



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

**Estudio Técnico Económico para Fabricación
de Cloruro de Bencilo**

265

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

ENRIQUE ORELLANA CARRASCO

M E X I C O

1 9 7 5



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. TESIS

ADQ. 1975

FECHA 17/02/75

PROC. 253 252



QUIMICA

J u r a d o A s i g n a d o :

Presidente Prof. Eduardo Rojo y de Regil

Vocal Prof. Guillermo Arsolio

Secretario Prof. José Luis Padilla

1° Suplente Prof. Alfonso Franyutti

2° Suplente Prof. Mario Ramírez y Otero

Sitio donde se desarrolló la tesis: Facultad
de Química, UNAM, México, D.F.

SUSTENTANTE: Enrique Orellana Carrasco

ASESOR: Prof. Eduardo Rojo y de Regil

A mis Papás y hermanas
con todo mi cariño y
admiración.

1980899

A Maye, la mayor

ilusión de mi vida.

A mis Abuelitos, los
presentes y los que
ya nos dejaron

A mi sobrino, tíos
y primos.

Al Ing. Químico Eduardo Rojo
y de Regil por su amistad sin
cera y asesoramiento de esta
tesis.

A todos mis maestros

A Patty con mi agradecimiento
por la transcripción a máqui-
na de este trabajo.

A Miguel por su valiosa cola-
boración.

A mis Amigos

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA FABRICACION DE
CLORURO DE BENCILO

Indice

	<u>Página</u>
<u>Capítulo I</u> - INTRODUCCION	1
<u>Capítulo II</u> - DESCRIPCION DEL PRODUCTO	4
1. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL CLORURO DE BENCILO	4
2. METODOS DE OBTENCION EN LABORATORIO	6
3. REACCIONES GENERALES DEL CLORURO DE BENCILO.	8
4. USOS DEL CLORURO DE BENCILO	10
5. CONTROL ANALITICO DEL CLORURO DE BENCILO ...	11
<u>Capítulo III</u> - ESTUDIO DE MERCADO	13
1. IMPORTACIONES	15
2. PRECIOS	17
3. CONSUMIDORES	18
4. CONSUMO EN MEXICO DE PRODUCTOS DERIVADOS ...	19
5. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO	21
6. ANALISIS DE PRODUCTOS SUSTITUTOS	21
7. ANALISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	27
8. PROYECCION DE LA DEMANDA	30
9. EXISTENCIA DE MATERIAS PRIMAS	35
<u>Capítulo IV</u> - PROCESO DE FABRICACION	42

	<u>Página</u>
1. REACCION Y CONDICIONES GENERALES	42
2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	43
3. CONDICIONES DE SEGURIDAD	45
<u>Capítulo V</u> - TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA ...	49
1. TAMAÑO DE LA PLANTA	49
2. LOCALIZACION DE LA PLANTA	53
<u>Capítulo VI</u> - EVALUACION DEL PROCESO	57
1. PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS	57
2. SUBPRODUCTOS DEL PROCESO Y PROPIEADES	59
3. VOLUMEN DE LOS SUBPRODUCTOS EN EL PROCESO ..	66
4. CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO ...	67
5. MATERIALES DE ENVASE Y CONSUMO	67
<u>Capítulo VII</u> - BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	71
1. BALANCE DE MATERIA	71
2. BALANCE DE ENERGIA	79
<u>Capítulo VIII</u> - ESTUDIO ECONOMICO Y FINANCIERO ...	90
1. INVERSIONES DE ACTIVO FIJO	90
2. ESTIMACION DE COSTOS Y GASTOS	96

	<u>Página</u>
3. INVERSIONES DE ACTIVO CIRCULANTE	101
4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS	103
5. BALANCE GENERAL PROFORMA	105
6. FLUJO DE EFECTIVO	109
7. RENTABILIDADES	109
<u>Capítulo IX</u> - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114

Indice de Cuadros

	<u>Página</u>
<u>Cuadro N° 1</u>	Importaciones 16
<u>Cuadro N° 2</u>	Consumo aparente de derivados 20
<u>Cuadro N° 3</u>	Distribución Geográfica del consumo de Productos Derivados 22
<u>Cuadro N° 4</u>	Comparación de precios actuales prome- dio 27
<u>Cuadro N° 5</u>	Análisis de Productos sustitutos 28
<u>Cuadro N° 6</u>	Proyección de la demanda de derivados de cloruro de bencilo 36
<u>Cuadro N° 7</u>	Proyección de la demanda de cloruro de bencilo 36
<u>Cuadro N° 8</u>	Producción, importación, exportación y consumo aparente en México de tolu- eno 38
<u>Cuadro N° 9</u>	Producción, importación, exportación y consumo aparente en México de cloro 39
<u>Cuadro N° 10</u>	Distribución Geográfica de la produc- ción de cloro 40
<u>Cuadro N° 11</u>	Precios de materias primas F.O.B. ... 41
<u>Cuadro N° 12</u>	Programa de producción y nivel de a- provechamiento de la capacidad insta- lada 51
<u>Cuadro N° 13</u>	Consumo aparente en México de ácido clorhídrico 64
<u>Cuadro N° 14</u>	Programa de producción de subproduc- tos en la cloración de tolueno 66

	<u>Página</u>
<u>Cuadro N° 15</u>	Consumo de materias primas 61
<u>Cuadro N° 16</u>	Consumo de envase derivados clorados. 70
<u>Cuadro N° 17</u>	Programa real de producción 89
<u>Cuadro N° 18</u>	Programa real de consumo 89
<u>Cuadro N° 19</u>	Estimación de costos y gastos 97
<u>Cuadro N° 20</u>	Presupuesto de activo circulante 102
<u>Cuadro N° 21</u>	Estado proforma de pérdidas y ganancias 104
<u>Cuadro N° 22</u>	Balance general proforma 108
<u>Cuadro N° 23</u>	Presupuesto de origen y aplicación de recursos 110
<u>Cuadro N° 24</u>	Rentabilidades esperadas 112

Indice de Tablas

		<u>Página</u>
<u>Tabla N° 1</u>	Constantes físicas del cloruro de bencilo	4
- <u>Tabla N° 2</u>	Fracciones Arancelarias	17
- <u>Tabla N° 3</u>	Precios en el País	17
<u>Tabla N° 4</u>	Precios en los Estados Unidos	18

Indice de Gráficas

		<u>Página</u>
- <u>Gráfica #1</u>	Consumo aparente de cloruro de bencilo	32
- <u>Gráfica #2</u>	Proyección de la demanda de ftalatos de bencilo	32
- <u>Gráfica #3</u>	Proyección de la demanda de alcohol bencílico	34
- <u>Gráfica #4</u>	Proyección de la demanda de otros derivados de cloruro de bencilo	34
<u>Gráfica #5</u>	Punto de equilibrio	106

Indice de Diagramas

		<u>Página</u>
<u>Diagrama 1</u>	Diagrama de bloques de proceso de cloruro de bencilo	46
<u>Diagrama 2</u>	Diagrama de flujo del proceso de cloruro de bencilo	47
<u>Diagrama 3</u>	Balance de Materia de Proceso del cloruro de bencilo	87

Capítulo I

INTRODUCCION

Durante estos últimos años se han hecho presentes en la economía de nuestro País una serie de factores de origen tanto interno como externo que han traído como consecuencia un considerable incremento en la demanda de productos químicos y concretamente de origen petroquímico, que por escasez de materias primas, recursos tecnológicos y/o económicos, ésta se ha tenido que satisfacer mediante importaciones. Sin embargo, hay ocasiones en que las importaciones de productos o tecnología no se justifican cuando se tiene un mercado real o potencial interesante y los recursos materiales y tecnológicos necesarios para su sustitución.

La Industria Petroquímica comprende la elaboración de todos aquellos productos químicos que se derivan de los hidrocarburos del petróleo y del gas natural mediante procesos químicos o físicos. Su desarrollo está íntimamente ligado al de la economía por su gran interrelación con otras ramas de la actividad económica, debido a la gran variedad de productos que genera. Por ley, la Industria Petroquímica se divide en dos ramas que son el sector básico y el sector secundario. El primero compete únicamente a Petróleos Mexicanos

y comprende aquellas materias primas que sean resultado de la primera transformación química o el primer proceso físico importantes y que se efectúen a partir de productos o subproductos de refinación de hidrocarburos del petróleo. También intervienen dentro de la petroquímica básica, productos de interés socio-económico para la Nación. El sector secundario comprende los productos que resulten de los procesos subsecuentes a los de petroquímica básica, y su elaboración puede realizarse por los particulares solos o asociados con el Gobierno, requiriéndose una mayoría de 60% de capital mexicano.

La Industria Petroquímica tuvo en 1974 una producción de aproximadamente 5.2 millones de toneladas, correspondiendo un 57% a la producción del sector básico y un 43% a la producción del sector secundario.

La Industria Petroquímica representa un poco más del 40% del valor de la producción bruta de la Industria Química total en el país, lo cual muestra la importancia de cuidar y fomentar su desarrollo integral.

De acuerdo con los párrafos anteriores, es necesario promover en México mayores inversiones, tanto para fomentar el

desarrollo de nuevas y apropiadas tecnologías mediante la investigación en el campo petroquímico secundario, como para la creación de nuevas industrias adaptando a las necesidades del País, tecnologías complementarias a las aquí desarrolladas. Estas mayores promociones darán por resultado un ahorro de divisas que se lograrán al fabricar en México productos y tecnología que ahora se importan.

La implementación de nuevos proyectos implica la realización de estudios técnico-económicos que permitan determinar si éstos son viables de llevarse a cabo en ambos aspectos, procurando tomar en cuenta el mayor número de factores posibles.

Por todo lo anterior, el objetivo de esta tesis es el efectuar un estudio técnico-económico para la fabricación de un producto de petroquímica secundaria clasificado como intermedio y que actualmente se importa en su totalidad; el cloruro de bencilo.

El presente trabajo pretende además, cuantificar y concluir los resultados más factibles de realizar una inversión para la fabricación de este producto, que de llevarse a cabo ahorraría divisas para el País, crearía fuentes de trabajo y ayudaría a la integración de la Industria Petroquímica secundaria, con los consiguientes beneficios económicos y sociales.

Capítulo II

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

1. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL CLORURO DE BENCILO

El cloruro de bencilo (α cloro - tolueno), es un líquido incoloro de olor aromático y cuyos vapores son irritantes a las mucosas y a los ojos. Se le considera un lagrimador poderoso.

En la tabla N° 1 se enumeran las constantes físicas del cloruro de bencilo.

Tabla N° 1

Constantes Físicas: (1)

Peso Molecular	126.5
Densidad absoluta	1.1026 g/cm ³
Temperatura de ebullición	179.4°C a 760 mm Hg
Temperatura de fusión	-43°C
Densidad relativa:	
a 4/4°C	1.1135
a 15/15°C	1.10426
a 20/20°C	1.1002
Indice de Refracción,	1.54124

Tensión superficial, dinas/cm:

a	15°C	38.43
a	179.5°C	19.5

Difusión de vapor en aire 0.066

Densidad de vapor (aire = 1) 4.34

Calor de combustión, kcal/mol 886.4

Punto de inflamación °F 140

Límite explosivo menor (en aire)
% vol 1.1

Calor específico, 1 atm, 10-140°C
Cal/g°C 0.323

Coefficiente volumétrico de expansión
por °C, 0-30°C 0.000972

Calor de vaporización, cal/mol 11,024 (promedio)

Presión de vapor:

<u>°C</u>	<u>mm Hg</u>
22	1
47.8	5
60.8	10
90.7	40
100.5	60
114.2	100
134.0	200

Mezclas azeotrópicas binarias del cloruro de bencilo:

<u>Sistema</u>	<u>Punto de ebullición</u>	<u>% mol cloruro de bencilo</u>
Cloruro de bencilo-ácido	172.0	66
Cloruro de bencilo-benzaldehido	177.9	46

El cloruro de bencilo es insoluble en agua fría, pero se descompone en agua caliente para dar alcohol bencílico. A temperatura ambiente es miscible en todas proporciones con alcohol, eter y cloroformo.

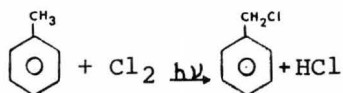
Hay 35 sistemas azeotrópicos binarios y 5 sistemas azeotrópicos ternarios que contienen cloruro de bencilo como componente. Entre éstos hay mezclas azeotrópicas binarias de ácido cloroacético y benzaldehído.

2. MÉTODOS DE OBTENCIÓN EN LABORATORIO

El cloruro de bencilo fué preparado primeramente por Cannizzaro en 1853 a partir de alcohol bencílico y ácido clorhídrico.

El principal método de obtención consiste en la cloración del tolueno hirviendo, en ausencia de luz hasta que haya un aumento en masa de 37.5%. La mezcla de reacción se agita con base débil y se destila. La cloración se lleva a cabo en un recipiente resistente al cloro. Pueden usarse catalizadores como pentacloruro de fósforo (PCl_5), o luz, pero la reacción puede efectuarse sin ellos, aunque en forma lenta.

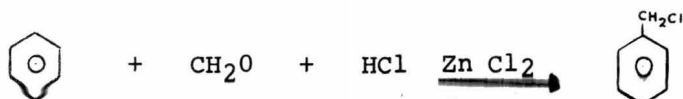
Reacción:



El cloruro de bencilo puede prepararse en forma continua mezclando tolueno y cloro en fase vapor, usando el cloruro de sulfurilo ($\text{SO}_2 \text{Cl}_2$) como agente clorante, exceso de tolueno a 130°C y peróxido de dibenzol como catalizador. Por ahora, este método no es económicamente viable a escala comercial, aunque da rendimientos de aproximadamente 80%.

Otro método es la clorometilación del benceno en presencia de cloruro de zinc. Como agentes metilantes pueden usarse formaldehído; para formaldehído, metilal, o diclorometil eter sobre reacción con ácido clorhídrico gaseoso, siendo los dos primeros los más económicos. Pueden obtenerse rendimientos del 70% o más de cloruro de bencilo, pudiendo regenerarse el cloruro de zinc. En esta reacción se recomienda destilar a vapor para evitar la descomposición del cloruro de bencilo.

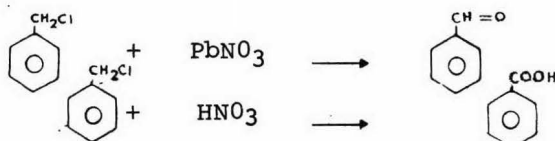
La reacción que se efectúa es:



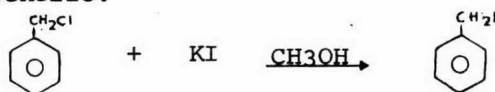
3. REACCIONES GENERALES DEL CLORURO DE BENCILO

A. EN LA CADENA

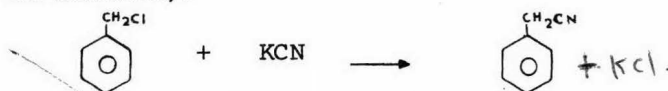
- a) Con agentes oxidantes dá benzaldehído y ácido benzoico.



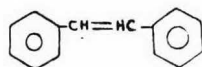
- b) Con ioduro de potasio en acetona o metanol dá ioduro de bencilo.



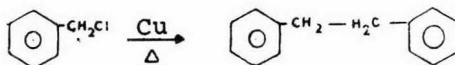
- c) Con cianuro de potasio dá fenil acetnitrilo (cianuro de bencilo).



- d) Sujeto a una corriente eléctrica se libera HCl y se forma estilbenceno

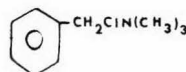


- e) Calentado con cobre se forma dibencilo.



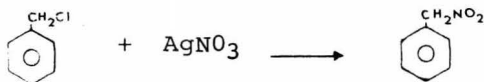
- f) Con NH_3 alcohólico dá mezclas de aminas sustituidas; bencil amina ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{NH}_2$), dibencil amina ($(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)_2\text{NH}$) y tribencil amina ($(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)_3\text{N}$).

- g) Con las aminas terciarias (ej. trimetil amina), dan sales de amonio cuaternarias

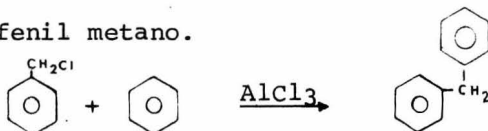


h) Con anilina dá bencilanilina y dibencilanilina.

i) Con Nitrato de plata dá fenil nitrometano.



j) Con benceno en presencia de tricloruro de aluminio dá difenil metano.

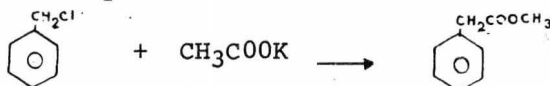


k) Con salicilato metálico dá bencil salicilato, $(\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5)$.

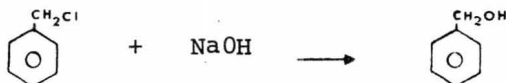
l) Con dietil malonato en presencia de sodio metálico dá mezcla de mono y dibencil ester malónico $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2)$ y $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OC}_6\text{H}_5)$

m) Con fenoles o fenolatos dá éteres (ej. bencil fenil eter. $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OC}_6\text{H}_5)$)

n) Con acetato de potasio dá acetato de bencilo.

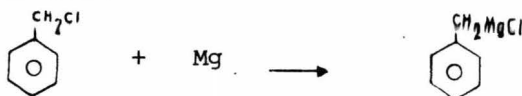


o) Por ebullición con hidróxido de potasio o sosa dá alcohol bencílico.



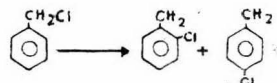
p) Por reducción con alcohol y polvo de zinc dá tolueno.

q) Con Magnesio por reacción de grignard dá cloruro de bencil magnesio.

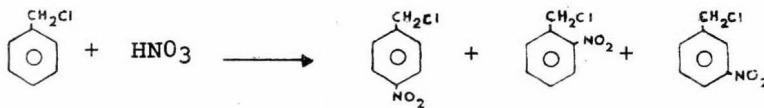


B. EN EL NUCLEO

a) Por cloración, usando catalizadores como FeCl_3 , CuCl , NiCl_3 , BaCl ó I_2 dá compuestos orto y para, pero la reacción es difícil de controlar.



b) Por nitración dá 50% para, 30% orto y 15% meta cloruro de nitrobenzilo.



4. USOS DEL CLORURO DE BENCILO

Actualmente, la mayor demanda del cloruro de benzilo es para la fabricación de alcohol bencílico que es materia prima necesaria para producir ftalatos de alquil benzilo, siendo el principal de éstos el ftalato de butil benzilo, que en la industria de los plastificantes pueden competir en calidad con el ftalato de dioctilo que es el principal plastificante del anhidrido ftálico.

En la industria de perfumería tienen bastante aplicación el cloruro de benzilo y el alcohol bencílico. El cloruro de benzilo es también materia prima en la producción de acetato de benzilo, cinamato de benzilo, ester fenil acético y alcohol fenil etílico, usados como *interme-*

dios de otros compuestos orgánicos, y como producto final en campos farmacéuticos y de perfumería.

Es muy usado como materia prima en la fabricación de muchos productos farmacéuticos como fenobarbital, anfetaminas (benzedrina), demerol, dolantin y benzoato de bencilo, que además se utiliza como misticida y como constituyentes de perfumes.

En la industria de los colorantes se emplea en la fabricación de bases benciladas, necesarias en materias colorantes como violeta de bencilo, violeta brillante, crisalina y verde álcali.

El cloruro de bencilo es materia prima en la producción de para bencil fenol, que se usa como desinfectante, bactericida, insecticida y repelente de insectos. Tiene también aplicación en la preparación de resinas artificiales, fibras textiles, y en la fabricación de cortinas.

5. CONTROL ANALITICO DEL CLORURO DE BENCILO

Debido a que comunmente el cloruro de bencilo se obtie-

ne mezclado con los otros derivados clorados del tolueno (cloruro de benzal y benzotricloruro) es necesario hacer un análisis cuantitativo de esta mezcla. Para esto se hierve ésta durante 3 horas en agua. Por este medio se hidroliza el cloruro de bencilo a alcohol bencílico; el cloruro de benzal a aldehído benzoico; y el benzotricloruro a ácido benzoico. El ácido clorhídrico se cuantea por titulación con potasa y etanol con fenolftaleina o azul de metileno.

5g. de cloruro de bencilo se neutralizan con hidróxido de potasio y fenolftaleina y agregando 1ml de hidroquinona al 0.05% y 20ml. de agua hervida. Se hierve 2 hrs. 45 minutos y se destila en 20 ml. de etanol. La acidez total se determina con hidróxido de potasio en alcohol, y el indicador.

A la solución se añade dicromato de potasio y se titula con solución de nitrato de plata 0.1 N hasta cambio de coloración.

Capítulo III

ESTUDIO DE MERCADO

En todo proyecto o estudio de preinversión, el estudio de mercado tiene una gran importancia para su éxito o fracaso, ya que de su buena o mala realización, se derivarán buenas o malas decisiones respecto a la factibilidad del proyecto. Esta factibilidad será resultado de una evaluación completa de todos los aspectos que haya sido posible considerar en el mismo y sin embargo, las cifras obtenidas del estudio de mercado serán las que se utilicen en los pasos subsecuentes por lo que su validez tiene una importancia definitiva.

El enfoque que se ha dado a este estudio en particular ha sido, en primer lugar, conocer los antecedentes del cloruro de bencilo en el mercado mexicano y estimar su situación actual en los campos de aplicación tradicionales en el país.

En segundo lugar se investigaron las razones de su hasta ahora poco uso en el ramo de los plastificantes del anhídrido ftálico (dada la magnitud de este mercado en el país), e igualmente sus posibilidades de aceptación en el momento de iniciar su producción local, para lo cual ha debido hablarse con algunos de los principales consumidores de plastifi-

cantes en el país, quienes en general opinan que la futura penetración en el mercado del ftalato de dibutil bencilo, que se deriva del cloruro de bencilo y del alcohol bencílico, está sólo condicionada a que tenga un precio competitivo con el del DOP y otros plastificantes de fuerte consumo actual.

ftalato de diocilo

La proyección de la demanda que se ha realizado no ha sido por tanto correlacionada con los antecedentes, sino que se ha hecho principalmente en base a una penetración en la demanda esperada de plastificantes en México. Por último se ha estudiado el abastecimiento de materias primas en cuanto a cantidades, fuentes y precios, así como su consumo aparente en el país.

Como información complementaria ha sido investigado el mercado del cloruro de benzal, que es el principal subproducto del cloruro de bencilo, y de su principal derivado, que es el benzaldehído.

(De todo lo que enseguida será expuesto, puede resumirse que el historial del consumo del cloruro de bencilo ha sido:

	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Ton	16	83	155	216	270

Como no es aplicable ningún modelo matemático, el pronóstico se ha hecho en función de una estimación del consumo de los derivados del cloruro de bencilo y mediante relaciones estequiométricas, cuyos resultados fueron:

	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Ton	755	853	968	1101	1255	1435

1. IMPORTACIONES

Las importaciones del cloruro de bencilo, sus subproductos y sus principales derivados han sido en los últimos años como se muestran en el Cuadro N° 1.

Cabe hacer la aclaración, que en lo que se refiere al alcohol bencílico y a los ftalatos de alquil bencilo, aunque ya se producen en el País, consumen para su fabricación cloruro de bencilo de importación. →

Los países de los cuales se han importado los mencionados productos han sido principalmente los Estados Unidos de América, la República Federal Alemana y el Reino Unido.

Las fracciones arancelarias de estos productos se indican en la Tabla N° 2.

Cuadro N° 1

I M P O R T A C I O N E S →

AÑO	CLORURO DE BENCILO		CLORURO DE BENZAL		ALCOHOL BEN CILICO		BENZALDEHIDO		FTALATO DE BUTIL BENCILO	
	Volúmen Ton	Valor \$ x '000	Volúmen Ton	Valor \$ x '000	Volúmen Ton	Valor \$ x '000	Volúmen Ton	Valor \$ x '000	Volúmen Ton	Valor \$ x '000
1970	16	94	0.2	1.5	29	302	13	109	239	1,370
1971	83	477	44	295	65	594	8	74	12	70
1972	155	895	123	903	0.045	2.08	5	37	--	--
1973	216	1,253	290	1,596	--	--	5.6	50	--	--
1974*	270	1,876	310	2,566	--	--	13	164	--	--

* Cifras estimadas de Julio a Diciembre

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior, SIC.

Tabla N° 2

FRACCIONES ARANCELARIAS

<u>PRODUCTO</u>	<u>FRACCION ARANCELARIA</u>
cloruro de bencilo	29.02.D.008
cloruro de benzal	29.02.D.009
alcohol bencílico	29.05.B.001
benzaldehido	29.11.D.001
ftalato de butil bencilo	29.15.C.029

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior, SIC.

2. PRECIOS

Los precios actuales promedio de fabricantes o distribuidores, en el Mercado Nacional se muestran en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3

PRECIOS EN EL PAIS

<u>PRODUCTO</u>	<u>PRECIO/KG. MEX.</u>
cloruro de bencilo	\$ 34.00
cloruro de benzal	\$ 32.00
alcohol bencílico	\$ 36.00
benzaldehido	\$ 36.75
ftalato de butil bencilo	\$ 39.00

Handwritten notes: 547, 34-100, -0.2, 20

Fuente: Investigación propia con la industria o distribuidores.

A modo de comparación se muestran en la Tabla N° 4, precios de estos productos en los Estados Unidos de América.

Tabla N° 4

PRECIOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

<u>PRODUCTO</u>	<u>PRECIO/KG. N. Y.</u>
cloruro de bencilo	\$ 4.55
cloruro de benzal	\$ 4.10
alcohol bencílico	\$ 9.65
benzaldehido	\$ 13.50
ftalato de butil bencilo	\$ 19.80

Fuente: Chemical Marketing Reporter, New York, February, 1974.

3. CONSUMIDORES

Como ya se ha mencionado en el Capítulo anterior, el cloruro de bencilo se consume por diversas industrias como son: plastificantes, perfumería, farmacéutica, jabones, fotografía, colorantes, desinfectantes, bactericidas e insecticidas.

Por el volúmen que utilizan de cloruro de bencilo, las nombradas en los cuatro primeros lugares son las indus-

trias a las que puede llamarse como "indicadoras" de la demanda actual y futura de nuestro producto en el mercado, y por consecuencia lógica, hacia las que deberán enfocarse las ventas del mismo. → → →

Respecto a lo anterior, un hecho obvio, por ser un producto que se utiliza en su totalidad como materia prima o intermedio en la industria de proceso, pero que sin embargo debe mencionarse, es que el sistema de ventas debe efectuarse por contacto directo y especializado con los clientes y complementarse con información técnica impresa, o por simple anuncio en las revistas del ramo.

4. CONSUMO EN MEXICO DE PRODUCTOS DERIVADOS

* Los productos que se derivan de la fabricación de cloruro de bencilo, en parte se producen en el País, y en parte se importan. De cualquier manera, ambas cifras señalan el consumo aparente que existe en México de dichos productos. Una proyección de la demanda de este consumo, basada en datos reales de varios años, y principalmente de penetración en nuevos mercados, dará la pauta

de la demanda que a su vez tendrá el cloruro de bencilo* considerando que la calidad y precio de éste marginen la aparición en el mercado de productos sustitutos del cloruro de bencilo, o de aquellos que de alguna forma se deriven de su producción. Cualquiera que fuese la situación contraria a la que se está considerando afectará de alguna manera el futuro del mercado que se proyecte.

El consumo aparente en México de los principales productos derivados del cloruro de bencilo se muestra en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2

CONSUMO APARENTE DE DERIVADOS

Ton / Año

AÑO	CLORURO DE BENZAL	BENZALDEHIDO	ALCOHOL BEN CILICO	F'TALATO DE BU TIL BENCILO
1970	29	21	143	239
1971	44	34	155	275
1972	123	96	169	316
1973	290	226	184	394
1974	310	242	200	475

Fuente: Investigación en la Industria y datos de importación del Anuario Estadístico del Comercio Exterior SIC.

* Basada ésta en las cantidades estequiométricas del cloruro de bencilo necesarias para producir una unidad de derivado o subproducto.

5. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO

La distribución geográfica del consumo en el País, que se considera en el Cuadro N° 3, se basa en la localización de las industrias que procesan o utilizan los productos derivados del cloruro de bencilo, y la capacidad instalada que tienen estas empresas.

La importancia básica de estos datos, es la de vislumbrar una posible localización de la planta que se proyecta, con el objeto de ubicarse en lugares accesibles a los centros de consumo.

Por supuesto, la ubicación no queda supeditada únicamente a la cercanía de las industrias a las que se surtiría el cloruro de bencilo, sino que además deben tomarse en cuenta otros factores como la localización de las fuentes de abastecimiento de materias primas y las facilidades y recursos que se encuentren en aquellas regiones para el establecimiento de nuevas industrias.

6. ANALISIS DE PRODUCTOS SUSTITUTOS

El esperado crecimiento en la demanda de los productos que se estudian depende en forma muy importante de que

Cuadro N° 3

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CONSUMO DE PRODUCTOS DERIVADOS

PLANTA	PRODUCTO	CAPACIDAD Tons/año	UBICACION
Aromáticos Petroquímicos, S. de R.L.	cloruro de benzal	500	Tlalnepantla, Mex.
Cía. Química Ameyal, S.A.	benzaldehido	100	Tultitlán, México
Cía. Química Ameyal, S.A.	alcohol bencílico	100	Tultitlán, México
Industria Química Delgar, S.A.	ftalato de butil	3000	San Luis Potosí
Industria Química Synres, S.A.	bencilo		Toluca, México

Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ)
Producción Química Mexicana

éstos logren una penetración en el mercado de los plastificantes derivados del anhídrido ftálico, cuyo principal representante es el ftalato de dioctilo (más del 80% de la producción total de plastificantes). Este ftalato consume, para su fabricación, 2-etil hexanol el que por consecuencia ha tenido un crecimiento sumamente dinámico en los últimos años.

Una razón determinante en el hecho de que los ftalatos de alquil-bencilo no se han utilizado en gran escala ha sido que su precio no ha resultado, hasta ahora, competitivo con el ftalato de dioctilo (una comparación de éstos se muestra en el Cuadro N° 4). Es de esperarse que al iniciar en México la fabricación de cloruro de bencilo, el precio de sus plastificantes derivados se vean abatidos sustancialmente. Añadiendo a ésto que el punto de ebullición de los mismos es mayor que el de el ftalato de dioctilo (lo que los hace ser plastificantes más finos), su demanda deberá ser cada vez mayor.

La situación que actualmente prevalece en la Industria Nacional productora de plastificantes ofrece, por lo que se refiere al ftalato de dioctilo, el siguiente panorama.

En la fabricación del ftalato de dioctilo inciden básicamente dos materias primas, el anhídrido ftálico y el alcohol 2-etil hexílico. Por lo que se refiere al anhídrido ftálico, el abastecimiento del mismo no ofrece problema en vista de que en México existe una capacidad productiva instalada superior a la demanda actual y futura inmediata y por otro lado el abastecimiento de su materia prima (ortoxileno de PEMEX) parece ser adecuado. Por lo que respecta al alcohol 2-etil hexílico la capacidad productiva instalada actualmente en México es para producir hasta 18,000 toneladas anuales, volúmen que es más que suficiente para satisfacer la demanda actual, y a mediano plazo de los productores nacionales de plastificantes. Sin embargo, debido a la falta de materia prima (acetaldehído de PEMEX) esta capacidad productiva no ha podido ser aprovechada plenamente y por lo mismo a partir de 1973 se ha tenido que importar volúmenes crecientes de este material y de plastificantes, que entre 1971 y 1972 ya prácticamente se habían dejado de importar.

La demanda nacional de acetaldehído, en vista de la capacidad productiva que tiene instalada PEMEX actualmente, es satisfecha en aproximadamente un 60% con produc-

ción nacional de PEMEX y el 40% restante lo es con material importado. Al acentuarse en 1972 y sobre todo en 1973 la escasez mundial de materiales petroquímicos, el abastecimiento de la demanda nacional de acetaldehído importado se vió restringido por lo cual se redujo la producción local de productos tales como el alcohol 2-etil-hexanol, derivado del dicho acetaldehído, esto afectó al abastecimiento de los productores nacionales de plastificantes. Para aliviar en cierta medida la situación se están haciendo importaciones de 2-etil hexanol.

La normalización a corto plazo del suministro de acetaldehído a los consumidores nacionales, depende de la manera como evolucione la situación de escasez que prevalece actualmente en el mercado internacional de los materiales petroquímicos.

PEMEX tiene en ejecución el proyecto de otra planta para la fabricación de acetaldehído que se espera entre en operación hacia 1976. Con esta planta la capacidad productiva instalada de PEMEX excederá a la demanda nacional prevista en el futuro inmediato.

En vista de la situación antes descrita, se estima que

podrían colocarse en el futuro inmediato con los productores nacionales de plastificantes ciertos volúmenes de alcohol bencílico o de cloruro de bencilo en sustitución del alcohol 2-etil hexanol que se está importando. Cabe hacer notar que se menciona tanto al alcohol bencílico como al cloruro de bencilo como substitutos del 2-etil hexanol en vista de que, conforme a la tecnología más actualizada, para la fabricación del plastificante ftalato de n-butil bencilo se prefiere al cloruro de bencilo sobre el alcohol bencílico por las ventajas tanto técnicas como económicas que para el proceso de fabricación de dicho plastificante ofrece el cloruro de bencilo.

Una relación de producción interna y consumo de los últimos años y del programa de producción y demanda proyectada de estos productos para los próximos años puede verse en el Cuadro N° 5. Aquí se aprecia que a partir de 1974 hay exceso de demanda de 2-etil hexanol sobre su capacidad instalada. En lo referente a los demás campos de consumo del cloruro de bencilo y sus derivados (perfumería, farmacéutica, etc.), las cantidades demandadas son menores pero más estables, ya que son componentes esenciales para fabricar productos terminados

con demanda menos creciente.

Cuadro N° 4

COMPARACION DE PRECIOS ACTUALES PROMEDIO

PRODUCTO BASE	PRECIO/KG	CONTRATIPO	PRECIO/KG
alcohol bencílico	\$36.00	2-etil hexanol	\$11.90
ftalato de butil bencilo	\$39.00	ftalato de dioctilo	\$19.35

Fuente: Investigación propia en la Industria

7. ANALISIS DE LA DEMANDA ACTUAL

Debido a que la demanda de cloruro de bencilo y sus derivados varían en forma muy importante con el precio a que se ofrecen -según los antecedentes recopilados, y por propia opinión de las industrias consumidoras de estos productos-, se tiene como consecuencia que el coeficiente de elasticidad-precio es elevado con respecto al de otros productos petroquímicos intermedios de difícil sustitución por similares a ellos. Esto es, que al menos en lo referente al ramo de los plastificantes que

Cuadro N° 5

ANALISIS DE PRODUCTOS SUSTITUTOS

Toneladas por año

PRODUCTO	HISTORIA	1970	1971	1972	1973	1974
2 etil hexanol	Producción interna	5,900	8,300	12,212	9,616	10,250
	Consumo aparente	6,158	8,360	12,212	9,972	10,820
ftalato de dioctilo	Producción interna	8,100	11,400	13,900	16,300	18,200
	Consumo aparente	8,400	11,530	14,100	16,500	17,900

PRODUCTO	PROYECCION	1975	1976	1977	1978	1979
2 etil hexanol	Programa producción	13,200	13,200	17,500	18,000	18,000
	Proyección de la demanda	16,200	18,950	21,800	25,000	28,100
ftalato de dioctilo	Programa producción	22,400	26,150	30,000	34,500	38,800
	Proyección de la demanda	22,400	26,150	30,000	34,500	38,800

Fuente: Memorias del VII Foro del ANIQ, Producción Química Mexicana y Desarrollo y Perspectivas del Sector Secundario de la Industria Petroquímica.

es el que consume mayores cantidades de éstos, cualquier variación en el precio ofrecido provoca variaciones más o menos fuertes en sentido inverso de las cantidades de mandadas. Desafortunadamente, la falta de antecedentes en variaciones de precio - cantidad demandada de cloruro de bencilo para la industria de los plastificantes hace muy difícil, si no imposible, la medición del coeficiente que permita comprobar una demanda actual insatisfecha, y a estimar su magnitud.

Sin embargo, la totalidad de la producción de plastificantes del anhídrido ftálico que supera las 15,000 toneladas al año, es del tipo del ya analizado ftalato de dioctilo o sus isómeros, que por la escasez de sus materias primas podrá irse sustituyendo por ftalatos de alquil bencilo, (con sus ya mencionadas ventajas de tipo físico y químico sobre los demás). Según opiniones conservadoras de los industriales, estos ftalatos podrán venderse en cantidades superiores a las 2000 toneladas por año si el precio del alcohol bencílico o del cloruro de bencilo resulta competitivo con el de el 2-etil hexanol. Estas 2000 toneladas implicarían ventas de cerca de 800 toneladas por año de cloruro de benen

cilo por ese concepto.

El consumo aparente de cloruro de bencilo en 1974 fué el mismo que se importó, es decir de 270 toneladas aproximadamente, las cuales se destinaron en un 70% a la fabricación de ftalatos de alquil bencilo previo paso por alcohol bencílico, un 17% a la producción del mismo alcohol bencílico, pero destinado a las industrias farmacéuticas y de perfumería. El 13% restante se destinó a la fabricación de benzoato, acetato y salicilato de bencilo.

En la gráfica N° 1, aparece tabulado el consumo aparente del cloruro de bencilo en los últimos años. Aquí puede apreciarse la creciente demanda de este producto. Sin embargo, no será posible correlacionar estos antecedentes para hacer proyecciones de consumo o demanda, ya que no tienen relación con los esperados, dado que imperarán condiciones muy diferentes a las que hasta la fecha han prevalecido.

8. PROYECCION DE LA DEMANDA

Como es obvio, la demanda futura del *cloruro de bencilo*

dependerá del crecimiento de las empresas instaladas que lo emplean y de la instalación de otras que le den usos distintos a los que actualmente se le dan en el País. Debido a las limitaciones del presente estudio y a la dificultad para estimar este último componente que se deriva del cambio estructural, sólo se consideró el primer componente para predecir la futura demanda de este producto y determinar, hasta donde es posible, las cantidades que se pretenderán vender, y por ende la capacidad de la planta que se requiere instalar.

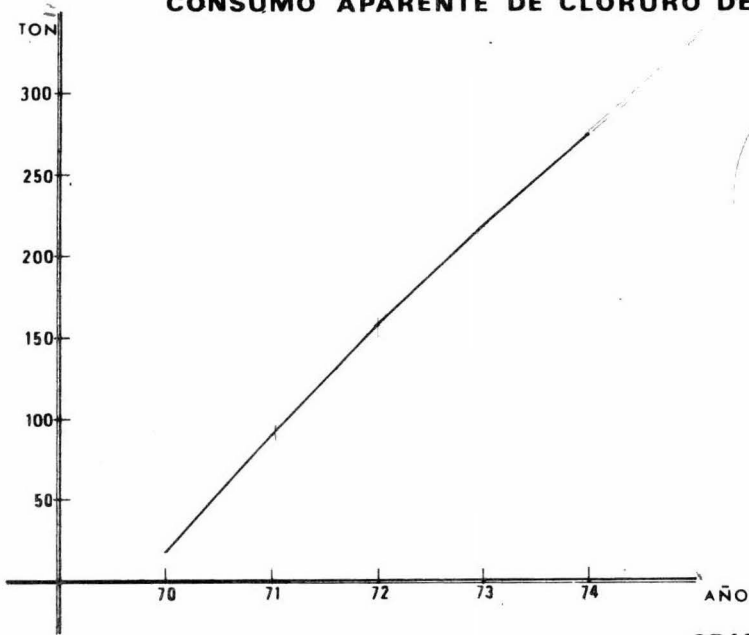
Como primer paso se observa el hecho de que a pesar de su alto precio, los plastificantes fabricados a partir del cloruro de bencilo han mostrado aumentos en consumo superiores al 15% anual. Graficando este consumo de los últimos años y extrapolándolo con la misma tendencia de crecimiento, se obtuvo la gráfica N° 2. Esta tendencia no podría conservarse si el costo de sus materias primas no bajase, ya que se ha debido a la escasez de 2-etil hexanol.

De igual manera, graficando el consumo de alcohol bencilico y otros derivados* del cloruro y su extrapolación,

* Se refiere a benzoato, acetato y salicilato de bencilo en conjunto.

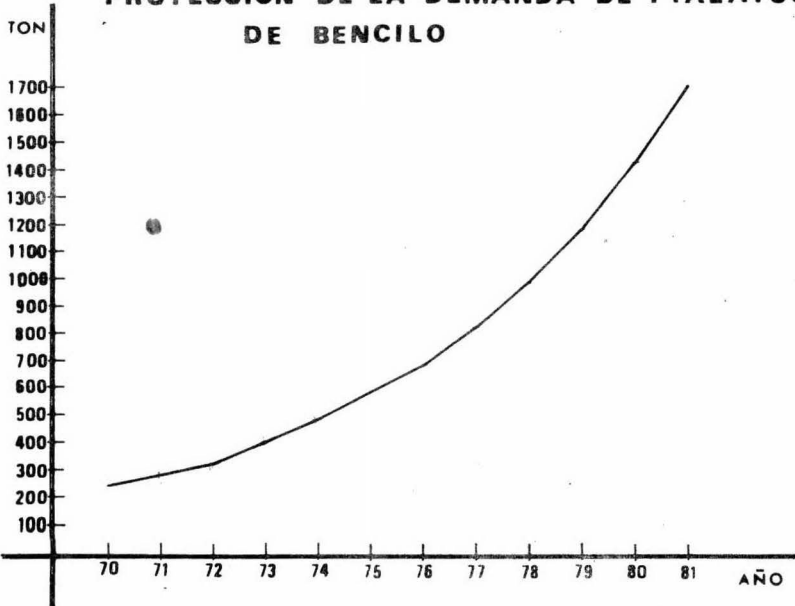
GRAFICA No. 1

CONSUMO APARENTE DE CLORURO DE BENCILO



GRAFICA No. 2

PROYECCION DE LA DEMANDA DE FTALATOS DE BENCILO



se obtienen las gráficas N° 3 y 4 respectivamente.

Tabulando las gráficas N° 2, 3 y 4, en el Cuadro N° 6, se observa la proyección de la demanda de los ftalatos de alquil bencilo, alcohol bencílico y de otros derivados del cloruro de bencilo.

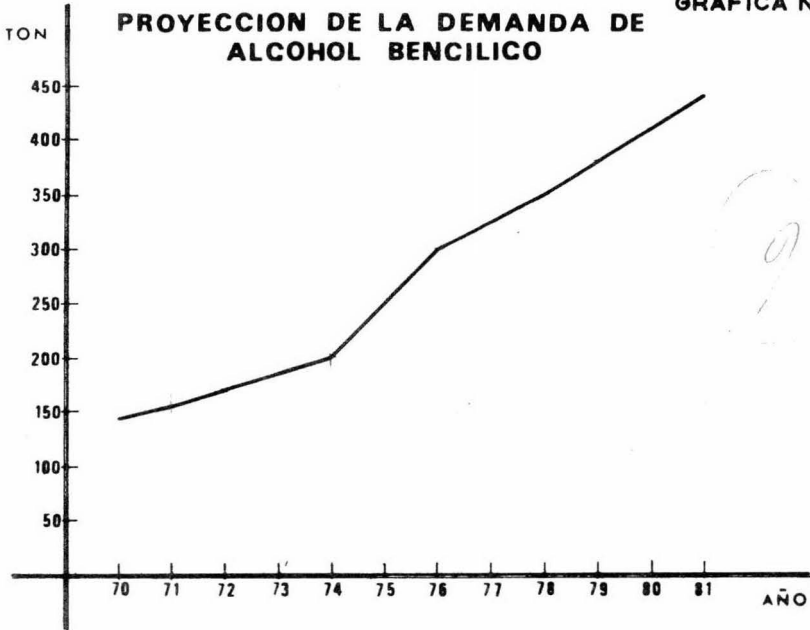
Considerando la estequiometría y los rendimientos prácticos de las reacciones involucradas, se obtiene lo siguiente:

- a) Para producir una tonelada del ftalato de butil bencilo se requieren 400 kg. de cloruro de bencilo, tomando en cuenta hidrólisis de éste y esterificación del alcohol bencílico con anhídrido ftálico.
- b) Para producir una tonelada de alcohol bencílico se requieren 1300 kg. de cloruro de bencilo.
- c) Para fines prácticos, se considera que se requieren en promedio 1400 kg. de cloruro de bencilo para producir una tonelada, ya sea de benzoato, acetato o salicilato de bencilo. Así mismo se considera que la producción de éstos será idéntica.

Con las bases anteriores resulta posible estimar una fu

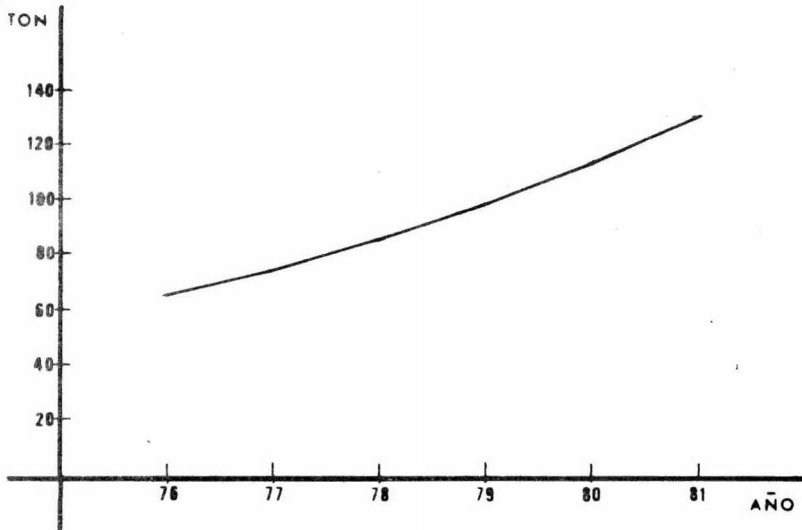
GRAFICA No. 3

PROYECCION DE LA DEMANDA DE ALCOHOL BENCILICO



GRAFICA No. 4

PROYECCION DE LA DEMANDA DE OTROS DERIVADOS DE CLORURO DE BENCILO



tura demanda de cloruro de bencilo en el mercado nacional, misma que aparece en el Cuadro N° 7. 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. Sin embargo, se considera que tales cifras no representan un criterio parcialmente optimista, sino que más bien se ha tratado de ser conservador en las mismas.

9. EXISTENCIA DE MATERIAS PRIMAS

Resulta de vital importancia para el éxito o fracaso del proyecto, el asegurarse de la disponibilidad en suficiente cantidad de los insumos que se utilizarán en el mismo, que satisfagan los requerimientos de la planta y que el precio al que se ofrecen sea costeable, tomando en consideración su futura influencia en los costos de fabricación, ya que deberá introducirse en el mercado el cloruro de bencilo a un precio atractivo para los consumidores y aparte de éso, dejar márgenes de utilidad neta razonables.

Los insumos básicos para el presente proyecto son el to

Cuadro N° 6

PROYECCION DE LA DEMANDA DE DERIVADOS DE CLORURO DE BENCILO

Toneladas por año

PRODUCTO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
ftalatos de alquil bencilo	684	820	985	1182	1418	1702
alcohol bencílico	300	324	350	378	408	440
otros derivados	65	74	85	98	113	130
T O T A L	1049	1218	1420	1658	1939	2272

Cuadro N° 7

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CLORURO DE BENCILO

Toneladas por año

PARA FABRICACION DE	1976	1977	1978	1979	1980	1981
ftalatos de bencilo	274	328	394	473	567	681
alcohol bencílico	390	421	455	491	530	572
otros derivados	91	104	119	137	158	182
T O T A L	755	853	968	1101	1255	1435

lueno y el cloro. Ambos tienen para el País, y en concreto para la Industria Química, singular importancia tanto por la magnitud de su consumo, como por la diversidad de sus aplicaciones, y consecuentemente por su alta significación económica y social.

Como una idea de la magnitud de estos productos, aparecen en los Cuadros N° 8 y 9 algunos antecedentes, tanto del tolueno como del cloro, respectivamente.

Debe notarse que la producción de tolueno ha sido superior a su consumo interno, por lo que se han exportado los excedentes.

La actual capacidad instalada del tolueno es de 100,000 toneladas anuales; y se encuentra en fase de proyecto otra de 308,000 toneladas, ambas en Minatitlán, Ver. Es de recomendarse, sin embargo, efectuar contratos por escrito con Petróleos Mexicanos para asegurar el abastecimiento completo y oportuno de esta materia prima.

Ejemplos de otras aplicaciones del tolueno son: como solvente de pinturas, barnices, gomas, hules, resinas, aceites, acetatos y éteres de celulosa, se utiliza como diluyente de lacas de nitrato de celulosa y en síntesis

Cuadro N° 8

PRODUCCION, IMPORTACION, EXPORTACION Y CONSUMO APARENTE EN MEXICO DE
TOLUENO

Cantidad en Toneladas

Valor en miles de pesos

AÑO	PRODUCCION Cantidad	IMPORTACION		EXPORTACION		CONSUMO APARENTE Cantidad
		Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	
1964	14,831	13,918	10,477	2	1	28,749
1965	64,950	21	55	11,864	7,356	53,106
1966	92,200	.508	1	48,786	30,199	43,414
1967	87,756	.038	2	34,447	23,130	53,308
1968	98,595	.006	.5	22,855	17,967	75,740
1969	96,994	.038	.8	26,875	16,611	70,118
1970	88,779	21	48	15,628	9,693	73,171
1971	92,914	.139	4	18,190	10,575	74,724
1972	83,586	.133	2	13,120	7,976	70,465
1973	100,707	5,001	8,368	27,096	21,271	78,611
1974*	112,400	7,400	14,324	13,662	36,704	106,138

* Incluye únicamente Enero - Junio

Fuente: Pemex

Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos
Dirección General de Estadística - S.I.C. - México 1964 - 1974

Cuadro N° 9

PRODUCCION, IMPORTACION, EXPORTACION Y CONSUMO APARENTE

EN MEXICO DE CLORO

(Toneladas)

5

AÑO	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1960	20,555	11	983	19,583
1961	24,217	4	1,024	23,197
1962	28,151	629	2,297	26,483
1963	33,000	26	-	33,026
1964	38,865	2	2,943	35,924
1965	42,300	251	35	42,516
1966	45,684	3	716	44,971
1967	47,168	966	966	47,168
1968	64,240	-	-	64,240
1969	73,200	-	399	72,801
1970	78,000	-	642	77,358
1971	96,047	-	449	95,598
1972	96,066	1,610	607	97,069
1973	103,905	1,432	3,421	101,916

Fuente: Olizar, M. - Guía de los Mercados de México - Méx. 1974

orgánicas en la manufactura de ácido benzoico, TNT, colorantes y perfumes. Se usa también como agente de extracción y en la preparación de gasolinas de alto octanaje.

En lo referente al cloro, la capacidad instalada es actualmente de 250,000 toneladas anuales en siete plantas. De esta capacidad, 160,000 toneladas son para abastecer la producción de hidrocarburos clorados en Pajaritos, Veracruz.

La distribución geográfica de la producción restante se muestra en el Cuadro N° 10.

Cuadro N° 10

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA PRODUCCION DE CLORO

LOCALIZACION	CAPACIDAD TON/AÑO	%
Monterrey	16,000	18
Ayotla, Mex.	4,450	5
Salamanca	8,800	10
Ecatepec	2,300	3
Santa Clara, Mex.	24,000	27
Guadalajara	33,000	37

Fuente: _ Producción Química Mexicana - Guía de los Mercados de México - 1974 - 1975.

Existen dos nuevos proyectos para la fabricación de cloro-sosa. Uno de ellos en Altamira de 55,000 toneladas de capacidad, y otra en Tehuantepec, que arrancará en 1977.

Como en el caso del tolueno, debe investigarse cuál de las compañías productoras está en posibilidad de surtir cloro en las cantidades y especificaciones requeridas para el proyecto.

El cloro se utiliza en la fabricación de derivados clorados orgánicos e inorgánicos, en la purificación de agua, como blanqueador en la elaboración de pulpa y papel, y como desinfectante. En forma muy importante se usa en la Industria Petroquímica, y en especial en la producción de cloruro de vinilo.

En el Cuadro N° 11 se encuentran los precios actuales promedio, en la República Mexicana, de ambas materias primas.

Cuadro N° 11

PRECIOS DE MATERIAS PRIMAS F.O.B.

MATERIA PRIMA	PRECIO PESOS/KG*
tolueno	\$2.40
cloro	\$2.20

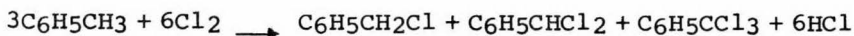
* Considerando los volúmenes requeridos para el proceso.

Capítulo IV

PROCESO DE FABRICACION

1. REACCION Y CONDICIONES GENERALES

El proceso está basado en la reacción en caliente (a la temperatura de ebullición del tolueno), entre el cloro, libre de humedad; y el tolueno, en presencia de luz ultravioleta, mediante la reacción balanceada:



La reacción se efectúa a alrededor de 110°C, ya que a esa temperatura los hidrógenos del anillo tienen una gran estabilidad, mientras que los de la cadena aumentan su reactividad. Si se eleva la temperatura de reacción, las cantidades de cloruro de bencilo obtenidas se hacen menores, mientras que las de los otros derivados clorados van haciéndose mayores. Añadiendo a esto, el que debido a la facilidad del medio para transmitir el calor que se desprende de la reacción, la velocidad de las moléculas se hace muy grande y como consecuencia resulta una cloración muy violenta, por lo que es de recomendarse llevar a cabo un control constante de temperatura.

La luz ultravioleta tiene el propósito de aumentar la reactividad y la selectividad de los hidrógenos de la cadena, ya que es absorbida por los átomos de los reactivos, haciendo por tanto, más rápida y eficiente la reacción.

A bajas temperaturas, el cloro sustituye a uno de los hidrógenos del núcleo dando orto o para cloro tolueno.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

La primera parte del proceso de fabricación de cloruro de bencilo, que se ilustra en el Diagrama N°2, consiste en la reacción a la temperatura de ebullición de tolueno, entre éste y cloro (g) libre de humedad en el reactor R. De esta cloración de tolueno resulta una mezcla de tres productos que son cloruro de bencilo, cloruro de benzal y benzotricloruro, además de una cierta cantidad de cloruro de hidrógeno que sale por la parte superior del reactor, y un 30% de exceso de tolueno que es introducido con el propósito de que reaccione todo el cloro en el reactor, y evitar así problemas de corrosión en el resto del equipo.

Esta mezcla de clorados y exceso de tolueno entran a la columna de destilación D1 en donde se separa todo el tolueno de la mezcla, se condensa en E1 y se introduce nuevamente en la cantidad ya determinada en el reactor.

Una parte del destilado que se condensa es recirculada a la columna D1. En la base de la torre salen los productos clorados hacia el rehervidor B1, de donde parte se recircula a D1 y el resto se envía a la columna D2 en donde se efectúa la separación del cloruro de bencilo por el domo de la misma, se condensa en E2 y se envía a límites de batería para su envasado. Los productos clorados más pesados salen por la base, entran al rehervidor B2 y se introducen a la columna D3 en la que se separa el cloruro de benzal por el domo y el benzo-tricloruro por la base. Como en los casos anteriores se introducen al condensador E3 y al rehervidor B3 respectivamente, para ser posteriormente envasados.

El cloruro de hidrógeno que salió por la parte superior del reactor entra a la columna de absorción S1 y el gas que sale por ésta a la columna de absorción S2.

Por la parte superior de ambas entra agua de absorción que servirá como disolvente para formar una solución de ácido clorhídrico al 30% de concentración, que es a la que normalmente se utiliza este ácido en el mercado.

El grado a que serán obtenidos los derivados clorados del tolueno será de 95%, que es el grado técnico industrial de estos productos.

Para la mayor claridad del proceso anteriormente descrito se muestran en los Diagramas 1 y 2, en el Diagrama de bloques y en el Diagrama de flujo del proceso.

3. CONDICIONES DE SEGURIDAD

Se requiere que el equipo que entre en contacto con el ácido clorhídrico sea resistente a la corrosión, por ejemplo vidriado, de hierro forjado con recubrimiento de plástico, plomo o fibra de vidrio. Es también importante tomar en consideración el envase del cloruro de ben-

DIAGRAMA N° 1

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE CLORURO DE BENCILO

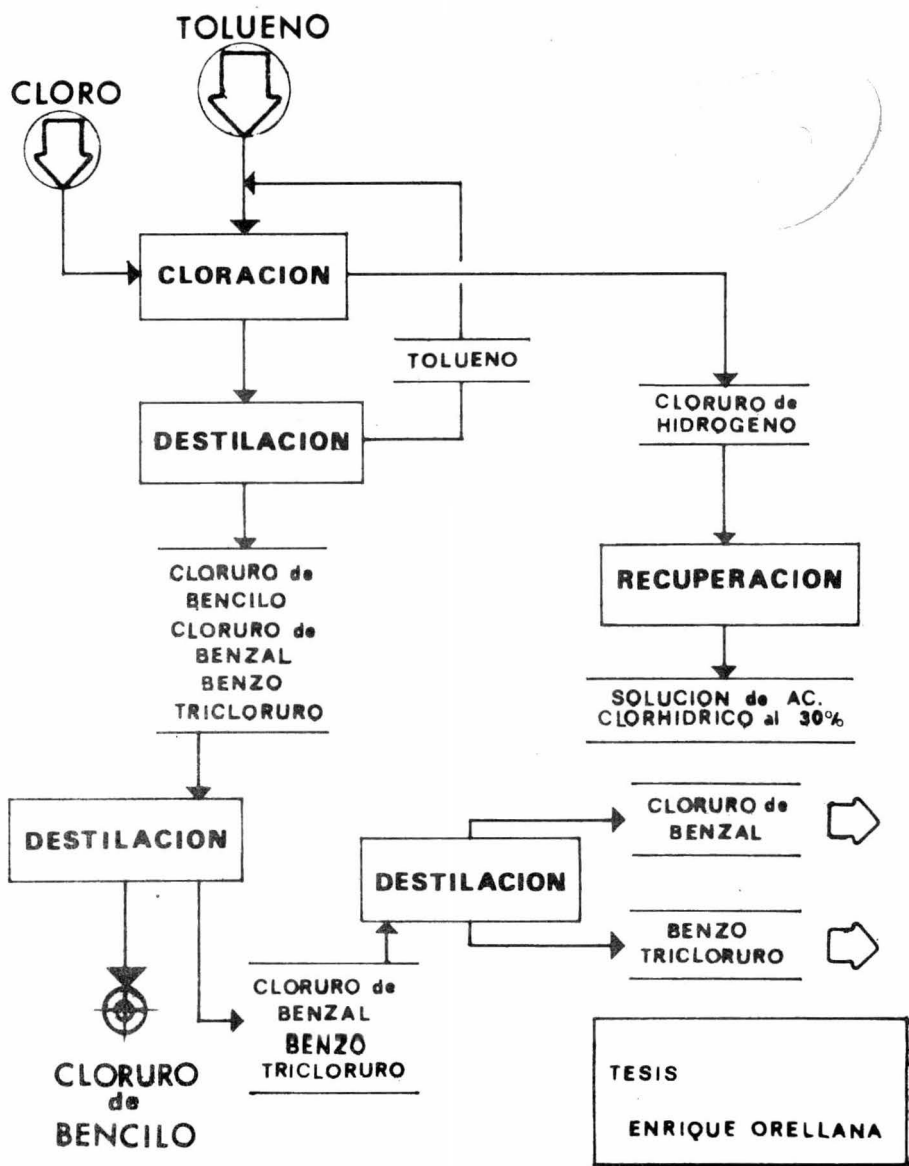


DIAGRAMA No. 2

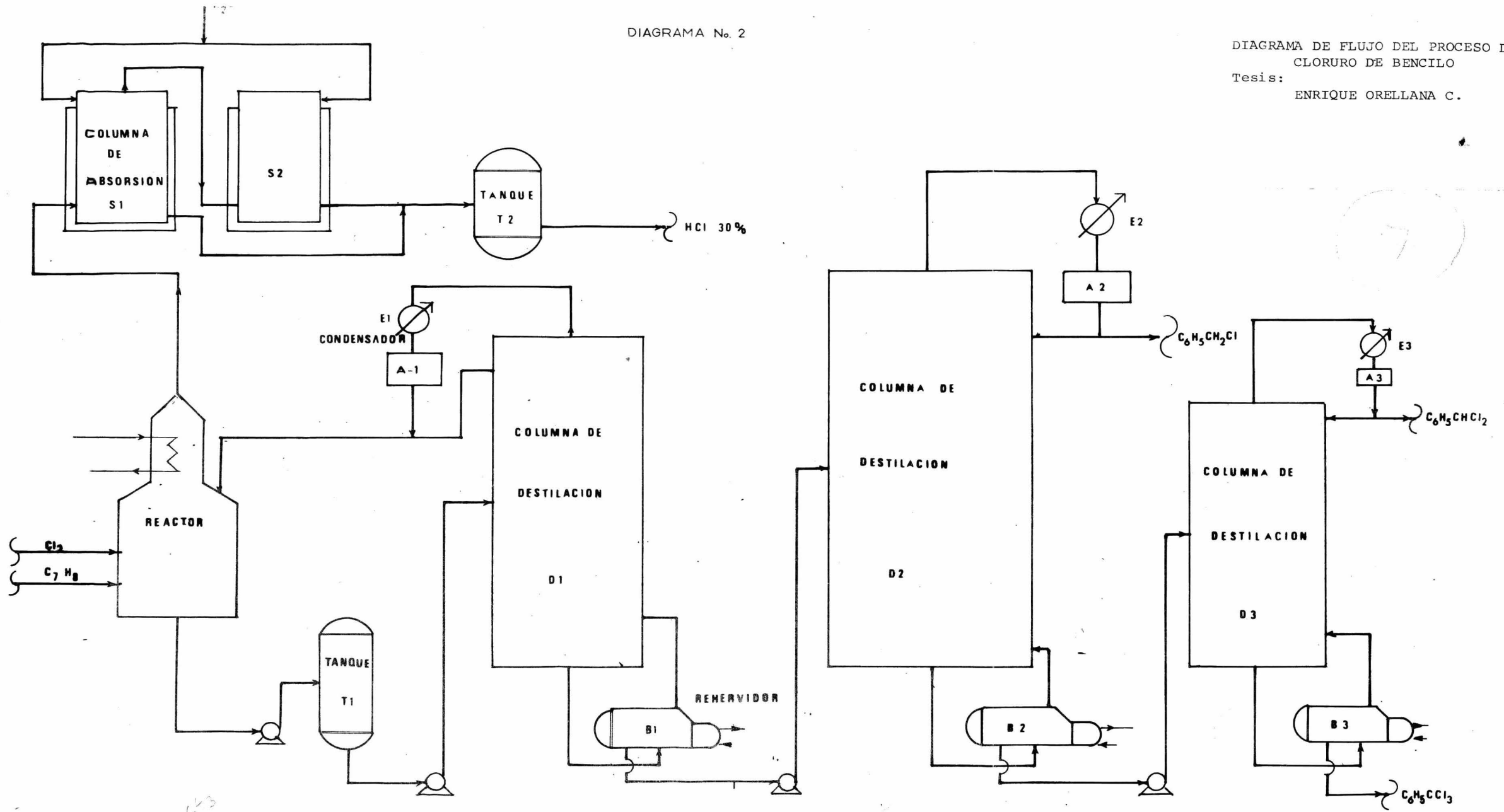


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CLORURO DE BENCILO
Tesis:
ENRIQUE ORELLANA C.

cilo, éste puede ser almacenado en garrafones de vidrio o en tambores de acero, sin embargo, en éste último caso, para evitar su descomposición, deberán añadirse pequeñas cantidades de un estabilizador, como puede ser bicarbonato de sodio o de calcio.

El manejo del cloruro de bencilo precisa de cuidado, debido a la irritación que produce en la piel. En caso de contacto debe lavarse con jabón y mucha agua. Igualmente ha de tenerse precaución en evitar absorber sus vapores, dada la irritación igualmente producida en los ojos y las mucosas.

Es además muy conveniente que el área en donde se encuentre el equipo esté ventilada adecuadamente.

Reviste importancia la adquisición e instalación de dispositivos o medios que tengan como función, la de dar cumplimiento a las disposiciones legales relativas a la preservación del medio ambiente, debido a que se manejan materiales altamente contaminantes a la atmósfera, agua y tierra, como son el tolueno y el cloro.

Capítulo V

TAMAÑO Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

1. TAMAÑO DE LA PLANTA

Se entiende por tamaño de la planta a su capacidad de producción durante un período de tiempo de funcionamiento, en este caso de un año de operación, que va a constar de 330 días efectivos de 24 horas cada uno.

La capacidad de producción y la ubicación para un proyecto será óptima cuando conduzca al resultado económico más favorable, es decir, a la rentabilidad máxima o a los costos mínimos. Su medición exige una estimación sobre todos los aspectos del proyecto, requiriéndose para ello utilizar un método de aproximaciones sucesivas que no pretende realizarse en la presente tesis.

La capacidad de una planta es función de tres aspectos fundamentales que son:

a) El mercado o la demanda que piensa satisfacerse.-

Este aspecto fué tratado en el Capítulo III, en que se hicieron proyecciones de la demanda (Cuadro N° 7).

No siendo las intenciones del estudio del tipo de una empresa en especial que busca captar sólo una porción del mercado, por temor a que sobreviniese después otro fabricante que le dejara ociosa parte de su capacidad instalada, se considerará esta proyección como la propuesta de programa de producción que satisfecerá toda la demanda estimada.

- b) Costo de Producción.- Es lo que se conoce por economía de escala. Como en los costos de producción influyen los fletes, deberá de afectar también a la localización. Este renglón será evaluado más adelante y se reflejará en los resultados económicos que se obtengan.
- c) Aspectos Técnicos.- Esto es debido a que hay procesos de fabricación que exigen una escala mínima para ser aplicables a nivel comercial, como puede ser el caso de requerir equipo tan pequeño, que no se consiga en medidas standard, ésto haría al equipo tan costoso que quedaría fuera de consideración. Aplicando ésto al proyecto, al igual que en el caso anterior, los resultados económicos que se evalúen serán los que dictaminen si hay un problema semejan

te o no en el proceso del cloruro de bencilo.

Debido a las economías de escala se propone la instalación de una planta con capacidad de producción de 1450 toneladas anuales de cloruro de bencilo, que aún cuando está sobre la demanda actual estimada, puede justificarse por los menores costos resultantes de la mayor escala de producción. De acuerdo con el Cuadro N° 12, en que se dan el programa propuesto de producción y el nivel de aprovechamiento de la capacidad instalada en cada año de operación, podrá lograrse con esta capacidad satisfacer la demanda hasta donde se ha proyectado.

Cuadro N° 12

PROGRAMA DE PRODUCCION Y NIVEL DE APROVECHAMIENTO
DE LA CAPACIDAD INSTALADA

AÑOS	1976	1977	1978	1979	1980	1981
toneladas de cloruro de bencilo	755	853	968	1101	1255	1435
% de aprovechamiento	52%	59%	67%	76%	86%	99%

De la misma manera como se habla de la capacidad de

producción de cloruro de bencilo, podría hablarse de la capacidad de cloración de las toneladas de tolueno que se indican en el Cuadro N° 15, del siguiente capítulo.

Concluyendo las anteriores consideraciones acerca de la capacidad de producción que mejor se justifique, puede decirse que se propone una capacidad de planta para que se instale por una o más empresas industriales y que esa capacidad será suficiente para abastecer el consumo futuro inmediato de cloruro de bencilo, aunque desde luego no se descarta la posibilidad de que la demanda crezca en forma más drástica cuando los fabricantes de plastificantes del anhídrido ftálico comprueben, en la práctica, que el alcohol bencílico sustituye ventajosamente al 2 etil hexanol, tanto técnica como económicamente. Cuando así sea, la capacidad que se propone instalar para fabricar cloruro de bencilo será insuficiente.

Otra conclusión es que en la presente tesis se está proponiendo una capacidad como resultado del estudio de mercado y no como la capacidad económicamente ideal para una planta de cloruro de bencilo. Sin embargo, sí se tratará que esta capacidad dé resultados económicos aceptables para un proyecto industrial.

2. LOCALIZACION DE LA PLANTA

La localización más adecuada debe orientarse hacia los mismos objetivos que el tamaño óptimo, es decir, hacia la obtención de la rentabilidad máxima. Los principales aspectos a considerar para determinar la localización serán:

- a) La suma de fletes de materias primas y producto terminado.
- b) Disponibilidad y costos de los recursos necesarios para la planta (humanos y materiales).
- c) Disponibilidad y costos de terrenos industriales.

a) En referencia a los fletes, el problema se plantea para los dos siguientes aspectos:

- 1) Cercanía de materias primas
- 2) Cercanía de centros de consumo

1) El único centro de producción de tolueno se encuentra en Minatitlán, Ver., por lo que en cualquier otro lugar de la República en que se instale la planta, este insumo tendría cargado a su precio, el costo del flete correspondiente. El tolueno representa el 52% de las materias primas.

Existen seis plantas principales de cloro en México, aparte de la de Pajaritos, Ver., que abastece únicamente la de hidrocarburos clorados de PEMEX; de ellas, el 35% de la producción se localiza en tres plantas ubicadas en el estado de México (Ayotla, Ecatepec y Santa Clara). El cloro representa el 48% de las materias primas.

- 2) Más del 80% de los centros posibles de consumo de cloruro de bencilo se localizan en el Estado de México. Estos incluyen las industrias productoras de plastificantes de anhídrido ftálico, fabricantes de alcohol bencílico y otros derivados del mismo.
- b) Los recursos humanos y materiales más importantes en la República Mexicana se hallan en el Distrito Federal y en zonas aledañas, tal es el caso de la oferta de mano de obra calificada en el área industrial, comunicaciones inmejorables, agua, combustibles, etc. Los salarios mínimos en esta zona son menores que en el estado de Veracruz y aproximadamente iguales que en el estado de Puebla.
- c) Respecto a la disponibilidad y costos de terrenos

industriales, no se trata en esta tesis de escoger un terreno específico donde quedará instalada la industria, por la sencilla razón de que éste no es un proyecto de inversión, si así lo fuera sería necesario buscar dentro de los límites de localización seleccionados, el terreno más idóneo para los requerimientos preestablecidos, hablar con propietarios, buscar ofertas, visitar terrenos, y en fín, hacer un estudio extensivo pensando que se invertirá una suma de dinero propio o ajeno que debe cuidarse al máximo. Por ahora, será suficiente dar cifras aproximadas promedio para una zona general en términos de costos de terreno y parques industriales en esas zonas, cuando se habla de disponibilidad.

Una vez aclarados estos puntos puede adelantarse que por las cuestiones anteriormente tratadas, aunque no cuantificadas, deberá elegirse como localización de la planta un parque o ciudad industrial que se encuentre en el Estado de México debido a que gran parte del mercado se halla en dicho estado, casi la mitad de los insumos requeridos pueden ser abastecidos en el mismo, ya que los recursos materiales y hu

manos disponibles en ese lugar, son sobrados para la planta de cloruro de bencilo.

El costo promedio de terrenos dentro del área elegida es de \$500.00/m² aproximadamente y abarca zonas como son Naucalpan, Cuautitlán, Tlalnepantla, Lechería, etc., las cuales cuentan con las facilidades necesarias para la planta, por lo que se dejarán factibles todas ellas para efectos de localización. El ya mencionado costo promedio de terrenos industriales será el que se utilice en el renglón referente a las inversiones del proyecto.

Capítulo VI

EVALUACION DEL PROCESO

1. PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS

Como ya se vió desde el Capítulo III, el proceso de fabricación de cloruro de bencilo requiere de tolueno y cloro como materias primas básicas. Las propiedades de ambos insumos de producción son los siguientes:

1) Tolueno (Metil benceno)

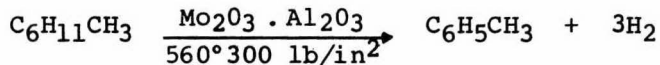
Industrialmente se conoce con el nombre de toluol. Es un líquido incoloro insoluble en agua. Sus cons tantes físicas son las siguientes:

Peso Molecular	92
Densidad relativa	0.866 a 20°C
Temperatura de ebullición	110.8°
Temperatura de fusión	-95°

Métodos de obtención:

El tolueno se obtiene industrialmente por:

- a) Reformación catalítica del metilciclohexano, me diante la reacción:



b) Destilación del alquitrán

2) Cloro

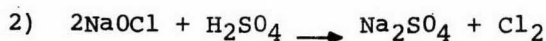
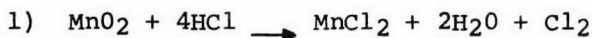
El cloro tiene las siguientes propiedades: Es un gas amarillo verdoso de olor irritante, acción fuertemente corrosiva, soluble en agua (2.68 lt. de cloro se disuelven en un litro de agua). Pertenece al grupo de los halógenos, siendo el más activo después del fluor.

Peso Molecular	35.5
Número atómico	17

El método de obtención más utilizado del cloro, a escala industrial, es el proceso electrolítico que consiste en la electrólisis de una solución de sal común. El cloro es depositado en el ánodo, y el sodio en el cátodo. La reacción se verifica en celdas electrolíticas y es la siguiente:



En laboratorio, dos de los métodos de preparación más usados son:



2. SUBPRODUCTOS DEL PROCESO Y PROPIEDADES

El proceso de fabricación de cloruro de bencilo implica la consecuente obtención de tres subproductos que son: cloruro de benzal, benzotricloruro y ácido clorhídrico, como ya se explicó en el Capítulo IV. Desde luego, los dos subsecuentes derivados clorados del tolueno al cloruro de bencilo revisten, para el presente trabajo, de importancia secundaria, más no por eso se han de dejar de considerar, máxime que aunque a escala reducida deben colocarse en el mercado.

No obstante, lo anterior podrían llegar a fabricarse en cantidades considerables en el supuesto caso de que sobreviniesen irregularidades en la demanda de cloruro de bencilo, debidas a cualquier motivo impredecible por el momento. Esta alternativa resultaría factible debido a que el proceso que se estudia es sumamente flexible en cuanto a la combinación de volúmenes de clorados que se deseen. Por ahora se han considerado las máximas cantidades de cloruro de bencilo y las mínimas de subproductos según información de los rendimientos prácticos obtenidos por una compañía francesa* que utiliza un proce

* Por petición de la misma no se menciona el nombre

so muy semejante al que se proyecta.

A continuación se presenta un panorama general, tanto técnico como de mercado, de los subproductos que se obtendrán:

1) Cloruro de benzal (o de bencilideno) $C_6H_5CHCl_2$

a) Mercado

De los productos bencílicos que se propone fabricar, el cloruro de benzal es el que se ha venido importando en mayor medida, estimándose que en los próximos años habrá mercado para volúmenes del orden de 500 toneladas anuales o más. De acuerdo a lo que se planea, las ventas de este material estarán limitadas al mínimo volumen que se producirá. Sin embargo, puede optarse en cualquier momento por producir y vender mayores cantidades del mismo.

La mayor utilización local del cloruro de benzal, se estima que es para transformarlo en benzaldehído, en vista de que las importaciones de éste se han reducido hasta casi desaparecer (según se vió en el Cuadro N° 1 del estudio de mer

cado). A la fecha no se tiene conocimiento que el cloruro de benzal se esté produciendo localmente.

b) Propiedades

El cloruro de benzal es un líquido refringente, insoluble en agua, pero soluble en alcohol y eter, tiene las siguientes constantes físicas:

Peso molecular	161
Densidad relativa	1.2557
Temperatura de ebullición	205°C
Temperatura de fusión	-17°C

Se transforma en aldehído benzoico por: tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, por ebullición con hidróxido de potasio o por calentamiento con ácido oxálico. El método más usado industrialmente es la hidrólisis del cloruro de benzal en presencia de un ácido o álcali*.

Debido a que el grado de halogenación de tolueno depende de la cantidad de cloro consumido, para favorecer la formación del cloruro de ben-

* Faith, Keyes & Clark. Industrial Chemicals

zal, la cloración deberá ser más intensa, y de ser factible, podrá utilizarse un catalizador como el pentacloruro de fósforo.

2) Benzotricloruro (cloruro de bencenilo) $C_6H_5CCl_3$

a) Mercado

Este producto es el que para el presente estudio tiene menor importancia, y el que por ende proyecta fabricarse en menor cantidad. No se tienen noticias de su producción o importación a México, ya que es un intermedio para la producción de ácido benzoico, que tiene gran aplicación industrial. Hay actualmente dos empresas que lo fabrican; una en Tlahuapan, Pue. (500 toneladas por año), y la otra en México, D. F. (1000 toneladas por año).

b) Propiedades

Es un líquido incoloro, refringente, de olor característico y penetrante, se descompone por exposición al aire o luz, insoluble en agua, pero soluble en alcohol, benceno o eter. Sus constantes físicas son:

Peso molecular	195.5
Densidad relativa	1.380
Temperatura de ebullición	220.7°C
Temperatura de fusión	-22°C

El cloruro de bencenilo puede transformarse en ácido benzoico por calentamiento con agua a 50°C con un catalizador como fierro, o más rápidamente, con ácido sulfúrico o álcalis. En su producción se obtiene aldehído benzoico como producto secundario.

En el caso de que se desee aumentar su rendimiento, la cantidad de cloro consumida deberá ser aún mayor que para el cloruro de benzal.

3) Acido clorhídrico

a) Mercado

Según se muestra en el Cuadro N° 13 , el consumo nacional de ácido clorhídrico se satisface en un 99% con producción nacional y sólo se importa una mínima cantidad de clorhídrico de especificaciones especiales. La capacidad instalada en el País, para producir clorhídrico en sus distintas presentaciones, es superior a la que

Cuadro N° 13

CONSUMO APARENTE EN MEXICO DE ACIDO CLORHIDRICO

(Toneladas)

AÑOS	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1965	20,000	24.8	-	20,024.8
1966	22,000	25.4	-	22,025.4
1967	30,000	6.8	-	30,006.8
1968	36,000	1,021.8	451.0	36,570.8
1969	42,000	10.7	194.5	41,816.2
1970	49,000	13.8	-	49,013.8
1971	52,000	18.5	-	52,018.5
1972	61,500	176.4	-	61,676.4
1973	86,300	181.0	18.8	86,462.2
1974*		112.0	-	

* Incluye únicamente Enero - Junio

Fuentes: Anuario de la Industria Química Mexicana
Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. 1973
Anuario Estadístico del Comercio Exterior
de los Estados Unidos Mexicanos, SIC 1974

puede absorber el actual mercado local. En vista de lo anterior, se estima que pudiese existir alguna dificultad de colocarlo en el mercado local, sin embargo, considerando que su producción en el presente proyecto representaría menos del 1% del consumo nacional, puede suponerse que podrá tener cabida en el mercado.

Las aplicaciones mayores del ácido clorhídrico se hallan en la limpieza de metales, en la síntesis de productos químicos y en el procesamiento de alimentos.

b) Propiedades

El ácido clorhídrico que resultaría del proceso es una solución acuosa de un 30% de cloruro de hidrógeno, y tiene las siguientes propiedades físicas:

Peso Molecular	36.47
Densidad relativa	1.16 a 20°C
Temperatura de ebullición	109°C
Temperatura de fusión	-102°C

Es un líquido ligeramente amarillo, muy soluble en agua, en alcohol y en éter.

3. VOLUMEN DE LOS SUBPRODUCTOS EN EL PROCESO

Tomando como punto de referencia al total de productos resultantes en una partida de fabricación, los porcentajes a los que se obtendrían, dándole obviamente la prioridad al cloruro de bencilo, serían los siguientes:

cloruro de bencilo	41.7 %
cloruro de benzal	5.7 %
benzo tricloruro	1.4 %
ácido clorhídrico	51.2 %

De aquí, se parte que, por ejemplo, para 1976 en que el programa de producción de cloruro de bencilo (o su demanda proyectada), es de 755 toneladas, se obtiene que la fabricación de cloruro de benzal es de 103 toneladas. De igual manera, se obtienen los programas de producción de los tres subproductos en el Cuadro N° 14.

Cuadro N° 14

PROGRAMA DE PRODUCCION DE SUBPRODUCTOS EN
LA CLORACION DE TOLUENO

(Toneladas)

SUBPRODUCTO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloruro de benzal	103	117	132	150	171	196
benzo tricloruro	25	29	32	37	42	48
ácido clorhídrico	927	1047	1188	1352	1541	1762

4. CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS EN EL PROCESO

Mediante datos del Merck Index, se sabe que el producto y subproductos del proceso tienen los porcentajes de cloro y tolueno, como sigue:

	<u>% Cl₂</u>	<u>% Tolueno</u>
cloruro de bencilo	28	72
cloruro de benzal	44	56
benzotricloruro	53	47
ácido clorhídrico 30%	30	--

Con las cantidades indicadas por el programa de producción de cloruro de bencilo (Cuadro N°12, Cap. V), y con el de los subproductos (Cuadro N° 14), se obtienen los volúmenes totales de materias primas que se requerirían de cumplirse los mencionados programas de producción. Finalmente, con los porcentajes de arriba puede estimarse, qué volúmenes de cloro y de tolueno necesitaría la planta para operar como se ha previsto, y serían como se muestra en el Cuadro N° 15.

5. MATERIALES DE ENVASE Y CONSUMO

Un envase que se considera apropiado para los derivados clorados del tolueno y que resulta accesible en el mercado nacional, es el tambor de acero inoxidable 18

Cuadro N° 15

CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS

Toneladas

X → no

CONSUMO CLORO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloruro de bencilo	211	239	271	308	351	402
cloruro de benzal	45	51	58	66	75	86
benzotricloruro	13	15	17	20	22	25
ácido clorhídrico	298	337	382	435	496	567
CONSUMO TOTAL CLORO	567	642	728	829	944	1080
CONSUMO TOLUENO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloruro de bencilo	544	614	697	793	904	1033
cloruro de benzal	58	66	74	84	96	110
benzotricloruro	12	14	15	17	20	22
CONSUMO TOTAL TOLUENO	614	694	786	894	1020	1165

con recubrimiento fenólico para evitar su descomposición. Estos tambores tienen una capacidad nominal de 208 litros por lo que su consumo sería como se muestra en el Cuadro N^o 16. Respecto al envase de ácido clorhídrico, resultaría de mucha mayor conveniencia el tener un depósito grande con recubrimiento de resina políester y descargarlo directamente a una pipa de material adecuado para el manejo de este ácido y distribuirlo de esta manera. Este renglón será considerado más adelante, con mayor detalle, cuando se trate lo referente a especificaciones y costos de equipo para la planta.

El consumo de tambores en un mes sería de 354 en el primer año de operación, y de 673 en el último; de los que se están considerando, así que, dependiendo del inventario que se tenga, deberá tomarse en cuenta este aspecto para planear el área que se ocupará por concepto de producto terminado.

En materia prima, se considera que deberán tenerse tanques de almacenamiento, tanto de cloro como de tolueno, que serán llenados mediante carros tanque periódicamente según el inventario requerido.

Cuadro N° 16

CONSUMO DE ENVASE DERIVADOS CLORADOS

Tambores

PRODUCTO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloruro de bencilo	3630	4101	4654	5293	6034	6899
cloruro de benzal	495	563	635	721	822	942
benzotricloruro	120	140	154	178	202	231
TOTAL	4245	4804	5443	6192	7058	8072

Capítulo VII

BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

1. BALANCE DE MATERIA

La mayor importancia en la evaluación del proceso radica en determinar los consumos reales de materias primas necesarios para obtener las cantidades de cloruro de bencilo que exigen las demandas que han sido proyectadas. Para lograr el mencionado propósito, resulta indispensable el efectuar el balance de materia de la planta para la capacidad propuesta. Este permitirá además determinar el costo de los equipos necesarios en el proceso, tema que será tratado en el siguiente capítulo.

Las bases de cálculo que se han considerado son las siguientes:

- a) La máxima cantidad de cloruro de bencilo que será producida es de 1450 ton/año, la que según los rendimientos prácticos del proceso dará las siguientes cantidades de subproductos:

<u>Subproductos</u>	% de Producción	
	<u>Total</u>	<u>Ton/Año</u>
cloruro de benzal	5.7	198
benzotricloruro	1.4	49
ácido clorhídrico 30%	51.2	1780

- b) El balance se realizará en kilogramos al día, considerándose que se operará 330 días al año.

Se han numerado todas las corrientes importantes del proceso en el Diagrama N° 3; sin embargo, sólo se calcularon las que afectan su operación global.

Corriente 17 Salida de producto de cabeza de la columna D3 a límites de batería.

cloruro de benzal	95%
cloruro de bencilo	5%

Según rendimientos se producirán 198 ton/año = 600 Kg. por día, pero la cantidad neta de cloruro de benzal será: 570 Kg. por día, ya que tiene una pureza de 95%.

Corriente 20 Salida de producto de cola de la columna D3 a límites de batería.

benzotricloruro	95%
cloruro de benzal	5%

Por rendimientos se producen 49 ton. por año = 147.5 Kg. por día, de los que la cantidad neta de este subproducto será: 140.1 Kg. por día de benzotricloruro.

<u>Corriente 14</u>	Entrada de clorados pesados a la columna D3.	%	<u>Kg/día</u>
	cloruro de benzal	77.3	577.8
	benzotricloruro	18.7	139.8
	cloruro de bencilo	4.0	29.9

14 = 747.5 Kg. por día.

<u>Corriente 11</u>	Salida de producto de cabeza de la columna D2 a límites de batería.	
	cloruro de bencilo	95%
	cloruro de benzal	5%

La producción de cloruro de bencilo grado técnico (95%) es de 1450 ton/año = 4394 Kg/día, de los que 4174 Kg. / día corresponden a cloruro de bencilo puro.

Corriente 8 Entrada de productos clorados del tolueno a la columna D2.

	<u>%</u>	<u>Kg/día</u>
cloruro de bencilo	81.76	4203.9
cloruro de benzal	15.51	797.8
benzotricloruro	2.72	139.8

$$\textcircled{8} = 5141.5 \text{ Kg/día.}$$

Corriente 23

Salida de producto de cabeza de la columna D1, o exceso de tolueno al reactor R.

Esta corriente es el tolueno en exceso que será introducido al reactor, y representa el 30% del tolueno total presente en el resto del proceso, y que es el 72% del cloruro de bencilo, el 56% del cloruro de benzal y el 47% del benzotricloruro, es decir: $3026.8 + 446.8 + 65.7 = 3539.3 \text{ Kg/día.}$

$$\textcircled{23} = 3539.3 \times 0.30 = 1061.8 \text{ Kg/día.}$$

Corrientes 4 y 5

Salida de productos clorados y tolueno sin reaccionar, del reactor R, o entrada de los mismos a la columna D1.

Ambas corrientes se han establecido i-

guales puesto que el tanque T1 será só lo eventualmente utilizado para separar el cloro que accidentalmente saliera sin reaccionar del reactor.

$$\textcircled{4} = \textcircled{5} = 6203.3 \text{ Kg/día.}$$

Corriente 2

Entrada de tolueno al reactor R.

El tolueno que entrará al reactor por esta corriente será de 3539.3 Kg/día, que es el contenido en los derivados clorados, y que se calculó en la corriente 23.

Corriente 3

Entrada de cloro seco al reactor R.

El volúmen real de cloro que se consume en la reacción es de 1053 toneladas por 1178 toneladas de tolueno, es decir, de 0.894 toneladas de cloro por tonelada de tolueno de la corriente 2, ésto es:

$$\textcircled{3} = 3163.7 \text{ Kg. por día.}$$

Corriente 26

Salida de cloruro de hidrógeno del reactor R.

Esta corriente de volúmen de gas se establece por diferencia como: $2 + 3 + 23 = 26 + 4$. ó

$$\textcircled{26} = 1561.5 \text{ Kg. por día.}$$

Corriente 34

Agua para absorción de ácido clorhídrico en las columnas S1 y S2.

Debido a que se desea ácido clorhídrico a 30% de concentración, la cantidad total de agua en ambas columnas será:

$$\textcircled{34} = 3643.5 \text{ Kg. por día.}$$

Corriente 33

Acido clorhídrico 30% a límites de batería.

$$\textcircled{33} = 5205 \text{ Kg. por día.} = 1717 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Se han calculado las siguientes corrientes del diagrama de flujo de la planta, que aunque no afectan el balance global de la misma, serán utilizadas en el balance de energía.

Corriente 16 Recirculación de productos del domo de la columna D3.

cloruro de benzal 95%

cloruro de bencilo 5%

(16) = 900 Kg. por día.

Corriente 19 Recirculación de productos de base de la columna D3.

benzotricloruro 95%

cloruro de benzal 5%

(19) = 73.75 Kg. por día.

Corriente 18 Salida de productos de base de la columna D3.

benzotricloruro 95%

cloruro de benzal 5%

(18) = 221.25 Kg. por día.

Corriente 10 Recirculación de productos del domo a la columna D2.

cloruro de bencilo 95%

cloruro de benzal 5%

(10) = 2197 Kg. por día.

Corriente 9

Salida de productos del domo de la columna D2.

cloruro de bencilo 95%

cloruro de benzal 5%

⑨ = 6591 Kg. por día.

Corriente 13

Recirculación de productos de base a la columna D2.

cloruro de benzal 77.3%

benzotricloruro 18.7%

cloruro de bencilo 4.0%

⑬ = 373.75 Kg. por día.

Corriente 12

Salida de productos de base de la columna D2.

cloruro de benzal 77.3%

benzotricloruro 18.7%

cloruro de bencilo 4.0%

⑫ = 1121.25 Kg. por día.

Corriente 7

Recirculación de productos de base de la columna D1.

cloruro de bencilo 81.76%

cloruro de benzal 15.51%

benzotricloruro 2.72%

⑦ = 2570.5 Kg. por día.

Corriente 6

Salida de productos de base de la columna D1.

cloruro de bencilo 81.76%

cloruro de benzal 15.51%

benzotricloruro 2.72%

⑥ = 7712 Kg. por día.

Corriente 24

Recirculación de tolueno a la columna D1.

②④ = 530.9 Kg. por día.

Corriente 21

Salida de tolueno del domo de la columna D1.

②① = 1592.7 Kg. por día.



2. BALANCE DE ENERGIA

El balance de energía que se ha realizado tiene como únicos objetivos el visualizar en forma general y aproxima

mada las entradas y salidas de calor en el proceso, las temperaturas que serán manejadas en la planta y los consumos necesarios de agua de vapor y enfriamiento. Esto ayudará igualmente a estimar las inversiones de algunos equipos en los que haya involucrada alguna transferencia de calor. No se ha profundizado en el mencionado balance de energía, puesto que ello implicaría entrar en cálculos detallados que salen fuera de las intenciones de la tesis.

La secuencia que se seguirá en los cálculos será primeramente fijar las temperaturas y presiones de operación, luego calcular el flujo aproximado de calor y finalmente estimar los consumos de vapor y agua de enfriamiento.

a) Temperaturas de Operación

Se ha tomado en consideración para este efecto, las diferencias de temperatura de ebullición entre el nivel del mar y el estado de México, debidas a los cambios de presión en ambos lugares. De tal forma que serán las siguientes:

Reactor

Temperatura de entrada de materias primas = 25°C.

Temperatura de reacción = 95°C (temperatura de ebullición de tolueno a 585 mmHg.

Torre 1

Temperatura de entrada = 95°C aprox.
Temperatura de salida del domo = 95°C
Temperatura de salida de la base = 158°C calcul.

Torre 2

Temperatura de entrada = 158°C aprox.
Temperatura de salida del domo = 155°C
Temperatura de salida de la base = 182°C

Torre 3

Temperatura de entrada = 183°C aprox.
Temperatura de salida del domo = 182°C
Temperatura de salida de la base = 190°C

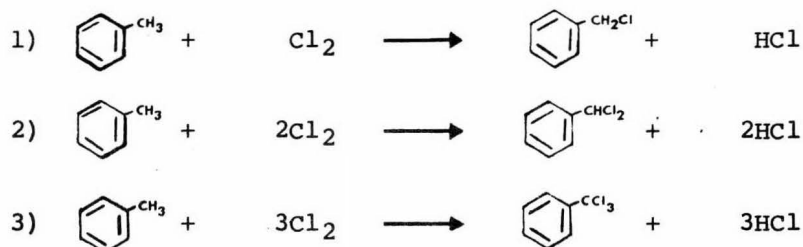
Torres de Absorción

Temperatura de entrada del gas = 95°C aprox.
Temperatura de entrada de agua = 15°C
Temperatura de salida del ácido = 20°C aprox.

b) Flujos de Calor

Reactor

Calores de formación de productos en el reactor. Estos calores se han calculado en base a las energías de enlace de reactivos y productos para las 3 reacciones que se llevan a cabo, que son:



$$Q_1 = Q(\text{tolueno}) + Q(\text{Cl-Cl}) - Q(\text{cloruro de bencilo}) - Q(\text{HCl}) = -24 \text{ Kcal/mol.}$$

$$Q_2 = Q(\text{tolueno}) + 2Q(\text{Cl-Cl}) - Q(\text{cloruro de benzal}) - 2Q(\text{HCl}) = -48 \text{ Kcal/mol.}$$

$$Q_3 = Q(\text{tolueno}) + 3Q(\text{Cl-Cl}) - Q(\text{benzotricloruro}) - 3Q(\text{HCl}) = -72 \text{ Kcal/mol.}$$

De acuerdo con el balance de materia, las cantidades molares netas de productos que se obtienen a la salida del reactor en un día son (Base 1 día de operación):

$$n_1 = 33,233 \text{ g mol.}$$

$$n_2 = 4,956 \text{ g mol.}$$

$$n_3 = 716 \text{ g mol.}$$

Multiplicando los g moles de cada producto por sus respectivas energías de enlace por mol se obtienen los calores de formación para cada reacción. La suma de éstas representa el calor total que se desprende durante la reacción, y es:

$$Q_T = -1.087 \times 10^6 \text{ Kcal}$$

Calor necesario para elevar la temperatura de los reactivos de 25°C hasta la temperatura de ebullición de tolueno en el estado de México. Estos han sido obtenidos sumando las entalpias de los reactivos de la siguiente manera:

$$1) \text{ Cloro} \quad = \Delta H = w\bar{C}_p\Delta t = 51305 \text{ Kcal}$$

$$2) \text{ Tolueno} \quad = \Delta H = w \int_{t_1}^{t_2} C_p dt = w \int_{25}^{93} (a+bt+ct^2) dt$$

$$\text{resultando: } \Delta H = 72,977 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ total} = 124,282 \text{ Kcal}$$

De esta manera, por diferencia entre el calor de formación total y el ΔH necesario para elevar la tempe-

ratura de los reactivos de 25 a 95°C, puede verse que hay un desprendimiento neto de calor en el reactor de 962,750 Kcal, mismas que deberán ser removidas.

El resto de las entalpias han sido calculadas mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Delta H = w\lambda \text{ y } \Delta H = w\bar{C}_p\Delta t$$

Torre 1

$$\Delta H \text{ domo} = 138,272 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ base} = 736,342 \text{ Kcal}$$

Torre 2

$$\Delta H \text{ domo} = 629,440 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ base} = 116,763 \text{ Kcal}$$

Torre 3

$$\Delta H \text{ domo} = 93,690 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H \text{ base} = 24,938 \text{ Kcal}$$

Columnas de Absorción

El calor de dilución de ácido clorhídrico en agua es:

$$\Delta H = -17.96 \frac{\text{Kcal}}{\text{g mol}}$$

multiplicando ΔH por los moles de $\text{HCl}(\text{g})$ se obtiene que $\Delta H = -768,688 \text{ Kcal}$, calor que por desprenderse del sistema, deberá ser removido del mismo.

c) Consumos de Agua y Vapor (Base 1 día de operación)

Reactor

La cantidad de agua necesaria en el reactor para remover 962,750 Kcal, fué calculada por:

$$w = \frac{Q}{\lambda} = 1822 \text{ kg.} \quad (\text{vapor saturado a } 25 \text{ psia})$$

Se introduce agua líquida saturada y se obtiene vapor saturado, por lo que no hay calor sensible involucrado.

Torre 1

Agua de condensación

$$w = \frac{Q}{\Delta t} = 6914 \text{ l.} \quad (\text{agua de } 15 \text{ a } 35^\circ\text{C})$$

Vapor para el hervidor

$$w = \frac{Q}{\lambda} = 1394 \text{ kg.} \quad (\text{vapor saturado a } 15 \text{ psia})$$

Torre 2

Agua de condensación

$$w = 31472 \text{ l.} \quad (\text{agua de } 15 \text{ a } 35^\circ\text{C})$$

Vapor para el hervidor

$$w = 221 \text{ kg.} \quad (\text{vapor saturado a } 25 \text{ psia})$$

Torre 3

Agua de condensación

$$w = 4685 \text{ l.} \quad (\text{agua de } 15 \text{ a } 35^{\circ}\text{C})$$

Vapor para el hervidor

$$w = 47 \text{ kg.} \quad (\text{vapor saturado a } 25 \text{ psia})$$

Columnas de absorción

Agua de enfriamiento

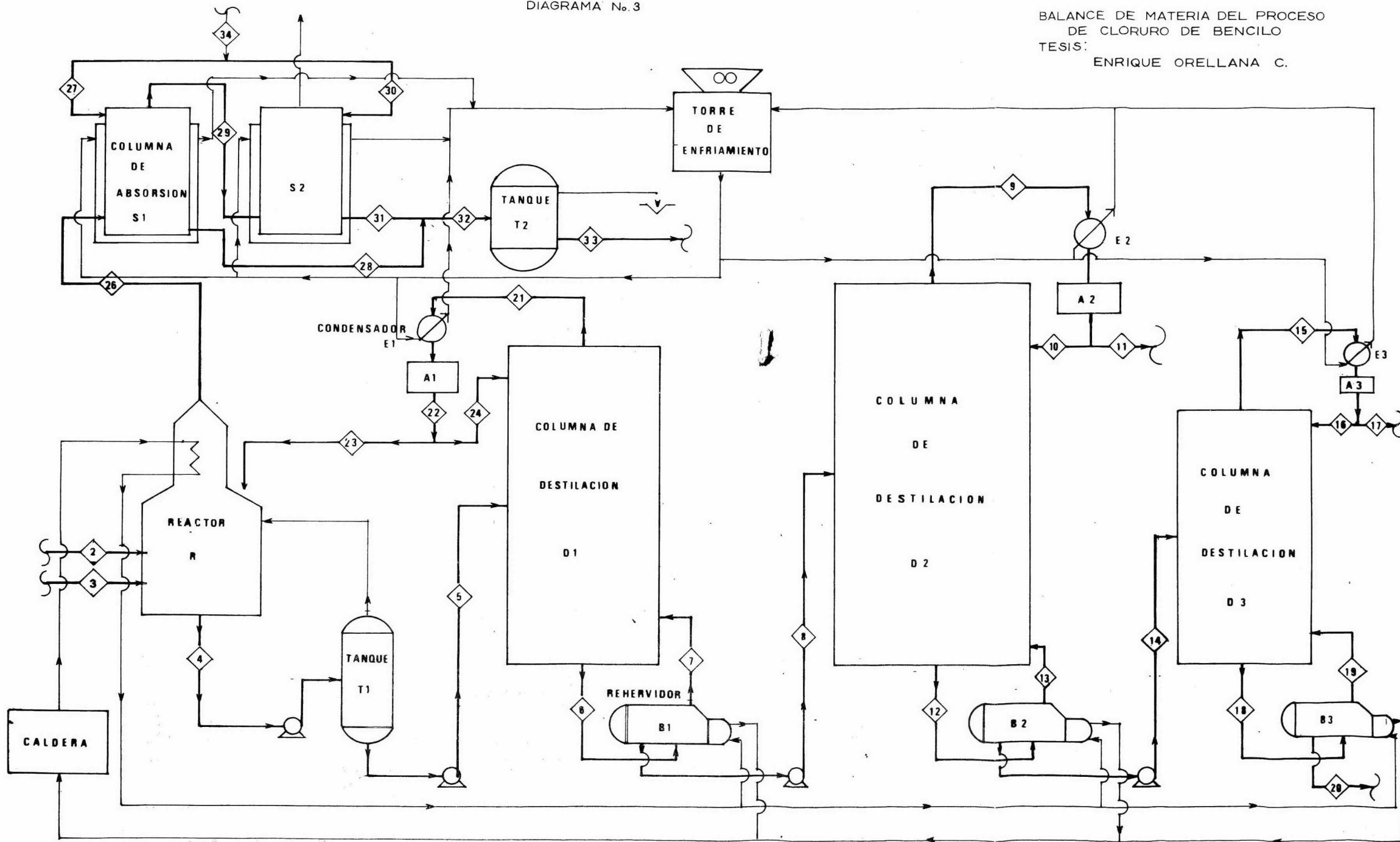
$$w = 38434 \text{ l.} \quad (\text{agua de } 15 \text{ a } 35^{\circ}\text{C})$$

De lo anterior se obtiene que el vapor saturado a 25 psia proveniente del reactor en cantidad de 1822 Kg. serán suficientes para proporcionar los 1662 Kg necesarios en los 3 hervidores de las columnas de destilación, como se indica en el Diagrama N°3.

En referencia al agua de enfriamiento del proceso, la cantidad total necesaria será de 81.5 m^3 al día de agua. Es de recomendarse en el proceso recircular el agua mediante una torre de enfriamiento a la

DIAGRAMA No. 3

BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO
DE CLORURO DE BENCILO
TESIS:
ENRIQUE ORELLANA C.



que entraría agua a 35°C y saldría a 15°C para reutilizarse en los condensadores y columnas de absorción, como se puede observar en el Diagrama N° 3.

En los Cuadros N° 17 y 18 se encuentran los programas de producción y consumo reales, es decir, basados en los balances de materia y energía.

Cuadro N° 17

PROGRAMA REAL DE PRODUCCION

Ton/Año

ajo hasta 1990.00

PRODUCTO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloruro de bencilo	755	853	968	1101	1255	1435
cloruro de benzal	103	117	132	150	171	196
benzotricloruro	25	29	32	37	42	48
ácido clorhídrico	895	1011	1147	1305	1487	1700

1132 1285 1463 1671

Cuadro N° 18

PROGRAMA REAL DE CONSUMO

Ton/Año

	1976	1977	1978	1979	1980	1981
cloro	544	614	697	793	904	1033
tolueno	608	687	779	886	1010	1155
agua de proceso	627	708	803	913	1041	1190
vapor	287	324	368	418	477	545

0
EIAPIE 21

1. INVERSIONES DE ACTIVO FIJO

Uno de los aspectos que son siempre considerados como básicos antes de tomar la decisión de aventurarse en un proyecto, son las inversiones involucradas. Estas inversiones de capital han sido clasificadas en dos grandes grupos que son la inversión fija y el capital de trabajo. El primero de ellos comprende todos aquellos aspectos que abarcan desde la planeación y evaluación del proceso, el diseño de los equipos, la planeación de las operaciones, hasta la adquisición del terreno, la implementación de los servicios, obra civil y la compra e instalación de equipo y maquinaria necesarios.

El capital de trabajo es todo lo necesario para que la operación en sí sea llevada a cabo, es decir, los inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado, cuentas por cobrar, caja y bancos y cuentas por pagar. Este aspecto será tratado más adelante, una vez que hayan sido determinados los costos y gastos.

En referencia a los activos fijos para este proyecto, en

vista que no se cuenta con el diseño de los equipos que permita estimar sus costos en base a las especificaciones que éste proporciona, se han debido pedir cotizaciones directas a los fabricantes de equipo y maquinaria, en base a los datos que han sido obtenidos de los balances de materia y energía en el capítulo anterior. Es necesario aclarar que todas las cotizaciones han sido dadas en forma aproximada puesto que el hecho de darlas con exactitud implicaría entrar en el ramo de ingeniería de detalle, que obviamente no está dentro de los objetivos de esta tesis.

Partiendo de lo hasta ahora realizado, la planta de cloruro de bencilo comprende principalmente la adquisición de los siguientes equipos:

Un reactor clorador metálico con recubrimiento interior de vidrio. Este aparato deberá estar equipado con un agitador electromecánico, condensador de reflujo y cámara de calentamiento con vapor.

Una columna de destilación con rehervidor y condensador construida de níquel, para separar el tolueno y subproductos ligeros del producto crudo de la reacción de cloruro

ración.

Una columna de destilación con rehervidor y condensador construída de níquel, para la separación y rectificación de cloruro de bencilo de los productos pesados de cloración.

Una columna de destilación con rehervidor y condensador construída de níquel, para la separación y rectificación de cloruro de benzal, del benzotricloruro.

Un sistema de absorción y dilución de ácido clorhídrico integrado por dos columnas de absorción de película des cendente construídas en grafito.

Una columna de decantación de vidrio para la separación de la solución acuosa de ácido clorhídrico de una mezcla de subproductos orgánicos.

En adición a los equipos principales antes mencionados, esta planta comprende un lote de bombas para el manejo de los materiales en proceso, dos tanques de vidrio, tan ques de almacenamiento para materias primas, producto y subproductos, tubería y conexiones de vidrio y níquel e instrumentos de control.

El resultado de las cotizaciones del equipo fué el siguiente (incluye equipo nacional e importado a costos del primer trimestre de 1975):

A. Equipo Puesto en Planta:

450 → 100
→ 65

<u>Cantidad</u>	<u>Concepto</u>	<u>Costo</u>
1	Reactor vidriado de 7800 lts. de capacidad con agitador.	\$ 450,000 = 742.00 1 309 500
1	Columna de destilación de níquel de 6500 lts. de capacidad para separación de tolueno. 8 x 0.25 m. aprox.	\$ 112,500 356 475
1	Condensador de níquel para tolueno, superficie de 4 m ² aprox.	\$ 26,100 75 285
1	Hervidor de níquel para torre 1, con serpentín.	\$ 21,375 62 201
1	Columna de destilación de níquel para separación de cloruro de bencilo, 9 x 0.5 m. aprox.	\$ 202,500 589 215
1	Condensador de níquel para la columna 2, superficie de 6.5 m ² aprox.	\$ 42,375 123 311
1	Hervidor de níquel para columna 2 serpentín de 3 m ² aprox.	\$ 42,750 124 402
1	Columna de destilación de níquel para separación de clorados pesados, 9 x 0.25 aprox.	\$ 135,000 392 850
1	Condensador de níquel para la columna 3, superficie de 1 m ² aprox.	\$ 6,450 1 8761

<u>Cantidad</u>	<u>Concepto</u>	<u>Costo</u>
1	Hervidor de niquel para la columna 3, serpentín de 0.75 m ² aprox.	\$ 10,650 30741
2	Columnas de absorción para HCl gaseoso de grafito.	\$ 200,000 582000
1	Torre de enfriamiento de agua con capacidad para enfriar 70 l. por min. de agua de 35 a 15°C.	\$ 65,000 189150
1	Tanque para cloro de 40,000 l. de acero inox. 316 con recubrimiento	\$ 150,000 436500
1	Tanque para tolueno de 50,000 l. de acero inoxidable.	\$ 50,000 146500
1	Tanque para cloruro de bencilo de 40,000 l. de acero inox. con recubrimiento.	\$ 85,000 247150
1	Tanque para cloruro de benzal de 6,000 l. de acero inox. con recubrimiento.	\$ 20,000 58200
1	Tanque para benzotricloruro de 1,000 l. de acero inox. con recubrimiento.	\$ 11,000 32100
1	Tanque para ácido clorhídrico al 30% de 30,000 l. recubierto con resina.	\$ 40,000 - 116000
2	Tanques decantadores de 1,000 l.	\$ 25,000 72500
1	Caldera de 100 HP aprox.	\$ 275,000 800250
1	Subestación de 750 KVA para transformar corriente de 20,000 a 220 v.	\$ 150,000 436500
	Equipo de bombeo, para manejo de diversos materiales, de vidrio.	\$ 160,000 465600
	COSTO EQUIPO PUESTO EN PLANTA	\$2,280,700 6630831
		2,280,700

Nota: Los costos anteriores fueron obtenidos por cotización aproximada de fabricantes de equipo.

1183450

2,280,700 - 100 94

- 65

Como ya se mencionó anteriormente, la planta incluye además equipo complementario, que por falta de especificaciones ha sido calculado en función del costo del equipo entregado e instalado.

En este método Ce es el costo del equipo entregado y Ci es el costo del equipo instalado. Cabe hacer notar que estas cifras han sido redondeadas.

B. Costo equipo instalado	=	Ci = 1.30 Ce	=	\$2,965,000	
C. Tubería de proceso	=	0.16 Ci	=	\$ 475,000	1,382,250
D. Instrumentación	=	0.03 Ci	=	\$ 89,000	258,290
E. Servicios	=	0.09 Ci	=	\$ 265,000	771,150
F. Pintura y aislamiento	=	0.04 Ci	=	\$ 120,000	321,900
G. Estructuras	=	0.08 Ci	=	\$ 237,000	389,350
H. Ingeniería y Construcción	=	0.15 Ci	=	\$ 445,000	1,294,950
I. Edificios de Proceso	=	0.50 Ci	=	\$1,500,000	4,365,000
COSTO TOTAL PLANTA = Ctp =				<u>\$6,096,000</u>	17,731,360
J. Terreno*				\$1,000,000	2,900,000
K. Equipo Laboratorio y Oficinas	=	0.04 Ctp	=	\$ 244,000	710,040
L. Edificios, Laboratorio y Oficinas**				\$ 330,000	960,300

* Terreno 2,000 m² a \$500.00/m²

** Edificios, Laboratorio y Oficinas 300 m² a \$1100.00/m².

M. Contingencias	=	0.10 Ctp	=	\$ 600,000	1746,00
INVERSIONES DE ACTIVO FIJO				<u>\$8,270,000</u>	24105
+ Activo Diferido = Gastos de preoperación y arranque = 0.1 Ci				\$ 295,000	300
INVERSION TOTAL DE LA PLANTA				<u>\$8,565,000</u>	858,450
					24,924
					150

2. ESTIMACION DE COSTOS Y GASTOS

En el Cuadro N° 19 aparece el presupuesto de costos y gastos para los años 1976 a 1981 que será usado en el estudio financiero del proyecto. Estos serán básicos para determinar el precio del cloruro de bencilo en el mercado que deberá ser competitivo con el de sus productos sustitutos. Las bases que han sido tomadas para determinarlos fué la siguiente:

A. Materia Prima

tolueno	\$2.40/Kg.	- 7,000	11.58
cloro	\$2.20/Kg.	- 6,400	

Se han considerado estos precios para 1976 e incrementos anuales del 5% para los siguientes años, y sus consumos reales de acuerdo con el balance de materia.

B. Mano de Obra

Se estima que serán requeridos:

Cuadro N° 19

ESTIMACION DE COSTOS Y GASTOS

(Miles de Pesos)

	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>COSTOS DIRECTOS</u>						
Materia Prima:						
cloro	1197	1418	1687	2006	2386	2841
tolueno	1459	1731	2056	2445	2909	3465
Mano de Obra	368	405	445	490	539	593
Servicios	120	142	167	202	241	290
Envase	743	841	952	1084	1235	1413
Mantenimiento	89	93	98	103	108	113
Laboratorio	187	206	227	250	275	302
Almacenes y Embarques	153	168	185	204	224	246
Depreciación	541	541	541	541	541	541
Amortización	15	15	15	15	15	15
Seguros	73	76	80	84	88	93
TOTAL DIRECTOS	4945	5636	6453	7424	8561	9912
<u>COSTOS INDIRECTOS</u>						
Administración	1650	1815	1996	2196	2416	2657
Ventas	760	836	920	1012	1113	1224
Invest. y Desarrollo	50	52	55	58	61	64
Vigilancia	112	124	136	150	165	181
Intereses por prést.	508	406	305	203	102	---
Otros	100	105	110	115	120	125
TOTAL INDIRECTOS	3180	3338	3522	3734	3977	4251
TOTAL COSTOS Y GASTOS	8125	8974	9975	11158	12538	14163

9 Obreros de producción (3 turnos) \$65.00/día
 1 Jefe de producción \$7,000.00/mes

20,370,

A ésto han sido agregados el 25% de prestaciones y aumentos de 10% anual.

C. Servicios

Agua de proceso y enfriamiento: \$0.40/m³ 1.16
 Vapor: \$0.10/kg .29
 Combustible y electricidad: \$0.12/kg de cloruro de bencilo (valor estimado) 34

Para el primer año se obtiene que se pagarían por servicios alrededor de \$159/ton. de cloruro de bencilo. Para los siguientes años se consideran aumentos de 5% anual en los precios de los servicios.

D. Mantenimiento

Se consideró un 3% de equipo instalado, con incrementos anuales del 5%.

E. Laboratorio de Control y Desarrollo

Serán requeridas las siguientes personas:

1 Jefe de control de calidad \$8,000/mes
 1 Ayudante de laboratorio \$4,500/mes

23,280
 13,095

Prestaciones: 25%
 Aumentos: 10% anual

F. Material de Envase

510,00

Tambores de 208 l. a \$175.00/tambor, según consumos indicados en la Cuadro N°16.

G. Almacenes, Embarques y Control de Inventarios

2 Encargados:	\$3,000/mes	c/u	8730
2 Obreros:	\$70.00/día	c/u	203,00
Prestaciones:	25%		
Aumentos:	10% anual		

H. Depreciación Fiscal

Ha sido calculada de acuerdo a las leyes vigentes, es decir, 10% de equipo y maquinaria y 5% de edificios.

I. Amortización

Como 5% de los gastos de preoperación y arranque.

J. Seguros

El 1% de la inversión fija total, excepto terreno. Incrementos anuales del 5%.

K. Administración

1 Gerente General	\$300,000	873,000
1 Gerente de Planta	\$250,000	227,500
1 Gerente Administrativo	\$200,000	582,000
1 Contador	\$150,000	436,500

1	Jefe de Personal	\$8,000/mes	23280
3	Asistentes	\$5,000/mes	c/u 14,550
3	Secretarias	\$4,000/mes	c/u 11,640
	Prestaciones:	25%	
	Aumentos:	10% anuales	

L. Ventas

1	Gerente de Ventas	\$200,000/año	582,000
3	Vendedores	\$ 10,000/mes	c/u 29,100
1	Secretaria	\$ 4,000/mes	11,640
	Prestaciones:	25%	
	Aumentos:	10% anuales	

M. Investigación y Desarrollo

Manejada por consultoria externa \$50,000/año más 5% aumento anual.

N. Vigilancia

3	Vigilantes (3 turnos)	\$2,500/mes	c/u
	Prestaciones:	25%	
	Aumentos:	10% anuales	

O. Otros

Han sido considerados: Relaciones públicas, membresía en asociaciones, asesoría jurídica, comunicaciones e imprevistos.

Para el primer año \$100,000 más 5% anual.

P. Gastos Financieros

Estos gastos consisten en los pagos de los intereses originados del financiamiento que se requeriría para llevar a cabo el proyecto, aspecto que se detallará más adelante al tratar lo referente a la estructuración de capital. Por ahora sólo se menciona que consistirán en el pago del 14.5% sobre saldos insolutos de un préstamo que ascendería a \$3,500,000.00 como parte de los pasivos requeridos para el proyecto.

3. INVERSIONES DE ACTIVO CIRCULANTE

En el Cuadro N° 20 se ilustra el presupuesto de inversiones de activo circulante para el proyecto. Este será el que complete las inversiones totales que podrían ser requeridas para el mismo, que serán utilizadas más adelante en los análisis financieros. Los criterios que se han seguido para su cálculo son los siguientes:

A. Efectivo

Se han estimado como un mes del total de costos y gastos, y que es lo generalmente recomendado en la Industria Química en el medio mexicano.

Cuadro N° 20

PRESUPUESTO DE ACTIVO CIRCULANTE

(Miles de Pesos)

CONCEPTO	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Efectivo	677	748	831	930	1045	1180
Inv. Materia Prima	148	175	208	247	294	350
Inv. Prod. Terminado	1016	1122	1247	1395	1567	1770
Cuentas por cobrar	1693	1963	2279	2658	3106	3641
TOTAL	3534	4008	4565	5230	6012	6941

Bases: Efectivo - 1 mes de costos y gastos
Inv. Mat. Prima - 20 días del costo de Mat. Prima
Inv. Prod. Terminado - 45 días de costos y gastos
Cuentas por Cobrar - 60 días de las ventas

B. Cuentas por Cobrar

Se determinaron como 60 días de las ventas presupuestadas en los estados proforma de pérdidas y ganancias.

C. Inventarios

El inventario de materia prima que se considera, fué tomado como 20 días del costo de la misma, ya que éstas son de producción nacional y no se preveen dificultades en su abastecimiento. Respecto al inventario de producto terminado, han sido tomados 45 días del total de costos y gastos.

4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

En el Cuadro N° 21 aparece el estado proforma de pérdidas y ganancias que pudiera resultar de las diferencias entre el total del producto de las operaciones practicadas en el tiempo que se considera y el importe de los bienes que se han dado a cambio de ellas. Para su realización han sido utilizados los siguientes criterios:

A. Ventas Netas

Estas son el producto de la producción que se programa

Cuadro N° 21

ESTADO PROFORMA DE PERDIDAS Y GANANCIAS

(Miles de Pesos)

1241 por el 80

CONCEPTO	1976*	1977	1978	1979	1980	1981
Ventas Netas <i>8.468</i>	10,160	11,781	13,676	15,952	18,640	21,847
Costos Directos <i>14389.95</i>	4,945	5,636	6,453	7,424	8,561	9,912
Utilidad a nivel de planta <i>214161.14</i>	5,215	6,145	7,223	8,528	10,079	11,935
Costos Indirectos <i>9253.8</i>	3,180	3,338	3,522	3,734	3,977	4,251
Utilidad bruta <i>5921.85</i>	2,035	2,807	3,701	4,794	6,102	7,684
Impuestos y participación de utilidades <i>1792.55</i>	916	1,263	1,665	2,157	2,746	3,458
UTILIDAD NETA	1,119	1,544	2,036	2,637	3,356	4,226

325629

* Se está haciendo la suposición que la construcción de la planta se inició a mediados de 1974, y que las operaciones han sido realizadas durante todo el año de 1976.

vender por el precio al que pudieran efectuarse estas operaciones, considerando que deberán ser competitivos con sus similares existentes en el mercado. Para ello se han considerado diferentes alternativas hasta que se encontró la que pudiese ser la más viable, y que es la de entrar en el mercado con un precio promedio de \$11.00 por kg. para los productos clorados del tolueno, y de \$0.50/kg. para el ácido clorhídrico al 30%, y aumentar anualmente estos precios en un 2.5% que es, desde luego mucho menor que los aumentos que han sido programados - en los costos y gastos.

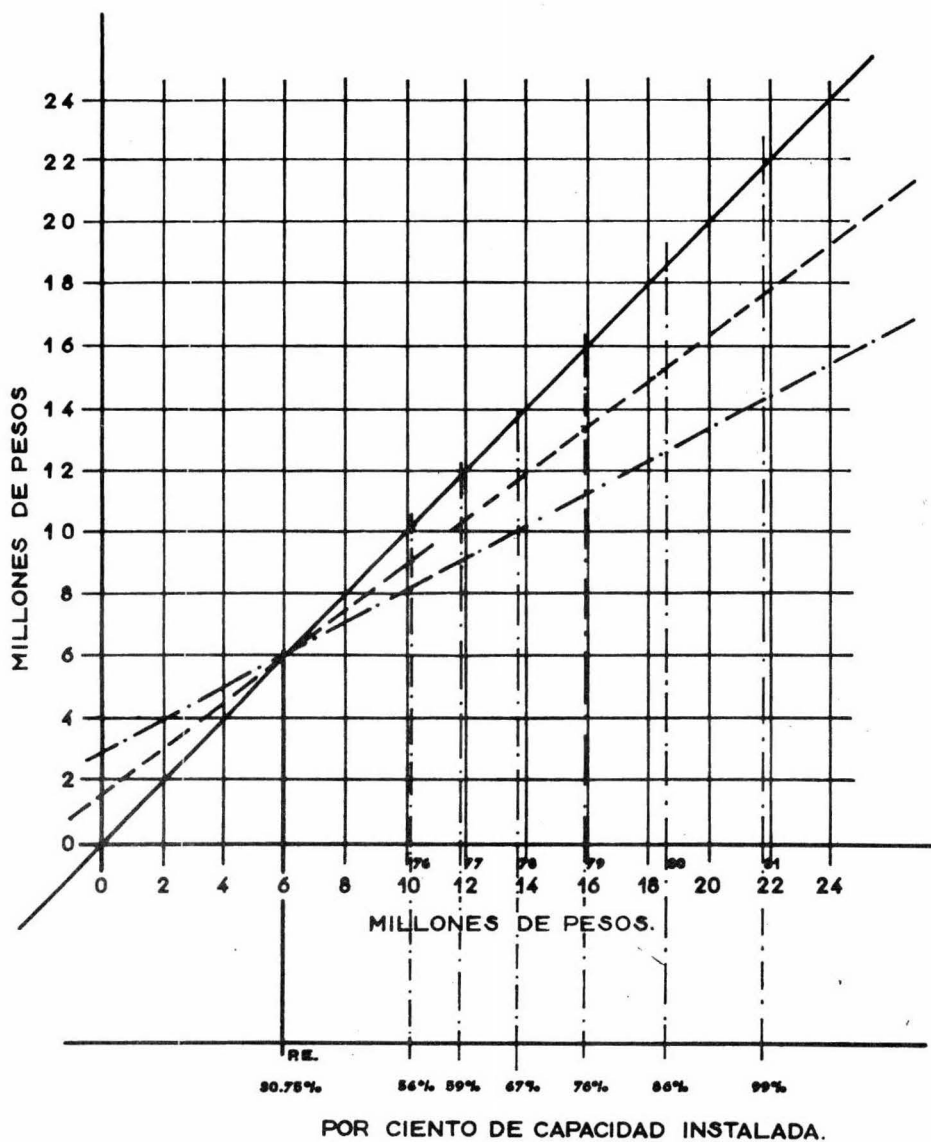
B. Impuestos y Participación de Utilidades

Se han tomado como el 45% de la utilidad bruta de los que el 42% son impuestos y el 3% la participación que se daría a empleados y trabajadores.

El punto de equilibrio, en el cual las ventas se igualan a los costos y gastos, está ilustrado en la gráfica N° 5 en donde también puede observarse a qué % de la capacidad instalada se encuentra este punto.

5. BALANCE GENERAL PROFORMA

GRAFICA No.5 PUNTO DE EQUILIBRIO.



El balance general proforma que se encuentra en el Cuadro N° 22, se ha efectuado bajo las siguientes bases:

A. Activos

El activo circulante se tomó del Cuadro N° 20 añadiéndole el excedente de efectivo que resulta de la diferencia entre pasivos y capital y el resto de los activos. El activo fijo fué desglosado en terreno, equipo y maquinaria y edificios, prorrateando los imprevistos entre cada uno de estos renglones y restándoles la depreciación acumulada. Al diferido se le restó la amortización acumulada.

B. Pasivos

En pasivos se han tomado, el crédito de 3.5 millones a 5 años y las cuentas por pagar y otros pasivos a los que se han considerado aumentos de 500 mil pesos cada año. Es importante hacer notar que los pasivos se mantienen en un nivel bajo puesto que no se han considerado nuevos créditos que en un futuro serían necesarios para expansiones, integraciones vertical u horizontal, etc.

Cuadro N° 22

BALANCE GENERAL PROFORMA

(Miles de Pesos)

ACTIVOS	INICIAL	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>Activo Circulante</u>			1997	4366	2997		
Efectivo	3935	677	748	831	930	1045	1180
Inv. Materia Prima	---	148	175	208	247	294	350
Inv. Prod. Terminado	---	1016	1122	1247	1395	1567	1770
Cuentas por cobrar	---	1693	1963	2279	2658	3106	3641
Sub-Total	3935	3534	4008	4565	5230	6012	6941
Excedentes de efectivo	---	1317	1971	2788	3798	5050	7290
Total Activo Circulante	3935	4851	5979	7353	9028	11062	14231
<u>Activo Fijo</u>							
Equipo y maquinaria	4458	4458	4458	4458	4458	4458	4458
Edificios	2812	2812	2812	2812	2812	2812	2812
Terreno	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Depreciación acumulada	---	(541)	(1082)	(1623)	(2164)	(2705)	(3246)
Total Activo Fijo	8270	7729	7188	6647	6106	5565	5024
<u>Activo Diferido</u>							
Gastos de preoperación y arranque	295	295	295	295	295	295	295
Amortización	---	(15)	(30)	(45)	(60)	(75)	(90)
Total Activo Diferido	295	280	265	250	235	220	205
TOTAL ACTIVOS	12500	12860	13432	14250	15369	16847	19460
PASIVOS							
Prestamos Bancarios	3500	2800	2100	1400	700	---	---
Cuentas por pagar, otros pasivos	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
TOTAL PASIVOS	5000	4800	4600	4400	4200	4000	4500
CAPITAL							
<u>Capital Social</u>	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
Utilidades Acumuladas	---	1119	2104	3368	4987	7025	9573
Pago de Dividendos	---	(559)	(772)	(1018)	(1318)	(1678)	(2113)
CAPITAL CONTABLE	7500	8060	8832	9850	11169	12847	14960
PASIVOS Y CAPITAL	12500	12860	13432	14250	15369	16847	19460

Lo actualizo x 2.91.108 valor
 Lo PAGO NE 50. ad 80,005 =

C. Capital

Se ha propuesto un capital social de 7.5 millones de pesos, que es el 60% de la inversión total inicial, aún cuando éste pudiera reducirse a un 50% sin mayor perjuicio de la economía del proyecto.

Se están considerando pagos de dividendos por un 50% de las utilidades netas del ejercicio.

6. FLUJO DE EFECTIVO

El flujo de efectivo o estado de origen y aplicación de recursos aparece en el Cuadro N° 23 e indica por un lado los aumentos de pasivos y capital y la disminución de activos; y por el otro, los aumentos de activos y la disminución de pasivos y capital entre un ejercicio y otro. Como puede observarse, los flujos de efectivo son variantes entre un puente de comparación y otro.

7. RENTABILIDADES

Las rentabilidades que se esperan del proyecto para los años que han sido considerados se encuentran en el Cua-

Cuadro N° 23

ESTADO PROFORMA DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS

(Miles de Pesos)

<u>O R I G E N</u>	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Dismin. Activo Circulante	401	---	---	---	---	---
Depreciación	541	541	541	541	541	541
Amortización	15	15	15	15	15	15
Aumento Cuentas por Pagar y Otros Pasivos	500	500	500	500	500	500
Utilidad Ejercicio	1119	1544	2036	2637	3356	4226
TOTAL ORIGENES	2576	2600	3092	3693	4412	5282
<u>A P L I C A C I O N</u>						
Aumento Activo Circulante	---	474	557	665	782	929
Pago Financiamiento	700	700	700	700	700	---
Pago Dividendos	559	772	1018	1318	1678	2113
TOTAL APLICACIONES	1259	1946	2275	2683	2160	3042
FLUJO DE EFECTIVO	1317	654	817	1010	1252	2240
EFFECTIVO ACUMULADO	1317	1971	2788	3798	5050	7290

dro N° 24 cuyas relaciones se han tomado del estado de resultados.

El valor de retorno de la inversión total en activos fijos con las utilidades netas a valor presente $\sum \bar{U}_n$ p ha sido hecha suponiendo una tasa de corte de 10% mediante la ecuación:

$$ROI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum \bar{U}_n p}{It} \times 100$$

Donde el valor de las utilidades que serán comprimidas a 1975 se obtienen por:

$$P = S \left[\frac{i}{(1+i)^n} \right]$$

en que:

S = utilidad de cada ejercicio
i = tasa de corte

aplicando ambas ecuaciones:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum \bar{U}_n p &= 1119 (0.909) + 1544 (0.826) + 2036 \\ &(0.751) + 2637 (0.683) + 3356 (0.621) + 4226 (0.5645) \\ &= 10092 \end{aligned}$$

$$\sum \bar{U}_n p = \frac{10092}{6} = 1682$$

Cuadro N° 24

RENTABILIDADES ESPERADAS

	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>Utilidad Neta</u> Capital Social	15 %	21 %	27 %	35 %	45 %	56 %
<u>Utilidad Neta</u> Inversión Total	9 %	11 %	12 %	14 %	15 %	15 %
<u>Utilidad Neta</u> Ventas	11 %	13 %	15 %	16 %	18 %	19 %

$$\text{ROI} = \frac{1682}{8270} = 20.3\%$$

Por tanto, el tiempo de pago con utilidades comprimidas a 1975, de la inversión en activos fijos será de 5 años.

Capítulo IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusiones del trabajo, hasta ahora realizado, se obtiene lo siguiente:

1. El cloruro de bencilo es un compuesto orgánico aromático perteneciente al sector secundario de la industria petroquímica.
2. El cloruro de bencilo se obtiene en laboratorio por los siguientes métodos:
 - a) cloración de tolueno
 - b) clorometilación de benceno
 - c) alcohol bencílico y ácido clorhídrico
3. El cloruro de bencilo reacciona con numerosos compuestos orgánicos e inorgánicos debido a la facilidad con que puede aceptar o ceder electrones, sin embargo, sus principales reacciones son hidrólisis y esterificación dando alcohol bencílico y sales de bencilo respectivamente.
4. El cloruro de bencilo se usa actualmente en mayor esca-

la como materia prima en la industria de los plastificantes del anhídrido ftálico, como producto final e intermedio en las industrias farmacéutica y perfumería, y en menor grado como materia prima en las industrias de colorantes, desinfectantes, fotografía, fibras sintéticas e insecticidas.

5. El control analítico más importante del cloruro de bencilo son su cuantificación de la mezcla de clorados del tolueno y su acidez.
6. Hasta la fecha no se produce cloruro de bencilo en México, por tanto, uno de los objetivos del proyecto es el de sustituir importaciones, que en 1974 ascendieron a casi 2 millones de pesos y que en 1980 rebasarían los 30 millones de pesos.
7. El precio actual en México de cloruro de bencilo rebasa los ^{60.00} \$30/kg. y provoca que el plastificante que de él de riva tenga un precio de casi \$40/kg., escasamente compe titivo con el del DOP (ftalato de dioctilo), cuyo precio es menor de \$20/kg.
8. El consumo actual aparente en México de productos deri vados es del orden de 1200 toneladas aún cuando este in

cluye al cloruro de benzal y al alcohol bencílico, productos que están implícitos en su mayor parte en el benzaldehido y en el BBP (ftalato de butil bencilo).

9. La distribución geográfica del consumo se centraliza en más de un 90% en el estado de México, de acuerdo a las capacidades instaladas de las compañías real o potencialmente consumidoras en alguna medida, de cloruro de bencilo.

10. El principal producto competidor del cloruro de bencilo puede considerarse que es el 2 etil hexanol por ser ambas materias primas en la producción del respectivo ftalato. A últimas fechas, el DOP ha tenido que ser sustituido en alguna medida por el BBP, puesto que la materia prima del 2 etil hexanol (acetaldehido), ha tenido que ser importada hasta en un 40% de su actual demanda, e incluso se han restringido estas importaciones dada su actual escasez mundial. Esta situación puede terminar en 1976 o 1977 al entrar en operación otra planta de acetaldehído de PEMEX.

11. La demanda actual de 300 toneladas de cloruro de bencilo se distribuye actualmente como sigue:

70% Plastificantes

17% Perfumería y farmacéutica

13% Otros campos

12. En base a una conservadora penetración en el mercado de los plastificantes del anhídrido ftálico, y al mantenimiento del ritmo de crecimiento en otros campos, se estima para 1981 una demanda de cloruro de bencilo mayor de 1400 toneladas.
13. Las materias primas del cloruro de bencilo, (tolueno y cloro) son ambos de fabricación nacional, y no se prevee problema en el abastecimiento futuro de ninguna de ellas.
14. Hasta donde se sabe, el único proceso de fabricación de cloruro de bencilo usado actualmente a nivel comercial, es el de cloración de tolueno, que a grandes rasgos, consiste en la reacción entre cloro (gas) y tolueno, seguida de tres pasos de purificación de clorados por destilación, y la absorción de cloruro de hidrógeno para dar ácido clorhídrico al 30%. La reacción es catalizada con luz ultravioleta y se lleva a cabo a la temperatura de ebullición del tolueno.

15. Como resultado del estudio de mercado, se propone una capacidad de 1450 ton/año de cloruro de bencilo, a saturarse en el sexto año de operación según el programa de producción propuesto.

16. Desde el punto de vista de abastecimiento de materias primas, centros de consumo, mano de obra, comunicaciones, etc., el lugar óptimo a localizar la planta es el Estado de México.

17. Los subproductos que se obtienen del proceso por unidad de cloruro de bencilo producido son:

ácido clorhídrico	1.185
cloruro de benzal	0.136
benzotricloruro	0.033

18. Dado que los tres subproductos se consumen en México, y que su volúmen de producción representa bajos porcentajes considerando sus demandas nacionales, no se preveen problemas para colocarse en el mercado.

19. Como resultado del balance de materia, los consumos de materias primas son como se indica a continuación (por unidad de cloruro de bencilo):

cloro	0.720
tolueno	0.805

20. Se requiere para llevar a cabo el proyecto, una inversión total inicial de 12.5 millones de pesos divididos como sigue:

Activo Fijo	8.27 millones
Activo Circulante	3.93 millones
Activo Diferido	0.29 millones

Cuya estructuración se ha propuesto con un 60% de capital social (7.5 millones) y pasivos por un 40% (5 millones), entre los cuales se ha considerado un financiamiento de 3.5 millones.

21. Se han estimado ventas de casi 22 millones de pesos para el sexto año de operación, considerando un precio inicial de \$ 11.00 por kilo para el cloruro de bencilo, contra \$ 12.00 que tiene actualmente el 2 etil hexanol, su principal sustituto.
22. De acuerdo con los estados de resultados proforma, son de esperarse las siguientes rentabilidades para el primero y sexto años de operación:

	<u>1er Año</u>	<u>6° Año</u>
Un / capital social	15%	56%
Un / inversión total	9%	15%
Un / ventas	11%	19%

23. Haciendo un análisis de compresión de las utilidades netas a valor presente (1975) se obtiene un retorno de la inversión en planta y equipo de 5 años.

Por las anteriores conclusiones, se recomienda proceder a elaborar un plan de Ingeniería básica y de detalle para posteriormente realizar la construcción y puesta en marcha de la planta, ya que las variables técnicas y económicas del entorno de este proyecto lo justifican plenamente. Sería además muy conveniente, el anexar este proyecto a una planta que produzca plastificantes u otros derivados del cloruro de bencilo, con el propósito de diluir costos y gastos en la empresa y de integrarla en forma horizontal con productos semejantes tanto en su mercadeo como en su producción.

Se considera a este proyecto benéfico para la nación debido a que se ahorran divisas al país por la sustitución de importaciones, se crean nuevas fuentes de trabajo, su tecnología puede generarse internamente, y crea un producto petroquímico secundario cuyas materias primas son producidas íntegramente en el país.

BIBLIOGRAFIA

Faith, Keyes & Clark, Industrial Chemicals, (3rd ed.), Wiley 1965.

Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, (2nd ed.)

Morrison & Boyd, Organic Chemistry, (2nd ed.), Allyn and Bacon.

Magaña Aguirre L., Obtención de cloruro de bencilo, (tesis) ENCQ, 1958.

Chemical Marketing Reporter, (April 1975).

McCabe-Smith, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill, 1972.

Stecher, P.G., The Merck Index, (8th ed.), New Jersey, 1968

Rakoff, H. y Rose, N.C., Química Orgánica Fundamental, Limusa - Wiley, S.A., 1971.

Shriner, R.L., Fuson, R.C. y Curtin, D.Y., Identificación Sistemática de Compuestos Orgánicos, Limusa - Wiley, 1972.

R. Perry & Chilton, Chemical Engineers Handbook, (5th ed.), McGraw-Hill, Kogakusha, 1973.

Lange, N.A., Handbook of Chemistry, (7th ed.), Handbook Publishers, Inc., U.S.A. 1949.

Moore Walter J., Physical Chemistry, (4th ed.), Longman, 1970.

Melnick Julio, Manual de Proyectos de Desarrollo Económico, Naciones Unidas, 1958.

Groggins, Unit Process in Organic Syntesis, McGraw-Hill, N. Y., 1952.

Schmidt & List, Material and Energy Balances, Prentice-Hall New Jersey, 1962.

Henley & Rosen, Material and Energy Balances Computations, Wiley & Sons, New York, 1973.

Treybal Robert, Mass Transfer Operations, McGraw-Hill, Koga kuska, (2nd ed.), 1968.

Prieto A., Principios de Contabilidad, Editorial Banca y Comercio, 1964.

Olizar M., Guía de los Mercados de México, (7a. ed.), 1974-1975.

Anuario de la Industria Química Mexicana, ANIQ, 1973.

Producción Química Mexicana, (11a. ed.), Editorial Cosmos.

Guía de la Industria Química, 1974, Editorial Cosmos.

Desarrollo y Perspectivas del Sector Secundario de la Industria Petroquímica, 1971, Subdirección de Estudios Económicos y Planeación Industrial, Instituto Mexicano del Petróleo.

Anuario Estadístico del Comercio Exterior, (1970-1973), Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Estadística.

Informe Anual 1974, (53a ed.), Banco de México, S.A.