

370118

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



**TESIS CON
FALLA DE ORDEN**

" INFLUENCIA DE LA EXCENTRICIDAD DEL AGITADOR EN
LA DISTRIBUCION DE TIEMPOS DE RESIDENCIA EN UN
REACTOR DE MEZCLA COMPLETA. PARTE 4: ANGULO DE
90° ENTRE LA BOCA DE ENTRADA Y SALIDA."

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A
GERARDO FRAUSTO CHAGOYA**

ASESOR: I.Q. MA. DEL CONSUELO LOPEZ LIMON.

GUADALAJARA, JAL.

1989



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

INTRODUCCIÓN	2
NOMENCLATURA	4
CAPÍTULO I: Teoría.	6
CAPÍTULO II: Parte Experimental.	17
CAPÍTULO III: Resultados Obtenidos.	25
CAPÍTULO IV: Discusión de los Resultados.	49
RESUMEN	58
CONCLUSIONES.	61
APÉNDICE I: Rutina de Cálculo.	62
APÉNDICE II: Métodos Estadísticos.	65
APÉNDICE III: Tablas de Datos.	75
BIBLIOGRAFÍA.	94

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio es el de conocer la influencia que tiene la excentricidad del agitador y la localización de las boquillas de entrada-salida, sobre la distribución de tiempos de residencia de un reactor de mezcla completa.

El análisis se lleva a cabo comparando las curvas de tiempos de residencia que se obtienen del reactor experimental, al cual previamente se le ha introducido un trazador o material inerte que nos dará la información, con la curva de tiempos de residencia del modelo teórico de mezcla completa.

Para este trabajo, el agitador se colocó a la mitad del nivel de operación del líquido; usando dos combinaciones de entrada-salida, distantes entre sí en un ángulo de 90°. En cada una de ellas, el agitador tuvo cinco diferentes posiciones, haciendo un total de diez pruebas por duplicado, de las cuales, en dos, el agitador estuvo en la posición del centro y, en las ocho restantes tuvo una excentricidad igual, del borde al centro del reactor experimental.

Se obtuvieron diez curvas de distribución de tiempos de residencia que se compararon estadísticamente con la curva del modelo teórico del reactor de mezcla completa, para determinar si había diferencia significativa entre ellas, y teniendo este conocimiento, saber la influencia de la excentricidad.

tricidad del agitador y la localización de las boquillas -- de entrada-salida en la distribución de tiempos de residencia, en el reactor experimental empleado.

NOMENCLATURA

C, C(t)	: Concentración del trazador en el tiempo t, absorbancia.
C ₀	: Concentración de fluido en la corriente de entrada.
Abs Prom	: Lectura promedio de las dos réplicas, en absorbancia.
D _{exp}	: Diferencia entre Fe teo y Fe exp.
Fe teo	: Función de distribución acumulada teórica.
Fe exp	: Función de distribución acumulada experimental.
Ee teo	: Distribución de tiempos de residencia teórica, basada en el parámetro adimensional θ .
Ee exp	: Distribución de tiempos de residencia experimental, basada en el parámetro adimensional θ .
Teta (θ)	: Medida adimensional del tiempo, $\theta = \frac{t}{\tau}$
τ	: Tiempo espacial, $\tau = \frac{V}{Q}$, min.
t	: Tiempo en minutos.
Q	: Caudal del fluido en litros/min.
V	: Volumen de operación del reactor en litros.
D _{max}	: Desviación máxima entre la Fe teo y la Fe exp.
D _{tablas}	: Valor máximo permisible para la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov.
Δt , dt	: Incremento de tiempo, min.
	: Nivel de significancia para la prueba estadística.
M, m' _A	: Cantidad (moles) de trazador contenidos en la inyección, en gramos.

- P(t) : Función de probabilidad de residencia de una --
partícula de trazador en el reactor, en el in--
tervalo t a $t + dt$.
- U : Número de sucesiones o rachas en la prueba esta--
dística de Wald-Wolfowitz.
: Nivel de significancia para cada prueba estadís--
tica.
- E(t) : Función de distribución de tiempos de residen--
cia basada en el tiempo.
- F(t) : Función de distribución acumulada en función --
del tiempo.
- J(t) : Función de distribución a la salida del reactor
en tiempos mayores a t .
- RPM : Revoluciones por minuto.
- min : Minutos.
- lt : Litros.
- UV : Ultravioleta.
- ml : Mililitros.
- n_1, n_2 : Número de diferencias positivas o negativas, res--
pectivamente prueba de Wald-Wolfowitz.

CAPÍTULO I

TEORÍA

FUNCIONES QUE DEFINEN EL TIPO DE FLUJO EN UN REACTOR
Y MÉTODOS DE DETERMINARLAS

Las bases que caracterizan y asocian el tipo de flujo en el reactor y el fenómeno de mezclado, son la determinación de una de las tres funciones de tiempo de residencia - definidas para un reactor.

a) La probabilidad de frecuencia de las funciones, $E(t)$, define la fracción de volumen, en la corriente de salida, de los elementos del fluido, con un tiempo de residencia en el reactor, entre el intervalo t y $t+\Delta t$.

b) La distribución de probabilidad $F(t)$, la cual es evaluada en el tiempo t , da la fracción de volumen, en la corriente de salida, de los elementos del fluido como una función de los tiempos de residencia en el reactor, acumulada en el intervalo de 0 a t .

c) Las funciones $J(t)$ definen la fracción volumétrica, en la corriente de salida, de los elementos del fluido como una función del tiempo de residencia del reactor, en tiempos mayores al tiempo t .

Las siguientes ecuaciones se obtuvieron para las funciones antes mencionadas:

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

$$F(t) = \int_0^t E(t) dt \quad (1-2)$$

$$J(t) = 1 - F(t) \quad (1-3)$$

Si se introduce en estas funciones un valor adimensional del tiempo, $\theta = t/\tau$, donde τ es el tiempo espacial del reactor, se obtienen las ecuaciones:

$$E(\theta) = \tau E(t) \quad (1-4)$$

$$F(\theta) = F(t) \quad (1-5)$$

$$J(\theta) = J(t) \quad (1-6)$$

La técnica experimental usa métodos del tipo estímulo-respuesta para la determinación de estas funciones, en donde el método de estímulo generalmente sirve para determinar la función $E(\theta)$, mientras que el método de cambios discretos de concentración, es para determinar las funciones $F(\theta)$ ó $J(\theta)$.

En el primero de los métodos antes mencionados, el impulso o estímulo debe de ser una sustancia seleccionada --- adecuadamente (por lo general un electrolito o una solución inactiva), con una cantidad de moles de A, la cual es inyectada en un tiempo infinitesimalmente pequeño en la corriente de entrada al reactor de volumen V. Recordando que el --- cambio de concentración de esta sustancia, en la salida, --- depende del tiempo y permite la determinación de la función de distribución de tiempos de residencia, en la cual, la --- concentración es función del tiempo y es anotada $C(t)$ y archivada; $F(\theta)$ está descrita por la ecuación:

$$E(\theta) = \frac{C(t) V}{m'_A} \quad (1-7)$$

donde m'_A es la cantidad de trazador contenidos en la inyección, en gramos.

El método de cambio discreto de concentración en la -- entrada del reactor, desde el valor C_0 hasta el valor $C_0^>C_0^-$ hace posible, con anotaciones de los cambios de concentra-- ción $C(t)$ en la salida, la determinación de la función $F(\theta)$, de acuerdo con la ecuación:

$$F(\theta) = \frac{C(t) - C_0^-}{C_0^+ - C_0^-} \quad (1-8)$$

Conociendo las funciones $F(\theta)$ y $F(\theta)$ se hace posible - la asignación de un modelo teórico, limitado a el fenómeno de flujo que existe en el reactor y que es investigado.

En el presente estudio se utilizó el método de estímulo, siendo este estímulo una inyección de una solución inag-- tiva (o trazador) en la corriente de fluido que entra al reactor, en el tiempo $t=0$, siendo ésta una señal instantá-- nea. La respuesta que se obtiene, es la medida de la concen-- tración del trazador en la corriente de fluido que sale del reactor.

Si se llama C a la concentración que se mide en el --- tiempo t , el número de partículas que salen entre los tiempos t y $t+dt$, es proporcional a $C(t)dt$; por lo que, el número total de partículas, para todos los tiempos, será $\int_0^{\infty} C(t)dt$, (conocido como el factor de normalización).

Entonces, la fracción de partículas que sale del reactor en el lapso de tiempo t y $t+dt$ será:

$$P(t) = \frac{C(t)dt}{\int_0^{\infty} C(t)dt} \quad (1-9)$$

Este valor corresponde a un número E , que representa la función de distribución del tiempo de residencia.

La concentración promedio (concentración normalizada) en la corriente de salida del reactor en el tiempo t , nos representa la esperanza matemática de que un elemento de trazador tenga ese tiempo de residencia en el reactor. A esta esperanza le llamamos E , que viene siendo la función de distribución de tiempos de residencia del fluido, por consiguiente tendremos:

$$\int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} E dt = 1 \quad (1-10)$$

aproximando a elementos finitos:

$$\sum E \Delta t = 1 \quad (1-11)$$

Ahora, si se mide el tiempo en función del tiempo espacial, nos dará un valor adimensional:

$$\theta = t/\tau \quad (1-12)$$

entonces se puede definir $E(\theta)$ de la siguiente forma:

$$\theta E(\theta) = t E(t) \quad (1-13)$$

dandonos finalmente:

$$E(\theta) = \tau E(t) \quad (1-14)$$

que es la ecuación del método de impulso o estímulo antes mencionado.

La normalización se efectuó inyectando un volumen de trazador, igual al usado en las corridas experimentales --- en el reactor, teniendo las mismas condiciones del estado estacionario, hecha la excepción de que no había entrada ni salida de fluido, y dejando a que se homogenizara; y se determinó la concentración, la cual corresponde a la integral de 0 a ∞ de la concentración en función del tiempo $\int_0^{\infty} C(t) dt$.

Ahora si definimos la concentración promedio (\bar{C}) como:

$$\bar{C} = \frac{M}{V} \quad (1-15)$$

y la cantidad de trazador contenido en la inyección, de la siguiente forma:

$$M = Q \int_0^{\infty} C(t) dt \quad (1-16)$$

y combinando con las ecuaciones (1-9), (1-12) y (1-13) tendremos:

$$K_e = \frac{C}{\bar{C}} \quad (1-17)$$

Cuando entra al reactor, una corriente de fluido que no contiene trazador; y se le impone una señal de trazador del tipo escalón, de concentración C_0 en la corriente de entrada de fluido, nos dará una curva midiendo la concentración de solución trazadora a la salida del reactor, en fun-

ción de su concentración de entrada (C/C_0) contra el tiempo adimensional θ ; a esta curva se le denomina curva F_θ la cual siempre es ascendente desde 0 hasta 1, como se muestra en la figura 1-1.

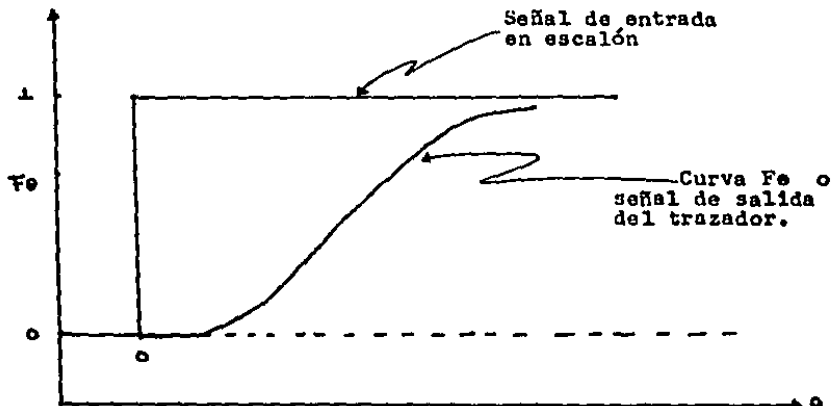


Fig. 1-1 Curva F_θ vs θ

Si se quiere relacionar E_θ con F_θ , tenemos que considerar un fluido blanco que circula, en estado estacionario, por un recipiente y en el tiempo $t = 0$, se introduce un fluido rojo en lugar del fluido blanco. Entonces, el aumento en la corriente de salida, de la concentración del fluido rojo, nos representa la curva F_θ . Para cualquier instante $t > 0$ el fluido rojo, en la corriente de salida, tiene una edad inferior a t (como se menciona en el segundo método).

Por consiguiente tenemos:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Fracción del fluido} \\ \text{rojo en la corriente} \\ \text{de salida} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Fracción de la co-} \\ \text{rriente de salida} \\ \text{con edad inferior} \\ \text{a } t \end{array} \right]$$

el término de la izquierda es simplemente el valor de F_e , mientras que el término de la derecha está dado por la ecuación:

$$\int_0^{\theta} E_e d\theta \quad (1-18)$$

en consecuencia tenemos que, para cualquier valor de θ :

$$F_e = \int_0^{\theta} E_e d\theta \quad (1-19)$$

Para el modelo teórico del reactor de mezcla completa se tiene:

$$E_e \text{ teo} = \exp(-\theta) \quad (1-20)$$

$$F_e \text{ teo} = \int_0^{\theta} \exp(-\theta) d\theta \quad (1-21)$$

$$F_e \text{ teo} = 1 - \exp(-\theta) \quad (1-22)$$

Ahora bien, si se obtiene el valor de E_e experimentamente, el valor acumulado $\sum_0^{\theta} E_e \Delta\theta$ puede considerarse -- aproximadamente, que es el valor de F_e .

INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE UN TRAZADOR

El fenómeno de mezclado tiene gran interés en los reactores actuales, y se puede partir de los dos modelos teóricos básicos: flujo de pistón y mezcla completa.

Cuando se trata de determinar la curva experimental, - de algún reactor, por medio de la técnica de trazadores; -- depende bastante del tipo de agitación y el mezclado que se lleve a cabo dentro del reactor que se utilice.

En base a esto e interpretando la información que nos provee el trazador, se puede concluir si ocurre alguno de - los siguientes fenómenos en el reactor en estudio:

- a) BY-PASSING (Circuito Corto).- Es el fenómeno que se presenta cuando la entrada al reactor y la salida están muy cerca. En la curva de E_e vs θ de la -- figura 1-2 , el primer pico indica la cantidad de - trazador que sale del reactor en un tiempo muy corto (de 0.1 a 0.2 del tiempo de residencia, aprox.) después que entró al sistema; esto es como conse--- cuencia del circuito corto.
- b) ESPACIOS O VOLÚMENES MUERTOS.- Según la construcción o geometría del reactor (cuadrado, fondo plano, -- mámparas, etc.), puede haber un estancamiento de -- fluido en ciertas zonas del mismo; el tiempo de per manencia aquí, es mucho mayor que en el resto del -

tanque (5 a 10 veces más). A estas zonas se les llama volúmenes o espacios muertos.

En la curva E_0 vs θ de la figura 1-3 se muestra como una señal se retrasa en el tiempo debido a la agitación. Cabe aclarar que el área bajo las dos curvas, la ideal y la del volumen muerto, es la misma.

Es necesario hacer este tipo de análisis de la información de un trazador, para construir o elegir un buen modelo de flujo.

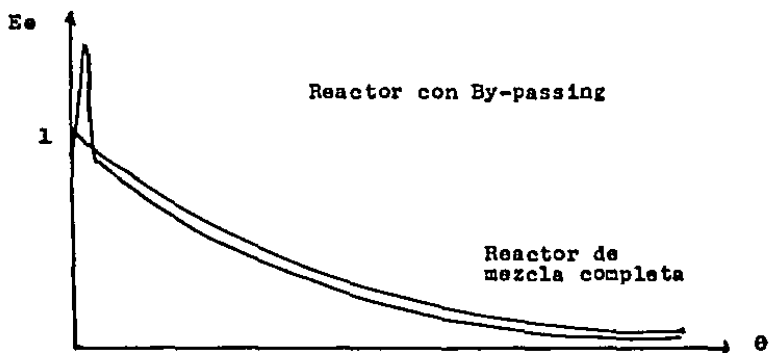


FIGURA 1-2. Curva de un reactor con By-passing.

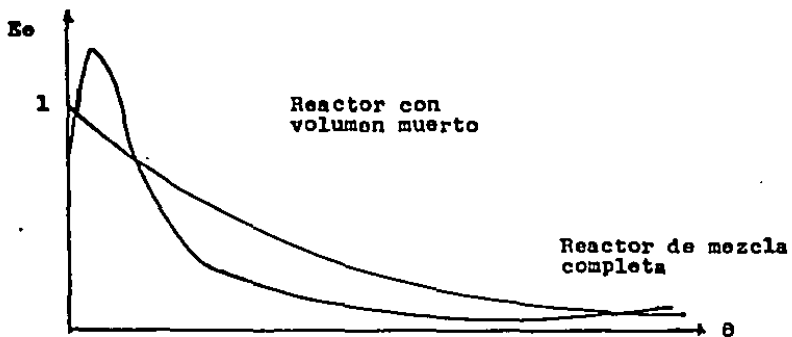


FIGURA 1-3. Curva de un reactor con volumen muerto.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS PARA UN TRAZADOR

- a) Deberá tener completa solubilidad y propiedades físicas similares a las del fluido que se usa.
- b) Tendrá que ser detectable en pequeñas concentraciones, de manera que al entrar al sistema no altere el flujo normal.
- c) La medición de su concentración debe de ser fácil y sencilla.
- d) Debe ser químicamente inerte en las condiciones a que se va a emplear.
- e) No debe sufrir absorción o adsorción sobre paredes o sólidos dentro del reactor.
- f) El estímulo no debe ser alterado, ni antes de entrar ni al salir del reactor.

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO

El tanque utilizado para este estudio fue de forma cilíndrica de lámina galvanizada de 0.125 cm de grosor. Tiene 42 cm de sección recta, el fondo es un casco semiesférico - de 2 cm de profundidad.

El reactor tiene 34.8 cm de diámetro y está provisto - de una boquilla de entrada (llamada entrada 2) situada a 29 cm del fondo del tanque y dista 90 grados circunferencialmente de las boquillas de salida, teniendo en cuenta que -- por las cuales pasaría una línea recta imaginaria y esta a su vez por el centro.

El reactor posee 7 boquillas de salida; numeradas, del 1 al 7, de arriba hacia abajo. De las cuales solo se trabajó con la 4 y la 7. La boquilla 4 dista 18 cm del fondo y - la número 7 dista 3 cm.

Todas estas boquillas utilizadas (entrada y salidas) - son de un diámetro interno de 7 mm y una longitud de 5.08 - cm.

Como en el estudio que realizamos es el de la influencia de la excentricidad del agitador en la Distribución de

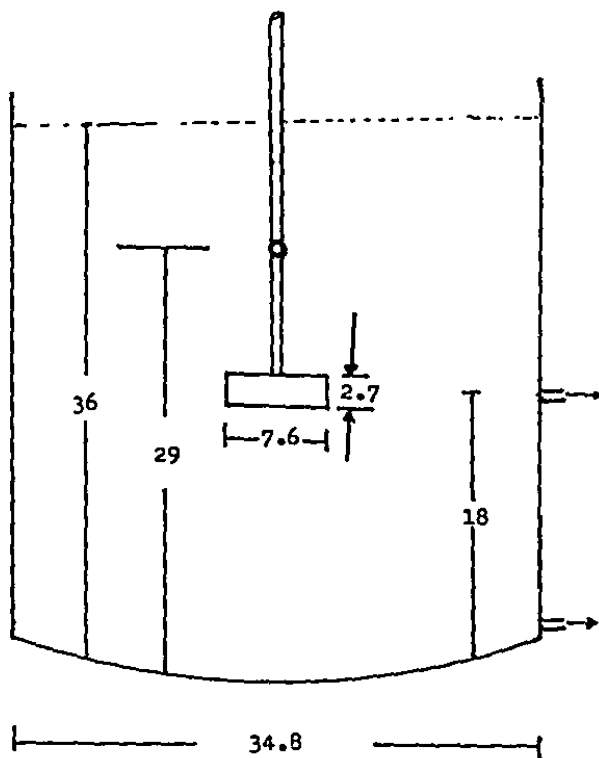
Tiempos de Residencia, se tuvo que adaptar al tanque, un --
aro metálico, el cual en su interior posee una cruz con orí-
ficios en el centro de cada una de sus ramas (los orificios
de las ramas estaban a $1/2$ Radio); esto fue con objeto de -
colocar exactamente el agitador en cada posición para cada
una de las corridas (en cada perforación, se colocaba el --
agitador), ver figura 2-1.

El agitador era de aspa plana, de 7.6 cm de diámetro -
y 2.7 cm de altura; este se adaptó a un motor para agitador
marca Caframo de 60 hertz, 70 watts y 115 voltios.

El volumen de operación, para nuestro estudio, fue de
35.5 litros (volumen real del tanque: 40 litros). Para man-
tener este volumen constante, se tenía un tanque de alimen-
tación por encima del reactor (2.3 metros), el cual siempre
mantenía su nivel gracias a un rebosadero que poseía. Apar-
te, en el mismo reactor se contaba con un medidor de nivel,
que se estuvo verificando constantemente.

El fluido utilizado, para este estudio, fue agua; y la
sustancia inerte o trazador fue el colorante rojo uva. Pa-
ra medir la concentración del trazador en las muestras (en
absorbancia), se utilizó un espectrofotómetro modelo Spec--
tronic 20 marca Bausch & Lomb.

FIGURA 2-2. Esquema del reactor utilizado.



ACOTACION: cm

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

• DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se realizaron diez pruebas experimentales, cada una de ellas se hizo por duplicado.

Los parámetros que se mantuvieron constantes para todas las pruebas son:

- 1.- Nivel de operación del líquido, 36 cm del fondo del tanque.
- 2.- El volumen de solución trazadora que se introducía, - 30 cc.
- 3.- La velocidad de agitación, 240 RPM.
- 4.- La posición de entrada de fluido al tanque.

Los parámetros que se mantuvieron constantes, pero que variaron de una prueba a otra son:

- 1.- La posición de salida de fluido del tanque.
- 2.- La posición del agitador dentro del tanque.

La variable que se tomó en consideración fue la posición del agitador dentro del reactor para cada experimento.

Se colocó el agitador vertical en 4 posiciones fuera del centro del reactor, teniendo cada una de ellas una excentricidad igual y, también se probó, la posición central de comparación (posiciones 1,2,3,4 y 5 respectivamente). Estas posiciones se muestran en la figura 2-1.

Las pruebas realizadas se describen de la siguiente forma:

PRUEBA	ENTRADA-SALIDA-POSICION		
1	2	4	1
2	2	4	2
3	2	4	3
4	2	4	4
5	2	4	5
6	2	7	1
7	2	7	2
8	2	7	3
9	2	7	4
10	2	7	5

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

$$V_{liq} = 35.5 \text{ l}$$

$$q = 1.98 \text{ l /min}$$

$$\tau = 23.99 \text{ min}$$

$$\text{Velocidad de agitación} = 240 \text{ RPM}$$

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA EMPLEADA

Previamente se prepara una solución de colorante rojo uva (solución trazadora), con 33g de éste y aforados a 1 l con agua destilada. Se le tomó, a una muestra de la solución, un UV para conocer su longitud de onda en la que absorbe, y poderla establecer en el espectrofotómetro que se va a emplear.

La forma en que se obtuvieron los datos fue la siguiente:

- 1.- Se escoge la posición deseada y se coloca el agitador.
- 2.- Se escogen las bocas de entrada y salida, y se conecta el tubo de hule que viene del recipiente de alimentación y el tubo de descarga respectivamente.
- 3.- Se llena el recipiente de alimentación y el reactor hasta su nivel de operación.
- 4.- Se enciende el agitador y se procede a establecer el estado estacionario en el reactor de la manera siguiente: se regulan las boquillas de salida y de entrada al mismo, hasta que el nivel de operación se mantenga constante.
- 5.- Se prepara la cantidad suficiente de tubos de ensaye para la recolección de las muestras.
- 6.- Se inyectan 30 ml de la solución del colorante rojo uva, mediante una jeringa hipodérmica, en el tubo de hule conectado a la boquilla de entrada al reactor. En este mismo instante se pone en marcha un cronómetro.

- tro y se toma la primera muestra.
- 7.- Se toman 11 muestras más, espaciadas 5 segundos.
 - 8.- Se toman 8 muestras espaciadas 10 segundos.
 - 9.- Se toman 10 muestras espaciadas 20 segundos.
 - 10.-Se toman 10 muestras espaciadas 30 segundos.
 - 11.-Se toman 10 muestras espaciadas 60 segundos (1 min).
 - 12.-Se toman 10 muestras espaciadas 120 s (2 min).
 - 13.-Se toman 10 muestras espaciadas 180 s (3 min).
 - 14.-Se sigue tomando muestras espaciadas 300 segundos (5 min), hasta que no se detecte trazador en las muestras.
 - 15.-Se calibra a cero el espectrofotómetro (fotocolorímetro).
 - 16.-Se procede a efectuar las lecturas de absorbancia -- (concentración) de trazador en las muestras, que más tarde se estudiarán
 - 17.-Al terminar cada corrida se debe lavar el tanque con bastante agua para que esté completamente limpio para la siguiente prueba.
 - 18.-Cada experimento se hace por duplicado.

CAPÍTULO III

RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores de absorbancia (concentración) obtenidos -- en las dos réplicas de cada prueba experimental se promediaron para utilizarlos en los cálculos de E_e experimental (ver apéndice I).

El tiempo espacial del sistema que se empleó fue el siguiente:

$$V_{lfg} = 35.5 \text{ litros} \quad \tau = V_{lfg}/Q = 35.5/1.48 = 23.99 \text{ min}$$

$$Q = 1.48 \text{ litros/min}$$

Se elaboraron 10 tablas de resultados, constando cada una de ellas con la siguiente información: en la primera columna se lista el número de la muestra; en la segunda columna se lista el parámetro dimensional "TETA"; enseguida se lista la absorbancia promedio; después la E_e teórica; posteriormente la E_e experimental y por último se lista la diferencia entre las funciones de distribución acumulada de E_e teórica y E_e experimental (D_{exp}). Cabe hacer mención que -- en la parte superior de cada tabla se indica la posición de la boquilla de entrada, la boquilla de salida y la posición del agitador; en el orden mencionado (entrada-salida-posi---ción).

TABELA 3.1

	TETA	ABS PROM 1	E0 Tec.	E0 Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0440	0.9965	0.2504	0.0026
3	0.0069	0.0890	0.9931	1.6448	0.0003
4	0.0104	0.2095	0.9896	1.1924	0.0004
5	0.0139	0.1730	0.9862	0.9846	0.0003
6	0.0174	0.1695	0.9828	0.9647	0.0003
7	0.0208	0.1690	0.9794	0.9619	0.0002
8	0.0243	0.1680	0.9760	0.9562	0.0001
9	0.0278	0.1665	0.9726	0.9476	0.0000
10	0.0313	0.1555	0.9692	0.9419	0.0001
11	0.0347	0.1640	0.9659	0.9334	0.0002
12	0.0382	0.1635	0.9625	0.9306	0.0003
13	0.0452	0.1635	0.9558	0.9306	0.0005
14	0.0521	0.1635	0.9492	0.9306	0.0006
15	0.0591	0.1615	0.9426	0.9192	0.0008
16	0.0660	0.1595	0.9361	0.9078	0.0010
17	0.0730	0.1585	0.9296	0.9021	0.0013
18	0.0799	0.1575	0.9232	0.8964	0.0015
19	0.0869	0.1560	0.9168	0.8879	0.0017
20	0.0938	0.1555	0.9105	0.8850	0.0019
21	0.1077	0.1545	0.8979	0.8793	0.0022
22	0.1216	0.1525	0.8855	0.8680	0.0026
23	0.1355	0.1500	0.8733	0.8537	0.0029
24	0.1494	0.1475	0.8612	0.8395	0.0033
25	0.1633	0.1455	0.8493	0.8281	0.0037
26	0.1772	0.1435	0.8376	0.8167	0.0041
27	0.1911	0.1405	0.8261	0.7997	0.0045
28	0.2050	0.1395	0.8147	0.7940	0.0049
29	0.2189	0.1370	0.8034	0.7797	0.0053
30	0.2328	0.1355	0.7923	0.7712	0.0056
31	0.2536	0.1335	0.7760	0.7598	0.0062
32	0.2745	0.1305	0.7600	0.7427	0.0067
33	0.2953	0.1265	0.7443	0.7200	0.0074
34	0.3162	0.1240	0.7289	0.7057	0.0081
35	0.3370	0.1230	0.7139	0.7001	0.0084
36	0.3578	0.1185	0.6992	0.6744	0.0091
37	0.3787	0.1175	0.6848	0.6688	0.0096
38	0.3995	0.1140	0.6706	0.6488	0.0102
39	0.4204	0.1110	0.6568	0.6318	0.0109
40	0.4412	0.1090	0.6433	0.6204	0.0115

En la columna 6 de cada tabla se indica con un asterisco (*) cual es el mayor valor de "Dexp" obtenido.

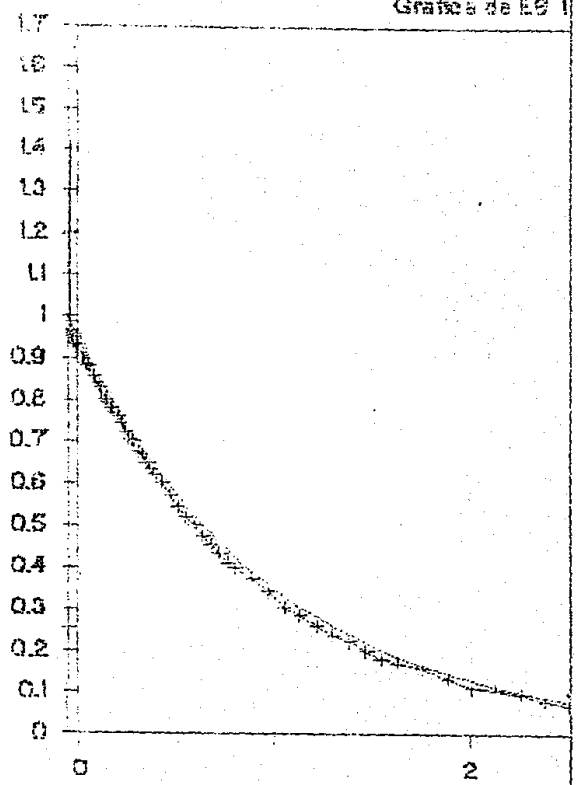
Los datos de las columnas 2 y 5, TETA y Eo experimental respectivamente, fueron usados para obtener la gráfica correspondiente. Se obtuvo un par de gráficas por cada tabla de datos, una con escala uniforme y otra, asignándole a la computadora que, en el eje de las "equis" diera un espaciamiento igual entre los puntos, sin tomar en cuenta el distanciamiento real que tienen entre sí; esto se hizo con el fin de apreciar mejor las diferencias entre las dos curvas, la experimental y la teórica. A este tipo de gráficas se les denominó, con el número correspondiente a cada tabla seguido de un asterisco.

En el apéndice I se da una explicación más detallada -- de la obtención de los resultados mostrados.

GRA

Grafica de ES 1

ES 100. y ES Exp.

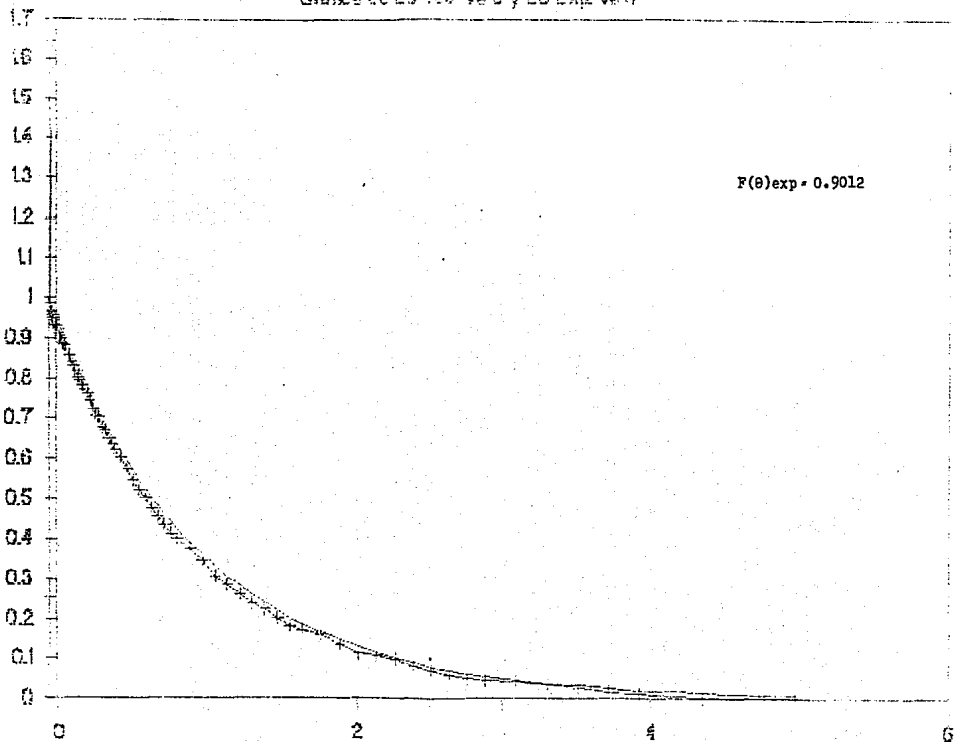


ES 100.

GRAFICA 3.1

Gráfica de EG Teo. vs B y EG Exp. vs B

EG Teo. y EG Exp.

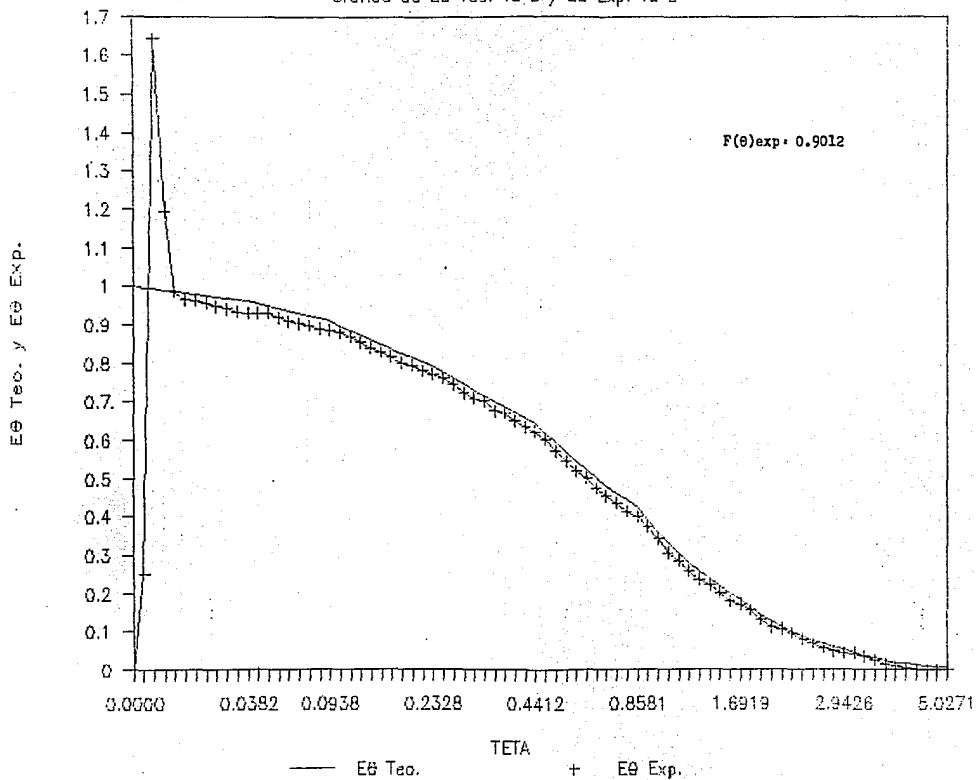


$$F(\theta)_{exp} = 0.9012$$

— EG Teo. + EG Exp.

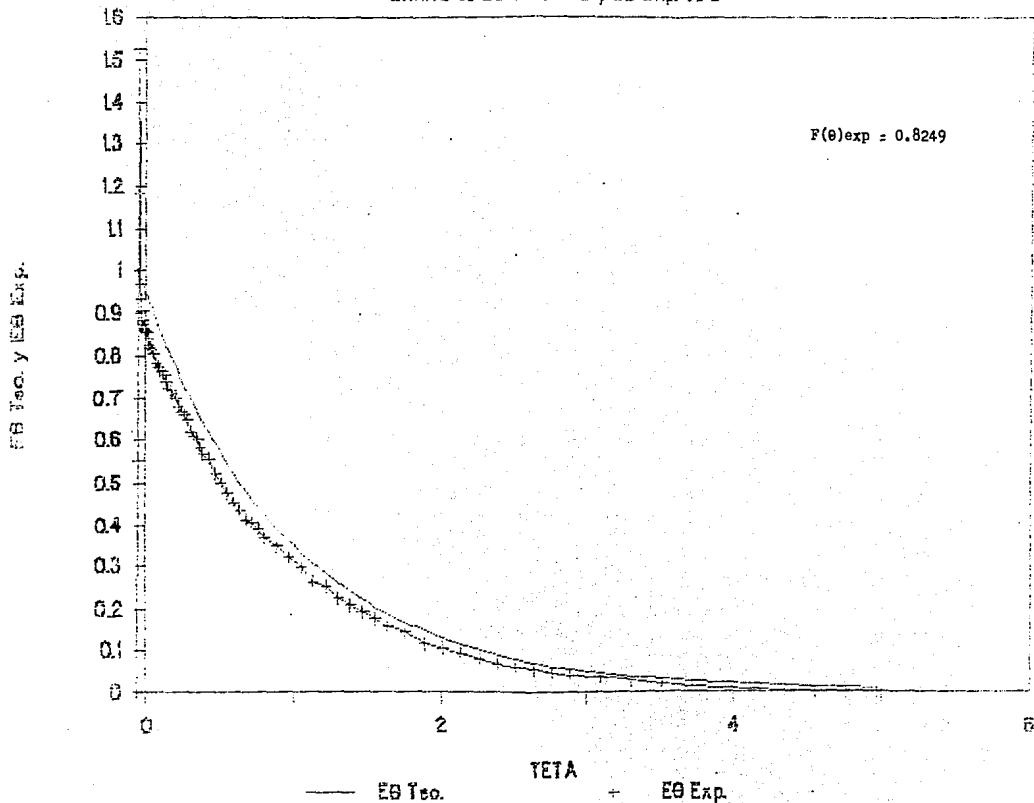
GRAFICA 3.1*

Grafica de $E\theta$ Teo. vs θ y $E\theta$ Exp. vs θ



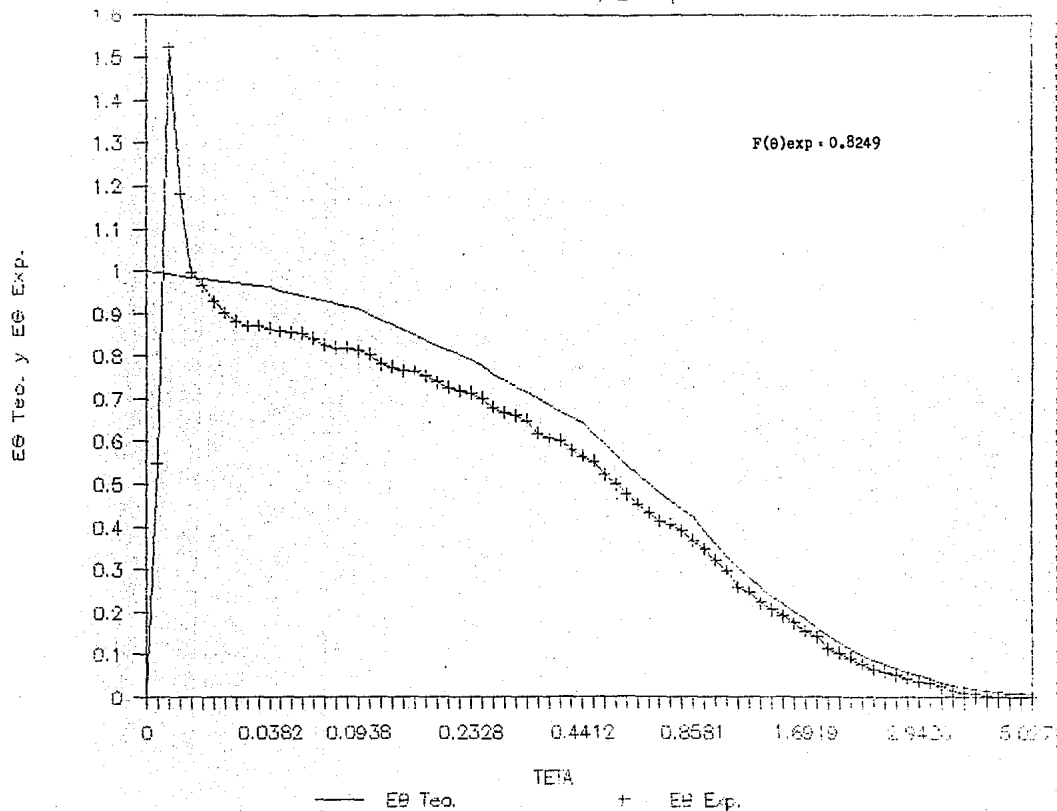
GRAFICA 3.2

Gráfico da EG Teo. vs θ y EG Exp. vs θ



GRAFICA 3.2*

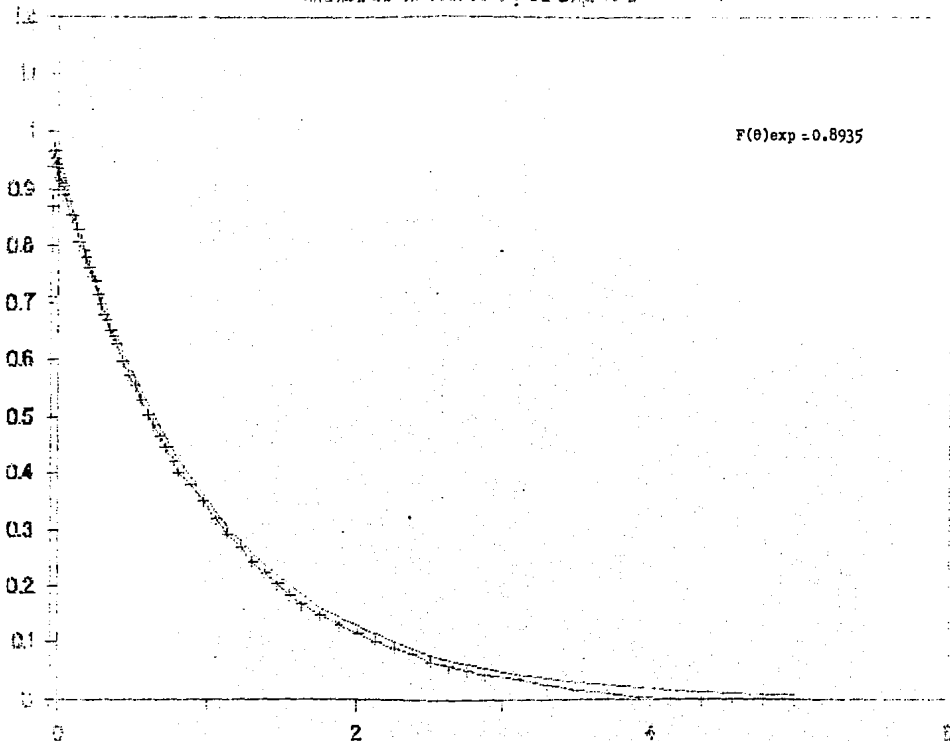
Grafico de EB Teo. vs θ y EB Exp. vs θ



GRAFICA 3.3

Ordens de EA Teo. vs EA y EA Exp. vs θ

EA Teo. y EA Exp.



$F(\theta)exp = 0.8935$

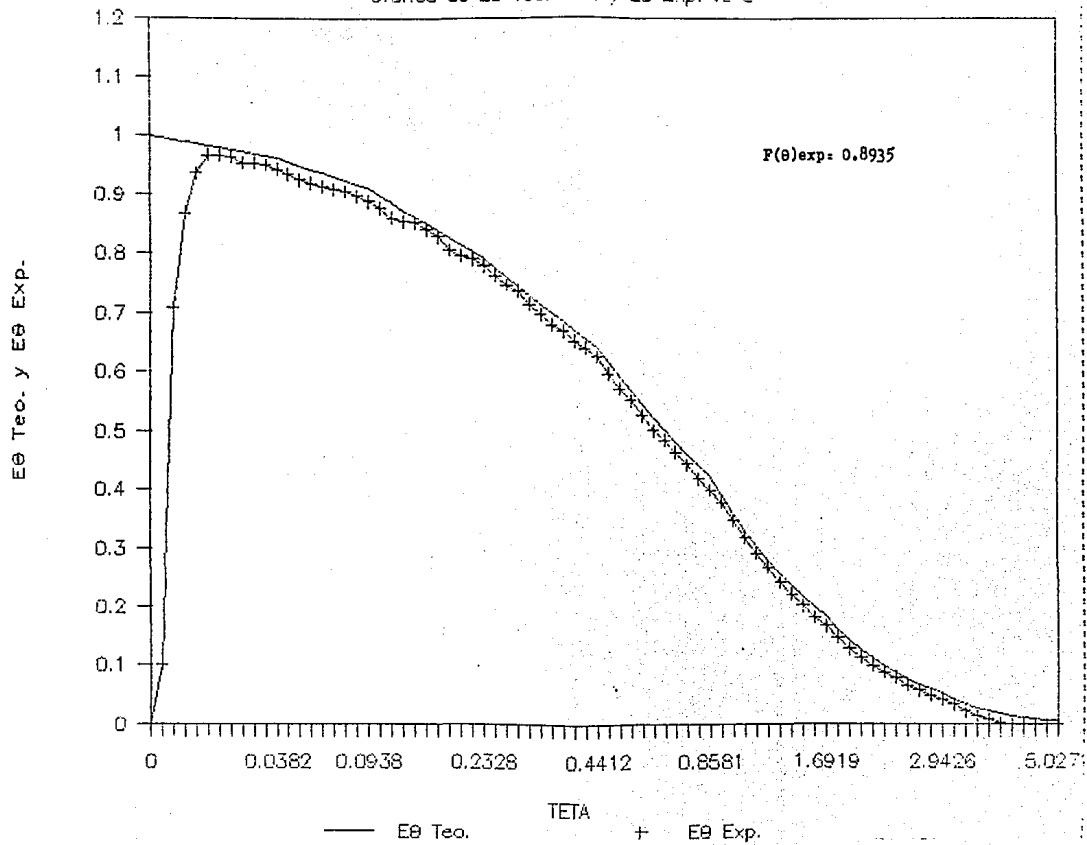
— EA Teo.

theta

- EA Exp.

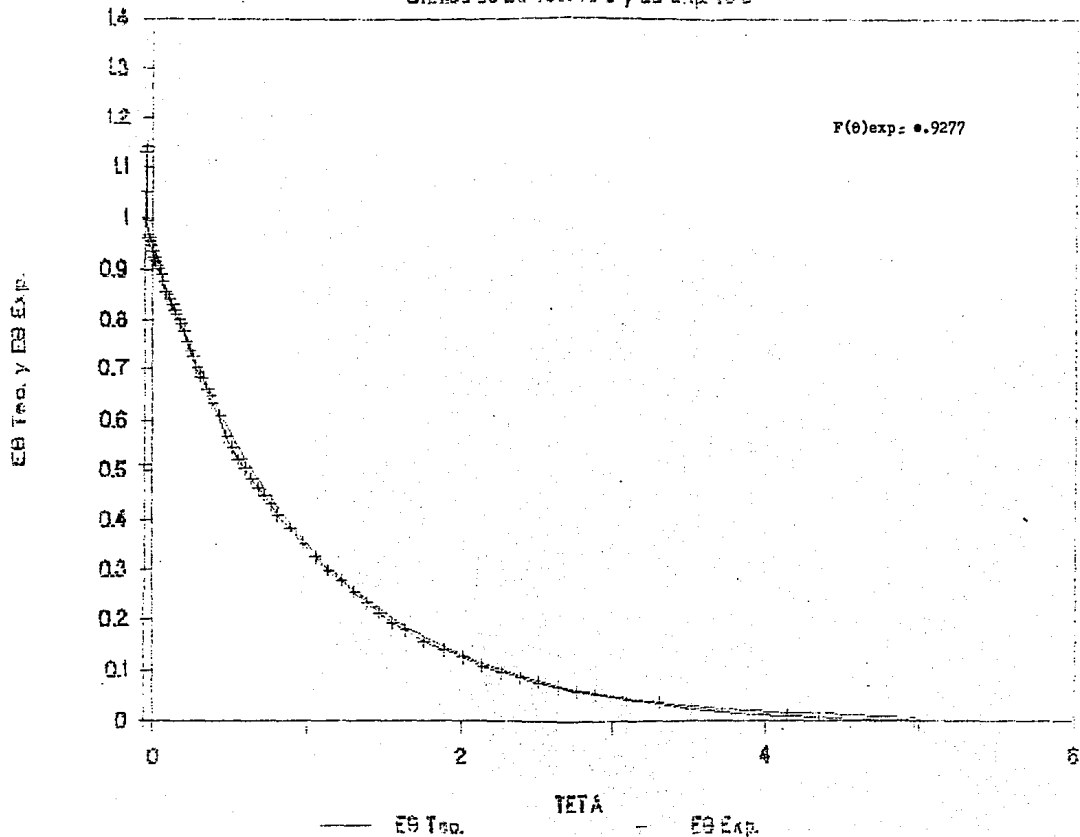
GRAFICA 3.3*

Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



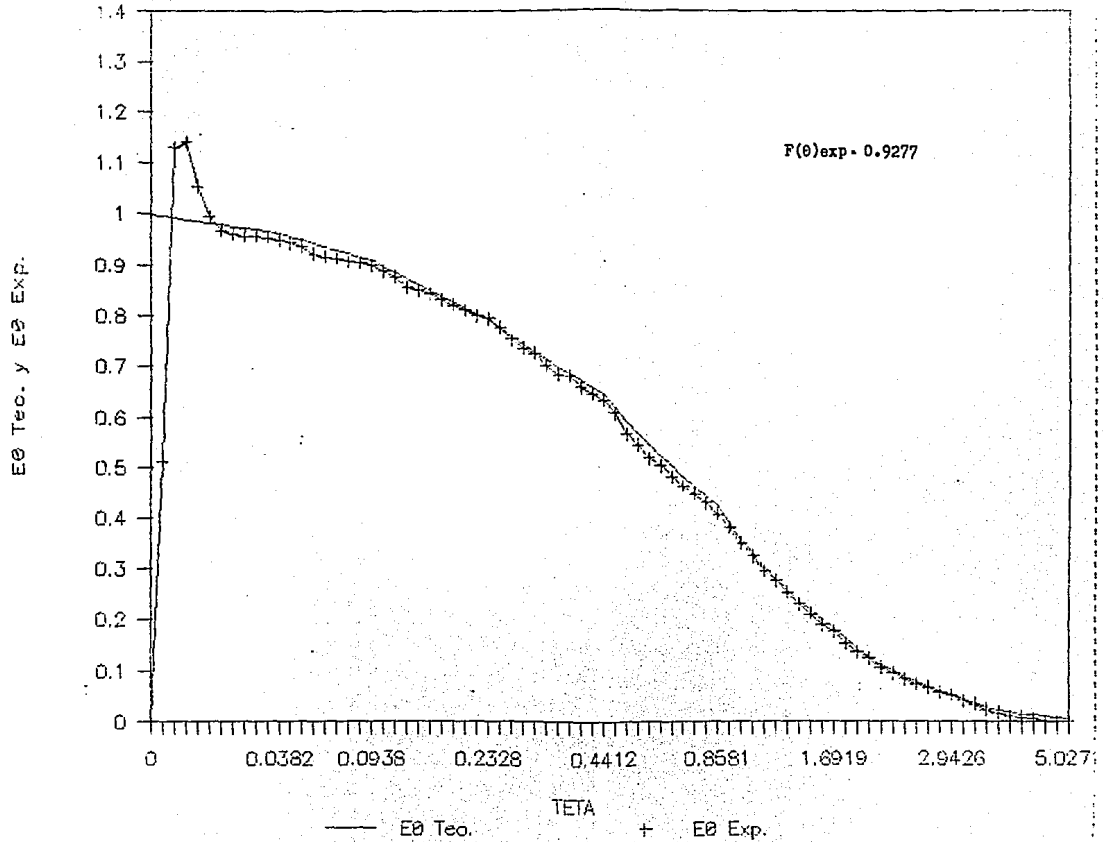
GRAFICA 3.4

Gráfica de EG Teo. vs θ y EG Exp. vs θ



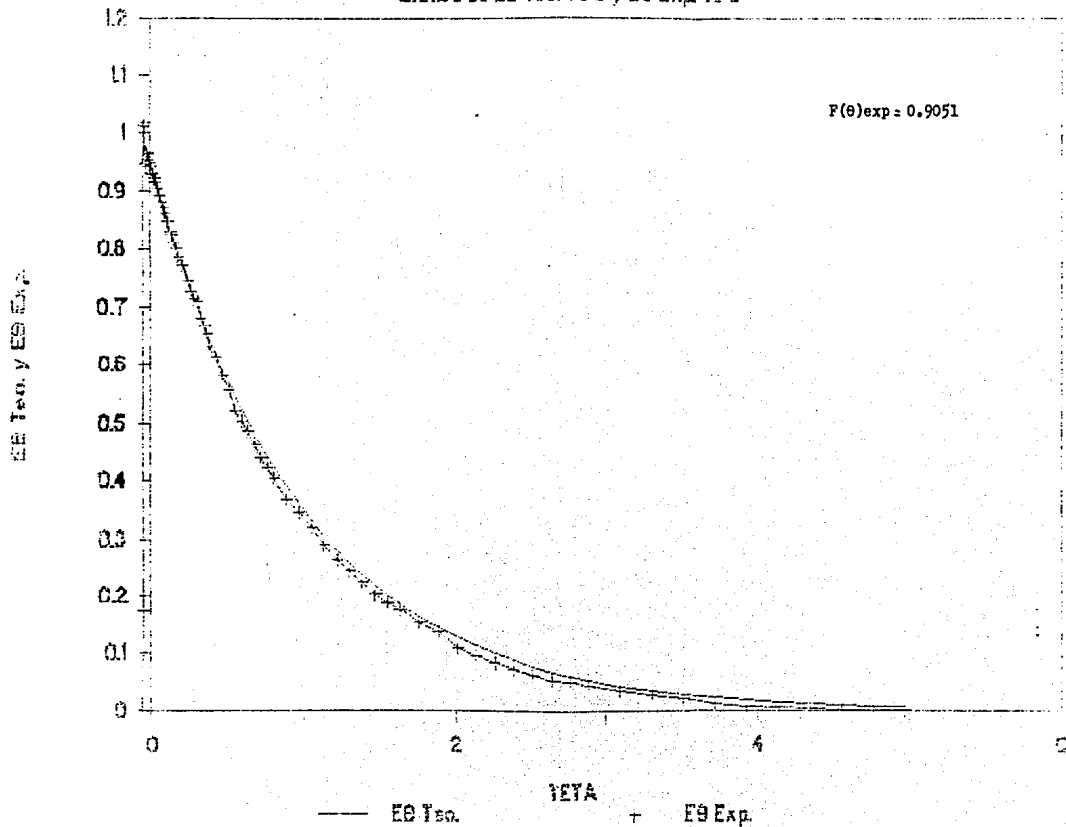
GRAFICA 3.4*

Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



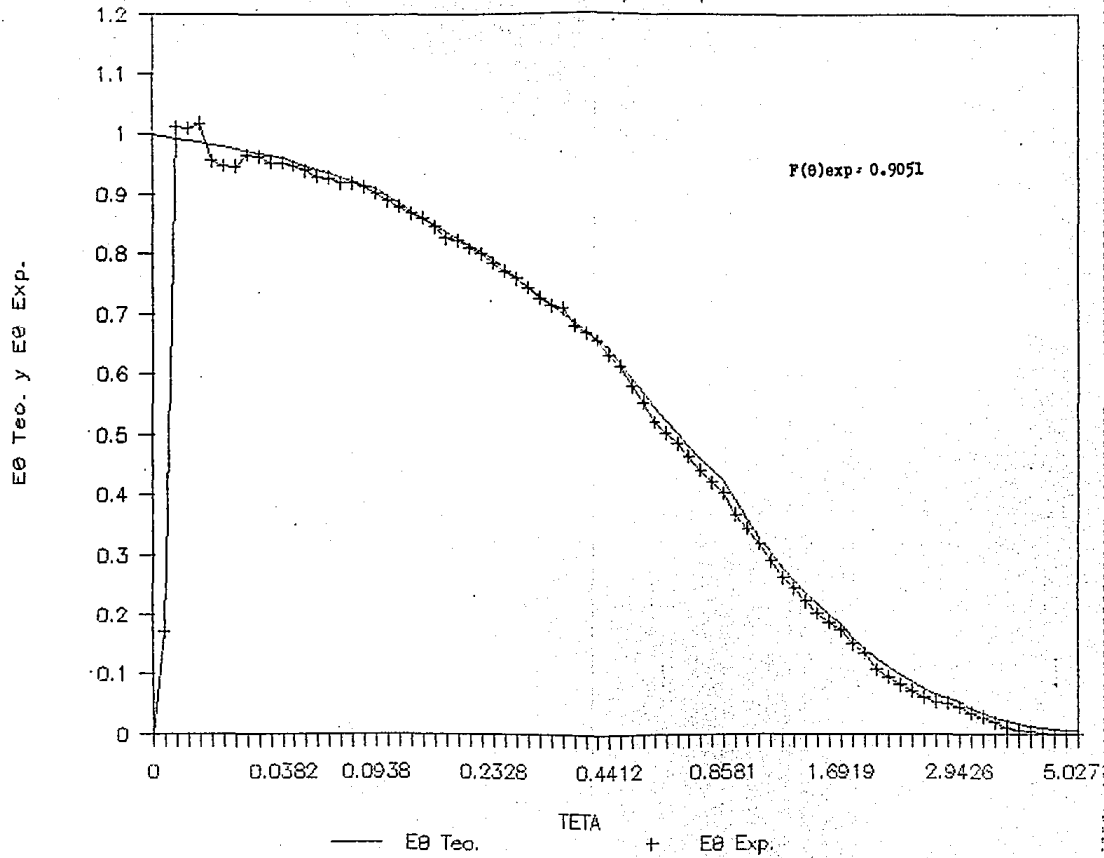
GRAFICA 3. 5

Grafica de EB Iso. ve θ y EG Exp. ve θ



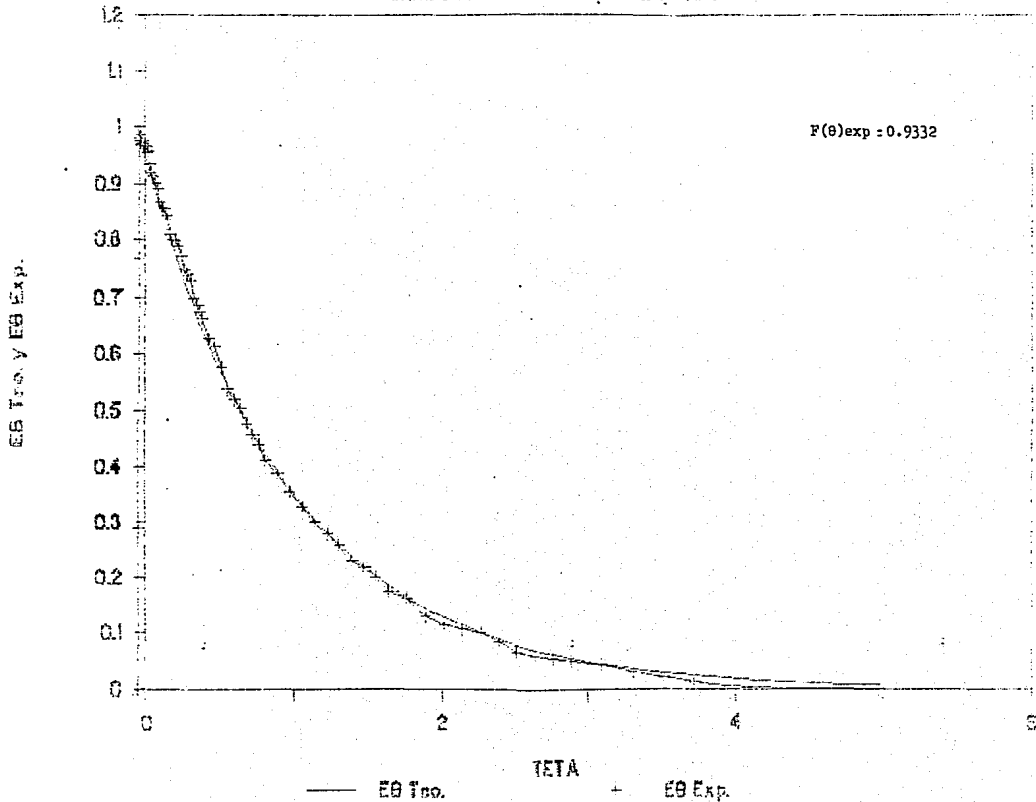
GRAFICA 3.5 *

Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



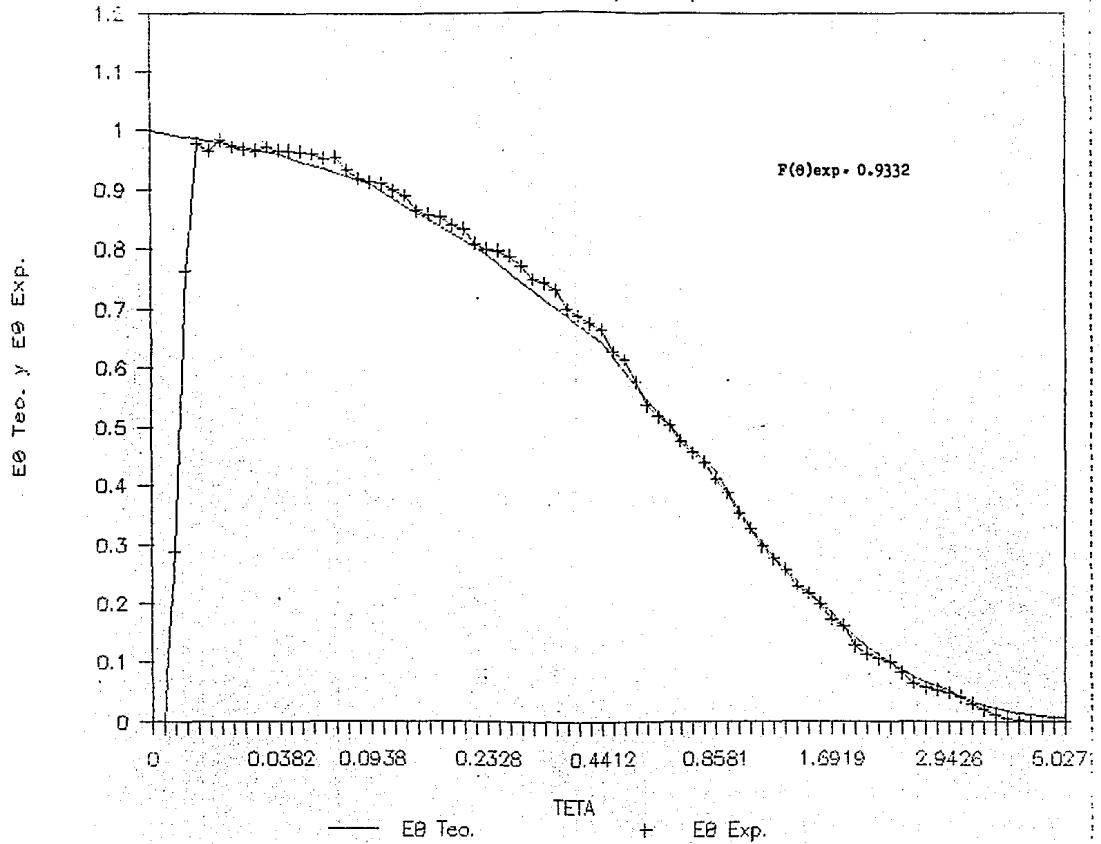
GRAFICA 3.6

Gráfica de $E\theta$ Teo. vs θ y $E\theta$ Exp. vs θ



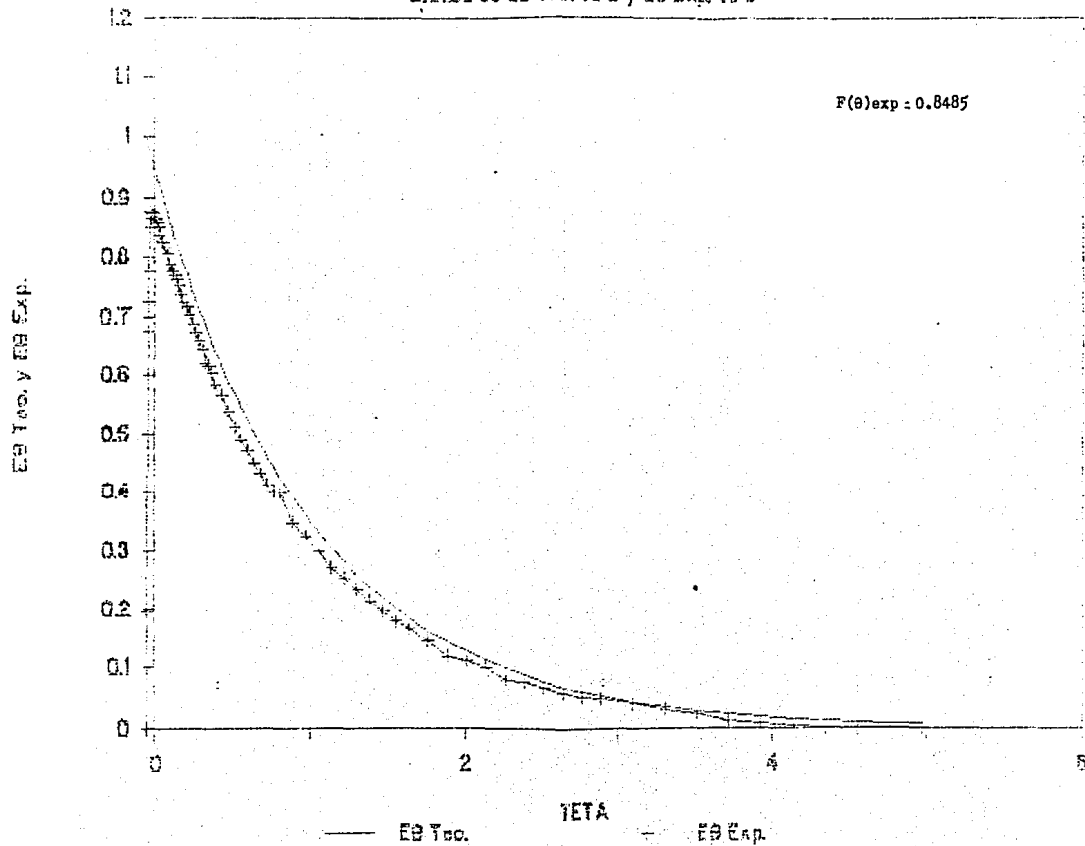
GRAFICA₃ 6*

Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



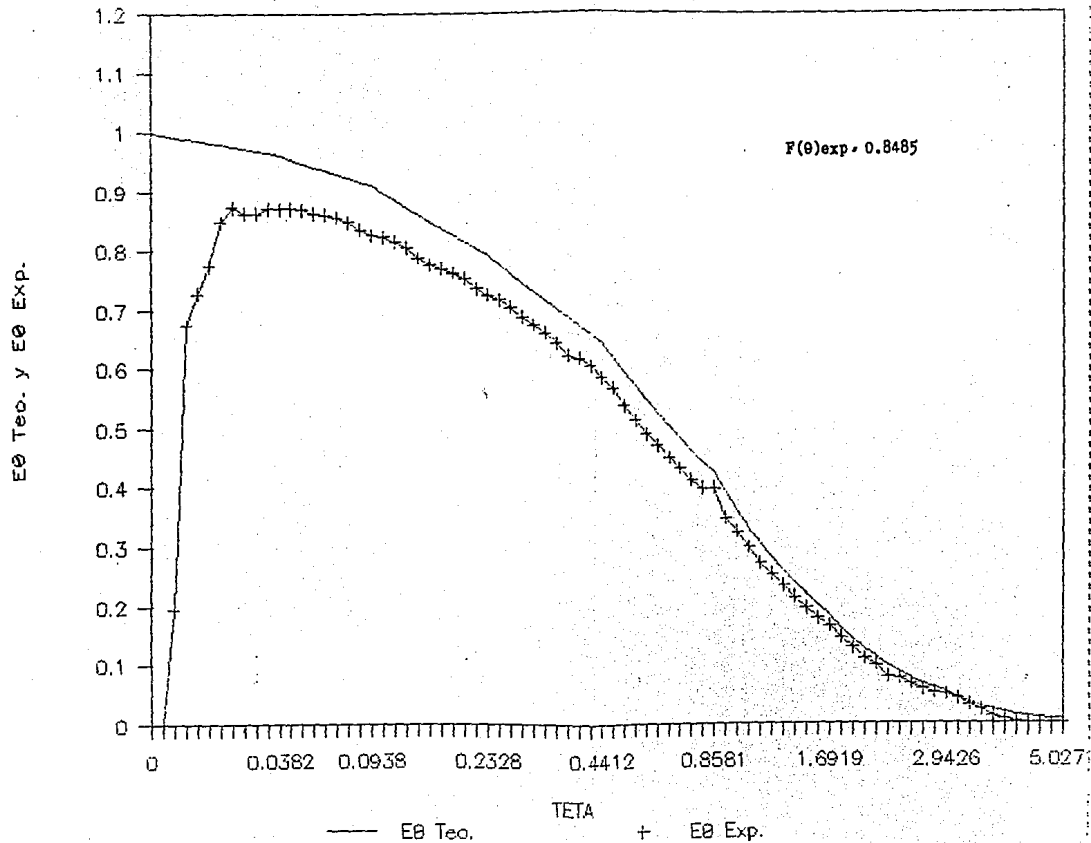
GRAFICA 3.7

Grafica de EG Teo. vs θ y EG Exp. vs θ



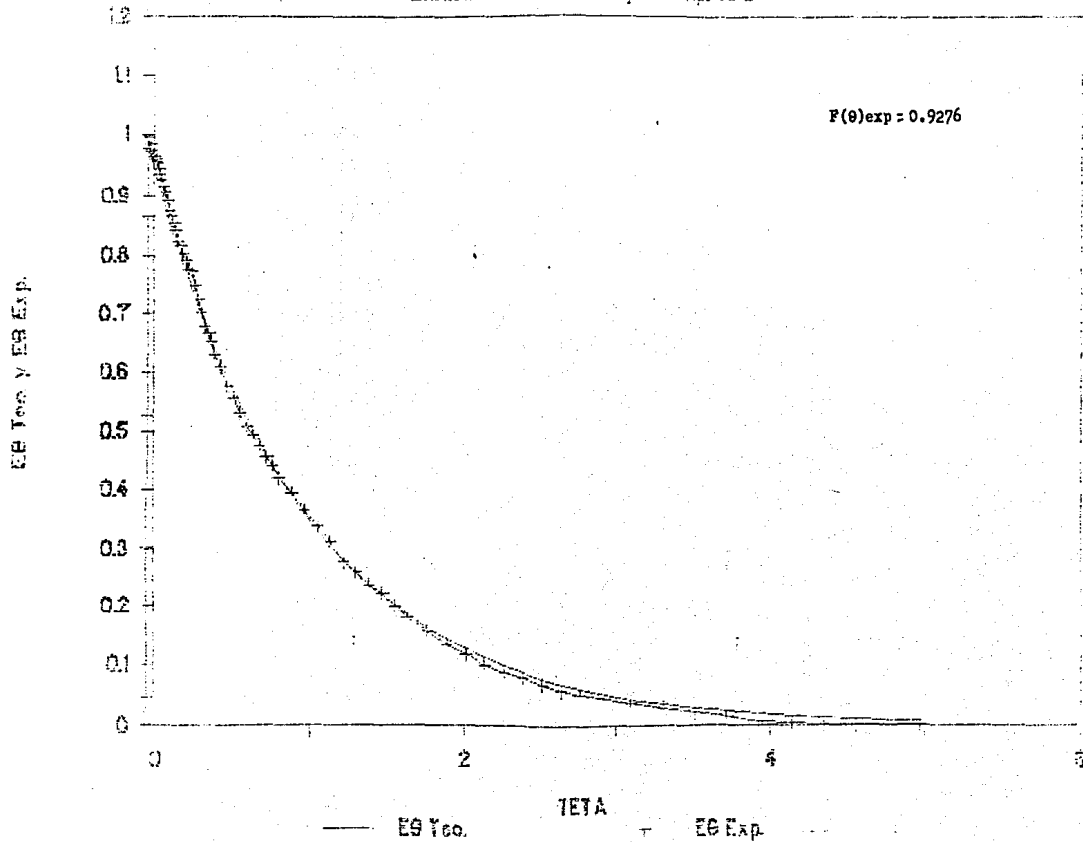
GRAFICA 3.7

Grafica de Eθ Teo.-vs θ y Eθ Exp. vs θ



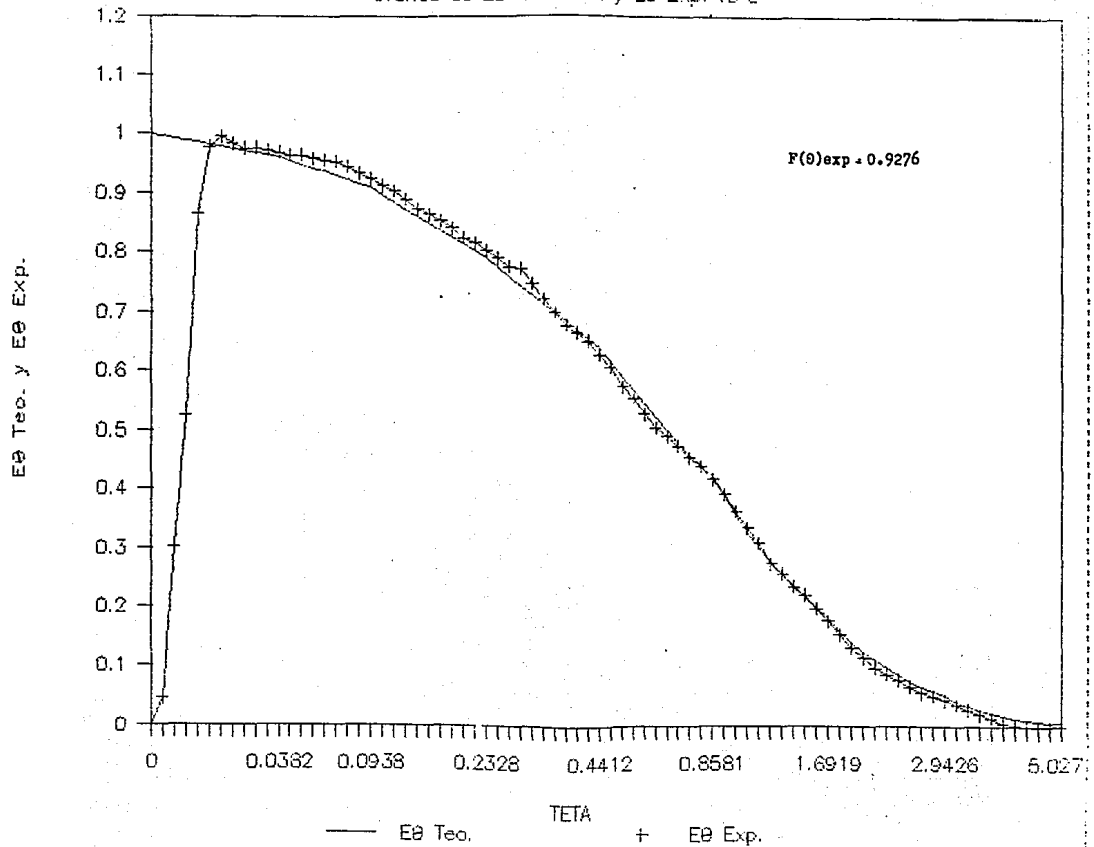
GRAFICA 3.8

Gráfica de EG Teo. vs θ y EG Exp. vs θ



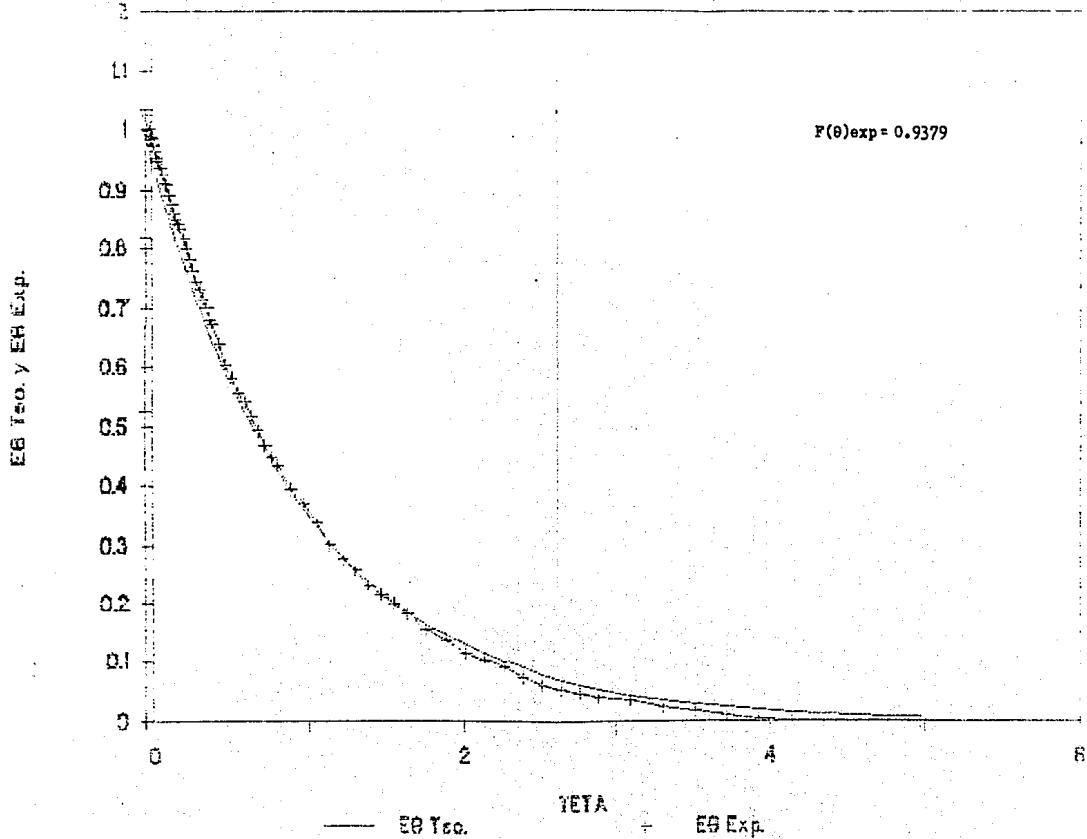
GRAFICA 3.8*

Grafica de E θ Teo. vs θ y E θ Exp. vs θ



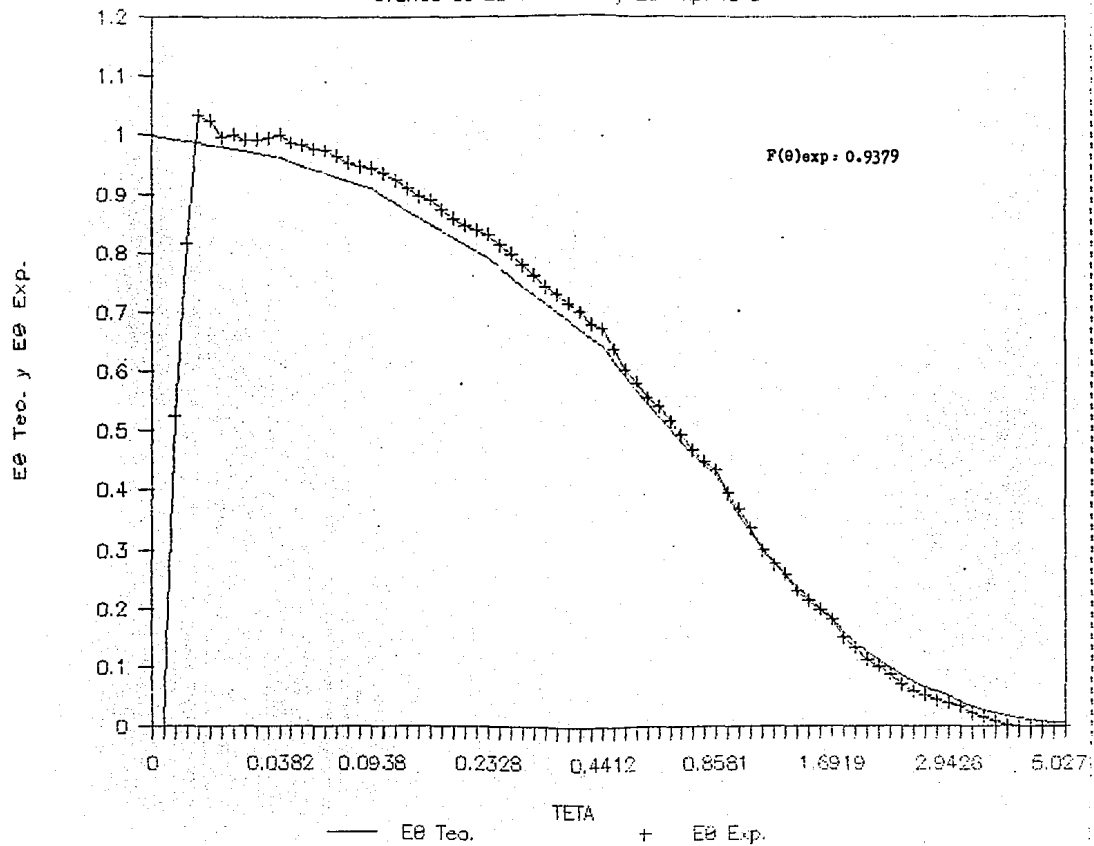
GRAFICA 3.9

Gráfica de EG Tco. vs θ y EG Exp. vs θ



GRAFICA 3.9*

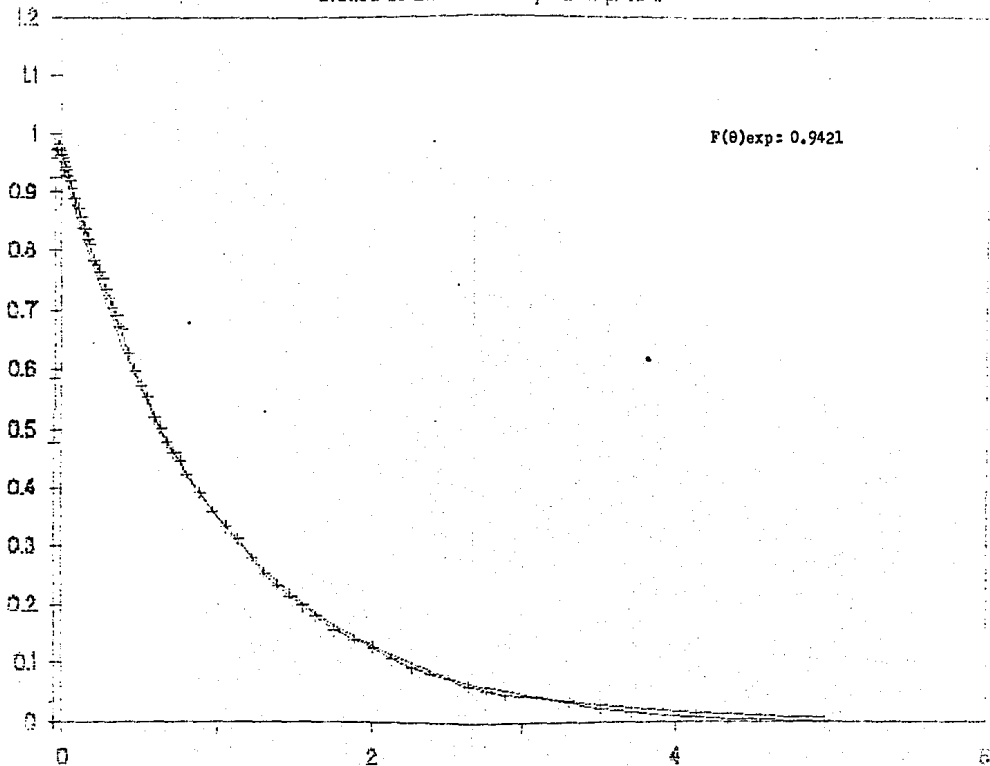
Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



GRAFICA 3.10

Grafica de EB Teo. vs θ y EB Exp. vs θ

EB Teo. y EB Exp.



$F(0)_{exp} = 0.9421$

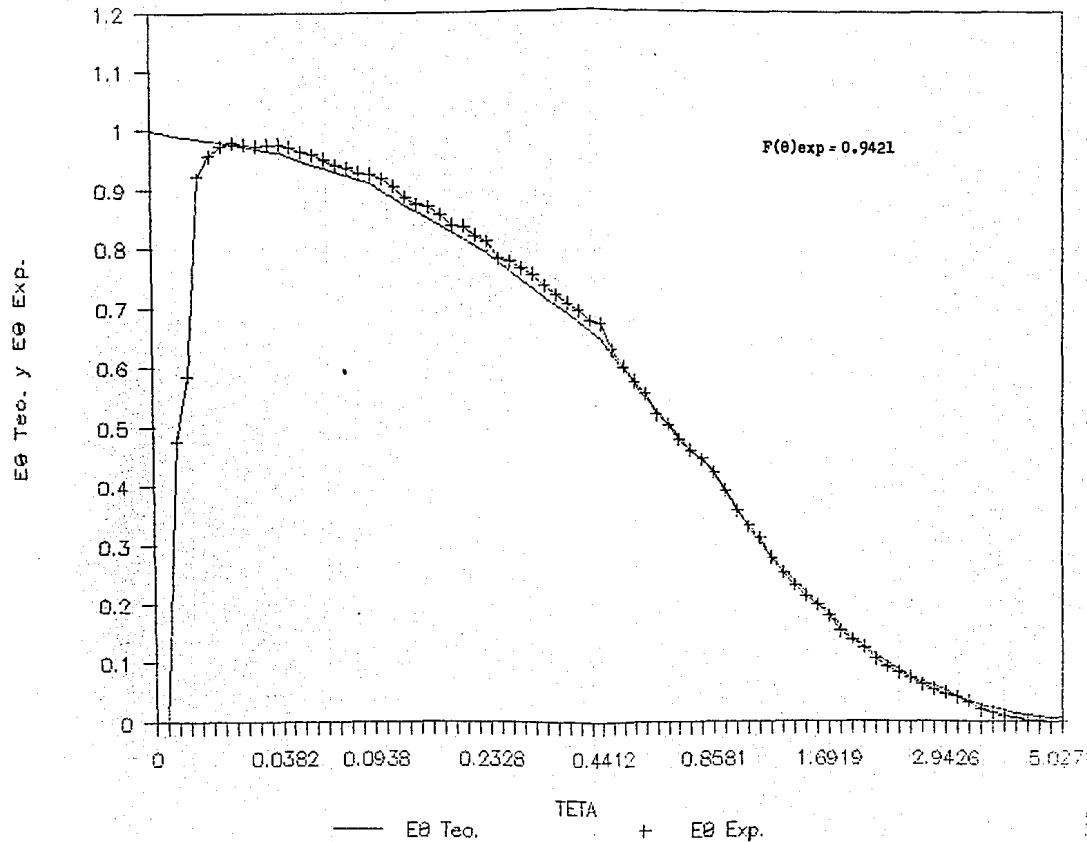
— EB Teo.

THETA

- - EB Exp.

GRAFICA 3.10*

Grafica de Eθ Teo. vs θ y Eθ Exp. vs θ



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de haber analizado los datos y resultados obtenidos, se puede decir los siguientes:

1.- La tabla 4-1 nos muestra un resumen de los resultados que se obtuvieron al utilizar la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, para las funciones de distribución de tiempos de residencia obtenidas para cada uno de los experimentos, comparadas con la del modelo teórico de mezcla completa.

Se puede observar, en dicha tabla que, en las pruebas el valor D_{exp} es menor que el valor de D_{tablas} , excepto en las pruebas No. 2 y 7, ver las figuras 4-2 y 4-7 para una mejor visualización de las condiciones de operación en cada una de ellas. En consecuencia, en estas dos pruebas se rechaza la hipótesis nula de igualdad entre la función de distribución de tiempos de residencia teórica y la función de tiempos de residencia experimental; o sea, que sí existe una diferencia significativa entre ambos modelos a un nivel de significancia $\alpha = 5\%$.

Haciendo cita a una de las referencias para este trabajo, Rodelo (11): "Influencia de la Excentricidad del Agitador en la Distribución de Tiempos de Residencia en un Reactor de Mezcla Completa. Parte 3: Ángulo de 135° entre la boca de entrada y salida"; en la que, como se especifica, usa un ángulo de 135° entre las bocas de entrada y

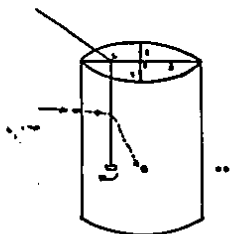


FIG. 4-1. En esta figura la entrada es la #2, salida 4 y posición del agitador #1, (2-4-1).

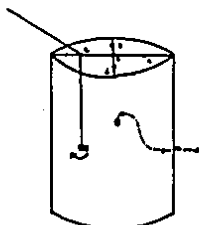


FIG. 4-2. En esta figura el tanque se ha movido, un 90 grados. La posición del agitador es la #2, (2-4-2).

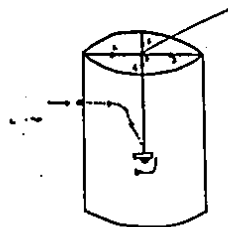


FIG. 4-5. Posición del agitador #3, entrada y salida permanecen iguales, (2-4-5).

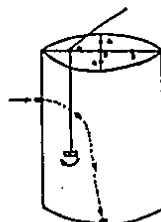


FIG. 4-6. En la figura se observa que, la posición de salida de flujo cambia, la de entrada es igual y la posición del agitador es la #1, (2-7-1), entrada-salida-agitador.

FIG. 4-3. En la figura se observa, que la posición del agitador es la #3, (2-4-3).

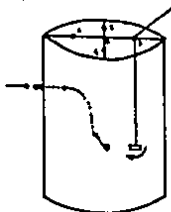


FIG. 4-4. La posición del agitador es la #4, (2-4-4).

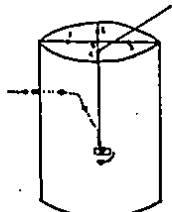


FIG. 4-7. Tanque movido en 90°, la posición de entrada y la de salida se mantienen iguales respecto a la fig. 4-6, la posición del agitador cambia a la #2, (2-7-2).

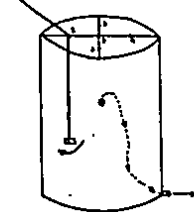
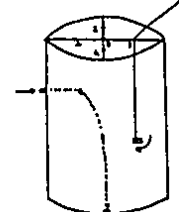


FIG. 4-8. Posición del agitador #3, entrada #2 y salida #7.



** La figura ⊙ indica la salida de flujo, semejando a la punta de una flecha, y, la figura ⊙ indica la entrada de flujo, semejando la parte final de una flecha.

TABLA 4-1

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS
(Prueba de Kolmogorov-Smirnov)

Prueba	Clave	Dexp	Dtablas
1	(2-4-1)	0.0865	0.1096
2	(2-4-2)	0.1628	0.1096
3	(2-4-3)	0.0914	0.1103
4	(2-4-4)	0.0624	0.1089
5	(2-4-5)	0.0849	0.1089
6	(2-7-1)	0.0545	0.1096
7	(2-7-2)	0.1392	0.1096
8	(2-7-3)	0.0601	0.1096
9	(2-7-4)	0.0498	0.1096
10	(2-7-5)	0.0498	0.1082

Los valores de Dexp provienen de las tablas 3-1 a 3-10.

Los valores de Dtablas son para un nivel de significancia $\alpha = 5\%$ (Ver apéndice II).

salida, pero los demás parámetros se mantienen en las mismas circunstancias que en este trabajo. Rodelo, no tiene una diferencia significativa entre ambos modelos (teórico y experimental), en ninguna de las pruebas; sin embargo, con el ángulo 90° , sí se obtienen diferencias en 2 pruebas, utilizando la prueba de Kolmogorov, lo cual hace sospechar que el ángulo entre las bocas de entrada y salida, combinado con la excentricidad del agitador, influye en la distribución de tiempos de residencia experimental. Tal vez esto se deba a que, si se observan las figuras 4-2 y 4-7, se nota que la línea de flujo, dentro del reactor, no es tocada por la agitación.

2.- La tabla 4-2 muestra una síntesis de los resultados obtenidos al aplicar la prueba estadística de Wald-Wolfowitz a la función de distribución de tiempos de residencia obtenidas para cada una de las pruebas, comparadas con la del modelo teórico de mezcla completa.

Como se puede observar el valor crítico de Z_c de todas las pruebas no se encuentra dentro del intervalo $-Z_{\frac{\alpha}{2}}$ y $+Z_{\frac{\alpha}{2}}$. En consecuencia se rechaza la hipótesis nula de que las diferencias entre las funciones de distribución teórica y experimental sean debidas al azar, lo que nos dice que sí hay una diferencia significativa entre ambos modelos a un $\alpha=5\%$.

Si comparamos (mediante esta prueba estadística) el presente trabajo con el de Rodelo, se afirma que los resultados arrojados en este estudio, son muy similares a los arrojados con el estudio del ángulo de 135° , rechazando

FIG. 4-9. La entrada y la salida son iguales que en la figura anterior, la posición del agitador es la #4, (2-7-4).

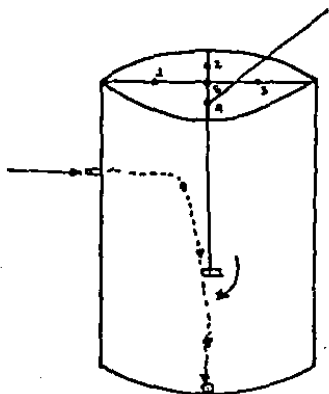
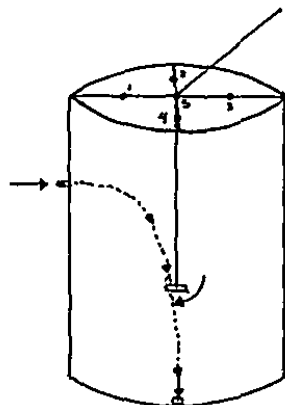


FIG. 4-10. En esta figura, la posición del agitador es la #5, la entrada #2 y la salida #7, -- (2-7-5).



En las figuras, de la 4-1 a la 4-10, se muestra en forma general, la entrada de flujo al tanque, la salida de flujo del tanque y la posición del agitador.

Además, con una línea punteada se muestra la posible -- trayectoria del flujo por el tanque y, la flecha cercana al agitador, nos muestra el sentido de giro del propio agitador.

la igualdad entre el modelo teórico y el experimental para todas las pruebas, cosa que también sucede con el ángulo de 90° . Pero, a diferencia del ángulo de 135° , con el ángulo de 90° se ve que el valor Z_c de dos pruebas es infinito (ver tabla 4-2), demasiado alejado del intervalo $-Z_{\frac{\alpha}{2}}$ y $+Z_{\frac{\alpha}{2}}$; éstas pruebas son la No. 3 y 7 (2-4-3 y 2-7-2 respectivamente), para visualizar sus condiciones de operación, se recomienda observar las figuras 4-3 y 4-7. No obstante, no hay algún indicio de que estas dos pruebas se lleguen a relacionar entre sí. Sin embargo, existe la probabilidad de que, al comparar cada una de estas pruebas con su similar, es decir la 3 con la 8 y la 7 con la 2, se observa que al estar el agitador en la posición 3, la agitación se lleva el material hacia salidas bajas, ocasionándonos un estancamiento; y, al estar el agitador en la posición 2, la agitación se lleva el material hacia salidas a la misma altura del nivel del agitador, ocasionando el estancamiento cuando la salida está muy por abajo del agitador.

3.- Analizando los resultados obtenidos a través de los dos métodos estadísticos, y analizando las figuras de la 3-1 a la 3-10, se observa una clara tendencia a la no idealidad; es evidente la tendencia hacia el By-pass, con excepción de las pruebas No. 3 y 7, en las que se observa un estancamiento (ver las figuras 3-3 y 3-7).

Rodelo obtuvo, en todas las pruebas, una tendencia al By-pass, aunque si se compara la figura similar, correspondiente a las pruebas No. 3 y 7 de este trabajo, se ve

ta que el pico no es demasiado grande y el resto de la curva siempre sigue por abajo de la curva teórica, lo -- que pudiera indicar, también, un estancamiento.

Ahora, si se ve desde el punto de vista industrial, el By-pass ocasionaría, si se pone por ejemplo la fabrica-- ción de resinas, una salida de material a un tiempo muy corto, lo que se reflejaría en su Peso Molecular y su -- corta cadena que, tal vez llegaría a influir en nuestro producto final; y el estancamiento, ocasionaría la sali-- da del material en un tiempo muy largo, lo que nos daría una resina de alto peso molecular, reflejándose en el -- producto final.

- 4.- Si comparamos las figuras de la 3-1 a la 3-10, por pa-- res de gráficas correspondientes, de tal forma que coinci-- dan en todas las condiciones y difieran tan solo en la posición de la boca de salida, v.gr: 2-4-1 y 2-7-1 (ver figuras 4-1 y 4-6); se observa claramente como los expe-- rimentos que utilizaron la boquilla de salida No. 4 mues-- tran un retraso en la señal y un pico muy grande en com-- paración con las pruebas que utilizaron la boquilla de -- salida No. 7, que nos indica un By-pass, excluyendo a la prueba 2-4-3 (ver figuras 3-3 y 4-3) en la que se obser-- va que, la señal siempre va por abajo de la teórica, in-- dicando un estancamiento. En las pruebas que utilizaron la boquilla de salida No. 7. no se observa el pico muy -- pronunciado pero, si se observa el retraso en la señal, que significa una ausencia de buen mezclado a la entrada del reactor, conduciéndonos hacia un By-pass. En el expe

rimento 2-7-2 se encontró indicios de la sustancia traza después de un tiempo considerable, lo que equivale a un estancamiento en el reactor por falta posiblemente de un buen mezclado en todo el tanque.

Se observa, por lo tanto, que los experimentos que utilizaron la boquilla de salida No. 4 tienden mayormente al By-pass, que las pruebas que usaron la salida No. 7, es probable que se deba a que las paletas del agitador se encontraban a esta altura, de la boquilla No. 4 (ver -- las figuras de la 4-1 a la 4-5).

Esto se ve más claro, y se puede llegar a una afirmación, ya que en el trabajo de Rodelo se nota lo mismo al comparar de igual modo las gráficas, las pruebas de la boquilla de salida 4 tienden mayormente al By-pass que las pruebas de la boquilla de salida 7.

5.- En las pruebas realizadas con el agitador en una posición fuera del centro, se observó la ausencia del típico vértice que aparece en la posición central, así como también se observó un barboteo en la superficie del líquido cercano al eje del agitador, tomándolo como una agitación vertical dentro del tanque, y que probablemente en algunas pruebas, esta agitación no tocó la línea de entrada-salida de trazador, por lo que se obtienen los datos mostrados anteriormente.

En las pruebas en posición excéntrica del agitador se vio, en general, una turbulencia de agitado diferente a la posición central del agitador.

TABLA 4-2

CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS
(Prueba de Wald-Wolfowitz)

Prueba	Clave	Zc	$\pm Z_{\alpha/2}$
1	(2-4-1)	-6.2630	± 1.96
2	(2-4-2)	-6.2630	"
3	(2-4-3)	00	"
4	(2-4-4)	-4.8819	"
5	(2-4-5)	-3.3061	"
6	(2-7-1)	-7.3827	"
7	(2-7-2)	00	"
8	(2-7-3)	-7.2208	"
9	(2-7-4)	-7.8358	"
10	(2-7-5)	-7.5742	"

Para obtener el valor de Zc consulte el apéndice II.

El valor de $\pm Z_{\alpha/2}$ es para un nivel de significancia $\alpha = 5\%$,
(tablas estadísticas).

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el de conocer la influencia de la posición de las boquillas entrada-salida y la excentricidad del agitador sobre la distribución de tiempos de residencia de un reactor de mezcla completa.

Para la obtención de las curvas de un reactor existen varios métodos. En este caso se eligió el método estímulo respuesta, definido por la ecuación: $\Theta E_e = t E(t)$. Este se desarrolló mediante la utilización de una solución inerte que se introduce a la entrada del sistema y se mide su concentración, a la salida del tanque, en función del tiempo.

La solución trazadora se preparó con 33 g de colorante rojo uva aforados a un litro con agua destilada. Se le tomó su longitud de onda en que absorbe la luz, mediante un espectrofotómetro de absorción atómica, y así se pudo calibrar el espectrofotómetro que se utilizó.

Se eligió la posición del agitador dentro del reactor, teniendo en cuenta que, por el centro pasan dos líneas perpendiculares entre sí, formando una cruz; y, exactamente a la mitad de la distancia del borde al centro, se encontraba una posición en cada brazo de la cruz, numerándolas en el sentido de giro de las manecillas del reloj. También se escogió la boquilla de salida a utilizar y, hasta haber usado todas las posiciones del agitador (4 y la central) por duplicado, se cambió a la otra boca de salida. Esta boquilla distó circunferencialmente en 90° de la boca de -

entrada.

Se procedió a establecer el estado estacionario.

Se inyectó 30 cc de la solución trazadora en la entrada al reactor, e inmediatamente se procedió a la colección de muestras a la salida, en tubos de ensaye, para su posterior lectura de absorbancia (concentración).

Se sacó una concentración promedio inyectando los mismos 30 cc de trazador, pero sin tener entrada ni salida de fluido; y, dejando un tiempo considerable para su total homogenización.

Con estas variables se obtuvieron 10 gráficas (curvas) de distribución de tiempos de residencia, que se compararon estadísticamente con la distribución de tiempos de residencia teórica del reactor utilizado, por los métodos de Kolmogorov-Smirnov, prueba de rachas de Wald-Wolfowitz y la prueba del rango de confiabilidad de las medias; teniendo los siguientes resultados:

Con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se vio como sólo — las pruebas 2-4-2 y 2-7-2 se desvían del modelo ideal a un nivel de significancia $\alpha = 5\%$.

Con la prueba de Wald-Wolfowitz se observó que las — pruebas en general no siguen completamente el modelo teórico, y esta tendencia se nota con mayor claridad en las pruebas 2-4-3 y 2-7-2 no teniendo ninguna relación entre sí, y en las que se observó un estancamiento; por las demás se — observó una clara tendencia al by-pass.

Se usaron dos concentraciones promedio diferentes para dos grupos de experimentos, debido a que el abastecimiento

de fluido provino de dos fuentes diferentes; no obstante, - al aplicarles, a las medias de cada grupo por separado, la prueba del rango de confiabilidad de las medias, se dieron por aceptadas estas dos concentraciones promedio.

CONCLUSIONES

Se ha alcanzado el objetivo de analizar la influencia de la excentricidad del agitador en la Distribución de -- Tiempos de Residencia en un reactor de mezcla completa -- con un ángulo de 90° entre la boca de entrada y salida.

Las desviaciones de la idealidad son suficientemente pequeñas para no ser significativas, excepto en dos pruebas. Pero las diferencias, aunque pequeñas no son al azar, o sea, muestran una tendencia clara al by-pass y/o a la formación de zonas estancadas.

En las pruebas, en las que la salida se encuentra al mismo nivel del agitador, el by-pass es mayor que en las pruebas en que la salida estaba en el fondo del tanque.

En pruebas en que se usó posiciones excéntricas del agitador y el cual quedaba fuera de la línea de flujo entrada-salida es mayor la tendencia hacia el by-pass o a un estancamiento.

Se observa la tendencia del flujo del material a ser llevado hacia las paredes del recipiente, primero al mismo nivel del agitador y posteriormente hacia el fondo del tanque.

A P E N D I C E I

APÉNDICE I

EJEMPLO DE UNA RUTINA DE CÁLCULO

A partir de los datos experimentales obtenidos en cada corrida experimental, se procedió de la siguiente manera -- para obtener los resultados mostrados en el capítulo 3.

- 1- Se calculó el parámetro adimensional TETA (θ).
- 2- Se calculó la absorbancia promedio (concentración), - ejemplo en la tabla II-1.
- 3- Se calculó E_e teórico (E_e teo)
- 4- Se calculó la E_e experimental (E_e exp).
- 5- Se calculó la función de distribución acumulada de E_e teórico, $F(E_e$ teo), que es F_e teo.
- 6- Se calculó la función de distribución acumulada de E_e experimental, $F(E_e$ exp), que es F_e exp.
- 7- Se calculó la diferencia absoluta entre la función de distribución acumulada de E_e teo y la función de distribución acumulada de E_e exp, (D exp).

Para realizar los cálculos descritos anteriormente, se usó una hoja electrónica de cálculo (LOTUS 123).

TABLA I - 1

CALCULO DE LA ABSORBANCIA PROMEDIO

Ejemplo: corrida (2-4-1)

θ TETA	1a. Prueba	2a. Prueba	Promedio
0'	0	0	0
0.0035	0.0160	0.0720	0.0440
0.0069	0.3100	0.2680	0.2890
0.0104	0.1990	0.2200	0.2095
0.0139	0.1730	0.1730	0.1730
0.0174	0.1690	0.1700	0.1695
0.0208	0.1670	0.1710	0.1690
0.0243	0.1650	0.1710	0.1680
0.0278	0.1630	0.1700	0.1665
0.0313	0.1610	0.1700	0.1655
0.0347	0.1600	0.1690	0.1640
0.0382	0.1600	0.1680	0.1635
0.0452	0.1600	0.1670	0.1635
0.0521	0.1590	0.1680	0.1635
0.0591	0.1590	0.1640	0.1615
0.0660	0.1580	0.1610	0.1595
0.0729	0.1570	0.1600	0.1585
0.0799	0.1550	0.1600	0.1575
0.0868	0.1530	0.1590	0.1560
0.0938	0.1520	0.1590	0.1555

Así se continuó hasta el último valor de θ .

A P E N D I C E I I

APÉNDICE II
MÉTODOS ESTADÍSTICOS

En este estudio se utilizaron las siguientes pruebas estadísticas:

1- PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA FUNCIONES
DE DISTRIBUCIÓN

La prueba de Kolmogorov-Smirnov es apropiada únicamente para funciones continuas; por lo que en este trabajo se utilizó para probar la hipótesis de que la función $F(x)$ es la función de distribución de una población, cuya variable es continua, de la cual se ha tomado una muestra X_1, \dots, X_n .

En este trabajo se usó para contrastar las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: $F_e \text{ exp} = F_e \text{ teo}$

Hipótesis alterna: $F_e \text{ exp} \neq F_e \text{ teo}$

Para rechazar o no la hipótesis nula se deben hacer -- los siguientes pasos:

- a) Calcular los valores de la función de distribución -- acumulada experimental = $(F_e \text{ exp})$ con la ecuación:

$$F_e \text{ experimental} = F(F_e \text{ exp}) = \sum F_e \text{ exp} \Delta \theta$$

Para cada uno de los valores de θ y $F_e \text{ exp}$, se usó el valor de F_e mostrado en las tablas 1 a 10, y no un promedio o algún otro.

- b) Calcular los valores de la función de distribución -- acumulada teórica (Fe teo) con la ecuación:

$$Fe\ teo = F(Ee\ teo) = \int_0^{\theta} Ee\ d\theta = \int_0^{\theta} \exp(-\theta) d\theta = 1 - \exp(-\theta)$$

para todos los valores de θ y $Ee\ teo$.

- c) Determinar la desviación máxima entre la $Fe\ teo$ y la $Fe\ exp$.

$$D\ máx = \left| Fe\ teo - Fe\ exp \right|$$

Se elige un nivel de significancia α , (5%, 1% o algún otro valor semejante.

- d) Buscar en tablas estadísticas el valor máximo permisible "D" (D tablas) para el tamaño de muestra usado y el valor del nivel de significancia escogido.
- e) Se compara "D máx" con "D tablas", y si "D máx" es mayor o igual que "D tablas" se rechaza la hipótesis nula; en caso de que "D máx" sea menor que "D tablas" no se rechaza la hipótesis nula.

2- PRUEBA DEL RANGO DE CONFIABILIDAD DE LAS MEDIAS

Esta prueba se utilizó para saber si todos los valores de concentración promedio obtenidos experimentalmente son - estadísticamente iguales.

Esta prueba consiste en que en cada experimento se toma un número n de muestras y se determina la media (\bar{X}) de - cada experimento ($\bar{X} = 1/n \sum_{i=1}^n X_i$). A continuación se calcula el promedio de las medias ($\bar{\bar{X}}$), este se obtiene a partir de las k medias obtenidas anteriormente ($\bar{\bar{X}} = 1/k \sum_{i=1}^k \bar{X}_i$).

Por lo que los límites de confiabilidad para la media serán los siguientes:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A \bar{R}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A \bar{R}$$

En donde: LSC - Límite superior de confiabilidad

LIC - Límite inferior de Confiabilidad

\bar{R} - Promedio de los rangos de cada - experimento ($\bar{R} = 1/k \sum R$)

R - Rango de cada experimento (mayor valor de x - menor valor de x).

$A = 3/(d_2 \sqrt{n})$ para cada n empleado (t_{α} blas).

Todo lo anterior es bajo la suposición de que las medias provienen de una muestra de una población normal.

APLICACIÓN DEL RANGO DE CONFIABILIDAD DE LAS
MEDIAS

Corrida	C	\bar{C}/R	Corrida	C	\bar{C}/R
	0.170			0.175	
	0.173			0.177	
I	0.174	0.1742/0.007	6	0.170	0.1742/0.007
	0.175			0.174	
	0.176			0.173	
	0.177			0.176	
	0.178			0.174	
	0.179		0.176		
3	0.178	0.1770/0.005	8	0.178	0.1770/0.005
	0.174			0.178	
	0.176			0.179	
	0.177			0.177	
	0.179			0.177	
	0.169		0.176		
4	0.177	0.1758/0.010	9	0.177	0.1760/0.009
	0.176			0.177	
	0.177			0.179	
	0.177			0.170	
	0.177			0.177	

Corrida	C	\bar{C}/R
	0.193	
	0.199	
2	0.192	0.1952/0.009
	0.198	
	0.199	
	0.190	
	0.190	
	0.193	
5	0.191	0.1920/0.003
	0.193	
	0.192	
	0.193	
	0.198	
	0.193	
7	0.199	0.1952/0.009
	0.192	
	0.199	
	0.190	
	0.195	
	0.198	
10	0.198	0.1981/0.005
	0.199	
	0.199	
	0.200	

Aplicando las fórmulas anteriores:

$$\bar{X} = 1.0542/6 = 17.57$$

$$\bar{R} = 0.043/6 = 0.0071$$

Para $n = 6$ $A_2 = 0.483$ (Tablas estadísticas)

Por lo que tendremos:

$$LSC = 0.1757 + 0.483(0.0071) = 0.1791$$

$$LIC = 0.1757 - 0.483(0.0071) = 0.1723$$

Como puede verse, todos los valores promedio de concentración (\bar{C}), para estas seis corridas (1,3,4,6,8 y 9) caen dentro del rango de confiabilidad obtenido; por lo que se puede trabajar con un promedio de promedios de concentración.

Para las otras 4 corridas experimentales se hizo lo mismo; esto fue debido a que en estos experimentos se usó agua que provenía de una fuente diferente a la empleada en las demás corridas. Como puede verse a continuación, también los valores de concentración promedio (\bar{C}) de estas corridas, caen dentro de los límites de confiabilidad que se han obtenido para ellas; (corridas 2,5,7 y 10).

Usando las fórmulas:

$$\bar{X} = 0.7805/4 = 0.1951$$

$$\bar{R} = 0.26/4 = 0.0065$$

para $n = 6$ $A_2 = 0.483$ (Tablas estadísticas)

por lo que tenemos:

$$LSC = 0.1951 + 0.483(0.0065) = 0.1982$$

$$LIC = 0.1951 - 0.483(0.0065) = 0.1920$$

3* PRUEBA DE RACHAS DE WALD-WOLPowitz.

En esta prueba se le llama "racha" o "secuencia" a una sucesión de datos bordeada a ambos lados por datos de otro tipo.

Lo más común al analizar un grupo de datos es hacer la suposición de que las observaciones constituyen una muestra aleatoria de una población dada. Esta prueba que se presenta a continuación, proporciona una forma de decisión para saber si esta suposición es válida.

En esta prueba se usa el número de secuencias (U) como una medida de la aleatoriedad de la muestra. Los datos serán una serie de observaciones tomadas en orden de ocurrencia.

Las observaciones las dividiremos en dos tipos; por decir en positivas y negativas.

Las hipótesis que se contrastan son:

Hipótesis nula: El proceso de generación de la muestra (H₀) es aleatorio.

Hipótesis alterna: Las variaciones aleatorias en la sucesión son dependientes, o se distribuyen diferentes unas de otras.

En el caso de que n_1 y n_2 (número de eventos de una clase y, número de eventos de otra clase respectivamente) sean mayores que 20, se puede utilizar una aproximación a la normal usando como estadístico Z_c , donde Z_c es:

$$Z_c = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u}$$

donde:

$$\mu_u = \frac{2 n_1 n_2}{n_1 + n_2} - 1$$

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}}$$

Entonces, la regla de decisión va a ser:

Rechazar H_0 si $Z_c < Z_{\frac{\alpha}{2}}$ o $Z_c > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ y se concluye que a un nivel de significancia de α % la muestra no es aleatoria, ($\alpha = x\%$). Donde $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ se busca en tablas estadísticas para el nivel de significancia elegido.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE ESTA PRUEBA

En este ejemplo se utilizaron los datos de la corrida experimental # 6.

- 1- Se calcula las diferencias entre E_s teo y E_s exp.
- 2- Se le llamó n_1 al número de diferencias con signo positivo (+) y n_2 a las de signo negativo (-).
- 3- Se cuenta el número de rachas o secuencias (U) que hubo (las rachas se tomaron como el número de veces que cambió el signo en las diferencias).
- 4- Se calcula Z_c en la forma explicada anteriormente.

Ejemplo:

$$U = 7$$

$$n_1 = 41$$

$$n_2 = 35$$

$$Z_c = \frac{U - \mu_0}{\sigma_0}$$

$$Z_c = \frac{7 - \left[\frac{2(41)(35)}{(41+35)} - 1 \right]}{\sqrt{\frac{(2)(41)(35) \left(\frac{2(41)(35)}{(41+35)} - 41 - 35 \right)}{(41+35)^2 (41+35-1)}}$$

$$Z_c = \frac{7 - 38.7632}{4.3024} = -7.3827$$

$$\text{A un } \alpha = 5\% \quad +Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96 \quad \text{y} \quad -Z_{\frac{\alpha}{2}} = -1.96$$

Como $-7.38 < -1.96$ a un $\alpha = 5\%$ se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se concluye que las diferencias entre los valores de $E_{\text{te o}}$ y E_{exp} no son debidos al azar, o sea que no existe diferencia significativa entre ambos modelos.

A P É N D I C E I I I

TABLA 3.2

	TETA.	ABS PROM 2	Eθ Teo.	Eθ Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.1070	0.9965	0.5487	0.0016
3	0.0069	0.2975	0.9931	1.5256	0.0003
4	0.0104	0.2205	0.9896	1.1821	0.0009
5	0.0139	0.1945	0.9862	0.9974	0.0010
6	0.0174	0.1885	0.9828	0.9667	0.0009
7	0.0208	0.1810	0.9794	0.9282	0.0007
8	0.0243	0.1760	0.9760	0.9026	0.0005
9	0.0278	0.1720	0.9726	0.8821	0.0002
10	0.0313	0.1700	0.9692	0.8718	0.0002
11	0.0347	0.1700	0.9659	0.8718	0.0005
12	0.0382	0.1685	0.9625	0.8641	0.0009
13	0.0452	0.1675	0.9558	0.8590	0.0016
14	0.0521	0.1670	0.9492	0.8564	0.0022
15	0.0591	0.1665	0.9426	0.8538	0.0029
16	0.0660	0.1640	0.9361	0.8410	0.0036
17	0.0730	0.1610	0.9296	0.8256	0.0043
18	0.0799	0.1600	0.9232	0.8205	0.0050
19	0.0869	0.1600	0.9168	0.8205	0.0057
20	0.0938	0.1585	0.9105	0.8128	0.0064
21	0.1077	0.1570	0.8979	0.8051	0.0078
22	0.1216	0.1525	0.8855	0.7821	0.0093
23	0.1355	0.1510	0.8733	0.7744	0.0108
24	0.1494	0.1495	0.8612	0.7667	0.0122
25	0.1633	0.1490	0.8492	0.7641	0.0135
26	0.1772	0.1470	0.8376	0.7538	0.0147
27	0.1911	0.1440	0.8261	0.7385	0.0160
28	0.2050	0.1415	0.8147	0.7256	0.0173
29	0.2189	0.1400	0.8034	0.7179	0.0186
30	0.2328	0.1390	0.7923	0.7128	0.0198
31	0.2536	0.1365	0.7760	0.7000	0.0215
32	0.2745	0.1325	0.7600	0.6795	0.0234
33	0.2953	0.1300	0.7443	0.6667	0.0251
34	0.3162	0.1285	0.7289	0.6590	0.0268
35	0.3370	0.1265	0.7139	0.6487	0.0283
36	0.3578	0.1205	0.6992	0.6179	0.0301
37	0.3787	0.1185	0.6848	0.6077	0.0319
38	0.3995	0.1175	0.6706	0.6026	0.0334
39	0.4204	0.1130	0.6568	0.5795	0.0352
40	0.4412	0.1105	0.6433	0.5667	0.0369

TABLA 3.2 (Cont.)

	TETA.	ABS FROM 2	Es Teo.	Es Exp.	D EXP.
41	0.4829	0.1080	0.6170	0.5538	0.0401
42	0.5246	0.1015	0.5918	0.5205	0.0436
43	0.5663	0.0975	0.5676	0.5000	0.0469
44	0.6080	0.0925	0.5444	0.4744	0.0503
45	0.6497	0.0880	0.5222	0.4513	0.0537
46	0.6914	0.0845	0.5009	0.4333	0.0570
47	0.7331	0.0805	0.4804	0.4128	0.0602
48	0.7747	0.0790	0.4608	0.4051	0.0630
49	0.8164	0.0760	0.4420	0.3897	0.0655
50	0.8581	0.0715	0.4240	0.3667	0.0683
51	0.9415	0.0675	0.3900	0.3462	0.0734
52	1.0249	0.0625	0.3588	0.3205	0.0778
53	1.1083	0.0575	0.3301	0.2949	0.0820
54	1.1916	0.0505	0.3037	0.2590	0.0868
55	1.2750	0.0480	0.2794	0.2462	0.0905
56	1.3584	0.0430	0.2571	0.2205	0.0945
57	1.4418	0.0400	0.2365	0.2051	0.0980
58	1.5252	0.0370	0.2176	0.1897	0.1011
59	1.6085	0.0340	0.2002	0.1744	0.1039
60	1.6919	0.0300	0.1842	0.1538	0.1071
61	1.8170	0.0275	0.1625	0.1410	0.1111
62	1.9421	0.0220	0.1434	0.1128	0.1161
63	2.0671	0.0200	0.1265	0.1026	0.1202
64	2.1922	0.0175	0.1117	0.0897	0.1238
65	2.3173	0.0150	0.0985	0.0769	0.1273
66	2.4423	0.0125	0.0870	0.0641	0.1309
67	2.5674	0.0115	0.0767	0.0590	0.1337
68	2.6925	0.0100	0.0677	0.0513	0.1364
69	2.8176	0.0085	0.0598	0.0436	0.1389
70	2.9426	0.0075	0.0527	0.0385	0.1411
71	3.1511	0.0065	0.0428	0.0323	0.1440
72	3.3595	0.0045	0.0348	0.0231	0.1473
73	3.5680	0.0030	0.0282	0.0154	0.1506
74	3.7764	0.0020	0.0229	0.0103	0.1538
75	3.9849	0.0010	0.0186	0.0051	0.1570
76	4.1933	0.0005	0.0151	0.0026	0.1600
77	4.4018	0.0000	0.0123	0.0000	0.1628*
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

F0 exp. = 0.8249

TABLA 3.3

	TETA.	ABS PROM 3	Eθ Teo.	Eθ Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0180	0.9965	0.1024	0.0031
3	0.0069	0.1245	0.9931	0.7086	0.0041
4	0.0104	0.1525	0.9896	0.8680	0.0045
5	0.0139	0.1645	0.9862	0.9363	0.0047
6	0.0174	0.1700	0.9828	0.9676	0.0048
7	0.0208	0.1700	0.9794	0.9676	0.0048
8	0.0243	0.1695	0.9760	0.9647	0.0049
9	0.0278	0.1675	0.9726	0.9533	0.0049
10	0.0313	0.1675	0.9692	0.9533	0.0050
11	0.0347	0.1670	0.9659	0.9505	0.0051
12	0.0382	0.1655	0.9625	0.9419	0.0051
13	0.0452	0.1640	0.9558	0.9334	0.0053
14	0.0521	0.1625	0.9492	0.9249	0.0055
15	0.0591	0.1615	0.9426	0.9192	0.0057
16	0.0660	0.1605	0.9361	0.9135	0.0059
17	0.0730	0.1595	0.9296	0.9078	0.0060
18	0.0799	0.1590	0.9232	0.9050	0.0062
19	0.0869	0.1575	0.9168	0.8964	0.0064
20	0.0938	0.1560	0.9105	0.8879	0.0065
21	0.1077	0.1540	0.8979	0.8765	0.0069
22	0.1216	0.1510	0.8855	0.8594	0.0074
23	0.1355	0.1500	0.8733	0.8537	0.0077
24	0.1494	0.1495	0.8612	0.8509	0.0080
25	0.1633	0.1475	0.8493	0.8395	0.0082
26	0.1772	0.1455	0.8376	0.8281	0.0084
27	0.1911	0.1415	0.8261	0.8054	0.0088
28	0.2050	0.1400	0.8147	0.7968	0.0091
29	0.2189	0.1390	0.8034	0.7911	0.0093
30	0.2328	0.1370	0.7923	0.7797	0.0096
31	0.2536	0.1340	0.7760	0.7627	0.0100
32	0.2745	0.1310	0.7600	0.7456	0.0105
33	0.2953	0.1295	0.7443	0.7371	0.0108
34	0.3162	0.1255	0.7289	0.7143	0.0113
35	0.3370	0.1225	0.7139	0.6972	0.0118
36	0.3578	0.1195	0.6992	0.6801	0.0123
37	0.3787	0.1175	0.6848	0.6688	0.0128
38	0.3995	0.1145	0.6706	0.6517	0.0134
39	0.4204	0.1125	0.6568	0.6403	0.0138
40	0.4412	0.1100	0.6433	0.6261	0.0143

ESTADÍSTICA DE LA
TABLA 313 (CLASIFICACIÓN DE LA)

	TETA.	ABS FROM 3	Es Teo.	Es Exp.	D EXP.
41	0.4829	0.1050	0.6170	0.5976	0.0157
42	0.5246	0.1005	0.5918	0.5720	0.0170
43	0.5663	0.0970	0.5676	0.5521	0.0182
44	0.6080	0.0925	0.5444	0.5265	0.0194
45	0.6497	0.0880	0.5222	0.5009	0.0208
46	0.6914	0.0850	0.5009	0.4838	0.0219
47	0.7331	0.0815	0.4804	0.4639	0.0230
48	0.7747	0.0780	0.4608	0.4439	0.0242
49	0.8164	0.0735	0.4420	0.4183	0.0255
50	0.8581	0.0700	0.4240	0.3984	0.0270
51	0.9415	0.0665	0.3900	0.3785	0.0293
52	1.0249	0.0610	0.3588	0.3472	0.0316
53	1.1083	0.0560	0.3301	0.3187	0.0337
54	1.1916	0.0510	0.3037	0.2903	0.0359
55	1.2750	0.0470	0.2794	0.2675	0.0379
56	1.3584	0.0425	0.2571	0.2419	0.0401
57	1.4418	0.0390	0.2365	0.2220	0.0422
58	1.5252	0.0355	0.2176	0.2020	0.0442
59	1.6085	0.0320	0.2002	0.1821	0.0464
60	1.6919	0.0295	0.1842	0.1679	0.0485
61	1.8170	0.0260	0.1625	0.1480	0.0516
62	1.9421	0.0225	0.1434	0.1281	0.0547
63	2.0671	0.0200	0.1265	0.1138	0.0573
64	2.1922	0.0175	0.1117	0.0996	0.0597
65	2.3173	0.0155	0.0985	0.0882	0.0618
66	2.4423	0.0140	0.0870	0.0797	0.0635
67	2.5674	0.0115	0.0767	0.0655	0.0655
68	2.6925	0.0100	0.0677	0.0569	0.0674
69	2.8176	0.0085	0.0599	0.0484	0.0693
70	2.9426	0.0075	0.0527	0.0427	0.0710
71	3.1511	0.0060	0.0428	0.0341	0.0738
72	3.3595	0.0040	0.0348	0.0228	0.0771
73	3.5680	0.0025	0.0282	0.0142	0.0807
74	3.7764	0.0015	0.0229	0.0085	0.0842
75	3.9849	0.0005	0.0186	0.0028	0.0879
76	4.1933	0.0000	0.0151	0.0000	0.0914
77	4.4018	0.0000	0.0122	0.0000	0.0000
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

Fe exp. = 0.8935

TABLA 3.4

	TETA.	ABS PRON 4	Eθ Tec.	Eθ Exp.	D EXP.
	-----	-----	-----	-----	-----
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0895	0.9965	0.5094	0.0017
3	0.0069	0.1985	0.9931	1.1298	0.0012
4	0.0104	0.2005	0.9896	1.1411	0.0007
5	0.0139	0.1850	0.9862	1.0529	0.0005
6	0.0174	0.1750	0.9828	0.9960	0.0004
7	0.0208	0.1700	0.9794	0.9676	0.0005
8	0.0243	0.1690	0.9760	0.9619	0.0005
9	0.0278	0.1680	0.9726	0.9562	0.0006
10	0.0313	0.1680	0.9692	0.9562	0.0007
11	0.0347	0.1675	0.9659	0.9533	0.0007
12	0.0382	0.1665	0.9625	0.9476	0.0008
13	0.0452	0.1660	0.9558	0.9448	0.0009
14	0.0521	0.1640	0.9492	0.9334	0.0010
15	0.0591	0.1620	0.9426	0.9220	0.0012
16	0.0660	0.1610	0.9361	0.9163	0.0013
17	0.0730	0.1605	0.9296	0.9135	0.0015
18	0.0799	0.1595	0.9232	0.9078	0.0016
19	0.0869	0.1590	0.9168	0.9050	0.0017
20	0.0939	0.1580	0.9105	0.8993	0.0018
21	0.1077	0.1560	0.8979	0.8879	0.0020
22	0.1216	0.1540	0.8855	0.8765	0.0022
23	0.1355	0.1505	0.8733	0.8566	0.0025
24	0.1494	0.1495	0.8612	0.8509	0.0028
25	0.1633	0.1480	0.8493	0.8423	0.0030
26	0.1772	0.1460	0.8376	0.8310	0.0031
27	0.1911	0.1440	0.8261	0.8196	0.0033
28	0.2050	0.1425	0.8147	0.8110	0.0034
29	0.2189	0.1405	0.8034	0.7997	0.0036
30	0.2328	0.1395	0.7923	0.7940	0.0036
31	0.2536	0.1365	0.7760	0.7769	0.0038
32	0.2745	0.1325	0.7600	0.7541	0.0041
33	0.2953	0.1295	0.7443	0.7371	0.0044
34	0.3162	0.1275	0.7289	0.7257	0.0046
35	0.3370	0.1230	0.7139	0.7001	0.0050
36	0.3578	0.1200	0.6992	0.6830	0.0055
37	0.3787	0.1195	0.6848	0.6801	0.0058
38	0.3995	0.1155	0.6706	0.6574	0.0062
39	0.4204	0.1135	0.6568	0.6460	0.0066
40	0.4412	0.1110	0.6433	0.6318	0.0069

TABLA 3.4 (Cont.)

	<u>TETA.</u>	<u>ABS PROM 4</u>	<u>Ee Teo.</u>	<u>Ee Exp.</u>	<u>D EXP.</u>
41	0.4829	0.1065	0.6170	0.6061	0.0079
42	0.5246	0.0995	0.5918	0.5663	0.0095
43	0.5663	0.0955	0.5676	0.5435	0.0110
44	0.6080	0.0910	0.5444	0.5179	0.0126
45	0.6497	0.0880	0.5222	0.5009	0.0140
46	0.6914	0.0845	0.5009	0.4809	0.0152
47	0.7331	0.0810	0.4804	0.4610	0.0165
48	0.7747	0.0785	0.4608	0.4468	0.0175
49	0.8164	0.0755	0.4420	0.4297	0.0184
50	0.8581	0.0715	0.4240	0.4069	0.0195
51	0.9415	0.0670	0.3900	0.3813	0.0216
52	1.0249	0.0615	0.3588	0.3500	0.0236
53	1.1083	0.0570	0.3301	0.3244	0.0252
54	1.1916	0.0520	0.3037	0.2960	0.0270
55	1.2750	0.0485	0.2794	0.2760	0.0283
56	1.3584	0.0445	0.2571	0.2533	0.0295
57	1.4418	0.0405	0.2365	0.2305	0.0308
58	1.5252	0.0370	0.2176	0.2106	0.0322
59	1.6085	0.0335	0.2002	0.1907	0.0337
60	1.6919	0.0310	0.1842	0.1764	0.0350
61	1.8170	0.0270	0.1625	0.1537	0.0374
62	1.9421	0.0240	0.1434	0.1366	0.0395
63	2.0671	0.0215	0.1265	0.1224	0.0410
64	2.1922	0.0185	0.1117	0.1053	0.0427
65	2.3173	0.0165	0.0985	0.0939	0.0441
66	2.4423	0.0145	0.0870	0.0825	0.0454
67	2.5674	0.0130	0.0767	0.0740	0.0463
68	2.6925	0.0115	0.0677	0.0655	0.0472
69	2.8176	0.0100	0.0598	0.0569	0.0480
70	2.9426	0.0090	0.0527	0.0512	0.0486
71	3.1511	0.0070	0.0428	0.0398	0.0503
72	3.3595	0.0060	0.0348	0.0341	0.0512
73	3.5680	0.0040	0.0282	0.0228	0.0530
74	3.7764	0.0030	0.0229	0.0171	0.0547
75	3.9849	0.0020	0.0186	0.0114	0.0567
76	4.1933	0.0015	0.0151	0.0085	0.0584
77	4.4018	0.0010	0.0123	0.0057	0.0600
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0624
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0600
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0600

F* exp. =

0.9277

TABLE 3.5

	TETA.	ABS PROM 5	Eθ Teo.	Eθ Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0335	0.9965	0.1718	0.0029
3	0.0069	0.1975	0.9931	1.0128	0.0028
4	0.0104	0.1970	0.9896	1.0103	0.0027
5	0.0139	0.1985	0.9862	1.0179	0.0026
6	0.0174	0.1865	0.9829	0.9564	0.0027
7	0.0208	0.1850	0.9794	0.9487	0.0028
8	0.0243	0.1845	0.9760	0.9462	0.0030
9	0.0278	0.1885	0.9726	0.9667	0.0030
10	0.0313	0.1880	0.9692	0.9641	0.0030
11	0.0347	0.1860	0.9659	0.9538	0.0031
12	0.0382	0.1860	0.9625	0.9538	0.0031
13	0.0452	0.1850	0.9558	0.9487	0.0032
14	0.0521	0.1835	0.9492	0.9410	0.0032
15	0.0591	0.1815	0.9426	0.9308	0.0033
16	0.0660	0.1810	0.9361	0.9282	0.0034
17	0.0730	0.1795	0.9296	0.9205	0.0035
18	0.0799	0.1795	0.9232	0.9205	0.0036
19	0.0869	0.1780	0.9168	0.9128	0.0036
20	0.0938	0.1750	0.9105	0.9026	0.0037
21	0.1077	0.1735	0.8979	0.8897	0.0039
22	0.1216	0.1715	0.8855	0.8795	0.0041
23	0.1355	0.1695	0.8723	0.8692	0.0042
24	0.1494	0.1680	0.8612	0.8615	0.0043
25	0.1633	0.1650	0.8493	0.8462	0.0044
26	0.1772	0.1615	0.8376	0.8282	0.0046
27	0.1911	0.1605	0.8261	0.8231	0.0047
28	0.2050	0.1580	0.8147	0.8103	0.0049
29	0.2189	0.1560	0.8034	0.8000	0.0050
30	0.2328	0.1530	0.7923	0.7846	0.0052
31	0.2536	0.1505	0.7760	0.7718	0.0054
32	0.2745	0.1480	0.7600	0.7590	0.0056
33	0.2953	0.1450	0.7443	0.7436	0.0058
34	0.3162	0.1415	0.7289	0.7256	0.0060
35	0.3370	0.1390	0.7139	0.7128	0.0062
36	0.3578	0.1380	0.6992	0.7077	0.0062
37	0.3787	0.1325	0.6848	0.6795	0.0064
38	0.3995	0.1300	0.6706	0.6667	0.0067
39	0.4204	0.1275	0.6568	0.6538	0.0069
40	0.4412	0.1230	0.6433	0.6308	0.0073

TABLE 3.5 (Cont.)

	TETA.	ABS PROM 5	EO Top.	EO Exp.	D EXP.
41	0.4829	0.1195	0.6170	0.6128	0.0090
42	0.5246	0.1130	0.5918	0.5795	0.0090
43	0.5663	0.1080	0.5676	0.5538	0.0101
44	0.6080	0.1015	0.5444	0.5205	0.0116
45	0.6497	0.0980	0.5222	0.5026	0.0129
46	0.6914	0.0945	0.5009	0.4846	0.0140
47	0.7331	0.0905	0.4804	0.4641	0.0151
48	0.7747	0.0860	0.4608	0.4410	0.0163
49	0.8164	0.0820	0.4420	0.4205	0.0176
50	0.8581	0.0785	0.4240	0.4026	0.0189
51	0.9415	0.0715	0.3900	0.3667	0.0222
52	1.0249	0.0670	0.3588	0.3436	0.0248
53	1.1083	0.0620	0.3301	0.3179	0.0270
54	1.1916	0.0565	0.3037	0.2897	0.0292
55	1.2750	0.0510	0.2794	0.2615	0.0317
56	1.3584	0.0475	0.2571	0.2436	0.0338
57	1.4418	0.0435	0.2365	0.2231	0.0357
58	1.5252	0.0395	0.2176	0.2026	0.0377
59	1.6085	0.0365	0.2002	0.1872	0.0395
60	1.6919	0.0340	0.1842	0.1744	0.0410
61	1.8170	0.0295	0.1625	0.1513	0.0438
62	1.9421	0.0265	0.1434	0.1359	0.0459
63	2.0671	0.0210	0.1265	0.1077	0.0493
64	2.1922	0.0185	0.1117	0.0949	0.0523
65	2.3173	0.0160	0.0985	0.0821	0.0551
66	2.4423	0.0140	0.0870	0.0718	0.0577
67	2.5674	0.0120	0.0767	0.0615	0.0603
68	2.6925	0.0105	0.0677	0.0538	0.0625
69	2.8176	0.0100	0.0598	0.0513	0.0641
70	2.9426	0.0085	0.0527	0.0436	0.0657
71	3.1511	0.0070	0.0426	0.0359	0.0681
72	3.3595	0.0055	0.0348	0.0282	0.0702
73	3.5680	0.0040	0.0282	0.0205	0.0725
74	3.7764	0.0025	0.0229	0.0128	0.0752
75	3.9849	0.0015	0.0186	0.0077	0.0779
76	4.1933	0.0010	0.0151	0.0051	0.0803
77	4.4018	0.0005	0.0123	0.0026	0.0826
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0849
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

Fe exp. = 0.9051

TABLE 3.6

	TETA.	ABS FROM 6	Eθ Teo.	Eθ Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0000	0.9965	0.0000	0.0035
3	0.0069	0.0505	0.9931	0.2874	0.0059
4	0.0104	0.1345	0.9896	0.7655	0.0067
5	0.0139	0.1720	0.9862	0.9789	0.0067
6	0.0174	0.1700	0.9828	0.9676	0.0068
7	0.0208	0.1730	0.9794	0.9846	0.0068
8	0.0243	0.1710	0.9760	0.9732	0.0068
9	0.0278	0.1705	0.9726	0.9704	0.0068
10	0.0313	0.1700	0.9692	0.9676	0.0068
11	0.0347	0.1710	0.9659	0.9732	0.0068
12	0.0382	0.1700	0.9625	0.9676	0.0068
13	0.0452	0.1700	0.9558	0.9676	0.0067
14	0.0521	0.1695	0.9492	0.9647	0.0067
15	0.0591	0.1690	0.9426	0.9619	0.0065
16	0.0660	0.1675	0.9361	0.9533	0.0064
17	0.0730	0.1680	0.9296	0.9562	0.0063
18	0.0799	0.1640	0.9232	0.9334	0.0062
19	0.0869	0.1615	0.9168	0.9192	0.0062
20	0.0938	0.1605	0.9105	0.9135	0.0062
21	0.1077	0.1600	0.8979	0.9106	0.0062
22	0.1216	0.1580	0.8855	0.8993	0.0060
23	0.1255	0.1565	0.8733	0.8907	0.0059
24	0.1494	0.1520	0.8612	0.8651	0.0059
25	0.1633	0.1505	0.8493	0.8566	0.0059
26	0.1772	0.1500	0.8376	0.8537	0.0058
27	0.1911	0.1475	0.8261	0.8395	0.0057
28	0.2050	0.1465	0.8147	0.8338	0.0055
29	0.2189	0.1420	0.8034	0.8082	0.0055
30	0.2328	0.1405	0.7923	0.7997	0.0055
31	0.2536	0.1400	0.7760	0.7968	0.0052
32	0.2745	0.1385	0.7600	0.7883	0.0048
33	0.2953	0.1355	0.7443	0.7712	0.0044
34	0.3162	0.1315	0.7289	0.7484	0.0041
35	0.3370	0.1300	0.7139	0.7399	0.0037
36	0.3578	0.1280	0.6992	0.7285	0.0033
37	0.3787	0.1225	0.6848	0.6972	0.0032
38	0.3995	0.1205	0.6706	0.6858	0.0030
39	0.4204	0.1185	0.6568	0.6744	0.0028
40	0.4412	0.1165	0.6433	0.6631	0.0025

TABLA 2.6 (Cont.)

TEIA.	ABS PROM t	Ee Tec.	Ee Exp.	D EXP.	
41	0.4829	0.1100	0.5170	0.6261	0.0027
42	0.5245	0.1075	0.5918	0.6112	0.0024
43	0.5663	0.1010	0.5676	0.5749	0.0025
44	0.6080	0.0940	0.5444	0.5350	0.0034
45	0.6497	0.0910	0.5222	0.5179	0.0041
46	0.6914	0.0880	0.5009	0.5009	0.0045
47	0.7331	0.0825	0.4804	0.4752	0.0051
48	0.7747	0.0800	0.4608	0.4553	0.0058
49	0.8164	0.0779	0.4420	0.4382	0.0063
50	0.8581	0.0720	0.4240	0.4098	0.0073
51	0.9415	0.0680	0.3900	0.3870	0.0089
52	1.0249	0.0620	0.3588	0.3529	0.0107
53	1.1083	0.0575	0.3301	0.3273	0.0121
54	1.1916	0.0520	0.3037	0.2960	0.0139
55	1.2750	0.0485	0.2794	0.2760	0.0152
56	1.3584	0.0450	0.2571	0.2561	0.0161
57	1.4418	0.0400	0.2365	0.2277	0.0177
58	1.5252	0.0380	0.2176	0.2163	0.0186
59	1.6085	0.0350	0.2002	0.1992	0.0194
60	1.6919	0.0305	0.1842	0.1736	0.0210
61	1.8170	0.0285	0.1625	0.1622	0.0223
62	1.9421	0.0225	0.1434	0.1281	0.0254
63	2.0671	0.0200	0.1265	0.1138	0.0280
64	2.1922	0.0185	0.1117	0.1053	0.0297
65	2.3173	0.0175	0.0985	0.0996	0.0304
66	2.4423	0.0145	0.0870	0.0825	0.0317
67	2.5674	0.0115	0.0767	0.0655	0.0337
68	2.6925	0.0100	0.0677	0.0569	0.0356
69	2.8176	0.0095	0.0598	0.0541	0.0368
70	2.9426	0.0085	0.0527	0.0484	0.0378
71	3.1511	0.0075	0.0428	0.0427	0.0388
72	3.3595	0.0055	0.0348	0.0312	0.0403
73	3.5680	0.0035	0.0282	0.0199	0.0427
74	3.7764	0.0020	0.0229	0.0114	0.0457
75	3.9849	0.0010	0.0186	0.0057	0.0488
76	4.1933	0.0005	0.0151	0.0028	0.0517
77	4.4018	0.0000	0.0123	0.0000	0.0545*
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

Fo exp. : 0.9332

TABLA 3.7

	<u>TETA.</u>	<u>ABS PROM 7</u>	<u>ES Teo.</u>	<u>ES Exp.</u>	<u>D EXP.</u>
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0000	0.9965	0.0000	0.0035
3	0.0069	0.0380	0.9931	0.1949	0.0062
4	0.0104	0.1315	0.9896	0.6744	0.0073
5	0.0139	0.1412	0.9862	0.7241	0.0083
6	0.0174	0.1510	0.9828	0.7744	0.0090
7	0.0208	0.1655	0.9794	0.8487	0.0095
8	0.0243	0.1705	0.9760	0.8744	0.0098
9	0.0278	0.1685	0.9726	0.8641	0.0102
10	0.0313	0.1685	0.9692	0.8641	0.0106
11	0.0347	0.1700	0.9659	0.8718	0.0109
12	0.0382	0.1700	0.9625	0.8718	0.0112
13	0.0452	0.1700	0.9558	0.8718	0.0118
14	0.0521	0.1695	0.9492	0.8692	0.0124
15	0.0591	0.1685	0.9426	0.8641	0.0130
16	0.0660	0.1680	0.9361	0.8615	0.0135
17	0.0730	0.1670	0.9296	0.8564	0.0140
18	0.0799	0.1655	0.9232	0.8487	0.0146
19	0.0869	0.1630	0.9168	0.8359	0.0152
20	0.0938	0.1610	0.9105	0.8256	0.0158
21	0.1077	0.1605	0.8979	0.8231	0.0169
22	0.1216	0.1590	0.8855	0.8154	0.0180
23	0.1355	0.1570	0.8733	0.8051	0.0190
24	0.1494	0.1535	0.8612	0.7872	0.0201
25	0.1632	0.1515	0.8493	0.7769	0.0212
26	0.1772	0.1500	0.8376	0.7692	0.0222
27	0.1911	0.1485	0.8261	0.7615	0.0232
28	0.2050	0.1470	0.8147	0.7538	0.0241
29	0.2189	0.1435	0.8034	0.7359	0.0252
30	0.2328	0.1410	0.7923	0.7231	0.0262
31	0.2536	0.1395	0.7760	0.7154	0.0276
32	0.2745	0.1370	0.7600	0.7026	0.0290
33	0.2953	0.1340	0.7443	0.6872	0.0303
34	0.3162	0.1310	0.7289	0.6718	0.0317
35	0.3370	0.1285	0.7139	0.6590	0.0330
36	0.3578	0.1250	0.6992	0.6410	0.0344
37	0.3787	0.1210	0.6848	0.6205	0.0358
38	0.3995	0.1200	0.6706	0.6154	0.0371
39	0.4204	0.1175	0.6568	0.6026	0.0384
40	0.4412	0.1135	0.6433	0.5821	0.0398

TABLA 3.7 (Cont.)

	TETA.	ABS PROM 7	ES Teta.	ES Exp.	D EXP.
41	0.4829	0.1100	0.6170	0.5641	0.0426
42	0.5246	0.1045	0.5918	0.5359	0.0454
43	0.5663	0.0995	0.5676	0.5103	0.0483
44	0.6080	0.0950	0.5444	0.4872	0.0512
45	0.6497	0.0915	0.5222	0.4692	0.0539
46	0.6914	0.0875	0.5009	0.4487	0.0565
47	0.7331	0.0840	0.4804	0.4308	0.0590
48	0.7747	0.0800	0.4608	0.4103	0.0615
49	0.8164	0.0775	0.4420	0.3974	0.0637
50	0.8581	0.0775	0.4240	0.3974	0.0652
51	0.9415	0.0675	0.3900	0.3462	0.0703
52	1.0249	0.0630	0.3589	0.3231	0.0745
53	1.1083	0.0580	0.3301	0.2974	0.0784
54	1.1916	0.0525	0.3037	0.2692	0.0824
55	1.2750	0.0490	0.2794	0.2513	0.0858
56	1.3584	0.0455	0.2571	0.2332	0.0886
57	1.4418	0.0415	0.2365	0.2128	0.0915
58	1.5252	0.0380	0.2176	0.1949	0.0941
59	1.6085	0.0350	0.2002	0.1795	0.0966
60	1.6919	0.0325	0.1842	0.1667	0.0987
61	1.8170	0.0285	0.1625	0.1462	0.1021
62	1.9421	0.0230	0.1434	0.1179	0.1064
63	2.0671	0.0215	0.1265	0.1103	0.1095
64	2.1922	0.0195	0.1117	0.1000	0.1119
65	2.3173	0.0155	0.0985	0.0795	0.1151
66	2.4423	0.0150	0.0870	0.0769	0.1170
67	2.5674	0.0130	0.0767	0.0667	0.1189
68	2.6925	0.0110	0.0677	0.0564	0.1209
69	2.8176	0.0100	0.0598	0.0513	0.1224
70	2.9426	0.0095	0.0527	0.0487	0.1233
71	3.1511	0.0080	0.0428	0.0410	0.1247
72	3.3595	0.0060	0.0349	0.0308	0.1264
73	3.5680	0.0045	0.0282	0.0231	0.1281
74	3.7764	0.0025	0.0229	0.0128	0.1307
75	3.9849	0.0015	0.0186	0.0077	0.1334
76	4.1933	0.0005	0.0151	0.0026	0.1364
77	4.4018	0.0000	0.0122	0.0000	0.1392*
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

Fe EXP.

0.8485

TABLA 2.5

	TETA.	ABS FROM 8	E θ Tec.	E θ Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0025	0.0080	0.9985	0.0455	0.0033
3	0.0069	0.0230	0.9931	0.3017	0.0057
4	0.0104	0.0320	0.9896	0.5236	0.0073
5	0.0139	0.1520	0.9862	0.8651	0.0078
6	0.0174	0.1720	0.9822	0.9739	0.0078
7	0.0208	0.1750	0.9794	0.9960	0.0077
8	0.0243	0.1730	0.9760	0.9846	0.0077
9	0.0278	0.1715	0.9725	0.9751	0.0077
10	0.0313	0.1715	0.9692	0.9761	0.0077
11	0.0347	0.1710	0.9659	0.9732	0.0077
12	0.0382	0.1705	0.9625	0.9704	0.0076
13	0.0452	0.1695	0.9559	0.9647	0.0076
14	0.0521	0.1695	0.9492	0.9647	0.0075
15	0.0591	0.1685	0.9426	0.9590	0.0074
16	0.0660	0.1680	0.9361	0.9562	0.0073
17	0.0730	0.1675	0.9296	0.9533	0.0072
18	0.0799	0.1660	0.9232	0.9448	0.0070
19	0.0869	0.1640	0.9168	0.9334	0.0070
20	0.0938	0.1625	0.9105	0.9249	0.0069
21	0.1077	0.1605	0.8979	0.9135	0.0067
22	0.1216	0.1590	0.8855	0.9050	0.0066
23	0.1355	0.1565	0.8733	0.8907	0.0064
24	0.1494	0.1535	0.8612	0.8736	0.0063
25	0.1632	0.1520	0.8493	0.8651	0.0062
26	0.1772	0.1500	0.8376	0.8527	0.0060
27	0.1911	0.1480	0.8261	0.8422	0.0059
28	0.2050	0.1450	0.8147	0.8253	0.0058
29	0.2189	0.1435	0.8024	0.8167	0.0057
30	0.2328	0.1410	0.7923	0.8025	0.0056
31	0.2536	0.1390	0.7760	0.7911	0.0055
32	0.2745	0.1365	0.7600	0.7769	0.0053
33	0.2953	0.1360	0.7443	0.7740	0.0049
34	0.3162	0.1315	0.7289	0.7484	0.0046
35	0.3270	0.1270	0.7139	0.7228	0.0046
36	0.3578	0.1230	0.6992	0.7001	0.0047
37	0.3787	0.1190	0.6848	0.6773	0.0050
38	0.3995	0.1170	0.6706	0.6659	0.0053
39	0.4204	0.1145	0.6568	0.6517	0.0055
40	0.4412	0.1105	0.6433	0.6289	0.0060

TABLE 2.8 (Cont.)

	<u>IETA.</u>	<u>ABS FROM 8</u>	<u>FE Tec.</u>	<u>FE Exp.</u>	<u>D EXP.</u>
41	0.4829	0.1070	0.6170	0.6090	0.0068
42	0.5246	0.1010	0.5918	0.5748	0.0081
43	0.5663	0.0975	0.5676	0.5549	0.0091
44	0.6080	0.0930	0.5444	0.5293	0.0102
45	0.6497	0.0890	0.5222	0.5065	0.0113
46	0.6914	0.0865	0.5009	0.4923	0.0121
47	0.7331	0.0835	0.4804	0.4752	0.0128
48	0.7747	0.0800	0.4608	0.4553	0.0134
49	0.8164	0.0775	0.4420	0.4411	0.0138
50	0.8581	0.0735	0.4240	0.4183	0.0144
51	0.9415	0.0690	0.3900	0.3927	0.0156
52	1.0249	0.0640	0.3588	0.3643	0.0164
53	1.1083	0.0590	0.3301	0.3358	0.0171
54	1.1916	0.0545	0.3037	0.3102	0.0177
55	1.2750	0.0485	0.2794	0.2760	0.0190
56	1.3584	0.0455	0.2571	0.2590	0.0197
57	1.4418	0.0415	0.2365	0.2362	0.0206
58	1.5252	0.0390	0.2176	0.2220	0.0210
59	1.6085	0.0350	0.2002	0.1992	0.0218
60	1.6919	0.0315	0.1842	0.1793	0.0229
61	1.8170	0.0275	0.1625	0.1565	0.0250
62	1.9421	0.0235	0.1434	0.1338	0.0273
63	2.0671	0.0205	0.1265	0.1167	0.0296
64	2.1922	0.0175	0.1117	0.0996	0.0320
65	2.3173	0.0155	0.0985	0.0882	0.0341
66	2.4423	0.0140	0.0870	0.0797	0.0357
67	2.5674	0.0120	0.0767	0.0683	0.0374
68	2.6925	0.0100	0.0677	0.0569	0.0393
69	2.8176	0.0090	0.0598	0.0512	0.0409
70	2.9426	0.0080	0.0527	0.0455	0.0422
71	3.1511	0.0065	0.0428	0.0370	0.0444
72	3.3595	0.0050	0.0348	0.0285	0.0465
73	3.5680	0.0035	0.0282	0.0199	0.0489
74	3.7764	0.0025	0.0229	0.0142	0.0513
75	3.9849	0.0010	0.0186	0.0057	0.0544
76	4.1933	0.0005	0.0151	0.0029	0.0573
77	4.4018	0.0000	0.0123	0.0000	0.0601
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000

FE exp. 0.9276

TABLA 3.9

	TETA.	ABS FROM 9	ES Teo.	ES Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0000	0.9965	0.0000	0.0035
3	0.0069	0.0020	0.9931	0.5236	0.0051
4	0.0104	0.1435	0.9896	0.8167	0.0057
5	0.0139	0.1815	0.9862	1.0330	0.0056
6	0.0174	0.1800	0.9828	1.0245	0.0054
7	0.0208	0.1750	0.9794	0.9960	0.0054
8	0.0243	0.1750	0.9760	1.0017	0.0053
9	0.0278	0.1745	0.9726	0.9931	0.0052
10	0.0313	0.1745	0.9692	0.9932	0.0051
11	0.0347	0.1750	0.9659	0.9960	0.0050
12	0.0382	0.1760	0.9625	1.0017	0.0049
13	0.0452	0.1735	0.9558	0.9875	0.0047
14	0.0521	0.1730	0.9492	0.9846	0.0045
15	0.0591	0.1715	0.9426	0.9761	0.0043
16	0.0660	0.1710	0.9361	0.9732	0.0040
17	0.0730	0.1695	0.9296	0.9647	0.0038
18	0.0799	0.1675	0.9232	0.9533	0.0036
19	0.0869	0.1665	0.9168	0.9476	0.0034
20	0.0938	0.1660	0.9105	0.9468	0.0032
21	0.1077	0.1645	0.8979	0.9363	0.0028
22	0.1216	0.1625	0.8855	0.9249	0.0023
23	0.1355	0.1600	0.8732	0.9106	0.0019
24	0.1494	0.1595	0.8612	0.9078	0.0013
25	0.1633	0.1565	0.8492	0.8907	0.0000
26	0.1772	0.1535	0.8376	0.8736	0.0004
27	0.1911	0.1510	0.8261	0.8594	0.0000
28	0.2050	0.1490	0.8147	0.8480	0.0004
29	0.2189	0.1475	0.8034	0.8395	0.0008
30	0.2328	0.1460	0.7923	0.8310	0.0012
31	0.2536	0.1430	0.7760	0.8139	0.0019
32	0.2745	0.1405	0.7600	0.7997	0.0025
33	0.2953	0.1370	0.7443	0.7797	0.0031
34	0.3162	0.1340	0.7289	0.7627	0.0036
35	0.3370	0.1305	0.7139	0.7427	0.0041
36	0.3578	0.1280	0.6992	0.7285	0.0045
37	0.3787	0.1255	0.6848	0.7143	0.0050
38	0.3995	0.1230	0.6706	0.7001	0.0055
39	0.4204	0.1195	0.6568	0.6801	0.0058
40	0.4412	0.1180	0.6433	0.6716	0.0063

TABLA 3.9 (Cont.)

	TETA.	ABS PROM 9	E ₀ Teo.	E ₀ Exp.	D EXP.
41	0.4829	0.1120	0.6170	0.6375	0.0066
42	0.5246	0.1060	0.5918	0.6033	0.0065
43	0.5663	0.1020	0.5676	0.5805	0.0066
44	0.6080	0.0975	0.5444	0.5549	0.0065
45	0.6497	0.0950	0.5222	0.5407	0.0068
46	0.6914	0.0905	0.5009	0.5151	0.0070
47	0.7331	0.0865	0.4804	0.4923	0.0071
48	0.7747	0.0820	0.4608	0.4667	0.0069
49	0.8164	0.0785	0.4420	0.4468	0.0067
50	0.8581	0.0750	0.4240	0.4326	0.0067
51	0.9415	0.0690	0.3900	0.3927	0.0055
52	1.0249	0.0645	0.3588	0.3671	0.0049
53	1.1083	0.0590	0.3301	0.3358	0.0042
54	1.1916	0.0525	0.3037	0.2988	0.0027
55	1.2750	0.0485	0.2794	0.2760	0.0014
56	1.3584	0.0455	0.2571	0.2590	0.0007
57	1.4418	0.0405	0.2365	0.2305	0.0007
58	1.5252	0.0375	0.2176	0.2134	0.0018
59	1.6085	0.0350	0.2002	0.1992	0.0026
60	1.6919	0.0320	0.1842	0.1821	0.0034
61	1.8170	0.0265	0.1625	0.1508	0.0062
62	1.9421	0.0235	0.1434	0.1338	0.0025
63	2.0671	0.0200	0.1265	0.1138	0.0112
64	2.1922	0.0180	0.1117	0.1024	0.0133
65	2.3173	0.0155	0.0985	0.0882	0.0154
66	2.4423	0.0125	0.0870	0.0711	0.0180
67	2.5674	0.0105	0.0767	0.0599	0.0208
68	2.6925	0.0095	0.0677	0.0541	0.0220
69	2.8176	0.0080	0.0598	0.0455	0.0253
70	2.9426	0.0070	0.0527	0.0398	0.0274
71	3.1511	0.0060	0.0428	0.0341	0.0302
72	3.3595	0.0040	0.0348	0.0228	0.0335
73	3.5680	0.0030	0.0282	0.0171	0.0364
74	3.7764	0.0015	0.0229	0.0085	0.0400
75	3.9849	0.0005	0.0186	0.0028	0.0437
76	4.1933	0.0002	0.0151	0.0011	0.0470
77	4.4018	0.0000	0.0123	0.0000	0.0498
78	4.6102	0.0000	0.0099	0.0000	0.0000
79	4.8187	0.0000	0.0081	0.0000	0.0000
80	5.0271	0.0000	0.0066	0.0000	0.0000
			Fe exp.		
			=	0.9379	

TABLA 3.10

	TETA.	ABS PROM 10	Ee Teo.	Ee Exp.	D EXP.
1	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	0.0035	0.0000	0.9965	0.0000	0.0035
3	0.0069	0.0930	0.9921	0.4769	0.0053
4	0.0104	0.1140	0.9896	0.5846	0.0067
5	0.0139	0.1800	0.9862	0.9231	0.0069
6	0.0174	0.1865	0.9828	0.9564	0.0070
7	0.0208	0.1900	0.9794	0.9744	0.0070
8	0.0243	0.1910	0.9760	0.9795	0.0070
9	0.0278	0.1905	0.9726	0.9769	0.0070
10	0.0313	0.1900	0.9692	0.9744	0.0070
11	0.0347	0.1905	0.9659	0.9769	0.0070
12	0.0382	0.1905	0.9625	0.9769	0.0069
13	0.0452	0.1895	0.9558	0.9718	0.0068
14	0.0521	0.1880	0.9492	0.9641	0.0068
15	0.0591	0.1870	0.9426	0.9590	0.0067
16	0.0660	0.1855	0.9361	0.9513	0.0066
17	0.0730	0.1835	0.9296	0.9410	0.0065
18	0.0799	0.1825	0.9232	0.9359	0.0065
19	0.0869	0.1810	0.9168	0.9282	0.0064
20	0.0938	0.1805	0.9105	0.9256	0.0063
21	0.1077	0.1790	0.8979	0.9179	0.0061
22	0.1216	0.1765	0.8855	0.9051	0.0059
23	0.1355	0.1730	0.8733	0.8872	0.0058
24	0.1494	0.1705	0.8612	0.8744	0.0057
25	0.1632	0.1695	0.8493	0.8692	0.0050
26	0.1772	0.1670	0.8376	0.8564	0.0054
27	0.1911	0.1635	0.8261	0.8385	0.0053
29	0.2050	0.1630	0.8147	0.8359	0.0051
29	0.2189	0.1600	0.8034	0.8205	0.0049
30	0.2328	0.1580	0.7923	0.8103	0.0047
31	0.2536	0.1525	0.7780	0.7821	0.0048
32	0.2745	0.1510	0.7600	0.7744	0.0046
33	0.2953	0.1490	0.7443	0.7641	0.0044
34	0.3162	0.1470	0.7289	0.7538	0.0040
35	0.3370	0.1430	0.7139	0.7393	0.0038
36	0.3579	0.1400	0.6992	0.7179	0.0035
37	0.3787	0.1370	0.6848	0.7026	0.0033
38	0.3995	0.1345	0.6706	0.6897	0.0031
39	0.4204	0.1310	0.6568	0.6718	0.0029
40	0.4412	0.1300	0.6433	0.6667	0.0025

TABLE 3.10 (Cont.)

93

1974.	AGE FROM 10	BY SEX.	BY SEX.	D EXP.	
41	0.4829	0.1120	0.6170	0.6254	0.0027
42	0.5246	0.1165	0.5818	0.5974	0.0030
43	0.5663	0.1215	0.5476	0.5718	0.0033
44	0.6080	0.1275	0.5144	0.5513	0.0036
45	0.6497	0.1340	0.4823	0.5379	0.0041
46	0.6914	0.0975	0.5097	0.5000	0.0047
47	0.7331	0.0930	0.4834	0.4767	0.0051
48	0.7747	0.0895	0.4608	1.4500	0.0057
49	0.8164	0.0865	0.4410	0.4431	0.0064
50	0.8581	0.0839	1.4240	0.4207	0.0069
51	0.9000	0.0817	0.4066	0.4067	0.0074
52	1.0049	0.0805	0.4001	0.3944	0.0081
53	1.1100	0.0795	0.3941	0.3901	0.0086
54	1.1918	0.0787	0.3887	0.3853	0.0091
55	1.2736	0.0780	1.0784	0.3804	0.0096
56	1.3554	0.0775	0.3871	0.3819	0.0101
57	1.4413	0.0770	1.1845	0.3801	0.0107
58	1.5272	0.0765	0.3818	0.3811	0.0112
59	1.6131	0.0761	0.3801	0.3804	0.0117
60	1.6990	0.0757	0.3801	0.3800	0.0121
61	1.7849	0.0754	0.3801	0.3800	0.0126
62	1.8708	0.0751	0.3801	0.3800	0.0131
63	1.9567	0.0748	0.3801	0.3800	0.0136
64	2.0426	0.0745	0.3801	0.3800	0.0141
65	2.1285	0.0742	0.3801	0.3800	0.0146
66	2.2144	0.0739	0.3801	0.3800	0.0151
67	2.3003	0.0736	0.3801	0.3800	0.0156
68	2.3862	0.0733	0.3801	0.3800	0.0161
69	2.4721	0.0730	0.3801	0.3800	0.0166
70	2.5580	0.0727	0.3801	0.3800	0.0171
71	2.6439	0.0724	0.3801	0.3800	0.0176
72	2.7298	0.0721	0.3801	0.3800	0.0181
73	2.8157	0.0718	0.3801	0.3800	0.0186
74	2.9016	0.0715	0.3801	0.3800	0.0191
75	2.9875	0.0712	0.3801	0.3800	0.0196
76	3.0734	0.0709	0.3801	0.3800	0.0201
77	3.1593	0.0706	0.3801	0.3800	0.0206
78	3.2452	0.0703	0.3801	0.3800	0.0211
79	3.3311	0.0700	0.3801	0.3800	0.0216
80	3.4170	0.0697	0.3801	0.3800	0.0221

BY SEX. 2 0.5401

- 1.- A. BURGHARDT, L. Lipowska; Mixing phenomena in a continuous tank reactor. Part I. International Chemical Engineering, Vol 13, No 2, April 1973.
- 2.- A. BURGHARDT, L. Lipowska; Mixing phenomena in a continuous tank reactor. Part II. International Chemical Engineering, Vol 14, No 1, January 1974.
- 3.- LEVENSPIEL, Octave, Ingeniería de las reacciones químicas, 2a. ed., Reverte, Barcelona, 1981.
- 4.- SMITH, J.M., Ingeniería de la cinética química, 2a. ed. Continental, México, 1984.
- 5.- DE LA PEÑA MARRIQUE, Ramón, Introducción al análisis -- ingenieril de los reactores químicos, 1a. ed., Limusa, México, 1981.
- 6.- DENBIGH, Kennet, Teoría del reactor químico, 1a. ed., - Alhambra, Madrid, 1968.
- 7.- KREYGZIG, Erwin, Introducción a la estadística matemática, 1a. ed., Limusa, México, 1979.
- 8.- MILLER, Irwin, F.E. Jhon, Probabilidad y estadística para ingenieros, 1a. ed., Reverte, México, 1980.

- 9.- **GODOY ROMERO, José Manuel**, Estudio 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.
10. **RAMÍREZ BECERRA, Zeferino Ismael**, Influencia de la posición del agitador en la distribución de tiempos de residencia, Parte I: Alimentación del tanque cercana a la mitad del nivel del líquido, (tesis), U.A.G., 1981.
11. **RODELO PEREZ, Luis Guillermo**, Influencia de la excentricidad del agitador en la distribución de tiempos de residencia en un reactor de -- mezcla completa. Parte 3: Angulo de 135 -- entre la boca de entrada y salida, (tesis) U.A.G., 1986.
12. **INFANTE, S.**, Apuntes del curso: Métodos estadísticos no paramétricos, Cuarta escuela de verano, - IPN, 1979.