



**ESTUDIO TERMODINAMICO DE LA OBTENCION  
DE CLORURO DE VINILO POR PIROLISIS DEL  
DICLOROETILENO**

**TESIS PROFESIONAL**

**JORGE KALFOPOULOS KATZAKI**

México, D. F.

1964



**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.

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS.**

**ESTUDIO TERMODINAMICO DE LA OBTENCION  
DE CLORURO DE VINILO POR PIROLISIS DEL  
DICLOROETILENO**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

D U I M I C O

p r e s e n t a:

JORGE KALFOPOULOS KATZAKI

México, D. F.

1964

*Al Señor, Creador del universo.*

*J. Matías Santibáñez, Su Alabanza.*

*A mis Padres y Hermanos, con respeto y agradecimiento*

*A Ella . . .*

## **C A P I T U L O S**

- I-           INTRODUCCION**
- II-          PARTES EXPERIMENTAL**
- III-         PARTES TEORICA**
- IV-         CONCLUSIONES**
- V-         BIBLIOGRAFIA.**

## INTRODUCCION.

### Síntesis histórica del cloruro de vinilo.

El descubrimiento del Cloruro de vinilo y su descripción como compuesto químico, fueron hechas por el investigador francés H. Regnault en 1855, quien reportó su existencia y definió su estado físico, como gas a temperatura ambiente.

Años mas tarde, en 1872, se le logró licuar con el solo concurso de la temperatura, sin embargo su conservación al estado líquido presentaba varias dificultades; en primer lugar tenía que estar refrigerado a menos 15 grados Centígrados, y en segundo lugar, debía de protegerse de la luz solar, pues se notó que expuesto a ella se formaba en el seno de la substancia, un polvo blanco cristalino, que se adhería a las paredes del recipiente; mas tarde se supo que era el polímero.

La primera reacción industrial de obtención del Cloruro de vinilo, fue desarrollada por el químico alemán F. Klatte, haciendo reaccionar aceiteno y ácido Clorhídrico en medio gaseoso, en su laboratorio el año de 1912.

La polimerización en escala industrial del Cloruro de vinilo, fue llevada hasta a partir de 1930, siendo uno de los factores que con-

tribuyeron el uso que desde esa época empezaron a tener los plásticos. En especial, el mercado del Cloruro de polivinilo ( P.V.C. " Polivinyl Chloride " ), aumentó notablemente al descubrir E. L. Simon en los Estados Unidos, la tremenda afinidad -- del P.V.C. a plastificantes del tipo de Fthalato de Acetato y Fosfato de triacetato, los cuales confirian a los productos termoinductos, excelentes propiedades electrotécnicas; así como su habilidad para copolimerizarse con otros plásticos, sobre todo con el Acetato de vinilo y el Acronitrilo, dando por resultado, un mayor rango de propiedades mecánicas y físicas, mayor estabilidad térmica y a la luz, y mayor solubilidad en substancias orgánicas, que el P.V.C. puro.

Con el aumento de mercado, se creó la necesidad de nuevas y mejores obtenciones tanto del monómero como del polímero; el paso siguiente fué la acción de Hidroxido de sodio sobre Dicloro etileno, desarrollada en los Estados Unidos. En la actualidad, las dos reacciones de obtención -- anteriores mencionadas, se practican en escala de laboratorio, y la que más se usa, por su rendimiento y economía de producción es el "cracking" del Dicloroetileno, método que cubre el 30% de la producción total de monómeros en los Estados Unidos la cual fue de 45 millones de kilogramos, estimada en 1951. La industria del Cloruro de vinilo, -- consumo estimado, el 70% de la producción total de plastificantes, estimada en 118 millones de

kilogramos en el mismo año. De entre los monómeros el Cloruro de vinilo, salvo nito es igualado en importancia comercial, por el Etíleno, el Metileno, y el Butadieno.

Como materia prima en la industria de transformación, el 35% de la producción total de P.V.C. se aprovecha en moldeo y extrusión, 25% para película y láminas, 12% para recubrimientos, y el resto en distintos métodos de aprovechamiento industrial. Existen en el mercado, muchos nombres comerciales del P.V.C., los más importantes son: Exxon, Geon, Koroseal, Marvinol, Pliovic, Tygon, Velon, Vinylite, Vigen, etc...

El objeto del presente estudio, es el de presentar, un cálculo de las principales propiedades termodinámicas, de la reacción de obtención de Cloruro de vinilo por pirólisis del Dicloroetileno basado en datos encontrados en la literatura, y otros obtenidos experimentalmente.

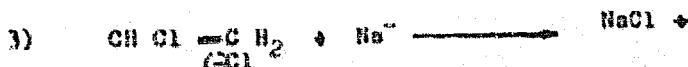
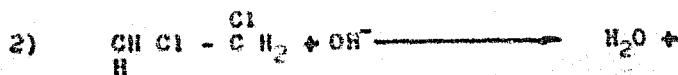
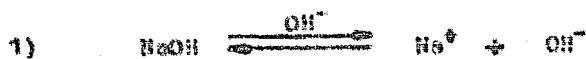
## PARTES EXPERIMENTAL

### Obtención de Cloruro de vinilo por acción de

### Hidróxido de sodio sobre Diácloroetileno.

(Método de laboratorio).

En términos generales, el método consiste en disuadir un exceso de sodio Clorídrico del Diácloroetileno, en una solución alcohólica - de hidróxido de sodio, propiciando la formación de la doble ligadura del Cloruro de vinilo.



La cámara de reacción, fué un matraz de tres bocas de 500 ml. de capacidad, al cual se adaptó, un doble dispositivo de refluo, conectando el segundo refrigerante a un recipiente enfriado a menos 15 grados centígrados, para recibir el producto de la reacción.

Se dispuso de un agitador magnético, y calentamiento a baño de vapor. También se adaptaron al matraz, un termómetro y un estilete de separación, destinado a sostener el diácloroetileno.

Al esperar por fijarse la salinación alcóholica de Hidróxido de sodio, vertiendo alcohol etílico de Hidróxido de sodio, vertiendo alcohol etí-

lico diluido con agua al matraz, y agregando el Hidróxido en lentejas, agitando hasta su completa disolución. A continuación se elevó la temperatura de la solución hasta 50 grados Centígrados, y se empezó a dejar gotear el Dicloroetileno a un ritmo -- aproximado de 100 gotas por minuto, aumentando anámicamente la velocidad de agitación.

La temperatura del matraz comenzó a elevarse debido a lo exotérmico de la reacción, pero se procuró que no pasara de los - 70 grados Centígrados, disminuyendo el ritmo de goteo, y suspendiendo el calentamiento. De igual manera se procuró, que la temperatura de los gases a la salida del primer refrigerante, y entrada al segundo, no sobrepasara a la del medio ambiente, lo que se controló, con un termómetro colocado en ése sitio.

Después de 1 hora y 35 minutos de iniciado el reflujo, se suspendió la reacción, dejando enfriar el matraz y suspendiendo la agitación. El producto final, se redensificó colocando el tren de refrigeración sobre el recipiente colector, y dejando -- que alcanzara solo, la temperatura ambiente.

El rendimiento obtenido fué de 23% de dicloroetileno, convertidos a Cloruro de vinilo, el cual se expuso a la luz solar por espacio de 7 horas si este se iba fundir, se empezó a formar el precipitado blanca cristalina, anteriormente descrito.

Obtención experimental del coeficiente de  
comprimibilidad del Dicloroetileno.

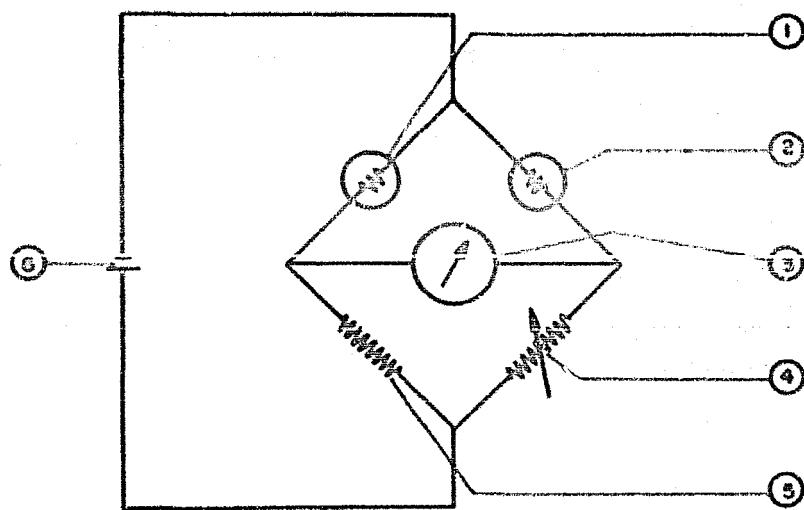
Se dispuso de un autoclave para altas presiones, modelo AD-1487 fabricado por la "Autoclave Engineer Co.", probado de fábrica a 5000 psi. y 600 grados Fahrenheit, de 300 ml. de capacidad.

La cámara del autoclave, esté sellada en un bloque de acero inoxidable 316 SS, cerrada herméticamente con un entilló empaque de acero y una tapa del mismo material provista de 6 tornillos de cierre. Por el centro de la tapa, baja el rotor de un agitador, y acoplado a la misma, un serpentín de enfriamiento. Existen tres bocas de alimentación a la cámara del reactor, una de ellas actuó como boca de salida conectada a una válvula de agua, otra como boca de alimentación, la cual se selló después de introducido el dicloroetileno, la tercera, comunicada por una válvula al manómetro, conectaba la presión interior de la cámara a un cilindro acumulador de aceite, el cual lubrica a las chumaceras del agitador.

El calentamiento se efectuó, por medio de la chaqueta de calentamiento eléctrica, acoplada al autoclave.

Medición de la presión. Se efectuó leyendo directamente en el manómetro, la presión del interior de la cámara.

Medición de la temperatura. Existe en la tapa del autoclave, una vaina de acero inoxidable que viene



**ESQUEMA ELECTRICO DE MEDICION DE TEMPERATURA**

(1)	TERMISTOR DE COMPARACION	GC32JI 2000 OHM
(2)	TERMISTOR PATRON	GC32JI 2000 OHM
(3)	MICROAMPERIMETRO	0.21 A 0.5 mA.
(4)	RESISTENCIA VARIABLE	0 A 5000 OHM
(5)	RESISTENCIA FIJA	999 OHM
(6)	FUENTE DE PODER	PILA SECA 1.5 VOLT

**CUADRO DE VALORES**

tra el interior del reactor, nor donde se puede introducir un termómetro o cualquier otro dispositivo fino, de medición. Se escogió para ésta práctica, un par de Termistores modelo GC 32J1, fabricados por la "Pewall Electronic Co" con una resistencia de 2000 ohms con o menos 25% a 20 grados Centígrados; y colocados en un puente, con una resistencia fija y un redistors, un galvanómetro y como fuente de poder, una pila seca comercial de 1.5 voltas. El circuito se calibró, para obtener una gráfica de lectura directa: Resistencia contra temperatura.

## PARTE TECNICA.

En ausencia de datos sobre las relaciones Presión, Volumen y Temperatura, del Cloruro de Vinilo, el cálculo de sus propiedades termodinámicas no resulta exacto; sin embargo, la ley de los estados correspondientes, proporciona la exactitud suficiente para los fines del presente estudio.

Antes de construir diagramas termodinámicos basados en generalidades, se necesitan conocer los siguientes datos consignados en la literatura y obtenidos experimentalmente en su mayoría.

TABLA # 1

Propiedades físicas y químicas, y constantes numéricas del Cloruro de vinilo.

1) Peso molecular. ....	62.5
2) Densidad a 20 grados Centígrados. ....	0.9221
Densidad a -20 grados Centígrados. ....	0.9834
3) Punto de ebullición a 1 atmósfera. ....	-13.81 °C
4) Punto de fusión a 1 atmósfera. ....	-153.70 °C
5) Punto de explosión. ....	-108.00 °C
6) Límite de explosión. ....	4 a 22 % en vol.
7) Viscosidad:	
a -10 grados Centígrados. ....	0.248cp.
a -30 grados Centígrados. ....	0.274 cp.
a -50 grados Centígrados. ....	0.301 cp.
a -70 grados Centígrados. ....	0.327cp.
a -90 grados Centígrados. ....	0.353cp.
a -110 grados Centígrados. ....	0.380cp.
a -130 grados Centígrados. ....	0.407cp.
a -150 grados Centígrados. ....	0.434cp.
a -170 grados Centígrados. ....	0.461cp.
a -190 grados Centígrados. ....	0.488cp.
a -210 grados Centígrados. ....	0.515cp.
a -230 grados Centígrados. ....	0.542cp.
a -250 grados Centígrados. ....	0.569cp.
a -270 grados Centígrados. ....	0.596cp.
a -290 grados Centígrados. ....	0.623cp.
a -310 grados Centígrados. ....	0.650cp.
a -330 grados Centígrados. ....	0.677cp.
a -350 grados Centígrados. ....	0.704cp.
a -370 grados Centígrados. ....	0.731cp.
a -390 grados Centígrados. ....	0.758cp.
a -410 grados Centígrados. ....	0.785cp.
a -430 grados Centígrados. ....	0.812cp.
a -450 grados Centígrados. ....	0.839cp.
a -470 grados Centígrados. ....	0.866cp.
a -490 grados Centígrados. ....	0.893cp.
a -510 grados Centígrados. ....	0.920cp.
a -530 grados Centígrados. ....	0.947cp.
a -550 grados Centígrados. ....	0.974cp.
a -570 grados Centígrados. ....	1.001cp.
a -590 grados Centígrados. ....	1.028cp.
a -610 grados Centígrados. ....	1.055cp.
a -630 grados Centígrados. ....	1.082cp.
a -650 grados Centígrados. ....	1.109cp.
a -670 grados Centígrados. ....	1.136cp.
a -690 grados Centígrados. ....	1.163cp.
a -710 grados Centígrados. ....	1.190cp.
a -730 grados Centígrados. ....	1.217cp.
a -750 grados Centígrados. ....	1.244cp.
a -770 grados Centígrados. ....	1.271cp.
a -790 grados Centígrados. ....	1.298cp.
a -810 grados Centígrados. ....	1.325cp.
a -830 grados Centígrados. ....	1.352cp.
a -850 grados Centígrados. ....	1.379cp.
a -870 grados Centígrados. ....	1.406cp.
a -890 grados Centígrados. ....	1.433cp.
a -910 grados Centígrados. ....	1.460cp.
a -930 grados Centígrados. ....	1.487cp.
a -950 grados Centígrados. ....	1.514cp.
a -970 grados Centígrados. ....	1.541cp.
a -990 grados Centígrados. ....	1.568cp.
a -1010 grados Centígrados. ....	1.595cp.
a -1030 grados Centígrados. ....	1.622cp.
a -1050 grados Centígrados. ....	1.649cp.
a -1070 grados Centígrados. ....	1.676cp.
a -1090 grados Centígrados. ....	1.703cp.
a -1110 grados Centígrados. ....	1.730cp.
a -1130 grados Centígrados. ....	1.757cp.
a -1150 grados Centígrados. ....	1.784cp.
a -1170 grados Centígrados. ....	1.811cp.
a -1190 grados Centígrados. ....	1.838cp.
a -1210 grados Centígrados. ....	1.865cp.
a -1230 grados Centígrados. ....	1.892cp.
a -1250 grados Centígrados. ....	1.919cp.
a -1270 grados Centígrados. ....	1.946cp.
a -1290 grados Centígrados. ....	1.973cp.
a -1310 grados Centígrados. ....	2.000cp.
a -1330 grados Centígrados. ....	2.027cp.
a -1350 grados Centígrados. ....	2.054cp.
a -1370 grados Centígrados. ....	2.081cp.
a -1390 grados Centígrados. ....	2.108cp.
a -1410 grados Centígrados. ....	2.135cp.
a -1430 grados Centígrados. ....	2.162cp.
a -1450 grados Centígrados. ....	2.189cp.
a -1470 grados Centígrados. ....	2.216cp.
a -1490 grados Centígrados. ....	2.243cp.
a -1510 grados Centígrados. ....	2.270cp.
a -1530 grados Centígrados. ....	2.297cp.
a -1550 grados Centígrados. ....	2.324cp.
a -1570 grados Centígrados. ....	2.351cp.
a -1590 grados Centígrados. ....	2.378cp.
a -1610 grados Centígrados. ....	2.405cp.
a -1630 grados Centígrados. ....	2.432cp.
a -1650 grados Centígrados. ....	2.459cp.
a -1670 grados Centígrados. ....	2.486cp.
a -1690 grados Centígrados. ....	2.513cp.
a -1710 grados Centígrados. ....	2.540cp.
a -1730 grados Centígrados. ....	2.567cp.
a -1750 grados Centígrados. ....	2.594cp.
a -1770 grados Centígrados. ....	2.621cp.
a -1790 grados Centígrados. ....	2.648cp.
a -1810 grados Centígrados. ....	2.675cp.
a -1830 grados Centígrados. ....	2.702cp.
a -1850 grados Centígrados. ....	2.729cp.
a -1870 grados Centígrados. ....	2.756cp.
a -1890 grados Centígrados. ....	2.783cp.
a -1910 grados Centígrados. ....	2.810cp.
a -1930 grados Centígrados. ....	2.837cp.
a -1950 grados Centígrados. ....	2.864cp.
a -1970 grados Centígrados. ....	2.891cp.
a -1990 grados Centígrados. ....	2.918cp.
a -2010 grados Centígrados. ....	2.945cp.
a -2030 grados Centígrados. ....	2.972cp.
a -2050 grados Centígrados. ....	3.000cp.
a -2070 grados Centígrados. ....	3.027cp.
a -2090 grados Centígrados. ....	3.054cp.
a -2110 grados Centígrados. ....	3.081cp.
a -2130 grados Centígrados. ....	3.108cp.
a -2150 grados Centígrados. ....	3.135cp.
a -2170 grados Centígrados. ....	3.162cp.
a -2190 grados Centígrados. ....	3.189cp.
a -2210 grados Centígrados. ....	3.216cp.
a -2230 grados Centígrados. ....	3.243cp.
a -2250 grados Centígrados. ....	3.270cp.
a -2270 grados Centígrados. ....	3.297cp.
a -2290 grados Centígrados. ....	3.324cp.
a -2310 grados Centígrados. ....	3.351cp.
a -2330 grados Centígrados. ....	3.378cp.
a -2350 grados Centígrados. ....	3.405cp.
a -2370 grados Centígrados. ....	3.432cp.
a -2390 grados Centígrados. ....	3.459cp.
a -2410 grados Centígrados. ....	3.486cp.
a -2430 grados Centígrados. ....	3.513cp.
a -2450 grados Centígrados. ....	3.540cp.
a -2470 grados Centígrados. ....	3.567cp.
a -2490 grados Centígrados. ....	3.594cp.
a -2510 grados Centígrados. ....	3.621cp.
a -2530 grados Centígrados. ....	3.648cp.
a -2550 grados Centígrados. ....	3.675cp.
a -2570 grados Centígrados. ....	3.702cp.
a -2590 grados Centígrados. ....	3.729cp.
a -2610 grados Centígrados. ....	3.756cp.
a -2630 grados Centígrados. ....	3.783cp.
a -2650 grados Centígrados. ....	3.810cp.
a -2670 grados Centígrados. ....	3.837cp.
a -2690 grados Centígrados. ....	3.864cp.
a -2710 grados Centígrados. ....	3.891cp.
a -2730 grados Centígrados. ....	3.918cp.
a -2750 grados Centígrados. ....	3.945cp.
a -2770 grados Centígrados. ....	3.972cp.
a -2790 grados Centígrados. ....	4.000cp.
a -2810 grados Centígrados. ....	4.027cp.
a -2830 grados Centígrados. ....	4.054cp.
a -2850 grados Centígrados. ....	4.081cp.
a -2870 grados Centígrados. ....	4.108cp.
a -2890 grados Centígrados. ....	4.135cp.
a -2910 grados Centígrados. ....	4.162cp.
a -2930 grados Centígrados. ....	4.189cp.
a -2950 grados Centígrados. ....	4.216cp.
a -2970 grados Centígrados. ....	4.243cp.
a -2990 grados Centígrados. ....	4.270cp.
a -3010 grados Centígrados. ....	4.297cp.
a -3030 grados Centígrados. ....	4.324cp.
a -3050 grados Centígrados. ....	4.351cp.
a -3070 grados Centígrados. ....	4.378cp.
a -3090 grados Centígrados. ....	4.405cp.
a -3110 grados Centígrados. ....	4.432cp.
a -3130 grados Centígrados. ....	4.459cp.
a -3150 grados Centígrados. ....	4.486cp.
a -3170 grados Centígrados. ....	4.513cp.
a -3190 grados Centígrados. ....	4.540cp.
a -3210 grados Centígrados. ....	4.567cp.
a -3230 grados Centígrados. ....	4.594cp.
a -3250 grados Centígrados. ....	4.621cp.
a -3270 grados Centígrados. ....	4.648cp.
a -3290 grados Centígrados. ....	4.675cp.
a -3310 grados Centígrados. ....	4.702cp.
a -3330 grados Centígrados. ....	4.729cp.
a -3350 grados Centígrados. ....	4.756cp.
a -3370 grados Centígrados. ....	4.783cp.
a -3390 grados Centígrados. ....	4.810cp.
a -3410 grados Centígrados. ....	4.837cp.
a -3430 grados Centígrados. ....	4.864cp.
a -3450 grados Centígrados. ....	4.891cp.
a -3470 grados Centígrados. ....	4.918cp.
a -3490 grados Centígrados. ....	4.945cp.
a -3510 grados Centígrados. ....	4.972cp.
a -3530 grados Centígrados. ....	5.000cp.
a -3550 grados Centígrados. ....	5.027cp.
a -3570 grados Centígrados. ....	5.054cp.
a -3590 grados Centígrados. ....	5.081cp.
a -3610 grados Centígrados. ....	5.108cp.
a -3630 grados Centígrados. ....	5.135cp.
a -3650 grados Centígrados. ....	5.162cp.
a -3670 grados Centígrados. ....	5.189cp.
a -3690 grados Centígrados. ....	5.216cp.
a -3710 grados Centígrados. ....	5.243cp.
a -3730 grados Centígrados. ....	5.270cp.
a -3750 grados Centígrados. ....	5.297cp.
a -3770 grados Centígrados. ....	5.324cp.
a -3790 grados Centígrados. ....	5.351cp.
a -3810 grados Centígrados. ....	5.378cp.
a -3830 grados Centígrados. ....	5.405cp.
a -3850 grados Centígrados. ....	5.432cp.
a -3870 grados Centígrados. ....	5.459cp.
a -3890 grados Centígrados. ....	5.486cp.
a -3910 grados Centígrados. ....	5.513cp.
a -3930 grados Centígrados. ....	5.540cp.
a -3950 grados Centígrados. ....	5.567cp.
a -3970 grados Centígrados. ....	5.594cp.
a -3990 grados Centígrados. ....	5.621cp.
a -4010 grados Centígrados. ....	5.648cp.
a -4030 grados Centígrados. ....	5.675cp.
a -4050 grados Centígrados. ....	5.702cp.
a -4070 grados Centígrados. ....	5.729cp.
a -4090 grados Centígrados. ....	5.756cp.
a -4110 grados Centígrados. ....	5.783cp.
a -4130 grados Centígrados. ....	5.810cp.
a -4150 grados Centígrados. ....	5.837cp.
a -4170 grados Centígrados. ....	5.864cp.
a -4190 grados Centígrados. ....	5.891cp.
a -4210 grados Centígrados. ....	5.918cp.
a -4230 grados Centígrados. ....	5.945cp.
a -4250 grados Centígrados. ....	5.972cp.
a -4270 grados Centígrados. ....	6.000cp.
a -4290 grados Centígrados. ....	6.027cp.
a -4310 grados Centígrados. ....	6.054cp.
a -4330 grados Centígrados. ....	6.081cp.
a -4350 grados Centígrados. ....	6.108cp.
a -4370 grados Centígrados. ....	6.135cp.
a -4390 grados Centígrados. ....	6.162cp.
a -4410 grados Centígrados. ....	6.189cp.
a -4430 grados Centígrados. ....	6.216cp.
a -4450 grados Centígrados. ....	6.243cp.
a -4470 grados Centígrados. ....	6.270cp.
a -4490 grados Centígrados. ....	6.297cp.
a -4510 grados Centígrados. ....	6.324cp.
a -4530 grados Centígrados. ....	6.351cp.
a -4550 grados Centígrados. ....	6.378cp.
a -4570 grados Centígrados. ....	6.405cp.
a -4590 grados Centígrados. ....	6.432cp.
a -4610 grados Centígrados. ....	6.459cp.
a -4630 grados Centígrados. ....	6.486cp.
a -4650 grados Centígrados. ....	6.513cp.
a -4670 grados Centígrados. ....	6.540cp.
a -4690 grados Centígrados. ....	6.567cp.
a -4710 grados Centígrados. ....	6.594cp.
a -4730 grados Centígrados. ....	6.621cp.
a -4750 grados Centígrados. ....	6.648cp.
a -4770 grados Centígrados. ....	6.675cp.
a -4790 grados Centígrados. ....	6.702cp.
a -4810 grados Centígrados. ....	6.729cp.
a -4830 grados Centígrados. ....	6.756cp.
a -4850 grados Centígrados. ....	6.783cp.
a -4870 grados Centígrados. ....	6.810cp.
a -4890 grados Centígrados. ....	6.837cp.
a -4910 grados Centígrados. ....	6.864cp.
a -4930 grados Centígrados. ....	6.891cp.
a -4950 grados Centígrados. ....	6.918cp.
a -4970 grados Centígrados. ....	6.945cp.
a -4990 grados Centígrados. ....	6.972cp.
a -5010 grados Centígrados. ....	7.000cp.
a -5030 grados Centígrados. ....	7.027cp.
a -5050 grados Centígrados. ....	7.054cp.
a -5070 grados Centígrados. ....	7.081cp.
a -5090 grados Centígrados. ....	7.108cp.
a -5110 grados Centígrados. ....	7.135cp.
a -5130 grados Centígrados. ....	7.162cp.
a -5150 grados Centígrados. ....	7.189cp.
a -5170 grados Centígrados. ....	7.216cp.
a -5190 grados Centígrados. ....	7.243cp.
a -5210 grados Centígrados. ....	7.270cp.
a -5230 grados Centígrados. ....	7.297cp.
a -5250 grados Centígrados. ....	7.324cp.
a -5270 grados Centígrados. ....	7.351cp.
a -5290 grados Centígrados. ....	7.378cp.
a -5310 grados Centígrados. ....	7.405cp.
a -5330 grados Centígrados. ....	7.432cp.
a -5350 grados Centígrados. ....	7.459cp.
a -5370 grados Centígrados. ....	7.486cp.
a -5390 grados Centígrados. ....	7.513cp.
a -5410 grados Centígrados. ....	7.540cp.
a -5430 grados Centígrados. ....	7.567cp.
a -5450 grados Centígrados. ....	7.594cp.
a -5470 grados Centígrados. ....	7.621cp.
a -5490 grados Centígrados. ....	7.648cp.
a -5510 grados Centígrados. ....	7.675cp.
a -5530 grados Centígrados. ....	7.702cp.
a -5550 grados Centígrados. ....	7.729cp.
a -5570 grados Centígrados. ....	7.756cp.
a -5590 grados Centígrados. ....	7.783cp.
a -5610 grados Centígrados. ....	7.810cp.
a -5630 grados Centígrados. ....	7.837cp.
a -5650 grados Centígrados. ....	7.864cp.
a -5670 grados Centígrados. ....	7.891cp.
a -5690 grados Centígrados. ....	7.918cp.
a -5710 grados Centígrados. ....	7.945cp.
a -5730 grados Centígrados. ....	7.972cp.
a -5750 grados Centígrados. ....	8.000cp.
a -5770 grados Centígrados. ....	8.027cp.
a -5790 grados Centígrados. ....	8.054cp.
a -5810 grados Centígrados. ....	8.081cp.
a -5830 grados Centígrados. ....	8.108cp.
a -5850 grados Centígrados. ....	8.135cp.
a -5870 grados Centígrados. ....	8.162cp.
a -5890 grados Centígrados. ....	8.189cp.
a -5910 grados Centígrados. ....	8.216cp.
a -5930 grados Centígrados. ....	8.243cp.
a -5950 grados Centígrados. ....	8.270cp.
a -5970 grados Centígrados. ....	8.297cp.
a -5990 grados Centígrados. ....	8.324cp.
a -6010 grados Centígrados. ....	8.351cp.
a -6030 grados Centígrados. ....	8.378cp.
a -6050 grados Centígrados. ....	8.405cp.
a -6070 grados Centígrados. ....	8.432cp.
a -6090 grados Centígrados. ....	8.459cp.
a -6110 grados Centígrados. ....	8.486cp.
a -6130 grados Centígrados. ....	8.513cp.
a -6150 grados Centígrados. ....	8.540cp.
a -6170 grados Centígrados. ....	8.567cp.
a -6190 grados Centígrados. ....	8.594cp.
a -6210 grados Centígrados. ....	8.621cp.
a -6230 grados Centígrados. ....	8.648cp.
a -6250 grados Centígrados. ....	8.675cp.
a -6270 grados Centígrados. ....	8.702cp.
a -6290 grados Centígrados. ....	8.729cp.
a -6310 grados Centígrados. ....	8.756cp.
a -6330 grados Centígrados. ....	8.783cp.
a -6350 grados Centígrados. ....	8.810cp.
a -6370 grados Centígrados. ....	8.837cp.
a -6390 grados Centígrados. ....	8.864cp.
a -6410 grados Centígrados. ....	8.891cp.
a -6430 grados Centígrados. ....	8.918cp.
a -6450 grados Centígrados. ....	8.945cp.

- a -10 grados Centígrados. .... 20 dinas/cm<sup>2</sup>.  
a -20 grados Centígrados. .... 22.27 dinas/cm<sup>2</sup>.  
a -30 grados Centígrados. .... 23.87 dinas/cm<sup>2</sup>.

9) Presión de vapor:

- a -25 grados Centígrados. ... 2660 mm mercurio.  
a -13.37 grados Centígrados. ... 760 mm mercurio.  
a -15.60 grados Centígrados. ... 697 mm mercurio.  
a -35.80 grados Centígrados. ... 100 mm mercurio.  
a -73.90 grados Centígrados. ... 30 mm mercurio.  
a -87.90 grados Centígrados. ... 10 mm mercurio.  
a -109.4 grados Centígrados. ... 1 mm mercurio.

10) Calor específico:

- al estado gaseoso. .... 0.38 cal/g. grado C.  
al estado líquido. .... 12.83 cal/g.grado C

11) Calor latente de vaporización:

- a 25 grados Centígrados. .... 71.26 cal/g.  
a 13.37 grados Centígrados. .... 79.23 cal/g.  
a -13.81 grados Centígrados. ... 85.60 cal/g.

12) Calor latente de fusión. .... 18.14 cal/g.

13) Calor de formación:

- a 9,298.2 grados Kelvin. .... 9000 cal/kmol.

14) Calor de polimerización. .... -272 cal/g.

15) Valores críticos:      Tc. ... 156.5 grados C.  
                              Pc. .... 155.2 atm.  
                              Vc. .... 2.7 ml/g.

16) Pérdida de volumen por polimerización:

aproximadamente 15 %.

17) Constante dielectrónica:

- a 100 ciclos/sec. de frecuencia a 200.0 grados C.  
..... 6.26

- 18) Relación PV/RT para 1 mol:
- a 156.5 grados Centígrados. .... 0.264
  - a 27.0 grados Centígrados. .... 0.9178
  - a -13.37 grados Centígrados. .... 0.964
  - a -15.76 grados Centígrados. .... 0.9652
  - a -73.1 grados Centígrados. ... 1.000 (20 mm).
- 19) Solubilidad:
- Soluble en: Tetracloruro de carbono,  
ester etílico.
- Alcohol etílico.
- Tricloroetano.
- Dicloroetileno.
- Parcialmente soluble en agua.
- 20) Toxicidad:
- Mocivo a una concentración mayor de 500 ppm en volumen, por su efecto irritante de las vías respiratorias.
- 21) Volumen de vapor saturado a -13.81 grados C.  
..... 332 ml/g.
- 22) Relación de astson d/w= 323.
- 23) Entropía absoluta a 27 grados Centígrados.  
..... 61.68 cal/Kmol

#### Propiedades termodinámicas.

##### 1) Calor específico y presión de vapor.

En literatura al efecto, propone la siguiente ecuación, obtenida espectralmente, y calculada hasta el punto crítico; habiéndose obtu-

nido una desviación promedio de solo 1.5 % a los resultados, con respecto a los datos experimentales.

$$cp = 5.13 + 2.985 \times 10^{-2} T - 1.02 \times 10^{-5} T^2.$$

Temp. en grados K.

La Presión de vapor se ha obtenido únicamente hasta 60 grados Centígrados, dando lugar a la ecuación:

$$\text{Log. } P = 0.892 + \frac{1150.9}{T} + 1.7 \cdot \text{Log. } T + 0.0024515 T.$$

Temp. en grados K.

P en atmósferas.

## 2) Diagramas Entalpia contra Temperatura; y

Entropía contra Temperatura; usando como parámetro, la Presión.

Indispensables por su utilidad, éstos gráficos nos proporcionan la línea de cambio de fase, y el comportamiento del Cloruro de vinilo, a diferentes presiones, temperaturas y, estados físicos. Se tomaron en cuenta, para la construcción de éstos gráficos, tres niveles de temperatura, a saber: -13.81 grados Centígrados, punto de ebullición del líquido saturado; 156.5 que es la temperatura crítica del monómero; y una temperatura intermedia, que se escogió 100 grados Centígrados.

Siendo la entalpia una propiedad que necesita definirse con respecto a un nivel, se le dió, arbitrariamente, el valor de 0 a -13.81 grados Centígrados y una atmósfera.

Valores fijos, que forman el punto 1 de la curva. al punto 2, se obtiene sumando a la entalpia en 1, el valor del calor latente de vaporización, encontrado en tablas; el punto 3, corresponde a la entalpia del gas ideal a 1 atmósfera y -13.81 grados Centígrados. El punto 4 se obtuvo sumando a la entalpia en el punto 3, el valor calculado del incremento de entalpia entre -13.81 y 100 grados Centígrados, integrando la ecuación del calor específico correspondiente al caso. El punto 5, corresponde a la resta de la corrección para vapor saturado a 19.52 atmósferas, del valor de la entalpia en el punto 4. siendo 19.52, la presión que corresponde a 100 grados Centígrados, para gases ideales. El punto 6 se obtuvo restando la corrección para líquido saturado a 100 grados Centígrados, de la entalpia en el punto 4. al punto 7, se encontró, integrando la ecuación del calor específico, desde -13.81, hasta -156.5 grados Centígrados. al punto 8, se obtiene -- restando del punto 7, la corrección de entalpia y -- presión, como en el punto 1 para la recta crítica.

El diagrama entropía temperatura, fué -- construido de la siguiente manera: se dieron valores arbitrarios de 0 a -13.81 grados Centígrados a la entropía y el resto del procedimiento sigue exactamente la secuencia, de la gráfica anterior, empleando las correcciones para líquido y vapor saturado y para gases ideales, encontradas en gráficas, --- y para gases reales, obtenidas en la teoría de los gases ---, y estos datos son interpolados en la recta crítica, en el extremo.

TABLA # 2

Entalpia contra Temperatura y Presión.

Puntos	Temp.	Presión	Entalpia
1	-13.81	1	0
2	-13.81	1	87.46
3	-13.81	1	86.60
4	100	1	0.19
5	100	19.52	98
6	100	19.52	40
7	156.5	1	128
8	156.5	52.2	100

TABLA # 3

Entropia contra Temperatura y Presión.

Puntos	Temp.	Presión	Entropia
1	-13.81	1	0
2	-13.81	1	0.33
3	100	1	0.415
4	100	19.52	0.385
5	100	19.52	0.215
6	156.5	52.2	0.46
7	156.5	52.2	0.395

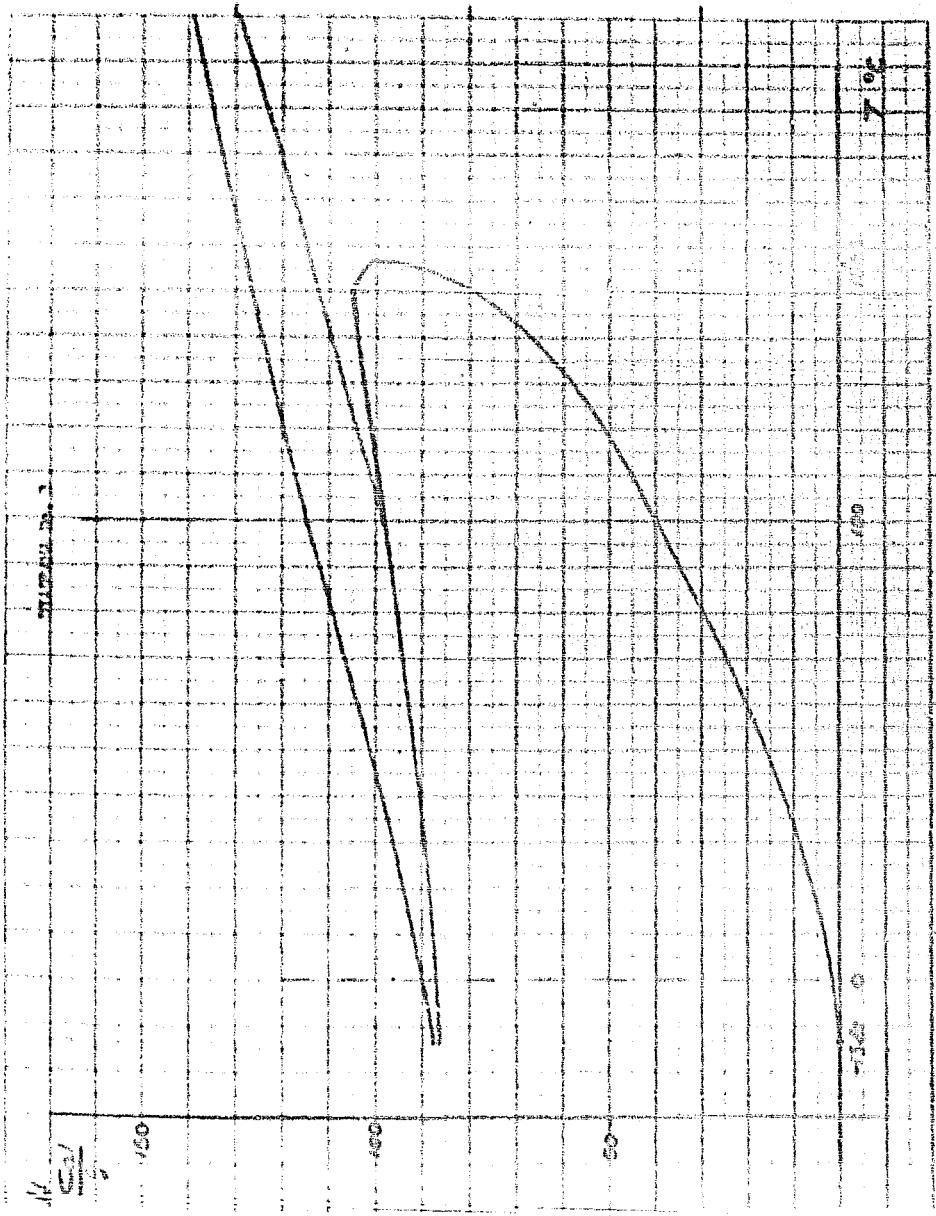
En ambas tablas: Temperatura en grados Centígrados.

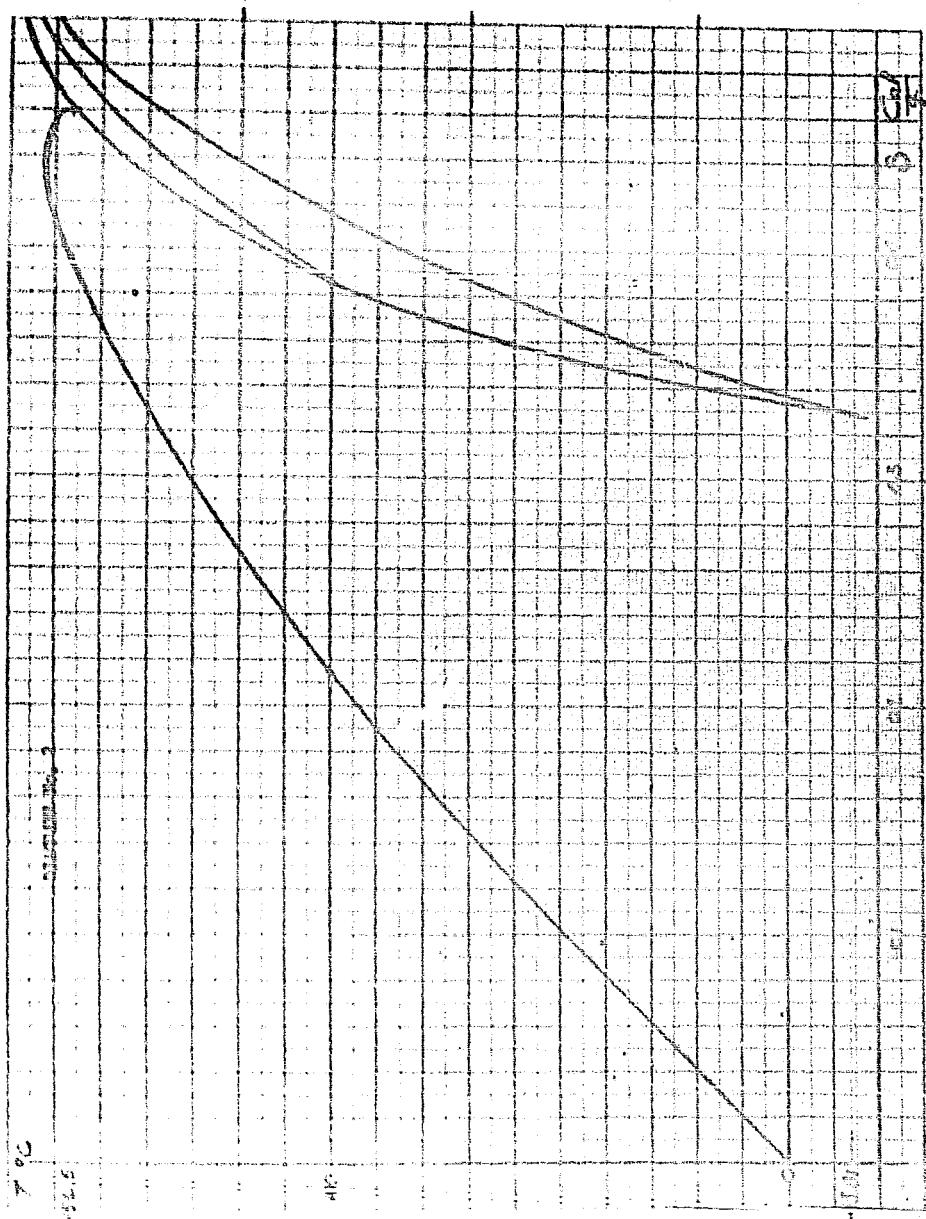
Presión en atmósferas.

Entalpia en cal/g.

Entropia en cal/g.

Los siguientes datos calculados, fueron de gran utilidad en la construcción de las gráficas pues con los valores de la temperatura y presión se





ducidas:

$$Tr_1 = 0.6035 \quad Pr_1 = 0.0113 \quad Zc = 0.2631$$

$$Tr_2 = 0.8689 \quad Pr_2 = 0.3500 \quad \alpha = 7.3$$

En donde  $\alpha$  es la pendiente de la curva - de presión de vapor contra temperatura en el punto crítico.

### 3) Entalpía libre y Constante de equilibrio.

Tomando como base los datos de las ecuaciones de calor específico, Entalpia y Entropia, se obtuvo la ecuación:

$$\frac{G^{\circ}}{T} = \frac{17308}{T} + 4.2201 \ln T + 0.7318 \times 10^{-2} T + 0.2541 \times 10^{-5} T^2 + 0.04644 \times 10^{-8} T^3 - 7.7568.$$

Además, tomando como base la ecuación:

$\frac{G^{\circ}}{T} = R \ln K_e$ , se calcularon los valores de  $K_e$ , - la constante de equilibrio, desde 200 a 800 grados Centígrados, obteniéndose la tabla # 4, y los Diagramas, 1 y 2.

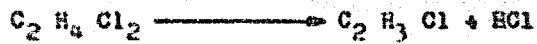
### Pirólisis del Dicloroetileno.

Los estudios comparativos de las distintas reacciones de obtención industrial, del Cloruro de vinilo, demuestran que la decolorhidración del dicloroetileno, mediante pirólisis, es el método más económico, y el de mayor rendimiento de los actualmente en uso.

Al amparo de la reacción principal, -- ocurren reacciones secundarias, afectando a la economía de la producción, el grado de minimización --

que de ellas se logre. Estas reacciones son las siguientes:

1) Reacción principal:



2) Reacciones secundarias:



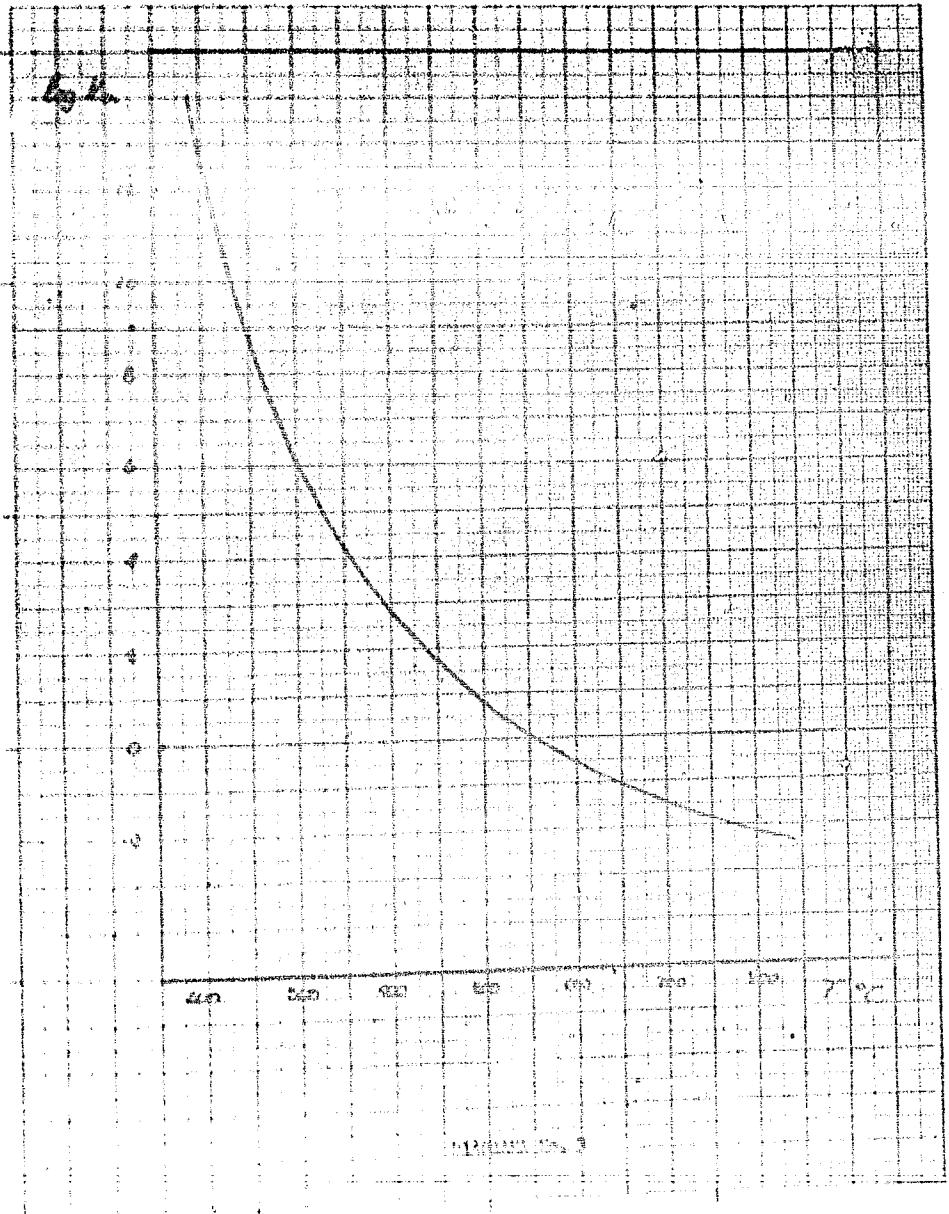
TABLE 6-4

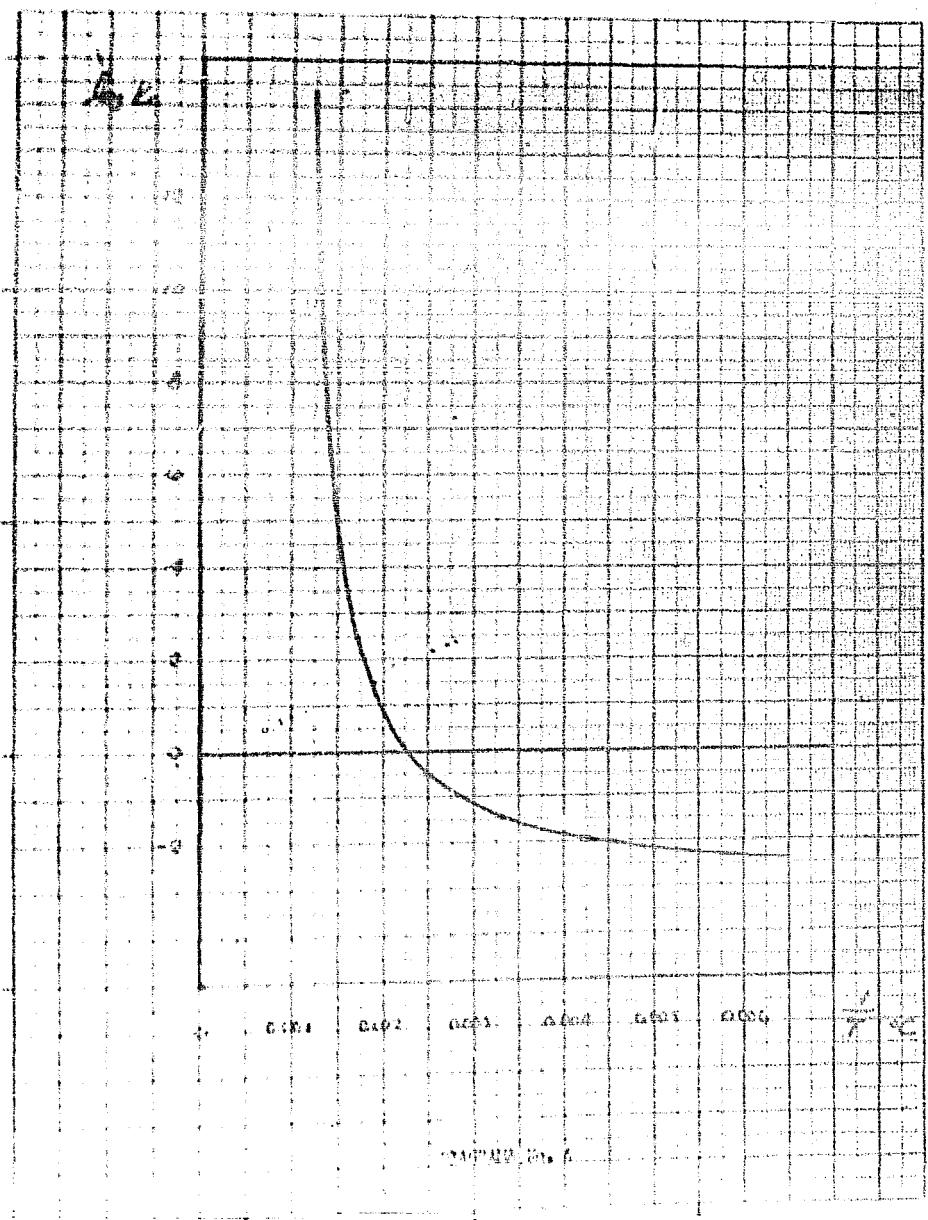
$T$	$\frac{P}{P_0} \times 10^3$	$10^3 \cdot T$	$2.3 \times 10^{-3} \times 10^3 \cdot T$	$0.0110 \times 10^{-3} \cdot T$	$P'$	$0.2001 \times 10^{-3} \cdot T$	$P''$
100	0.6234	2.10103	22.163877	1.4616	640.00	0.16164	
200	0.3172	2.19794	21.1051139	2.9235	625.00	0.1563123	
300	0.20873	2.47772	20.0748365	2.1954	600.00	0.20873	
400	0.16517	2.75492	19.9295163	2.5613	525.00	0.3112765	
500	0.12770	2.10220	19.2891348	2.9272	460.000	0.40656	
600	0.92221	2.65321	19.7362562	3.2931	402.500	0.515525	
700	0.6716	2.69992	19.230991	3.669	350.000	0.63525	
800	0.50503	2.74036	19.6332972	4.0249	302.500	0.7646525	
900	0.40497	2.77415	19.0005316	4.3908	260.000	0.91476	
1000	0.32743	2.81291	19.1381624	4.7567	222.500	1.0735725	
1100	0.27772	2.84930	19.651216	5.1226	190.000	1.247404	
1200	0.23773	2.88750	19.9433915	5.4885	162.500	1.4271125	
1300	0.21512	2.915321	20.2146159	5.8544	140.000	1.626208	

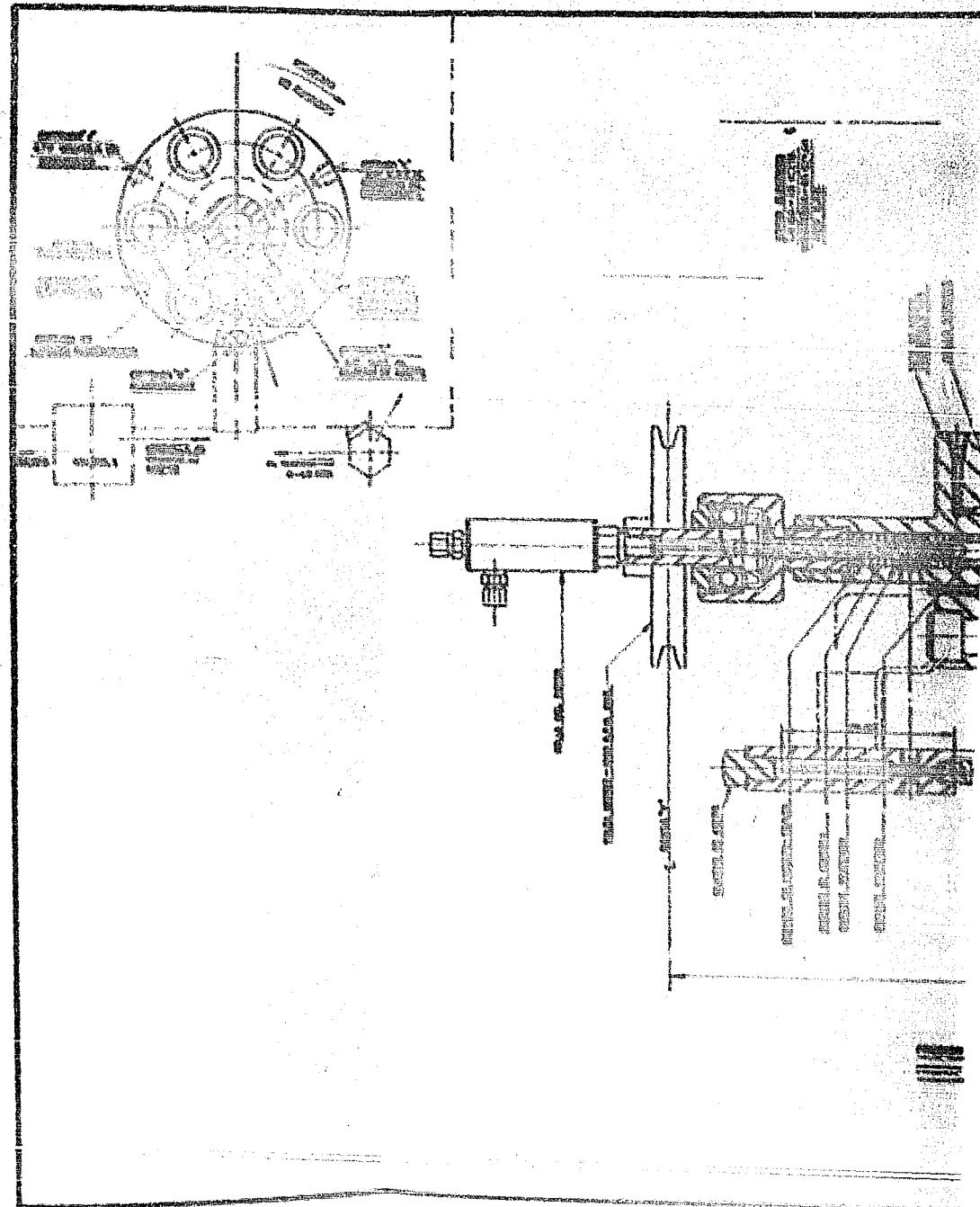
IA # 4

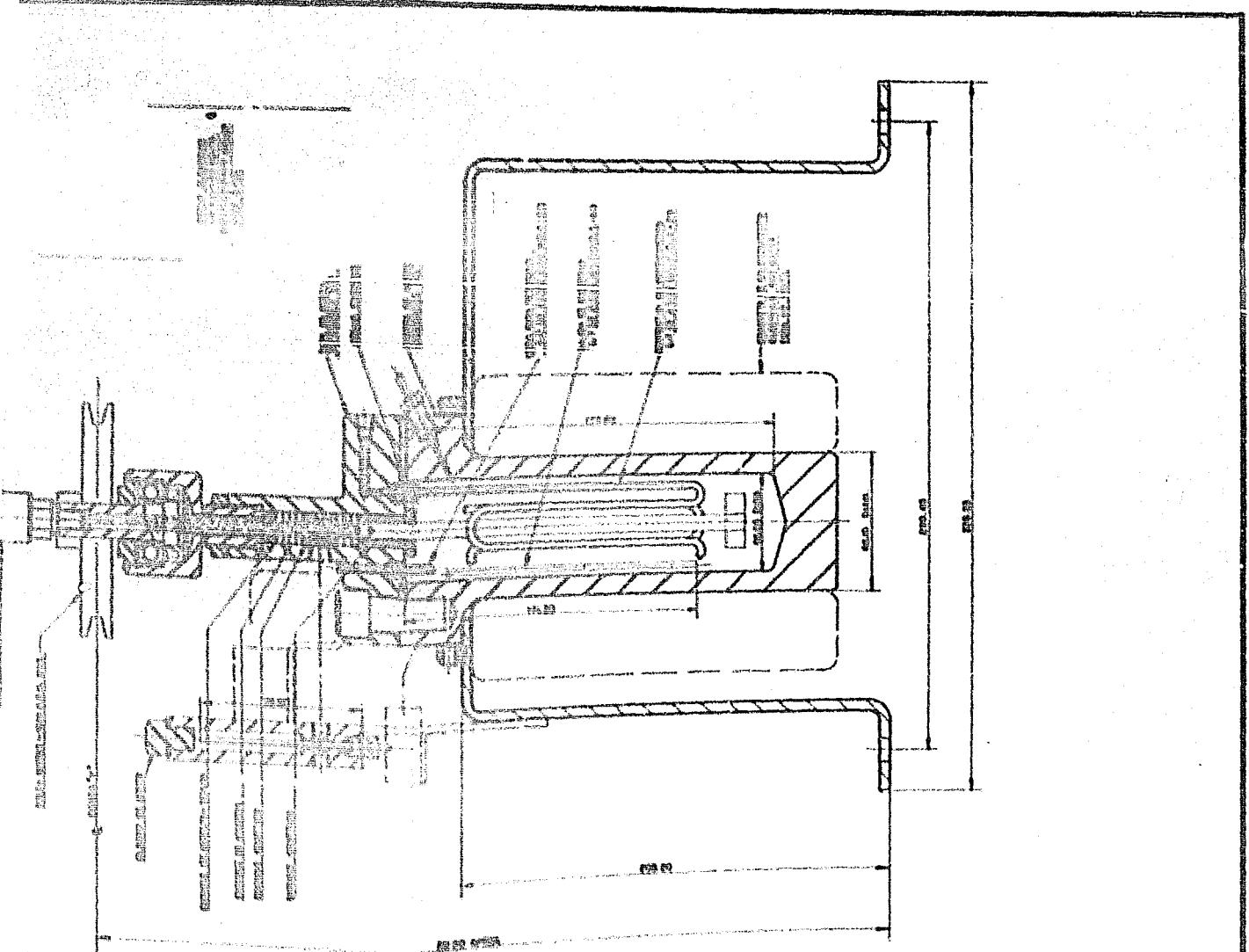
## PROBLEMS

$T^{\circ}$	$T^{\circ} \times 10^3$	$\frac{d}{dt}$	$0.04238 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$	$\frac{d}{dt}$	In. Km.	Km.
0.003	0.003	0.0017152	57.7255418	72.8264915	$6.1231 \times 10^1$	
0.1875	0.004	0.0007075	39.749223	8.70723	$5.036 \times 10^0$	
0.270	0.00111	0.0123388	27.840593	6.003352	$1.2115 \times 10^0$	
0.42875	0.00235	0.017311148	19.239403	4.2039361	$1.599 \times 10^0$	
0.640	0.00250	0.0297216	12.774487	2.7913096	$6.185 \times 10^2$	
0.91125	0.00222	0.042318448	8.120906	1.7744718	59.49	
1.250	0.0020	0.0585144	3.710473	0.8107632	6.468	
1.66375	0.001835	0.077264948	0.412545	0.0900144	1.0206	
2.160	0.001667	0.1002104	-2.333462	-0.509885	0.3235	
2.24625	0.00154	0.127516848	-4656808	-1.017546	0.01041	
3.430	0.001423	0.1592093	-6.595464	-1.441159	0.02762	
4.21875	0.001312	0.195918748	-8.366757	-2.156912	0.06231	
5.125	0.00120	0.2377743	-9.870678	-3.828195	0.091945	









ESTANQUE DE VAPOR  
VALVULA DE SALIDA  
VALVULA DE AGUA  
VALVULA DE VACUO  
VALVULA DE SALIDA  
VALVULA DE AGUA

TESIS PROFESIONAL U.I.A.

AUTOCLAVE DE ALTA PRECISION

ARMAS HALFORDS R.	C.D. N.
ACUTENEDO	1984

## CONCLUSIONES.

Dentro de la parte experimental, se comprobaron algunas propiedades del Cloruro de vinilo como son: Estado físico a temperatura ambiente; Punto de ebullición a presión atmosférica; Reactividad del compuesto para polimerizarse expuesto a la luz ultravioleta del sol; Solubilidad aparente en dicloroetileno, alcohol etílico y agua; así como las condiciones de trabajo prácticas, que se requiere que se usen en el laboratorio, para la obtención de Cloruro de vinilo. También, una aproximación experimental al valor del coeficiente de compresibilidad, ( $Z$ ), del dicloroetileno.

En la parte teórica, tiene importancia la recopilación bibliográfica de la tabla de constantes y propiedades del Cloruro de vinilo, y el desarrollo y resolución de las ecuaciones termodinámicas presentadas en la literatura, hasta llegar a encontrar el valor de la constante de equilibrio de la reacción de obtención del compuesto, por pirólisis del dicloroetileno a distintas temperaturas.

De ésto último se desprende, el que los valores de la constante más apropiados al rendimiento de la reacción, se logran ajustando las condiciones de temperatura a un rango entre 500 y 600 grados Centígrados. Al hacer la recopilación de propiedades térmicas, no toman principalmente en cuenta la entalpia de formación, en el sentido de la entalpia de ionización, en las que se consideran la presión y temperatura, en las que se

realizan los cambios de fase del Cloruro de vinilo,  
graficando ambos contra Temperatura, usando en am-  
bos casos, como parámetro la Presión.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Doraiwamy K.L.; Braehe H.P.; Pai U.N.; Chidambaram S. "Thermal Dehydrochlorination of styrene - dichloride". Brit. Chem. Eng. (1960) V, 9, 618.
- 2) Baetziger G.G.; und Doraiwamy K.L.; Brit. Chem. Eng., (1960), III , 316.
- 3) Horton D.H.H.  
Journ. Chem. Soc.,(1946), 157-625,;(1949), 155.
- 4) Petroleum Refiner  
"Vinyl Chloride from Ethylene"  
(1953) 32, 116.
- 5) Ind. eng. Chem.; (1957) 39, 317.
- 6) Kobe K.A.  
Petroleum Refiner (1957) 36, 155.
- 7) Magidin M. Luis (Tesis profesional 1961)  
"Anteproyecto para la instalación de una planta productora de Cloruro de vinilo en la República Mexicana".
- 8) Vasquez Herrera Salvador (Tesis profesional 1961)  
"Estudio técnico-económico de la fabricación de Cloruro de vinilo en México".
- 9) Hougen O., Watson, & Ragatz.  
"Chemical Process Principles" Tomo II 619 a623  
2a. edición 1959; John Wiley & Sons, Inc.  
New York, London.
- 10) Catálogo ~~para~~ "Thermometers"  
Fenwal Electronic Inc. Framingham, Mass. U.S.A.

11) Brage Golding.

"Polymers & Resins" IX, 1959.

D. Van Nostrand Company Inc.

Princeton N.J. Toronto, New York, Londres.

12) Cram D.J., Hammond G.S.

"Organic Chemistry" 1959.

Mc Graw Hill Book Company

New York, Toronto, Londres.