

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE QUIMICA.

"REVISION TECNOLOGICA DE LOS PROCESOS DE
FABRICACION DE ISOPROPANOL"

284

MA. DE LA LUZ PIÑA POZAS.

INGENIERO QUIMICO.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS Test 1

AGE 1975

FECHA 1975

PROC MI 270

S MI 270





QUIN 02

Jurado asignado:

Presidente Prof.: EDUARDO ROJO Y DE LEGIL
V o c a l " : ENRIQUE GARCIA LOPEZ
Secretario " : ANTONIO FRIAS MENDOZA
1er. Suplente " : ROBERTO ANDRADE CRUZ
2o. Suplente " : JUAN M. FRITZ CORONA

Sitio donde se desarrolló el tema: FACULTAD DE QUIMICA

S u s t e n t a n t e : MA. DE LA LUZ PIÑA POZAS 

Asesor del tema: ANTONIO FRIAS MENDOZA 

A mis Padres con cariño.

A mi Tía Juanita con agradecimiento.

A mis hermanos:

Rosahisela Juan José
Lydia Gustavo
Elba Laura Héctor Mario
Maricela Jorge Alberto
Miguel Angel

Como una muestra de lo que nuestros Padres siempre quisieron para nosotros ... lo mejor.

CAPITULO I

INTRODUCCION .

El trabajo que se presenta es un estudio realizado de la revisión tecnológica para la producción de alcohol isopropílico, cuya importancia en México es la diversidad de usos como son en la síntesis de la acetona un 55%; una pequeña cantidad que se convierte en glicerol que es un 3%; en acetato isopropílico se usa un 2%; en formación de aminas un 2% y - un 1% usado para un proceso interesante que forma acetato y peróxido de hidrógeno y alcohol isopropílico. Además se usa como solvente y como agente desnaturalizante; en la formación o proceso de concentrados finos de proteínas; como alcohol fricciónante un 3%; en preparación de revestimientos - un 8%; para anticongelantes un 3%; en drogas y cosméticos - un 2% y como solvente general para resinas sintéticas, goma laca, aceites y decolorantes.

La producción de acetona a partir del isopropanol por oxidación con dicromato de sodio y ácido sulfúrico, se considera obsoleto ya que la acetona se obtiene ahora a partir del cumeno¹ por medio de la oxidación con aire obteniéndose primero el hidroperóxido de cumenilo que se forma en condiciones ligeramente básicas el cual se transpone hasta fenol y acetona.

El principal objetivo es el de obtener un estudio descriptivo y analizado en cada uno de sus capítulos, dando desde

¹ llamado también isopropilbenceno.

la descripción de cada uno de los procesos existentes, así como el análisis de los mismos tanto económicos como de aplicación.

Como podrá verse en el contenido de sus páginas, la materia prima para su obtención es el propileno, siendo éste de fácil adquisición y bajo costo.

Por su diversidad de aplicaciones, el alcohol isopropílico, es de gran empleo tanto en la Industria Química, como Farmacéutica y puede decirse, que en cuanto a obtención desde el punto de vista de su producción, las plantas existentes en el Extranjero, hacen que este alcohol isopropílico sea de importación para nuestro País.

Debido a la tecnología existente, se llevó a cabo este estudio para poder ofreser un trabajo lo más completo posible para la aplicación en lo futuro.

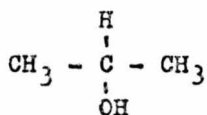
CAPITULO II

DETALLES TECNICOS DE ISO-
PROPANOL CON PROPIEDADES.

El alcohol isopropílico es un alcohol secundario por la posición que ocupa el grupo hidroxilo, llamado también propanol 2 ó dimetil-carbinol; es un líquido no viscoso, completamente soluble en agua cuyas propiedades físicas son las siguientes:

Peso molecular	60
Punto de fusión	-85.8°
Punto de ebullición	82.2°
Densidad	0.786 g/cm ³
Calor latente	159.6 cal/g a 82.2°
Conductividad térmica	0.09 BTU/(Hr)(ft ²)(°F/ft)
Viscosidad a 104°	3.60 centipoise
176°	2.00 centipoise
248°	1.13 centipoise
320°	0.68 centipoise

Su fórmula estructural es:



Su fórmula condensada es: C₃H₈O.

CAPITULO III

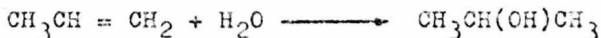
PROCESOS EXISTENTES
Y
DESCRIPCION.

HIDRATACION DIRECTA.

Proceso
Tokuyama Sode

En este proceso,² se emplea una solución acuosa, diluida y homogénea de catalizador. El propileno líquido se precalienta y alimenta a un reactor que opera a baja presión. La solución catalizadora que se recupera de la columna de azeótropo, se precalienta con la corriente de salida del reactor y se alimenta a éste, operando a una presión de 150 a 300 Kg/cm²,³ y a una temperatura de 240 a 290°.

La reacción efectuada tiene lugar en la fase líquida como sigue:



La solución acuosa que contiene isopropanol y catalizador se descarga del fondo del reactor y se enfría por intercambio de calor para evaporarse después por debajo de la presión reducida en un separador de gas, mientras el propileno disuelto se separa y se recircula. El líquido separado, se envía a la columna azéotropa, de aquí, la mezcla azeotrópica de isopropanol y agua se envía a otra columna de destilación para purificación y deshidratación. La solución acuosa, conteniendo catalizador, se saca por el fondo de la columna

² Según diagrama de flujo No. 2 localizado en el APENDICE.

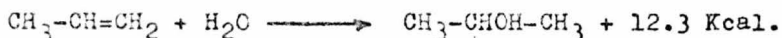
³ Requerida para éste proceso según dato de Hydrocarbon Processing, Nov. 1971. pp 172.

azeotropa y se mezcla con agua fresca y se recircula al reactor.

Otro proceso,⁴ para la producción de isopropanol es por medio de hidratación directa de 99% de propileno y agua desmineralizada.

En éste proceso se produce isopropanol de 87.5% en paso. El propileno líquido y agua se precalientan con el gas recirculado del compresor en cambiadores de calor con gases del -- horno catalizador y luego se calientan en el sobrecalentador con vapor de alta presión, hasta una temperatura de 180 a 260°, posteriormente se pasan sobre el catalizador a presiones alrededor de 25.8 a 67 Kg/cm².⁵

Aquí el propileno y el agua se convierten de acuerdo a la siguiente reacción:



El gas cargado al horno con partida de isopropanol se enfría en cambiadores de calor y se alimenta a un adsorvedor, en donde se elimina el isopropanol residual. El propileno que no se convierte, se recircula al sistema por medio de un compresor. La presión del alcohol isopropílico diluido que se colecta en el pozo del adsorvedor, se reduce en el --

⁴ Según diagrama de flujo No. 3 localizado en el APENDICE.

⁵ Según dato de Hydrocarbon Processing, 1969. pp 194.

tanque almacenador y luego el alcohol diluido se alimenta a una columna lavadora, en donde se eliminaron las impurezas por destilación extractiva con agua y se saca como azeótropo en la columna rectificadora. El azeótropo puede ser hidratado en otras dos columnas, usando benceno como el agente deshidratante.

HIDROLISIS.

En éste proceso,⁶ el propileno líquido almacenado se combina con hidrocarburos recirculados y se absorbe primero en ácido sulfúrico de 75% en una serie de reactores agitados, hasta formar una solución de sulfato diisopropilo y sulfato ácido de isopropilo. La solución sulfatada de hidrocarburos se convierte en solución ácida de alcohol isopropílico, éter y polímeros, por reacciones de hidrólisis que se llevan a cabo en un desorvedor-hidrolizador en presencia de agua de dilución. Estos productos de reacción se eliminan con vapor del ácido en la misma columna y escapan por la parte superior. Los vapores se neutralizan por contacto con solución cáustica y después se condensan.

El alcohol isopropílico crudo, se carga a una columna de éter, los vapores de ésta columna se condensan y se reflujan a la misma. Una presión del líquido se desvía del vapor principal de reflajo y se envía a un decantador para su separación. En el decantador, las dos capas líquidas se separan; la capa superior es rica en éter y la inferior contiene principalmente agua y pequeñas cantidades de éter y alcohol. La capa inferior rica en agua, se regresa continua--

⁶ Según diagrama de flujo No. 1 localizado en el APENDICE.

mente a la columna y se mezcla con la corriente principal - de reflujo a la columna. La capa rica en éter, se bombea hacia el sistema de reacción.

Los fondos de la columna de éter se bombean a la columna de alcohol isopropílico para la recuperación del producto principal. El condensado de ésta columna es de 87% de solución de alcohol isopropílico en agua. El polímero se descarga como una corriente lateral de la columna y se bombea al almacén. De la base de la columna de alcohol isopropílico, se separa el agua que contenga sólo trazas de alcohol.

DESTILACION.

En éste proceso,⁷ una mezcla de agua líquida y propileno gaseoso, se alimentan en la parte superior de los reactores paralelos. Ambas fases, pasan a través de los reactores y en la misma dirección. Se produce una mezcla intensiva de fases gas y líquido al contacto con el catalizador.

El agua de proceso, se recircula de la sección de purificación del alcohol, pasando después a través de un intercambio iónico, para la separación completa de los iones sulfato, sodio y fierro. El agua tratada, se divide en dos corrientes; la más pequeña se enfría en el cambiador y se alimenta a través de una bomba impulsora como reactor de enfriamiento. La cantidad mayor de alcohol isopropílico crudo, va hacia un cambiador de calor y se reparte en los reactores a través de cambiadores de calor adicionales.

El propileno se bombea continuamente de un recipiente esférico a presión hacia un recipiente de succión intermedia. - La presión dentro de éste recipiente es de 4.65 a 16.5 Kg/cm²,⁸ (dependiendo de la temperatura exterior). La cantidad de propileno necesaria para la reacción, se descarga de és-

⁷ Según diagrama de flujo No. 4 localizado en el APENDICE.

⁸ Según dato tomado de Hydrocarbon Processing, Nov. 1969. pp 193.

te recipiente por medio de una bomba en el proceso de precalentamiento de la corriente de agua, donde se evapora y se alimenta a los reactores como una mezcla vapor-líquido.

La reacción ocurre en contacto con el catalizador en cada uno de los cuatro lechos del catalizador. Para eliminar el calor de reacción (-12.3 Kcal/mol) de alcohol isopropílico, cada lecho de catalizador tiene un sistema de enfriamiento. La mezcla alcohol-agua y el gas residual del fondo del reactor se envía a un separador que opera a alta presión.

La fase líquida que viene del separador, después de intercambiar calor con el agua de proceso, va hacia un tanque de agitación para neutralizarse con hidróxido de sodio.

Los gases de baja presión que no reaccionaron se comprimen y se combinan con los de alta presión, se enfrían y se envían a la reconcentración del propileno.

En la primera destilación, se separa el éter diisopropílico el cual se envía a un proceso adicional; los fondos van a una columna de azeótropo, la cual produce arriba del 87% de alcohol isopropílico. Los fondos de la columna de azeótropo se procesan por intercambio iónico y se recirculan como agua de proceso en la forma antes mencionada. El secado final de alcohol isopropílico crudo, se efectúa usando benceno. Un alcohol de alta pureza se determina en dos pasos adicionales de destilación y un tratamiento con carbón activado.

CAPITULO IV

FACTORES LIMITANTES.

Entre los factores limitantes para los diferentes procesos, se tienen los siguientes:

- a).- Temperatura de reacción.
- b).- Presión de reacción.
- c).- Velocidad de conversión del propileno.
- d).- Concentración del gas alimentado.
- e).- Actividad y existencia del catalizador.

a).- TEMPERATURA DE REACCION: Es importante debida a la influencia máxima en la eficiencia para la selectividad del catalizador. Al incrementarse la temperatura, se incrementa la conversión del propileno, la hidrólisis del catalizador y grupos de ácido sulfónico.

En la destilación, las temperaturas son de 130 a 150°, las cuales se controlan por medio del agua de proceso y se incrementan por la duración del catalizador manteniendo la actividad del mismo y se enfría a lo largo de los lechos del catalizador, los cuales se usan para remover el calor de reacción.

b).- PRESION DE REACCION: De la presión parcial del propileno, depende la concentración en la fase líquida, al disolverse parte del propileno en la superficie del catalizador y al aumentar la presión se incrementa la velocidad en la reacción, por la eficiencia del catalizador.

La presión dentro del reactor es de 62 a 103.4 Kg/cm², la cual se regula a la salida del separador.

c).- VELOCIDAD DE CONVERSION DEL PROPILENO: En la destilación se obtiene una conversión de aproximadamente el 75% del propileno alimentado por paso, operando el proceso bajo las condiciones óptimas de relación molar del propileno al agua, la cual es de 12.5 a 15.0 : 1.

En la hidratación directa, es necesario mejorar la baja conversión de relatividad en la fase gaseosa por un gas recirculado de alta relación molar.

La conversión del propileno, se mide por ensayos al alimentar y extraer continuamente corrientes de gas con cromatógrafos de gases.

d).- CONCENTRACION DE GAS ALIMENTADO: En la destilación, la concentración del propileno en la fase gas, durante el aspecto de reacción dinámica, disminuye desde la parte superior, hasta el fondo, mientras aumenta la concentración del isopropanol. El propileno reciente, que no se disuelve, entra en contacto con el agua pura como si entrara al reactor.

Consecuentemente, la conversión inicial es notablemente alta, resultando en el producto total un excelente

espacio-tiempo. La fuerte influencia de las altas concentraciones de los reactivos, en las velocidades de reacción, se muestran en la figura No. 1 que relaciona espacios y tiempos producidos con las concentraciones de propileno y agua.

La gráfica muestra que es posible usar las concentraciones de propileno para la alimentación de 75 a 92%.

e).- ACTIVIDAD Y EXISTENCIA DEL CATALIZADOR: Las principales características para la selección de un buen catalizador son:

- 1.- Alta actividad.
- 2.- Buena resistencia a la hidrólisis.
- 3.- Estabilidad mecánica.

Todos los parámetros se ensayaron en relación a la temperatura de reacción, la superficie del catalizador y el diámetro del poro.

Actividad: En el catalizador, las resinas que contienen grupos de ácido sulfúrico, se sustituyen principalmente por hidratación de ácidos catalizados. Estas resinas se obtienen como gel o tipos de macroporos. La actividad de cada catalizador es proporcional a su concentración de iones hidrógeno. Dependiendo del grado -

de atracción de las resinas, el cambio de iones en las mismas crece en solventes polares. Por consiguiente, - los grupos que contienen ácido sulfónico, pueden estar mejor relacionadas a su volumen. Influye además, la capacidad de absorción. Debido a la atracción de las resinas, se impide sólidamente el paso de moléculas grandes, dentro del catalizador, resultando granos en la - actividad abatida.

Hidrólisis: Depende fuertemente de la temperatura de - reacción y composiciones variadas considerablemente -- con catalizador.

La pérdida de actividad del catalizador es por intoxi- cación, debido a depósitos de compuestos poliméricos - de propileno y por hidrólisis de grupos de ácido sulfó nico. Por lo tanto el valor del catalizador depende en primer lugar de la pérdida de ácido sulfónico contra - el tiempo.

Estabilidad mecánica: Esta depende del grado de atrac- ción entre las moléculas del catalizador el cual se debe a la superficie esférica, al volumen del poro y a - la distribución del mismo, el cual se encuentra entre- un grado definido.

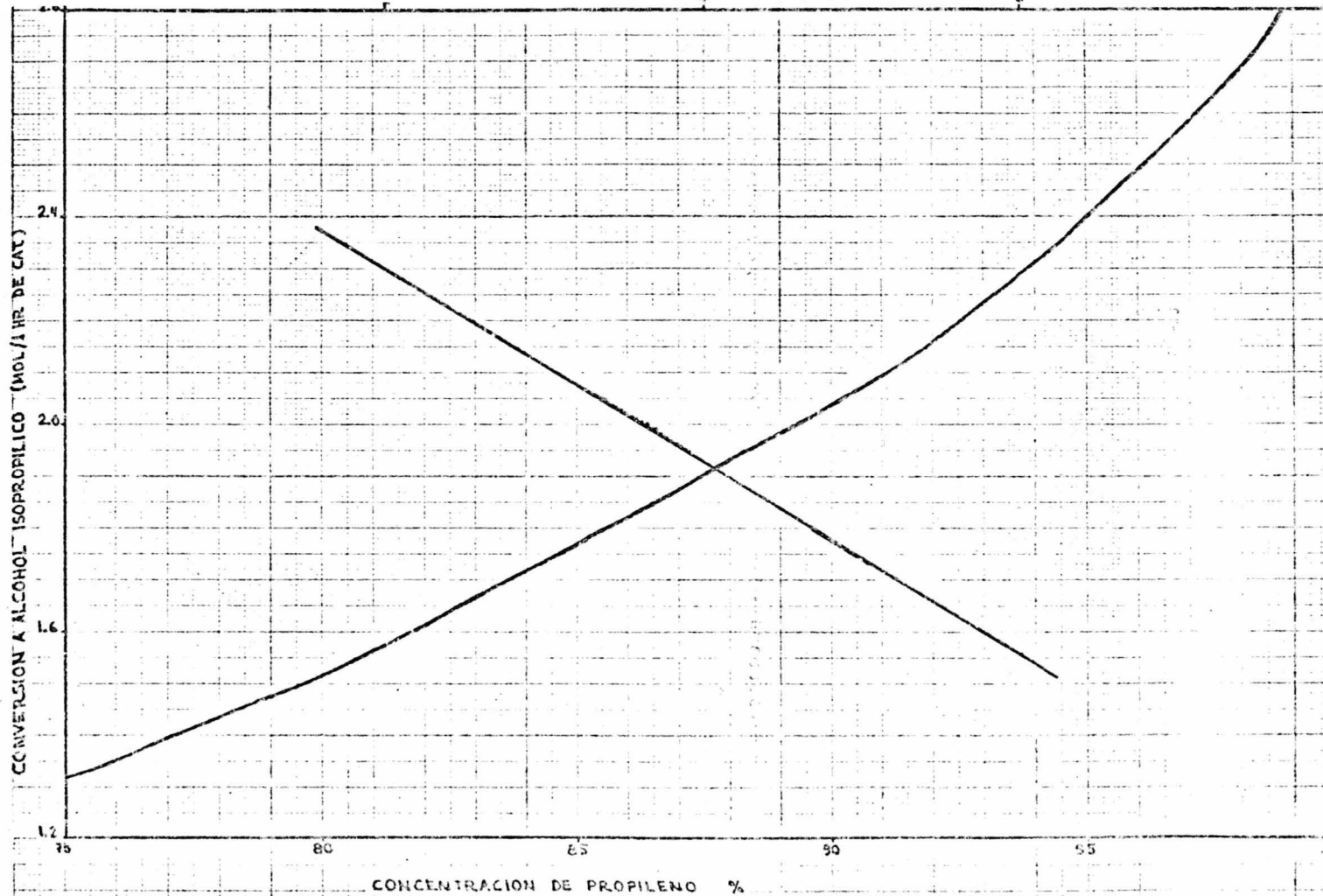


FIGURA No. 1: RELACION DE ESPACIOS Y TIEMPOS PRODUCIDOS CON LAS CONCENTRACIONES DE PROPILENO Y ALCOHOL

CAPITULO V

INNOVACIONES TECNOLOGICAS.

La nueva tecnología existente para la producción de alcohol isopropílico, consiste en la hidratación catalítica directa del propileno, produciendo los siguientes progresos sobre los procesos antiguos:

- 1.- Reducción de la demanda corrosiva. La demanda sustancial por corrosión durante la reconcentración de ácido sulfúrico en la planta de combustión sumergida, mientras se elimina.
- 2.- Reducción en costos de energía, resultando en cierto modo, la eliminación de la reconcentración de ácido sulfúrico.
- 3.- Reducción de la cantidad de alto contenido de oxígeno disuelto en agua cruda.
- 4.- Reducción de la contaminación del aire. Pequeñas cantidades de SO_2 y compuestos orgánicos de sulfuro que estén presentes en los gases crudos, emitidos durante la reconcentración del ácido.

Por éstas razones se decidió cambiar la hidratación directa en la fase líquida.

De acuerdo a la literatura existente, la formación de alcohol isopropílico es favorecida por las bajas temperaturas y

altas presiones (como se muestra en las figuras 1 y 2). De-
ésto se deduce que la corrida en el proceso se lleva a cabo
a temperaturas relativamente bajas, la velocidad de reacci-
ón del propileno a alcohol isopropílico es satisfactoria a-
éstas condiciones. Esto nos proporciona las siguientes ven-
tajas:

- a).- La conversión posible del 75% ó más de propileno por -
paso.
- b).- La corrida en la planta es posible llevarse a cabo con
propileno del 92% de pureza en vez del 99%, ya que el
alto grado de conversión permite dicha operación.
- c).- La reconcentración del gas residual se hace hasta un -
92%.

Dichas ventajas es lo que permite usar la nueva tecnología,
para la producción de alcohol isopropílico.

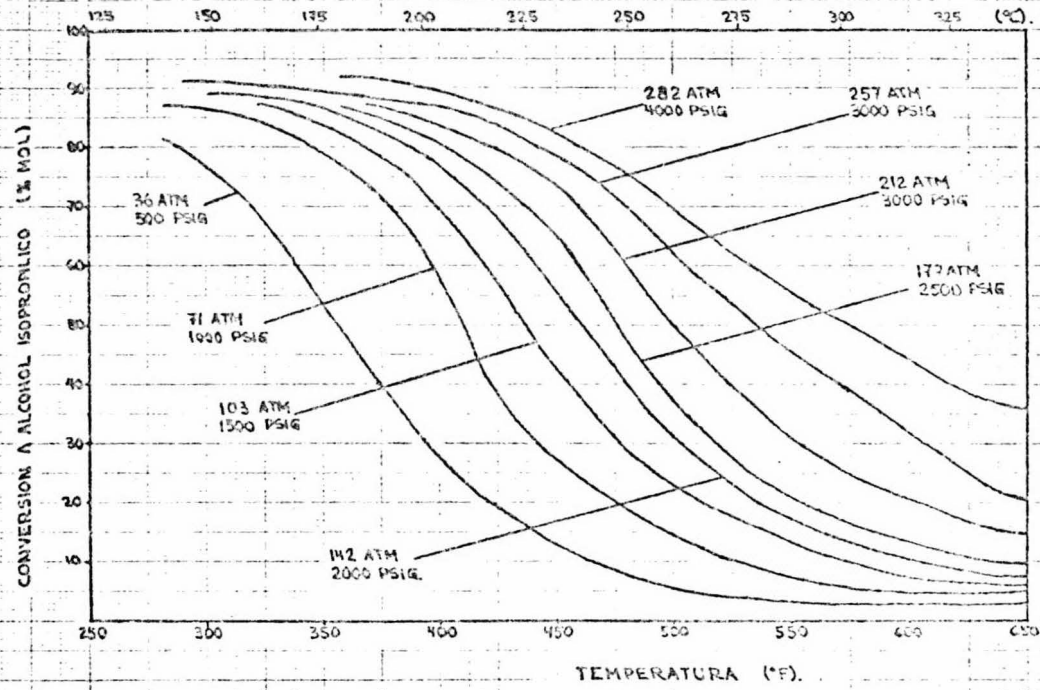


FIGURA No. 1 : FORMACION DE ALCOHOL ISOPROPILICO.

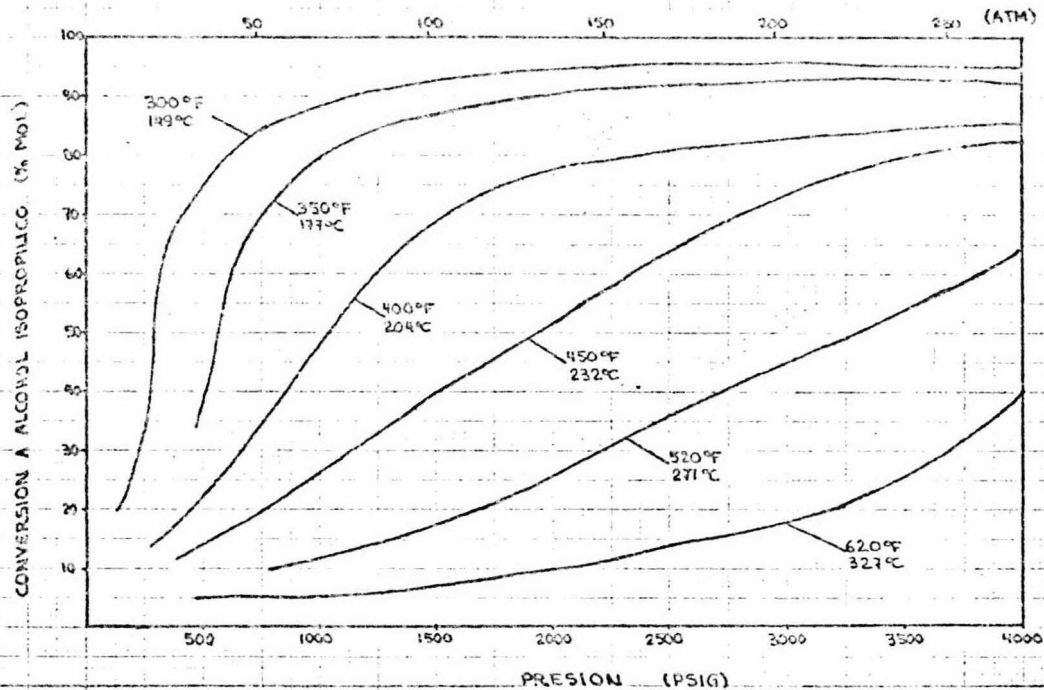


FIGURA No. 2: FORMACION DE ALCOHOL ISOPROPILICO.

C A P I T U L O V I

A N A L I S I S D E L C O S T O D E
P R O D U C C I O N Y G R A F I C A S .

DESTILACION.

Proceso Deutsche

Los servicios requeridos,⁹ para la producción de alcohol -- isopropílico son los siguientes:

BASE: 1000 Kg.

Agua de enfriamiento	46.0 m ³
Agua tratada	0.7 Ton
Vapor (2.5 Kg/cm ²)	6.2 Ton
Vapor (20 Kg/cm ²)	0.6 Ton
Electricidad	128.0 KWH
Reactivos y catalizador	4.5 de la inversión/producción anual.
Duración del catalizador	8.0 meses mínimo.

La inversión,¹⁰ para la producción de 100,000 toneladas de alcohol isopropílico por año, basada en la alimentación de propileno de 92% es la siguiente:

Inversión	19.000,000 de Dólares.
Personal por turno	1 supervisor
	4 obreros

⁹ Tomados de Chemical Technological, Feb. 1973. pp 99.

¹⁰ Tomados de Chemical Technological, Feb. 1973. pp 99.

Alimentación.	92% propileno
Conversión	94% en peso de propileno a alcohol isopropílico.
	3.5% en peso de propileno a éter.
	2.5% en peso de propileno que no reaccionó, incluyendo pérdidas.

Análisis de costos,¹¹

Personal por turno: 1 supervisor = 25% de M. O. =	104.00
4 obreros = 4 x 3 x 13	= 416.00
TOTAL	= 520.00

Personal por año:

BASE 3 turnos/día
 5 días/semana
 52 semanas/año.

Personal por año = 520 x 3 x 5 x 52 = 405,600.00
 Personal por año = 405,600.00

Inversión = 237,500,000.00

Mantenimiento = 7% de la inversión = 16,625,000.00

¹¹ Según salarios y costos de 1974.

Servicios:

Agua de enfriamiento = $46\text{m}^3 \times 0.05/\text{m}^3$ =	2.30
Agua tratada = $0.7 \text{ Ton} \times 0.32/\text{Ton}$ =	0.22
Vapor ($2.4 \text{ Kg}/\text{cm}^2$) = $6.2 \text{ Ton} \times 13/\text{Ton}$ =	80.60
Vapor ($20 \text{ Kg}/\text{cm}^2$) = $0.6 \text{ Ton} \times 15/\text{Ton}$ =	9.00
Electricidad = $128 \text{ KWH} \times 0.25/\text{KWH}$ =	32.00
React. y Cat. = $4.5 \times 237,000,000.00$ =	10,687,500.00
TOTAL	= 10,687,624.12

COSTO TOTAL = SERVICIOS + PERSONAL + MANTENIMIENTO.

Costo total:

Servicios	= 10,687,624.00
Personal	= 405,600.00
Mantenimiento	= 16,625,000.00
TOTAL	= 27,718,224.00

$$\text{COSTO UNITARIO} = \frac{\text{COSTO TOTAL}}{\text{PRODUCCION.}}$$

$$\text{Costo unitario} = 27,718,224.00 / 1000 = 27,718.20$$

Para la producción de 2000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	= 21,375,248.00
Personal	= 405,600.00
Mantenimiento	= 16,625,000.00
TOTAL	= 38,405,848.00

Costo unitario = $38,405,848.00 / 2000 = 19,202.90$

Para la producción de 3000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	32,062,872.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	49,093,472.00

Costo unitario = $49,093,472.00 / 3000 = 16,364.50$

Para la producción de 4000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	42,750,496.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	59,781,096.00

Costo unitario = $59,781,096.00 / 4000 = 14,945.30$

Para la producción de 5000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	53,438,120.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	70,468,720.00

Costo unitario = 70,468,720.00 / 5000 = 14,093.75

Para la producción de 6000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	64,125,744.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	81,156,344.00

Costo unitario = 81,156,344.00 / 6000 = 13,526.05

Para la producción de 7000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	74,813,368.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	91,843,968.00

Costo unitario = 91,843,968.00 / 7000 = 13,120.50

Para la producción de 8000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total:

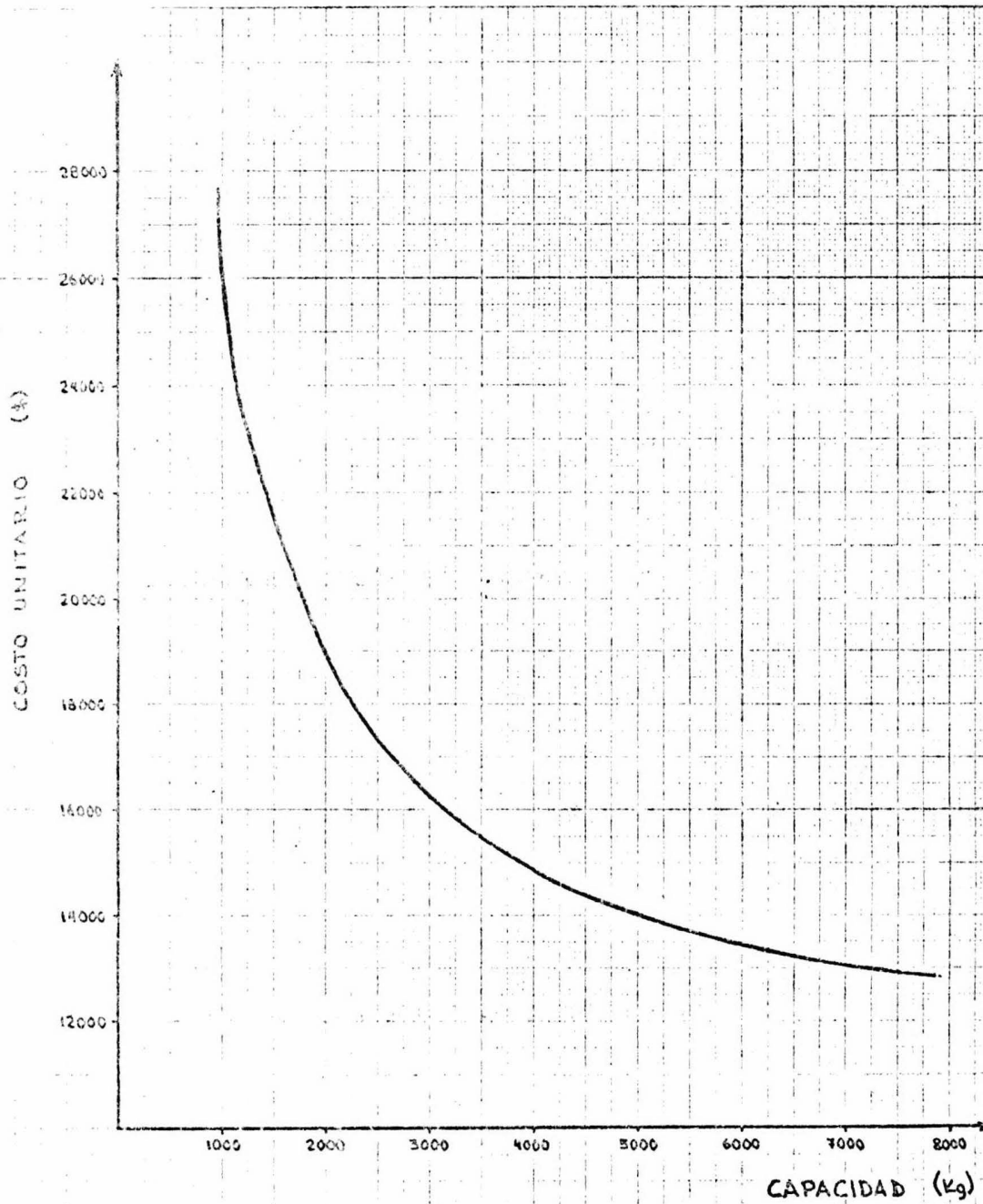
Servicios	=	85,500,992.00
Personal	=	405,600.00
Mantenimiento	=	16,625,000.00
TOTAL	=	102,531,592.00

$$\text{Costo unitario} = 102,531,592.00 / 8000 = 12,816.40$$

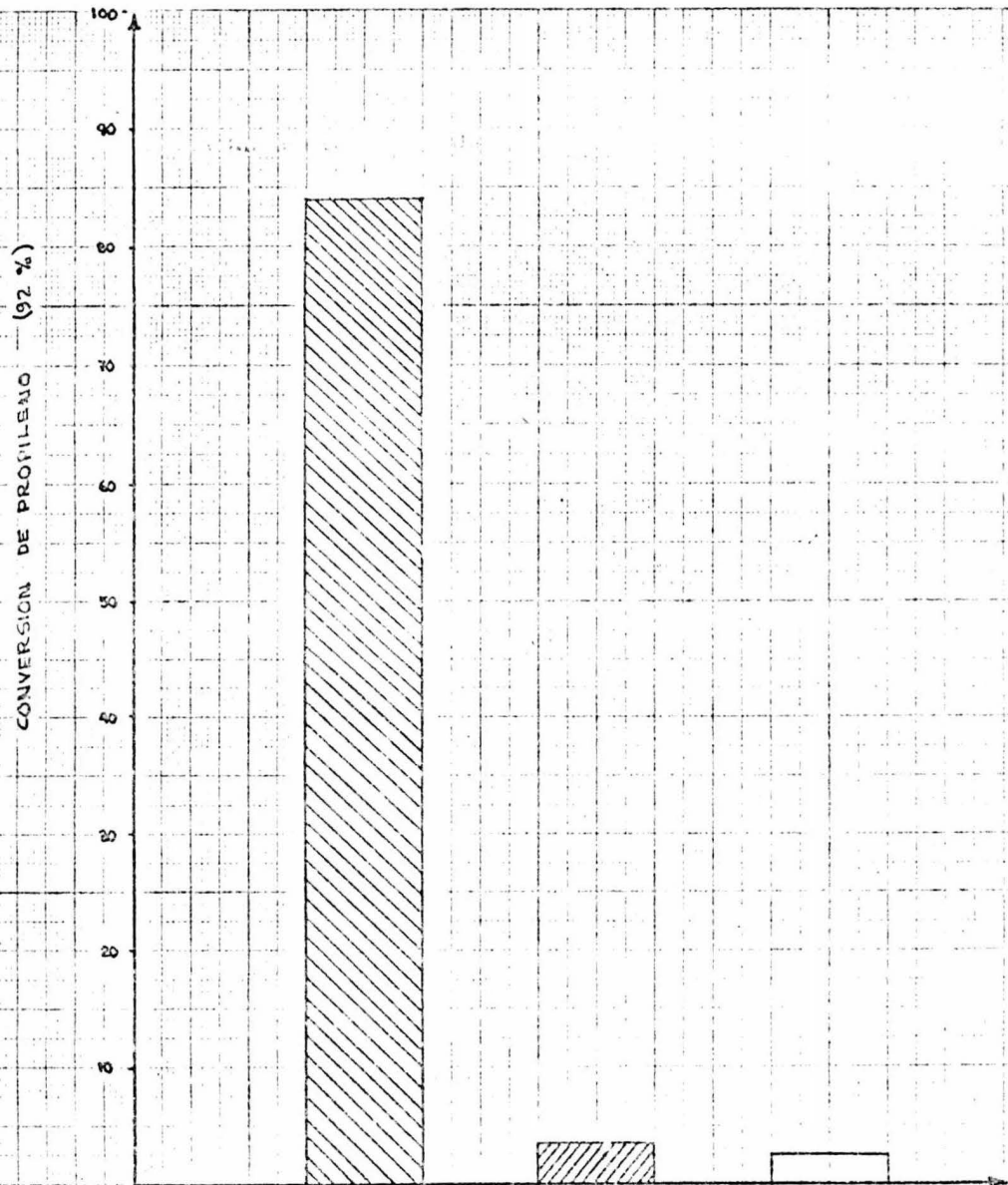
COSTO UNITARIO (\$)




CAPACIDAD (Kg)

27,718.20	1000
19,202.90	2000
16,364.50	3000
14,945.30	4000
14,093.75	5000
13,526.05	6000
13,120.50	7000
12,816.40	8000



COSTO DE PRODUCCION DE ALCOHOL ISOPROPILICO POR DESTILACION.



-  ALCOHOL ISOPROPILICO
-  ETER
-  NO REACCION Y PERDIDAS.

CONVERSION DE PROPILENO A ALCOHOL ISOPROPILICO
POR DESTILACION.

HIDRATACION DIRECTA.

Tokuyama Soda

Para la producción de 30,000 Ton/año de alcohol isopropílico se requiere una inversión,¹² de 2,200,000.00 Dólares.

Inversión = 27,500,000.00

Mantenimiento = 7% de la inversión = 1,925,000.00

Para la producción de 1000 Kg de alcohol isopropílico se --
requieren los siguientes servicios:¹³

Propileno	0.73 Ton
Reactivos y catalizador	1.10 Dólares
Vapor	3.8 Ton
Electricidad	110.0 KWH
Agua de enfriamiento	185.0 m ³
Combustible	41.05 pie ³

Análisis de costos:

Propileno = 0.73 Ton x 8000/Ton	= 5,840.00
Catalizador y reactivos = 1.10 x 12.50	= 13.75

12 Tomados de Hidrocarbon Processing, Nov. 1971. pp 172.

13 Tomados de Hidrocarbon Processing, Nov. 1971. pp 172.

Vapor = 3.8 Ton x 13.00/Ton	=	49.40
Electricidad = 110 KWH x 0.25/KWH	=	27.50
Agua de enfriamiento = 185 m ³ x 0.05/m ³	=	9.25
Combustible = 41.06 pie ³ x 2,011.00/1000pie ³	=	82.55
TOTAL	=	6,022.45

Costo total:

Servicios	=	6,022.45
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,931,022.45

Costo unitario = 1,931,022.45 / 1000 = 1,931.00

Para la producción de 2000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	12,044.90
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,937,044.90

Costo unitario = 1,937,044.90 / 2000 = 968.50

Para la producción de 3000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	18,067.35
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,943,067.35

Costo Unitario = $1,943,067.35 / 3000 = 647.70$

Para la producción de 4000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	24,089.80
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,949,089.80

Costo unitario = $1,949,089.80 / 4000 = 487.25$

Para la producción de 5000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

Servicios	=	30,112.25
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,955,112.25

Costo unitario = $1,955,112.25 / 5000 = 391.00$

Para la producción de 6000 Kg de alcohol isopropílico se --
tiene un costo total de:

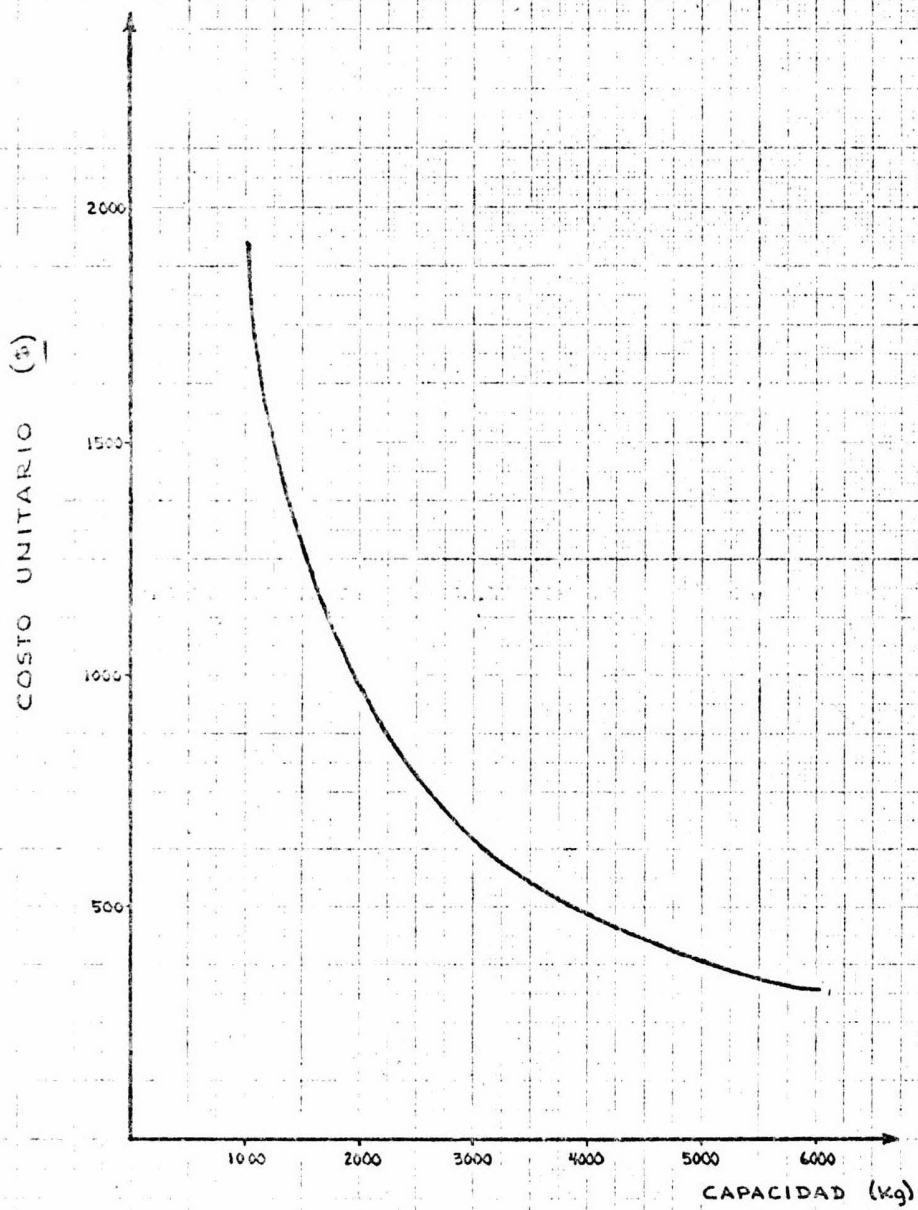
Servicios	=	36,134.70
Mantenimiento	=	1,925,000.00
TOTAL	=	1,961,134.70

Costo unitario = $1,961,134.70 / 6000 = 326.85$

COSTO UNITARIO (3)

CAPACIDAD (Kg)

1,931.00	1000
968.50	2000
647.70	3000
487.25	4000
391.00	5000
326.85	6000



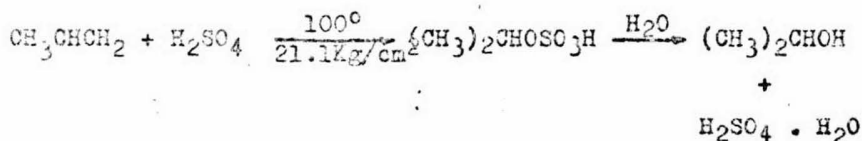
COSTO DE PRODUCCION DE ALCOHOL ISOPROPILICO POR HIDRATACION DIRECTA.

CAPITULO VII

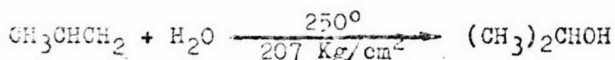
ECONOMIAS DE ESCALA .

La primera síntesis en pequeña escala de alcohol isopropílico fué en 1920, que fué el primer derivado orgánico del petróleo y de gran importancia para la industria. Es un solvente no muy tóxico y debido a que es no potable, reemplaza al etanol en muchas aplicaciones. Dos procesos competitivos usan propileno como materia prima, como puede verse en las siguientes reacciones:

Usando ácido sulfúrico:¹⁴



Hidratación directa:¹⁵



Primero se intenta una hidratación directa ocasionada de la baja conversión (6%) por paso; una nueva catálisis, la cual incluye compuestos de politungsteno en solución acuosa y una resina intercambiadora de iones, sulfonada con estireno-di-

¹⁴ Tomado de Chemical Technological, Feb. 1973. pp 95.

¹⁵ Tomado de Hydrocarbon Processing, Nov. 1969. pp 194.

vinilbenceno, lo cual es suficiente para producir de 60 a 70% por paso, sobre las condiciones moderadas. La reacción es entre propileno gaseoso y soluciones acuosas catalíticas formándose como subproducto, algo de éter isopropílico.

En 1962 en Europa Occidental se consumieron 238,000 toneladas de alcohol isopropílico; de ésta cantidad, Alemania Occidental consumió 64,100 toneladas.

En 1969 la demanda se incrementó hasta 402,000 toneladas de las cuales, 93,000 toneladas fueron consumidas por Alemania Occidental.

La figura No. 1 muestra el incremento de alcohol isopropílico usado en Europa hasta 1972 y se estima el incremento hasta 1975.

El consumo en 1971 de alcohol isopropílico en Estados Unidos fué de 1,000,000 de toneladas.

Con el alza del mercado, un número de compañías se interesó en improvisar procesos para la fabricación de alcohol isopropílico, con lo cual se tiene, que las vías más conocidas para la fabricación de éste son:

La hidratación de propileno con ácido mineral. Este método-

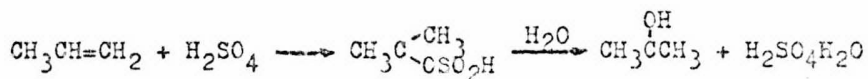
tan conocido se usó por compañías importantes como la Deutsche Texcoco, A. G., la cual empleo tal método desde 1939. - Desde entonces fué adquiriendo gran cantidad de conocimientos los cuales se aprovecharon para dar varias patentes con su nombre.

La hidratación catalítica directa en la fase gas, es otro método para la obtención de éste producto de tan gran importancia, llamado también a éste "Método Veba" que se usó en gran escala.

La hidratación directa de una mezcla de fases sobre resinas cambiadoras catiónicas, es otra de las vías que se concenpara la fabricación de alcohol isopropílico, el cual es un método que está produciendo a una capacidad satisfactoria.

En Mayo de 1972, fué la primera aplicación de éste método en gran escala, en su planta de Meerbeck.

Pero sin duda, el método más antiguo, es un proceso que se lleva a cabo en dos etapas; en la primera etapa, la mitad de ácido sulfúrico produce el éster y durante la segunda etapa, mediante una hidrólisis continua, se forma el coproducto, que es ácido sulfúrico acuoso, el cual se reconcentra mediante una combustión sumergica, quedando solamente el producto principal, alcohol isopropílico.



Algunos compuestos orgánicos de alto punto de ebullición -- aún presentes en el ácido diluido, se oxidan mediante la adición de ácido nítrico, purificándose además, pequeñas cantidades de ácido sulfúrico. No obstante, éste proceso sigue operando actualmente a una capacidad de 60,000 toneladas -- por año.

Mediante la oxidación del propano y butano, se produjo accidentalmente una pequeña cantidad de alcohol isopropílico -- produciendo algunas formas de fermentación en el fondo.

En 1970, tres compañías americanas (Exxon, Shell Chemical y Unión Carbide), fabricaron 868,100 toneladas de alcohol isopropílico a un precio de \$1.65/Kg cotizado generalmente a - \$1.55/l para el 95% del material el cual es \$20.00/Kg de alcohol isopropílico puro.

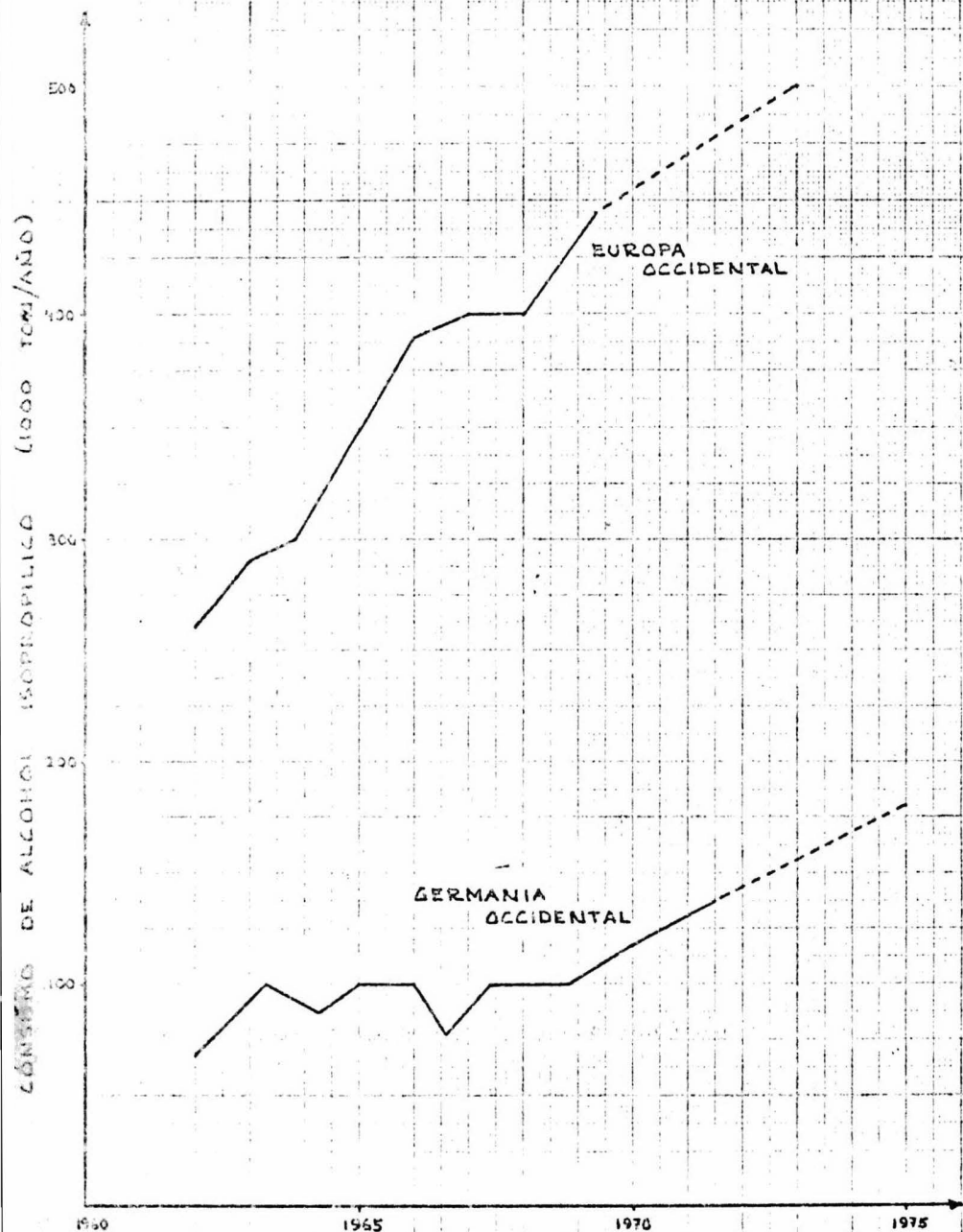


FIGURA No. 1 : INCREMENTO DE ALCOHOL ISOPROPILICO USADO EN EUROPA Y GERMANIA OCCIDENTAL,

CAPITULO VIII

EVALUACION DE LOS PROCESOS.

Desde el punto de vista técnico puede decirse que los procesos existentes para la fabricación de alcohol isopropílico, son sin complicación alguna, debido a que el equipo es de fácil manejo en cuanto a condiciones y características de operación para la obtención del producto final, en cuanto a servicios, lo requerido para efectuar el proceso es de fácil adquisición para la producción.

En cuanto a costo de producción del alcohol isopropílico, es mucho más económico producirlo por hidratación directa, teniendo además una inversión más baja en comparación con la producción por medio de la destilación, ya que por éste proceso la inversión es un 8.6% superior.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES .

Del estudio realizado se deducen los siguientes puntos, tomando en cuenta desde el análisis de producción por medio de la descripción de los procesos hasta sus aplicaciones y el análisis de costos.

- 1.- Los procesos existentes son de fácil montaje para la producción de alcohol isopropílico, obteniéndose con éstos, un alto rendimiento del propileno alimentado.
- 2.- Por las bajas temperaturas y altas presiones, la corrida en el proceso de fabricación de alcohol isopropílico es favorable, obteniéndose éste, en un 87.5% de pureza, a partir del propileno alimentado de un 92% de pureza.
- 3.- La alta conversión de propileno alimentado, a alcohol isopropílico, hacen que su costo sea relativamente bajo así como el personal mínimo necesario para la operación y la inversión de los equipos, obteniéndose con esto, una producción alta y satisfactoria.
- 4.- Por la diversidad de usos del alcohol isopropílico, hacen que el consumo sea apreciablemente alto, la cual permite la reducción de los costos de producción.

Por las conclusiones anteriores, se recomienda la producción de alcohol isopropílico, por medio de hidratación directa, ya que es el proceso que nos permite un bajo costo de -

producción.

Como se observa, la importancia del alcohol isopropílico es sumamente grande, debido a su obtención, costo, consumo y - aplicación.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA .

- 1.- PETROLEUM REFINER. Vol. 38. No. 11, Noviembre 1959.
pp. 264.
- 2.- HYDROCARBON PROCESSING & PETROLEUM REFINER. Vol. 40,
Noviembre 1961. pp. 260.
- 3.- HYDROCARBON PROCESSING. Vol. 42. No. 11, Noviembre
1963. pp 189.
- 4.- HYDROCARBON PROCESSING. Vol. 46. No. 11. Noviembre
1967. pp. 195.
- 5.- HYDROCARBON PROCESSING. Vol. 43. Noviembre 1969. -
pp. 193-194.
- 6.- HYDROCARBON PROCESSING. Vol. 50. Noviembre 1971. -
pp. 172.
- 7.- CHEMICAL ENGINEERING. Febrero 7, 1972. pp. 74-81.
- 8.- CHEMICAL ENGINEERING. Julio 24, 1972. pp. 129-136.
- 9.- HYDROCARBON PROCESSING. Vol. 51. Noviembre 1972. --
pp. 113-116.

- 10.- CHEMICAL TECHNOLOGICAL. Vol. 3. Febrero 1973.
pp. 95-99.
- 11.- HYDROCARBON PROCESSING. Noviembre 1973. pp.142.
- 12.- CHEMICAL ENGINEERING. Mayo 27, 1974. pp. 106.
- 13.- CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK. John H. Perry, 4a.
Ed. McGraw-Hill Book Company.
- 14.- INGENIERIA ECONOMICA. George A. Taylor. 5a. Re-
imp. Ed. Limusa, México 1975.

C A P I T U L O X I

A P E N D I C E .

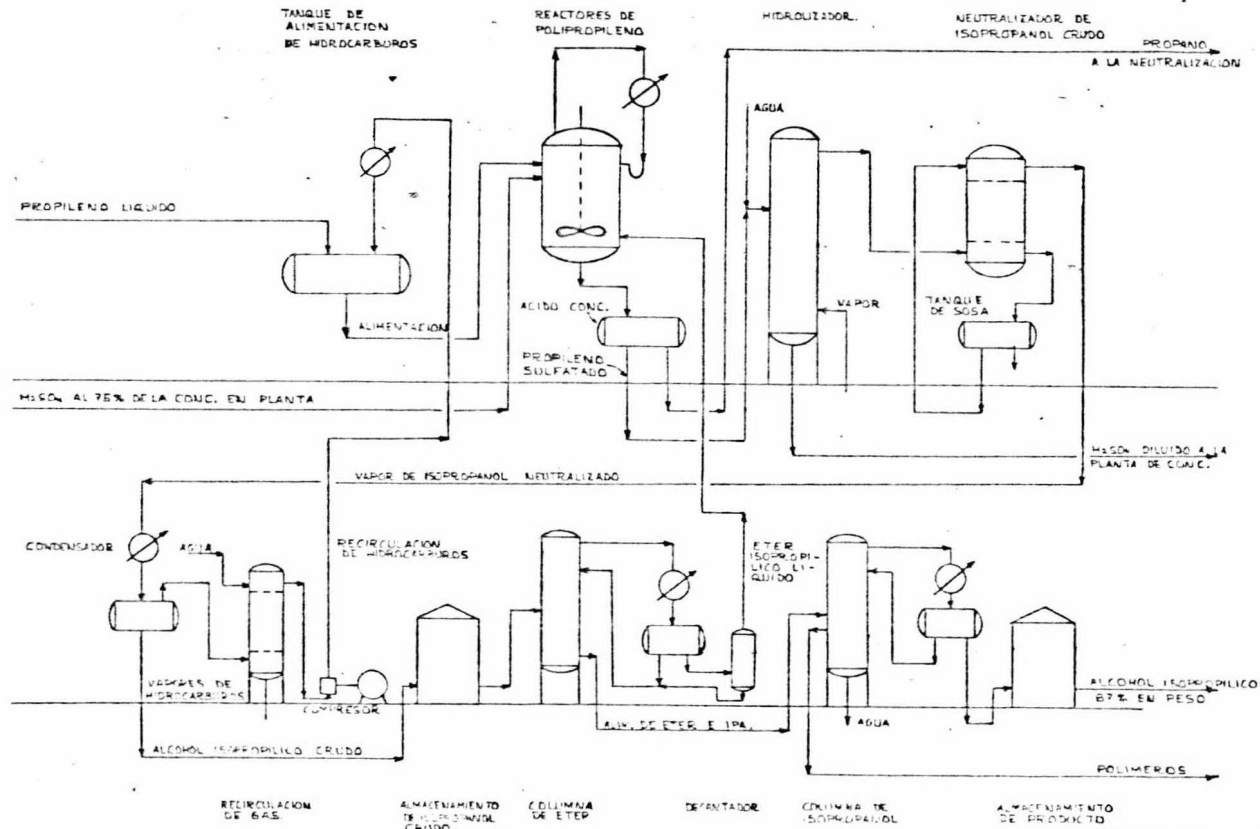


DIAGRAMA No 1

TESIS PROFESIONAL
 PROCESO INDUSTRIAL
 FACULTAD DE QUIMICA
 UNAM 1975
 MA. DE LA LUZ RIVERA

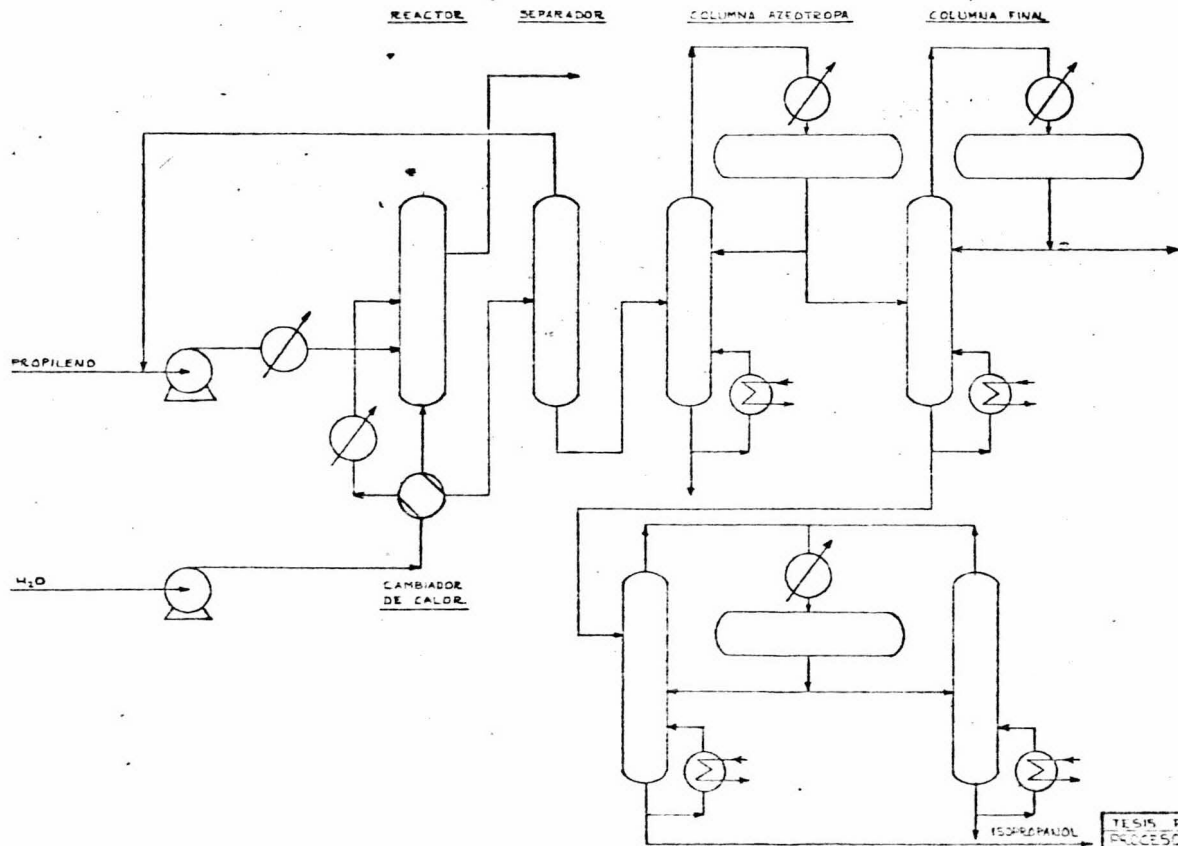
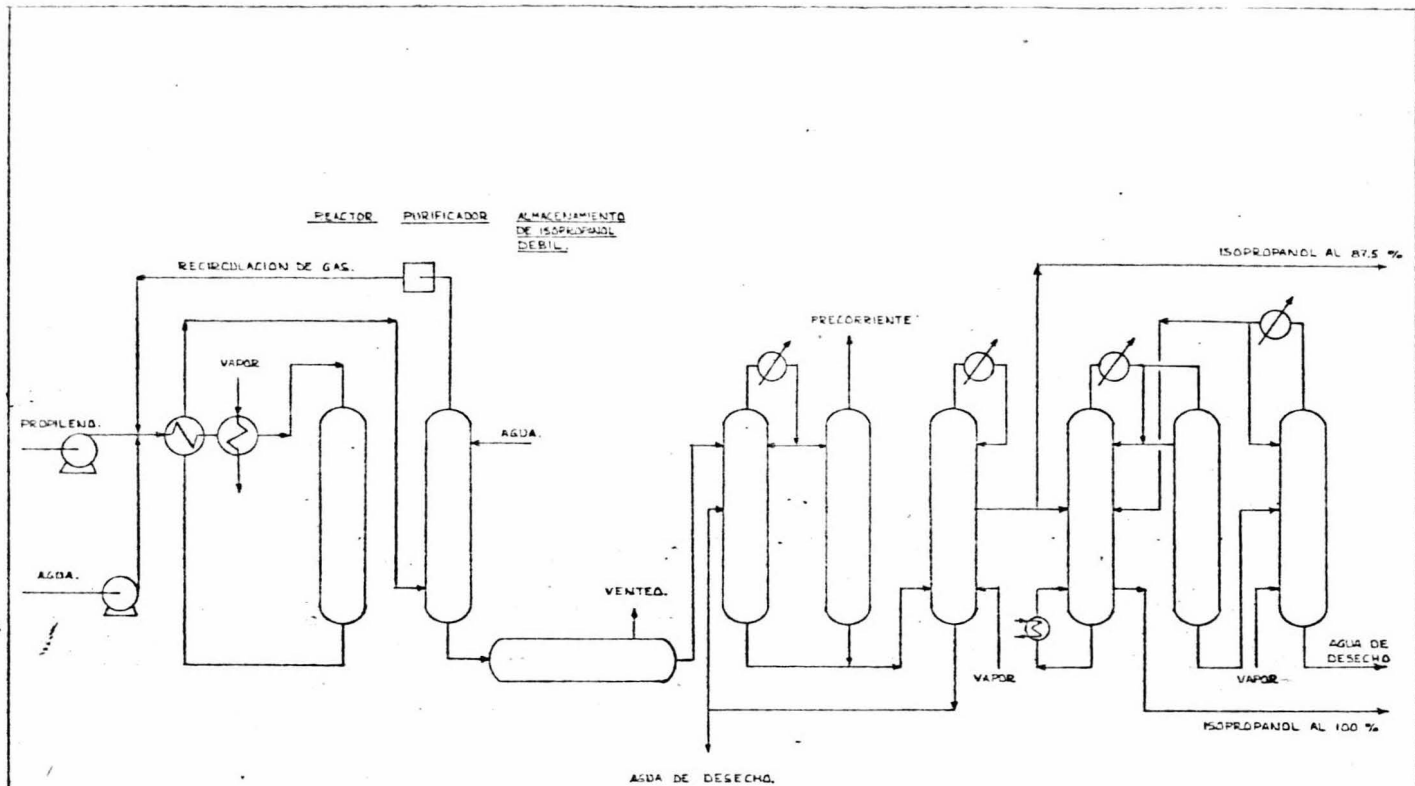


DIAGRAMA No. 2

TESIS PROFESIONAL
 PROCESO HIDRATACION
 FACULTAD DE QUIMICA
 UNAM 1975
 MA. DE LA LUZ POLO TORRES



TESIS PROFESIONAL PROCESO HIDRATACION. FACULTAD DE QUIMICA UNAM 1975 MA. DE LA LUZ PINA POZAS

DIAGRAMA No. 3

SECCION DE REACCION

SECCION DE DESTILACION

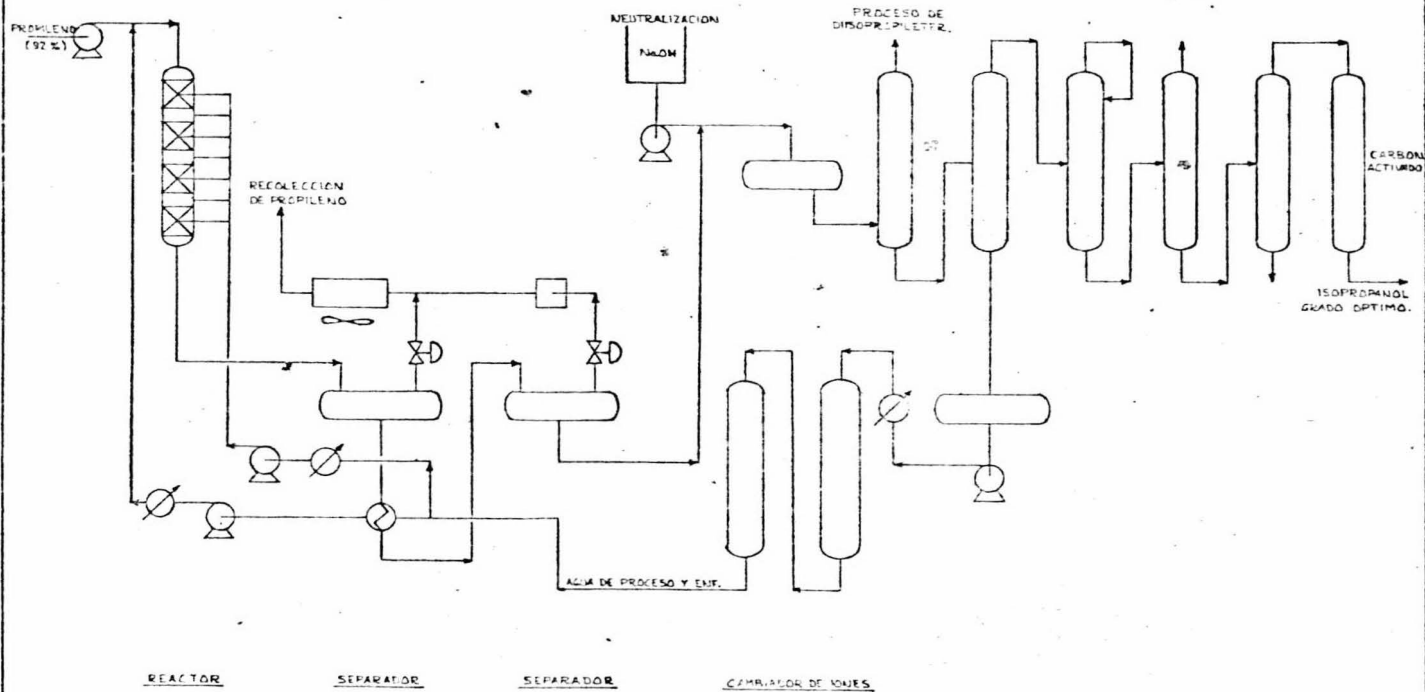


DIAGRAMA No. 4

TESIS PROFESIONAL
PROCESO DE DESTILACION
FACULTAD DE QUIMICA
13-AM-1975
MA. DE LA LUZ FLORES

I N D I C E .

CAP. I	: Introducción	5
CAP. II	: Detalles técnicos de isopropanol con propiedades	8
CAP. III	: Procesos existentes y descripción	10
CAP. IV	: Factores limitantes	18
CAP. V	: Innovaciones tecnológicas	24
CAP. VI	: Análisis del costo de producción y gráficas.	29
CAP. VII	: Economías de escala	42
CAP. VIII	: Evaluación de los procesos	49
CAP. IX	: Conclusiones y recomendaciones	51
CAP. X	: Bibliografía	54
CAP. XI	: Apéndice	57