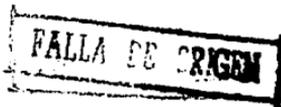


88 241



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA OBTENCION DE ACETALDEHIDO



EXAMENES PROFESIONALES FAC. DE QUIMICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A ;
PATRICIA RAMIREZ HERNANDEZ

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página
Prólogo	IX
CAPITULO 1	
1 Introducción	2
CAPITULO 2	
2 Generalidades	
2.1 Datos	8
2.2 Antecedentes históricos	8
2.3 Propiedades físicas	11
2.4 Propiedades químicas	13
2.5 Cinética del Acetaldehído	15
2.6 Usos	17
2.7 Seguridad en el manejo de Acetaldehído	21
2.8 Métodos de obtención	24
CAPITULO 3	
3 Estudio Técnico	
3.1 Bases de estudio	39
3.2 Análisis y selección preliminar de las alternativas	39
3.2.1 Selección de rutas económicamente rentables	39
3.2.2 Evaluación y selección de rutas químicas viables mediante un - análisis técnico	43
3.3 Método de obtención	50
3.3.1 Análisis de la reacción	52
3.4 Balance de materia y energía	52
3.5 Relación de equipo	55

CAPITULO 4

4 Estudio Económico	
4.1 Análisis de la demanda	57
4.1.1 Estudio del mercado	57
4.1.2 Proyección de la demanda	60
4.1.3 Capacidad de la planta	65
4.1.4 Localización de la planta	66
4.2 Análisis económico	73
4.2.1 Costos fijos	73
4.2.2 Costos variables	75
4.2.3 Flujo de inversión	77
4.2.4 Relación balance-costo	79
4.2.5 Punto de equilibrio	88
4.3 Resultados económicos	89

CAPITULO 5

5 Conclusiones y recomendaciones	93
--	----

CAPITULO 6

6 Bibliografía	
6.1 Libros	96
6.2 Revistas	98
6.3 Publicaciones	98
6.4 Referencias	99

CAPITULO 1

I N T R O D U C C I O N

CAPITULO 1

1. Introducción

La petroquímica ha tenido un acelerado crecimiento y ha adquirido una capital importancia dentro de la industria en el mundo entero, y actualmente se sigue con creciente interés el desarrollo de la misma en nuestro país.

Conjuntamente con el desarrollo de la petroquímica, la economía nacional ha encontrado nuevos campos de acción no solamente por la magnitud potencial de las inversiones, sino principalmente por la industrialización de nuevas regiones del país.

Es ampliamente conocida la necesidad que tiene la industria química en nuestro país de importar productos petroquímicos diversos que satisfagan los mercados nacionales, acarreado, por lo consiguiente, emigración del capital mexicano al extranjero.

La petroquímica es uno de los principales básicos para la industrialización. Todos los productos elaborados en esta industria, merecen una atención especial, ya que sus posibilidades de aprovechamiento tienen la característica de estar en continua evolución.

Dentro de la amplia gama de productos petroquímicos, se ha seleccionado para el presente estudio, el Acetaldehído, el cual es un producto de gran importancia industrial, ya que es materia prima básica para la elaboración de un sinnúmero de productos tales como: resinas, espejos, farmacéuticos, colorantes, tintes, desinfectantes, artículos fotográficos, perfumería, plásticos y otros compuestos orgánicos e inorgánicos.

El Acetaldehído es uno de los productos petroquímicos que se fabrica en México, sin embargo la producción actual no satisface la demanda del mercado nacional. En México actualmente el consumo de Acetaldehído es de 177,953 toneladas métricas anuales, cifra que rebasa en 33,953 toneladas la capacidad de -

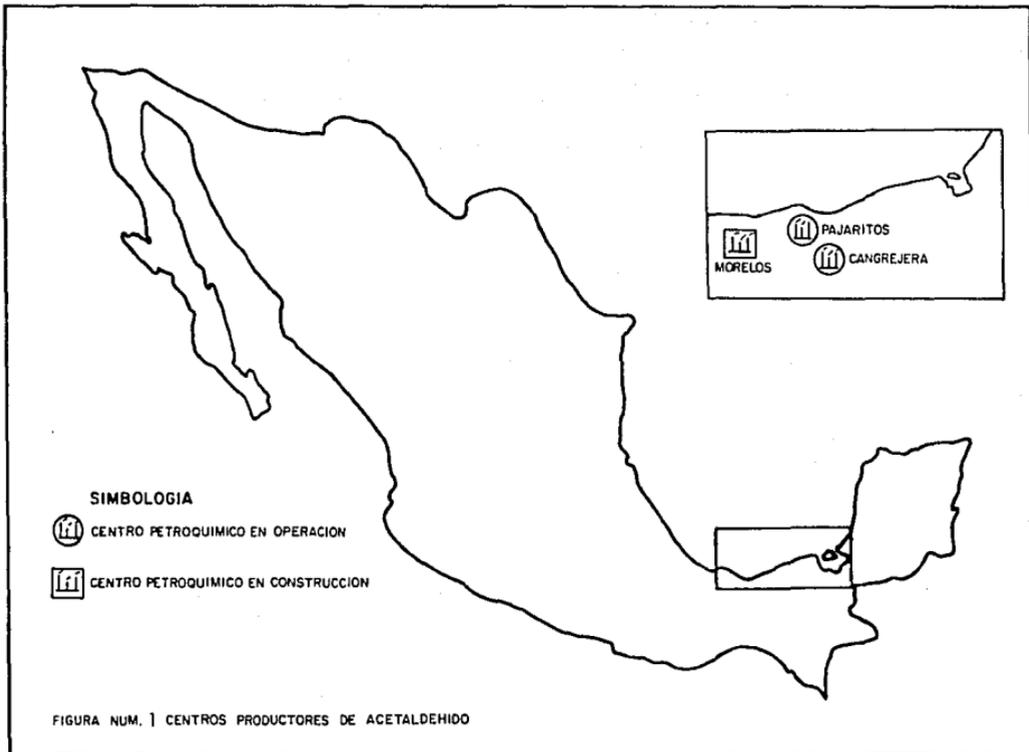
las plantas con que cuenta Petróleos Mexicanos, que son de 44,000 toneladas métricas anuales en Pajaritos, Ver., y la otra de 100,000 toneladas métricas anuales en Cangrejera, Ver.; la estructura de consumo es básicamente de un 41.36 % para la elaboración de ácido acético, de un 34.12 % para elaborar 2-etil-hexanol, y un 24.52 % para la elaboración de otros productos químicos.- Ver figuras núms. 1 y 2.

La siguiente tabla contiene los datos históricos del consumo de Acetaldehído en México, durante los últimos nueve años.

Año	Consumo Ton./año ¹	Año	Consumo Ton./año ¹
1980	105,721	1986	162,853
1981	128,138	1987	181,248
1982	161,951	1988	177,953
1983	195,152		
1984	216,625		
1985	214,263		

Como puede observarse a partir de 1982, las capacidades de las plantas existentes quedó rebasada, y las importaciones de este compuesto no han cesado. Con base en los datos anotados y el conocimiento de la situación presente del mercado, se ha formulado una proyección de la demanda futura de Acetaldehído para nuestro país (ver capítulo 4). A la luz de las cifras de esta proyección, se hace evidente la necesidad de instalar una nueva planta de Acetaldehído en México, que reúna las características de alta capacidad y eficiencia económica, con el objeto de poner a la disposición del mercado mexicano, una producción suficiente de este compuesto.

Sobre la base de que la disponibilidad de materia prima obtenida por Petróleos Mexicanos es suficiente.



Es por tanto objeto de este trabajo actualizar la viabilidad técnica y económica de fabricación del Acetaldehído en nuestro país, en función de una adecuada disponibilidad de recursos humanos y naturales.



Figura núm. 2. La estructura de consumo del Acetaldehído²

En el segundo capítulo se mencionan propiedades físicas y químicas, usos y manejo del Acetaldehído; así como los diferentes procesos industriales existentes.

En el tercer capítulo se efectúa el análisis y selección del proceso más adecuado de entre los existentes conforme a la tecnología más conveniente para México indicando sus factores más importantes así como un listado del equipo básico necesario.

En el cuarto capítulo se realiza un análisis y proyección de la demanda. Ya con estos datos se procede al análisis económico (costos fijos, variables, relación balance-costo, flujo de inversión, punto de equilibrio). Aquí también se tratará la capacidad y la localización de la planta.

En el quinto capítulo están las conclusiones y recomendaciones que se generan en el estudio.

Cabe señalar que este trabajo no implica en forma alguna un nuevo proceso de manufactura, sino que constituye un anteproyecto para una planta con capacidad suficiente que satisfaga la demanda del mercado actual y futuro no solo del país. La posibilidad de ampliar las plantas ya existentes aprovechando la infraestructura de transporte de materia prima y/o distribución de producto terminado, o también los servicios de apoyo, queda descartada en el capítulo

4, además se hace notar que Petróleos Mexicanos tiene ya los terrenos utilizados, por lo que no existe área para la ubicación de la planta de Acetaldehído de 150,000 Ton./año en los terrenos existentes. Si sólo se ampliaran las plantas existentes, el producto obtenido alcanzaría a cubrir solo el consumo nacional y dada la situación actual que atraviesa el país, resulta atractivo el considerar una fuente adicional generadora de divisas, lo que justifica la construcción de otra planta de Acetaldehído.

Con la actual política de industrialización del país y tomando en cuenta que el Acetaldehído es un producto que ya puede ser producido por la iniciativa privada, éste estudio cobra mayor importancia, ya que, aunque la inversión es alta, su rentabilidad es atractiva para inversiones privadas.

Consecuente con lo anterior, dejo a consideración del respetable colegio examinador la presente disertación.

CAPITULO 2

GENERALIDADES

CAPITULO 2

2 Generalidades

2.1 Datos

Fórmula	Nombre químico	Nombre común	Abreviatura
CH_3CHO	Acetaldehído	Acetaldehído	AcH
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	Etanal	Aldehído	MeCHO
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	Aldehído Acético Aldehído Etilico Hidruro de Acetilo		

Porcentaje de composición (% en peso) C = 54.53 %
H = 9.15 %
O = 36.32 %

Peso molecular = 44.053

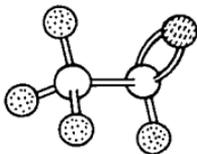
Esquema de la molécula del Acetaldehído ver figura núm. 3.

Cromatograma del Acetaldehído ver figura núm. 4.

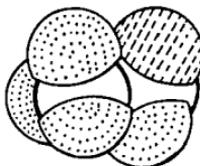
2.2 Antecedentes históricos

El Acetaldehído (Etanal), CH_3CHO , fue preparado por primera vez en 1774 por - Karl Wilhelm Scheele mediante acción del bióxido de manganeso y el ácido sulfúrico sobre etanol.

En 1800 Fourcroy y Vauquelin estudiaron este compuesto dándole dicho nombre.- La estructura del Acetaldehído fue establecida por J. Von Liebig en 1835 --- cuando preparaba un ejemplo de oxidación de alcohol etílico con ácido crómico. Liebig llamó al componente "aldehído" que quiere decir alcohol deshidrogenado. En 1881 Kutschevow observó la formación de Acetaldehído por la adición de agua con sales de mercurio a acetileno; en 1908 se solicitó la primera patente de obtención del Acetaldehído a partir de acetileno (A. Wonderlich) sin - que llegará a concretarse. N. Grünstein solicitó en 1910 una patente, que -- fue otorgada en 1912 con el número D.R.P. 250356. En el año 1912 introdujeron simultáneamente N. Grünstein y el Consorcio de la Industria Electroquímica de

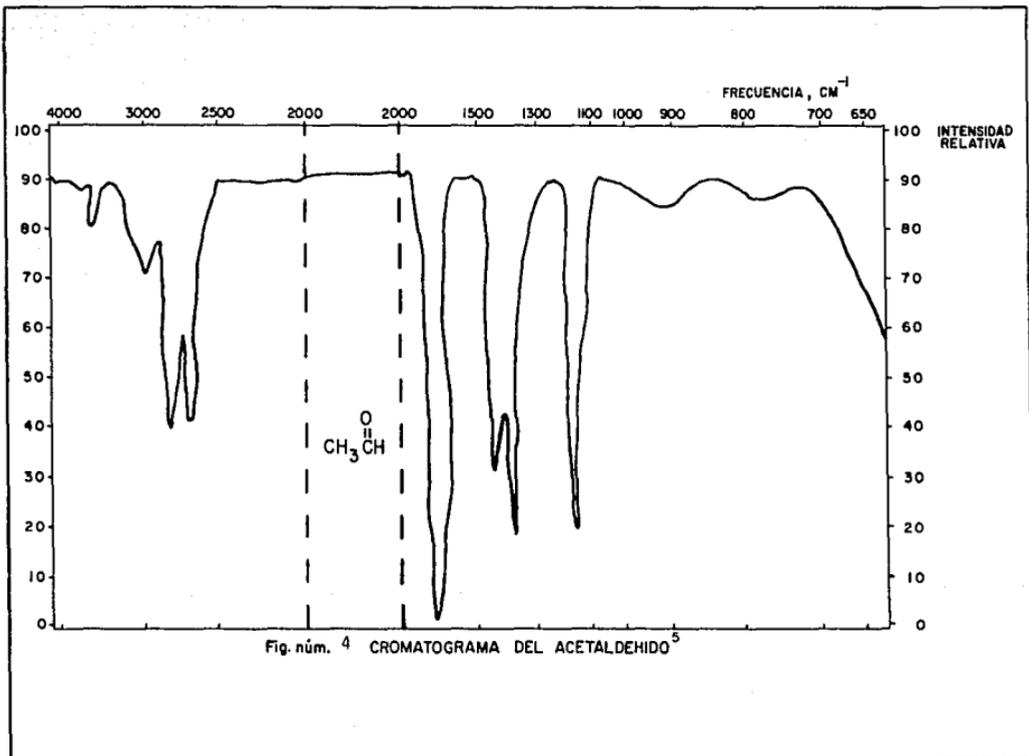


1 (a) Modelo molecular de Acetaldehído.³ En este modelo la distancia es exageradamente grande.



1 (b) Modelo de Acetaldehído.⁴ En el cual se mantiene -- una relación apropiada entre la dimensión del átomo y su distancia.

FIG. NUM. 3 ESQUEMA DE LA MOLECULA DEL ACETALDEHIDO



Nüremberg el método de trabajo en ciclo gaseoso con exceso de acetileno. En 1914 se otorgaron patentes a las Farbwerken Hoechst, antes Meister Lucius y - Brüning, para la obtención del **Acetaldehído** a partir del acetileno en presencia de mercurio elemental, ácido sulfúrico, sulfato férrico y agua. En este procedimiento, las combinaciones mercúricas, que permiten la formación del - aldehído, se presentan durante la misma reacción; en el curso de ésta también se regenera en parte el mercurio. En Shawinigan Falls, Quebec, Canadá, la -- producción en escala industrial comenzó en 1916. Desde 1917 la producción de **Acetaldehído** está relacionada con la demanda de acetato de celulosa y desde - 1925, también con las resinas vinílicas, cuya importancia ha ido en aumento. La oxidación directa de etileno a **Acetaldehído** por medio de catalizador cloruro cúprico - cloruro de paladio fué descubierta en 1956 en los laboratorios del Consorcio de la Industria Electroquímica GmbH. De 1957 a 1959 el Consorcio, Wacker y Hoechst A.G. colaboraron en el desarrollo del proceso comercial. Wacker enfocó su atención en el proceso de oxidación de dos etapas; en tanto que Hoechst trabajó en el proceso de una etapa utilizando oxígeno. Las primeras plantas en operación de este proceso se pusieron en operación en 1960.

2.3 Propiedades físicas

Estado Físico : Líquido a temperaturas ordinarias pero rápidamente volatiliza a 29.5°C.

Color : Incoloro

Olor : Penetrante (a frutas). Picante.

Miscibilidad : Agua, alcohol, éter, benceno, gasolina, tolueno, xileno, acetona, ácido acético, paraldehído.

Reactividad : Extremadamente reactivo. Puede oxidarse y reducirse fácilmente.

Corrosividad: En estado líquido no es corrosivo a los metales. Se oxida fácilmente, particularmente en el estado vapor, pasando a ácido acético. Es un producto intermediario normal en la respiración de plantas. Esto ocurre en todas las frutas maduras que tienen un sabor agrio (acré, áspero) antes de madurar. Es un -

intermediario en la descomposición de azúcares en el cuerpo y de aquí que existan trazas en la sangre.

Explosividad límite en el aire (1 atm) % vol. : 4 a 57

Tolerancia : 100 ppm en aire (180 mg/m³)

Punto de ebullición a 760 mm Hg , °C : 20.8

Punto de fusión , °C : - 123.5

Temperatura crítica , °C : 188.0

Temperatura de ignición en el aire (1 atm.) , °C : 185.0

Punto flash* , °C : - 37.7 copa cerrada
- 50.0 copa abierta

Densidad de vapor , g/ml : 0.0243

Presión de vapor a 20.2 °C , mm Hg : 760

Gravedad específica (18°/4°C) : 0.7834

Densidad a 0 °C , g/ml : 0.8045

Densidad a 11 °C , g/ml : 0.7901

Densidad a 15 °C , g/ml : 0.7846

Densidad a 20 °C , g/ml : 0.7780

Calor de evaporación a 21 °C / 760 mm Hg , Kcal/mol : 6.145

Calor específico a 0 °C , cal/g°K : 0.522 y a 25 °C , cal/g°K : 0.337

Índice de refracción η_D^{20} : 1.3316

Calor latente de fusión , Kcal/mol : 0.774

Calor de solución en agua a 0 °C , Kcal/mol : - 1.95
a 25 °C , Kcal/mol : - 1.63

Calor de combustión de líquido a P cte. , Kcal/mol : 2836.43

Calor de formación a 273 °K , Kcal/mol : - 39.55

Energía libre de formación a 273 °K , Kcal/mol : - 32.6

Tensión superficial a 20 °C , dina/cm : 21.2

$\kappa = C_p/C_v$ a 30 °C y 1 atm. : 1.145 donde $\kappa =$ Relación de calores específicos

Presión crítica , atm. : 63.2

Potencial de ionización , eV : 10.50
cal : 4.02×10^{-19}

Coefficiente de expansión por °C (0 - 30 °C) : 0.00169

Constante de disociación a 0 °C (K_a) , mol/l : 0.7×10^{-14}

Momento dipolo (μ) , Coulomb.metro ; 9.04×10^{-30}

Solubilidad en 100 partes	Agua	Alcohol	Eter
	∞	∞	∞

Energía de activación de la reacción de pirólisis , Kcal/mol : 408.8

Viscosidad absoluta a 15 °C , g/cm seg : 2.46×10^{-4}

Presiones de vapor del Acetaldehído

Presión, mm Hg	1	5	10	20	40	60	100	200	400
Temperatura, °C	-81.5	-65.1	-56.8	-47.8	-37.8	-31.4	-22.6	-10.0	+4.9

Tabla núm. 1

* Depende de la pureza

2.4 Propiedades químicas

El Acetaldehído se descompone a temperaturas arriba de los 400 °C, formando - principalmente metano y monóxido de carbono.

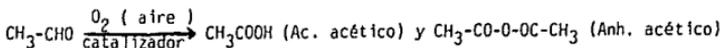


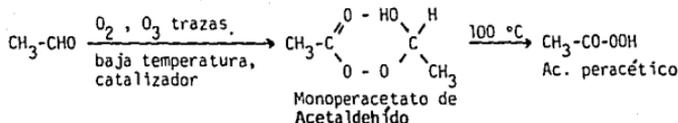
Un aldehído siempre tiene un punto de ebullición inferior al del alcohol del cual se deriva. El Acetaldehído por ejemplo hierve a 20.8 °C, mientras que el alcohol etílico lo hace a 78 °C.

El Acetaldehído puede ser producido a partir de metil vinil éter y etilidieno acetato.

Forma peróxidos explosivos.

Se oxida rápidamente con oxígeno o aire produciendo ácido acético, anhídrido acético y ácido peracético.



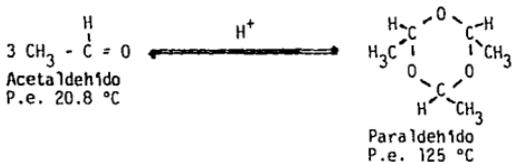


Se reduce a etanol

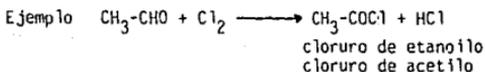


Reduce las soluciones amoniacales de AgNO_3 (Reactivo de Tollens), en las que el metal se deposita en forma de espejo, también reduce al licor de Fehling (tartrato cupro potásico), dejando un precipitado rojo (Cu_2O). Estas reacciones se emplean como reconocimiento.

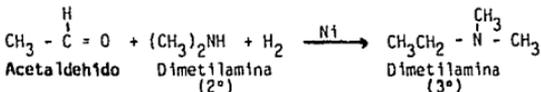
Puede ser fácilmente polimerizado para formar paraldehído y metaldehído y ser regenerado a paraldehído por calentamiento lento en presencia de ácidos minerales. A menudo, se genera Acetaldehído (p.e. 20.8°C) de su trímero de punto de ebullición más elevado calentándolo con ácido.



Se combina con halógenos para dar halogenuros de ácido



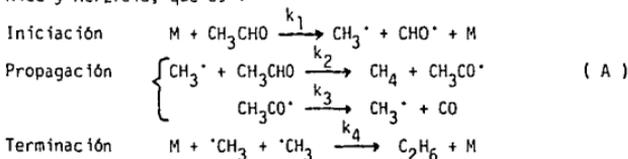
Con aminas da una aminación reductiva



Forma un gran número de productos condensados con alcoholes, cetonas, ácidos, anhídridos, fenoles y otros compuestos similares.

El orden de la reacción térmica respecto a la concentración es de tres medios. La energía de activación de la reacción es de 48 Kcal.

El mecanismo más probable de la reacción es el propuesto originalmente por Rice y Herzfeld, que es :



La influencia del óxido nítrico sobre esta reacción es algo compleja. A presiones más bajas de Acetaldehído la adición de pequeñas cantidades de óxido nítrico produce inhibición, pero a concentraciones más altas hay catálisis. - Se ha supuesto que el óxido nítrico sustrae átomos de hidrógeno del Acetaldehído y, por tanto, inicia la cadena, cooperando también a la terminación por reacción con los radicales. Si la hipótesis del estado estacionario es válida, la velocidad de reacción para el Acetaldehído es un estado intermedio y se podría escribir como :

$$d(\text{CH}_3\cdot)/dt = d(\text{CH}_3\text{CO}\cdot)/dt = 0 \quad (\text{B})$$

Se pueden escribir dos ecuaciones independientes para $(\text{CH}_3\cdot)$ y $(\text{CH}_3\text{CO}\cdot)$ de las ecuaciones (A) y (B)

$$0 = d(\text{CH}_3\cdot)/dt = k_1(\text{CH}_3\text{CHO}) - k_2(\text{CH}_3\cdot)(\text{CH}_3\text{CHO}) + k_3(\text{CH}_3\text{CO}\cdot) - k_4(\text{CH}_3\cdot)^2 \quad (\text{C})$$

$$0 = d(\text{CH}_3\text{CO}\cdot)/dt = k_2(\text{CH}_3\cdot)(\text{CH}_3\text{CHO}) - k_3(\text{CH}_3\text{CO}\cdot) \quad (\text{D})$$

De la ecuación (C) y (D) se obtiene

$$k_1(\text{CH}_3\text{CHO}) - k_2(\text{CH}_3\cdot)(\text{CH}_3\text{CHO}) + k_3(\text{CH}_3\text{CO}\cdot) - k_4(\text{CH}_3\cdot)^2 = k_2(\text{CH}_3\cdot)(\text{CH}_3\text{CHO}) - k_3(\text{CH}_3\text{CO}\cdot)$$

$$k_1(\text{CH}_3\text{CHO}) - k_4(\text{CH}_3\cdot)^2 = 0$$

$$k_1(\text{CH}_3\text{CHO}) = k_4(\text{CH}_3\cdot)^2$$

$$k_1/k_4(\text{CH}_3\text{CHO}) = (\text{CH}_3\cdot)^2$$

$$(\text{CH}_3\cdot) = (k_1/k_4)^{1/2} (\text{CH}_3\text{CHO})^{1/2} \quad (\text{E})$$

	<u>DERIVADO</u>	<u>USO</u>		
Acetaldehído	Acetaldo	1,3 Butilenglicol { Plastificantes Colorantes		
		Crotonaldehído { n-Butiraldehído { Alcohol n-butílico Acido butírico { Plastificante 2 Etil-Hexanol { Agente humectante y Antiespumante Solvente		
	Acido Acético	Anhídrido acético { Acido acetyl salicílico (aspirina) Acetato de vinilo	{ Síntesis orgánica Solventes Colorantes	
		Acido cloroacético { Etil acetato de cloro		
		Acetato de etilo Acetato de butilo Acetato de isopropilo	{ Solventes para perfumes Extracto de sabor	{ Plásticos Lacas Resinas sintéticas Goma natural
		Acetato de vinilo	Acetato de plivinilo	{ Alcohol poli- vinílico { Butiral Polivinilo Formal Polivinilo
			Resinas Cloruro acetato de polivinilo	{ Productos plásticos industriales Recubrimientos para superficies Vidrio de seguridad
	Pentaeritríto	{ Explosivos Lubricantes sintéticos Resinas moldeables Resina alquídicas		
	Acido Peracético	{ Textiles, Blanqueadores, Papel, Aceites, Polimerización catalítica, -- Bactericida para el proceso de alimentos (Fungicida), Precursores de -- resinas epóxicas, Oxidante en síntesis orgánicas.		
	Paraldehído	{ Acelerador y antioxidante de hule Tinte intermedio Solvente para grasas, resinas y derivados de celulosa		
Piridina	{ Recubrimientos alquídicos Espuma de uretano			
Cloral	{ Previene crecimiento de mohos en las pieles Manufactura D.D.T. Hidrato de cloral Linimento			

Figura núm. 5. Principales derivados del Acetaldehído

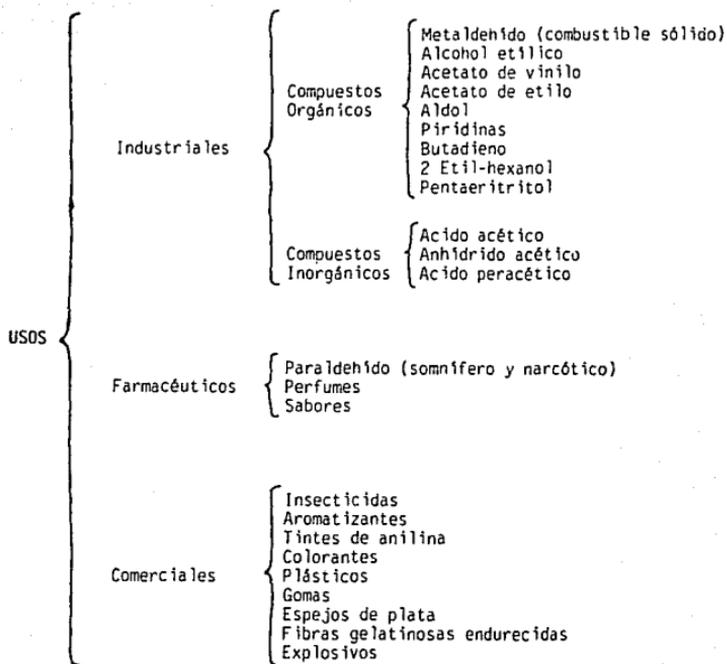
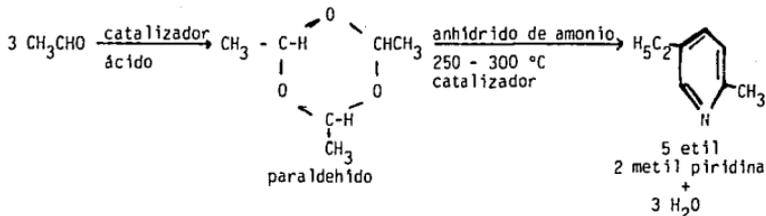
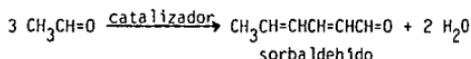
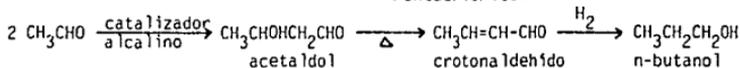
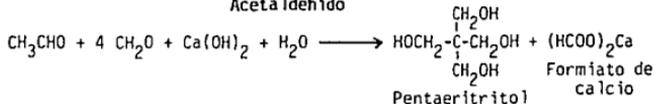
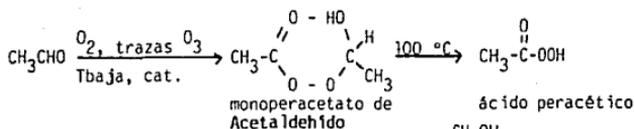


Figura núm. 6. Usos del Acetaldehído



El acetato de etilo, que en los Estados Unidos se elabora exclusivamente por esterificación, en el Canadá se produce con Acetaldehído.

En tiempos de escasez de alcohol etílico, en lugar de éste se ha usado una mezcla de cantidades equimoleculares de Acetaldehído y alcohol etílico para la producción catalítica de butadieno.

El alcohol polivinílico reacciona por adición con el Acetaldehído y forma acetal de polivinilo, resina que se usa en lacas y en composiciones para moldeado por presión o inyección. Se puede obtener resinas de propiedades especiales agregando diversas sustancias o resinas de fenol-Acetaldehído. La urea con Acetaldehído o con una mezcla de Acetaldehído y formaldehído forma resinas apropiadas para lacas.

El Acetaldehído reduce al nitrato de plata amoniacal a plata metálica, reac-

ción que se aplica al plateado de espejos.

El Acetaldehído sirve como desnaturalizante del alcohol etílico. También tiene aplicación como preservador de frutas y pescados, en combustibles para motores, para endurecer los productos de gelatina, cola, caseína y para la preparación de mohos en el cuero.

2.7 Seguridad en el manejo de Acetaldehído

Es tóxico, irrita las mucosas, tiene acción narcótica. Su acción persistente puede paralizar los músculos respiratorios originando la muerte.

Los síntomas de intoxicación crónica son parecidos a alcoholismo crónico.

Es altamente flamable*. Sus vapores son irritantes a las membranas mucosas y son especialmente dañinos a los ojos. Se oxida, reduce y polimeriza rápidamente, formando una gran variedad de compuestos de los cuales algunos de estos son dañinos. La elaboración del Acetaldehído debe hacerse en recipientes muy bien cerrados y aislados, debido a sus propiedades sumamente irritantes. Afecta principalmente a la piel y a las vías respiratorias debido a su solubilidad en agua, relativamente alta. Con una elevada concentración puede producir la muerte repentina por espasmo. Concentraciones más débiles producen tos, e inflamación de la nariz, garganta y ojos.

El Acetaldehído una sustancia química altamente reactiva, es irritante y depresora de todas las células. Los hallazgos patológicos en las muertes por envenamiento con Acetaldehído, son la irritación y el edema pulmonar.

Datos de toxicidad aguda o sensible:

LC₁₀ (Concentración letal baja para ratas) = 4,000 ppm para 4 hrs. inhalado

LD₅₀ (Dosis letal al 50% de una población específica: ratas) = 1.93 g/Kg inhalado

LD₅₀ (Dosis letal al 50% de una población específica: ratones) = 0.56 g/Kg

* Comparable con éter etílico (éter absoluto)

Compuesto	Animal	Vía	Dosis	Dosis mg/Kg Valor	Dosis mg/Kg Rango	Tiempo de muerte
Acetaldehído	Rana	subcutánea	Letal (LD)	800		
	Ratón	subcutánea	Letal a l 50%(LD ₅₀)	560		24 hrs.
	Rata	oral	Letal a l 50%(LD ₅₀)	1930	1620-2240	14 hrs.
	Rata	subcutánea	Letal a l 50%(LD ₅₀)	640		
	Rata	intraperi- tonal	Letal a l 100% -- (LD ₁₀₀)	500		10 min.
	Conejo	subcutánea	Letal (LD)	1200		24 hrs.
	Conejo	intraveno- sa	Letal (LD)	300		Instan- táneo
Compuesto	Animal	Dosis	Concentración (mg/l)	Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Tiempo de muerte
Acetaldehído	Rata	LC ₅₀	37		30 min.	
	Gato	LC	20	1112	continuo	1-2 hrs.

El paraldehído (forma sólida en que polimeriza el Acetaldehído) durante mucho tiempo se ha usado en medicina, como narcótico y soporífero, en esta forma - sus propiedades irritantes se reducen considerablemente y solo pude apreciarse el efecto narcótico. El paraldehído pude provocar envenenamiento crónico, - afectando al hígado y a los músculos cardíacos por degeneración grasosa, perturbaciones físicas e irritación y además afectando al sistema respiratorio. Entre las principales precauciones que se deben observar para el manejo del - **Acetaldehído** están:

- a) Todas las medidas empleadas para el manejo seguro de materiales altamente flamables que eviten fuentes de ignición, acumulación de concentraciones de vapores explosivos.
- b) Evitar respirar vapores. Usar máscara antigas.

- c) Tambores cerrados donde se guarda el Acetaldehído colocados en lugares -- abiertos evitando exposición directa al sol.
- d) Para transferir el producto se debe de usar presión de nitrógeno con una - válvula de reducción y una válvula de relieve para seguridad, ya que si se -- emplea presión atmosférica se obtienen mezclas explosivas y la posible forma- ción de peróxidos también altamente explosivos.
- e) Se debe tener cuidado con productos de caucho ya que se descomponen con el Acetaldehído.
- f) Se debe contar con un equipo de protección personal: Lentes de seguridad, casco, botas (de neopreno o de plástico), guantes; después de trabajar con es te equipo debe de dejarse ventilar para poder hacer uso otra vez de él. Se - tiene que hacer revisión periódica de este equipo.

El operador debe ir al médico periódicamente y contar con un botiquín.

En caso de contacto con excesivas cantidades de Acetaldehído:

Si fue contacto con la piel, toda el área afectada debe ser lavada con agua - durante 15 minutos. Si se respiraron vapores y la respiración se paraliza se debe de dar respiración artificial inmediatamente. Después se debe consultar un médico.

Debido a que el Acetaldehído esta clasificado como un "Líquido Flamable" debe cumplir las siguientes especificaciones de empaque.

- Envases de vidrio a presión, de un cuarto de litro máximo.
- Tambores de metal de 5, 10, 55 y 110 galones.
- Carros tanque.

Cada empaque debe llevar una etiqueta de identificación con los siguientes -- datos:

ACETALDEHIDO

Peligro : Extremadamente flamable.

Puede formar peróxidos abajo de la presión atmosférica.

Guardar de calor, chispas y flamas.

Guardar su contenido cerrado.

Usar con ventilación adecuada.

Evitar respirar vapores por tiempo prolongado.

Enfriar a menos de 20 °C antes de abrir.

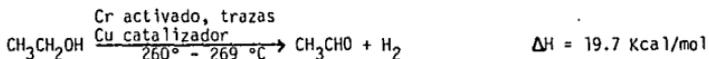
No transferir a presión atmosférica, y utilizando atmósfera inerte.

2.8 Métodos de obtención

El Acetaldehído se prepara industrialmente por los siguientes métodos:

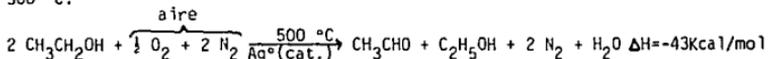
a) POR DESHIDROGENACION O POR OXIDACION PARCIAL DE ALCOHOL ETILICO.

a₁) En el período comprendido entre la primera y la segunda guerras mundiales - el Acetaldehído fue producido POR DESHIDROGENACION CATALITICA DE ALCOHOL ETILICO.



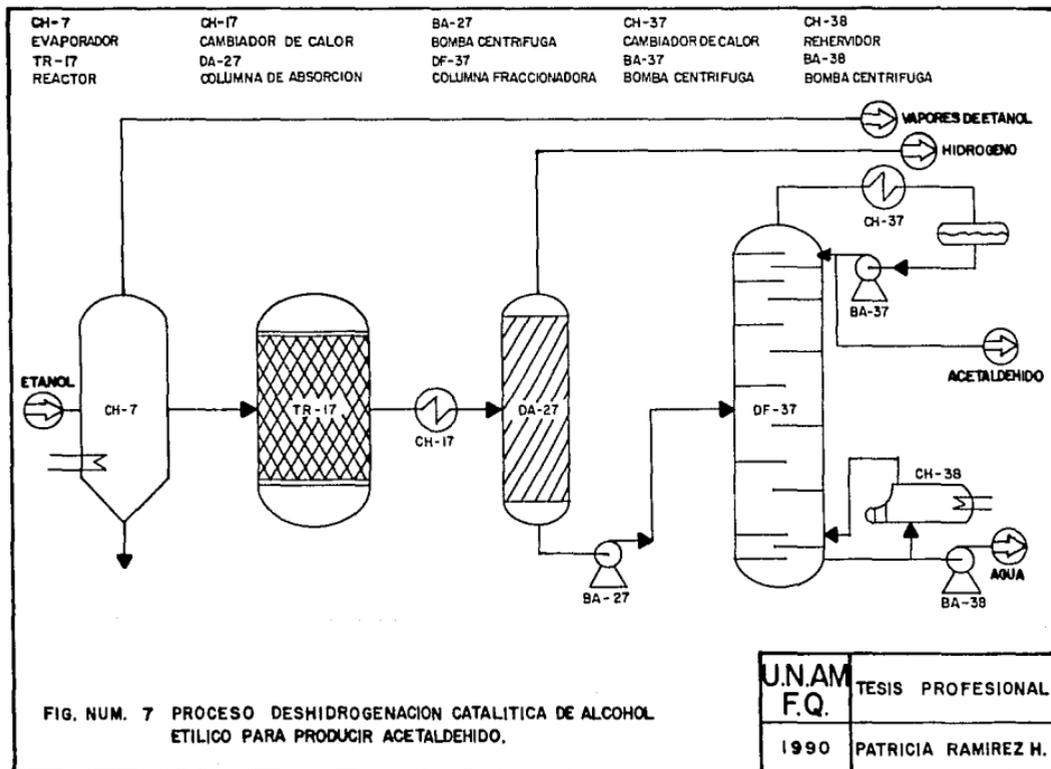
La conversión de alcohol a aldehído por este método es de 30 - 50%. Con una selectividad en Acetaldehído de 90%. Ver figura núm.7.

a₂) POR OXIDACION CATALITICA DE ALCOHOL ETILICO. La oxidación se efectúa por el paso de vapores de alcohol y aire precalentado con plata como catalizador a -- 500 °C.



La conversión de alcohol a aldehído aquí es del 25 - 45% y una selectividad de Acetaldehído de 85 - 90%. Ver figura núm.8.

En el laboratorio, cuando se gotea una solución de dicromato de sodio y ácido



CH-8
CAMBIADOR DE CALOR
BA-8
BOMBA CENTRIFUGA
CF-8
HORNO DE OXIDACION
DF-18
COLUMNA FRACCIONADORA

CH-18
CAMBIADOR DE CALOR
BA-18
BOMBA CENTRIFUGA
CH-19
REHERIDOR
BA-19
BOMBA CENTRIFUGA

DA-28
LAVADOR DE GASES
CH-28
CAMBIADOR DE CALOR
BA-29
BOMBA CENTRIFUGA
CH-29
CAMBIADOR DE CALOR

DF-38
COLUMNA FRACCIONADORA
CH-38
CAMBIADOR DE CALOR
BA-38
BOMBA CENTRIFUGA
CH-39
REHERIDOR
BA-39
BOMBA CENTRIFUGA
DF-48
COLUMNA FRACCIONADORA
CH-48
CAMBIADOR DE CALOR

BA-48
BOMBA CENTRIFUGA
CH-49
REHERIDOR
BA-49
BOMBA
BOMBA CENTRIFUGA

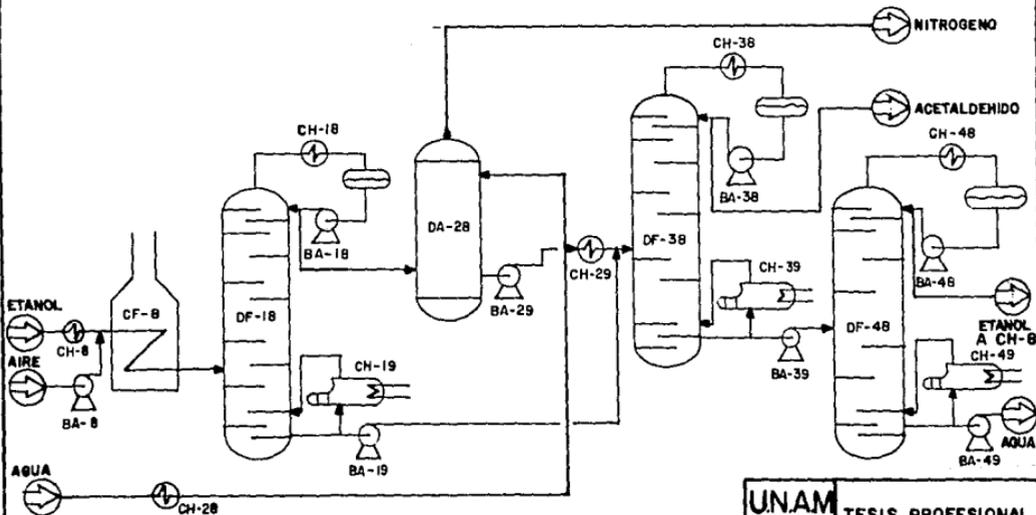


FIG. NUM. 8 PROCESO OXIDACION CATALITICA DE ALCOHOL ETILICO PARA PRODUCIR ACETALDEHIDO.

UNAM F.Q	TESIS PROFESIONAL
	1990 PATRICIA RAMIREZ H.

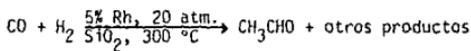
sulfúrico en etanol hirviente se forma Acetaldehído en un medio cuya temperatura es unos 60° superior a su punto de ebullición, por lo que se escapa de él - antes de que pueda sufrir una oxidación apreciable. La reacción se efectúa bajo una columna de destilación fraccionada, la cual permite que el aldehído escape, pero retorna el alcohol al matraz de reacción.

b) A PARTIR DE HIDROCARBUROS SATURADOS.

El Acetaldehído es formado como un coproducto en la fase vapor de la oxidación de hidrocarburos saturados, los cuales son butano o mezclas conteniendo butano con aire, y en el caso de grandes altitudes, oxígeno. La oxidación de butano - produce Acetaldehído, formaldehído, metanol, acetona y una mezcla de solventes como productos principales; otros aldehídos, alcoholes, cetonas, glicoles, acetales, epóxidos y ácidos orgánicos son formados en pequeñas concentraciones. - Utiliza temperatura de 425 - 460 °C y presión de 6.9 a 19.7 atm. Se tiene una conversión de 15 a 20%.

c) DE GAS DE SINTESIS.

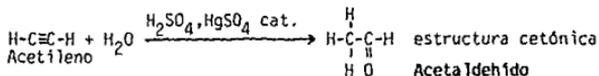
El proceso catalítico de rodio capaz de convertir gas de síntesis directamente a Acetaldehído en un solo paso fue reportado en 1974.

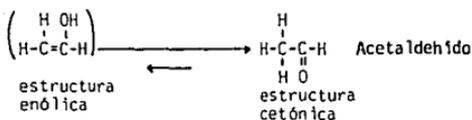


El proceso comprende el paso de gas de síntesis sobre 5% de rodio y SiO_2 a -- 300 °C y 20 atm. Los principales coproductos son Acetaldehído, 24%; ácido acético, 20%; y etanol, 16%.

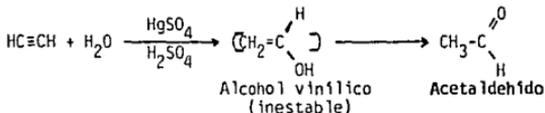
d) POR ADICION DE AGUA AL ACETILENO.

Se obtiene de acetileno con ácido sulfúrico y óxido de mercurio como catalizador.





Es sintetizado en una larga escala por hidrogenación catalítica de acetileno.



El Acetaldehído se ha producido comercialmente por la hidratación de acetileno desde 1916.

d₁) PROCESO ALEMÁN.

El Acetaldehído es fabricado usualmente por la hidratación de acetileno. Este proceso es realizado mediante los siguientes pasos.

- 1.- La hidratación de acetileno se realiza en un reactor o una torre de absorción en presencia de una solución ácida conteniendo catalizador, así como sal mercúrica, y dióxido de manganeso o sales ferrosas y férricas. Un gran exceso de acetileno gaseoso es usado para arrastrar el Acetaldehído producido junto con el vapor de agua. Este reactor puede ser una torre de absorción adaptada; es comúnmente una torre de inyección la que contiene solución catalítica (ión complejo mercúrico. $\text{Hg}-\text{H}_2\text{SO}_4$) y tiene un separador de espuma en el domo.
- 2.- El enfriamiento, condensación y absorción del Acetaldehído y el exceso de acetileno y vapor de agua se efectúan en un grupo de enfriadores y una torre de lavado.
- 3.- La solución débil de Acetaldehído y acetileno en agua enfriada es rectificada en un sistema de destilación fraccionada para dar un producto conteniendo 99% o más de Acetaldehído. Esto regularmente es transportado a la presión atmosférica; y todo o una mayor parte se suple por el vapor en la caldera del rectificador y es removido en el condensador, en la cabeza de la columna por agua -

refrigerada artificialmente o agua salobre. Sin embargo, algunas plantas tienen adaptada una rectificación a alta presión para hacer - la temperatura de condensación de Acetaldehído suficientemente alta así como el enfriamiento de agua de temperatura normal que puede ser usada.

4.- Los gases lavados son reciclados a la torre de hidratación, dejando el Acetaldehído principal recuperado en la torre de absorción. En algunas plantas - modernas aproximadamente el 20% de gas, el que contiene residuos de Acetaldehído es comprimido y lavado otra vez con agua, antes de reciclarse; en antiguas plantas esto era hecho a presión atmosférica con una temperatura baja de lavado. Muchas piezas interrelacionadas de equipos son ordinariamente usadas para este proceso simple descrito. Un diagrama de flujo de una planta típica es - mostrado en la figura núm. 9.

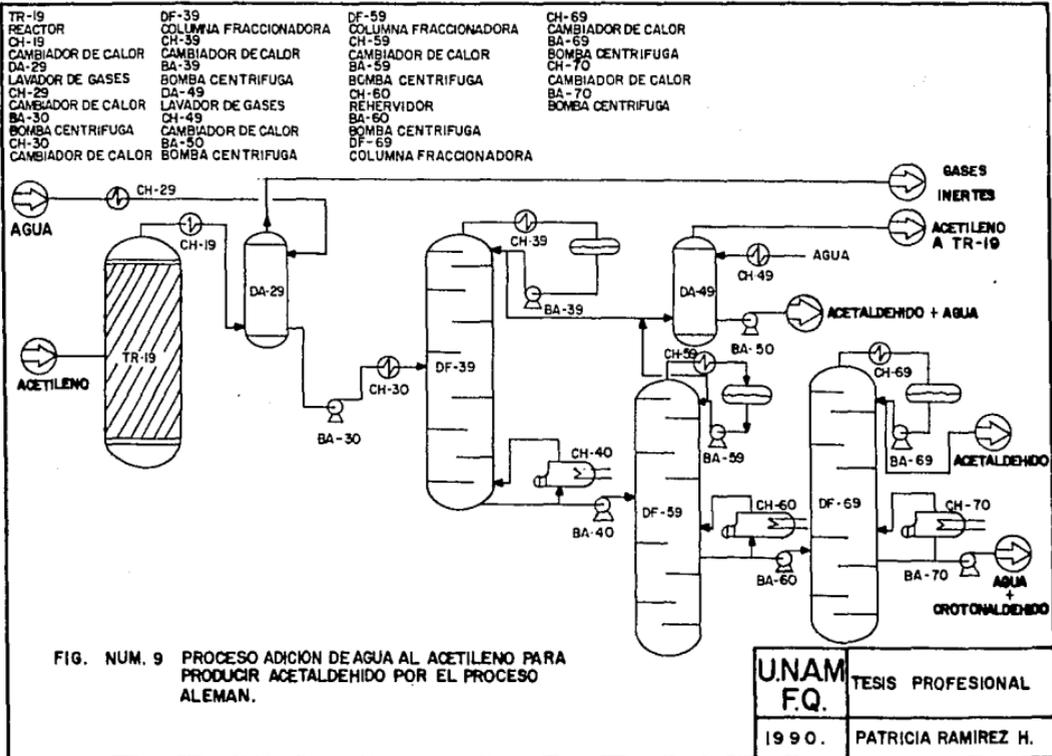
En este proceso, se hacen circular a través del reactor un gran exceso de acetileno, el cual opera a una temperatura fijada que debe ser más alta que la de seable. El calor de reacción de la hidratación del acetileno es eliminado por el enfriamiento en varias torres de enfriamiento y la torre de lavado. Se requiere una gran cantidad de calor adicional para calentar la columna de destilación y usualmente se requiere enfriamiento artificial para remover este --- calor en el domo.

La conversión de acetileno a Acetaldehído aquí es del 55%. Con una selectividad de Acetaldehído del 99 - 99.5%.

d₂) PROCESO CHISSO.

Una combinación de operaciones de presión y vacío hacen posible la reacción a temperaturas bajas y sin exceso de acetileno, logrando la separación de Acetaldehído sin el uso de calentamiento con vapor o refrigeración por condensación o absorción abajo de la temperatura usual de agua de enfriamiento.

Este método nuevo (Proceso Chisso) fue operado en unidades simples con capaci-



dad de 30 toneladas por día para Shin Chisso Hiryo K. K. La temperatura de destilación del Acetaldehído de la solución catalítica ($\text{Hg-H}_2\text{SO}_4$) se reduce; y - subsecuentemente los vapores incondensables son comprimidos a una presión lo suficientemente alta para permitir la condensación de Acetaldehído por agua de enfriamiento a temperatura normal. Un compresor es usado entre la destilación y la columna de rectificación que separa los vapores.

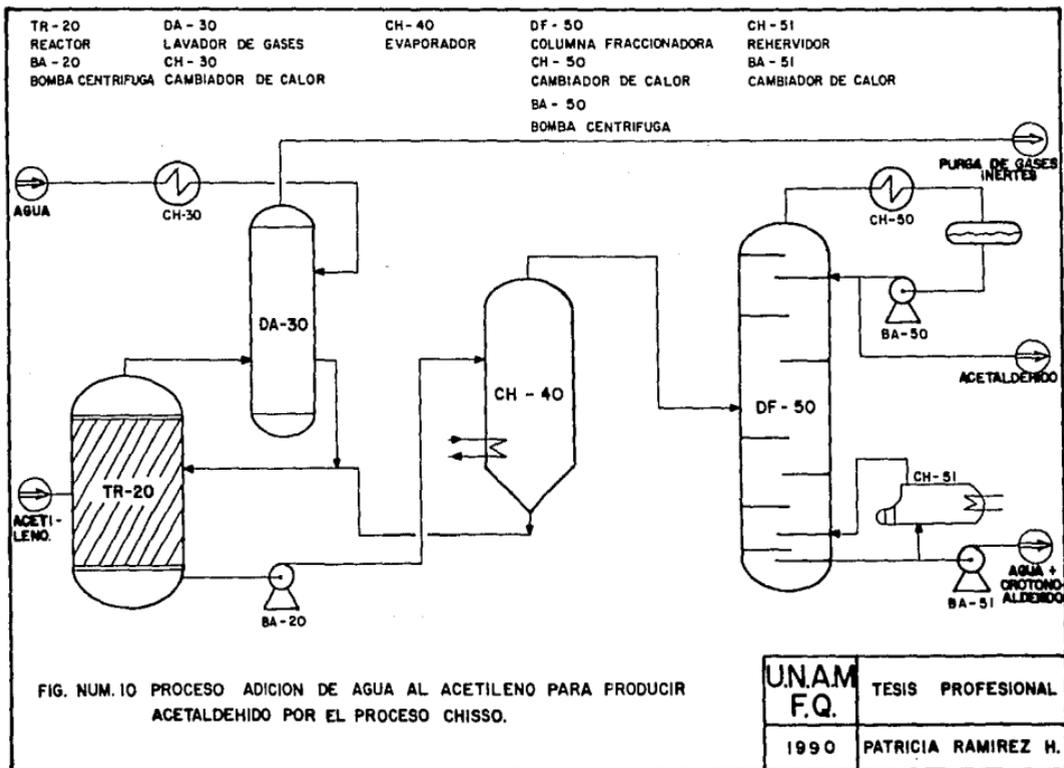
El equipo de la planta requerido para el proceso Chisso consiste de una torre de absorción o un reactor, una destilación al vacío, un condensador parcial - para el agua en los vapores que estan saliendo del reactor, un compresor operando normalmente a presión subatmosférica en el lado de la succión y una presión arriba de la atmosférica en el lado de la entrega, y una rectificación o columna de destilación fraccionada. Ver figura núm. 10 .

El acetileno es cargado al reactor, donde la reacción química es llevada a cabo a 68 - 73 °C y a una presión de 1.4 atm. La carga de acetileno es hidratada completamente con agua en una operación simple. Un lavador de gas de acetileno es sobrepuesto en el reactor. Hay un orificio para purgar los gases que no reaccionan los cuales son nitrógeno u otro gas fijo. En la cabeza del lavador de gas se introduce el catalizador el cual es una sal mercuríca y dióxido de manganeso o sulfato ferroso con solución ácida fresca.

La solución ácida conteniendo el catalizador se llama "líquido madre" el cual es pasado a una destilación al vacío. Los componentes de este líquido cambian con variaciones en las condiciones de operación pero usualmente son de 20 a - 25% H_2SO_4 , 1.5 a 2% Acetaldehído, 0.15 a 0.2% Hg° y 2 a 4% Fe° .

La operación de destilación con vacío opera a temperatura más baja que la --- temperatura de hidratación de el reactor.

La presión de operación y la composición de vapor son cambiados con las condiciones de el líquido madre, y la presión es de casi 0.3 atm., los vapores so-



bre calentados contienen casi 70% de Acetaldehído en peso. La destilación de - vacío no tiene fuente externa de calor y probablemente respecto a esto es un - cuanto simple la vaporización donde los líquidos madres calientes (los cuales contienen Acetaldehído) son vaporizados a presión baja. El Acetaldehído es vaporizado por conversión de calor sensible a calor latente de el vapor de agua y Acetaldehído.

Los líquidos madres, pierden el 60% del total de Acetaldehído contenido, pasando al domo del reactor a una temperatura casi 5 °C que existe en el reactor.

La mezcla de vapores de la destilación al vacío contiene agua parcialmente condensada en una torre de condensación parcial con un condensador de reflujo, - hasta que la temperatura de vapor es bajada casi 35 °C. El Acetaldehído contenido en el vapor es incrementado a 86% de su peso. Esta condensación fraccionada es una evidente rectificación de el calor latente de el agua, sin embargo - no hay rehervidor en el fondo de la torre. El ácido acético y otros productos de alto punto de ebullición son sacados por el fondo de la torre y se pierde - aquí 1% de Acetaldehído. Este desague incluye una considerable cantidad de mercurio metálico el cual es reducido y este se vuelve a usar. Los vapores saliendo del domo de la torre de condensación son comprimidos por un turbocompresor arriba de 2.5 atm. A esta presión el punto de condensación del Acetaldehído puro es de 43 °C. Estos vapores son cargados en una columna de rectificación final. Una pequeña cantidad de crotonaldehído y agua son sacados por la parte inferior de esta columna. Al final del enfriador sobrecalentado del rectificador se encuentra el Acetaldehído puro.

Todos los desfuegos son conectados a la succión a través de una junta hermética o un aparato similar, los gases de desperdicio son purgados a través del - reactor y desfogados en el domo del lavador de gas.

La conversión de acetileno a Acetaldehído es del 75%. Con una selectividad de

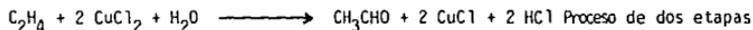
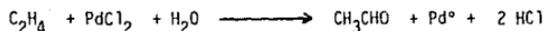
Acetaldehído del 99 - 99.5%.

e) A PARTIR DE ETILENO.

La oxidación directa de etileno a Acetaldehído por medio de un catalizador -- (cloruro de paladio y cloruro cúprico) fue descubierta en 1956 en los laboratorios del Consorcio de la Industria Electroquímica GmbH.

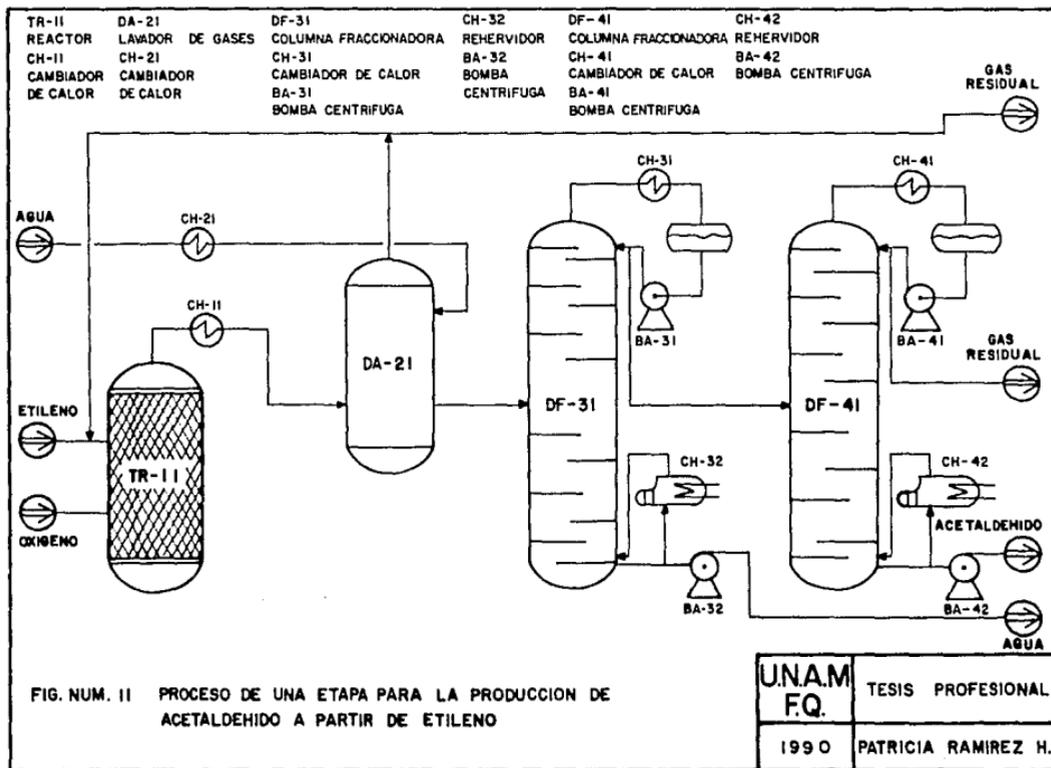
Wacker enfocó su atención en el proceso de dos etapas, mientras tanto Hoechst trabajó en el proceso de una etapa usando oxígeno.

La reacción involucrada en estos procesos es la siguiente:



e₁) PROCESO DE UNA ETAPA

El etileno y el oxígeno son cargados separadamente por el fondo del reactor - que contiene solución catalítica (PdCl₂-CuCl₂). Ver figura núm.11. La reacción se lleva a cabo a 130 °C y 3 atm. Los productos de la reacción que son vapores, son evaporados con agua y el etileno y oxígeno que no reaccionaron son separados de la solución catalítica por un eliminador de niebla. El Acetaldehído es apartado de los gases que no reaccionaron por medio de un enfriador y lavador de gases con agua. El gas que queda es reciclado al reactor después de que el etileno consumido fue reemplazado. Pequeñas cantidades de gas reciclado son - eliminadas para prevenir la acumulación de gases contaminantes. Una corriente del catalizador es tratada con oxígeno y calentada a 170 °C para descomponer subproductos. El Acetaldehído crudo acuoso es separado del lavador de gases me diante una columna la cual es operada como destilación extractiva con agua. El Acetaldehído es separado del agua y purificado por una etapa de destilación -

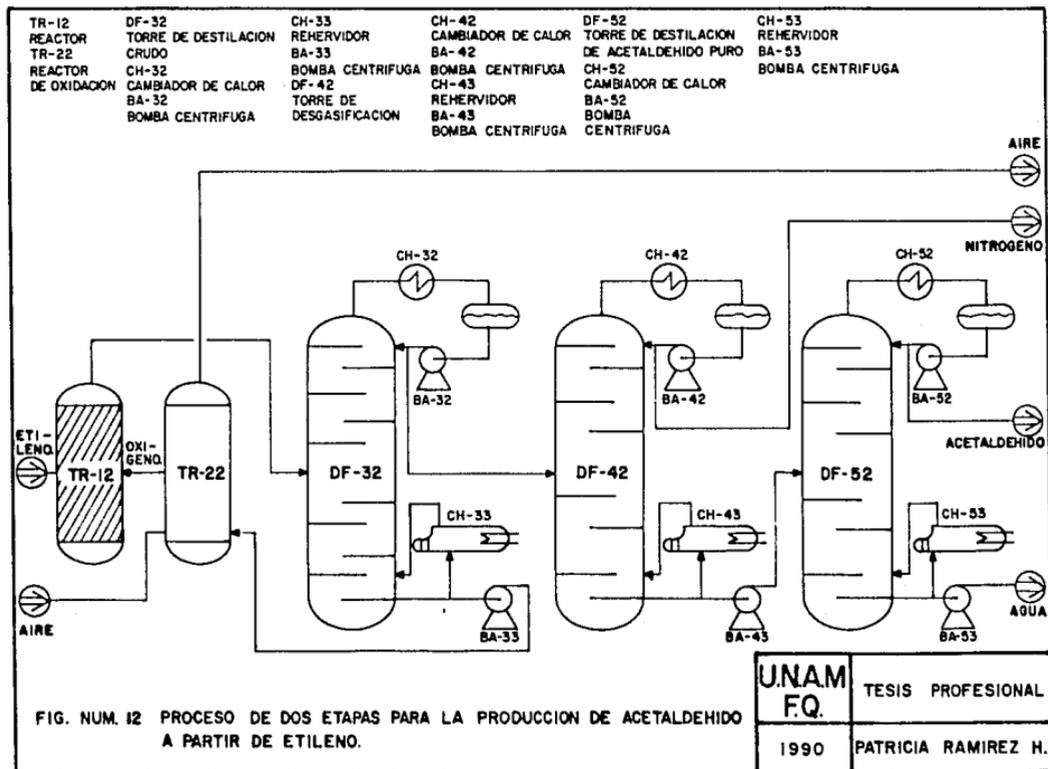


adicional. Los subproductos con alto punto de ebullición son retirados parcialmente por un lado de la corriente y el Acetaldehído sale por el fondo.

Existe una conversión del 90% de etileno a Acetaldehído. Con una selectividad de Acetaldehído del 99 - 99.9%.

e₂) PROCESO DE DOS ETAPAS.

El etileno es cargado a un reactor tubular y se hace reaccionar con una solución catalítica acuosa que contiene cloruro de paladio y cloruro cúprico, a una presión entre 8 y 9 atm. Ver figura núm.12. La solución es entonces evaporada en una torre a presión atmosférica donde, dos de las reacciones exotérmicas, Acetaldehído y agua son evaporadas. La solución catalítica, conteniendo - cloruro cuproso equivalente a la cantidad formada de Acetaldehído, es transferida dentro de un reactor para poderla reoxidar con aire a una presión de 10 - atm. Después de la separación del gas saliente, la solución catalítica es rápidamente usada en la nueva reacción con etileno. El gas saliente contiene más - del 99% de N₂ y puede ser usado como un gas inerte. Una pequeña corriente de - catalizador oxidado es calentada a 160 °C y se descompone en subproductos. La mezcla de vapores de Acetaldehído-agua se introduce en una torre de evaporación y es destilado el 60 - 90% de Acetaldehído crudo. Después el Acetaldehído es purificado por una destilación final, obteniéndose una conversión de 90% de etileno a Acetaldehído, con una selectividad del 99 - 99.9% de Acetaldehído.



CAPITULO 3

E S T U D I O T E C N I C O

CAPITULO 3

3 Estudio Técnico

3.1 Bases de estudio

El Acetaldehído fue elegido para este trabajo por las razones siguientes:

- 1.- Tiene mucha importancia para el país, el poder delinear un proyecto que permita producirlo y evitar importaciones que representan una fuga de divisas.
- 2.- Por su uso como intermediario para la elaboración industrial del ácido acético y anhídrido acético por oxidación y su utilidad comparándola con productos que tienen las mismas aplicaciones pero que resultan de inferior calidad. Es decir resultan productos más caros y con mayor dificultad en su obtención.
- 3.- Por la abundancia de materias primas con que cuenta el país para su elaboración.
- 4.- Porque las características específicas del Acetaldehído, han demostrado a través de los años, que no existen sustitutos capaces que puedan desplazarlo en sus diferentes usos.

3.2 Análisis y selección preliminar de las alternativas

En este apartado se muestra, el análisis de las alternativas posibles para fundamentar la selección de la más adecuada.

Se enfocará el planteamiento de la interacción que ocurre entre la selección de la ruta de reacción, la cual encierra tipo y cantidad de materiales (Química), y los problemas técnico económicos de procesamiento industrial de los materiales manejados con el fin de obtener el producto deseado (Ingeniería Química).

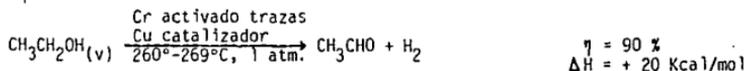
De esta manera podrán eliminarse algunas rutas químicas no convenientes por medio de un análisis económico preliminar y posteriormente por medio de un análisis técnico también preliminar.

3.2.1 Selección de rutas económicamente rentables

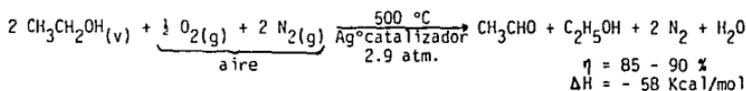
A. Rutas Químicas Posibles

Por medio de una revisión de la literatura técnica se dan las siguientes rutas:

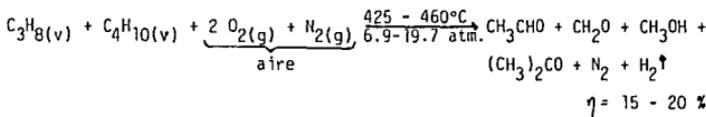
a₁) Por deshidrogenación catalítica de alcohol etílico



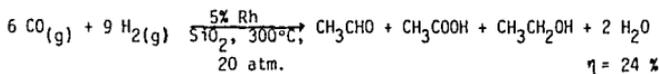
a₂) Por oxidación catalítica de alcohol etílico



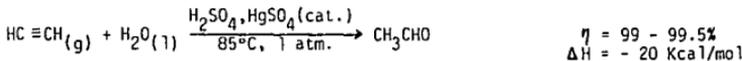
b) A partir de hidrocarburos saturados



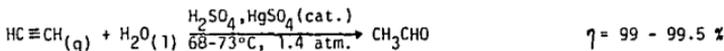
c) De gas de síntesis



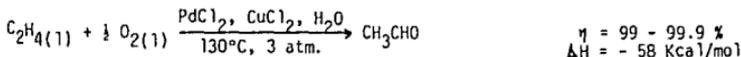
d₁) Proceso Alemán (por adición de agua al acetileno)



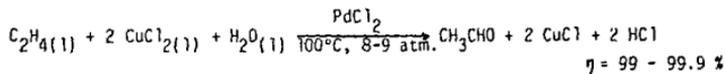
d₂) Proceso Chisso (Por adición de agua al acetileno)



e₁) Proceso de una etapa (A partir de etileno)



e₂) Proceso de dos etapas (A partir de etileno)



B. Análisis Económico Preliminar (Descriminación de rutas no rentables)

a) Costo de materias primas y productos (Precios proporcionados por Petróleos Mexicanos y diferentes proveedores. L.A.B. en planta)

\$/Kg (Julio/89)

Alcohol etílico	224
Aire	—
Oxígeno	23
Butano	74
Propano	74
Monóxido de carbono	4
Hidrógeno	80
Acetileno	249
Etileno	349
Acetaldehído	701
Formaldehído	169
Alcohol metílico	192
Acetona	490
Acido acético	706
Nitrógeno	1350

b) Estequiometría

P.M.	Kg mol		\$		
	Kg mol A.	Kg mol A.	Kg A.	Kg. A.	
Alcohol etílico	46	1.1	50.6/44	1.15	258
		2.2	101.2/44	2.3	515
Oxígeno	32	0.5	16.0/44	0.36	8
		10.0	320.0/44	7.3	168

	P.M.	$\frac{\text{Kg mol}}{\text{Kg mol A.}}$	$\frac{\text{Kg}}{\text{Kg mol A.}}$	$\frac{\text{Kg}}{\text{Kg A.}}$	$\frac{\text{\$}}{\text{Kg A.}}$
Propano	44	5.0	220.0/44	5.0	370
Butano	58	5.0	290.0/44	6.6	488
Monóxido de carbono	28	25.0	700.0/44	15.9	64
Hidrógeno	2	37.5	75.0/44	1.7	136
Acetileno	26	1.01	26.26/44	0.6	149
Etileno	28	1.001	28.028/44	0.64	223
Acetaldehído (A.)	44	1.0	44.0/44	1.0	701

c) Utilidad bruta y criterio de Peters

La utilidad bruta representa la diferencia del valor de venta de producto(s) menos el costo de reactivo(s) por unidad de producto.

$$U.B. = \frac{\text{Precio de venta de productos} - \text{costo de reactivos}}{\text{Kg producto principal}}, (\$/\text{Kg producto})$$

Por otra parte la relación (R) del costo de los reactivos por unidad de producto entre el costo de los productos, representa otro criterio de selección de rutas químicas, cuyo valor debe estar entre el rango de 0.1 y 0.5. Este - valor es preliminar y no toma en cuenta costos de purificación, almacenamiento, materia prima, producto, gastos de administración, distribución, etc. Teniendo esto en cuenta y aplicando estas definiciones a las diferentes rutas químicas, tenemos los siguientes resultados:

Ruta	a_1	a_2	b	c	d_1	d_2
Precio de venta de productos, $\$/\text{Kg A.}$	781	2982	701	701	701	701
Costo de reactivos, $\$/\text{Kg A.}$	258	515	858	200	149	149
Utilidad bruta, $\$/\text{Kg A.}$	+523	+2467	-157	+501	+552	+552
R	0.33	0.17	1.22	0.28	0.21	0.21
Ruta	e_1	e_2				
Precio de venta de productos, $\$/\text{Kg A.}$	701	701				
Costo de reactivos, $\$/\text{Kg A.}$	231	223				

Ruta	e_1	e_2
Utilidad bruta, \$/Kg A.	+470	+478
R	0.33	0.32

Hay que hacer notar que una ruta no sólo se elimina cuando el estudio de su utilidad da un resultado negativo, sino también cuando se encuentra muy por abajo técnica y económicamente con respecto a las demás.

Por lo tanto no se eliminará ninguna ruta química hasta tener el análisis técnico, ya que este análisis económico, sólo es comparativo.

3.2.2 Evaluación y selección de rutas químicas viables mediante un análisis técnico

Es conveniente tratar de eliminar el mayor número de rutas químicas, ya que se reduce considerablemente la dimensión del problema a medida que se logra este objetivo.

El análisis técnico de rutas químicas es un buen medio para esta eliminación, sin embargo, hay que tener mucho cuidado al efectuarlo, ya que si se procede en forma errónea, se puede eliminar la ruta que llevaría al diagrama óptimo.

Propiedades de los Reactivos

Estas son indispensables para poder evaluar la seguridad y contaminación; así como el manejo de las materias primas.

Reactivo	Fórmula	P.f.(°C)	P.e.(°C)	d°(g/l)	Observaciones
Alcohol etílico	C_2H_5OH	-114.1	78.5	0.789*	Líquido flamable, absorbe agua rápidamente del aire. LD# ₅₀ ratas = 13.7 g/Kg, soluble en agua.
Oxígeno	O_2	-218.4	-182.96	1.429	Un volumen de gas se disuelve en 32 volúmenes de agua a 20°C, evitar fumar, flamas o chispas eléctricas ya que es explosivo.

LD₅₀ = Dosis letal al 50 % de una población específica: ratas.

Reactivo	Fórmula	P.f.(°C)	P.e.(°C)	d°(g/l)	Observaciones
Nitrógeno	N_2	-210.01	-195.79	2.25046	75.5% en peso de aire ó 78.06% en volumen. - Cien volúmenes de agua absorben 1.6 volúmenes de nitrógeno a 20°C. - En altas concentraciones es asfixiante.
Butano	C_4H_{10}	—	-0.50	2.046	Un volumen de agua disuelve 0.15 volúmenes de butano. Narcótico en altas concentraciones. Asfixiante.
Propano	C_3H_8	—	-187.7	—	Explosividad límite -- 2.37-9.5% volumen. -- Cien volúmenes de agua disuelven 6.5 volúmenes de propano. Narcótico en altas concentraciones.
Monóxido de carbono	CO	-205.0	-191.5	0.968	Altamente venenoso. -- Muy flamable. 2.3ml/-- 100 ml de agua a 20°C. Se combina con la hemoglobina de la sangre. Dolor de cabeza, náusea, vómito, colapso, muerte.
Hidrógeno	H_2	-259.2	-252.77	0.069	Es explosivo cuando se combina con el aire, oxígeno, cloro. Soluble en 50 volúmenes de agua a 0°C.
Acetileno	C_2H_2	-81	—	0.90	Tóxico cuando es inhalado. La mezcla con -- aire es explosiva. Un volumen de acetileno se disuelve en un volumen de agua. Es asfixiante 20% concentrado puede causar disnea, dolor de cabeza; 40% o más puede causar colapso. LC ratas 900,000ppm en aire.
Etileno	C_2H_4	-169.4	-102.4	0.978	Flamable. Un volumen -

Reactivo	Fórmula	P.f.(°C)	P.e.(°C)	d°(g/l)	Observaciones
					de etileno gas se disuelve en 4 volúmenes de agua a 0 °C. Explosividad límite (% vol. en aire), baja 3.02 al ta 34. LC ratones --- 950,000 ppm en aire. - Asfixiante.
Cloruro cúprico	CuCl ₂	630	---	3.39**	Soluble en agua. Irritante a la piel y a las membranas mucosas.
Cromo	Cr	1900	2642	7.14	El ácido crómico y sales de cromo constituyen riesgos industriales.
Cobre	Cu	1083	2595	8.94	
Plata	Ag	960.5	2000	10.49***	Una prolongada inhalación de plata causa una decoloración de la piel.
Rodio	Rh	1966	---	---	
Dióxido de silicio	SiO ₂	---	---	2.65	Prolongada inhalación puede causar fibrosis.
Agua	H ₂ O	0	100	0.917	
Acido sulfúrico	H ₂ SO ₄	---	290	1.84	El contacto con la piel produce serias quemaduras. Contacto con los ojos causa ceguera. La ingestión puede causar la muerte.
Sulfato de mercurio	HgSO ₄	---	---	6.47	Veneno.
Cloruro de paladio	PdCl ₂	670-680	---	---	LD _{conejos} 18.6 mg/Kg intravenosa.

* d₂₀** d₄²⁵*** d¹⁵

C. Análisis Técnico

Factores disponibles	<u>Rutas Químicas</u>							
	a ₁	a ₂	b	c	d ₁	d ₂	e ₁	e ₂
Rendimiento	9	9	2	2.4	9.9	9.9	10	10
Número de reacciones	1	1	1	1	2	2	1	2
Solvente	0	0	0	0	1	1	1	1
Seguridad y contaminación	5	5	5	10	7	7	4	4
Presión	0.5	1.5	6	10	0.5	1	1.5	4
Temperatura	5	10	9	6	2	1	3	2
Fase	gas	gas	gas	gas	gas	gas	líq.	líq.
Catalizador	2	1	0	2	1	1	2	1

Factores disponibles	Criterio	Importancia relativa
Rendimiento	a mayor → mejor	0 - 10
Número de reacciones	a menor → mejor	0 - 2
Solvente	si no hay → mejor	0 - 1
Seguridad y contaminación	a menor → mejor	0 - 10
Presión	a menor → mejor	0 - 10
Temperatura	a menor → mejor	0 - 10
Fase	líquido mejor que gas y que sólido	
Catalizador	si no hay → mejor	0 - 2

Conjuntando estos datos con los arrojados por el análisis económico se obtiene:

Ruta	Utilidad bruta, \$/Kg A.	R	Análisis Técnico [#]
a ₁	523	0.33	3
a ₂	2,467	0.17	2
b	-157	1.22	3
c	501	0.28	1

Ruta	Utilidad bruta, \$/Kg A.	R	Análisis Técnico [#]
d ₁	552	0.21	1
d ₂	552	0.21	1
e ₁	470	0.33	4
e ₂	478	0.32	4

Importancia relativa (0 - 4) a mayor → mejor

De aquí se puede observar que son rentables y técnicamente aceptables las rutas a₁, e₁ y e₂. A continuación se hará un desglose de las ventajas y desventajas de las alternativas a seleccionar.

a₁) Proceso a partir de alcohol etílico por deshidrogenación.

El proceso de deshidrogenación es particularmente atractivo cuando está combinado con otras operaciones que requieren hidrógeno, ya que el hidrógeno formado en la deshidrogenación es de una pureza aceptable. El hidrógeno producido, contiene muy pequeñas cantidades de metano y bióxido de carbono pero, generalmente tiene la pureza adecuada para usarse en otros procesos.

En el proceso de deshidrogenación pequeñas cantidades de subproductos tales como ácido acético, acetato de etilo, alcohol butílico, se producen, pero la mayor parte de etanol es convertida a Acetaldehído; los productos son condensados excepto el hidrógeno que se separa como gas, y luego la mezcla de agua y materiales orgánicos es separada por destilación para producir Acetaldehído de alta pureza y recobrar el etanol no usado, el cual se recircula.

El catalizador requiere activación periódica pero tiene una vida normal de cinco años.

e₁) y e₂) Procesos de una etapa (oxígeno) y dos etapas (aire) a partir de etileno.

Existen dos variantes del proceso de producción de Acetaldehído por oxidación directa del etileno, una es la oxidación con oxígeno y otra usando aire.

El proceso más conveniente depende de las condiciones locales de la planta, - tanto de costo de oxígeno, pureza de etileno y la posibilidad de utilización de nitrógeno de la planta de dos etapas.

Para analizar las ventajas y desventajas de estos procesos, se presentan a - continuación las tablas núms. 2 y 3.

Materias primas	Una Etapa	Dos Etapas
Etileno 99.8% vol., Kg	670	—
Etileno 95.0% vol., Kg	—	670
Oxígeno 99.5% vol., Nm ³	275	—
Aire, Nm ³	—	1,600
Acido clorhídrico (100%) usado como 30% de solución acuosa, Kg	4	15
Catalizador: PdCl ₂ , g	0.9	0.9
CuCl ₂ + 2 H ₂ O, g	150	150
Servicios Auxiliares		
Agua de enfriamiento (25°C), m ³	200	220
Agua de enfriamiento (12°C), m ³	—	12
Agua de proceso, m ³	6	—
Agua desmineralizada, m ³	1.5	—
Vapor, Kg	1,200	1,200
Energía eléctrica, KWh	50	300 ^{&}
Crédito de nitrógeno, Nm ³	—	900

Tabla núm. 2. Consumo por tonelada métrica de Acetaldehído⁶.

Personal 3 - 4 operadores por turno, 1 supervisor

& Incluye compresión de aire.

Otro criterio para la selección de alternativas, consiste en la evaluación de la experiencia con que se cuenta en otros países, en la construcción y opera-

ción de plantas similares. Ver tabla núm. 4.

	Proceso deshidrogenación (de etanol)	Proceso una etapa (a partir de etileno)	Proceso dos etapas (a partir de etileno)
Etanol	220	---	---
Etileno	---	149	149
Oxígeno	---	21	---
Serv. Aux.	32	16	21
Mano de obra y gastos adicionales	16	32	32
Capital	<u>37</u>	<u>86</u>	<u>102</u>
Subtotal	305	304	304
Crédito de H ₂	-11	---	---
Crédito de H ₂	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>-70</u>
Total	294	304	234

Tabla núm. 3. Costos de producción de Acetaldehído⁷, \$/Kg

País	Número de Plantas	Proceso
Alemania	7	dos etapas (aire a partir de etileno) una etapa (oxígeno a partir de etileno)
Australia	1	
Canadá	1	una etapa
España	1	
Estados Unidos	4	deshidrogenación (de etanol), dos etapas
Francia	1	dos etapas
Inglaterra	1	dos etapas
Italia	1	dos etapas
Japón	11	dos etapas, una etapa
México	2	dos etapas, una etapa
Suiza	1	una etapa
Venezuela	1	dos etapas

Tabla núm. 4. Países productores de Acetaldehído.

De los resultados de los análisis anteriores y como conclusión, el proceso -- más adecuado para las necesidades del país, es el proceso de dos etapas (a -- partir de etileno), además de que tiene ventajas adicionales como son conocimiento, experiencia y posibilidad de integración y ampliación de la planta -- existente. Por lo cual será el proceso que básicamente se estudiará en el capítulo posterior.

3.3 Método de obtención

El proceso para la obtención de Acetaldehído comprende los siguientes pasos:

- I.- Sección de síntesis; a) sección de reacción; b) sección de regeneración.
- II.- Producción de Acetaldehído; a) sección de Acetaldehído crudo; b) sección de purificación.

La sección de síntesis que es donde se realiza la oxidación del etileno con - aire atmosférico, se efectúa en dos serpentines, uno de reacción y el otro de regeneración u oxidación en donde el cloruro cuproso del catalizador que se - ha reducido en el serpentín de reacción es oxidado a cloruro cúprico. En esta sección en donde se produce el aire residual que se ventea a la atmósfera y - lleva un mínimo de 96 % de N_2 y aproximadamente un 3 % de Acetaldehído y que se va absorber con agua en una columna empacada.

Este aire residual que se obtiene en la sección de síntesis, después de haber sido absorbido el Acetaldehído en la columna absorbidora mediante agua, estará compuesto únicamente por nitrógeno húmedo el cual después de un secado pre- vio se utilizará como gas de protección en el complejo petroquímico para satisfacer las necesidades en los campos de seguridad industrial, en la prevención de incendios, manejo seguro de productos y en la eliminación de riesgos por explosión.

La sección de producción de Acetaldehído puro consta de las siguientes fases: separación del catalizador de Acetaldehído crudo por evaporación instantánea

de la corriente que viene del serpentín de reacción, y de la purificación de este Acetaldehído crudo.

La eliminación del catalizador de la corriente que viene de la sección de sín tesis se logra en una torre de vaporización instantánea, por el fondo de esta torre se obtiene el catalizador agotado el cual se manda a la sección de regeneración y por el domo sale el Acetaldehído crudo que pasa a la sección de purificación.

En esta sección el Acetaldehído crudo entra a una torre de destilación en la que se eliminan los componentes ligeros (cloruro de metilo y etilo) y por último de esta pasan a la torre de destilación final, columna en la que se obtiene por la parte del domo, el Acetaldehído puro.

El equipo más importante de la planta es el reactor, en cuya operación está basado el buen funcionamiento de la planta, ya que si la reacción se lleva a cabo dentro de las condiciones de operación más favorables, las reacciones secundarias serán mínimas y la conversión a Acetaldehído aumentará considerablemente, con lo que disminuirán los problemas de operación de las demás secciones de la planta, ya que los demás tratamientos son de separación y purificación.

El catalizador se esta regenerando continuamente, el ácido clorhídrico es comúnmente consumido debido a la formación de subproductos clorados durante la reacción, la concentración de iones-cloro se compensa en la solución catalítica por un continuo suministro de ácido clorhídrico a una parte de la corriente catalítica.

El oxalato de cobre formado por reacciones laterales en la solución del catalizador se descompone térmicamente y en forma continua en la sección de regeneración del catalizador a una temperatura aproximada de 160 °C, dicha descomposición esta favorecida por la relativa alta concentración de ácido clor-

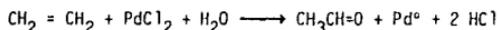
hídrico.

En vista de las propiedades corrosivas de la solución catalítica, las bombas de reciclaje, así como todas las partes de la planta que están en contacto con dicha solución, particularmente cuando está caliente, son hechos de titanio, mientras que los tanques grandes y equipo operado bajo presión son hechos de acero con un forro interior hermético de titanio. Todas aquellas partes de la planta, las cuales pueden quedar en contacto con solución catalítica caliente o fría son protegidas con forro de hule o ladrillo según su aplicación.

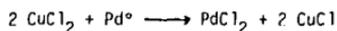
El plan de trabajo está basado en un tiempo anual estimado de 7920 horas de operación para la producción de 150,000 toneladas de Acetaldehído/año.

3.3.1 Análisis de la reacción

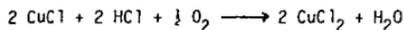
La oxidación de etileno para formar Acetaldehído se consigue empleando un catalizador con el etileno en presencia de agua formando Acetaldehído, ácido clorhídrico y paladio elemental de acuerdo a la siguiente reacción:



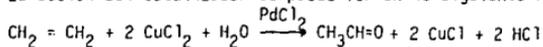
El paladio elemental reacciona con el cloruro cúprico para formar cloruro de paladio y cloruro cuproso como se ve a continuación:



En la regeneración del catalizador se puede resumir de acuerdo a la siguiente reacción:



La acción del catalizador se puede ver en la siguiente reacción:



3.4 Balance de materia y energía

Con el fin de determinar los consumos de materias primas, energía y combustibles, así como obtener los datos necesarios para efectuar la evaluación económica, se pretende efectuar los balances de materia y energía para calcular --

los equipos y poder estimar los costos de los mismos. Para esto se considerarán datos obtenidos en la práctica en plantas similares, además de los proporcionados por las compañías a los cuales se debe el desarrollo de este proceso.

De los datos obtenidos en el capítulo cuatro (Estudio económico, capacidad de la planta), la capacidad determinada para la planta es de 150,000 toneladas - nominales al año.

La cantidad de etileno alimentado, considerando que para la producción de una tonelada de Acetaldehído se requieren 670 Kg de etileno en las siguientes condiciones: 9 atmósferas, con un mínimo de pureza de 99.8% vol, es la siguiente: 150,000 Ton. Acetaldehído/año x 0.67 Ton. etileno/Ton. Acetaldehído = 100,500 Ton. etileno/año

De donde la cantidad de etileno por hora será la siguiente tomando en cuenta que la planta trabajará 3 turnos de 8 horas cada uno x 330 días al año
 $100,500 \text{ Ton. etileno/año} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs.}} = 12.68 \text{ Ton. etileno/hr.}$

Para la producción de una tonelada de Acetaldehído, los requerimientos de -- aire son de 1,600 Nm³ normales, a una presión de 1 atm. Por lo tanto la cantidad de aire total para un año de producción es igual a:

$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 1,600 \text{ Nm}^3/\text{Ton. A.} = 2.4 \times 10^8 \text{ Nm}^3/\text{año} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs.}} = 30,303 \text{ Nm}^3/\text{hr.}$$

Agua de enfriamiento para obtener una tonelada de producto (a 25 °C)

$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 220 \text{ m}^3/\text{Ton. A.} = 33,000,000 \text{ m}^3/\text{año} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs.}} = 4,166.7 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Agua de enfriamiento (a 12 °C)

$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 12 \text{ m}^3/\text{Ton. A.} = 1,800,000 \text{ m}^3/\text{año} \times \frac{1 \text{ año}}{330 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs.}} = 227.3 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Las concentraciones óptimas del catalizador son:



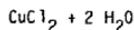
$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 9.918 \times 10^{-7} \text{ Ton. PdCl}_2/\text{Ton. A.} = 0.14877 \text{ Ton. PdCl}_2/\text{año}$$

$$\times 1 \text{ año}/330 \text{ días} \times 1 \text{ día}/24 \text{ hrs.} = 1.878 \times 10^{-5} \text{ Ton. PdCl}_2/\text{hr.}$$

HCl

$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 0.0165 \text{ Ton. HCl}/\text{Ton. A.} = 2,475 \text{ Ton. HCl}/\text{año} \times 1 \text{ año}/$$

$$330 \text{ días} \times 1 \text{ día}/24 \text{ hrs.} = 0.3125 \text{ Ton. HCl}/\text{hr.}$$



$$150,000 \text{ Ton. A./año} \times 1.653 \times 10^{-4} \text{ Ton. CuCl}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}/\text{Ton. A.} = 24.795 \text{ Ton. --}$$

$$\text{CuCl}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}/\text{año} \times 1 \text{ año}/330 \text{ días} \times 1 \text{ día}/24 \text{ hrs.} = 3.13 \times 10^{-3} \text{ Ton. CuCl}_2$$

$$+ 2 \text{ H}_2\text{O}$$

Consumo de energía eléctrica y combustible por unidad de producto

Los datos que se darán a continuación fueron obtenidos de una planta similar en U.S.A.

Vapor de agua 1,200 Kg./Ton. Acetaldehído

Energía eléctrica 300 Kilowatts hora/Ton. Acetaldehído

Subproductos que se obtendrán. La reacción es bastante eficiente pero sin -- embargo se llegan a obtener varios subproductos en pequeñas porciones tales -- como:

Acido acético, ácido oxálico, cloruro de metilo, cloruro de etilo, cloroformo, bióxido de carbono, oxalatos de cobre y monocloroacetaldehído que es uno de -- los más importantes subproductos.

A. = Acetaldehído

3.5 Relación de equipo

A continuación se da un listado del equipo básico necesario para la operación de la planta de Acetaldehído.

Equipo	Clave	Material	Capacidad
Reactor	TR-12	Titanio y acero inox. la camisa	3.7 m ϕ x 18 m
Reactor de oxidación	TR-22	Titanio	3.7 m ϕ x 18 m
Torre de destilación crudo	DF-32	Acero in- oxidable	1.7 m ϕ x 10.5 m
Torre de desgasificación	DF-42	Acero in- oxidable	10.6 m ϕ x 46.5 m
Torre de destilación -- Acetaldehído puro	DF-52	Acero in- oxidable	2.3 m ϕ x 48.4 m
Cambiador de calor	CH-32	Tubos de ti- tanio y cora- za de acero inoxidable	8'918,960 cal/hr
Cambiador de calor	CH-42	Idem	1'410,607 cal/hr
Cambiador de calor	CH-52	Idem	4'121,104 cal/hr
Bomba centrífuga	BA-32	Acero in- oxidable	12 m ³ /hr
Bomba centrífuga	BA-33	Idem	36 m ³ /hr
Bomba centrífuga	BA-42	Idem	2 m ³ /hr
Bomba centrífuga	BA-43	Idem	30 m ³ /hr
Bomba centrífuga	BA-52	Idem	10 m ³ /hr
Bomba centrífuga	BA-53	Idem	23 m ³ /hr
Rehervidor	CH-33	Titanio	7'901,605 cal/hr
Rehervidor	CH-43	Idem	1'349,823 cal/hr
Rehervidor	CH-53	Idem	4'971,948 cal/hr

CAPITULO 4

ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO 4

4 Estudio Económico

4.1 Análisis de la demanda

Uno de los más importantes factores en el desarrollo del anteproyecto de una planta, es sin duda alguna el análisis del mercado del producto que se va a elaborar, ya que es indispensable conocer la demanda para fijar la capacidad de la planta que se proyecta. Muchas veces se encontrará con que un producto no tiene demanda en el mercado nacional, ni existe la posibilidad de crear un mercado para él; en tal caso, será inútil el continuar adelante con el estudio, ya que no existen posibilidades de venta del producto, o en todo caso, la demanda será demasiado pequeña.

4.1.1 Estudio del mercado

Para iniciar el estudio del mercado, se debe contar con una buena serie de datos estadísticos que nos permitan conocer la demanda que existe actualmente del producto, la evolución que ha demostrado a través de un cierto periodo de tiempo, las fluctuaciones en el precio, la función demanda, y finalmente la proyección de la demanda. La conjunción de estos elementos y su conocimiento, determinará la medida de los objetivos y metas que se persiguen, mismos que a su vez, definirán los criterios para obtener la capacidad de la planta, el cálculo de la inversión necesaria, el costo de operación de la planta en su primer año de actividades y necesariamente la localización de la planta.

El estudio del mercado para un proyecto como éste, es de tipo especial, ya que no se pretende conocer mercado con el objeto de entrar en competencia, ya que PEMEX es el único que fabrica este producto, sino el objetivo será sustituir importaciones y en un plazo dado exportarlo.

La primera etapa de este estudio, se basa en una serie de investigaciones para la recopilación de datos, crítica de los antecedentes tomando en cuenta las

importaciones y demandas del país de los diferentes consumidores y otros estudios, con estos datos, y realizando una extrapolación se proyectará la demanda. Durante las investigaciones, se presentaron una serie de obstáculos para la -- obtención de datos reales. En Petróleos Mexicanos y la Secretaría de Programación y Presupuesto, se proporcionaron datos generales de épocas fijas y un poco vagos, por tanto no muy confiables.

Las empresas consumidoras son:

- Corímex, S.A.
- Celanese Mexicana
- Egon Meyer
- Givaudan de México, S.A.
- Haarmann and Reimer de México, S.A. de C.V.
- Halocarburos, S.A.
- H. Konhstamm de México, S.A. de C.V.
- Petróleos Mexicanos
- Proveedor Científico, S.A.
- Química del Noreste, S.A.
- Solventes y Productos Químicos, S.A.
- Técnica Química, S.A.

Dichas empresas importan el Acetaldehído fundamentalmente de:

- Estados Unidos de Norteamérica
- Republica Federal Alemana
- Suíza
- Japón
- Italia

De acuerdo con la información, de las importaciones y producción del país del Acetaldehído se obtiene el consumo nacional.

Los datos obtenidos y clasificados según la importación y producción nacional en los últimos catorce años, se expone en el siguiente cuadro.

Consumo Nacional de Acetaldehído⁸

Años	Producción Nacional (Ton.)	Importación (Ton.)	Consumo Nacional (Ton.)
1975	31,763	9,154	40,917
1976	46,565	4,113	50,678
1977	44,283	13,906	58,189
1978	45,301	16,695	61,996
1979	48,763	10,225	58,988
1980	47,562	58,159	105,721
1981	122,247	5,891	128,138
1982	149,055	12,896	161,951
1983	152,914	42,238	195,152
1984	146,754	69,871	216,625
1985	144,653	69,610	214,263
1986	136,489	26,364	162,853
1987	157,614	23,634	181,248
1988	156,380	21,573	177,953

Consumo Nacional de Acetaldehído⁹

Años	Producción Nacional (Millones de pesos)	Importación (Millones de pesos)	Consumo Nacional (Millones de pesos)
1975	205	---	205
1976	271	---	271
1977	367	121	488
1978	403	169	572
1979	397	112	509
1980	889	1,739	2,628

Consumo Nacional de Acetaldehído
(Continuación)

Años	Producción Nacional (Millones de pesos)	Importación (Millones de pesos)	Consumo Nacional (Millones de pesos)
1981	1,135	207	1,342
1982	2,163	456	2,619
1983	5,558	2,615	8,173
1984	9,498	6,703	16,201
1985	16,141	15,135	31,276
1986	23,335	14,474	37,809
1987	48,628	14,180	62,808
1988	86,582	13,159	99,741

4.1.2 Proyección de la demanda

Con los valores anteriores y usando un método de regresión lineal, se hizo - la proyección de la demanda, usando una calculadora TI-55.

Para obtener la curva de ajuste o de tendencia del sistema, se requiere asignarle a las variables dependientes, que en este caso son el consumo de -- Acetaldehído, tanto en cantidad como en valor de pesos, el valor Y y a nuestra variable independiente, el tiempo, el valor X.

Con la curva de regresión o de tendencia, se puede calcular tanto la predicción en base a ventas de Acetaldehído, como en base a producción de Acetal-- hído, para cualquier año.

X	Y	Y"
0	40,917	205
1	50,678	271
2	58,189	488
3	61,996	572
4	58,988	509

X	(Continuación)	
	Y	Y''
5	105,721	2,628
6	128,138	1,342
7	161,951	2,619
8	195,152	8,173
9	216,625	16,201
10	214,263	31,276
11	162,853	37,809
12	181,248	62,808
13	177,953	99,741

Donde: Y = Consumo Nacional de Acetaldehído (Ton.)

Y'' = Consumo Nacional de Acetaldehído (Millones de pesos)

X = Número de años

Con estos datos en la calculadora X en X²Y y Y ó Y'' en X² arroja los siguientes resultados:

m = 13,881 (pendiente) con una correlación = 0.888
 b = 39,393 (intersección)

m'' = 5,778 (pendiente) con una correlación = 0.808
 b'' = -18,655 (intersección)

Como podrá observarse los valores de Y y de Y'' cambiaron para poder hacer una recta y por extrapolación se sacaron las Y y Y'' de los años 1989-1998 quedando:

X	Y'	Y'''
0	39,393	-18,655
1	53,274	-12,877
2	67,155	-7,099

X	Y'	Y'''
3	81,036	- 1,321
4	94,917	4,458
5	108,798	10,236
6	122,679	16,014
7	136,560	21,792
8	150,441	27,570
9	164,322	33,348
10	178,203	39,126
11	192,084	44,905
12	205,965	50,683
13	219,846	56,461
14	233,727	62,239
15	247,608	68,017
16	261,489	73,795
17	275,370	79,574
18	289,251	85,352
19	303,132	91,130
20	317,013	96,908
21	330,894	102,686
22	344,776	108,464
23	358,657	114,243

Ver figuras núms. 13 y 14.

Proyección de la demanda de Acetaldehído de 1989 - 1998

Años	Consumo Nacional de Acetaldehído esperado en (Ton.) y	(Millones de pesos)
1989	233,727	62,239

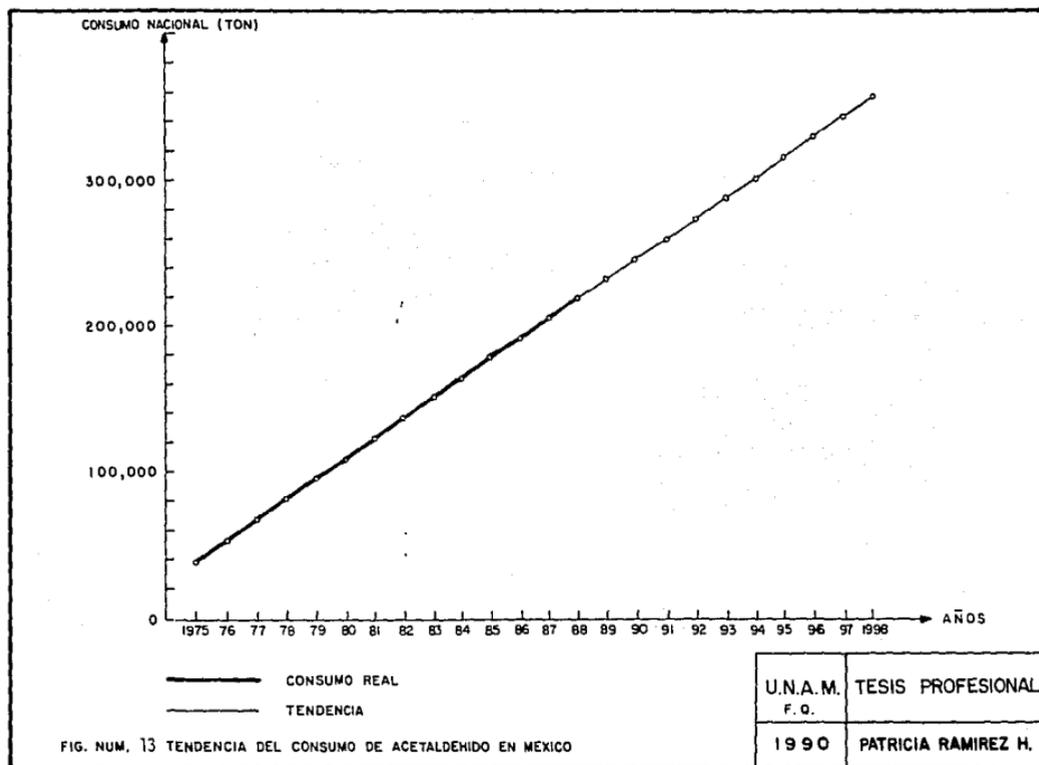
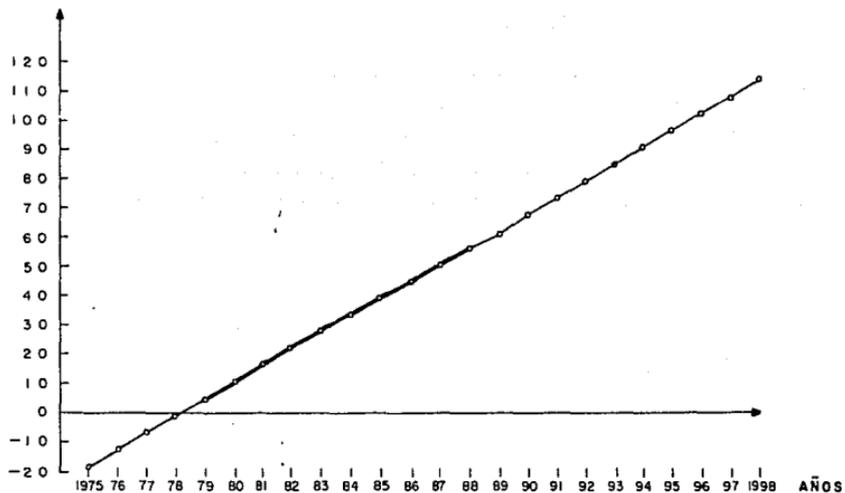


FIG. NUM. 13 TENDENCIA DEL CONSUMO DE ACETALDEHIDO EN MEXICO

CONSUMO NACIONAL
(MILES DE MILLONES DE PESOS)



— CONSUMO REAL
- - - TENDENCIA

FIG. NUM. 14 TENDENCIA DEL CONSUMO DE ACETALDEHIDO EN MEXICO

U.N.A.M.
F. Q.

TESIS PROFESIONAL

1990

PATRICIA RAMIREZ H.

Años	Consumo Nacional de Acetaldehído esperado en (Ton.)	y (Millones de pesos)
1990	247,608	68,071
1991	261,489	73,795
1992	275,370	79,574
1993	289,251	85,352
1994	303,132	91,130
1995	317,013	96,908
1996	330,894	102,686
1997	344,776	108,464
1998	358,657	114,243

Los datos de la tabla anterior permiten deducir que la producción de Acetaldehído por Petróleos Mexicanos será insuficiente para satisfacer la demanda a mediano y largo plazo.

4.1.3 Capacidad de la planta

Para determinar la capacidad de la planta, se considera que para el año de -- 1998 existirá en México una demanda de Acetaldehído igual a 358,657 Ton., -- siendo éste un cálculo conservador, debido a los nuevos productos que cada -- día se producen en laboratorios de investigación a partir de Acetaldehído, ca da uno de ellos son nuevas aplicaciones en todos los campos de la química y - que aumentarán el consumo del mismo en el futuro.

Como actualmente existen en operación dos plantas de Petróleos Mexicanos, con capacidad nominal de 144,000 Ton./año y una en construcción de 150,000 Ton./- año que tiene ya un 94% de ingeniería, la suma de estos es 294,000; por lo -- que existirá una demanda sin cubrir equivalente a 64,657 Ton./año, por lo -- cual la capacidad de la planta a proyectar será de 150,000 Ton./año, dando un margen de seguridad para cubrir totalmente la demanda existente para esas fe- chas en el país.

4.1.4 Localización de la planta

Uno de los objetivos de está tesis es justificar el proyecto industrial del - Acetaldehído, se tratará a través de los elementos localizadores de ubicar - la instalación de está planta y precisar el lugar más adecuado para ello.

Se tomará en cuenta para el efecto los factores siguientes:

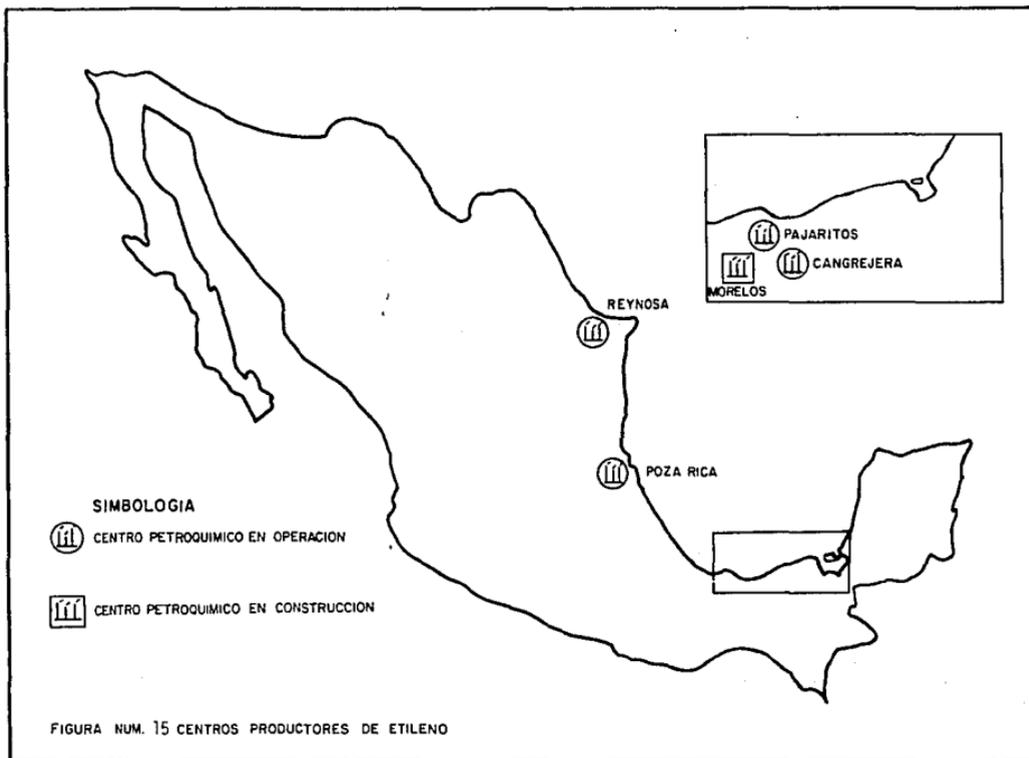
- a) Materias primas
- b) Comunicaciones y transportes
- c) Mano de obra
- d) Energía y combustibles
- e) Centros de consumo
- f) Política gubernamental
- g) Clima industrial propicio

a) Materias primas, este primer factor es básico para la elaboración del producto, por tanto es necesario conocer las zonas donde es posible obtenerlas, su disponibilidad y su pureza.

La materia prima básica es el etileno. En el país se cuenta actualmente con - cuatro plantas productoras de etileno, mismas que están ubicadas una en Reyno - sa, Tamps. con capacidad de 27,210 Ton./año; otra en Pajaritos, Ver. con capa - cidad de 209,210 Ton./año; la tercera en Poza Rica, Ver. con capacidad de -- 182,000 Ton./año; y la última se encuentra ubicada en Cangrejera, Ver. con ca - pacidad de 500,000 Ton./año. Además existe otra en construcción en Morelos, - Ver. con capacidad de 500,000 Ton./año. Ver figura núm. 15.

En Reynosa , Tamps., existe una planta de etileno, con capacidad nominal como se dijo anteriormente de 27,210 Ton./año, cuya producción está totalmente -- distribuida entre la planta de polietileno de Petróleos Mexicanos y diversos consumidores, lo que nos permite excluirla como posible localización.

Con respecto a Poza Rica, Ver. se cuenta con una capacidad de 182,000 Ton./-



/año. Parte de la producción de la planta está dirigida a surtir a la planta de polietileno alta presión, con capacidad de 51,000 Ton./año y otra parte para la planta de polietileno de baja presión con capacidad de 100,000 Ton./año, por lo cual también queda excluida.

De este modo, y según los planes de PEMEX las plantas productoras de etileno de Pajaritos, Cangrejera y Morelos, estarán destinadas para la producción de Acetaldehído, y otros productos como son el cloruro de etileno, dibromuro de etileno, dicloruro de etileno, fluido etílico, etilbenceno, tetraetilo de plomo, y otros.

En base a lo anterior, es conveniente instalar la planta en Laguna del Ostión, Ver., dada la cercanía con los complejos de Pajaritos, Cangrejera y Morelos. Con respecto a las materias primas indirectas, entre las cuales podemos -- considerar al catalizador y materiales necesarios para la preparación de la solución catalítica, se encontró que el cloruro de paladio es un producto de importación, proveniente de la República Federal Alemana en su mayor parte, mediante la fracción arancelaria número 28.49 C008, pagando una cuota específica, más un ad valorem del 5% por kilogramo bruto.

El cloruro cúprico es un producto de producción nacional aún cuando existe importación es posiblemente para su aplicación como catalizador, principalmente de la República Federal Alemana y Estados Unidos, entrando al país por medio de la fracción arancelaria número 28.30 A023, pagando una cuota específica, más un ad valorem del 15% por kilogramo bruto.

b) Comunicaciones y transportes

Este es otro factor de suma importancia para la localización de la planta, si tomamos en cuenta que el transporte de la materia prima (etileno) sería sumamente elevado, en caso de querer instalar la empresa productora en otro punto del país. La causa o principal problema sería que, habría necesidad de reali-

zar una fuerte inversión para construir un poliducto que condujera éste al -- punto deseado. Además, la red de comunicaciones con que cuenta Laguna del -- Ostión, es amplia y adecuada para poder dar salida al producto terminado ya -- sea por carretera o por ferrocarril, vía que sería más utilizada debido al -- costo de transportación y al gran volumen que pueda desplazarse por este sistema.

También existe transportación por barco que es económica y transportación -- aérea.

c) Mano de obra

Como se vino exponiendo, este tipo de industria necesita por sus características un alto grado de especialización en cuanto a este factor, pero aún cuando no va a crear fuentes de trabajo masivo, generará en otro tipo de actividades un mayor volumen de ocupación (operaciones de carga, transporte, vivienda, es decir, en los servicios), y es posible obtenerla de Coatzacoalcos y Minatitlán.

d) Energía y combustibles

A este respecto podemos decir que la energía con que cuenta la zona, es suficiente para atender la demanda. La Comisión Federal de Electricidad a través de su hidroeléctrica de Malpaso, se dispone en cantidad ilimitada para la operación de la planta. En cuanto a los combustibles utilizados en estas instalaciones industriales, lo forma principalmente el gas natural, producto que se obtiene en gran abundancia en la planta de absorción que PEMEX tiene localizada en La Venta, Tab. En la zona en la que se propone la ubicación de la planta existe gran cantidad de agua tanto para los servicios de la planta como para la obtención del producto, ya que en la zona, afluyen cantidad de ríos.

e) Consumidores y áreas de consumo

La estructura del mercado de Acetaldehído en México es muy diversificada, sobresaliendo el consumo del producto que hacen las fábricas de colorantes, -- hule, desinfectantes, espejos, artículos fotográficos, artículos de perfumería, resinas, plásticos, productos farmacéuticos, etc., por lo cual no puede establecerse una distribución cuantitativa del mercado actual, pero sí se puede en base a lo anterior, establecerse una distribución zonal, considerando a las zonas industrializadas del país como principales áreas de consumo, de la siguiente forma;

México, D.F. y sus alrededores	40 %
Monterrey, N.L.	37 %
Guadalajara, Jal.	17 %
Resto del país	6 %

Esta distribución será de gran importancia en la determinación de la localización de la planta. Ver figura núm. 16.

f) Política gubernamental

Ya que uno de los problemas que tiene México es la descentralización de la industria; el desarrollo de la región de Laguna del Ostión, está siendo ampliamente impulsada por los gobiernos Federal y Estatal.

Se desea seguir desarrollando industrialmente dicha región, por lo que ofrece a los industriales garantías para el establecimiento de industrias.

g) Clima industrial propicio

Este punto, nos hace ver las ventajas que se tiene en una zona, para la ubicación de una planta industrial. Dentro de este concepto, se incluyen una serie de factores más o menos importantes entre los cuales cabe citar los servicios públicos (alumbrado, drenaje, mercados, policía, etc.), la edificación (urbanismo), los terrenos donde piensa instalarse la planta y su costo, la legisla

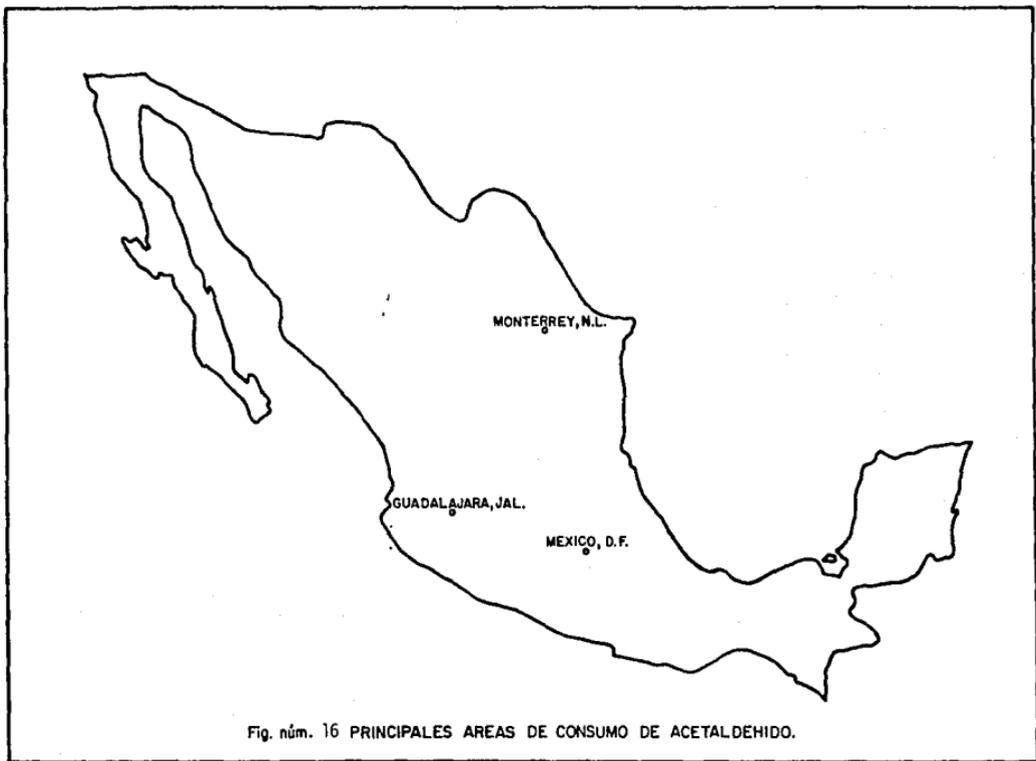


Fig. núm. 16 PRINCIPALES AREAS DE CONSUMO DE ACETALDEHIDO.

ción obrera.

Las condiciones climatológicas de Laguna del Ostión, Ver., son las siguientes:

Velocidad máxima del viento	126 Km./hr.
Dirección predominante	Norte
Precipitación pluvial por hora	83 mm
Precipitación pluvial en 24 horas	360 mm
Presión barométrica	760 mm de Hg
Temperatura ambiente máxima	43 °C
Temperatura ambiente media	26 °C
Temperatura ambiente mínima	9 °C
Temperatura de bulbo húmedo	25 °C
Humedad relativa	90 %
Elevación	8.7 m sobre el nivel del mar
Zona sísmica	3
Localización geográfica	18°-08'-11" a 18°-14'-10" de L.N. y 94°-41'-28" a 94°-35'-17" de L. Oeste
Superficie	109 Km ²

Los siete factores locacionales, utilizados en este caso, hacen que se piense que la elección de Laguna del Ostión, sea justificada (situada aproximadamente a 25 Km. del puerto de Coatzacoalcos, en un área sistemáticamente activa), pues repitiendo, la materia prima se obtiene en el lugar a un precio relativamente estable y en abundancia, las comunicaciones se consideran eficientes y pueden darle movilidad a la mano de obra. La energía y los combustibles son - otro factor de aliento y finalmente los centros de consumo fácil de llegar a ellos, aliento de acuerdo a la política gubernamental y un clima industrial - propicio por la necesidad que tiene el país de crear otros centros industrial

es, que pueden ocupar un núcleo de población o bien generar más fuentes de ocupación en otros sectores, ver figura núm. 17. Además como puede observarse, el hecho de instalar la planta en otro lugar traería aparejados los problemas de transporte de materia prima, transporte de combustible, aglomeración industrial y otros problemas anteriormente citados.

4.2 Análisis económico

En el presente inciso se pretende obtener como resultado los costos fijos, - costos variables, relación balance-costo, flujo de inversión y punto de equilibrio, datos que nos dan una idea más clara de la realización de un anteproyecto. Es decir, en base a la evaluación económica se determinará la viabilidad del proceso escogido, para continuar con las siguientes fases del proyecto, o bien suspender el estudio en la fase de anteproyecto por ser económicamente no realizable. De esta la importancia de este análisis en la realización de este trabajo.

4.2.1 Costos fijos

Aquellos que son independientes del volumen de producción o ventas.

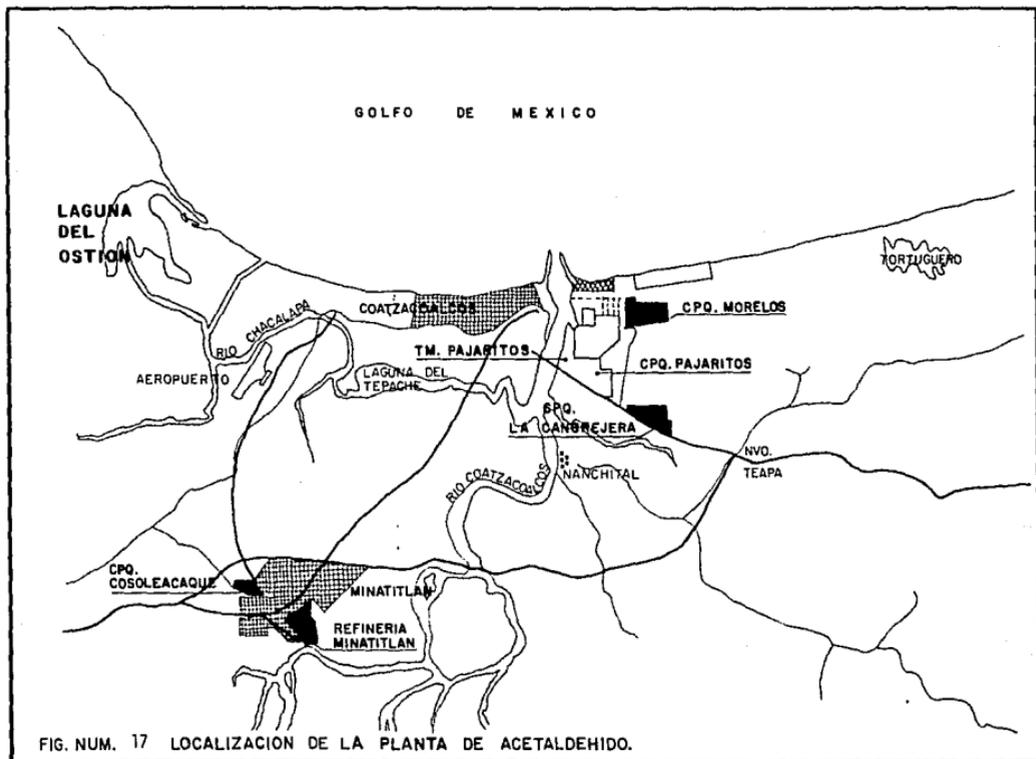
1.- Depreciación consiste en la disminución del valor de los activos tangibles originada por el deterioro físico o la obsolescencia, y está determinada por la vida útil de los activos tangibles renovables.

Es el 10% del costo de la maquinaria y equipo instalado y 3% para edificios.

2.- Amortización se le llama a la recuperación por parte de la empresa de las inversiones realizadas en bienes intangibles.

De acuerdo a lo establecido por la ley, se amortizarán los activos intangibles con un 10%. Y son los costos de ingeniería y construcción más los imprevistos.

3.- Contingencia se consideran los servicios sociales tales como seguros, médicos y medicinas que sirven de incentivos a empleados o trabajadores, se considera el 5% del activo fijo e inventarios de materia prima y producto termi-



nado.

4.- Gastos generales son todos aquellos gastos ocasionados por el funcionamiento de la compañía, por separado de la producción, y cubren los gastos de administración, ventas y financieros.

4.1.- Gastos de administración a este renglón corresponden los gastos debidos al personal y material de trabajo de la administración de la empresa.

Sueldos de la dirección de la empresa, sueldos a empleados de las oficinas administrativas, en que quedan comprendidos, se considera el 1% del precio de venta.

Departamento legal, departamento de contabilidad, departamento administrativo, auditoría, comunicación. Se considera para este renglón el 4% del precio de venta.

4.2.- Gastos de ventas varían considerablemente dependiendo del producto, método de venta y distribución, áreas de consumo y publicidad. Incluyen gastos de vendedores, gastos de viajes, servicio técnico e investigación de mercado. Para el caso del Acetaldehído, que es una materia prima fundamental, que se vende en grandes volúmenes a otras compañías manufactureras, el monto de los gastos de venta se estima en un 2% del precio de venta.

4.3.- Gastos financieros, aquí se considera un financiamiento a pagar en 10 años, con un interés anual del 45%.

4.2.2 Costos variables

Aquellos que son dependientes directamente proporcionales al volumen o producción de ventas.

Para efectuar el análisis de los costos variables o costos de producción se dividirán para su estudio en costos directos a los que se relacionan directamente con el proceso, e indirectos a los que se refieren a las actividades o servicios que complementan la producción.

Costos directos

1.- Materias primas su costo es muy importante y se puede considerar como un reflejo de la buena administración y operación de la empresa.

2.- Servicios auxiliares se consideran como tales a aquellos materiales que intervienen directamente en el proceso, pero que no pueden considerarse como materias primas, así como el monto por concepto de la energía eléctrica consumida por el proceso.

3.- Mano de obra y supervisión, aquí se incluyen los sueldos del personal de confianza y la mano de obra no calificada. La determinación del personal es en base a la experiencia de Pemex con su planta en Pajaritos, Ver.

Se consideran 3 turnos diarios de 8 horas, con un personal por turno de 42 personas.

4.- Mantenimiento incluyen el costo de todos los materiales y trabajo empleado en el mantenimiento de rutina y reparaciones ocasionales, y en algunos casos en revisiones mayores de equipo y edificios.

Para los fines de un anteproyecto puede considerarse como un 5% del activo fijo.

5.- Regalías y patentes. El costo estimado por concepto de patentes, es comúnmente amortizado durante su vida legal. Las regalías son generalmente pagadas en cuotas específicas, en base a producción o las ventas, y se estiman en un 5% sobre el precio de venta.

6.- Gastos aduanales

Los gastos aduanales por la introducción de materias primas al país, se considera para el catalizador, que es la única materia prima de importación, cargando un 25% sobre el costo en el extranjero, en el párrafo correspondiente.

7.- Suministros de planta son aquellos objetos usados por el personal en la operación normal del equipo, como lubricantes, herramientas, etc., que están

íntimamente ligados al mantenimiento. Se estiman como una cantidad equivalente al 15% de los costos de mantenimiento.

Costos indirectos

1.- Laboratorio. En procesos químicos, el trabajo de laboratorio es necesario para mantener un control de calidad. Se necesita control de calidad sobre la materia prima, sobre el producto terminado y seguridad en el manejo de Acetaldehído. Aquí también se debe contemplar el renglón de protección ambiental.

Por lo cual se estima un 7% del costo directo.

2.- Empaque. En este caso no existen erogaciones por concepto de empaque.

3.- Transportación. Estos gastos corresponden al movimiento del producto terminado de la planta a los centros de consumo. En este caso es L.A.B. por lo que le corresponde al consumidor

4.2.3 Flujo de inversión

Con el fin de obtener la inversión total necesaria para la instalación en México de una planta productora de Acetaldehído, es necesario calcular el monto de las siguientes partidas:

1.- Activo circulante. Son los fondos necesarios en cuenta corriente, para hacer frente a las operaciones de producción y distribución de bienes.

Inventario de materias primas. Es un mes del costo de abastecimiento.

Inventario de producto terminado. Es un mes del costo de manufactura directa.

Inventario de producto en proceso. Se estima como una semana del valor de producción al costo de manufactura directa.

Cuentas por cobrar se consideran iguales a un mes de producción al precio de venta.

Dinero en efectivo es necesario para resolver cualquier contingencia en el funcionamiento de la empresa, como el pago de salarios, para servicios y mate

riales.

Se considera como dinero en efectivo, todo aquel que se encuentra en caja, o bien en bancos, y que, puede utilizarse en un momento dado.

Es un mes del costo de manufactura.

2.- Activo fijo. Es el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa. Es decir, por activo fijo se entiende el activo que se adquiere en la etapa de ejecución del proyecto, con intención de conservarlo para su uso durante su vida normal.

Es claro que durante la operación de la planta se podrán hacer adiciones, perfeccionamientos, mejoras o renovaciones, que deberán considerarse como activo fijo.

Los bienes tangibles corresponden al activo fijo, es decir, terreno, edificios y mobiliario de la planta, al equipo, maquinaria y demás accesorios utilizados para llevar a cabo el proceso industrial.

Instalación se estima en un 43% del costo del equipo y maquinaria.

Tubería y accesorios se estima en 86% del costo del equipo y maquinaria.

Instrumentación es un 30% del costo del equipo y maquinaria.

Aislamiento es un 8% del costo del equipo y maquinaria.

Equipo eléctrico es un 20% del costo del equipo y maquinaria.

Terreno. Se preve en este renglón lo siguiente: terreno para equipo, terreno para tanques de almacenamiento, construcciones, caminos de acceso, patio de maniobras para transporte, estacionamiento para automóviles y espacios verdes libres.

Acondicionamiento del terreno aquí está contemplada la mecánica de suelos, y se estima en un 20% del costo del terreno.

Edificios se consideran: oficinas, laboratorio, taller y almacén de refacciones, comedor y centro social.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Servicios aquí se incluye vapor, electricidad, agua de enfriamiento, ya instalados, se estima en un 75% del costo del equipo y maquinaria.

Ingeniería y construcción. Para este renglón se estima un 20% del costo de inversión.

Contratos se considera como un 10% del costo de la planta.

Imprevistos para compensar cambios de precios y errores de estimación, se aplica un 15% del costo de la planta.

3.- Activo diferido comprende todo lo referente a gastos de preoperación, arranque y formación de la sociedad.

En industrias petroquímicas se ha observado que corresponde aproximadamente a un 10% del activo fijo.

4.2.4 Relación balance-costo

Para obtener esta relación es necesario lo siguiente.

Capital o patrimonio es la aportación de los accionistas de la empresa, en este caso Petróleos Mexicanos, y será el necesario para establecer el balance.

Pasivo circulante está formado por las cuentas o créditos que la empresa debe pagar a corto plazo, y normalmente está formado por los créditos de los proveedores de materias primas.

Pasivo fijo representa los créditos a largo plazo adquiridos por la empresa, y pueden ser obtenidos de instituciones bancarias o bien del extranjero, tomando como garantía los bienes tangibles de la empresa, tales como maquinaria y equipo, terreno y edificios. Para mantener el equilibrio de la situación financiera de la empresa, debe existir una proporcionalidad entre el capital y el pasivo fijo. En las empresas industriales y comerciales, la inversión de los propietarios debe ser mayor que la inversión de los acreedores, para que la situación financiera se considere satisfactoria.

La tasa de interés anual en instituciones bancarias es del 45% sobre saldos -

insolutos, efectuando amortizaciones dependiendo del crédito.

Esta relación balance-costo se desglosa de la manera siguiente:

Activo Circulante

Inventario de Materias Primas

Etileno $12.68 \text{ Ton/hr} \times 24 \text{ hr/día} \times 30 \text{ días} = 9,129.6 \text{ Ton} \times \$ 223,000/\text{Ton} = \$2,035'900,800$

Acido clorhídrico $0.3125 \text{ Ton/hr} \times 24 \text{ hr/día} \times 30 \text{ días} = 225 \text{ Ton} \times \$ 47,000/\text{Ton} = \$ 10'575,000$

Cloruro de paladio $1.878 \times 10^{-5} \text{ Ton/hr} \times 24 \text{ hr/día} \times 30 \text{ días} = 1.35 \times 10^{-2} \times \$88'300,000/\text{Ton} = \$ 1'193,957$

Cloruro de cobre diluido $3.13 \times 10^{-3} \text{ Ton/hr} \times 24 \text{ hr/día} \times 30 \text{ días} = 2.2536 \times \$ 13'600,000/\text{Ton} = \$ 30'648,960$

Inventario de materias primas = \$ 2,078 millones

Inventario de producto en proceso

$37,680 \times 1 \text{ año}/330 \text{ días} \times 7 \text{ días} = \$ 799'272,730$

Inventario de producto terminado

$37,680 \times 1 \text{ año}/330 \text{ días} \times 30 \text{ días} = \$ 3,425'454,500$

Cuentas por cobrar

$13,636 \text{ Ton} \times \$ 701,000 = \$ 9,558'836,000$

Dinero en efectivo

$49,895 \times 1 \text{ año}/330 \text{ días} \times 30 \text{ días} = \$ 4,535'909,100$

TOTAL ACTIVO CIRCULANTE = \$ 20,397 millones

Activo Fijo

Equipo y maquinaria. A continuación se presenta la lista de equipos con sus precios actuales, obtenidos de gráficas y por cotizaciones directas de las compañías que los fabrican.

Equipo y Maquinaria	Unidades	Precio/Unidad (Millones de pesos)	Precio Total (Millones de pesos)
Compresor	1	9,042	9,042
Reactor	1	949	949

Equipo y Maquinaria	Unidades	Precio/Unidad (Millones de pesos)	Precio Total (Millones de pesos)
Reactor de oxidación	1	949	949
Torre de destilación de crudo	1	127	127
Torre de desgasificación	1	319	319
Torre de destilación de Acetaldehído puro	1	829	829
Cambiador de calor	3	68	204
Bomba	6	60	360
Rehervidor	3	159	477
Tanque de almacenamiento de Acetaldehído puro	2	638	1,276
Tanque de almacenamiento de nitrógeno	1	270	270
Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico	1	508	508
Tanque de almacenamiento de etileno	3	957	<u>2,871</u>
T O T A L			\$ 18,181

Instalación

$18,181 \times 0.43 = \$ 7,818$ millones

Tubería y accesorios

$18,181 \times 0.86 = \$ 15,636$ millones

Instrumentación

$18,181 \times 0.3 = \$ 5,454$ millones

Aislamiento

$18,181 \times 0.08 = \$ 1,454$ millones

Equipo eléctrico

$18,181 \times 0.2 = \$ 3,636$ millones

Terreno

Se considera un área de 20,000 m² y el costo del terreno en Laguna del Ostión es de \$ 60,000/m² por lo que = \$ 1,200 millones

Acondicionamiento del terreno

1,200 x 0.2 = \$ 240 millones

Edificios

Se considera una superficie de 1,000 m² para oficinas, laboratorio y centro social con un costo de \$ 500,000/m² dando \$ 500 millones

Para el taller y almacén es una superficie de 1,500 m² a un costo de \$200,000/m² y esto es igual a \$ 300 millones

Costo TOTAL de edificios \$ 800 millones

Servicios

18,181 x 0.75 = \$ 13,636 millones

De lo anterior se deduce que el costo de inversión es \$ 68,055 millones

Ingeniería y construcción

68,055 x 0.2 = \$ 13,611 millones

Sumando el costo de inversión más ingeniería y construcción da el costo de la planta que es igual a \$ 81,666 millones

Contratos

81,666 x 0.1 = \$ 8,167 millones

Imprevistos

81,666 x 0.15 = \$ 12,250 millones

TOTAL ACTIVO FIJO = \$ 102,083 millones

Activo Diferido

102,083 x 0.1 = \$ 10,208 millones

TOTAL ACTIVO DIFERIDO = \$ 10,208 millones

ACTIVO TOTAL = \$ 132,688 millones

Capital o Patrimonio

Aportación de Petróleos Mexicanos = \$ 80,782 millones

C A P I T A L T O T A L = \$ 80,782 millones

Pasivo Circulante

Para este caso se considerará que los proveedores de materias primas dan crédito por un mes a la empresa.

$22,878'350,000/12 = \$ 1,906'529,200$

T O T A L P A S I V O C I R C U L A N T E = \$ 1,906 millones

Pasivo Fijo

Crédito por \$ 50,000 millones, pagadero a diez años

T O T A L P A S I V O F I J O = \$ 50,000 millones

P A S I V O T O T A L = \$ 51,906 millones

C A P I T A L + P A S I V O T O T A L = \$ 132,688 millones

Costos de Producción

Directos

Costos de materias primas

Etileno 100,500 Ton/año x \$ 223,000/Ton = \$ 22,411'500,000

Acido clorhídrico 2,475 Ton/año x \$ 47,000/Ton = \$ 116'325,000

Cloruro de paladio 0.15 Ton/año x \$ 88'300,000/Ton = \$ 13'245,000

Cloruro cuproso diluido 24.8 Ton/año x \$ 13'600,000/Ton = \$ 337'280,000

Costo anual total \$ 22,878'350,000

Costos de servicios auxiliares

Agua de enfriamiento (25°C)

$33'000,000 \text{ m}^3/\text{año} \times \$ 20/\text{m}^3 = \$ 660'000,000$

Agua de enfriamiento (12°C)

$1'800,000 \text{ m}^3/\text{año} \times \$ 25/\text{m}^3 = \$ 45'000,000$

Vapor

180,000 Ton/año x \$ 2,000/Ton = \$ 360'000,000

Energía eléctrica (incluyendo compresión de aire)

45'000,000 kWh x \$ 50/kWh = \$ 2,250'000,000

Costo anual total \$ 3,315'000,000

Mano de obra y supervisión

Personal	Sueldo ordinario mensual por persona	Sueldo anual
1 Superintendente	1'996,094	23'953,128
3 Ingenieros	1'461,642	52'619,112
3 Jefes de mantenimiento	1'298,457	46'744,452
3 Supervisores	1'106,437	39'831,732
1 Químico	1'298,457	15'581,484
1 Laboratorista	906,751	10'881,012
27 Obreros	525,782	<u>170'353,370</u>
Total		\$ 359'964,290

Regalías

105,150 x 0.05 = \$ 5,257 millones

Mantenimiento

102,083 x 0.05 = \$ 5,104 millones

Suministros de planta

5,104 x 0.15 = \$ 766 millones

Haciendo la suma de los renglones anteriores obtenemos los costos directos de manufactura = \$ 37,680 millones

Indirectos

Laboratorio

37,680 x 0.07 = \$ 2,638 millones

Costos indirectos de manufactura = \$ 2,638 millones

Fijos

Depreciación

Equipo y maquinaria $18,181 \times 0.1 = \$ 1,818$ millones

Edificios $800 \times 0.03 = \$ \underline{24}$ millones

Cargo anual por depreciación $\$ 1,842$ millones

Amortización

$25,861 \times 0.1 = \$ 2,586$ millones

Contingencia

$102,083 + 2,078 + 3,425 = 107,586 \times 0.05 = \$ 5,379$ millones

Costos fijos de manufactura = $\$ 9,807$ millones

COSTOS DE MANUFACTURA = $\$ 50,125$ millones

Gastos generales

Administración

$105,150 \times 0.01 = \$ 1,051$ millones

Ventas

$105,150 \times 0.02 = \$ 2,103$ millones

Financieros

$50,000 \times 0.45 = \$ 22,500$ millones

Gastos generales = $\$ 25,654$ millones

COSTO TOTAL DE PRODUCCION = $\$ 75,779$ millones

Costos de Producción (Millones de pesos)

Directos

Materias primas 22,878

Servicios auxiliares 3,315

Mano de obra y supervisión 360

Regalías y patentes 5,257

Mantenimiento 5,104

Suministro de planta	<u>766</u>
Costos directos de manufactura	\$ 37,680
Indirectos	
Laboratorio	<u>2,638</u>
Costos indirectos de manufactura	\$ 2,638
Fijos	
Depreciación	1,842
Amortización	2,586
Contingencia	<u>5,379</u>
Costos fijos de manufactura	\$ 9,807
COSTOS DE MANUFACTURA	\$ 50,125
Gastos generales	
Administración	1,051
Ventas	2,103
Financieros	<u>22,500</u>
Gastos generales	\$ 25,654
COSTO TOTAL DE PRODUCCION	\$ 75,779

BALANCE A FEB./90 (En millones de pesos)

Activo

Circulante

Inventario de materias primas	2,078
Inventario de producto en proceso	799
Inventario de producto terminado	3,425
Cuentas por cobrar	9,559
Efectivo en caja y bancos	<u>4,536</u>
Activo circulante total	\$ 20,397

Fijo

Equipo y maquinaria	18,181	
Instalación	7,818	
Tubería y accesorios	15,636	
Instrumentación	5,454	
Aislamiento	1,454	
Equipo eléctrico	3,636	
Terreno	1,200	
Acondicionamiento del terreno	240	
Edificios	800	
Servicios	<u>13,636</u>	
Costo de inversión	\$ 68,055	
Ingeniería y construcción	<u>13,611</u>	
Costo de la planta	\$ 81,666	
Contratos	8,167	
Imprevistos	<u>12,250</u>	
Activo fijo total		\$ 102,083

Diferido

Gastos preoperativos y de arranque	<u>10,208</u>	
Activo diferido total		\$ 10,208
ACTIVO TOTAL		\$ 132,588

Capital

Aportación de Petróleos Mexicanos		\$ 80,782
-----------------------------------	--	-----------

PasivoCirculante

Cuentas por pagar y créditos - a corto plazo (menos de un año) por proveedores	<u>1,906</u>	
--	--------------	--

Pasivo circulante total	\$ 1,906
Fijo	
Créditos por pagar a largo plazo (más de un año)	<u>50,000</u>
Pasivo fijo	\$ <u>50,000</u>
PASIVO TOTAL	\$ <u>51,906</u>
CAPITAL + PASIVO TOTAL	\$ 132,688

4.2.5 Punto de equilibrio

Es aquel punto en el que no existen pérdidas, ni ganancias, es decir los ingresos son iguales a los egresos.

Si se grafican los costos variables contra las ventas de la empresa, la intersección de las dos líneas indicará el punto de equilibrio, debajo del cual - existen pérdidas y por encima ganancias.

Existe un método algebraico para calcular el punto de equilibrio.

$$\text{Ecuación } y = a + bx$$

en donde

$$y = \text{Costo total}$$

$$a = \text{Costos fijos}$$

$$b = \text{Relación entre costos variables y ventas netas}$$

$$x = \text{ventas}$$

Sustituyendo valores, queda

$$y = 35,461 + \frac{40,318}{125,402} x$$

$$y = 35,461 + 0.3215x$$

Cuando el ingreso por ventas (x), es igual al costo total de producción y de la empresa, ocurre el equilibrio,

$$\text{por lo tanto } y = x$$

$$\text{quedando } x = a + bx$$

$$x = \frac{a}{1 - b}$$

Sustituyendo

$$x = \frac{35,461}{1 - 0.3215} = 52,264 \text{ millones}$$

El resultado obtenido para las ventas en el punto de equilibrio, con un valor de \$ 52,264 millones corresponde a una producción de Acetaldehído igual a -- 62,250 Toneladas y que representa un 41.5% de la capacidad de producción nominal de la planta.

El valor obtenido matemáticamente se representa en la figura núm. 21.

NOTA : Todas las cantidades están dadas en millones de pesos.

4.3 Resultados económicos

Proyecto Acetaldehído

Bases

Capacidad : 150,000 Ton/año Tasa de producción : 100% Cap.

Precio de venta : \$ 701,000.00/Ton

Resumen

Ventas brutas

Acetaldehído	\$ 105,150'000,000.00
Nitrógeno	\$ 67'500,000.00
Cloroacetaldehído	<u>\$ 3,827'460,000.00</u>
Ventas brutas totales	\$ 109,044'960,000.00
Devoluciones, bonificaciones y descuentos	-----
Venta facturada	\$ 109,044'960,000.00
Deducción de las ventas (15% IVA)	<u>\$ 16,356'744,000.00</u>
VENTAS NETAS	\$ 125,401'700,000.00
Costos de manufactura	<u>\$ 49,895'000,000.00</u>
Utilidad bruta	\$ 75,506'700,000.00

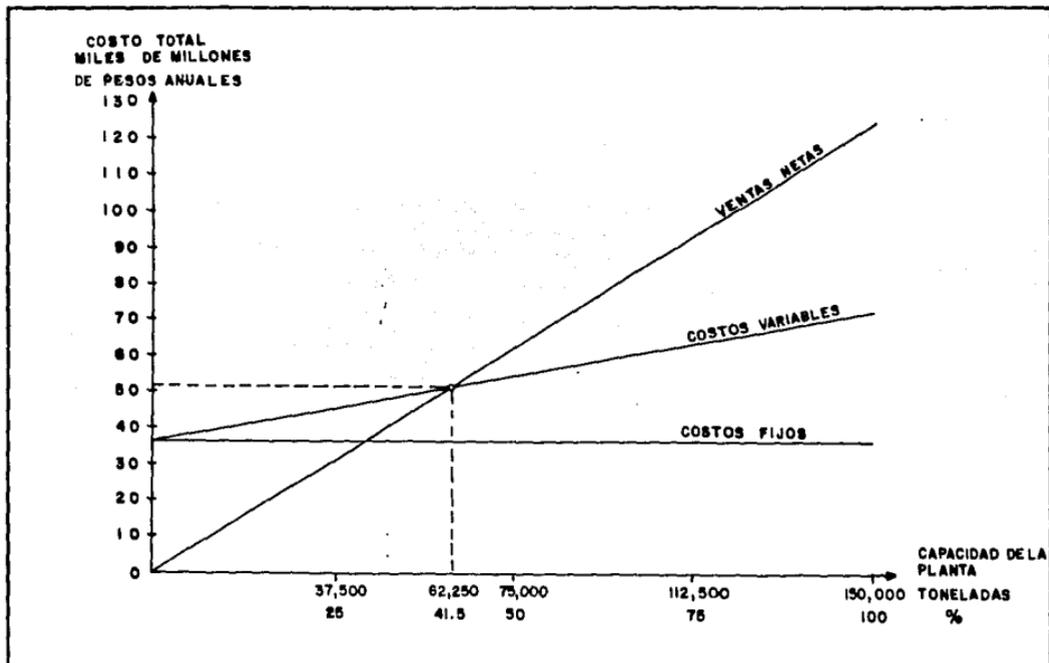


FIG. NUM. 21 PUNTO DE EQUILIBRIO

U.N.A.M. F.Q.	TESIS PROFESIONAL
1990	PATRICIA RAMIREZ H.

Gastos generales	\$ <u>25,654'000,000.00</u>
Utilidad antes de impuesto	\$ 49,852'700,000.00
Impuestos (35%)	\$ <u>17,448'445,000.00</u>
UTILIDAD NETA	\$ 32,404'255,000.00

Si la planta opera al 100% la rentabilidad se calcula de acuerdo a:

$$R = \frac{U}{I} \times 100$$

en donde

U = Utilidad neta

I = Inversión total

Sustituyendo

$$R = \frac{32,404'255,000.00}{132,688'000,000.00} \times 100$$

$$R = 24.42\%$$

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y recomendaciones

El proceso más adecuado para las necesidades actuales del país, es el de dos etapas, es decir a partir de la oxidación catalítica de etileno debido a la facilidad de obtención de las materias primas (aire y etileno), sin la necesidad de invertir en otra planta para la obtención de oxígeno.

La capacidad de producción de la planta debe ser igual a 150,000 Ton./año, -- cubriendo así el consumo nacional hasta 1998 y dejando margen para exportación, sin embargo la alternativa debe ser revisada para un mercado internacional, con una inversión global de \$ 132,688'000,000.00 M.N.

La evaluación económica realizada demuestra que se tiene una razonable seguridad de que se puedan abatir a corto plazo los requerimientos de importación del producto para completar la demanda, a nivel nacional.

En esta industria, al comparar el aspecto costos-beneficios. Cabe señalar, que estos son superiores a las inversiones respectivas; por otra parte, los beneficios tienden a incrementarse a un ritmo mayor que el de elevación de costos, como se deduce del cálculo de la rentabilidad.

Adicionalmente, la producción prevista podría permitir la exportación de Acetaldehído a otros mercados, incrementando eventualmente la captación de divisas.

La realización de este tipo de proyectos favorece así mismo, la creación de polos de desarrollo que, en su momento, favorecerán la descentralización industrial.

La localidad óptima para la instalación de la planta es el denominado Laguna del Ostión, Ver., debido a su cercanía con los centros de producción del etileno, materia prima básica del proceso.

De acuerdo al cálculo del punto de equilibrio se puede ver que para el 4° año de operación de la planta, se tendrá una amortización, ya que la producción -

estará por encima de éste.

Lo anteriormente expuesto, aunado a las razones que justifican el apoyo a la industrialización en general, trae como resultado lógico que la petroquímica deba ser considerada como uno de los pilares, buscándose como objetivo ulterior el alza del nivel de vida, signo indiscutible de desarrollo.

CAPITULO 6

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 6

6 Bibliografía

6.1 Libros

- (1) ----- Chemical Safety Data Sheet; Manual Sheet SD-43; Manufacturing Chemists Association; U.S.A.; 1952.
- (2) ----- Encyclopedia of Science and Technology; Vol. I; Mc. Graw Hill -- Book Company; U.S.A.; 1971.
- (3) ----- Hazardous and Toxic Effects of Industrial Chemicals; Marshall Sittig Noyes Data Corporation; U.S.A.; 1979.
- (4) ----- Manual de Prevención de Accidentes para Operaciones Industriales; 2a. edición; Mapfre; España; 1979.
- (5) ----- The Merck Index; An Encyclopedia of Chemicals and Drugs; 9a. edición; Merck and Co., Inc.; U.S.A.; 1976.
- (6) ----- The New Encyclopedia Britannica; Vol. I; 15a. edición; U.S.A.; - 1974.
- (7) Anthony, Robert N.; La Contabilidad en la Administración de Empresas; Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, S.A. de C.V.; México; 1988.
- (8) Austin, D.G.; Chemical Engineering Drawing Symbols; John Wiley and Sons; New York; 1978.
- (9) Barcelo, J.R.; Diccionario Terminológico de Química; 2a. edición; Alhambra; España; 1976.
- (10) Blücher, H.; Enciclopedia Química Industrial; 18a. edición; Tecnos; España; 1958.
- (11) Calvet, E.; Química General Aplicada a la Industria; Tomo IV; 3a. edición; Salvat Editores, S.A.; España; 1951.
- (12) Choppin, G.R.; Química; 5a. reimpresión; Publicaciones Cultural, S.A.; - México; 1973.
- (13) Clausen III, Chris A. y Mattson, Guy; Fundamentos de Química Industrial; Limusa; México; 1982.
- (14) Considine, D.M.; Chemical and Process Technology Encyclopedia; Mc. Graw Hill Book Company; U.S.A.; 1974.
- (15) Dreisbach, R.H.; Manual de Envenenamientos; Prevención Diagnóstico y -- Tratamiento; 4a. edición; El Manual Moderno; México; 1981.
- (16) Hahn, A.V.G.; The Petrochemical Industry; Market and Economics; Mc. Graw Hill Book Company; U.S.A.; 1970.

- (17) Hawley, G.G.; The Condensed Chemical Dictionary; 9a. edición; U.S.A.; -- 1972.
- (18) Hearst, J.E. and Ifft, J.B.; Contemporary Chemistry; W.H. Freeman and - Company; U.S.A.; 1981.
- (19) Jelen, F.C.; Cost and Optimization Engineering; Mc. Graw Hill Book --- Company; U.S.A.; 1970.
- (20) Kent, J.A.; Riegel's Handbook of Industrial Chemistry; 7a. edición; Van Nostrand Reinhold Co.; U.S.A.; 1974.
- (21) Kirk-Othmer; Encyclopedia of Chemical Technology; Vol. 1; 2a. edición; - John Wiley and Sons Inc.; U.S.A.; 1969.
- (22) Kreszsig, E.; Introducción a la Estadística Matemática; 4a. reimpression; Limusa, S.A.; México; 1979.
- (23) Laidler, K.J.; Cinética de Reacciones; Reacciones Homogéneas en Fase Gaseosa; 2a. edición; Alhambra; España; 1977.
- (24) Mayer, L.; Métodos de la Industria Química; Parte 2, Orgánica; Reverté, S.A.; España; 1978.
- (25) Morrison, R.T. and Boyd, R.N.; Química Orgánica; 3a. edición; Fondo Educativo Interamericano, S.A.; México; 1976.
- (26) Noller, C.R.; Chemistry of Organic Compounds; 2a. edición; W.B. Saunders Company; U.S.A.; 1957.
- (27) Perry, J.H.; Manual del Ingeniero Químico; Tomo 1; 3a. edición; Unión Tipográfica Editorial Hispánica Americana; México; 1979.
- (28) Peters, Max S. and Timmerhaus, Klaus D.; Plant Design and Economics for Chemical Engineers; 2a. edición; International Student Edition; Mc. Graw Hill Kogakusha, LTD; Japón; 1968.
- (29) Rudd, D.F. and Watson, Ch. C.; Estrategia en Ingeniería de Procesos; Alhambra; España; 1982.
- (30) Sax, N.I.; Dangerous Properties of Industrial Materials; 5a. edición; - Nostrand Reinhold Company; U.S.A.; 1979.
- (31) Shreve, R.N. and Brink, J.A. Jr.; Chemical Process Industries; 4a. edición; Mc. Graw Hill Kogakusha, LTD; Japón; 1979.
- (32) Smith, J.M.; Ingeniería de la Cinética Química; 2a. edición; Compañía - Editorial Continental, S.A.; México; 1980.
- (33) Spector, W.S.; Handbook of Toxicology; Acute Toxicities of Solids, Liquids and Gases to Laboratory Animals; W.B. Saunders Company; U.S.A.; 1956.
- (34) Torquin Anthony J. and Blank Leland T.; Ingeniería Económica; Mc. Graw - Hill de México, S.A. de C.V.; México; 1978.

- (35) Vilbrandt, Frank C. and Dryden, Charles E.; Chemical Engineering Plant - Design; 4a. edición; International Student Edition; Mc. Graw Hill International Book Company; Japón; 1959.
- (36) Weissermel, K. y Arpe, H.J.; Chimie Organique Industrielle; Masson; Francia; 1981.

6.2 Revistas

- (1) ---- Hydrocarbon Processing; November, 1974; pags. 105-106.
- (2) ---- Hydrocarbon Processing; November, 1981; pág. 121.
- (3) Austin, G.T.; Chemical Engineering; January 21, 1974; pags. 127-128.
- (4) Baker, William R.; Plant Engineering; File # 9001; May, 1978; pags. 171-176.
- (5) Church, J.M. and Joshi, H.K.; Industrial and Engineering Chemistry; Vol. 43, No. 8; August, 1951; pags. 1804-1811.
- (6) Guccione, E.; Chemical Engineering; December 9, 1963; pags. 150-152.
- (7) Holland, F.A., Watson, F.A. and Wilkinson, J.K.; Chemical Engineering; - June 25, 1973; pags. 103-107.
- (8) Ibid; July 23, 1973; pags. 118-121.
- (9) Ibid; August 20, 1973; pags. 139-144.
- (10) Ibid; September 17, 1973; pags. 123-126.
- (11) Ibid; October 1, 1973; pags. 80-86.
- (12) Jira, R., Blau, W. and Grimm, D.; Hydrocarbon Processing; Vol. 55, No. 3; March, 1976; pags. 97-100.
- (13) Othmer, D.F., Kon, K. and Igarashi, T.; Industrial and Engineering Chemistry; Vol. 48, No. 8; August, 1956; pags. 1258-1262.
- (14) Sherwood, P.W.; Petroleum Refiner; Vol. 34, No. 3; March, 1955; pags. - 201-206.

6.3 Publicaciones

- (1) Petróleos Mexicanos; Anuario Estadístico; Instituto Mexicano del Petróleo; México; 1983.
- (2) Petróleos Mexicanos; Memoria de Labores; Instituto Mexicano del Petróleo; México; 1975.
- (3) Ibid; 1976.
- (4) Ibid; 1977

- (5) Ibid; 1978.
- (6) Ibid; 1979.
- (7) Ibid; 1980.
- (8) Ibid; 1981.
- (9) Ibid; 1982.
- (10) Ibid; 1983.
- (11) Ibid; 1984.
- (12) Ibid; 1985.
- (13) Ibid; 1986.
- (14) Ibid; 1987.
- (15) Ibid; 1988.
- (16) Petróleos Mexicanos; Normas de Proyectos de Obras; Simbología de Equipo de Proceso; Norma No. 2.401.01; México; 1987.
- (17) Secretaría de Programación y Presupuesto; Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; México; 1979.
- (18) Secretaría de Programación y Presupuesto; Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática; México; 1979.
- (19) Ibid; 1983.

6.4 Referencias

- (1) Petróleos Mexicanos; Memoria de Labores; Instituto Mexicano del Petróleo; México; 1980 - 1988.
- (2) Hahn, Albert G.; The Petrochemical Industry; Market Economics; Mc. Graw - Hill Company; U.S.A.; 1970; pág. 244.
- (3) Choppin, G.R.; Química; 5a. reimpresión; Publicaciones Cultural, S.A.; - México; 1973; pág. 529 Figura 29.5.
- (4) Ibid
- (5) Hearst, J.E. and Ifft, J.B.; Contemporary Chemistry; W.H. Freeman and Company; U.S.A.; 1981; pág. 225.
- (6) ----- UHDE

- (7) Hahn, Albert G.; The Petrochemical Industry; Market and Economics; Mc. - Graw Hill Company; U.S.A.; 1970; pág. 245.
- (8) Petróleos Mexicanos; Memoria de Labores; Instituto Mexicano del Petróleo; México; 1975 - 1988.
- (9) Ibid.