

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS  
INGENIERIA QUIMICA

"OBTENCION DE ESTERES FTALICOS  
DE ALCOHOLES GRASOS DE BAJO  
PESO MOLECULAR, CATALIZADOS  
CON AC. P-TOLUEN SULFONICO"

**TESIS PROFESIONAL**

JUAN PABLO ALVAREZ ELCOBO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA**

**INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS  
INGENIERIA QUIMICA**

**"OBTENCION DE ESTERES FTALICOS  
DE ALCOHOLES GRASOS DE BAJO  
PESO MOLECULAR, CATALIZADOS  
CON AC. P-TOLUEN SULFONICO"**

**JUAN PABLO ALVAREZ ELCORO**

**1967**

**JURADO QUE REVISÓ Y APROBÓ LA PRESENTE TESIS**

<b>Presidente Prof.</b>	<b>DR. JOSE HERRAN A.</b>
<b>Vocal</b>	<b>I.Q. ALEJANDRO PURON de la B.</b>
<b>Secretario</b>	<b>I.Q. PEDRO REYES</b>
<b>1er. Suplente</b>	<b>Q.I. Ma. ELENA CASO B.</b>
<b>2o. Suplente</b>	<b>I.Q. ALBERTO OBREGON P.</b>

**Sitio donde se desarrolló el Tema :**

**STOFFEL y CIA, S. A.**

<b>Sustentante</b>	<b>JUAN PABLO ALVAREZ ELCORO</b>
<b>Asesor del Tema</b>	<b>I.Q. ALEJANDRO PURON de la B.</b>
<b>Asesor Técnico</b>	<b>I.Q. ERNESTO E. STRAUB.</b>

**MEXICO D. F.**

**1967**

**A MIS PADRES**

**A MIS HERMANOS**

# I N D I C E

**Introducción.**

**Cap. I . Bases teóricas y Generalidades.**

**Cap. II. Ensayos en laboratorio.**

**Cap. III. Cinética.**

**Cap. IV. Control de calidad.**

**Cap. V. Costo de producción.**

**Cap. VI. Comparación de propiedades del producto,  
con otros similares.**

**Cap. VII. Discusión de resultados.**

**Conclusiones.**

**Bibliografía .**

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

Una empresa industrial tiene interés en producir entre su línea de compuestos, un plastificante. Siendo este el motivo por el cual se inició el presente estudio, que pretende dar una solución satisfactoria a cada uno de los problemas de la producción de dicho compuesto .

Se dispone de una mezcla de alcoholes grasos de relativamente bajo peso molecular, procedentes de la subproducción de alcoholes grasos de mediano y alto peso molecular. Y compuesta únicamente por alcoholes de cadena lineal; se desea ver que posibilidades existen para producir un éster ftálico, partiendo de dicha mezcla y anhídrido ftálico , sabiendo que dicho éster puede utilizarse como un plastificante. Razón por la cual fué necesario efectuar una investigación, con el objeto de poder apreciar diversos aspectos relativos al producto, tales como : posibilidad de su obtención, condiciones que requiera la misma, costo de producción, funcionamiento del mismo con respecto a productos similares , etc.

Ahora bien, por lo que respecta al aspecto de inversión, cabe indicar que no sería necesario hacer la relativa por concepto de equi  
no se va que para producir el éster, se dispone de un tiempo libre en un -

reactor de uso múltiple, que resulta suficiente, si se toma en cuenta que el objeto de esta producción, no será el de cubrir todo el mercado del producto, sino únicamente surtir una demanda más ó menos fija y de una cantidad razonablemente pequeña .

Por lo cual el estudio resulta de carácter preliminar, dado el volumen de la producción que se propone, quedando dentro de lo que se conoce como piloto.



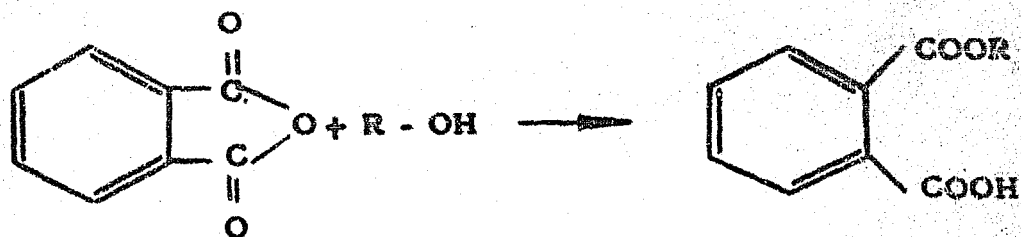
## C A P I T U L O I

### BASES TEORICAS Y GENERALIDADES .

#### 1. 1.- Esterificación .

Teniendo en cuenta, la propiedad que tienen los anhídridos de reaccionar con el alcohol, dando el correspondiente monoéster o di-éster, dependiendo de las cantidades, a continuación describimos el desarrollo de la reacción efectuada.

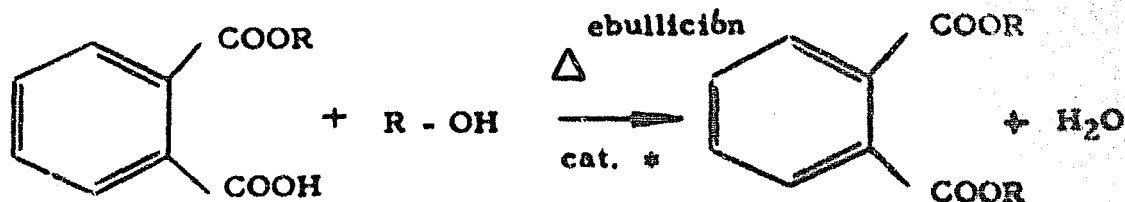
#### Reacción Química .-



Anhídrido ftálico

alcohol  
graso

monoéster



monoéster

alcohol graso

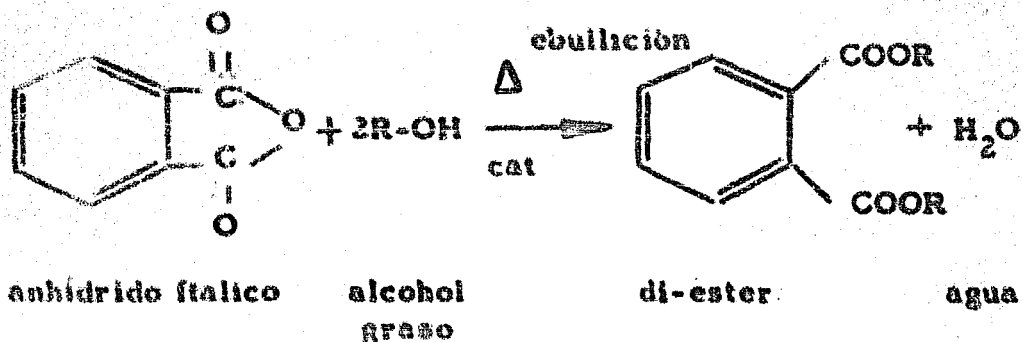
di-éster

\* Acido p-toluen sulfónico.

A este paso final, se le llama reacción de aceleración por -

calor y catalisis, ya que de no usar catalizador, la reaccion es bastante lenta.

La reaccion total se representa :

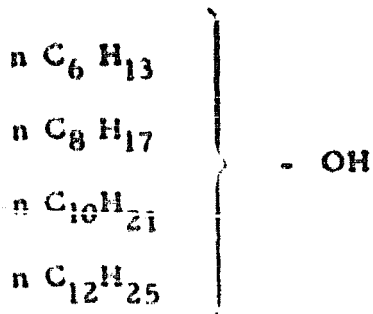


Por lo que respecta al alcohol graso, en este caso el usado, es una mezcla de varios alcoholes que a continuacion se indican :

Mezcla de alcoholes grasos de bajo peso molecular usada :

	%
Alcohol hexilico	0.2
Alcohol octilico	77.7
Alcohol decilico	14.4
Alcohol dodecilico	2.7

Por lo que R-OH representa :



## 1. 2 - Características de los ésteres ftálicos de alcoholes grasos de bajo peso molecular y cadena lineal

### 1. 2. a - Aspecto Industrial

En la industria dichos productos son utilizados como plastificantes, dado que durante el procesamiento de muchos polímeros vinílicos y copolímeros, les proveen de una excelente estabilidad.

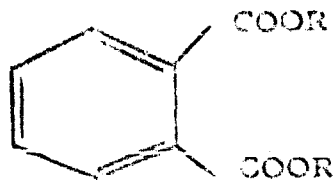
Además de dotar a los productos vinílicos de ésteres del tipo descrito, de una serie de propiedades, tales como: flexibilidad a distintas temperaturas, retención de propiedades mecánicas después de madurar, estabilidad en el almacenamiento, etc.

Por otra parte ellos son compatibles con PVC, poliestireno, metil metacrilato, hule, acrilonitrilo, butiral polivinilo, nitrocelulosa, butir acetato de celulosa, etc. Y no siendo así con productos como el acetato de celulosa, hule SER y acetato de polivinilo.

Con lo anteriormente dicho, nos podemos dar una idea de las aplicaciones y usos de los ésteres ftálicos.

### 1. 2. b. - Composición.

Quedará integrada en la forma que a continuación se ex pone :



Donde la R puede variar, de acuerdo con la composición de la mezcla de alcoholes grasos usados.

Ester ftálico

En este caso la R puede representar las cadenas provee-  
nientes de los siguientes alcoholes; hexílico, octílico, decílico ó dodecíl-  
co.

### I. 2. C.- Propiedades Físicas.

Basados en el hecho de que son propiedades, que, se  
manifiestan sin alterar la composición de la molécula del producto, enun-  
ciaremos a continuación las principales.

I. 2.C. 1.- Punto de ebullición = 198 - 200 °C

I. 2.C. 2.- Densidad a 20 °C  $\rho = 0.94 \frac{g}{cm^3}$

I. 2.C. 3.- Viscosidad a 20 °C  $\mu = 45 - 50$  cp.

I. 2.C. 4.- Apariencia.

- a) Líquido transparente.
- b) Ligeramente amarillento.
- c) Olor agradable.

I. 2.C. 5.- Solubilidad.

- a) Nula en agua.
- b) Buena en alcohol y éter.

### I. 2.D.- Propiedades Química.

Tomando en cuenta que estas propiedades se ponen de  
manifiesto cuando la composición de la molécula sufre alteración, a con-  
tinuación indicaremos las más comunes.

si el contacto del material sucede en los ojos, en cuyo caso hay que efectuar lavados con agua en repetidas ocasiones, hasta que cesen las molestias. Si es en el cuerpo, es recomendable hacer los lavados con algún detergente, evitando así la irritación y la ligera resequead que también causa el producto sobre la piel.

Convienes también usar botas con casquillo protector, dado el peso del envase, que en caso de accidente durante carga, descarga ó almacenamiento del producto, puede tener mayores consecuencias.

Por lo referente a almacenamiento, puede hacerse a la intemperie o bajo techo, según el local de que se disponga.

El material a temperatura ambiente no es inflamable.

### I. 3.- Materias primas usadas.

#### I. 3. A.- Anhidrido ftálico

I. 3. A.1.- Punto de fusión = 130.8 °C.

I. 3. A.2 - Punto de ebullición = 284.5 °C.

I. 3. A.3. Peso molecular = 148.11

I. 3. A.4.- Proveedor - Síntesis Orgánicas.

I. 3. A.5.- Solubilidad.

a) Soluble en agua

b) Soluble en alcohol

c) Muy soluble en éter.

**I. 3.B.- Mezcla de alcoholes grasos.**

I. 3.B. 1.- Composición: Está indicada en el principio de este capítulo. Su peso molecular varía según la composición pero fluctua entre 125 a 140.

I. 3.B.2.- Punto de ebullición = 163 - 4 °C.

I. 3.B.3.- Viscosidad a 20 °C  $\mu$  = 13 - 17 cp.

I. 3.B.4.- Densidad a 20 °C  $\rho$  = 0.81 g/cm<sup>3</sup>

I. 3.B.5.- Proveedor.- Organoquímica Mexicana S. A.

**I. 3.C.- Acido p-toluen Sulfónico.**

I. 3.C. 1.- Punto de fusión = 104 - 106 °C.

I. 3.C.2. - Punto de ebullición = 146 - 7 °C.

I. 3.C.3.- Proveedor.- Dade de México, S. A.

Baker Chemical Co.

**I. 3.D.- Tolueno.**

I. 3.D. 1.- Punto de fusión = - 95 °C

I. 3.D. 2.- Punto de ebullición = 110.8 °C

I. 3.D. 3.- Solubilidad.- Infinita en el alcohol y éter, en agua poco.

I. 3.D. 4.- Proveedor.- Drogas y Productos químicos S. A.

## C A P I T U L O   I I

### II. 1. - Método de obtención usado .

#### II. 1.A.- Descripción de la técnica de laboratorio usada.

Conociendo la forma en que se desarrolla la reacción, a continuación se describe el procedimiento o técnica empleada en laboratorio, para la obtención del producto en cuestión.

Se colocan las mezclas de alcoholes, el anhídrido ftálico, el tolueno y el ácido p.toluén sulfónico en las proporciones requeridas, dentro de un recipiente cilíndrico y con fondo esférico, al cual se le ha condicionado anteriormente un sistema de agitación, con objeto de tener una mayor uniformidad durante el proceso de calentamiento. Este recipiente va acoplado a un separador, que tiene la función de recibir el agua que se forma durante la reacción y que cae dentro del mismo, junto con el tolueno, después de condensarse en el refrigerante adaptado previamente en la parte superior.

Habiendo efectuado los pasos anteriores, se procede a iniciar la reacción, agitando y calentando los reactivos hasta temperatura de reflujo que es entre 140 - 150 °C. La agitación y el reflujo se mantienen hasta que se ha obtenido la cantidad de agua calculada y que se puede

observar en el separador. Con objeto de lograr que el agua formada pasara al separador, se uso tolueno, como agente despachador.

Cabe aquí mencionar, que durante la reacción, en el separador se forma un sello de tolueno, que impide que el agua regrese al recipiente donde se efectua la reacción, facilitando de esta forma, el poder apreciar el desarrollo de la misma, con tan solo observar el volúmen de agua formada, que se va depositando en el separador.

Con objeto de que tengan una idea más clara se presenta a continuación un esquema del aparato usado. (Fig. 1)

#### II. 1. B. - Descripción del material usado.

##### VER FIGURA 1

A = Recipiente Quickfit de 1 000 cm<sup>3</sup> de capacidad.

B = Termómetro con graduación hasta 260 °C.

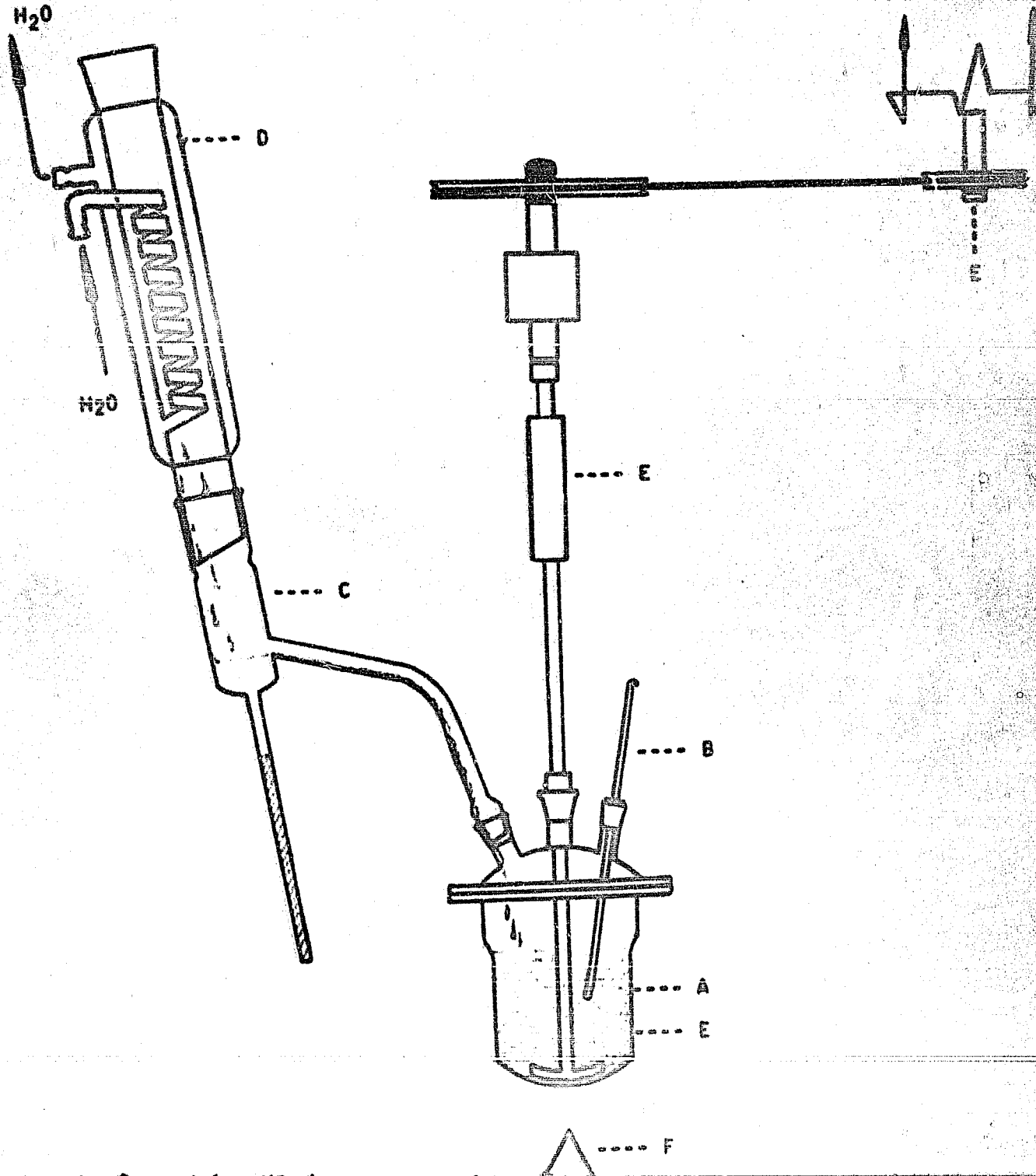
C = Separador con graduación hasta 10 ml en la parte inferior.

D = Condensador o refrigerante.

E = Equipo de agitación, consistente en un agitador de acero inoxidable, juego de poleas, banda y un motor eléctrico de velocidad variable.

F = Mechero de gas para calentamiento.





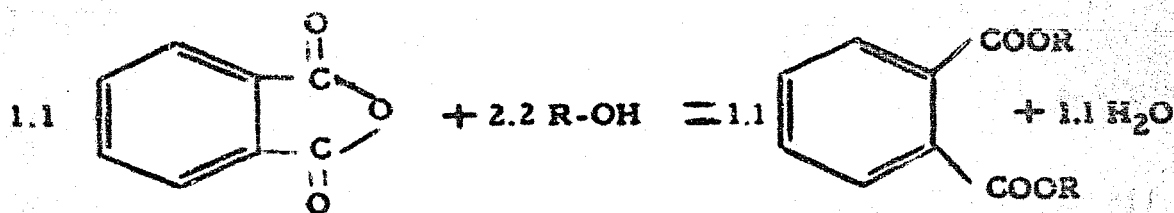
## II. 2.- Pruebas .

### II. 2.A.- Bases para los cálculos.

Tomando en cuenta la estequiometría de la reacción, observamos que por cada mol de anhídrido ftálico, necesitamos dos moles de la mezcla de alcoholes para que se efectue la reacción, y obtengamos una mol del éster y una mol de agua como productos de la misma.

Por otra parte, dada las dimensiones del equipo utilizado en laboratorio, nosotros usamos como base para nuestros cálculos;

Considerando la reacción total :



	P.M.(M)	moles (n)	msnM (g)
Anhídrido ftálico	148.11	1.1	162.921
Mezcla de alcoholes	135 *	2.2	297.00

\* Para la obtención de este peso molecular ver la hoja sig.

La formulación para hacer las pruebas que da en la forma siguiente :

Anhídrido ftálico = 162.921 g

Mezcla de alcoholes = 297.000 g

Tolueno = 100 ml

a.p.toluen sulfónico = variable según la prueba.

\* (Viene de la hoja anterior)

		<u>% Peso</u>	<u>m (lb)</u>	<u>PM</u>	<u>n</u>	<u>X</u>	<u>XPM</u>
C <sub>6</sub>	-	0.2	0.002	102.17	0.000019	0.0027	0.2758
C <sub>8</sub>	-	77.7	0.777	130.23	0.00596	0.847	110.3048
C <sub>10</sub>	-	14.4	0.144	158.28	0.000909	0.129	20.4181
C <sub>12</sub>	-	2.7	0.027	186.33	0.000144	0.0204	3.6011
					<u>0.007032</u>	<u>0.9991</u>	<u>134.7998</u>

$$\therefore P M_n = 134.7998 \approx 135.$$

## II. 2. B.- Pruebas realizadas.

Antes de iniciar las pruebas relativas a la variación de la cantidad de catalizador, hice otras, con objeto de observar si un exceso de la mezcla de alcoholes es benéfico o desfavorable sobre el rendimiento de la reacción.

En lo referente a las cantidades usadas de reactivos, se hizo de acuerdo con la formulación expuesta en el inciso IV. 2. A., pero variando adecuadamente la cantidad de la mezcla de alcoholes y usando 2.5 g. de catalizador.

Todo lo anterior es con el objeto de tener una igualdad de condiciones de trabajo durante cada una de las pruebas, pudiendo de esta forma, observar las variaciones que se puedan presentar.

Formulación usada :

Anhidrido ftálico = 162.921 g

Tolueno = 100 ml

a.p.toluen sulfónico = 2.5 g.

Mezcla de alcoholes = varía según la prueba.

### II. 2.B.1.- Prueba "a"

Sin exceso de la mezcla de alcoholes.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles formadas de producto.
15	0.152
30	0.301
45	0.520
60	0.642
75	0.770
90	0.873
105	0.921
120	0.943
135	0.958
150	0.979

rendimiento = 89 %

### II. 2.B. 2.- Prueba "b".

Con un exceso de 0.1 moles de la mezcla de alcoholes.

Arrojé los siguientes resultados :

Tiempo ( minutos )      moles formadas  
de producto.

15	0.150
30	0.303
45	0.523
60	0.641
75	0.771
90	0.887
105	0.950
120	1.010
135	1.042
150	1.053

rendimiento = 95.72 %

**II. 2. B. 3.- Prueba "c"**

Con un exceso de 0.15 moles de la mezcla de alcoholes.

Arrojó los siguientes resultados :

<b>Tiempo ( minutos )</b>	<b>moles formadas de producto.</b>
---------------------------	--

15	0.151
----	-------

30	0.310
----	-------

45	0.522
----	-------

60	0.648
----	-------

75	0.778
----	-------

90	0.893
----	-------

105	0.990
-----	-------

120	1.043
-----	-------

135	1.078
-----	-------

150	1.096
-----	-------

rendimiento = 99.63 %

II. 2. B. 4.- Prueba "d".

Con un exceso de 0.2 moles de la mezcla de alcoholes.

Arrojó los siguientes datos :

Tiempo (minutos)	moles formadas de producto.
15	0.153
30	0.312
45	0.517
60	0.653
75	0.775
90	0.898
105	0.995
120	1.048
135	1.080
150	1.097

rendimiento = 99.72 %

Después de estas pruebas, se llegó a la conclusión de usar la siguiente formulación, para las pruebas referentes a la cantidad de catalizador.

Formulación :

Anhidrido ftálico = 162.921 g

Mezcla de alcoholes = 317.250 g (a)

Tolueno = 100 ml.

a.p.toluen sulfónico = variable según la prueba.

(a) Debido al exceso usado.

Las razones por las cuales se uso el exceso de 0.15 moles, se encuentran en el Capítulo VII referente a discusión de resultados.

II. 2. B. 5.- Prueba "A".

Según formulación original y sin usar catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (horas)	moles .
1	0.139
2	0.278
4	0.534
6	0.700
8	0.790
10	0.839
12	0.888
14	0.921
16	0.940
18	0.955
20	0.974
22	0.989
24	1.000
26	1.010



Tiempo (horas)	moles
28	1.020
30	1.035
32	1.045
34	1.050
36	1.058

rendimiento: 96.18 %    Agua comenzó a formarse a los 15 minutos.

II. 2.2. 4.- Prueba "B"

Según la formulación original y usando 1.5 g. de catali-

zador :

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0.122
30	0.362
45	0.550
60	0.711
75	0.834
90	0.906
105	0.956
120	1.000
135	1.011
150	1.039

Tiempo (minutos)	moles
165	1.061
180	1.071
195	1.083

Comienza a formarse agua a los 12 min.  
rendimiento = 98.45 %

#### II. 2.B.7.- Prueba "C".

Según formulación original y usando 2 g. de catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0
30	0.351
45	0.560
60	0.730
75	0.850
90	0.932
105	0.990
120	1.050
135	1.061
150	1.070
165	1.075

Comienza a formarse agua a los 15 min.  
rendimiento = 96.45 %

II. 2.B. 8.- Prueba "D".

Según formulación original y usando 2.5 g de catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0.151
30	0.365
45	0.522
60	0.648
75	0.778
90	0.893
105	0.990
120	1.043
135	1.078
150	1.096

Comienza a formarse agua a los 11 min.

rendimiento = 99.63 %

II. 2.B. 9.- Prueba "E" .

Según formulación original y usando 3 g de catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0.117
30	0.370

Tiempo (minutos)	moles
45	0.557
60	0.715
75	0.861
90	0.970
105	1.020
120	1.062
135	1.083

Comienza a formarse agua a los 13 min.

rendimiento = 98.45 %

## II. 2.B. 10.- Prueba "F".

Según formulación original y usando 3.5 g de catalizador .

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0
30	0.350
45	0.590
60	0.816
75	0.965
90	1.056
105	1.086

Comienza a formarse agua a los 16 min.

rendimiento = 98.72 %

**II. 2.B. 11.- Prueba "G".**

Según formulación original y usando 4 g de catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0.116
30	0.556
45	0.865
60	1.000
75	1.080
80	1.093

Comienza a formarse agua a los 12 min.

rendimiento = 99.36 %

**II. 2.B. 12.- Prueba "H".**

Según formulación original y usando 5 g de catalizador.

Arrojó los siguientes resultados :

Tiempo (minutos)	moles
15	0.183
30	0.589
45	0.895
60	1.042
71.2	1.098

Comienza a formarse agua a los 12 min.

rendimiento = 99.81 %

### II. 3.- Purificación del producto .

Después de haber obtenido el éster por medio de la técnica anteriormente descrita, efectuamos la purificación del mismo en las siguientes condiciones; inicialmente llevamos a cabo una serie de lavados, con una solución acuosa de sosa cáustica al 5 % y en una proporción aproximada de una tercera parte del volumen de la mezcla reaccionante, con objeto de eliminar el catalizador en forma de su sal sódica, que es un precipitado blanco.

El número de lavados hechos con la solución cáustica fué de dos, al igual que los posteriormente efectuados con agua, con objeto de eliminar las impurezas restantes. Todo esto se efectuó a una temperatura que oscilaba entre 65 - 70 °C.

En seguida, se procedió a la recuperación del tolueno existente en la mezcla, misma que se logra por medio de una destilación y usando una bomba de vacío, con objeto de asegurar la total eliminación del tolueno en la mezcla tratada, logrando de esta forma aislar el éster deseado. Mismo que se tiene, cuando tenemos la cantidad aproximada de tolueno agregada y un poco de la mezcla de alcoholes, debido al exceso usado y que es una cantidad pequeña.

Ya como paso final, se trata el éster con carbón activado, durante una media hora y a unos 90 °C con objeto de eliminar algunas impurezas restantes y darle una mayor transparencia al producto, misma que se aprecia después de efectuar el filtrado.

## C A P I T U L O III

### C I N E T I C A

#### III. 1. - Obtención de la Ecuación de velocidad de reacción .

Utilizando los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, obtendremos todos los datos relativos a orden de reacción, constante específica de velocidad de reacción, ecuación de velocidad de reacción, etc.

El estudio de cinética que a continuación se desarrolla, está basado en los datos obtenidos en la prueba hecha con 5 g. de catalizador - (ver capítulo II.- II.2.B. 12.), dado que considero como óptimo el resultado aquí obtenido.

Por otra parte, no tendría objeto encontrar para cada una de las pruebas hechas sus datos cinéticos, a menos que se tuviera un especial interés como en el presente caso. Si por el contrario, se desean conocer, se procede a aplicar el criterio aquí empleado al caso deseado.

#### III.1. A. - Orden de Reacción :

Los cálculos se harán según las siguientes ecuaciones.

Orden Cero.-

$$k = \frac{A_0 - A}{t} \quad \text{-----} \quad (1)$$

**Primer Orden.-**

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{A_0}{A} \quad \dots \dots \dots (2)$$

**Segundo Orden.-**

1er. Tipo.-  $k = \frac{1}{t} \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{A_0} \right) \quad \dots \dots (3)$

2o. Tipo.-  $k = \frac{1}{t} \frac{a}{(bA_0 - aB_0)} \ln \frac{(AB_0)}{(A_0B)} \quad \dots (4)$

Tercer Orden.-  $b \neq a \quad B = B_0 - X \frac{b}{a}$

1er. Tipo.-  $k = \frac{1}{2t} \left( \frac{1}{A^2} - \frac{1}{A_0^2} \right) \quad \dots \dots (5)$

2o. Tipo.-  $k = -\frac{a}{t} \frac{1}{(bA_0 - aB_0)} \left( \frac{1}{A} - \frac{1}{A_0} \right) + \frac{ab}{t} \frac{1}{(bA_0 - aB_0)^2} \ln \frac{(AB_0)}{(A_0B)} \quad \dots (6)$

Donde  $A_0 = 1.1$  moles.

$B_0 = 2.35$  moles.

T A B L A I.

t minutos	x moles <sup>g</sup>
15	0.183
30	0.589
45	0.895
60	1.042



Con los datos de la Tabla I procedemos a calcular los valores de la constante específica de velocidad de reacción para los distintos ordenes.

T A B L A II

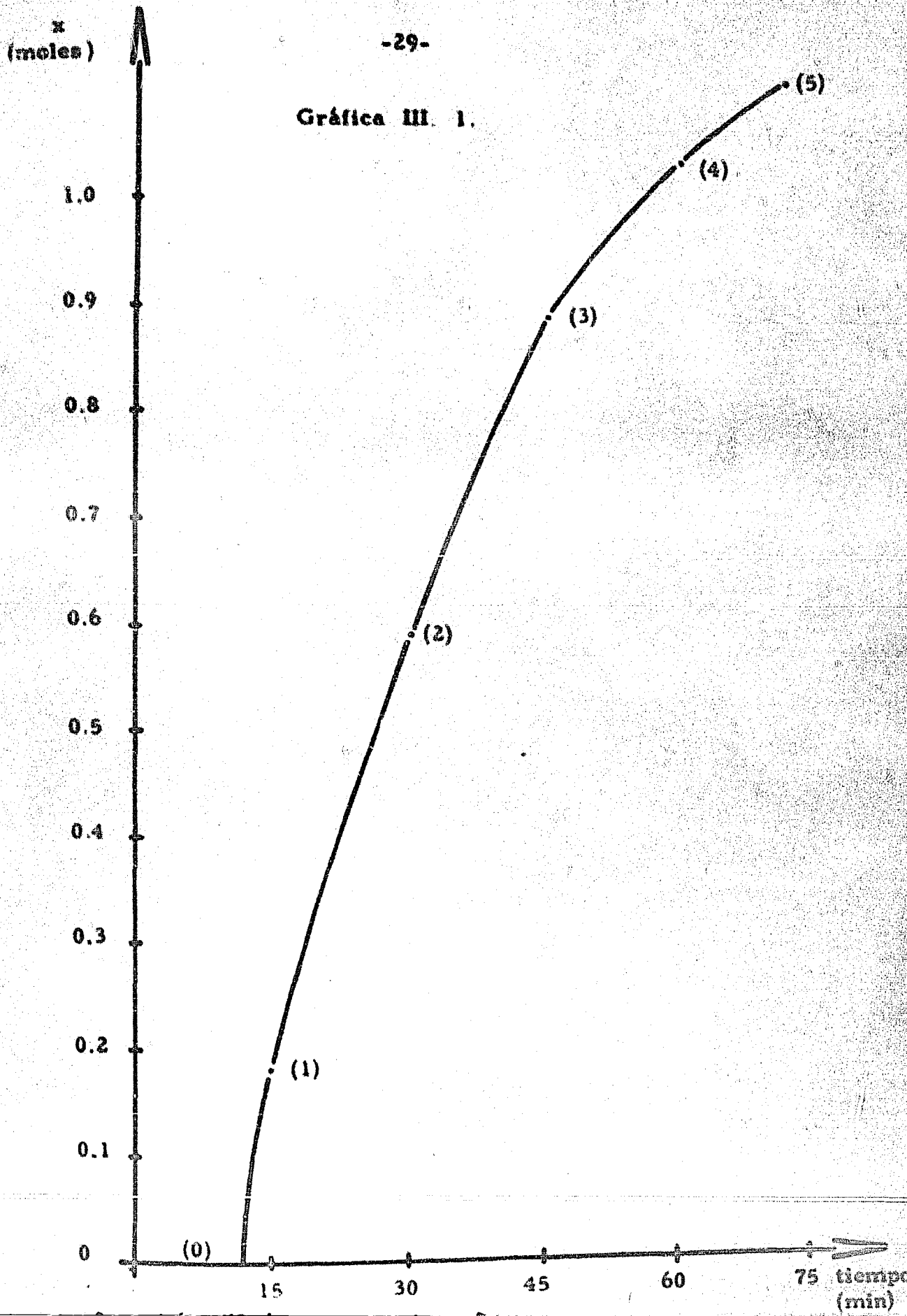
orden cero	k Primer orden	k Segundo Orden		k Tercer Orden	
		1er Tipo	2o. Tipo	1er. Tipo.	2o. Tipo
0.0122	0.01224	0.01209	-0.03366	0.01254	-0.0013
0.0196	0.02549	0.03491	0.04386	0.05048	0.0248
0.0199	0.03737	0.08736	0.2206	0.2537	0.5399
0.0173	0.04864	0.26112	0.4299	2.4809	0.669
0.0154	0.08850	7.0250	0.5891	17.6000	42.52

Con los datos de la tabla II, podemos darnos cuenta de que nuestra reacción no es de ninguno de los ordenes antes mencionados, de donde sólo queda la posibilidad de que sea de orden fraccionario.

Para encontrarlo, seguiremos el siguiente criterio; como paso inicial, procedemos a graficar los datos de concentración contra tiempo, obteniéndose la Gráfica III. 1., la cual aprovechamos para obtener valores de velocidad de reacción en los distintos tiempos y concentraciones.

Como sabemos, la velocidad de reacción es igual a la variación de la concentración con respecto a un tiempo, de donde si nosotros

Gráfica III. 1.



sacamos la pendiente en cada uno de los segmentos a considerar, encontramos la velocidad de reacción correspondiente a la concentración y tiempo considerados.

Ya que entre punto y punto de la curva estamos considerando una recta, la pendiente estará dada por :

$$m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = r \quad \text{---} \quad (7)$$

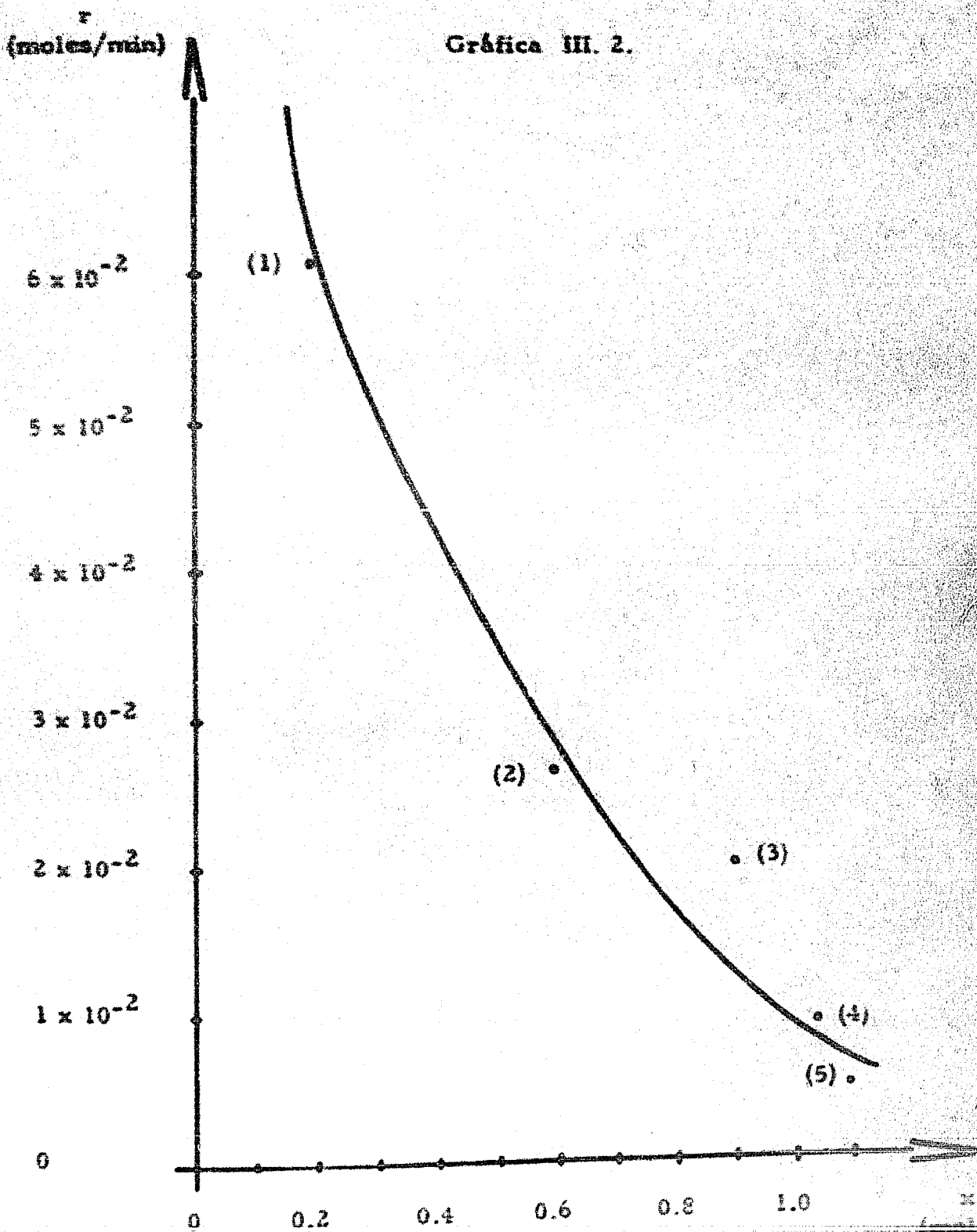
T A B L A III.

Segmento	r moles min
(0) - (1)	0.061
(1) - (2)	0.027
(2) - (3)	0.0204
(3) - (4)	0.00981
(4) - (5)	0.0050

Con los valores de la tabla III, graficamos velocidad de reacción contra concentración, lo cual nos da una curva del tipo  $r = k x^n$ , que en nuestro caso es la ecuación de velocidad de reacción. Ver Gráfica III. 2.

Ahora bien como no conocemos ni (k), ni (n). procedemos a calcular las de la siguiente forma :

Gráfica III. 2.



tenemos :

$$r = k x^n \quad \text{---} \quad (8)$$

sacando logaritmos a (8) tenemos :

$$\log r = \log k + n \log x \quad \text{---} \quad (9)$$

En donde podemos observar que la ecuación (9) es del tipo  $y = mx + b$ , que es la ecuación de una línea recta .

En donde  $(\log k)$  es la ordenada al origen y  $(n)$  la pendiente de la recta, los cuales desconocemos, pero podemos encontrar usando los valores de  $(r)$  y  $(x)$  de la Tabla III y I respectivamente.

T A B L A I V.

x	r	log x	log r
0.183	0.061	-0.737	-1.215
0.589	0.027	-0.230	-1.569
0.895	0.0204	-0.048	-1.690
1.042	0.00981	0.017	-2.009
1.098	0.0050	0.041	-2.300

Si nosotros graficamos  $(\log r)$  vs  $(\log x)$ , obtenemos una recta como se ve en la figura 1.

Con la ecuación (15) sacamos varios valores de (X) y (Y) que se muestran en la Tabla VI.

T A B L A VI.

X*	Y*
- 1.0	- 0.84
- 0.8	- 1.08
- 0.6	- 1.32
- 0.4	- 1.55
- 0.2	- 1.79
0	- 2.02
0.2	- 2.25

\* X = log X

\* Y = log r

Con estos valores graficandolos, obtenemos la Gráfica III.3., en donde podemos apreciar que la ordenada al origen es igual a :

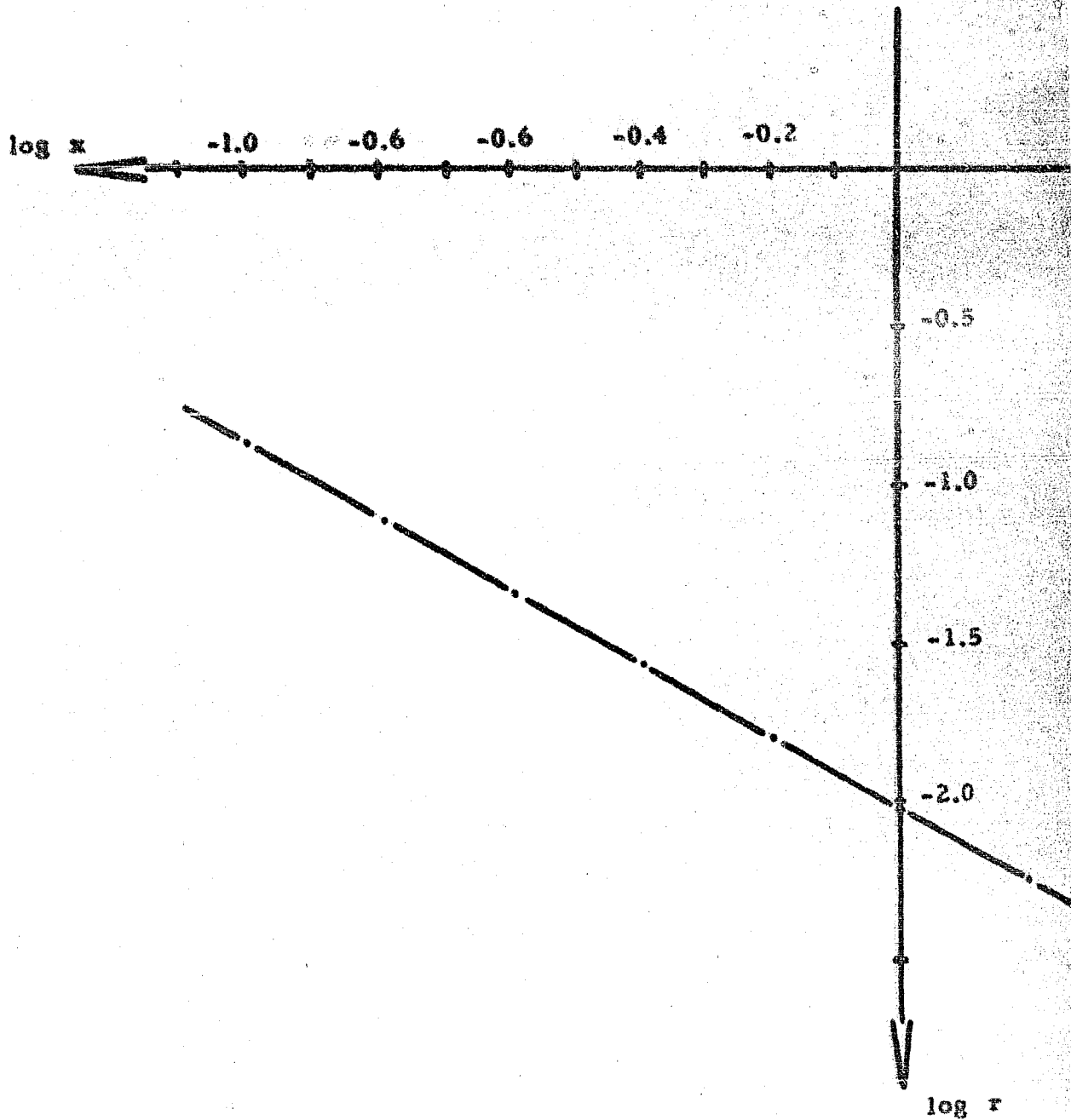
Log k = - 2.02

antilog -2.02 = 0.00954

k = 0.00954      constante específica de velocidad de reacción.

y      n = - 1.18      Orden fraccionario el signo negativo es debido a la pendiente de la recta.

Gráfica III. 3.



Tesis Profesional  
Juan Pablo Alvarez Elcoro

## C A P I T U L O IV

### CONTROL DE CALIDAD . -

#### IV. 1.- Propiedades Físicas .

IV. 1. A.- Punto de ebullición = 198 - 200 °C

IV. 1. B.- Viscosidad = 50 cp.

IV. 1. C.- Densidad = 0.94 g/cm<sup>3</sup>

Con un rango de tolerancia entre 0.02 %

#### IV. 1. D.- Apariencia.

IV. 1. D. 1.- Líquido transparente.

IV. 1. D. 2.- Ligeramente amarillento.

IV. 1. D. 3.- Olor agradable.

#### IV. 1. E.- Solubilidad.

IV. 1. E. 1.- En agua insoluble.

IV. 1. E. 2.- En alcohol, Soluble.

IV. 1. E. 3.- En éter, Soluble

#### IV. 2.- Propiedades químicas .

##### IV. 2. A.- Índice de acidez (I.A.)

Nos indica, los miligramos usados para la enutralización de los ácidos grasos libres, que se hallan en un gramo de grasas o aceites.

Reactivos : Solución de KOH 0.1 N.

Solución de fenoftaleína.



y titulamos en caliente con la solución de HCl 0.5 N en presencia de 0.5 ml. de fenoftaleína.

Resultados :

$$\text{Índice de Saponificación} = \frac{(X - Y) \cdot 29.05}{W}$$

Donde : X = mililitros usados de solución de HCl 0.5 N.

Y = mililitros usados de solución de HCl 0.5 N usa  
dos en la titulación en caliente.

W = peso en gramos de la mezcla tomada.

En nuestro caso los resultados fueron :

$$I. S. = 235 - 250$$

#### IV. 2. C.- Índice de éster ( I. E. )

Esta cifra nos indica la cantidad en miligramos de hidróxi-  
do de Potasio, que son necesarios para saponificar los ésteres en una gra-  
sa o aceite.

Se obtiene por una simple substracción del índice de acidez  
del Índice de Saponificación.

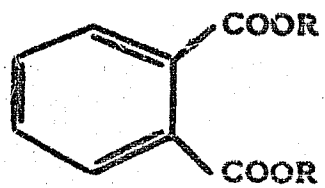
$$I. E. = I. S. - I. A.$$

$$I. E. = 250 - 0.4 = 249.6$$

#### IV. 3. - Peso molecular.

Este se calculará, de acuerdo con la composición de la mez-  
cla de alcoholes grasos, ya que ésta tiene sus variaciones según la parti-  
da de que se trate; en este caso y según la composición de la mezcla de

alcoholes grasos usados (Cap. I. ) el peso molecular del producto es :



8 C =	96
4 O =	64
4 H =	4
2 R =	<u>268</u>
	<u>432</u>

P. M. = 432

## C A P I T U L O V

### COSTO DE PRODUCCION

V. 1.- Dado el sistema empleado por la compañía en lo tocante a costos, estos quedarán determinados en la forma que a continuación indicamos.

El costo total de producción, está dado por la suma de los costos de materia prima, mano de obra, gastos de fabricación y envase. Estos tres últimos costos, los determinamos según la clasificación que se muestra a continuación y que se originó debido a la diversidad de productos que se elaboran dentro de la empresa.

A.- Productos obtenidos por mezclado.

B.- Productos de fácil elaboración y volumen de producción elevado.

C.- Productos de elaboración complicada.

D.- Productos para cosméticos.

Ya con esta clasificación, se le asigna al producto un costo en \$/Kg. por concepto de mano de obra, mismo que variará según la clasificación donde se encuentre, dada la complejidad de elaboración que presente, para lo cual requerirá más o menos cuidado por parte del personal con lo cual aumentará o disminuirá el costo de mano de obra, según

el caso .

Por lo que se refiere al costo de fabricación, que comprenden de gastos de electricidad, agua, mantenimiento etc., se considera uniforme para todos, ya que se obtiene de dividir los gastos generales de fabricación entre la producción total.

Ya por último, el costo de envase se toma constante para todos, ya que el costo de los tambores es igual en todos los casos.

De donde, según lo anteriormente dicho a nuestro producto, que está clasificado dentro del tipo C, se le asignaron los siguientes costos :

	<u>\$</u> Kg. producto
Costo de mano de obra	0.55
Costo de fabricación	0.55
Costo de envase.	0.15

V. 2.- Costo de Materias Primas :

V.2. A.- Anhídrido ftálico, \$ 7.00 por Kg.

V.2. B.- Tolueno, \$ 1.35 por litro.

V.2. C.- Acido p-toluensulfónico, \$ 6.25 por Kg.

V.2. D.- Mezcla alcoholes grasos \$ 9.75 por Kg.

V.2. E.- Sosa, (sol. al 40 %) \$ 0.57 por Kg.

V.2. F.- Carbón activado, \$ 5.75 por Kg.

V. 3.- Cálculo del costo de producción.

$$\text{Anhídrido ftálico} = 7.00 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.341 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg. prod.}} = 2.387 \frac{\$}{\text{Kg. prod}}$$

$$\text{Alcoholes grasos} = 9.75 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.669 \frac{\text{Kg.}}{\text{Kg prod.}} = 6.523 \frac{\$}{\text{Kg prod.}}$$

$$\text{Tolueno} = 1.35 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.2094 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod.}} \times 0.1^* = 0.057 \frac{\$}{\text{Kg. prod.}}$$

\* Debido a que sólo consideramos que hay un 10 % de pérdidas durante la recuperación del tolueno, dato que se ha obtenido en la práctica.

$$\text{Sosa} = 0.57 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.010 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg. prod}} = 0.0057 \frac{\$}{\text{kg. prod}}$$

$$\text{Carbón activado} = 5.75 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.010 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod}} = 0.0575 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

$$\text{Subtotal 1} = 9.0302 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

Este costo no incluye el precio del catalizador.

Costo mano de obra.	0.55	$\frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod}}$
---------------------	------	------------------------------------

Costo de fabricación	0.55	"
----------------------	------	---

Costo de envase	0.15	"
-----------------	------	---

Subtotal ( 1 )	9.03	"
----------------	------	---

---

Subtotal ( 2 )	10.28	$\frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod.}}$
----------------	-------	-------------------------------------

Gasto Total Producción = Subtotal (2) + Costo catalizador.

Costo de producción cuando no se usó catalizador, prueba

II. 2. B. 5 "A"

$$C. P. = 10.28 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

A continuación se expresará la cantidad de catalizador usado, en por ciento con respecto a la cantidad total de anhídrido ftálico usada

Cuando se utilizó 0.792 % de catalizador, prueba II.2B.6."B"

$$C. P. = 6.25 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.00314 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod}} + 10.28 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

$$C. P. = 10.299 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

Cuando se utilizó 1.05 % de catalizador, prueba II.2.B.7."C"

$$C. P. = 6.25 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.00418 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod}} + 10.28 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

$$C. P. = 10.306 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

Cuando se utilizó 1.32 % de catalizador, prueba II.2.B.8."D"

$$C. P. = 6.25 \frac{\$}{\text{Kg}} \times 0.00523 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg prod}} + 10.28 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

$$C. P. = 10.312 \frac{\$}{\text{Kg prod}}$$

Cuando se utilizó 1.58 % de catalizador, prueba II.2.B.9."E"

$$C.P. = 6.25 \frac{\$}{Kg} \times 0.00628 \frac{Kg}{Kg \text{ prod.}} + 10.28 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

$$C.P. = 10.319 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

Cuando se utilizó 1.84 % de catalizador, prueba II.2.B.10."F"

$$C.P. = 6.25 \frac{\$}{Kg} \times 0.00733 \frac{Kg}{Kg \text{ prod.}} + 10.28 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

$$C.P. = 10.326 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

Cuando se utilizó 2.1 % de catalizador, prueba II.2.B.11."G"

$$C.P. = 6.25 \frac{\$}{Kg} \times 0.00837 \frac{Kg}{Kg \text{ prod.}} + 10.28 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

$$C.P. = 10.332 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

Cuando se utilizó 2.63 % de catalizador, prueba II.2.B.12."H"

$$C.P. = 6.25 \frac{\$}{Kg} \times 0.01047 \frac{Kg}{Kg \text{ prod.}} + 10.28 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

$$C.P. = 10.345 \frac{\$}{Kg \text{ prod.}}$$

## C A P I T U L O VI

### COMPARACION DE PROPIEDADES DEL PRODUCTO, CON PRODUCTOS SIMILARES .

Con objeto de apreciar el funcionamiento del éster como - plastificante, se efectuaron las pruebas que a continuación se indican y que arrojaron los siguientes resultados :

#### VI. 1.- Funcionamiento del Plastificante .

<u>Propiedades.</u>	<u>DOP</u>	<u>DIOP</u>	<u>DIDP</u>	<u>PRODUCTO ESTUDIADO</u>
<b>VI.1. A.-<u>Mecánicas.</u></b>				
Módulo a 100% (p.s.i.)	1550	1610	1720	1560
Fuerza de tensión ( p.s.i.)	2860	2840	2680	2800
Elongación total ( % )	90	90	92	88
<b>VI.1. B.-<u>Envejecimiento acelerado</u></b>				
(7 días a 100°C)				
Pérdida de peso ( % )	11.2	9.3	2.06	1.80
Módulo a 100% (p.s.i.)	2710	2540	1910	1620



<u>Propiedades</u>	<u>DOP</u>	<u>DIOP</u>	<u>DIDP</u>	<u>PROD. EST.</u>
Incremento de Módulo ( % )	75	58	11	4
<u>Cambio de Módulo</u> <u>Módulo Inicial</u>				
Retención de elongación ( % )	60	65	96	97
Retención de la fuerza de tensión ( % )	93	98	98	99

VI.1.C. - Volatilidad de Carbón.

(24 hrs. a 100°C)

Pérdida en ( % )	5.90	4.65	2.10	2.20
------------------	------	------	------	------

VI.1.D. - Baja Temperatura

Flexibilidad Tf(°C)	-26	-23	-26	-37
Astillamiento(°C)	-31	-30	-32	-42

VI.1.E. - Extractibilidad.

En una solución jabonosa al 1% ( % )	1	1.1	0.5	0.6
En aceite mineral ( % )	1	1.3	2.4	5.1

VI.1.F. - Compatibilidad.

Prueba de doblamiento.	acceptable	Accept.	Accept.	Accept.
------------------------	------------	---------	---------	---------

<u>Propiedades</u>	<u>DOP</u>	<u>DIOP</u>	<u>DIDP</u>	<u>PROD. EST.</u>
Plastificante absor- bido después de 90 días de ampapado.	138	129	96	133
(partes por 100 par- tes de resina).				

**VI.1.G.-Estabilidad al calor.-** Equivalente al DOP, pero superior al DIOP y DIDP.

**VI.1.H.-Estabilidad a la luz.-** Equivalente a los de cadena arborescente.

Para las pruebas anteriores, se uso la siguiente formula-

ción :

PVC (grado de extrusión).-	100
Plastificante.-	50
Ba - Cd Estabilizador.-	2
Acido Esteárico.-	0.5

## VI. 2. - PRUEBAS DE VISCOSIDAD .

VI. 2.A.- Con objeto de apreciar el funcionamiento del plastisol en regiones de fibra corta, se efectuaron las siguientes pruebas, que arrojaron los datos que a continuación se muestran :

**VI. 2. A. 1.- Con DOP.**

<b>R P M</b>	<b>Viscosidad ( cp. )</b>
4	14 200
8	10 100
12	9 000
16	8 500
20	8 100

**VI.2. A. 2.- Con DIDP.**

<b>RP M</b>	<b>Viscosidad ( cp. )</b>
4	11 900
8	9 700
1	8 500
16	8 000
20	7 200

**VI. 2. A. 3.- Con el producto estudiado.**

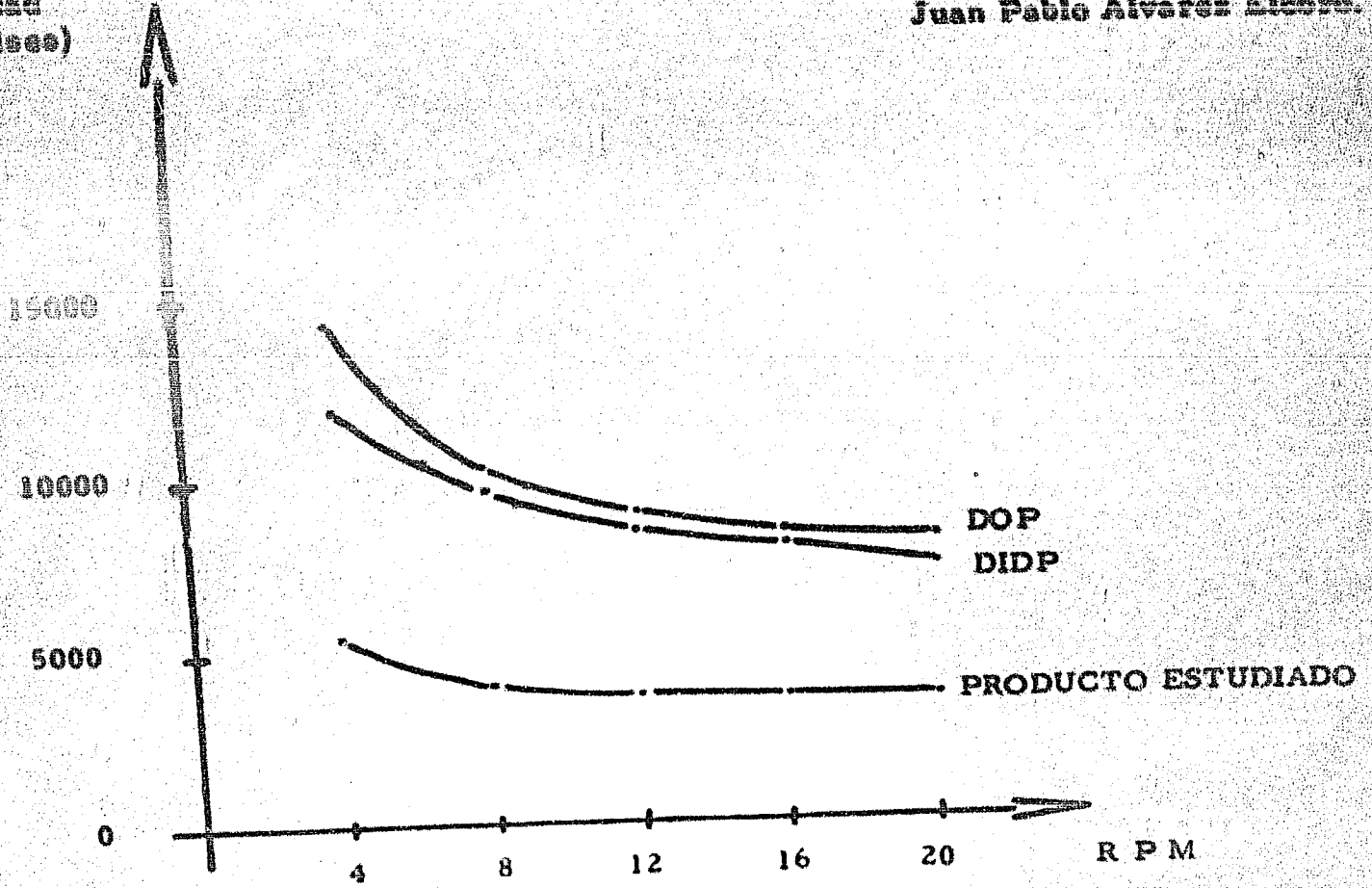
<b>R P M</b>	<b>Viscosidad ( cp. )</b>
4	5 500
8	4 000
12	3 800
16	3 800
20	3 600

Con el fin de visualizar de una forma más clara, los resultados obtenidos, graficamos los datos obteniendo la gráfica VI. A.

Para estas pruebas, se usó la siguiente formulación :

Resina	100
Plastificante	60

Viscosidad  
(centipoises)



Gráfica VI. A.

VI. 2.B.- A continuación, se hicieron pruebas de viscosidad, durante el envejecimiento. Dando los siguientes resultados :

VI. 2.B. 1.- Con DOP

Días envejecimiento	Viscosidad ( cp.)
0	13 500
1	20 500
2	23 500
3	25 100
4	27 000
5	28 300
6	30 200
7	32 000

VI. 2.B. 2.- Con DIDP.

Días envejecimiento.	Viscosidad ( cp.)
0	13 300
1	16 000
2	17 100
3	17 300
4	17 500
5	17 600
6	17 680
7	17 800

**VI. 2. B. 3.- Con el producto Estudiado.**

<b>Días envejecimiento</b>	<b>Viscosidad ( cp.)</b>
0	5 000
1	8 750
2	8 880
3	9 000
4	9 200
5	9 500
6	10 000
7	10 200

Graficando los datos anteriores, obtenemos la gráfica VI.B.

en la cual se pueden observar los disntintos resultados obtenidos, según el producto usado.

Todas estas pruebas se hicieron a 25 °C y usando la siguien

te formulación :

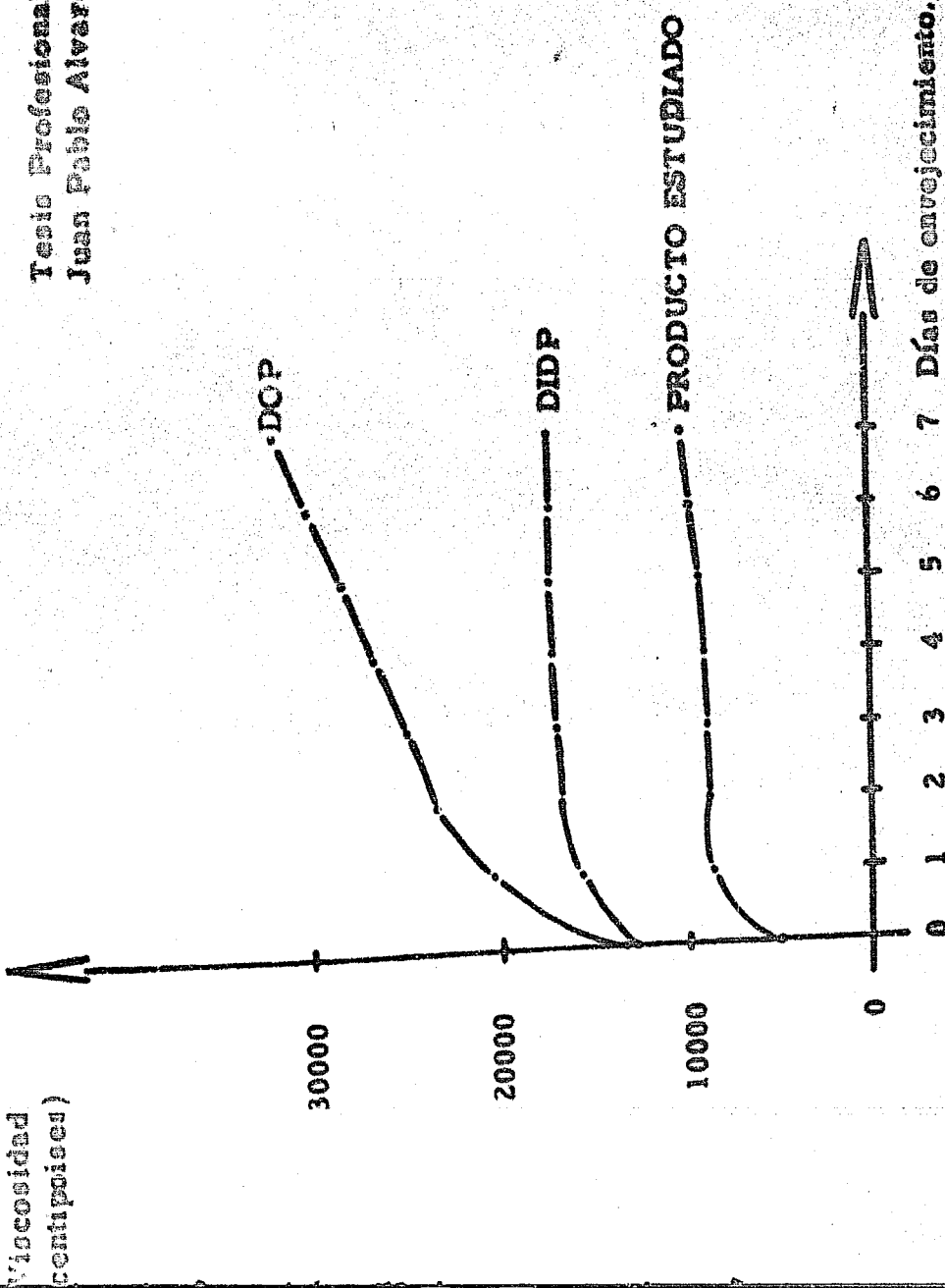
<b>PVC</b>	<b>100</b>
<b>Plastificante</b>	<b>60</b>
<b>Ba - Cd Estabilizador</b>	<b>3</b>

**VI. 2. C.- Funcionamiento del plastisol, en regiones de hebra -**

**larga.**

**VI. 2. C. 1.- CON DOP.**

Tesis Profesional  
Juan Pablo Alvarez Elcoro



Gráfica VI. B.

Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	Viscosidad ( cp.)
400	7 600
500	8 300
600	9 000
700	9 800
800	10 400
900	11 050
1000	11 900
1100	12 500

VI. 2. C. 2.- Con DIDP.

Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	Viscosidad ( cp.)
200	10 600
300	14 500
400	18 000

VI. 2.C. 3.- Con el producto estudiado.

Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	Viscosidad ( cp.)
500	2 820
600	3 000
800	3 500
1000	4 000
1200	4 500
1400	5 000



Graficando los datos anteriores tenemos la Gráfica VI. C.

La formulación usada para estas pruebas, es la misma que la usada en el inciso VI. 2. B.

VI. 2. D.- A continuación los resultados de pruebas de viscosidad a distintas presiones :

T A B L A I

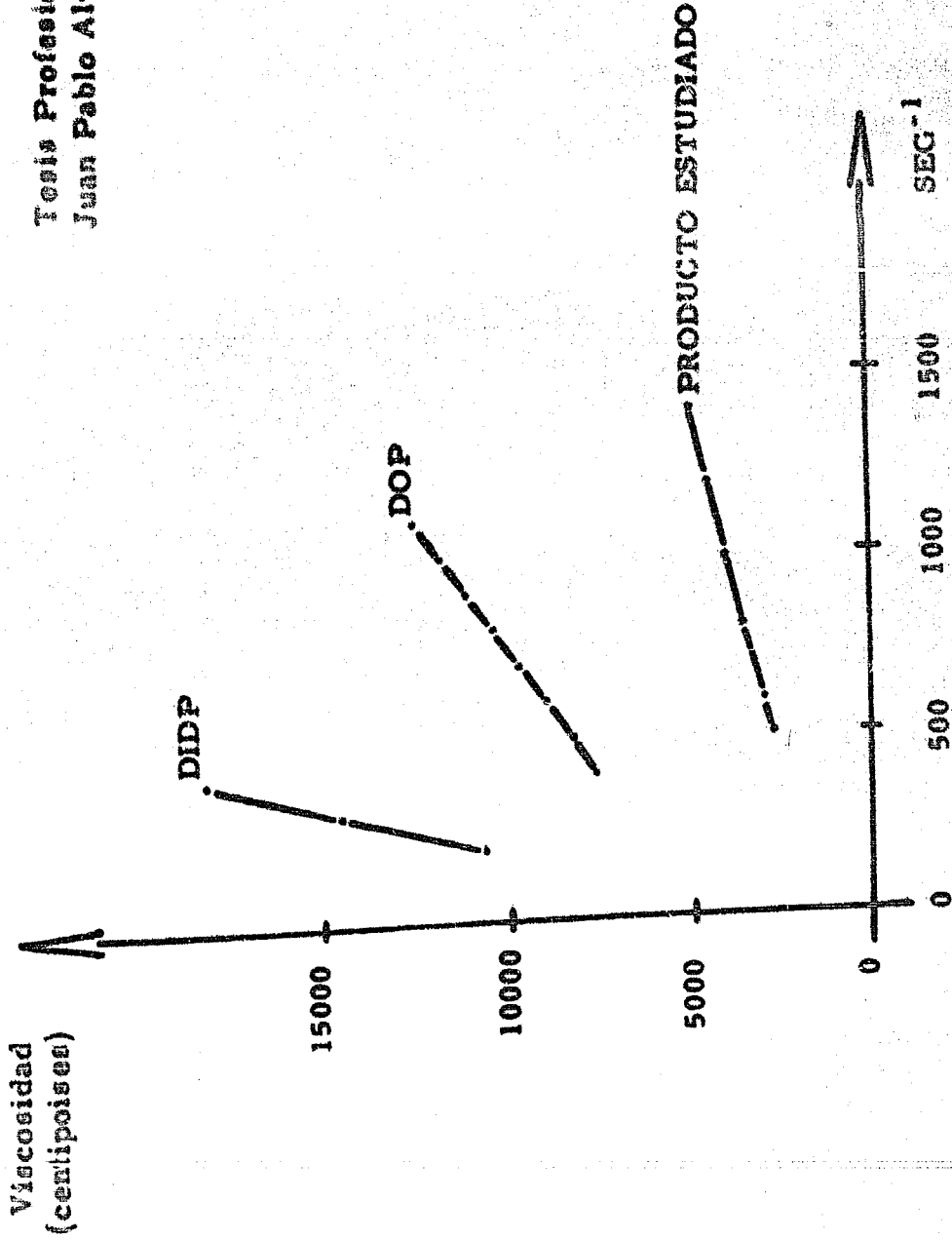
Viscosidades

( 2 horas después de mezclado)

Plastificante.

	<u>DOP</u>	<u>DIDP</u>	<u>P. ESTUDIADO.</u>
<u>A 20 lb/in<sup>2</sup></u>			
Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	432	201	581
Viscosidad ( cp. )	8 100	10500	3 630
<u>A 40 lb/in<sup>2</sup></u>			
Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	799	293	919
Viscosidad ( cp. )	10500	14400	4 600
<u>A 60 lb/in<sup>2</sup></u>			
Shear rate (Seg <sup>-1</sup> )	1 031	366	1 189
Viscosidad ( cp. )	12 300	17300	5 300

Tesis Profesional  
Juan Pablo Alvarez Elcoro.



Gráfica VI. C.

### VI. 3.- Eficiencia del Plastificante.

Esta prueba está hecha de tal forma, que se puede apreciar que cantidad de plastificante es necesaria para dotar al producto de una cierta flexibilidad.

La flexibilidad del producto se expresa en un módulo de 100 %. Cada una de las concentraciones que a continuación se expresan dan un módulo de 100 % de  $1500 \pm 50$  lb/ in<sup>2</sup>.

T A B L A I

Plastificante	Concentración *
DOP	50
DIDP	55
DIOP	51.5
P. ESTUDIADO	49

\* La concentración está dada en partes por 100 partes de resina. En este caso, se muestran las concentraciones necesarias, para proveer al producto de una flexibilidad como la que le da el DOP, usando 50 partes del mismo por 100 de resina.

### VI. 4. - Mezclado en seco .

Es otra de las características que se toman en consideración, los datos obtenidos se indican en la tabla 2.

T A B L A 2

Plastificante	Tiempo (a)	Temperatura (b)
DOP	10.4 min.	75°C
DIDP	18 min.	79°C
P. ESTUDIADO	11 min.	77°C

(a) Tiempo necesario para alcanzar el punto de secado o punto seco.

(b) Temperatura a la que ocurre.

VI. 5. - Funcionamiento en el molino de rodillos.

T A B L A 3

Plastificante	Tiempo de fusión	Pérdida (a) En % de peso.
DOP	2.3 min.	0.90
DIDP	3.0 min.	0.53
P. ESTUDIADO	2.5 min.	0.75

(a) Debido a la exposición de "vapores" mientras se muele. -  
Cada muestra fué molida por 10 min. a 320°F después de  
la fusión.

Para las pruebas anteriores, se uso la siguiente formula- -

ción :

<b>P V C (Grado de extrusión)</b>	<b>100</b>
<b>P l a s t i f i c a n t e</b>	<b>50</b>
<b>Ba - Cd Estabilizador</b>	<b>2</b>
<b>Acido Estéarico</b>	<b>0.25</b>

## C A P I T U L O VII

### DISCUSION DE RESULTADOS.

#### VII. 1. - Posibilidades de obtención.

A lo largo del presente estudio, se puede apreciar que tanto desde las bases teóricas, como en la práctica que se desarrolló, se demuestra que es factible obtener el producto deseado a partir de las materias primas disponibles, dadas las propiedades que poseen y los resultados que arrojaron y que a continuación discutimos.

#### VII. 2.- Exceso de Alcohol Usado.

Observando los resultados de las pruebas II.2.B. 1., II.2.B. 2., II.2.B.3. y II.2.B. 4., podemos apreciar que con un exceso de 0.15 moles de alcohol, el rendimiento total en la reacción, nos aumenta en un 10.63 % con respecto al obtenido en la prueba hecha sin exceso alguno de alcohol.

Por otra parte considero que no tiene objeto un exceso mayor dado que aumentandolo a 0.2 moles, el rendimiento se incrementa en un 0.34 %, lo cual, dado el alto grado obtenido en el rendimiento (99 %), resulta insignificante y no justifica por lo tanto un exceso de esa magnitud. De donde considero el exceso de 0.15 moles, como el más adecuado para obtener un rendimiento óptimo con un mínimo de exceso.

### VII. 3.- Variaciones en las cantidades del catalizador usado.

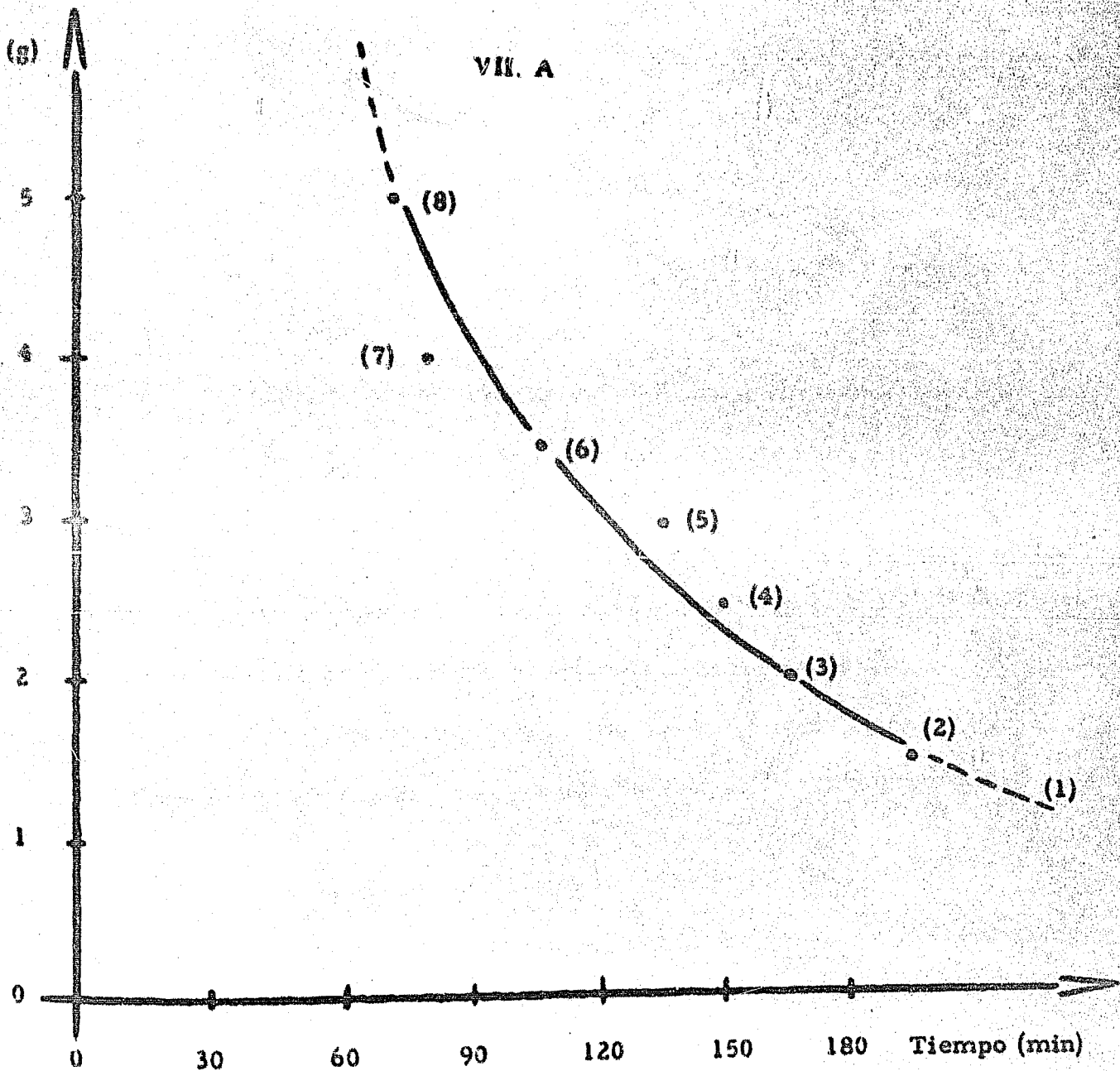
Tomando en consideración los datos obtenidos en las pruebas II. 2.B. 5 a la II. 2.B. 12., y graficando, gramos de catalizador usados contra tiempo total de reacción; teniendo en cuenta que se obtiene un rendimiento en todas las reacciones de 96 % en adelante, obtenemos la gráfica VII. A., en la cual no aparece el punto representativo de la reacción efectuada sin catalizador, ya que tardó 2160 min en efectuarse y la escala no lo llega a abarcar.

Analizando dicha gráfica, se aprecia como punto óptimo, el representativo de la prueba hecha con 5 g. de catalizador (2.63 %), ya que es cuando la reacción se efectúa en un tiempo mínimo, lo cual reduce en disponer de más tiempo libre en el reactor, mismo que puede aprovecharse para incrementar la producción de este producto o de algún otro si se desea.

Lo llamé punto óptimo, dado que considero que no tendría objeto seguir incrementando la cantidad de catalizador para obtener un ahorro mínimo en el tiempo, pues como se aprecia en la gráfica la recta tiende a tener una pendiente infinita con lo cual vemos que el incremento de tiempo tiende a cero. En cambio con respecto a las otras cantidades usadas y que son menores, si vemos un gran ahorro con respecto al tiempo total de reacción.

Ahora bien, viéndolo con respecto a costos, podemos apre-

Catalizador



VII. A

g (cat.)

Tiempo (min)

0	2160
1.5	195
2.	165
2.5	150
3	135
3.5	105
4	80
5	71.2

Tesis Profesional  
Juan Pablo Alvarez Elcoro .



ciar que las variaciones en el costo de producción son mínimas, lo cual va más a nuestro favor, ya que a un gran ahorro en tiempo de reacción, tenemos un incremento en el costo de producción que podemos considerar despreciable.

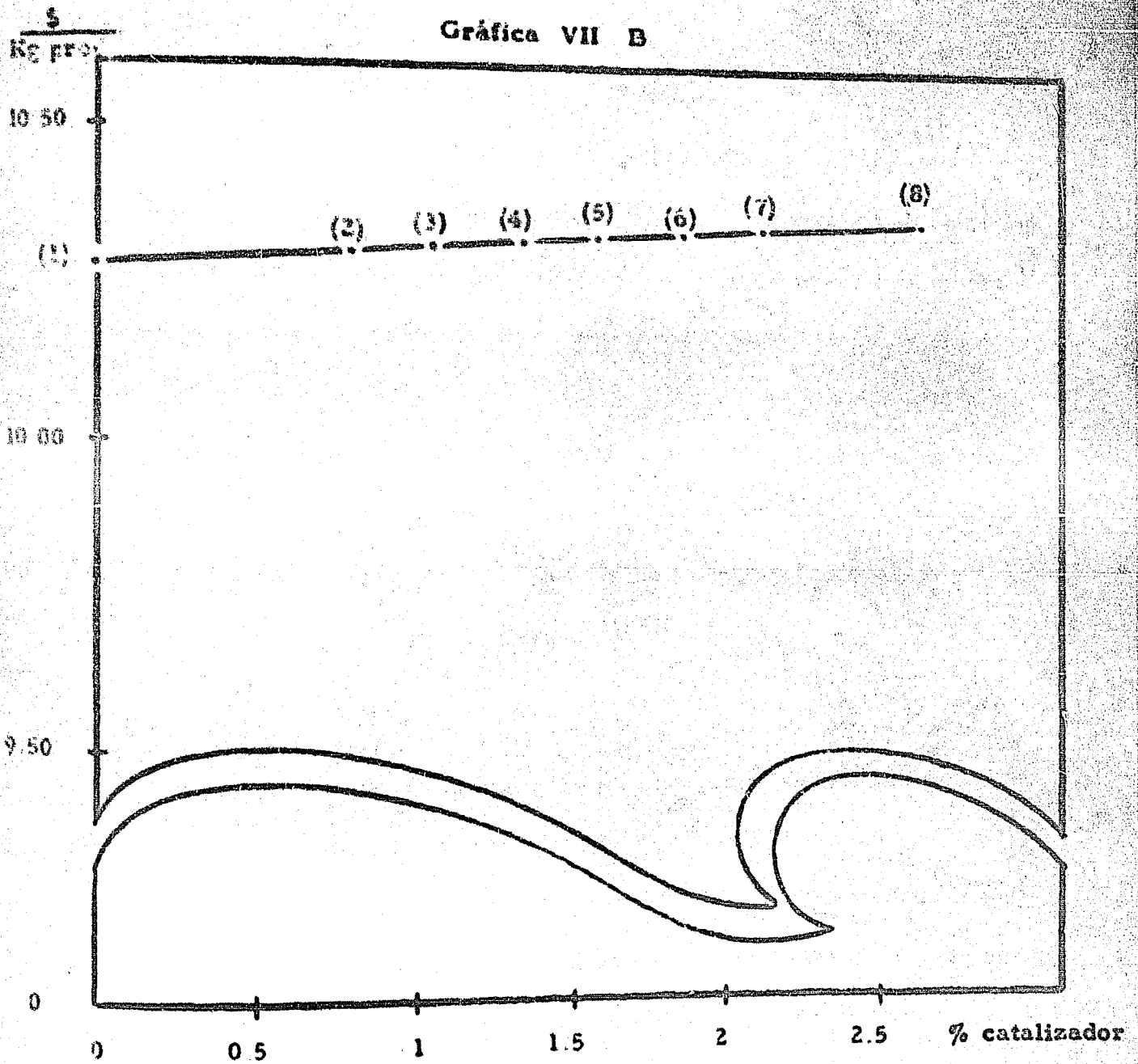
Lo anterior se aprecia en la Gráfica VII.B. que se obtuvo de graficar el costo de producción contra el % de catalizador usado y que como ya se indicó en el capítulo V, es un porcentaje con respecto a la cantidad total de anhídrido itálico usado.

De donde podemos concluir, que usando un 2.63 % de catalizador, tenemos un ahorro en tiempo máximo, usando una cantidad óptima de catalizador y a un costo que se puede decir no varía con respecto a las otras pruebas, pero da mejores resultados.

Se llevaron a cabo algunos batches de 300 Kg, basados en las condiciones indicadas en la prueba hecha con 2.63 % de catalizador y según procedimiento de trabajo indicado en el capítulo II, obteniéndose un tiempo total de reacción un poco mayor al del obtenido en laboratorio, pero es debido al calentamiento inicial para llegar a la temperatura de ebullición, pues tarda más el reactor en calentarse, ya que en el laboratorio este calentamiento se hacía con fuego directo, lo cual resulta más rápido.

Por otro lado, el producto obtenido, tuvo las características marcadas en el capítulo IV, llenando de esta manera las condiciones ne-

Gráfica VII B



% catalizador	Costo
(1) 0	10.28
(2) 0.792	10.299
(3) 1.05	10.306
(4) 1.32	10.312
(5) 1.58	10.319
(6) 1.84	10.326
(7) 2.10	10.332

cesarias.

#### VII 4. - Respecto al funcionamiento del producto.

Por lo que se puede apreciar en el Capítulo VI, el producto dió resultados con respecto a productos similares tales, que en algunos casos supera a los anteriores, especialmente en tener menor viscosidad a diferentes presiones y durante el envejecimiento, además de ser ligeramente mayor en eficiencia de plastificante; en otros casos los iguala y en algunos es inferior, sin embargo en estos casos fué dentro de valores razonables.

Por tanto se juzga que desempeña un buen papel como plastificante

#### VII 5 - Equipo

El equipo de que se dispone, es un reactor encamisado, con agitación y de una capacidad de 500 Kg, acoplado a un condensador, y a un tanque separador. El calentamiento del sistema se hace por medio de aceite del tipo usado para transferencia térmica, previamente calentado en un calentador a base de diesel y un precalentador a base de vapor.

El agua se separa por una "T" de vidrio que facilita la operación y que da el tanque receptor. El sistema de agitación trabaja a 70 RPM como máximo, que se ha visto en la práctica como lo más adecuado.

## C O N C L U S I O N E S

### Formulación óptima :

Anhidrido ftálico	1.1 moles
Mezcla de alcoholes	2.2 moles
A. p-toluen sulfónico	0.0289 moles
Tolueno	100 ml.

-----

Exceso alcoholes según esta formulación fue : 0.15 moles

Ecuación de velocidad de Reacción.

$$r = 0.00954 X^{-1.18}$$

Costo de Producción :

C.P. = \$ 10.345 por Kg de producto.

Rendimiento :

$$r = 98 \% - 99 \%$$



Estados Unidos

## B I B L I O G R A F I A

- Unit Process in Organic Synthesis.

P.H. Groggings.

Mc. Graw - Hill Book Co.

1947

- The Foundations of Chemical Kinetics.

Sidney W. Benson.

Mc. Graw - Hill Book Co.

- Chemical Engineers' Hand book.

John H. Perry

Mc. Graw - Hill Book Co. Fourth Edition.

- Fieser y Fieser.

Química Orgánica.

Ed. Grijalbo S. A.

1960

- Statistics.

Murray H. Spiegel.

Schaum Publishing Co.

**-Kinetics and Mechanism Study of Homogeneous Chemical reactions.**

**Arthur A. Frost and Ralph G. Pearson.**

**Wiley Co. N. York.**

**1961**

**-Substancias Plásticas Experimentales y Resinas Sintéticas.**

**G. F. D' Alelio . A. B. Ph. D.**

**Manuel Marin Editor.**

**Barcelona.**

**-Die Praxis des Organischen Chemikers.**

**Gattermann.**

**Walter de Gruyter & Co.**

**Berlin.**

**-Estudio de Algunos Ftalatos Alcohólicos. (Tesis)**

**Elsa de la Torre Alcalde.**

**Escuela Nacional Ciencias Químicas.**

**-Polymer Processes.**

**Calvin E. Schildknecht**

**Interscience Publishers Inc.**

**Volumen X**

**New York - Londres.**

**-Reactions of Organic Compounds.**

**W. J. Hickinbottom.**

**Longmans, Green and Co.**

**London .**

