

46  
RECIBO DEL  
AGOSTO 1994



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UNA  
PLANTA DE NONILFENOL



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

**TESIS MANCOMUNADA**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A N :  
**JOSE MARIO GUTIERREZ RAMIREZ**  
**FEDERICO VIRGEN MORENO**



MEXICO, D F

NOVIEMBRE 1994

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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 está 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.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	PROF. Jorge Trinidad Martínez Montes
VOCAL	PROF. José Francisco Guerra Recasens
SECRETARIO	PROF. José Antonio Ortiz Ramírez
PRIMER SUPLENTE	PROF. José Agustín Texta Mena
SEGUNDO SUPLENTE	PROF. Mariano Pérez Camacho

Sitio donde se desarrolló el tema:

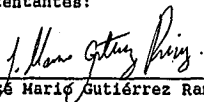
Facultad de Química

Asesor del Tema:

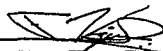


I.Q. José Antonio Ortiz Ramírez

Sustentantes:



José María Gutiérrez Ramírez



Federico Virgen Moreno

A Dios,  
Por permitirme seguir en ésta vida rodeado de los seres más maravillosos como lo es mi familia, mi más bello tesoro.

A mi padre, Federico Virgen Virgen  
Por su apoyo, disciplina y ejemplo a quien le debo todo y me ha enseñado la integridad y alegría de la vida.

A mi madre, Esperanza Moreno de Virgen  
Por su apoyo, ejemplo y cariño que me enseñó la ternura de este mundo

A mi hermano Carlos,  
Mi eterno compañero de juegos y mejor amigo que comparte mis triunfos y penas.

A mi hermana Jazmín Azúcena,  
Por su cariño, alegría y ternura, quien no me permite perder la inocencia y belleza que radica en cada uno de nosotros.

A mi Abuelita, María de Jesús Fernández  
Por su ejemplo de fuerza y amor, quien siempre estará en mi corazón.

A mi Familia  
A todos y cada uno de mi alegre y maravillosa familia que sin el apoyo de ellos, ninguna meta sería posible.

A la Universidad y Facultad de Química,  
Por arroparme en sus brazos.

A mis Maestros,  
Por su amistad, enseñanzas y experiencias.

A América,  
Por su motivación y comprensión, quien más que una novia, después de mi madre, ha sido mi mejor amiga y compañera.

A Marcos,  
Por su amistad y ejemplo, quien siempre estará presente

A mis amigos y amigas de la Facultad; Veronica, Eugenia, Alma, Angelica, Cristina, Marugenia, Claudia, Karina, Yolanda, Bréndira Carlos, José, Mario, Guillermo, Alberto, Edmundo, Eduardo, Rafael, Alejandro, Ulises, Arturo, Antonio por compartir conmigo su amistad alegrías y sufrimientos durante la mejor época de mi vida.

A la Generación por su amistad y unión

Al equipo de beisbol de la Facultad por las satisfacciones que me dió

A todos y cada uno de ustedes, gracias.

Federico

Gracias a ese mundo de cinco personas que hicieron posible una realidad, estarán conmigo siempre.

Adrian, Rosa, Teresa, Faustino y Marisol.

Mario

## INDICE

<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE NONILFENOL, FENOL Y NONENO</b>	
2.1 NONILFENOL	3
2.2 NONENO	8
2.3 FENOL	10
2.4 MECANISMO DE REACCION	12
2.5 PROPIEDADES TERMODINAMICAS	14
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ESTUDIO DE MERCADO</b>	
3.1 NONILFENOL	16
3.2 FENOL	31
3.3 NONENO	44
3.4 CAPACIDAD DE LA PLANTA	51
3.5 LOCALIZACION DE LA PLANTA	55
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>TECNOLOGIAS: DESCRIPCION Y SELECCION</b>	
4.1 PATENTE RUMANA	67
4.2 PROCESO HÜLS	72
4.3 PROCESO ROHM & HASS	76
4.4 EVALUACION DE TECNOLOGIAS	80
<b>CAPITULO V</b>	
<b>EVALUACION DEL PROCESO Y PERFIL DE INGENIERIA</b>	
5.1 BASES DE DISEÑO	86
5.2 BALANCES DE MATERIA	90
5.3 CALCULO DE EQUIPO	97
5.4 BALANCE DE ENERGIA	110
5.5 LISTA DE EQUIPO	116
5.6 FILOSOFIA DE OPERACION	121
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>ESTUDIOS DE COSTOS PRELIMINAR E INTERMEDIO</b>	
6.1 ESTIMADO PREELIMINAR DE LA PLANTA	125
6.2 ESTIMADO INTERMEDIO DE LA PLANTA	128
<b>CAPITULO VII</b>	
<b>ESTUDIOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS</b>	
7.1 CAPITAL DE TRABAJO	133
7.2 BALANCE GENERAL	139
7.3 COSTOS ANUALES DE PRODUCCION	141
7.4 ESTADOS DE RESULTADOS PROFORMA	142
7.5 ESTADO DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS	142
7.6 ANALISIS DE SENSIBILIDAD	144
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>148</b>
<b>CAPITULO IX</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>153</b>

# INTRODUCCION

## INTRODUCCION

La importancia del nonilfenol actualmente va en aumento ya que la demanda de éste producto se ha incrementado de una forma acelerada, de muy poco tiempo a la fecha y es por esto que fijamos nuestra atención en éste producto, ya que se advierte que la viabilidad para que un proyecto de ésta magnitud tenga éxito es grande. Esta visión se logrará por medio de un análisis a fondo de la producción de nonilfenol, su aplicación en el mercado dentro de las diferentes disciplinas en las que se desempeña éste producto, así como la demanda prevista por el estudio de mercado que se desarrolla en la presente tesis.

Una de nuestras inquietudes es poder seleccionar la mejor tecnología para la producción del nonilfenol y esto lo logramos por medio de un análisis minucioso de las tres tecnologías existentes para dicha producción y evaluarlas lo más adecuadamente por medio de una matriz tecnoeconómica proporcionada por el Centro de la Innovación Tecnológica (CIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El objetivo principal de ésta tesis es un estudio de la factibilidad de la producción del nonilfenol, pero el alcance fué mucho más allá de lo planeado, ya que se logra penetrar por completo al campo de la Ingeniería de Proyectos, debido a que se realizó el dimensionamiento del equipo y los requerimientos de servicios, es por eso que sentimos que el perfil de ingeniería que se pretendía obtener tuvo un mucho mayor alcance del que se esperaba.

Se logra obtener el Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) de ambas secciones, producción y almacenamiento de producto del producto y materias primas. Se pudo complementar la lista definitiva de equipo con muchas de las especificaciones de los equipos utilizados.

Dentro de una de las propuestas que presentamos es la posible ubicación de la planta dentro del capítulo de estudio de mercado.



Una de los pronosticos que incluimos, es la rentabilidad de la planta dentro del futuro económico del país y ésta tesis ha sido desarrollada para poder confirmar o descartar éste pronostico, dentro del ámbito en que se mueve nuestro producto, que es materia prima principalmente de tensoactivos y éste ramo continúa en voga para beneficio de la posible instalación de la planta.

De acuerdo a los antecedentes aquí planteados sentimos que éste proyecto no sólo tiene una importancia de tipo académico sino que también es un posee las bases para un buen proyecto de la iniciativa privada, ya que todos los datos y análisis son fidedignos y confiables, por ésta razón pensamos que éstatesis se podría llevar a cabo con buen éxito.

PROPIEDADES  
FISICAS Y  
QUIMICAS DE  
NONILFENOL ,  
FENOL Y  
NONENO

## 2.1 NONILFENOL

### a) PROPIEDADES FISICAS

El Nonilfenol es una mezcla de alquilfenoles, predominando el monosustituido en la posición para, constituido por el radical nonilo.

Es un líquido de color claro que se oscurece al ambar en contacto con el aire, pues se oxida fácilmente.

Su punto de ebullición, es por encima de los 200°C a una presión normal.

Entre el para y el orto existe una diferencia en su temperatura de ebullición de 10-20°C.

Es soluble en solventes orgánicos, polares como lo son alcoholes pequeños, cetonas, ésteres y ácidos carboxílicos. Es prácticamente insoluble en agua.

Su punto de fusión es de -8°C.

Su punto de ebullición a una presión de 2 KPa es 173°C

### b) ESPECIFICACIONES

Apariencia a temperatura ambiente	líquido viscoso claro	
Color (APHA)	100 máximo	
Número de hidroxilo	245 - 255	
Olor	Fenólico característico	
Contenido de agua	0.1 % máximo	
Indice de refracción a 27°C	1.5090 - 1.5115	
Rango de Destilación:	A 760 mmHg	A 580 mmHg
Primera Gota	288°C mínimo	275.5°C
Temperatura Final	316°C máximo	303°C máximo

### c) SOLUBILIDAD

El Nonilfenol es prácticamente insoluble en agua fría o caliente y en soluciones alcalinas frías, es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos comunes como son:

Alcohol Metílico, Alcohol Etilico, Acetona, Eter, Cloroformo, Tetracloruro de carbono, Etilenglicol, Benceno, Tolueno etc...

Densidad (20°C) : 0.949 g/ml

Punto de Flash : 155°C

Viscosidad	:	20°C	80°C
		25,000 mPa.s	12 mPa.s

#### d) PROPIEDADES QUIMICAS

Fórmula condensada:  $C_{15}H_{24}O$

Peso molecular: 220

Es menos ácido que el Fenol, el orto es menos ácido que el para-nonilfenol. Es soluble en una solución Claisen (350g hidróxido de potasio en 250g de agua aforada a 1 litro con metanol),

El grupo hidroxilo se puede utilizar con alqueno en presencia de una reacción Friedel-Crafts catalizada en condiciones semejantes.

El grupo hidroxilo puede esterificarse con ácidos anhídros o ácido clorhídrico.

La hidrogenación del nonilfenol puede llevarse a cabo catalizándola con Nickel Raney o un metal noble, lo que nos daría el Nonilciclohexanol.

La oxidación es muy fácil para este compuesto, con sólo que esté en contacto con el aire, se lleva a cabo la oxidación provocando la formación de aldehídos con permanganato de potasio da la formación del ácido.

#### e) USOS

El Nonilfenol experimenta las reacciones comunes y características del grupo Fenólico, del grupo para-alquilado.

A manera de información se mencionan algunas de las reacciones mas importantes en las que interviene el Nonilfenol y que, debido a la gran variedad de las mismas han hecho posible la síntesis de innumerables derivados útiles para diversos propósitos.

- ° ESTERIFICACION
- ° CONDENSACION DE ALDEHIDOS
- ° REACCION DE HALUROS DE AZUFRE
- ° SULFONACION
- ° ESTERIFICACION CON ACIDOS ORGANICOS E INORGANICOS, ETC.

#### *f) APLICACIONES*

El Nonilfenol, presenta una variedad de propiedades que los hacen útil en muchas áreas, posee un peso molecular relativamente alto; baja volatibilidad y alta solubilidad en aceite.

Estas propiedades lo hacen particularmente atractivo para las industrias del petróleo , plástico, industrias textiles, del hule, etc

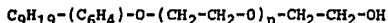
Se menciona enseguida alguno de los usos más importantes del Nonilfenol y sus derivados.

- ° Adhesivos
- ° Aditivos para hules
- ° Productos Químicos para textiles
- ° Agentes Tensioactivos
- ° Aditivos para aceites lubricantes
- ° Aditivos para aceites combustibles
- ° Resinas Fenol-formaldehido
- ° Aditivos para resinas y plásticos
- ° Cloruro de Polivinilo y otras resinas vinílicas
- ° Aditivos para gasolinas
- ° Pesticidas, etc.

Una de las aplicaciones más importantes del nonilfenol es en el uso de tensioactivos no iónicos, ya que su unión con el óxido de etileno le brinda ésta y otras propiedades que veremos como ejemplo en los boletines técnicos de las industrias dedicadas al ramo.

Una de estas es Christianson, S. A. de C. V. que le da el nombre de CRISANOL NF al grupo de tensoactivos no iónicos basados en el nonilfenol al cual se le ha agregado óxido de etileno en diferentes proporciones.

Su fórmula general es:



Donde n es el número de moles de óxido de etileno

La variación de las propiedades dependerá del número de moles de óxido de etileno. Debido a la solubilidad del medio aceitoso del nonilfenol como también a la limitada afinidad del óxido de etileno por el agua, las propiedades de los productos de la serie CRISANOL NF varía desde excelentes emulsificantes cuando la proporción del óxido de etileno es baja, a humectantes y detergentes cuando esta proporción aumenta.

El balance entre óxido de etileno y nonilfenol es lo que determina las propiedades tensoactivas de los productos y por lo tanto, el uso final donde pueden emplearse. Los miembros de la serie que contiene proporciones bajas de óxido de etileno son emulsificantes muy eficientes.

Los productos intermedios de la serie son excelentes humectantes y detergentes y los productos con mayor proporción de óxido de etileno se utilizan cuando se requieren propiedades humectantes en procesos que trabajan a temperaturas superiores al punto de ebullición del agua.

A continuación se muestra un ejemplo de su variación en sus propiedades con diferentes proporciones de óxido de etileno

CRISANOL	MOLES DE O.E.	DENS.g/ml (20 c)	HUMECTACION DRAVES
NF-400	4	1.019	INSOLUBLE
NF-600	6	1.043	0.11
NF-900	9	1.055	0.05
NF-1000	10	1.055	0.05
NF-1300	13	1.063	0.07
NF-1500	15	1.073	0.10
NF-2000	20	1.078	>0.5
NF-3000	30	1.091	>1.0
NF-4000	40	1.091	>1.0

#### *CRISANOL-900*

Es el mejor humectante de la serie. Se usa en la industria de la celulosa para mejorar la extracción del pitch o jabones resinicos en el proceso de lavado. Magnifico detergente de fácil enjuague y espuma para lavar fieltros y telas en la máquinas de papel.

#### *CRISANOL NF-1000:*

Es el miembro más versátil de la serie. Detergente y humectante muy efectivo en los procesos textiles, estable en agua dura y medios ácidos ò alcalinos. Para formular limpiadores domésticos o industriales en forma de pastas, sólidos o líquidos.

#### *CRISANOL NF-1300-1500:*

Sus usos son similares al CRISANOL NF-1000, pero más efectivos a la alta temperatura y concentraciones elevadas de electrolitos. Humectantes en formulaciones alcalinas para limpiar metales y lavar botellas.

#### *CRISANOL NF-2000-3000:*

Demulsificante para petróleo. Emulsificante para resinas poliéster y para polimerizar en emulsión resinas acrílicas y vinílicas; detergentes muy efectivos en procesos a temperaturas mayores de 100 C.

#### *CRISANOL NF-4000:*

Emulsificante primario para la polimerización de acetato de vinilo y acrilatos. Retardante en el teñido de

telas sintéticas, emulsificante para asfaltos, ceras para grasas vegetales y animales

#### **g)TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Se venden en tambores de acero con un contenido neto de 220-210 kg. Los productos a temperatura ambiente son ligeramente higroscòpicos y por lo tanto se debe tener la precacución de mantener cerrados los tambores durante el almacenamiento. En caso de que la humedad aumente considerablemente en el producto, puede haber una ligera corrosión que afectaría el color del mismo.

Estos compuestos son producidos por otras industrias del mismo ramo con las mismas características, solamente cambiando el nombre comercial tales como ARKAPOLÉS, NALQUINOS, etc.

#### **h)TOXICIDAD**

##### **TOXICIDAD POR VIA ORAL**

La dosis letal (LD50) del Nonilfenol para ratas es de 400-1400 mg/Kg.

De acuerdo con ésto, se le considera moderadamente tóxico.

##### **TOXICIDAD POR VIA CUTANEA**

La absorción del Nonilfenol por la piel, se considera virtualmente negativa. La dosis letal (LD50) por contacto continuo con la piel de conejos es aproximadamente de 2 ml/Kg. Sin embargo, contactos prolongados causan irritación y, además por lo cual se le clasifica como irritante moderado de la piel.

De manera que cuando hay contacto con la piel, se recomienda que se lave la parte afectada con abundante agua y jabón inmediatamente.

#### **PREPARACION DEL NONILFENOL**

##### **MATERIAS PRIMAS**

##### **2.2 NONENO**

##### **a)PROPIEDADES FISICAS**

Otros nombres:propilen trimer, tripropileno, noneno, mezcla de isómeros, nonylene, olefina hidrocarbonada.

Es insoluble en agua, pero bastante soluble en líquidos no polares como el Benceno, éter, cloroformo o



ligroína, y son menos densos que el agua. El punto de ebullición aumenta con el número creciente de carbonos.

Es débilmente polar, puesto que los electrones pi, muy sueltos del doble enlace, se desplazan con facilidad, sus momentos dipolares son mayores que los de los alcanos.

Su punto de ebullición es de 170°C y su densidad relativa a 20°C es de 0.731.

Punto de fusión:-46.1°C; Densidad de Vapor: 4.35 (aire:1)

Insoluble en el agua y olor parecido a la gasolina, líquido transparente

#### *b) PROPIEDADES QUIMICAS*

Presenta las propiedades químicas de los alquenos siendo muy reactivo debido a su doble enlace.

Su doble enlace le permite tener reacciones de adición y eliminación por la formación de carbocationes.

Por ser una cadena de carbonos grande no presenta inductividad marcada por lo que para reaccionar necesita catalizadores que aumenten esta inductividad

#### *c) TOXICIDAD*

Efectos de sobreexposición:

ojos:moderada irritación en los ojos (vapores)

piel:irritación moderada.

inhalación:irritación de las membranas mucosas y tracto respiratorio.

ingestión:produce convulsiones y puede causar la muerte

Flash point: 63°C

Límites de flamabilidad en el aire: alto 3.9 bajo 0.7

Puede tener ignición por electricidad estático y su fuego se combate con polvos químicos y dióxido de carbono

#### *d) Transporte y Almacenamiento.*

Este producto es de importación, se importa principalmente de los Estados Unidos por la compañía Exxon quien lo fabrica en Louisiana y es transportado en buques tanque y son descargados en Coatzacoalcos, Veracruz y de ahí

es transportado en pipas hasta la empresa sin ninguna dificultad para su transporte y almacenamiento, solo hay que conservar al producto en la sombra y retirado de fuentes de calor

#### *e) Especificaciones*

Las unicas especificaciones que se piden son las que cumpla con las características físicas anteriores y sobre todo con el punto de Flash point que es el que le da la importancia en su almacenaje y transportación.

### **2.3 FENOL**

#### *a) PROPIEDADES FISICAS*

El Fenol es, en general un compuesto cristalino con olor característico, funde a 40.9°C, pero a menudo se encuentra semilíquido debido a la presencia de agua, que disminuye su punto de fusión y se licúa por completo al añadir un 8 por 100 de agua; su solubilidad en agua fría es de 6.7 g por 100 ml y es totalmente miscible en agua caliente. Los Alquifenoles inferiores son poco solubles en agua. El fenol y los cresoles se utilizan en desinfectantes comerciales. El fenol se vuelve rosa por su exposición al aire debido a que se oxida. La sensibilidad de los fenoles frente a la oxidación por el aire se incrementa con la presencia de mas de un grupo hidroxí en la molécula y por los álcalis.

Ebulle a los 181.9°F y su flash point:175° F

#### *b) PROPIEDADES QUIMICAS*

El fenol posee un pKa=10.0, es varios ordenes de magnitud menos ácido que los ácidos carboxílicos pero es mucho más ácido que los alcoholes.

El fenol es muy reactivo en diferencia con el benceno, y esto es debido al radical hidroxilo que tiene unido, también es este radical el que le da su particular acidez. Su reactividad es de vital importancia ya que sirve como materia prima en la producción de un sin fin de productos químicos

Las reacciones del fenol son principalmente en radical hidroxilo aunque también hay reacciones que atacan al anillo aromático aunque son orientadas por este radical. Algunas de estas reacciones son:

Esterificación

Nitración

## Sulfonación

### Reacción de Riemer-Tiemann

Acoplamiento con sales de Diazonio, etc.

#### *c) TOXICIDAD*

Es altamente tóxico por ingestión y moderadamente tóxico por contacto con la piel. Causa severas irritaciones al contacto con los ojos, además que es un agente cancerígeno y causa mutaciones. Se absorbe rápidamente por la piel.

Su ingestión causa corrosión del esófago, boca y lengua, estómago. La ingestión de 15 gramos es mortal.

Es combustible si se pone en contacto con el fuego u oxidantes muy fuertes. Es explosivo en reacciones con el tricloruro de aluminio y nitrometano; nitrato de sodio y calor; tiene violentas reacciones con el tricloruro de aluminio y nitrobenzeno; nitrato de sodio y butadieno.

Para controlar su fuego se utiliza  $\text{CO}_2$  y espumas de base alcohol.

#### *d) Almacenamiento y Transportación.*

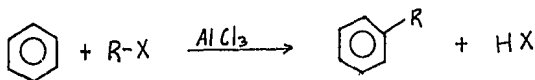
Se transporta en pipas con calentamiento de  $50^\circ\text{C}$ , debido a su flash point tan alto, es el único cuidado que se tiene y de no acercarlo al fuego, o a lugares donde haya electricidad estática; su almacenamiento no tiene ningún problema, solo no acercarlo al fuego o lugares muy calientes.

#### *e) Especificaciones*

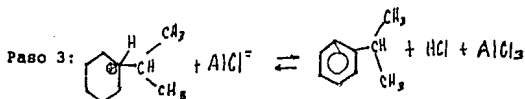
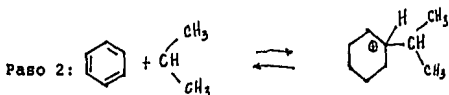
Se maneja la mayor pureza posible, que cumpla con su flash point y que no se encuentre oxidado (color amarillo).

## 2.4 MECANISMO DE REACCION

La alquilación Friedels-Crafts es un método para preparar alquilbencenos. La siguiente ecuación es general en la reacción de alquilación Friedels-Crafts.

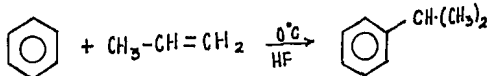


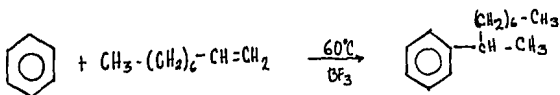
El mecanismo de la reacción, mostrado en el siguiente ejemplo, empieza con la formación de un carbocatión (paso 1). El carbocatión actúa como electrófilo (paso 2) y ataca el anillo del benceno formando un ión arenio. Este ión (paso 3) pierde luego un protón.



Las alquilaciones de Friedel-Crafts no se restringen al uso de haluros de alquilo y cloruro de aluminio, ya que también se pueden usar muchos otros pares de reactivos que forman carbocationes (o sustancias de tipo carbocatión).

Entre estas posibilidades está el uso de una mezcla de un alqueno y un ácido.

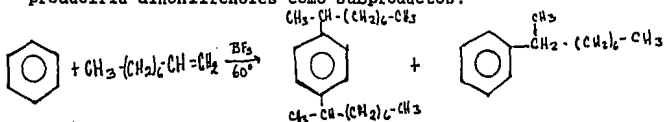




Esta alquilación Friedels-Crafts tiene sus limitaciones:

1.-A menudo ocurren polialquilaciones. Los grupos alquilo son donadores de electrones y una vez que uno de ellos se introduce en el anillo del benceno, lo activan para que sufra otras sustituciones.

En nuestro caso para la producción de nonilfenol produciría dinonilfenoles como subproductos.

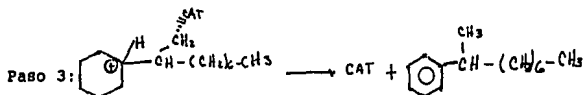
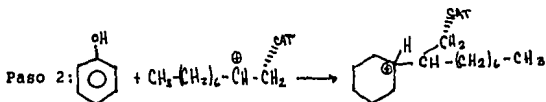
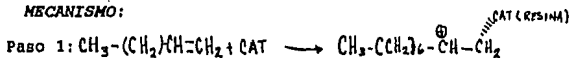


2.-Cuando el carbocatión formado a partir de un haluro de alquilo, alcohol ó alqueno puede redondearse para aumentar su estabilidad, por lo general lo hace y el principal producto que se obtiene es el derivado del carbocatión más estable. también sucede que se forman isómeros en posición orto y para del producto cuando sufre polialquilaciones.

Para evitar estos problemas se han buscado muchos tipos de catalizadores que tengan una selectividad de la reacción y eviten la polialquilación.

El más favorable ha sido la resina AMBERLYST-15.

#### MECANISMO:



2.5 PROPIEDADES TERMODINAMICAS EVALUADAS  
 EXPERIMENTALMENTE PARA NONENO FENOL Y NONILFENOL EN EL  
 LABORATORIO DE FISICOQUIMICA DE LA FACULTAD DE QUIMICA DE LA  
 UNAM.

ENTALPIAS (BTU/lb)

TEMPERATURA (°C)		NONENO	FENOL	NONILFENOL
20	(L)	17.39	-	-
45	(L)	39.12	24.95	-
50	(L)	43.47	27.98	-
55	(L)	47.82	31.06	-
108.4	(L)	-	66.91	-
108.4	(V)	-	253.17	-
160	(V,L)	-	292.69	128.61
190	(V)	-	317.73	152.71
200	(V)	-	326.40	160.75
GRAVEDAD ESPECIFICA		0.73	1.07	1.20
PRESION DE VAPOR (mmHg)				
20		9.0	-	-
45		19.1	1.27	-
50		20.9	2.0	-
55		22.8	3.1	-
108.4		-	60.0	-
160		-	400.0	29.5
190		-	776.9	87.4
200		-	976.3	120.9

**VISCOSIDAD (CENTIPOISES)**

<b>TEMP (°C)</b>	<b>NONENO</b>	<b>FENOL</b>	<b>NONILFENOL</b>
45	0.54	4.2	-
50	0.52	3.7	-
55	0.47	3.2	-
108.4	-	0.0084	0.0061
160	-	0.0097	0.0068
190	-	0.0105	0.0073
200	-	0.0107	0.0090

**ESTUDIO  
DE  
MERCADO**



## ESTUDIO DE MERCADO

En todo proyecto o en cualquier estudio de preinversión, el estudio de mercado juega un papel de primera importancia para determinar el éxito o fracaso de éste. La factibilidad del proyecto está en función directa de un buen estudio de mercado, el cual nos da la idea real de como se encuentra la demanda del producto y por lo tanto poder seguir adelante con el estudio.

De los resultados obtenidos aquí, se desprenden parámetros tan importantes en cualquier proyecto, como el diseño de la planta en función de la capacidad a instalar

El enfoque principal que se ha dado a éste estudio en particular ha sido en primer lugar, conocer los antecedentes del nonilfenol en el mercado nacional, estimar la situación actual y el pronostico de oferta y demanda de éste producto a futuro.

En segundo lugar, se ha investigado la situación actual de las materias primas para elaborar el nonilfenol, ya que son 2 materias primas muy específicas y únicas en todos los procesos para la elaboración de nuestro producto; veremos que problemas representan y que pronosticos de su oferta y demanda tienen para el futuro.

En tercer lugar, en base a toda la información anterior y en caso de que el estudio de mercado así lo indique, se tratará de establecer la capacidad de una planta de nonilfenol ideal a la demanda pronosticada.

### 3.1 Nonilfenol

El nonilfenol es un producto cuyas características físicas y químicas permiten darle gran estabilidad a otros compuestos orgánicos, además de actuar como excelente tensoactivo para sustancias orgánicas pesadas siendo de gran utilidad en diferentes tipos de detergentes, principalmente en los detergentes líquidos industriales.

#### *Usos*

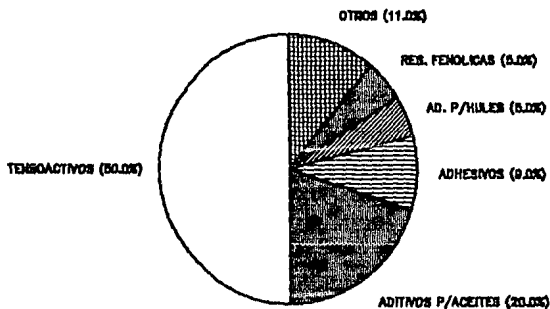
En la siguiente tabla 3-1 se muestran los usos del nonilfenol y su porcentaje de participación en 1992

TABLA 3-1

-Agente Tensioactivo	50 %
-Aditivo para Aceites Lubricantes	20 %
-Adhesivos	9 %
-Aditivos para Hules	5 %
-Resinas para Fenol y Formaldeído	5 %
-Aditivos para Aceites Combustibles	3 %
-Cloruro de Polivinilo y otras Resinas Vinílicas	3 %
-Aditivos para Resinas y Plásticos	3 %
-Productos Químicos para Textiles	2 %

GRAFICA 3-1

## USO DEL NONILFENOL



La Grafica 3-1 muestra que el mayor uso que tiene el nonilfenol es principalmente como agente tensioactivo (50 %), seguido del uso de aditivo para aceite lubricante (20 %)

Hay que hacer notar que para poder usarse como agente tenso activo, el nonilfenol tiene que ser etoxilado en otra planta con oxido de etileno.

En comparación a años anteriores, su consumo en la utilización como agente tenso activo, en la producción de resinas fenólicas y de adhesivos a ido en aumento.

AÑO	1990	1992
USO	PORCENTAJE	PORCENTAJE
Tenso activo	30 %	50 %
Producción de Resinas Fenólicas	2 %	5 %
Adhesivo	5 %	9 %

#### PRODUCCION

A continuación analizaremos la producción, consumo aparente, exportación e importación del nonilfenol

TABLA 3-2

AÑO	Cap Instal	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONS APARENTE
TONELADAS/AÑO					
1989	8428	4086	218.01	123.21	4180.8
1990	8428	4412	783.68	81.42	5114.26
1991	8568	4600	1332.85	83.19	5849.66
1992	7428	4920	2776.59	192.87	7503.72
1993	7428	5240	2743.67	0.44	7983.23

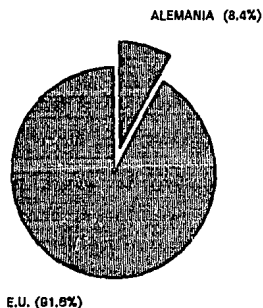
Como se aprecia en la TABLA 3-2, la producción nacional de nonilfenol ha crecido en forma lineal desde el año de 1989 hasta 1993, con un crecimiento anual aproximado del 7 % anual pero que no ha podido alcanzar el consumo aparente de nonilfenol desde 1989, éste consumo aparente cada vez se separa más de la producción nacional y aunque hasta 1992 se contaba con la capacidad instalada para cubrir ésta demanda, el consumo la supera en 1993 en más de un 7 %.

Por no alcanzar las especificaciones de calidad del nonilfenol, especialmente para su consumo en la producción de tenso activos, la producción de nonilfenol ha sido, hasta 1992, del 50 % de la capacidad instalada. En 1992 se reduce la capacidad instalada de 8568 ton/año a 7428 ton/año por no cumplir con las especificaciones de calidad y la producción alcanzó el 70 % de la capacidad instalada en 1993.

El consumo aparente no cubierto por la producción nacional se cubre con importaciones principalmente de E.U. (91.62%) y Alemania.(8.37%)

GRAFICA 3-2

IMPORTACION  
PORCENTAJE DE PARTICIPACION

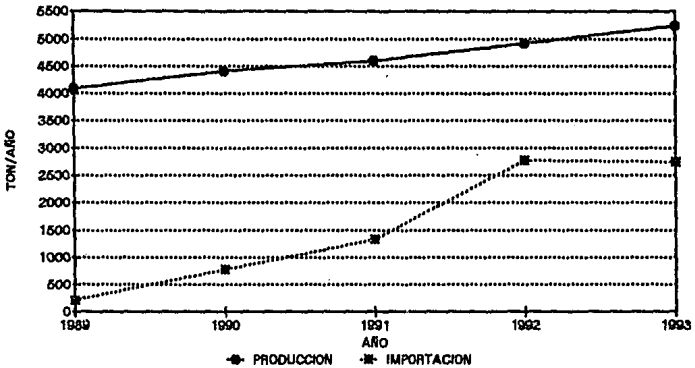


Las importaciones de los años 1992 y 1993, cubren de un 35 % del consumo aparente y alcanzan hasta un 56 y 53 % de la producción de esos años respectivamente.

Se hace una comparación de la producción, importación del nonilfenol.

GRAFICA 3-3

NONILFENOL  
IMPORTACION-PRODUCCION



México también exporta pequeñas cantidades de nonilfenol, principalmente a Sudamérica y algunas veces a E.U.

Estas exportaciones sólo representan, en el mejor de los años el cual fué 1992, el 4 % de la producción

**Precios:**

Debido a la importancia que tiene la importación de éste producto, se manejan dos tipos de precios: uno nacional, que también es el precio de exportación y otro de importación

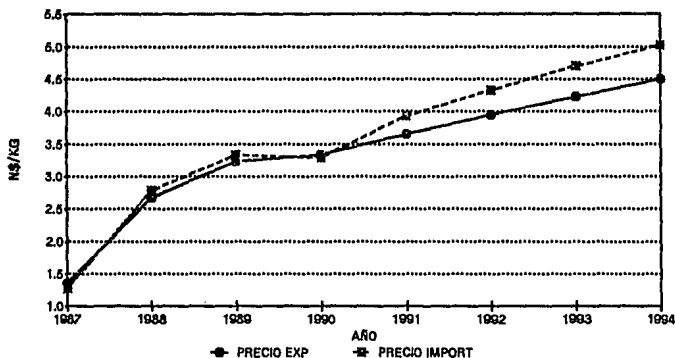
TABLA 3-3

AÑO	PRECIO NACIONAL (N\$/KG)	PRECIO IMPORTACION (N\$/KG)
1987	1.358	1.2755
1988	2.6742	2.7799
1989	3.23826	3.334847
1990	3.3391	3.29341
1991	3.65	4.0515
1992	3.95	4.3845
1993	4.23	4.6953
1994	4.5	4.995

Los precios de importación y nacionales han sido muy parecidos por lo que esto ha motivado grandemente la importación de éste producto, incluso en 1990 y 1987, el precio de importación está por debajo del nacional en un 7 %; posteriormente en 1991 el precio de importación ha estado arriba del precio nacional aproximadamente un 10 %.

GRAFICA 3-4

NONILFENOL  
PRECIOS



Distribución Geográfica de Producción y Consumo

La importancia de ésta información, estriba fundamentalmente en la posible localización de la planta que se proyecta, con el objeto de ubicarse a lugares cercanos a los centros de consumo y de producción de las materias primas necesarias.

Por supuesto, la ubicación de la planta no queda sujeta a éstos dos factores, sino también a otros tipos de factores tales como las facilidades y recursos que se muestran en aquellas regiones para el establecimiento de nuevas industrias, als leyes de seguridad y ecología, etc. Posteriormente se verán con mayor profundidad éstos aspectos.

**Plantas productoras de nonilfenol:**

- Christianson S.A. de C.V.  
Planta Morelos
- ISOMEX S.A. de C.V.  
Planta Xalostoc Edo de México.
- POLAQUIMIA S.A. de C.V.  
Planta Santa Clara  
Ecatepec Edo. de México
- Química Hoechst.  
Planta Santa Clara  
Ecatepec, Edo de México
- CANAMEX S.A. de C.V.  
Cholula Puebla.

El por ciento de ubicación de las plantas productoras de Nonilfenol es (GRAFICA 3-5).

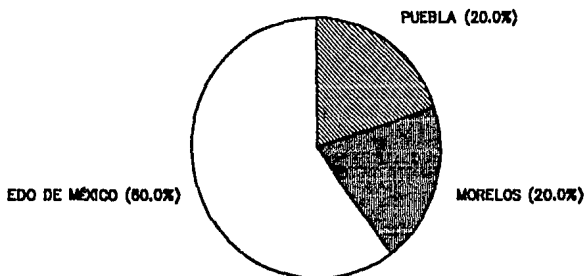
60 % en edo de México

20 % en Morelos

20 % en Puebla

GRAFICA 3-5

## LOCALIZACION DE PLANTAS DE NONILFE



## Areas de Consumo de Nonilfenol

### A) Distribuidores:

-PROVEQUIM S.A. de C.V.

Guadalajara

Monterrey

León

-EXXON Mexicana

México, D.F.

-TEXACO.

México D.F.

Queretaro

Ecatepec (Edo de México)

-Organizacion Dendro

México D.F.

-RHOEN POULENE

Edo. de México.

### B) Principales consumidores de nonilfenol:

-HENKEL Mexicana

Tultetlac, Edo de México

Ecatepec, Edo de México

-BASF

Santa Clara, Edo de México

-CANAMEX

Cholula, Puebla.

-Christianson.

Morelos

-POLAQUIMIA

Edo de México

-NALCOMEX

Lerma, Edo de México

-STEPAN México

Matamoros Tamaulipas

-Arancia Tensoactivos

México, D.F.

-CELANESE de México S.A. de C.V.

-Ciba-Gegy

México, D.F.



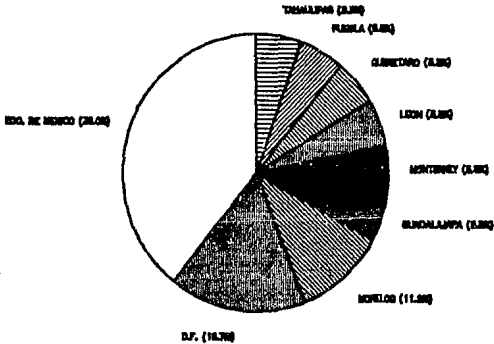
-Guillet de México S.A. de C.V.  
México D.F.

-Química Hoechst.  
Planta Santa Clara  
Ecatepec, Edo de México

Porcientos de areas de consumo:

Edo de México	40	%
México, D. F	16	%
Morelos	11.11	%
Guadalajara	5.5	%
Monterrey	5.5	%
León	5.5	%
Queretaro	5.5	%
Puebla	5.5	%
Tamaulipas	3.2	%

## AREAS DE CONSUMO DE NONILFENOL



### Principales países productores de Nonilfenol:

- E.U. Abastece Gran parte de América
- Alemania Abastece 50 % de Europa Occidental
- Reino Unido Abastece 25 % de Europa Occidental
- Rumania Estos dos países abastecen la mayor parte de Europa Oriental
- Polonia

Con respecto a la ubicación de la producción de nonilfenol podemos decir que se encuentra concentrada en el centro de la República Mexicana, principalmente en el Norte del Edo de México.

Su centro de consumo principal también está ubicado en el centro de la República Mexicana principalmente en el Edo de México, D.F., Puebla, y Morelos.

Estos datos de ubicación de la producción y consumo del nonilfenol nos dan una ayuda de donde podría estar ubicada una nueva planta de nonilfenol, claro que falta ubicar los orígenes y afluencia de las materias primas

### *Proyecciones*

Antes de seguir adelante, deberá entenderse que, como en toda proyección, se corre un cierto riesgo de que surjan acontecimientos imprevistos, que provoquen errores en cualquier sentido de los pronósticos que se realicen, para tratar de evitar estas situaciones, en cada proyección de se especificará las condiciones en las cuales se hizo la proyección y las premisas que sustentan ésta proyección

Producción: De acuerdo al tipo de datos obtenidos de la producción, consumo e importación del nonilfenol se ha tomado la decisión de proyectar éstos datos dado a que son los que más significado tienen dentro del estudio de mercado de nonilfenol y la importancia para la estimación en particular de la capacidad de una nueva planta productora de nonilfenol.

Para poder realizar las proyecciones se tomó en cuenta la tendencias de los datos anteriores y se hizo un tratamiento de datos que representara estas tendencias. En éste caso, el tratamiento utilizado fué por medio de regresiones lineales ya que era la que mejor representaba su movimiento y bajo las siguientes premisas:

-La capacidad instalada no cambiará desde el último dato real, hasta que la producción la sobrepase.

-Todo lo que se produzca o importe se consumirá dentro de México, es decir, no habrá exportaciones ( de hecho en el último dato real 1993, la exportación es mínima).

Los resultados se muestran en la sig tabla 3-4 y gráfica 3-7

TABLA 3-4

AÑO	PRODUCCION TON/AÑO	IMPORTACION	CONSUMO APARENTE
1989	4086.0000	218.0100	4180.8000
1990	4412.0000	783.6800	5114.2600
1991	4600.0000	1332.8500	5849.6600
1992	4920.0000	2776.5900	7503.7200
1993	5240.0000	2743.6700	7983.2300
1994	5496.4000	3684.2290	9180.6290
1995	5778.0000	4388.6520	10166.6520
1996	6059.6000	5093.0750	11152.6750
1997	6341.2000	5797.4980	12138.6980
1998	6622.8000	6501.9210	13124.7210
1999	6904.4000	7206.3440	14110.7440
2000	7186.0000	7910.7670	15096.7670
2001	7467.6000	8615.1900	16082.7900
2002	7749.2000	9319.6130	17068.8130
2003	8030.8000	10024.0360	18054.8360
2004	8312.4000	10728.4590	19040.8590
2005	8594.0000	11432.8820	20026.8820
2006	8875.6000	12137.3050	21012.9050
2007	9157.2000	12841.7280	21998.9280
2008	9438.8000	13546.1510	22984.9510
2009	9720.4000	14250.5740	23970.9740
2010	10002.0000	14954.9970	24956.9970

Estas fueron las regresiones utilizadas:

Para producción:

Regression Output:  
 Constant -556013.9998  
 Std Err of Y Est 41.799521528  
 R Squared 0.99343344852  
 No. of Observations 5  
 Degrees of Freedom 3

X Coefficient(s) 281.5999999  
 Std Err of Coef. 13.218169311

Para Importación:

Regression Output:  
 Constant -1400935.2325  
 Std Err of Y Est 352.91863307  
 R Squared 0.92997177115  
 No. of Observations 5  
 Degrees of Freedom 3

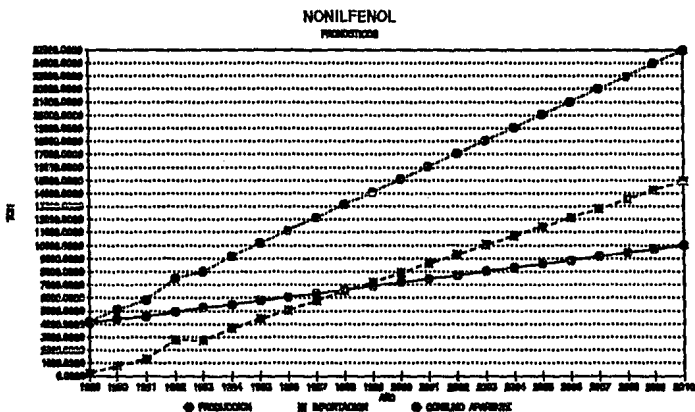
X Coefficient(s) 704.42299975  
 Std Err of Coef. 111.6026709

Para Consumo Aparente:

Regression Output:  
 Constant -1983742.7773  
 Std Err of Y Est 284.3451837  
 R Squared 0.97629246269  
 No. of Observations 5  
 Degrees of Freedom 3

X Coefficient(s) 999.43199964  
 Std Err of Coef. 89.917842203

GRAFICA 3-7



De la Gráfica 3-7 podemos sacar las siguientes conclusiones: El consumo de nonilfenol tiende a crecer sin que la producción nacional pueda cubrir esta demanda, por lo que tiene que importar, a tal grado que las importaciones de éste

producto en el año de 1998 se igualarán e incluso superarán a la producción nacional.

Con éstos datos se puede ver que la instalación de una planta productora de nonilfenol sería una buena inversión, con un gran mercado que se abre por delante, y evitando gran parte de las importaciones de éste producto y creando una muy buena fuente de trabajo en nuestro país.

### *Precios*

Para la proyección de precios nacionales se han utilizado 2 métodos de proyección: El primero es en base a observar la tendencia de los precios nacionales de nonilfenol y ajustarlos a una función que siga esa misma tendencia, es éste caso se han ajustado a una función lineal por medio de una regresión lineal.

El segundo método es basado en el tipo de consumo del nonilfenol, que generalmente es un producto que sirve de materia prima para la elaboración de otros compuestos, de ésta manera se han utilizado los Indices de Precio de Materias Primas Consumidas en el Area de Industrias Químicas las cuales nos dan información de la inflación que hay particularmente en esta área. Para elaborar este tipo de pronostico se contaba con datos de índices del año 1989 hasta marzo de 1994, por lo que estos datos también fueron ajustados a una regresión lineal para pronosticar los índices de los siguientes años hasta el año 2010; posteriormente con los índices y el último precio real se pronosticaba el precio de ese año:

$$\text{Precio a Pronosticar en x año} = \frac{\text{índice de año a pronosticar}}{\text{índice de año existente}} \times \text{Precio existente}$$

Para realizar éste pronostico se sustenta en la premisa de que la inflación seguirá con la misma tendencia marcada por los últimos años, registrada en los Indices de Precios utilizados.

Para pronosticar los precios de importación solo se utilizó el tratamiento de precios anteriores por medio de una regresión lineal ya que no se pudo contar con índices extranjeros.

En la sig tabla se observa los datos obtenidos:

TABLA 3-5

AÑO	NACIONAL LINEAL	IMPORTACION	INDICE (TON / AÑO)	NACIONAL INDICE
1987	1.3580	1.2755	-----	1.3580
1988	2.6742	2.7799	-----	2.6742
1989	3.2383	3.3348	15443.100	3.2383
1990	3.3391	3.2934	17753.000	3.3391
1991	3.6539	4.3299	21201.600	3.6539
1992	3.9418	4.9921	22695.100	3.9418
1993	4.2298	5.6544	24446.300	4.2298
1994	4.5000	6.3166	25652.900	4.5000
1995	4.8058	6.9788	28460.828	4.9926
1996	5.0937	7.6410	30535.702	5.3565
1997	5.3817	8.3033	32610.576	5.7205
1998	5.6697	8.9655	34685.450	6.0845
1999	5.9577	9.6277	36760.325	6.4485
2000	6.2456	10.2900	38835.199	6.8124
2001	6.5336	10.9522	40910.073	7.1764
2002	6.8216	11.6144	42984.948	7.5404
2003	7.1096	12.2767	45059.822	7.9043
2004	7.3975	12.9389	47134.696	8.2683
2005	7.6855	13.6011	49209.570	8.6323
2006	7.9735	14.2633	51284.445	8.9963
2007	8.2614	14.9256	53359.319	9.3602
2008	8.5494	15.5878	55434.193	9.7242
2009	8.8374	16.2500	57509.068	10.0882
2010	9.1254	16.9123	59583.942	10.4521

Estas fueron las regresiones utilizadas:

Para Pronostico lineal de los precios nacionales:

R = 0.98853  
 b = -569701.3561  
 m = 287.97349

Para pronostico de precios de importación:

R = 0.884059  
 b = -1314170.034  
 m = 662.23

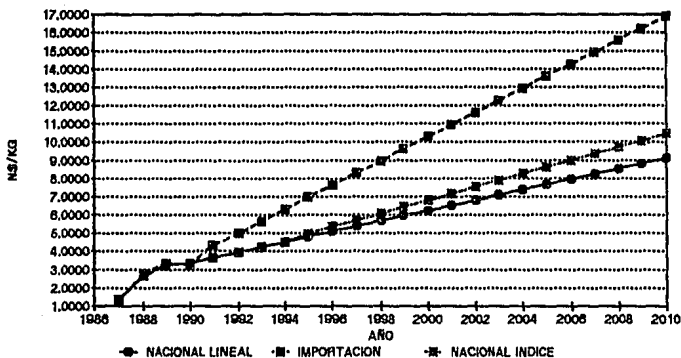
Para pronostico de índices de precios de materias primas:

R = 0.9851  
 b = -4110913.383  
 m = 2074.874291

Las tendencias se registran en la sig gráfica:

GRAFICA 3-8

NONILFENOL  
PRONOSTICOS DE PRECIOS



De acuerdo a la tabla y gráfica anterior nos podemos dar cuenta que el pronostico de precios de la forma lineal y de índices es muy parecido, y no se notan grandes desviaciones en sus pronosticos por lo que podemos tomar en cuenta cualquiera de estos dos. para el caso de la proyección de precios de importación sigue una tendencia muy elevada por encima de los precios nacionales en más de un 40 % para el año 2000 y con tendencia a subir. Aunque ésta diferencia de precios nacionales con respecto a los de importación no sea tan marcada si se nota la tendencia de un precio de importación mayor sobre el precio nacional, lo que nos da una gran oportunidad sobre este mismo.

### 3.2 FENOL

El fenol es una de las materias primas utilizadas en la elaboración de nonilfenol. También es una materia prima muy utilizada en la elaboración de muchos compuestos químicos.

En la tabla 3-6 se muestran los datos de producción, consumo, importación, exportación y capacidad instalada de fenol apartir del año 1986 hasta 1992.



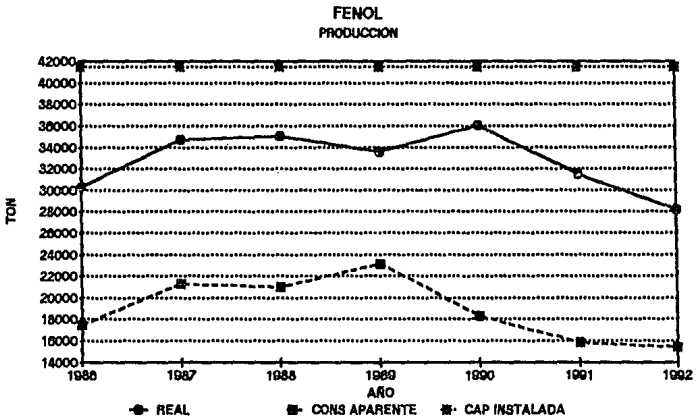
TABLA 3-6

AÑO	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	C.APARENTE	C.INSTALADA
1986	30301	631	13488	17444	41500
1987	34693	0	13387	21306	41500
1988	35040	1	14019	21022	41500
1989	33606	51	10541	23116	41500
1990	36066	40	17796	18310	41500
1991	31528	214	15910	15832	41500
1992	28200	250	13018	15432	41500

*Producción y Consumo.*

En la gráfica 3-9 se observan las tendencias de su producción y consumo.

GRAFICA 3-9



En ésta gráfica vemos que el consumo nacional de fenol está por debajo de su producción representando los sig. porcentajes de consumo con respecto a su producción mostrados en la sig tabla .

TABLA 3-7

AÑO	% DE CONSUMO NACIONAL CON RESPECTO A LA PRODUCCION
1986	57.5
1987	61.41
1988	59.9
1989	68.7
1990	50.7
1991	50.2
1992	54.72

De ésta tabla vemos que el mayor consumo de fenol con respecto a su producción fué en 1989 y a partir de éste año su consumo fué disminuyendo hasta un 50 % de la producción, sólo aumentando su consumo con respecto a lo producido hasta 1992 (54.72 %)

Con respecto a volúmen de fenol producido, es en 1990 donde se alcanza la mayor producción y en éste año empieza un descenso en su producción acompañado de una baja de consumo nacional.

En 1992 se tiene un descenso del 21.8 % en la producción de fenol con respecto a 1990 y del 10.55 % con respecto a 1991.

Podemos decir que la producción de fenol obedece en un 50 % a la demanda nacional (esto es todavía sin estudiar el campo de exportación que posteriormente se realizará) y que éste consumo desde el año de 1990 ha ido bajando debido a las restricciones de su uso en ciertos compuestos por normas ecológicas y de seguridad.

En la gráfica 3-9 también podemos notar que la capacidad instalada de producción de fenol no se ha modificado, aunque como se aprecia en la tabla F-4, la producción en 1991 y 1992 solo representó el 75.97 y 67.9 % respectivo de la capacidad instalada.

TABLA 3-8

AÑO	% DE PRODUCCION CON RESPECTO A LA CAP. INSTALADA
1986	73
1987	83.6
1988	84.4
1989	80.9
1990	86.9
1991	75.97
1992	67.9

La reducción de la capacidad instalada de fenol es inminente, pero hasta ahora se ha mantenido y conserva esperanzas gracias al mercado de exportación.

*Producción y Exportación.*

La exportación en el mercado de fenol ha sido muy importante, en la tabla 3-9 se ven los porcentajes que representó la exportación en relación a la producción nacional del año 1986 hasta 1992.

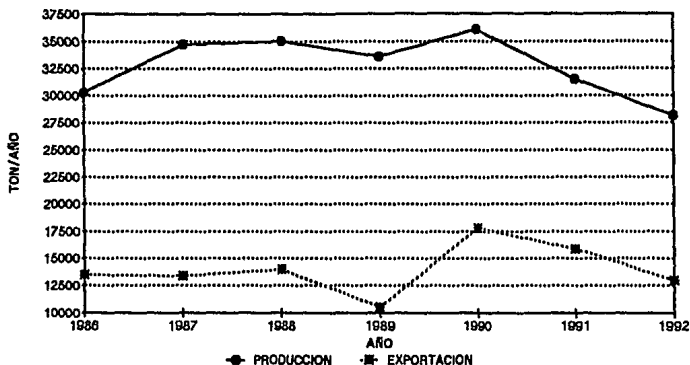
TABLA 3-9

AÑO	% DE EXPORTACION CON RESPECTO A LA PRODUCCION
1986	42.5
1987	38.59
1988	40.1
1989	31.22
1990	49.3
1991	49.8
1992	45.28

Desde 1990 las exportaciones representan más del 45 % de la producción nacional, con una tendencia estable en cuestión de volumen como se aprecia en la gráfica 3-10

GRAFICA 3-10

FENOL  
PRODUCCION-EXPORTACION



La producción de fenol, aunque tiende a bajar debido principalmente a que ha bajado su consumo nacional, encuentra una gran ayuda para establecerse en determinada zona de mantenerse constantes las exportaciones.

Las exportaciones se han establecido, pero se espera que tengan un descenso gradual debido principalmente a la sustitución del fenol como materia prima para diferentes productos.

Los principales países a quienes se exporta son:

E.U. principalmente, seguidos de países sudamericanos como Argentina, Chile, Venezuela, etc y Francia.

TABLA 3-10

EXPORTACION	PAIS	CANTIDAD KG	VALOR MILLONES DE PESOS
1989	ARGENTINA	2366591	661
	CHILE	179705	571
	E.U.	10051309	19880
	FRANCIA	531	2
	VENEZUELA	448666	1492
	TOTAL	13046803	28556
1990	ARGENTINA	1982477	3735
	CHILE	104920	319
	E.U.	15135937	24470
	PERU	250845	764
	TOTAL	17474179	32294
1991	ARGENTINA	-----	951*
	COLOMBIA	-----	230*
	E.U.	-----	6092*
	GUATEMALA	-----	6*
	PERU	-----	149*
	VENEZUELA	-----	359*
	TOTAL	-----	7787*

\* VALOR EN MILLONES DE DOLARES

*Importaciones*

Las importaciones de fenol no han sido significativas con respecto a su consumo y producción nacional, pero desde el año de 1990 han tenido una tendencia de crecimiento del 525 % desde 1990 hasta 1992 aunque en éste año las importaciones solo representaron el 1.62 % con respecto al consumo nacional y 0.88 % con respecto a la producción.

Las importaciones de fenol se deben al requerimiento de otras especificaciones de fenol no producidas dentro del país. Los países a quienes se importa son :

E.U.	99.3 %
Alemania	0.603 %
Japón y Suiza	0.097 %

Con respecto a la producción de nonilfenol, todo el fenol utilizado es de producción nacional, por lo que podemos decir que cumple con las especificaciones para la producción de nonilfenol y en su mayoría es comprado a Fenoquímica.

*Localización de plantas de fenol:*

-Fenoquimia : Produce el 90 % de la producción nacional en  
2 plantas: Cosoleacaque, Veracruz.  
Tula, Hidalgo.

Principales productores de fenol a nivel mundial son:

Estados Unidos  
Alemania  
Japón  
Suiza

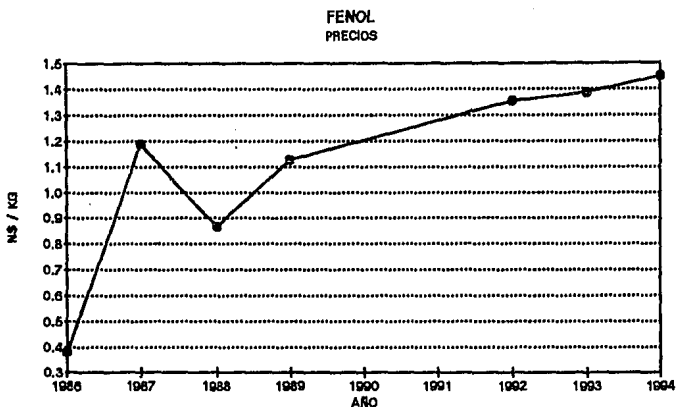
*Precios*

Los precios de fenol se aprecian en la tabla 3-11

TABLA 3-11

AÑO	PRECIO (N\$ / Kg)
1986	0.38046
1987	1.1878
1988	0.86765
1989	1.1266
1992	1.3541
1993	1.3876
1994	1.45

GRAFICA 3-11



Como se aprecian en la tabla 3-11 y en la Gráfica 3-11, el precio del fenol tiene una tendencia de crecimiento del 2.4 % del año 1992 a 1993 y de 4.49 % de 1993 a 1994, éstas tendencias del 2 al 4% anual se esperan se conserven para el precio nacional.

*Proyecciones.*

En éste estudio se realizarán las proyecciones de producción, exportación e importación de fenol por considerarse de mayor importancia con respecto a la producción de nonilfenol, al igual se proyectarán los precios.

*Producción*

Para poder llevar a cabo la proyección de producción de fenol nos basamos en la tendencia de los datos anteriores, como no se ajustaban a ningún modelo adecuado, se tomó el criterio de tomar en cuenta sólo los datos de 1988 debido a

que están bajo el régimen político y de producción del actual gobierno y eliminando el dato de 1990 ya que se sale de la tendencia mostrada de los demás datos. Los resultados se muestran en la tabla 3-12 y gráfica 3-12

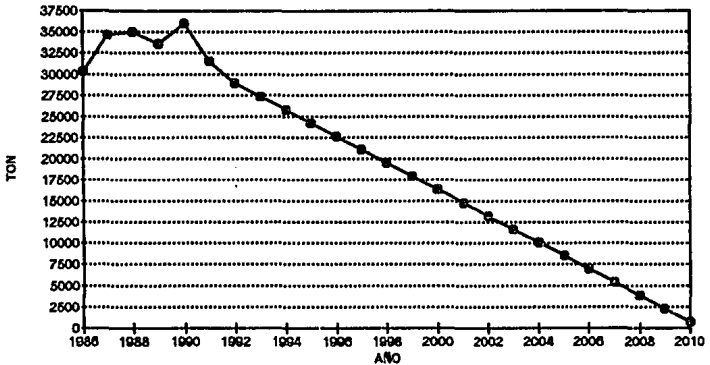
Tabla 3-12

AÑO	PRONOS PRODUCCION TON/AÑO
1986	30301
1987	34693
1988	35040
1989	33606
1990	36066
1991	31528
1992	28935
1993	27365
1994	25795
1995	24225
1996	22655
1997	21085
1998	19515
1999	17945
2000	16375
2001	14805
2002	13235
2003	11665
2004	10095
2005	8525
2006	6955
2007	5385
2008	3815
2009	2245
2010	675



GRAFICA 3-12

FENOL  
PRONOSTICO PRODUCC



De acuerdo a ésta proyección de la producción de fenol podemos decir que anualmente desciende en más de un 6 % y que aproximadamente por el año 2000 se producirá solamente la mitad de lo que se producía en el año de 1992.

Este pronóstico sólo obedece a la tendencia que establecen los datos anteriores desde 1988, hay que tomar en cuenta que aunque el fenol puede ser sustituido por otros productos, su uso no podrá desaparecer y que hay una gran mercado en exportación que se tiene que satisfacer. Para poder establecer una tendencia de producción más exacta tendríamos que analizar las exportaciones como se muestran en la sig tabla y gráfica 3-13

PRONOSTICO EXPORTACION TABLA 3-13

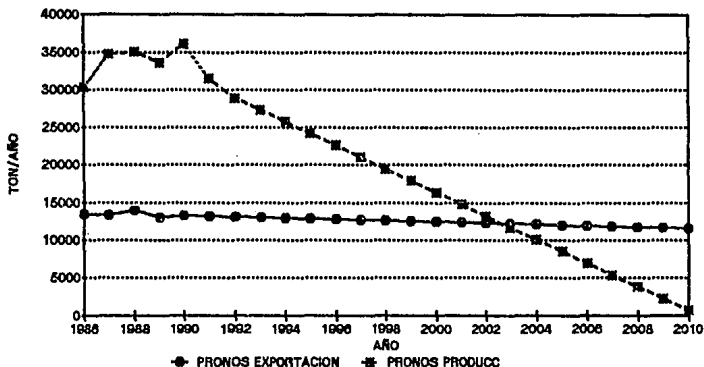
-----	-----
AÑO	PRONOSTICO DE EXPORTACION TON/AÑO
-----	-----
1986	13488
1987	13387
1988	14019
1989	13018
1990	13328.83
1991	13243.577
1992	13158.324
1993	13073.071
1994	12987.818
1995	12902.565
1996	12817.312
1997	12732.059
1998	12646.806
1999	12561.553
2000	12476.3
2001	12391.047
2002	12305.794
2003	12220.541
2004	12135.288
2005	12050.035
2006	11964.782
2007	11879.529
2008	11794.276
2009	11709.023
2010	11623.77
-----	-----

**EXPORTACION**

Para poder hacer el pronóstico de exportación se tomaron en cuenta los datos que seguían una tendencia estable despreciándose datos que se salían de ésta tendencia como lo fueron los datos de los años de 1989 y 1990. De acuerdo a esto se pudo ajustar por medio de una regresión lineal la tendencia a futuro de las exportaciones y compararla con la proyección de producción en la gráfica 3-13

GRAFICA 3-13

FENOL  
PRONOSTICO EXPORTACION



A continuación se muestra la regresión lineal utilizada para el pronóstico de las exportaciones que aunque no tiene un coeficiente de desviación adecuado, nos da una idea del camino de las tendencias de la exportación indicadas hasta hoy.

Regression Output

Constan	182982.30122
Std Err of Y Es	425.35245485
R Square	0.29417545734
No. of Observation	4
Degrees of Freedom	2
X Coefficient(s)	-85.253012056
Std Err of Coef	93.376994886

Como se aprecia en la gráfica 3-13, la línea de producción y de exportación tienen un punto de encuentro en el año 2003 lo que indica que la producción no podría bajar tanto y en el peor de los casos, si se cumpliera con la proyección de la producción, hasta el año de 2008 se produciría suficiente fenol para satisfacer a nuestra planta de nonilfenol.

**PRECIOS**

Para poder hacer los pronosticos de los precios se procedió como en el caso de nonilfenol, primero se hizo una proyección ajustando la tendencia mostrada por los datos anteriores en una regresión lineal, y posteriormente se hizo otra proyección de acuerdo a un pronóstico de Índices de Precios de Materias Primas utilizadas en la Industria Química aprovechando el caracter de materia prima que tienen el fenol.

Los resultados y sus tendencias se muestran en la tabla y gráfica 3-14

TABLA 3-14

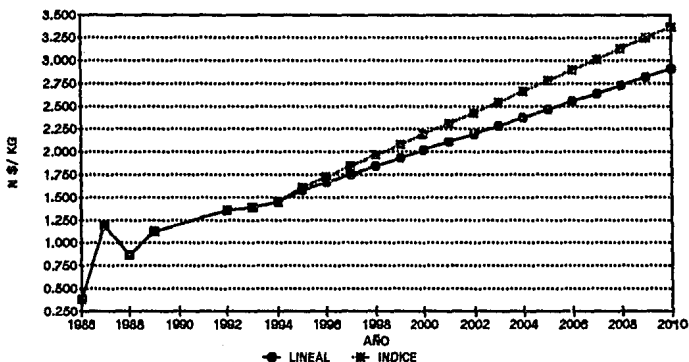
AÑO	PRONOSTICO LINEAL DEL PRECIO	INDICE DE PRECIOS (N \$ / KG)	PRONOSTICO CON INDICE
1986	0.380	-----	0.380
1987	1.188	-----	1.188
1988	0.868	-----	0.868
1989	1.127	15443.10	1.127
1992	1.354	22695.10	1.354
1993	1.388	24446.30	1.388
1994	1.450	25652.90	1.450
1995	1.575	28460.83	1.609
1996	1.664	30535.70	1.726
1997	1.753	32610.58	1.843
1998	1.842	34685.45	1.961
1999	1.931	36760.32	2.078
2000	2.020	38835.20	2.195
2001	2.109	40910.07	2.312
2002	2.198	42984.95	2.430
2003	2.287	45059.82	2.547
2004	2.376	47134.70	2.664
2005	2.465	49209.57	2.782
2006	2.554	51284.44	2.899
2007	2.643	53359.32	3.016
2008	2.732	55434.19	3.133
2009	2.821	57509.07	3.251
2010	2.910	59583.94	3.368

Regression Output

Constan	-176.03607687
Std Err of Y Es	0.077354315647
R Square	0.92207694158
No. of Observation	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	0.089028358213
Std Err of Coef	0.014942289667

GRAFICA 3-14

FENOL  
PRONOSTICO DE PRECIO



### 3.3 NONENO

El noneno es la segunda materia prima utilizada con la que se elabora nonilfenol.

En México no se produce noneno por lo que toda la cantidad utilizada se importa principalmente de E.U y Alemania.

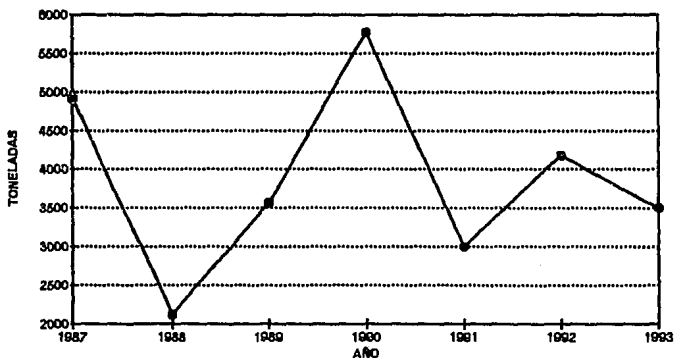
En la tabla 3-15 y Gráfica 3-15 se muestra la cantidad de noneno importado desde 1987 hasta 1993

TABLA 3-15

AÑO	IMPORTACION (TON / AÑO)
1987	4916.4178
1988	2120.7855
1989	3565.0097
1990	5777.8273
1991	3004.0800
1992	4179.1590
1993	3500.0000

GRAFICA 3-15

NONENO  
IMPORTACIONES



Como se puede apreciar en la Tabla 3-15, la importación de noneno sigue una tendencia estable y aproximadamente más del 80 % de noneno importado es para utilizarlo como materia prima en la elaboración de nonilfenol

Las importaciones de noneno se hacen por medio de la vía marítima y aérea; barcos traen el noneno al puerto de Veracruz o por avión de carga desde E.U. y Alemania.

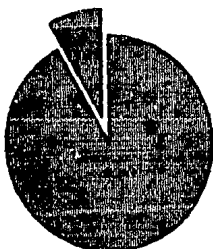
E.U. es el país principal a quien le importamos noneno con un 91.8 %

de las importaciones nacionales, seguida de alemania con un 8.2 % (GRAFICA 3-16)

GRAFICA 3-16

NONENO  
IMPORTACIONES

ALEMANIA (8.2%)



EU (91.8%)

*Precios*

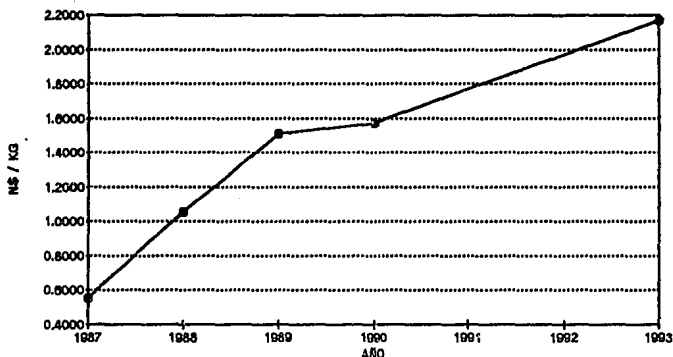
Los precios de importación de noneno se aprecian en la tabla 3-17 y en la Gráfica 3-17

TABLA 3-17

AÑO	PRECIO DE NONENO (N\$ / KG)
1987	0.5552
1988	1.0567
1989	1.5103
1990	1.5731
1993	2.1700

GRAFICA 3-17

NONENO  
PRECIOS



De acuerdo a la tabla 3-17, el precio de noneno sigue una tendencia casi lineal con un aumento aproximado del 7 % anual

*Proyecciones*

Para poder llevar a cabo las proyecciones de la importación de noneno nos basamos en la relación estequiométrica para producir nonilfenol, éste criterio es basado en el hecho de que más del 90 % de nonilfenol importado hasta 1993 es para producir nonilfenol.

Los resultados de importación se registran en la tabla 3-18 y Gráfica 3-18.

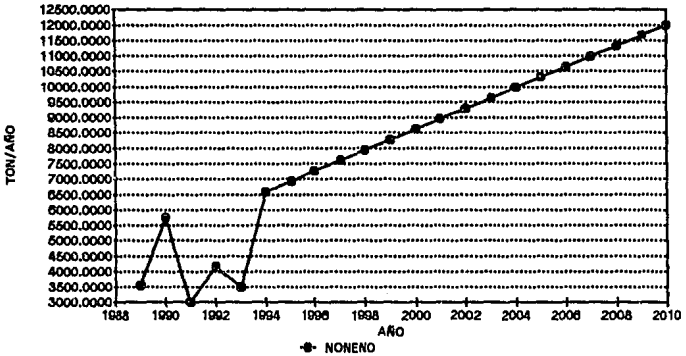


TABLA 3-18

AÑO	PRONOSTICO DE IMPORTACION TON / AÑO
1987	4916.4178
1988	2120.7855
1989	3565.0097
1990	5777.8273
1991	3004.0800
1992	4179.1590
1993	3500.0000
1994	4946.7600
1995	5200.2000
1996	5453.6400
1997	5707.0800
1998	5960.5200
1999	6213.9600
2000	6467.4000
2001	6720.8400
2002	6974.2800
2003	7227.7200
2004	7481.1600
2005	7734.6000
2006	7988.0400
2007	8241.4800
2008	8494.9200
2009	8748.3600
2010	9001.8000

GRAFICA 3-18

NONENO  
PRONOSTICO NONENO-NONILFENOL



*Precios.*

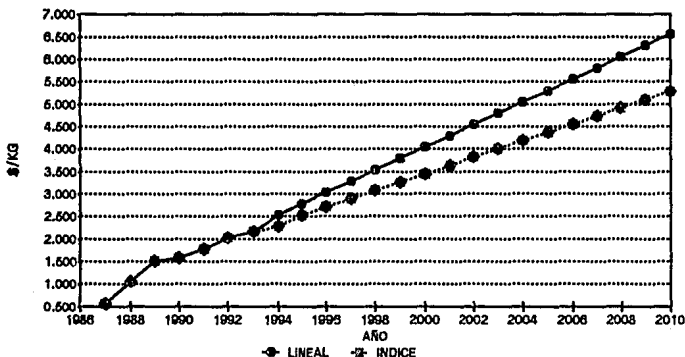
Para el pronóstico de precios se siguió de acuerdo a los métodos utilizados anteriormente, uno por medio de seguir la tendencia de datos anteriores y otro por el Índice de Precios de Materia Prima para la Ind. Química. Los resultados se muestran en la tabla 3-19 y gráfica 3-19.

**TABLA 3-19**

<b>AÑO</b>	<b>PRECIO LINEAL (N\$ / KG)</b>	<b>PRECIO INDICE</b>
1987	0.555	0.555
1988	1.057	1.057
1989	1.510	1.510
1990	1.573	1.573
1991	1.776	1.776
1992	2.027	2.027
1993	2.170	2.170
1994	2.532	2.277
1995	2.784	2.526
1996	3.035	2.711
1997	3.287	2.895
1998	3.539	3.079
1999	3.791	3.263
2000	4.043	3.447
2001	4.295	3.631
2002	4.547	3.816
2003	4.799	4.000
2004	5.051	4.184
2005	5.302	4.368
2006	5.554	4.552
2007	5.806	4.736
2008	6.058	4.921
2009	6.310	5.105
2010	6.562	5.289

GRAFICA 3-19

NONENO  
COMPARACION PRONOS PRECIOS



Como vemos en la Gráfica 3-19, el precio con regresión lineal se empieza a despegar del precio calculado con índice, teniendo en el año 2000 una diferencia del 11 % por abajo del precio lineal y del 7.1 % para el año 2010. Deacuerdo a éstos datos, podemos considerar que el pronóstico de precios de noneno estará entre éstas dos proyecciones.

### 3.4 CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para poder calcular la capacidad de una planta de nonilfenol nos hemos basado en los siguientes factores:

1.- Demanda del producto hasta el año 2010 que es la fecha a la cual han llegado nuestras proyecciones y también es el tiempo en que tendrían valor éstas proyecciones (10-15 años)

2.-Capacidad instalada y producción de nonilfenol (oferta)

3.-Producción o alcance de las materias primas

4.-Precios de materias primas y de producto

Para poder calcular la capacidad de la planta bajo los parámetros expuestos, primero se hizo una tabla de acuerdo a la producción, consumo e importaciones de nonilfenol, de ésta tabla se explica los pasos seguidos.

1.- Se anotó la producción de nonilfenol para los determinados periodos hasta el año de 2006 donde se pronostica la eficiencia máxima de operación de la planta.

2.- Se anotan las importaciones hasta el año 2006

3 y 4.- se anotan los consumos y capacidades instaladas hasta el año 2006. Hay que hacer notar que para el cálculo de una capacidad instalada posterior al año del año 2000 se utilizó un criterio de instalación de capacidad por parte de otras empresas del 10 % de la producción para esos años.

5.- Se calculó la demanda del mercado restando el consumo nacional menos la producción.

6.- Se utilizó un factor de riesgo (0.3) para preveer el uso de capacidad instalada no especificada en los pronósticos de producción

7.- Se calculó una demanda neta restando la demanda menos la utilización de la capacidad instalada no considerada en el pronóstico

8.- En éste paso indicamos la demanda a cubrir por nuestra planta durante los diferentes periodos.

9.- Capacidad de la planta de acuerdo al porcentaje de operabilidad de nuestra planta.

#### CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE NONILFENOL

FACTOR DE DESVIACION DE USO DE CAP. INST. (A) = 0.3

FACTOR DE COBERTURA DE DEMANDA NETA, 1er AÑO (B) = 0.4

NOTA: PARA EL AÑO DE 2003 EN ADELANTE SE TOMARA UN INCREMENTO DEL 10 % EN LA CAP INSTALADA EN RELACION A LA PRODUCCION DEL AÑO CORRESPONDIENTE

CAPACIDAD DE LA PLANTA, 1er PERIODO (C)	= 0.5
CAPACIDAD DE LA PLANTA, 2do PERIODO (C)	= 0.7
CAPACIDAD DE LA PLANTA, 3er PERIODO (C)	= 0.8
CAPACIDAD DE LA PLANTA, 4to PERIODO (C)	= 1

TABLA 3-20

AÑO	TONELADAS				
	1995	1998	2000	2003	2006
1 PRODUCCION	5778	6622.8	7186	8030	8875
2 IMPORTACION	4388.65	6501.92	7910.7	10024.03	12137.3
3 CONSUMO	10166.65	13124.72	15096.76	18054.83	21012.9
4 CAPAC. INST.	7428	7428	7428	7428	7428
5 DEMANDA (3-1)	4388.65	6501.92	7910.76	10024.83	12137.9
6 USO DE CAP INST. (4-1)*A	495	241.56	72.6	80.3	300
7 DEMANDA NETA (5-6)	3893.65	6260.36	7838.16	9944.53	11837.9
8 DEMANDA CUBIERTA (7*B)	1557.46	2504.14	3135.26	3977.81	4735.16
9 CAPAC. PLANTA (8/C)	3114.92	3577.34	3919.08	3977.81	4735.16

De acuerdo a los datos obtenidos podemos ver que la capacidad de nuestra planta se encuentra entre los rangos de 3500-4000 ton/año, en vista de lo anterior procederemos a analizar si con ésta capacidad las materias primas correspondientes satisfacen éstos requerimientos.

En la Tabla 3-21 se muestran una comparación de la producción de nonilfenol, fenol e importación de noneno para los periodos anteriores.

TABLA 3-21  
COMPARACION DE PRODUCCIONES

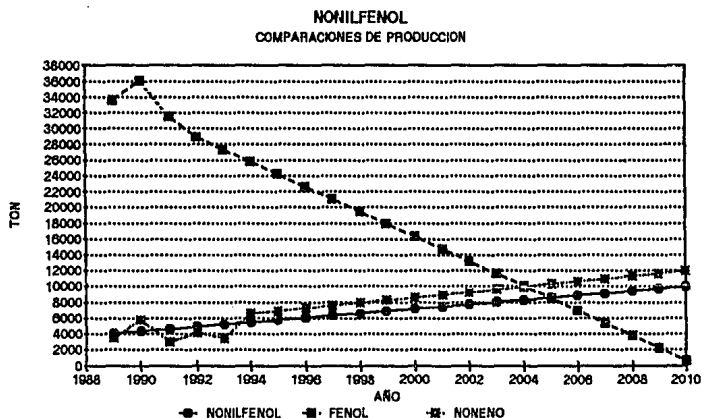
AÑO	NONENO	NONILFENOL	FENOL
TONELADAS			
1995	6933.6	5778	24225
1998	7947.36	6622.8	19515
2000	8623.2	7186	16375
2003	9636.96	8030.8	11665
2006	10650.72	8875.6	6955
2010	12002.4	10002	675

De acuerdo a la Tabla 3-21 se muestra que aunque la capacidad de producción de fenol tiene una tendencia negativa, si hay un sobrante de fenol no utilizado por la proyección de su consumo que satisface la demanda de una nueva planta de nonilfenol con la capacidad de 3500 a 4000 toneladas.

Con respecto al noneno, podemos hacer notar que su importación hasta el momento no ha causado ningún problema y que satisficará las necesidades de nuestra planta.

Para una mayor comparación de producciones de nonilfenol, fenol e importaciones de noneno podemos referirnos a la gráfica 3-21.

Gráfica 3-21



En ésta gráfica se observa mejor las tendencias de producción de las materias primas y el producto; de aquí vemos que el fenol bajaría demasiado su producción teniendo problemas en el año de 2005, de acuerdo a la gráfica 3-13 vista anteriormente, la producción de fenol se podría establecer por arriba de la tendencia de exportación que tiene, lo que nos permite tener una producción de fenol por arriba de 15,000 ton/año.

El precio mostrado para los diferentes compuestos, se muestra competente para los pronósticos nacionales.

Para concluir, podemos decir que por medio de éste estudio de mercado, convendría instalar una planta de nonilfenol ya que no solo abatiría las importaciones de éste producto en un 40 % dentro de los próximos 10 años, sino que levantaría la producción de un producto nacional en descenso: el fenol.

Para establecer la capacidad de la planta que como vimos se encuentra entre el rango de 3500-4000 ton/año se hizo una relación estequiométrica entre el nonilfenol importado hasta el año 2005 y el fenol producido dando una capacidad de 3760 ton/año.

### 3.5 LOCALIZACION DE LA PLANTA

#### LOCALIZACION DE MATERIAS PRIMAS Y CONSUMIDORES

En la información del estudio de mercado podemos ver que el área de mayor consumo de nonilfenol es el Estado de México, al igual que la localización de las plantas de nonilfenol se encuentran en dicho lugar, es por eso que en primera instancia la localización de la planta de nonilfenol será en el Estado de México.

#### CARACTERISTICAS DEL LUGAR

De acuerdo a los resultados del Censo General de Población y Vivienda de 1980 los municipios más poblados son Nezahualcóyotl con el 17.7% de la población estatal, Tlalnepantla 10.4%, Ecatepec 10.4%, Naucalpan de Juárez 9.7%, y Toluca 4.7%, que, en conjunto representan el 53% de los habitantes de la entidad. El otro extremo en municipios como Ayapango, Oztoloapan, Papalotla, Texcalyacac y Zacazonapan el porcentaje es menor a 0.1%.

En materia de bienestar social, las condiciones de vida de la población del estado, resultan más favorables que las del promedio nacional, en los que respecta a los niveles de ingresos, educación, vivienda, salud, empleo y alimentación.

Los resultados de éste índice ubican a 22 municipios por arriba del promedio estatal, con las mejores condiciones de vida de la entidad. En orden descendente de bienestar destacan entre ellos: Coacalco, Cuauhtitlan Izcalli, Atizapan de Zaragoza, Metepec, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Tultitlan, Toluca y Chiconcuac. Es importante señalar que los once municipios anteriores, junto con los otros cuarenta y cuatro, presentan condiciones del nivel de vida de su población superiores al promedio nacional.



Para 1985, el número de establecimientos industriales llegaba a los 13750 y el de personas ocupadas a 400,000. Las principales concentraciones industriales se encuentran en los valles de Cuauhtitlán-Texcoco y Toluca-Lerma. Este primero registra una saturación de fábricas, por lo que surgen una serie de problemas colaterales como altos índices de contaminación, sistemas de transporte insuficientes, escases de materias primas, de agua y de mano de obra calificada.

Existen por tanto, programas de desconcentración industrial selectiva garantizando estímulos a aquellas empresas que se descentralicen. Se han creado también para beneficio del sector, ocho Fondos de Fomento Económico Regional, un Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales, y un Consorcio de Comercio Exterior y el Centro de Investigación Aplicada para el Desarrollo Industrial que tiene entre otras tareas la de planear modelos de sustitución de importaciones.

En relación al sector de Comunicaciones, el estado contó en 1984 con 8,656 km de carreteras, que significan el 3.9% del total nacional, con una densidad media de 405 km por cada 1000 km<sup>2</sup> de superficie, en comparación con 13 a nivel nacional. En relación al transporte aéreo existen 5 aeropistas, destacando la de Santa Lucía y el Aeropuerto Internacional José María Morelos y Pavón en la Ciudad de Toluca.

En lo referente a vías de Comunicación, el Estado de México cuenta con una dotación adecuada de carreteras en cantidad y calidad, debido a en buena medida a su cercanía con la capital del país, lo que ha fomentado el dinamismo de diversos sectores económicos de la entidad.

Entre las más importantes destacan la Carretera Federal Toluca-Distrito Federal, la que comunica al Estado de Puebla, Tlaxcala, Michoacán, Guerrero y Querétaro. Además destaca el "Paseo Tollocan", carretera que atraviesa a la ciudad de Toluca, de la cual se desprenden diversas vías de acceso a localidades y municipios agilizando así su comunicación interna.

#### **INDUSTRIA MANUFACTURERA**

Con respecto a las Industrias Manufactureras, su importancia se coloca como primer productor a nivel nacional en muchas ramas industriales: Molienda de nixtamal, producción de bebidas alcohólicas, hilados y tejidos de fibras blandas y cartón, química básica, resinas sintéticas y fibras artificiales, otros productos químicos, artículos de plástico, productos a base de minerales no metálicos, aparatos electrodomésticos y partes automotrices. Destaca también la producción de hule, de vidrio y de aparatos electrodomésticos y maquinaria en general.

La estratégica posición geográfica en la entidad, la ubicación alrededor del principal mercado productor y consumidor del país, el Distrito Federal, lo cual ha favorecido en gran medida al desarrollo industrial de la entidad, ya que además se encuentra muy bien comunicada con el resto de los estados centrales, facilitando así la comercialización de sus productos.

Para 1985, el número de establecimientos de acuerdo a la información de los censos económicos de 1986, llegó a 13,750 y el de personas ocupadas a 399,493. El valor bruto de la industria de la transformación, fue de 5,432,000,000 y el valor agregado de 2,474,000,000 destacando la industria química y la construcción, reconstrucción de ensamble y equipo de transporte, con participaciones de 23% y 10% respectivamente dentro del valor agregado de la industria de la transformación.

#### **ELECTRICIDAD**

En el sector de la electricidad, representó el 1% del Producto Interno Bruto (PIB), estatal en 1980 y participó con el 6.9% y 11.5% a nivel nacional en cuanto a generación y ventas de energía eléctrica en 1985.

En ese año el estado generó 5,875,000 M.W.H.; 16% menos que lo registrado en 1980. Del total generado, el 78.5% provino de las plantas de vapor y el resto fue de origen hidroeléctrico y de plantas de turbogas.

En la región de Ixtapantongo, se ubican las plantas hidroeléctricas de Tingambato, Ixtapantongo, Santa Bárbara Alameda, Temastepac, San Simón Fernández Leal, Villada, Tlilan, Zepayautla y Zictepec; mientras que en la región central, se localizan dos de vapor: Valle de México y Jorge Luque; y dos de turbo gas: Lorge Luque I y Valle de México, siendo estas últimas cuatro, las que conforman la más importante zona generadora de energía eléctrica en el estado.

#### **COMUNICACIONES, TRANSPORTES Y ALMACENAMIENTO**

En general puede afirmarse que por vía terrestre el ESTADO DE México se encuentra bien comunicado, tanto al interior como al resto del país.

Al respecto, en 1980, la longitud de la red de carreteras del estado era de 7,000 km. Aumentando a 8,656 en 1984. En este último año, el 43% de las carreteras, correspondió a pavimentadas y el 57% a revestidas, mientras que en el país, la composición de las mismas fue de 32% y 47% respectivamente.

El total de km de carretera de la entidad, representó en 1980 el 3.6% del país, y en 1984 el 3.9%, lo cual comparado con la proporción del territorio que ocupa, el 1.1% del total, determinó una densidad de carreteras para el estado de 405 km por cada 1000 km<sup>2</sup> de superficie, que resulta muy por encima de los 103 km<sup>2</sup> que corresponden al país.

Del total de caminos transitables en la entidad, el 49% corresponde a la red estatal, el 32% a vías rurales y brechas y el 19% restante a la red federal.

Por su ubicación geográfica, el Estado de México es paso obligatorio de la afluencia provenientes de otros estados al Distrito Federal, por lo que cuenta con una importante red carretera que conecta con la Ciudad de México a ciudades como Querétaro, Toluca, Puebla, Pachuca y Cuautla.

A nivel municipal, el mayor número de vehículos se encuentran en: Naucalpan de Juárez (18.7%), Toluca (13.1%), Tlalnepantla (12.8%), Ecatepec (9.7%) y Nezahualcóyotl (7.8%).

En el estado, se advierte un proceso de modernización de sus medios de comunicación, aunque no de igual magnitud al que acontece en el país, ya que mientras en éste último se observa una pérdida en importancia de los medios tradicionales (correo y telégrafos). Pero si hay un aumento considerable en oficinas y en medios de comunicaciones modernos (telefono y telex).

Como posible propuesta tenemos, el municipio de Tultepec y Tultitlan ubicados en el estado de México, algunas de las razones se dan a continuación:

#### TULTEPEC

- POBLACION (1980): 22,910
- PORCENTAJE DEL TOTAL ESTATAL: 0.30
- DENSIDAD POR Km<sup>2</sup>: 1,023.53
  
- CENTRO DE FUERTE ATRACCION (1970-1980)
  
- INDICE DE BIENESTAR SOCIAL: 21.787
  
- INDICE DE DELINCUENCIA: BAJO
  
- NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS (1985): 284
  
- PERSONAL OCUPADO (TOTAL): 853
- REMUNERADO: 454
- NO REMUNERADO: 399

INDUSTRIA MANUFACTURERA: 31  
COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES: 198  
SERVICIOS COMUNALES: 54

#### **TULTITLAN**

- POBLACION (1980): 136,829
- PORCENTAJE DEL TOTAL ESTATAL: 1.81
- DENSIDAD POR Km<sup>2</sup>: 1,431.93
  
- CENTRO DE FUERTE ATRACCION (1970-1980)
  
- INDICE DE BIENESTAR SOCIAL: 26.971
  
- INDICE DE DELINCUENCIA: BAJO
  
- NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS (1985): 2,247
  - PERSONAL OCUPADO: 29,475
  - REMUNERADO: 26,671
  - NO REMUNERADO: 2,804
  - MINERIA Y PETROLEO: 2
  - INDUSTRIA MANUFACTURERA: 304
  - ELECTRICIDAD, LUZ Y AGUA: 3
  - CONSTRUCCION: 10
  - COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES: 1,419
  - TRANSPORTES: 23
  - SERVICIOS FINANCIEROS: 18
  - SERVICIOS COMUNALES: 468

#### **SUPERFICIE**

Superficie territorial por el uso de suelo:

#### **TULTEPEC**

- HECTAREAS TOTALES (1988): 1,902
  - INDUSTRIAL: 35.7
  - URBANO: 450

#### **TULTITLAN**

- HECTAREAS TOTALES (1988): 5,597.5
  - INDUSTRIAL: 537.7
  - URBANO: 1789.6

#### **SERVICIOS**

#### **TULTEPEC**

- INDICADORES DEL NIVEL DE VIDA

TASA DE VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA: 13.53  
TASA DE VIVIENDA SIN AGUA ENTUBADA: 9.56  
TASA DE VIVIENDA SIN TUBERIA DE DRENAJE: 59.98  
TASA DE VIVIENDA SIN ENERGIA ELECTRICA: 11.06

**DRENAJE**  
- VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS POR DISPONIBILIDAD DE

(1990)

TOTAL: 9.008  
DISPONIBLE DE DRENAJE  
  CONECTADO A LA CALLE: 5,575  
  CONECTADO A FOSA SEPTICA: 1,044  
  CON DESAGUE AL SUELO, A RIO O LAGO: 318  
NO DISPONE DE DRENAJE: 2,003  
NO ESPECIFICADO: 68

- VOLUMEN DE AGUA POTABLE SUMINISTRADA (1990)

TOTAL: 2,268,216  
FEDERAL: 2,268,216

- UNIDADES MEDICAS EN SERVICIO (1988)

TOTAL: 2  
CONSULTA EXTERNA: 2

**TULTITLAN**

- INDICADORES DEL NIVEL DE VIDA

TASA DE VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA: 5.4  
TASA DE VIVIENDA SIN AGUA ENTUBADA: 7.08  
TASA DE VIVIENDA SIN TUBERIA DE DRENAJE: 35.09  
TASA DE VIVIENDA SIN ENERGIA ELECTRICA: 3.71

- PLANTAS DE GENERACION DE SERVICIO PUBLICO

JORGE LUQUE  
  POTENCIAL REAL INSTALADO (KW): 224,000  
JORGE LUQUE I (LECHERIA)  
  POTENCIAL REAL INSTALADO (KW): 138,000

**DRENAJE**  
- VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS POR DISPONIBILIDAD DE

(1990)

TOTAL: 49,693  
DISPONIBLE DE DRENAJE  
  CONECTADO AL DE LA CALLE: 37,213  
  CONECTADO A FOSA SEPTICA: 2,917  
  CON DESAGUE AL SUELO, A UN RIO O LAGO: 671  
NO DISPONIBLE DE DRENAJE: 8,409  
NO ESPECIFICADO: 483

- VOLUMEN DE AGUA SUMINISTRADA

TOTAL: 19,865,062  
FEDERAL: 11,160,966  
ESTATAL: 8,704,096

- UNIDADES MEDICAS EN SERVICIO
- TOTAL: 8
- CONSULTA EXTERNA: 8

**VIAS DE COMUNICACION**

**TULTEPEC**

- OFICINAS POSTALES: 3
- LINEAS Y APARATOS DEL SERVICIO TELEFONICO
- LINEAS: 870
- APARATOS TELEFONICOS: 1,879
- LONGITUD DE LA RED DE CARRETERAS POR JURISDICCION Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO
- TOTAL: 6
- ESTATAL PAVIMENTADA: 6
- VEHICULOS REGISTRADOS
- AUTOMOVIL DE SERVICIO PUBLICO (TAXI): 39
- CAMIONETA DE SERVICIO PARTICULAR: 862
- CAMIONETA DE CARGA A SERVICIO PUBLICO: 1
- OMNIBUSES DE SERVICIO PARTICULAR: 2
- OMNIBUSES DE SERVICIO PUBLICO: 94

**TULTITLAN**

- OFICINAS POSTALES: 6
- LONGITUD DE LA RED DE CARRETERAS POR JURISDICCION Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO
- TOTAL: 10
- ESTATAL PAVIMENTADA: 10
- VEHICULOS REGISTRADOS
- AUTOMOVIL DE SERVICIO PUBLICO (TAXI): 224
- CAMIONETA SERVICIO PARTICULAR: 2,201
- CAMIONETA DE CARGA SERVICIO PUBLICO: 8
- OMNIBUS SERVICIO PARTICULAR: 6
- OMNIBUS SERVICIO PUBLICO: 7

**CONDICIONES AMBIENTALES**

**TULTEPEC**

99o07'41'                      19o41'06'                      2250

**TULTITLAN**

99o10'10'

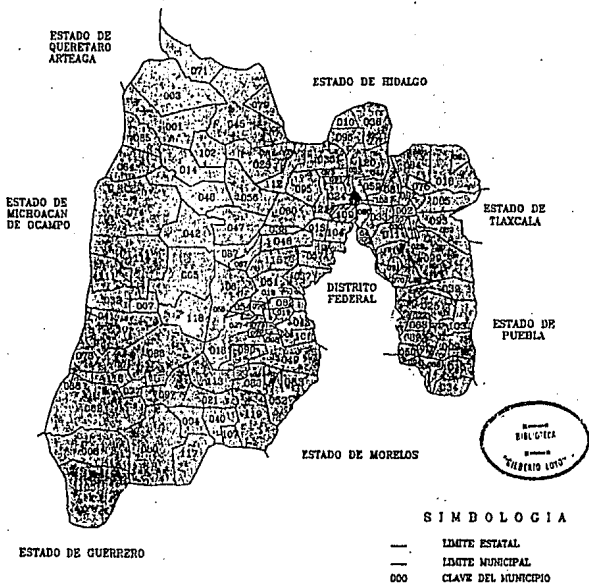
19o38'42'

2300

Clima templado con una superficie en el estado del 68%, su temperatura media anual es de 12o a 18o C con una precipitación entre 600 mm y 800 mm.

Con base en los estudios anteriores, llegamos a la conclusión que el lugar propicio para el establecimiento de la planta productora de Nonilfenol es el Municipio de Tultitlan.

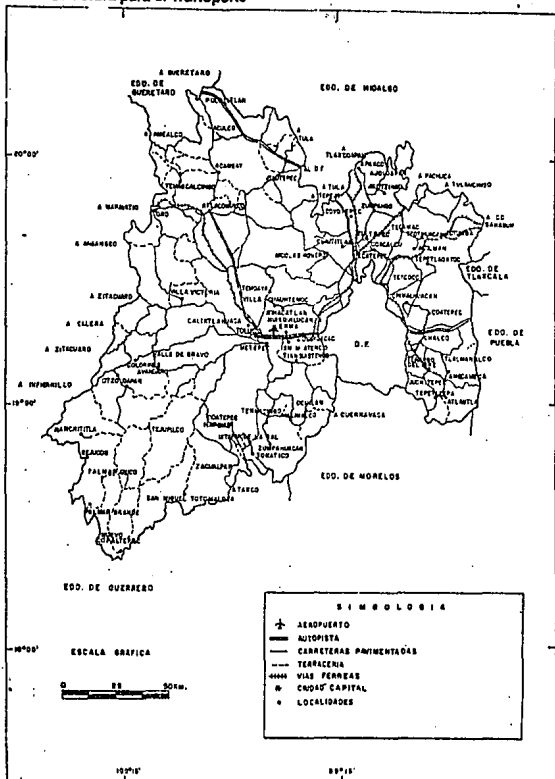
# ESTADO DE MEXICO DIVISION MUNICIPAL, 1990



INEGI

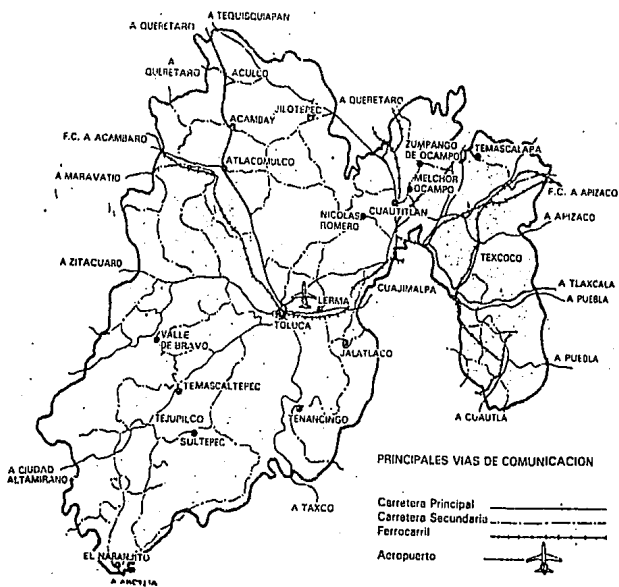


# Infraestructura para el Transporte

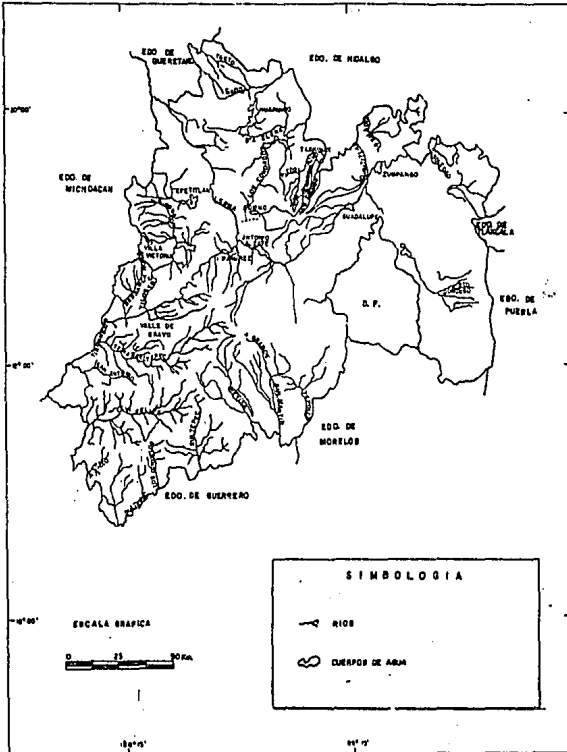


FUENTE: INEGI, Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de México; Carta Topográfica. Escala 1:500,000. 1961.

MEXICO: RED DE CAMINOS 1984.



# Hidrografía



FUENTE: INEGI, Oficina Geográfica, Nomenclador y Área Cartográfica del Estado de México; Carta Hidrológica Superficial. Escala 1:500,000, 1981.

**TECNOLOGIAS:  
DESCRIPCION  
Y SELECCION**

#### 4.1 DESCRIPCION DE FABRICACION DE NONILFENOL DE ACUERDO A PATENTE RUMANA

##### INTRODUCCION

Este invento presenta un proceso de fabricaci3n de nonilfenol a partir de fenol, mezclado con noneno en un flujo continuo en presencia de una resina de intercambio de tipo cop3lmero estireno divinilbensulf3nico con una temperatura de 90°C a 130°C con una relaci3n molar de 1.5 3 2.5 a 1.

Esta manera de fabricar nonilfenol principalmente alquilando fenol con noneno en presencia de catalizadores homog3neos como una mezcla de diferentes 3cidos: 3cido sulf3rico, 3cido fluorh3drico, 3cido bensulf3nico, 3cido dodecilbensulf3nico, trifloruro de boro o en presencia de catalizadores heterog3nos como las resinas de intercambio i3nico.

Para este procedimiento se debe tener un especial cuidado para elegir los matriales de construcci3n, debido a la alta corrosi3n de los catalizadores que se utilizan para la reacci3n.

El procedimiento conforme al invento; su principal desventaja es que no se puede mantener constante la temperatura del reactor desde el inicio de la reacci3n hasta el fin de la misma, se recircula el 50% del flujo, haci3ndolo pasar a trav3s de la resina, posteriormente viene el paso de destilaci3n con el fin de separar el fenol en exceso no reaccionado y as3 poder separarlo del producto con una pureza del 98%, se filtra con NaOH al 40% para obtener 3sta pureza.

A continuaci3n se presenta un ejemplo de la producci3n de nonilfenol, conforme al invento aqu3 expuesto, de acuerdo a la figura 4.1, en el tanque de almacenamiento de fenol 1a se conecta a la l3nea para suministrar el fenol al proceso por medio de la bomba 2a y para conocer el flujo del tanque de almacenamiento se tiene un indicador de flujo que va desde 1250 a 2000 l/h de fenol necesario para la reacci3n que tiene una raz3n molar de 2:1 .El noneno es suministrado desde el tanque de almacenamiento 1b a trav3s de la bomba 2b y se regula con el indicador de flujo 3b con un flujo de 800 l/h y se env3a a un precalentador 4a.

El noneno proveniente del tanque de almacenamiento 1b se encuentra en las siguientes condiciones:

Temperatura de 20°C a 25°C y una densidad a 20°C de .740 g/ml y su intervalo de destilaci3n es de 130°C a 176 °C.

El fenol tiene las siguientes condiciones de almacenamiento:

Temperatura de 50°C a 60°C y se debe incrementar de 80°C a 90°C en un precalentador 4b y se calentará hasta una temperatura de 110°C a 120°C y se alimentará al reactor 5.

El reactor es de tipo cilíndrico vertical, en él se encuentra un catalizador llamado VIONIT CS<sub>30</sub> y se recircula el 50% del flujo por este catalizador.

Para el precalentamiento del catalizador se hace pasar un flujo de fenol a una temperatura de 80°C en el reactor 5 por un tiempo de 6 hr, eso ocasiona un aumento en el volumen del catalizador del 40%.

Para hacer esta operación se utiliza la bomba 2e que se utiliza principalmente para hacer pasar la mezcla a través del catalizador y así llevar a cabo la reacción en el reactor 5, parte de esta alquilación se lleva de la temperatura de 125 C a 135 C esta temperatura se logra por medio de un intercambiador 4a y al término de la reacción se envía el producto al tanque de almacenamiento 6a por medio de la bomba 2e esto hasta que el análisis en el reactor 5, indique contener de 1 a 3% de noneno, 30 a 35% de fenol, 60 a 65% de nonilfenol y de 2 a 3% de dinonilfenol y se envía al tanque de almacenamiento 6a, como ya se había mencionado anteriormente, este tanque tiene una capacidad de 35 m<sup>3</sup> y se bombea con la bomba 2d para enviarlo al tanque de destilación 7a y destile junto con la torre destiladora a platos de 12 unidades 7b con un condensador 8 y un tanque receptor de condensados 9.

Por medio de la bomba 2e se recircula para obtener una razón de flujo igual a 2.5:1. Parte del fenol destilado se envía al tanque de almacenamiento 6a y la otra parte se deja destilar hasta tener una composición del 92% de nonilfenol para posteriormente enviarlo al tanque de almacenamiento 6d.

En un recipiente 6c que contiene una solución de hidróxido de sodio al 40% en peso, se introduce al destilador 7a para estabilizar el color del nonilfenol.

El nonilfenol producido tiene las siguientes características: Tiene un color de 60 grados Hazen, índice de oxidrol de 250 mgKOH/g y una viscosidad a 20°C de 1700 cp.

Del destilador 7a se transporta al tanque de almacenamiento 6d por medio de la bomba 2f.

Ventajas conforme al invento anteriormente descrito:

- Mantener la temperatura constante principalmente en la recirculación del efluente.

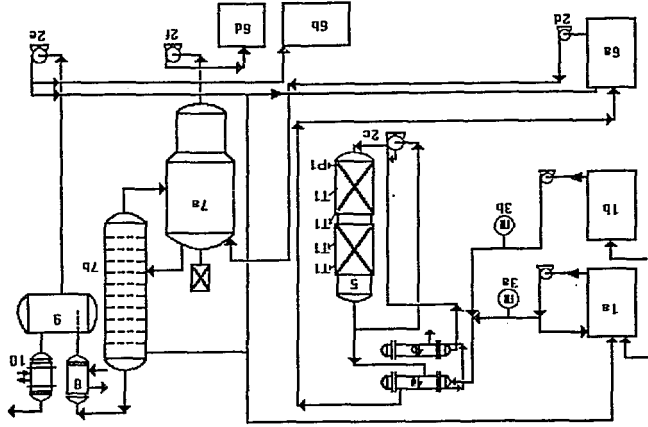
- La reacción de alquilación es realizada dentro de un reactor de relativa construcción sencilla.

## LISTA DE EQUIPO

Nº DE EQUIPO	DESCRIPCION
1a	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA FENOL TIPO: ATMOSFERICO MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 30 m <sup>3</sup>
1b	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA NONENO TIPO: ATMOSFERICO MATERIAL: ACERO AL CARBON CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup>
2a	BOMBA PARA FENOL TIPO: CENTRIFUGA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr
2b	BOMBA PARA NONENO TIPO: CENTRIFUGA MATERIAL: ACERO AL CARBON CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr
5	REACTOR TIPO: CILINDRICO VERTICAL MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup>
2c	BOMBA DE RECIRCULACION TIPO: CENTRIFUGA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup> /hr
4a	PRECALENTADOR TIPO: TUBOS Y CORAZA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 22 m <sup>2</sup>
4b	INTERCAMBIADOR TIPO: TUBOS Y CORAZA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 25 m <sup>2</sup>
6c	TANQUE CONTENEDOR DE SOSA TIPO: CILINDRICO VERTICAL MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 0.2 m <sup>3</sup>
7a	TANQUE DESTILADOR TIPO: CILINDRICO VERTICAL

- MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 15 m<sup>3</sup>
- 7b COLUMNA CATALIZADORA  
TIPO: PLATOS  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 13 m<sup>3</sup>
- 9 TANQUE DE FENOL CONDENSADO  
TIPO: CILINDRICO HORIZONTAL  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 15 m<sup>3</sup>
- 2e BOMBA DE FENOL DESTILADO  
TIPO: CENTRIFUGA  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>/hr
- 6a TANQUE INTERMEDIO DEL PRODUCTO  
TIPO: CILINDRICO VERTICAL  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 20 m<sup>3</sup>
- 2f BOMBA DE NONILFENOL  
TIPO: CENTRIFUGA  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>/hr
- 8 TANQUE DE CONDENSADOS  
TIPO: CILINDRICO VERTICAL  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 0.2 m<sup>3</sup>
- 6b TANQUE DE FENOL DESTILADO  
TIPO: CILINDRICO VERTICAL  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 10 m<sup>3</sup>
- 6d TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONILFENOL  
TIPO: ATMOSFERICO  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 50 m<sup>3</sup>
- 2d BOMBA DE SUBPRODUCTO  
TIPO: CENTRIFUGA  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>/hr





## 4.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION DE NONILFENOL DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE HULS

### INTRODUCCION

HULS es el mayor productor de nonilfenol y alquilfenoles en el oeste de Europa con plantas que operan con una capacidad anual de 50 000 toneladas.

El proceso lo obtenemos a traves del trifloruro de boro y otros complejos con el fenol o èsteres que son recomendados como catalizadores para la alquilaciòn de fenol (y los crisoles) con diisobutano y con otras olefinas pesadas, la reacciòn se lleva a cabo a una temperatura de 50 C a 85 C y de 1 a 2% de trifloruro de boro que es propicio para la producciòn BATCH.

El proceso se puede llevar a cabo en un reactor tipo cilindrico vertical (Reactor), donde el trifloruro de boro cataliza el proceso.

A partir de una mezcla de fenol y noneno con una relaciòn molar de 1.7:1, es precalentada hasta 70 C, se mezcla con un agitador tipo propela, hasta que la relaciòn de este proceso estè por debajo de tres masas unitarias por una masa unitaria de catalizador.

El producto es bombeado al segundo reactor (Lavador) y sale a una temperatura de 120 C y es enfriado hasta los 100 C. Este segundo reactor (Lavador) es con el fin de extraer el catalizador (El trifloruro de boro) y se extrae con agua caliente o con una soluciòn de amonio.

La temperatura de reacciòn que sale del segundo reactor (Lavador), es por debajo de los 125 C. Las composiciones en % en peso del producto, despuès del primer y segundo paso son:

	REACTOR	LAVADOR
NONENO	28.9	3.8
FENOL	46.1	27.5
NONILFENOL	22.4	65.8
DINONILFENOL	2.6	2.0

El producto que sale del segundo reactor es calentado para purificarlo por medio de una destilaciòn al vacio,

recuperando el fenol y el noneno no reaccionado como destilado y nonilfenol como residuo.

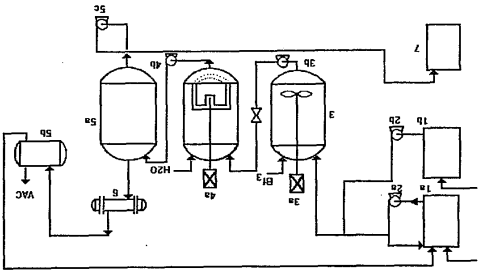
De èsta manera se puede obtener nonilfenol con una eficiencia de 95% del proceso y una pureza del 98%.

#### LISTA DE EQUIPO

Nº DE EQUIPO	DESCRIPCION
1a	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA FENOL TIPO: ATMOSFERICO MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 30 m <sup>3</sup>
1b	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA NONENO TIPO: ATMOSFERICO MATERIAL: ACERO AL CARBON CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup>
2a	BOMBA PARA FENOL TIPO: CENTRIFUGA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr
2b	BOMBA PARA NONENO TIPO: CENTRIFUGA MATERIAL: ACERO AL CARBON CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr
3	REACTOR PARA NONILFENOL TIPO: CILINDRICO VERTICAL MATERIAL: ACERO AL CARBON CON CERAMICA CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup>
4	TANQUE LAVADOR DE PRODUCTOS TIPO: CILINDRICO VERTICAL MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup>
5a	TANQUE DESTILADOR TIPO: CILINDRICO VERTICAL MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 15 m <sup>3</sup>
5b	TANQUE RECEPTOR DE FENOL DESTILADO TIPO: CILINDRICO HORIZONTAL MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 3.5 m <sup>3</sup>
6	CONDENSADOR HORIZONTAL TIPO: TUBOS Y CORAZA MATERIAL: ACERO INOXIDABLE CAPACIDAD: 25 m <sup>2</sup>

- 3b BOMBA DE PRODUCTO  
TIPO: CENTRIFUGA  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>/hr
- 7 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONILFENOL  
TIPO: ATMOSFERICO  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 50 m<sup>3</sup>
- 5c BOMBA DE NONILFENOL  
TIPO: CENTRIFUGA  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>/hr
- 3a AGITADOR  
TIPO: PROPELA  
MATERIAL: HASTELLOY C  
RPM: 56
- 3b AGITADOR  
TIPO: ANCLA  
MATERIAL: ACERO AL CARBON  
RPM: 50

PROCESO: HULS



### 4.3 DESCRIPCION DEL PROCESO ROHM AND HASS

#### INTRODUCCION

Esta planta tiene por objeto la producción de nonilfenol a partir de noneno. El catalizador utilizado es la resina Amberlyst No. 15, este catalizador tiene excelente resistencia al desgaste y gran selectividad a la reacción.

El polímero estructural del Amberlyst No. 15 es virtualmente inerte a los ácidos fuertes, a los álcalis concentrados, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, éteres y otros solventes comunes.

De esta manera, el catalizador de intercambio iónico puede realizar un gran número de reacciones además de esta reacción mencionada, pero no tiene una gran estabilidad a las altas temperaturas.

Puede utilizarse por prolongado tiempo, a temperaturas que giran alrededor de los 120 C, para periodos cortos de tiempo, la resina tolera hasta temperaturas de 150 C

La proporción en la que se lleva a cabo una reacción de fenol/noneno, es igual a 1.5, con el fin de asegurar una mayor pureza de nonilfenol y minimizar la formación del dinonilfenol (polialquilación).

#### REACCION Y DESTILACION

En este sistema es necesario eliminar el oxígeno presente para evitar el contacto con el producto, ya que de lo contrario el nonilfenol se torna a un color amarillento, esto se lleva a cabo haciendo un barrido de equipo y líneas con nitrógeno al inicio de la operación o después de que haya sido abierto el equipo. Se suministra fenol al reactor y se recircula a través de una columna catalítica, se precalienta a una temperatura de 70 C, a esta temperatura se inicia la dosificación de noneno.

La caída de presión en la columna, se debe controlar entre 1.8 - 2 kg/cm<sup>2</sup>. La temperatura a la salida de la columna catalítica es de 80 C a 82 C, es importante que la temperatura no suba a más de 85 C ya que podría causar daños a la resina. Una vez terminada la reacción, se purifica la mezcla por medio de una destilación al vacío en el mismo reactor y una columna empacada de anillos Rashing, y por medio también de un condensador horizontal y el fenol destilado se envía a un tanque receptor de fenol destilado; posteriormente se recircula al mismo reactor para completar la siguiente carga.

El producto (nonilfenol) es enviado del reactor 5 al área de almacenamiento pasándolo antes por un filtro, de esta

manera se obtienen purezas del nonilfenol arriba del 99.5% con una eficiencia del 99%.

#### LISTA DE EQUIPO

Nº DE EQUIPO	DESCRIPCION
A-201	REACTOR TIPO: CILINDRICO VERTICAL CAPACIDAD: 10 m <sup>3</sup> MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-202	COLUMNA CATALITICA TIPO: CILINDRICO VERTICAL CAPACIDAD: 1m <sup>3</sup> MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-217	COLUMNA EMPACADA TIPO: CILINDRICA VERTICAL EMPAQUE: ANILLOS RASHING CAPACIDAD: 0.5 m <sup>3</sup> MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-203	CONDENSADOR HORIZONTAL TIPO: TUBOS Y CORAZA CAPACIDAD: 25.7 m <sup>2</sup> MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-209	TANQUE DE FENOL DESTILADO TIPO: CILINDRICO VERTICAL CAPACIDAD: 3 m <sup>3</sup> MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-205	BOMBA DE RECIRCULACION TIPO: CENTRIFUGA CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup> /hr MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-204	FILTRO GAF TIPO: BOLSAS CAPACIDAD: 11.35 m <sup>3</sup> /hr MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-208	BOMBA PARA NONILFENOL TIPO: CENTRIFUGA CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr MATERIAL: ACERO INOXIDABLE
A-211	BOMBA PARA FENOL TIPO: CENTRIFUGA CAPACIDAD: 20 m <sup>3</sup> /hr MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

A-409 BOMBA PARA NONENO  
TIPO: CENTRIFUGA  
CAPACIDAD: 1.13 m<sup>3</sup>  
MATERIAL: ACERO AL CARBON

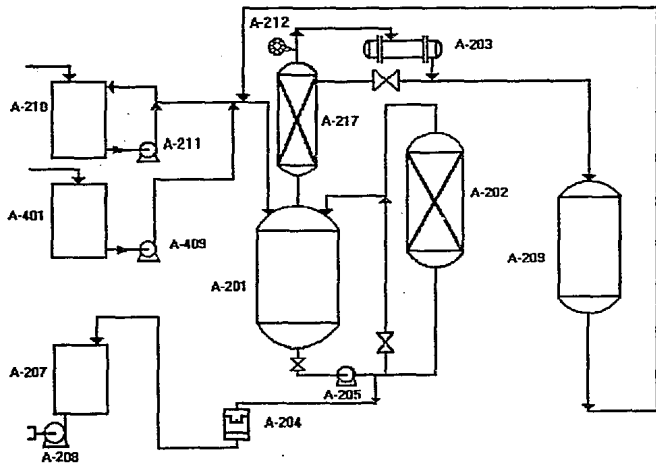
A-207 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONILFENOL  
TIPO: ATMOSFERICO  
CAPACIDAD: 50 m<sup>3</sup>  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

A-210 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE FENOL  
TIPO: ATMOSFERICO  
CAPACIDAD: 30 m<sup>3</sup>  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

A-401 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONENO  
TIPO: ATMOSFERICO  
CAPACIDAD: 50 m<sup>3</sup>  
MATERIAL: ACERO AL CARBON

A-212 BOMBA DE VACIO  
TIPO: MARCA BOSH  
CAPACIDAD: 260-550 m<sup>3</sup> A 20 MBAR  
MATERIAL: HIERRO FUNDIDO





PROCESO: ROHM AND HASS

EVALUACION DE TECNOLOGIAS  
PARAMETROS DE TECNOLOGIAS  
PLANTA DE NONILFENOL

PARAMETROS DE COMPARACION DE TECNOLOGIAS

PARAMETRO A EVALUAR	HULS	PAT. RUMANA	ROHM & HASS
PREISION KG/CM <sup>2</sup>	1-1.5	1.8-2.5	1.5-2
TEMPERATURA (°C)	50-85	90-130	70
CATALIZADOR	BF3	VIONIT CS30	AMBERLYST
RELACION DE ENERGIA PARA TRANS.MAT.PRIM	2	2	1
TOXICIDAD DE SUSTANCIAS	ALTA	BAJA	BAJA
TIPO DE PROCESO	BATCH	CONTINUO	BATCH
PRECIO DE MAT. PRIMA N\$/KG	FENOL:1.387 NONENO:2.17	FENOL:1.387 NONENO:2.170	FENOL:1.387 NONENO:2.17
PRECIO DEL CAT.N\$/KG	29	100	70
PURIFICACION	DESTILACIO AL VACIO	DESTILACIO AL VACIO	DESTILACIO
DISPONIBILIDAD DE M.P.	DISPONIBLE (IMPORTACI	DISPONIBLE (IMPORTACI	DISPONIBLE (IMPORTACI
EFICIENCIA %	95%	98%	99%
PUREZA DEL PRODUCTO %	98%	92%	99.7%
No.REACCIONES QUIMICAS	2	2	2

### EVALUACION DE TECNOLOGIAS

PARAMETRO A EVALUAR	HULS	PATENTE RUMANA	ROHM & HAS
OPERACIONES UNITARIAS	3	2	2
DÉSECHOS DEL PROCESO	DE DESTILACION	DE DESTILACION	DE DESTILACION
REQUERIMIENTO DE VAPOR	SI	SI	SI
No.DE MATERIAS PRIMAS	2	2	2
FASE DEL PROCESO	LIQUIDA	LIQUIDA	LIQUIDA
REQUERIMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	SI	SI	SI
ADICION DE OTRAS SUSTANCI	AGUA	NaOH	NITROGENO
SEGURIDAD	INSEGURO	SEGURO	SEGURO
RECUPERACION DEL CAT.	SI	SI	SI
FLEXIBILIDAD DEL PROCESO	NO	NO	SI
SUBPRODUCTOS	SI	SI	NO
PREPARACION ANTERIOR DE MAT. PRIM.	SI	SI	NO
RELACION DE ENERGIA ELEC. UTILIZADA	2	2	1

### CALIFICACION DE PARAMETROS

PARAMETRO A EVALUAR	CRITERIO Y ESCALA	HULS	PAT. RUM.	ROHM HASS
MATERIAS PRIMAS	PORCENTAJE: 20%			
DISPONIBILIDAD	MAS DISPONIBLE 0-3	3	3	3
PRECIO DE MAT. PRIMA N\$/KG	MAS BARATA 0-3	3	0	2
ADICION DE OTRAS SUSTANCI	NO EXISTA 0-1	1	0	1
No DE MATERIAS PRIMAS	MENOR No DE 0-1	1	1	1
RELACION DE ENERGIA PARA TRANSFORMAR M.	MENOR ENER 0-5	2	0	5
PREPARACION ANTERIOR DE M.P.	NO EXISTA 0-4	0	3	4
PRECIO DEL CATALIZADOR N\$	MENOR PRECI 0-3	3	0	1
	SUMA	13	7	17
CONDICIONES DE OPERACION Y PRO	PORCENTAJE 30%			
EFICIENCIA	MAYOR EFICI 0-4	1	3	4
PUREZA DEL PRODUCTO	MAYOR PUREZ 0-4	2	3	4
NUMERO DE REAC. QUIMICAS	MENOR No. 0-1	0	1	1
OPERACIONES UNITARIAS	MENOR No. 0-3	0	1	3
FASE DEL PROCESO	FASE LIQUIDA 0-1	0	1	3

### CALIFICACION DE PARAMETROS

PARAMETRO A EVALUAR	CRITERIO Y ESCALA	HULS	PAT. RUM.	ROHM HASS
RECUPERACION D CATALIZADOR	EXISTA 0-2	2	2	2
FLEXIBILIDAD DEL PROCESO	MAYOR FLEX. 0-3	0	0	1
SUBPRODUCTOS	MENOR No. 0-2	0	2	2
PRESION Kg/cm <sup>2</sup>	ATMOSFERIC 0-5	0	3	5
TEMPERATURA	MENOR TEMP 0-5	5	4	0
PURIFICACION	MENOR PURIFICACIO 0-5	0	1	2
	SUMA	10	21	27
SERVICIOS	PORCENTAJE: 20%			
ENERGIA ELEC. UTILIZADA	MENOR ENER 0-7	5	2	7
REQ. DE AGUA DE ENFRIAMIENT	MENOR 0-6	6	0	3
REQUERIMIENTO DE VAPOR	MENOR 0-7	0	5	7
	SUMA	11	7	17
SEGURIDAD Y ECOLOGIA	PORCENTAJE: 30%			
TOXICIDAD DE LA SUSTANCIAS	MENOR TOXICI 0-7.5	0	3	7.5
DESECHOS DEL PROC. Y TRAT.	MENORES DES 0-7.5	0	3	7.5
SEGURIDAD	MAYOR SEGU 0-15	5	15	10
	SUMA	5	21	25
	TOTAL	39	56	86

De acuerdo a las matrices de comparación de tecnologías proporcionadas por el Centro para la Innovación Tecnológica por el Ing. Enrique Medellín Cabrera, Jefe del Departamento de Altas Tecnologías y al Doctor Enrique Soyeiro, damos por concluido que la tecnología en aspecto técnico mas adecuada es la proporcionada por Rohm & Hass debido al más alto puntaje obtenido dentro de las otras tecnologías.

A partir de ésto, vamos a desarrollar un perfil de ingeniería para ésta tecnología.

#### Ventajas de la Tecnología Rohm & Hass

Las resinas de intercambio iónico son catalizadores efectivos para éste tipo de reacciones, y presentan las sig. ventajas:

1.-Puede separarse realmente el producto de reacción de la resina de intercambio iónico utilizada como catalizador.

2.-El producto de la reacción no es contaminado por la resina catalítica de intercambio iónico y requiere una muy pequeña purificación.

3.-La resina de intercambio iónico es más selectiva que aquellos sistemas catalizados homogéneamente.

4.-La resina catalítica de intercambio iónico es más eficiente y da subproductos mínimamente.

5.-La resina catalítica puede reusarse más veces.

6.-En los sistemas en que se usa la resina de intercambio iónico, son menos corrosivos comparados con sistemas en los que se usan sustancias ácidas como  $H_2SO_4$  y HCl.

7.-La resina que se aplica a sistemas heterogéneos son más controlables que en aquellas que se llevan a cabo en medios homogéneos.

8.-Los productos de reacción de éste tipo de sistemas, no necesitan neutralización como en aquellos que se usan bases o ácidos como catalizadores.

9.-En muchas ocasiones el uso de la resina catalítica de intercambio iónico, resulta de menores costos que si se utiliza catalizadores solubles (homogénea).

10.-Precisamente son más recomendables y más seguras las resinas de intercambio iónico que aquellos sistemas efectuados homogéneamente.

11.-Una desventaja consiste en no sobrepasar las temperaturas de descomposición de las resinas de intercambio iónico, las catiónicas tienen un límite de temperatura debajo de 125°C y las aniónicas alrededor de los 60°C.

**EVALUACION  
DEL PROCESO  
Y PERFIL DE  
INGENIERIA**



## 5.1 BASES DE DISEÑO

### A) Descripción del proceso.

Esta planta tiene como objetivo la producción de nonilfenol. Pertenecer a la industria petroquímica secundaria.

Es un proceso batch en la etapa de reacción y posteriormente se realiza la destilación.

Las especificaciones y condiciones del producto se dan en el capítulo de propiedades.

Dentro de los subproductos se obtiene el dinonilfenol el cual es una cantidad relativamente baja.

La capacidad de producción de ésta planta es de 3760 ton/año, produciéndose 4.35 ton/lote (3 lotes diarios).

El factor de servicio de la planta será aproximado al 96 %.

El servicio es intermitente con una duración de 7 horas.

Dentro de los sistemas de emergencia, debe contarse con una red contra incendio, alarma y salidas de emergencia.

Dentro de los sistemas de protección al personal se consideran lentes de seguridad, guantes y máscaras de protección, equipo necesario para primeros auxilios y en particulares en operaciones de almacenamiento de materias primas y descarga de producto.

### B) Datos del lugar de instalación de la Planta.

Se tiene una población de 269,000 hab en el municipio de Tultitlán, Edo. de México. La temperatura promedio anual es de 18 C teniéndose la máxima temperatura de 25 °C y una mínima de 12°C

La precipitación pluvial es de 600/800 mm.

La zona cuenta con una planta generadora de energía eléctrica a la cual se le comprará el servicio en el parque industrial.

Se tiene disposición de agua potable con un flujo de 19,865,000 m<sup>3</sup>/año.

Entre las vías de acceso y comunicación se tiene una carretera estatal pavimentada con una longitud de 10 km., también está en proceso de construcción una carretera de uso industrial para el parque.

El aeropuerto internacional más cercano es el aeropuerto Benito Juárez de la Ciudad de México y el de Toluca. También por esa zona hay pequeñas pistas de aterrizaje para aeronaves pequeñas.

El puerto marítimo más cercano es el de Veracruz.

Existen 870 líneas telefónicas (1879 aparatos).

#### *C) Necesidades de Servicio*

Se utiliza vapor de media de 6 Bar, con un gasto aproximado de 674.2 lb/hr.

Se utiliza vapor de alta de 16 Bar, con un gasto aproximado de 260 lb/hr.

Se usa agua de enfriamiento con un gasto aproximado de 5533 lb/hr.

Se va utilizar nitrógeno, aire de planta y para instrumentación y agua de calentamiento para el almacenamiento de fenol.

Dentro de los combustibles se usará gas natural.

#### **BASES DE INGENIERIA ELECTRICA.**

La fuente de suministro es la planta Jorge Luque I, que se encuentra en el mismo municipio de Tultitlán.

La tensión requerida es de 220 y 440 volts para planta, así como 110 volts para oficina, en tres fases con un frecuencia de 60 Hz. La acometida es subterránea.

Para la bomba de vacío cuya potencia es de 24 Kw, requiere 230/460 volts y tres fases. Las bombas centrífugas requieren una frecuencia de 60 Hz., tres fases y 220/440 volts.

#### **BASES DE DISEÑO PARA EQUIPO**

##### *A) Tanques y recipientes.*

Los codigos de diseño utilizados corresponden al ASTM.

Dentro de los aditamentos de seguridad se debe contar con indicadores y controladores de nivel, de presión y de temperatura, principalmente en la columna catalítica que contiene a la resina de intercambio ionico.

Los tanques del producto y fenol deben de ser de acero inoxidable, el tanque de almacenamiento de noneno será de acero al carbón.

El reactor en el cual se lleva acabo el proceso debe de ser de acero inoxidable.

La columna catalítica que contiene la resina de intercambio iónico también será de acero inoxidable al igual que la columna empacada cuyo empaque es de anillos Rashing de cerámica.

#### *B) Bombas.*

La bomba para nonilfenol debe de ser eléctrica a prueba de explosión, la bomba de vacío será de hierro fundido también eléctrica a prueba de explosión. La bomba para almacenamiento de fenol será enchaquetada debido a las propiedades del fenol.

La bomba de noneno será de acero al carbón con las mismas características que las anteriores.

Todas las bombas serán accionadas manualmente en campo.

#### *C) Intercambiadores de Calor.*

El condensador requerido es de coraza y tubos, será de acero inoxidable diseñado para una presión de 6 Bar.

El factor de incrustación para el diseño será aproximadamente del 50 %.

#### **BASES DE DISEÑO PARA TUBERIAS.**

Se emplearán soportes tipo U con aislamientos en las líneas de fenol y producto y vena de calentamiento para fenol.

No se requieren soportes especiales de altura. No se requieren trincheras para tubería.

La tubería es de acero inoxidable para la etapa de reacción y destilación del producto y de acero al carbón para el almacenamiento de noneno.

#### **SISTEMAS DE SEGURIDAD**

Se requiere una red contra incendio, normas y criterios para equipo móvil de las bombas de materia prima.

Se utilizan roceadores, no es necesario el uso de espuma.

Los contenedores tendrán las claves de seguridad según la NFPA así como los letreros de evacuación, de equipo de protección y de seguridad, de prevención y de alarma.

Dentro de la protección personal se contará con regaderas, lava-ojos, lentes de seguridad, botas, y mascarilla de protección.

### BALANCES DE MATERIA

FORMULA:	C6H6O		C9H18		C15H24O
NOMBRE:	FENO	+	NONE	----->	NONILFENOL(NF)
P.M.:	94		126		220

### RELACION MOLAR 1.5 FENOL/1 NONENO

$$3700 \text{ K (F)} + 3306 \text{ Kg (N)} \text{----->} 7006 \text{ Kg TOTAL DE MEZCL}$$

FORMULA:	C15H24O		C9H18		C24H42O
NOMBRE:	NONILFENO		NONE	----->	DINONILFENOL(DN)
P.M.:	220		126		346

### RESULTADO FINAL DE LA REACCION

NONENO:.....5%

DINONILFENOL:.....8%

$$(7006)(0.08) = 566.48 \text{ Kg DE DINONILFENOL}$$

DINONILFENOL		NONILFENOL
346	-----	220
560.48	-----	X

$$X = 356.37 \text{ Kg DE NONILFENOL}$$

DINONILFENOL		NONENO
346	-----	126
560.48	-----	X

$$X = 204.10 \text{ Kg DE NONENO}$$

NONENO UTILIZADO EN LA PRODUCCION DE NONILFENO

204.10 Kg

TOTAL DE NONENO NO UTILIZADO:

$$350.3 + 204.1 = 554.40 \text{ Kg}$$

NONENO REACCIONADO:

$$3306 - 554.40 = 2751.60 \text{ Kg o } 21.83 \text{ moles}$$

FENOL REACCIONADO

FENOL                      NONENO

94 ----- 126

X ----- 2751.60 Kg

$$X = 2052.78 \text{ Kg DE FENOL}$$

PERO DE ESTOA SE UTILIZAN:

$$3700 - 2052.78 = 1647.21 \text{ Kg DE FENOL}$$

POR LOTE SE PRODUCE DE NONILFENOL:

7006 Kg MEZCLA - 1647.21 Kg FENOL - 560.48 DNF - 350.3 Kg NO

TOTAL POR LOTE 4448.09 Kg DE NONILFENOL

CONCENTRACION FINAL DEL LOTE		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONILFEN	4448.09	63.48
NONENO	350.3	5.00
DINONILFE	560.48	8.00
FENOL*	1647.21	23.51
TOTAL	7006.00	100.00

$$*(3700 - 2052.78 = 1647.21)$$

### RESULTADO FINAL DE LA DESTILACION

NONENO:.....0.0%

FENOL:.....0.5%

AL INICIO DE LA DESTILACION: 7006 Kg DE MEZCLA

NONENO:.....350.30 Kg

FENOL:.....1647.21 Kg

MEZCLA TOTAL 7006 Kg - NONENO 350.30 Kg = 6655.70 Kg

1647.21 = A + B = FENOL EN MEZCLA SIN DESTILAR

A = FENOL DESTILADO

B = FENOL REMANENTE

$$1647.21 - A = B$$

$$6655.70 - A = C$$

C = CONTENIDO EN EL REACTOR A-201 AL FINAL DE LA DESTILA

$$(C)(0.005) = B$$

$$6655.70 - A = B / 0.005$$

$$B = 33.27 - (A)(0.005)$$

$$1647.21 - A = 33.27 - (0.005)(A)$$

$$1613.94 = (0.995)(A)$$

A = 1622.05 Kg DE FENOL DESTILADO

B = 25.15 Kg DE FENOL REMANENTE

CONCENTRACION FINAL DEL RESID		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONILFENO	4225.60	87.82
NONENO	0.0	0.00
DINONILFENO	560.48	11.64
FENOL	25.15	0.52
TOTAL	4811.23	100.00

\*95 % DE NONILFENOL EN RESIDUO

CONCENTRACION FINAL DEL DESTILADO		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONENO	350.30	15.96
FENOL	1622.05	73.90
NONILFENO	222.40	10.04
TOTAL	2194.75	100.00

\*5 % DE NONILFENOL DESTILADO

CALCILO PARA REVISION DE CANTIDAD DE FENOL Y NONENO  
A ADICIONAR A LAS SIGUIENTES CARGAS:

SI REGRESO TODO EL FENOL DESTILADO

TOTA -----> NONE -----> FENO -----> NONILFENOL  
2194.75      350.30      1622.05      222.40

LOTE:

3700 Kg DE FENOL

3306 Kg DE NONENO

$3700 - 1622.05 = 2077.95$  Kg DE FENOL NUEVO

$3306 - 350.30 = 2955.70$  Kg DE NONENO NUEVO

MEZCLA TOTAL

$2955.70 + 2077.95 + 2194.75 = 7228.40$  Kg

RESULTADO FINAL DE LA REACCION

NONENO:.....5%

DINONILFENOL:.....8%

$7228.40 \text{ Kg} (0.05) = 361.42$  Kg DE NONENO

$7228.40 \text{ Kg} (0.08) = 578.27$  Kg DE DININILFENOL



DINONILFENOL      NONILFENOL  
 346 ----- 220  
 578.27 ----- X  
 X = 367.68 Kg DE NONILFENOL

DINONILFENOL      NONENO  
 346 ----- 126  
 578.27 ----- X  
 X = 210.58 Kg DE NONENO

UTILIZADO PARA LA PRODUCCION NONILFENOL  
 367.68 Kg DE NONILFENOL - 222.40 = 145.28 Kg DE NONILFENOL  
 PRODUCIDO EN ESTA SEGUNDA CARGA

NONENO "NO UTILIZADO" EN LA PRODUCCION DE NONILFENOL:

364.42 + 210.58 = 572.00 Kg DE NONENO

NONENO NO REACCIONADO:

3306 - 572.00 = 2734.00 Kg DE NONENO

FENOL                      NONENO  
 94 ----- 126  
 X ----- 2734.00 Kg  
 X = 2039.65 Kg DE FENOL

PERO DE ESTOS SE UTILIZAN:

3700 Kg - 2039.65 Kg = 1660.35 Kg DE FENOL

7228.40 Kg MEZCLA - 1660.35 Kg FENOL - 578.27 DNF - 361.42 Kg NONE

CONCENTRACION FINAL DEL		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONILFEN	4628.35	63.03
NONENO	361.42	5.00
DINONILFE	578.27	8.00
FENOL*	1660.35	22.96
TOTAL	7006.00	100.00

\*(3700 - 2039.65 = 1660.35 Kg)

## RESULTADO FINAL DE LA DESTILACION

NONENO:.....0.0%

FENOL:.....0.5%

CONSIDERO AL FINAL DE LA DESTILACION:

NONENO:.....0.0%

FENOL:.....0.0%

NONILFENOL:.....10.0%

MEZCLA FINAL = 7228.40 - 361.42 = 6866.93 Kg

$$6866.93 - A - C = R$$

(FENOL Y NONILFENOL EN A-201 DESTILADO + REMANENTE):

$$6866.93 - 578.27 = 6288.65 \text{ Kg}$$

$$6288.65 = D + B + A + C$$

$$B = (0.005)(R) ; R = 200$$

DE = DESTILADO

$$DE = 361.42 + A + (0.1)(DE)$$

$$DE = (361.42 + A)/(0.9)$$

$$DE = 361.42 + A + C$$

$$C = (0.1)(DE) = (0.1)(36.2 + A + C)$$

$$C = 36.14 + 0.1(A) + (0.1)(C)$$

$$C = (36.14 + (0.1)(A))/(0.9)$$

$$R = 6866.65 - A - (36.14 + A \cdot 0.1)/0.9$$

$$R = 6866.65 - A - 40.15 - (0.11)(A)$$

$$A = ((6826.5 - R)/1.11) - 6197.96 - (0.9)R$$

$$A = 6197.96 - (180)B$$

$$1660.35 = 6197.96 - (180 \cdot B) + B$$

$$B = (4537.61)/179 = 25.34$$

B = 25.34 Kg DE FENOL REMANENTE

A = 1635.00 Kg DE FENOL DESTILADO

$$R = (200)(B) = 5068.3$$

$$5868.3 = 6866.65 - 1635.00 - C$$

C = 163.65 Kg DE NONILFENOL DESTILADO

D = 4464.70 Kg DE NONILFENOL REMANENTE

CONCENTRACION FINAL DEL RESID		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONILFEN	4464.70	88.04
NONENO	0.0	0.00
DINONILFE	560.48	11.40
FENOL	25.34	0.50
TOTAL	5068.30	100.00
CONCENTRACION FINAL DEL DESTILA		
NOMBRE	Kg	% PESO
NONENO	361.42	16.52
FENOL	1635.00	74.75
NONILFEN	190.67	8.71
TOTAL	2187.09	100.00

CALCULO PARA REVISION DE CANTIDAD DE FENOL Y NONENO A LAS CARGAS SIGUIENTES:

SOLO CON 1000 Kg DE DESTILADO

NONENO (16.17%)----- 161.7 Kg  
 FENOL (73.82%)----- 738.2 Kg  
 NONILFENO (10%)----- 1000 Kg

LOTE: 3700 Kg DE FENOL  
 3306 Kg DE NONENO

NONENO:

3306 - 161.7 = 3144.30 Kg DE NONENO NUEVO  
 FENOL

3700 - 738.20 = 2961.80 Kg DE FENOL NUEVO

LOTE FINAL:

3144.30 Kg + 2961.8 Kg + 1000 Kg = 7106.11 Kg DE MEZCLA

## CALCULO DE LA CAPACIDAD REAL

DIAS DE OPERACION	365/AÑO
DOMINGOS	-52/AÑO
DIAS DE VACACIONES	-6/AÑO
DIAS FESTIVOS	-7/AÑO
	<u>300 DIAS/AÑO</u>
OPERABILIDAD DE 96%	-12 DIAS/AÑO
TOTAL DE OPERABILIDAD	<u>288 DIAS/AÑO</u>

EN PROMEDIO SE PRODUCEN 4.350 TON/LOTE DIA  
SE PRODUCIRAN 3 LOTÉS POR DIA = 13.05 TON/DIA

PRODUCCION DIARIA = 13.05 TON

PRODUCCION POR AÑO = 288 DIAS/AÑO \* 13.05 TON/DIA = 3760 TON/AÑO

### CALCULO DE EQUIPO

#### A) CALCULO DEL REACTOR A-201

DEL BALANCE DE MATERIA:

CARGAS TOTALES POR LOTE AL REACTOR:

MATERIAS PRIMAS	W(Kg)	(W/WT)	D(Kg/m <sup>3</sup> )
NONENO	3306	0.4718	740
FENOL	3700	0.5281	1100
MASA TOTAL (wt)	7006		

### VOLUMEN DE LA CARGA

$$V = WT/D$$

$$DP = XN \cdot DN + XF \cdot DF \quad \text{DONDE} \quad XN = \text{FRACCION DE NONENO}$$

$$DP = 0.4718 \cdot 740 + 0.5281 \cdot 1100 \quad XF = \text{FRACCION DE FENOL}$$

$$DP = 930 \text{ Kg/m}^3$$

$$DN = \text{DENSIDAD DE NONENO}$$

$$DF = \text{DENSIDAD DE FENOL}$$

$$V = 7006 / 930 = 7.532 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL REACTOR DANDO UN MARGEN DE 25%

$$V = 7.532 \cdot 1.25 = 9.416 \text{ m}^3$$

EL REACTOR SERA DE 10 m<sup>3</sup>

ESPECIFICACIONES:

CAPACIDAD: 10 m<sup>3</sup>

TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C

PRESION DE OPERACION: 20 Kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL DE CONSTRUCCION ACERO INOXIDABLE TIPO 316

B) CALCULO DEL CONDENSADOR PARA FENOL A-203

CARGA CALORICA:

$$\text{FENOL} = 3632 \text{ lb/4 hr} = 908 \text{ lb/hr}$$

CALOR INCLUYENDO EL CAMBIO DE FASE:

$$Q = 908(C_p \cdot T(110^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C})) + 908(C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(110^\circ\text{C})) + \text{LANDA} = \text{CALOR LATENTE}$$

$$Q = 908(256.9 - 253.17) + 908(66.21 - 34.24) + 908(253.17 - 66.21)$$

$$Q = 202,175.28 \text{ BTU/hr CALOR NECESARIO PARA CONDENSAR A EL FE}$$

DIFERENCIA MEDIA LOGARITMICA DE TEMPERATURA:

	FLUIDO FRIO	FLUIDO CALIE	DIFERENCIA
	FENOL	AGUA	
	110°C	60°C	50°C
	60°C	45°C	15°C
DIFE =	50°C	15°C	35°C

REALMENTE SE TIENEN 2 SECCIONES, UNA DE CONDENSACION Y OT DE SUBENFRIAMIENTO POR LO QUE:

$$W = Q / (C_p \cdot \Delta T); W = 202,175.28 / (1 \cdot 1.8 \cdot 15^\circ\text{C}) = 7487.97 \text{ lb/hr DE AGUA}$$

$$7487.97 \text{ lb/hr} \cdot (0.454 \text{ Kg/lb}) \cdot (\text{m}^3 / 990 \text{ Kg}) \cdot (\text{hr} / 60 \text{ min}) \cdot (264.5 \text{ GAL/m}^3) = 15.13$$

$$T_2 = (3632 / 7487.9 \cdot 1.8 \cdot 1) + 45 = 45.25 \text{ C}$$

	FLUIDO FRIO	FLUIDO CALIE	DIFERENCIA
	FENOL	AGUA	
	110°C (230°F)	45.25°C (113.45°F)	64.75°C (148.55°F)
	110 C°(230°F)	45.00°C (113.00°F)	65.00°C (149.00°F)
DIFE =	0	00.25°C (0.45°F)	00.25°C (0.45°F)

$$\text{LMTDc} = 149 - 148.55 = 148.77^\circ\text{F} = 64.87^\circ\text{C}$$

$$\ln(149/148.55)$$

PARA SUBENFRIAMIENTO:

	FLUIDO FRIO	FLUIDO CALIE	DIFERENCIA
	FENOL	AGUA	
	110°C (230°F)	60°C (140°F)	50°C (122°F)
	60°C (140°F)	45.25°C (113.45°F)	14.75°C (58.55°F)
DIFE =	50°C (122°F)	14.75°C (58.55°F)	35.25°C (63.45°F)

$$\text{LMTDs} = \frac{122 - 58.55}{\ln(122/58.55)} = 86.42^\circ\text{F} = 30.23^\circ\text{C}$$

$$\text{LMTD}_{\text{tot}} = \frac{3632 \cdot 149.77}{202175.28} + \frac{1685.44 \cdot 86.42}{202175.28} = 74.73^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD}_{\text{tot}} = 24^\circ\text{C}$$

$$\text{PARA UD} = 5 \text{ A } 7 \text{ BTU/hr F}$$

$$A = Q / \text{UD} \cdot \text{LM} \quad A = 202175.28 / 9 \cdot 74.73$$

$$A = 300.5 \text{ Ft}^2 = 27.5 \text{ m}^2$$

ESPECIFICACIONES:

CONDENSADOR A-203

TIPO: TUBOS Y CORAZA

AREA DE TRANSFERENCIA:  $27.5 \text{ m}^2$

TEMPERATURA DE DISEÑO:  $80^\circ\text{C}$

PRESION DE DISEÑO: 6 BAR

MATERIAL DE CONSTRUCCION: AC. INOX.316

C) CALCULO DE TANQUE DE FENOL DESTILADO A-209

TENEMOS UNA CARGA TOTAL DE 2194.75 Kg DE MEZCLA

CON UNA DENSIDAD PROMEDIO DE  $920 \text{ Kg/m}^3$

$$2194.75 \text{ Kg} / (920 \text{ Kg/m}^3) = 2.38 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL REACTOR DANDO UN MARGEN DE 25%

$$V = 2.38 \cdot 1.25 = 2.98 \text{ m}^3$$

EL REACTOR SERA DE UNA CAPACIDAD DE  $3 \text{ m}^3$

ESPECIFICACIONES:

TIPO: CILINDRICO VERTICAL

CAPACIDAD:  $3 \text{ m}^3$

TEMPERATURA DE OPERACION:  $60^\circ\text{C}$

PRESION DE OPERACION: 6 BAR

MATERIAL DE CONSTRUCCION: AC. INOX. 316

LA MEZCLA DE DESTILADO SALE A 60°C Y SE MANTIENE A 45°C YA QUE LA MAYORIA ES FENOL Y SI BAJA LA TEMPERATURA SE CRISTALIZA EL FENOL.

$$\text{NONENO} = 350.3 \text{ Kg} = 772.41 \text{ lb}$$

$$\text{FENOL} = 1622.05 \text{ Kg} = 3576.62 \text{ lb}$$

$$\text{NONILFENOL} = 222.40 \text{ Kg} = 490.39 \text{ lb}$$

$$Q = MN(C_p \cdot T(60^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(45^\circ\text{C})) + MF(C_p \cdot T(60^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(45^\circ\text{C})) + MNF(C_p \cdot T(60^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(45^\circ\text{C}))$$

$$Q = 772.41(52.16 - 39.12) + 3576.62(3434 - 24.95) + 490.39(52.83 - 38.68)$$

Q = 50595.70 BTU CALOR PARA MANTENES A EL FENOL A 60°C Y  
DESPUES ENVIARLO A EL REACTOR A-201

D) CALCULO DE LA COLUMNA CATALITICA A-202

RELACION CATALIZADOR = 1 Kg CATALIZADOR

CARGA 25 Kg CARGA TOTAL

NOTA: LA RELACION CAT/CARGA ES DADA POR TECNOLOGIA

SI: 7006 Kg CARGA = 280.24 Kg CATALIZADOR AMBERLIST

25 Kg CARGA

1 Kg CAT

DENSIDAD DEL CATALIZADOR = 0.4365 Kg/lt

VOLUMEN DE CATALIZADOR:

$$V = 280.24 \text{ Kg} (\text{lt}/0.4365 \text{ Kg}) = 642 \text{ lt} = 0.642 \text{ m}^3$$

DEACUERDO A LA TECNOLOGIA EL CATALIZADOR AMBERLIST 15 A 40% SU VOLUMEN AL ENTRAR EN CONTACTO CON LA MATERIA PRI

$$V = 0.642 \cdot 1.40 = 0.898 \text{ m}^3$$

SE CONSIDERA UN VOLUMEN TOTAL DE 1 m<sup>3</sup>

ALTURA DE LA CAMA

EN LA LITERATURA SE REPORTA QUE PARA LECHOS FIJOS SE TIENE:

$$L/D = 4 - 6$$

$$L = (4 \cdot V) / (\pi \cdot D^2) \text{ DONDE:}$$

V = VOLUMEN DE CATALIZADOR m<sup>3</sup>

D = DIAMETRO DE LA CAMA m

L = LONGITUD DE LA CAMA m

METODO ITERATIVO

1a SUPOSICION:

$$D = 0.5 \text{ m}; L = (4 \cdot 0.642) / (\pi \cdot 0.5) = 3.269 \text{ m}$$

$L/D = 3.269/0.5 = 6.53 \text{ m}$ , NO CUMPLE CON LA RELACION REPORTADA.

2a SUPOSICION:

$$D = 0.6 \text{ m}; L = (4 \cdot 0.642) / (\pi \cdot 0.6) = 2.27 \text{ m}$$

$L/D = 2.27/0.6 = 4.0 \text{ m}$ , SI CUMPLE CON LA RELACION REPORTADA.

ALTURA DE LA COLUMNA:

$$H = 1 - 0.642 = 0.358 \text{ m}^3$$

$$L = (4 \cdot 0.358) / (\pi \cdot 0.6) = 1.266 \text{ m}^3$$

ALTURA TOTAL:

$$H = 2.27 + 1.266 = 3.53 \text{ m}$$
, SERA DE 3.6 m

ESPECIFICACIONES:

TIPO: CILINDRICO VERTICAL

CAPACIDAD:  $1 \text{ m}^3$

TEMPERATURA DE DISEÑO:  $80^\circ\text{C}$

PRESION DE DISEÑO: 6 BAR

MATERIAL DE CONSTRUCCION: AC. INOX. 316

DIMENSIONES:  $\varnothing .6 \text{ X } 3.6 \text{ m}$

E) CALCULO DE BOMBA DE ALMACENAMIENTO DE FENOL A-211

$$\text{VOLUMEN DE FENOL} = 3700 \text{ Kg}(\text{m}^3/1100 \text{ Kg})(264.169 \text{ GAL}/\text{m}^3) = 888.5$$

$$\text{TIEMPO} = 10 \text{ MIN} \quad \text{FLUJO} = S$$

$$\text{TIEMPO} = V/S \quad S = V/T = 888.56 \text{ GAL}/10 \text{ MIN} = 88.856 \text{ GPM}$$

$$S = 88.856 \text{ GPM} (2.228 \text{ E-}3 \text{ Ft}^3/\text{S})/1 \text{ GPM} = 0.197 \text{ Ft}^3/\text{s}$$

VELOCIDAD RECOMENDADA PARA FLUJOS DE ESTA VISCOSIDAD:

$$V = 7 - 6 \text{ Ft/s}; \text{ ELEGIMOS } 6.5 \text{ Ft/s}$$

$$V = S/d_i, d_i = (S/V)^{1/2} \quad d_i = \text{DIAMETRO INTERNO in}$$

$$d_i = (0.197/6.5)^{1/2} = 0.1745 \text{ Ft} \cdot 12 = 2.094 \text{ in}$$

ELEGIMOS UNA TUBERIA DE 2 PULGADAS DIAMETRO NOMINAL

CEDULA 40 DE ACERO INOXIDABLE.

VELOCIDAD REAL:

$$V = 0.197/(2.067/12) = 6.63 \text{ Ft/s}$$

CALCULO DEL NUMERO DE REYNOLDS



$$Re = 6.31 W / (D * 0.3) \quad \text{DOND } W = \text{FLUJO lb/hr}$$

$$D = \text{DIAMETRO in}$$

$$W = (3700 \text{ Kg} * (\text{Kg}/2.205 \text{ lb})) = 48957 \text{ lb/hr}$$

$$(10 \text{ MIN} * (1 \text{ hr}/60 \text{ MIN}))$$

$$Re = (6.31 * 48957) / (2.067 * 0.3) = 498114$$

CALCULO DE FACTOR DE DARCY

$$f = 8((8/Re)^{12} + (A + B)^{-1.5})^{(1/12)}$$

$$A = (2.57 * \ln(1/((7/Re)^{0.9} + 0.27(E/D))))^{16}$$

$$B = (37530/Re)^{16}$$

$$E/D = 0.0009$$

$$A = 1.39E21$$

$$B = 1.07E-18$$

$$f = 0.0181$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN 100 Ft

$$DP = (0.216 * f * Q^2 * D) / d \quad \text{DOND } d = \text{DIAMETRO NOMINAL in}$$

Q = FLUJO EN GPM

f = FACTOR DE DARCY

D = DENSIDAD EN lb/Ft<sup>3</sup>

$$DP = (0.216 * 0.0181 * 88.856^2 * 68.42) / 2^5 = 6.634 \text{ psi}$$

CORECCION POR INCRUSTACION :

$$DP_c = DP * 1.2 = 6.634 * 1.2 = 7.96 \text{ psi}$$

SE CONSIDERA QUE TENEMOS UNAS LONGITUDES PRELIMINARES:

$$LR = 250 \text{ Ft}$$

$$LE = 74.4 \text{ Ft}$$

$$LTOT = 250 + 74.4 = 324.4 \text{ Ft}$$

$$LDISEÑO = 324.4 * 1.25 = 405.75 \text{ Ft}$$

CAIDA DE PRESION EN CADA TRAMO DE 100 Ft

$$DPT = DP_c * LTOT / 100$$

$$DPT = 7.96 * 405.75 / 100 = 32.29 \text{ lb/in}^2$$

LA CABEZA TOTAL DE LA BOMBA ESTA DADA POR :

$$H = H_d - H_s$$

DOND  $H_d$  = CABEZA DE DESCARGA

$H_s$  = CABEZA DE SUCCION

CONSIDERANDO QUE LA SUCCION DE LA BOMBA ESTARA EN LA BAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE FENOL A-210 LAS PERDIDAS POR SERAN DESPRECIABLES Y LA CABEZA ESTARA DADA POR LA ALTURA EN

$$H_s = 3 \text{ Ft}$$

LA CABEZA DE DESCARGA ESTARA DADA POR LA CABEZA DE DESCARGA  
LAS PERDIDAS DE CABEZA POR FRICCION EN TODOS LOS ACCESORIOS

$$H_d = D + HDL$$

LA CABEZA ESTATICA SERA LA ALTURA MAXIMA A LA QUE SE BOMBEEA  
LA ALTURA SE ESTIMARA EN 10 Ft

$$HDL = DPT * (144/d) = 32.297 * (144/68.42) = 68 \text{ Ft}$$

$$H_d = D + HDL$$

$$H_d = 10 + 68 = 78 \text{ Ft (lb/lbm)}$$

LA POTENCIA SERA :  $P = 78 \text{ Ft (lb/lbm)} * 48957 \text{ (lb/hr)} * (\text{hr}/3600 \text{ s}) * (\text{HP}/550 \text{ Ft (lb/s)})$

$P = 2 \text{ HP}$ ; CONSIDERANDO UNA EFICIENCIA IGUAL AL 60 %

$$P = 2/0.6 = 3.33 \text{ HP}$$

$$PDIS = 3.3 * 1.25 = 4.1 \text{ HP}$$

LA POTENCIA DE LA BOMBA SERA DE 4 HP

ESPECIFICACIONES :

FLUJO : 88.856 GPM

TIPO : CENTRIFUGA

MATERIAL CARCAZA : AC. INOX. 316

IMPULSOR : AC. INOX. 316

POTENCIA : 4 HP

MOTOR : ELECTRICO A PRUEBA DE EXPLOSION

CON CHAQUETA DE CALENTAMIENTO

F) CALCULO DE BOMBA DE ALMACENAMIENTO DE NONENO A-409

VOLUMEN DE NONENO =  $3306 \text{ Kg} / (m^3 / 740 \text{ Kg}) (264.169 \text{ GAL} / m^3) = 1180.26 \text{ AL}$

TIEMPO = 240 MIN FLUJO = S

TIEMPO = V/S  $S = V/T = 1180.2 \text{ GAL} / 240 \text{ MIN} = 4.92 \text{ GPM} = 5 \text{ GPM} = 16 \text{ Kg} / \text{min}$

DEACUERDO A LA LITERATURA LA PERDIDA DE PRESION NO DEBE DE EXCEDER  $2 \text{ lb/in}^2$

EN LA LINEA A LO LARGO DE UNA TUBERIA DE 100 Ft.

$DP = (0.000273 * VIS * L * Q)$  DONDE DP = PERDIDA DE PRESION  $\text{lb/in}^2$

L = LONGITUD Ft

VIS = VISCOSIDAD cp

Q = CAUDAL GPM

d = DIAMETRO INTERNO in

$$d = (DP / (0.000273 * VIS * L * Q))^{1/4}$$

$$d = (2 / (0.000273 * 0.9 * 100 * 5))^{1/4} = 1.95 \text{ in} = 2 \text{ in}$$

SE USARA UN TUBO DE 2 PULGADAS CEDULA 40 DE AC. AL CARBON.  
CAIDA DE PRESION REAL:

$$DP = (0.000273 * VIS * L * Q) / d^4 = (0.000273 * 0.9 * 100 * 5) / 2.067^4 = 0.0074 \text{ lb}/\text{in}^2$$

POR LO CUAL CUMPLE CON LA RESTRICCION DE LA CAIDA DE PRESI  
SOBREPASA LAS 2 lb/in<sup>2</sup>

CALCULO DEL NUMERO DE REYNOLDS

$$Re = 6.31 W / (D * 0.3) \quad \text{DOND } W = \text{FLUJO lb/hr}$$
$$D = \text{DIAMETRO in}$$

$$W = 16 \text{ Kg}/\text{MIN} (60 \text{ MIN}/\text{hr}) (2.205 \text{ lb}/\text{Kg}) = 2116.8 \text{ lb/hr}$$

$$Re = (6.31 * 2116.8) / (2.067 * 0.3) = 211540$$

CALCULO DE FACTOR DE DARCY

$$f = 8((8/Re)^{12} + (A + B)^{-1.5})^{(1/12)}$$

$$A = (2.57 * \ln(1/((7/Re)^{0.9} + 0.27(E/D))))^{16}$$

$$B = (37530/Re)^{16}$$

$$E/D = 0.0009$$

$$A = 1.04E20$$

$$B = 7212.64$$

$$f = 0.025$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN 100 Ft

$$DP = (0.216 * f * Q^2 * D) / d \quad \text{DOND } d = \text{DIAMETRO NOMINAL in}$$

$$Q = \text{FLUJO EN GPM}$$

$$f = \text{FACTOR DE DARCY}$$

$$D = \text{DENSIDAD EN lb}/\text{Ft}^3$$

$$DP = (0.216 * 0.025 * 5^2 * 46.022) / 2^5 = 0.2 \text{ psi}$$

CORRECCION POR INCRUSTACION :

$$DP_c = DP * 1.2 = 0.2 * 1.2 = 0.24 \text{ psi}$$

SE CONSIDERA QUE TENEMOS UNAS LONGITUDES PRELIMINARES:

$$LR = 250 \text{ Ft}$$

$$LE = 106.8 \text{ Ft}$$

$$LTOT = 250 + 106.8 = 356.8 \text{ Ft}$$

$$LDISENO = 356.8 * 1.25 = 446 \text{ Ft}$$

CAIDA DE PRESION EN CADA TRAMO DE 100 Ft

$$DPT = DP_c * LTOT / 100$$

$$DPT = 1.2 * 446 / 100 = 1.2 \text{ lb}/\text{in}^2$$

LA CABEZA TOTAL DE LA BOMBA ESTA DADA POR :

$$H = H_d - H_s$$

DOND  $H_d$  = CABEZA DE DESCARGA

$H_s$  = CABEZA DE SUCCION

CONSIDERANDO QUE LA SUCCION DE LA BOMBA ESTARA EN LA BAS TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONENO A-401 LAS PERDIDAS POR FRI SERAN DESPRECIABLES Y LA CABEZA ESTARA DADA POR LA ALTURA EN

$$H_s = 3 \text{ Ft}$$

LA CABEZA DE DESCARGA ESTARA DADA POR LA CABEZA DE DESC LAS PERDIDAS DE CABEZA POR FRICCION EN TODOS LOS ACCESORI

$$H_d = D + HDL$$

LA CABEZA ESTATICA SERA LA ALTURA MAXIMA A LA QUE SE BOMBLEAR LA ALTURA SE ESTIMARA EN 10 Ft

$$HDL = DPT * (144/d) = 1.2 * (144/46.022) = 3.73 \text{ Ft}$$

$$H_d = D + HDL$$

$$H_d = 10 + 3.73 = 14.73 \text{ Ft(lbf/lbm)}$$

LA POTENCIA SERA :  $P = 14.73 \text{ Ft(lbf/lbm)} * 2116.8 \text{ (lb/hr)} * (\text{hr}/3600 \text{ s}) * (\text{HP}/550 \text{ ft(lbf/s)})$

$$P = 1.01 \text{ HP; CONSIDERANDO UNA EFICIENCIA IGUAL AL 60 \%}$$

$$P = 1/0.6 = 1.7 \text{ HP}$$

$$PDIS = 1.7 * 1.25 = 2.125 \text{ HP}$$

LA POTENCIA DE LA BOMBA SERA DE 2.5 HP

ESPECIFICACIONES :

FLUJO : 5 GPM

TIPO : CENTRIFUGA

MATE CARCAZA : AC. AL CARBON

IMPULSOR : AC. AL CARBON

POTENCIA : 2.5 HP

MOTOR : ELECTRICO A PRUEBA DE EXPLOSION

G) CALCULO DE LA BOMBA DE RECIRCULACION A-205

REPORTADO POR LA TECNOLOGIA Y A LA RESINA AMBERLIST 15

SE ESTIMA UN TIEMPO DE RESIDENCIA DE:

$$T = 45 - 50 \text{ s}; T = 47.5 \text{ s} = 0.01315 \text{ hr.}$$

$$\text{FLUJO} = \text{VOL} / \text{TIEMPO} = 0.642 \text{ m}^3 / 0.01315 \text{ hr} = 48.821 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

EL FLUJO DE CATALIZADOR ES APROXIMADAMENTE DE 50 m<sup>3</sup>/hr

Y DEACUERDO A LA TECNOLOGIA, SE RECOMIENDA UN 30% DE SOB

$$S = 50 * 1.30 = 65 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

A ESTE TIPO DE FLUJO SE RECOMIENDA UNA VELOCIDAD DE 3 - 4 Ft/s  
CON UN CAUDAL DE  $65 \text{ m}^3/\text{hr} = 280 \text{ GPM}$

$$d = 0.639(Q/V)^{1/2}$$

$$d = 0.639(280/4)^{1/2} = 5.34 \text{ in, DE TABLAS:}$$

TUBERIA DE 6in DE DIAMETRO NOMINAL CEDULA 40 DE ACERO INOX  
DIAMETRO INTERNO = 6.065 in

CALCULO DEL NUMERO DE REYNOLDS

$$Re = 50.6(Q \cdot D) / (VIS \cdot d) \quad \text{DONDE } D = \text{DENSIDAD lb/Ft}^3$$

$$VIS = \text{VISCOSIDAD cp}$$

$$d = \text{DIAMETRO NOM. in}$$

$$Q = \text{CAUDAL GPM}$$

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{hr} = 215 \text{ GPM} = 100394.80 \text{ lb/hr}$$

$$Re = 50.6(215 \cdot 56.64) / (1.58 \cdot 6) = 6500$$

CALCULO DE FACTOR DE DARCY

$$f = 8((8/Re)^{12} + (A + B)^{-1.5})^{(1/12)}$$

$$A = (2.57 \cdot \ln(1/((7/Re)^{0.9} + 0.27(E/D))))^{16}$$

$$B = (37530/Re)^{16}$$

$$E/D = 0.0003$$

$$A = 9.38E+20$$

$$B = 1.52E-4$$

$$f = 0.0191$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN 100 Ft

$$DP = (0.216 \cdot f \cdot Q^2 \cdot D) / d \quad \text{DONDE } d = \text{DIAMETRO NOMINAL in}$$

$$Q = \text{FLUJO EN GPM}$$

$$f = \text{FACTOR DE DARCY}$$

$$D = \text{DENSIDAD EN lb/Ft}^3$$

$$DP = (0.216 \cdot 0.01915 \cdot 215^2 \cdot 56.64) / 6^5 = 1.139 \text{ psi}$$

CORRECCION POR INCRUSTACION :

$$DP_c = DP \cdot 1.2 = 1.139 \cdot 1.2 = 1.3668 \text{ psi}$$

SE CONSIDERA QUE TENEMOS UNAS LONGITUDES PRELIMINARES:

$$LR = 100 \text{ Ft}$$

$$LE = 100 \text{ Ft}$$

$$LTOT = 100 + 100 = 200 \text{ Ft}$$

$$LDISENO = 200 \cdot 1.25 = 250 \text{ Ft}$$

CAIDA DE PRESION EN CADA TRAMO DE 100 Ft

$$DPT = DP_c * LTOT / 100$$

$$DPT = 1.366 * 250 / 100 = 3.41 \text{ lb/in}^2$$

LA CABEZA DE DESCARGA ESTARA DADA POR LA CABEZA DE DESCARGA LAS PERDIDAS DE CABEZA POR FRICCION EN TODOS LOS ACCESORIOS

$$H_d = D + HDL$$

LA CABEZA ESTATICA SERA LA ALTURA MAXIMA A LA QUE SE BOMBEEAR LA ALTURA SE ESTIMARA EN 10 Ft

$$HDL = DPT * (144/d) = 3.41 * (144/56.64) = 8.68 \text{ Ft}$$

$$H_d = D + HDL$$

$$H_d = 10 + 8.68 = 18.68 \text{ Ft (lbf/lbm)}$$

LA POTENCIA SERA :  $P = 18.68 \text{ Ft (lbf/lbm)} * 100394.8 \text{ (lb/hr)} * (\text{hr}/3600 \text{ s}) * (\text{HP}/550 \text{ Ft}^2/\text{s}^2)$

$$P = 0.947 \text{ HP; CONSIDERANDO UNA EFICIENCIA IGUAL AL 60 \%}$$

$$P = 0.947 / 0.6 = 1.57 \text{ HP}$$

$$PDIS = 1.57 * 1.25 = 1.97 \text{ HP}$$

LA POTENCIA DE LA BOMBA SERA DE 2.0 HP

ESPECIFICACIONES :

FLUJO : 215 GPM

TIPO : CENTRIFUGA

MATE CARCAZA : AC. INOX. 316

IMPULSOR : AC. INOX. 316

POTENCIA : 2.5 HP

MOTOR : ELECTRICO A PRUEBA DE EXPLOSION

H) CALCULO DEL FILTRO DE PRODUCTOS A-204

PARA CAPTURAR PARTICULAS DEL ORDEN DE 5 MICRAS SE USA:

$$900 \text{ GAL/hrFt}^2 \quad Q/A = 15 \text{ GAL/MINFt}^2$$

PARA 50 GPM :

$$A = 50/15 = 3.33 \text{ Ft}^2$$

$$\text{PARA : } L = 2.5 * D$$

$$3.33 = \text{PI} * 2.5 * D^2$$

$$D = (3.33 / (2.5 * \text{PI}))^{1/2} = 0.65 \text{ Ft} = 7.8 \text{ in}$$

$$L = 3.33 / (\text{PI} * 0.65) = 2.5 \text{ Ft}$$

SE USARA UN RECIPIENTE DE 8 in DE DIAMETRO Y 2.5 Ft DE LARGO

ESPECIFICACIONES:

FILTRO TIPO : GAF

CAPACIDAD : 50 GPM

AREA :  $3.33 \text{ Ft}^2$   
DIAMETRO = 8 in = 201 mm  
LARGO : 2.5 Ft = 762 mm  
TELA DE MALLA No 100  
MATERIAL : AC. INOX. 316

**I) CALCULO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE FENOL A-210**

POR LOTE SE USA  $3700 \text{ Kg} * 3 \text{ LOTES} = 11100 \text{ Kg}$

POR 3 DIAS DE ALMACENAMIENTO :

$33300 \text{ Kg} (\text{m}^3/1100 \text{ Kg}) = 30.27 \quad 1100 \text{ Kg}/\text{m}^3 = \text{DENSIDAD}$

ESPECIFICACIONES :

TIPO : API

MATERIAL : AC. INOX. 304

DIMENSIONES :  $\varnothing 3800 \text{ X } 5200 \text{ mm}$

TEMPERATURA DE DISEÑO :  $61^\circ\text{C}$

PRESION DE DISEÑO : ATMOSFERICA

CON CALENTADOR

**J) CALCULO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONENO A-401**

POR LOTE SE USA  $3306 \text{ Kg} * 3 \text{ LOTES} = 9918 \text{ Kg}$

POR 3.8 DIAS DE ALMACENAMIENTO RECOMENDADO :

$37688.4 \text{ Kg} (\text{m}^3/740 \text{ Kg}) = 50 \text{ m}^3 \quad 740 \text{ Kg}/\text{m}^3 = \text{DENSIDAD}$

ESPECIFICACIONES :

TIPO : API

MATERIAL : AC. AL CARBON

DIMENSIONES :  $\varnothing 3000 \text{ X } 5200 \text{ mm}$

TEMPERATURA DE DISEÑO :  $46^\circ\text{C}$

PRESION DE DISEÑO : ATMOSFERICA

**K) CALCULO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NONILFENOL A-**

POR LOTE SE PRODUCE  $4448 \text{ Kg} * 3 \text{ LOTES} = 13344 \text{ Kg}$

POR 3.5 DIAS DE ALMACENAMIENTO RECOMENDADO :

$46704 \text{ Kg} (\text{m}^3/920 \text{ Kg}) = 50 \text{ m}^3 \quad 920 \text{ Kg}/\text{m}^3 = \text{DENSIDAD}$

ESPECIFICACIONES :

TIPO : API

MATERIAL : AC. INOX. 304

DIMENSIONES : Ø 3080 X 5200 mm  
TEMPERATURA DE DISEÑO : 60°C  
PRESION DE DISEÑO : ATMOSFERICA

L) BOMBA PARA NONILFENOL A-208

LA FINALIDAD DE ESTA BOMBA ES PARA SUMINISTRAR A PIPAS PAR  
LA TECNOLOGIA RECOMIENDA UNA BOMBA DE:

TIPO : CENTRIFUGA

CAPACIDAD : 30 m<sup>3</sup>/hr

MATERIAL : CARCAZA : AC. INOX. 304

INTERNOS : AC. INOX. 304

MOTOR TIPO : ELECTRICO A PRUEBA D EXPLOSION

POTENCIA : 7.5 HP

M) BOMBA DE VACIO A-212

LA FINALIDAD DE ESTA BOMBA ES PARA SUMINISTRAR VACIO EN LA DES  
LA TECNOLOGIA RECOMIENDA UNA BOMBA CON LAS SIGUIENTES ESPECI

TIPO : MARCA BOSH

CAPACIDAD : 260-550 m<sup>3</sup>/hr A 20 mBAR

MATERIAL : CARCAZA : HIERRO FUNDIDO

INTERNOS : HIERRO FUNDIDO

MOTOR TIPO : ELECTRICO A PRUEBA D EXPLOSION

POTENCIA : 30 HP

N) COLUMNA EMPACADA A-217

SEGUN A LAS RECOMENDACIONES DE LA TECNOLOGIA Y EN VISTA DE QU  
DE UNA DESTILACION AL VACIO SE UTILIZA ESTE TIPO DE COLUMNA PAR  
QUE NO SE DESCOMPONGAN LOS COMPUESTOS ORGANICOS EN SUS AZEO  
ESPECIFICACIONES :

TIPO : CILINDRICA VERTICAL

CAPACIDAD : 0.15 m<sup>3</sup>

PRESION DE DISEÑO : 6 BAR

DIMENSIONES : Ø 400 X 1200 mm

MATERIAL : AC. INOX. 316

EMPAQUE : ANILLOS RASHING.



## BALANCE DE ENERGIA

### REACTOR

VOLUMEN DEL REACTOR:  $10 \text{ m}^3$

FENOL:  $3700 \text{ Kg}(\text{m}^3/1100 \text{ Kg}) = 3.363 \text{ m}^3$

NONENO:  $3306 \text{ Kg}(\text{m}^3/740 \text{ Kg}) = 4.467 \text{ m}^3$   
 $7.831 \text{ m}^3$

CARGA DE FENOL =  $3700 \text{ Kg} = 8149.77 \text{ lb}$

CALOR DE CALENTAMIENTO

$Q = MF(C_p \cdot T(70^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(45^\circ\text{C}))$

$Q = 8149.77(40.66 - 24.95) = 128033.03 \text{ BTU}$

NOTA: TODOS LOS  $C_p \cdot T$  ESTAN REPORTADOS EN EL CAPITULO I  
BIBLOGRAFICA DE ESTA TESIS.

TIEMPO DE CALENTAMIENTO = 10 MIN; PROPORCIONADO POR TECN

$Q = 128033.03 \text{ BTU} / (10/6 \cdot 768198.23 \text{ BTU/hr DE FENOL})$

CARGA DE NONENO =  $3306 \text{ Kg} = 7281.93 \text{ lb}$

CALOR DE CALENTAMIENTO

$Q = MF(C_p \cdot T(70^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(20^\circ\text{C}))$

$Q = 7281.93(6.86 - 17.39) = 316327.40 \text{ BTU}$

TIEMPO DE CALENTAMIENTO = 4hr; PROPORCIONADO POR TECNOLI

$Q = 316327.40 \text{ BTU} / 4 \text{ hr} = 79081.5 \text{ BTU/hr DE NONENO}$

CALOR DE REACCION

TIEMPO DE REACCION = 4 hr 40 MIN

$Q_{\text{reac}} = 24000 \text{ BTU/lbmol hr}$  PROPORCIONADO POR LA TECNOLOGIA

PM noneno =  $126 \text{ lb/lbmol}$

MOLES noneno =  $m/\text{PM} = 7281.93 \text{ lb} / 126 \text{ lb/lbmol} = 57.8 \text{ lbmol}$

CALOR COMO SI REACCIONARA TODO EL NONENO

$Q_{\text{reac}} = 2400 \text{ BTU/lbmol hr} \cdot 57.8 \text{ lbmol} = 1387035.80 \text{ BTU/hr}$

PRECALENTAMIENTO DE LA MEZCLA DE 70 C A 80 C

$Q = MN(C_p \cdot T(80^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C})) + MF(C_p \cdot T(80^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C}))$

$Q = 8149.77(47.52 - 40.66) + 7281.93(69.55 - 60.86)$

$Q = 6383904.5 \text{ BTU}$

TIEMPO TOTAL APROXIMADO ES A 5 hr

$Q = 6383904.5 \text{ BTU} / 5 \text{ hr} = 1276780.90 \text{ BTU/hr}$

CALOR DE ENFRIAMIENTO:

$Q = 1387035.80 - 1276780.90 = 110254.88 \text{ BTU/hr}$

ESTE CALOR SE NECESITA RETIRAR DEL SISTEMA

ETAPA DE DESTILACION

TIEMPO APROXIMADO = 4 hr

AL TERMINO DE LA REACCION SE TIENE LA SIGUIENTE COMPOSICION EN EL REACTOR A-201

NONENO = 350.3 Kg = 772.41 lb

FENOL = 1647.21 Kg = 3632 lb

NONILFENOL = 4448.09 Kg = 9808.03 lb

DINONILFENOL = 560.48 Kg = 1235.85 lb

SE TENDRA UNA COMPOSICION AL FINAL DE LA DESTILACION DE :

NONENO = 0 % EN PESO

FENO = 0.5% EN PESO

CARGA AL INICIO DE LA DESTILACION = 7066 Kg

FENOL DESTILADO = 1635 Kg = 3605.17 lb

PRECALENTAMIENTO DE 70 A 108.4°C

NOTA: POR NO CONTAR CON DATOS DE DINONILFENOL SE TOMA COMO FUERA NONILFENOL

TOTAL DE NONILFENOL = 4448.09+560.48= 5008.57 Kg = 11043.89 lb

$Q = MN(C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C})) + MF(C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C})) + MNF(C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C}))$

$Q = 772.41(100-60.86) + 3632(66.91-40.66) + 11043.89(103-62.63)$

$Q = 571413.96 \text{ BTU}$

DESTILACION DE FENOL

FENOL DESTILADO = 1622.05 Kg = 3576.62 lb

FENOL NO DESTILADO = 25.15 Kg = 55.45 lb

$Q = MF(C_p \cdot T(108.4^\circ\text{C}) - C_p \cdot T(70^\circ\text{C}))$

$Q = 3576.62(253.17-66.91) = 666181.28 \text{ BTU}$

CALOR TOTAL PARA LA DESTILACION :

$Q = 571413.96 + 666181.28 = 1237595.24 \text{ BTU}$

EN 4 HORAS QUE DURA LA ETAPA DE DESTILACION :

$Q = 1237595.24 \text{ BTU} / 4 \text{ hr} = 309398.81 \text{ BTU} / \text{hr}$

ESTE CALOR ES NECESARIO PARA LA ETAPA DE DESTILACION

CALOR EN LA COLUMNA EMPACADA

PARA LA COLUMNA EMPACADA SE UTILIZA EL MISMO CALOR PARA DESTILAR EL FENOL

$Q = 666181.28 / 4 = 166545.32 \text{ BTU/hr}$

## SERVICIOS REQUERIDOS PARA CADA EQUIPO

REACTOR :

AGUA DE ENFRIAMIENTO (WS)

VAPOR DE 6 BAR (STL)

VAPOR DE 16 BAR (STM)

COLUMNA EMPACADA :

VAPOR DE 6 BAR (STL)

INTERCAMBIADOR :

AGUA DE ENFRIAMIENTO (WS)

AGUA DE CALENTAMIENTO (WHS)

DATOS DE ENTALPIA EN BTU/lb

VAPOR DE 6 BAR (STL) 1145

VAPOR DE 16 BAR (STM) 1200.8

AGUA DE ENFRIAMIENTO (WS) 35.9

AGUA DE CALENTAMIENTO (WHS) 134.96

PARA EFECTUAR LOS BALANCES EN SERVICIO HACEMOS REFERENCIA A LAS CARGAS TERMICAS REQUERIDAS EN CADA EQUIPO Y QUE SE ESPERAN EN EL BALANCE DE ENERGIA. AQUI CONSIDERAMOS LAS PERDIDAS DE CALOR A LO LARGO DE LA TUBERIA, SUPONEMOS QUE ESTAS SEAN LAS QUE LA TEMPERATURA A LA CUAL LLEGA EL SERVICIO, CORRESPONDE AL INTERVALO QUE SE ANEXA EN LA TABLA DE LOS DATOS DE SERVICIO.

REACTOR :

CALOR REQUERIDO PARA ELEVAR EL FENOL A 70°C EN UN TIEMPO

$Q = 768198.23 \text{ BTU/hr}$

UTILIZAMOS VAPOR DE 6 BAR (STL)

$W = Q/H$        $H = 1145 \text{ BTU/lb}$

$W = 670.91 \text{ LB/hr}$  DE VAPOR DE 6 BAR EN 10 MIN

PARA LLEVAR EL NONENO DE 20°C A 70°C

$Q = 79081.85 \text{ BTU/hr}$

UTILIZAMOS VAPOR DE 6 BAR (STL)

$W = Q/H$        $H = 1145 \text{ BTU/lb}$

$W = 69 \text{ lb/hr}$  DE STL DURANTE 4 hr

UNA VEZ INICIADA LA REACCION DEBIDO A QUE ES EXOTERMICA, DEBE CONTROLARSE LA TEMPERATURA PARA QUE NO SOBREPASE LOS 80°C

UTILIZANDO AGUA DE ENFRIAMIENTO (WS)

$Q_{enf} = 110254.88 \text{ BTU/hr}$

$H = 35.9 \text{ BTU/lb}$ ;  $W = 3071.16 \text{ lb/hr}$  DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

DESTILACION :

PARA ELEVAR LA TEMPERATURA A 108 C E INICIAR LA DESTILACION  
REQUIERE UN CALOR DE :  $Q = 309698.81 \text{ BTU/hr}$

ESTO SE LLEVA ACABO EN EL REACTOR, UTILIZAMOS VAPOR DE 16 B

$H = 1200 \text{ BTU/lb}$

$W = 257.83 \text{ lb/hr}$  VAPOR DE 16 BAR

COLUMNA EMPACADA:

DURANTE LA DESTILACION, PARA EVITAR QUE EL FENOL SOLIDIFIQ  
EN LA COLUMNA, MANTENEMOS UNA COLUMNA DE 108 C APROXIM  
PARA MANTENER LA DESTILACION.

$Q = 166545.32 \text{ BTU/hr}$

PARA ELLO UTILIZAMOS VAPOR DE 6 BAR (STL)

$H = 1145 \text{ BTU/lb}$

$W = 145.45 \text{ lb/hr}$  DE STL

INTERCAMBIADOR DE CALOR :

PARA CONDENSAR EL FENOL NECESITAMOS QUITAR UNA ENERGIA

$Q = 202175.28 \text{ BTU / hr}$

PARA ELLO UTILIZAMOS AGUA DE ENFRIAMIENTO (WS)

$H = 335.9 \text{ BTU /lb}$

$W = 56300.14 \text{ lb/hr}$  DE WS

EN EL INTERCAMBIADOR EXISTE UNA ENTRADA DE AGUA CALIENTE  
SE USA DEPENDIENDO LA TEMPERATURA QUE SE TENGA A LA SALIDA  
PARA EVITAR UN ENFRIAMIENTO EXCESIVO QUE PUEDA PROVOCAR  
SOLIDIFICACION DEL FENOL DENTRO DEL INTERCAMBIADOR

D A T O S   D E   D I S E Ñ O

ABREVIACION	DENOMINACION	ESPECIFICACION	T min (°C)	T max (°C)	P min kg/cm2	P max kg/cm2	P nom. psig
VAC	VACIO	BB	-5	30	0	0.5	150
V	VENTEO	RP	50	120	1	6	150
NPH	NONILFENOL	EB	25	40	1	3	150
PRO	PRODUCTO	-	-	-	-	-	-
N	NITROGENO	BB	20	30	6	10	150
WS	AGUA ENF. DE SÚMINISTRO	BB	15	25	2	5	150
WR	AGUA ENF. DE RETORNO	BB	25	60	2	5	150
AIM	AIRE COMPRIMIDO	BB	-	30	4	7	150
STL	VAPOR HASTA 10 BAR	BB	65	120	2	6	150
STM	VAPOR DE 16 BAR	BB	100	230	5	16	300
CPL	CONDENSADO HASTA DE 10 BAR	BB	65	120	2	6	150
CPM	CONDENSADO DE 16 BAR	BB	120	220	5	16	300
WW	AGUA DE POZO	BB	20	24	2	6	150
WHS	AGUA CAL. SÚMINISTRO	BB	40	70	1	3	150
WHR	AGUA CAL. RETORNO	BB	30	60	1	3	150
PO	FENOL	EB	30	50	1	3	150
NON	NONENO	BB	AMB	AMB	1	3	

CLAVE DE ESPECIFICACION

EB : ACERO INOXIDABLE A-312 ; TP-321  
 BB : ACERO AL CARBON A 53-GRB

DATOS DE LOS SERVICIOS					
SERVICIO	ABREVIACIO	OPERACION	EQUIPO	FLUJO (lb/hr)	TIEMPO
VAPOR 6 BAR	STL	ELEVAR TEMP. FENOL	REACTOR	674.2	10 MIN
VAPOR 6 BAR	STL	ELEVAR TEMP. NONENO	REACTOR	70	4 hr
AGUA DE ENFRIA	WS	CONTROL DE REACC. EXOT.	REACTOR	1533	4 hr
VAPOR 16 BAR	STM	INICIO DE DESTILACION	REACTOR	260	4 hr
VAPOR 6 BAR	STL	DESTILACION	COLUMNA EMPACADA	146	4 hr
AGUA DE ENFRIA	WS	CODENSA DE FENOL	CONDENSA	5591	4 hr

PROYECTO	PLANTA DE NONILFENO	LISTA DE EQUIPO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
AREA	PERFIL DE INGENIERIA		DE MEXICO
FECHA	21 JULIO 1994		FACULTAD DE QUIMICA

PART. No.	No. DE EQUIPO	DESCRIPCION TECNOLOGIA ROHM AND HAAS	OBSERVACION
1	A-201	REACTOR	
		TIPO: CILINDRICO VERTICAL	
		CAPACIDAD: 10 m <sup>3</sup>	
		PRESION DE DISEÑO: 20 BAR	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C	
		DIMENSIONES: Ø 2200 X 2640 mm	
		MATERIAL: AC.INOX. 316	
		CHAQUETA	
		TIPO: MEDIAS CANAS	
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C	
		MATERIAL: AC.INOX. 316	
2	A-202	COLUMNA CATALITICA	
		TIPO: CILINDRICA VERTICAL	
		CAPACIDAD: 1 m <sup>3</sup>	
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C	
		DIMENSIONES: Ø 600 X 3600 mm	
		MATERIAL: AC.INOX. 316	
3	A-217	COLUMNA EMPACADA	
		TIPO: CILINDRICA VERTICAL	EMPAQUE:
		CAPACIDAD: 0.15 m <sup>3</sup>	ANILLOS
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR	RASHING
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C	
		DIMENSIONES: Ø 400 X 4000 mm	
		MATERIAL: AC.INOX. 316	

PROYECTO		LISTA DE EQUIPO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA	
PLANTA DE NONILFENO			DE MEXICO	
AREA	PERFIL DE INGENIERIA		FACULTAD DE QUIMICA	
FECHA		21 JULIO 1994		
PART. No.	No. DE EQUIPO	DESCRIPCION TECNOLOGIA ROHM AND HAAS	OBSERVACION	
4	A-203	CONDENSADOR		
		TIPO: CORAZA Y TUBOS (HORIZON)		
		AREA DE TRANS: 25.7 m <sup>2</sup>		
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR		
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C		
		DIMENSIONES: Ø 300 X 5000 mm		
		MATERIAL: CORAZA: AC. INOX. 31		
		TUBOS: AC. INOX. 316		
5	A-209	TANQUE DE FENOL DESTILADO		
		TIPO: CILINDRICO VERTICAL		
		CAPACIDAD: 3 m <sup>3</sup>		
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR		
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 60°C		
		DIMENSIONES: Ø 1400 X 2000 mm		
		MATERIAL: AC. INOX. 304		
		CHAQUETA		
		TIPO: MEDIAS CAÑAS		
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR		
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C		
		MATERIAL: AC. INOX. 316		
6	A-207	TANQUE DE ALMACENAMIENTO P/NONILFENOL	UTILIZA	
		TIPO: API	CALENTADOR	
		CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup>		
		PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERIC		
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 60°C		
		DIMENSIONES: Ø 3800 X 4400 mm		
		MATERIAL: AC. INOX. 304		



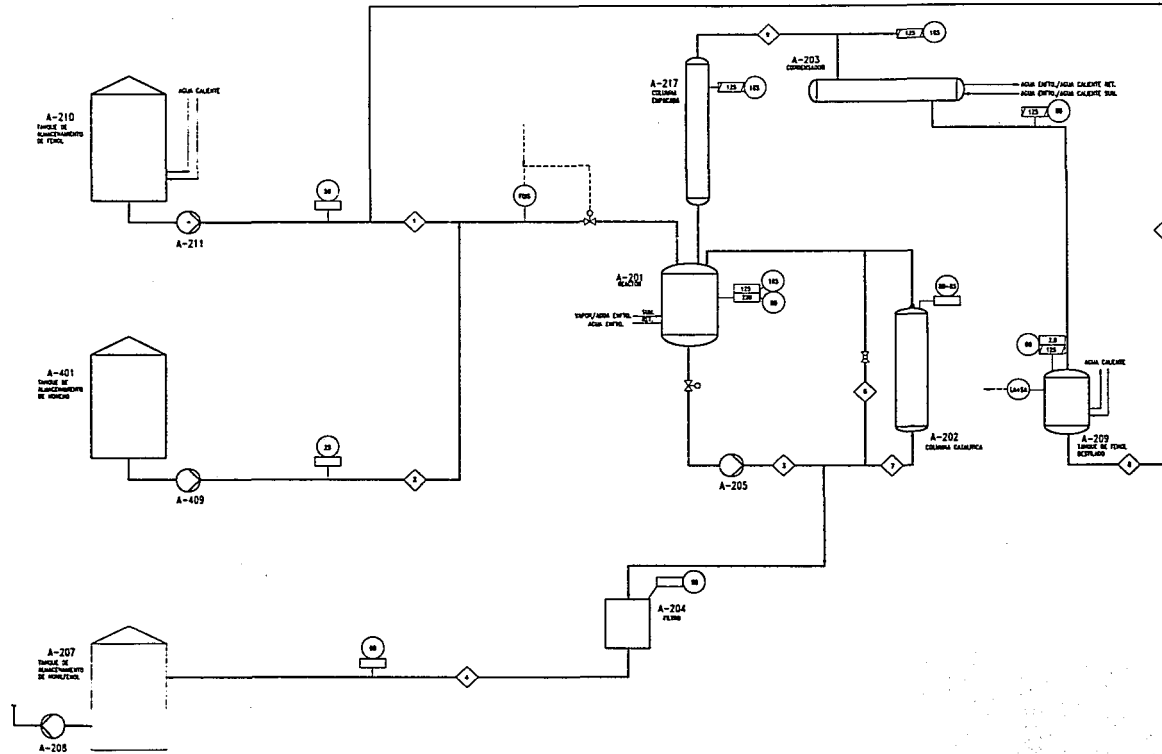
PROYECTO	PLANTA DE NONILFENO	LISTA DE EQUIPO	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
AREA	PERFIL DE INGENIERIA		DE MEXICO
FECHA	21 JULIO 1994		FACULTAD DE QUIMICA

PART. No.	No. DE EQUIPO	DESCRIPCION TECNOLOGIA ROHM AND HAAS	OBSERVACION
7	A-210	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA FENOL	UTILIZA
		TIPO: API	CALENTADOR
		CAPACIDAD: 30 m <sup>3</sup>	
		PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERIC	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 60°C	
		DIMENSIONES: Ø 3000 X 4400 mm	
		MATERIAL: AC. INOX. 304	
8	A-401	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA NONENO	
		TIPO: API	
		CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup>	
		PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERIC	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 46°C	
		DIMENSIONES: Ø 3800 X 4400 mm	
		MATERIAL: AC. AL CARBON	
9	A-204	FILTRO GAF	
		TIPO: BOLSAS	
		CAPACIDAD: 11.35 m <sup>3</sup> /hr	
		PRESION DE DISEÑO: 6 BAR	
		TEMPERATURA DE DISEÑO: 80°C	
		DIMENSIONES: Ø 201 X 762 mm	
		MATERIAL: AC. INOX. 316	
10	A-205	BOMBA DE RECIRCULACION	
		TIPO: CENTRIFUGA	
		CAPACIDAD: 50 m <sup>3</sup> /hr	
		MATERIAL: CARCAZA: AC. INOX. 31	
		INTERNOS: AC. INOX. 31	
		MOTOR PARA BOMBA	
		TIPO: ELECTRICO A.P.E.	A.P.E.:
		POTENCIA: 2 HP	A PRUEBA DE
			EXPLOSION





ITEM	A-201	A-211	A-213	A-201	A-202	A-203	A-204	A-205	A-212	A-209	A-217	A-208
DESCRIPCION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TERNAL
MATERIAL	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304	AC 304



NOTAS

- 1.- LAS CONDICIONES INDICADAS SON DE SERVICIO Y PUEDE VARIAR SEGUN LOS DATOS DE LOS A PRODUCTOS.
- 2.- NIVEL MAXIMO (TOP NORMAL LEVELS)  
 PRESION EN/CON O (TOP ALACONOS)  
 TEMPERATURAS
- 3.- N.C. NORMALIZACION CERRADA
- 4.- ALERTEA NIVEL 2 DE LA ALACONOS 1/TEMPERATURAS
- 5.- SIN FLUJO Y MONITOR 1 ESCALERA DE REEMPLAZO

LOTE CONSECUTIVO

No. DE COMPONENTE	MATERIA PRIMA								MATERIA INTERMEDIA				MATERIA TERMINADA			
	FLUJO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	HOMINIZADO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO	RENTA/NO
UNIDAD (T/M <sup>3</sup> )	2200	100														
CONCENTRACION (% PESO)																
TEMPERATURA	91.9	23.11	9.36	73.67	13.17	13.17	73.67	13.17	130/73.67	9	23.11	9.36				
CONCENTRACION	91.9	9.36	9.36	13.17	13.17	13.17	13.17	13.17	73.67	130	9.36	9.36				
RENTA/NO	13.17	13.17	13.17	13.17	13.17	13.17	13.17	13.17	73.67	130	9.36	9.36				
OTROS (T/M <sup>3</sup> )	618 (90%)	0.18 (90%)	0.9	17.90	0.09	0.9	0.09	0.09								
CARGA POR UNIDAD (T/M <sup>3</sup> )	2718	3340	7950	488.21	2184.27		2184.27	2184.27	2184.27	2184.27	2184.27	2184.27				
RENTA/NO	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC				
RENTA/NO	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20				

UNAM  
QUIMICA





## 5.6 FILOSOFIA DE OPERACION

Esta descripción de operación de la planta de nonilfenol se trata de apegar lo suficiente a una filosofía de operación dando una idea de lo que sería el manejo y operación de una planta con las características propuestas

El proceso de fabricación de nonilfenol consta de dos etapas: Reacción y Destilación.

La operación se realiza en el siguiente equipo principal :

A-201	Reactor	10 m <sup>3</sup>
A-202	Columna Catalítica	1 m <sup>3</sup>
A-203	Condensador de Destilados	25.7 m <sup>3</sup>
A-209	Tanque Recibidor de Destilado	3 m <sup>3</sup>
A-212	Bomba de Vacío	550 m <sup>3</sup> /hr.
A-217	Columna Empacada	0.15 m <sup>3</sup>

### PROCEDIMIENTO DE OPERACION DE REACCION

Al arrancar por primera vez el sistema o después de que se ha abierto el equipo es necesario eliminar el oxígeno presente para evitar el contacto con el producto. Esto se logra barriendo con nitrógeno tanto el reactor como la columna catalítica.

Se va arrancar y no se tienen fenol recuperado, se adiciona primeramente la cantidad de fenol de acuerdo a la relación molar y al volumen de carga que se vaya a manejar.

La cantidad de fenol se mide en el FQS-2011, medidor totalizador de interruptor de flujo.

Con el fenol en el reactor se arranca la bomba A-205, bomba de recirculación, en el indicador de flujo FI-205, se ajusta la cantidad de flujo a recircular que se desea, aproximadamente 15 m<sup>3</sup>/hr. Este flujo se hace pasar a través de la columna catalítica A-202 y se comienza a adicionar vapor a través de un serpentín de calentamiento para incrementar la temperatura a 70°C.

Al alcanzar la temperatura de 70 °C se inicia la dosificación de noneno a un flujo de 16 kg/min, medidos en el FQIS-201. Al comenzar la reacción la temperatura a la salida de la columna catalítica se incrementa a valores de 80-82°C, al comenzar la reacción se debe de cerrar el vapor de calentamiento al reactor. Se debe cuidar de no elevar la temperatura más allá de 85°C ya que la resina de intercambio es sensible a las altas temperaturas. Al subir la temperatura del flujo de salida de la columna catalítica a más de 85°C se

activa la alarma TSA-2023 y será necesario abrir el agua de enfriamiento para controlarla.

La caída de presión a través de la columna se debe de controlar entre 1.8-2.0 kg/cm<sup>2</sup> máximo. Cuando se tiene una gran cantidad de nonilfenol formado la caída en la columna tenderá a incrementarse, por lo que se deberá controlar disminuyendo el flujo de recirculación hasta un valor de 10 m<sup>3</sup>/hr.

Al terminar la adición de noneno se deja recirculando por espacio de 40 min para asegurar la mayor conversión posible de noneno. Se saca muestra para análisis. Se considera que el tiempo de reacción ha concluido cuando los resultados analíticos son :

NONENO	5 %
DINONILFENOL	8 %

En caso de que los valores no concuerden con los especificados se deberá dar más tiempo de conversión y volver a mostrar para análisis

El tiempo aproximado en que se fabrica un lote es de 6 hr.

#### *PROCEDIMIENTO DE OPERACION DE DESTILACION*

Ya que la conversión a nonilfenol no es completa debido a que se tiene un exceso de fenol en la reacción, es necesario efectuar la separación del noneno y del fenol que no reaccionaron. La separación se efectúa por medio de una destilación tipo batch en el mismo reactor.

Antes de iniciar el proceso de destilación se debe de aislar a la columna catalítica para prevenir la exposición de la resina a las altas temperaturas por lo cual se deben bloquear las válvulas de entrada y salida de la columna. Se pone fuera de operación la bomba de recirculación A-205.

Se procede hacer un vacío en el sistema con la bomba A-212 a través del tanque recibidor de condensado A-209. El sistema opera a una presión de vacío de 636 mmHg manométrica.

Se empieza a elevar la temperatura del sistema adicionando vapor de 275 psig al serpentín de calentamiento. Abrir las válvulas de suministro y retorno de agua de enfriamiento al condensador y la válvula de bloqueo entre el reactor, la columna empacada deberá estar abierta.

La destilación comienza cuando se alcanza la temperatura de 100 C, ésto se comprueba visualmente a través de una mirilla que se encuentra en el tanque recibidor del



condensado. Al iniciar la destilación se debe de tener cuidado de que la temperatura sea de 42°C.

La temperatura se irá incrementando a medida que se disminuya la cantidad de noneno y fenol en el tanque destilador. La máxima temperatura a que se opera en el sistema es de 165 °C, no es recomendable operar a una temperatura más alta debido a que el nonilfenol podría adquirir una tonalidad amarillenta.

Cuando se deja destilar, se procede a cerrar la válvula que comunica el reactor con la columna empacada y se rompe el vacío con nitrógeno hasta una presión de 0.05 kg/cm<sup>2</sup> y se toma una muestra para análisis de laboratorio, luego se cierra el nitrógeno y se abre nuevamente la válvula de paso del reactor a la columna.

Los resultados esperados son :

NONENO	0 %
FENOL	0.5%

Si no se obtienen los parámetros anteriores se continua calentando el contenido del reactor hasta obtener los requisitos anteriores.

Al tener los resultados esperados se suspende la adición de vapor al serpentín, se despresiona y se comienza a adicionar agua de enfriamiento para bajar la temperatura hasta 60 C. Se suspende también, la operación de la bomba de vacío con nitrógeno, se toma una muestra para análisis.

Cuando se tenga 60 °C de temperatura se pone en operación la bomba A-205 y se alinea el filtro A-204, y se pasa el contenido del reactor con la columna empacada y las válvulas de corte de nonilfenol al tanque de almacenamiento.

Cuando se esta enfriando el reactor se deberá muestrear el tanque receptor de condensado A-209 para determinar analíticamente la concentración del destilado.

Para las cargas posteriores en el reactor se procede de la siguiente forma :

Se bombean 1000 kg de fenol nuevo al reactor y se pone en operación la bomba de recirculación pasando el flujo a través de la columna catalítica, esto con la finalidad de limpiar la resina del nonilfenol que queda en la columna.

A continuación se pasa el contenido del tanque A-209 midiendo el flujo en el FQIS-2011 y se ajusta la recirculación a 15 m<sup>3</sup>/hr. Dado que se contará con el análisis del condensado se aplica el procedimiento de cálculo para ajustar las cantidades de fenol y noneno a adicionar

para manejar una relación molar de 1.5 fenol/noneno, no se debe olvidar la otra cantidad de fenol que se alimentó originalmente al reactor para lavar la resina. Ver el procedimiento más adelante (Reactivación de Resina).

Después de adicionar el fenol al reactor se empieza a incrementar la temperatura a 70°C y luego se adiciona el noneno a través del FQIS-201, de aquí en adelante se continúa con el procedimiento de operación descrito anteriormente.

#### REACTIVACION DE LA RESINA AMBERLYST

La reactivación se puede efectuar directamente en el recipiente que contenga el catalizador.

Se debe remover cualquier solvente no miscible que exista enjuagando con el solvente apropiado. La resina debe ser relavada con agua a un flujo tal que el volumen del lecho aumente 50 %. Se le permite al lecho limpiarse mientras el flujo es mantenido hasta que son removidos los sólidos extraños. Enseguida se permite asentar al lecho y se drena el agua hasta un nivel entre 1 y 2 pulgadas sobre el lecho.

Se hace pasar ácido sulfúrico al 10 % en flujo hacia abajo, a través del lecho a un flujo de 4 volúmenes del lecho por hora, hasta que se haya pasado un total de 1.5 veces el volumen del lecho, de ácido sulfúrico. Usar agua destilada o demineralizada para enjuagar el exceso de regenerador, hasta que hayan pasado una o dos veces el volumen del lecho de agua a través de la columna. Después el flujo de agua destilada hasta dos volúmenes del lecho por hora y continuar hasta tener un pH arriba de 4. Normalmente se requiere un mínimo de tres volúmenes de lecho de agua.

Después de que se haya renado la columna se deberá secar el catalizador con una corriente de aire.

Otra manera de regenerar la resina catalizadora es con materia orgánica, esta técnica no viene descrita en las tecnologías consultadas.

**ESTUDIOS  
DE COSTOS  
PREELIMINAR  
E  
INTERMEDIO**

## ESTIMADOS PRELIMINARES E INTERMEDIOS.

### PREMISAS:

-Los estimados preliminares e intermedios solo se enfocarán a la construcción, adquisición, preparación, costo y necesidades del equipo de la planta

Capacidad de la Planta : 3760 ton/anuales

Año a estimar : 1994

### ESTUDIO DE COSTOS PRELIMINARES

#### 6.1 ESTIMADO PRELIMINAR DE LA PLANTA PRODUCTORA DE NONINFENOL

Para este primer estimado preliminar de costos de la planta de nonilfenol se ha utilizado los índices de costos de inversión de plantas químicas contenidas en el Preliminary Chemical Engineering Disegn, Cost Indexes del Chemical Engineering de 3 de Nov de 1972 , en el Economics Indicator del Chemical Engineering de Julio 13 de 1988 y en el Estimate Costs of Scaled-up Process Plants de Abril de 1990. En ésta literatura se encuentran las bases para el desarrollo de un estudio preliminar y los índices de costos de inversión para la construcción de plantas químicas; se utilizaron los índices a partir del año de 1970 hasta el año de 1988, por lo que se tuvo que hacer una una proyección de los índices hasta el año 1994, ésta proyección fue de tipo lineal.

Una vez obtenido el índice para el año de 1994, se proyectó su costo por medio del índice de 1987 y el costo de una planta de alquilación del mismo año con una capacidad de 10,000 ton/anuales

Posteriormente, se ajustó a nuestra capacidad por medio del método del precio unitario con un factor de 0.7 especificado por la literatura ya mencionada para una planta de alquilación.

En la sig. tabla 6-22 se muestran los datos usados así como la regresión utilizada y una gráfica comparativa.

TABLA 6-22

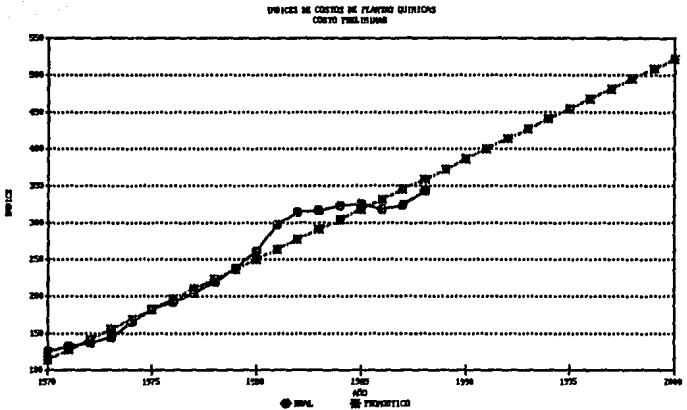
INDICE DE COSTO DE PLANTAS QUIMICAS

AÑO	INDICES	PROYECCION
1970	125.7	114.17
1971	132.2	127.78
1972	137.2	141.39
1973	144.1	155
1974	165.4	168.61
1975	182.4	182.22
1976	192.1	195.83
1977	204.1	209.44
1978	218.8	223.05
1979	238.7	236.66
1980	261.2	250.27
1981	297	263.88
1982	314	277.49
1983	316.9	291.1
1984	322.7	304.71
1985	325.3	318.32
1986	318.5	331.93
1987	323.8	345.54
1988	342.5	359.15
1989		372.76
1990		386.37
1991		399.98
1992		413.59
1993		427.2
1994		440.81
1995		454.42
1996		468.03
1997		481.64
1998		495.25
1999		508.86
2000		522.47

Regression Output:

Constant	-26697.525088
Std Err of Y Est	16.541828365
R Squared	0.95781160783
No. of Observations	19
Degrees of Freedom	17
X Coefficient(s)	13.611754386
Std Err of Coef.	0.6928609461

GRAFICA 6-22



con ésta regresión se calculó el índice de costo de planta para 1994

Indice 1994=440.8

Costo planta de 10,000 ton/año (1987) = \$ 23E6

$Costo\ 1994 = costo\ 1987 * indice\ 1993 / indice\ 1987$

Costo 1994 =  $23E6 * 430.81 / 323.8$

Costo 1994 = \$ 30,601,000 para capacidad de 10,000 ton/anales

### Estimado de precio unitario

$Inv\ total = Inv.\ existente * (cap\ requerida / cap.\ existente)^n$   
donde n=factor de inversión

en este caso n=0.7 para la planta  
de alquilación

Inv total= 30601000\*(4000/10000)^0.7  
(1994)  
Inv total= 15,430,042 !  
(1994)

! Estas cantidades están en dolares.

Para convertir a nuevos pesos mexicanos, sólo utilizamos el tipo de cambio del peso frente al dolar del mes de septiembre de 1994

1 dolar = N\$ 3.0562

Inv. de la planta en N\$ (1994) = 47,046,198

El método del precio unitario tiene una exactitud aproximada del  $\pm 30\%$  con respecto al precio real de la planta, por lo que manejaríamos un costo de inversión dentro de los siguientes rangos:

N\$ = 63,130,118 - 30,580,029

Este rango de precio, es válido para toda planta de alquilación que tenga la capacidad de 3760 ton/año no importando la tecnología que se utilice, sólo nos informa del rango de inversión en que se encontraría la construcción de una planta productora de nonilfenol.

Para una información más exacta tendríamos que remitirnos a un estudio intermedio que se obtendrá a continuación.

### ESTUDIO INTERMEDIO

Para el cálculo del costo Intermedio primero se tuvo que obtener el costo de equipo, para hacer ésto, nos basamos en tablas de costo unitarias de equipo, éstas tablas fueron obtenidas del Chemical Engineering, Abril 5 de 1988 y Noviembre 21 de 1988.

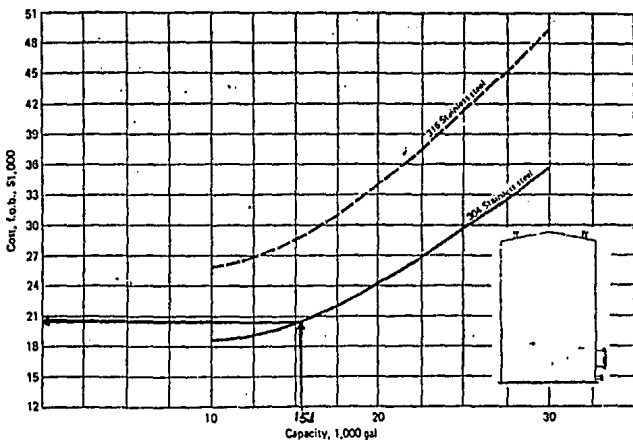
Para poder utilizar las tablas se requirió hacer el dimensionamiento y perfil de ingeniería de éstos equipos ya mostrado en los capítulos anteriores, una vez dimensionados se procede a utilizar las tablas para estimar el costo de los equipos en función de su capacidad, material y características.

Como los datos de las tablas se encontraban en dolares de 1982, se procede a convertir los dolares a pesos de 1982 con el tipo de cambio de ese año, posteriormente con el índice de precios al consumidor de 1982 y con el de 1994 se traen los pesos de 1982 a pesos corrientes de 1994.

A continuación se presenta un ejemplo de como se llevó a cabo esta actividad

Tanque API:

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO





Una vez obtenido el costo de equipo de la planta, por medio de unos factores de evaluación de costos (Factores de Lange) se obtiene la inversión total de equipo de la planta.

Se hizo el estudio intermedio en base únicamente a la disposición, arreglo, compra, preparación del equipo necesario solamente para la planta; posteriormente, en el capítulo de análisis administrativo se tomará en cuenta la inversión total de la planta. En el cuadro siguiente se muestra la operación realizada para todos los equipos.

ESTUDIO INTERMEDIO

TIPO DE MONEDA, \$ / DOLAR (1982) = 300  
 INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (DICIEMBRE 1982) = 80.51  
 INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (MAZO 1994) = 3672.9

No DE EQUIPO	EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (DLS)	COSTO (\$) 1982	COSTO (\$) 1994	COSTO (M\$) 1994
A-201	REACTOR	2619.4	GAL	3000	9000000	4105159881.3	4105155.8813
A-202	COLUMNA CROMATOGRAFICA	23.62	IN	900	2700000	1231546764.4	1231546.7644
A-217	COLUMNA ESPERADA	15.74	IN	640	1520000	875766388	875766.588
A-203	CONDENSADOR	280	FT <sup>2</sup>	785	2359500	1076235033.5	1076235.0335
A-209	TANQUE DE PERLA DESTILADO	790.5	GAL	950	2850000	1299966029.1	1299966.0291
A-205	BOMBA DE RECIRCULACION	219	GAL/HOR	180	420000	19157841.13	191573.94113
A-207	TANQUE DE ALMACENAMIENTO BUIL/AGUA	15000	GAL	2000	6000000	2736770587.5	2736770.5875
A-204	TANQUE DE ALMACENAMIENTO BUNDO	15000	GAL	2000	6000000	2736770587.5	2736770.5875
A-210	TANQUE DE ALMDO. PERLA	8000	GAL	18500	5550000	2531512793.4	2531512.7934

NO DE EQUIPO	EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (DLS)	COSTO (\$) 1982	COSTO (\$) 1994	COSTO (M\$) 1994
I-208	BOMBA PARA RENTAL/PROCEL	90	Gal/HR	1100	330000	150522382.31	150522.38231
I-211	BOMBA PARA PROCEL	90	Gal/HR	1100	330000	150522382.31	150522.38231
I-409	BOMBA PARA MUNDO	5.5	Gal/HR	900	270000	123154676.44	123154.67644
I-212	BOMBA DE VACIO	2000	Gal/HR	1100	330000	150522382.31	150522.38231
I-204	FILTRO GMP	3.33	FT <sup>2</sup>	825	247500	112891786.73	112891.78673

TOTAL : 17472911.816

COSTO DEL EQUIPO DE LA PLANTA (Ce) = N\$ 17,472,912

LA PLANTA INCLUYE ADEMAS EQUIPO COMPLEMENTARIO QUE, POR FALTA DE ESPECIFICACIONES, HA SIDO CALCULADO EN FUNCION DEL COSTO DEL EQUIPO ENTREGADO E INSTALADO.

EN ESTE METODO, Ce ES EL COSTO DEL EQUIPO ENTREGADO Y Ci ES EL COSTO DEL EQUIPO INSTALADO.

COSTO DE EQUIPO INSTALADO (Ci) =	0.5*Ce =	8,736,456.6
TUBERIA DE PROCESO	= 0.16*Ci =	1,397,832.96
INTRUMENTACION	= 0.03*Ci =	262,093.68
SERVICIOS	= 0.09*Ci =	786,281.04
PINTURA Y AISLAMIENTO	= 0.04*Ci =	349,458.24
ESTRUCTURAS	= 0.08*Ci =	698,916.48
ING. Y CONSTRUCCION	= 0.15*Ci =	1,310,468.4
EDIFICIO DE PROCESO	= 0.50*Ci =	4,368,228
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
COSTO TOTAL DE LA PLANTA, N \$,	(Ctp) =	17,909,734.8

-----		
TERRENO (305 M <sup>2</sup> A N\$2000.00/M <sup>2</sup> )		= 610,000
CONSTRUCCION DE OFICINAS Y LABORATORIO (100 M <sup>2</sup> A \$N 12000)		= 1,200,000
EQUIPO LABORATORIO Y OFICINAS =	0.04*Ctp	= 716,389.392
CONTINGENCIA =	0.30*Ctp	= 5,372,920.44
INVERSIONES DE ACTIVO FIJO		= 25,809,044.632
ACTIVO DIFERIDO=GASTOS DE PREOPERACION ARRANQUE Y PATENTES =	0.1*Ci	= 873,645.6
INVERSION TOTAL DE LA PLANTA		= 26,682,690.232

FUENTE : INDUSTRIAS RESISTOL

Los estimados intermedios tienen un rango de exactitud de  $\pm 15 - 20 \%$

**ESTUDIOS  
ADMINISTRATIVO  
Y  
FINANCIERO**

Para la elaboración de estos estudios económicos y financieros se elaboraron bajo las siguientes premisas.

-La instalación de la planta de nonilfenol se hará en un solo año.

-Se cuenta con el dinero necesario para poder instalar la planta, por lo que no es necesario un financiamiento bancario.

-Se tomará un periodo de operación óptimo de 10 años a partir de la fecha de arranque.

-La depreciación será lineal y del 9% a equipos y del 5% a los edificios.

-La amortización será del 10 % para los activos diferidos.

-Los costos y ganancias se tomaran por kg de fenol producido.

#### 7.1 CAPITAL DE TRABAJO

Es el capital total requerido por la operación a una empresa para cumplir con su ciclo operativo. Entendiéndose como ciclo operativo la transformación de efectivo en materias primas, producto en proceso, producto terminado, venta y cobranza. Por su naturaleza se considera que el capital de trabajo es una inversión de la empresa.

Se puede decir que el capital de trabajo es una función del nivel de producción. Una empresa con baja operación no requerirá grandes volúmenes de materias primas, por lo que al cumplirse un ciclo operativo la inversión en capital de trabajo será mínima.

El capital de trabajo lo podemos clasificar de la siguiente manera, como un capital de trabajo permanente entendiéndose como el capital mínimo que se requiere para cumplir con la operación y en un capital de trabajo transitorio como la inversión que se aplica eventualmente en la empresa, por variaciones del nivel normal de actividad, por tanto es una inversión de capital a corto plazo y en su caso, financiada con capital obtenido a corto plazo.

El concepto de capital de trabajo utilizado en ésta tesis, es el que corresponde a la diferencia entre el activo circulante y el pasivo de proveedores (cuentas por cobrar), por tanto podemos definir al capital de trabajo como:

+Costo de Materia Prima en Inventario

+Costo de Materia Prima en Proceso  
 +Costo de Producto Terminado en Inventario  
 +Efectivo en Caja  
 +Cuentas por Cobrar  
 -Cuentas por pagar

COSTO DEL EQUIPO DE LA PLANTA (Ce) = 17472912

LA PLANTA INCLUYE ADEMAS EQUIPO COMPLEMENTARIO QUE, POR FALTA DE ESPECIFICACIONES, HA SIDO CALCULADO EN FUNCION DEL COSTO DEL EQUIPO ENTREGADO E INSTALADO.

EN ESTE METODO, Ce ES EL COSTO DEL EQUIPO ENTREGADO Y Ci ES EL COSTO DEL EQUIPO INSTALADO.

COSTO DE EQUIPO INSTALADO (Ci)	=	0.5*Ce	=	8,736,456
TUBERIA DE PROCESO	=	0.16*Ci	=	1,397,832.96
INTRUMENTACION	=	0.03*Ci	=	262,093.68
SERVICIOS	=	0.09*Ci	=	786,281.04
PINTURA Y AISLAMIENTO	=	0.04*Ci	=	349,458.24
ESTRUCTURAS	=	0.08*Ci	=	698,916.48
ING. Y CONSTRUCCION	=	0.15*Ci	=	1,310,468.4
EDIFICIO DE PROCESO	=	0.50*Ci	=	4,368,228

COSTO TOTAL DE LA PLANTA (ctp) = 17,909,734.8

TERRENO (305 M 2 A N\$2000.00/M 2)	=	610,000
CONSTRUCCION DE OFICINAS Y LABORATORIO (100 M 2 A \$N 12000)	=	1,200,000
EQUIPO LABORATORIO Y OFICINAS	=	0.04*ctp=716,389.392
CONTINGENCIA	=	0.30*ctp=5,372,920.44

INVERSIONES DE ACTIVO FIJO = 25,809,044.632

ACTIVO DIFERIDO=GASTOS DE PREOPERACION  
 ARRANQUE Y PATENTES = 0.1\*Ci=873,645.6

INVERSION TOTAL DE LA PLANTA = 26,682,690.232

\*\*LAS UNIDADES SE ENCUENTRAN EN NUEVOS PESOS

## 2.-CAPITAL DE TRABAJO

EL CAPITAL DE TRABAJO ESTA COMPUESTO POR LOS SIGUIENTES ELEMENTOS

### 2.1 COSTO DE MATERIA PRIMA EN INVENTARIO (CMPI)

PARA FENOL SE CONSIDERA QUE SE TENDRA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO SIEMPRE LLENO(30 M<sup>3</sup>) MAS UN EXCEDENTE DE 20 M<sup>3</sup> QUE EN TOTAL EQUIVALEN A 5 DIAS DE OPERACION PARA LOS 2 PRIMEROS AÑOS Y 7 DIAS EN LOS PROXIMOS AÑOS

CMPI FENOL	=	11100	KG/DIA	*	1.565	N\$/KG	*	5
CMPI FENOL	=	86857.5	(5 DIAS)			121600.5		(7 DIAS)

PARA EL NONENO SE CONSIDERA QUE SE TENDRA EL TANQUE DE NONENO SIEMPRE LLENO (50 M<sup>3</sup>) MAS UN EXCEDENTE DE 45 M<sup>3</sup> QUE EN TOTAL EQUIVALEN A 5 DIAS DE OPERACION PARA LOS 2 PRIMEROS AÑOS Y DE 7 PARA LOS SUBSECUENTES

CMPI NONENO	=	9918	KG/DIA	*	2.526	N\$/KG	*	5
CMPI NONENO	=	125294.340	(5 DIAS)			200988.27		(7 DIAS)

CMPI TOTAL N\$ = 212121.84 (2 PRIMEROS AÑOS) 337196.37  
(SUBSECUENTES AÑOS)

### 2.2 COSTO DE MATERIA PRIMA EN PROCESO CMPP

ESTO FUE TOMADO DURANTE UN DIA DE PROCESO (3 LOTES)

FENOL	=	11154	KG/DIA	*	1.565	N\$/KG	=	17456.01
NONENO	=	10044	KG/DIA	*	2.526	N\$/KG	=	25371.144
						CMPP	=	42424.37

### 2.3 COSTO DE PRODUCTO TERMINADO EN INVENTARIO CPTI

SE CONSIDERARA UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 50 M MAS UN EXCEDENTE EN TRANSPORTACION DE 35 M QUE EQUIVALE EN TOTAL A 5 DIAS DE PRODUCCION

NONILFENOL	=	13344	KG/DIA	*	7.488	N\$/KG	*	5
CPTI	=	499652.74						

### 2.4 CUENTAS POR COBRAR, C.C

SE CONSIDERARA 30 DIAS DE VENTAS

C.C = 2997916.42

### 2.5 EFECTIVO EN CAJA, E.C.

SE CONSIDERARA IGUAL AL COSTO DE MATERIA PRIMA EN INVENTARIO MAS UN 30 % DE ESTE COSTO PARA EVENTUALIDADES

E.C. = 275758.39

### 2.6 CUENTAS POR PAGAR, C.C.P

SE CONSIDERA IGUAL A LOS DIAS DE MATERIA PRIMA EN INVENTARIO

C.P.P = 1272731.04

CAPITAL DE TRABAJO =      CMPI =262227.576  
                                   CMPP =42827.154  
                                   CMPTI=506563.2  
                                   CC =2997916.42  
                                   EC =275758.31  
                                   TOTAL=4027873.7  
                                   -CPP =1272731.04

CAPITAL DE TRABAJO (CPT) =   2755142.71

### 3.- COSTOS DE PRODUCCION

#### 3.1 COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION CDP

SE CONSIDERARA POR UNIDAD DE PRODUCTO TERMINADO

PRODUCTO	CANTIDAD(KG)	N\$/KG	VALOR/KG DE NONILFENOL
NONILFENOL	1	7.488	7.488
FENOL	0.8318	1.565	-1.3017
NONENO	0.7432	2.526	-1.877
FENOL RESIDUAL	0.3703	1.565	0.5795
NONENO RESIDUAL	0.0787	2.526	0.1987
TOTAL =			5.0875

#### CONSIDERAREMOS 5 FACTORES

##### 3.1.1 MATERIA PRIMA, CDMP

FENOL	0.8318*1.565	=	1.3017
NONENO	0.7432*2.526	=	1.877
CDMP		=	3.17909

##### 3.1.2 MANO DE OBRA, CDMO

SE REQUIEREN LOS SIGUIENTES OBREROS:

3 TURNOS:

3 ayudantes	1500 N\$/MES=	50 N\$/DIA:	150
3 OPERADORES	2000 N\$/MES=	67 N\$/DIA:	201

TOTAL/DIA:           351

HORAS HOMBRES = 6 OBREROS\*(8HR/TURNO)\*(288 DIAS) = 14400  
 COSTO H-H        =(N\$ 351/DIA)/(6\*8 HR H-H/DIA)        = 7.3125  
 COSTO DE MANO DE OBRA/AÑO = 7.3125\*14400        = 105300  
 COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA = (105300 N\$/AÑO)/(3760 TON/AÑO)  
 COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA, CDMO = 0.029 N\$/KG DE NONILFENOL

##### 3.1.3 COSTO DE SUPERVISION

3 SUPERVISORES= 3500 c/u/MES= 117c/u/MES= N\$7DIA = 351

1 ING DE PROCESO = 6000 N\$/MES = 200 N\$/DIA = 200

TOTAL/DIA = 551

H-H DE SUPERVISION = 3\*(8HR/TURNO)\*288 DIAS = 7200

ING DE PROCESO = 1\*8\*300 = 2400

TOTAL H-H/AÑO = 9600

COSTO DE H-H DE SUPERVISION = 551/(4\*8) = 17.21875

COSTO DE SUPERVISION/AÑO = 17.21\*9600 = 165300

COSTO DIRECTO DE SUPERVISION = 165300/4000000

COSTO DIRECTO DE SUPERVISION,CDS (N\$/KG) = 0.041325

##### 3.1.4 COSTO DE MANTENIMIENTO, CDM

SE DEBE DE CONSIDERAR TAMAÑO Y CARACTERISTICAS DE LA PLANTA  
 YA QUE DEPENDIENDO DE ESTOS FACTORES SE CONSIDERA ESTE



COSTO DESDE UN 3 A 10 % DE LA INVERSION FIJA. CONSIDERANDO QUE ES UNA PLANTA PEQUEÑA SE TOMARA UN 10%  
CDM = INV FIJA\*.1 = 2668269.0  
CDM = N\$ 2668269.0/3760000 KG= 0.71 N\$/KG

3.1.5 COSTO DE MATERIALES PARA MANTENIMIENTO, CMM  
SE CONSIDERA 15% DEL VALOR DEL COSTO DE MANTENIMIENTO  
CMM = 0.15\*0.71 = 0.11 N\$/KG

3.1.6 COSTO DE MATERIALES PARA SERVICIOS AUXILIARES, CMSA  
SE CONSIDERARA UN 10% DEL VALOR DEL COSTO DE INV.FIJA  
CMSA = 0.71 N\$/KG

COSTO DIRECTO DE PRODUCCION. CDP  
CDMP = 3.17909  
CDMO = 0.028005319149  
CDS = 0.041325  
CDM = 0.71  
CMM = 0.11  
CMSA = 0.71

-----  
COSTO DIRECTO DE PRODUCCION = 4.78 N\$/KG

4 COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION, CIP

4.1 PAGOS DIVERSOS, PD

ESTAN CONSTITUIDOS POR LOS SIG.CONCEPTOS

SEGURO SOCIAL

-IMPUESTOS DE LOS EMPLEADOS

-SEGUROS DE GRUPO

-PENSIONES

PARA OBTENER UN VALOR DE ESTE GRUPO SE CONSIDERA UN 50% DEL VALOR DE LA MANO DE OBRA

PD = CDMO\*0.5 = 0.01 N\$/KG

4.2 LABORATORIO, LAB

EN EL LABORATORIO SE REVISARA CALIDAD Y ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS, DURANTE EL PROCESO ES DE GRAN IMPORTANCIA PORQUE DE SU REVISION DEPENDERA LA CALIDAD DEL PRODUCTO, DEBERA TENERSE EL EQUIPO NECESARIO Y CUIDAR DETALLES, SE CONSIDERARA UN 50% DE LA MANO DE OBRA

LAB = CDMO\*0.5 = 0.014002659574 N\$/KG

4.3 GASTOS DIVERSOS, GD

SE ENCUENTRAN CONSTITUIDOS POR LOS GASTOS GENERADOS EN OTROS DEPARTAMENTOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION INDIRECTAMENTE, COMO SON: EL DEPARTAMENTO TECNICO, DEPARTAMENTO DE COMPRAS, DEPARTAMENTO DE PROYECTOS, ETC.

SE PUEDE CONSIDERAR DESDE UN 50 A UN 100 % DEL VALOR DEL COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA, EN ESTE CASO, POR TRATARSE DE UNA PLANTA PEQUEÑA

SE CONSIDERARA UN 50% DEL COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA

GD = CDMO\*0.5 = 0.014002659574 N\$/KG

EMPAQUE, CE

4.4 COSTO DE  
PARA EL COSTO DE EMPAQUE SE CONSIDERA QUE SE DEBEN DE UTILIZAR TAMBOS DE PVC DE 200 L O DE ACERO INOXIDABLE, POR LO QUE VARIA DE UN 10 A UN 60 % DEL VALOR DEL COSTO DIRECTO DE PRODUCCION, SE TOMARA EL 10% POR UTILIZAR TANQUES DE PVC

$$CE = CDP*0.1 = 0.48 \text{ N\$/KG}$$

EL COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION SERA

$$PD = 0.0042007978723$$

$$LAB = 0.014002659574$$

$$GD = 0.014002659574$$

$$CE = 0.48$$

$$CIP = 0.52 \text{ N\$/KG}$$

5 CARGOS FIJOS DE PRODUCCION, CFP

5.1 SEGURO DE PLANTA, SP

ES INDISPENSABLE SE CONSIDERA 1% DE LA INVERSION TOTAL FIJA

$$SP = INV \text{ FIJA} * 0.01 = 266826.9 \text{ N\$}$$

5.2 DEPRECIACION Y AMORTIZACION

SE CONSIDERARAN LOS SIG PORCENTAJES

DEPRECIACION: EQUIPO 9% AL AÑO

EDIFICIOS 5% AL AÑO

EN EL CASO DE AMORTIZACION ES DEL 10 % DEL VALOR DE LOS  
ACTIVOS DIFERIDOS

6 GASTOS GENERALES, GG

6.1 GASTOS DE ADMINISTRACION, GA

IGUALES AL 45% DEL COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION

$$GA = CIP * 0.45 = 0.23 \text{ N\$/KG}$$

6.2 GASTOS DE VENTA, GV

IGUALES AL 55% DEL COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION

$$GV = CIP * 0.55 = 0.29 \text{ N\$/KG}$$

6.3 GASTOS DE INVESTIGACION, GI

REPRESENTAN EL 30 % DEL COSTO INDIRECTO DE PRODUCCION

$$GI = CIP * 0.3 = 0.16 \text{ N\$/KG}$$

EL TOTAL DE GASTOS GENERALES ES:

$$GA = 0.23$$

$$GV = 0.29$$

$$GI = 0.16$$

$$GG = 0.68 \text{ N\$/KG}$$

FUENTE : INDUSTRIAS RESISTOL (DEPARTAMENTO DE COSTOS E  
INVERSIONES)

ESTOS CRITERIOS DE PORCENTAJE SON TOMADOS PARA LOS SIGUIENTES  
AÑOS DE LA VIDA UTIL DE OPERACION DE LA PLANTA (10 AÑOS), LOS  
RESULTADOS DE LOS AÑOS SIGUIENTES SE PRESENTARAN EN LAS SIGUIENTES  
TABLAS

BALANCE GENERAL EN M\$ CORRIENTES DE SEPT-1994 POR KILOGRAMO DE PRODUCTO TERMINADO

COSTO DE MATERIA PRIMA EN INVENTARIO

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DIAS	0.0	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
PREC. FIBEL(M\$)	1.5	1.6	1.7	1.0	1.0	1.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
PREC. MONICO(M\$)	2.3	2.5	2.7	2.0	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
FIBEL OPII	0.0	80,857.5	82,352.0	139,709.1	143,123.4	150,039.7	156,954.0	183,869.3	170,706.6	177,609.9	196,415.2	181,530.5
MONICO OPII	0.0	125,294.3	134,438.5	200,989.3	213,782.7	226,517.0	239,311.4	252,085.8	264,829.6	277,704.9	290,478.9	303,252.8
TOTAL OPII(M\$)	0.0	212,121.8	226,790.5	331,108.4	356,906.1	376,576.7	396,265.4	415,955.1	435,714.2	455,409.8	475,083.6	484,783.3

COSTO DE MATERIA PRIMA EN PROCESO

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DIAS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
FIBEL OPII	0.0	17,371.5	18,470.4	18,458.3	20,448.2	21,434.1	22,422.0	23,409.9	24,397.8	25,385.7	26,373.6	27,361.5
MONICO OPII	0.0	25,352.8	26,347.7	29,712.8	30,537.5	32,362.4	34,187.3	36,012.3	37,837.1	39,672.0	41,496.9	43,321.8
TOTAL OPII	0.0	42,624.4	45,158.1	48,170.8	50,985.7	53,796.5	56,609.3	59,422.2	62,234.9	65,057.7	67,870.5	70,683.3

COSTO DE PRODUCTO TERMINADO INVENTARIO

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DIAS	0.0	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
PREC MONICOFIBEL	0.0	7.5	8.0	8.0	9.1	9.7	10.2	10.8	11.3	11.9	12.4	12.9
MONICOFIBEL OPII	0.0	490,852.7	536,029.5	802,187.0	852,441.4	903,442.2	954,442.0	1,005,442.7	1,056,443.5	1,107,444.2	1,158,444.0	1,209,443.8

CAPITAL DE TRABAJO

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CUENTAS POR COBRAR												
DIAS	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
CC (M\$)	0.0	2,987,916.4	3,216,170.0	3,431,869.2	3,653,326.3	3,871,895.0	4,090,469.8	4,309,044.5	4,527,619.2	4,746,193.9	4,964,768.6	5,183,343.4
EFFECTIVO EN CAJA												
EC (M\$)	0.0	275,754.4	294,427.8	438,355.3	463,851.9	488,348.5	515,145.0	540,741.6	568,429.5	592,825.1	617,821.7	643,218.2
CUENTAS POR PAGAR												
DIAS	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
CPP (M\$)	0.0	1,272,731.0	1,360,742.8	1,445,127.3	1,529,511.7	1,613,896.0	1,698,280.4	1,782,664.7	1,867,049.0	1,951,433.4	2,035,817.8	2,120,202.2

ACTIVO CIRCULANTE												
AC (M\$)	0.0	4,027,873.8	4,318,175.1	5,083,958.8	5,377,583.4	5,665,257.9	6,012,822.5	6,330,607.1	6,648,451.3	6,966,125.0	7,283,800.4	7,601,475.0
PASIVO CIRCULANTE												
PC (M\$)	0.0	1,272,731.0	1,360,742.8	1,445,127.3	1,529,511.7	1,613,896.0	1,698,280.4	1,782,664.7	1,867,049.0	1,951,433.4	2,035,817.8	2,120,189.7
CAPITAL DE TRABAJO												
CTI (M\$)	0.0	2,755,142.7	2,954,432.6	3,618,731.3	3,848,071.7	4,081,361.9	4,314,542.1	4,547,942.4	4,781,402.3	5,014,691.6	5,247,982.6	5,481,285.3

**COSTOS DE PRODUCCION**

**COSTO POR KILOGRAMO DE PRODUCTO TERMINADO**

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
FENOL (M)	0.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1
NOBENO (M)	0.0	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.4	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2
NOXIFENOL (M)	0.0	7.5	8.0	8.6	9.1	9.7	10.2	10.8	11.3	11.8	12.4	12.8
FENOL RESIDUAL	0.0	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
NOBENO RESIDUAL	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
G. UNIDAD(M)	0.0	5.1	5.5	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.1	8.5	8.9
COSTO MP												
COMP (M)	0.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.5	4.7	4.9	5.1	5.3
MANO DE OBR												
COMO (M)	0.0	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
SUPERVISOR												
OPC (M)	0.0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
MANTENIMIENTO												
OTR MANO DE OBR	0.0	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710
COSTO DE MATERIALES												
COM 15% DE COM	0.0	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
COSTO DE MATERIALES DE SERV AUXILIARES												
CHSA UNIDOW FU	0.0	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710
COSTO INDIRECTO												
CDP (M)	0.0	4.777	4.967	5.207	5.418	5.628	5.890	6.051	6.282	6.473	6.686	6.886

**COSTOS INDIRECTOS**

PAGOS DIVERSOS												
FD (50 % COM)	0.0	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
LABORATORIO												
LAB (50 % COM)	0.0	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
GASTOS DIVERSOS												
CD (50 % COM)	0.0	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
EMPAQUE												
CE (100 % CDP)	0.0	0.470	0.500	0.521	0.542	0.563	0.584	0.605	0.626	0.647	0.668	0.689
COSTO INDIRECTO												
CDP (M)	0.0	0.520	0.542	0.563	0.584	0.605	0.626	0.647	0.668	0.689	0.710	0.731

**CARGOS FIJOS DE PRODUCCION**

SEG PLANTA												
SP (PLANT PLANTA)	0.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0	266,826.0
DEPRECIACION												
EQUIPO MA	0.0	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1	1,572,562.1
EDIFICIOS SR	0.0	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6	567,069.6
AMORTIZACION												
A. DIFERIDO MA	0.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0

**GASTOS GENERALES**

G. ADMINISTRATIVOS												
GA (50 % CDP)	0.0	0.234	0.234	0.253	0.263	0.272	0.282	0.291	0.301	0.310	0.320	0.329
GASTOS DE VENTA												
GV (50 % CDP)	0.0	0.286	0.296	0.310	0.321	0.333	0.344	0.356	0.368	0.379	0.391	0.402
G. INVESTIGACION												
GI (300 % CDP)	0.0	0.156	0.163	0.168	0.175	0.181	0.188	0.194	0.200	0.207	0.213	0.219
GASTOS GEN												
GG (M)	0.0	0.878	0.704	0.732	0.750	0.786	0.814	0.841	0.869	0.896	0.923	0.951

COSTOS ANUALES DE PRODUCCION (M\$ CORRIENTES DE SEPTIEMBRE DE 1994)

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CAP. INSTALACION	0.0	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COSTO DIRECTO	0.0	8,960,370.7	11,151,140.5	10,579,095.5	20,372,410.5	21,190,963.0	21,857,472.0	22,750,001.7	22,545,325.1	20,337,854.2	25,100,302.2	25,822,012.2
MATERIA PRIMA	0.0	5,876,080.0	8,045,000.0	17,572,507.3	14,385,430.4	15,157,565.4	15,850,000.5	16,712,623.5	17,537,657.0	18,330,470.0	18,123,005.1	19,075,534.1
MANO DE OBRAS	0.0	32,850.0	73,710.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0	105,300.0
COSTO DE INICIO	0.0	1,334,134.5	1,067,790.3	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0
COSTO DE MATERIALES DE INICIO	0.0	200,120.2	200,120.2	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4	400,240.4
COSTO DE SERVICIOS AUXILIARES	0.0	1,134,134.5	1,067,790.3	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0	2,660,260.0
COSTO INDIRECTO	0.0	977,012.0	1,425,000.0	2,115,030.5	2,105,181.5	2,274,444.4	2,352,637.3	2,432,050.2	2,512,482.5	2,581,735.4	2,670,000.3	2,750,261.2
PAGOS DIVERSOS	0.0	26,325.0	36,855.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0
LABORATORIO	0.0	26,325.0	36,855.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0
GASTOS DIVERSOS	0.0	26,325.0	36,855.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0	52,850.0
EMPAQUE	0.0	600,687.0	1,315,115.0	1,957,980.5	2,037,261.5	2,110,434.4	2,195,747.3	2,275,000.2	2,354,532.5	2,433,705.4	2,513,630.3	2,582,201.2
CARGOS FIJOS	0.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0	2,344,250.0
SEGURO DE PLANT	0.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0	260,820.0
DEPRECIACION	0.0	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7	2,140,431.7
AMORTIZACION	0.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0	61,000.0
COSTO DE PRODUCCION	0.0	12,363,850.1	16,823,000.1	20,042,082.0	26,613,866.0	25,785,644.5	26,857,470.5	27,520,210.4	28,486,088.2	29,275,048.2	30,147,630.1	31,019,412.1
GROS GENERALES	0.0	1,270,110.7	1,853,383.0	2,750,720.1	2,853,748.0	2,850,777.7	3,050,800.4	3,162,835.2	3,260,227.3	3,360,250.0	3,472,200.0	3,575,313.0
GASTOS ADMON	0.0	430,855.0	611,550.0	852,172.3	907,830.2	1,023,500.0	1,050,103.0	1,080,827.0	1,130,617.1	1,160,200.0	1,201,044.7	1,237,600.0
GASTOS DE VENTA	0.0	537,257.1	706,124.0	1,183,709.2	1,297,355.3	1,250,044.4	1,298,533.5	1,339,122.8	1,391,025.4	1,425,434.5	1,452,043.6	1,512,822.7
GROS DE INVEST.	0.0	203,163.0	477,704.0	634,781.0	650,557.4	682,333.3	700,100.2	723,045.0	753,714.0	777,530.0	801,206.5	825,012.4
COSTO ANUAL DE PRODUCCION	0.0	13,573,766.0	18,770,472.0	20,792,802.7	27,767,613.5	26,742,476.2	29,717,234.0	30,592,045.0	31,870,289.5	32,845,106.2	33,610,014.0	34,500,725.0

## ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA (M) CORRIENTES DE SEPTIEMBRE DE 1994

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CAP INSTALADA(%)	0.0	0.5	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
VENTAS NETAS	0.0	14,079,964.0	21,145,486.0	32,290,060.0	34,313,760.0	34,366,720.0	34,419,680.0	40,472,640.0	42,525,600.0	44,578,560.0	44,631,520.0	47,684,480.0
COSTOS DIRECTOS	0.0	0,000,378.7	13,151,144.5	19,579,065.5	20,372,414.5	21,164,063.0	21,057,472.6	22,758,011.7	23,545,125.1	24,332,054.2	25,130,343.2	25,022,012.2
COSTOS IND.	0.0	877,012.0	1,425,000.0	2,115,834.5	2,185,101.5	2,274,444.4	2,353,607.3	2,432,050.2	2,511,482.5	2,591,135.4	2,670,000.3	2,750,261.2
CARGOS FIJOS	0.0	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8	2,344,258.8
DEPRECIACION Y AMORTIZACION ACUMULADA	0.0	2,079,431.7	4,150,863.4	6,229,295.0	8,311,726.7	10,397,158.4	12,478,590.1	14,558,021.8	16,635,453.4	18,714,885.1	20,794,316.8	22,873,748.5
COSTO DE PRODUCCION	0.0	10,224,210.4	12,764,224.7	17,003,787.8	16,568,137.0	15,788,486.1	14,100,439.4	12,971,188.6	11,708,012.0	10,560,063.0	9,353,313.3	8,145,003.6
Gastos GENERALES	0.0	1,270,116.7	1,053,363.0	2,750,729.1	2,053,348.0	2,056,777.7	3,056,008.4	3,162,035.2	3,220,227.3	3,380,258.0	3,472,206.0	3,575,313.6
COSTO ANUAL TOTAL DE PRODUCCION	0.0	11,494,327.1	14,011,608.6	20,554,507.7	19,448,899.7	18,345,265.0	17,246,644.4	16,138,023.6	15,034,040.0	13,930,210.1	12,825,598.1	11,720,317.2
UTILIDAD BRUTA	0.0	3,054,725.6	8,381,263.3	14,687,082.4	17,737,622.1	20,879,231.0	24,228,061.6	27,688,451.4	30,758,012.2	34,017,587.0	37,278,206.7	40,538,018.4
UTILIDAD DE OPERACION	0.0	2,580,808.0	6,527,079.4	11,736,372.3	14,053,073.3	16,021,454.2	21,170,025.2	24,338,016.1	27,480,180.0	30,640,340.0	33,805,021.0	36,963,502.0
IMPUESTO SOBRE LA RENTA (% S)	0.0	878,767.0	2,210,679.0	3,020,368.6	5,053,316.0	6,127,294.4	7,200,072.0	8,274,419.5	9,348,058.4	10,420,435.0	11,494,013.4	12,567,501.0
UTILIDADES DESPUES DE IMPUESTOS	0.0	1,702,041.0	4,306,400.4	7,714,003.7	8,999,757.3	11,694,159.8	13,970,153.2	16,063,596.6	18,132,121.6	20,220,005.0	22,311,007.6	24,396,001.0
REPARTO DE UTILIDADES (10 S)	0.0	170,504.2	430,040.0	774,000.0	891,015.6	1,100,416.0	1,307,018.3	1,600,216.7	1,810,100.2	2,022,700.5	2,231,100.0	2,439,501.2
UTILIDAD NETA	0.0	1,531,537.7	3,876,360.3	6,940,003.1	8,029,140.7	10,794,743.0	12,560,344.0	14,433,050.0	16,320,511.4	18,205,114.5	20,080,717.6	21,956,500.7

ESTADO DE OIGEN Y APLICACION DE RECURSOS (M) CORRIENTES SEPTIEMBRE 1994												
UTILIDAD NETA	0.0	1,531,537.7	3,876,360.3	6,940,003.1	8,029,140.7	10,794,743.0	12,560,344.0	14,433,050.0	16,320,511.4	18,205,114.5	20,080,717.6	21,956,500.7
DEPRECIACION	0.0	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7	2,201,431.7
TOTAL ENTRADAS	0.0	3,738,069.3	6,078,002.0	9,172,036.0	11,030,572.4	12,906,175.5	14,761,776.0	16,637,381.7	18,530,943.1	20,406,546.2	22,282,149.3	24,157,932.4
INVERSION FIJA	26,002,000.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CAPITAL DE TRABAJO	0.0	2,755,142.7	2,054,432.6	3,618,731.3	3,868,071.7	4,001,361.0	4,314,052.1	4,547,062.4	4,781,106.0	5,014,396.0	5,267,005.1	5,480,075.3
TOTAL SALIDAS	26,002,000.2	2,755,142.7	2,054,432.6	3,618,731.3	3,868,071.7	4,001,361.0	4,314,052.1	4,547,062.4	4,781,106.0	5,014,396.0	5,267,005.1	5,480,075.3
FLUJO NETO DE EFECTIVO	(26,002,000.2)	801,546.6	3,129,569.4	5,554,105.5	7,182,500.7	8,826,013.6	10,447,126.4	12,100,419.3	13,748,039.5	15,382,151.3	17,034,636.2	18,678,777.1

AÑO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
F.M.E.	(20,602,000.2)	801,546.8	3,120,558.4	5,554,185.5	7,182,500.7	8,826,813.8	10,467,128.4	12,109,439.3	13,748,836.5	15,382,151.3	17,024,466.2	18,676,777.1
	(20,602,000.2)	853,518.0	2,350,581.2	3,851,814.5	4,190,818.1	4,367,482.0	4,525,227.8	4,552,386.8	4,436,866.8	4,375,118.1	4,210,858.0	4,016,448.7
VNI	14,948,421.1											
PIEA	(20,602,000.2)	(25,781,143.8)	(23,540,546.2)	(17,028,119.7)	(9,943,878.8)	(1,818,184.5)	8,447,882.8	21,581,401.3	35,307,238.7	50,688,381.1	67,733,855.3	86,418,832.4
PIED	(20,602,000.2)	853,518.0	2,350,581.2	3,851,814.5	4,190,818.1	4,367,482.0	4,525,227.8	4,552,386.8	4,436,866.8	4,375,118.1	4,210,858.0	4,016,448.7
PIEDA	(20,602,000.2)	(25,829,171.4)	(23,468,546.2)	(18,817,885.7)	(15,711,867.8)	(11,323,555.6)	(6,788,329.8)	(2,265,861.2)	2,268,885.3	6,626,315.4	18,624,876.4	44,943,421.1
TIR	0.22295181											
VALOR PRESENTE NETO AL 15 % (A)				14,948,421.1								
TASA INTERNA DE RETORNO				23.285 %								
PERIODO DE RECUPERACION APLICADO SOBRE EL F.M.E. ACUMULADO				0.5 AÑOS								
PERIODO DE RECUPERACION CON COSTO DE CAPITAL APLICADO SOBRE EL F.M.E. ACUMULADO				0.5 AÑOS A PARTIR DEL ABRIL								

## ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Cuando se quiere invertir en algun proyecto, es necesario cuantificar el riesgo que se corre, por consiguiente deben realizarse analisis de sensibilidad; èsto es, comparar los factores que puedan variar mas facilmente contra el valor estimado original.

Una vez seleccionados los factores que puedan variar mäs, deberàn determonarse los posibles porcentajes de cambio para tener un analisis de cada factor seleccionado.

Los resultados de dichas variaciones se presentarán en graficas, ya que esto, nos darà una imagen fácil de analizar.

Los factores elegidos seràn referidos a dos indicadores economicos;

1.- Valor presente neto; es un criterio de evaluaciòn de proyectos que nos permite determinar el incremento a nuestro patrimonio como inversionista.

Con este mètodo podemos conocer el valor neto del proyecto al termino del periodo que se esta evaluando, con una tasa mínima atractiva que se mantiene constante y referido al valor actual.

Para el presente estudio se determinò una tasa mínima atractiva del 15%.

Cuando el valor presente neto es mayor que la inversión original, el proyecto serà atractivo.

2.- Tasa interna de recuperaciòn; este indicador econòmico tambièn se conoce con el nombre de Tasa de rentabilidad interna, y se obtiene cuando la sumatoria de los flujos netos de efectivo en los 10 años, multiplicados por el correspondiente del valor presente neto es igual a cero.

A continuaciòn se presentan las tablas del estudio de sensibilidad, para cada uno de los factores analizados, los cuales tienen su grafica respectiva.



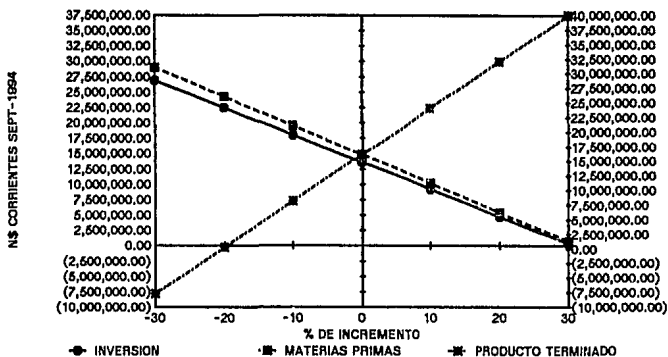
### INVERSION

% DE VARIACION	V.P.N	T.I.R.
-30	28,852,123.06	35.131
-20	24,184,555.75	30.4992
-10	19,516,988.43	26.619
0	14,849,421.34	23.2851
10	10,181,853.79	20.3622
20	5,514,286.47	17.7572
30	846,719.15	15.4045

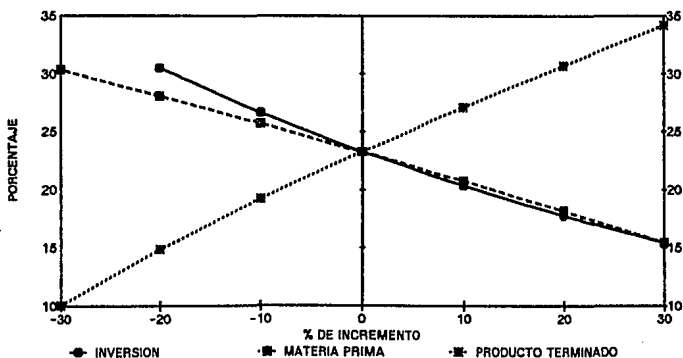
MATERIAS PRIMAS		
% DE VARIACION	V.P.N	T.I.R.
-30	28,975,568.52	30.3475
-20	24,266,852.79	28.0605
-10	19,558,137.06	25.71
0	14,849,421.34	23.2851
10	10,140,705.61	20.7745
20	5,431,989.88	18.163
30	723,274.16	15.4316

PRECIO DE PRODUCTO TERMINADO		
% DE VARIACION	V.P.N	T.I.R.
-30	(7,756,611.68)	10.0599
-20	(221,267.34)	14.8665
-10	7,314,077.00	19.2355
0	14,849,421.34	23.2851
10	22,384,765.68	27.0925
20	29,920,110.02	30.7055
30	37,455,454.36	34.1635

### ANALISIS DE SENSIBILIDAD VALOR PRESENTE NETO



### ANALISIS DE SENSIBILIDAD TASA INTERNA DE RECUPERACION



### COMENTARIOS

Como se aprecia en las gráficas, el proyecto presenta riesgo la disminución del precio del producto terminado y en el aumento de precio de materias primas.

Con respecto a la disminución del precio de producto terminado se observa que es todavía rentable hasta una disminución del 10%, siendo que después de esta cifra se tiende a alcanzar la tasa atractiva de interés que ofrece el banco.

Con respecto al aumento de precios de materias primas presenta menor sensibilidad ya que se observa que todavía es rentable hasta un aumento del 20 % de lo pronosticado obteniendo una muy buena tasa atractiva de interés.

De acuerdo a este estudio también se llega a la conclusión de que es aceptable un 20 % de aumento en la inversión original para obtener una tasa atractiva de interés aproximada al 18 % .

# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES Y ANALISIS DE RESULTADOS.

El nonilfenol es un compuesto químico que solubiliza compuestos orgánicos y les da estabilidad disminuyendo su volatilidad. El mayor uso del nonilfenol es principalmente como agente tensoactivo (50%), seguido del uso como aditivo y solvente para aceites lubricantes (20%). Para ser usado como agente tensoactivo, el nonilfenol tiene que ser etoxilado con óxido de etileno. Su uso en adhesivos y en la producción de resinas fenólicas está aumentando.

El nonilfenol sólo se puede producir a partir de dos materias primas, el fenol y el noneno.

La producción nacional de nonilfenol ha tenido un crecimiento casi lineal aproximado al 7 % anual desde 1989 hasta 1993 pero no ha podido alcanzar el consumo aparente de éste producto desde 1989.

Por no alcanzar las especificaciones de calidad, especialmente para la producción de tensoactivos, la producción solo ha sido del 50 % de la capacidad instalada y en 1993 el consumo aparente supera en un 7% la capacidad instalada, por lo que nos hace pensar que sería necesario la instalación de una nueva y competitiva planta productora de nonilfenol.

Las importaciones de nonilfenol cubren en 1993 un 35% del consumo aparente y se importan de Estados Unidos con el 91.62% de las importaciones y Alemania con el 8.37% de éstas.

El precio nacional y de importación de nonilfenol han sido muy parecidos, incluso en 1990 y 1987, el precio de importación estuvo por debajo del precio nacional en un 7%, lo que propició un aumento en las importaciones de nonilfenol, pero a partir de 1991, el precio de importación ha estado por arriba del precio nacional en un 10% lo que da una gran oportunidad de ofrecer un precio competitivo al mercado nacional y extranjero.

De acuerdo a las proyecciones realizadas en ésta tesis, el consumo de nonilfenol tiende a crecer sin que la producción nacional pudiera cubrir ésta demanda por lo que las importaciones igualarán y superarán a la producción nacional en el año de 1998. Este producto deja ver la posibilidad de que la instalación de una planta de nonilfenol que elabore un producto que cumpla con las características del mercado.

Los pronosticos de precios nacionales y de importación de nonilfenol colocan al precio nacional en una situación favorable frente al precio de importación en más de un 30 % por abajo de éste para el año 2000.

El fenol es una de las materias primas de nonilfenol. El consumo aparente de fenol está un 40 % abajo de la producción de éste, siendo las exportaciones la parte restante; éste consumo tiende a bajar pero puede establecerse gracias a las exportaciones, por lo que la producción se mantendría estable y con una buena reserva debido a que si se cuenta con la capacidad instalada para proveer fenol a nuevas plantas que requieran éste producto.

Todo el fenol utilizado en la producción de nonilfenol es de producción nacional producido en un 90 % por Fenocimía .

Las proyecciones del precio del fenol hasta el año 2010 suben un 4% anual frente a un 7 % anual del precio del nonilfenol.

El nonilfenol es la 2da materia prima con la que se elabora el nonilfenol y no se produce en México. Se importa de E.U. (91.8%) y de Alemania (8.2%).

El 90 % de las importaciones de noneno son para la producción de nonilfenol, por el hecho de que no ha habido ningún problema para la importación de éste producto, podemos suponer que habrá suficiente noneno para satisfacer una nueva demanda como lo sería una nueva planta de nonilfenol.

El precio pronosticado de noneno sigue una tendencia creciente del 7% anual.

La capacidad de la planta de nonilfenol pronosticada sería de 3760 ton/año con una vida útil de 10 años a partir de 1995, que abatiría en un 40 % las importaciones de éste producto durante los próximos 10 años.

La ubicación de la producción de nonilfenol se encuentra concentrada en el centro de la República Mexicana principalmente en el Edo. de México. Su centro de consumo principal también está ubicado en el centro de la República Mexicana principalmente en el Edo. de México, D.F., Puebla y Morelos, éstas características aunadas a la cercanía y facilidad de la distribución de las materias primas como es la del fenol producido por Fenoquimia en Tula, Hidalgo y la importación del noneno por avión y barco, principalmente del puerto de Veracruz, propician la instalación en el Edo. de México y posteriormente gracias a las facilidades de ventajas y construcción de plantas químicas, se localiza la planta en el municipio de Tultitlán, Edo. de México.

Se encontraron 3 tipos de tecnologías para la producción de nonilfenol, siendo elegida, de acuerdo a la situación tecnológica y económica del país, la tecnología de Rohm and Hass ofreciendo las mayores ventajas para la situación del país. Entre éstas ventajas podemos resumir las siguientes: menor equipo de operación, mayor control y especificación de la reacción, menor número de subproductos, menor gasto en servicios y mayor seguridad .

La producción de nonilfenol se llevará a cabo con una relación de materias primas del 1.5 fenol/1 noneno en masa.

Se producirán 3 lotes batch por día con una carga de 3700 kg de fenol y 3306 kg de noneno por lote produciendo 4448 kg de nonilfenol por lote.

En el perfil de ingeniería toda la información proporcionada por la tecnología fué adecuada para nuestra planta por medio de escalamientos conforme a las necesidades y a la tecnología propuesta.

El balance de materia está propuesto para que las cargas consecutivas sean contabilizadas con las cantidades descritas en el capítulo de perfil de ingeniería y así poder elaborar la filosofía de operación cuyo objetivo es unificar todo el proceso, describiendo paso a paso las necesidades, requerimientos e imprevistos que pudiera tener la planta para poder ser operada.

En cuanto a los diagramas de tubería instrumentación (DTI) consideramos crear cabezales de servicios y dividir posteriormente en ramales para suministro de servicios y proceso a los diferentes equipos.

En tanto a la seguridad se desarrolló una amplia investigación para así poder cumplir con toda la reglamentación que en un momento dado se tendrá que obedecer para la instalación de la planta.

La seguridad es uno de los puntos que se logra alcanzar dentro del perfil de ingeniería ya que se tiene mucho cuidado tanto en la seguridad del personal que operará la planta y la protección ambiental como en el cuidado de la materia prima y producto, esto se puede apreciar en el DTI del almacenamiento de materias primas y producto terminado.

La elaboración de los Diagramas de Instrumentación siguió ciertos modelos proporcionados por PEMEX y nos apegamos mucho a la forma de numeración de líneas e instrumentos, por ejemplo, tanto en la nomenclatura como en la simbología.

En la elección de tuberías nos orientamos gracias al artículo de "Piping systems:How Instalation Costs Stax Up" de la publicación de Chemical Engineering de enero de 1993 que nos dió una amplia vision para la elección de tuberías deacuerdo al tipo de servicio y costos que con esto implica su instalación.

El estimado preliminar de costo indica una inversión de N\$ 47,046,198 con un rango de  $\pm 35$  % (N\$ 63,130,118 - 30,580,029).

El estimado intermedio de costo indicó una inversión de N\$ 27,802,400.230 con rango de  $\pm 15 - 20$  % (N\$ 34,362,880-22,241,920)

Deacuerdo al estudio de mercado y a las optimizaciones técnicas se estableció la capacidad a la que trabajaría la planta dentro de un rango operacional de 10 años: para el año de 1994 se construría la planta, en el año de 1995 se trabajaría a un 50 % de la capacidad, para 1996 se trabajará al 70 %, para 1997 a un 100 % hasta el año 2005.

Una vez establecidas las capacidades a trabajar, se obtuvo el balance proforma de cada año y se establecieron los Flujos Netos de Efectivo para cada año con lo cual se obtuvieron las siguientes razones financieras.

Valor Presente:el cual fué tomado al 15 % de tasa atractiva de interés y se obtuvo un valor positivo de 14849421.53

TIR:Fué también tomado al 15% y se obtuvo un 23.28% de interés, lo que demuestra que está en más de un 70% por arriba del interés bancario actual.

Un periodo de recuperación aplicado sobre el F.N.E. acumulado de 6.5 años a partir del arranque.

Un periodo de recuperación con costo de capital aplicado sobre el F.N.E. acumulado igual a 8.5 años a partir del arranque.



En base a todos los resultados y conclusiones técnicas y económicas aquí obtenidas podemos llegar a contestar la pregunta inicial de ésta tesis: es factible la instalación y operación de una planta de nonilfenol en nuestro país con ganancias y ésta factibilidad puede aumentar si ésta planta se coloca dentro de un complejo junto a otra planta que se dedique a etoxilar el nonilfenol (como se vió en el estudio de mercado, el principal uso es la etoxilación del nonilfenol para uso como tensoactivo) o bien, instalarse sola y únicamente comerciar con el nonilfenol.

# BIBLIOGRAFIA

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Anuario de la Industria Química (ANIQ). 1992
- 2) Anuario Estadístico del Edo. de México  
INEGI 1993
- 3) Diario Oficial de la Federación, 1993
- 4) Morrison and Boyd, Química Orgánica  
Mc Graw-Hill.
- 5) Solomons, Química Orgánica  
Mc Graw-Hill
- 6) Safety Data Aldrich, Tomo I y II.
- 7) Kirck-Other, Enciclopedia de la Industria Química.
- 8) ASTM, Diseño de Equipo.
- 9) Ullsmans, Enciclopedia de la Tecnología Química.
- 10) Chemical Abstracts, distintos volúmenes para determinar tecnologías de fabricación)
- 11) Centro de Información Tecnológica, Facultad de Química.  
UNAM.
- 12) Operaciones de Transferencia de Masa.  
Robert E. Treybal
- 13) Piping Systems: How Installation Costs Stack up.  
Chemical Engineering, Enero 1993
- 14) Patente Polaca  
Production of Nonylphenol and other Alkylphenols.  
Prezem Chem, Polonia  
Mazur, Adam; Kiedik, Maciej, 1987
- 15) Patente Rumana  
Prozeden de fabricalz a Nonlfenolului.  
Ing. Ionescu Gheorghe, Ing. Piscureanu Aurelia.
- 16) Optimization of Parameters of Nonylphenol Synthesis  
Using  
Macropoarus Cation Exchangers.  
Prezem Chem, Polonia, 1991.  
Kiedik, Maciej; Tatiana, Pers
- 17) Modernizing of the Nonylphenol and Dodecylphenol  
Plant.  
Rev. Chim, Bucarest, Rumania  
Stoica, Radica; Anca, Vais.

- 18) Rohm and Hass de México S.A. de CV  
 Av Insurgentes sur No 1106 piso 10 Col: Nochebuena  
 Ing. Luis Fernando Ortega M.  
 Gerente Divisional de Ventas.
- 19) Centro de Información Científica y Humanística (CICH)  
 UNAM
- 20) Economics Indicator, Chemical Engineering  
 Julio 13, 1988.
- 21) Estimate Cost of Scaled-Up Process Plant, Cemical  
 Engineering.  
 Abril, 1990
- 22) Indicadores Económicos.  
 Abril 1994
- 23) "Productividad: Un Enfoque Financiero"  
 Revista Contaduría Pública, del Instituto Mexicano de  
 Contadores  
 Públicos, Vol 15, Diciembre 1986, México.  
 Agüero, Mario de.
- 24) "El capital de trabajo : sus efectos económicos y  
 financieros"  
  
 Revista Administrativa de Empresas, Año XIII no 145,  
 1983  
 Macario A., Buenos Aires.
- 25) Apuntes de Ing. de Proyectos.  
 Ing. José Antonio Ortiz.  
 Facultad de Química, UNAM.
- 26) Apuntes de Transferencia de Calor  
 Ing. Bremountz  
 Facultad de Química, UNAM.
- 27) Apuntes y libro de Flujo de Flúidos.  
 Ing Antonio Valiente.  
 Facultad de Química, UNAM.
- 28) Apuntes de Química de los Procesos Industriales.  
 Químico Eduardo Marambio.  
 Facultad de Química, UNAM.
- 29) Apuntes de Ing Económica.  
 Ing. José Guerra.  
 Facultad de Química, UNAM.