

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



PROYECTO DE UNA PLANTA DE CLORURO DE URILCO

TESIS

QUE PRESENTAN LOS PASANTES

Alejandra Palomares Gorham y Pablo Castro Gonzalez

EN OPCION AL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

MONTERREY, N. L.

MARZO DE 2001

TL
QD281
.P6
P3
c.1

5



1080078154



$$\begin{array}{r} 11 \\ 4 \\ 5 \\ \hline 32 \\ \hline 48 \\ 3 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 90 \\ 105 \\ \hline 540 \\ 40 \\ \hline 720 \end{array}$$

$$\frac{2}{\cancel{96}} = \frac{48}{\cancel{720}}$$

$$\frac{48}{\cancel{720}} = 96$$

INVENTARIADO
AUDITORIA
U. A. N. L.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



"ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA DE CLORURO DE VINILO"

TESIS

QUE PRESENTAN LOS PASANTES

Alejandro Palomares Gorham y Pablo Cántú González

EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

T
9 D 281
- P 6 3



A MIS PADRES:

SR. PABLO B. CANTU

SRA. GREGORIA GONZALEZ DE CANTU,

A MIS HERMANOS

A MIS MAESTROS Y AMIGOS.

A MIS PADRES:

SR. ALEJANDRO PALOMARES GONZALEZ,

SRA. PAULA GORHAM DE PALOMARES.

A MIS HERMANOS

A MIS MAESTROS Y AMIGOS

CON NUESTRO AGRADECIMIENTO A LOS SEÑORES INGENIEROS - -
RICARDO SALGADO GUTIERREZ, CARLOS ORTEGA ARGUELLES y -
EZEQUIEL CASTILLO PRIETO POR SU COLABORACION EN LA REVI
SION DE ESTE TRABAJO.

I N D I C E

CAPITULO	Página
✓ INTRODUCCION .	1 -
✓ I.- HISTORIA PROPIEDADES Y USOS DEL MONOMERO DE CLORURO DE VINILO.	3
II.- ESTUDIO DEL MERCADO Y DETERMINACION DE LA - CAPACIDAD DE LA PLANTA.	7
✓ III.- SELECCION DEL PROCESO .	16 -
③ IV.- DESCRIPCION DEL PROCESO.	21
V.- LOCALIZACION DE LA PLANTA.	26 -
④ VI.- DISEÑO DEL EQUIPO - CALCULOS.	31 -
1.- Balance de Materia y Energía.	
2.- Cálculos y especificaciones del Equipo principal.	
VII.- MANEJO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL MONOMERO DE CLORURO DE VINILO.	63 -
✓ VIII.- ESTIMACION DE COSTOS.	68
✓ IX.- ANALISIS ECONOMICO.	75
X.- CONCLUSIONES.	76
BIBLIOGRAFIA.	77

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

La industria química puede definirse como la actividad industrial que basa sus procesos productivos en las posibilidades de combinación de la materia y transformación de la energía, así como en las condiciones a que se deban someter, con el objeto de obtener productos diferentes a sus materias primas.

La industria química es uno de los sectores más interrelacionados. La fabricación de un producto crea consumo para otro que se denomina intermedio y así hasta llegar a las materias primas básicas que actualmente se obtienen, en su mayoría, del petróleo. Esta es una de las razones de su dinamismo y de su continua demanda de nuevas inversiones.

México es un país en pleno desarrollo e industrialización, pero ese crecimiento, en gran parte, está pautado por el crecimiento de la industria química que, como dijimos, es de las de mayor actividad económica.

Desafortunadamente muchos de los productos que México necesita para su desarrollo debe importarlos pues no está en posibilidad de producirlos aún; dentro de éstos se encuentran muchos productos químicos, si no díganlo las siguientes cifras; en 1964 se importaron más de 6,000 diferentes por valor de 2,520 millones de pesos.

Entre todos esos productos se incluyen muchos petroquímicos, y como se ve, en conjunto representan una importante fuente de fuga de divisas al exterior.

México con su potencial petrolífero dispone de las bases suficientes para la obtención de petroquímicos que ahora se importan.

El presente trabajo tiene como propósito hacer un estudio para ver la conveniencia de instalar una planta en México para la obtención de un producto de los denominados petroquímicos: el Monómero de Cloruro de Vinilo - (C.V.).

Incluye desde estudio del mercado hasta diseño del equipo, para concluir con el análisis económico final que es en última instancia lo que nos justificará dicho proyecto.

CAPITULO I.- HISTORIA, PROPIEDADES Y USOS DEL
MONOMERO DE CLORURO DE VINILO

El Cloruro de Vinilo fué preparado por primera vez en 1835 por Regnault, mezclando dicloruro de etileno - El aceite de los químicos Holandeses- con la solución alcohólica de hidróxido de potasio. En 1872 Baumann- polimerizó haluros de vinilo a sólidas masas blancas "no afectadas por solventes ó ácidos ". Ostromislensky fué el primero en investigar tales polímeros para explotación comercial; en 1912 estuvo publicando patentes sobre la producción de artefactos de caucho como masas de haluros de vinilo polimerizado.

La literatura antes de 1930 describe muchos polímeros de vinilo, métodos de procesado de ellos y sus aplicaciones.

No fue sino hasta 1927, cuando estas resinas basadas en el cloruro de vinilo fueron experimentalmente propuestas, y no hasta 1933 que ellas fueron hechas en cantidades comerciales. Durante este período la Carbide And Carbon Chemicals Corporations (Ahora Unión Carbide Chemicals Company) propuso la primera serie de "Resinas Vinílicas".

"Vinilite" series "A" fueron polimeros del vinil acetato; "Vinilite" series "V" fueron copolímeros del cloruro de vinilo; y "Vinilite" series "Q" fueron polimeros del cloruro de vinilo. Las resinas copolímeras con acetato de vinilo fueron inicialmente promovidas porque fueron más solubles en solventes comunes y más fácilmente procesadas para primeros usos como revestimientos (Barriles de cerveza forrados) con un aumento en la capacidad de procesado y plastificado; sin embargo, el cloruro de polivinilo tiene tiempo de ir adelante de los derivados copolímeros como la mejor resina --

vinílica. Ahora bien, el interés en los copolímeros está empezando a --
aumentar debido a ciertas propiedades especiales en su composición.

El potencial de diseminación de los plásticos vinílicos viene a ser --
aparente durante la segunda guerra Mundial, cuando los militares consumie-
ron casi todas las resinas producidas.

En general, las resinas vinílicas deben su notable crecimiento a su --
sobresaliente resistencia química, facilidad de proceso, durabilidad mecá-
nica y su amplio rango de colores y patrón de formación.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS MAS IMPORTANTES:

Nombre:	Cloruro de Vinilo, Cloroetileno, Cloroeteno.
Nombre común:	Cloruro de Vinilo.
Fórmula:	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
Estado Físico:	Gas a temperatura y presión ordinaria; líquido, bajo presión en cilindros o recipientes a temperatura ambiente.
Color:	Incoloro o blanco agua.
Olor:	Agradable.
Peso Molecular:	62.50 grs./gr.mol.
Punto de ebullición:	- 13.8 °C. (7 °F).
Punto de Congelación:	- 153.71 °C. (245 °F).
Presión crítica:	52.7 Atm.
Temperatura crítica:	158.4 °C. (317 °F).
Gravedad específica:	0.9121 a 20/20 °C.) (agua 1.0)
Viscosidad del líquido a 25.0 °C:	0.193 C. P.
Calor específico:	
líquido a 25 °C	0.380 Cal/gr- °C
Vapor a 25 °C	0.207 Cal/gr- °C.
Calor de vaporización a 25 °C:	71.38 Cal/gr.
Calor de fusión:	18.4 Cal/gr.
Punto de ignición:	272.2 °C. (522 °F).
Calor de polimerización Std:	400 Cal/gr.
Límite de explosividad en aire:	4.22 % en volumen.
Presión de vapor a 20 °C:	2580 mm. de Hg.
Reactividad:	Polimeriza rápidamente en presencia de aire, luz solar, oxígeno o calor.
Solubilidad en agua:	0.11 %
Soluble en tetracloruro de carbono, eter, alcohol etílico y en la mayoría de los solventes orgánicos.	
Propiedades peligrosas: El más alto límite de concentración que puede permitirse para evitar peligros a la salud, es de 500 ppm.	

Los vapores del Cloruro de Vinilo (monomero) forman mezclas inflamables con aire a temperaturas arriba de 78°C (-108.6°F.).

Especificaciones del monomero de Cloruro de Vinilo comercial:

Material	Maximo	(ppm)
Acidez como HCl		10
Aldehido (Acetaldehido)		5
Acetileno		2
Fierro		0.5
Azufre		200
Agua		10
Ne volatiles		0.5

USOS DEL MONOMERO DE CLORURO DE VINILO.-

El monomero de Cloruro de Vinilo se polimeriza a PVC, usandose en esta forma en:

Conductores electricos, plastisoles, peliculas y hojas para usos agricolas, discos fonograficos, moldeos por inyección, moldeos y extrusión rígida, telas plásticas, tubos o conexiones, laminas para exteriores, locetas para pisos, juguetes, etc. La más nueva aplicación de resinas vinílicas, es la industria del calzado, pues se ha encontrado que son mejores y mas economicos que las pieles.

CAPITULO II.

ESTUDIO DEL MERCADO Y DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.-

Durante la última década México ha afirmado su ritmo de crecimiento económico y ha pasado de ser país subdesarrollado a país en desarrollo.

Entre todos los sectores que han contribuido a lo anterior, la Industria Química ha tenido un desempeño notable, pues se trata de una industria totalmente dinámica, de cambio constante y altamente activa económicamente. A continuación presentamos algunos datos que así lo confirman:

En la Grafica No. 1, la Sociedad Mexicana de Crédito Industrial, S.A., representa el crecimiento del consumo de productos químicos en México durante la década 1955-1965, y detalla todos los factores Producción, Importación y Exportación con respecto a su valor económico. Podemos notar que el aumento en la producción de productos químicos ha sido notable un crecimiento de 330% aproximadamente; pero por otra parte, debemos observar que el aumento en las importaciones fue de un poco más de 100%.

Durante 1967 México mantuvo el ritmo de crecimiento que lo ha caracterizado, habiéndole acelerado mas aun la industria Química. En ese año la producción de las empresas Químicas ascendió a 14,148 millones de pesos, con un incremento de 12% con respecto a 1966. (1)

En lo que respecta a inversiones, en 1967 el sector privado gastó 2,575 millones de pesos en incremento de la inversión fija de la industria Química; para este año se espera que la inversión privada alcance por lo

menos la cifra de 3,000 millones de pesos. Siguiendo a ese ritmo es de --
esperarse que para 1972, la producción de las empresas químicas llegue a --
19,000 millones de pesos. (1)

Aunque hemos visto el gran crecimiento de la industria Química, es indudable que no ha llegado a su completa integración, lo que se muestra por lo siguiente:

En 1967 las importaciones alcanzaron la cifra de 3,060 millones de pesos, cantidad bastante alta y que representa una fuerte salida de divisas al exterior. Entre toda la gama de productos químicos importados, el producto de que tratamos (monómero de cloruro de vinilo), ocupa un lugar destacado pues sus importaciones son altas, como se verá más tarde.

Durante los últimos años la química de los derivados del petróleo (Petroquímica) ha crecido notablemente, debido principalmente al potencial petrolífero de México. Ciertamente de ello, y de que los productos petroquímicos (el monómero de cloruro de vinilo entre ellos) son básicos para la industria, el gobierno de México ha reglamentado dicho sector haciendo uso de la "LEGISLACION PETROQUIMICA", basada ésta, en cuanto a nuestros recursos naturales se refiere, en el artículo 27 Constitucional.

De esa manera se desea impulsar el desarrollo de la Petroquímica, a fin de que toda esa gama de productos puedan ser obtenidos en México.

Hablando concretamente, del cloruro de vinilo, durante 1966 se importaron 18,592 toneladas, y aproximadamente 25,000 durante 1967. Esas cantidades representan el mercado mexicano para ese producto, ya que hasta 1967 no se producía en México. Durante ese año PEMEX comenzó las pruebas de operación de una Planta, la cual se tomará en cuenta al determinar la --

capacidad de la muestra.

A continuación se presenta una Tabla que nos muestra como han crecido las importaciones del Cloruro de Vinilo en México, que representan también el mercado existente.

T A B L A N o . 1

IMPORTACIONES DEL MONOMERO DE CLORURO DE VINILO

A Ñ O	KILOGRAMOS	VALOR EN PESOS
1957	1;226,581	\$ 3;851,991.00
1958	1;789,335	" 5;760,430.00
1959	2;660,882	" 8;347,996.00
1960	4;702,000	" 16;535,000.00
1961	4;551,980	" 15;952,958.00
1962	6;720,086	" 23;270,712.00
1963	8;897,279	" 24;581,434.00
1964	12;239,000	" 30;700,000.00
1965	13;608,777	" 28;931,831.00
1966	18;592,000	" 38;409,000.00
1967	25;000,000	----

En la fecha en que se hizo la anterior Tabla, la Secretaría de Industria y Comercio todavía no editaba un Anuario Estadístico para 1967, y el valor que se cita de 25,000 toneladas, fúe un valor estimativo de consumo-obtenido de las compañías que consumen el Cloruro de Vinilo.

COMPAÑIAS QUE CONSUMEN CLORURO DE VINILO Y SU LOCALIZACION .

(3).-

1.- GEON DE MEXICO, S. A.

Elabora polímeros de suspensión y de emulsión para todas las aplicaciones comunes de la industria de los plásticos, así como copolímeros con acetato de vinilo y Cloruro de Vinilideno.

Localización: Edo. de México,

2.- MONSANTO MEXICANA, S. A.

Produce polímeros en suspensión.

Localización: Edo. de México.

3.- HENKEL-ONYXMEX, S. A.

Produce Cloruro de Polivinilo.

Localización: Edo. de México,

4.- PLASTICOS OMEGA, S. A.

Produce Cloruro de Polivinilo y Copolímeros de Cloruro y Acetato de -- Vinilo.

Localización: México, D. F.

5.- PROMOCIONES INDUSTRIALES MEXICANAS, S. A.

Produce Cloruro de Polivinilo.

Localización: Puebla, Pue.

6.- ESPECIALIDADES INDUSTRIALES Y QUIMICAS, S. A.

Produce compuestos de Cloruro de Polivinilo para moldeo.

Localización: Estado de México.

Las compañías citadas son solo las más importantes y puede considerarse que representan cuando menos un 80% de nuestro mercado, el cual como se ve está concentrado en el centro del País. El restante 20% está diseminado en el Norte y Suroeste de México.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.

A fin de determinar la capacidad de nuestra Planta, debemos ver la tendencia del mercado y las Plantas ya existentes. PEMEX instaló en Pajaritos (Coatzacoalcos, Ver.) una Planta con capacidad de 18,000 toneladas anuales, la cual termino de construirse a principios de 1967; sin embargo, ese año sólo produjo 690 toneladas por encontrarse en pruebas de operación, esperandose que sea hasta este año cuando opere a capacidad normal.

Aun cuando se cuente con esta Planta, el mercado no será abastecido completamente, lo cual se verá a continuación; con los datos de importaciones se preparó la Gráfica que se adjunta y utilizando el método de los mínimos cuadrados, se determinó la ecuación de regresión que relaciona las cantidades de Cloruro de Vinilo importado con respecto al número de años. Con dicha ecuación y suponiendo las importaciones iguales al consumo, se fijó la capacidad de la Planta.

$$Y = 25.76 X - 63.67$$

(ECUACION DE REGRESION)

Se adjuntan cálculos al final.

Esta ecuación nos sirve para calcular las importaciones de Cloruro de Vinilo en el futuro, los cuales equivalen al consumo. Con dos valores de X - obtenemos dos de Y, dándonos la línea recta que aparece en la Gráfica que se adjunta. Las importaciones en 1970 y 1975 serán:

CONSUMO		TONELADAS
Año	1970:	29,697
	" 1975:	42,577

Suponiendo que nuestra Planta empiece a operar en 1971, y considerando la Planta de pemex, se decidió fijar la capacidad de la misma en 18,000 toneladas anuales.

Trabajando 350 días por año, la capacidad diaria será de 51.428 toneladas.

REFERENCIAS:

- 1.- Datos de ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química).
- 2.- Anuario Estadístico del Comercio Exterior. Secretaría de Industria y Comercio .
- 3.- Revista: Producción Química Mexicana.

T A B L A No. 2

A Ñ O S		TONS. (10 ⁻²)			
X		Y	X ²	Y ²	XY
57	1	12.26	1	150.30	12.26
58	2	17.89	4	320.05	35.78
59	3	26.60	9	707.56	79.80
60	4	47.02	16	2,210.88	188.08
61	5	45.51	25	2,071.16	227.85
62	6	67.20	36	4,515.84	403.20
63	7	88.97	49	7,915.66	622.79
64	8	122.39	64	14,979.31	979.12
65	9	136.08	81	18,517.76	1224.72
66	10	185.92	100	34,566.24	1859.20
67	<u>11</u>	<u>250.00</u>	<u>121</u>	<u>62,500.00</u>	<u>2750.00</u>
X=66		Y=999.84	X ² =506	Y ² =148,454.76	XY=8,382.50

$$\bar{X} = \frac{66}{11} = 6.0$$

$$\bar{Y} = \frac{999.84}{11} = 90.89$$

$$r = \frac{\sum XY - N \bar{X} \bar{Y}}{\left[(\sum X^2 - N \bar{X}^2) (\sum Y^2 - N \bar{Y}^2) \right]^{1/2}} : \text{coef. de correlación}$$

$$(1) \quad r = \frac{8,832.50 - (11)(6.0)(90.89)}{\left[(506 - 11 \times 36) (148,454.76 - 11 \times 8260.99) \right]^{1/2}} = 0.896$$

$$(2) \quad Y = mX + b \quad m = \frac{\sum XY - N \bar{X} \bar{Y}}{\sum X^2 - N \bar{X}^2}$$

$$b = \bar{Y} - m\bar{X}$$

$$m = \frac{8,832.50 - (11)(6)(90.89)}{506 - (11)(6)^2} = 25.76$$

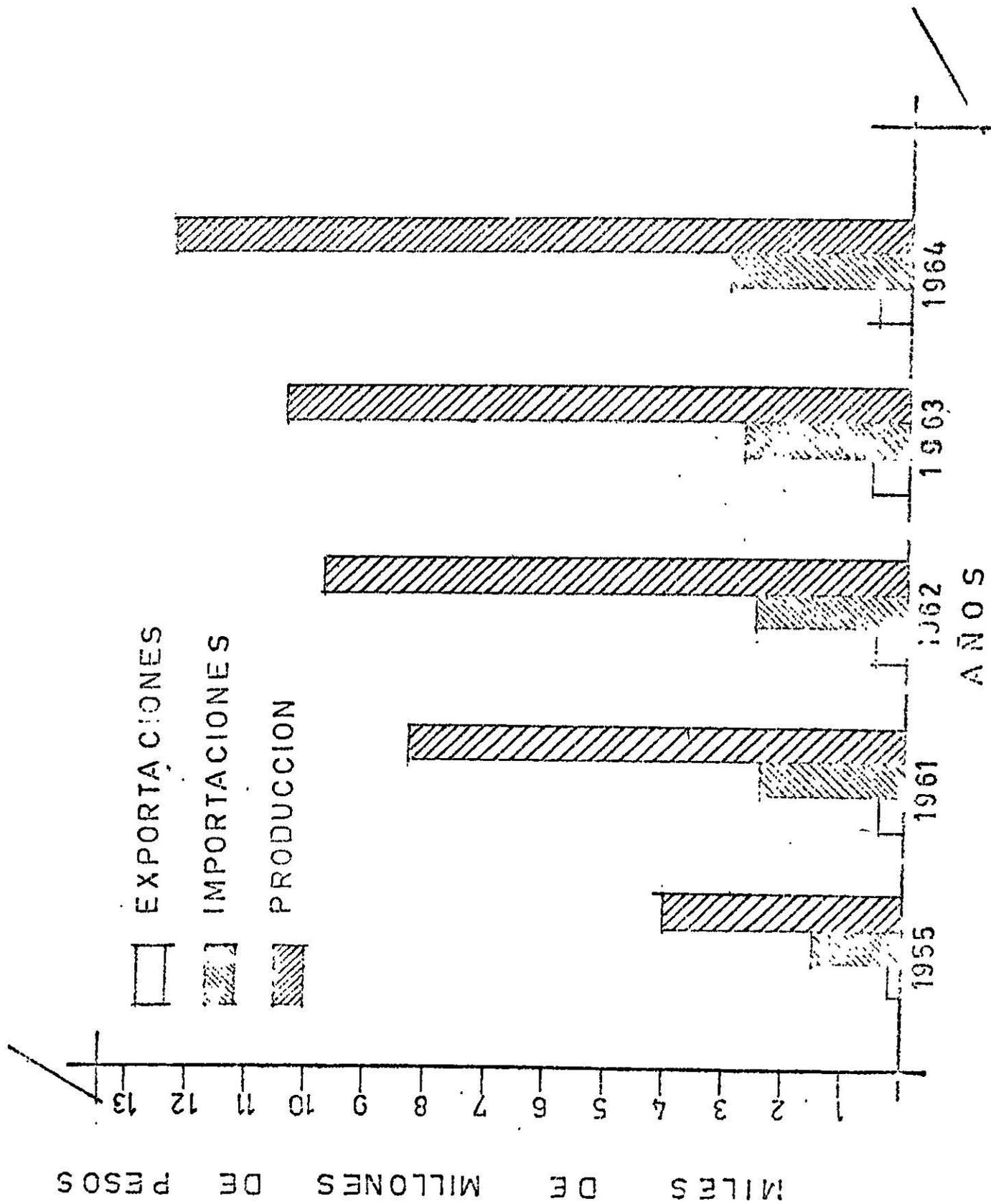
$$b = 90.89 - (25.76)(6)$$

$$b = -63.67$$

$$Y = 25.76 X - 63.67$$

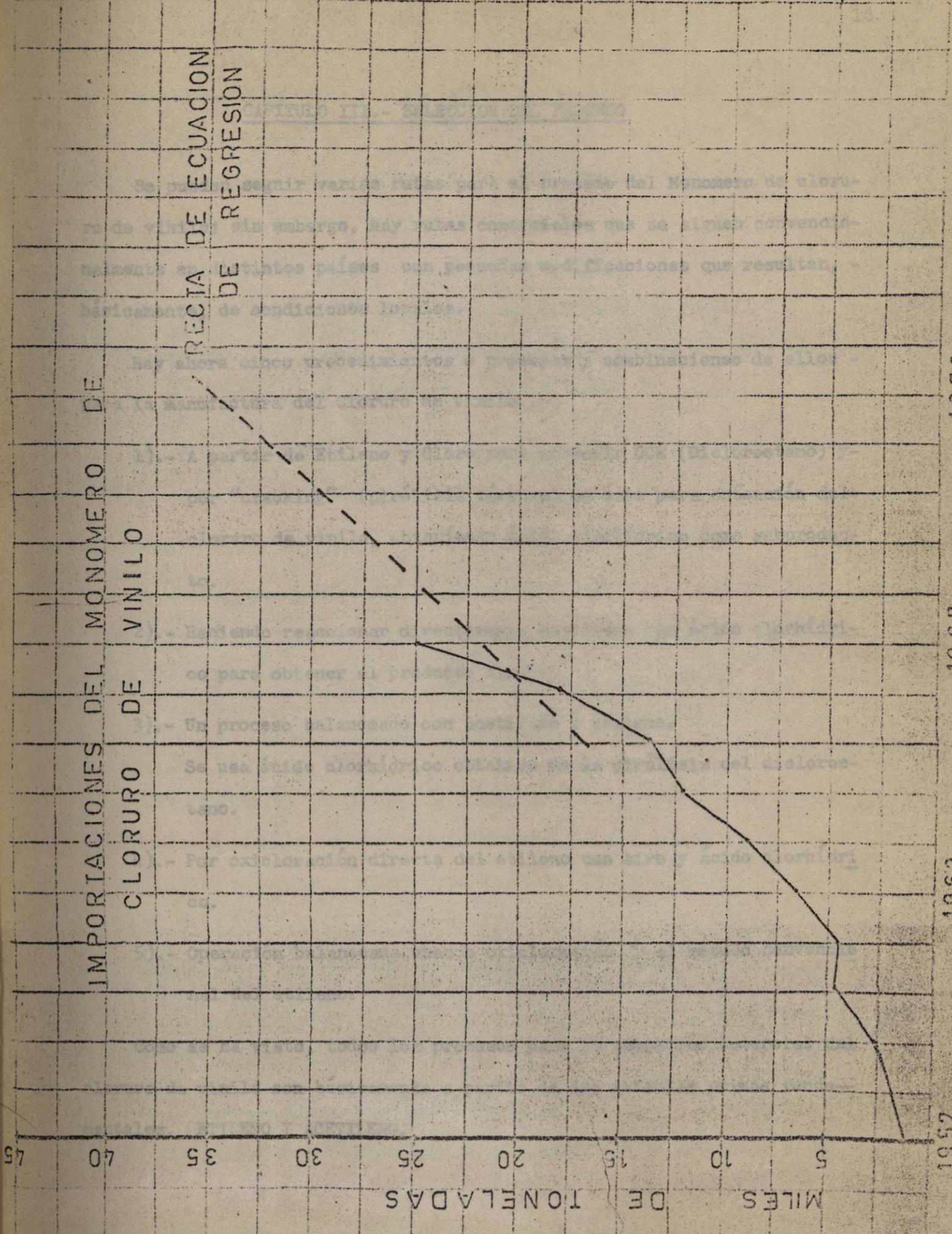
- (1) El valor próximo a la unidad nos indica la validez de la ecuación que se establecerá.
- (2) Ec. de recta de regresión.

QUIMICOS EN MEXICO



IMPORTACIONES DEL MONOMERO DE
CLORURO DE VINILO

RECTA DE ECUACION
DE REGRESION



1957

1962

1967

1972

1977

CAPITULO III.- SELECCION DEL PROCESO

Se pueden seguir varias rutas para el proceso del Monomero de cloruro de vinilo; sin embargo, hay rutas comerciales que se siguen convencionalmente en distintos países con pequeñas modificaciones que resultan, básicamente, de condiciones locales.

Hay ahora cinco procedimientos o procesos y combinaciones de ellos para la manufactura del Cloruro de Vinilo.

- 1).- A partir de Etileno y Cloro para producir DCE (Dicloroetano) y por "cracking" (pirólisis térmica) de éste para obtención del cloruro de vinilo, obteniendo ácido clorhídrico como subproducto.
- 2).- Haciendo reaccionar directamente acetileno con ácido clorhídrico para obtener el producto final.
- 3).- Un proceso balanceado con acetileno y etileno.
Se usa ácido clorhídrico obtenido de la pirólisis del dicloroetano.
- 4).- Por oxiclорación directa del etileno con aire y ácido clorhídrico.
- 5).- Operación balanceada usando oxiclорación y el método convencional del etileno.

Como se ha visto, todos los procesos para la obtención comercial del cloruro de vinilo son básicamente a partir de dos materias primas fundamentales. ETILENO Y ACETILENO.

Los demás procesos son derivaciones de los fundamentales, efectuadas por las necesidades locales, ya sea de disponibilidad de materias primas o por la difícil utilización de los subproductos de la reacción, en este caso, el ácido clorhídrico.

Existen otros procedimientos para la manufactura del cloruro de vinilo, pero que no han llegado a escala comercial, estando todavía a escala de laboratorio; por ejemplo la reacción del dicloroetano con sosa cáustica para obtener cloruro de vinilo y sal común como subproducto.

Se hará una descripción somera de los procedimientos 1, 2 y 5, los demás sólo son combinaciones de éstos.

Cloruro de vinilo a partir de etileno y cloro.-

Este procedimiento consta de dos etapas: primeramente se hacen reaccionar etileno y cloro para producir dicloroetano según la siguiente reacción:



Posteriormente, en la segunda etapa, el dicloroetano pierde una molécula de ácido clorhídrico por tratamiento térmico (cracking) en un horno de pirólisis, produciendo cloruro de vinilo.



Cloruro de vinilo a partir de acetileno y ácido clorhídrico.

En el proceso clásico de acetileno, el cloruro de vinilo es producido haciendo reaccionar ácido clorhídrico y acetileno en presencia de un -

catalizador, corrientemente cloruro mercurico en soporte de carbón. La reacción se lleva a cabo en un reactor tubular y el gas que fluye es enfriado y el cloruro de vinilo purificado por destilación.

Operación balanceada de oxiclорación:

El término oxiclорación se refiere en general a toda reacción en la que una mezcla de oxígeno y ácido clorhídrico interviene para llevar a cabo una reacción de clорación. En nuestro caso, oxiclорación es la combinación del ácido clorhídrico procedente de la pirólisis del dicloroetano, (Obtenido éste de la reacción convencional de cloro con etileno) para producir la clорación del etileno a dicloroetano según la siguiente reacción:



El dicloroetano producido de esta manera va a un horno de pirólisis donde por desintegración térmica pierde una molécula de ácido clorhídrico para dar como producto el cloruro de vinilo.

Para cualquiera de estos caminos, los costos fijos de producción son bajos frente al capital por kilo de producto. En última instancia, la decisión económica dependerá de los costos relativos de acetileno y etileno y del valor del ácido clorhídrico obtenido como subproducto.

Los costos de acetileno y etileno generalmente son fijos para un lugar determinado, por lo tanto las alternativas que se presentan dependerán del subproducto. En los casos en que el ácido clorhídrico pueda ser utilizado en un proceso químico, se le puede asignar un valor, pero en caso contrario tendremos en las plantas de cloruro de vinilo por el método convencional, alrededor de 600 Kg de HCl/Tn de C. V.

En México hay una capacidad instalada para la producción de ácido clorhídrico de 45,000 toneladas anuales, sin embargo, el consumo no llega más que a 20,000 toneladas anuales, y por supuesto todas las plantas productoras de ácido clorhídrico trabajan por abajo de su capacidad, mas aun- siendo que la producción de ácido clorhídrico está regida por el consumo de cloro en los casos de procedimientos electrolíticos.

Como ya se mencionó, los procedimientos comerciales para la producción de cloruro de vinilo dependen de las circunstancias locales en cuanto a las materias primas y subproducto. Vimos como sería incosteable un procedimiento con ácido clorhídrico como subproducto pues no podríamos venderle -- por la poca demanda.

En lo que respecta al acetileno, el camino sería a partir del carburo de calcio (CaC_2) actualmente existe capacidad en México para 4,200 toneladas al año, pero sólo están produciéndose 3,000 , sin embargo, dicho procedimiento es totalmente antieconómico pues nos dá un coste de acetileno que se reflejaría en un alto costo del cloruro de vinilo .

Enfocando al etileno, existe en el país suficiente capacidad instalada y por instalarse en un futuro no muy lejano. En Reynosa, Tamaulipas, hay una planta de etileno con capacidad para 36,500 toneladas anuales, y en el Complejo Petroquímico de Pajaritos (Coatzacoalcos, Ver.) está por -- iniciar sus operaciones otra para la misma capacidad y está en diseño otra más para 180,000 toneladas por año, la cual quedará instalada en el mismo lugar.

En concreto, puede verse que los procesos que implican acetileno como materia prima no son convenientes por el alto precio del mismo. El pre--

ceso balanceado con acetileno y etileno presenta los inconvenientes de utilizar dos plantas en vez de una mayor, sobre todo para operaciones pequeñas pues en última instancia habrá un incremento en el costo por unidad de producción y en la mano de obra.

En el proceso de oxiclорación directa del etileno se tiene el inconveniente de que actualmente está en fase de planta piloto y no se han comercializado completamente, por lo que no se consideró.

Concretando en base a lo que ya expuesto, llegamos a la decisión de utilizar el método de oxiclорación balanceada con la clорación convencional del etileno, pues es el método más conveniente para las condiciones actuales de nuestro país.

CAPITULO IV.- DESCRIPCION DEL PROCESO

Para la mejor descripción del método de oxiclорación de producción de cloruro de vinilo, dividiremos dicho proceso en cuatro partes:

- 1.- Sección de Cloración convencional.
- 2.- Sección de Oxiclорación.
- 3.- Sección de Desintegración térmica.
- 4.- Sección de purificación del producto.

1.- Sección de Cloración convencional: En esta parte del proceso se produce una parte del dicloroetano (DCE) . La cloración del etileno se efectúa por medio de la siguiente reacción:



la cual se lleva a cabo en un reactor tubular catalítico de cama fija, -- (R-101). Al reactor se alimentan cloro y etileno en forma gaseosa, y está parcialmente lleno con Dicloroetano y el catalizador (Cloruro férrico) suspendido. Los productos de salida del reactor son principalmente Dicloroetano, tricloroetano y etileno que no reaccionó.

El reactor está provisto de un condensador (C-101) donde se condensan el Dicloroetano y el tricloroetano; después todos los productos pasan a un separador de fases. De aquí una porción del Dicloroetano se recircula al reactor para mantener el volumen del líquido, pasando antes por un cambiador de calor (E-101) donde se enfría y se alimenta al reactor con-

tribuyendo a disminuir el calor de reacción. El etileno que no reaccionó y el nitrógeno van a la atmósfera. La otra porción, dicloro y tricloroetano va a un neutralizador con sosa 10%, donde se elimina cualquier cantidad de H₂O que pudiera tener.

2.- Sección de Oxidación.-

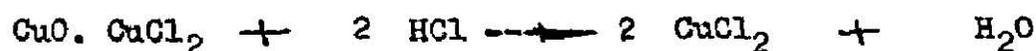
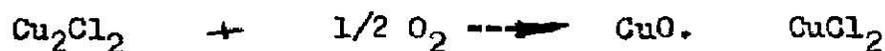
En esta sección es donde se efectúa la reacción que da el nombre al proceso. Como ya mencionamos, el término oxidación se refiere en general a toda reacción en que una mezcla de oxígeno y ácido clorhídrico - interviene para llevar a cabo una cloración. La reacción es la siguiente:



Este proceso es relativamente nuevo pues se ha comercializado en los últimos años. Sin embargo, la oxidación de hidrocarburos fue concebido por el año de 1922. Actualmente sólo algunas pocas compañías lo han comercializado (TOYO SODA de Japón y DOW CHEMICAL de Estados Unidos).

En esta parte del proceso, la reacción de oxidación se lleva a cabo en un reactor tubular catalítico de cama fija (R-201). Se alimentan etileno y ácido clorhídrico (cloruro de hidrógeno) que reaccionan sobre un catalizador de cloruro cuprico.

Las reacciones se pueden representar así:



El control de la temperatura es crítico en una reacción de oxiclora-- ción, pues existe una temperatura optima. Si la temperatura cae demasiado por debajo del punto óptimo, es difícil continuar la reacción. Pero una -- temperatura demasiado alta es causa de formación de compuestos con mayor -- contenido en cloro que el deseado. Los reactores catalíticos empleados -- en la oxiclорación, tienden a formar focos de recalentamiento, que son cau-- sa de un mal control de temperatura y pueden llegar a vaporizar el cataliza-- dor y producir su migración a través del lecho.

Algunas soluciones han sido propuestas para el problema de control de temperatura y el de los focos de recalentamiento. Una de las soluciones -- es la de llevar a cabo la reacción en lecho catalítico fluidizando; otra es la de utilizar materiales inertes de relleno, tales como carburo de silicio en un lecho fijo de catalizador.

Sin embargo, los detalles específicos de tales procesos estan actual-- mente considerados como propiedad exclusiva de los interesados y no se dispone de bibliografía suficiente, por lo que se optó utilizar un reactor catalítico de cama fija para nuestro proceso.

Siguiendo con la descripción de nuestro proceso: los productos de salida del reactor son: Dicloroetano, Tricloroetano, agua de reacción, etile-- no que no reaccione y el oxígeno en exceso. Pasan por un condensador -- (C-201) donde se condensan el dicloroetano, tricloroetano y agua; ensegui-- da pasan a un separador de fases donde el etileno y el oxígeno salen por -- venteo. El agua de reacción va al drenaje y sólo una poca (soluble en -- los dos compuestos) sigue con ellos, y van al absorbedor con sosa que ya -- se mencionó.

El neutralizador recibe el dicloroetano impurificado con tricloroetano y agua, recibe sosa 10% también y se elimina casi toda el agua. La sosa -- esta recirculándose y al diluirse a 9.2% se utiliza para otros fines. En seguida el dicloroetano se manda a un tanque almacén de ese producto crudo.

Del tanque almacén de DCE crudo se envía a una torre de rectificación a presión atmosférica (TD-401) donde se obtiene dicloroetano de alta pureza: 99.99%.

El dicloroetano puro va a un tanque almacén. (TA-102). De éste se envía a un vaporizador (RB-301) con serpentín interno, el cual lo vaporiza y en estado gaseoso lo envía al horno pirolítico, donde se efectúa el "cracking" termico.

3.- Sección de desintegración térmica.-

La desintegración térmica del dicloroetano para la formación del cloruro de vinilo se lleva a cabo en un horno pirolítico. (F-300). Está compuesto de un solo tubo en forma de serpentín; el dicloroetano se alimenta gaseoso y sufre el cracking mediante calor proporcionado quemando gas natural.

Cuando la pirólisis se lleva a cabo en tubos de gran diámetro se forman como subproductos sustancias carboníferas de alto punto de ebullición -- que obstruyen el tubo.

Cuando esto sucede, el equipo debe ser parado periódicamente para su limpieza. Sin embargo, merced a la experiencia, se ha encontrado que la mejor manera de evitar dichos problemas es seleccionar un solo tubo, que en nuestro caso será de 6.35 cms. de diámetro y sin catalizador alguno para no producir obstrucciones con los depósitos de sustancias carboníferas;--

además, a altas temperaturas del orden de 900 - 1000^oF. se reducen a un mínimo los depósitos de carbón. El dicloroetano se alimenta al horno por medio de una bomba que produce 25 atmósferas en la descarga.

Los productos de salida van a una alta temperatura (500^o C) y salen pasando por un cambiador de calor, enfriado por aire que disminuye su temperatura a 50^o C.

4.- Sección de purificación de producto.-

Después de pasar por el cambiador los productos (cloruro de vinilo, ácido clorhídrico y dicloroetano que no reaccionó) van a una sección de destilación. En la primera torre (TD-481) que es sólo de separación, sale el cloruro de hidrógeno por la parte superior y va al reactor de oxiclora- ción para la producción de dicloroetano. Por la parte inferior sale -- cloruro de vinilo con algo de dicloroetano. Se alimentan a una torre de rectificación (TD-402), obteniéndose por la parte inferior dicloroetano - puro que se envía al tanque almacén. Por la parte superior de la columna sale cloruro de vinilo de alta pureza que se envía a los tanques almacén, - donde se le agrega un inhibidor para prevenir su polimerización.

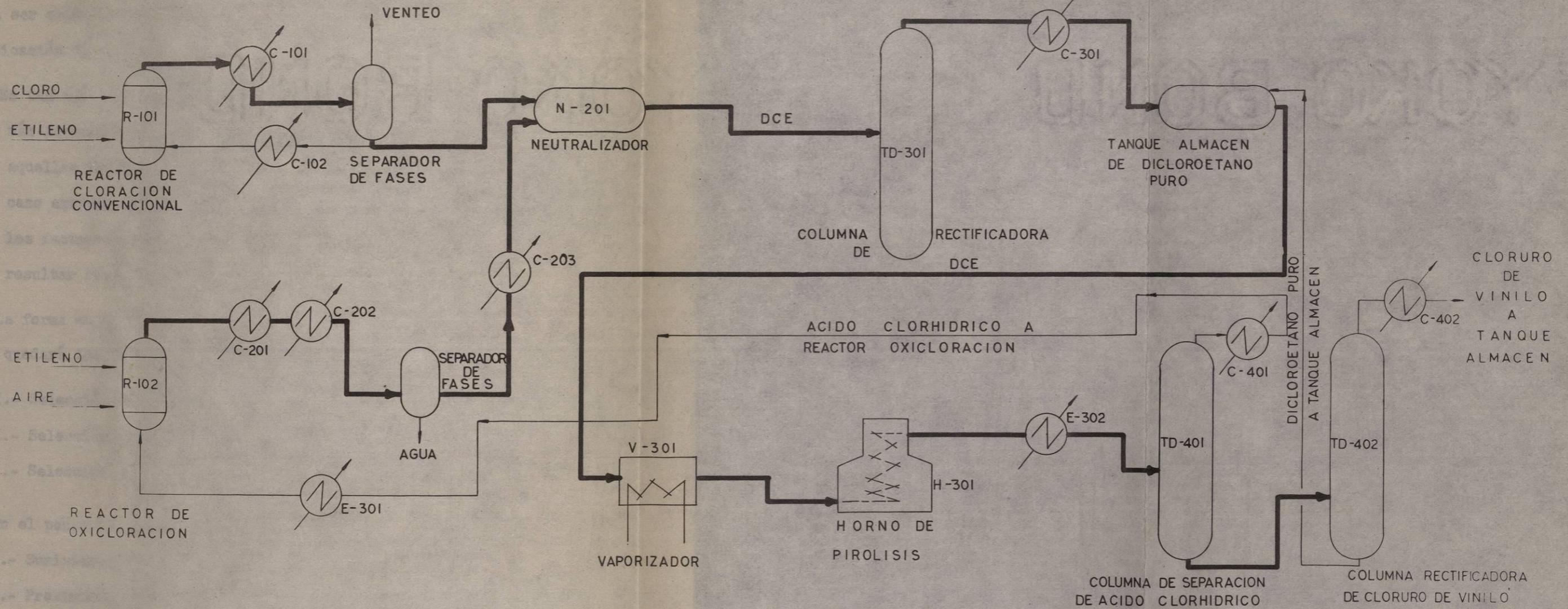


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE FLUJO PARA LA OBTENCION DE CLORURO DE VINILO VIA OXICLORACION

CAPITULO V.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

Durante el desarrollo de un proyecto una de las partes más importantes a ser consideradas en el planteamiento del mismo es la referida a la ubicación de la futura planta.

Es tan crítica esta decisión, que si la planta no se localiza en el lugar más favorable desde el punto de vista económico, pueden perderse -- todas aquellas ventajas que hacen que nuestro proceso sea competitivo. -- En un caso extremo, puede suceder que, si no se consideran cuidadosamente todos los factores debidos en la selección del lugar optimo, la planta -- puede resultar hasta inoperable.

La forma en que se debe proceder para una buena selección del lugar donde quedará localizada la planta, es la siguiente:

- I.- Selección de una zona geográfica.
- II.- Selección de una comunidad dentro de dicha zona.
- III.- Selección del sitio específico dentro de la comunidad.

En el punto No. I los factores a considerarse son los siguientes:

- 1.- Suministro de materias primas.
- 2.- Proximidad de mercados.
- 3.- Medios de transporte.
- 4.- Clima.
- 5.- Servicios (electricidad, agua, gas natural).

En el punto No. II deben considerarse los siguientes factores:

- 1.- Medios de comunicación o transporte (carretera y ferrocarril).

- 2.- Energía y combustibles, servicios.
- 3.- Disponibilidad de mano de obra.
- 4.- Actitud de la comunidad hacia la empresa.
- 5.- Impuestos y leyes.
- 6.- Nivel de vida.

En lo referente al sitio específico donde se instalará la planta, se considera:

- 1.- Topografía del terreno.
- 2.- Servicios públicos.
- 3.- Area suficiente para ampliaciones futuras.
- 4.- Cercanía de vías de comunicación.

En muchos casos alguno o algunos de los factores son determinantes - en la localización de la planta, quedando los demás en importancia relativamente secundaria.

Probablemente el factor que más influye en la selección del lugar - es la proximidad de las materias primas necesarias para esa industria. -- Esto es especialmente notable en aquellas industrias en las que la mate--ria prima es barata y muy voluminosa y se hace mas valiosa y de menor vo--lumen durante el proceso de fabricación.

DISCUSION DE LOS FACTORES CITADOS.

En el caso que nos ocupa, uno de los factores ciertamente muy pre--ponderante sobre los otros, es el que corresponde a las materias primas-- Etileno y Cloro.

ETILENO.-

En México sólo hay dos plantas que producen etileno, ambas pertenecientes a Pemex; una está instalada en Reynosa Tamaulipas y la otra en el Complejo Petroquímico de Pajaritos, Veracruz. Ambas tienen capacidad para 36,500 toneladas anuales. Más aún, está en diseño una planta de Etileno con capacidad de 180,000 toneladas anuales, para instalarse también en Pajaritos, Veracruz. Sin embargo, debemos hacer notar que casi la totalidad de la producción de etileno de la planta de Reynosa está destinada para la de Polietileno, situada esta cerca de la Refinería. También Pemex tiene pensado una ampliación en la planta de Polietileno, por lo que cualquier aumento en la producción de etileno iría a la misma parte.

Además, Pemex construyó un complejo de Cloro-Sosa en Pajaritos, Veracruz que está situada frente a la planta de etileno. Este complejo tiene capacidad para producir 35,000 toneladas anuales de Cloro. Pemex no llegó a arrancar este complejo, pues lo vendió a la iniciativa privada. Grupo Químico CYDSA, quien la puso en operación y tiene en proyecto aumentar al doble su capacidad de producción de Cloro Sosa.

De lo expuesto antes llegamos a la conclusión de que las ciudades elegidas para la instalación de nuestra Planta son: Reynosa, Tamaulipas y Coatzacoalcos, Veracruz.

A continuación se hace una breve discusión de ambas:

GOATZACOALCOS, VER.Materias Primas:

Etileno:	Ahí mismo	36,500	Tons./año.
	Futuras:	180,000	" "
			" "
Cloro:	Ahí mismo	35,000	Tons./año.
	Futuras:	35,000	" "

Mercado: Valle de México (a 600 Kms. aproximadamente)

Transporte: Disponible totalmente.

Clima: Húmedo, con precipitaciones y vientos más o menos huracanados.

Servicios:

- a) Electricidad: Disponible de la Hidroeléctrica de Malpaso, Chis.
- b) Agua - disponible
- c) Gas - de Poza Rica, Ver.

En cuanto a actividad de la comunidad y mane de obra, ambos aspectos son favorables, sobre todo tomando en cuenta de que se trata de una región relativamente nueva en cuanto a su industrialización.

REYNOSA, TAMPS.Materias Primas:

Etileno:	Ahí mismo	36,500	Tons./año.
Cloro:	De Monterrey y del Valle de México.		

Mercado: Valle de México (80%) y Monterrey.

Transportes: Disponibles.

Clima: Favorable.

Servicios:

- a) .- Agua: de la Presa Falcón.
- b) .- Gas: de la Refinería.
- c) .- Electricidad: Hidroeléctrica Falcón.

En los demás aspectos es favorable la situación.

De lo antes expuesto se llegó a la conclusión de que el lugar más --- adecuado es la ciudad de Coatzacoalcos, en los terrenos del Complejo Petroquímico de Pajaritos. Se llegó a dicha conclusión basados en los siguientes hechos notables:

- 1.- Materia prima ilimitada obtenible en el mismo lugar.
- 2.- Mercado más cerca que en el caso de Reynosa.
- 3.- No se hará inversión en carros tanque para cloro.
- 4.- Por la naturaleza petroquímica de la planta, como ya se hizo notar, deberá pertenecer a PEMEX; por lo que perfectamente puede ubicarse en el lugar citado sin tomar en cuenta problemas de competencia.

El lugar exacto de la ubicación de la Planta debe incluir ciertas características ya mencionadas (topografía, comunicaciones, etc.). En nuestro caso se cuenta con todo eso: suficiente extensión de terreno del tipo --- adecuado y comunicaciones por ferrocarril y carretera.

CAPITULO VI.- DISEÑO DE EQUIPO- CALCULOS

1.- Balance de materia y energía.

El balance aparece en un "diagrama de bloques", donde estan indicadas las cantidades de materia y energía que entran y salen en cada parte -- del proceso.

2.- Especificaciones del equipo.

Como se indica al principio de este trabajo, se trata de un antepro----yecto, por lo que se efectuó solo un diseño preliminar del equipo. Para el efecto, se siguieron métodos aproximados, ajustados por factores empíricos consultados de publicaciones de fabricantes de equipo, revistas técnicas y en general publicaciones de ingeniería química.

Se adjuntan los calculos del equipo principal. Para el resto del equipo, se siguieron métodos similares, y se adjuntan una lista con sus funciones; tratandose de equipo accesorio: bombas, calderas, planta de tratamiento de agua, torre de enfriamiento, etc., se seleccionaron conforme a datos- y especificaciones proporcionadas por los fabricantes.

CALCULOS DE DISEÑO DEL REACTOR DE CLORACION CONVENCIONAL.-

1.- BALANCE DE MATERIA:

	ENTRA		SALE	
	KG/HR	KG-MOL/HR	KG/HR	KG-MOL/HR
Etileno	540.00	19.28	DCE 2970.00	29.99
Cloro	1309.45	18.44	TCE 7.40	0.06
DCE	1154.00	11.65	ETILENO 26.00	0.92
			HIDROGENO 0.05	0.02
	<u>3003.45</u>	<u>49.37</u>	<u>3003.45</u>	<u>30.99</u>

CONVERSION DE ETILENO A DCE: 95% (1)

2.- CALCULO DEL VOLUMEN DE REACCION:

SE HARA USO DE LA ECUACION GENERAL DEL ESTADO GASEOSO:

$$V_r = \frac{NR\theta}{P}$$

DONDE:

- V_r = Volumen de reacción: M^3
- N = Número de moles procesados
- T = Temperatura de la reacción
- θ = Tiempo de reacción: SEG.
- R = CTE. UNIVERSAL DE LOS GASES Lts-ATM/GMOL $^{\circ}K$

$R = 0.082$
 $P = 6.10$ (2)
 $T = 383$ (2)
 $\theta = 20$ (2)

$$\underline{V = 1.41 M^3}$$

El espacio ocupado por el catalizador es el 24% por lo que el volumen efectivo de reacción será:

$$V_{ef} = \frac{1.41}{0.76} = 1.86 M^3$$

Haciendo uso de la siguiente expresión calcularemos el número de tubos:

$$\text{Vol. efectivo de reacción} = \text{AREA ef. Flujo gases} \times N \times L = 1.86$$

DONDE: N = Número de tubos .

L = Longitud de tubos.

SE USARAN TUBOS DE CUATRO METROS DE LONGITUD CON UN DIAMETRO DE 2 PULGADAS.

EL DIAMETRO INTERNO SERA DE 1.67 PULGADAS = 0.042 MTS.

$$\text{AREA EFECTIVA DE FLUJO} = \frac{\pi D_i^2}{4} = \frac{3.14 (0.042)^2}{4} = 0.001 \text{ MTS}^2$$

SUSTITUYENDO EN LA ANTERIOR ECUACION:

$$1.86 = 0.001 \times N \times 4$$

DE DONDE SE OBTIENE QUE: N = 465 TUBOS

ACOMODANDO LOS TUBOS EN TRESBOLILLO CON LA HILERA CENTRAL DE 22 TUBOS y DANDO UNA SEPARACION ENTRE TUBOS DE 2 VECES EL DIAMETRO EXTERIOR ENTRE CENTRO Y CENTRO, Y DE 1 1/2 VECES EL DIAMETRO EXTERNO ENTRE LA SUPERFICIE INTERNA DE LA CORAZA Y SUPERFICIE EXTERNA DE TUBOS EXTERIORES DE LA HILERA CENTRAL; SE OBTIENE UN DIAMETRO INTERNO DE CORAZA DE 92 PULGADAS - 2.34 MTS.

MATERIALES DE CONSTRUCCION:

TUBOS:	ACERO INOXIDABLE	316
CORAZA:	ACERO AL CARBON.	

3.- BALANCE DE ENERGIA.

REACCIONES:



$$\Delta H_{R1} = - 41,000 \text{ KCal/Kg-Mol}$$

$$\Delta H_{R2} = - 45,000 \quad " \quad "$$

$$\text{REACCION No. 1} = (18.34) (-41,000) = - 751,940 \quad \text{KCal/Hr}$$

$$\text{REACCION No. 2} = (0.06) (-45,000) = - 2,700 \quad "$$

$$\text{CALOR TOTAL DE REACCION} = - 754,640 \quad \text{KCal/Hr}$$

CALOR ABSORBIDO POR LOS MATERIALES REACCIONANTES:

$$Q = MC_p \Delta T$$

M - MASA EN KILOGRAMOS
 C_p - CALOR ESPECIFICO: KCal/Kg-°C
 ΔT - CAMBIO DE TEMPERATURA EN °C.

$$Q_1 = 540 (0.44) (110-30) = 19,008 \quad \text{KCal/Hr}$$

$$Q_2 = (1039.45) (0.236) (110-30) = 19,500 \quad \text{KCal/Hr}$$

$$Q_3 = (1154) (0.9) (110-30) = \underline{83,088} \quad \text{KCal/Hr}$$

$$Q \text{ TOTAL} = 121,596 \quad \text{KCal/Hr}$$

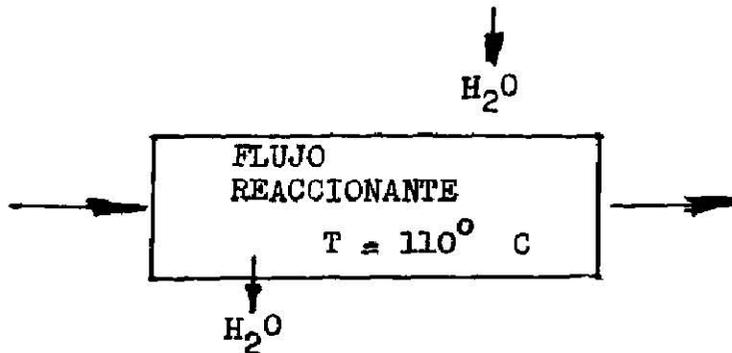
$$\text{CALOR NETO DE REACCION} = 754,640 - 121,596$$

$$\text{CANTIDAD DE CALOR A DISIPAR} = 633,044 \quad \text{KCal/Hr}$$

TOMANDO EL SISTEMA COMO UN CAMBIADOR DE CALOR, SE CALCULARA EL AGUA NECESARIA PARA ENFRIAMIENTO.

SE CONSIDERO QUE SE DISIPARA EL CALOR A LA TEMPERATURA DE REACCION

(110° C)



SE FIJARA :

T DE ENTRADA DE H₂O = 30° C

T DE SALIDA DE H₂O = 50° C

AGUA NECESARIA:

$$Q_T = M_{H_2O} \cdot C_{P_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O}$$

DONDE:

Q_T = CANTIDAD DE CALOR POR DISIPAR: KCal/Hr

M_{H_2O} = MASA DE AGUA NECESARIA PARA ENFRIAMIENTO: Kg/Hr.

$C_{P_{H_2O}}$ = CALOR ESPECIFICO DEL AGUA: KCal/Kg-°C

ΔT_{H_2O} = CAMBIO EN TEMPERATURA DEL AGUA

DE DONDE:

$$M_{H_2O} = \frac{Q_T}{C_p \times \Delta T} = \frac{633044}{(1) (20)} = 31,652 \text{ Kg/Hr.}$$

CALCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA TERMICA:

$$Q_T = UA \Delta T \text{ m Log}$$

DE DONDE:

Q_T = CANTIDAD DE CALOR POR DISIPAR KCal/Hr

U = COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA -
TERMICA: KCal/Hr-Mt² - °C.

$\Delta T_m \text{ log}$ = CAIDA MEDIA LOGARITMICA DE TEMPERATU-
RA EN °C

DESPEJADO:

$$U = \frac{Q_T}{A \Delta T_m \text{ log}}$$

DE LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA SE CALCULO QUE:

$$\Delta T_1 = 60^\circ \text{ C} \quad \Delta T_2 = 80^\circ \text{ C}$$

DE DONDE:

$$\Delta T_m \text{ log} = \frac{80 - 60}{2.3 \log \frac{80}{60}} = 70^\circ \text{ C}$$

AREA DE TRANSFERENCIA TERMICA:

$N = 465$ TUBOS

DIAMETRO EXTERNO = 2"

$L = 4$ METROS

$$\text{AREA TOTAL} = 465 \frac{2.54 \times 2}{100} (3.14) (4)$$

$$\text{AREA DE TRANSFERENCIA TERMICA} = 296 \text{ MT}^2$$

$$U = \frac{633.044}{(296)(70)} = 30.6$$

$$U = 30.6 \text{ KCal/Hr-Mt}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

EL CUAL ES UN VALOR ADECUADO PARA ESTE TIPO DE SISTEMAS.

R E F E R E N C I A S

- (1) PATENTE U.S.A. No. 938,824 DE B.F. GOODRICH CO.,
FECHA: 9 DE OCTUBRE DE 1963.
- (2) PATENTE: U.S.A. No. 2,724,006
FECHA: 15 DE NOVIEMBRE DE 1955

CALCULO DE LA COLUMNA DE RECTIFICACION DE DICLOROETANO

Función: Eliminar las impurezas del flujo de Dicloroetano.

Operación: Contínua

Presión de Operación: Atmosférica.

Alimentación:

	Kg/Hr	Kg-mol/Hr	% en peso
Dicloroetano	3,506.00	35.00	98
Tricloroetano	40.45	0.52	2

1.- Balance Total de Materia:

$$F = D + W$$

2.- Balance de Componente volátil:

$$F Z_f = D X_d + W X_w$$

Donde:

F = Kgs. mol/Hr que se alimentan al sistema.

D = Kgs. mol/Hr del componente más volátil.

W = Kgs. mol/Hr del componente menos volátil.

Z_f , X_d y X_w : Fracciones mol en la alimentación, destilado y residuo respectivamente.

Si estimamos un destilado con 99.99 % y un residuo con 0.01% en peso de -- Dicloroetano, tenemos que $X_d = 0.999$ y $X_w = 0.0001$

Sustituyendo los valores conocidos en cada una de las ecuaciones planteadas:

$$1) \quad 35.527 = D + W$$

$$2) \quad 35.527(0.082) = D(0.999) + W(0.0001)$$

Y resolviendo por simultáneas:

$$D = 3,500 \text{ Kg/hr} \quad \text{ó} \quad 35.187 \text{ Kg mol/Hr.}$$

$$W = 46 \quad \text{"} \quad \text{ó} \quad 0.34 \quad \text{"}$$

3.- Cálculo del número de platos teóricos:

Haciendo uso de la ecuación de Fenske:

$$N_m + 1 = \frac{\log \frac{X_D}{1-X_D} \cdot \frac{1-X_W}{X_W}}{\alpha} \quad \text{--- Ec. 9.99 pág. 298 del ---}$$

Treybal-Mass Transfer Operations.

donde: N_m = Número de platos teóricos.

α = Volatilidad relativa promedio.

Sustituyendo en la ecuación:

$$N_m + 1 = 17.5 \quad (\text{incluyendo el reboiler})$$

$$N_m = 16.5 \quad \text{platos teóricos.}$$

Cálculo del número de platos reales:

Se obtendrá primeramente la eficiencia total de la columna haciendo uso de la ecuación:

$$E = 63 (\alpha_{RM} \mu)^{-0.212}$$

C.E. Junio 1963
pág. 153

$$\alpha_{RM} = (\alpha_T \cdot \alpha_B)^{1/2}$$

T prom. en la parte superior de la columna = 82.4°C

T prom. en la parte inferior de la columna = 113°C .

$$\alpha_T = \frac{\text{P. de vapor del DCE a } 82.4^{\circ}\text{C}}{\text{P. de vapor del TCE a } 82.4^{\circ}\text{C}} = 0.90$$

$$\alpha_B = \frac{\text{P. de vapor del DCE a } 113^{\circ}\text{C}}{\text{P. de vapor del TCE a } 113^{\circ}\text{C}} = 5.92$$

$$\alpha_{RM} = (0.90 \times 5.92)^{1/2} = 2.44$$

$$E = 63 (2.44 \times 0.41)^{-0.212}$$

$$E = 63 \%$$

$$\text{Número de Platos Reales} = \frac{16.5}{0.63} = 26$$

4.- Cálculo de las dimensiones de la columna:

Diámetro:

La velocidad volumétrica (Q) =

$$= \frac{35.527 \times 355.3}{3600 \times 273} \times 359 = 55.5 \text{ pies}^3/\text{seg.}$$

La velocidad superficial (v) se calculará usando la siguiente expresión: Ec. 6.1 del Treybal (Mass Transfer Operations).

$$V = \left[\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right]^{1/2} \cdot K$$

Donde:

v = velocidad superficial del gas: $\text{pies}^3/\text{seg.}$

ρ_L = densidad del líquido: lbs/pie^3

K = constante empírica; se calcula de la fig. 6.4 pág. 115 del mencionado libro.

Se recomienda un valor del sello líquido $h_s =$ una pulgada y usando un espaciamiento de 12 pulgadas entre plato y plato, obtenemos que $K = 0.08$,

luego.

$$v = 0.08 \left(\frac{87.5 - 0.0019}{0.0019} \right)^{1/2} = 17.20 \text{ pies/seg.}$$

El area de la torre será:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{55.5}{17.20} \quad \text{y como } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Luego despejando el diámetro obtenemos que $D = 2.05$ pies

Altura: Si aceptamos que: $D = 0.62$ Mts.

Espaciamiento entre platos = 12"

Resumidero = 5'

Domo y agujero hombre = 2' + 1.15'

Altura de la columna = 34.5' = 10.50 Mts.

CALCULO DEL COMPRESOR PARA AIRE DE PROCESO.

AIRE POR COMPRIMIR	-	675 pies ³ /min
TEMPERATURA DE ENTRADA	-	30° C
PRESION DE ENTRADA	-	14.7 psia.
PRESION DE DESCARGA	-	100 psia.
TIPO DE COMPRESOR ESCOGIDO	-	RECIPROCANTE

1.- PARA FINES DE CALCULO SE SUPONDRA QUE SE TRATA DE UN GAS IDEAL.

ACEPTANDO QUE SEA UN COMPRESOR DE DOS ETAPAS SE CALCULARA LA RAZON DE COMPRESION DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\text{RAZON DE COMPRESION} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/S} \quad (1)$$

DONDE: P_2 = PRESION DE DESCARGA EN PSIA.
 P_1 = PRESION DE SUCCION EN PSIA.
 S = NUMERO DE ETAPAS

$$\text{RAZON DE COMPRESION} = \left[\frac{100}{14.7} \right]^{1/2} = 2.6 \quad (1)$$

2.- CALCULO DE LA TEMPERATURA FINAL DE COMPRESION.

SE HARA HACIENDO USO DE LA SIGUIENTE EXPRESION:

$$T_2 = T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/S} \right]^{\frac{K-1}{K}} \quad (2)$$

DONDE :

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

C_p = CAPACIDAD CALORIFICA A PRESION CONSTANTE .

C_v = CAPACIDAD CALORIFICA A VOLUMEN CONSTANTE.

$$C_p \text{ Aire} = 1.006 \quad C_v \text{ Aire} = 0.713 \quad (3)$$

$$K = \frac{1.006}{0.713} = 1.42 \quad \text{y} \quad \frac{K-1}{K} = \frac{1.42 - 1}{1.42} = 0.296$$

LUEGO: T_2 = TEMPERATURA DE DESCARGA DEL AIRE COMPRIMIDO EN $^{\circ}R$ (Rankin).

$$T_2 = 546 (2.6)^{0.296} = 720^{\circ} R = 127^{\circ} C$$

3.- CALCULO DE LOS H P NECESARIOS POR ETAPA:

$$\text{TRABAJO} = \frac{K}{K-1} \cdot RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{K-1/K} - 1 \right] \quad (4)$$

DONDE $R_1 =$ CONSTANTE DE LA LEY DE LOS GASES IDEALES

$$= \frac{1544 \text{ (Lb/pie}^2\text{) (pie}^3\text{)}}{\text{(Lb-mol) (}^\circ\text{R)}}$$

SUSTITUYENDO:

$$\text{TRABAJO} = \frac{1.42}{1.42 - 1} (1544) (546) 1.32 - 1$$

$$\text{TRABAJO} = 91,000 \text{ pies-lb/lb-mol por etapa.}$$

CONSIDERANDO UN 80% DE EFICIENCIA (5) Y UN 30 % DE EXCESO SOBRE EL VOLUMEN POR COMPRIMIR:

$$675 \times 1.3 = 877.5 \text{ pies}^3/\text{min} \quad \bullet \quad 2.44 \text{ Lb-Mol/min}$$

$$\text{bHP/cilindro} = \frac{91,000 (2.44)}{33,000 (0.80)} = 85$$

$$\text{bHP TOTALES} = 85 \times 2 = 170$$

REFERENCIAS

- 1.- EC. No. 10, PAG. 330 - RASE AND BARROW
LIBRO: PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS.
- 2.- EC. No. 10, PAG. 330 - RASE AND BARROW.
LIBRO: PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS.
- 3.- TABLAS CRITICAS INTERNACIONALES. VOLUMEN No. 5

- 4.- EC. No. 11-a, PAG. 330 - RASE AND BARROW.
LIBRO: PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS.

- 5.- TABLA 15-1, PAG. 335 - RASE AND BARROW.
LIBRO: PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS.

CALCULO DEL CONDENSADOR DE LA TORRE DE RECTIFICACION DE DICLOROETANO

FUNCION: Condensar los vapores de DCE que salen por la parte superior de la columna.

MEDIO ENFRIANTE: Agua.

Temperatura de entrada: 77° F.

" " salida: 95° F.

ALIMENTACION: 7,700 Lbs/hra. de DCE

Temperatura de entrada: 180° F.

" " salida: 180° F.

CALCULO DE LA CARGA TERMICA:

Entalpia de condensación $H_c = 77.33$ K-cal/Kg.

$$Q_c = \frac{700}{2.2} (77.33) = 270,655 \text{ K-Cal/Hora.} \\ = 1,078,000 \text{ BTU/Hora.}$$

MASA DE AGUA NECESARIA:

$$M = \frac{Q_c}{C_{P_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O}} = \frac{1,078,000}{(1)(18)} = 59,800 \text{ Lbs/Hra.}$$

VELOCIDAD DEL AGUA DENTRO DE TUBOS:

$$v = \frac{M}{n A \rho}, \text{ donde: } v = \text{velocidad lineal: Pies/S} \\ n = \text{número de tubos.} \\ A = \text{Area de flujo por tubo- pies}^2 \\ \rho = \text{densidad del agua: } \frac{\text{Lbs}}{\text{pie}^3}$$

FIJANDO VEINTE TUBOS DE 1" DE DIAMETRO CED-BWG-14

$$v = \frac{59,800}{(20)(0.00391)(62.4)(3600)} = 3.4 \text{ pies/seg}$$

LA VELOCIDAD RESULTANTE ES ADECUADA.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR POR FUERA DE TUBOS.

1

$$G'_{o} = \frac{W}{\pi N_t D_o}$$

DONDE:

G'_{o} = Factor: Lb/Hr. Pie lineal.

N_t = No. de tubes.

D_o = Diametro externo de tubos-pies.

W = Masa de DCE Lbs/Hr.

1

EC. 10-46 LIBRO: Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants.

$$G_o = \frac{7700}{(3.14)(20)(1-1/2)} = 147.6 \text{ Lbs/Hr-pie}$$

Con este valor y los siguientes datos:

K - Conductividad Térmica - 0.082 BTU/HR.- FT - °F

M - Viscosidad - 0.45 centipoises.

SP- Gravedad específica - 1.2

Se obtiene de la gráfica 10-56 del mismo libro (pag.81)

$$H_s = 200 \text{ BTU/HR} - \text{FT}^2 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR POR DENTRO DE TUBOS.-

Con los valores de: $V_{H_2O} = 3.4$ pies/seg.

T prom. $H_2O = 86$ °F.

En la grafica 10-40 del mismo libro obtenemos:

$H_T = 890$ BTU/HR-FT²- °F.

Con los valores de H_S y H_T se obtiene de la grafica 10-35

U limpia = 170 BTU/HR - FT² - °F

y considerando un factor de ensuciamiento igual a 0.001, obtenemos de la -

Fig. 10-33 U sucia = 150 BTU/HR-FT² °F.

AREA DE TRANSFERENCIA TERMICA:

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{m \log}} \quad \text{y} \quad \begin{aligned} \Delta T_1 &= 85 \text{ } ^\circ\text{F} \\ \Delta T_2 &= 103 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\Delta T_{m \log} = \frac{103-85}{2.3 \log. \frac{103}{85}} = 91.$$

sustituyendo los anteriores valores en la ecuacion del area

$$A = \frac{1,078,000}{(150)(91)} = 79.1 \text{ pies}^2$$

LONGITUD DE TUBOS

La longitud de los tubos esta dada por la siguiente expresion:

$$A = N \cdot \overline{W} \cdot D \cdot L \quad \text{donde:} \quad \begin{aligned} N &= \text{número de tubos.} \\ D &= \text{diametro externo del tubo: pies} \\ L &= \text{longitud del tubo: pies.} \end{aligned}$$

Despejando L de la anterior ecuación:

$$L = \frac{A}{N \cdot \overline{W} \cdot D} = \frac{79.1}{(20)(3.14)(1/12)} = 15 \text{ pies.}$$

CALCULO DEL VAPORIZADOR DE DICLOROETANO

Cantidad vaporizada 3,500 Kg/Hora

Presión de Operación 14.7 psia

Carga térmica:

Punto de ebullición DCE - 83.5°C (182°F)

Vaporización - 77.3 K cal/Kg.

$$Q = 3,500 \times 77.3 = 272,000 \text{ K cal/Hr.}$$

$$= 1,075,000 \text{ BTU/Hr.}$$

Medio de calentamiento: vapor saturado.

Usando un $\Delta T = 66^\circ\text{F}$ la temperatura del vapor será:

$182 + 66 = 248^\circ\text{F}$, la cual corresponde a un vapor de 30 psia.

Calor latente del vapor: 945.30 BTU/lb

(De: tablas de vapor - Keenan and Keyes) .

$$\text{Vapor requerido} = \frac{1,075,000}{945.30} = 1138 \text{ lbs/Hr.}$$

Para el cálculo del area térmica requerida se hará uso del método de -- estimaciones, utilizando el propuesto en el libro Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants.

Consiste en estimar una unidad de vaporización y en base a ella calcular el area térmica requerida, comparando ambas al final.

Usando un valor máximo propuesto de $Q/A = 1,200 \text{ BTU/Hr. pie}^2$.

Donde $Q =$ carga térmica BTU/hr.

$A =$ área de transferencia - pies^2

$$A = \frac{Q}{\frac{Q}{A}} = \frac{1,075,000}{12,000} = 89.5 \text{ pies}^2$$

Utilizando tubos de $3/4$ pulgadas de diámetro externo, 16 pies de largo, -
Cédula BWG-14, el número a utilizar será:

$$\text{No. de tubos} = \frac{A}{L \times A_e} = \frac{89.5}{(16)(0.1963)} = 28.4$$

donde:

A - Area de transferencia - pies²

L - Longitud de tubos - pies

A_e - Area externa del tubo por pié de longitud pies².

Tomando en cuenta lo anterior, de la Tabla 10-7 se tomará una unidad de: 32
Tubos de $3/4$ " diámetro externo, BWG-14.

Diámetro interior de coraza - 8 pulgadas.

Tubos fijos - 2 pasos - dispuestos en tresbolillo.

De la Fig. 10-56 se calculará el coeficiente de condensación (lado de tubos)

utilizando el factor: $G'' = \frac{W}{0.5 LN}$

Donde:

L: longitud de tubos.

W: cantidad de vapor.

N: número de tubos.

$$G'' = \frac{1138}{0.5 \times 16 \times 32} = 4.46 \quad \text{lbs/Hr-pié.}$$

y las propiedades del condensado: gravedad específica - 0.916. CONDUCTIVIDAD
térmica = 0.455 BTU/hr-pié - o_F

Viscosidad = 0.19 centipoises.

Debido a que las propiedades del condensado y las de G hacen caer el valor
de hio (coef. pelicular de condensación) fuera de la carta se usará un va-
lor estimativo de: 1,500.

Tomando un valor del coeficiente de ensuciamiento igual a 0.001

$$1/h_{ie} = 1/h_{io} + 0.001 = 0.00167$$

$$h_{io} = 600 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ - } ^\circ\text{F.}$$

Cálculo del coeficiente pelicular h_o (lado de coraza).

Temperatura de la pared externa del tubo: T_w - $^\circ\text{F}$.

$$T_w = t_c + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} (t_h - t_c) \quad \text{ec. 10-17}$$

donde:

t_c - temperatura del fluido frío - $^\circ\text{F}$

t_h - temperatura del fluido caliente - $^\circ\text{F}$

h_{io} - coeficiente pelicular (lado de tubos) $\text{BTU/HrFT}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$.

Suponiendo $h_o = 300$.

$$t_w = 248 + \frac{300}{600 + 30} (248 - 182)$$

$$t_w = 288^\circ \text{ F}$$

$$\Delta t_w = 288 - 182 = 106^\circ \text{ F (entre la pared del tubo y el líquido).}$$

De la gráfica 10-78 obtenemos que con $\Delta t_w = 106^\circ \text{ F}$ el valor de $h_o > 300$ y - como según la misma gráfica el valor máximo de h_o para productos orgánicos es de 300, nos ajustaremos a este valor.

$$h_o = 300 \text{ BTU/hr. pie}^2 \text{ - } ^\circ\text{F.}$$

NOTA: Se añadirá un factor de ensuciamiento de 0.001.

Cálculo del coeficiente global de transferencia térmica.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} + 0.001 + \frac{t_w}{k}$$

$\frac{t_w}{k}$ = resistencia de la pared del tubo.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{500} + \frac{1}{300} + 0.001 + 0.00018$$

$$\frac{1}{U} = 0.00618$$

$$U = 162 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ - } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Area requerida} = \frac{Q}{UAT} = \frac{1,075,000}{(162)(60)} = 110 \text{ pies}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Area disponible} &= \text{No. de tubos} \times \frac{\text{Area de transf.} \times \text{Long.}}{\text{Pie de Long.}} \\ &= (32) (0.196) (16) = \underline{100.5} \text{ pies}^2. \end{aligned}$$

Como el area es un poco menor se usarán tubos de mayor longitud 20 pies, - lo que da una area de 125.4 pies².

$$\text{El factor de seguridad será} = \frac{125.4}{110} \times 100 = 114\%$$

La unidad es aceptable.

TANQUE ALMACEN DE DICLOROETANO PURO

CAPACIDAD	10 DIAS DE PRODUCCION.
VOLUMEN	669,332 LITROS.
DIAMETRO = ALTURA =	9.50 METROS.
FORMA	CILINDRICO, TAPAS PLANAS.

PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DEL TANQUE, SE HARA USO DE LA RELACION:

$$t = \frac{PR}{SE - 06P} + C \quad \text{CODIGO ASME.}$$

DONDE:

t =	Espesor de la pared	- pulgadas
p =	presión de trabajo	- 16.8 LBS/PULG ²
s =	esfuerzo de trabajo	- 16,500 LBS/PULG ²
r =	radio interno pulgadas	- 187
c =	factor por corrosión	- 0.062
e =	eficiencia de la junta	- 0.85 CODIGO ASME (doblemente soldada a tope)

$$t = \frac{16.8 \times 187}{16,500 (0.85) - 0.6 (16.8)} + 0.062 = .225 + 0.062$$

$$t = 0.29 \text{ PULGADAS} = 0.73 \text{ CMS} \approx 3/4 \text{ " (Espesor práctico más cercano).}$$

MATERIAL DE CONSTRUCCION - ACERO AL CARBON

A CONTINUACION SE REPORTAN LAS HOJAS DE ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO MAS -
 IMPORTANTE.-

REACTOR DE CLORACION CONVENCIONAL

No. Requerido 1.

Función: llevar a cabo la reacción entre etileno y cloro.

Condiciones de operación: Temperatura: 110° C.

Presión : 89.7 psig.

Materiales manejados:

Alimentación: Etileno	- 540 Kg/hr.
T = 30° C. Cloro	-1,309 "
Dicloroetano	-1,154.00 "
Descarga: Dicloroetano	-2,970.00 Kg/hr.
T = 110° C. Tricloroetano	- 7.40 "
Etileno	- 26.00 "
Hidrógeno	- 0.05 "

Datos de diseño:

Vertical, presión de operación	- 89.7 psig.
Presión de diseño	- 107.6 "
Número de tubos	- 465
Longitud de tubos	- 4.00 Mts.
Diámetro interior de tubos	- 1.67 in.
Tubos colocados en tres bolillo diámetro interior de coraza,	- 92.0 in,
Espesor de coraza	- 0.416 in,(1/2 ")
Cabezales semiesféricos espesor	- 0.238 in,(1/4 ")

Material de construcción: acero inoxidable = 316

Clase UHA - (18% Cr, 10% Ni, 2 % Co)

Especificaciones - ASME - Aislamiento - fibra de vidrio

REACTOR DE OXICLORACIONNo. requerido: 1Función: llevar a cabo la reacción entre etileno, ácido clorhídrico y -
aire.Condiciones de operación: Temperatura 250° C.
Presión - - 88.2 psig.Materiales manejados:

Alimentación	Etileno	-	497 Kg/hr.
T = 30° C.	Ac. Clorhídrico	-	1,272.64 "
	Oxígeno	-	300.14
	Nitrogeno	-	987.90
Descarga	Dicloroetano	-	1,690.00 Kg/hr
	Tricloroetano	-	33.05 "
	Agua	-	314.50 "
	Oxígeno	-	19.33 "
	Nitrógeno	-	987.90 "
	Etileno	-	12.90

Datos de diseño:

Vertical Presión de operación 88.2 psig

presión de diseño 105.84

No. de tubos - 538 Longitud de tubos - 4.00 Mts.

Diám. int. tubos - 1.67 in Tubos colocados en 3 bolillo.

Diám. int. coraza - 100 in = 2.54 Mts.

Espesor coraza - 0.442 in - 1/2" ' "

Espesor de cabezales semiesféricos - 0.250 in. - 1/4" "

Material de construcción: acero inoxidable - 316

Clase - UHA Especificaciones ASME

Aislamiento - Fibra de vidrio.

COLUMNA RECTIFICADORA DE DICLOROETANO

No. requerido: 1

Función: Purificar el dicloroetano que viene del tanque almacén de producto crudo.

Operación: continua, presión atmosférica.

Materiales manejados:

Alimentación:	Dicloroetano	-	3,506.00	Kg/hr.
	Tricloroetano	-	40.45	"
Producto:	Dicloroetano	-	3,500	Kg/hr.
Residuo:	DCE y TCE	.		

Datos de diseño:

No. de platos:	-	26	
Espacio entre platos:	12"	-	0.304 Mts.
Altura	-	10.50	"
Material de construcción:	acero inoxidable	-	316 "
Diámetro de la torre:	-	0.62	"
Cabeza sup. elipsoidal:	acero inoxidable:		316
Cabeza inf. elipsoidal:	acero inoxidable:		316
Densidad del líquido:	-	87.5	Lbs/pie ³
Densidad del Vapor:	-	0.0019	"

Servicios: vapor en el reboiler.

Controles: control de flujos.

Aislamiento: fibra de vidrio.

COLUMNA DE RECTIFICACION DE CLORURO DE VINILO

No. requerido: 1

Función: Purificar el cloruro de vinilo que viene de la columna de separación de ácido clorhídrico.

Operación: continua; presión: 2.5 atmósferas.

Materiales manejados:

Alimentación:

Cloruro de vinilo	-	2,149 Kg/hr.
Dicloroetano	-	104.3 "
Vapor sobrecalentado al reboiler.		

Descarga:

Producto: Cloruro de vinilo	-	2,147.00 Kg/hr.
Residuo: dicloroetano	-	106.30 "

Datos de diseño:

Número de platos	- 13 platos.
Espacio entre platos	- 20 pulg. = 0.51 Mts.
Altura	- 10 Mts.
Material de construcción	- acero al carbón.
Diámetro de la torre	- 1.64 Mts.
Cabeza superior elipsoidal	- acero al carbon
Cabeza inferior elipsoidal	- acero al carbón.
Densidad del líquido	- 56.78 Lbs/pie ³
Densidad del vapor	- 0.426 Lbs/pie ³
Servicios:	- vapor en el reboiler

Controles:

- control de flujo.

Aislamiento:

- fibra de vidrio.

CAMBIADOR DE CALOR DE AIRE

No. requerido: 1

Función: Enfriar el flujo de gases que sale del horno de pirólisis -
térmica.

Operación: Continua

Materiales Manejados: Cloruro de Vinilo, Acido Clorhídrico y Diclороetano.
no.

Temperatura de Entrada: 500° C.

Temperatura de Salida: 37° C.

Area de Transferencia Térmica = 580.8 pies^2

Tubos - 4 Secciones (según folleto de Perfex Corporation)

Longitud de Tubos = 4.95 metros.

Normas: ASME.

Referencia: Folleto "Perfex Airfin Exchangers"

De: Perfex Corporation.

HORNO DE PIROLISIS TERMICA

No. requerido: 1

Función: efectuar la desintegración térmica de la molécula de dicloroetano para obtener el cloruro de vinilo.

Operación: continua presión: 25 atmósferas.

Temperatura de reacción: 500° C.

Materiales manejados:

Alimentación:	Dicloroetano -	3,500 Kg/hr.
		T = 300° C.
Descarga:	Cloruro de vinilo -	2,150 Kg/hr.-
	Cloruro de hidrógeno	1,245 "
	Dicloroetano -	104.30 "

Datos de diseño:

Tubo de acero inoxidable tipo - 316

Diámetro - 6.35 cm.

Longitud - 296 Mts.

No. de quemadores - 28

Comustible - gas natural: 14,220 Lb/hr.

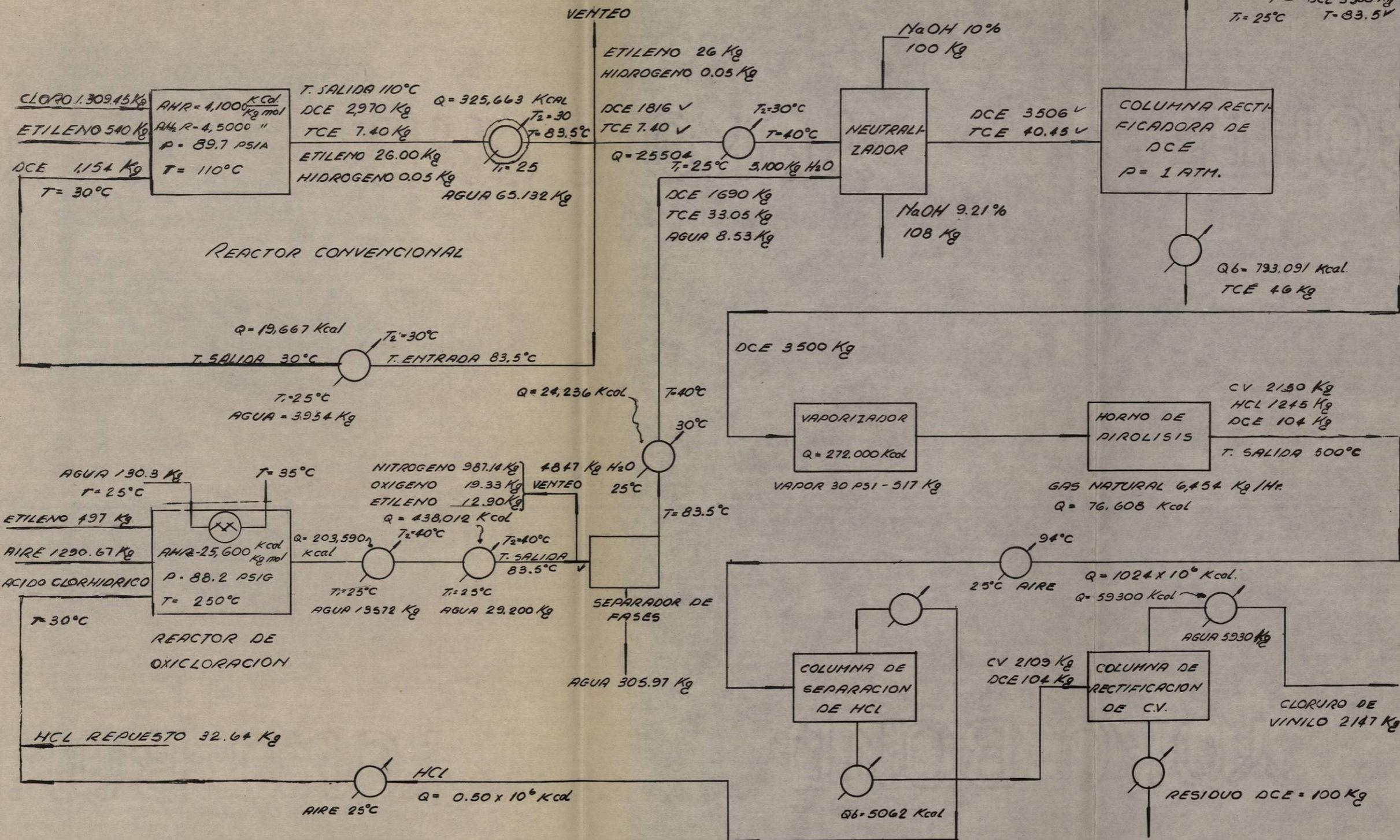
LISTA DEL EQUIPO PRINCIPAL DE PROCESO Y SERVICIOS

<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>NOMENCLATURA</u>
REACTOR DE CLORACION CONVENCIONAL	1	R-101
REACTOR DE OXICLORACION	1	R-201
COLUMNA DE RECTIFICACION DE DCE	1	TD-301
COLUMNA DE SEPARACION DE HCL y CV	1	TD-401
COLUMNA DE RECTIFICACION DE CV	1	TD-402
VAPORIZADOR	1	V-301
HORNO DE PIROLISIS	1	H-301
CONDENSADORES:		
DEL REACTOR DE CLORACION CONVENCIONAL	1	C-101
DEL REACTOR DE OXICLORACION	1	C-201
DE LA COLUMNA DE DCE	1	C-301
DE LA COLUMNA DE HCL	1	C-401
DE LA COLUMNA DE C.V.	1	C-402
ENFRIADOR DE AIRE	1	E-301
TANQUES DE ALMACENAMIENTO:		
DE DCE CRUDO	1	TA-502
DE DCE PURIFICADO	1	TA-503
DE CLORURO DE VINILO	1	TA-504
COMPRESOR DE AIRE	1	K-101

C.V. CLORURO DE VINILO

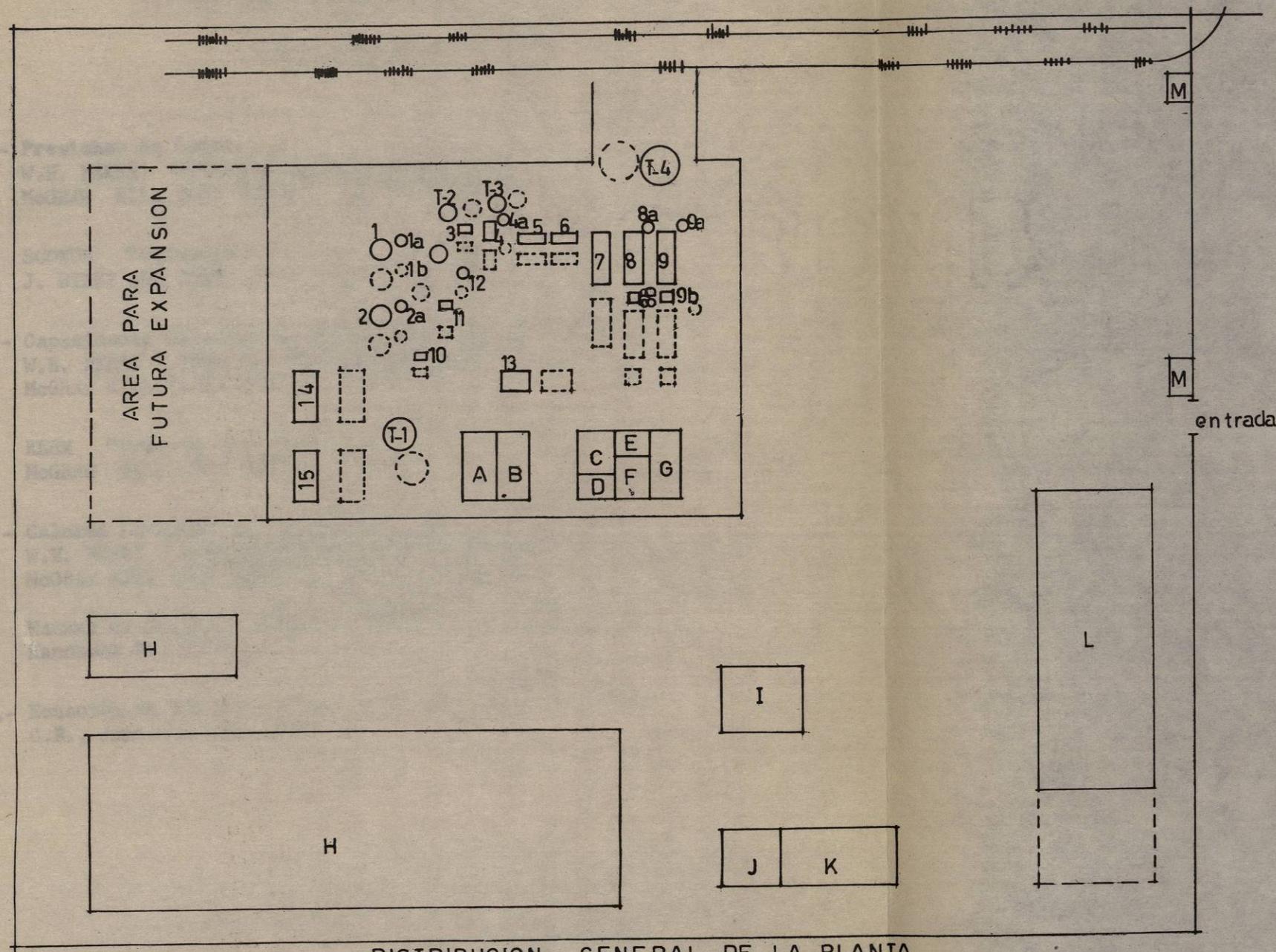
DCE DICLOROETANO

TCE TRICLOROETANO



BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA - BASE 1 HORA DE OPERACION.

PLANTA DE CLORURO DE VINILO



- 1 REACTOR CLORACION CONVENCIONAL
- 1a CONDENSADOR DEL REACTOR CLORAC. CONV
- 1b ENFRIADOR DE "DCE" AL REACTOR CLORAC CONV
- 2 REACTOR OXICLORACION
- 2a CONDENSADOR DEL REACTOR OXICLORACION
- 3 LAVADOR
- 4 COLUMNA DE RECTIFICACION DE
- 4a CONDENSADOR DE LA COL RECTIF DE "DCE"
- 4b RECALENTADOR DE LA COL RECTIF DE "DCE"
- 5 VAPORIZADOR
- 6 HORNO DE PIROLISIS
- 7 ENFRIADOR DE AIRE
- 8 COLUMNA DE SEPARACION DE HCl.Y C.V.
- 8a CONDENSADOR DE LA COLUMNA DE SEPARAC DE HCl.Y C.V.
- 8b RECALENTADOR DE LA COLUMNA DE SEPARAC DE HCl.Y C.V.
- 9 COLUMNA DE RECTIFICACION DE C.V.
- 9a CONDENSADOR DE LA COLUMNA DE RECTIF DE C.V.
- 9b RECALENTADOR DE LA COLUMNA DE RECTIF DE C.V.
- 10 ENFRIADOR DE HCl
- 11 SEPARADOR DE FASES
- 12 ENFRIADOR DE "DCE"
- 13 CALDERA
- 14 TORRE DE ENFRIAMIENTO DE AGUA
- 15 SISTEMA DE AGUA TRATADA
- T-1 TANQUE ALMACEN DE AGUA TRATADA
- T-2 TANQUE ALMACEN DE EDC CRUDO
- T-3 TANQUE ALMACEN DE EDC PURO
- T-4 TANQUE ALMACEN DE CLORURO DE VINILO PURO
- A ALMACEN
- B LABORATORIOS
- C INGENIERIA DE PLANTA
- D MANTENIMIENTO
- E OFICINAS
- F CONTROLES
- G SALA DE COMPRESORAS
- H CAMPOS DEPORTIVOS
- I COMEDOR
- J GAVETAS
- K BAÑOS
- L OFICINAS GENERALES
- M CASETA VELEDORES

REFERENCIAS DE PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

UTILIZADAS EN LOS CALCULOS

1.- Presiones de Vapor:

W.H. PERRY "Chemical Engineers Handbook",
McGRAW HILL BOOK COMPANY - Tercera Edición.

SCONCE "Chlorine"
J. WILEY AND SONS, INC. Primera Edición.

2.- Capacidades Caloríficas y Conductividades Térmicas,

W.H. PERRY "Chemical Engineers Handbook",
McGRAW HILL BOOK COMPANY - Tercera Edición

KERN "Process Heat Transfer",
McGRAW HILL BOOK COMPANY - 1950.

3.- Calores Latentes de Vaporización, Densidades, etc.

W.H. PERRY "Chemical Engineers Handbook",
McGRAW HILL BOOK COMPANY - Tercera Edición.

Manual de Física y Química - NORBERT A. LANGE.
Handbook Publishers, Inc.

4.- Ecuación de Eficiencias en columnas de destilación.

C.E., Junio de 1963, Pág. 153

CAPITULO VII.- MANEJO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA

EL MONOMERO DE CLORURO DE VINILO

El Cloruro de Vinilo es un gas compresible, altamente volátil y -- extremadamente inflamable por lo cual es manejado en forma líquida bajo -- presión. Tiene una lenta acción anestésica en concentraciones arriba -- de 500 ppm. y sus vapores irritan los ojos.

Los puntos claves a considerar para el manejo del cloruro de vinilo son los siguientes:

- 1o.- Mantenerlo alejado del calor, chispas y llama abierta.
- 2o.- Prever adecuada ventilación.
- 3o.- Conectar a tierra el equipo y recipientes, descargándolos antes para reducir el peligro de incendio por medio de chispas estáti-- cas.
- 4o.- En la descarga no calentar el contenido arriba de 50° C. (122° F.)
El no calentarlo podrá ser aplicado a carros tanque.
- 5o.- Todo el equipo deberá ser de acero y estar diseñado a una pre-- sión de trabajo de 100-150 psi.
- 6o.- En el caso de cualquier fuga accidental, grietas o cualquiera -- concentración excesiva de vapor, éstas sólo pueden ser encontra-- das por personal equipado con protección adecuada para respirar -- y sólo de esta manera se le permitirá entrar en el area contami-- nada.

70.- Los lentes protectores deben ser usados cuando se descarguen -- los recipientes, carros tanque o en cualquier parte que haya -- peligro de que el líquido o vapor saturado esté en contacto con los ojos.

80.- La disposición de desperdicios deberá ser alejada de cualquier fuente de ignición. Los residuos diluidos con fenol son descargados en el caño.

En el caso de fuego se usa CO_2 o un equipo químico de extinción seco. En el caso de contacto con el líquido quítese la ropa inmediatamente. Para los ojos lávese inmediatamente con bastante agua por lo menos durante 15 minutos mientras se pide atención médica.

RECIPIENTES USUALES PARA EMBARCAR EL CLORURO DE VINILO.-

Tipo.- Cilindros y carros tanque diseñados para transportar gases líquidos bajo presión y equipados con dispositivos con relieve de seguridad.

Todas las partes de válvulas y dispositivos de seguridad en contacto con el contenido de los recipientes deben ser de metal u otro material -- adecuadamente tratado si es necesario, lo cual no causará formación de ningún acetiluro.

La máxima densidad de llenado permitida para cilindros es de 84% para carros tanque es de 87%.

La densidad de llenado es definida como el porcentaje de la razón del peso del producto químico en el tanque a el peso del agua que el cilindro o tanque almacenaría.

Para su transportación se requiere que el cloruro de vinilo pueda ser

inhibido.

PELIGROS DE FUEGO Y EXPLOSION.-

El cloruro de vinilo deberá ser manejado siempre con pleno reconocimiento de su inflamabilidad. Las precauciones deberán ser tomadas -- manteniendo el material encerrado y eliminando las superficies de ignición. La seguridad podrá tener lugar sobre la eliminación de todas las superficies de ignición y sobre la suficiente ventilación para mantener el escape de vapores hacia planos no inflamables.

CARROS TANQUE.-

Las instrucciones aplicables para la descarga de carros tanque conteniendo líquidos inflamables son puestos a la vista en MCA Manual -- Sheet TC- 4 .

ALMACENAJE.-

Peligros:

a) Corrosión.- El CVM no es corrosivo a temperatura atmosférica normal cuando está seco (mezcla libre). En contacto con agua a elevadas temperaturas el CVM acelera la corrosión del fierro o acero.

b) Volatilidad.- El CVM es muy volátil y es un gas a condiciones atmosféricas normales. Los recipientes usados para el manejo del CVM a temperatura atmosférica están siempre bajo presión.

c) Requerimiento de Temperatura.-

El cloruro de vinilo inhibido puede ser almacenado a condiciones atmosféricas normales en recipientes de presión adecuados.

El CVM no inhibido puede ser almacenado también bajo presión a temperatura atmosférica normal en la ausencia de aire o la luz del Sol, pe-

re solo para una duración de pocos días. Si espor largos períodos, un -- chequeo regular deberá ser hecho por la presencia de polímeros.

d) Ventilación.

Todas las áreas de almacenaje deberán ser provistas con ventilación - continua. Agujeros, depresiones y sótanos deberán ser evitados.

MANEJO.-

a) Peligros de Manejo.

Al lado de los riesgos del fuego y la explosión, el cloruro de vinilo no presenta otros muy serios problemas en su manejo en general. La presen- cia aceptada sobre el límite de seguridad como un peligro para la salud es 500 pp.

b) Peligros de Fuego.-

El cloruro de vinilo deberá siempre ser manejado con plene reconoci- miento de su volatilidad e inflamabilidad. Los vapores de cloruro de vi- nilo pueden formar mezclas inflamables con el aire a todas las temperatu- ras por encima de -78°C . (-108°F .).

Los fuegos producidos por el cloruro de vinilo pueden ser extinguidos con CO_2 o agentes químicos secos si son propiamente aplicados.

En caso de fuego no deberá permitirse la entrada de personas no aute- rizadas a un area no ventilada hasta que el espacio ya ha sido totalmente atomizado con agua para remover los gases, tales como HCL, exicloruro de - carbono, CO, etc., generados por el fuego.

c) Peligros de Polimerización.- A un lado de la Polimerización, el - cloruro de vinilo es químicamente estable.

El CVM puede ser satisfactoriamente almacenado sin un inhibidor por -

certos períodos si éste es mantenido en tanques de acero bajo refrigera--
ción é a temperatura atmosférica normal en ausencia de luz de Sol y aire.
Les inhibidores son empleados para propósitos de embarque, uno de los más
usados es el fenol.

ACCIONES ESPECIFICAS.-

a) Inhalación.-

La exposición continua a atmósferas conteniendo cloruro de vinilo en
concentraciones de 500 ppm. o superiores producirá lentamente evidencias
de leve anestesia.

b) Contacto con la piel.-

El cloruro de vinilo líquido es un irritante primario en contacto --
con la piel. Si cantidades suficientes permanecen bastante tiempo en --
contacto con la piel, la evaporación rápida trae como consecuencia una --
congelación o quemada por el frío.

Consecuentemente cualquier cosa que tienda a detener el contacto del
CVM con la piel, tales como ropas, zapatos o vendas, aumentan el riesgo-
de congelamiento.

c) Contacto con los ojos.-

Si el cloruro de vinilo ha caído en los ojos, estos deberán ser la-
vados inmediatamente con grandes cantidades de agua corriente, este lava-
do deberá durar por lo menos 15 minutos.

REFERENCIAS: CHEMICAL SAFETY DATA SHEET SD-56.

CAPITULO VIII.- ESTIMACION DE COSTOS

Es la evaluación económica el factor de mayor peso en la decisión de llevar un proyecto adelante. En este Capítulo se hará una estimación de costo del equipo y costos de operación de la planta, información que nos servirá para la posterior evaluación.

Los costos del equipo y servicios de la planta fueron determinados a partir de datos obtenidos en los libros:

VILBRANDT - DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES y CHILTON COST ENGINEERING IN THE PROCESS INDUSTRIES , los valores obtenidos fueron actualizados usando los índices ENR (Engineering and News Records).

Las bases para estas estimaciones fueron tomando cuenta capacidades, dimensiones, materiales de construcción, etc.

Los costos de tubería, aislamiento, instrumentación, edificios y terrenos se obtuvieron tomando un porcentaje del costo total del equipo, -- estos porcentajes se obtuvieron del RASE AND BARROW - PROJECT AND ENGINEERING DESIGN .

A continuación se detalla el estudio de costos como se realizó:

I.- COSTO DEL EQUIPO PRINCIPAL

COSTO DE LA UNIDAD INSTALADA:

1.- Reactor de Cloración Convencional.	\$ 65,000 Dlls.
2.- Condensador del Reactor de Cloración Convencional.	8,400
3.- Enfriador del Reactor de Cloración Convencional.	10,000
4.- Separadores de Niebla.	3,000
5.- Reactor de Oxidación.	70,000
6.- Condensador del Reactor de Oxidación.	9,100
7.- Enfriador de aire para HCl.	18,000
8.- Torre de rectificación de DCE.	17,850
9.- Torre de destilación de HCl y C.V.	30,750
10.- Torre de rectificación de C.V.	33,000
11.- Condensador de Torre de rectificación de DCE.	8,000
12.- Tanque de almacén de DCE crudo.	15,000
13.- Vaporizador.	10,000
14.- Horno de pirólisis.	200,000
15.- Cambiador de calor de aire para horno de pirólisis.	12,900
16.- Condensador de Torre de separación de HCl y C.V.	10,800
17.- Condensador de Torre de rectificación de C.V.	10,000
18.- Tanque de almacén de DCE puro.	13,000

19.- Tanque almacén de C.V. puro.	\$	15,580	
20.- Bombas del equipo principal.	\$	15,000	
21.- Compresor de Aire para proceso.	\$	14,760	
TOTAL	\$	590,140	Dlls.
	\$	7,376,750	M.N.
22.- Costo de los servicios de la planta 25% del costo del equipo principal			
COSTO TOTAL DEL EQUIPO DE LA PLANTA	\$	9,220,937	M.N.
	-	-	-
	-	-	-

II.- ESTIMACION DEL CAPITAL FIJO DE LA PLANTA.

CAPITAL FIJO:

1.- Equipo instalado	\$	9,220,937.00
2.- Tubería de proceso (40% de 1)		3,688,375.00
3.- Instrumentación (10% de 1)		922,093.00
4.- Edificios y terrenos (10% de 1)		922,093.00
5.- Aislantes térmicos (3% de 1)		276,628.00
A.- Costo físico Total:		15,030,126.00
6.- Ingeniería y construcción (25% de A).		3,757,531.00
7.- Contingencias (25% de A)		<u>3,757,531.00</u>
TOTAL:	\$	<u><u>22,545,188.00</u></u>

III.- ESTIMACION DE LA INVERSION TOTAL:

1.- Capital Fijo	22,545,188.00
----------------------------	---------------

2.- Gastos de arranque	
a).- Materias Primas	\$ 1,948,561.00
(1 mes a precio de compra)	
b).- Mano de obra	42,312
(1 mes de M. de Obra directa)	
 INVERSION TOTAL	 \$ <u>2,436,061.00</u>

PERSONAL DE LA PLANTA

	# Hombres (3 Turnos)	\$ /Día	\$ /mes.	\$ Totales A Ñ O
<u>PRODUCCION.-</u>				
Operadores	9	60		194,400
Aydes. Operador	9	40		129,600
Supervisores.	4	100		144,000
Ing. de Producción	1		4,000	48,000
Superintendente			6,000	72,000
				<u>\$ 588,000</u>
<u>MANTENIMIENTO.-</u>				
Mecánicos	3	60		64,000
Aytes. Mecánicos	2	40		28,800
Electricistas	3	60		64,000
Aytes. Electric.	2	40		28,800
Supervisores.	2	100		72,000
				<u>\$ 257,600</u>
<u>ADMINISTRACION.-</u>				
Gerente.	1		10,000	120,000
Jefe de Ventas.	1		5,000	60,000
Secretarias	4	50		72,000
Veladores	6	50		108,000
Chofer	1	60		21,600
				<u>\$ 381,600</u>
<u>LABORATORIO.-</u>				
Químico	1		3,500	42,000
Ayudantes.	3	40		43,200
				<u>\$ 85,200</u>
<u>MANO DE OBRA TOTAL:</u>			<u>\$</u>	<u>1,312,400</u>

V.- COSTOS DE OPERACIONCOSTOS DIRECTOS.-

1.- Mano de Obra.	\$	588,000
2.- Prestaciones y Seguro Social (30 % de M. de O.)		276,400
3.- Mantenimiento (5% Costo del Equipo)		368,837
4.- Depreciación (10 % de inversión)		2,453,606
5.- Seguros (0.38 % de Inversión)		93,200
6.- Materias Primas:		
a).- Etileno: 1037 kg/hr. (\$ 1,375/ton)		11,977,350
b).- Cloro: 1039.45 kg/hr. (\$ 875/ton)		9,624,460
c).- Sosa: 168,000 kg/año (\$ 1,400/ton)		235,200
d).- Catalizador: \$ 5.00/ton de C.V.		90,000
7.- Servicios:		
a).- Gas Natural: 320 M ³ /ton (\$ 20/1000 M ³)		115,200
b).- Energía Eléctrica: 20 KW-Hr (\$.2/ton)		35,000
c).- Agua de Enfriamiento: 238,845/año (\$.13)		31,000
d).- Agua Tratada: 153,400 M ³ /año (\$.25)		38,350
e).- Vapor: 5,000 kg. vapor/hr. (\$ 15/ton)		630,000
TOTAL POR COSTOS DIRECTOS	\$	26,456,603

COSTOS INDIRECTOS.-

1.- Mano de Obra Indirecta	\$	724,400
2.- Prestaciones y Seguro Social (30% de M. de Obra)		217,340
3.- Gastos Generales (Gastos administrativos - de ventas) (3 % de V. Brutas).		1,235,520
TOTAL POR COSTOS INDIRECTOS	\$	2,177,260

COSTO TOTAL DE OPERACION POR AÑO:	\$	28,633,863
		=====

VI.- CALCULO DE LAS UTILIDADES

(Base un año de operación).

Ingresos anuales por Ventas	\$	41,184,000
18,000 Tons. de C.V. x \$ 2,288/ton		

Impuestos Mercantiles (3.06 % de Ventas Brutas)	\$	1;260,230
Ventas Netas		39;923,770
Utilidades = Ventas Netas - Costos de Operación.		
Utilidades = 39;923,770 - 28;633,863 -	\$	11;289,907
Impuesto sobre la Renta \$ 144,325 por los primeros \$ 500,000 y 42 % sobre el resto.		4;668,085
Utilidades después de Impuestos	\$	<u><u><u><u><u>6;621,822</u></u></u></u></u>

C A P I T U L O IX

A N A L I S I S E C O N O M I C O

Es el Análisis Económico lo que nos cuantificará la potencialidad del proyecto, y una manera de determinar ésta es obteniendo la Rentabilidad y el Tiempo de pago del mismo, - que se definen de la manera siguiente:

$$\% \text{ Rentabilidad} = \frac{\text{Util. neta después de Imp.}}{\text{Inversión Total.}} \times 100$$

$$= \frac{6,621,822}{24,536,061} \times 100 = 27.0 \%$$

$$\% \text{ de Rentabilidad} = 27.0 \%$$

Tiempo de retorno de la Inversión (Período de Pago).

Inversión Total	24,536,061
= -----	-----
Util. desp . + Depreciación de Imp.	6,621,822 + 2,953,606

Tiempo de Pago de la Inversión = 2.56 Años

X.- CONCLUSIONES

Evidentemente la instalación de una planta productora de Monómero - de Cloruro de Vinilo en México es costeable; durante el desarrollo de -- este trabajo se ha demostrado así, confirmando el análisis económico -- nuestra decisión final.

La disponibilidad ilimitada de materias primas y el mercado interno han sido factores decisivos; aunado a ello debemos decir que la industria lización, que a pasos agigantados se está gestando en nuestro País, ha -- creado la necesidad de contar con el producto que nos ocupa.

Hemos hecho notar en el principio de este trabajo la enorme participación de la Industria Química en el desarrollo de un País, y en el nuestro no es la excepción. Con la instalación de nuevas plantas de la mencionada rama se está contribuyendo en el avance del País, produciendo lo que necesita, creando nuevas fuentes de trabajo, etc.

Por último, un hecho muy importante es que la estabilidad política y económica de México promete un futuro muy halagador en lo referente a instalaciones que, como la que nos ocupa, harán posible la obtención de productos necesarios en todos los órdenes para mantenerlo en la senda -- del progreso.

- 19.- U.S. Patent 2;266,177 Dic 6 1941
- 20.- U.S. Patent 1;654,821 (Krause G. y Kaloman R.)
- 21.- U.S. Patent 2;866,830 (Dunn, J. L. y Posey, R.)
- 22.- U.S. Patent 3;010,913 (Price, J. L.)
- 23.- U.S. Patent 2;569,923 Abril 5 1955
- 24.- U.S. Patent 2;474,206 Junio 28 1949.
- 25.- Cloruro de Vinilo Oxidación. IV Convención Imiq. Oct. 1964.
- 26.- Hydrocarbon Process Petrol. Refiner 43 (1964), 165-70
- 27.- Chemical Engineering Prog. 61 (1965), 21-6.
- 28.- Chemical Engineering Prog. 46 (1950), 483-5
- 29.- Chemical Engineering Agosto 22, 1960.
- 30.- Chemical Engineering Mayo 12, Nov. 8 Abril 26, 1965.
- 31.- Chemical Engineering Octubre 12, 1964, Agosto 17
- 32.- Código A.S.M.E. Sección VIII.
- 33.- Chemical Engineering Noviembre 21, 1966.
- 34.- Chemical Week Agosto 22, 1964
- 35.- Chemical Engineering Progress (Vol. 61 No. 1) .
- 36.- Scope Enero 1965.
- 37.- Estimación Económica para Producción de Monómero de Cloruro de Vinilo en México. 1a. Conv. I.M.I.Q.
- 38.- Chemical Safety Data Sheet SD-J6.
- 39.- Japan Chemical Quarterly Vol. 1 No. 2 Octubre 1965.
- 40.- Chemical Engineering Abril, Mayo, Junio 1967.
- 41.- Catálogo Dean Brothers- Pumps.
- 42.- Catálogo Jacuzzi - Bombas.
- 43.- Chemical Abstracts.
- 44.- Chemical Safety Date Sheet. SD-39.

- 45.- Anuarios Estadísticos del Comercio Exterior - SIC.
- 46.- Manual de Física y Química - Norbert A. Lange .
Hand Book Publishers, Inc.

