que los industriales del ramo la consideran como incosteable, y elucubran acerca de su rentabilidad, mas sin embargo, la demanda de este producto va en aumento.

Este trabajo se inicia con la recopilación de información general referente a la tecnología de las resinas fenólicas, sus propiedades físicas, químicas y usos; se determina la capacidad de la planta propuesta, su localización y la ingeniería de proyecto para la misma, así como los costos de inversión total de capital y costos de producción. Finalmente con el conjunto de datos anteriores, se pretende determinar la rentabilidad del proyecto.

CAPITULO I

FORMULACION DE LAS RESINAS FENOLICAS

1.1 GENERALIDADES

Las resinas fenólicas, denominadas también fenoplastos y resinas del alquitrán de hulla, comprenden las resinas y plásticos elaborados a partir de fenoles y aldehídos. Los principales fenoles son: el propio fenol, cresoles, xilenoles y resorcionol; destacando las resinas fenolformaldehído por ser las más abundantes en el grupo, seguidas por las resinas fenol-furfural, resorcionol-formaldehído y otras similares.

Además de las resinas sin modificar, se tienen las modificadas, particularmente las que contienen resinas naturales como colofonia y sus ésteres.

Los postulados de Kienle (1), que se enuncian a continuación son los que rigen las reacciones del fenol y el formaldehído: a) los compuestos de alto peso molecular se forman solamente cuando las moléculas involucradas poseen más de una

(1) R. H. Kienle, Ing. Eng. Chem. 22:590-594, 1930.

posición activa; b) el eslabonamiento de las moléculas procede de acuerdo al posible contacto de las dos posiciones reactivas individuales, y c) el tamaño y la forma relativa de las moléculas reaccionantes, así como la ubicación de las posiciones reactivas son ampliamente determinantes sobre las propiedades físicas del polímero resultante, por ejemplo: la flexibilidad y la rigidez del mismo.

Tener en cuenta que el formaldehído tiene una funcionalidad de dos y el fenol de tres; este último reacciona en su posición *para* y sus dos posiciones *orto* al hidroxilo. Sus dos posiciones *meta* reaccionan solamente bajo condiciones severas, que generalmente no se logran en reacciones de resinas y pueden considerarse inactivas.

Así, el fenol y el formaldehído reaccionan para dar una estructura entrelazada de tres dimensiones.

Un fenol sustituido tal como el *o*- o *p*-cresol será difuncional; reaccionando bajo condiciones normales solamente puede dar una forma lineal. En el caso del *m*-cresol, que es trifuncional, podemos obtener resinas entrelazadas.

La complejidad de las reacciones de las resinas fenólicas es ocasionada por el posible contacto de las tres posiciones del núcleo fenólico y se ha encontrado que: el promedio molecular entre las novolacas es de ocho anillos fenóli

cos, existiendo 1,485 isómeros sin ramificar y alrededor de 1,200 isómeros cuando es posible la ramificación. Lo anterior explica su carácter amorfo y las primeras dificultades de interpretación de su estructura. Esto brinda la posibilidad de preparar resinas para satisfacer una amplia variedad de propiedades y requerimientos de composición.

Debido a que el fenol y el formaldehído son moléculas relativamente pequeñas y la estructura resultante de la polimerización es bastante entrelazada, las propiedades físicas de la resina curada llevan consigo un bajo grado de flexibilidad y una buena resistencia a altas temperaturas.

La clasificación de las resinas fenólicas en dos grupos la origina el hecho de que existe un gran número de factores que al variarse proporcionan características especiales a los productos, siendo dos factores los más relevantes: el pH del catalizador, ácido o básico; y por otro lado, la relación de 1 mol de fenol a \pm 1 mol de formaldehído.

Cuando el formaldehído acuoso a concentraciones comerciales de 37 a 40 (% en peso) y el fenol puro son mezclados en volúmenes aproximadamente iguales, la solución tendrá un pH de 3.0 a 3.2; este valor puede ser tomado como referencia o punto "neutral". Si se logra mantenerlos mezclados y/o se les calienta a ebullición, no reaccionarán en forma apreciable en un período de días o semanas, necesitándose un cata

lizador para acelerar la reacción.

Al añadir un catalizador ácido, y abatir el pH se provoca una aceleración en la reacción, siendo ésta proporcional a la concentración de los iones hidronios; el rango de interés práctico es de 0.5 a 1.5.

Al adicionar un catalizador básico también se incrementa la velocidad de reacción, siendo ésta más completa que la anterior y obtenemos dos rangos de interés: un rango intermedio de 4 a 7 y el verdaderamente básico de 7 a 11. Por encima del pH de 11, entran factores adicionales tales como: la concentración de base requerida para catalizar la reacción excede las cantidades catalíticas y entra en el rango de proporciones moleculares.

Si la mezcla catalizada de fenol-formaldehído mantiene una relación de una o más de una molécula de formaldehído por mol de fenol, tendrá la relación y la funcionalidad necesarias para producir una resina termofija, considerándosele como una resina de un paso.

Si la mezcla catalizada de fenol-formaldehído guarda una relación de menos de un mol de formaldehído por mol de fenol, se obtendrá una resina termoplástica, que requiere que la relación inicial se mantenga durante la reacción. Cuando el catalizador es ácido, el producto es termo-

plástico, pudiéndose convertir a termofijo por la adición de un agente entrelazante como el "hexa" (hexametilentetramina), y a esta resina se le denomina novolaca.

Cuando el catalizador es básico y tenemos una relación molar de 1 a 1 de formaldehído-fenol, el producto inicial consistirá en una resina de un paso en solución de fenol; por calentamiento y pérdida de fenol, puede ser convertida a novolaca. Esta novolaca con un rango de pH 4 a 7 se considera comercialmente como una etapa en la fabricación de resinas con alto contenido de orto-sustituyentes; a un pH más elevado y al remover el exceso de fenol, se obtiene una estructura infinitamente ramificada; de lo contrario, sin remover el fenol reacciona la estructura con el exceso del mismo y forma un gel.

Los tipos generalizados de resinas fenólicas pueden agruparse como se muestra en la tabla 1; además, existen otras variables que pueden ser controladas para producir cambios menos significativos en la resina final, como por ejemplo: los cambios en la temperatura.

1.2 CATALISIS BASICA

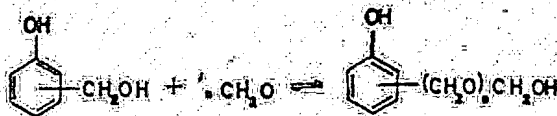
Cuando una mezcla de un mol de fenol y uno o más moles de formaldehído reaccionan a un pH mayor de 8, los productos más simples de la condensación son los alcoholes fenó-

Tabla 1

TIPOS GENERALES DE RESINAS FENOLICAS

| TIPO DE CATALIZADOR | TIPO DE REACCION | TIPO DE REACCION |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Acido | No controlable | Novolaca controlable |
| Básico | Resina de un paso controlable | Novolaca altamente orto-sustituída |

licos, como se muestra en la fig. 1, donde se observan las posibles reacciones iniciales; además, durante los primeros pasos de la reacción se forman los hemiformales bencílicos, que son estables a bajas temperaturas y destruidos en 5 minutos al alcanzar los 105°C.



Los grupos metiloles (hidroximetilos) activados por el hidroxilo fenólico, son extremadamente activos y a ellos se deben las reacciones de condensación que conducen a la resinificación de los alcoholes fenólicos, llevándose a cabo la resinificación en tres etapas: resoles o resinas de la etapa A, resitoles o resinas de la etapa B y resitas o resinas de la etapa C.

La reacción de los alcoholes fenólicos, por ejemplo: los fenoles metilados y compuestos derivados mediante calenta

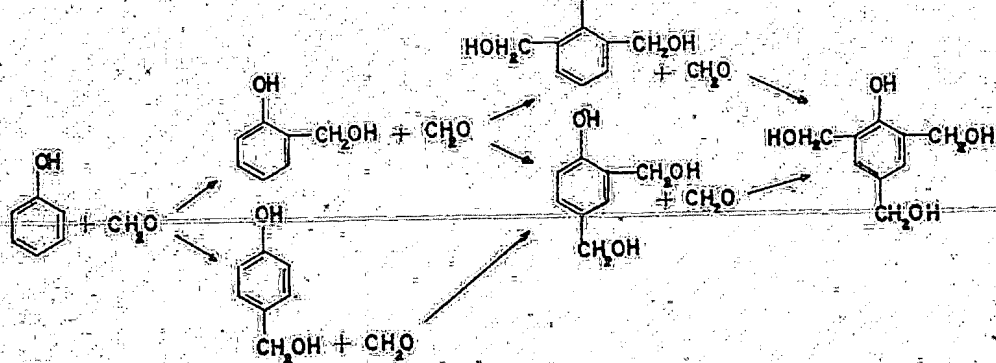
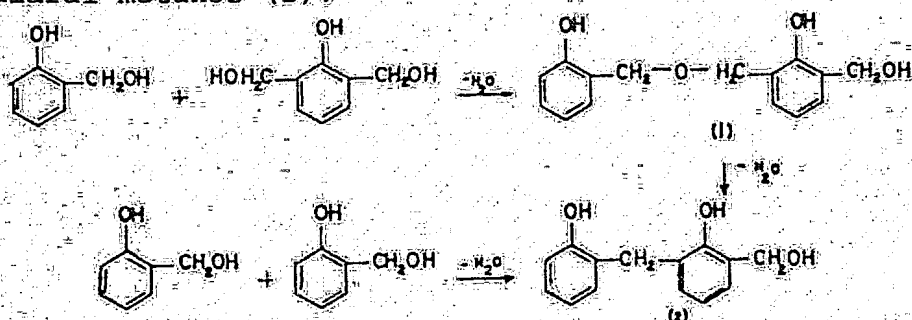


Fig. 1. Las posibles reacciones iniciales cuando un mol de fenol y uno o más moles de formaldehído reaccionan a un pH 8.

miento conducen a dos posibilidades: a) la formación de ésteres metilénicos (1), y b) en forma independiente o subsecuente a diaril metanos (2).



Estos monómeros y dímeros continúan reaccionando con calentamiento adicional, incrementando el peso molecular promedio de la resina. En caso de que la reacción no sea detenida, proseguirá el entrecruzamiento de las moléculas, llegándose a obtener una estructura semisólida (gel). Sin embargo, por enfriamiento, la velocidad de reacción puede ser retardada o detenida para fines prácticos en cualquier punto de la gelación.

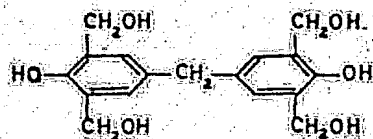
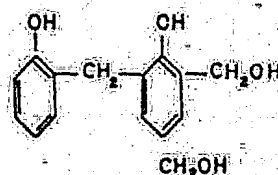
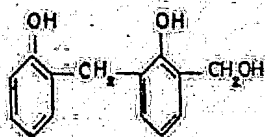
Así tenemos:

(1) Resoles o resinas de la etapa A. Son resinas de muy bajo peso molecular, solubles en bases, alcoholes, ce-

tonas y hasta en agua a temperatura ambiente y útiles para im-
pregnación o saturación de algún sustrato.

Principalmente constan de una mezcla compleja de
alcoholes fenólicos, con un contenido hidroxílico relativamen-
te alto. Algunos metiloles se condensan con átomos de hidró-
geno *orto* y *para* de las moléculas adyacentes, formando metilo-
les entrelazados por puentes metilénicos.

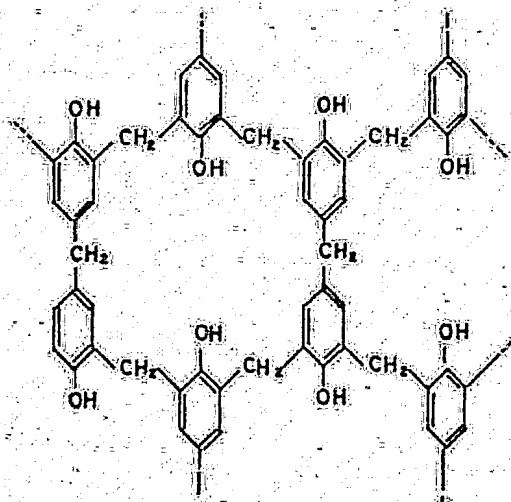
Ejemplo:



(2) Resitales o resinas de la etapa B. Estos se
obtienen cuando la reacción llega hasta una resina semisólida
de alto peso molecular que ya no es soluble en bases. Estos
productos intermedios no están bien definidos químicamente,
pero su complejidad y grado de ramificación han aumentado; si
bien no ha llegado muy lejos el entrecruzamiento transversal,
estas resinas se ablandan con el calor y son duras y frágiles
cuando están frías.

(3) Resitas o resinas de la etapa C. Son resinas
sólidas, pulverizables que se obtienen cuando la reacción lle-
ga hasta que los grupos oxhidrilos se deshidratan y los gru-

pos metiloles originales se agotan por completo. Estas resinas son insolubles e infusibles; además, con un grado considerable de entrecruzamiento transversal y en forma ideal se representan con todos los enlaces transversales como se puede observar a continuación:



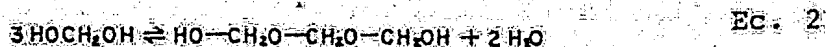
En las tres etapas anteriores, la resina puede ser reactivada con calor y desactivada por enfriamiento; la polimerización con calor continúa hasta el final, llegándose a obtener un producto infusible e insoluble.

El mecanismo de adición del formaldehído al fenol, bajo condiciones básicas, ha sido estudiado por muchos investigadores. En soluciones acuosas comerciales el formaldehído se encuentra en forma de metilenglicol, $\text{CH}_2(\text{OH})_2$; además que lo acompañan polioximetilenglicoles de bajo peso molecular, $\text{HO}(\text{CH}_2\text{OH})_n\text{H}$, como impurezas.

Las soluciones comerciales de formaldehído (formalina) se deben mantener dentro de un rango de temperatura entre 40 y 50°C durante el almacenamiento, para prevenir la polimerización y precipitación de los glicoles; ya que la disponibilidad de formaldehído monomérico o especie reactiva se rige por el equilibrio que guarda éste con sus hemiformales, como se muestra en la ecuación 1. Savitsas (2) propuso un prome-

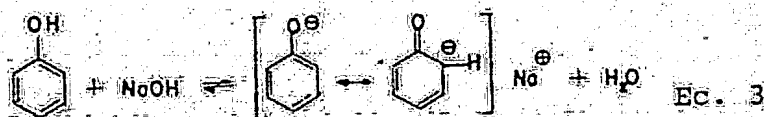


dio de longitud en la cadena de 3 unidades, como se observa en la ecuación 2.



En soluciones más concentradas de formaldehído, se tiene dificultad para disponer del formaldehído monomérico, como se muestra en la fig. 2.

El fenol tomará la forma aniónica al estar en equilibrio con el catalizador, por ejemplo, con el hidróxido de sodio (ecuación 3).



De un estudio cinético de la reacción en solución diluida, se concluyó que la sustitución orto debería proceder

(2) A. A. Zavitsas y R. D. Beaulieu, Am. Chem. Soc., Div. Org. Coatings and Plastics Preprints 27 (1), 100-113, 1967.

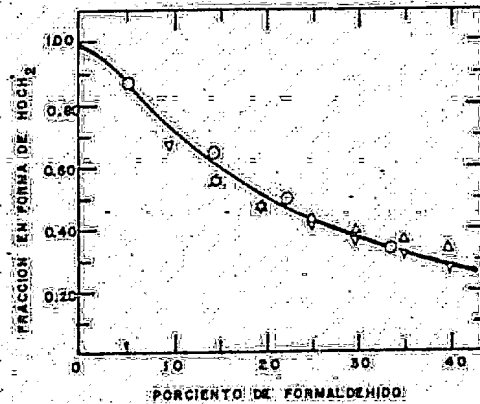
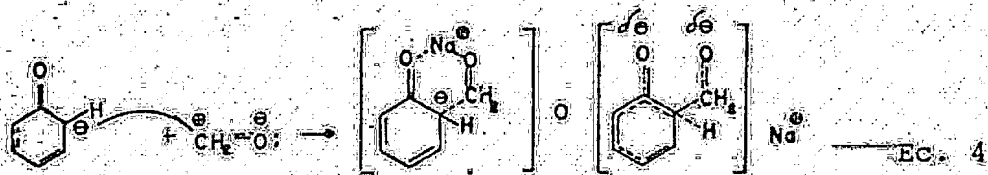
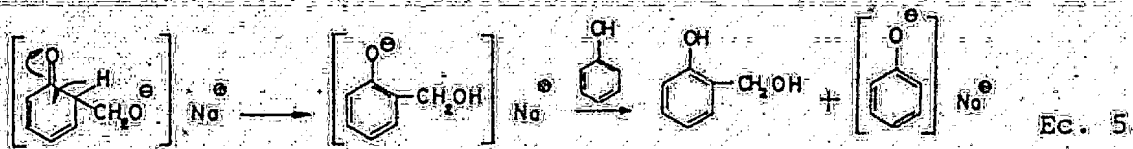


Fig. 2. Gráfica de la fracción de monómero hidratado contra el porcentaje en peso del formaldehído en agua. Claves: O, a 20°C; Δ a 35°C; a 100°C.

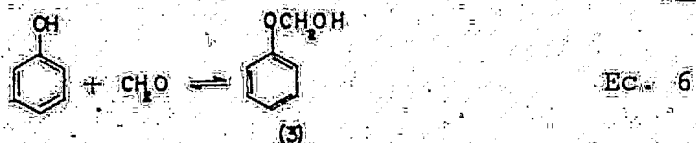


de las formas resonantes (ecuación 4), y a través de éstas ceder el protón al fenol metílico (ecuación 5).



Un posible intermediario de importancia en la formación de alcoholes (ecuación 6), es el hemiformal del fenol.

(3), que se obtiene en soluciones anhidras de formaldehído ga-

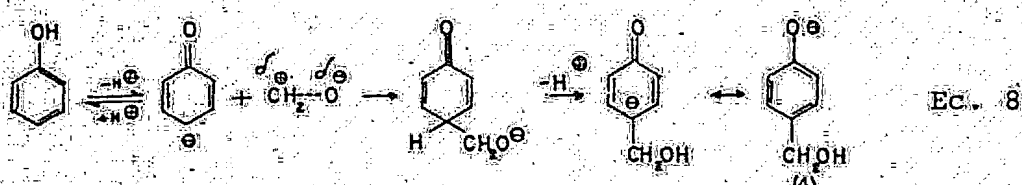


gaseoso en fenol fundido. Sin embargo, éste no ha sido aisla-

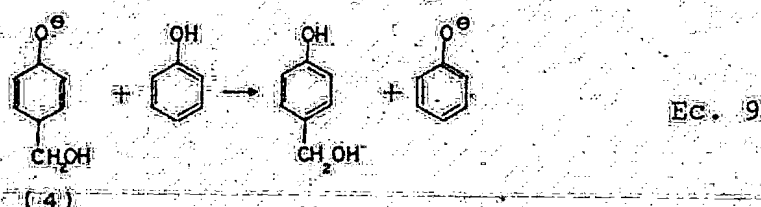
do en las reacciones fenólicas acuosas, por lo cual, se considera que los hemiformales (3) pueden estar presentes como formas de transición, y funcionar como intermediarios que se regeneran rápidamente al alcohol *orto*sustituido (ecuación 7).



Existe otro mecanismo que explica a la vez la sustitución *orto* y *para*, que se fundamenta en la formación de un complejo activado de estructura quinoida (ecuación 8).

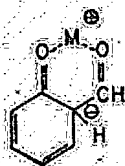


La estructura (4) deberá reaccionar con el fenol (ecuación 9), produciendo el alcohol y regenerándose el anión.



Sin embargo, se ha visto que la estructura *p*-quinoida se forma más rápidamente que la *orto*, y los efectos estéricos y los enlaces de hidrógeno juegan un papel importante en estas sustituciones. Se encontró además que al utilizar hidróxido de sodio como catalizador, la relación de sustituciones *orto* a *para* depende de la constante dieléctrica del medio; las *orto*-sustituciones se incrementan con la concentración de los reactivos, y baja la constante dieléctrica. Lo anterior conduce a un complejo metálico en la posición *orto* a la estructura

quinóica (5), que resulta ser estable en un medio de constante dieléctrica baja.



(5)

Se ha encontrado que en el rango de pH de 7 a 11, la posición *para* del grupo fenólico no es tan reactiva como la suma de las dos posiciones *orto*. El resultado es que se forma más *o*- que *p*-metilolfenol en las primeras etapas de la reacción y la reactividad de estas moléculas hacia el formaldehído es más grande que la del fenol original. Debido a eso, tenemos que la suma de las velocidades de reacción de adición del formaldehído al *o*-metilolfenol para dar *o,o*- y *o,p*-dimetilolfenol, es del orden de 1 a 1½ veces la velocidad de reacción de adición del formaldehído al fenol. Sin embargo, conforme el formaldehído se consume, se forman preferencialmente polialcoholes y la cantidad de cada uno de los posibles alcoholes y el fenol sin reaccionar, están constantemente cambiando durante el curso de la reacción; lo que indica que las reacciones de los compuestos mencionados compiten, y la cantidad específica de cada una no puede ser citada como un límite absoluto. Sin embargo, el derivado *p*-metilol es menos reactivo que el *o*-metilolfenol y tiende a acumularse; igualmente el *o,p*-dimetilolfenol es más reactivo que el isómero *o,o*, el

cual reacciona más tarde para dar trimetilolfenol. Por lo tanto, se concluye que en esta etapa de la reacción, se pueden encontrar cantidades considerables de *p*-metilolfenol, *o,o*-dimetilolfenol y pequeñas cantidades de *o*-metilolfenol, fenol y trimetilolfenol. La tabla 2 muestra la cercanía y el traslapo de los puntos de fusión de los alcoholes fenólicos, que hacen tan difícil su identificación.

La saigenina (*o*-metilolfenol) por sí misma puede ser ejemplo de un producto comercial, obteniéndose al hacer reaccionar a baja temperatura cantidades equimoleculares de fenol, formaldehído e hidróxido de calcio.

Las reacciones de los alcoholes fenólicos han sido estudiadas con mayor detalle. El grupo metilol reacciona con los alcoholes alifáticos en presencia de una traza de ácido mineral para dar éteres ($-\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_2\text{OR}$); el grupo metilol puede ser reducido a grupo metilo por hidrogenación a alta presión; o reacciona con halógenos para dar un grupo halometilo ($-\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_2\text{X}$), o para reemplazar el metilol por halógeno ($-\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{X}$).

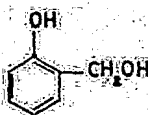
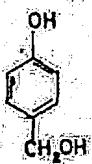
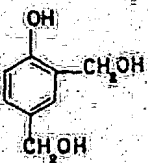
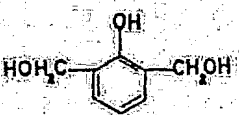
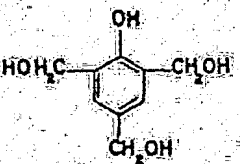
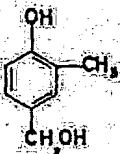
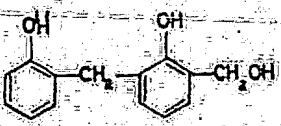
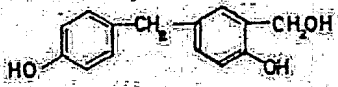
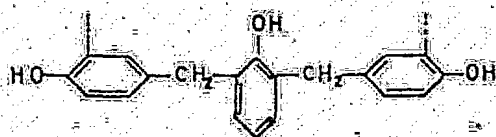
| COMPUESTO | ESTRUCTURA | PUNTO DE FUSION °C |
|---|---|--------------------|
| O-METILOLFENOL |  | 86 |
| P-METILOLFENOL |  | 124 - 126 |
| 2,4-DIMETILOLFENOL |  | 92 - 94 |
| 2,6-DIMETILOLFENOL |  | 95 - 101 |
| 2,4,6-TRIMETILOLFENOL |  | 76 - 84 |
| 4-METILOL-O-CRESOL |  | 81 - 84 |
| 3-METILOL-2,2'-DIHI-DROXIDIFENIL METANO |  | 121 - 123 |
| 3-METILOL-4,4'-DIHI-DROXIDIFENIL METANO |  | 124 - 130 |

TABLA 2

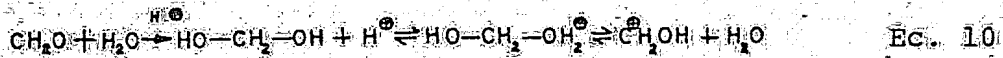
PUNTO DE FUSION DE LOS ALCOHOLES FENOLICOS

1.3 CATALISIS ACIDA

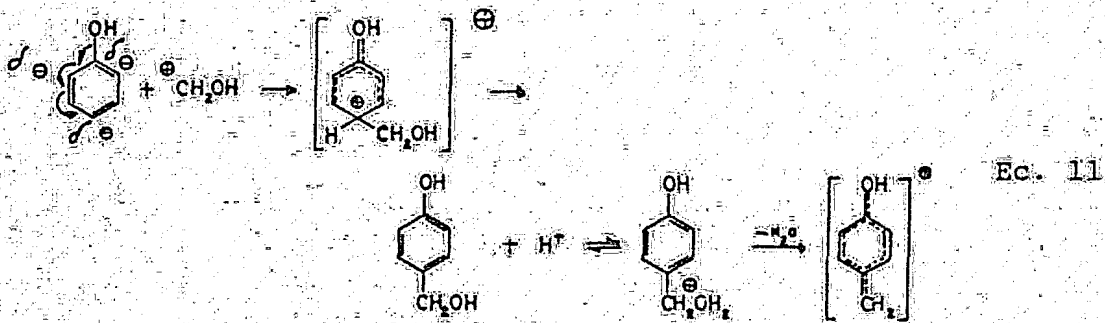
El resultado de la reacción catalizada por un ácido con menos de un mol de aldehído por mol de fenol, es una resina novolaca que es permanentemente fusible y soluble, y es el producto de condensación de dos moléculas de fenol con una de aldehído, un dihidroxifenilalcano. A diferencia de las resinas de un paso, las resinas novolaca no tienen la capacidad para continuar creciendo en peso molecular una vez que el formaldehído se ha consumido, consistiendo su estructura esencialmente de cadena de núcleos aromáticos unidos por puentes metílenos, como se muestra a continuación.



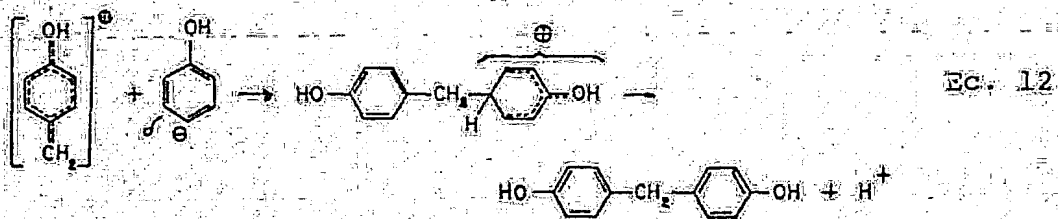
El mecanismo generalmente aceptado para la reacción catalizada por ácido es del tipo de sustitución electrofílica (ecuación 10), que depende de la protonación del formaldehído o de su forma de metilenglicol; actuando el ion hidronio como catalizador activo en las etapas iniciales de la reacción fenol-formaldehído. Cabe indicar que el hidroxilo fenólico es un orientador *o,p*, por eso el formaldehído protonado se unirá al anillo aromático en cualquiera de sus posiciones *orto* o *para*, resultando una mayor proporción de sustituciones *para*, debido a su mayor reactividad.



El metilo pierde el grupo oxhidrilo como agua proporcionando un ion carbonio bencílico muy estable (ecuación 11); que reaccionará inmediatamente con una molécula de fe-



noil libre, a través de una reacción de sustitución electrofílica (ecuación 12). La primera sustitución del formaldehído sobre el núcleo fenólico desactiva sustancialmente el anillo, comparada con la siguiente sustitución; ésta es la diferencia entre las reacciones ácidas y básicas que conducen a la formación de polialcoholes a un pH alto y a cadenas lineales a pH bajo.



La molécula del dihidroxidifenilmetano se desactiva de la misma manera que el núcleo fenólico, pero no tan fuertemente; así, la cantidad de difenol presente se incrementará rápidamente, mientras que los polifenoles se estarán formando justamente.

La continua reacción de dos difenoles, o más, reduce la proporción de aductos de bajo peso molecular y se llega finalmente a la uniformidad en el peso molecular, una vez consumido todo el formaldehído. Las moléculas de los polímeros novolaca, no se desactivan por completo y esto les permite tener una pequeña cantidad de ramificación; conforme la relación de fenol a formaldehído se incrementa y aproxima a 1:1, aumenta la ramificación y gelación del producto.

Es importante señalar que el pH ácido favorece la producción de isómeros o'' , p' y p , p' .

1.4. CATALISIS A pH INTERMEDIO

El rango de pH 4 a 7, es el de mayor interés para la preparación de isómeros o^- , o'^- , y se logra utilizando algunos catalizadores metálicos específicos, como: sales alcalinas de zinc, magnesio y aluminio; además con iones metálicos divalentes electropositivos, resultando ser los más efectivos el manganeso, cromo, níquel y cobalto; de ellos, los hi-

dróxidos de manganeso y cobalto son los más idóneos para obtener *o*-, *o*'-dialcoholes, por ejemplo: el *o*-, *o*'-dihidroximetilfenol.

En general, en el rango de pH de 4 a 7 tiene lugar una adición moderadamente lenta del formaldehído al fenol, y la siguiente reacción con un segundo fenol da un difenol. Un exceso molar de fenol del 15 al 30% sobre el formaldehído favorece la orientación *o*-, *o*'- de la estructura. Es importante indicar que se debe evitar la contaminación del catalizador, ya sea por trazas de ácido que favorece la formación del isómero *p*, *p*', o bien, por trazas de amoníaco o bases monovalentes, como el sodio que incrementan la formación de *o*, *p*'.

Con un exceso considerable de fenol, salgenina deshidratada y reacción suave, se obtiene un producto excelente. Para obtener una novolaca cristalina o producto resinoso se remueve el agua del seno de la reacción y se eleva la temperatura a 160°C en un lapso de 30 minutos, durante los cuales reaccionan los alcoholes libres con el fenol, después se procede a desalojar el fenol que no reaccionó por destilación a vacío o vapor; la remoción prematura del fenol provoca la gelación que se origina por los alcoholes fenólicos presentes.

1.5 CINÉTICA DE LA REACCIÓN

El orden de reacción que corresponde al proceso catalizado por una base fuerte como el hidróxido de sodio, es de dos; de otra manera la velocidad de reacción dependería de la concentración del formaldehído monomérico y el anión fenolato.

La ecuación de segundo orden obtenida por Zavitsas (3, 4), basada en sus experimentos mostrados en la fig. 3,

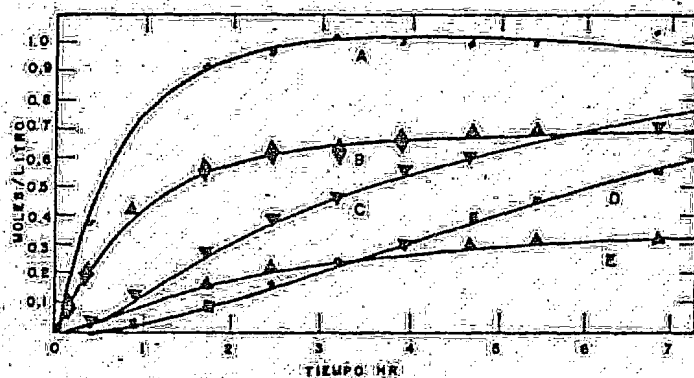


Fig. 3. Dependencia de la concentración de los alcoholes fenólicos resultantes, contra el tiempo de reacción a 57°C. Las curvas fueron calculadas con las constantes de velocidad de reacción presentadas en la tabla 3. Los puntos muestran los valores experimentales; las curvas fueron calculadas por Zavitsas. Claves: A, *o*-metilolfenol; B, *p*-metilolfenol; C, *o,p*-dimetilolfenol; D, *o,o,p*-trimetilolfenol; E, *o,o*-dimetilolfenol. (5)

(3) A. A. Zavitsas, Am. Chem. Soc., Div. Org. Coatings and Plastics Preprints 26 (1), 93-106, 1966.

(4) A. A. Zavitsas, and R. D. Beaulieu, Am. Chem. Soc., Div. Org. Coatings and Plastics Preprints 27 (1), 100-113, 1967.

(5) Div. Org. Coatings and Plastics Chem. Preprints 27 (1), 100-113, 1967.

es de la forma siguiente:

$$-\frac{d[\text{fenol}]}{dt} = k_1 [\text{ion fenolato}] [\text{formaldehído}] + k_2 [\text{ion fenolato}] [\text{formaldehído}]$$

Dicha ecuación toma en consideración la velocidad de reacción k_1 , que corresponde al consumo de fenol y formaldehído para formar *o*-metilolfenol, y la velocidad de reacción k_2 para formar el *p*-metilolfenol, etc.

Para obtener el orden de reacción de tal expresión, fue necesario determinar la concentración del ion fenolato, como también las correspondientes concentraciones de las formas iónicas de cada uno de los metilolfenoles reaccionantes. La distribución de estos iones fue descrita por consiguiente por una serie de ecuaciones tales como:

$$\frac{[\text{o-metilolfenolato}]}{[\text{ion fenolato}]} = \frac{K_2 [\text{salgenina}]}{K_1 [\text{fenol}]}$$

Donde K_1 , K_2 , son las constantes de ionización ácida de las seis especies reaccionantes: fenol; *o*- y *p*-metilolfenol; *o*-, *p*-dimetilolfenol; *o*-, *o*-dimetilolfenol y *o*-, *o*-, *p*-trimetilolfenol. Estas constantes de ionización fueron determinadas a partir de mediciones del pH de las reacciones acuosas del fenol libre, en presencia de una cantidad equivalente de su sal sódica y calculadas mediante la relación:

$$pK_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{ácido}]}$$

Este modelo matemático con siete ecuaciones diferenciales simultáneas y seis algebraicas fue simulado primero en una computadora. Las constantes de velocidad de reacción que resultaron, fueron verificadas con una calculadora. Los valores de la concentración del formaldehído reflejan solamente la concentración del formaldehído monomérico, que es la forma en que toma parte en la reacción y es regulado por el equilibrio que mantiene con sus hemiformales. Así, las ecuaciones de velocidad de reacción son escritas para el formaldehído monomérico presente que varía con la concentración total del formaldehído (fig. 3).

La expresión para una reacción de resinificación es más compleja que para una solución simple, ya que involucra los hemiacetales de los fenoles metilados. Zavitsas derivó una función γ , para los equilibrios formaldehído-hemiformal e hidroximetilolfenol-hemiformal, para explicar esta expresión. La solución simultánea de esta ecuación con las ecuaciones anteriores, nos da las constantes de velocidad de reacción para las siete posibles reacciones de metilación. El resultado de este análisis es resumido en la tabla 3.

Las curvas de la fig. 3 son las obtenidas por una computadora, utilizando las constantes de velocidad de reacción de la tabla 3. La excelente correspondencia en el transcurso de la reacción para todos los puntos experimentales con

Tabla 3

CONSTANTES CINÉTICAS PARA LA METILACION DEL FENOL*

| Constantes | Reacción | Constantes de velocidad de reacción litros/mol/seg | Energía de activación Kcal |
|------------|--|---|-------------------------------|
| k_1 | Fenol \rightarrow <i>o</i> -metilolfenol | 14.63×10^{-4} | 21.1 |
| k_2 | Fenol \rightarrow <i>p</i> -metilolfenol | 7.80×10^{-4} | 20.6 |
| k_3 | <i>o</i> -Metilolfenol \rightarrow <i>o,o</i> -dimetilolfenol | 13.51×10^{-4} | 20.4 |
| k_4 | <i>o</i> -Metilolfenol \rightarrow <i>o,p</i> -dimetilolfenol | 10.22×10^{-4} | 19.0 |
| k_5 | <i>o,o</i> -Dimetilolfenol \rightarrow <i>o,o,p</i> -trimetilolfenol | 13.45×10^{-4} | 21.0 |
| k_6 | <i>o,p</i> -Dimetilolfenol \rightarrow <i>o,o,p</i> -trimetilolfenol | 21.34×10^{-4} | 19.3 |
| k_7 | <i>p</i> -metilolfenol \rightarrow <i>o,p</i> -dimetilolfenol | 8.43×10^{-4} | 19.2 |

*La reacción a 57°C, pH 8.3 y una relación de 2 moles de formaldehído por 1 mol de fenol.

firma la suposición cinética de segundo orden.

Las reactividades relativas de las posiciones en el anillo fenólico pueden ser comparadas, tomando en cuenta el hecho de que en la formación de salgenina (*o*-metilolfenol), a partir de fenol y *o*,*p*-metilolfenol del *p*-metilolfenol, existen dos posiciones *orto* capaces de reaccionar. Las constantes de velocidad de reacción relativas para la reacción a 57°C, se presentan en la tabla 4. Así tenemos que la posición *para*, es ligeramente más reactiva que cualquiera de las dos posiciones *orto*. La mayor velocidad de aparición del *o*-metilolfenol comparada con el *p*-metilolfenol, $k_1/k_2 = 1.88$, es el resultado de la combinación de las velocidades de reacción de las dos posiciones *orto*, considerando que la reactividad total del fenol al principio de la reacción es 3.07, correspondiente a la suma de dos posiciones *orto* y una posición *para*.

La adición de un grupo metilol en la posición *para* reduce: el número de posiciones reactivas de 3 a 2 y la reactividad total de la molécula a un 40%, siendo 1.16 la suma de las dos posiciones *orto*. Al adicionar un metilol en la posición *orto* se observa: reducción de posiciones reactivas de 3 a 2, pero la suma de la reactividad relativa de la otra posición *orto* (1.85) y de la posición *para* (1.40) que es 3.25, aún es mayor que la reactividad original del fenol. Esto nos explica que la polimetilolación del fenol en medio

Tabla 4

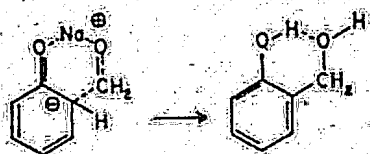
CONSTANTES DE VELOCIDAD DE REACCIÓN RELATIVAS
PARA LA METILOLACION DEL FENOL*

| Reacción de metilación | Constantes de Velocidad relativas |
|--|--------------------------------------|
| k_1 , Cada posición <i>orto</i> | 1 |
| k_2 , Posición <i>para</i> | 1.07 |
| k_3 , Posición <i>orto</i> con un <i>o</i> -sustituyente | 1.85 |
| k_4 , Posición <i>para</i> un <i>o</i> -sustituyente | 1.40 |
| k_5 , Posición <i>para</i> con <i>o,o</i> -disustituyente | 1.84 |
| k_6 , Posición <i>orto</i> con <i>o,p</i> -disustituyente | 2.92 |
| k_7 , Cada posición <i>orto</i> con <i>p</i> -sustituyente | 0.58 |

*La metilación de la primera posición *orto* es tomada como unida.

alcalino ocasiona: primero, que el fenol sea más propenso para ser metilolado en la posición *orto*; y segundo, logrado lo anterior, es recomendable agregar más formaldehído que favorece la "polimetilación". Esto se muestra en la fig. 3; el *o*-metilolfenol es consumido tan rápido como o escasamente más rápido que el *p*-metilolfenol. El efecto desactivante es superado por el grupo metilol, es impedido por uno más fuerte, que es la presencia del puente de hidrógeno (ecuación 13), resultante de la estructura sugerida para la sustitución *orto*.

Las energías de activación para cada una de las siete reacciones de condensación determinadas por Zavitsas



Ec. 13

son mostradas en la tabla 4. Los requerimientos de energía para las sustituciones *orto* y *para* son casi iguales, pero una vez que el anillo fenólico tiene un sustituyente *orto*, el requerimiento de energía para la siguiente sustitución *para* es más bajo que para la siguiente sustitución *orto*.

El análisis cinético de la reacción catalizada por ácido, es complicado debido a que después de efectuada la adición del formaldehído al fenol, el hidroximetilfenol resultante condensa rápidamente con el fenol y los polímeros.

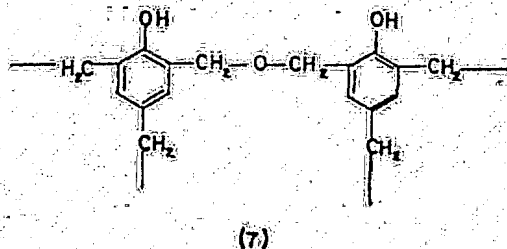
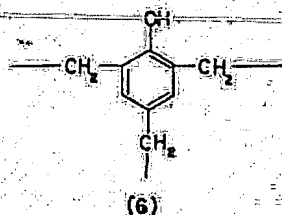
con fenol terminal que pueden estar ya presentes. Esta velocidad de condensación es de cinco a ocho veces tan rápida como la reacción inicial de adición. Con alcoholes fenólicos puros y fenol, se ha demostrado que la condensación es de segundo orden a cualquier pH, y la velocidad de reacción total para formar poli (hidroxifenilmetanos) es una función de la acidez; por lo que, a más bajo pH, la reacción es más rápida. Sin embargo, no se han obtenido datos para la velocidad de adición, que es el paso controlante. En las primeras etapas de la reacción a pH bajo (abajo de 1.3) y a bajas temperaturas (30°C), indican una adición de primer orden. Como normalmente la reacción procede a un pH por encima de 1.3 y temperaturas de 80 a 100°C, el orden de reacción parece cambiar a segundo orden y hacia un orden mayor que éste. La explicación de este comportamiento podría consistir en un mejor rendimiento de la disponibilidad del catión activo del formaldehído, que se favorece por la cantidad de formaldehído monomérico presente, procedente de la deshidratación del metilenglicol que se incrementa a un pH menor de 2.6. El calor de reacción medido por Jones (6), fue alrededor de 20 Kcal/mol, el cual es muy cercano a sus valores calculados a 4.1 Kcal/mol correspondiente al calor de adición, más 16.9 Kcal/mol del calor de condensación.

(6) T. T. Jones, J. Soc. Chem. Ind. 65, 264-275 (1946).

1.6 CURADO

En el proceso de curado de una resina fenólica termofija, las moléculas son entrecruzadas, tanto para alcanzar un peso molecular suficientemente alto, como para ser de un valor comercial práctico. Para determinar cuándo una resina está curada, existen varios métodos indirectos que se basan en los cambios de las propiedades físicas. Muchos de estos se fundamentan en los cambios de rigidez y tenacidad.

El curado de las resinas fenol-formaldehído catalizadas por una base, se le considera como una continuación del proceso de polimerización. En este caso no es necesario agregar algún agente entrelazante como se hace con las resinas novolacas, ya que se cuenta con un exceso de formaldehído que funciona como agente entrelazante, y con sobrecalentamiento se conduce la reacción hasta la gelación; por lo que a estas resinas se les conoce como resinas de un paso. Algunas de ellas son inicialmente formuladas con más de 1.5 moles de formaldehído por mol de fenol; sin embargo, la estructura final (6), se muestra como si estuviera reducida a no más de una relación de 1.5:1 es decir $(3/2):1$, y el exceso de formaldehído hubiera sido eliminado durante el curado, o bien, reaccionado un poco con sí mismo, permaneciendo como enlaces de metiléneter (7).

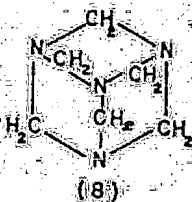


En un número considerable de aplicaciones industriales, las resinas de un paso son curadas a un pH bajo y al tiempo de usarse se les adiciona un catalizador ácido, lo que origina una velocidad de curado mucho más rápida, pudiéndose usar temperaturas más bajas. Cuando una resina de bajo peso molecular es empleada como punto de partida, la acidificación proporciona un medio similar a la formación de una resina novolaca, con la diferencia de que los alcoholes fenólicos ya están formados y presentes en gran cantidad. Estos alcoholes fenólicos son extremadamente reactivos y se condensan con los anillos fenólicos para formar puentes metilénicos a una velocidad muy rápida, siendo exotérmica la reacción; y el calor generado, la acelera a su vez. Al desarrollarse la reacción, la masa resinosa rápidamente llega hasta el punto de ebullición del agua, y el vapor generado provoca

espuma en la resina, por lo cual si no se controla la reacción llega a obtenerse una masa sólida. Con un control adecuado en la formulación, mezclado e ingredientes, la reacción violenta mencionada se convierte en la base de la fabricación de espumas fenólicas.

Sin embargo, algunos metilénesteres pueden formarse y descomponerse bajo condiciones fuertemente ácidas liberando una molécula de formaldehído, reaccionando este último como parte del proceso de entrecruzamiento, o bien ser eliminado del sistema, en caso de que en la fórmula original esté por encima de 1.5 moles por mol de fenol. Un fuerte olor a formaldehído es característico de estos curados rápidos, en reacciones catalizadas por ácido.

El curado de las resinas novolacas es casi universalmente llevado a cabo por la reacción con hexametilentetramina, conocida comunmente como "hexa" (8).




Son posibles dos tipos de reacción con la "hexa": una cuando hemos obtenido una resina novolaca y removido el fenol que no reaccionó, y se procede a curar la resina añadiendo "hexa" fundido, subiendo lenta y cuidadosamente la temperatura; tendremos que, nueve o diez moles de fenol reaccionan con una de "hexa". El hexatrifenol, producto inicial de adición, se descompone gradualmente liberando amoníaco y la temperatura puede ser incrementada hasta 180°C, a la cual el nitrógeno queda reducido a una traza en la resina.

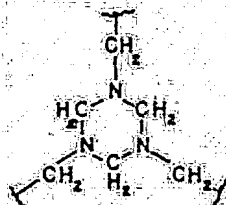
La otra reacción del "hexa", la cual es más común, se lleva a cabo con resinas novolaca punteadas por metilenos, conteniendo los anillos posiciones reactivas residuales y una pequeña cantidad de fenol libre (alrededor del 5%), y a menudo trazas de fenol y formaldehído del orden de menos del 1%. Los tres enlaces asociados con cualquiera de los átomos de nitrógeno de la molécula del "hexa" pueden abrirse sucesivamente para reaccionar con las posiciones libres de los anillos de la novolaca (ecuación 14). Los estudios del curado de las resinas novolacas con "hexa" muestran que el 66 a 77% del nitrógeno originalmente presente en el "hexa", está químicamente entrelazado en el producto final, indicándose con esto solamente la pérdida de un nitrógeno por cada molécula de "hexa".

El hecho de que una novolaca reaccione con 1.2% de

"hexa" para dar una estructura gelada, confirma lo antes mencionado. El producto contiene un entrecruzamiento tridimensional, articulando las moléculas de la resina y liberándose algo de agua durante este tipo de curado.

Por otro lado, una resina novolaca también puede ser gelada por reacción, con un exceso de formaldehído, por ejemplo, al emplear un catalizador ácido y reaccionar las posiciones *para* del fenol. Sin embargo, en este caso se obtienen productos cualitativamente más pobres, que cuando se utiliza "hexa".

3.  + hexa →
moléculas
de novolaca



Ec. 14

CAPITULO 2

PROPIEDADES FISICAS

2.1 PESO MOLECULAR

El peso promedio de una resina fenólica determina su punto de fusión o viscosidad como también su manejo y características de procesamiento. En relación a otros polímeros, las resinas fenólicas sin curar son productos de bajo peso molecular, que corresponden a mezclas de alcoholes fenólicos monoméricos con pesos moleculares de 25 a 150; arriba de 1000, tenemos resinas de un paso, sólidas y pulverizables. Estos rangos son pequeños comparados con los de otros polímeros sintéticos termoplásticos que van de 20,000 a 100,000.

En el caso de las resinas novolacas, la relación fenol-formaldehído es el factor más importante. La práctica comercial abarca el rango de 0.75 a 0.90 moles de formaldehído por mol de fenol; los pesos moleculares para este rango varían de alrededor de 500 a más de 900. Conforme se incrementa la cantidad de formaldehído, el peso molecular aumenta, lo

cual sucede más rápido cuando la relación fenol-formaldehído se aproxima a la unidad. Lo anterior se muestra en la fig. 4, donde la relación molar originalmente cargada al reactor es graficada contra el peso molecular.

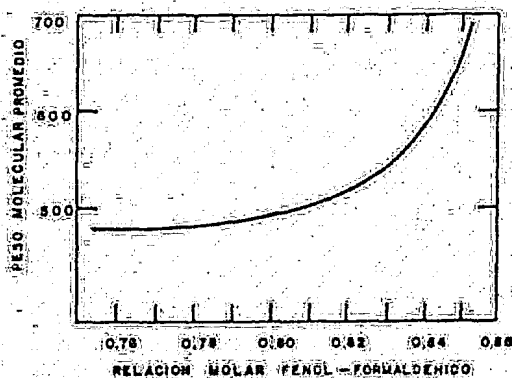


Fig. 4. Efecto de la relación fenol-formaldehído sobre el peso molecular de las resinas novolaca ácido-catalizadas.

Se encontró que la viscosidad de fusión (fig. 5) y la viscosidad de la resina en solución (fig. 6) se incrementan con el peso molecular. El efecto de la concentración sobre la viscosidad de soluciones de resina novolaca, se muestra en la fig. 7. Cada una de las figuras de la 4 a 9 son representativas de una determinada clase de resina.

Los cambios en la viscosidad de fusión con los cambios de temperatura fueron determinados por Jones para una serie de resinas novolacas de peso molecular diferente; cuatro de éstas son mostradas en la fig. 8, donde la viscosidad

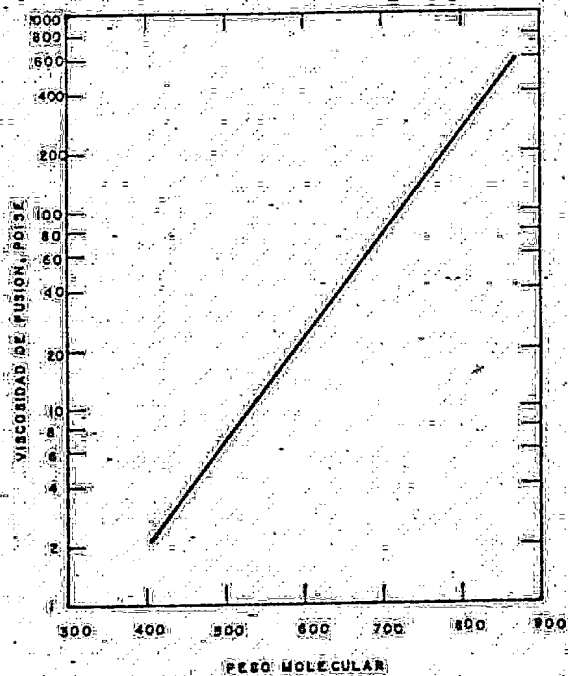


Fig. 5. Efecto del peso molecular sobre la viscosidad de fusión de las resinas novolaca a 150°C.

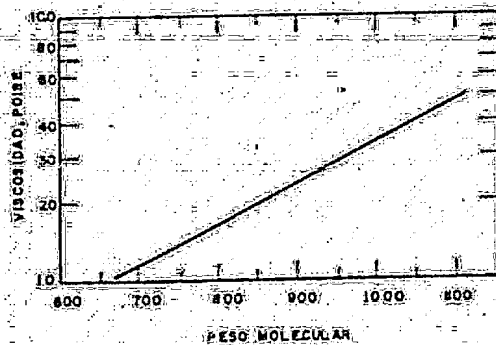


Fig. 6. Efecto del peso molecular de las resinas no volacas sobre su viscosidad en soluciones alcohólicas con un contenido de resina del 35%.

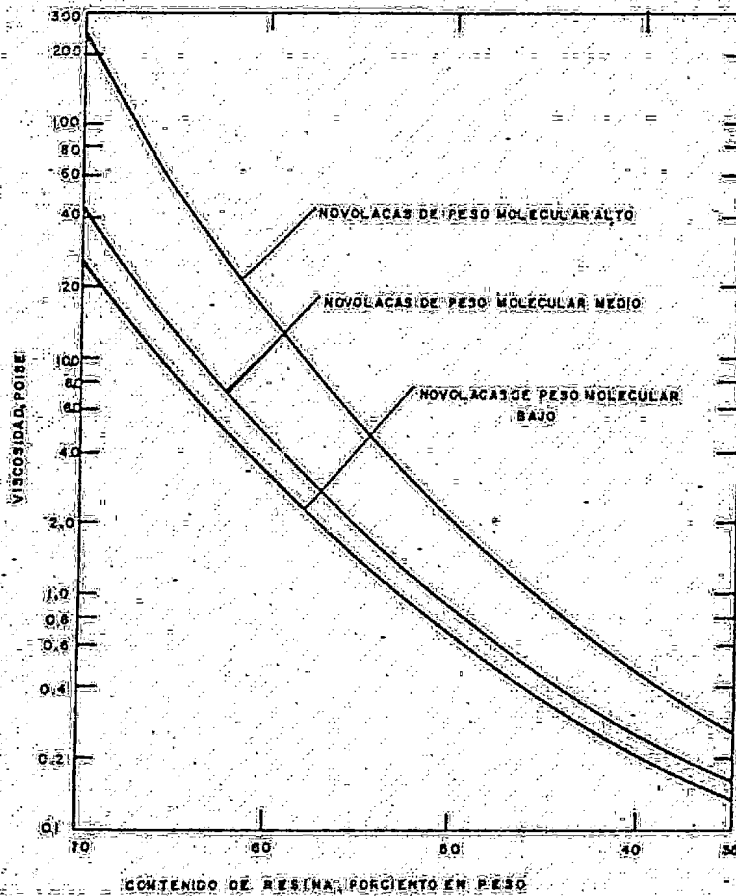


Fig. 7. Efecto de la concentración sobre la viscosidad de soluciones de resina novolaca en etanol a 25°C.

de fusión es graficada contra el recíproco de la temperatura absoluta.

La viscosidad de las soluciones de resinas también varía con la temperatura (fig. 9).

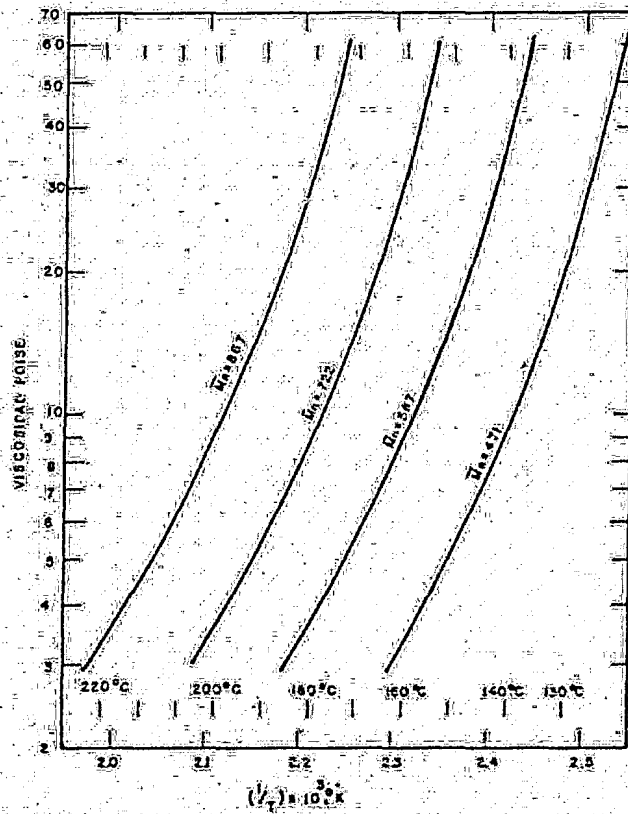


Fig. 8. Efecto de la temperatura y del peso molecular sobre la viscosidad de fusión en las resinas novolaca.

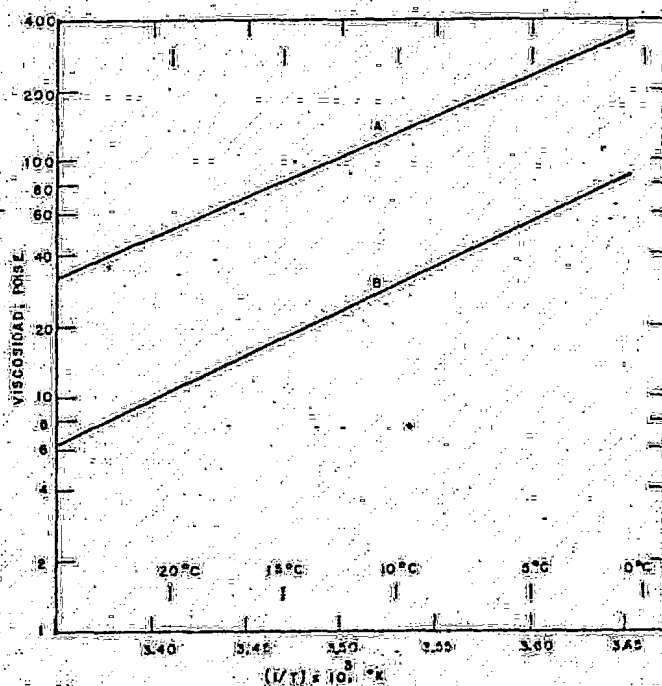


Fig. 9. Efecto de la temperatura sobre la viscosidad de una resina novolaca en solución alcohólica y una resina líquida de un paso disuelta en agua. A, resina novolaca en solución de etanol (70% de disolvente); B, resina de un paso (70% de disolvente).

2.2 DISTRIBUCION DEL PESO MOLECULAR

El primer intento de fraccionar una resina novolaca fue en 1936 por Vandensheidt (7), quien encontró un rango de peso molecular de 200 a 1300 para una resina cuyo peso molecular promedio era de 640.

Actualmente, un método rápido para fraccionar alco-

(7) A. Vandensheidt, A. Itenberg y T. Andreeva, Ber. 69B, 1900-1907 (1936); Chem. Abstr. 30, 6720.

holes fenólicos de bajo peso molecular es la cromatografía gas-líquido, mediante la estabilización por conversión a sus acetatos correspondientes. La efectividad de este método para separar isómeros es ilustrado en la fig. 10; que corresponde a un cromatograma de los éteres metílicos de una novolaca de bajo peso molecular. La comparación de un estándar de peso molecular conocido y calibración, contra los pesos de los isómeros de interés, hacen posible usar este método cuantitativamente.

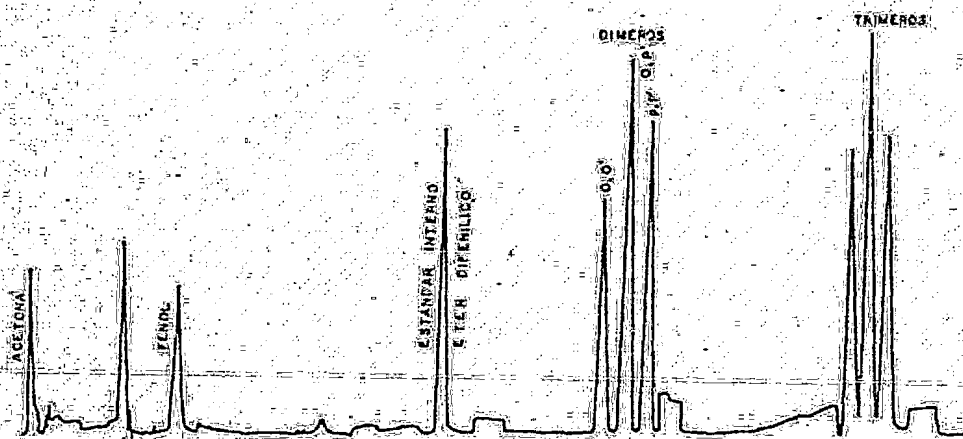


Fig. 10. Cromatograma de éteres metílicos de las resinas fenólicas de bajo peso molecular, donde se observa la posición de los derivados del metilol.

Seguindo la reacción de las resinas novolaca, tomando muestras periódicamente de la mezcla de reacción y analizándolas por cromatografía de capa fina, en la fig. 11 se muestra la curva de la mezcla de reacción de una novolaca des

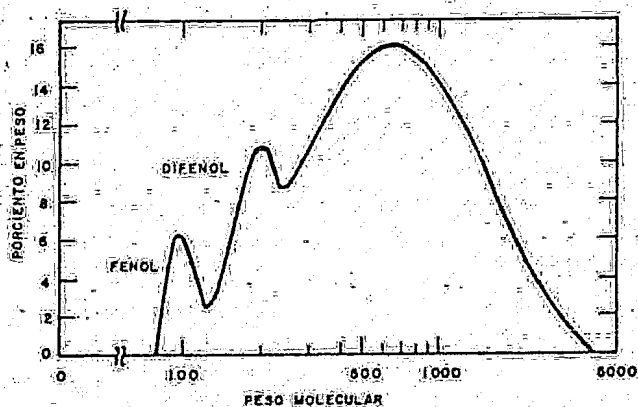


Fig. 11. Distribución del peso molecular de una resina novolaca después de dos horas de reacción a 90°C.

pués de dos horas a 90°C, donde el por ciento en peso es graficado contra el log del peso molecular, el fenol y los isómeros difenólicos son identificados, mientras que las cadenas moleculares más grandes se traslapan de modo que la curva es continua. La curva de distribución de peso molecular puede ser integrada como se observa en la fig. 12, donde adiciones similares se han realizado para muestras reaccionantes a varios tiempos. Los datos anteriores son graficados en la fig. 13, para mostrar los cambios de cada fracción de peso molecular y el consumo en peso de fenol durante la reacción. Puede verse que alrededor de uno de cada cinco fenoles ha reaccionado durante el calentamiento a la temperatura de reacción. Después de treinta minutos de reacción a 90°C los difenoles se han consumido más rápido de lo que se han formado, encon-

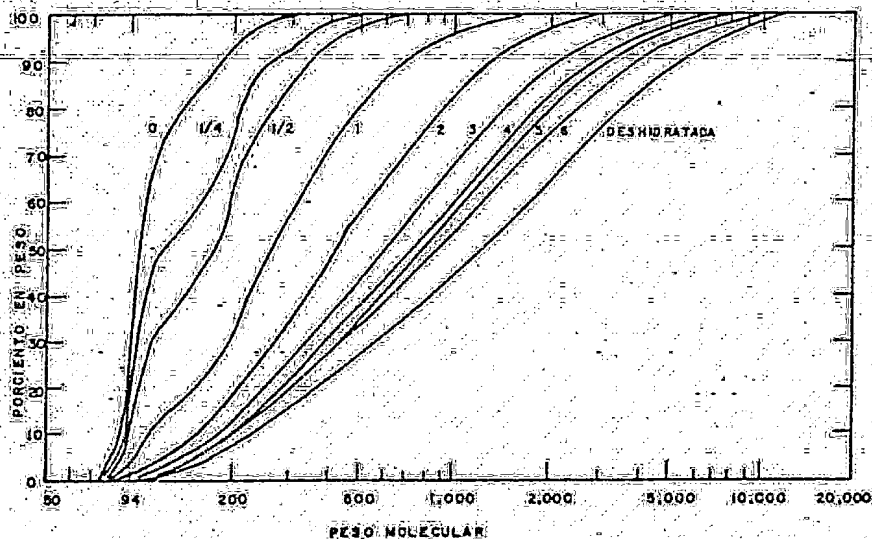


Fig. 12. Curvas integrales de distribución del peso molecular que corresponden a muestras tomadas durante la reacción de una resina novolaca a 90°C . Los números sobre las curvas indican el tiempo de reacción en horas, llevándose a cabo la deshidratación de la mezcla de reacción después de seis horas.

trándose moléculas con hasta diez núcleos fenólicos antes de haber transcurrido una hora de reacción y pequeñas cantidades con 100 anillos, en la resina final deshidratada.

Los cálculos del número y el peso molecular promedio de las muestras han sido graficados en la fig. 14. Conforme progresa la reacción se manifiesta la aparición de grandes moléculas y variación en la distribución del peso molecular; lo que justifica la separación entre las curvas de peso promedio y número promedio de anillos fenólicos, como se observa en la figura.

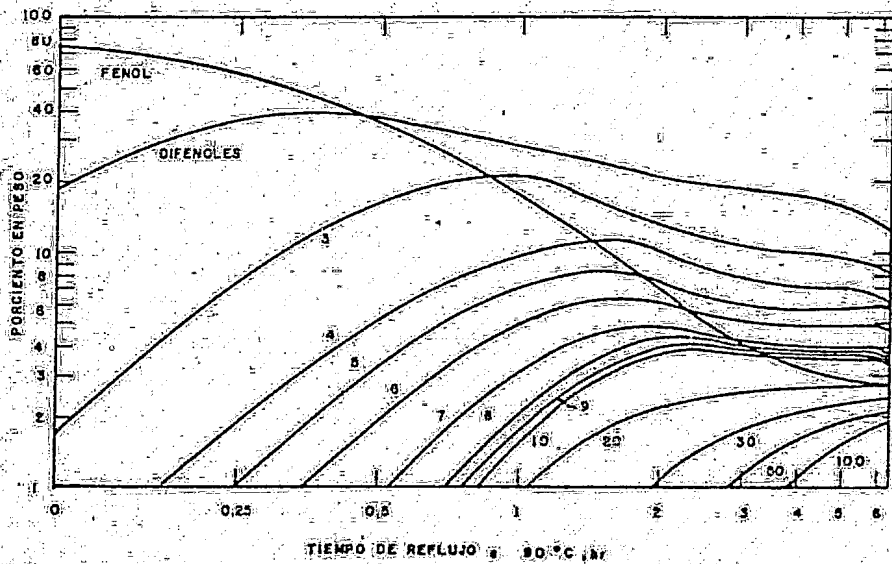


Fig. 13. Modificación en las fracciones de peso molecular durante la reacción de fabricación de resina fenólica a 90°C. Los números en las curvas indican el número de anillos fenólicos presentes.

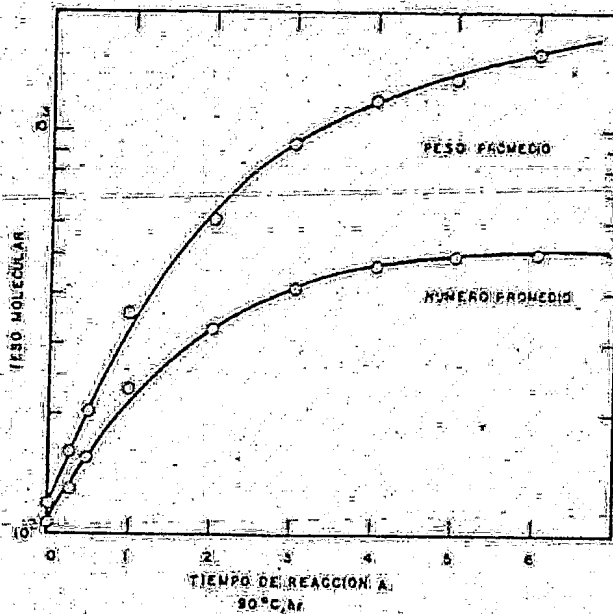


Fig. 14. Cambio en el peso molecular promedio durante la reacción de una resina novolaca a 90°C.

2.3 ESTRUCTURA

La resina catalizada por una base es considerada como un hidroximetilfenol modificado con puentes metilenos y/o metil éteres entre radicales fenilos. Se obtienen cadenas cortas cuando la resina reacciona a baja temperatura y corto tiempo; como consecuencia del aumento de la relación fenol-formaldehído y calentamiento adicional obtenemos: la amplitud de la cadena, la sustitución elevada de grupos metiloles y la mayor ramificación. La resina catalizada por ácido, novolaca, es simplemente punteada por grupos metilenos con grupos metiloles no remanentes. En cada caso las sustituciones son solamente *orto* y *para* al grupo hidroxilo fenólico, existiendo un amplio rango de peso molecular por todos los posibles isómeros presentes, que proporcionan a la resina su naturaleza amorfa característica.

2.4 VELOCIDAD DE CURADO

Es la velocidad con la cual una resina fenólica logra un peso molecular comercialmente útil, o en otras palabras, el grado de entrecruzamiento que se obtiene con la temperatura, pH, formulación y estructura. Para casos específicos se deben considerar otros factores, tales como: la mezcla, el fenol o formaldehído libre, el contenido de "hexa" y aditivos.

La fig. 15 muestra las curvas de viscosidad-tiempo para una resina representativa de un paso y una novolaca (re-

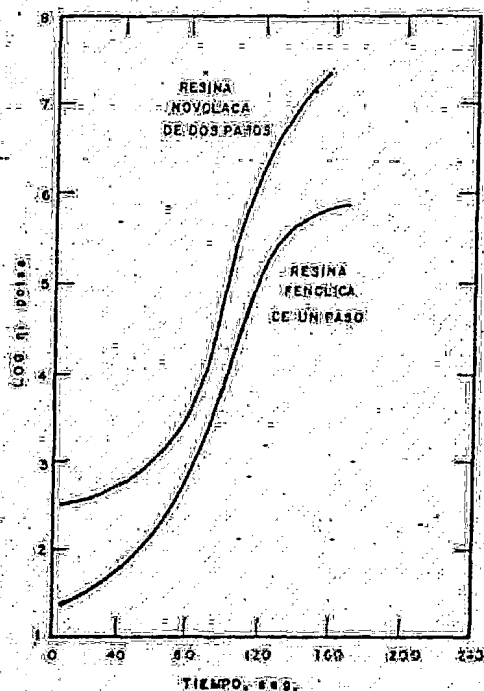


Fig. 15. Variación de la viscosidad en las resinas fenólicas con el tiempo, a 140°C.

sina de dos pasos), que curan a 140°C. Los datos para resinas específicas no necesariamente se duplican de estas curvas (figs. 15 a 17); sin embargo, muestran razonablemente un comportamiento similar. Las resinas de un paso empiezan con una más baja viscosidad de fusión, pero alcanzan una viscosidad máxima, más rápido que las novolacas. Posteriormente se observa un incremento progresivo en la viscosidad, y la resina gelada se vuelve más dura con el calentamiento adicional.

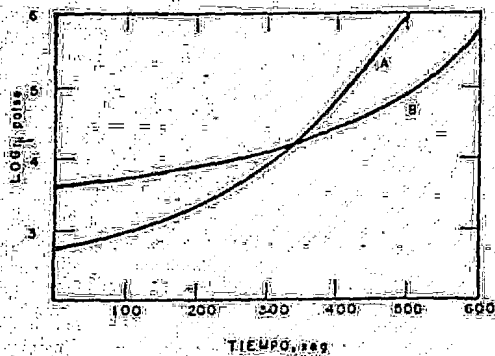


Fig. 16 A

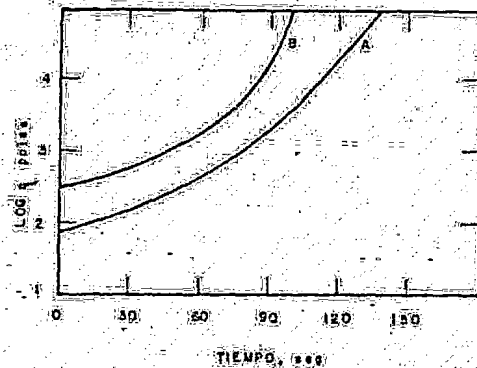


Fig. 16 B

Fig. 16. Variación de la viscosidad con el tiempo a dos diferentes temperaturas: A, resina de un paso; B, resina novolaca; (a) a 120°C, (b) a 140°C.

Las resinas novolaca son más sensibles al curado a mayores temperaturas, como se observa en la fig. 16. La resina novolaca a 120°C es relativamente inactiva y más lenta para gelarse que la resina de un paso; mientras que a 140°C, la novolaca mantiene siempre una más alta viscosidad.

El efecto del "hexa" sobre el curado de las resinas de dos pasos se muestra en la fig. 17. El "hexa" añadido (5, 10 y 15%) a la resina novolaca, provoca una más rápida velocidad en el incremento de la viscosidad y paulatinamente más altas viscosidades hasta llegar a la gelación; lográndose con esto un mayor grado de entrecruzamiento.

La velocidad de curado de las resinas fenólicas es determinada aproximadamente por el tiempo de gelación. Las

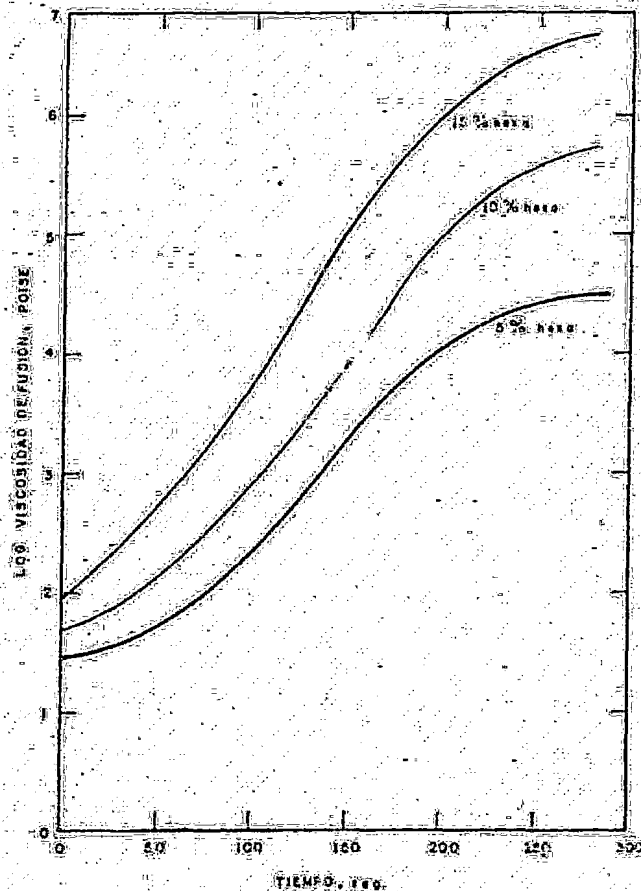


Fig. 17. Efecto del contenido de "hexa" en la viscosidad de fusión para una resina de dos pasos durante el curado a 130°C.

curvas de las figuras 18 a la 25 fueron obtenidas de datos representativos, pero deben ser consideradas como la tendencia general. La fig. 18 muestra cómo el tiempo de gelación para una resina de dos pasos con 10% de "hexa" decrece a medida que la temperatura se incrementa. La fig. 19 muestra cómo el tiempo de gelación de una resina similar de dos pasos decrece a medida que el contenido de "hexa" se incremen-

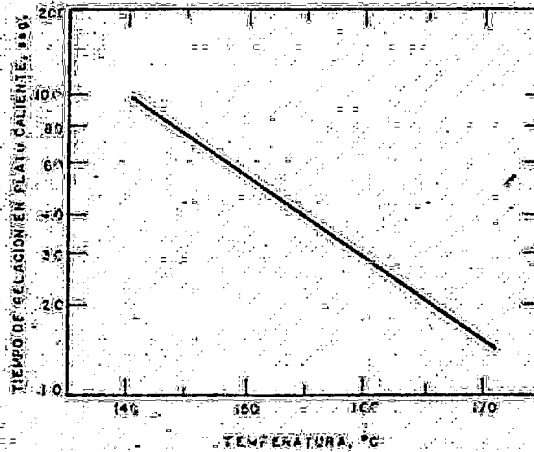


Fig. 18. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de gelación para una resina fenólica de dos pasos con 10% de "hexa".

ta. El rango de 6 a 14% de "hexa" es representativo de la práctica comercial. Abajo del 6% las estructuras curadas son generalmente demasiado lentas a altas temperaturas, con-

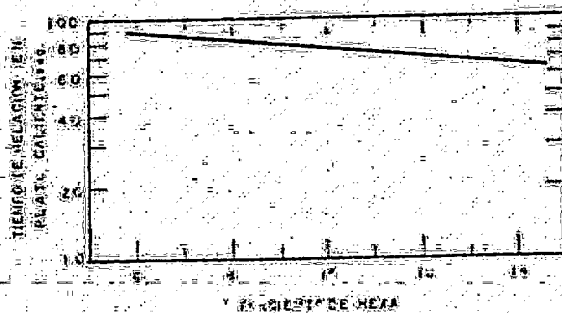


Fig. 19. Efecto del contenido de "hexa" sobre el tiempo de gelación para una resina fenólica de dos pasos a 150°C.

siderándose que alrededor del 10% parece ser un promedio ideal.

En general, en la preparación de una resina novolaca queda un pequeño porcentaje de fenol sin reaccionar y trazas de mezcla de reacción. El efecto de estas "impurezas" sobre el tiempo de gelación es importante; a medida que su concentración disminuye la velocidad de gelación llega a ser progresivamente más lenta. La fig. 20 muestra que arriba del 1.2% de mezcla, el tiempo de gelación es menor.

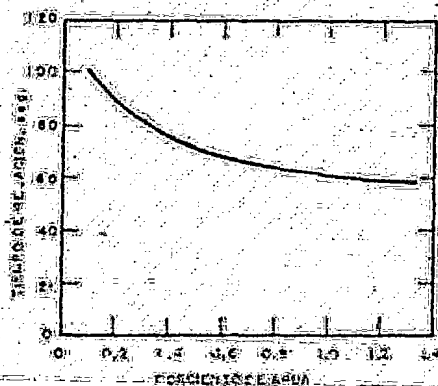


Fig. 20. Efecto del contenido de agua sobre el tiempo de gelación para una resina de dos pasos, con un contenido de "hexa" del 10%.

La fig. 21 muestra el efecto del fenol libre, el cual disminuye el tiempo de gelación a medida que se acerca al 7-8%.

En la fig. 22 se grafica el decremento del tiempo de gelación para una serie de resinas sólidas de un paso, al

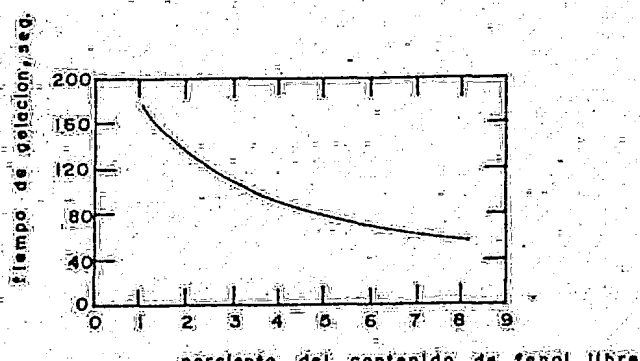


Fig. 21. Efecto del contenido de fenol libre sobre el tiempo de gelación para una resina fenólica de dos pasos a 150°C.

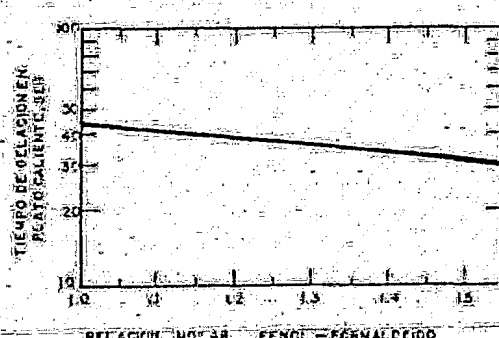


Fig. 22. Efecto de la relación inicial de fenol-formaldehído sobre la reactividad del sólido resultante a 150°C; resina de un paso pulverizable.

aumentar la cantidad de formaldehído. Las relaciones fenol-formaldehído mostradas en la fig. 22 no pueden ser extrapoladas a valores mayores ya que las resinas convenientes no podrían ser obtenidas.

Las resinas que son preparadas inicialmente con relaciones molares de formaldehído-fenol más grandes de 1.5, generalmente son terminadas como líquidos viscosos o en solución con un disolvente.

La fig. 23 muestra el incremento de la reactividad con el aumento de la cantidad de formaldehído. Sin embargo, el promedio del incremento empieza arriba de los 2 moles de formaldehído, y la resina mostrará poco o nada de incremento en la velocidad de gelación conforme el promedio se acerque a 3 moles de formaldehído por mol de fenol.

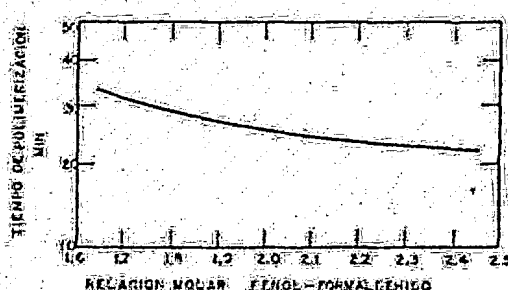


Fig. 23. Efecto de la relación inicial del formaldehído al fenol sobre la reactividad de una resina líquida de un paso a un pH 7.0 y 121°C. La resina contiene 75% de sólidos, viscosidad inicial de 2500 cP a 25°C y contiene agua pero no se le ha añadido un disolvente.

La reactividad de las resinas también es afectada por el pH del medio. El efecto de la alteración del pH para el caso de dos resinas de un paso de baja viscosidad, es ilustrada en la fig. 24. Se ha visto que la reactividad se

incrementa con la proporción molar del formaldehído, y ahora se analizará con el rango del pH; donde también la resina con mayor cantidad de formaldehído polimeriza más rápido hasta llegar a gelarse. A un pH bajo resulta más rápida la gelación que a uno elevado. Encontrándose la más baja reactividad en el punto "neutral" alrededor del pH 4; aumentando la basicidad se obtiene un tiempo corto para el gelado de la resina, mientras que la adición considerable de ácido origina una reacción explosiva. En el caso de las resinas de dos pasos con "hexa", disminuyendo el pH también se acelera la gelación. En cambio, la adición de base estabiliza al "hexa" y provoca tiempos más largos en la gelación.

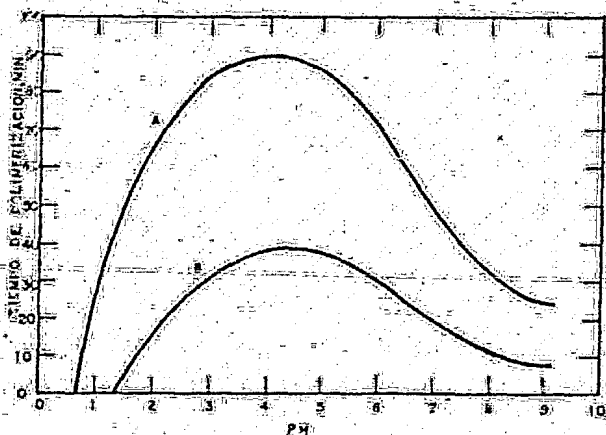


Fig. 24. Efecto del pH sobre la velocidad de polimerización a 121°C. Resina A: 1 mol de formaldehído por 1 mol de fenol. Resina B: 2 moles de formaldehído por 1 mol de fenol.

Al igual que en las resinas de dos pasos con hexa, en las resinas líquidas de un paso, a medida que se aumenta

la temperatura, su tiempo de polimerización es más corto (Fig. 25). Cada incremento de 10°C en la temperatura acorta

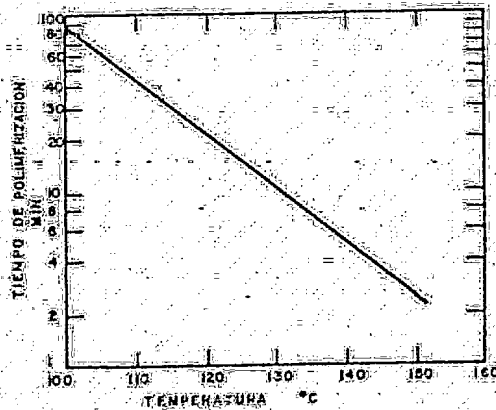


Fig. 25. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de polimerización para una resina de un paso, preparada con 2.3 moles de formaldehído y 1 de fenol.

el tiempo de gelación a la mitad. La gráfica de la fig. 25 es representativa de una familia; a más baja relación molar de formaldehído a fenol, la línea se desplaza hacia arriba y si la resina se prepara con más ácido, la línea se desplaza hacia abajo.

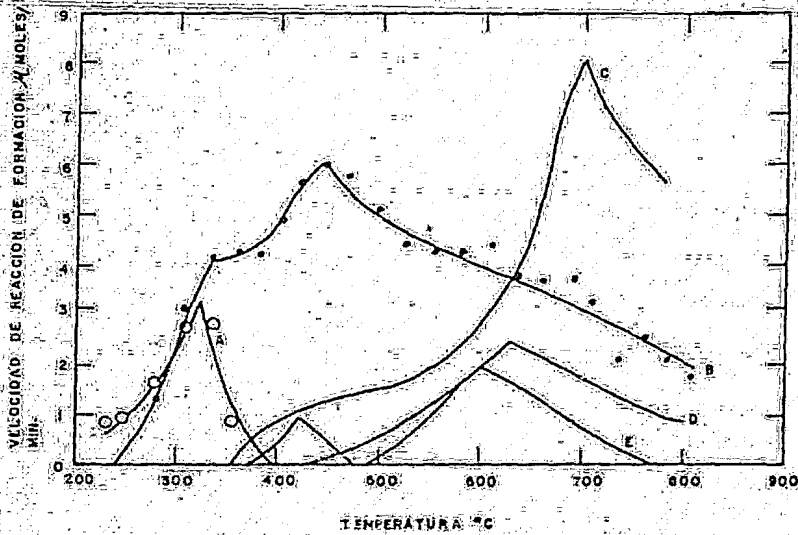
El efecto de la estructura sobre el curado, se ha mencionado en relación con la más rápida gelación de las resinas novolaca con alto grado de eslabonamiento *orto*. Se ha demostrado además que una resina altamente ramificada puede ser rápidamente gelada.

2.5 DESINTEGRACION TERMICA

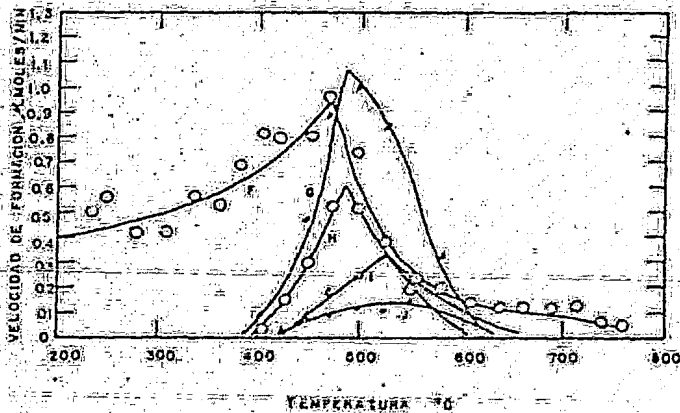
La fig. 26 muestra un caso, en el cual la velocidad de desintegración térmica ha sido determinada por un análisis espectrométrico de masas, para el rango de temperatura de 250 a 850°C.

La fig. 27 muestra una típica secuencia de reacciones propuestas por Jackson y Conley (8) para la desintegración térmica una resina sometida a elevadas temperaturas.

(8) W. M. Jackson y R. T. Conley, *J. Appl. Polymer. Sci.* 8, 2163-2193, 1964.



(a)



(b)

Fig. 26. Efecto de la temperatura sobre la distribución de los productos de la pirólisis de una resina fenólica. La velocidad de reacción es $28.5^{\circ}\text{C min.}$ (a) Claves: A, CH_2O ; B, H_2O ; C, N_2 ; D, CO ; E, CH_4 . (b) Claves: F, bióxido de carbono; G, cresol; H, xileno; I, fenol; J, tolueno.

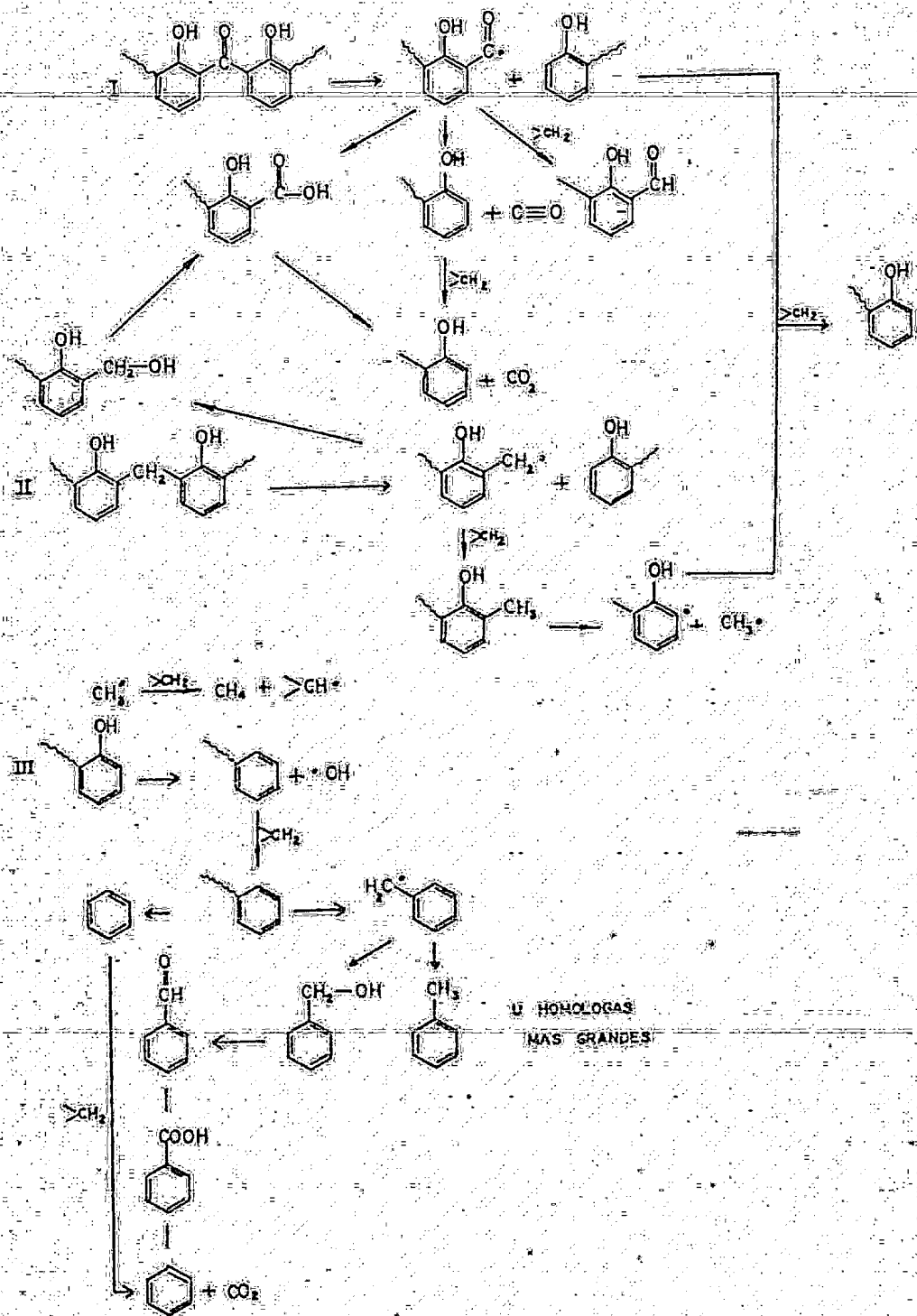


Fig. 27. Reacciones típicas propuestas para la desintegración térmica de resinas a elevadas temperaturas. Ruta I, procesos de degradación por oxidación; II, reacciones de fragmentación; III, formación de especies benzenoicas.

CAPITULO 3

USOS DE LAS RESINAS FENOLICAS

3.1 PRODUCTOS PARA MOLDEO

Las aplicaciones de las resinas para moldeo dependen de las resinas utilizadas.

El uso general de sus compuestos proporciona buena resistencia y buenas propiedades dieléctricas a bajo costo, como para interruptores, tapones, casquillos, paneles de control, aparatos eléctricos para el hogar, antiguamente muebles para radios y televisores, piezas para aviones y automóviles, equipos telefónicos y artículos de fantasía.

A continuación se dan algunos nombres comerciales de productos para moldeo de algunas compañías:

| Nombre Comercial | Fabricante |
|--------------------|--------------------------|
| Bakelita | Bakelite Corp. |
| Catapak | Catalin Corp. of America |
| Co-Re-Lite (Sisal) | Columbian Rope Co. |

| | |
|-----------------|------------------------------------|
| Durez | Durez Plastics & Chemicals Inc. |
| Durita | Borden Co. Chemical, Div. |
| Heresita | Heresite & Chemical, Co. |
| Inder | Relly & Chemical, Corp. |
| Insurok | Richardson, Co. |
| Kys-ita (Pasta) | Keyes Fibre, Co. |
| Neillita | Watertown Mfg. Co. |
| Nobelita | Reichhold Chemical, Inc. |
| Synvar | Synvar, Corp. |
| Textolita | General Electric, Co. |

3.2 PRODUCTOS PARA VACIADO

Las resinas fenólicas para vaciado se fabrican en forma de barras, hojas y tubos. Por su color claro las resinas para vaciado permiten una amplia gama de colores para bisutería y objetos de arte. El uso de estas resinas es indicado particularmente cuando se necesita una cantidad relativamente pequeña de artículos de formas diversas. Se emplean mucho en la fabricación de botones y hebillas. Se usan también en el campo de la decoración y en la industria para el diseño de herramientas.

Algunos nombres comerciales de resinas y plásticos para vaciado se dan a continuación:

| Nombre comercial | Fabricante |
|------------------|--|
| | <u>Plásticos para Vaciado</u> |
| Catalin | Catalin Corp. of America |
| Gemstone | Knoedler Chemical, Co. |
| Marblette | Marblette, Corp. |
| Nobellon | Reichhold Chemicals, Inc. |
| | <u>Para Vaciado (con relleno de asbesto)</u> |
| Haveg | Haveg, Corp. |
| | <u>Resinas para Vaciado</u> |
| Baker Cast | Baker Oil Tools, Inc. |
| Catalin | Catalin Corp. of America |
| Durez | Durez Plastics & Chemical, Inc. |
| Marblette | Marblette, Corp. |
| Nobellon | Reichhold Chemicals, Inc. |
| Plyphen | Reichhold Chemicals, Inc. |
| Resinox | Monsanto Chemical, Co. |
| Synco | Synder Chemical, Co. |
| Synvar | Synvar, Co. |
| Textolite | General Electric, Co. |

3.3 PRODUCTOS PARA LAMINADO

Los usos principales de los laminados fenólicos son como: aislamiento eléctrico, estructurales y decorativos,

tableros de mesa y decorados para interiores, puertas interiores de refrigeradores, piezas de automóviles y aviones, equipo textil y en muchas otras aplicaciones, algunas en sustitución de metales. Los tipos especiales de laminados como los de forma de panal, que tienen una relación excepcional de resistencia/peso y los plásticos laminados con caucho, en que se coloca el caucho natural o sintético entre hojas de plásticos laminados, encuentran muchas aplicaciones para empaque de equipo eléctrico.

Algunos nombres comerciales de laminados comunes se dan a continuación:

| Nombre comercial | Fabricante |
|----------------------|---------------------------------|
| Aqualite | National Vulcanized Fibre, Co. |
| Celoron: Dieléctrico | Continental-Diamond Fibre, Co. |
| Farlite | Farley & Loetscher Mfg. Co. |
| Formica | Formica Co. |
| Insurck | Richardson, Co. |
| Lamicoid | Mica Insulator Co. |
| Micarta | Westinghouse Electric, Corp. |
| Ohmoid | Wilmington Fibre Speciality Co. |
| Phenolite | National Vulcanized Fibre Co. |
| Pherock | Fabrics Products, Inc. |
| Pregwood | Formica Co. |
| Ryertex | Jos. T. Ryerson & Son Inc. |

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| Panelyte | Panelyte Div. St. Regis Paper Co. |
| Spaulite | Spaulding Fibre Co. Inc. |
| Synthane | Synthane Co. |
| Textolite | General Electric, Co. |
| Ucinite | United-Car Fasther Corp. |

3.4 ADHESIVOS

Los adhesivos fenólicos en la línea de cola, se usan extensamente en la unión de la madera contrachapada por su notable resistencia a los agentes atmosféricos, a los hongos y al agua. La resistencia de unión de estas resinas suele exceder 201 kg/cm^2 . Los usos importantes de la madera contrachapada plana, son en la construcción de formas para hormigón y paneles para paredes de interiores. Además de su aplicación en paneles planos, estos adhesivos tienen también aplicación en materiales de madera contrachapados curvos o moldeados, como en botes y aviones. Otros usos de estos adhesivos en la tecnología de la madera son: en piezas estructurales y laminados, en ebanistería y en la madera impregnada con aglutinación posterior, donde la aglutinación Compreg, es un ejemplo de aglutinación a alta temperatura y presión.

Se usan muchos adhesivos fenólicos en laminados compuestos de maderas, en los que se combinan las propiedades de la madera con las de otros componentes, como papel im

pregnado de resina, metal y laminados decorativos. Los laminados de madera compuestos se hacen generalmente de madera contrachapada con un recubrimiento de papel impregnado de resina. Estos laminados son muy útiles, en particular cuando se desean propiedades superiores de adherencia de la pintura y de resistencia a los agentes atmosféricos.

3.5 PRODUCTOS PARA REVESTIMIENTOS

En 1928 se introdujeron en la industria las resinas fenólicas sin modificar, solubles en aceite y desde entonces ha sido muy rápido el desarrollo de las resinas fenólicas en la producción de pinturas, barnices y esmaltes.

Las resinas fenólicas solubles en aceite para recubrimientos se dividen en dos grupos principales: las no modificadas o "puras" (100%) y las modificadas. Además, se pueden usar como lacas sin aceite, soluciones de resinas fenólicas solubles en alcohol.

3.5.1 Resinas Fenólicas Puras o no Modificadas

La incorporación de estas resinas en aceites secantes reduce considerablemente el tiempo de secado. La fig. 28 muestra el aumento de viscosidad al agregar una resina fenólica pura al aceite de tung, en comparación con la de

otros barnices.

Los principales aceites usados son: el de tung, li-
naza, ricino deshidratado, soya y perilla. No se conoce
bien el mecanismo de las reacciones que ocurren durante el
calentamiento de las resinas fenólicas con estos aceites se-
cantes. Sin embargo, existen pruebas experimentales que in-
dican que cierto tipo de resinas fenólicas reaccionan quími-
camente con los aceites, sobre todo con los que tienen enla-
ces conjugados.

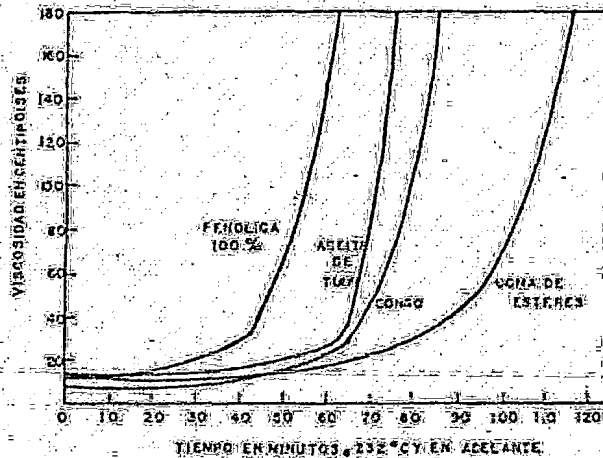


Fig. 28. Comparación del aumento de viscosidad con el tiempo de calentamiento en aceite de tung, y en varias composiciones de resinas con aceite de tung (50 galones de aceite para 100 libras de resina).

3.5.2 Resinas Fenólicas Modificadas

Las resinas fenólicas modificadas fueron introdu-
das primero para la fabricación de los llamados barnices y

esmaltes de cuatro horas. Se hace uso del hecho de que el fenol, sus homólogos y el formaldehído se dispersan en resinas naturales, como el copal o la colofonia y forman productos solubles en aceite. Otros modificadores importantes de las resinas fenólicas son los ácidos grasos, en particular los de aceites secantes.

Si se agregan los modificadores durante la fabricación de resinas fenólicas, se obtienen productos solubles en aceite, donde el aceite de tung es uno de los modificadores más comunes.

Un grupo especial de resinas modificadas son las llamadas Resinas de Dispersión. Consisten en condensados de resina polimerizada y aceite, dispersos en un disolvente orgánico volátil. Las propiedades de las resinas de dispersión dependen del tipo de resina y de la naturaleza del aceite secante. Sus características sobresalientes son su secado rápido, buena resistencia al agua y a disolventes, y excelente duración. Siendo sus aplicaciones más importantes en: imprimaciones anticorrosivas para aviones, reparación de imprimaciones e imprimaciones para repintar los rozones en los automóviles. Las resinas de imprimación se mezclan a veces con barnices para obtener esmaltes de bajo costo, que se endurecen pronto.

3.6 APLICACIONES DIVERSAS

--Bajo este epígrafe se coloca un grupo de resinas fenólicas que frecuentemente se llaman "Resinas Industriales". Incluyendo variedad de resinas fabricadas por diferentes métodos y que encuentran usos muy diversos. Este grupo de resinas, que en un tiempo fue relativamente pequeño, ha crecido hasta representar quizá el consumo mayor de resinas fenólicas en cuanto a la resina neta usada.

Entre sus aplicaciones se cuentan las resinas para aislamiento e impregnación, aglutinantes, cementos, pegamentos y otros muchos usos. Las resinas de impregnación son algo similares a las de laminación y se usan para impregnar los tubos de papel empleados en la industria textil para enrollar hilo que va a ser blanqueado y teñido. Las resinas fenólicas se emplean también para impregnar madera y aumentar así su resistencia al agua y a los agentes atmosféricos. La madera impregnada con una solución de resina y calentada para curarla se llama IMPREG. La madera impregnada con resina y curada a presión hasta que adquiere gran densidad recibe el nombre de COMPREG.

Los discos de papel abrasivo se fabrican con papel, tela o fibra vulcanizada impregnados de resina fenólica y unidos a las partículas del abrasivo, por curado de la resi-

na aglutinante fenólica. Las ruedas abrasivas para pulir se fabrican con una mezcla de resina fenólica líquida y partículas del abrasivo, que se combinan con una resina de dos etapas en polvo y un relleno; la mezcla se comprime y cura en el tamaño de la rueda. Las guarniciones de frenos, discos de embrague, y otros materiales de fricción se obtienen con resinas fenólicas líquidas, barnices y resinas modificadas con aceite o sin modificar.

Las resinas fenólicas son muy importantes en uniones aislantes. Filamentos de lana mineral, de escoria o de vidrio obtenidos por fusión, se tratan con una solución acuosa de una resina fenólica. Los materiales se prensan, se curan en horno y se cortan en bloques del tamaño deseado. La espuma fenólica, de estructura celular rígida y ligera, se obtiene con resinas líquidas y un espumante para provocar la dilatación de la resina hasta cincuenta tantos de su volumen original. Las espumas fenólicas se usan para aislamiento térmico y acústico.

Una aplicación que promete tener gran demanda, es la producción de moldes de arena para fundición, en los cuales se combinan mezclas de arena y de resina fenólica aglutinante en el colado de metales. Las resinas líquidas se usan satisfactoriamente para sustituir los aceites para núcleos, pues se cuecen con mayor rapidez que estos. Recientemente se ha ideado un nuevo proceso de fundición, el proceso Cro-

ning, que hace uso de delgados moldes de arena aglutinada con resinas fenólicas en polvo. Este proceso da revestimientos más lisos y tolerancias más estrechas. También se pueden aglutinar con resinas fenólicas, polvos de hierro magnético para uso en bobinas eléctricas, que tienen aplicación en instalaciones de radio de alta frecuencia.

Los productos fenólicos en pasta encuentran cada día más acogida en el mercado. El uso de preformas de resina en pasta, que es una masa de resina que contiene pasta para moldeo, es en la fabricación de productos en que el núcleo contiene un alto porcentaje de fibra y poca cantidad de resina, y viceversa en las capas superficiales, lo que les confiere mayor resistencia al desgaste y la corrosión. Así, cuando en las preformas se usa pasta muy fibrosa, se obtienen productos con mayor resistencia que los obtenidos con las fórmulas fenólicas comunes de moldeo para la misma composición.

Se usan también resinas fenólicas, como resinas de intercambio iónico para la purificación o alteración de soluciones acuosas.

CAPITULO 4

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS

4.1 ESTUDIO DEL MERCADO DE CONSUMO

En la formulación de un proyecto industrial, el estudio del mercado consiste fundamentalmente en estimar la cantidad de producto que es posible vender, las especificaciones que éste debe exhibir y el precio que los consumidores potenciales están dispuestos a pagar. La proyección de la demanda probable del producto resulta fundamental para el proyecto y es uno de los primeros factores asociados a la viabilidad del mismo.

A través del estudio de mercado también se pretende determinar bajo qué condiciones se podría efectuar la venta de los volúmenes previstos, así como los factores que podrían modificar la estructura comercial del producto, incluyendo la localización de los competidores, la distribución geográfica de los principales centros de consumo, etc.

Los resultados del estudio de mercado permiten fijar con cierto grado de aproximación la capacidad máxima que puede tener la planta, las necesidades de futuras ampliaciones y, además, constituyen un factor que frecuentemente influye de manera importante en la localización de las instalaciones industriales correspondientes.

La información básica que es necesario recopilar durante el estudio de mercado de un proyecto industrial, como la considerada en este caso en el proyecto de una planta de resinas fenólicas, incluye los elementos que se enlistan a continuación:

Información Estadística

- o Volumen de producción (tabla 5)
- o Importaciones y exportaciones (tabla 6)
- o Precios del producto (tabla 7)

Información no Estadística

- o Especificaciones ofrecidas por algunos fabricantes (ver anexo)
- o Distribución geográfica del mercado (fig. 29)
- o Identificación y localización de los principales fabricantes existentes (tabla 8)

Tabla 5.

PRODUCCION DE LAS RESINAS FENOLICAS
1971 - 1981 (9)
(Toneladas)

| 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 5700 | 6400 | 7534 | 8000 | 7000 | 7500 | 8000 | 10285 | 11700 | 13300 | 14098 |

Tabla 6.

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES
1971 - 1981 (10)
(Toneladas)

| 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IMPORTACIONES: | | | | | | | | | | |
| 272 | 327 | 236 | 319 | 432 | 130 | 116 | 165 | 247 | 327 | 332 |
| EXPORTACIONES: | | | | | | | | | | |
| 3 | 5 | 9 | 28 | 34 | - | 36 | 44 | 82 | 41 | 40 |

(9) Asociación Nacional de la Industria Química.

(10) Dirección General de Estadística. Anuarios Estadísticos de Comercio Exterior.

Tabla 7

PRECIOS DE LAS RESINAS FENOL-FORMALDEHIDO
1971 - 1981 (11)
(Pesos/tonelada)

| 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8163 | 8444 | 10773 | 18344 | 15010 | 17004 | 21000 | 22680 | 27972 | 45987 | 59737 |

(11) Secretariado Técnico de la Comisión Petroquímica Nacional (SPFI).

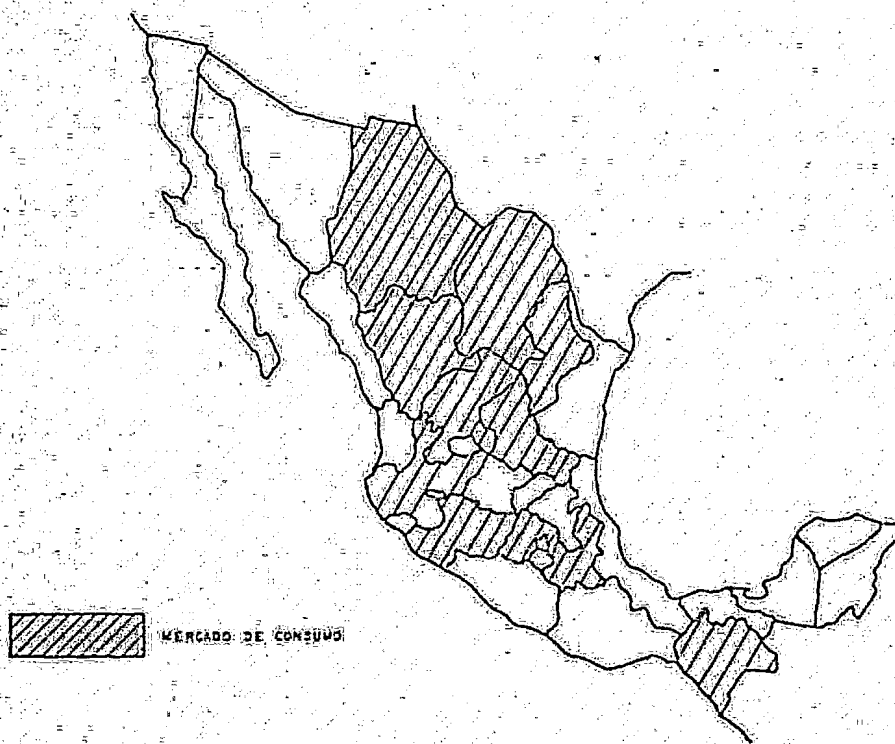


Fig. 29. Distribución geográfica del mercado de las resinas fenólicas.

Tabla 8

FABRICANTES DE RESINAS FENOLICAS (9)

| Fabricante | Localización |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Cyanamid de México, S. A. | México, D. F. |
| Industria Química Delgar, S. A. | San Luis Potosí, S.L.P. |
| Industrias Químicas Synrex, S. A. | Toluca, Edo. de México |
| Industrias Resistol, S. A. | Lerma, Edo. de México |
| Isomex, S. A. | San Pedro Xalostoc, Edo. de México |
| Pioneer, S. A. | Tlanepantla, Edo. de M. |
| Polifos, S. A. de C. V. | Lechería, Edo. de M. |
| Poliresinas, S. A. | San Pedro Xalostoc, Edo. de México |
| Química Borden, S. A. de C. V. | San Pedro Xalostoc, Edo. de México |
| Reichhold Química de México, S. A. | México, D. F. |
| Resinas Sintéticas, S. A. | Morelia, Mich. |

(9) Asociación Nacional de la Industria Química.

En un estudio a nivel exploratorio, o de anteproyecto, únicamente se requiere conocer el orden de magnitud de la dimensión del mercado del producto. Para efectuar la estimación correspondiente a las resinas fenólicas, se hizo a partir de cifras estadísticas de producción interna, importaciones y exportaciones contenidas en el Desarrollo y Perspectivas de la Industria Petroquímica Mexicana. (12) Con dichos datos históricos se realizó la proyección del consumo aparente, mediante la obtención de una línea de tendencia por un método matemático y su extrapolación se presenta en la fig. 30.

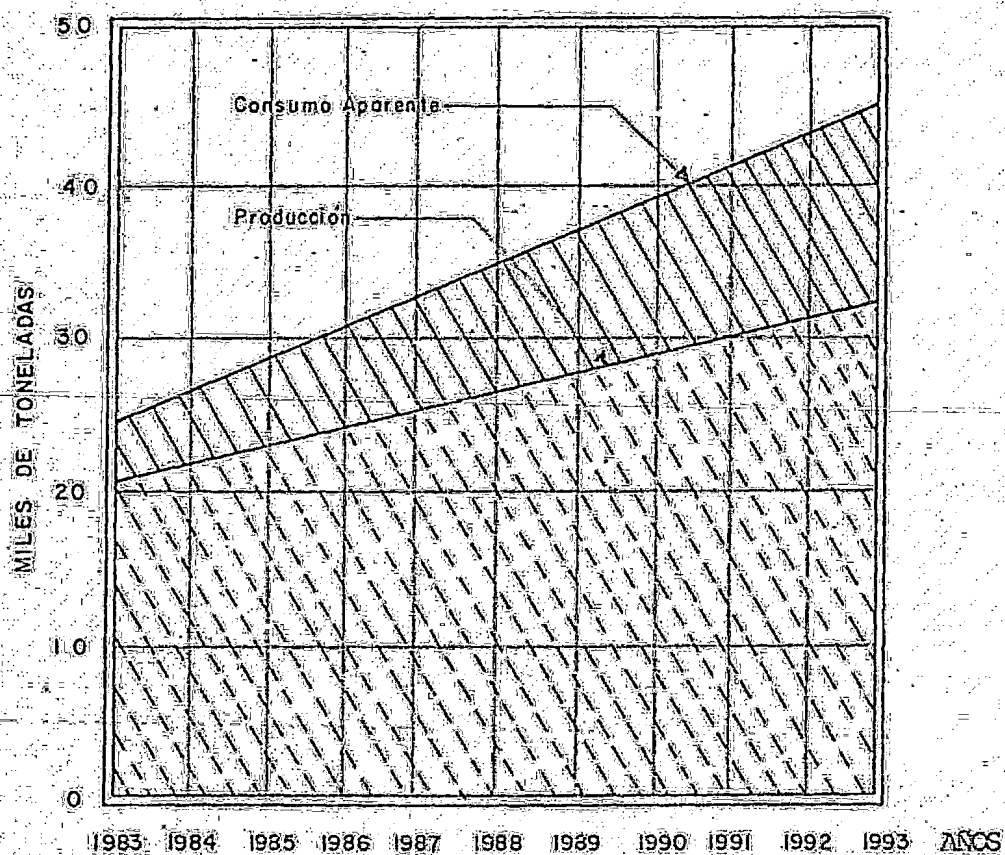


Fig. 30. Mercado potencial para la planta en estudio

(12) Publicación del Instituto Mexicano del Petróleo, 1982.

Al comparar la proyección de consumo aparente con la proyección de la oferta de las plantas industriales existentes y por instalarse se obtiene por diferencia, la demanda insatisfecha, que representa el mercado potencial para la planta industrial en estudio.

Conviene tener presente que la proyección del mercado para un producto, a través de una línea de tendencia, presupone que persistirán las condiciones de mercado que existían durante el período para el cual se obtuvieron los datos estadísticos. Estas condiciones pueden estar representadas por factores de tipo económico, político o social.

4.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS

El volumen y las características de las materias primas disponibles y, en general, de todos los insumos que requiere una planta industrial, son los aspectos de suma importancia, ya que influyen de manera significativa en la determinación tanto del tamaño de la planta, como en la selección del proceso y los equipos que deben instalarse. La disponibilidad de los insumos, junto con sus precios de adquisición, influyen en alto grado sobre los resultados económicos del proyecto.

Puesto que el estudio de disponibilidad y accesibili

dad de las materias primas viene a ser el estudio del mercado de consumo. La metodología que se sigue es similar a la descrita en el estudio del mercado de consumo. A continuación se presentan los principales rubros que se requieren.

4.2.1 Materias Primas Básicas

Como primer paso se determina cuáles son las materias primas básicas para elaborar las resinas fenólicas que se desea producir, y las características de estas materias primas requeridas, las cuales se dan a continuación:

Fenol al 95%

Formaldehído en solución en agua al 37%

en peso (formalina)

Etanol al 90%

Acido sulfúrico al 60%

4.2.2 Localización de los Principales Productores de Materias Primas

a) Productores de fenol

Compañía

Localización

Fenoquimia

Cosoleacaque, Ver.

b) Productores de formaldehído (37% en peso)

Becco Industrial, S. A.

Ixhuatepec, Edo. de Méx.

Salco Químico, S. A. de C. V.

Xalostoc, Edo. de Méx.

Adhesivos, S. A.

Ixtacuixtla, Tlax.

Henkel Mexicana, S. A. de C. V.

Ecatepec, Edo. de Méx.

Industrias Resistol, S. A.
 Química Borden, S. A. de C. V.
 Némesis, S. A.
 Industria Química Delgar, S. A.
 Catálisis, S. A.
 Ingsam, S. A.

Lerma, Edo. de Méx.
 Xalostoc, Edo. de Méx.
 Zupango, Edo. de Méx.
 San Luis Potosí, S. L. P.
 Ecatepec, Edo. de Méx.
 Toluca, Edo. de Méx.

c) Productores de ácido sulfúrico

Fertimex, S. A.

Ecatepec, Edo. de Méx.
 Guadalajara, Jal.
 Cuautitlán, Edo. de Méx.

Industrias Químicas de México,
 S. A.

Guadalajara, Jal.
 San Luis Potosí, S. L. P.
 Zacapu, Mich.

Zincamex, S. A.

Saltillo, Coah.

Celulosa y Derivados, S. A.

Monterrey, N. L.

Industrias Peñoles, S. A.

Torreón, Coah.

Industria Minera de México, S. A.

San Luis Potosí, S. L. P.

Pigmentos y Productos Químicos,
 S. A. de C. V.

Tampico, Tamps.

Magnesio, S. A.

Tlanepantla, Edo. de Méx.

Alkamex, S. A.

Tlanepantla, Edo. de Méx.

Cía. Mexicana de Coque y Deriva-
 dos, S. A.

Monclova, Coah.

Azufrera Panamericana, S. A. de
 C. V.

Jaltipán, Ver.

Química Industrial de Monterrey,
 S. A.

Monterrey, N. L.

d) Productores de etanol (Ingenios)

Rosales

Culiacán, Sin.

Puga

Tepic, Nay.

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| El Molino | Tepic, Nay. |
| Emiliano Zapata | Zacatepec, Mor. |
| Oacalco | Yautepec de Zaragoza, Mor. |
| Casasano | Cuatla, Mor. |
| Calipan | Coxcatlán, Pue. |
| Tala | Tala, Jal. |
| Tamazula | Tamazula, Jal. |
| Guadalupe | Tecatlán, Jal. |
| San Sebastián | Los Reyes, Mich. |
| Pedernales | Tacámbaro, Mich. |
| La Joya | Champotón, Camp. |
| Pujilic | Venustiano Carranza, Chis. |
| Independencia | Martínez de la Torre Misantla, Ver. |
| Mahuixtlán | Coatepec, Ver. |
| San Miguelito | Córdoba, Ver. |
| El Carmen | Ixtaczoquitlán, Ver. |
| El Potrero | Atoyac, Ver. |
| La Providencia | Cuichapa, Ver. |
| San José de Abajo | Cuitláhuac, Ver. |
| San Pedro | Lerdo de Tejada, Ver. |
| San Gabriel | Cosamaloapan, Ver. |
| San Cristóbal | Cosamaloapan, Ver. |
| Constancia | Tezonapa, Ver. |
| Cuatotolápan | Hueyapam de Ocampo, Ver. |
| Santa Rosalía | H. Cárdenas, Tab. |
| Nueva Zelandia | H. Cárdenas, Tab. |
| Dos Patrias | Tacotalpa, Tab. |
| Los Mochis | Ahome, Sin. |

4.2.3 Volumen de Producción y Consumo Aparente de las Materias Primas

A fin de estimar la disponibilidad futura global de las materias primas, se considerarán sus series estadísticas

de consumo aparente y producción para un período de 10 años, que permite obtener proyecciones confiables a pesar de las fluctuaciones esporádicas o periódicas que se presentan en dichos volúmenes. (Ver figs. 31, 32, 33 y 34)

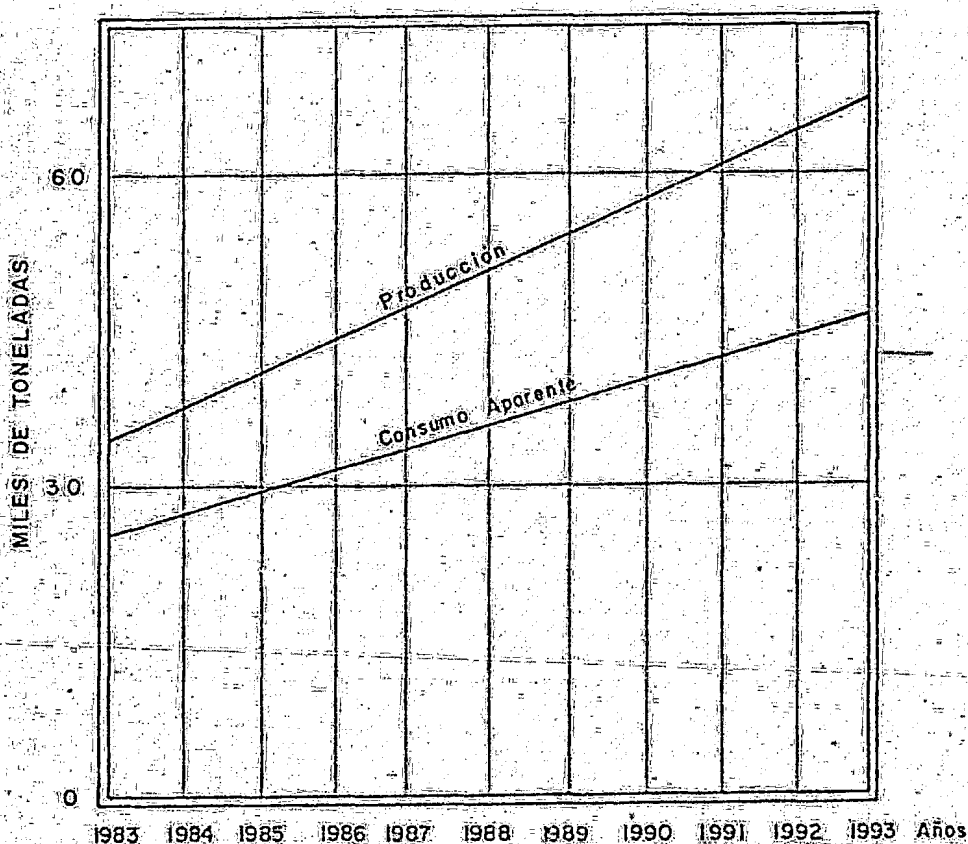


Fig. 31. Disponibilidad de fenol. (12)

(12) Desarrollo y Perspectivas de la Industria Petroquímica Mexicana (IMP).

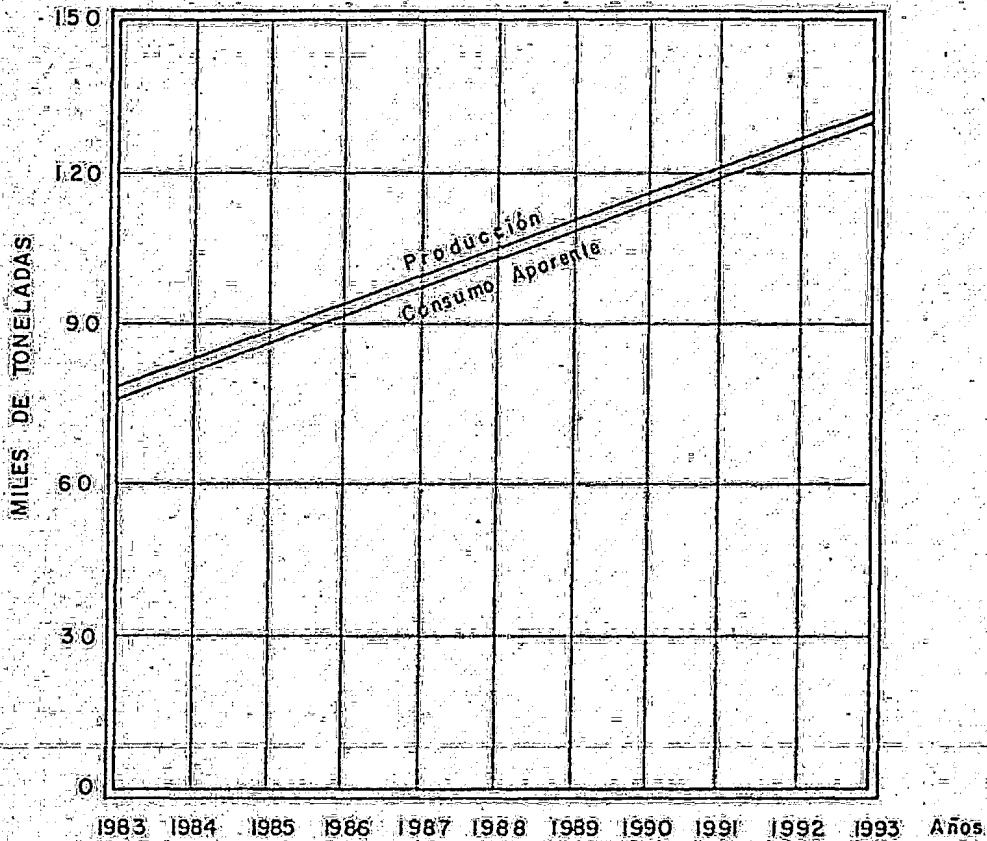


Fig. 32. Disponibilidad de formaldehído. (12)

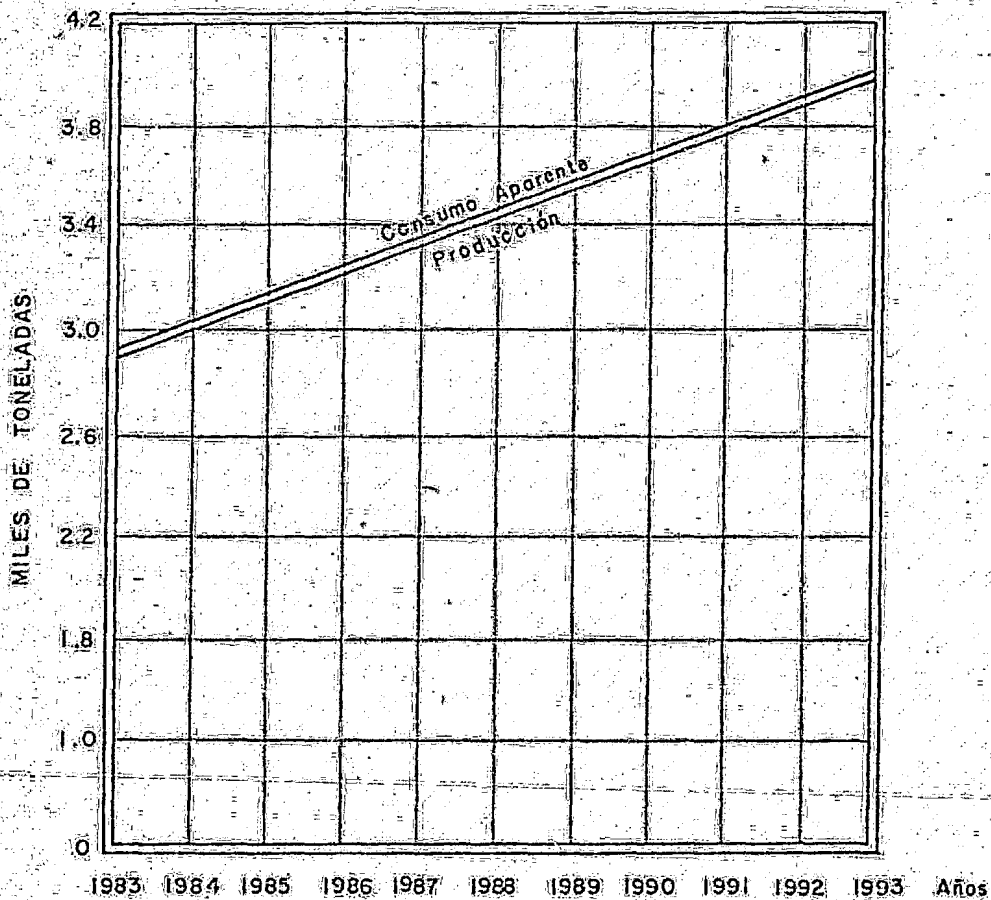


Fig. 33. Disponibilidad de ácido sulfúrico. (9)

(9) Asociación Nacional de la Industria Química.

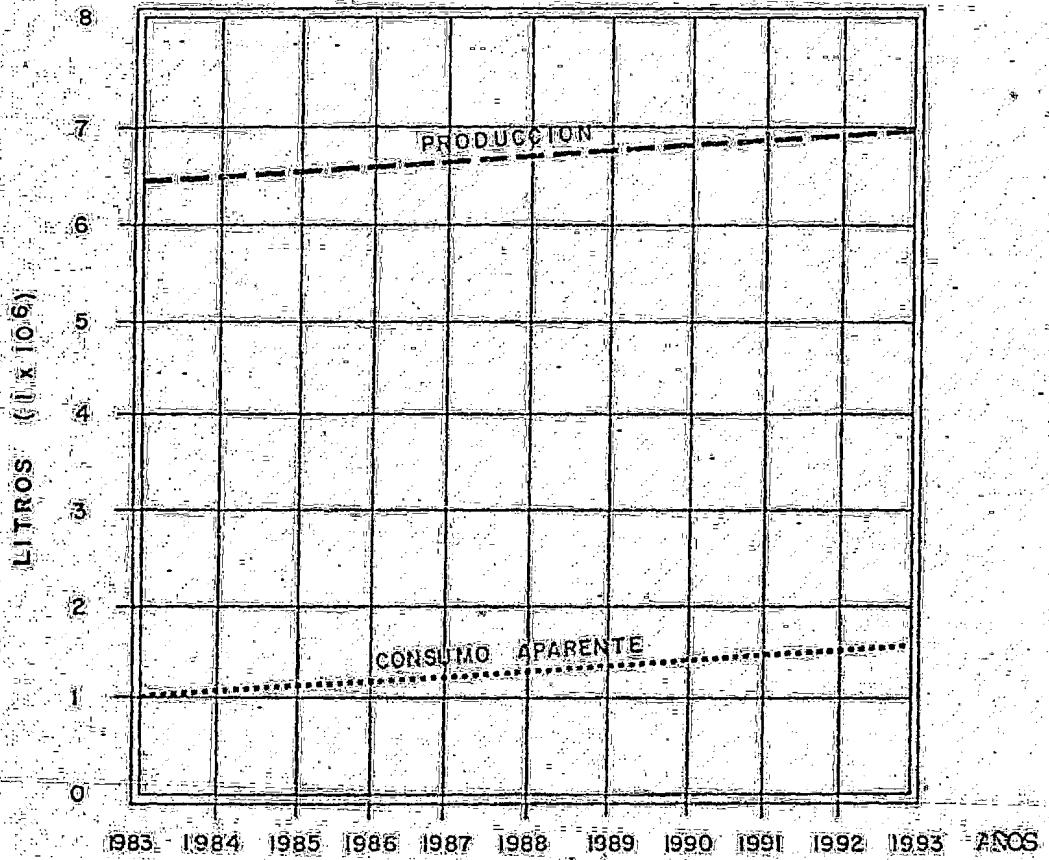


Fig. 34. Disponibilidad de etanol. (13)

(13) Departamento de Estudios Económicos (UNPASA).

Tabla 9

PRECIOS DE LAS MATERIAS PRIMAS

1971 - 1981

(Pesos/tonelada)

| Materia Prima | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fenol (11) | - | - | - | - | - | 13348 | 18380 | 20035 | 25788 | 28144 | 31230 |
| Formaldehído (11) | 1902 | 1974 | 2102 | 3305 | 3734 | 4371 | 6019 | 5720 | 5772 | 6300 | 5817 |
| Acido sulfúrico (14) | - | - | - | - | - | 360 | 495 | 619 | 654 | 654 | 3000 |
| Etanol (13) | - | - | - | - | 12215 | 12215 | 13354 | 18987 | 18987 | 18987 | 25633 |

(11) Secretariado Técnico de la Comisión Petroquímica Nacional (SPFI)

(14) Fertimex

(13) Departamento de Estudios Económicos (UNPASA)

4.2.4 Precios de Adquisición de las Materias Primas

Los datos de la tabla 9 presentan la fluctuación de los precios de las materias primas en el período de 1971 a 1981.

4.2.5 Determinación del Tamaño de la Planta

Se conoce como tamaño de una planta industrial la capacidad instalada de producción de la misma. Esta capacidad se expresa en cantidad producida por unidad de tiempo, es decir, volumen, peso, valor o número de unidades elaboradas por año, ciclo de operación, mes, día, turno, hora, etc.

La determinación del tamaño de una planta es un aspecto de suma importancia en la formulación de proyectos industriales, ya que incluye el alto grado no sólo en el monto de los recursos económicos que deban ser erogados, sino también en los niveles de rentabilidad que habrán de obtenerse y en las características futuras de desarrollo de la empresa.

El elemento de juicio más importante para determinar el tamaño del proyecto es generalmente la cuantía de la demanda que ha de atenderse. Sin perder de vista el mercado de consumo y disponibilidad de materias primas que influyen también en la selección tanto del tamaño como de la localiza

ción de la planta.

Con relación al aspecto técnico, los proveedores de equipo sólo ofrecen ciertos tamaños a los cuales hay que adaptar la solución, y ello establece límites a los que es imperativo atenderse en la práctica.

En cuanto a los problemas que surgen de las limitaciones financieras, suelen tener soluciones satisfactorias de transición cuando hay posibilidad de desarrollar la empresa por etapas; como se presenta en una planta de resinas fenólicas por su mercado, modalidad de producción y especialmente por la indivisibilidad de sus equipos. Cuando el proyecto tiene este grado de elasticidad, que permite el desarrollo gradual; la elasticidad junto con los problemas financieros, el problema del tamaño inicial es de orden secundario. La prudencia aconsejará por lo general construir una planta de tamaño mínimo, ampliándola a medida que normalice la puesta en marcha y haya recursos financieros suficientes.

4.2.5.1 Mercado de consumo

Al analizar el estudio de mercado de las resinas fenólicas se encontró que el mercado de consumo aparente de este producto muestra una tendencia ascendente en el período en consideración (1983-1993), pasando de 25,000 a 45,000 toneladas anuales. Dentro de ese consumo nacional aparente es

tá considerado el volumen de importación que ha ido ascendiendo para ese período de 323 a 327 toneladas anuales.

De lo anterior se concluye que se cuenta con un mercado potencial por cubrir de 13,500 toneladas para 1993. Tomando en cuenta que el incremento anual en la producción de las resinas fenólicas es del orden de 11% y suponiendo que nuevos inversionistas cubran el 40% del mercado potencial. Permitirá proponer una planta de una capacidad de 3795 toneladas anuales, utilizando para ello un reactor comercial de una capacidad de trabajo de 5600 litros. La producción anual de la planta representará el 76% del mercado potencial de 1984.

CAPITULO 5

ESTUDIO DE LOCALIZACION DE UNA
PLANTA DE RESINAS FENOLICAS

En general, la localización de una planta industrial se basa, esencialmente, en las mismas consideraciones que las que se toman en cuenta para decidir su tamaño, y tiene como objetivo obtener un costo mínimo unitario de operación.

La determinación del lugar donde se ha de instalar una planta se lleva a cabo por etapas. En la primera, se analiza el factor que se considera de mayor fuerza locacional, que usualmente es la distribución geográfica de los mercados de consumo y abastecimiento, el cual se pondera en términos de costos. De esta manera se preseleccionan una serie de puntos alternativos de localización, que posteriormente se analizan en función de otros factores, para determinar finalmente el lugar que ofrece las perspectivas más favorables.

Por otra parte, es necesario tomar en cuenta los estímulos fiscales que otorga el Gobierno Federal, atendiendo al lugar en que se desarrolle la actividad industrial y de acuerdo a las zonas industriales que el mismo establece, pa-

ra la ejecución del Programa de Estímulos para la Descentralización Territorial de las Actividades Industriales (15), en el que se señalan las siguientes zonas:

- Zona I - de estímulos preferenciales;
- Zona II - de prioridades estatales, y
- Zona III - de ordenamiento y regulación;
 - IIIA - área de crecimiento controlado
 - IIIB - área de consolidación

Los estímulos fiscales consisten en créditos contra impuestos federales que se hacen constar en Certificados de Promoción Fiscal que expide la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

La realización de inversiones en empresas industriales destinadas a iniciar o ampliar una actividad industrial prioritaria, dará lugar al otorgamiento de un crédito contra impuestos federales, cuyo importe se determinará aplicando al monto de las inversiones beneficiadas, el porcentaje que corresponda de la aplicación de las bases que se señalan a continuación:

(15) Diario Oficial del 27 de diciembre de 1978.

| Categoría | Ubicación de las inversiones | Porcentaje de estímulo |
|-----------|---|------------------------|
| 1 | A. En cualquier lugar del territorio nacional, excepto en la Zona III | 20% |
| | B. En la Zona IIIB, sólo ampliaciones | 20% |
| 2 | A. En la Zona I | 15% |
| | B. En la Zona II | 10% |
| | C. En el resto del país, excepto en la Zona IIITA, sólo ampliaciones | 10% |

En la Zona I se aplicarán en forma preferente los estímulos fiscales, apoyos crediticios, precios diferenciales de energéticos y productos petroquímicos básicos, tarifas preferenciales de servicios públicos, y los demás estímulos que determine el Ejecutivo Federal para el fomento a la des-concentración y desarrollo industrial.

Los estímulos que se concedan a las empresas industriales de la Zona I se podrán regular conforme a las prioridades A y B en que se ha dividido esta zona para efecto de determinar su naturaleza, monto y período de vigencia.

Considerándose de prioridad IA (16) a los municipios promovidos para el desarrollo portuario, y de prioridad IB a los considerados para el Desarrollo Urbano Industrial, pre-

vistos en el Plan Nacional de Desarrollo Urbano.

Zona II, de prioridades estatales, integrada por aquellos municipios que los ejecutivos estatales, en ejercicio de sus atribuciones, señalen como prioritarios para la ubicación de las actividades industriales dentro de sus respectivos Planes Estatales de Desarrollo Urbano y coordinados con el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, mediante los convenios que a tal efecto se suscriban entre el gobierno federal y las entidades federativas.

La Zona III de Ordenamiento y Regulación, integrada por: la IIIA, Area de Crecimiento Controlado y la IIIB, Area de Consolidación. (17)

No se otorgarán estímulos fiscales, apoyos crediticios, precios diferenciales de energéticos y productos petroquímicos básicos, tarifas preferenciales de servicios públicos o cualquier otro estímulo a las nuevas empresas industriales que se establezcan en la zona III.

El gobierno federal promoverá la celebración de convenios con los gobiernos estatales y municipales, a efecto de que se apliquen regulaciones orientadas a restringir el otorgamiento de licencias, permisos o autorizaciones de su competencia, con el propósito de desalentar el establecimien

(17.) Diario Oficial del 2 de febrero de 1979, págs. 10, 11, 12 y 13.

to de nuevas empresas industriales o la ampliación inadecuada de la existente en su circunscripción territorial por lo que respecta a la Zona IIIA.

Para el presente estudio de localización de una planta de resinas fenólicas, se toma en cuenta la zonificación industrial antes mencionada y todo lo que implica la misma, así como también las ventajas que presentan las ciudades industriales que acoge el FIDEIN (18). Las facilidades que se tienen son las siguientes: vías de acceso, lotificación de terrenos, energía eléctrica, agua, red de combustibles, alumbrado público, drenajes, pavimentación, ventas de naves industriales a plazos, etc.

En la fig. 35 se muestra la localización de las ciudades industriales.

Del estudio de mercado de consumo y abastecimiento presentado en el capítulo anterior, se propone localizar la planta en alguna de las entidades siguientes:

Xicotencatl, Tlax. (Alternativa A)

San Juan del Río, Oro. (Alternativa B)

que presentan notables ventajas.

El propósito del estudio es determinar las diferen-

(18) Fideicomiso del Gobierno Federal para Conjuntos, Parques, Ciudades Industriales y Centros Comerciales de NAFINSA.

NUEVAS CIUDADES INDUSTRIALES



Fig. 35. Las nuevas ciudades industriales de la República Mexicana

cias económicas sobresalientes entre las dos localizaciones, ya que ambas fueron seleccionadas por su cercanía a los productores de materias primas que se requirieron, tomándose en cuenta el fenol, formaldehído y el etanol; así como también el mercado de consumo del producto final.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

5.1.1 Capacidad de Producción

En el inciso 4.2.5 se mencionó al determinar el tamaño de la planta, la demanda a satisfacerse, el mercado de consumo y la disponibilidad de materias primas, obteniéndose como resultado una capacidad de 3795 toneladas anuales de resina.

5.1.2 Superficie Necesaria para la Planta

De acuerdo al Plano de Localización General que se trata en el inciso 6.10, la superficie total requerida es de 3825 m².

5.1.3 Secciones de la Planta

Se propone que la planta conste de las siguientes secciones para su operación integral. (19)

| | |
|----------------------------|---------------------|
| • Proceso | 124 m ² |
| • Servicios | 160 m ² |
| • Almacenamiento | 1360 m ² |
| • Laboratorio | 32 m ² |
| • Oficinas administrativas | 140 m ² |
| • Estacionamiento | 104 m ² |

(19) Los valores se tomaron del Plano de Localización General, inciso 6.10.

5.1.4 Insumos de Producción

Del Balance de Materia y Energía que se presenta en el inciso 6.6.2, se determinan los requerimientos de los insumos de producción:

- Fenol 1866 toneladas anuales
- Formaldehído 3080 toneladas anuales
- Acido sulfúrico 42 toneladas anuales
- Etanol 836 toneladas anuales

El aspecto locacional de las alternativas no afecta los valores antes mencionados, y éstas se consideran prácticamente iguales en ambos casos; lo mismo sucede con la energía eléctrica y el agua.

Por lo que respecta al personal administrativo, técnico y de operación, se ha visto que la planta requeriría de cinco obreros, tres ingenieros de planta y seis empleados administrativos.

5.2 EVADUACION DE LAS DOS LOCALIZACIONES PRESELECCIONADAS

Para la evaluación de las alternativas de localización, se considera un análisis de la diferencia de la inversión total de capital y de los costos de operación de la

planta.

5.2.1 Inversión Total de Capital

Las inversiones requeridas para la instalación y operación de la planta varían de una localización a otra, en función de la infraestructura de servicios existentes, las características y costo del terreno, la fuente de abastecimiento de agua, la disponibilidad de medios naturales para la eliminación de desechos industriales y los costos de transporte e instalación de equipo (tabla 10).

Tabla 10

INVERSION TOTAL DE CAPITAL

(Miles de pesos)

| | Localización A | Localización B |
|------------|----------------|----------------|
| | 79,904 | 73,291 |
| Diferencia | 6,613 | |

(*) De acuerdo al método E del inciso 7.1.2.

5.2.2 Costos de Producción

En este renglón se abarca, entre otros aspectos, los costos directos de producción, que varían de una localidad a otra (tablas 11 y 12).

5.2.3 Conclusión del Estudio de Localización

Tomando en cuenta que la localización A presenta una inversión total de capital superior a la localización B, como se muestra en la tabla 10, y considerando finalmente los costos de operación, la diferencia entre la localidad A y B es de \$ 677,000 anuales.

Tabla 11

Costos de los insumos relevantes

(Miles de pesos anuales)

| Rubro | Localización A | Localización B |
|--------------------|----------------|----------------|
| Fenol | 80,226 | 80,569 |
| Formaldehído | 36,825 | 36,844 |
| Acido Sulfúrico | 45 | 47 |
| Etanol | 25,716 | 25,779 |
| TOTAL: | 142,812 | 143,812 |
| Diferencia: | 1,000 | |

Por tal motivo, se considera que la localización A, es la más conveniente desde el punto de vista de la economía de la empresa; como se puede constatar en las tablas 13, 14, 15, 16 y 17.

Tabla 12

COSTOS DE OPERACION (*)

(Miles de pesos)

| | Localización A | Localización B |
|-------------|----------------|----------------|
| | 164,930 | 165,607 |
| Diferencia: | 917 | |

(*) Base anual.

TABLA 13

COSTO DEL TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS

LUGAR DE LOCALIZACION DE LA PLANTA: SAN JUAN DEL RIO, QRO.

| MATERIA PRIMA | T.M. / MES | PROCEDENCIA | DISTANCIA KM. | COSTO TOTAL / AÑO |
|-----------------|------------|------------------------|---------------|-------------------|
| FENOL | 1 5 6 | COSOLEACAQUE, VER. | 9 0 4 | 1' 199,000 |
| FORMALDEHIDO | 2 5 6 | ECATEPEC, EDO. DE MEX. | 1 9 6 | 754,000 |
| ACIDO SULFURICO | 4 | TLALNEPANTLA, MEX. | 2 2 2 | 12,000 |
| ETANOL | 7 0 | CUAUTLA, MOR. | 3 0 5 | 272,000 |
| T O T A L | | | | 2' 237,000 |

LUGAR DE LOCALIZACION DE LA PLANTA: XICOTIENCATL, TLAX.

| MATERIA PRIMA | T.M. / MES | PROCEDENCIA | DISTANCIA KM. | COSTO TOTAL / AÑO |
|-----------------|------------|------------------------|---------------|-------------------|
| FENOL | 1 5 6 | COSOLEACAQUE, VER. | 5 5 8 | 856,000 |
| FORMALDEHIDO | 2 5 6 | ECATEPEC, EDO. DE MEX. | 1 9 1 | 735,000 |
| ACIDO SULFURICO | 4 | TLANEPANTLA, MEX. | 1 4 0 | 110,000 |
| ETANOL | 7 0 | CUAUTLA, MOR. | 1 6 7 | 209,000 |
| T O T A L | | | | 1' 810,000 |

TABLA 14

LUGARES Y COSTOS DE DISTRIBUCION POR AÑO DEL PRODUCTO TERMINADO (11.5 T.M. / DIA)

LUGAR DE LOCALIZACION DE LA PLANTA: SAN JUAN DEL RIO, GRO.

| LUGAR DE DISTRIBUCION | DISTANCIA, KM | TONELADAS/AÑO | COSTO TOTAL / AÑO |
|-----------------------|---------------|---------------|-------------------|
| MEXICO, D.F. | 2 2 0 | 2, 6 5 7 | 5 9 0, 0 0 0 |
| QUE RETARO, GRO. | 5 2 | 9 4 9 | 1 4 1, 0 0 0 |
| TOLUCA, EDO. DE MEX. | 2 8 5 | 1 9 0 | 4 8, 0 0 0 |
| T O T A L | | | 7 7 9, 0 0 0 |

LUGAR DE LOCALIZACION DE LA PLANTA: XICOTENCATL, TLAX.

| LUGAR DE DISTRIBUCION | DISTANCIA, KM | TONELADAS/AÑO | COSTO TOTAL / AÑO |
|-----------------------|---------------|---------------|-------------------|
| MEXICO, D.F. | 1 2 6 | 2, 6 5 7 | 4 8 6, 0 0 0 |
| QUE RETARO, GRO. | 3 4 6 | 1 9 0 | 4 4, 0 0 0 |
| TOLUCA, EDO. DE MEX. | 1 9 1 | 9 4 9 | 1 9 8, 0 0 0 |
| T O T A L | | | 7 2 8, 0 0 0 |

TABLA 15

SALARIOS ANUALES DEL PERSONAL

| PERSONAL | SAN JUAN DEL RIO, QRO. | | | | | |
|---------------|------------------------|------------------|----------|---------------|----------------------|--------------------------|
| | No. DE PERSONAL | SALARIO PROMEDIO | DIAS/AÑO | SALARIO ANUAL | PRESTACIONES ANUALES | SALARIO PRESTACIONES AÑO |
| CALIFICADO | 5 | 2,133 | 360 | 3'840,000.00 | 806,000.00 | 4'646,000.00 |
| NO CALIFICADO | 9 | 359 | 360 | 1'164,000.00 | 348,000.00 | 1'512,000.00 |
| TOTAL | 14 | 2,492 | 360 | 5'004,000.00 | 1'154,000.00 | 6'158,000.00 |

| PERSONAL | XICOTENGA TL, TLAX. | | | | | |
|---------------|---------------------|------------------|----------|---------------|----------------------|--------------------------|
| | No. DE PERSONAL | SALARIO PROMEDIO | DIAS/AÑO | SALARIO ANUAL | PRESTACIONES ANUALES | SALARIO PRESTACIONES AÑO |
| CALIFICADO | 5 | 2,467 | 360 | 4'440,000.00 | 932,000.00 | 5'292,000.00 |
| NO CALIFICADO | 9 | 403 | 360 | 1'306,000.00 | 373,000.00 | 1'679,000.00 |
| TOTAL | 14 | 2,870 | 360 | 5'746,000.00 | 1'305,000.00 | 6'971,000.00 |

NOTA: PRESTACIONES ANUALES: AGUINALDO, PRIMA VACACIONAL
IMSS E INFONAVIT

TABLA 16

TABULACION DE LOS TERRENOS DISPONIBLES EN LAS POSIBLES LOCALIZACIONES DE LA PLANTA

EVALUACION DE LOS SERVICIOS Y OTRAS FACILIDADES EN LAS POSIBLES LOCALIZACIONES DE LA PLANTA

| S. JUAN DEL RIO, QRO. XICOTENCATL, Tlax. | | |
|---|---|---|
| COSTO | A | D |
| DISPONIBILIDAD | A | C |
| CONSISTENCIA DEL SUELO | B | B |
| REQUERIMIENTOS GEOMETRICOS Y TOPOGRAFICOS | A | A |
| REQUERIMIENTOS DE ACCESO | A | A |

PUNTUACION 48 28

| S. JUAN DEL RIO, QRO. XICOTENCATL, Tlax. | | |
|--|---|---|
| AGUA | A | A |
| COMBUSTIBLE | A | A |
| VIAS DE FERROCARRIL Y CARRETERAS | A | A |
| ENERGIA ELECTRICA | A | A |
| FACILIDAD Y CALIDAD DE MANO DE OBRA | B | C |
| FACILIDAD DE LA COMUNIDAD | A | C |
| DRENAJES | A | A |

PUNTUACION 68 62

- A = EXCELENTE CON VALOR DE 10 PUNTOS
- B = BUENO CON VALOR DE 8 PUNTOS
- C = REGULAR CON VALOR DE 6 PUNTOS
- D = MALO CON VALOR DE 4 PUNTOS

TABLA 17

COMPARACION GLOBAL DE LAS LOCALIZACIONES PROPUESTAS PARA LA PLANTA
(MILES DE PESOS ANUALES)

| | XICOTENCATL, TLAX. | SAN JUAN DEL RIO, QRO. |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------|
| COSTOS DE MATERIAS PRIMAS | 1 42 , 8 12 | 143 , 8 12 |
| COSTOS DE DISTRIBUCION DEL PRODUCTO | 7 2 8 | 7 7 9 |
| SALARIOS Y PRESTACIONES | 6 , 9 7 1 | 6 , 1 5 8 |
| COSTO DEL TERRENO | 5 , 7 3 8 | 2 , 2 9 5 |
| INVERSION DE CAPITAL FIJO | 7 1 , 9 1 4 | 6 6 , 2 9 1 |
| COSTO DE OPERACION | 1 6 4 , 9 3 0 | 1 6 5 , 6 0 7 |
| % DE RENTABILIDAD | 6 2 . 7 | 6 2 . 2 |

CAPITULO 6

INGENIERIA DE PROYECTO

La ingeniería de proyecto, incluye la ingeniería básica o preingeniería y la ingeniería de detalle. El presente capítulo, tiene por objetivo llevar a cabo una doble función: primero, aportar la información que permita hacer una evaluación económica del proyecto, y segundo, establecer las bases técnicas que permitan desarrollar posteriormente la ingeniería de detalle para que se construya e instale la planta, en caso de que el proyecto demuestre ser económicamente atractivo.

Durante el desarrollo de la ingeniería de proyecto, tienen lugar operaciones de retroalimentación de información. Así se observa, que la selección del proceso para elaborar un producto nace de un planteamiento preliminar, y con esta base y los estudios realizados para seleccionar el tamaño de la planta, se hacen estimaciones preliminares relativas a la inversión y a los costos de producción; a su vez, con estos resultados se revisan los procesos alternativos considerados originalmente, para hacer una selección de

finitiva del proceso que se ha de utilizar.

Los resultados de la estimación de la inversión y de los costos de producción, junto con la información proveniente de los estudios de mercado y de abastecimiento, son los elementos determinantes de las posibilidades de realización del proyecto sobre bases firmes, tanto técnicas como económicas.

Aquí se tratan los principales aspectos de carácter técnico que son necesarios para llevar a cabo, en la formulación y planeación de un proyecto.

6.1 Base de Diseño

Una vez hecha la selección del sitio para la construcción de la planta, y antes de que el proyecto pueda empezar, deberán acumularse gran cantidad de datos; ingenieros y supervisores de construcción, deberán tener datos detallados del lugar donde va a quedar la planta y sus alrededores.

Entre los datos que se reúnan deberán estar los de la ingeniería para el proyecto, los de los sistemas de abastecimiento que se usan en la región y los necesarios para planear la construcción.

La información de los capítulos anteriores más la desarrollada en el presente, origina las bases de diseño pa

ra el proyecto y la construcción.

A continuación se presentan las bases de diseño para una planta de resinas fenol-formaldehído, con los rubros que las integran.

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 Función de la Planta

La planta se diseñará para producir resinas fenol-formaldehído.

6.1.1.2 Tipo de proceso

El proceso será por lotes y se llevará a cabo en un reactor de tipo universal, donde tendrá lugar una reacción de condensación entre el fenol y el formaldehído, catalizada por ácido sulfúrico; siendo endotérmica la reacción en una primera etapa, y exotérmica en la segunda. Por lo cual el reactor deberá estar provisto de un sistema de calentamiento y enfriamiento a base de aceite térmico.

La reacción se lleva a reflujo, removiendo el agua liberada, posteriormente se aplica vacío para desalojar del reactor la mezcla remanente de formaldehído-agua y el fenol que no reaccionó, recuperándose este último en un tanque separador. Se adiciona un disolvente para obtener un producto con ciertas características que requiere el mercado.

6.1.2 Capacidad y Flexibilidad

6.1.2.1 Factor de servicio: 92% (330 días por año)

6.1.2.2 Capacidad y rendimiento

A. Capacidad de diseño: 6930 ton métricas por año.

B. Capacidad normal: 5544 ton métricas por año.

6.1.2.3 Flexibilidad

A. Falla de energía eléctrica.

A falla de energía eléctrica la planta operará.

B. Falla de aire.

La planta no operará a falla de aire.

C. Falla de agua de enfriamiento.

La planta no operará a fallas de agua de enfriamiento.

D. Otras. Se deberán tener facilidades para un paro ordenado de la planta cuando se requiera.

6.1.3 Especificaciones de Alimentaciones de Proceso

6.1.3.1 Fenol 1885 kg/lote (1.760 m³/lote);
al 95%.

6.1.3.2 Formaldehído (Formalina), 3110 kg/lote
(3.800 m³/lote); 37% de formaldehído.

6.1.3.3. Acido sulfúrico, 42 kg/lote (0.023 m^3 /lote) al 60% en solución.

6.1.3.4. Etanol, 1760 kg/lote (2.200 m^3 /lote) del 80%.

6.1.4. Especificación del Producto Resina Fenol-Formaldehído 3161 kg/lote (m^3 /lote)

6.1.5. Alimentación de Materias Primas

Condiciones de las alimentaciones:

| Alimentación | Estado físico | (PM/DR) | Presión man. kg/cm^2 | Temperatura $^{\circ}\text{C}$ | Forma de recibo |
|-----------------|---------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Fenol | Líquido | 95/1.071 | ATM | 60-65 | Tubería |
| Formaldehído | Líquido | 30/0.815 | ATM | Ambiente | Tubería |
| Acido Sulfúrico | Líquido | 98/1.834 | ATM | Ambiente | Tubería |
| Etanol | Líquido | 46/0.790 | ATM | Ambiente | Tubería |

6.1.6. Condiciones del Producto

| Alimentación | Estado físico | (PM/DR) | Presión man. kg/cm^2 | Temperatura $^{\circ}\text{C}$ | Forma de recibo |
|---------------------------|---------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Resina fenol-formaldehído | Líquido | 1155/0.98 | ATM | 35 | Tambores |

6.1.7 Eliminación de desechos

6.1.7.1 Normas y requerimientos respecto a la pureza del agua.

De acuerdo al reglamento del Diario Oficial del 29 de marzo de 1973.

6.1.8 Almacenamiento

El almacenamiento será en tambores.

6.1.9 Servicios Auxiliares

6.1.9.1 Agua de enfriamiento

6.1.9.1.1 Fuente de suministro: Red de distribución

6.1.9.1.2 Disponibilidad: la requerida

6.1.9.1.3 Sistema de enfriamiento: torre de enfriamiento

6.1.9.1.4 Análisis: pendiente

6.1.9.2 Agua para servicios y usos sanitarios

6.1.9.2.1 Fuente de suministro: Red de distribución

6.1.9.2.2 Condiciones:

Presión: 2.1 Kg/cm² man.

Temperatura: 18°C

Disponibilidad: la requerida

6.1.9.3 Agua potable

Se usará agua potable garrafrones.

6.1.9.4 Agua contra incendio

6.1.9.4.1 Fuente de suministro: almacena
miento.

6.1.9.4.2 Condiciones:

Presión: 8.4 Kg/cm² man.

Disponibilidad: la requerida

6.1.9.5 Aire de instrumentos

6.1.9.5.1 Suministro. - Será generado por medio de un compresor centrífugo accionado por motor eléctrico.

6.1.9.5.2 Presión del sistema: 6.3 Kg/cm² man.

6.1.9.6 Combustible: diesel

6.1.9.7 Aceite térmico

6.1.9.7.1 Fuente de suministro: fabricante

6.1.9.7.2 Naturaleza: Mobil Thermerm 603

6.1.9.7.3 Disponibilidad: la necesaria

6.1.9.8 Alimentación de energía eléctrica

6.1.9.8.1 Fuente de suministro: CEE

6.1.9.8.2 Interrupciones:

Frecuencia: pendiente

Duración: pendiente

Causas: pendiente

6.1.9.8.3 Características:

Tensión: 13.2 KV

Número de fases: 3

Frecuencia: 60 ciclos

Capacidad interruptiva de corto
circuito: pendiente

Factor de potencia mín.: pen-
diente

Número de conductores: 3

Material del conductor: cobre
electrolítico

Aislamiento del conductor:
XLP + Pb.

Material del ducto: PVC

Acometida: área

Nivel y coordinación de la aco-
metida: pendiente

6.1.9.9 Sistemas de intercomunicación y voiceo NEC

(20) 1981, Artículo 800

6.1.10 Sistemas de Seguridad

6.1.10.1 Sistema de agua contra incendio

6.1.10.1.1 Red contra incendio de acuerdo
a las normas NFPA (21): Sec.

11, Cap. 6; Sec. 13, Cap. 2.

6.1.10.1.2 Equipo móvil y portátil (ex-

(20) National Electrical Code.

(21) National Fire Protection Association.

tinguidores de polvo químico

ABC): NEPA, Sec. 13, Cap. 5.

6.1.10.2 Protección de personal

Se instalarán duchas y lava-ojos.

6.1.11 Condiciones Climatológicas y Meteorológicas

6.1.11.1 Temperaturas:

Mínima extrema 5°C

Máxima promedio 22°C

Promedio del mes más caliente: 32°C

6.1.11.2 Precipitación pluvial

Horaria máxima: pendiente

6.1.11.2.1 Estadística de tormentas eléctricas: pendiente

6.1.11.3 Viento

Dirección de los vientos dominantes de norte a este.

Dirección de los vientos reinantes: pendiente.

Velocidad media: pendiente

Velocidad máxima: pendiente.

6.1.11.4 Evaporación

Máxima pendiente

Mínima pendiente

Total en 30 días: pendiente

6.1.11.5 Atmósfera

Presión barométrica mínima: pendiente

Presión barométrica máxima: pendiente

6.1.12 Localización de la Planta

6.1.12.1 Ubicación: Xicotencatl, Tlax.

6.1.12.2 Elevación de la planta sobre el nivel del mar: 2,252 m

6.1.13 Bases de Diseño o de Ingeniería Eléctrica

6.1.13.1 Código para clasificación de áreas peligrosas:

Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la SPFI

6.1.13.2 Resistividad eléctrica del terreno

Promedio: pendiente

Máxima: pendiente

Mínima: pendiente

6.1.13.3 Características de alimentación a motores

| Potencia (HP) | Volts | Fases |
|---------------|-------|-------|
| Menores de 1 | 120 | 1 |
| De la 200 | 440 | 3 |

6.1.13.4 Corriente para alumbrado exterior

Volts 220 Fases 2

y para oficinas:

Volts 127 Fase 1

6.1.13.5 La distribución de fuerza será subterránea

6.1.14 Bases de Diseño para Tuberías

6.1.14.1 Soportes para tubería y trincheras.

Los soportes para tubería serán mochetas de concreto y soportería de acero. La altura será de 0.30 y 6.10 m respectivamente.

6.1.14.2 Drenajes

Tipos: pluvial: será de concreto reforzado de preferencia

Sanitario: será de concreto reforzado de preferencia

Químico: será de barro vitrificado.

6.1.15 Bases de Diseño de Ingeniería Civil

6.1.15.1 Solicitaciones por viento y sismo.

Se usará el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, pero considerándose la zona III como daño mayor.

6.1.15.2 Nivel de piso terminado: pendiente

6.1.15.3 Nivel freático: pendiente

6.1.15.4 Información general sobre el tipo de suelo: pendiente

6.1.15.5 Edificios o construcciones que se desean: cuarto de subestación, cuarto para motogenerador. Se diseñarán oficinas para per-

sonal de turno y administración. Así como cobertizos: para el área de proceso, compresor de aire de instrumentos y calentador de aceite de térmico.

6.1.16 Bases de Diseño para Instrumentos

6.1.16.1 El tipo de señal será neumática.

6.1.16.2 Se usará multitubo para el sistema neumático.

6.1.17 Bases de Diseño de Equipo

6.1.17.1 Reactor

Tipo de reactor preferido: universal.

Tipo de agitador: Turbina.

Sobre diseño: 25%

6.1.17.2 Bombas

Tipo de Bombas: centrífuga y de engranes.

Tipo de Accionador: motor eléctrico TEEC-XP.

6.1.17.3 Recipientes: ASME (22)

6.1.18 Normas, Códigos y Especificaciones:

ASME, ASTM (23), NEPA, etc.

(22) American Society Of Mechanical Engineers.

(23) American Society For Testing Materials.

6.2 Selección del Proceso.

Muchos esfuerzos de ingenieros se han abocado para procurar los costos más bajos en la fabricación de resinas fenólicas. Los procesos continuos tienen atractivo y muchos de ellos han sido patentados; sin embargo, su limitación es la de obtener un volumen grande de un solo producto o muy pocas variaciones en ellos. Pocos mercados existen para una cantidad tal para un reducido rango de especificaciones. Por otro lado la industria de las resinas fenólicas se caracteriza por una gran variedad de productos para los cuales el proceso por lotes la satisface idealmente.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de la fabricación por lotes de las resinas fenólicas, que describe las condiciones necesarias para llevar a cabo la reacción, tanto en medio ácido como básico, o lo que es lo mismo para obtener resinas novalaca o bien resinas fenólicas de un paso.

| Producción de Resinas: Novalaca | Producción de Resinas de un paso |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| o Catalizador ácido | o Catalizador básico |
| o Proceso por lotes | o Proceso por lotes |
| o Reactor de acero | o Reactor de acero |

inoxidable con sistema de aceite de térmico y agitador.

o Reactivos:

-Fenol fundido a 60-65°C

-Formalina (37% de formaldehído) a temperatura ambiente.

o Agitación continua

o Adición del catalizador; ácido sulfúrico

o Determinación del pH del lote.

o Adición de calor mediante el sistema de aceite térmico, elevando la temperatura hasta que la reacción llegue a ser lo suficientemente exotérmica y ahí suspenderlo.

o Reacción extremadamente exotérmica.

inoxidable con sistema de aceite de térmico y agitador.

o Reactivos:

-Fenol fundido a 60-65°C

-Formalina (37% de formaldehído) a temperatura ambiente.

o Agitación continua

o Adición del catalizador; hidróxido de sodio.

o Determinación del pH del lote.

o Adición de calor mediante el sistema de aceite térmico, elevando la temperatura hasta que la reacción llegue a ser lo suficientemente exotérmica y ahí suspenderlo.

o Reacción (apacible) menos exotérmica que

la de tipo ácida, -
debido a su compor-
tamiento químico y
relación más alta -
de formaldehído, -
que introduce mayor
cantidad de agua al
lote, moderando es-
ta última la eleva-
ción de la tempera-
tura debido a su ma-
yor poder calorífi-
co que el fenol. Y
además de que el -
agua diluye la mez-
cla de reacción.

o El punto en el que se
suspende el calenta-
miento depende de la
formulación particu-
lar, variando de -
60-85°C.

o El punto en que se
suspende el calenta-
miento es 60-75°C,
dependiendo lo ante-
rior del producto -
que se esté fabri-
cando.

-Las reacciones suaves
pueden conducirse con

el calor generado en el seno de ellas; a una temperatura superior a la de reflujo a presión atmosférica.

-Las reacciones fuertemente exotérmicas a pH más bajos se conducen a 85-90°C, reflujiéndose a vacío hasta que se apague la reacción.

o Continuándose el reflujo a presión atmosférica con calentamiento durante 3-6 hs., dependiendo de la cantidad de formaldehído y catalizador adicionado inicialmente.

o Terminado el período de reflujo, el condensado se pasa al tanque separador.

o Se inicia la eliminación del agua por destilación.

- o Cuando gran parte de esta última ha sido removida y la temperatura del lote se ha elevado a 125-150°C se aplica vacío para remover la mezcla remanente y el fenol que no reaccionó; variando la temperatura final de deshidratación de 140-160°C y el vacío de 20-22 in de mercurio.
- o El punto exacto, cuando se debe suspender la destilación se determina con una prueba de control, tomándose una muestra; pudiéndose usar para ello el punto de fusión o la viscosidad en solución.
- o Aquí se desea tener una temperatura lo más baja posible, para prevenir la gelación o reacción adicional. Se usa vacío durante toda la deshidratación y a la temperatura se controla a que no exceda los 100°C.
- o Cuando la resina alcanza una temperatura de 90-95°C, con la prueba del tiempo de gelación se determina su avance. Se toman muestras periódicamente, cada vez más cercanas para determinar el tiempo de gelación hasta lograr el rango deseado. Lo anterior por lo general sucede a los 60-90

seg. y a los 150°C; entonces la resina se considera terminada y se descarga del reactor.

- o Una vez terminada la resina, se descarga mediante el grifo de vaciado rápido, del fondo del reactor.

VARIACIONES DEL PROCESO

- o Algunas novolacas son preparadas para usarse en solución; en este caso, cuando el lote se encuentra fundido en el reactor, se le añade un disolvente y se pone a reflujo atmosférico. Al principio se le añade lentamente el disolvente y conforme se enfría, se añade más rápido. Una

VARIACIONES DEL PROCESO

- o Las resinas de bajo peso molecular pueden ser preparadas en el mismo reactor, usando para ello resinas novolaca. El ciclo de reacción sin embargo, es más parecido a las de un paso. La temperatura de reacción puede ser tan baja como 60°C por el reflujo

vez terminada la solución se descarga el reactor a tambores, carros-tanque, vagones-tanque o se envía a los tanques de almacenamiento de producto terminado.

En otros casos, si la resina es muy viscosa, se descarga en charolas poco profundas o en áreas especiales de piso limpio, para que se enfríe o bien se pasa a un escamador.

a vacío, o a 102°C a presión atmosférica.

El tiempo de reflujó varía de 1-3 hrs., seguido de la deshidratación a vacío, continuándose para finalizar con temperaturas por debajo de los 100°C.

Para resinas de peso molecular muy bajo, altamente metiladas y solubles en agua, la temperatura final debe de mantenerse tan bajo como sea posible, preferentemente por debajo de los 50°C para obtener resinas líquidas, cuyo bajo peso molecular se refleja en su viscosidad, por lo cual se pueden manejar a esta temperatura.

o El ciclo para la fabricación de novolacas con alto contenido de orto-sustituyentes, difiere a lo antes expuesto. Después de haberse removido el agua, se continúa con un período de reacción a 150-160°C y se remueve el fenol que no reaccionó. A causa de su pH de 5 a 7, la resina contiene grupos metiloles que deben ser condensados con el fenol libre o de lo contrario resulta la gelación.

6.2.1 Descripción del Proceso

La planta para la fabricación de las resinas fenol formaldehído ácido catalizada, cuenta con el siguiente equipo de proceso:

| <u>Clave</u> | <u>Descripción</u> |
|--------------|-------------------------------------|
| DC-101 | Reactor |
| EA-102 | Condensador de reflujo del reactor. |

| | |
|--------|--------------------------------|
| EA-103 | Consensador total |
| FA-102 | Tanque separador |
| EB-107 | Tanque de dilución |
| GA-104 | Bomba de descarga del reactor. |
| GA-111 | Bomba de producto. |

Por lo tanto, la descripción del proceso por lotes para estas resinas se lleva a cabo como sigue:

El fenol de almacenamiento se alimenta por gravedad al reactor DC-101.

Asimismo, el ácido sulfúrico que se utiliza como catalizador se alimenta al reactor, también por gravedad.

El reactor posee un sistema de calentamiento por media caña de aceite térmico, el cual se utiliza en una primera fase para iniciar la reacción (endotérmica) y en una segunda fase (exotérmica), para enfriar la mezcla de reacción, evitándose así la gelación de esta última.

Una vez depositado el fenol y el ácido sulfúrico en el reactor, se aplica calentamiento y se añade lentamente el formaldehído (35% en solu

ción) a temperatura ambiente.

A continuación, se aplica calentamiento para iniciar la reacción, suspendiéndose alrededor de los 65-85°C donde empieza a ser exotérmica, y se pone a reflujo la mezcla de reacción a presión atmosférica de 3 a 6 hs. utilizando el condensador EA-102.

Al finalizar esta operación, se deshidrata la mezcla de reacción y el agua se condensa mediante el EA-103, recolectándose en el tanque separador EA-102. Para remover la mezcla de reacción y el fenol que no reaccionó se hace la misma operación que en la deshidratación, con la variante de aplicar vacío de 20-22 pulgadas de mercurio; para ello se emplea el aceite térmico, como sistema de enfriamiento, que elimina el calor de la reacción.

Se suspende la deshidratación a vacío una vez terminada la reacción, adicionándose por gravedad al reactor etanol de almacenamiento que se utiliza como disolvente.

La resina obtenida en el reactor, se envía mediante la bomba GA-104 al tanque de disolución FA-107 y se le agrega etanol como disol

vente. Una vez diluida y agitada la mezcla, se descarga con la bomba GA-1111 y se envía a almacenamiento en tambores.

6.2.2 Seguridad e Higiene en la Producción de Resinas Fenólicas.

La industria de las resinas fenólicas tiene un excelente récord de seguridad en su fabricación, como también en el uso de sus productos. Lo anterior se deriva del conocimiento de su proceso y comportamiento.

El fenol es un material tóxico que presenta un serio peligro, debido a que es absorbido rápidamente por la piel. Por otro lado, el formaldehído y la hexametilentetramina son irritantes de la piel, del tipo sensibilizadores que pueden causar dermatitis.

El fenol, el formaldehído y los disolventes deben ser manejados tan automáticamente como sea posible, cada uno por sus propias líneas permanentes al tanque báscula. Es importante señalar que las resinas fenólicas después de ser curadas, se consideran no tóxicas.

6.2.3 Control de Calidad en la Producción de las Resinas Fenólicas.

El control de calidad de las resinas fenólicas empieza con el de las materias primas. El fenol es generalmente grado técnico. Las especificaciones del fenol incluyen el punto de congelación 40.9°C mínimo; el punto de ebullición 181.8°C mínimo; y el peso específico 1.0563 ($45^{\circ}/20^{\circ}\text{C}$). El formaldehído por su parte es también grado técnico y para determinar su composición se hace uso de la prueba del clorhidrato de hidroxilamina. El grado nominal del formaldehído es de 37%. Este porcentaje variará de 36.8 a 37.2% y con un máximo de 1% de metanol. Los ácidos y las bases como catalizadores son productos comerciales de calidad estándar, grado técnico.

Durante la fabricación, la primera prueba es siempre el checar el pH del lote, para evitar el peligro de una vigorosa reacción inesperada, debido a una acidez o basicidad exageradas. El rango exacto para cada producto, es determinado durante el desarrollo de la formulación en el laboratorio. La

importancia del pH sobre las características de la resina resultante, como se mencionó anteriormente, es necesario conducir la reacción en el rango especificado por las pruebas de laboratorio, para asegurarse de obtener la resina deseada.

Después de la reacción y la deshidratación, varias pruebas son utilizadas para determinar si la resina está dentro de especificación. Estas pruebas pueden ser agrupadas de acuerdo a la resina. Por ejemplo, las resinas líquidas de un paso contienen diferentes cantidades de agua, dependiendo de la aplicación que vayan a tener. Unos métodos rápidos para estas resinas una vez realizada la deshidratación, es el índice de refracción y como prueba final el contenido de sólidos determinados por calentamiento de una muestra en una mufla, generalmente por 3 hrs., a 135°C, hasta evaporar la mezcla. Las diferentes condiciones proporcionan distintos resultados debido a las diferencias en el curado de las resinas. Así una resina líquida de un paso puede ser obtenida en el reactor, con la más alta viscosidad para varios usos. Las

muestras que se toman periódicamente durante la reacción son examinadas de su viscosidad cinemática mediante pipetas de escurrimiento o de su viscosidad absoluta con un viscosímetro rotatorio como el instrumento Brookfield. A menudo el catalizador básico es neutralizado a un rango de pH generalmente especificado, con el fin de reducir la tendencia de estas resinas de aumentar su viscosidad durante el almacenaje.

Las resinas sólidas de un paso son generalmente terminadas a cierta especificación de tiempo de gelación. Las muestras son tomadas a tiempos progresivamente más corto, manteniendo en el reactor el rango de temperatura de 95-105°C, cuando la deshidratación se aproxima a la gelación.

Las resinas novolaca son deshidratadas aplicando vacío hasta que la mezcla de alcoholes y agua sea despreciable; lo anterior se determina por la prueba del punto de fusión.

Para cubrir las especificaciones del mercado de las resinas líquidas de un paso,

o las de un paso en solución en un disolvente, tales como las empleadas en la industria de productos laminados, generalmente incluyen la prueba de reactividad y la de polimerización de la muestra que se realiza en tubo a baño de aceite a 121°C.

Las resinas de un paso y de dos pasos para pulverizarse, pueden fabricarse con varios tipos de fineza. Un análisis de tamizado de 100-200 mallas, muestra una pequeña cantidad retenida en el tamiz, lo que indica la inexistencia de partículas excesivamente grandes; sin embargo, el volumen es más fino que las 200 mallas. Un análisis típico del tamaño de partículas, se muestra en la Fig. 36. La experiencia nos indica la inutilidad de tamices más finos, debido a la alta carga estática generada durante el meneo, que impide el paso de las partículas. Un mejor método para la comparación de fineza es la medición de la densidad de volumen del polvo y para ello se debe tener la precaución de poder reproducir la prueba del aglomeramiento de las muestras, lo cual se logra cribando a mano con un tamiz de 16-20 mallas que resulta ser

efectivo.

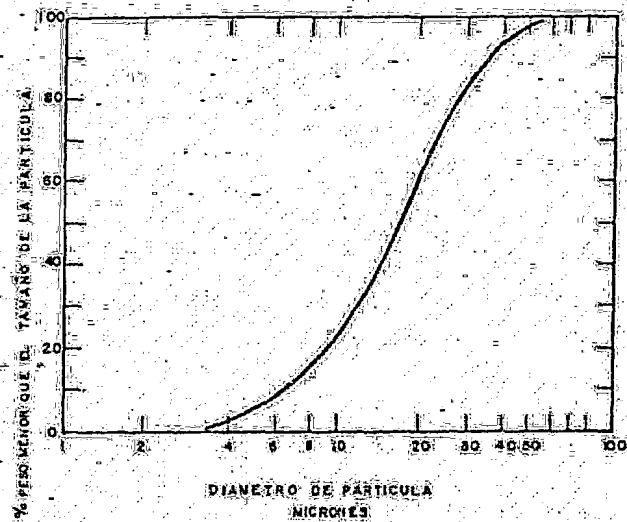


Fig. 36.- Curva integral de la distribución del tamaño de partícula para las resinas fenólicas.

Las características de fusión y reactividad de los polvos son combinadas en la prueba del plato de escurrimiento, especificada para algunas resinas industriales de depósito, la cual consiste, en llevar a cabo la fusión y escurrimiento de una pelotita de polvo comprimido en un plato inclinado, dentro de una mufla a 125°C. Las resinas de alto peso molecular con alta viscosidad no fluyen tanto como las de más bajo peso e igual reactividad. Esta prueba resul

ta ser excelente para comparar la uniformidad de un lote a otro para una resina determinada. Por otro lado, es valioso comparar las diferentes velocidades de reacción de una serie de resinas similares, por ejemplo: conforme se incrementa el contenido de "hexa" en una resina novolaca disminuye su tiempo de gelación y como consecuencia su tiempo para fluir, lo cual puede ser crítico para el empleo de esta resina; y sus aplicaciones decrecen. La figura 37 muestra cómo varía la medición de una novolaca de peso molecular medio en el plato de escurrimiento con el contenido de "hexa".

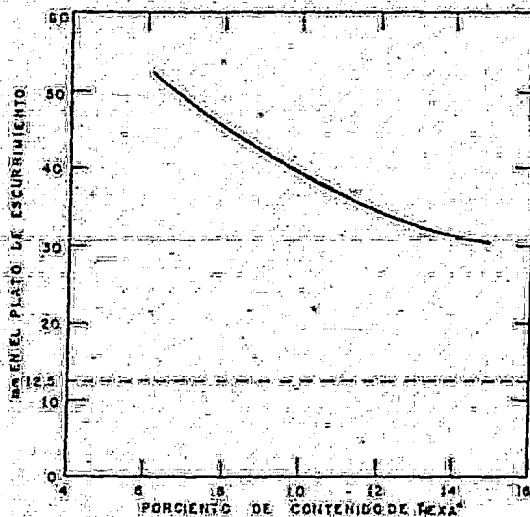


Fig. 37.- El efecto del contenido de "hexa" en el recorrido de una resina novolaca de peso molecular medio, en el plato de escurrimiento.

6.3 Diagrama de Bloques

Los bloques o cuadros están unidos mediante flechas, que indican la secuencia del flujo. En la figura 38 se muestra el Diagrama de Bloques para la planta de resinas fenol-formaldehído.

6.4 Balance de Materia y Energía

6.4.1 Balance de Materia

La resina fenólica es obtenida del fenol y el formaldehído (solución al 37% en agua), catalizados por ácido sulfúrico; llevándose a cabo la reacción en un reactor de tipo universal. Se ha considerado en el diseño del proceso un factor de servicio del 92%, equivalente a una operación de la planta de 330 días calendario, un rendimiento del 98% y una capacidad de 11.5 Ton/Día, que viene a ser 3795 Ton/Anuales. En la Figura 39 se muestra en forma esquemática las corrientes de

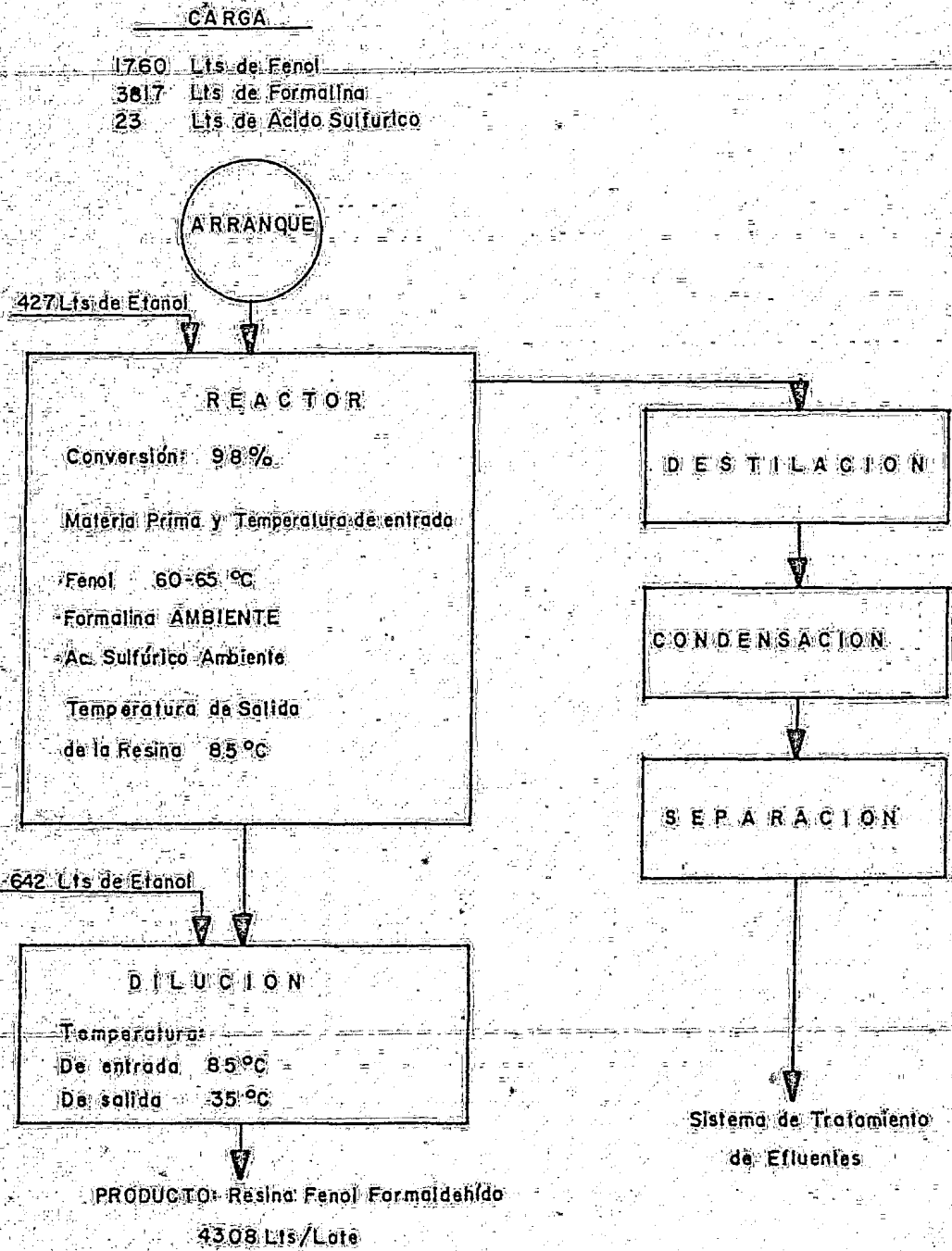


Fig. 38. Diagrama de Bloques para una Planta de Resinas Fenol Formaldehído

entrada y salida de los materiales en la planta.

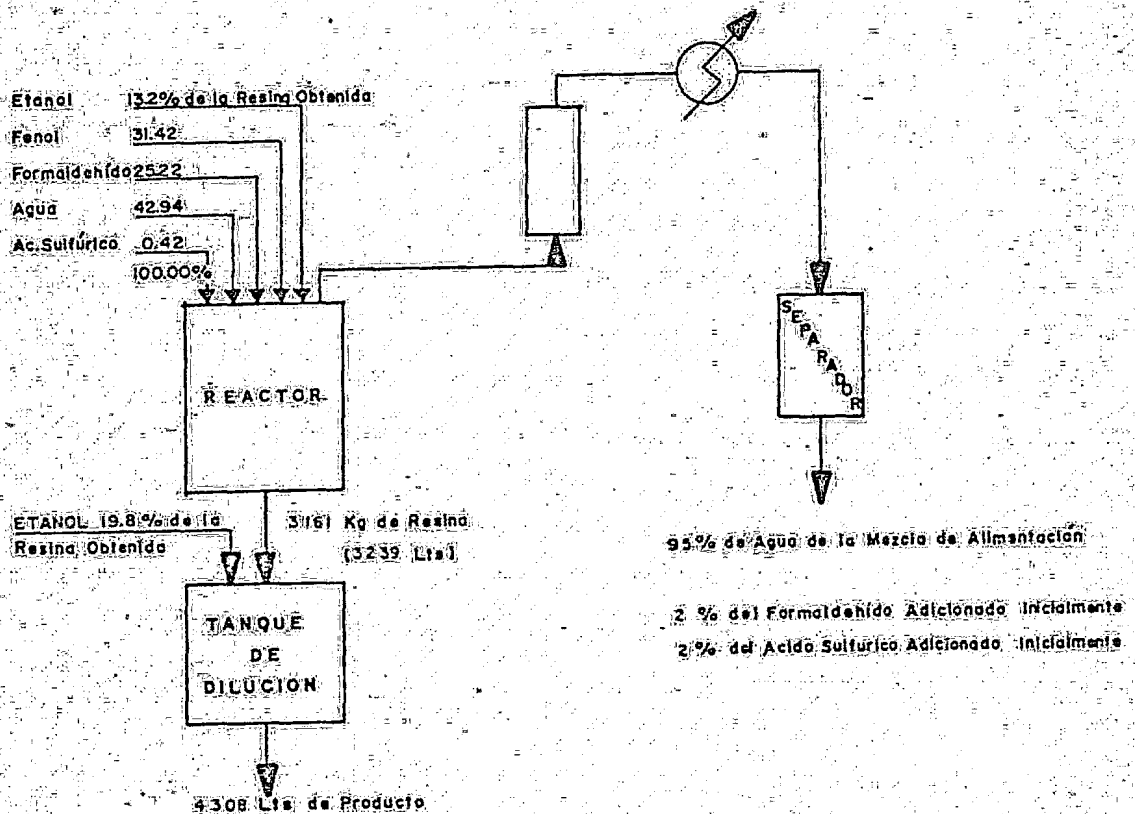


Fig. 39.- Esquema de las corrientes de entrada y salida en la planta.

Este diagrama se considera únicamente para propósito de cálculo, más sin embargo no es un diagrama completo de flujo de proceso.

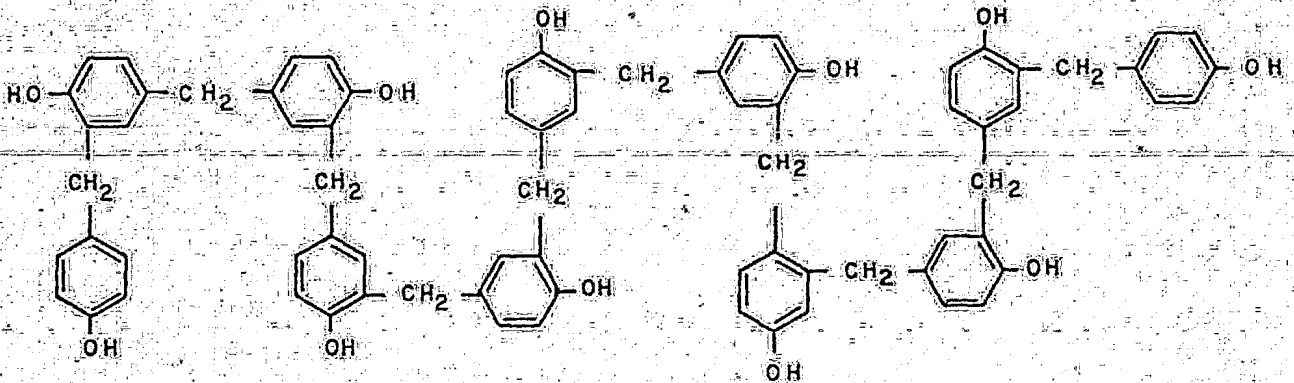
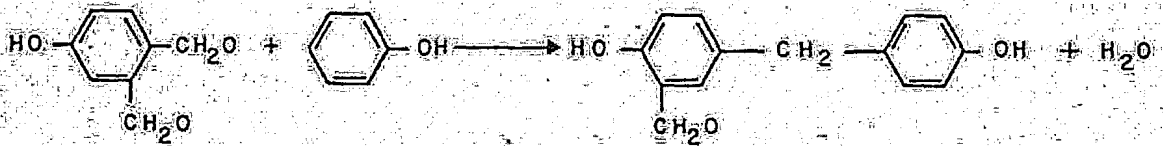
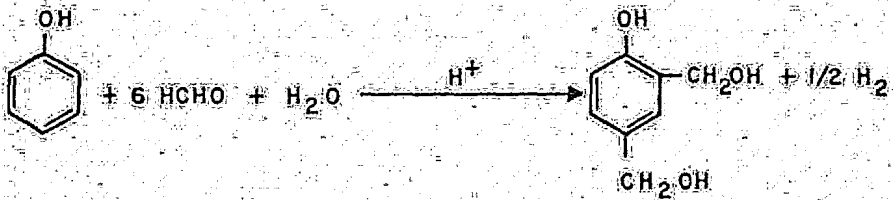
Para el balance de materia se parte de la
Base de cálculo: 5,483 Kg. de mezcla de
reacción.

Peso molecular de la resina: 1,155

Gravedad específica:

| | | | |
|-------|--------------|--------------|--------|
| Fenol | Formaldehído | A. Sulfúrico | Etanol |
| 1.071 | 0.815 | 1.834 | 0.79 |

REACCIONES:



Resina Fenólica = 5,483 Kg mezcla de

reacción 0.55 Kg Fenol 1,155 Kg.resina (1.0)
Kg de mez 1,102 Kg.fenol
cla de re
acción.

= 3,161 Kg.de resina/lote.

Alimentación de materias primas:

1,760 Lts. de fenol (31.42% de la carga)

1,412 Lts. de formaldehído (25.22%)

+

2,405 Lts. de agua (42.94%)

23 Lts. de Ac. Sulfúrico (0.42%)

 5,600 Lts. de la mezcla de alimenta-
ción al reactor.

Los datos anteriores corresponden a un reactor de capacidad nominal de 7,000 Lts. y capacidad de trabajo de 5,600 Lts.

Las materias primas que no reaccionaron, representan el 2% de la alimentación total:

28 Lts. de formaldehído

48 Lts. de agua

0.5 Lts. Ac. sulfúrico

 76.5 Lts. de la mezcla de reacción
que no reaccionó.

El agua que se desalojó del reactor durante la deshidratación viene a ser el 95% de la que se alimentó inicialmente. Resultando en el tanque separador una mezcla de la manera siguiente:

28 Lts. de formaldehído

2,333 Lts. de agua

0.5 Lts. de ácido

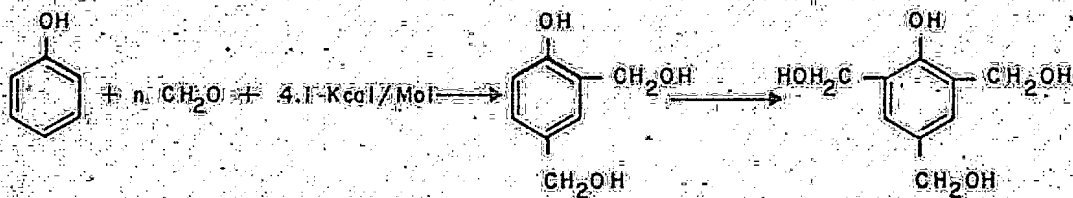
 2,361.5 Lts. totales

Se concluye que tendremos una producción diaria de 11.5 Ton. y una anual de 3795 Ton.

6.4.2 Balance de Energía

Para ello se considera la energía térmica necesaria para iniciar la reacción, así como también para mantener el fenol a 65°C durante su almacenamiento. Con los datos anteriores, se determinará la capacidad térmica del calentador del aceite térmico.

6.4.2.1 Hidroxilación



$$\Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = -21.71 \text{ Kcal/Mol}$$

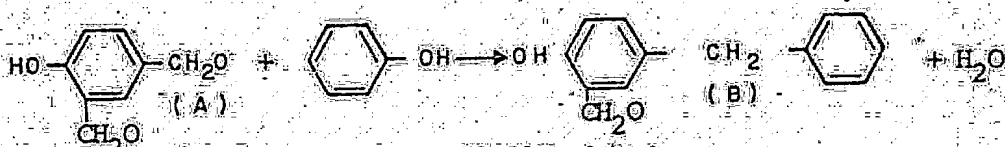
$$\Delta H_f(\text{CH}_2\text{O}) = -28.29 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_f(\text{A}) - \Delta H_f(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) - 2\Delta H_f(\text{CH}_2\text{O})$$

$$\Delta H_r = 4.1 + 21.71 + 56.58 = 82.39 \text{ Kcal/Mol}$$

El signo positivo de este valor, indica la necesidad de adicionar energía térmica para llevarse a cabo la reacción anterior.

6.4.2.2 Formación del Puente Metilénico



$$\Delta H_{f(A)} = 82.39 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\Delta H_{f(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})} = 21.71 \text{ Kcal/Mol}$$

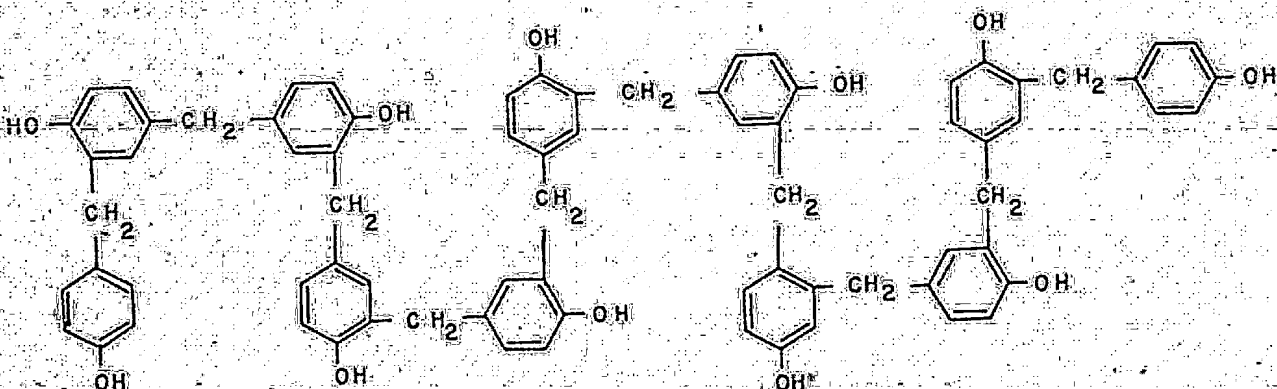
$$\Delta H_{f(\text{H}_2\text{O})} = -68.32 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\Delta H_{f(B)} = 16.9 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_{f(B)} + \Delta H_{f(\text{H}_2\text{O})} + \Delta H_{f(A)} - \Delta H_{f(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}$$

$$\Delta H_r = 16.9 - 68.32 - 82.39 + 21.71 = -113.1 \text{ Kcal/Mol}$$

6.4.2.3 Formación de la Estructura



$$(15) \Delta H_r = 6 \Delta H_{f(A)} - 6 \Delta H_{f(C_6H_5OH)} - 12 \Delta H_{f(CH_2O)}$$

$$\Delta H_r = 494.34 - (-130.26) - (-337.48) = 862.08 \text{ Kcal/Mol}$$

$$(16) \Delta H_r = 10 \Delta H_{f(B)} + 10 \Delta H_{f(H_2O)} - 6 \Delta H_{f(A)} - 5 \Delta H_{f(C_6H_5OH)}$$

$$\Delta H_r = 169 + (-683.2) - (-494.34) - (-108.55)$$

$$= -88.69 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\Delta H_r \text{ Total} = 773.39 \text{ Kcal/Mol}$$

$$\frac{2'690,000 \text{ g de resina}}{826.95 \text{ g/Moles de resina}} = 3,253 \text{ Moles de resina}$$

$$\Delta H_r \text{ Total} = 2'515,838 \text{ Kcal}$$

6.4.2.4 Consumo Total de Energía

Consumo durante la reacción: 398,174 Kcal/Hr

Consumo en almacenamiento de fenol: 1,826 Kcal/hr

Consumo Total 400,000 Kcal/Hr

6.5 Diagrama de Flujo de Proceso

El primer paso para realizar la especificación de los equipos, tanto de proceso como de servicios auxiliares para una planta de proceso, consiste en elaborar un diagrama de flujo de pro

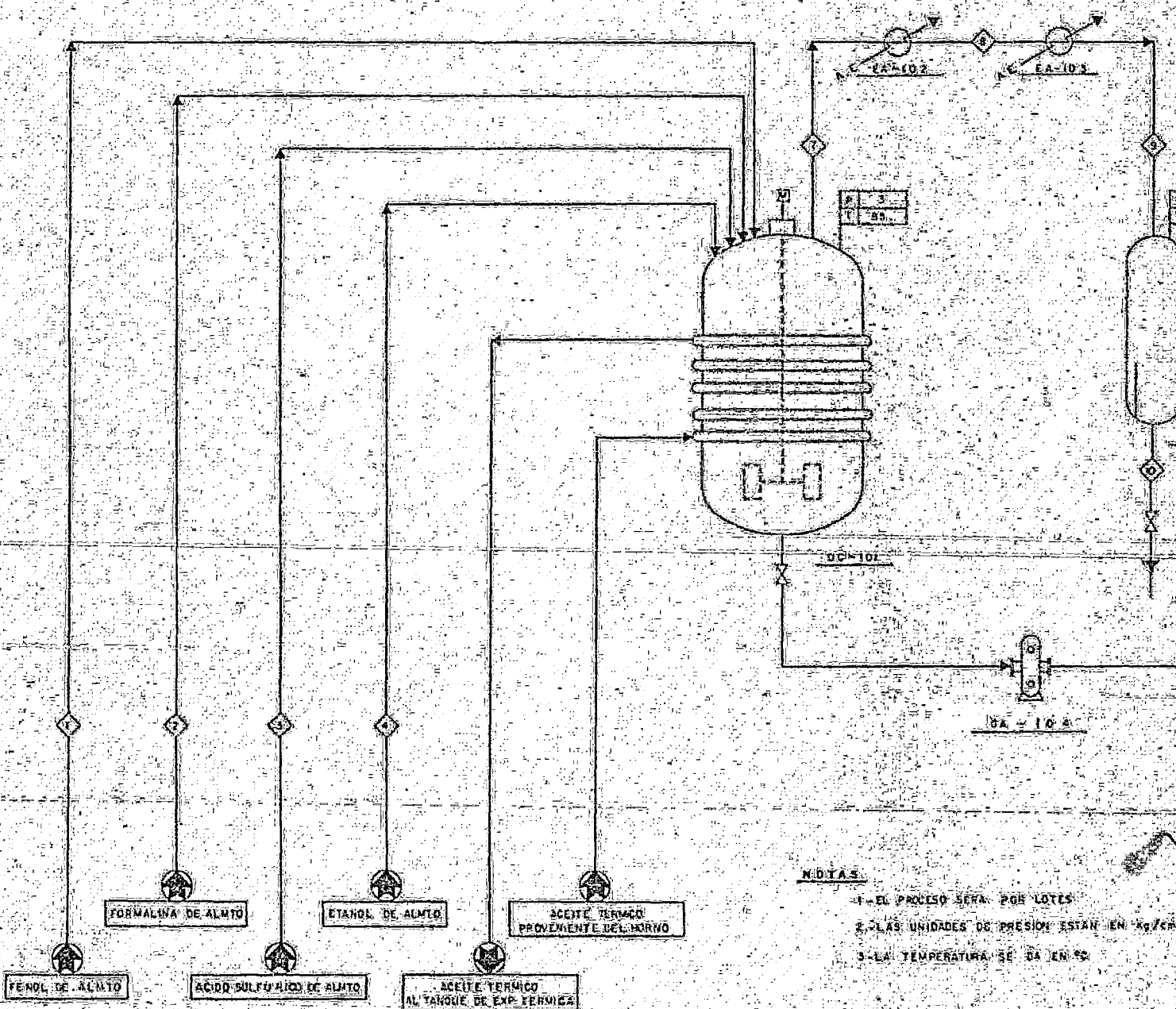
ceso.

Este documento contiene información fundamental para el diseño de la planta en cuestión, la cual consiste esencialmente en la representación esquemática de cada uno de los equipos de proceso y su interrelación, mostrando los instrumentos básicos de control de proceso y un cuadro sinóptico del balance de materia, así como también las propiedades físicas de las corrientes principales, como se puede ver en el diagrama respectivo.

6.6 Lista de Equipo

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> |
|--------------|--|
| BA-101 | Calentador de aceite térmico del reactor |
| DC-101 | Reactor |
| EA-101 | Enfriador del reactor |
| EA-102 | Condensador de reflujo del reactor |
| EA-103 | Condensador total |
| ED-101 | Torre de enfriamiento |
| FA-101 | Tanque de expansión de aceite térmico. |
| EA-102 | Tanque separador de proceso |
| EA-103 A,B,C | Tanque de nitrógeno |
| EA-104 A,B,C | Tanque de cloro |
| EA-105 | Tanque separador |
| FB-101 | Tanque de diesel |
| FB-102 | Tanque de fenol |

| CORRIENTE COMPONENTE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|-------|
| | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol | % mol |
| ETANOL | - | - | - | 1.0 | 1.0 | 72.74 | - | - | - | - | - |
| AGUA | - | 77.71 | - | - | - | - | 98.21 | 98.21 | 94.21 | 94.21 | - |
| FORMALDEHIDO | - | 22.29 | - | - | - | - | 1.78 | 1.78 | 1.78 | 1.78 | - |
| ACIDO SULFURICO | - | - | 1.0 | - | - | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - |
| FENOL | 1.0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| RESINA | - | - | - | - | - | 23.26 | - | - | - | - | 10.46 |
| FLUJO, Kg / LOTE | 20.03 | 171.94 | 0.43 | 7.52 | 11 | 1005 | 129.31 | 121.31 | 121.31 | 230.38 | 24.94 |
| FLUJO, Kg / LOTE | 16.85 | 35.56 | 42 | 33.2 | 302 | 3498 | 22.55 | 23.55 | 23.55 | 2356.82 | 42.30 |
| PRESION, Kg/cm ² man | ATM | ATM | ATM | ATM | ATM | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| TEMPERATURA, °C | 65 | 40 | 18 | 18 | 18 | 35 | 160 | 160 | 60 | 60 | 65 |



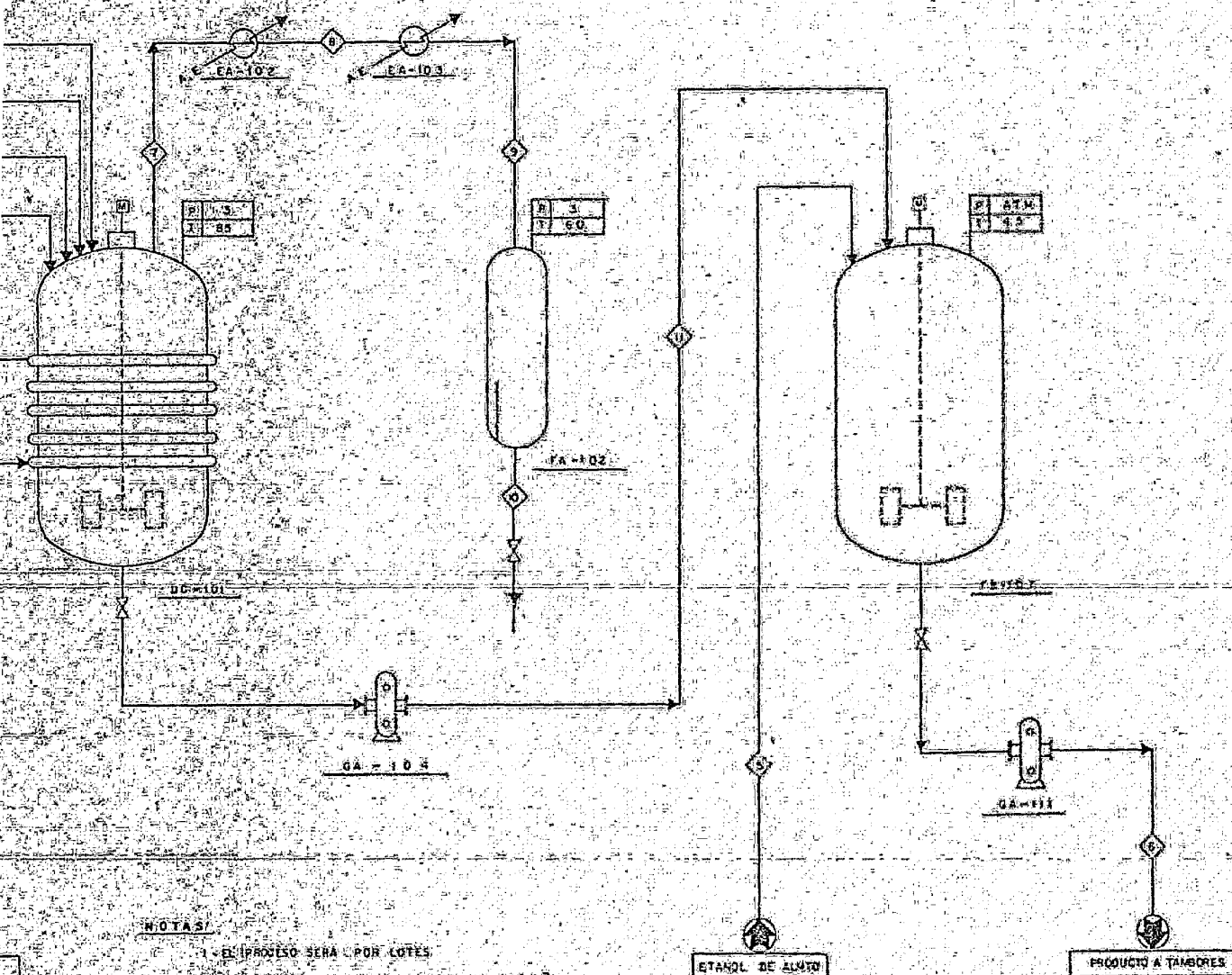
NOTAS

- 1- EL PROCESO SERA POR LOTES
- 2- LAS UNIDADES DE PRESION ESTAN EN Kg/cm²
- 3- LA TEMPERATURA SE DA EN °C

| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------|--------|--------|--------|-------|
| % mol | % mol | % mol | % mol | % mol |
| 98.21 | 96.21 | 98.21 | 96.21 | 98.44 |
| 1.78 | 1.78 | 1.78 | 1.78 | - |
| 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | - |
| - | - | - | - | 10.56 |
| 229.34 | 120.51 | 121.31 | 230.38 | 25.94 |
| 122.55 | 235.5 | 235.5 | 235.82 | 42.30 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| 160 | 160 | 60 | 60 | 85 |

LISTA DE EQUIPO

| CLAVE | SERVICIO | CARACTERÍSTICAS |
|--------|-------------------------------------|-------------------------|
| DC-101 | REACTOR | DI 1700 mm, T-T 2430 mm |
| EA-102 | CONDENSADOR DEL REFLUJO DEL REACTOR | 40000 Kcal/HR |
| EA-103 | CONDENSADOR TOTAL | 300000 Kcal/HR |
| FA-102 | TANQUE SEPARADOR DE PROCESO | DI 500 mm, T-T 900 mm |
| FB-102 | TANQUE DE DISOLUCION | DI 2400 mm, T-T 2450 mm |
| GA-104 | BOMBA DE DESCARGA DEL REACTOR | 172 HP, 300 L/MIN |
| GA-111 | BOMBA DE PRODUCTO | 374 HP, 300 L/MIN |



NOTAS

- 1- EL PROCESO SERA POR LOTES.
- 2- LAS UNIDADES DE PRESION ESTAN EN Kg/cm^2
- 3- LA TEMPERATURA SE DA EN $^{\circ}C$

UNQM FACULTAD DE QUIMICA
 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA
 UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS
 MARIO VILLANUEVA HERRERA

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> |
|--------------|----------------------------------|
| FB-103 | Tanque de formaldehído |
| FB-104 | Tanque de ácido sulfúrico |
| FB-105 | Tanque de etanol |
| FB-106 | Tanque báscula |
| FB-107 | Tanque de dilución |
| FB-108 | Tanque de agua contra incendio |
| FE-101 | Fosa de tratamiento de efluentes |
| FG-101 | Filtro |
| GA-101 | Bomba diesel |
| GA-102 | Bomba de aceite de enfriamiento |
| GA-103 | Bomba de aceite térmico |
| GA-104 | Bomba de descarga del reactor |
| GA-105 | Bomba de vacío |
| GA-106 | Bomba de agua de enfriamiento |
| GA-107 | Bomba de fenol |
| GA-108 | Bomba de formaldehído |
| GA-109 | Bomba de ácido sulfúrico |
| GA-110 | Bomba de etanol |
| GA-111 | Bomba de producto |
| GA-112 | Bomba de agua contra incendio |

6.7 Especificaciones de Equipo6.7.1 Equipo de Proceso

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>CARACTERISTICAS</u> |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| DC-101 | Reactor | DI-1,750 mm, T-T 2,450 mm |
| EA-102 | Condensador de reflujo del reactor | 40,000 Kcal/Hr |
| EA-103 | Condensador Total | 300,000 Kcal/Hr |
| FA-102 | Tanque separador de proceso. | DI 500 mm, T-T 900 mm |
| FB-107 | Tanque de dilución | DI 2,400 mm, T-T 2,450 mm |
| GA-104 | Bomba de descarga del reactor. | 1/2 HP, 300 Lts/Min |
| GA-111 | Bomba de producto | 3/4 HP, 300 Lts/Min |

6.7.2 Equipo de Servicios Auxiliares

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>CARACTERISTICAS</u> |
|---------------------|--|--------------------------|
| BA-101 | Calentador de aceite térmico. | 400,000 Kcal/Hr |
| EA-101 | Enfriador del reactor | 84,000 Kcal/Hr |
| ED-101 | Torre de enfriamiento | 600 Lts/Min |
| FA-101 | Tanque de expansión de aceite térmico. | DI 600 mm, T-T 1,500 mm |
| FA-103 A, B C | Tanque de nitrógeno | Volumen 6 m ³ |
| FA-104 A, B C | Tanque de cloro | Volumen 6 m ³ |

| <u>CLAVE</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>CARACTERISTICAS</u> |
|--------------|-----------------------------------|---------------------------|
| FA-105 | Tanque separador | DI 215 mm, T-T 950 mm |
| FB-101 | Tanque diesel | DI 2,700 mm, T-T 3,700 mm |
| FB-102 | Tanque fenol | DI 5,600 mm, T-T 4,100 mm |
| FB-103 | Tanque de formaldehído | DI 7,600 mm, T-T 5,500 mm |
| FB-104 | Tanque de ácido sulfúrico. | DI 1,000 mm, T-T 1,500 mm |
| FB-105 | Tanque de etanol | DI 8,000 mm, T-T 8,600 mm |
| FB-106 | Tanque báscula | DI 1,600 mm, T-T 3,100 mm |
| FB-108 | Tanque de agua contra-incendio. | DI 4,300 mm, T-T 5,000 mm |
| FE-101 | Fosa de tratamiento de efluentes. | 900 mm X 1,500 mm |
| FG-101 | Filtro | 300 Lts/Min |
| GA-101 | Bomba de diesel | 1/3 HP, 5 Lts/Min |
| GA-102 | Bomba de aceite de enfriamiento. | 7.5 HP, 600 Lts/Min |
| GA-103 | Bomba de aceite térmico. | 7.5 HP, 600 Lts/Min |
| GA-105 | Bomba de vacío | 510 mm Hg, 600 Lts/Min |
| GA-106 | Bomba de agua de enfriamiento. | 10 HP, 600 Lts/Min |
| GA-107 | Bomba de fenol | 1 HP, 120 Lts/Min |
| GA-108 | Bomba de formaldehído | 1 HP, 250 Lts/Min |
| GA-109 | Bomba de ácido sulfúrico. | 1/4 HP, 10 Lts/Min |
| GA-110 | Bomba de etanol | 1 HP, 50 Lts/Min |
| GA-112 | Bomba de agua contra-incendio | 6 HP, 750 Lts/Min |

6.8 Plano de Localización General de Equipo

Una vez que se tiene el Diagrama de Flujo de Proceso, la descripción del proceso, la lista de equipo y las especificaciones de los equipos, se cuenta con la información necesaria para empezar el diseño de la planta y dicho trabajo se inicia con el Plano de Localización General de Equipo; ver diagrama respectivo.

6.9 Diagrama de Tubería e Instrumentación.

El Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) es la base para el diseño y dibujo de las plantas y elevaciones de equipo e isométricos de tuberías, localización de instrumentos y operación de la planta. En él se muestran todos los equipos, accesorios y especificación de las líneas.

Generalmente, debido a la magnitud de las plantas de proceso, se secciona el diagrama en proceso y servicios auxiliares, y estos a su vez en operaciones. Para el caso de este trabajo, se presenta en un solo DTI que contie

G A L L E R I A

N=51.000

E=75.000

ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO

ANDEN

CIRCULACION

N=44.000

N=41.000

E=51.200

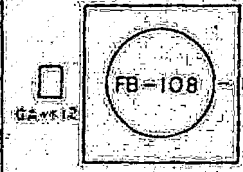
E=71.000

E=61.500

N=31.000



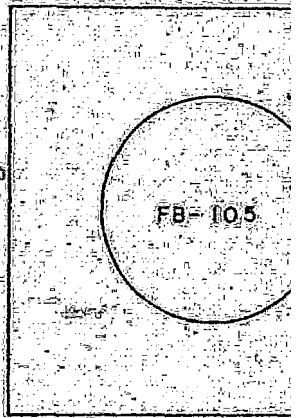
SA-101



N=37.000

FB-104

N=29.000



RACK DE TUBERIA

RACK DE TUBERIA



N=17.900

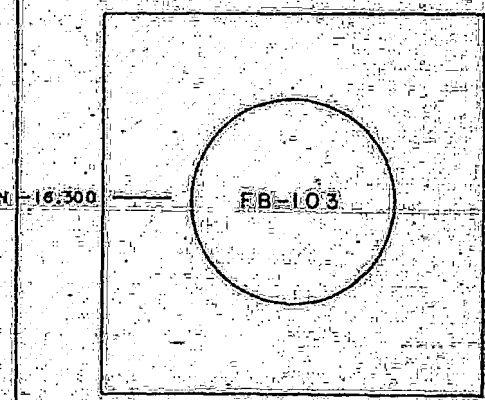
DETALLE "A"



N=16.300



EA-104 A, B, C

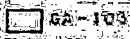


EA-104

EA-107

FB-10

EA-102



EA-103 A, B, C

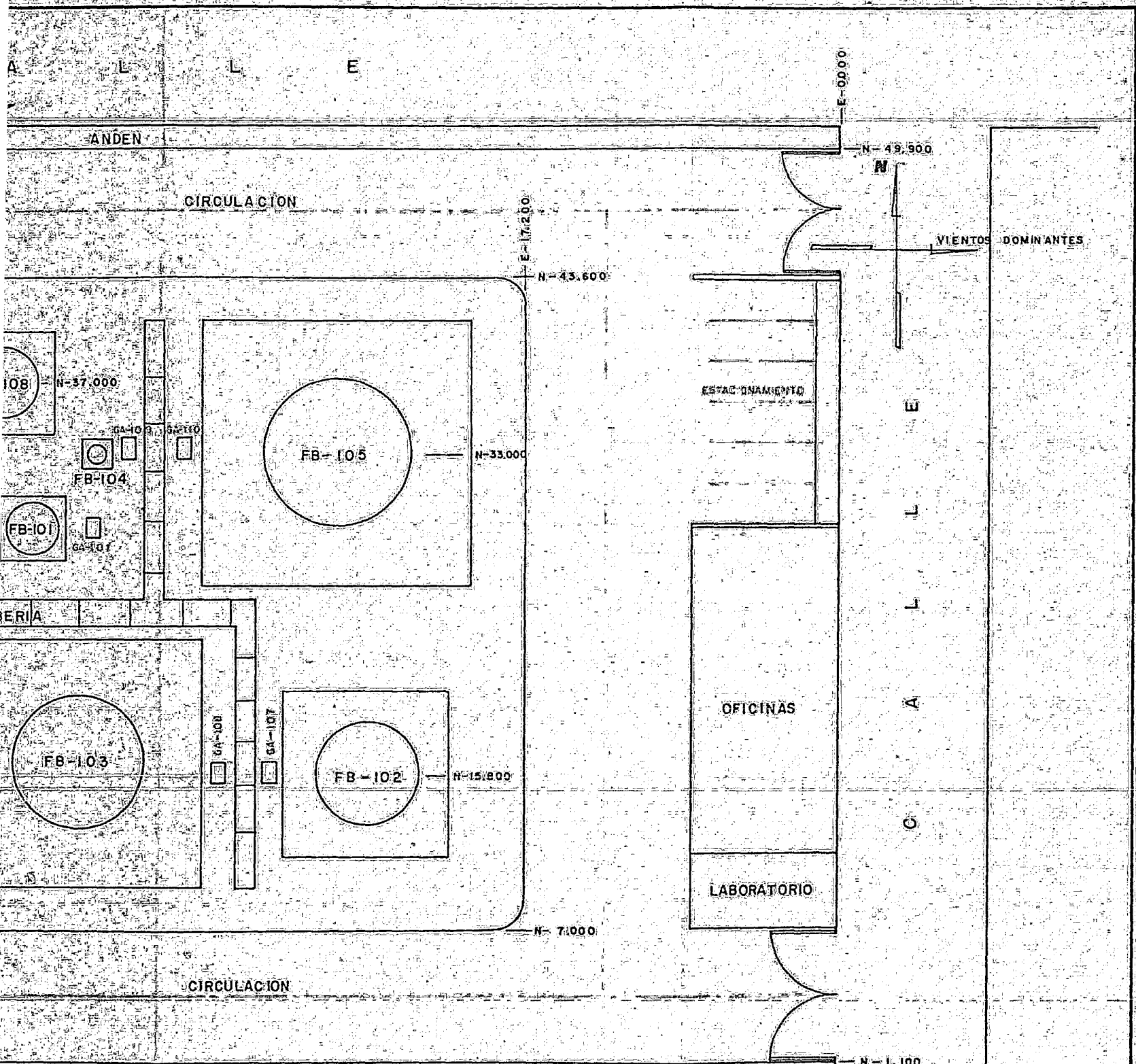
BA-101

CIRCULACION

N=0.000

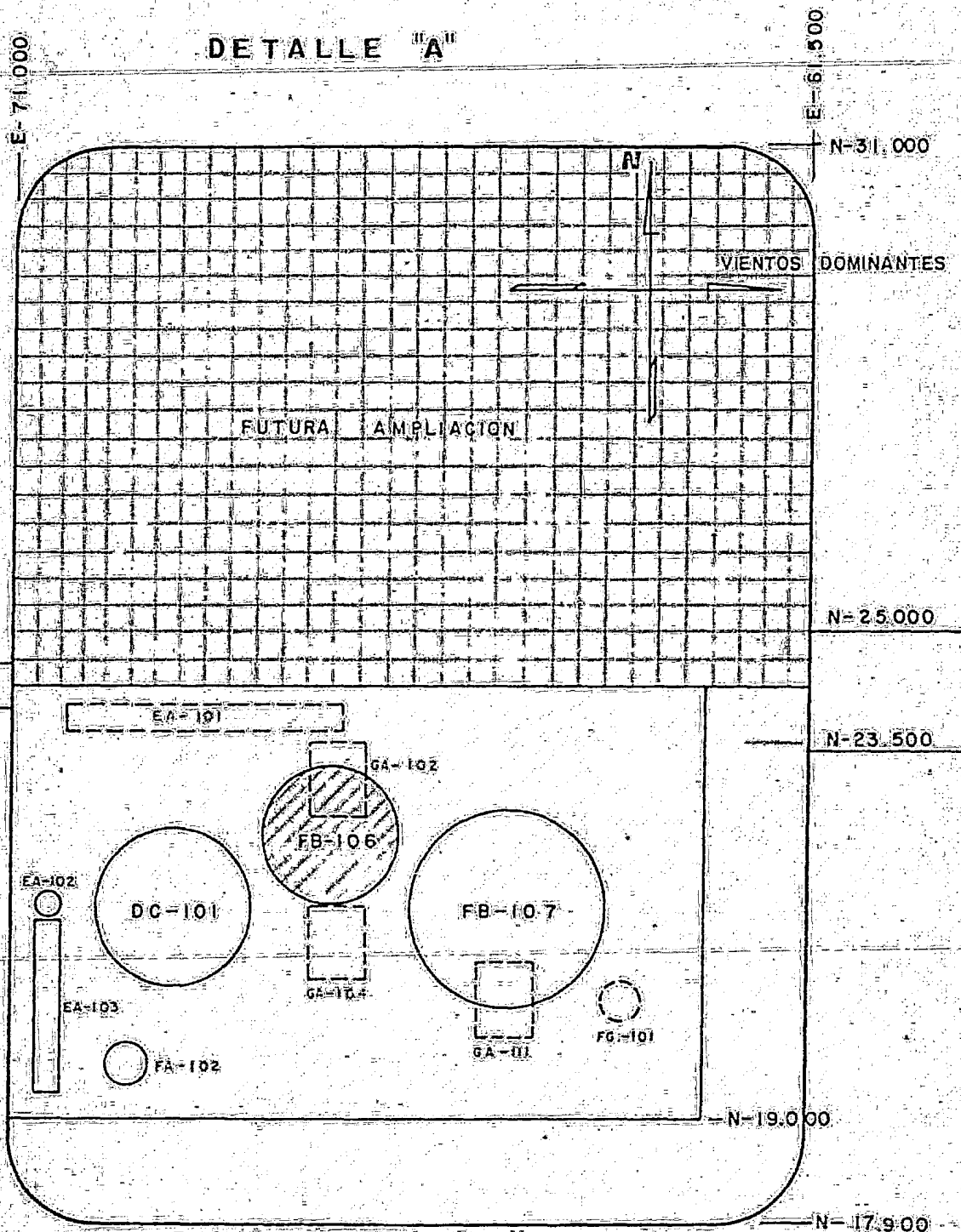
ANDEN

ESC. 1:250



| | | |
|------------|--------------------------|---------------------|
| ESC. 1:250 | U N A M | FACULTAD DE QUIMICA |
| | PLANO DE LOCALIZACION | |
| | MARIO VILLANUEVA HERRERA | |

DETALLE "A"



ESC. 1:75

NOTAS

| LÍNEAS | ELEV. PROMEDIO DEL EQUIPO |
|-----------|---------------------------|
| CONTINUA | 2500 mm |
| PUNTEADA | NIVEL DE PISO TERMINADO |
| ASCIURADO | 5000 mm |

| | |
|--------------------------|---------------------|
| UNAM | FACULTAD DE QUÍMICA |
| PLANO DE LOCALIZACION | |
| MARIO VILLANUEVA HERRERA | |

ne lo referente a proceso y servicios auxiliares, como se muestra en el diagrama respectivo, y lo acompañan el cuadro de leyendas y símbolos.

6.10 Programa del Proyecto

La planeación y programación cuidadosa son vitales para cualquier proyecto y son tan complejas como el diseño y construcción de una planta de proceso.

El programa viene a ser una guía para la planeación y un registro durante el avance durante el proyecto. Además en él se indican las fechas de iniciación y terminación para las actividades de ingeniería, así como también las de construcción. Si dicho programa se prepara y se sigue adecuadamente, la terminación del proyecto a tiempo será una cosa segura.

Además de asegurar una terminación relativamente pronta de un trabajo de ingeniería y construcción, y una eficiente coordinación de ingeniería, los programas proporcionan

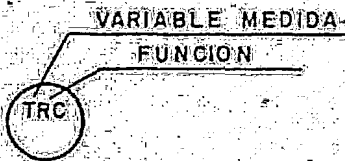
SIMBOLOGIA DE VALVULAS



SIMBOLO GENERAL DE INSTRUMENTOS



SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTOS



IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS

- IL NIVEL
- LG VIDRIO DE NIVEL
- LSL-INTERRUPTOR POR BAJO NIVEL
- P PRESION
- PC CONTROLADOR DE PRESION
- PI INDICADOR DE PRESION
- T TEMPERATURA
- TC CONTROLADOR DE TEMPERATURA
- TGV-VALVULA COTROLADORA DE TEMPERATURA
- TI INDICADOR DE TEMPERATURA
- TR REGISTRADOR DE TEMPERATURA

TUBERIAS Y ACCESORIOS EN TUBERIAS

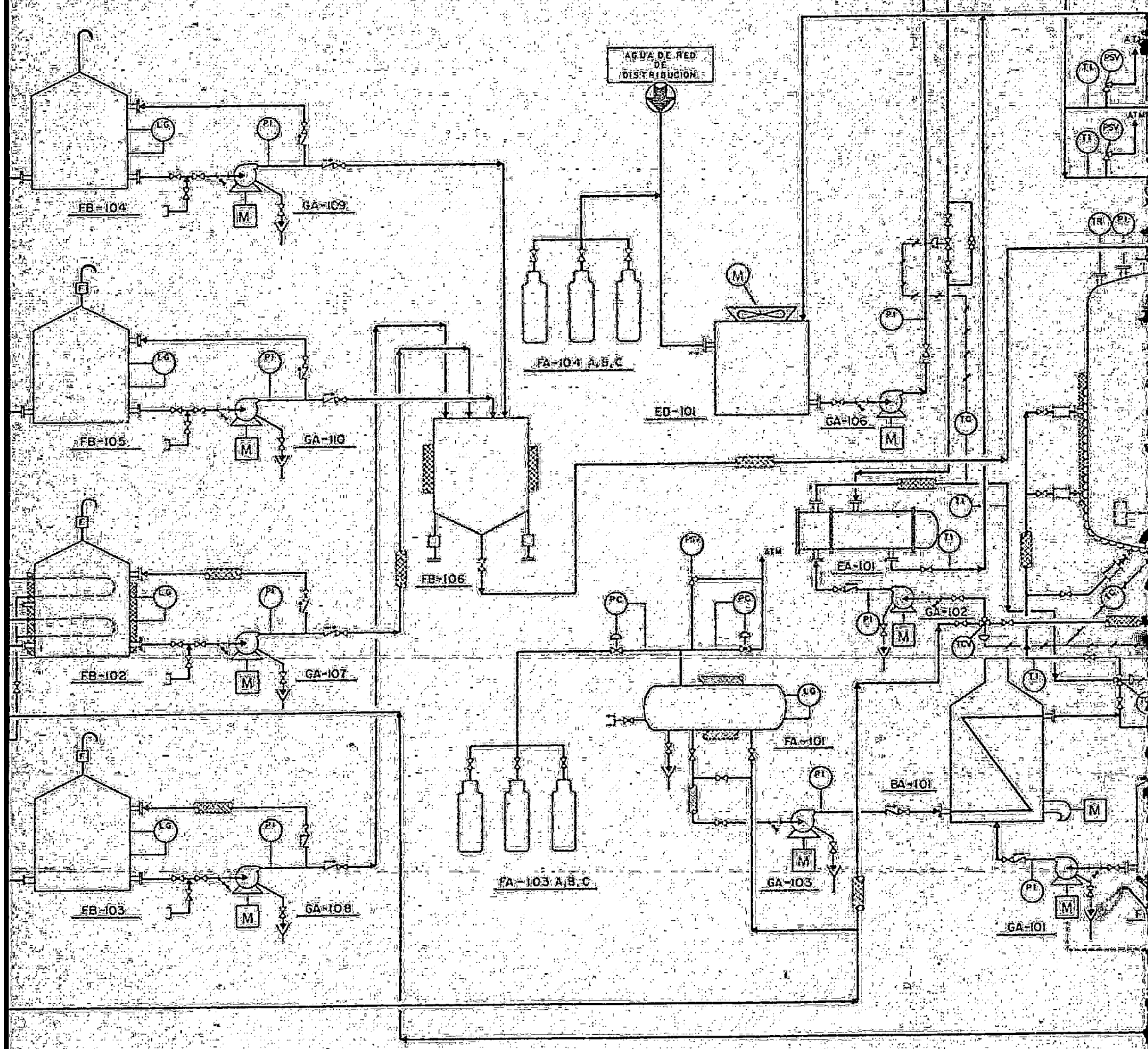


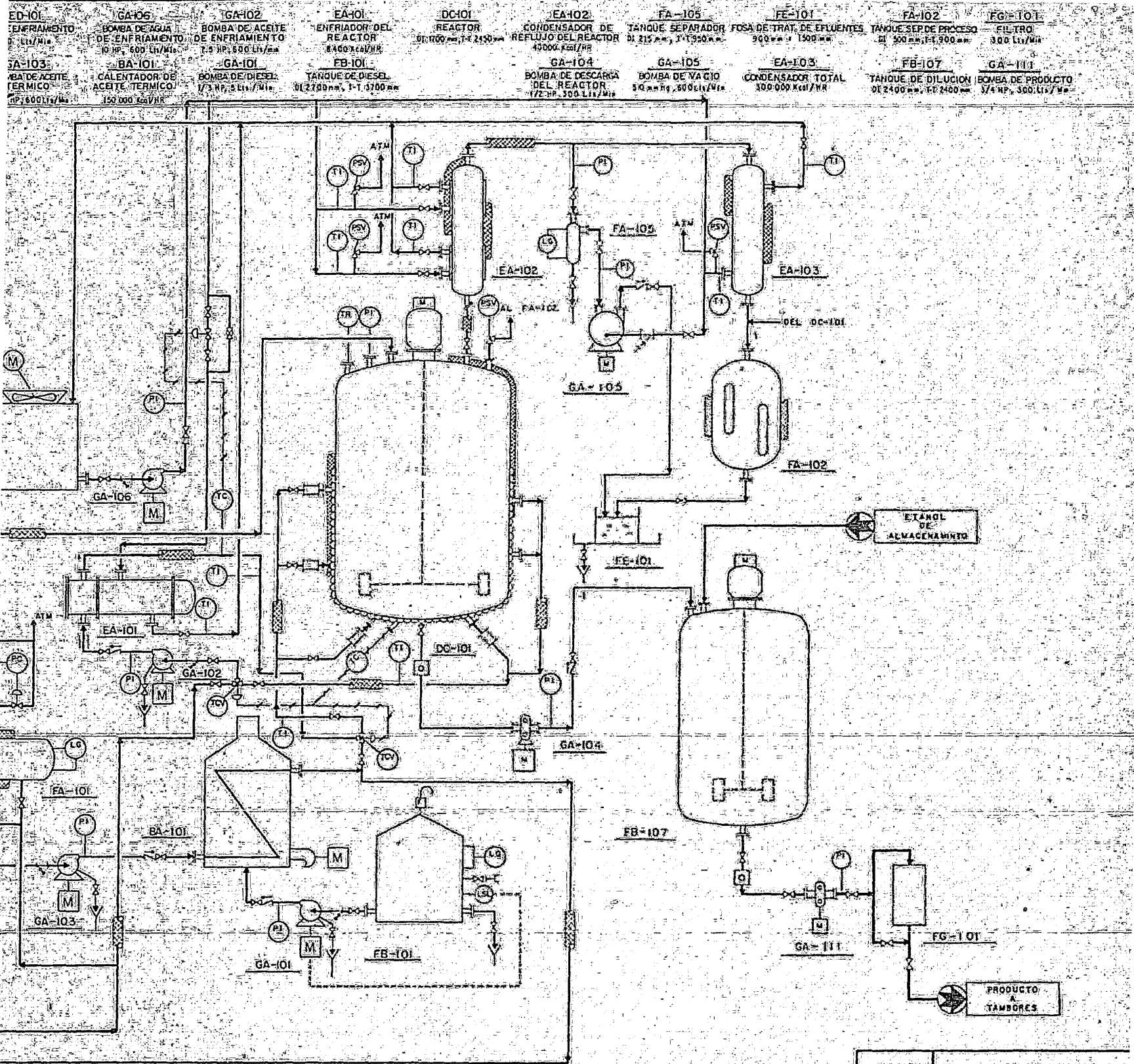
unam FACULTAD DE QUIMICA

LEYENDAS Y SIMBOLOS

MARIO VILLANUEVA HERRERA

| | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|
| FB-104 DE AC. SULFURICO DT 1000 mm, T: 1300 mm | FB-102 TANQUE DE FENOL DT 5600 mm, T: 4100 mm | GA-109 BOMBA DE AC. SULFURICO 1/2 HP, 10 Lit/Mi | GA-107 BOMBA DE FENOL 1 HP, 120 Lit/Mi | FB-106 TANQUE BASCULA DT 1600 mm, T: 3100 mm | FA-104 A, B, C TANQUE DE CLORO 6 m ³ | ED-101 TORRE DE ENFRIAMIENTO 600 Lit/Mi | GA-106 BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO 10 HP, 400 Lit/Mi | GA-102 BOMBA DE ACEITE DE ENFRIAMIENTO 7.5 HP, 500 Lit/Mi | EA-101 ENFRIADOR DE REACTOR #40 kcal/HR |
| FB-105 DE ETANOL DT 1000 mm, T: 1300 mm | FB-103 TANQUE DE FORMALDEHIDO DT 7600 mm, T: 4500 mm | GA-110 BOMBA DE ETANOL 1 HP, 20 Lit/Mi | GA-108 BOMBA DE FORMALDEHIDO 1 HP, 250 Lit/Mi | FA-103 A, B, C TANQUE DE NITROGENO 6 m ³ | FA-101 TANQUE DE EXPANSION DE ACEITE TERMICO DT 500 mm, T: 1500 mm | GA-103 BOMBA DE ACEITE TERMICO 2.5 HP, 600 Lit/Mi | BA-101 CALENTADOR DE ACEITE TERMICO 150,000 kcal/HR | GA-101 BOMBA DE DIESEL DT 1000 mm, T: 1300 mm | FB-101 TANQUE DE DIESEL DT 1000 mm, T: 1300 mm |





| | |
|-------------|----------------------------|
| UNAM | FACULTAD DE QUIMICA |
|-------------|----------------------------|

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION PARA UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS

a las firmas contratistas o a los grupos de diseño de las compañías de ingeniería, el único método para anticipar los requerimientos de personal.

Asimismo, en este inciso se presenta un programa para el proyecto de la planta de resinas fenólicas, donde se indican algunas de las actividades relevantes de cada una de las especialidades, así como su duración e interrelación. Ver programa respectivo.

6.11 Estimado de Horas-Hombre y costo de la Ingeniería de Proyecto.

A la vez de que las fechas de terminación de cada una de las especialidades se determinan, se calculan los requerimientos de Horas-Hombre para cada actividad, a modo de poder desarrollar un programa realista y asignar al proyecto la cantidad apropiada de personal.

El estimado de Horas-Hombre y costo de las mismas, en este inciso se hizo de una forma general, tanto para el desglose de actividades como para las horas-hombre para realizarlas.

CONCEPTO

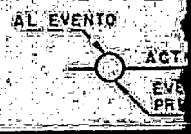
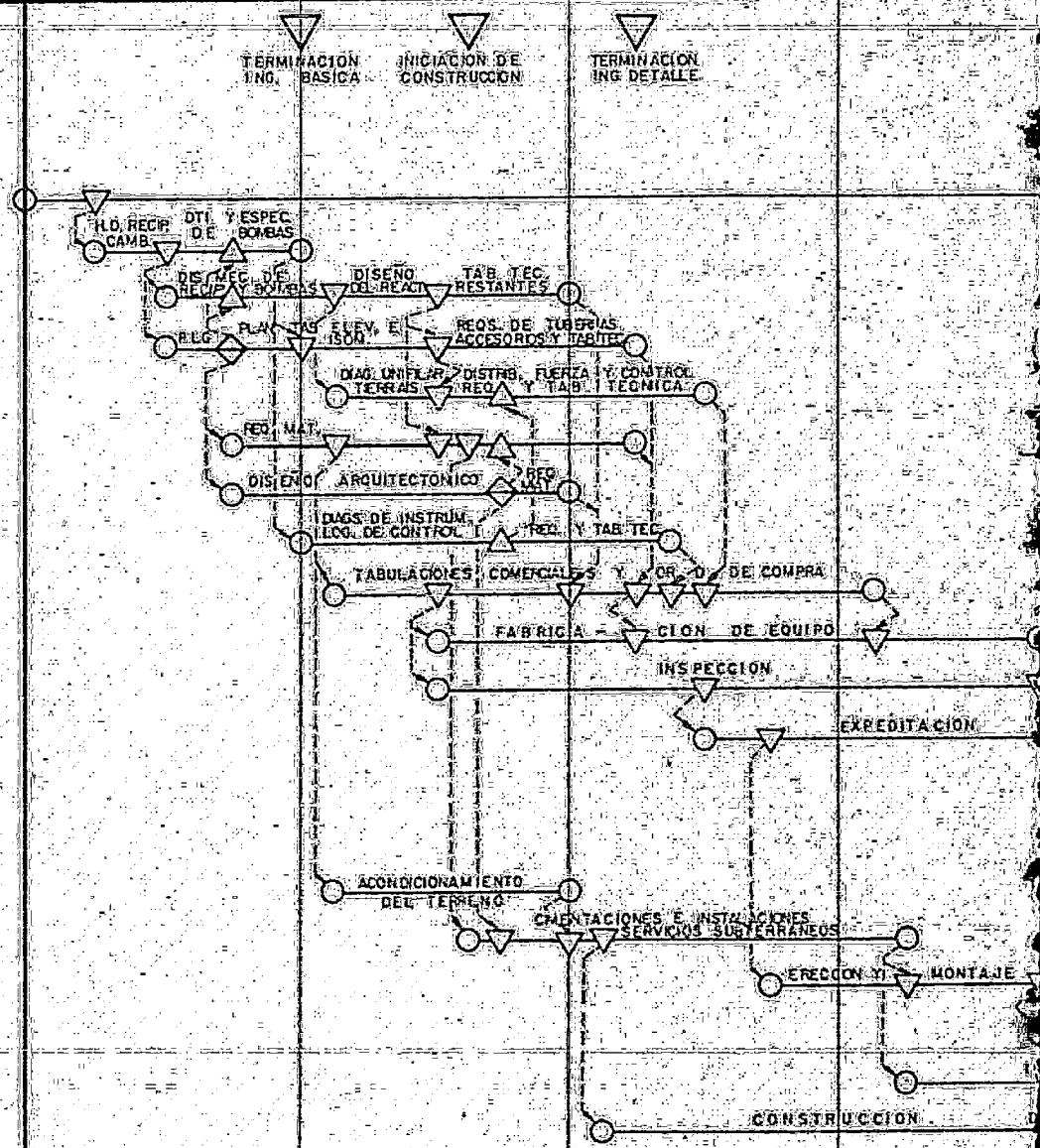
M E

1 2 3 4

INGENIERIA DE PROYECTO
 ADMINISTRACION DE PROYECTO
 PROCESO
 MECANICA
 TUBERIAS
 ELECTRICO
 CIVIL
 ARQUITECTURA
 INSTRUMENTOS
 ADQUISICIONES

CONSTRUCCION

PRUEBAS Y ARRANQUE



M E S E S

3

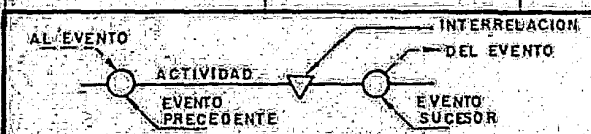
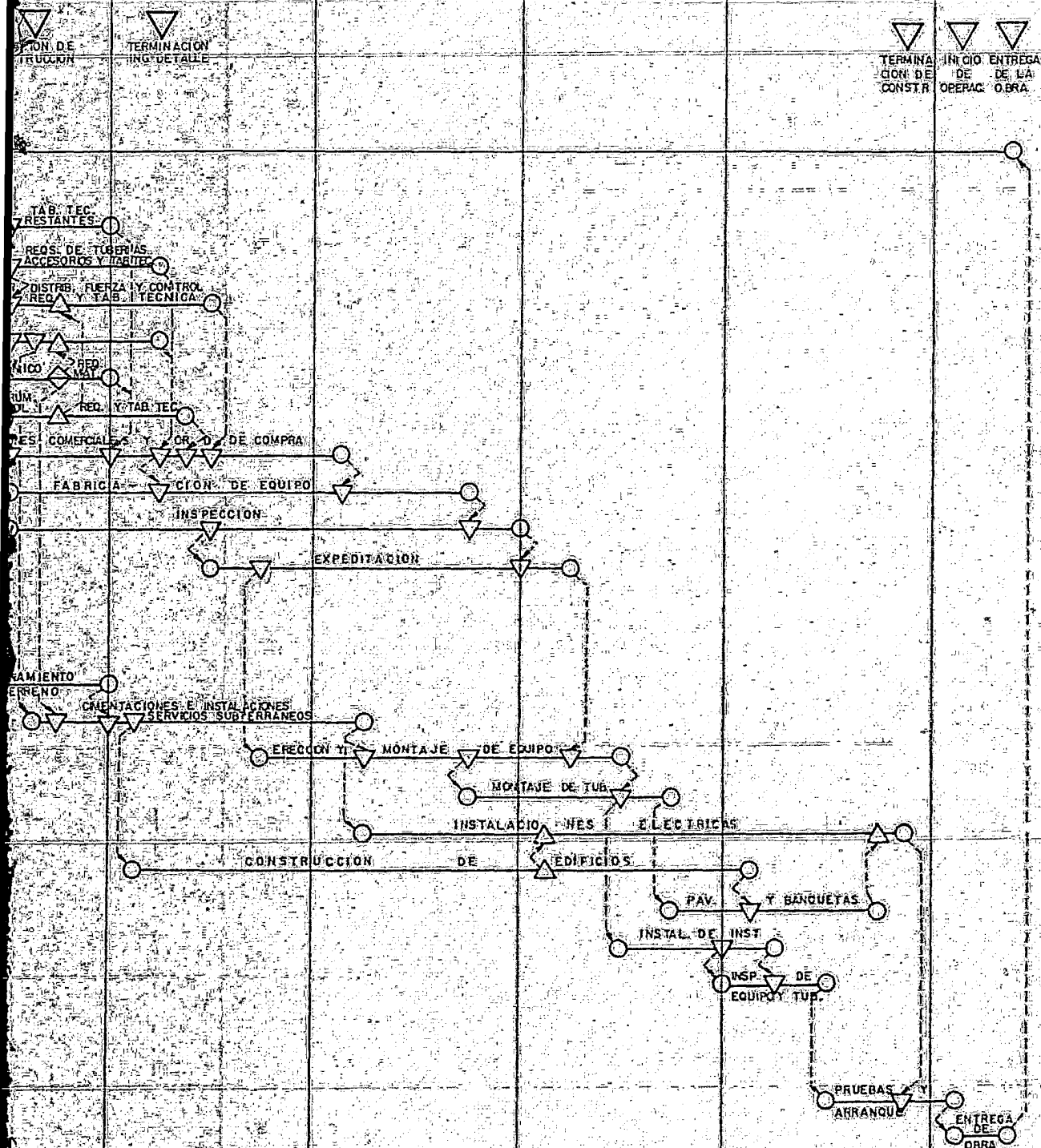
4

5

6

7

8



UNAM FACULTAD DE QUIMICA
 PROGRAMA DEL PROYECTO
 DE UNA PLANTA DE RESINAS FENOLICAS
 MARIO VILLANUEVA HERRERA

| | | |
|--------|---|------|
| 6.11.1 | <u>Administración del Proyecto</u> | H-H |
| | | 52.0 |
| 6.11.2 | <u>Ingeniería de Proceso</u> | |
| | Actividades: | H-H |
| | - Bases de Diseño | 2.0 |
| | - Diagrama de flujo de proceso | 150 |
| | - Especificaciones de equipo | 60 |
| | - Diagrama de tubería e instrumentación. | 90 |
| | - Lista de equipo | 10 |
| 6.11.3 | <u>Ingeniería Mecánica</u> | |
| | Actividades | H-H |
| | - Bases de Diseño | 10 |
| | - Diseño de equipos | 300 |
| | - Planos de equipos | 200 |
| | - Solicitudes de cotizaciones y evaluaciones técnicas de equipos. | 120 |
| | - Revisión de dibujos de fabricantes. | 20 |
| 6.11.4 | <u>Ingeniería de Tuberías</u> | |
| | Actividades | H-H |
| | - Bases de diseño | 10 |
| | - Índice de líneas | 20 |
| | - Arreglo general de equipo | 60 |
| | - Arreglos de tuberías (planos y elevaciones) | 250 |

| | |
|---|-----|
| - Secciones y Detalles | 60 |
| - Isométricos | 500 |
| - Estudio de Flexibilidad de tuberías. | 100 |
| - Solicitudes de cotizaciones de tuberías, válvulas, accesorios, etc. | 60 |

6.11.5 Ingeniería Eléctrica

| | |
|--|-----|
| Actividades: | H-H |
| - Bases de diseño | 10 |
| - Diagrama unifilar | 80 |
| - Especificaciones de arrancadores | 25 |
| - Cédula de conductores | 50 |
| - Plano de tierra y apantarrayos | 70 |
| - Plano de alumbrado y cuadro de cargas. | 80 |
| - Plano de distribución de fuerza | 100 |
| - Lista de materiales | 35 |
| - Diagramas de control eléctrico | 80 |
| - Sistema de intercomunicación y voceo de personal. | 70 |
| - Lista y especificaciones de motores. | 25 |
| - Solicitudes de cotizaciones de equipo eléctrico. | 30 |
| - Revisión de planos de fabricante del equipo eléctrico. | 25 |

6.11.6 Ingeniería Civil

| Actividades | H-H |
|---|-----|
| - Bases de diseño | 10 |
| - Terracería y preparación del lugar | 30 |
| - Planos estructurales | 200 |
| - Planos de cimentaciones de edificios y equipos. | 275 |
| - Plano de urbanización | 100 |
| - Plano de drenajes | 100 |
| - Requisición de materiales | 75 |

6.11.7 Arquitectura

| Actividades: | H-H |
|---|-----|
| - Plantas arquitectónicas | 30 |
| - Fachadas | 20 |
| - Cortes generales | 20 |
| - Acabados | 10 |
| - Plafones | 10 |
| - Detalles | 20 |
| - Herrería | 10 |
| - Carpintería | 10 |
| - Instalaciones hidráulicas y sanitarias. | 30 |
| - Lista de materiales | 20 |

6.11.8 Ingeniería de Instrumentos

| Actividades | H-H |
|---|-----|
| - Bases de diseño | 5 |
| - Especificación de válvulas de control | 20 |

| | |
|---|----|
| - Especificación de válvulas de seguridad | 15 |
| - Especificación de instrumentos diversos. | 10 |
| - Índice de instrumentos | 5 |
| - Lógicos de control. | 5 |
| - Típicos de instalación | 15 |
| - Planos de localización de instrumentos | 20 |
| - Solicitudes de cotizaciones y evaluaciones técnicas de válvulas de control y seguridad e instrumentos diversos. | 65 |

6.11.9 Compras, Inspección y Expedición.

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Actividades: | H-H |
| - Evaluaciones económicas de equipo. | 40 |
| - Elaboración de órdenes de compra. | 20 |
| - Inspección | 50 |
| - Expedición | 20 |

6.11.10 TOTAL DE HORAS-HOMBRE Y COSTO
DE LA INGENIERIA DE PROYECTO.

| <u>E S P E C I A L I D A D</u> | <u>H-H</u> | <u>COSTO</u> |
|--|--------------|------------------|
| -Administración del proyecto | 520 | 416,000 |
| -Ingeniería de Proceso | 330 | 264,000 |
| -Ingeniería Mecánica | 650 | 520,000 |
| -Ingeniería de Tuberías | 1,060 | 848,000 |
| -Ingeniería Eléctrica | 680 | 544,000 |
| -Ingeniería Civil | 790 | 632,000 |
| -Arquitectura | 180 | 144,000 |
| -Ingeniería de Instrumentos | 160 | 128,000 |
| -Compras, Inspección y Expe ditación. | 130 | 104,000 |
| T O T A L: | 4,500 | 3'600,000 |
| + I.V.A. | | 540,000 |
| GRAN TOTAL | | 4'140,000 |

CAPITULO 7

ESTIMADO DE COSTOS

El diseño de una planta deberá presentar un proceso que sea capaz de operar bajo tales condiciones que genere utilidad. La utilidad neta corresponde a la diferencia del total de ingresos menos el total de gastos o egresos, lo cual es esencial que lo tenga en mente el ingeniero químico para que considere todos los diferentes tipos de costos involucrados en los procesos de fabricación. El dinero debe ser desembolsado para gastos directos de planta, tales como materias primas, mano de obra y equipo. Además, se incurre en muchos otros gastos indirectos, los cuales deben ser incluidos si se hace un análisis del costo total. Algunos ejemplos de estos gastos indirectos son los salarios administrativos, costos de distribución del producto y costos para comunicaciones de interplanta.

Una inversión de capital es requerida para cualquier proceso industrial y la determinación de ésta es una parte importante en el proyecto de diseño de una planta. La inversión total para cualquier proceso, consiste en la inversión

de capital fijo para equipo y servicios en la planta, además del capital de trabajo, el cual debe estar disponible para el pago de salarios, para conseguir materias primas y otros artículos especiales que requieren de compra en efectivo. Por lo tanto, en un análisis de costos de procesos industriales deberán tomarse en consideración los costos de capital de inversión, costos de fabricación y gastos generales, incluyendo impuestos.

7.1 ESTIMADO DE CAPITAL DE INVERSION

Los factores que contribuyen a deficientes estimados de capital de inversión se deben generalmente a omisiones considerables de equipo, servicios, o facilidad de servicios más que a errores considerables en costos.

7.1.1 Tipos de Estimados de Costos de Capital

El estimado del capital de inversión para un proceso puede variar desde un estimado de prediseño, basado en poca información considerando el tamaño del proyecto propuesto, hasta un estimado detallado a partir de los dibujos completos y especificaciones. Entre estos dos extremos de los estimados de inversión de capital, puede haber muchos otros estimados los cuales varían, dependiendo de la exactitud en las etapas durante el desarrollo de un proyecto; estos esti-

mados son denominados por una variedad de nombres. La Asociación Americana de Ingeniería de Costos ha propuesto la siguiente relación: (24)

1. Estimado de orden de magnitud (estimado proporcional) basado en datos de costos similares; porcentaje de error arriba del 30%.
2. Estimado de estudio (estimado por factores) basado en el conocimiento de las principales partidas de equipo; porcentaje de error \pm 30%.
3. Estimado preliminar de proyecto (estimado de presupuesto para autorización o estimado de alcance) basado en datos suficientes que permiten al estimado ser presupuestado; porcentaje de error \pm 20%.
4. Estimado detallado (estimado de control de proyecto) basado en los datos casi completos, pero antes de terminar los dibujos y especificaciones; porcentaje de error \pm 10%.
5. Estimado para construcción (estimado de contratista), basado en los dibujos completos de ingeniería, especificaciones y dimensiones del sitio; porcentaje de error \pm 5%

(24) H. C. Bauman. "Fundamentos de la Ingeniería de Costos en la Industria Química". Corporación Publicitaria Reinhold, Nueva York, 1964.

En la figura 40, se muestran las relaciones entre el porcentaje de error, la calidad y cantidad de la información requerida para la preparación de estos estimados.

7.1.2 Métodos para la Estimación del Capital de Inversión

Varios métodos pueden ser empleados para estimar el capital de inversión. El abocarse por algún método depende de la información detallada disponible y la exactitud deseada. Se presenta en este inciso, el esbozo de siete métodos, requiriéndose en cada uno más información detallada y más tiempo para su elaboración. Consecuentemente, el porcentaje de error disminuye en cada método. Con el método G puede obtenerse un $\pm 5\%$ de error en la inversión de capital.

METODO A. Relación del retorno de capital

Un método conveniente para estimados de orden de magnitud, es el conocido como el método de la "Relación de retorno de capital". La relación de retorno de capital es definida como el cociente entre las ventas brutas anuales y la inversión de capital fijo,

$$\text{Relación del retorno de capital} = \frac{\text{Ventas brutas anuales}}{\text{Inversión de capital}}$$

donde el producto entre la relación de la producción anual y el promedio de los precios de venta de las mercancías producidas, corresponde a las ventas brutas anuales. El recíproco de la relación del retorno de capital es algunas veces de

**RELACION DE INFORMACION PARA LOS ESTIMADOS
DE CAPITAL DE INVERSION**

| | | estimado para construcción ± 5 % de error | estimado detallado ± 10 % de error | estimado preliminar de proyecto ± 20 % de error | estimado de instalación ± 30 % de error | estimado de mantenimiento ± 30 % de error |
|---|---|---|--|---|---|---|
| LUGAR | Localidad Descripción general Orientación del terreno Sitio y dimensiones, caminos, bordeado Bien-desarrolladas el plano de loc. genl. y plano topográfico Bien-desarrolladas las facilidades del sitio | • | • | • | • | • |
| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO | Esquema burdo Preliminar Final | • | • | • | • | • |
| LISTA DE EQUIPO | Dimensionamiento preliminar y especificación de materiales Especificaciones finales Dibujos de recipientes Arreglo general (A) preliminar (B) final | • | • | • | • | • |
| EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS | Tamaño aproximado y tipo de construcción Esquema de cimentaciones Planos arquitectónicos y constructivos Diseño estructural preliminar Arreglo general y elevaciones Diagramas detallados | • | • | • | • | • |
| REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS | Cuantificación burda (vapor, agua, electricidad, etc.) Balance de energía preliminar Diagrama de tubería e instrumentación preliminar Balance de energía final Diagrama de tubería e instrumentación final Dibujos finales listos para construcción | • | • | • | • | • |
| TUBERIA | Dibujos de tubería y especificaciones preliminares Dibujos de tubería finales Arreglos de tuberías y cédulas | • | • | • | • | • |
| AISLAMIENTO | Especificación Burda Lista Preliminar de equipo y tubería para ser aislada Especificación de Cédula de Aislamiento Diagramas y especificaciones finales | • | • | • | • | • |
| INSTRUMENTACION | Lista preliminar de instrumentos. Lista y diagramas finales Típicos de instalación | • | • | • | • | • |
| ELECTRICO | Lista preliminar de motores -capacidades aproximadas Lista y capacidades finales Subestaciones, número, capacidades y especificaciones Especificaciones de distribución de fuerza Especificaciones preliminares de alumbrado Controles y especificaciones de alumbrado para instrumentos Diagramas unifilares finales (fuerza y alumbrado) Diagramas para construcción | • | • | • | • | • |
| HORAS-HOMBRE | Ingeniería y dibujo Diseño Supervisión | • | • | • | • | • |
| PROYECTOS PARA PROCESOS COMUNES | Producto, capacidad, localización y requerimientos del sitio Servicios auxiliares y requerimiento de servicios. Edificios y requerimientos auxiliares. Materias primas y manejo del producto terminado y requerimientos de almacen. | • | • | • | • | • |

Fig.40: Métodos para la estimación del capital de inversión

finido como la *relación de capital*. El valor de las ventas anuales de los productos para la planta propuesta, dividida entre la conveniente relación de retorno de capital, nos proporciona una burda aproximación de la inversión de capital fijo requerido. Las relaciones superiores a 5 son comunes para algunos negocios. Sin embargo, para la industria química la relación es aproximadamente 1.

METODO B. Costo de inversión por unidad de capacidad

Mucha información ha sido publicada, donde se proporciona la inversión de capital fijo requerida para varios procesos por unidad de capacidad anual de producción (25). Si bien estos valores son para algunas capacidades de plantas aisladas, es posible determinar las unidades de costos de inversión que apliquen para condiciones promedio. Un estimado de orden de magnitud de la inversión de capital fijo para un proceso determinado, puede ser obtenido multiplicando el costo de la inversión apropiada por la unidad de capital, por la capacidad anual de producción de la planta propuesta. El ajuste para la actualización del costo, se hará mediante índices.

METODO C. Factor exponencial aplicado a relaciones de capacidades de plantas.

Este método se usa para estimados de estudio, rela-

(25) Tabla de costos de inversión de capital para plantas de proceso, de J.B. Haselbath Chem. Eng., 74(25):214 (1967).

cionando la inversión de capital fijo para una nueva planta de proceso, con la inversión de capital fijo de una planta similar construida con anterioridad, mediante un factor exponencial. Esto es, por cierto para plantas de proceso de estructura similar; el capital fijo de inversión del nuevo servicio es igual al capital fijo de inversión del servicio construido C multiplicado por la relación de capacidades R del nuevo servicio a la capacidad del antiguo, elevadas a un exponente X . Este exponente ha sido determinado entre 0.6 a 0.7 para muchos servicios de proceso.

$$C_n = C (R)^X$$

METODO D. Factores de "Lang" para aproximaciones de capital de inversión

Esta técnica propuesta originalmente por Lang (26) y utilizada frecuentemente para obtener estimados de costos de orden de magnitud, propone que el costo de una planta de proceso pueda ser obtenido mediante el producto del costo del equipo básico por un factor para aproximar el capital de inversión. Estos factores varían dependiendo del tipo de planta de proceso a considerar. Los factores para estimar la inversión de capital fijo o la inversión total de capital se encuentran en la tabla 18. Debe hacerse notar que éstos fac

(26) H. J. Lang, Chem. Eng., 54(10):17 (1947); H. J. Lang, Chem. Eng., 55(6):112 (1948).

tores incluyen los costos del terreno y los honorarios del contratista.

Tabla 18

FACTORES DE LANG, PARA ESTIMACIONES DE LA
INVERSION FIJA O INVERSION TOTAL DE CAPITAL

Factor \times costo del equipo por adquirirse = Inversión de capital fijo o inversión total de capital para una ampliación de una planta existente

| Tipo de planta | Factor para | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| | Inversión de capital fijo | Inversión total de capital |
| Planta de procesamiento de sólidos | 3.9 | 4.6 |
| Planta de procesamiento de sólidos y líquidos | 4.1 | 4.9 |
| Planta de procesamiento de líquidos | 4.8 | 5.7 |

METODO E. Porcentaje del costo del equipo por adquirirse

Este método de estimación del capital fijo o de inversión total de capital requiere de la determinación del costo del equipo por adquirirse. Las otras partidas consideradas en el costo directo total de planta, son entonces estimadas como porcentajes del costo del equipo por adquirirse. Los componentes adicionales del capital de inversión se basan en porcentajes promedio del costo directo total de planta, costos totales directos e indirectos de planta, o capital total de inversión.

Los porcentajes empleados en una estimación de este tipo deben ser determinados en base al proceso involucrado, la complejidad del diseño, los materiales de construcción requeridos, la localización de la planta, la experiencia acumulada y otras partidas que dependen del caso particular en consideración. Los valores promedio de varios porcentajes se han determinado para plantas químicas típicas, y estos valores son presentados en la tabla 19. (27)

Este tipo de estimado se utiliza para estimaciones de estudio y preliminares de proyecto. Genera resultados más precisos cuando se aplica a proyectos de plantas similares recientemente diseñadas y construidas.

METODO F. Estimado de costo unitario

El método del estimado de costo unitario proporciona estimaciones de buena aceptación para inversiones de capital fijo, obteniéndose estadísticas en base a la experiencia que se va acumulando. Este método frecuentemente se emplea para preparar estimados preliminares y para construcción; también requiere de estimaciones de precios de compra, obtenidos ya sea de cotizaciones o estadística de índices de costos corregidos, o bien de información publicada. La mano de obra de instalación del equipo es evaluada como parte del costo del equipo adquirido. Los costos del concreto, acero, tubería,

(27) Chem. Eng., 70(20):120 (1963); Chem. Eng., 67(11):158 (1960).

RELACION DE FACTORES PARA LA ESTIMACION
DE LAS PARTIDAS DE INVERSION DE CAPITAL,
BASADOS EN EL COSTO DEL EQUIPO.

| P A R T I D A S | Porcentaje del costo del equipo por adquirirse para | | |
|---|--|--|---|
| | Planta de - procesa miento de sólidos | Planta de procesa miento de sólidos y líquidos | planta de procesa miento de líquidos |
| COSTOS DIRECTOS | | | |
| Valor del equipo por adquirirse (incluyendo el equipo por fabricarse y maquinaria de proceso) | 100 | 100 | 100 |
| Instalación de equipo | 45 | 39 | 47 |
| Instrumentos y controles (instalados) | 9 | 13 | 18 |
| Tubería (instalada) | 16 | 31 | 66 |
| Equipo eléctrico y materiales (instalados) | 10 | 10 | 11 |
| Edificios (incluyendo servicios) | 25 | 29 | 18 |
| Reacondicionamiento del terreno | 13 | 10 | 10 |
| Servicios (instalados) | 40 | 55 | 70 |
| Terreno (si se requiere comprarse) | <u>6</u> | <u>6</u> | <u>6</u> |
| Costos totales directos de planta | 264 | 293 | 346 |
| COSTOS INDIRECTOS | | | |
| Ingeniería y supervisión | 33 | 32 | 33 |
| Gastos de construcción | <u>39</u> | <u>34</u> | <u>41</u> |
| Costos totales directos e indirectos de planta | 336 | 359 | 420 |
| Honorarios del contratista (alrededor del 5% de los costos directos e indirectos de planta) | 17 | 18 | 21 |
| Imprevistos (alrededor del 10% de los costos directos e indirectos de planta) | <u>34</u> | <u>36</u> | <u>42</u> |
| Inversión de capital fijo | 387 | 413 | 483 |
| Capital de trabajo (alrededor del 15% de la inversión total de capital) | <u>68</u> | <u>74</u> | <u>86</u> |
| Inversión total de capital | 455 | 487 | 569 |

material eléctrico, instrumentación, aislamiento, etc., se obtienen a partir de los planos y de los costos unitarios de los materiales y de las necesidades de mano de obra. El costo unitario también se aplica a las horas-hombre de ingeniería, número de planos y especificaciones. Los factores de los costos de construcción y los honorarios del contratista son estimados en base a los proyectos realizados con anterioridad.

METODO G. Estimado detallado por partida

Un estimado detallado por partida requiere de la determinación cuidadosa de cada partida. El equipo y materiales requeridos son determinados de los dibujos completos y especificaciones, y son evaluados bien a través de los datos de costo comercial o preferente de cotizaciones entregadas por proveedores. Los estimados de costos de instalación son determinados a partir de las tarifas laborales exactas, eficiencias, y cálculos de horas-hombre. La precisión de los estimados de ingeniería, dibujo, supervisión de horas-hombre en construcción, y los gastos en la construcción deben ser detallados de la misma manera. Debe tenerse toda la información a la mano referente al terreno y los planos del mismo, para minimizar los errores de maniobra y los estimados de construcción. A partir de este tipo de estimaciones se intenta acercarse lo más posible al estimado exacto, mediante

la obtención de cotización de proveedores. Debido a la extensa información solicitada y a la gran cantidad de tiempo requerido de ingeniería para preparar un estimado detallado de este tipo, dicho estudio es casi exclusivamente realizado con propuestas de contratistas que presentan el desglose del trabajo a realizar en base a los planos constructivos y especificaciones.

7.2 Estimado de Costos para una Planta de Resinas Fenólicas.

En base a la información generada en el capítulo anterior, se desarrollan los estimados de inversión total de capital y los costos de operación de la planta correspondientes al lugar de localización seleccionado.

Dadas las características de los datos con que se cuenta, el método de estimación de la inversión total de capital que se emplea en este caso, es el de porcentajes del costo del equipo por adquirirse, lo cual genera un estimado de estudio.

A continuación se presenta el desglose de los costos del equipo por adquirirse, de acuerdo a lo especificado en el inciso 6.9

| CLAVE DEL EQUIPO | DESCRIPCIÓN | COSTO |
|------------------|--|-------------|
| BA-101 | Calentador de aceite térmico | \$1'200,000 |
| DC-101 | Reactor | 1'110,000 |
| EA-101 | Enfriador del reactor | 290,000 |
| EA-102 | Condensador de reflujo del reactor. | 75,000 |
| EA-103 | Condensador total | 375,000 |
| ED-101 | Torre de enfriamiento | 160,000 |
| FA-101 | Tanque de expansión de aceite térmico. | (*) |
| FA-102 | Tanque separador de proceso | 23,000 |
| FB-101 | Tanque de diesel | 220,000 |
| FB-102 | Tanque de fenol | 2'500,000 |
| FB-103 | Tanque de formaldehído | 6'000,000 |
| FB-104 | Tanque de ácido sulfúrico | 300,000 |
| FB-105 | Tanque de etanol | 3'200,000 |
| FB-106 | Tanque báscula | 575,000 |
| FB-107 | Tanque de dilución | 1'500,000 |
| FB-108 | Tanque de agua contra incendio. | 600,000 |
| GA-101 | Bomba de diesel | 70,000 |
| GA-102 | Bomba de aceite de enfriamiento. | 150,000 |
| GA-103 | Bomba de aceite térmico | (*) |
| GA-104 | Bomba de descarga del reactor. | 110,000 |
| GA-105 | Bomba de vacío | 260,000 |

| | | |
|--------|--------------------------------|---------|
| GA-106 | Bomba de agua de enfriamiento. | 170,000 |
| GA-107 | Bomba de fenol | 250,000 |
| GA-108 | Bomba de formaldehído | 110,000 |
| GA-109 | Bomba de ácido sulfúrico | 110,000 |
| GA-110 | Bomba de etanol | 70,000 |
| GA-111 | Bomba de producto | 110,000 |
| GA-112 | Bomba de agua contraincendio. | 120,000 |

COSTO TOTAL DE EQUIPO \$19'658,000
POR ADQUIRIRSE.

Para la planta en estudio, el estimado de inversión total de capital se efectúa de acuerdo a los porcentajes de la tabla 19, teniendo en cuenta que se trata de una planta de procesamiento de líquidos, además realizando los ajustes convenientes por las características particulares del proyecto y la localización seleccionada.

(*) Los costos de estos equipos están incluidos en el costo del calentador de aceite térmico.

I. COSTOS DIRECTOS

| | |
|--|----------------------|
| Valor del equipo por adquirirse | \$ 19'658,000 |
| Instalación del equipo | 6'240,000 |
| Instrumentación (instalada) | 3'600,000 |
| Tubería (instalada) | 5'200,000 |
| Equipo eléctrico y materiales | 3'120,000 |
| Edificios | 8'320,000 |
| Reacondicionamiento del terreno | 2'080,000 |
| Servicios instalados | 3'120,000 |
| Terreno | 5'738,000 |
| COSTOS TOTALES DIRECTOS DE PLANTA | \$ 57'076,000 |

II. COSTOS INDIRECTOS

| | |
|---|----------------------|
| Ingeniería y supervisión | 4'140,000 |
| Gastos de construcción | 4'160,000 |
| COSTOS TOTALES DIRECTOS E INDIRECTOS DE PLANTA | \$ 65'376,000 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| Honorarios del contratista | 3'269,000 |
| Imprevistos | 3'269,000 |

III. INVERSION DE CAPITAL FIJO \$ 71'914,000

IV. CAPITAL DE TRABAJO 7'990,000

V. INVERSION TOTAL DE CAPITAL \$ 79'904,000

Otra parte igualmente importante, es la estimación de los costos de operación de la planta, los cuales se determinan de la forma siguiente:

I. COSTOS DE OPERACION = COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION + GASTOS FIJOS + GASTOS GENERALES DE PLANTA.

A. COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

| | |
|--|----------------|
| 1. Materias primas | \$ 142'812,000 |
| 2. Mano de obra directa | 4'353,000 |
| 3. Servicios (4.75% del costo de operación). | 7'479,000 |
| 4. Mantenimiento y reparación de equipo (1.5% de la inversión de capital fijo) | 1'079,000 |
| 5. Gastos de laboratorio (10% de la mano de obra directa) | 435,000 |

B. GASTOS FIJOS

| | |
|--|-----------|
| 1. Depreciación (maquinaria y equipo 10%, y edificio 5%) | 4'708,000 |
| 2. Seguros (1% de la inversión de capital fijo) | 719,000 |

II. GASTOS GENERALES = GASTOS ADMINISTRATIVOS + GASTOS DE DISTRIBUCION

| | |
|-------------------------------|--------------|
| A. Gastos de administración | \$ 2'617,000 |
| (Sueldos del personal admvo.) | |
| B. Gastos de distribución | 728,000 |

III. COSTOS DE PRODUCCION = COSTOS DE OPERACION + GASTOS GENERALES = \$ 164'930,000

UTILIDAD DE OPERACION = VENTA NETA - COSTOS DE PRODUCCION = \$371'910,000
 - 164'930,000
 = 206'980,000

UTILIDAD NETA = UTILIDAD DE OPERACION - IMPUESTOS Y PARTICIPACION DE UTILIDADES:

= 206'980,000
 - 103'490,000
 = 103'490,000

RENTABILIDAD = $\frac{\text{UTILIDAD NETA}}{\text{COSTOS DE PRODUCCION}} \times 100 = 62.7\%$

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

En el esfuerzo por industrializar el país, muchas industrias han nacido y muerto, dejando sólo experiencia y sin haber contribuido significativamente a la economía del país. Estas industrias no cumplieron los objetivos básicos de las empresas: sobrevivir, crecer y contribuir.

Aún cuando los resultados del balance industrial han sido positivos en el pasado, estos se han mejorado en la actualidad y se superarán en el futuro al realizar una mejor planeación y diseño de las empresas industriales, haciendo eco en cierto modo con la opinión de los expertos, que el desarrollo económico del país no se debe dejar abandonado al juego espontáneo de las fuerzas de la economía, sino que es necesario aplicar una fuerza orientadora, capaz de introducir eficiencia al proceso de desarrollo industrial.

La eficiencia de las empresas industriales se hace patente, no sólo una vez que éstas se encuentran en operación, sino desde su concepción y formulación,

ya que la corrección posterior de ciertas deficiencias de origen habrá de requerir fuertes erogaciones, mientras que la corrección de otras será incosteable, y la empresa que se encuentre en este caso tendrá que afrontar las consecuencias que se deriven de ellas a lo largo de su existencia.

En el desarrollo del presente trabajo se plantea un estudio de formulación y evaluación de proyecto con la ponderación de los elementos de juicio y con el auxilio de técnicas adecuadas para el análisis, obteniéndose finalmente un resultado favorable y atractivo para un posterior estudio por los interesados en el tema.

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

ASOCIACION NACIONAL DE INGENIEROS QUIMICOS.

ANUARIO DE LA INDUSTRIA QUIMICA.
México, 1982.

ASOCIACION NACIONAL DE INGENIEROS QUIMICOS.

CATALOGO GENERAL DE RESINAS SINTETICAS PRODUCIDAS EN MEXICO.
México, 1978.

H. F. RASE Y M. H. BARROW

INGENIERIA DE PROYECTOS PARA PLANTAS DE PROCESO
Editorial C.E.C.S.A.
México, 1976.

HERMAN F. MARK

ENCYCLOPEDIA OF POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY.
Editorial BOARD
U.S.A. 1969.

INGENIEROS HUMBERTO SOTO RODRIGUEZ.

ERNESTO ESPEJEL ZAVALA
HECTOR F. MARTINEZ FARIAS.

LA FORMULACION Y EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE PROYECTOS INDUSTRIALES.
Editorial LITOGRAF, S.A.
México, 1975.

IRWIN MILLER Y JOHN E. FREUND

PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIEROS.
Editorial REVERTE
México, 1973.

L. BRICE ANDERSEN AND LEONARD A. WENZEL

INTRODUCTION CHEMICAL ENGINEERING.
Editorial Mc. GRAW-HILL
Japón, 1961.

MAXS. PETERS AND KLAUS D. TIMMERHAUS.

PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS.
Editorial Mc. GRAW-HILL
Japón, 1968.

MORRISON AND BOYD

ORGANIC CHEMISTRY
Editorial ALLYN AND
BACON.
U.S.A., 1973.

NACIONES UNIDAS

MANUAL DE PROYECTOS DE
DESARROLLO ECONOMICO.
Editorial NACIONES UNI-
DAS.
México, 1958.

ROBERT H. PERRY AND CECIL
H. CHILTON

CHEMICAL ENGINEER'S
HANDBOOK.
Editorial Mc. GRAW-HILL
Japón, 1973.

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS
ECONOMICOS Y PLANEACION
INDUSTRIAL.

DESARROLLO Y PERSPECTI-
VAS DE LA INDUSTRIA PE-
TROQUIMICA MEXICANA.
Editorial I.M.P.
México, 1982.

WILLIAM D. BAASEL

PRELIMINARY CHEMICAL
ENGINEERING PLANT DE--
SIGN.
Editorial ELSEVIER.
U.S.A., 1976.

ANEXO

RESINAS FENOLICAS

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|---------------------------------------|-----------|---------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| 1. FUNDICION | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Recubrimiento caliente | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 22591 | Escamas | No | 100 | - | - | - | 85-90 | - | - | 160-180 | Lubricada ne cesita Hexa |
| Ind. Resistol | - | RR-1600 | Líquida | No | 73.5- 75.5 | 5000 15000 | 1.155- 1.175 | - | - | - | - | - | - |
| Poliresinas | Polifen | 01 | Escamas | No | 100 | - | - | - | 70-110 | - | - | - | - |
| Poliresinas | Polifen | 672 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 70-110 | 15-50 | - | 25-40 | Para Shell |
| Reichhold Química | Foundres | 96-590 | Líquida | - | 73-77 | 2300- 4000 | 1.17- 1.19 | - | - | - | - | - | - |
| Ind. Quím. Synres | Chem-Rez | 700 | Líquida | No | 70-71 | 4000- 5000 | 1.16- 1.20 | - | - | - | - | - | - |
| 1.2 Recubrimiento tibio o frío | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 18115 | Líquida | No | 65-68 | 3200- 3800 | 1.11- 1.12 | - | - | - | - | - | Requiere Hex |
| Polifos | Durez | 19278 | Líquida | No | 58-62 | - | 1.08- 1.10 | - | - | - | - | - | Requiere Hex |
| Ind. Quím. Synres | Chem-Rez | 502 | Líquida | No | 61-63 | 700- 1100 | 1.08- 1.10 | - | - | - | - | - | - |
| Ind. Resistol | - | RR-429 | Líquida | No | 71-75 | 8000- 10000 | - | - | - | - | - | - | - |
| Poliresinas | Polifural | - | Líquida | Si | 70 | X-Y | - | Ambar | - | - | - | - | - |
| Reichhold Química | Foundres | 23-703 | Líquida | No | 65-69 | 3000 máx | 1.08- 1.11 | - | - | - | - | - | - |
| 1.3 Mezcla seca | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 29313 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 92-98 | 18-26 | - | 20-30 | - |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Reso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|-------------------------|----------|---------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|--|
| 1.6 Corazones de aceite | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 21470 | Líquida | Sí | 63-67 | 150-350 | 1.205- 1.215 | - | - | 30-40 | 100-400 | - | |
| Ind. Quím. Synres | Linoil | 730 B | Líquida | - | 78-82 | A-C | 0.930- 0.965 | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR-1522 | Líquida | No | 69-71 | 25-80 | 1.18- 1.21 | - | - | - | Refini- ta | - | |
| 2. BALATAS Y DISCOS | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Balatas | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 7285 | Líquida | Sí | - | - | 1.135- 1.140 | - | 51 | 20-28 | - | - | Balata de ro- llo y pastas de embrague |
| Polifos | Durez | 7522 | Líquida | Sí | 81-85 | 190,000 | 1.225- 1.235 | - | - | 55-75 | - | - | Balata de ro- llo y pastas de embrague |
| Polifos | Durez | 8045 | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | 75-80 | 25-30 | - | 60-75 | Servicio lige- ro |
| Polifos | Durez | 11078 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 75-80 | 30-40 | - | 35-60 | Servicio pesa- do |
| Polifos | Durez | 11953 | Líquida | Sí | 07 mín | 130-200 | 0.933- 0.94 | - | - | - | - | - | Balata de ro- llo |
| Polifos | Durez | 14000 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 75-85 | 20-35 | - | 25-40 | Servicio pesa- do y freno de disco |
| Polifos | Durez | 19187 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 69-79 | 17-28 | - | 75-105 | Servicio lige- ro |
| Polifos | Durez | 28815 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 90-100 | 30-40 | - | 14-25 | Servicio pesa- do y freno de disco |
| Polifos | Durez | 28815H | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | 90-100 | 30-40 | - | 14-25 | Alto coefi- ciente de fricción |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|----------------------|----------|--------|--------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|--|
| Delgar | | | | | | | | | | | | | |
| Delgar | | | | | | | | | | | | | |
| Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Poliresinas | Polifen | 4 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 80-110 | 25-55 | - | 15-50 | Servicio pesa do |
| Poliresinas | Polifen | 10 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 80-110 | 15-45 | - | 15-40 | Servicio pesa do |
| Poliresinas | Polifen | 12 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 70-110 | 20-60 | - | 10-50 | Servicio lige ro y pesado |
| Poliresinas | | RD-15 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Poliresinas | Polifen | 6 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Poliresinas | Polifen | 7 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Poliresinas | Polifen | 8 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Poliresinas | Polifen | 39 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | Servicio lige ro |
| Poliresinas | Polifen | 60 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-100 | 20-60 | - | 10-50 | Versátil |
| Reichhold Química | Plyophen | 467 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 85-95 | 75-100 | - | 24-30 | Servicio pesa do |
| Reichhold Química | Plyophen | V29205 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-70 | 38-45 | - | 55-65 | Balatas flexi bles |
| Reichhold Química | Plyophen | V29208 | Polvo | Si | 100 | - | - | - | 60-70 | 60-70 | - | 60-70 | Balatas flexi bles |
| Reichhold Química | Plyophen | 5510 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 85-05 | 65-95 | - | 25-40 | Servicio lige ro, pesado y pasta de em brague |
| Reichhold Química | Plyophen | V-5138 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 65-75 | 35-45 | - | 30-60 | Servicio lige ro, pesado y pasta de em brague |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi- fica- da | Sóli- dos % | Visco- sidad Cps | Peso espe- cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran- cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|----------------------|----------|-------|--------|----------------------|----------------|------------------------|-------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|---------------|
| Ind. Quím. Synres | Arofene | 860 | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | - | 35-50 | - | 20-35 | |

2.2 Discos de embrague

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------|---------|----|-------|-------------|-----------------|---|--------|--------|---------|-------|---|
| Polifos | Durez | 18695 | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | 72-78 | 20-30 | - | 60-70 | |
| Polifos | Durez | 21470 | Líquida | Sí | 63-67 | 150-350 | 1.205- 1.215 | - | - | - | 100-400 | - | |
| Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Poliresinas | | RD-20 | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | 60-100 | 40-100 | - | 30-90 | Poco desgaste |
| Poliresinas | | RD-21 | Polvo | Sí | 100 | - | - | - | 70-110 | 40-100 | - | 30-90 | |
| Poliresinas | Polifen | 14 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 70-110 | 20-60 | - | 10-50 | curado rápido, alto coefi- ciente fric- ción |
| Poliresinas | | RL-10 | Líquida | Sí | 70-80 | 5000-15000 | - | - | - | - | - | - | Buena impreg- nación |
| Poliresinas | | RL-11 | Líquida | Sí | 70-80 | 15000-25000 | - | - | - | - | - | - | Buena impreg- nación |
| Ind. Quím. Synres | Arofene | 860 | - | Sí | - | - | - | - | - | 35-50 | - | 20-35 | Mejor resis- tencia al ca- lor |

3. ABRASIVOS

3.1 Esmeriles

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|---------|----|-------|---|---------------|---|--------|-------|-------|-------|--|
| Polifos | Durez | 8286 | Líquida | No | 70-75 | - | 1.20- 1.21 | - | - | - | 15-35 | - | |
| Polifos | Durez | 28815 | Polvo | No | 100 | - | - | - | 90-100 | 45-50 | - | 14-25 | |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sól dos | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do. seg | Toleran cia al agua | Flujo mm | Observaciones |
|----------------------|----------|-------|---------|--------------------|------------|-----------------------|------------------------|--------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------|---------------|
| Delgar | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | Arofene | 220 | Líquida | No | 78 | 5000-8000 | - | - | - | 30-35 | 100 | | |
| Ind. Quím. Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Poliresinas | Polifen | 310 | Polvo | No | 100 | - | - | Blanco | 70-110 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Poliresinas | Polifen | 314 | Polvo | No | 100 | - | - | Blanco | 70-110 | 20-60 | - | 10-50 | |
| Reichhold Química | Varcum | 1127 | Líquida | - | 75-80 | 2000-5000 | 1.26- 1.29 | - | - | 420-660 | 45-105 | - | |
| Reichhold Química | Varcum | 1128 | Líquida | - | 63-67 | 125-200 | 1.19- 1.23 | - | - | 540-780 | 45-110 | - | |
| Reichhold Química | Varcum | 2535 | Líquida | - | 76-82 | 18400-30000 | - | - | - | 360-540 | 150-300 | - | |

3.2 Lijas

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|----|-------|-------------|---------------|---|---|-----------|---------|---|--|
| Delgar | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Industrias Resistol | | RR-628 | Líquida | No | 76-82 | 18000-30000 | - | - | - | - | 150-300 | - | |
| Industrias Resistol | | RR-629 | Líquida | No | 73-77 | 7000-11000 | - | - | - | - | No | - | |
| Industrias Resistol | | RR-630 | Líquida | No | 68-73 | 900-1200 | 1.24- 1.25 | - | - | - | 350-500 | - | |
| Industrias Resistol | | RR-9253 | Líquida | No | 76-82 | 18000-35000 | - | - | - | - | 150-350 | - | |
| Poliresinas | Polifen | 300 | Líquida | No | 60-70 | 100-200 | - | - | - | - | - | - | |
| Reichhold Química | Varcum | 8169 | Líquida | - | 73-76 | 800-1200 | 1.18- 1.20 | - | - | 1560-1740 | 160-250 | - | |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de Fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|------------------------|----------|------------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| Industrias Resistol | | RR9563 | Líquida | No | 66-72 | 2500-5000 | | | | | | | |
| Poli-resinas | | | | | | | | | | | | | |
| 5.2 Papel | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 7347A | Líquida | No | 70-75 | 250-375 | 1.206 1.214 | - | - | 35-00 | 306 min | | |
| Ind. Quím. Synres | Arotap | A 282RD | Líquida | No | 65-67 | G-K | 1.07 1.11 | | | 95-115 | | | |
| Ind. Quím. Synres | Arotap | A127 | Líquida | No | 52-54 | 150-250 | 1.06 1.07 | | | 350-600 | | | |
| Industrias Resistol | | RR1430 | Líquida | No | 45.5- 46.5 | 275-340 | 1.14 1.16 | | | 280-360 | | | |
| 5.3 Fibra de vidrio | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | HM-288 | Líquida | No | 45 min | 20-30 | 1.10 1.12 | | | 60-120 | | | |
| Ind. Quím. Synres | | | | | | | | | | | | | |
| Industrias Resistol | | RR9149 | Líquida | No | 45-47 | 20-30 | | | | | 2500 | | |
| Industrias Resistol | | RR951 | Líquida | No | 44-46 | 20-40 | | | | | | | |
| Poli-resinas | Polifen | 45 | Líquido | No | 45-47 | A | 1.17 1.18 | Ambar | | | | | |
| 6. ADHESIVOS | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 12603 | Escamas | Si | 100 | | 1.04 | | | | | | |
| Polifos | Durez | 26228 | Granos | Si | 100 | | 1.08 1.11 | | | | | | |
| Ind. Quím. Delgar | Durite | CB7113 | Polvo | No | 100 | | | | | 50-60 | | | Para base de focos |
| Ind. Quím. Synres | Arofen | 640 | Trozo | Si | 100 | | 1.095 1.115 | | 60-65 | | | | |
| Ind. Quím. Synres | Arofen | 669 | | Si | 100 | | 1.095 1.115 | | 90-100 | | | | |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|------------------------|----------|--------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| Industrias Resistol | | RR779 | Líquida | Sí | 73-77 | 2500-4000 | 1.265- 1.285 | - | - | - | - | 200-400 | |
| Industrias Resistol | | RR8318 | Trozo | Sí | 99.0 | - | - | - | 90-115 | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR8399 | Trozo | Sí | 99.0 | - | - | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR8369 | Trozo | Sí | 99.0 | - | - | - | - | - | - | - | |
| Reichhold Química | Varcum | V-9008 | Polvo | - | - | - | - | - | 62-72 | - | - | - | Compatible con SBR |

8. MADERA

8.1 Triplay

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|--------|---------|----|---------------|---------|-----------------|---|---|---|---|---|--|
| Ind. Quím. Delqar | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | Cascophen | W165M | Líquida | No | 40 min | 500-600 | - | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR736 | Líquida | Sí | 55-57 | 190-250 | 1.14- 1.15 | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR5581 | Líquida | No | 42.2- 43.7 | 550-900 | 1.195- 1.215 | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR5583 | Líquida | Sí | 46-48 | 100-300 | 1.15- 1.25 | - | - | - | - | - | |

8.2 Aglomerados

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|---------|----|---------------|-----------|-----------------|---|---------|-------|---|---|--|
| Polifos | Durez | 26301 | Polvo | No | 100 | | | | 101-115 | 25-35 | | | |
| Ind. Quím. Delqar | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | Cascophen | MB- 47-9 | Líquida | No | 40 min | 1200-1500 | - | - | - | - | - | - | |
| Industrias Resistol | | RR6141 | Líquida | No | 39.5- 42.5 | 150-250 | 1.188- 1.208 | - | - | - | - | - | |

| Empresa | Producto | Clave | Estado | Modi fica da | Sóli dos % | Visco sidad Cps | Peso espe cífico | Color | Punto de fusión °C | Tiempo de cura do seg | Toleran cia al agua % | Flujo mm | Observaciones |
|--------------------------|-----------|----------------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|---|
| Industrias Resistol | | RR6143 | Líquida | Si | 40.0- 42.0 | 140-230 | | | | | | | |
| 9. RECUBRIMIENTOS | | | | | | | | | | | | | |
| Ind. Quím. Synres | Arofene | 146259 | Líquida | Si | 60 | 3000-6000 | 1.02- 1.04 | | | 45-60 | | | |
| Ind. Quím. Synres | Arofene | 6115 | Sólido | Si | 100 | | 1.190- 1.230 | | | | | | |
| Industrias Resistol | | RR136 | Líquida | No | 51-55 | 140-300 | 1.047- 1.067 | | | | | | |
| Industrias Resistol | | RR279 | Líquida | Si | 48-52 | 350-450 | 1.085- 1.100 | | | | | | |
| Industrias Resistol | | RR8240 | Líquida | No | 52-54 | | | | | | | | |
| Poliresinas | Barnecite | 007 | Trozo | No | 100 | | 1.04- 1.14 | | 60-70 | | | | Para barnices marinos. |
| Reichhold Química | Varcum | V2890 | Trozo | | | 150-300 | 1.14- 1.17 | | 80-90 | 95-130 | | | Barnices sani tarios |
| Reichhold Química | Varcum | V6820 | Trozo | | | 175-275 | 1.22- 1.23 | | 65-75 | 70-110 | | | Barnices sani tarios |
| Reichhold Química | Varcum | V8345 | Trozo | | | 150-300 | 1.19- 1.20 | | 90-100 | 240 min | | | Compatible con vinilo |
| Reichhold Química | Varcum | V1281- B-65 | Líquida | | | 300-1200 | 1.05- 1.06 | | | | | | Resistente a los álcalis |
| Reichhold Química | Varcum | V2896B | Líquida | | | 12000-24000 | 1.07- 1.09 | | | 80-120 | | | Flexible |
| Reichhold Química | Varcum | V7871 | Líquida | | | 165-225 | 0.98- 1.02 | | | 30-50 | | | Compatible con epoxy |
| 10. ELECTRONICA | | | | | | | | | | | | | |
| Polifos | Durez | 16382 | Polvo | Si | 100 | | | Crema | | | | | Termofija, en capsulado en componentes electrónicos. |