

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

**INFLUENCIA DE LA POSICION DEL AGITADOR EN
LA DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE RESIDENCIA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

ARMANDO MADRIGAL RODRIGUEZ

ASESOR I. Q. MA. DEL CONSUELO LOPEZ LIMON

GUADALAJARA, JALISCO. 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION -----	I
CAPITULO I. TEORIA -----	1
CAPITULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL -----	11
CAPITULO III. RESULTADOS OBTENIDOS -----	14
CAPITULO IV. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS -	15
CAPITULO V. CONVERSION PARA UNA REACCION DE PRIMER ORDEN IRREVERSIBLE Y PARA UNA REACCION DE PRIMER ORDEN EN SERIE IRREVERSIBLE	17
CONCLUSIONES -----	20
BIBLIOGRAFIA -----	22
APENDICE I -----	25
APENDICE II -----	28
APENDICE III -----	33
APENDICE IV -----	36
APENDICE V -----	38

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

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es hacer un estudio de la influencia de la posición del agitador sobre la distribución de los tiempos de residencia, determinados experimentalmente -- con la información de un trazador, en un tanque con agitación, -- introduciendo la alimentación cerca de la tercera parte del nivel del líquido. Se hicieron pruebas en dos diferentes tanques.

El estudio se hace comparando las curvas de distribución de tiempos de residencia experimentales con las del modelo teórico de mezcla completa.

Además, se hizo un estudio comparando las conversiones para una reacción de primer orden irreversible y para una reacción en serie de primer orden irreversible, calculadas a -- partir de las curvas experimentales de distribución de tiempos de residencia, con la conversión calculada empleando las ecuaciones teóricas del modelo de mezcla completa en cada caso. La repetitividad de los datos experimentales y el ajuste de curvas se probó utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov bimuestral y Kolmogorov-Smirnov, respectivamente.

S I M B O L O G I A

SIMBOLOGIA:

- °A : Diferencia máxima en el punto de discontinuidad entre $\bar{F}(x)$ y $F(x)$
- °A1 : Desviación para la prueba estadística, $\bar{F}(t) - F(t_1)$
- °A2 : Desviación para la prueba estadística, $\bar{F}_1(t) - F(t)$
- A : Conversión teórica de un tanque de mezcla completa
tabla 5-1
- a : Constante de orificio
- B : Conversión calculada empleando la curva de distribución de tiempos de residencia experimental, tabla 5-1
- °B1 : Desviación para la prueba estadística, $\bar{F}(t) - F(t)$, para ambas réplicas
- b : Constante de orificio
- C(t) : Concentración del trazador en el tiempo t, absorbancia
- C_a : Concentración del reactante A, mol/l
- C_a^{*} : Concentración del reactante A, en un elemento de la solución reaccionante, mol/l
- C_{ao} : Concentración inicial del reactante A, mol/l
- C_r : Concentración del producto R, mol/l en la reacción en serie: $A \rightarrow R \rightarrow S$
- C_s : Concentración del producto S, mol/l, en la reacción en serie.
- D : Valor máximo permisible en la prueba estadística

DIF	: Diferencia entre ETPAC y ETTAC
E	: Función de distribución de salida
E_{θ}	: Distribución del tiempo de residencia, basado en - el tiempo adimensional (graficado en el eje de las ordenadas), valor adimensional
EDTA2	: $E_{\Delta T}$ acumulado de la réplica No. 2
EDTAP	: $E_{\Delta T}$ acumulado promedio de las dos réplicas
EDTAT	: $E_{\Delta T}$ acumulado teórico del modelo de mezcla comple- ta
EDT1	: $E_{\Delta T}$ de la corrida No. 1
EDT2	: $E_{\Delta T}$ de la corrida No. 2
E T1	: $E_{\Delta T}$ de la corrida No. 1
E T2	: $E_{\Delta T}$ de la corrida No. 2
ETP	: E_{θ} promedio de las dos réplicas
ETPAC	: Frecuencia de E_{θ} experimental, promedio acumulado
ET-T	: E_{θ} teórico del modelo de mezcla completo
ETTAC	: Frecuencia de E_{θ} teórico acumulado
h	: Diferencia de presión en el medidor de flujo
k, k_1, k_2	: Coeficientes cinéticos de reacción
L1	: Lectura de absorbancia de la réplica No. 1
L2	: Lectura de absorbancia de la réplica No. 2
Lp	: Lectura promedio de absorbancia de las dos répli- cas
N	: Número progresivo de la muestra a la salida
P (t) dt	: Probabilidad de residencia en el reactor, de una- partícula de trazador, en el intervalo de tiempo-

$$t \text{ a } t + dt'$$

- Q : Caudal de fluido, l/min
- r_a : Velocidad de reacción
- t : tiempo, min
- TETA : Medida adimensional de tiempo (graficada en las abs_ cisas) $\theta = \frac{t}{\tau}$
- V_1 : Gasto en el tanque No. 1., l/min
- V_2 : Gasto en el tanque No. 2., l/min
- V_1 : Volúmen de operación del tanque No. 1, l
- V_2 : Volúmen de operación del tanque No. 2, l
- Xa : Fracción del reactante A convertido en producto'
- α : Nivel de significancia para la prueba estadística
- θ : TETA, tiempo adimensional
- τ : Tiempo espacial, V/v, min
- Δt : Incremento de tiempo

C A P I T U L O I

TEORIA

A. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA EN REACTORES DE MEZCLA COMPLETA (3, 4, 10, 13)

Cuando una corriente de fluido entra a un reactor con agitación, las trayectorias del flujo siguen diferentes caminos a lo largo del mismo, por lo que las diferentes partículas tendrán tiempos de permanencia diferentes.

Se utiliza el método estímulo-respuesta para determinar la distribución del tiempo de residencia. Este método consiste en estimular al sistema mediante una perturbación y analizar cómo responde éste al estímulo, dándonos así información del sistema.

En nuestro caso, el estímulo es una inyección de trazador en el fluido que entra al reactor en un tiempo $t=0$, siendo ésta una señal en impulso (inyección instantánea).

La respuesta es la medición de la concentración del trazador en la corriente de salida del reactor. Si el trazador es un colorante, su concentración será proporcional a la absorbancia de la solución. Si llamamos C a la concentración en el tiempo t , el número de moléculas que salen entre los tiempos t y $t+dt$ será proporcional a $C dt$. El número total para todos-

los tiempos será:

$$\int_0^{\infty} C(t) dt \quad (1-1) \text{ por tanto}$$

$$P(t) dt = \frac{C(t) dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (1-2)$$

Donde $P(t) dt$ es la fracción de moléculas que sa le del reactor en el intervalo t y $t+dt$, que corresponde a un número E , que representa la distribución del tiempo de residencia y tiene dimensiones de tiempo⁻¹, por tanto:

$$\int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} E dt = 1 \quad (1-3)$$

Si se aproxima a elementos finitos:

$$\sum_0^{\infty} E \Delta t = 1 \quad (1-4)$$

Para encontrar el valor adimensional de E_0 , se multiplica E por τ , tiempo espacial. Ya que la concentración promedio $\bar{C} = \frac{\int_0^{\infty} C dt}{\tau}$. Tenemos

$$E_0 = \left(\frac{C}{\int_0^{\infty} C dt} \right) \tau = \frac{C}{\bar{C}}$$

Para medir \bar{C} , se inyectó un volumen de trazador

igual al usado en las pruebas experimentales, en un volúmen de líquido igual al contenido en el sistema en estado estacionario, y se agitó hasta obtener mezcla homogénea obteniéndose así la concentración promedio.

Si se mide el tiempo en función del tiempo espacial, da un valor adimensional:

$$\theta = \frac{t}{\tau} \quad (1-5)$$

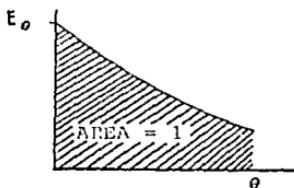


Fig 1-1

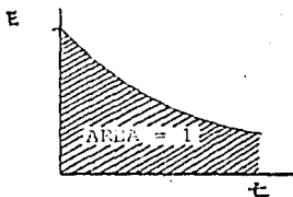


Fig 1-2

Tomando un mismo punto en las curvas E_0 y E , tenemos que:

$$\theta E_0 = tE \quad (1-6)$$

$$E_0 = \tau E \quad (1-6a)$$

En un recipiente con flujo continuo y mezcla completa e instantánea, $E_0 = e^{-\theta}$. (1-7)

B. REACCIONES IRREVERSIBLES DE PRIMER ORDEN.

Consideramos la reacción



La ecuación cinética para esta reacción es:

$$-r_a = \frac{dCA}{dt} = kCa \quad (1-8b)$$

y la conversión viene dada por la expresión:

$$-\ln (1-X_a) = kt \quad (1-8c)$$

Para reactores de flujo de mezcla completa en estado estacionario, la expresión cinética para una reacción de primer orden será:

$$k\tau = \frac{X_A}{1-X_A} \quad (1-9)$$

despejando X_A , tenemos:

$$X_A = \left(1 - \frac{1}{1 + k\tau}\right) \quad (1-10)$$

Para densidad constante.

En las reacciones de primer orden en la que la concentración es lineal con la velocidad de reacción, también se puede calcular la conversión a partir de la información del trazador sobre el tiempo de residencia del reactante A en el reactor:

$$\left[\begin{array}{l} \text{concentración-} \\ \text{media del reac-} \\ \text{tante en la co-} \\ \text{rriente de sa-} \\ \text{lida.} \end{array} \right] = \int \left[\begin{array}{l} \text{concentración del} \\ \text{reactante que per-} \\ \text{manece en un ele-} \\ \text{mento comprendido} \\ \text{entre } t \text{ y } t+dt \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} \text{fracción de la} \\ \text{corriente de sa-} \\ \text{lida con edad} \\ \text{comprendida en-} \\ \text{tre } t \text{ y } t+dt \end{array} \right]$$

todos los ele-
mentos en la-
corriente de-
salida.

(1-11)

$$\bar{C}_a = \int_0^{\infty} C_a^* E dt \quad (1-12)$$

Para reacciones irreversibles de primer orden, con densidad constante, la concentración del reactante en cualquier elemento varía con el tiempo de la siguiente manera:

$$-\ln \left(\frac{C_a^*}{C_a} \right) = -kt \quad (1-13)$$

despejando C_a^* , tenemos que:

$$C_a^* = C_{a0} e^{-kt} \quad (1-14)$$

la ec. (1-12) se convierte en:

$$C_a = C_{a0} \int_0^{\infty} e^{-kt} E dt \quad (1-15)$$

como

$$X_a = \frac{C_{a0} - C_a}{C_{a0}} \quad (1-16)$$

tenemos que:

$$(1 - \bar{X}_a) = \int_0^{\infty} e^{-kt} E dt \quad (1-16)$$

o en forma aproximada:

$$(1 - \bar{X}_a) = \sum_0^{\infty} e^{-kt} E \Delta t \quad (1-17)$$

La exactitud depende de la magnitud de los in--

crementos (Δt) y del tiempo máximo hasta el que se hace el sumatorio, ya que no es posible hacerlo hasta el infinito.

En las pruebas experimentales se tomó un tiempo máximo de 75 min. debido a que no se podían detectar concentraciones menores, dada la sensibilidad del equipo empleado.

Como los intervalos en que se tomaron las muestras son relativamente grandes (1, 2, 5 min), se usó el método de interpolación Spline (14). Este método divide la curva en intervalos con un cierto número de puntos (2 a 9) ajustando a un polinomio cúbico, de tal manera que, tanto los valores de "y", como los de la primera y segunda derivada al final del intervalo, coincidan con los valores del intervalo siguiente, garantizando así la continuidad, tanto de la curva como de la pendiente y la concavidad.

Se tomaron valores de E con intervalos pequeños (20 s) para así disminuir el error al efectuar el sumatorio.

C. REQUERIMIENTOS BASICOS PARA UN TRAZADOR.

1) Deberá ser miscible y tener propiedades físicas similares al fluido cuya distribución de tiempos de residencia se va a investigar.

2) Deberá ser detectable en concentraciones pequeñas para evitar que al ser inyectado se desequilibrie el flujo normal.

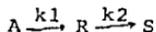
3) La concentración del trazador debe ser medida en forma fácil, y cualquier valor debe ser linealmente proporcional a la concentración de forma que la calibración del instrumento sea sencilla.

4) No debe sufrir absorción o adsorción sobre los sólidos presentes en el reactor, p.e. catalizadores, paredes de recipientes, etc.

5) debe ser químicamente inerte en las condiciones en las cuales se va a usar.

D) REACCIONES EN SERIE DE PRIMER ORDEN IRREVERSIBLES.

Considereremos la reacción



Las ecuaciones cinéticas para los tres componentes son:

$$r_a = \frac{dC_a}{dt} = -k_1 C_a \quad (1-18)$$

$$r_r = \frac{dC_r}{dt} = k_1 C_a - k_2 C_r \quad (1-19)$$

$$r_s = \frac{dC_s}{dt} = k_2 C_r \quad (1-20)$$

Para reactores de flujo de mezcla completa en estado estacionario, las expresiones cinéticas para una reacción en serie de primer orden irreversible con estequiometría 1:1:1, será:

$$\frac{C_a}{C_{a0}} = \frac{1}{1 + k_1 \tau} \quad (1-21)$$

$$\frac{C_r}{C_{a0}} = \frac{k_1}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)} \quad (1-22)$$

$$C_s = \frac{k_1 k_2}{(1 + k_1 \tau)(1 + k_2 \tau)} \quad (1-23)$$

ya que

$$C_{r0} = C_{s0} = 0, \text{ tendremos}$$

$$C_a + C_r + C_s = C_{a0} = \text{constante}$$

dividiendo entre C_{a0} tenemos que

$$\frac{C_a}{C_{a0}} + \frac{C_r}{C_{a0}} + \frac{C_s}{C_{a0}} = 1 \quad (1-24)$$

Para reacciones de primer orden irreversibles,

en serie, con densidad constante, la relación C_a/C_{a0} viene dada por:

$$\frac{C_a}{C_{a0}} = \int_0^{\infty} e^{-kt} E \, dt \quad (1-25)$$

o en forma aproximada

$$\frac{C_a}{C_{a0}} = \sum_0^t e^{-kt} E \Delta T \quad (1-26)$$

así como C_R / C_{a0} viene dada por la expresión:

$$\frac{C_R}{C_{a0}} = \frac{k_1}{k_2 - k_1} \int_0^{\infty} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) E \, dt \quad (1-27)$$

o forma aproximada

$$\frac{C_R}{C_{a0}} = \frac{k_1}{k_2 - k_1} \sum_0^t (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) E \Delta t \quad (1-28)$$

y C_s/C_{a0} se pueden calcular a partir de la ec (1.24)

CAPITULO II

DESARROLLO EXPERIMENTAL

A) Descripción del equipo.

Se armó el equipo siguiendo el modelo de mezcla completo, descrito en el capítulo I. Para ello se emplearon dos -- sistemas, cada uno con un tanque con agitación y medidor de flujo, como es mostrado en la figura 2-1. Para mayor información -- ver apéndices I y II.

B) Desarrollo de las pruebas.

Se efectuaron seis pruebas experimentales (tres en cada sistema), cada una por duplicado. En cada una de ellas se mantuvo constante la posición de entrada y salida del fluido en el tanque, la velocidad de agitación, el nivel de líquido en el tanque y la cantidad de trazador inyectado al sistema.

La variable a estudiar fue la altura del agitador, probándose tres posiciones de éste en cada sistema. Se tomó como referencia la altura del nivel del líquido sin agitación, llenando cada tanque hasta su volumen de operación.

La relación entre la altura del aspa (agitador) y el nivel de líquido en cada tanque se entlista a continuación:

CORRIDA DE TANQUE RELACION:

altura del aspa (cm)nivel de líquido (cm)

1	1	0.500
2	1	0.331
3	1	0.151
4	2	0.507
5	2	0.342
6	2	0.165

Nivel de líquido (en cm); Tanque 1 31.30

Tanque 2 31.54

TANQUERELACION

ALTURA DE ENTRADA

ALTURA DE SALIDA DE LIQ.

DE LIQ.

NIVEL DE LIQ.

NIVEL DE LIQUIDO

1	0.331	0.870
2	0.342	0.883

Para mayor información, Ver apéndice II.

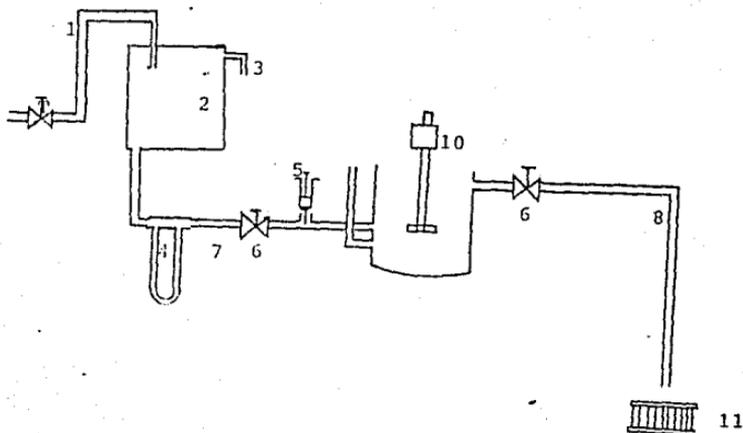


FIG. 2-1

Descripción de la figura 2-1

- 1) Corriente de entrada al tinaco
- 2) Tinaco
- 3) Rebosadero
- 4) Medidor de flujo
- 5) Jeringa para inyectar el trazador
- 6) Llaves de paso
- 7) Corriente de entrada al tanque
- 8) Corriente de salida del tanque
- 9) Medidor de nivel
- 10) Agitador
- 11) Tubos de ensayo

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados experimentales de las dos réplicas de cada prueba se promediaron y transformaron en valores de E_e y θ .

Las tablas 3-1 a 3-6 nos muestran para cada una de las seis pruebas, los siguientes valores:

Columna

- 1 N: número de la muestra a la salida del sistema
- 2 TETA: t/τ , donde t es el tiempo en que se tomó la muestra después de la inyección del trazador y el tiempo espacial del sistema.
- 3 LP : lecturas de absorbancia promedio de las dos réplicas.
- 4 ET-P : E_e promedio de las dos réplicas para cada t .
- 5 ET-T : E_e correspondiente al modelo teórico de mezcla completa para cada t

En las figuras 3-1 a 3-6 se graficaron los valores de TETA en las abscisas y ET-P en las ordenadas, así como los valores de ET-T de cada corrida.

En el apéndice IV se presenta un ejemplo de los cálculos efectuados para la corrida n° 3, así como el tratamiento estadístico.

C A P I T U L O I I I

TABLA 3-1

Resultados experimentales de la corrida No. 3

N.	ETA	LP	ET-P	ET-T	N	ETA	LP	ET-P	ET-T
1	0.0054	2.5	0.1200	0.2224	41	0.4691	23	0.0591	0.5122
2	0.0129	50.8	0.9191	0.2222	42	0.5843	27	4.0	0.4773
3	0.0193	50.8	0.9226	0.2222	43	0.7320	26	7.0	0.4845
4	0.0257	52.4	0.9264	0.2222	44	0.7721	25	2.0	0.4627
5	0.0322	53.1	0.9255	0.2222	45	0.9167	22	0.0	0.4415
6	0.0386	52.8	0.9291	0.2221	46	0.0475	24	3.0	0.4412
7	0.0450	53.0	0.9236	0.2220	47	0.8279	23	1.0	0.4191
8	0.0515	53.0	0.9643	0.2220	48	0.9265	22	1.0	0.4018
9	0.0577	52.8	0.9591	0.2220	49	0.9651	21	4.0	0.3971
10	0.0642	51.4	0.9362	0.2220	50	1.0037	21	1.0	0.3827
11	0.0707	51.0	0.9344	0.2220	51	1.0423	20	5.0	0.3756
12	0.0772	51.3	0.9334	0.2220	52	1.0809	19	8.0	0.3691
13	0.0837	50.5	0.9182	0.2220	53	1.1195	17	4.0	0.3155
14	0.1002	49.3	0.8973	0.2220	54	1.2350	16	0.0	0.3045
15	0.1167	49.0	0.8910	0.2220	55	1.3129	15	4.0	0.3791
16	0.1232	48.1	0.8755	0.2220	56	1.3907	15	0.0	0.3727
17	0.1318	48.0	0.8718	0.2220	57	1.4676	13	5.0	0.3158
18	0.1344	47.4	0.8707	0.2220	58	1.5442	12	1.0	0.3373
19	0.1473	45.9	0.8537	0.2220	59	1.6214	12	2.0	0.3236
20	0.1538	45.2	0.8403	0.2220	60	1.6986	11	2.0	0.3026
21	0.1623	45.0	0.8191	0.2220	61	1.7758	10	5.0	0.1909
22	0.2077	44.3	0.8045	0.2220	62	1.8530	9	2.0	0.1745
23	0.2142	43.4	0.7926	0.2220	63	1.9302	9	3.0	0.1602
24	0.2216	43.0	0.7827	0.2220	64	2.0074	9	0.0	0.1627
25	0.2274	42.5	0.7738	0.2221	65	2.0846	7	9.0	0.1427
26	0.2311	40.8	0.7409	0.2224	66	2.1620	7	7.0	0.1391
27	0.2398	40.7	0.7343	0.2224	67	2.2392	6	9.0	0.1312
28	0.2476	40.4	0.7091	0.2126	68	2.3179	5	3.0	0.0864
29	0.2553	38.9	0.7073	0.2027	69	2.3931	5	1.0	0.0827
30	0.2660	38.7	0.7036	0.2027	70	2.4667	4	7.0	0.0855
31	0.4112	36.2	0.6698	0.2025	71	3.0111	4	7.0	0.0855
32	0.4375	35.8	0.6509	0.2025	72	3.1655	4	0.0	0.0727
33	0.4637	34.5	0.6282	0.2025	73	3.3200	3	4.0	0.0699
34	0.4771	34.2	0.6213	0.2025	74	3.4744	2	9.0	0.0527
35	0.5147	32.0	0.5927	0.2027	75	3.6294	2	0.0	0.0500
36	0.5443	27.0	0.5618	0.2025	76	4.0491	2	0.0	0.3464
37	0.5682	24.2	0.5673	0.2027	77	4.6325	0	7.0	0.1116
38	0.5718	20.7	0.5687	0.2025	78	5.0165	0	0.0	0.0000
39	0.6177	20.1	0.5473	0.2022	79	5.4046	0	0.0	0.0000
40	0.6441	20.2	0.5327	0.2020	80	5.7926	0	0.0	0.0000

TABLA 3-2
Resultados experimentales de la corrida No. 2

N.	TETA	LP	ET-P	ET-T	N.	TETA	LP	ET-P	ET-T
1.	0.0064	18.4	0.3345	0.9936	41.	0.6691	25.3	0.4600	0.5122
2.	0.0129	42.2	0.7673	0.9872	42.	0.6749	24.6	0.4473	0.4991
3.	0.0193	62.1	1.1291	0.9809	43.	0.7335	23.8	0.4318	0.4802
4.	0.0257	60.2	1.1064	0.9746	44.	0.7721	21.1	0.3827	0.4621
5.	0.0322	60.2	1.0936	0.9683	45.	0.8107	21.7	0.3745	0.4446
6.	0.0386	59.8	1.0864	0.9621	46.	0.8493	20.6	0.3745	0.4277
7.	0.0450	59.2	1.0755	0.9560	47.	0.8979	19.4	0.3518	0.4115
8.	0.0515	58.1	1.0564	0.9498	48.	0.9265	18.8	0.3409	0.3959
9.	0.0579	57.7	1.0482	0.9437	49.	0.9651	18.0	0.3273	0.3809
10.	0.0643	57.3	1.0418	0.9377	50.	1.0037	17.4	0.3155	0.3665
11.	0.0708	56.9	1.0336	0.9317	51.	1.0423	16.8	0.3055	0.3526
12.	0.0772	56.4	1.0245	0.9257	52.	1.0809	16.1	0.2927	0.3393
13.	0.0901	55.7	1.0118	0.9139	53.	1.1581	15.1	0.2736	0.3141
14.	0.1029	54.6	0.9927	0.9022	54.	1.2353	14.0	0.2545	0.2907
15.	0.1158	53.5	0.9736	0.8905	55.	1.3125	13.4	0.2445	0.2691
16.	0.1287	52.9	0.9618	0.8793	56.	1.3897	12.6	0.2291	0.2491
17.	0.1415	51.7	0.9391	0.8680	57.	1.4670	11.9	0.2164	0.2306
18.	0.1544	50.8	0.9227	0.8569	58.	1.5442	11.1	0.2009	0.2135
19.	0.1673	49.9	0.9064	0.8460	59.	1.6214	10.2	0.1855	0.1976
20.	0.1802	48.7	0.8855	0.8351	60.	1.6986	9.9	0.1791	0.1829
21.	0.1930	48.0	0.8710	0.8245	61.	1.7758	9.5	0.1727	0.1694
22.	0.2059	47.1	0.8564	0.8139	62.	1.8530	9.1	0.1655	0.1568
23.	0.2188	46.1	0.8373	0.8035	63.	1.9302	8.8	0.1591	0.1451
24.	0.2316	45.3	0.8227	0.7932	64.	2.0074	8.5	0.1545	0.1343
25.	0.2374	43.8	0.7964	0.7731	65.	2.0846	8.2	0.1491	0.1244
26.	0.2531	42.2	0.7664	0.7534	66.	2.2090	7.8	0.1427	0.1066
27.	0.2688	40.8	0.7409	0.7343	67.	2.3335	7.5	0.1373	0.0913
28.	0.3046	39.7	0.7218	0.7156	68.	2.5479	7.3	0.1336	0.0782
29.	0.3403	37.9	0.6888	0.6975	69.	2.7023	7.1	0.1291	0.0671
30.	0.3660	36.8	0.6582	0.6797	70.	2.8567	6.5	0.1182	0.0575
31.	0.4118	35.5	0.6455	0.6625	71.	3.0111	6.3	0.1145	0.0492
32.	0.4375	34.4	0.6245	0.6456	72.	3.1655	5.9	0.1073	0.0422
33.	0.4632	33.1	0.6009	0.6282	73.	3.3200	5.0	0.0900	0.0362
34.	0.4890	31.9	0.5800	0.6132	74.	3.4744	4.3	0.0782	0.0310
35.	0.5147	30.9	0.5609	0.5977	75.	3.8604	2.5	0.0464	0.0211
36.	0.5405	29.7	0.5400	0.5825	76.	4.2464	2.5	0.0455	0.0143
37.	0.5662	28.6	0.5200	0.5677	77.	4.6325	0.0	0.0000	0.0097
38.	0.5919	27.6	0.5009	0.5533	78.	5.0185	0.0	0.0000	0.0066
39.	0.6177	26.9	0.4882	0.5392	79.	5.4046	0.0	0.0000	0.0045
40.	0.6434	26.1	0.4745	0.5255	80.	5.7906	0.0	0.0000	0.0031

TABLA 3-3

Resultados experimentales de la corrida No. 3

N.	HTA	LP	ET-P	ET-T	N	HTA	LP	ET-P	ET-T
1	0.0054	4.6	0.1200	0.5536	41	0.6691	29	0.5145	0.5122
2	0.0127	42	0.1130	0.5072	42	0.6749	27	0.4932	0.4931
3	0.0122	52	0.1074	0.5037	43	0.7413	26	0.4636	0.4932
4	0.0297	53	0.0832	0.3748	44	0.7321	24	0.4561	0.4621
5	0.0252	52	0.0972	0.5123	45	0.8107	24	0.4509	0.4642
6	0.0315	51	0.0995	0.5271	46	0.8493	24	0.4321	0.4677
7	0.0450	51	0.0971	0.5169	47	0.8579	23	0.4227	0.4113
8	0.0315	50	0.0900	0.5198	48	0.9265	23	0.4200	0.5259
9	0.0302	49	0.0945	0.5457	49	0.9651	22	0.4045	0.5107
10	0.0447	49	0.0977	0.5171	50	1.0037	21	0.3527	0.5265
11	0.0513	49	0.0927	0.5147	51	1.0423	19	0.3618	0.5225
12	0.0777	47	0.0800	0.5057	52	1.0949	19	0.3545	0.5292
13	0.0901	45	0.0945	0.5179	53	1.1511	18	0.3282	0.5141
14	0.1057	44	0.0927	0.5032	54	1.2059	17	0.3145	0.5207
15	0.1128	47	0.0944	0.5256	55	1.3123	16	0.2964	0.5251
16	0.1227	45	0.0974	0.5225	56	1.3627	15	0.2912	0.5191
17	0.1415	44	0.0927	0.5150	57	1.4670	14	0.2845	0.5100
18	0.1444	43	0.0932	0.5211	58	1.5442	14	0.2935	0.5125
19	0.1671	42	0.0929	0.5169	59	1.6214	12	0.2723	0.5278
20	0.1812	42	0.0921	0.5191	60	1.6985	10	0.1923	0.5429
21	0.1950	44	0.0944	0.5287	61	1.7758	10	0.1909	0.5194
22	0.2099	44	0.0936	0.5137	62	1.8530	9	0.1900	0.5358
23	0.2145	42	0.0909	0.5125	63	1.9302	9	0.1727	0.5421
24	0.2314	42	0.0944	0.5222	64	2.0074	9	0.1645	0.5342
25	0.2124	42	0.0944	0.5231	65	2.0846	9	0.1622	0.5344
26	0.2011	40	0.0919	0.5044	66	2.1618	8	0.1473	0.5094
27	0.2013	42	0.0927	0.5157	67	2.2390	7	0.1302	0.5212
28	0.2017	39	0.0909	0.5125	68	2.3162	6	0.1213	0.5067
29	0.2003	37	0.0945	0.5225	69	2.3934	5	0.1073	0.5171
30	0.2000	37	0.0925	0.5277	70	2.4706	5	0.0929	0.5175
31	0.4113	35	0.0827	0.5625	71	3.0111	4	0.0909	0.5492
32	0.4375	34	0.0909	0.5136	72	3.1615	4	0.0764	0.5322
33	0.4227	34	0.0910	0.5177	73	3.2209	3	0.0709	0.5120
34	0.4228	32	0.0910	0.5237	74	3.4741	3	0.0642	0.5110
35	0.5147	32	0.0925	0.5277	75	3.6245	2	0.0573	0.5111
36	0.5015	31	0.0925	0.5120	76	4.2164	2	0.0482	0.5142
37	0.5127	30	0.0909	0.5277	77	4.8083	2	0.0436	0.5091
38	0.5019	29	0.0945	0.5256	78	5.0125	0	0.0390	0.5154
39	0.5177	28	0.0932	0.5292	79	5.4046	0	0.0300	0.5025
40	0.5134	28	0.0934	0.5295	80	5.7967	0	0.0300	0.5021

TABLA 3-5

Resultados experimentales de la corrida No. 5

N.	TETA	LP	ET-P	ET-T	N.	TETA	LP	ET-P	ET-T
1.	0.0032	20.5	0.3718	0.9768	41.	0.3334	39.4	0.7164	0.7165
2.	0.0064	47.0	0.8536	0.9936	42.	0.3462	38.7	0.7036	0.7074
3.	0.0096	57.1	1.0382	0.9904	43.	0.3654	37.6	0.6836	0.6939
4.	0.0128	56.9	1.0345	0.9873	44.	0.3846	36.8	0.6691	0.6807
5.	0.0160	57.0	1.0364	0.9841	45.	0.4039	35.8	0.6500	0.6677
6.	0.0192	56.9	1.0345	0.9810	46.	0.4231	35.0	0.6355	0.6550
7.	0.0224	57.0	1.0355	0.9778	47.	0.4423	34.2	0.6209	0.6425
8.	0.0256	56.9	1.0326	0.9747	48.	0.4616	33.5	0.6109	0.6303
9.	0.0288	56.9	1.0345	0.9716	49.	0.4808	33.5	0.6082	0.6183
10.	0.0321	57.0	1.0364	0.9685	50.	0.5000	32.1	0.5827	0.6065
11.	0.0353	56.7	1.0300	0.9654	51.	0.5193	31.2	0.5673	0.5950
12.	0.0385	56.7	1.0300	0.9623	52.	0.5385	30.6	0.5555	0.5836
13.	0.0449	56.6	1.0291	0.9561	53.	0.5770	29.4	0.5345	0.5616
14.	0.0513	56.6	1.0291	0.9500	54.	0.6154	28.1	0.5109	0.5404
15.	0.0577	56.5	1.0273	0.9439	55.	0.6539	27.0	0.4909	0.5200
16.	0.0641	56.6	1.0291	0.9379	56.	0.6924	25.1	0.4564	0.5004
17.	0.0705	56.4	1.0255	0.9319	57.	0.7308	24.1	0.4382	0.4815
18.	0.0769	56.2	1.0209	0.9260	58.	0.7693	23.1	0.4209	0.4633
19.	0.0833	55.4	1.0073	0.9200	59.	0.8078	22.2	0.4036	0.4459
20.	0.0898	55.0	1.0000	0.9142	60.	0.8462	21.1	0.3836	0.4290
21.	0.0962	54.5	0.9900	0.9083	61.	0.8847	20.4	0.3709	0.4128
22.	0.1026	54.1	0.9836	0.9025	62.	0.9231	19.6	0.3555	0.3973
23.	0.1090	53.5	0.9727	0.8967	63.	0.9616	19.0	0.3445	0.3823
24.	0.1154	53.1	0.9655	0.8910	64.	1.0001	18.1	0.3300	0.3679
25.	0.1222	52.4	0.9527	0.8852	65.	1.0385	17.6	0.3191	0.3540
26.	0.1410	51.8	0.9418	0.8835	66.	1.1155	16.4	0.2973	0.3278
27.	0.1539	51.1	0.9291	0.8574	67.	1.1924	15.3	0.2773	0.3035
28.	0.1667	50.0	0.9082	0.8455	68.	1.2693	14.5	0.2636	0.2810
29.	0.1795	48.8	0.8864	0.8357	69.	1.3463	13.5	0.2445	0.2602
30.	0.1923	47.7	0.8664	0.8250	70.	1.4232	13.4	0.2436	0.2409
31.	0.2051	46.7	0.8491	0.8145	71.	1.5001	12.5	0.2273	0.2231
32.	0.2180	46.2	0.8400	0.8042	72.	1.5770	11.9	0.2164	0.2066
33.	0.2308	44.8	0.8145	0.7939	73.	1.6540	11.3	0.2055	0.1913
34.	0.2436	44.5	0.8091	0.7838	74.	1.7309	10.7	0.1936	0.1771
35.	0.2564	43.5	0.7909	0.7738	75.	1.9232	9.7	0.1755	0.1461
36.	0.2693	42.8	0.7773	0.7640	76.	2.1155	8.7	0.1582	0.1206
37.	0.2821	42.2	0.7673	0.7542	77.	2.3079	8.3	0.1500	0.0995
38.	0.2949	41.4	0.7527	0.7446	78.	2.5002	7.6	0.1382	0.0821
39.	0.3077	40.7	0.7391	0.7351	79.	2.6925	6.9	0.1255	0.0677
40.	0.3205	40.1	0.7291	0.7258	80.	2.8848	6.7	0.1218	0.0559

TABLA 3-6
Resultados experimentales de la corrida No. 6

N.	TETA	LP	ET-P	ET-T	N.	TETA	LP	ET-P	ET-T
1.	0.0032	82.7	1.5036	0.9988	41.	0.3334	40.0	0.7264	0.7165
2.	0.0054	56.7	1.0309	0.9926	42.	0.3462	29.2	0.7127	0.7074
3.	0.0076	52.8	0.9600	0.9904	43.	0.3654	35.5	0.7000	0.6939
4.	0.0120	52.4	0.9518	0.9873	44.	0.2848	39.4	0.6973	0.6807
5.	0.0180	53.1	0.7655	0.9841	45.	0.4039	37.3	0.6782	0.6677
6.	0.0192	52.4	0.9518	0.9810	46.	0.4231	36.9	0.6709	0.6550
7.	0.0224	51.9	0.9436	0.9778	47.	0.4423	36.6	0.6655	0.6425
8.	0.0256	52.6	0.9564	0.9747	48.	0.4616	36.1	0.6555	0.6303
9.	0.0288	52.3	0.9509	0.9716	49.	0.4808	35.5	0.6455	0.6183
10.	0.0320	52.7	0.9618	0.9685	50.	0.5000	34.9	0.6336	0.6065
11.	0.0368	52.3	0.9509	0.9654	51.	0.5193	34.2	0.6209	0.5950
12.	0.0384	53.2	0.9491	0.9623	52.	0.5385	33.7	0.6127	0.5836
13.	0.0448	51.7	0.9400	0.9561	53.	0.5770	32.2	0.5845	0.5616
14.	0.0512	51.7	0.9400	0.9500	54.	0.6154	31.3	0.5691	0.5404
15.	0.0577	51.3	0.9318	0.9439	55.	0.6539	30.4	0.5518	0.5200
16.	0.0641	50.8	0.9236	0.9379	56.	0.6924	29.6	0.5373	0.5004
17.	0.0705	50.7	0.9209	0.9319	57.	0.7308	28.7	0.5209	0.4815
18.	0.0769	50.2	0.9118	0.9260	58.	0.7693	27.5	0.4991	0.4633
19.	0.0833	50.4	0.9155	0.9200	59.	0.8078	26.4	0.4800	0.4459
20.	0.0897	50.0	0.9071	0.9142	60.	0.8462	25.8	0.4682	0.4280
21.	0.0962	49.9	0.9064	0.9083	61.	0.8847	24.7	0.4491	0.4128
22.	0.1026	48.9	0.8971	0.9025	62.	0.9231	24.0	0.4364	0.3973
23.	0.1090	48.8	0.8973	0.8967	63.	0.9616	23.6	0.4282	0.3823
24.	0.1154	48.3	0.8773	0.8910	64.	1.0001	22.3	0.4055	0.3679
25.	0.1222	48.2	0.8755	0.8797	65.	1.0355	21.5	0.3900	0.3540
26.	0.1410	47.5	0.8627	0.8685	66.	1.1155	20.6	0.3736	0.3278
27.	0.1539	46.9	0.8518	0.8574	67.	1.1924	19.3	0.3509	0.3035
28.	0.1667	46.6	0.8473	0.8465	68.	1.2693	18.2	0.3300	0.2810
29.	0.1795	46.2	0.8391	0.8357	69.	1.3463	16.8	0.3055	0.2602
30.	0.1923	45.6	0.8232	0.8250	70.	1.4232	15.1	0.2745	0.2409
31.	0.2051	45.1	0.8200	0.8145	71.	1.5001	15.0	0.2727	0.2231
32.	0.2180	44.3	0.8055	0.8042	72.	1.5770	13.8	0.2509	0.2066
33.	0.2308	43.9	0.7973	0.7939	73.	1.6540	12.4	0.2264	0.1913
34.	0.2436	43.4	0.7891	0.7808	74.	1.7309	11.9	0.2164	0.1771
35.	0.2564	44.7	0.8118	0.7738	75.	1.9232	10.3	0.1873	0.1461
36.	0.2693	43.1	0.7836	0.7650	76.	2.1155	9.6	0.1736	0.1206
37.	0.2821	42.5	0.7718	0.7542	77.	2.3079	8.1	0.1473	0.0955
38.	0.2949	41.9	0.7618	0.7446	78.	2.5002	7.2	0.1309	0.0821
39.	0.3077	41.2	0.7491	0.7351	79.	2.6925	6.2	0.1127	0.0677
40.	0.3205	40.0	0.7264	0.7258	80.	2.8848	6.0	0.1091	0.0559

Fig. 3-1

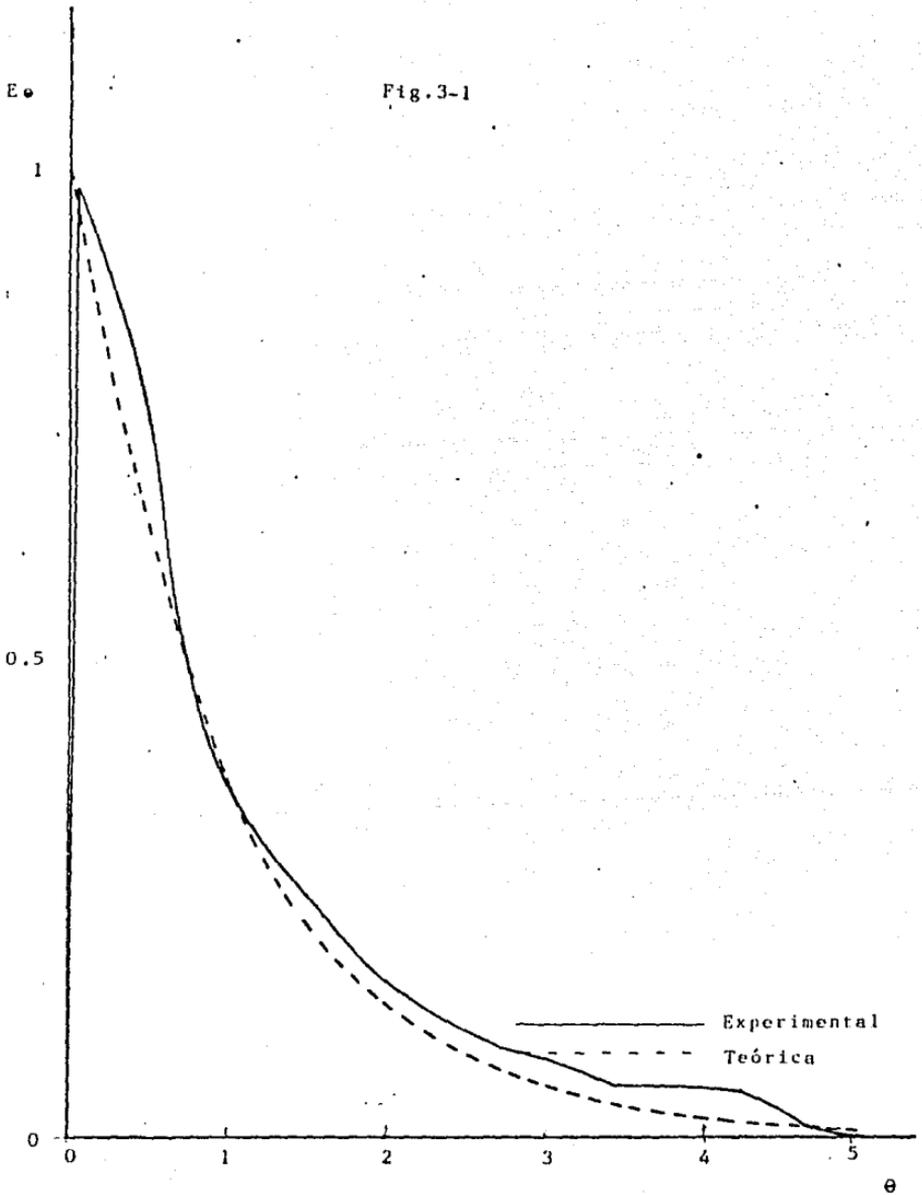


Fig. 3-2

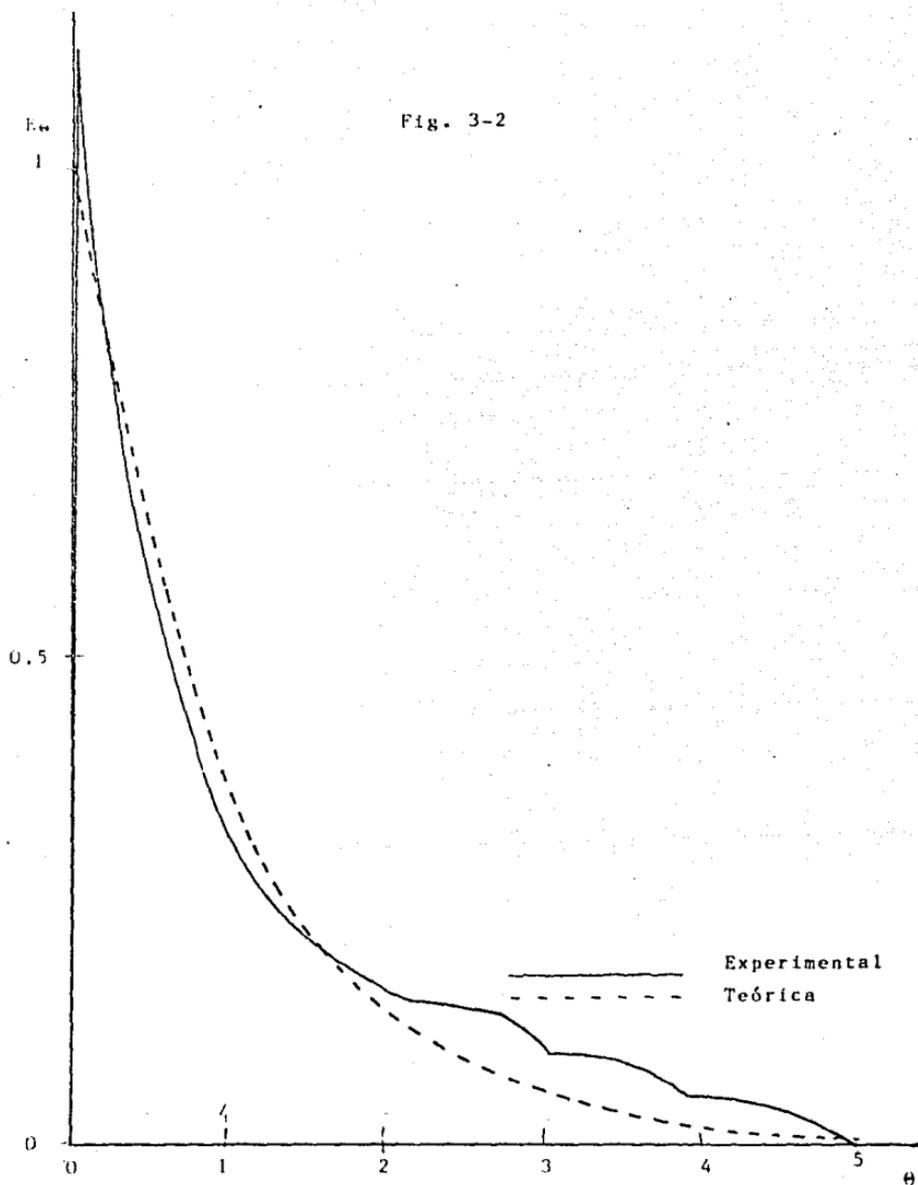


Fig. 3-3

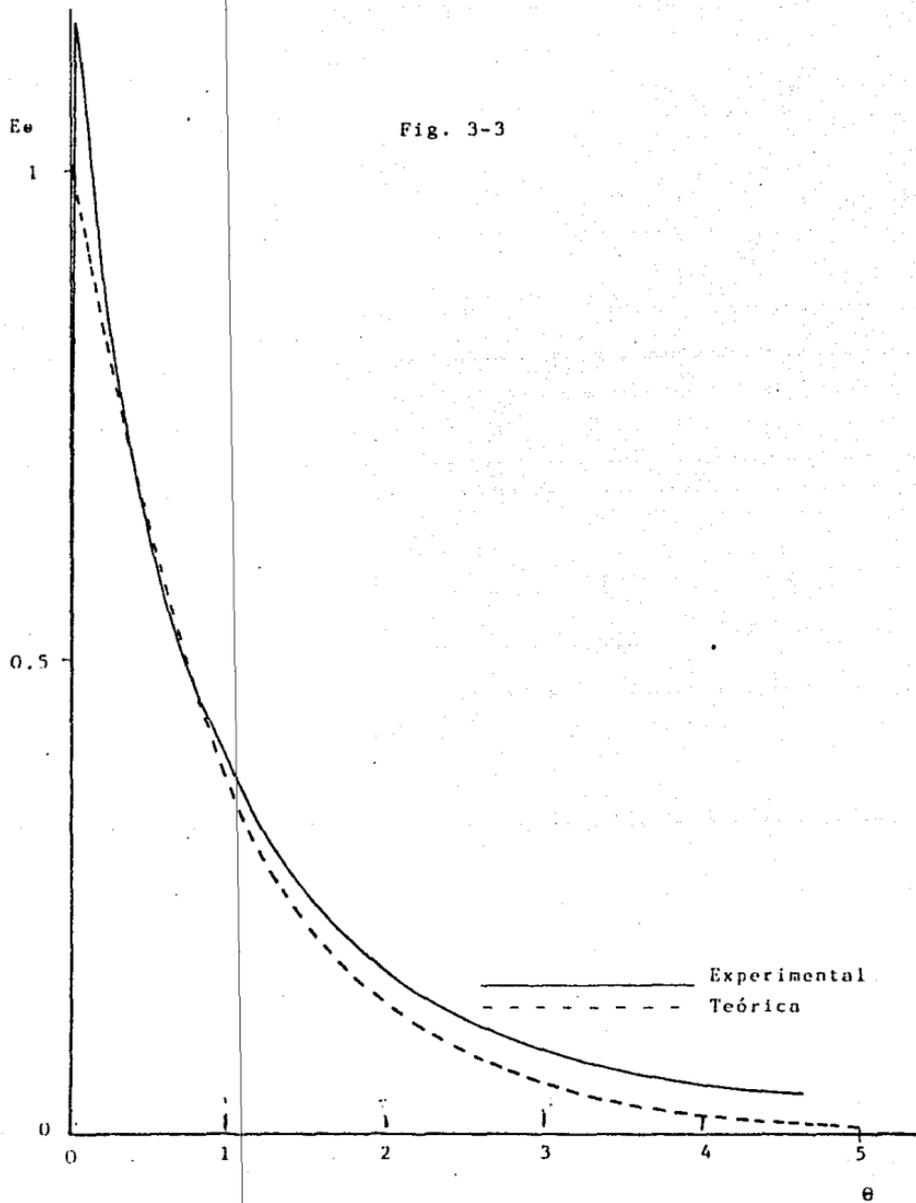


Fig. 3-4

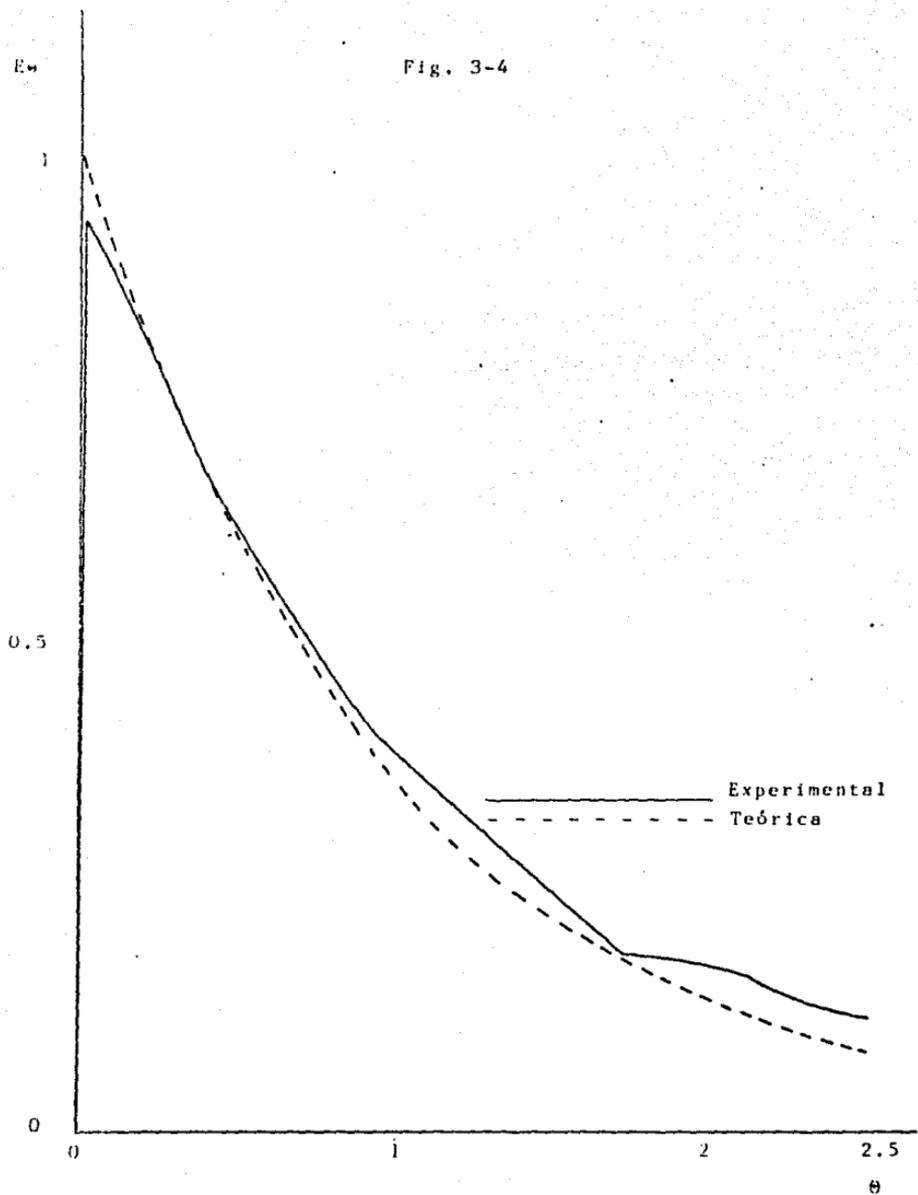


Fig. 3-5

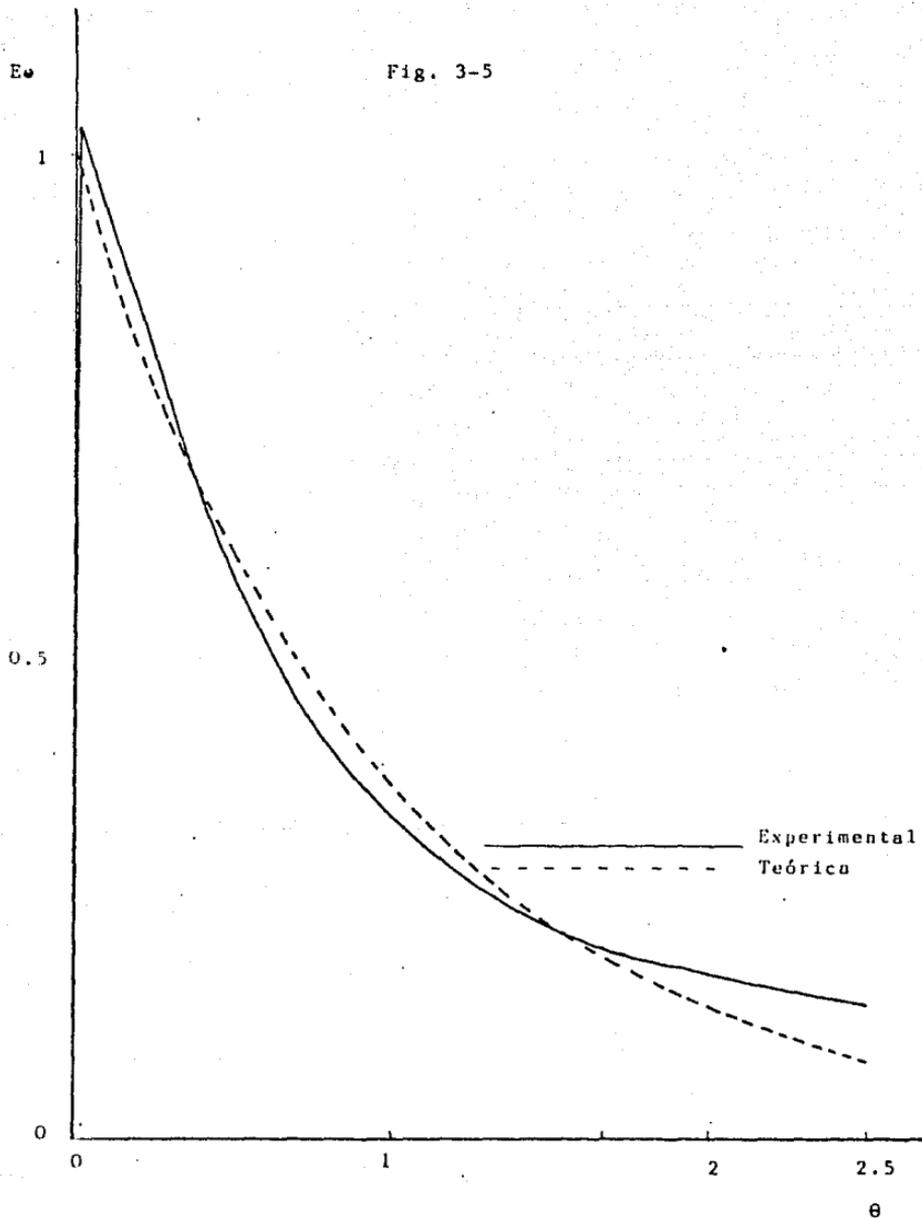
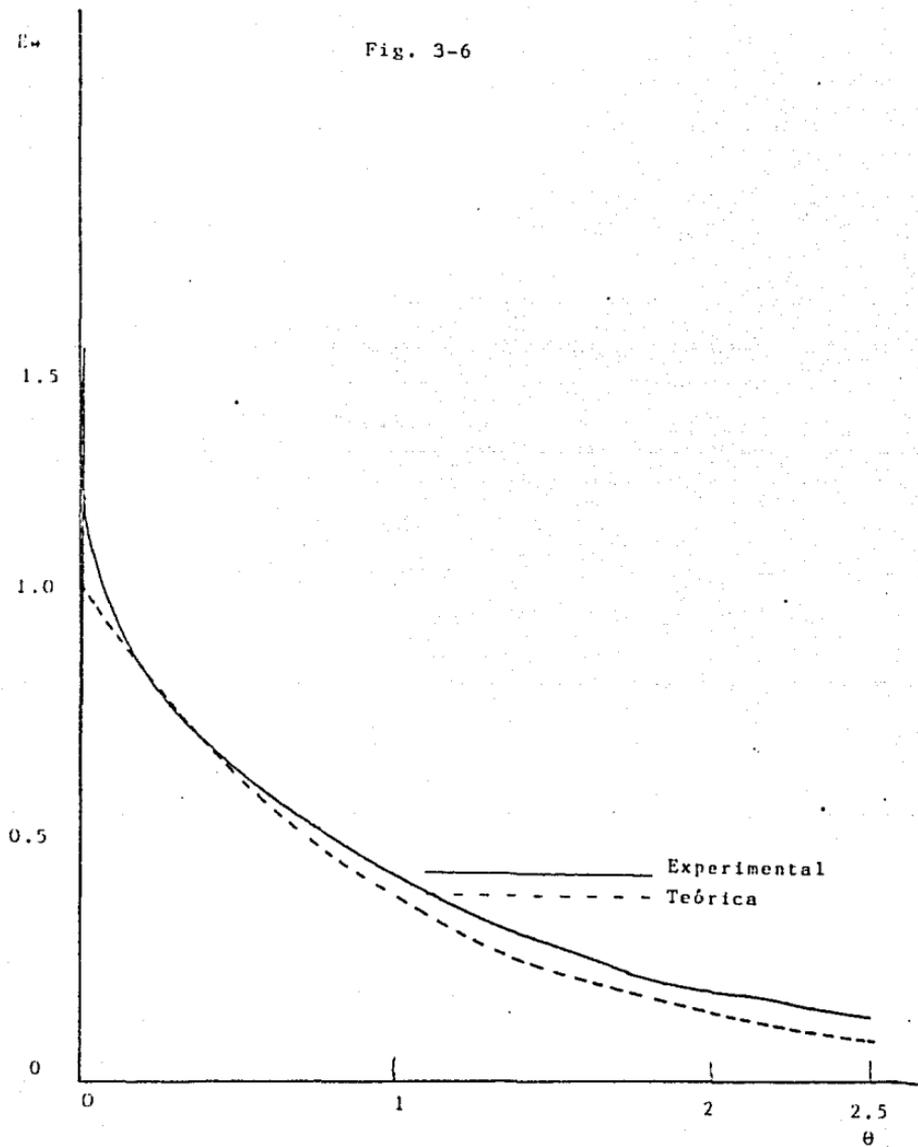


Fig. 3-6



CAPITULO IV

TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS

Se empleó la prueba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov para probar estadísticamente la repetitividad de las dos réplicas experimentales de cada corrida.

En dicha prueba la hipótesis nula es que ambas distribuciones de frecuencia son iguales y el estadístico es el valor máximo de la diferencia entre las frecuencias acumuladas de las dos distribuciones que se comparan. En el apéndice III-se muestra mayor información sobre esta prueba.

Además, se empleo la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar el promedio de las dos réplicas con los valores correspondientes del modelo teórico.

Así pues, en el análisis estadístico realizado se-compararon:

- a) Los valores experimentales de las dos réplicas.
- b) Los valores experimentales con el modelo de mezcla completa.

En la tabla 4-1 se muestran los valores máximos de desviación que se obtuvieron en el análisis para cada prueba.

En el apéndice IV se presenta un ejemplo de los cálculos realizados para la corrida No. 3.

ANALISIS DE LOS DATOS ESTADISTICOS

En la tabla 4-1 se observa que, en las dos réplicas de cada corrida, no existe diferencia significativa entre ellas, comparados con los valores de (nivel de significancia) hasta de 20%.

Para el modelo de mezcla completa comparado con el promedio experimental de las dos réplicas para cada corrida. En la corrida No. 1 se rechaza la hipótesis nula para un 20% y en las corridas No. 3 Y No. 6 se rechaza la hipótesis nula para un 5%.

En estas corridas 3 y 6 ambas tienen la posición de entrada del líquido abajo de la altura del agitador, por lo que se observa, que este comportamiento se presenta en ambos tanques (independientemente del diámetro del tanque)

En las corridas 2 y 5 que presentan los valores de D menores en cada tanque, o sea, para la posición de entrada del líquido frente al agitador, por lo que se comporta más cercanamente a la idealidad (tanque de mezcla completa).

TABLA 4-1

TABLAS DE VALORES MAXIMOS PARA LA
PRUEBA ESTADISTICA QUE COMPARA EL
PROMEDIO DE LAS DOS REPLICAS CON:

CORRIDA	EXPERIMENTAL	MEZCLA COMPLETA
1	0.0119	0.0847 *
2	0.018	0.0749
3	0.0091	0.1156**
4	0.0302	0.0738
5	0.009	0.0297
6	0.0332	0.1200 **

N. 160

1%	D. 0.1289	D* 0.2577
2%	D 0.1202	D* 0.2403
5%	D 0.1075	D* 0.2150
10%	D 0.0964	D* 0.1929
20%	D 0.0846	D* 0.1692

Valores que estadísticamente se rechazan por ser mayores que los valores críticos de D para la prueba de Kolmogorov Smirnov de bondad de ajuste

* para los valores de de 20%

** para los valores de de 5%

CAPITULO V

CONVERSION PARA UNA REACCION DE PRIMER ORDEN IRREVER
SIBLE.

En la tabla 5-1 se muestran las conversiones para una reacción de primer orden irreversible, con:

a) Los datos experimentales de cada corrida, usan do la ecuación (1-17).

b) El modelo teórico de mezcla completa, utilizan do la ecuación (1-10).

Se calculó la conversión (X_a) para diferentes valores de k (constante cinética de reacción)

ANALISIS DE LAS CONVERSIONES OBTENIDAS PARA UNA REACCION IRRE
VERSIBLE DE PRIMER ORDEN.

En la tabla 5-1 se mostraron las conversiones obtenidas para los modelos experimental y teórico. Se puede observar que en las corridas 1, 3, 4 y 6 la conversión teórica es mayor que la calculada empleando la distribución de tiempos de residencia experimental, para valores de k pequeños (velocidad de reacción lenta). Cuando k aumenta (0.09) la conversión obtenida a partir de la distribución de tiempos de --

residencia experimental es mayor que la conversión teórica.

En la corrida 2, tenemos que la conversión obtenida a partir de los tiempos de residencia (distribución de) es ---- igual o mayor que la conversión teórica para todos los valores de k , excepto para $k=0.02$. Así mismo, en la corrida 5 podemos ver que los valores de conversión para los dos modelos son muy parecidos, para todos los valores de k .

ANALISIS DE LAS CONVERSIONES OBTENIDAS PARA UNA REACCION EN SERIE DE PRIMER ORDEN IRREVERSIBLE.

En la tabla 5-2 se muestran las fracciones C_a/C_{a0} , C_r/C_{a0} y C_s/C_{a0} para el modelo experimental y el modelo teórico

C_a/C_{a0} : Para esta relación observamos que en la corrida No. 1, esta fracción es mayor que la teórica y va disminuyendo respecto a la teórica a medida que aumenta la velocidad de reacción (valores de k grandes), sin importar la relación k_2/k_1 . Este mismo comportamiento se observa en las corridas Nos. 3, 4 y 6.

Para las corridas Nos. 2 y 5, C_a/C_{a0} tienen un valor casi igual al teórico para todos los valores de k empleados, sin importar la relación k_2/k_1 .

Cr/Cao: Para esta relación podemos ver que en la corrida No. 1 esta fracción es mayor que la teórica, para todos los valores de k sin importar la relación k_2/k_1 . Esto -- mismo se observa en las corridas Nos. 3, 4 y 6.

En las corridas 2 y 5 Cr/Cao, tienen un valor ca si igual al teórico para todas las constantes sin importar - la relación k_2/k_1 .

Cs/Cao: Para esta fracción observamos que en la corrida No. 1, que esta relación va aumentando respecto a la teórica a medida que aumenta la velocidad de reacción, excepto cuando k_2 es menor que k_1 , en nuestro caso ($k_2/k_1=0.04$).- Este comportamiento se observa en las corridas Nos. 3, 4 y 6.

En las corridas Nos. 2 y 5 la relación Cs/Cao es casi igual al teórico, excepto cuando k_2 es menor que k_1 ($k_2/k_1=0.04$).

Observamos que en las corridas 2 y 5 que son las que se comportan más cercanamente a la idealidad, la relación Ca/Cao, Cr/Cao, Cs/Cao, presentan un valor casi igual - al teórico para todos los valores de k , excepto cuando k_2 es menor que k_1 ($k_2/k_1=0.04$) para Cs/Cao.

TABLA 5-1

TABLA DE CONVERSIONES (Xa) Reacción de primer
orden

CORRIDA

	K	0.02	0.05	0.09	0.2	0.5
1	A	0.2057	0.3931	0.5383	0.7215	0.8662
	B	0.1700	0.3828	0.5391	0.7279	0.8734
2	A	0.2057	0.3931	0.5383	0.7215	0.8662
	B	0.1871	0.3958	0.5444	0.7223	0.8662
3	A	0.02057	0.3931	0.5383	0.7215	0.8662
	B	0.1567	0.3805	0.5408	0.7301	0.8736
4	A	0.3421	0.5662	0.7006	0.8387	0.9286
	B	0.3279	0.5619	0.7038	0.8555	0.9351
5	A	0.3421	0.5662	0.7006	0.8387	0.9286
	B	0.3427	0.5641	0.6973	0.8347	0.9280
6	A	0.3421	0.5662	0.7006	0.8387	0.9286
	B	0.3072	0.5525	0.6983	0.8417	0.9322

A : Conversión teórica de un tanque de mezcla completa
(ec. 1-10)

B : Conversión calculada de empleando la curva de distri

bución de tiempos de residencia experimental (ec. 1-17)

k : coeficiente cinético de reacción.

TABLA 5-2

La reacción en serie de primer orden irreversible



Valores de Ca/Cao

Corrida	T	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_2	k_1
		0.03	0.05	0.05	0.09	0.09	0.2	0.2	0.5	0.5	0.2
		0.07943		0.6069		0.4617		0.2785		0.1338	
1	E	0.8300		0.6172		0.4609		0.2721		0.1266	
2	E	0.8129		0.6042		0.4556		0.2777		0.1338	
3	E	0.8433		0.6195		0.4592		0.2699		0.1264	
	T	0.6579		0.4338		0.2994		0.1613		0.0714	
4	E	0.6721		0.4381		0.2962		0.1445		0.0649	
5	E	0.6573		0.4359		0.3027		0.1653		0.0720	
6	E	0.6928		0.4475		0.3017		0.1583		0.0678	
	k_2/k_1	2.5		1.8		2.2		2.5		0.4	

k = coeficiente cinético de reacción

T = Ca/Cao teórica calculada con la ecuación (1-21)

E = Ca/cao a partir de RID experimental ec. (1-26)

TABLA 5-2 (CONTINUACION)

VALORES DE Cr/Cao		k1	k2	k1	k2	k1 - k2	k1	k2	k1	k2
		0.02-0.05	0.05-0.09	0.09-0.2	0.2-0.5	0.5-0.02				
Corrida	T ₁	0.01249	0.1815	0.1499	.0965	0.6880				
1	E	0.1418	0.1054	0.1544	.0970	0.7325				
2	E	0.1390	0.1856	0.1453	0.0959	0.7066				
3	E	0.1493	0.2003	0.1550	0.0957	0.7469				
	T ₁	0.1487	0.1692	0.1130	0.0597	0.6109				
4	E	0.1797	0.1870	0.1233	0.0731	0.6413				
5	E	0.1475	0.1665	0.1124	0.0623	0.6097				
6	E	0.1635	0.1823	0.1173	0.0604	0.6510				
	k ₂ / k ₁	2.5	1.8	2.2	2.5	0.4				

k = coeficiente cinético de reacción

T₁ = Cr/Cao calculada a partir de la ecuación (1-22)

E = Cr/Cao a partir de RTD experimental ec. (1-27)

Tabla 5-2 (CONTINUACION)

Valores de Cs/Cao

		k_1 k_2	k_1 k_2	k_1 k_2	k_1 k_2	k_1 k_1
		0.02-0.5	0.05-0.9	0.09 0.2	0.2-0.5	0.5 0.02
Corrida	T_2	0.0809	0.2116	0.3883	0.6250	0.1792
1	E	0.0282	0.1874	0.3847	0.6309	0.1409
2	E	0.0481	0.2102	0.3991	0.6264	0.1596
3	E	0.0074	0.1802	0.3858	0.6344	0.1267
	T_2	0.1993	0.3960	0.5876	0.7788	0.3177
4	E	0.1482	0.3749	0.5805	0.7724	0.2938
5	E	0.1952	0.5849	0.7724	0.3183	0.3183
6	E	0.3976	0.3702	0.5810	0.7824	0.2812
K_2/k_1		2.5	1.8	2.2	2.5	0.4813

k : coeficiente cinético de reacción

 T_2 : Ca/Cao teórica calculada con la ecuación (1-23)

E : Ca/Cao a partir de RID experimental ec (1-24)

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

CONCLUSIONES

Con este trabajo podemos decir que se alcanzó el objetivo fijado, es decir, analizar la influencia de la posición del agitador en tanques continuos, con agitación de mezcla completa, mediante el análisis de la distribución de tiempos de residencia de un trazador.

Al observar los resultados obtenidos se concluye -- que:

- 1.- Estadísticamente las dos réplicas de cada corrida son consistentes.
- 2.- Al comparar el modelo teórico de mezcla completa con el modelo experimental mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se rechaza la hipótesis de que ambos sean iguales en las corridas No. 3 y 6 para un 5% y en la corrida No. 1 para un 20%. En las corridas No. 3 y 6 en las que se rechaza la hipótesis nula, en ambas, la posición del entrada del líquido está abajo de la altura del agitador.
- 3.- En el sistema empleado en este estudio y con las condiciones de operación en que se trabajó (tabla II-1) la agitación más efectiva fue cuando el agitador se colocó frente a

la boca de alimentación del flujo, para ambos tanques.

- 4.- Observamos que en las corridas No 2 y 5 que son las que se comportan más cercanamente a la idealidad, la relación: -- C_a/C_{ao} , C_r/C_{ao} , C_s/c_{ao} , presentan un valor casi igual al teórico para todos los valores de k , excepto cuando k_2 es menor que k_1 ($k_2/k_1 = 0.04$), en que hay cierta diferencia para C_s/C_{ao} .
- 5.- En las curvas experimentales, podemos observar sinusoidades sin duda alguna debidas al error experimental ocasionado por la relativa imprecisión del equipo empleado, sugiero para pruebas posteriores se emplee un equipo más preciso.

Sugiero también realizar estudios variando la posición de entrada del flujo y la posición del agitador para observar si se siguen obteniendo resultados similares.

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

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BLASINSKI H.A. Tycskowski, Hidrodinamic evaluation of certain geometric parameters of mixers. I studies of the-- velocity distribution of a liquid in a mixes, International Chemical Engineering 8: 1969 num. 1.
- 2.- BURGHARDT, A., L. Lipowska, Mixing phenomena in a continuous tank reactor "I. Determination of the region of - occurrence of ideal mixing for water an liquids of higher viscosity. International Chemical Enginee-- ring, 14: 1974, núm. 1.
- 3.- DENBIGH, Kennet, Teoria del Reactor Químico, 2a. éd., Alham-- bra Madrid, 1968.
- 4.- GODOY ROMERO, José Manuel, Estudios de la Distribución de -- Tiempos de Residencia en un Reactor Continuo de -- Mezcla Completa con un Trazador como Componente no Reactivo, (tesis) U.A.G. 1980
- 5.- GONZALEZ MEDINA, Miguel Trinidad, Manual de Prácticas de In-- geniería Química, (tesis). U.A.G. 1976
- 6.- HARTIER H.L. D.B. Owen, Selected Table in Mathematical Sta-- tistics, vol. 2. Manklan Publising Company, Chica-- go 1970

- 7.- JEAN DICKENSON G., Non Parametric Method for Quantitative Analysis. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1976.
- 8.- KAFAROV, V.V., I.M. Ogorodnik E.L. Lashovenko. The time - required for the pasage of a disturbance through an umbaffled continous flow stirred apparatus,- International Chemical Engineering, 11: 1974 -- ndm. 1.
- 9.- KREYSZIG Erwin, Introducción a la Estadfstica Matemática, 1a. Ed., LIMUSA México 1978.
- 10.- LEVENSPIEL, Octave Ingeniería de las Reacciones Químicas. 2a. ed., REVERTE, Barcelona, 1975
- 11.- RAMIREZ BECERRA, Zeferino Ismael, Influencia de la Posición del agitador en la Distribución del Tiempo de Residencia, PARTE I: Alimentación cercana a la mitad del nivel del líquido (tesis) U.A.G. - 1981.
- 12.- ROSCOE, John T., Fundamental Research Statistics for Behaviour Sciencies, Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York 1975.

13.- SMITH J.M. Ingeniería de la Cinética Química. 2a. ed. ---
CECSA, México 1977.

14.- SOER, J.R. Bulirsch. Introduction to Numerical Analysis -
Springer Verlag, New York 1980.

A P E N D I C E I

APENDICE I
DESCRIPCION DEL EQUIPO

Se utilizaron dos tanques (No1 y No2), de lámina - galvanizada 1/16" nominal, hechos a mano.

El tanque No. 1 tiene 25 cm de diámetro, el No. 2 - tiene 34.9 cm. ambos tienen 40 cm de altura. El fondo de los - tanques está formado por casquetes esféricos, moldeados a mano, con 2 cm de profundidad.

Los dos tanques descansan sobre bases circulares, - que los sostienen y mantienen nivelados.

Cada tanque tiene perforaciones a los lados (diame - tralmente opuestas, en las cuales van soldados casquillos de - 2" de largo con espesor de 1/32" nominal, que forman las entra - das y salidas de los tanques, además del medidor de nivel. Las medidas de los tanques se indican en las figuras I-2 y I-3.

El volúmen real del tanque No. 1 es de 20.40 l, se - trabajó a un volúmen de líquido de 15.81 l, con un nivel de -- operación de 31.30 cm sin agitación. El volúmen real del tan - que No. 2 es de 39.90 l, se trabajó a un volúmen de líquido de 31.77 l, con un nivel de operación de 31.54 cm sin agitación.

Se utilizaron dos agitadores CAFRAMO (marca) de - 70 W 115 y 60 Hz cada uno, usando corriente alterna. El agitador del tanque No. 1 operó a una velocidad de agitación de -- 324 r.p.m. y a 404 r.p.m. el agitador del tanque No. 2.

Al agitador del tanque No. 1 se le adaptó una flecha de acero inoxidable de 5/16" de diámetro, con una aspa de acero inoxidable de 10.5 cm de longitud, 2.52 cm de ancho y - 1/16" de espesor. Así mismo, al agitador del tanque No. 2. se le adaptó una flecha de acero inoxidable de 5/16" de diámetro, con una aspa de acero inoxidable de 1/16" de espesor 14.1 cm- de longitud y 2.55 cm de ancho.

Al agitar el fluido en los tanques se producía un vértico, subiendo el nivel del líquido en el tanque No. 1- hasta 33.8 cm y en el tanque No. 2 hasta 34.5 cm.

Como tanque de alimentación se utilizó un reci--- piente de lámina de 20 1, el que, a su vez, se alimentaba con agua de los servicios generales, por medio de una manguera. - Dicho tanque se colocó a una altura de 2.3 m sobre una estructura que sirvió para montar todo el equipo. Para mantener el nivel constante en el tinaco, se usó un rebosadero, manteniendo siempre lleno el recipiente y con ésto una presión hidrostática constante.

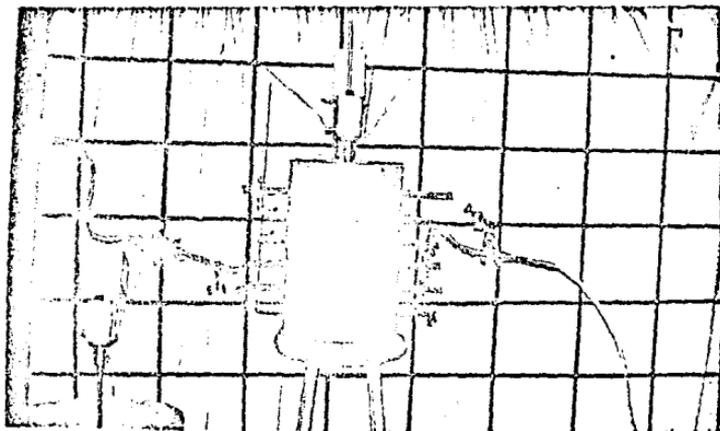
La corriente de salida del tanque de alimentación entraba al tanque (No. 1 o No. 2) y el gasto se medía por medio de medidores de flujo tipo tobera, hechos de vidrio. Para medir la diferencia de presión se usó como fluido medidor tetracloruro de carbono (CCl_4), que es más denso que al agua -- ($\rho_{20^\circ\text{C}} = 1.16$) e inmiscible con ella. Cada medidor se colocó en la corriente de entrada de un tanque.

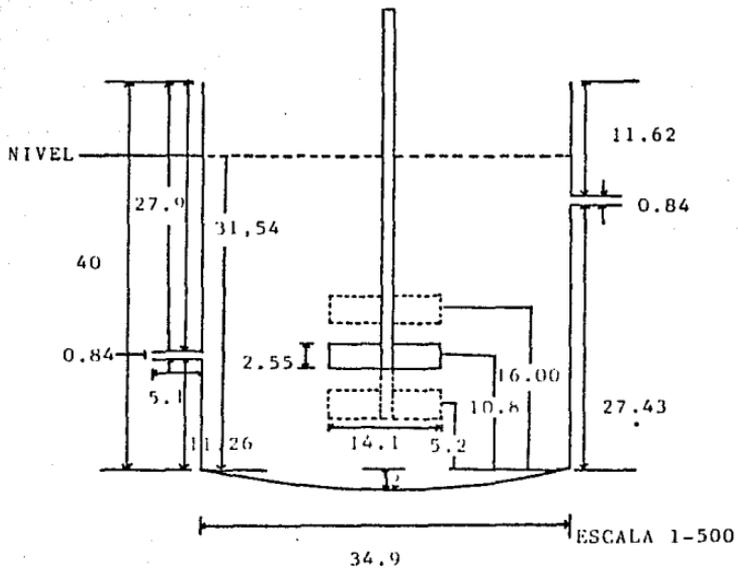
La inyección del trazador se aplicó en la corriente de entrada de cada tanque, utilizando una jeringa hipodérmica de 20 ml, con agua del No. 20.

El fluido escogido fue el agua, por su bajo costo, fácil manejo y accesibilidad. La sustancia empleada como trazador fue el rojo uva (colorante industrial).

Para tomar las muestras en tiempos definidos, a la salida del sistema se utilizaron tubos de ensayo de vidrio (15 x 1). Se hizo una grabación de los tiempos en los que se debía tomar cada muestra, utilizando además, un cronómetro -- con el fin de evitar equivocaciones, y así tener siempre el mismo grado de exactitud. Para registrar la variación de la concentración del trazador en el sistema con el tiempo, se utilizó un fotocolorímetro Klett-Sumerson. En la fig. I-1 se muestra una fotografía del sistema.

Fig. I-1





Medidas en Cm.

Fig. 1-3

Esquema del tanque No. 2

A P E N D I C E II

APENDICE II
DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se hizo una grabación de los tiempos en que se debían de tomar las muestras durante cada corrida, usando un cronómetro.

Se calibraron los medidores de flujo (dos), ver --apéndice V.

Se utilizó como trazador un colorante (rojo uva) - en solución acuosa, la cual se preparó disolviendo aprox. 32g- de colorante en 1 litro de agua. Esta solución se utilizó du--rante todas las pruebas.

Por otro lado, se preparó una solución patrón di--solviendo 0.2691g de colorante en agua y aforando a 250 ml se prepararon estándares de 5, 10, 15 y 20 ml de esta solución --aforándose cada uno a 100 ml. Esta solución se utilizó para la calibración del fotocolorímetro. Se eligió el filtro verde para usarse en el colorímetro, dado que éste dió una mayor res--puesta (absorbancia) con los estándares. Se utilizaron dos celdas, las cuales se calibraron con agua pura.

Se midió la absorbancia de los estándares en el co

lorímetro, lavando la celda en cada lectura y checando el cero (calibración); se comprobó con ésto la linealidad entre la absorbancia y la concentración.

Se llenaron los tanques hasta su nivel de operación. Se inició la agitación en cada uno. Se midieron en una probeta 12 y 20 ml de solución de trazador para los tanques No. 1 y No. 2 respectivamente. La solución se colocó en la jeringa y se agregó a su respectivo tanque. En cada caso, la solución se agitó de 1.5 a 2 hrs. se tomaron varias muestras, se les tomó absorbancia y se hizo un promedio.

Se llenó cada tanque hasta su nivel de operación se agitó y marcó el nivel del líquido con agitación, abriendo después las llaves de entrada y salida de cada uno de los tanques.

Para mantener el estado estacionario se fijó la abertura de la llave de paso a la salida de cada tanque, variando ésta a la entrada, hasta conseguirlo. Se anotó la lectura del medidor de flujo (diferencia de alturas que significaban una diferencia de presión) y utilizando la ecuación de calibración (ver apéndice V) se conoció el gasto en cada tanque. Una vez mantenido el estado estacionario, se midió la cantidad de trazador, siendo 12 ml para el tanque No. 1 y 20 ml para el No. 2, se llenaba la jeringa y se prepararon los -

tubos de ensayo, previamente lavados y secos.

Se introdujo la aguja con la jeringa en la man-
guera antes de la entrada de cada tanque, se inició la repro-
ducción de la grabación introduciendo al tiempo cero el traza-
dor al sistema, en la forma más rápida posible, tratando de -
que la inyección fuera instantánea.

Se tomaron ochenta muestras, distribuidas en --
los siguientes intervalos de tiempo:

No de muestra	Intervalo
1-12	5 s
13-24	10 s
25-42	20 s
43-52	30 s
53-65	1 min
66-74	2 min
75-80	5 min

Con esto el tiempo de duración de cada corrida
experimental fue de 75 min.

Se midió la absorbancia de las muestras (80) -
en el colorímetro.

Se hicieron dos réplicas de cada corrida y se ob
tuvo un promedio de las lecturas.

CONDICIONES DE OPERACION

PARAMETROS CONSTANTES:

Tanques	1	2
V (litros)	15.81	31.77
v (litros/min)	1.221	1.222
Concentración		
Promedio	55	55
(absorbancia)		
h (unidades arbi		
trarias)	18.4	4.1
velocidad de agi		
tación (r.p.m.)	324	404

PARAMETRO VARIABLE:

Posición del agitador (ver capítulo II).

El nivel de cada tanque con agitación cambió --
(de acuerdo con el medidor de nivel) de la siguiente forma:

CORRIDA	TANQUE	NIVEL (con agita-- ción) (en cm)
1	1	31.7
2	1	31.9
3	1	31.9
4	2	34.6
5	2	35.5
6	2	35.5

A P E N D I C E I I I

APENDICE III

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para funciones de -
distribución (bondad de ajuste) (6.9)

Esta prueba se utiliza para probar la hipótesis de que cierta función $F(x)$ es la función de distribución de -
frecuencias acumuladas de una población cuya variable es conti-
nua. En esta prueba la hipótesis nula es que $\bar{F}(x)$ y la hipóte-
sis alternativa que $\bar{F}(x) \neq F(x)$ -

Para rechazar o no la hipótesis nula, se tiene -
que conocer que tanto pueden variar $\bar{F}(x)$ aunque la hipótesis-
nula sea cierta (esta variación se supone debida a errores al-
azar)

Se busca una medida de desviación de $\bar{F}(x)$ res-
pecto a $F(x)$ para esto se tiene que conocer la distribución -
de probabilidades de la desviación, suponiendo que la hipóte-
sis nula es cierta.

Se determina un número D . tal que si aparece una
desviación mayor que D se rechaza la hipótesis nula, y si la -
desviación es menor que D no se rechaza, por lo tanto $\bar{F}(x)$ se
supone igual a $F(x)$, mientras no se demuestra lo contrario.

$\bar{F}(x)$ es una función escalonada (función constante por partes), A es la diferencia en el punto de discontinuidad entre $\bar{F}(x)$ y $F(x)$. En cada punto se calculan dos números $A^{\circ} 1$ y $A^{\circ} 2$, el más grande de todos es el que se compara con el valor D obtenido de las tablas ().

En nuestro caso la $F(x)$ es Edt para el modelo teórico y $F(x)$ es la obtenida experimentalmente, $F(x) =$ (EAT) promedio experimental, para el modelo experimental.

Pasos que se siguieron:

- 1.- Calcular los valores de $F(x)$ de $t = t \dots t_n$
- 2.- Calcular los valores de $\bar{F}(x)$.
- 3.- Determinar las desviaciones $A^{\circ} 1$ y $A^{\circ} 2$
 $A^{\circ} 1 = \bar{F}(t) - F(t-1)$; $A^{\circ} 2 = \bar{F}(t) - F(t)$
- 4.- Determinar la desviación máxima:
 $A^{\circ} \max \bar{F}(x) - F(x)$
- 5.- Escoger el nivel de significancia
- 6.- Determinar el valor máximo permisible D , para el tamaño de muestra, y el nivel de significancia escogido.
- 7.- Comparar $A^{\circ} \max$ con D para rechazar o no la hipótesis nula.

Estas pruebas se utilizan también para comparar dos distribuciones experimentales; las dos poblaciones deben -

ser continuas, pero se han tomado intervalos para generar distribuciones escalonadas, así que se hace la comparación con - las dos distribuciones, sin que por ello pierdan su caracte-- rística de continuidad, a esta prueba se le conoce como prue- ba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov simplemente prueba de --- Smirnov.

Se sigue el mismo procedimiento anterior, varia sólo en que se calcula un solo valor de A^0 que corresponde a A^2 y que representa la desviación entre ambas funciones esca lonadas.

Se usó un valor de $N = 160$, ya que en los valo- res a comparar, se toman los promedios de 2 réplicas con 80 - valores, donde n y $m = 80$.

En el ápendice IV se dá un ejemplo de los cálcu los realizados y el tratamiento estadístico para la corrida -
No. 3.

A P E N D I C E I V

APENDICE IV

EJEMPLO DE LOS CALCULOS REALIZADOS Y TRATAMIENTO ESTADISTICO.

SIMBOLOGIA:

- N : número progresivo de la muestra
- TETA : medida adimensional, $\theta = t/\tau$
- L1 : lectura de absorbancia de la réplica No 1
- L2 : lectura de absorbancia de la réplica No 2
- LP : lectura de absorbancia promedio de las dos réplicas
- ET-1 : Ee de la réplica No 1, concentración 1/concentración promedio
- Et-2 : Ee de la réplica No 2, concentración 2/concentración promedio
- ET-P : Ee promedio de las dos réplicas
- EDT1 : EAT de la réplica No. 1
- EDT2 : EAT de la réplica No. 2
- EDTP : EAT promedio de las dos réplicas
- EDTA2 : EAT acumulado de la réplica No. 2
- EDTAP : acumulado de las dos réplicas, F (x)
- E°1 : diferencia entre EDTA2 y EDTAP para prueba estadística (A°2)
- ET-T : Eo teórico del modelo de mezcla completa
- EDTT : EAT del modelo teórico de mezcla completa
- EDTAT : EAT acumulado teórico del modelo de mezcla completa
- EDTAP : EAT acumulado promedio de las dos réplicas F(x)
- A°1 : Desviación para la prueba estadística, F(t) - F(t-1)

$A^{\circ 2}$: Desviación para la prueba estadística, $F(t) - F(t)$

En la tabla IV-1 se muestran los valores de las -
frecuencias para las dos réplicas de la corrida No. 3.

Todos estos datos se calcularon a través de un --
programa en lenguaje Fortran en un sistema VAX/UMS.

TABLA IV-1

EJEMPLO DE CALCULOS, CORRIDA N=1.3 Y TRATAMIENTO ESTADISTICO

Calculo de F(x), distribución de frecuencia experimental

N	TETA	L1	L2	LP	ET-1	ET-2	ET-P	EDT1	EDT2	EDTP
1.	0.0064	7.0	10.0	5.6	0.0927	0.1473	0.1200	0.0095	0.0009	0.0000
2.	0.0127	67.0	67.0	62.6	1.0927	1.1356	1.1302	0.0070	0.0076	0.0073
3.	0.0190	59.0	60.0	59.1	1.0982	1.1109	1.0745	0.0067	0.0071	0.0069
4.	0.0253	55.0	55.0	53.3	0.9709	0.9650	0.9602	0.0062	0.0062	0.0062
5.	0.0316	51.0	51.0	51.1	0.9473	0.9473	0.9473	0.0061	0.0061	0.0061
6.	0.0380	52.7	54.0	51.5	0.9236	0.9473	0.9355	0.0059	0.0051	0.0060
7.	0.0443	50.0	55.0	51.1	0.9291	0.9291	0.9291	0.0060	0.0060	0.0060
8.	0.0507	52.0	52.0	50.6	0.9109	0.9291	0.9200	0.0059	0.0060	0.0059
9.	0.0570	50.0	52.0	49.2	0.8745	0.9140	0.9140	0.0058	0.0059	0.0058
10.	0.0634	51.0	51.0	49.3	0.8927	0.9018	0.8973	0.0057	0.0058	0.0058
11.	0.0697	50.0	51.0	49.1	0.8991	0.8964	0.8907	0.0057	0.0058	0.0057
12.	0.0761	48.0	51.0	49.0	0.8769	0.9091	0.9000	0.0055	0.0058	0.0057
13.	0.0824	47.9	50.0	48.5	0.8727	0.8907	0.8818	0.0055	0.0055	0.0055
14.	0.0888	48.5	50.0	48.2	0.8551	0.8907	0.8762	0.0052	0.0055	0.0055
15.	0.0951	47.0	48.0	47.1	0.8554	0.8564	0.8561	0.0050	0.0050	0.0050
16.	0.1015	48.0	48.0	46.6	0.8423	0.8423	0.8423	0.0050	0.0050	0.0050
17.	0.1078	47.0	48.0	46.3	0.8202	0.8423	0.8327	0.0050	0.0050	0.0050
18.	0.1142	47.0	47.0	46.1	0.8360	0.8360	0.8360	0.0050	0.0050	0.0050
19.	0.1205	47.0	47.0	45.5	0.8200	0.8345	0.8273	0.0050	0.0050	0.0050
20.	0.1269	47.0	48.0	47.6	0.8200	0.8200	0.8200	0.0050	0.0050	0.0050
21.	0.1332	46.0	47.0	46.9	0.8018	0.8009	0.8164	0.0050	0.0050	0.0050
22.	0.1396	46.0	46.0	44.3	0.8018	0.8000	0.8000	0.0050	0.0050	0.0050
23.	0.1459	45.0	46.0	44.3	0.8000	0.7864	0.7864	0.0050	0.0050	0.0050
24.	0.1523	45.0	46.0	43.8	0.7826	0.7826	0.7791	0.0050	0.0050	0.0050
25.	0.1586	43.0	44.0	43.8	0.7600	0.7600	0.7591	0.0050	0.0050	0.0050
26.	0.1650	43.0	43.0	40.6	0.7473	0.7473	0.7302	0.0050	0.0050	0.0050
27.	0.1713	41.0	41.0	39.1	0.7409	0.7409	0.7409	0.0050	0.0050	0.0050
28.	0.1777	40.0	40.0	38.5	0.6927	0.7091	0.7007	0.0050	0.0050	0.0050
29.	0.1840	40.0	39.0	37.7	0.6927	0.6760	0.6815	0.0050	0.0050	0.0050
30.	0.1904	39.0	39.0	37.1	0.6764	0.6764	0.6700	0.0050	0.0050	0.0050
31.	0.1967	38.0	38.0	36.5	0.6631	0.6631	0.6537	0.0050	0.0050	0.0050
32.	0.2031	38.0	38.0	34.6	0.6545	0.6545	0.6500	0.0050	0.0050	0.0050
33.	0.2094	36.0	36.0	34.6	0.6545	0.6545	0.6291	0.0050	0.0050	0.0050
34.	0.2158	35.0	35.0	33.5	0.6218	0.6218	0.6291	0.0050	0.0050	0.0050
35.	0.2221	34.0	34.0	31.7	0.5873	0.6000	0.5936	0.0050	0.0050	0.0050
36.	0.2285	33.0	33.0	31.6	0.5740	0.5740	0.5700	0.0050	0.0050	0.0050
37.	0.2348	33.0	33.0	29.8	0.5509	0.5509	0.5409	0.0050	0.0050	0.0050
38.	0.2412	31.0	31.0	29.9	0.5400	0.5473	0.5436	0.0050	0.0050	0.0050
39.	0.2475	29.0	31.0	29.1	0.5206	0.5207	0.5202	0.0050	0.0050	0.0050
40.	0.2539	29.0	30.0	28.8	0.5210	0.5200	0.5206	0.0050	0.0050	0.0050

TABLA IV-1 (Continuación)

	FEA	LI	LA	LP	EL-1	EL-2	EL-P	EM1	EDT2	ESIP									
1	0.2071	27	6	13	0	21	3	0	0036	0	0055	0	0145	0	0130	0	0135	0	0137
2	0.2048	28	6	10	6	27	4	0	0745	0	0011	0	0032	0	0127	0	0134	0	0130
3	0.2055	29	9	02	6	26	5	0	0745	0	0017	0	0034	0	0123	0	0130	0	0137
4	0.2021	27	6	07	0	29	3	0	0618	0	0003	0	0021	0	0129	0	0136	0	0137
5	0.0127	27	0	15	4	24	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0126	0	0132	0	0134
6	0.0000	26	1	05	7	24	2	0	0000	0	0000	0	0001	0	0122	0	0137	0	0130
7	0.0000	25	0	15	0	23	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0122	0	0134	0	0130
8	0.0000	25	0	20	0	23	1	0	0000	0	0000	0	0000	0	0120	0	0132	0	0130
9	0.0000	24	0	20	0	22	3	0	0001	0	0000	0	0000	0	0120	0	0132	0	0136
10	0.0000	23	0	24	0	21	6	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0130
11	0.0000	22	0	11	0	19	9	0	0000	0	0000	0	0000	0	0135	0	0134	0	0130
12	0.0000	22	0	10	8	19	5	0	0000	0	0000	0	0000	0	0131	0	0132	0	0137
13	0.0001	21	0	20	0	18	6	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0134	0	0137
14	0.0000	18	0	19	4	17	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0136	0	0134
15	0.0000	17	0	14	0	16	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0136	0	0137
16	0.0000	16	0	17	0	15	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0135
17	0.0000	15	0	15	9	14	6	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0136	0	0134
18	0.0000	14	0	14	9	14	1	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0137
19	0.0000	13	0	11	3	13	9	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0136	0	0130
20	0.0000	12	0	12	6	10	5	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0136	0	0137
21	0.0000	12	0	11	9	9	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0133	0	0137
22	0.0000	11	0	11	0	9	5	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0133	0	0133
23	0.0000	11	0	10	4	9	1	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0137
24	0.0000	11	0	11	3	8	7	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0130
25	0.0000	9	0	10	0	6	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0135
26	0.0000	8	0	10	0	7	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0133
27	0.0000	8	0	10	0	7	0	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0137	0	0133
28	0.0000	8	1	8	1	6	7	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0133
29	0.0000	8	1	8	1	6	7	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0133
30	0.0000	7	0	8	0	5	9	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0133
31	0.0000	7	0	8	0	5	9	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0133
32	0.0000	6	0	7	0	6	7	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0133
33	0.0000	6	0	7	0	6	7	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0135	0	0133
34	0.0000	5	0	5	9	4	2	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0132	0	0139
35	0.0000	5	0	5	9	4	2	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0132	0	0139
36	0.0000	5	0	5	9	4	2	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0132	0	0139
37	0.0000	4	0	4	2	2	8	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
38	0.0000	4	0	4	2	2	8	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
39	0.0000	4	0	4	2	2	8	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
40	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
41	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
42	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
43	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
44	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
45	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
46	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
47	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
48	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
49	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130
50	0.0000	3	0	3	0	3	3	0	0000	0	0000	0	0000	0	0130	0	0131	0	0130

TABLA IV-2

CALCULO DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS FRECUENCIAS ACUMULADAS
EXPERIMENTALES ($\bar{F}(x)$), y del modelo teórico de Mezcla Completa $F(x)$

N	EDTAP	EDTAP	B1	ET-T	EDTT	EDIAT	EDTAP	A1	A2
1.	0.0000	0.0000	-0.0000	0.9999	0.0064	0.0064	0.0000	0.0004	0.0055
2.	0.0036	0.0081	-0.0005	0.9872	0.0064	0.0127	0.0064	-0.0017	0.0046
3.	0.0157	0.0150	-0.0007	0.9807	0.0083	0.0191	0.0150	-0.0023	0.0040
4.	0.0219	0.0212	-0.0007	0.9745	0.0083	0.0253	0.0212	-0.0022	0.0041
5.	0.0250	0.0273	-0.0027	0.9683	0.0040	0.0315	0.0273	-0.0020	0.0042
6.	0.0341	0.0334	-0.0007	0.9621	0.0060	0.0377	0.0334	-0.0019	0.0044
7.	0.0401	0.0393	-0.0008	0.9560	0.0062	0.0439	0.0393	-0.0016	0.0046
8.	0.0461	0.0452	-0.0008	0.9498	0.0061	0.0500	0.0452	-0.0014	0.0043
9.	0.0520	0.0510	-0.0009	0.9437	0.0061	0.0561	0.0510	-0.0010	0.0051
10.	0.0578	0.0568	-0.0010	0.9377	0.0060	0.0621	0.0568	-0.0007	0.0053
11.	0.0633	0.0623	-0.0010	0.9317	0.0062	0.0681	0.0623	-0.0004	0.0056
12.	0.0694	0.0682	-0.0011	0.9257	0.0060	0.0741	0.0682	-0.0001	0.0058
13.	0.0709	0.0796	-0.0012	0.9199	0.0118	0.0800	0.0796	-0.0053	0.0052
14.	0.0723	0.0759	-0.0014	0.9132	0.0116	0.0874	0.0759	-0.0051	0.0055
15.	0.1023	0.1019	-0.0014	0.9066	0.0113	0.1029	0.1019	-0.0045	0.0070
16.	0.1142	0.1129	-0.0014	0.8993	0.0112	0.1202	0.1129	-0.0039	0.0074
17.	0.1291	0.1237	-0.0015	0.8920	0.0112	0.1314	0.1237	-0.0035	0.0077
18.	0.1359	0.1334	-0.0015	0.8859	0.0110	0.1404	0.1334	-0.0031	0.0080
19.	0.1464	0.1391	-0.0016	0.8790	0.0107	0.1500	0.1391	-0.0037	0.0082
20.	0.1574	0.1306	-0.0017	0.8721	0.0107	0.1610	0.1306	-0.0035	0.0083
21.	0.1621	0.1667	-0.0019	0.8649	0.0105	0.1745	0.1667	-0.0022	0.0084
22.	0.1753	0.1746	-0.0019	0.8589	0.0105	0.1851	0.1746	-0.0020	0.0085
23.	0.1802	0.1863	-0.0017	0.8528	0.0103	0.1955	0.1863	-0.0014	0.0087
24.	0.1902	0.1943	-0.0016	0.8468	0.0102	0.2057	0.1943	-0.0011	0.0091
25.	0.2137	0.2159	-0.0019	0.8391	0.0199	0.2256	0.2159	-0.0107	0.0092
26.	0.2270	0.2253	-0.0016	0.8324	0.0194	0.2409	0.2253	-0.0098	0.0095
27.	0.2529	0.2336	-0.0016	0.8243	0.0189	0.2637	0.2336	-0.0097	0.0102
28.	0.2719	0.2717	-0.0019	0.8158	0.0184	0.2829	0.2717	-0.0076	0.0106
29.	0.2810	0.2893	-0.0017	0.8075	0.0179	0.3002	0.2893	-0.0070	0.0109
30.	0.2873	0.2857	-0.0016	0.7997	0.0175	0.3177	0.2857	-0.0055	0.0110
31.	0.2882	0.2837	-0.0015	0.7928	0.0170	0.3348	0.2837	-0.0050	0.0110
32.	0.3412	0.3400	-0.0014	0.7856	0.0166	0.3514	0.3400	-0.0052	0.0114
33.	0.3577	0.3562	-0.0015	0.7782	0.0162	0.3676	0.3562	-0.0048	0.0114
34.	0.3720	0.3718	-0.0013	0.7722	0.0158	0.3834	0.3718	-0.0043	0.0115
35.	0.3835	0.3841	-0.0013	0.7677	0.0154	0.3987	0.3841	-0.0037	0.0116
36.	0.4030	0.4017	-0.0014	0.7629	0.0150	0.4137	0.4017	-0.0032	0.0118
37.	0.4184	0.4158	-0.0005	0.7577	0.0146	0.4283	0.4158	-0.0021	0.0125
38.	0.4305	0.4298	-0.0007	0.7533	0.0143	0.4426	0.4298	-0.0015	0.0127
39.	0.4442	0.4434	-0.0008	0.7492	0.0139	0.4569	0.4434	-0.0008	0.0130
40.	0.4578	0.4569	-0.0009	0.7455	0.0135	0.4700	0.4569	-0.0004	0.0131

TABLA IV-2 (Continuación)

N.	EDTAE	EDTAP	B1	CE-T	LETT	FDIAT	EDTAP	A1	A2
41	0.4713	0.4701	-0.0011	0.5122	0.5132	0.4832	0.4701	-0.0002	0.0130
42	0.4847	0.4836	-0.0017	0.4571	0.4129	0.4760	0.4830	0.0002	0.0130
43	0.5037	0.5016	-0.0021	0.4902	0.5105	0.5145	0.5016	-0.0036	0.0129
44	0.5212	0.5184	-0.0028	0.4371	0.5170	0.5024	0.5174	-0.0048	0.0130
45	0.5384	0.5355	-0.0029	0.4444	0.5172	0.5495	0.5340	-0.0044	0.0126
46	0.5552	0.5522	-0.0030	0.4377	0.5155	0.5541	0.5527	-0.0025	0.0133
47	0.5712	0.5682	-0.0030	0.4115	0.5157	0.5919	0.5700	-0.0040	0.0119
48	0.5870	0.5838	-0.0032	0.4115	0.5151	0.5772	0.5842	-0.0043	0.0110
49	0.6011	0.6019	-0.0008	0.5009	0.5147	0.6119	0.6019	-0.0036	0.0101
50	0.6174	0.6170	-0.0004	0.5005	0.5141	0.6261	0.6170	-0.0051	0.0051
51	0.6330	0.6319	-0.0010	0.5008	0.5136	0.6397	0.6310	-0.0049	0.0087
52	0.6483	0.6487	-0.0014	0.5093	0.5131	0.6529	0.6487	-0.0050	0.0091
53	0.6617	0.6608	-0.0009	0.5141	0.5142	0.6730	0.6608	-0.0100	0.0043
54	0.6771	0.6751	-0.0019	0.5067	0.5291	0.6995	0.6751	-0.0120	0.0044
55	0.6912	0.6907	-0.0005	0.5091	0.5286	0.7117	0.6907	-0.0192	0.0015
56	0.7061	0.7097	-0.0062	0.5141	0.5143	0.7295	0.7097	-0.0194	-0.0002
57	0.7211	0.7201	-0.0010	0.5206	0.5170	0.7573	0.7201	-0.0206	-0.0020
58	0.7352	0.7359	-0.0023	0.5205	0.5155	0.7730	0.7359	-0.0226	-0.0061
59	0.7499	0.7474	-0.0024	0.5175	0.5153	0.7891	0.7474	-0.0236	-0.0084
60	0.7648	0.7626	-0.0022	0.5299	0.5141	0.8032	0.7626	-0.0206	-0.0095
61	0.8202	0.8174	-0.0028	0.5294	0.5131	0.8162	0.8174	-0.0242	-0.0111
62	0.8342	0.8313	-0.0029	0.5262	0.5121	0.8294	0.8313	-0.0250	-0.0129
63	0.8484	0.8446	-0.0024	0.5211	0.5112	0.8393	0.8446	-0.0263	-0.0151
64	0.8629	0.8573	-0.0056	0.5243	0.5104	0.8497	0.8573	-0.0279	-0.0174
65	0.8783	0.8703	-0.0080	0.5244	0.5096	0.8595	0.8703	-0.0304	-0.0200
66	0.9071	0.9030	-0.0043	0.5066	0.5165	0.8760	0.9030	-0.0432	-0.0268
67	0.9280	0.9230	-0.0069	0.5012	0.5131	0.8901	0.9230	-0.0470	-0.0329
68	0.9501	0.9448	-0.0053	0.5062	0.5121	0.9032	0.9448	-0.0517	-0.0396
69	0.9722	0.9654	-0.0068	0.5071	0.5104	0.9175	0.9654	-0.0562	-0.0459
70	0.9915	0.9724	-0.0091	0.5075	0.5099	0.9214	0.9724	-0.0599	-0.0510
71	0.9930	0.9849	-0.0081	0.5072	0.5074	0.9270	0.9849	-0.0635	-0.0559
72	1.0040	0.9947	-0.0078	0.5042	0.5065	0.9355	0.9947	-0.0677	-0.0612
73	1.0155	1.0076	-0.0078	0.5043	0.5055	0.9411	1.0076	-0.0721	-0.0659
74	1.0256	1.0176	-0.0060	0.5010	0.5048	0.9459	1.0176	-0.0765	-0.0717
75	1.0362	1.0257	-0.0082	0.5011	0.5031	0.9540	1.0257	-0.0806	-0.0857
76	1.0463	1.0353	-0.0060	0.5143	0.5055	0.9595	1.0353	-0.1043	-0.0908
77	1.0574	1.0751	-0.0073	0.5077	0.5000	0.9632	1.0751	-0.1156	-0.1119
78	1.0634	1.0751	-0.0073	0.5055	0.5005	0.9652	1.0751	-0.1119	-0.1093
79	1.0634	1.0751	-0.0073	0.5045	0.5017	0.9676	1.0751	-0.1093	-0.1074
80	1.0634	1.0751	-0.0073	0.5021	0.5012	0.9688	1.0751	-0.1076	-0.1064

A P E N D I C E V

APENDICE V

CALIBRACION DE LOS MEDIDORES DE FLUJO (5)

La calibración consiste en relacionar la diferencia de presión en el medidor de flujo (medidos de orificio tipo--tobera), con el caudal de líquido fluyendo.

Al obtener esa relación, bastará con leer la diferencia de presión (diferencia de altura) y sustituir ésta en la siguiente expresión:

$$Q = a \Delta h^b \quad (V-1)$$

Q = caudal del fluido (l/min)

h = diferencia de presión (unidades arbitrarias)

a, b = constantes de orificio, para conocer el flujo por unidades de tiempo

si aplicación logaritmos a la ecuación anterior--tendremos:

$$\log Q = \log a + b \log \Delta h \quad (v2)$$

donde a y b se determinan a partir de una gráfica.

El procedimiento que se siguió para la calibra--

ción fue el siguiente: se abre la válvula para permitir el paso de agua, originándose una diferencia de presión (diferencia de alturas) entre las columnas de CCl_4 , se anotó esta diferencia - Se hace, además, una medición del líquido colectado en un tiempo fijo, para calcular el caudal correspondiente, obteniéndose así una lista de datos de caudal y de diferencia de presión. Esta operación se repite varias veces variando el flujo. Se grafican éstos datos y se determinan las constantes.

Se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Medidor 1 : } Q = 0.5836632 (\Delta h)^{0.52636032}$$

$$\text{Medidor 2 : } Q = 0.2669033 (\Delta h)^{0.5220066}$$

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

copi•offset express

TEJAS • MEMORIAS • INFORMES
AV. MEXICO No. 2210
Casi Escuela Con America
Tel. 15-19-68

GUADALAJARA JALISCO
COPIAS • TESIS
TRANSCRIPCIONES
HELIOGRAFICAS
ENCUADERNACION
ENCARGOLADOS
REDUCCIONES
ENMICADOS
IMPRESIONES DE:
FORMAS INTERNAS
FACTURAS, VOLANTES
PAGADOS DE TESIS
EN MAQUINA IBM



USAMOS EQUIPOS XEROX Y OFFSET

• Reprografía • Copiografía • Reducción
• Encuadernación • Encargolados • Enmicados

HELIOGRAFICAS

• COPIAS DONDE
• PAPERLETRA PARA SU EMPRESA
• REDUCCIONES
• AMPLIFICACIONES