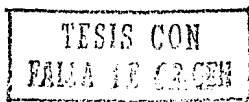


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



**INFLUENCIA DE LA POSICION RADIAL DE LA ALIMENTACION
EN LA DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE RESIDENCIA EN UN
REACTOR DE MEZCLA CON DEFLECTORES**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

HECTOR FERNANDO BAYONA RAMOS

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



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.

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN.	I
SIMBOLOGÍA.	II
CAPÍTULO 1.	
TEORÍA.	1
CAPÍTULO 2.	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO.	10
CAPÍTULO 3.	
DESARROLLO EXPERIMENTAL.	14
CAPÍTULO 4.	
RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS.	17
CAPÍTULO 5.	
COMPARACIÓN CON EL MODELO IDEAL.	42
CONCLUSIONES.	47
BIBLIOGRAFÍA.	48
APÉNDICE I.	
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO.	50
APÉNDICE II.	
DESARROLLO EXPERIMENTAL.	56
APÉNDICE III.	
CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO.	60
APÉNDICE IV.	
PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV Y EJEMPLO DE CÁLCULOS REALIZADOS PARA EL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.	64
APÉNDICE V.	
PRUEBA DE INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA MEDIA.	75

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la posición radial de la alimentación, en un reactor de mezcla completa con deflectores, con flujo continuo, a partir de la distribución de tiempos de residencia determinados experimentalmente por medio de un trazador no reactivo.

Se usaron deflectores para reforzar las turbulencias de la agitación en el reactor.

El estudio se hace comparando las curvas experimentales promedio que se obtienen en las pruebas, con la curva teórica del modelo de mezcla completa.

Además, se probó estadísticamente la consistencia de datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov Bimuestral. Y el ajuste de las curvas se probó usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov para funciones de distribución de frecuencias (Bondad de Ajuste).

Además, se probó la consistencia de la solución utilizada como trazador (violeta de metilo) mediante la prueba de Intervalo de Confianza para la Media.

Se hicieron 8 corridas por duplicado, variando la posición de la alimentación cada 45 grados, en forma radial.

SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA.

a	: Límite inferior para la prueba de Intervalo - de Confianza para la Media.
AB	: Absorbancia de la réplica 1.
AB'	: Absorbancia de la réplica 2.
AIcons	: Diferencia entre $F(\theta)$ y $F(\theta)_m$.
A1'cons	: Diferencia entre $F(\theta)'$ y $F(\theta)_m$ para la prueba de Consistencia de Datos.
AGMAX	: Desviación máxima entre $F(\theta)_m$ y $F(\theta)$ para la prueba de Consistencia de Datos.
AG'MAX	: Desviación máxima entre $F(\theta)_m$ y $F(\theta)'$ para la prueba de Consistencia de Datos.
Abs.pr.	: Absorbancia promedio.
AMAX	: Desviación máxima $A_{1teor.}$ y $A_{2teor.}$ para la prueba de Kolmogorov-Smirnov de Comparación con el Modelo Teórico.
A1teor.	: Desviación para la prueba estadística de Comparación con el Modelo Teórico. $F(\theta)_{teo} - F(\theta)_m$
A2teor.	: Desviación para la prueba estadística de Comparación con el Modelo Teórico. $F(\theta)_m - F(\theta)_{teo} (t - 1)$
b	: Límite superior para la prueba de Intervalo - de Confianza para la Media.
C, C(t)	: Concentración del trazador, en el tiempo t, - absorbancia.
CF	: Valor estadístico máximo permisible para la -

	prueba de Consistencia de Datos.
CF^0	: Valor estadístico máximo permisible para la prueba de Comparación con el Modelo Teórico.
E	: Función de Distribución de Tiempo de Residencia a la salida.
E_0	: Distribución de Tiempo de Residencia, basado en el tiempo adimensional.
$E(\text{teta})$: E_0 experimental de la réplica 1.
$E(\text{teta})'$: E_0 experimental de la réplica 2.
$E(\text{teta})_m$: E_0 experimental promedio de las dos réplicas.
$E(\text{teta})_t$: E_0 correspondiente al Modelo Teórico de Mezcla Completa.
$F(\text{teta})$: Frecuencia acumulada experimental de la réplica 1.
$F(\text{teta})'$: Frecuencia acumulada experimental de la réplica 2.
$F(\text{teta})_m$: Frecuencia acumulada promedio experimental de las dos réplicas.
$F(\text{teta})_{teo}$: Frecuencia acumulada teórica del Modelo de Mezcla Completa.
N	: Número total de muestras para el tratamiento estadístico de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
m, n	: Número de muestras para cada réplica para la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
n'	: Número de muestras para la prueba de Intervalo de Confianza para la Media.
P	: Probabilidad de que suceda un evento.
$P(t)$: Probabilidad de residencia en el reactor de u-

- na partícula de trazador, en el intervalo de tiempo t a $t+dt$.
- Q : Flujo de agua en ml/s.
- R : Lectura del Rotómetro.
- S : Desviación típica.
- t : Tiempo.
- t' : Valor de una variable aleatoria que sigue la Distribución t de Student.
- teta, θ : Medida adimensional, $\theta = t/\tau$.
- TR : Lectura de la transmitancia de la réplica 1.
- TR' : Lectura de la transmitancia de la réplica 2.
- Tao, τ : Tiempo Espacial, $\tau = V/v_0$.
- V : Volumen del reactor, l.
- v_0 : Caudal, l/min.
- α : Nivel de significancia para la prueba estadística.
- λ : Longitud de onda en Å° .
- μ : Media poblacional.
- \bar{x} : Media muestral para la prueba de Intervalo de Confianza para la Media.

CAPÍTULO 1

TEORÍA

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE RESIDENCIA (D.T.R).

Existen dos tipos de flujo ideales: en pistón y en mezcla completa. En realidad el comportamiento real de los reactores nunca se ajusta a estas situaciones idealizadas.

Pero en muchos casos se aproxima tanto a estas condiciones, que se puede admitir este comportamiento como ideal, sin incurrir en un error apreciable.

Hay otros casos en que las desviaciones que se originan por formación de canalizaciones del flujo, por recirculación del fluido o por formación de zonas estancadas o muertas en el reactor, son tan grandes, que debe usarse un modelo de flujo más complicado.

En el caso de reactores de tanque agitado, decir que un reactor tiene un flujo ideal, significa que tiene un mezclado perfecto e instantáneo.

Para un reactor tubular, el flujo ideal toma la forma del flujo de pistón.

Se enfocará nuestro estudio en un reactor de mezcla-completa. Ello implica que las concentraciones de los reactivos son las mismas en cualquier punto del reactor y, por lo tanto, que el fenómeno cinético es constante en cualquier lugar del mismo, es decir, que las conversiones, al ser función de las concentraciones finales de los reactivos, permanecen invariables para cualquier porción de volumen reaccionante.

Cuando una corriente de material entra a un reactor con un tiempo espacial $\tau = V/v_0$, no todas las moléculas residirán ahí exactamente ese tiempo. Debido a las trayectorias-

de flujo causadas por la agitación dentro del tanque, algunas moléculas salen del reactor casi inmediatamente, mientras que otras permanecen en él demasiado tiempo.

Con el fin de conocer el grado de desviación de la idealidad del flujo en el recipiente, basta conocer cuánto tiempo permanece cada una de las moléculas en el recipiente o mejor, conocer su distribución de tiempos de residencia (D.T.R.).

Esta información puede determinarse fácilmente por el método experimental estímulo-respuesta, el cual consiste en estimular al sistema mediante una perturbación y ver cómo responde a este estímulo; el análisis de la respuesta nos da información sobre el sistema.

El estímulo comúnmente utilizado en sistemas de flujo homogéneo consiste en la inyección de una sustancia trazadora que pasa a través del reactor, sin intervenir en la reacción.

En este sentido, un trazador se define como aquella sustancia que, además de ser químicamente inerte, no es absorbida por las paredes del reactor y que posee una alta difusividad con relación al flujo global.

Para nuestro estudio se usó como estímulo una inyección de trazador en la corriente de entrada del flujo de agua, en un tiempo $t=0$ en forma instantánea, la respuesta es la concentración en la corriente de salida del reactor, que puede ser medida.

Si $C(t)$ es la concentración en un tiempo t , el número de moléculas que salen entre los tiempos t y $t+dt$, será proporcional a $C(t) dt$ y el número total para todos los tiempos será $\int_0^{\infty} C(t) dt$.

Por lo tanto, la fracción de moléculas que sale del reactor en el intervalo t a $t+dt$ es:

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

Esta fracción $P(t)$ corresponde a un número E que representa también la probabilidad de una molécula que reside en el reactor un tiempo entre t y $t+dt$.

Para calcular $\int_0^{\infty} C(t) dt$ se tiene la relación:
 $V \cdot C_{\text{promedio}} = v_0 \int_0^{\infty} C(t) dt = \text{masa de trazador inyectado.}$

Despejando $\int_0^{\infty} C(t) dt$, obtenemos lo siguiente:

$$\int_0^{\infty} C(t) dt = \frac{V \cdot C_{\text{promedio}}}{v_0} = \tau \cdot C_{\text{promedio}} \quad (1-2)$$

Donde τ se puede calcular y la C_{promedio} se determina inyectando un volumen de trazador, igual al utilizado en las corridas experimentales, en un volumen de líquido igual al volumen del sistema utilizado.

La concentración normalizada es la concentración a un tiempo t , sobre la integral $\int_0^{\infty} C(t) dt$, en la corriente de salida y representa la esperanza matemática de que un elemento de trazador tenga ese tiempo de permanencia en el reactor.

Esta esperanza se llama E y representa la distribución de tiempos de residencia del fluido, por lo cual:

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

Si se aproxima a elementos finitos:

$$\sum_i E \Delta t \approx 1 \quad (1-4)$$

Si se mide el tiempo en función del tiempo espacial, dando así un valor adimensional θ :

$$\theta = t/\tau \quad (1-5)$$

Basado en el tiempo adimensional se puede definir el-

D.T.R. de la siguiente manera:

$$\theta \cdot E_e = t \cdot E \quad (1-6)$$

Combinándola con la ecuación (1-5), tenemos:

$$E_e = E \cdot \gamma \quad (1-7)$$

Esto se puede calcular experimentalmente por medio de la ecuación:

$$E_e = AB/Abs.pr. \quad (1-8)$$

Donde:

AB: Absorbancia en el tiempo t.

Abs.pr.: Absorbancia promedio o sea la absorbancia que corresponde a la concentración promedio.

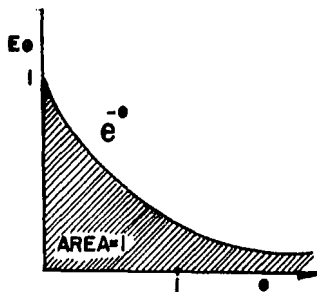
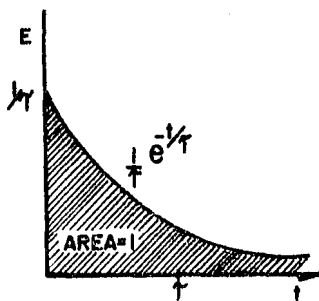


FIG. 1-1 DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA EN UN REACTOR DE MEZCLA COMPLETA.

REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA UN BUEN TRAZADOR.

I).- Deberá ser miscible y tener propiedades físicas similares al fluido cuya mezcla está en investigación.

II).- Deberá ser detectable en pequeñas concentraciones, de tal forma que, al introducirlo al sistema, no desequilibre el flujo normal.

III).- La absorbancia del trazador, para cualquier valor dentro del rango usado, debe ser proporcional a la concentración, facilitando la calibración del instrumento.

IV).- El trazador no debe sufrir absorción o adsorción sobre los sólidos presentes en el reactor, como catalizadores, ni en las paredes del reactor, etc.

V).- El trazador deberá ser químicamente inerte, en las condiciones en las cuales va a ser usado.

INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE UN TRAZADOR.

La curva experimental producida por la técnica del trazador, depende del tipo de agitación y mezclado que se emplea en el reactor.

Interpretando la información del trazador es posible concluir si alguno de los siguientes fenómenos ocurre en el reactor estudiado.

1).- ESPACIOS O VOLÚMENES MUERTOS: Éstos pueden existir por estancamiento de fluido en ciertas zonas del reactor cercanas a los bordes o esquinas del reactor. Como se muestra en la figura 1-2, la curva E_0 vs θ , muestra una señal que se adelanta en el tiempo debido a un mal diseño del reactor. Cabe aclarar que el área bajo ambas curvas, la ideal y la de volumen muerto es la misma, pero el tiempo promedio es menor en ésta última.

II).- BY PASSING (CIRCUITO CORTO): Es el fenómeno que se presenta entre la entrada del reactor y la salida, cuando se encuentran muy cerca la una de la otra. Como se muestra en la figura 1-3, la curva E_0 vs θ , el primer pico indica la cantidad de trazador que sale inmediatamente después de que entró al sistema, como consecuencia del circuito corto; la curva es el remanente del material que sale en función del tiempo.

Es importante hacer este análisis de la información del trazador, para construir un buen modelo de flujo.

Se han usado un gran número de técnicas y trazadores para obtener la función de distribución de tiempos de residencia en varios reactores. El tipo de trazador empleado depende

del problema a tratar. Depende si el sistema es gaseoso o líquido, si lleva o no sólido, si el sistema involucra más de dos fases, o si se lleva a cabo una reacción.

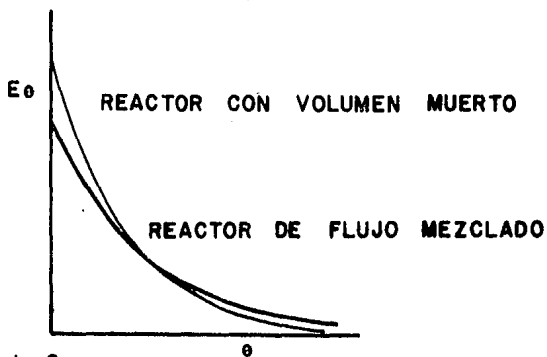


FIG 1-2

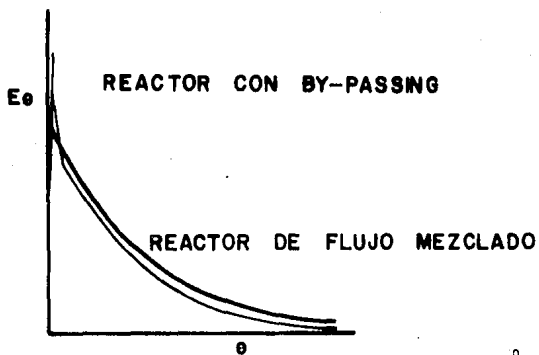


FIG 1-3

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO.

El equipo utilizado para este estudio es un reactor - cilíndrico, de lámina galvanizada.

En el interior del reactor, contiene una estructura - de deflectores, que sirven para crear turbulencias.

Dicho reactor contiene dos series de seis casquillos, estas series tienen una separación de 180 grados, figura 2-1, en el segundo casquillo de la parte superior del reactor hacia abajo tiene otra serie de casquillos distribuidos en forma radial con una separación de 45 grados, figura 2-2.

Estas últimas perforaciones se utilizaron como entradas al reactor.

La salida del reactor se encuentra en el tercer casquillo de arriba hacia abajo.

La figura 2-3 muestra un esquema del equipo utilizado. Para mayor información ver apéndice I.

FIG 2-1 VISTA FRONTAL DEL REACTOR.

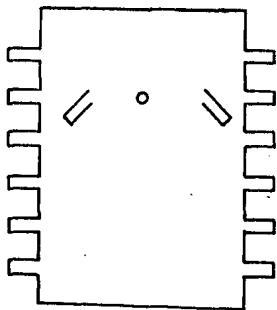
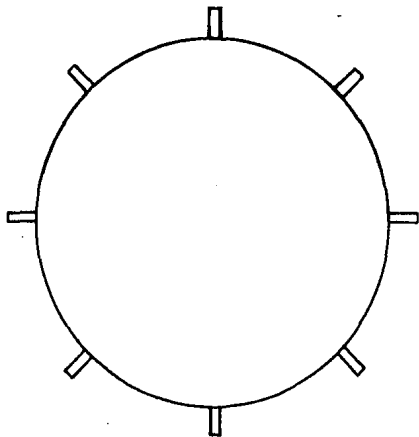


FIG 2-2 VISTA SUPERIOR DEL REACTOR.



DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA 2-3.

- 1).- Llave de alimentación de agua hacia el depósito.
- 2).- Manguera alimentadora de agua al depósito.
- 3).- Depósito de alimentación.
- 4).- Medidor de nivel.
- 5).- Orificio de descarga.
- 6).- Corriente de alimentación.
- 7).- Llave de paso para regular el flujo de alimentación.
- 8).- Rotámetro.
- 9).- Jeringa.
- 10).- Reactor.
- 11).- Agitador.
- 12).- Llave reguladora de flujo a la salida del reactor.
- 13).- Corriente de salida.
- 14).- Deflectores.
- 15).- Gradilla de tubos de ensayo.

DIAGRAMA DEL EQUIPO EMPLEADO.

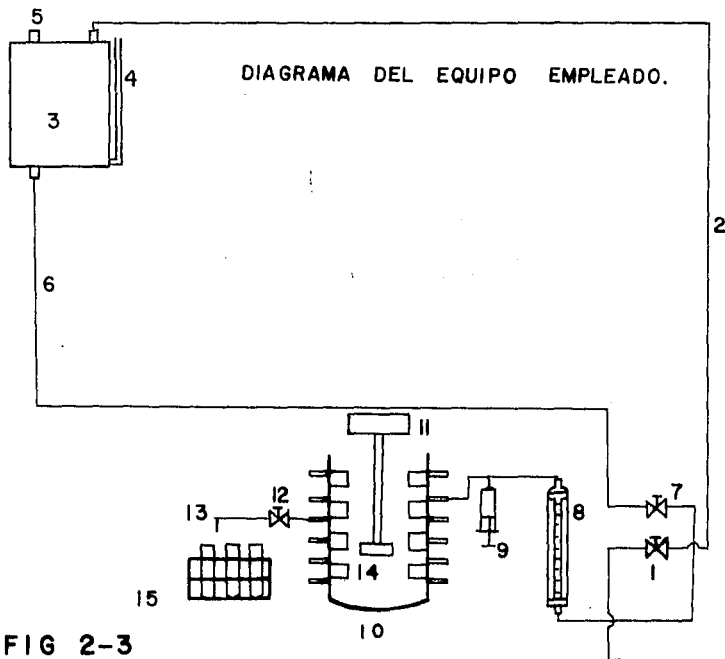


FIG 2-3

CAPÍTULO 3

DESARROLLO EXPERIMENTAL

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

En este estudio se obtiene información de la distribución de tiempos de residencia en un reactor de flujo de mezcla completa con deflectores, mediante el método experimental estímulo-respuesta, el cual consiste en inyectar un colorante (violeta de metilo) al sistema, en forma instantánea y recolectar muestras a la salida del reactor a diferentes tiempos.

Después de haber recolectado las muestras, medir la absorbancia de cada una de ellas, usando el espectrofotómetro de Bausch & Lomb (Spectronic 20).

Con estos datos se obtienen las curvas experimentales de E_0 vs θ (promedio) y se comparan con la curva del modelo teórico mediante una prueba estadística.

Los pasos a seguir para las pruebas fueron los siguientes:

- a).- Encontrar la longitud de onda máxima de absorbancia del violeta de metilo.
- b).- Obtener las gráficas de calibración del espectrofotómetro de Bausch & Lomb y del medidor de flujo (Rotámetro)
- c).- Montar el equipo.
- d).- Establecer el flujo de operación y el volumen del reactor.
- e).- Determinar la concentración y la cantidad de trazador que se va a inyectar.
- f).- Calibrar los tubos de ensayo donde se recolectan las muestras.
- g).- Seleccionar la entrada de la alimentación a la que se va a trabajar.

- h).- Inyectar el colorante.
- i).- Colectar las muestras a la salida del reactor, a diferentes tiempos.
- j).- Leer la absorbancia de las muestras en el espectofotómetro.
- k).- Hacer el tratamiento matemático de los datos obtenidos.
- l).- Comprobar la consistencia de los datos obtenidos.
- m).- Comparar las curvas experimentales contra la del modelo teórico.

Se desarrollaron 8 pruebas experimentales, cada una - por duplicado, manteniéndose como parámetros constantes:

- a).- Posición de salida del fluido del reactor.
- b).- Cantidad de trazador inyectado.
- c).- Velocidad de agitación.
- d).- El nivel del fluido en el reactor.
- e).- Posición del agitador.

La variable que se adoptó en este estudio fué la posición de entrada de la alimentación al reactor, la que se hizo en forma radial, teniendo una separación de 45 grados entre cada posición de entrada.

Las posiciones de entrada fueron las siguientes:

<u>No. DE CORRIDA</u>	<u>POSICION DE LA ALIMENTACION RESPECTO A LA DESCARGA</u>
1	0°
2	45°
3	90°
4	135°
5	180°
6	225°
7	270°
8	315°

Para mayor información ver apéndice II.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS EXPERIMENTALES
OBTENIDOS

RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados obtenidos experimentalmente se muestran en las tablas de la 4-1 a 4-8, las cuales contienen lo siguiente:

- N : Número de muestra.
- tota : $\theta = t/\tau$, donde t es el tiempo en que se toma cada muestra y τ es el tiempo especial.
- TR : Lectura de transmitancia de la réplica 1.
- TR' : Lectura de transmitancia de la réplica 2.
- AB : Absorbancia de la réplica 1.
- AB' : Absorbancia de la réplica 2.
- E(teta) : E_{θ} de la réplica 1.
- E(teta)' : E_{θ} de la réplica 2.
- E(teta)_m : E_{θ} promedio de las dos réplicas experimentales, para cada t.
- E(teta)t : E_{θ} correspondiente al modelo teórico de mezcla completa, para cada t.

En las figuras 4-1 a 4-8, se muestran gráficas de las curvas de E_{θ} vs θ , experimental y teórica de cada prueba.

En la abscisa se encuentran los valores de θ y en la ordenada los valores de E_{θ} experimentales y teóricos.

En el apéndice IV se presenta un ejemplo de cálculos efectuados para la prueba de 180 grados de la alimentación con respecto a la descarga, así como su tratamiento estadístico.

TABLA 4 - 1

DATOS OBTENIDOS CON UN ANGULO DE 0 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA BESCARRA

VOLUENE 15.16 l No=0.836 1/min Yao= 18.1340 min Abs. pe. 0.0044

N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	Ell(teta)	E'(teta)	Ell'(teta)
1	0.0000	100.0	100.0	.0000	.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.1	11.9	0.9172	0.9245	1.0371	1.0453	1.0412	0.9810
3	0.0230	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9771
4	0.0276	13.0	12.0	0.8861	0.9208	1.0019	1.0412	1.0216	0.9728
5	0.0322	13.0	12.1	0.8861	0.9172	1.0019	1.0371	1.0195	0.9683
6	0.0368	13.0	12.0	0.8861	0.9208	1.0019	1.0412	1.0216	0.9639
7	0.0414	13.1	12.5	0.8827	0.9031	0.9981	1.0211	1.0096	0.9594
8	0.0460	13.5	12.1	0.8697	0.9172	0.9834	1.0371	1.0103	0.9550
9	0.0506	13.1	13.0	0.8827	0.8861	0.9981	1.0019	1.0003	0.9507
10	0.0551	13.5	12.5	0.8697	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9464
11	0.0597	14.0	13.0	0.8539	0.8861	0.9655	1.0019	0.9837	0.9420
12	0.0643	14.0	13.1	0.8539	0.8827	0.9655	0.9981	0.9818	0.9377
13	0.0689	14.0	13.4	0.8539	0.8729	0.9655	0.9870	0.9763	0.9334
14	0.0781	14.0	13.5	0.8539	0.8697	0.9655	0.9834	0.9745	0.9249
15	0.0873	14.8	14.0	0.8239	0.8539	0.9316	0.9655	0.9519	0.9164
16	0.0965	15.0	14.0	0.8239	0.8539	0.9316	0.9655	0.9486	0.9080
17	0.1057	15.5	14.5	0.8097	0.8386	0.9155	0.9482	0.9319	0.8997
18	0.1149	15.5	14.5	0.8097	0.8386	0.9155	0.9482	0.9319	0.8915
19	0.1241	16.0	15.0	0.7959	0.8239	0.8999	0.9316	0.9158	0.8833
20	0.1333	17.0	15.5	0.7696	0.8097	0.8708	0.9155	0.8929	0.8752
21	0.1425	16.5	15.5	0.7825	0.8097	0.8848	0.9155	0.9002	0.8678
22	0.1516	17.1	16.0	0.7670	0.7959	0.8673	0.8999	0.8836	0.8593
23	0.1608	17.5	16.0	0.7570	0.7959	0.8559	0.8999	0.8779	0.8515
24	0.1700	18.0	16.5	0.7447	0.7825	0.8420	0.8848	0.8634	0.8437
25	0.1792	18.0	16.5	0.7447	0.7825	0.8420	0.8848	0.8634	0.8359
26	0.1930	18.5	17.1	0.7328	0.7670	0.8286	0.8673	0.8480	0.8243
27	0.2068	19.0	18.0	0.7212	0.7447	0.8155	0.8420	0.8288	0.8132
28	0.2206	19.0	18.1	0.7212	0.7423	0.8155	0.8393	0.8274	0.8020
29	0.2344	19.5	18.5	0.7100	0.7328	0.8028	0.8286	0.8157	0.7910
30	0.2482	20.5	19.0	0.6882	0.7212	0.7782	0.8155	0.7969	0.7802
31	0.2619	20.5	19.5	0.6882	0.7100	0.7782	0.8028	0.7905	0.7696
32	0.2757	21.0	20.5	0.6778	0.6882	0.7664	0.7782	0.7723	0.7590
33	0.2895	22.5	20.3	0.6478	0.6825	0.7325	0.7830	0.7578	0.7486
34	0.3033	22.0	21.0	0.6576	0.6778	0.7436	0.7664	0.7550	0.7384
35	0.3171	22.9	21.5	0.6402	0.6676	0.7239	0.7549	0.7394	0.7283
36	0.3309	22.5	22.3	0.6478	0.6512	0.7325	0.7369	0.7347	0.7183
37	0.3447	23.5	22.5	0.6289	0.6478	0.7111	0.7325	0.7218	0.7084
38	0.3722	24.1	22.0	0.6180	0.6576	0.6988	0.7436	0.7212	0.6892
39	0.3998	25.0	23.1	0.6021	0.6364	0.6808	0.7196	0.7002	0.6708

TABLA 4 - 1
 (CONTINUACIÓN)

N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)w	E(teta)t
40	0.4274	27.5	24.1	0.5607	0.6180	0.6340	0.6988	0.6664	0.6522
41	0.4549	27.5	25.9	0.5607	0.5867	0.6340	0.6634	0.6487	0.6345
42	0.4825	28.0	26.5	0.5528	0.5768	0.6251	0.6522	0.6387	0.6172
43	0.5101	28.5	27.0	0.5452	0.5686	0.6165	0.6429	0.6297	0.6004
44	0.5377	29.9	28.0	0.5243	0.5528	0.5928	0.6251	0.6090	0.5841
45	0.5652	31.3	30.5	0.5045	0.5157	0.5704	0.5831	0.5768	0.5682
46	0.5928	32.0	31.0	0.4949	0.5086	0.5596	0.5751	0.5674	0.5528
47	0.6204	33.0	32.5	0.4815	0.4881	0.5444	0.5519	0.5482	0.5377
48	0.6480	34.0	33.0	0.4685	0.4815	0.5297	0.5444	0.5371	0.5231
49	0.6755	34.5	33.9	0.4622	0.4698	0.5225	0.5312	0.5259	0.5089
50	0.7030	37.5	36.1	0.4250	0.4425	0.4817	0.5003	0.4910	0.4816
51	0.7305	38.1	38.0	0.4078	0.4202	0.4611	0.4751	0.4681	0.4538
52	0.8410	41.9	40.1	0.3778	0.3969	0.4272	0.4488	0.4380	0.4313
53	0.8961	44.0	42.8	0.3565	0.3686	0.4031	0.4168	0.4100	0.4082
54	0.9513	46.0	44.5	0.3372	0.3516	0.3813	0.3976	0.3895	0.3862
55	1.0064	47.0	47.0	0.3279	0.3279	0.3708	0.3708	0.3708	0.3655
56	1.0615	49.0	48.8	0.3098	0.3116	0.3503	0.3523	0.3513	0.3459
57	1.1167	51.9	51.5	0.2848	0.2882	0.3220	0.3299	0.3240	0.3274
58	1.1718	52.7	52.1	0.2782	0.2832	0.3146	0.3202	0.3174	0.3098
59	1.2270	54.0	54.0	0.2676	0.2676	0.3026	0.3026	0.3026	0.2932
60	1.2821	56.9	55.9	0.2449	0.2526	0.2769	0.2856	0.2813	0.2775
61	1.3373	58.0	57.9	0.2366	0.2373	0.2675	0.2683	0.2679	0.2626
62	1.3924	61.1	59.9	0.2140	0.2226	0.2420	0.2517	0.2469	0.2485
63	1.4475	62.0	61.0	0.2076	0.2147	0.2347	0.2428	0.2388	0.2351
64	1.7233	71.0	69.5	0.1487	0.1580	0.1681	0.1787	0.1734	0.1785
65	1.9990	75.5	76.9	0.1221	0.1141	0.1381	0.1290	0.1336	0.1355
66	2.2747	82.5	82.0	0.0835	0.0862	0.0944	0.0975	0.0960	0.1028
67	2.5505	86.0	86.0	0.0655	0.0655	0.0741	0.0741	0.0741	0.0780
68	2.8262	88.5	89.9	0.0531	0.0462	0.0600	0.0522	0.0561	0.0592
69	3.1019	91.5	92.0	0.0386	0.0362	0.0436	0.0409	0.0423	0.0450
70	3.3776	93.9	93.5	0.0273	0.0292	0.0309	0.0330	0.0320	0.0341
71	3.6534	95.0	95.1	0.0223	0.0218	0.0252	0.0246	0.0249	0.0259
72	3.9291	96.0	96.5	0.0177	0.0155	0.0200	0.0175	0.0188	0.0197
73	4.2048	97.0	97.5	0.0132	0.0110	0.0149	0.0124	0.0137	0.0149
74	4.4805	97.5	97.8	0.0110	0.0097	0.0124	0.0110	0.0117	0.0113
75	4.7563	98.0	98.1	0.0088	0.0083	0.0100	0.0094	0.0097	0.0086
76	5.0320	98.0	98.5	0.0088	0.0066	0.0100	0.0075	0.0088	0.0065

TABLA 4 - 2

DATOS OBTENIDOS CON UN ANEJO DE 45 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA DESCARGA

VOLUMEN 15.16 l/min H=0.836 l/min T=18.1260 min R=0.004

N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)E(teta)'	E(teta)t
1	0.0000	99.5	100.0	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	11.5	11.0	0.9293	0.9986	1.0621	1.0839	1.0730	0.9818
3	0.0230	12.0	11.5	0.9208	0.9793	1.0412	1.0621	1.0517	0.9772
4	0.0276	12.1	11.5	0.9172	0.9393	1.0371	1.0621	1.0496	0.9728
5	0.0322	12.5	11.8	0.9031	0.9281	1.0211	1.0494	1.0353	0.9683
6	0.0368	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9635
7	0.0414	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9594
8	0.0460	13.0	12.1	0.8861	0.9172	1.0019	1.0371	1.0193	0.9550
9	0.0506	13.5	12.5	0.8697	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9507
10	0.0551	13.5	12.5	0.8697	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9464
11	0.0597	13.9	12.5	0.8570	0.9031	0.9690	1.0211	0.9951	0.9420
12	0.0643	13.5	12.5	0.8697	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9377
13	0.0689	13.5	12.5	0.8697	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9334
14	0.0731	14.1	13.0	0.8508	0.8861	0.9680	1.0019	0.9820	0.9289
15	0.0773	14.1	13.5	0.8508	0.8697	0.9620	0.9834	0.9727	0.9246
16	0.0815	14.5	13.5	0.8386	0.8697	0.9462	0.9834	0.9658	0.9203
17	0.1057	15.0	14.5	0.8239	0.8386	0.9316	0.9482	0.9399	0.8997
18	0.1149	15.5	14.5	0.8097	0.8386	0.9153	0.9482	0.9319	0.8955
19	0.1241	15.5	14.9	0.8097	0.8208	0.9153	0.9349	0.9252	0.8833
20	0.1333	15.5	14.9	0.8097	0.8208	0.9153	0.9349	0.9252	0.8792
21	0.1425	16.3	15.1	0.7878	0.8208	0.8908	0.9283	0.9096	0.8672
22	0.1516	16.0	15.0	0.7959	0.8239	0.8999	0.9316	0.9158	0.8593
23	0.1608	16.9	15.5	0.7721	0.8097	0.8730	0.9153	0.8943	0.8515
24	0.1700	17.0	16.0	0.7696	0.7959	0.8702	0.8999	0.8851	0.8437
25	0.1792	17.0	16.1	0.7696	0.7959	0.8702	0.8999	0.8836	0.8399
26	0.1930	17.9	16.0	0.7471	0.7959	0.8448	0.8999	0.8724	0.8245
27	0.2068	18.2	17.0	0.7298	0.7696	0.8266	0.8702	0.8524	0.8132
28	0.2206	18.5	17.5	0.7328	0.7570	0.8286	0.8599	0.8423	0.8080
29	0.2344	19.1	18.0	0.7190	0.7447	0.8130	0.8420	0.8275	0.7910
30	0.2482	19.5	18.2	0.7100	0.7289	0.8028	0.8266	0.8197	0.7802
31	0.2619	20.5	19.5	0.6982	0.7180	0.7782	0.8028	0.7925	0.7656
32	0.2757	21.0	19.5	0.6778	0.7100	0.7654	0.8028	0.7846	0.7590
33	0.2895	21.5	19.8	0.6676	0.7032	0.7548	0.7902	0.7751	0.7486
34	0.3033	22.0	21.0	0.6576	0.6778	0.7436	0.7664	0.7530	0.7384
35	0.3171	22.1	21.1	0.6556	0.6757	0.7413	0.7640	0.7527	0.7283
36	0.3309	22.5	21.9	0.6478	0.6576	0.7325	0.7458	0.7392	0.7183
37	0.3447	23.5	22.0	0.6289	0.6576	0.7111	0.7436	0.7274	0.7084
38	0.3722	24.1	23.5	0.6180	0.6289	0.6988	0.7111	0.7050	0.6932
39	0.3998	25.1	24.0	0.6003	0.6180	0.6788	0.7008	0.6868	0.6705

TABLA 4 - 2
(CONTINUACIÓN)

N	TR	TR'	TR''	TR'''	TR''''	TR'''''	TR''''''	TR'''''''	TR''''''''
40	0.4274	26.0	26.0	0.5830	0.5830	0.6615	0.6615	0.6615	0.6322
41	0.4549	27.1	26.1	0.5670	0.5834	0.6411	0.6597	0.6504	0.6345
42	0.4825	28.5	27.0	0.5432	0.5684	0.6163	0.6429	0.6297	0.6172
43	0.5101	29.0	29.0	0.5376	0.5376	0.6079	0.6079	0.6079	0.6004
44	0.5377	31.0	29.0	0.5086	0.5376	0.5751	0.6079	0.5915	0.5841
45	0.5652	31.0	30.0	0.5086	0.5229	0.5751	0.5912	0.5832	0.5682
46	0.5928	33.0	31.0	0.4815	0.5086	0.5444	0.5751	0.5590	0.5528
47	0.6204	33.5	31.8	0.4750	0.4976	0.5371	0.5626	0.5499	0.5377
48	0.6480	34.0	33.0	0.4685	0.4815	0.5297	0.5444	0.5371	0.5231
49	0.6755	35.1	34.0	0.4547	0.4685	0.5141	0.5297	0.5219	0.5089
50	0.7027	37.0	36.1	0.4318	0.4425	0.4882	0.5093	0.4943	0.4816
51	0.7303	39.5	39.1	0.4034	0.4078	0.4681	0.4611	0.4688	0.4658
52	0.8410	41.5	40.1	0.3820	0.3969	0.4319	0.4488	0.4404	0.4312
53	0.8661	43.7	42.0	0.3695	0.3768	0.4063	0.4061	0.4163	0.4082
54	0.9312	46.5	44.0	0.3325	0.3563	0.3760	0.4031	0.3896	0.3862
55	1.0064	48.0	46.5	0.3188	0.3325	0.3605	0.3760	0.3683	0.3653
56	1.0518	49.0	48.0	0.3098	0.3188	0.3503	0.3605	0.3554	0.3496
57	1.1167	51.0	50.1	0.2924	0.3002	0.3306	0.3394	0.3330	0.3274
58	1.1718	52.5	52.0	0.2798	0.2940	0.3164	0.3211	0.3188	0.3098
59	1.2270	55.0	54.8	0.2692	0.2836	0.2938	0.3081	0.2988	0.2932
60	1.2821	56.0	56.0	0.2518	0.2518	0.2847	0.2847	0.2847	0.2775
61	1.3373	58.0	57.1	0.2366	0.2434	0.2675	0.2732	0.2714	0.2626
62	1.3924	61.0	58.9	0.2147	0.2299	0.2428	0.2600	0.2514	0.2485
63	1.4475	61.5	61.0	0.2111	0.2147	0.2387	0.2428	0.2408	0.2351
64	1.7233	70.5	69.0	0.1518	0.1512	0.1716	0.1823	0.1770	0.1785
65	1.9989	76.1	74.1	0.1186	0.1302	0.1241	0.1472	0.1407	0.1355
66	2.2747	82.9	80.9	0.0814	0.0921	0.0920	0.1041	0.0981	0.1028
67	2.5505	86.5	85.0	0.0630	0.0706	0.0712	0.0798	0.0735	0.0780
68	2.8262	88.9	88.9	0.0511	0.0511	0.0578	0.0578	0.0578	0.0592
69	3.1019	91.9	91.5	0.0367	0.0386	0.0415	0.0436	0.0426	0.0450
70	3.3776	93.9	92.0	0.0273	0.0315	0.0309	0.0356	0.0333	0.0341
71	3.6534	95.5	95.0	0.0200	0.0223	0.0226	0.0292	0.0239	0.0259
72	3.9291	96.9	96.5	0.0137	0.0153	0.0153	0.0175	0.0165	0.0197
73	4.2048	97.5	97.0	0.0110	0.0132	0.0124	0.0149	0.0137	0.0149
74	4.4805	97.9	97.5	0.0092	0.0110	0.0104	0.0124	0.0114	0.0113
75	4.7563	98.1	98.0	0.0083	0.0088	0.0094	0.0100	0.0097	0.0096
76	5.0320	99.0	98.5	0.0044	0.0066	0.0050	0.0075	0.0063	0.0065

TABLA 4 - 3

DATOS OBTENIDOS CON UN ANGULO DE 90 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA DESCRABA

VOLUMEN 15.16 l Uve 0.836 l/min Tave 18.1340 min Abs. pr. 0.8644

N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)E(teta)'	E(teta)E(teta)'
1	0.0000	100.0	100.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.3	12.3	0.9101	0.9031	1.0291	1.0211	1.0251	0.9818
3	0.0230	12.0	12.5	0.9208	0.9031	1.0412	1.0211	1.0312	0.9773
4	0.0276	12.5	13.1	0.9031	0.8827	1.0211	0.9981	1.0096	0.9728
5	0.0322	12.1	13.2	0.9172	0.8794	1.0371	0.9943	1.0157	0.9683
6	0.0368	12.0	13.2	0.9208	0.8794	1.0412	0.9943	1.0178	0.9639
7	0.0414	12.8	13.5	0.8928	0.8697	1.0095	0.9834	0.9965	0.9594
8	0.0460	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9550
9	0.0506	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9507
10	0.0551	13.0	13.1	0.8861	0.8827	1.0019	0.9981	1.0000	0.9464
11	0.0597	13.1	14.1	0.8827	0.8508	0.9981	0.9620	0.9801	0.9420
12	0.0643	14.3	14.5	0.8447	0.8386	0.9851	0.9482	0.9517	0.9377
13	0.0689	14.0	14.5	0.8579	0.8386	0.9655	0.9482	0.9569	0.9334
14	0.0781	14.5	15.0	0.8386	0.8279	0.9482	0.9316	0.9399	0.9249
15	0.0873	14.0	15.5	0.8538	0.8097	0.9655	0.9155	0.9405	0.9164
16	0.0965	14.5	15.5	0.8386	0.8097	0.9482	0.9155	0.9319	0.9080
17	0.1057	14.5	15.5	0.8386	0.8097	0.9482	0.9155	0.9319	0.8997
18	0.1149	15.0	15.5	0.8279	0.8097	0.9316	0.9155	0.9236	0.8915
19	0.1241	15.5	16.1	0.8097	0.7932	0.9155	0.8969	0.9062	0.8833
20	0.1333	15.9	16.9	0.7998	0.7829	0.9030	0.8848	0.8939	0.8702
21	0.1425	16.0	16.8	0.7959	0.7767	0.8959	0.8760	0.8880	0.8672
22	0.1516	16.0	16.9	0.7959	0.7721	0.8959	0.8730	0.8865	0.8693
23	0.1608	17.0	17.1	0.7696	0.7670	0.8702	0.8673	0.8668	0.8515
24	0.1700	16.5	18.0	0.7825	0.7447	0.8848	0.8450	0.8638	0.8437
25	0.1792	17.0	18.0	0.7898	0.7447	0.8702	0.8420	0.8561	0.8399
26	0.1930	18.1	18.5	0.7423	0.7328	0.8393	0.8286	0.8340	0.8245
27	0.2068	18.5	19.0	0.7328	0.7212	0.8286	0.8155	0.8221	0.8132
28	0.2206	18.5	19.5	0.7328	0.7100	0.8286	0.8028	0.8157	0.8020
29	0.2344	19.0	20.0	0.7212	0.6990	0.8155	0.7904	0.8030	0.7910
30	0.2482	19.5	21.0	0.7100	0.6778	0.8028	0.7664	0.7846	0.7802
31	0.2619	19.5	21.5	0.7100	0.6676	0.8028	0.7549	0.7789	0.7696
32	0.2757	20.5	21.5	0.6882	0.6676	0.7782	0.7549	0.7666	0.7590
33	0.2895	21.1	22.2	0.6757	0.6536	0.7640	0.7390	0.7515	0.7486
34	0.3033	21.1	23.0	0.6757	0.6383	0.7640	0.7217	0.7429	0.7384
35	0.3171	22.0	22.9	0.6576	0.6402	0.7436	0.7239	0.7338	0.7283
36	0.3309	22.5	23.1	0.6478	0.6354	0.7325	0.7196	0.7264	0.7183
37	0.3447	22.9	23.5	0.6402	0.6209	0.7239	0.7111	0.7175	0.7084
38	0.3722	23.9	24.5	0.6216	0.6101	0.7028	0.6906	0.6967	0.6892
39	0.3998	25.2	25.5	0.5935	0.5935	0.6763	0.6711	0.6740	0.6708

TABLA 4 - 3
(CONTINUACIÓN)

N	tot	TR	TR'	AB	AB'	E(tot)	E'(tot)	E(tot)'	E(tot)''
60	0.4274	25.5	25.5	0.3731	0.3768	0.6711	0.6322	0.6617	0.6322
61	0.4549	25.7	27.7	0.3733	0.3575	0.6443	0.6304	0.6395	0.6345
62	0.4825	26.0	29.0	0.3728	0.3376	0.6281	0.6079	0.6165	0.6172
63	0.5101	26.9	29.0	0.3791	0.3376	0.6296	0.6079	0.6088	0.6004
64	0.5377	28.5	29.9	0.3302	0.3243	0.5995	0.5928	0.5962	0.5841
65	0.5652	30.5	31.5	0.3187	0.3017	0.5831	0.5672	0.5732	0.5662
66	0.5928	31.5	33.0	0.3017	0.4815	0.5673	0.5444	0.5529	0.5328
67	0.6204	32.5	33.1	0.4881	0.4802	0.5519	0.5430	0.5473	0.5377
68	0.6480	33.0	34.1	0.4815	0.4672	0.5444	0.5263	0.5364	0.5231
69	0.6757	34.5	36.0	0.4622	0.4437	0.5285	0.5017	0.5108	0.4989
70	0.7033	37.5	37.0	0.4460	0.4319	0.4917	0.4682	0.4826	0.4616
71	0.7309	40.0	40.1	0.3279	0.3088	0.4488	0.4468	0.4494	0.4338
72	0.7585	41.5	41.1	0.3082	0.3082	0.4319	0.4267	0.4343	0.4212
73	0.7861	43.0	44.2	0.3082	0.3046	0.4144	0.4029	0.4077	0.4028
74	0.8137	44.0	46.5	0.3263	0.3225	0.4031	0.3760	0.3826	0.3862
75	0.8413	47.0	47.0	0.3279	0.3279	0.3708	0.3708	0.3708	0.3633
76	0.8689	48.1	49.0	0.3179	0.3028	0.3595	0.3502	0.3549	0.3459
77	0.8965	50.1	51.1	0.3082	0.2918	0.3394	0.3297	0.3348	0.3274
78	0.9241	52.0	54.0	0.2757	0.2676	0.3217	0.3088	0.3072	0.3008
79	0.9517	54.5	54.5	0.2682	0.2638	0.2981	0.2981	0.2981	0.2932
80	0.9793	56.9	57.1	0.2449	0.2434	0.2769	0.2732	0.2761	0.2775
81	1.0069	58.0	58.0	0.2366	0.2366	0.2575	0.2575	0.2575	0.2626
82	1.0345	59.2	60.1	0.2277	0.2211	0.2375	0.2300	0.2336	0.2405
83	1.0621	61.1	62.7	0.2140	0.2027	0.2188	0.2092	0.2126	0.2201
84	1.0897	63.0	70.0	0.1832	0.1849	0.1882	0.1751	0.1787	0.1785
85	1.1173	75.5	75.0	0.1832	0.1132	0.1284	0.1284	0.1285	0.1285
86	1.1449	82.0	81.1	0.0862	0.0910	0.0975	0.1029	0.1002	0.1028
87	1.1725	85.0	85.5	0.0635	0.0680	0.0741	0.0769	0.0735	0.0780
88	1.2001	88.5	88.5	0.0531	0.0531	0.0600	0.0600	0.0600	0.0592
89	1.2277	91.1	91.5	0.0485	0.0386	0.0428	0.0426	0.0447	0.0480
90	1.2553	93.0	93.5	0.0415	0.0292	0.0336	0.0330	0.0343	0.0341
91	1.2829	94.8	94.5	0.0282	0.0246	0.0262	0.0272	0.0272	0.0272
92	1.3105	95.5	96.0	0.0200	0.0177	0.0226	0.0200	0.0213	0.0197
93	1.3381	97.0	97.0	0.0132	0.0132	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
94	1.3657	97.5	97.5	0.0110	0.0110	0.0124	0.0124	0.0124	0.0113
95	1.3933	98.0	98.0	0.0088	0.0088	0.0108	0.0108	0.0108	0.0086
96	1.4209	99.0	99.5	0.0044	0.0022	0.0050	0.0025	0.0028	0.0025

TABLA 4 - 4

DATOS OBTENIDOS CON UN ÁNGULO DE 135 GRADOS DEL LA ALIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA DESCRIBER

VOLUMEN 15.16 l. Mov 0.836 l/min. Tarea 18.1340 min. Abs. pr. 0.8844

N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)m	E(teta)l
1	0.0000	99.9	100.0	0.0004	.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.0	11.5	0.9208	0.9393	1.0412	1.0621	1.0517	0.9818
3	0.0230	11.5	11.5	0.9393	0.9393	1.0621	1.0621	1.0621	0.9771
4	0.0276	12.0	11.5	0.9208	0.9393	1.0412	1.0621	1.0517	0.9728
5	0.0322	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9683
6	0.0368	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9639
7	0.0414	12.5	12.5	0.9031	0.9031	1.0211	1.0211	1.0211	0.9594
8	0.0460	12.5	12.9	0.9031	0.8894	1.0211	1.0057	1.0134	0.9550
9	0.0506	12.8	12.7	0.8894	0.8761	1.0057	0.9906	1.0001	0.9507
10	0.0551	12.5	13.0	0.9031	0.8861	1.0211	1.0019	1.0115	0.9464
11	0.0597	13.0	13.0	0.8861	0.8861	1.0019	1.0019	1.0019	0.9420
12	0.0643	13.0	13.1	0.8861	0.8827	1.0019	0.9981	1.0000	0.9377
13	0.0689	13.0	13.1	0.8861	0.8827	1.0019	0.9981	1.0000	0.9334
14	0.0735	13.5	12.8	0.8697	0.8697	0.9834	0.9834	0.9834	0.9289
15	0.0781	14.0	14.0	0.8539	0.8539	0.9655	0.9655	0.9655	0.9144
16	0.0965	14.0	14.0	0.8539	0.8539	0.9655	0.9655	0.9655	0.9080
17	0.1057	14.1	14.5	0.8508	0.8346	0.9620	0.9482	0.9551	0.8997
18	0.1149	14.9	14.9	0.8268	0.8268	0.9349	0.9349	0.9349	0.8915
19	0.1241	15.0	15.0	0.8239	0.8239	0.9316	0.9316	0.9316	0.8833
20	0.1333	15.5	15.9	0.8097	0.7985	0.9158	0.9030	0.9093	0.8792
21	0.1425	15.5	15.0	0.8057	0.7938	0.9138	0.8989	0.9072	0.8732
22	0.1516	15.9	16.3	0.7986	0.7878	0.9030	0.8908	0.8969	0.8693
23	0.1608	16.0	16.9	0.7959	0.7721	0.8999	0.8730	0.8865	0.8615
24	0.1700	16.5	16.5	0.7825	0.7825	0.8848	0.8848	0.8848	0.8437
25	0.1792	16.5	17.0	0.7825	0.7695	0.8848	0.8702	0.8775	0.8399
26	0.1830	17.0	18.0	0.7695	0.7447	0.8702	0.8420	0.8561	0.8245
27	0.2068	17.5	18.0	0.7570	0.7447	0.8598	0.8420	0.8490	0.8128
28	0.2206	18.0	18.5	0.7447	0.7228	0.8420	0.8286	0.8353	0.8080
29	0.2344	18.0	18.9	0.7447	0.7235	0.8420	0.8181	0.8301	0.7910
30	0.2482	18.5	19.5	0.7228	0.7100	0.8286	0.8028	0.8157	0.7802
31	0.2619	19.0	20.0	0.7212	0.6990	0.8155	0.7904	0.8030	0.7695
32	0.2757	19.5	20.1	0.7100	0.6968	0.8028	0.7879	0.7954	0.7690
33	0.2895	20.0	20.5	0.6990	0.6882	0.7904	0.7788	0.7843	0.7486
34	0.3033	20.0	21.5	0.6990	0.6676	0.7904	0.7549	0.7727	0.7384
35	0.3171	21.0	21.5	0.6778	0.6676	0.7664	0.7549	0.7607	0.7283
36	0.3309	21.0	22.0	0.6778	0.6576	0.7664	0.7436	0.7550	0.7183
37	0.3447	21.5	22.1	0.6676	0.6536	0.7549	0.7413	0.7481	0.7084
38	0.3722	23.0	23.5	0.6021	0.6289	0.6808	0.7111	0.6950	0.6892
39	0.3938	25.0	24.5	0.6081	0.6108	0.6808	0.6936	0.6857	0.6705

TABLA 4 - 4
(CONTINUACIÓN)

N	tata	TR	TR'	AB	AB'	E(tata)	E(tata)'	E(tata)w	E(tata)'
40	0.4274	25.0	25.3	0.6021	0.5969	0.6808	0.6749	0.6779	0.6322
41	0.4349	27.1	26.5	0.5670	0.5768	0.6411	0.6322	0.6467	0.6345
42	0.4825	28.0	28.0	0.5928	0.5928	0.6251	0.6251	0.6251	0.6172
43	0.5101	27.9	28.0	0.5544	0.5528	0.6269	0.6251	0.6260	0.6004
44	0.5377	29.0	29.3	0.5376	0.5392	0.6079	0.5995	0.6037	0.5841
45	0.5652	31.0	31.9	0.5086	0.4963	0.5751	0.5611	0.5681	0.5682
46	0.5928	31.0	32.5	0.5086	0.4881	0.5751	0.5519	0.5635	0.5528
47	0.6204	33.0	32.5	0.4815	0.4881	0.5444	0.5519	0.5482	0.5377
48	0.6480	34.0	34.0	0.4685	0.4585	0.5297	0.5297	0.5297	0.5231
49	0.6755	35.3	34.9	0.4522	0.4572	0.5113	0.5170	0.5142	0.5089
50	0.7031	36.0	37.3	0.4437	0.4283	0.5017	0.4843	0.4930	0.4816
51	0.7307	38.0	39.0	0.4202	0.4089	0.4751	0.4623	0.4687	0.4553
52	0.8410	40.5	41.0	0.3929	0.3872	0.4438	0.4378	0.4408	0.4313
53	0.8561	43.6	43.0	0.3616	0.3668	0.4088	0.4144	0.4116	0.4088
54	0.9513	44.0	47.0	0.3565	0.3279	0.4031	0.3708	0.3870	0.3862
55	1.0064	47.3	48.0	0.3251	0.3188	0.3676	0.3605	0.3641	0.3635
56	1.0618	49.9	51.0	0.3019	0.2924	0.3414	0.3306	0.3360	0.3489
57	1.1167	50.0	52.5	0.3010	0.2798	0.3403	0.3164	0.3284	0.3274
58	1.1718	53.5	52.5	0.2716	0.2716	0.3071	0.3071	0.3071	0.3098
59	1.2270	55.1	56.1	0.2588	0.2610	0.2926	0.2828	0.2882	0.2932
60	1.2821	56.0	58.0	0.2518	0.2366	0.2847	0.2675	0.2761	0.2775
61	1.3373	57.5	58.9	0.2403	0.2299	0.2717	0.2600	0.2599	0.2626
62	1.3924	59.5	60.2	0.2288	0.2204	0.2580	0.2492	0.2521	0.2485
63	1.4476	62.1	62.5	0.2069	0.2041	0.2339	0.2308	0.2324	0.2351
64	1.5028	70.0	69.9	0.1549	0.1555	0.1751	0.1758	0.1755	0.1785
65	1.5580	75.9	77.1	0.1341	0.1189	0.1480	0.1277	0.1284	0.1285
66	2.2747	81.3	83.1	0.0899	0.0804	0.1017	0.0909	0.0963	0.1028
67	2.3505	85.5	86.0	0.0680	0.0653	0.0769	0.0741	0.0755	0.0780
68	2.8262	89.9	88.5	0.0462	0.0521	0.0522	0.0500	0.0561	0.0592
69	3.1019	91.8	92.0	0.0372	0.0362	0.0421	0.0409	0.0415	0.0450
70	3.3776	93.0	93.5	0.0315	0.0292	0.0356	0.0330	0.0343	0.0341
71	3.6534	95.0	95.3	0.0282	0.0289	0.0252	0.0236	0.0244	0.0259
72	3.9291	96.0	96.5	0.0177	0.0153	0.0200	0.0175	0.0188	0.0197
73	4.2048	97.1	97.5	0.0128	0.0110	0.0145	0.0124	0.0135	0.0149
74	4.4805	98.0	97.5	0.0088	0.0110	0.0100	0.0124	0.0112	0.0113
75	4.7563	98.1	98.5	0.0083	0.0066	0.0094	0.0075	0.0085	0.0086
76	5.0320	99.0	99.7	0.0044	0.0013	0.0050	0.0015	0.0033	0.0065

TABLA 4 - 5

DATOS OBTENIDOS CON UN ÁNGULO DE 180 GRADOS DEL LA ALIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA DESCARGA

VOLUMEN= 15.16 l $V_0=0.836$ l/min $Tac=18.1340$ min Abs. pr. 0.8644

N	tata	TR	TR'	OB	OB'	E(tata)	E(tata)'	E(tata)	E(tata)'
1	0.0000	100.0	100.0	.0000	.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0168	11.5	12.5	0.9393	0.9031	1.0621	1.0211	1.0416	0.9818
3	0.0230	12.0	12.9	0.9208	0.8894	1.0412	1.0057	1.0235	0.9773
4	0.0276	12.0	13.0	0.9208	0.8861	1.0412	1.0019	1.0216	0.9728
5	0.0322	12.0	13.0	0.9208	0.8861	1.0412	1.0019	1.0216	0.9683
6	0.0368	12.5	13.3	0.9031	0.8761	1.0211	0.9906	1.0099	0.9639
7	0.0414	12.5	13.5	0.9031	0.8697	1.0211	0.9834	1.0023	0.9594
8	0.0460	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9550
9	0.0506	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9507
10	0.0551	12.5	14.0	0.9031	0.8539	1.0211	0.9653	0.9933	0.9464
11	0.0597	13.1	14.0	0.8827	0.8539	0.9981	0.9653	0.9818	0.9420
12	0.0643	13.1	14.3	0.8827	0.8447	0.9981	0.9551	0.9766	0.9377
13	0.0689	13.3	14.0	0.8761	0.8539	0.9906	0.9653	0.9781	0.9334
14	0.0741	13.5	14.3	0.8697	0.8447	0.9834	0.9551	0.9693	0.9289
15	0.0873	14.1	14.5	0.8508	0.8306	0.9620	0.9482	0.9551	0.9164
16	0.0965	14.5	15.0	0.8386	0.8239	0.9482	0.9316	0.9399	0.9080
17	0.1057	15.0	15.0	0.8239	0.8239	0.9316	0.9316	0.9316	0.8997
18	0.1149	15.3	15.5	0.8153	0.8097	0.9219	0.9153	0.9187	0.8915
19	0.1241	15.5	15.5	0.8097	0.8097	0.9153	0.9153	0.9153	0.8833
20	0.1333	16.0	16.0	0.7938	0.7938	0.8999	0.8999	0.8999	0.8750
21	0.1425	16.0	16.5	0.7939	0.7825	0.8999	0.8848	0.8924	0.8672
22	0.1516	16.5	17.5	0.7825	0.7570	0.8848	0.8599	0.8704	0.8593
23	0.1608	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8599	0.8631	0.8515
24	0.1700	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8599	0.8631	0.8437
25	0.1792	17.5	17.9	0.7570	0.7471	0.8599	0.8448	0.8504	0.8399
26	0.1884	17.5	18.2	0.7570	0.7399	0.8599	0.8366	0.8463	0.8245
27	0.2068	18.0	19.5	0.7447	0.7100	0.8420	0.8028	0.8224	0.8132
28	0.2206	18.5	19.0	0.7328	0.7212	0.8286	0.8155	0.8221	0.8080
29	0.2344	19.3	20.0	0.7144	0.6990	0.8078	0.7904	0.7991	0.7910
30	0.2482	19.3	20.5	0.7144	0.6882	0.8078	0.7782	0.7930	0.7802
31	0.2619	20.1	21.0	0.6968	0.6778	0.7879	0.7664	0.7772	0.7696
32	0.2757	20.9	21.0	0.6799	0.6778	0.7688	0.7664	0.7676	0.7580
33	0.2895	21.0	22.0	0.6778	0.6576	0.7664	0.7436	0.7550	0.7486
34	0.3033	21.5	22.5	0.6676	0.6478	0.7549	0.7325	0.7437	0.7384
35	0.3171	22.5	23.0	0.6478	0.6383	0.7325	0.7217	0.7271	0.7283
36	0.3309	23.0	23.1	0.6383	0.6364	0.7217	0.7196	0.7207	0.7183
37	0.3447	23.0	23.5	0.6383	0.6289	0.7217	0.7111	0.7164	0.7084
38	0.3585	25.4	25.0	0.5904	0.6021	0.6653	0.6808	0.6731	0.6892
39	0.3998	26.3	26.0	0.5800	0.5850	0.6598	0.6615	0.6587	0.6705

TABLA 4 - 5
 (CONTINUACIÓN)

N	total	TR	TR'	RB	RD'	E(total)	E(total)'	E(total)w	E(total)
40	0.4274	27.0	27.3	0.5686	0.5628	0.6429	0.6175	0.6402	0.6522
41	0.4349	28.0	28.5	0.5928	0.5768	0.6251	0.6522	0.6387	0.6345
42	0.4825	30.1	27.0	0.5214	0.5686	0.5896	0.6429	0.6163	0.6172
43	0.8101	29.9	28.0	0.5243	0.5520	0.5928	0.6251	0.6090	0.6004
44	0.8377	32.0	28.0	0.4949	0.5376	0.5995	0.6079	0.5838	0.5841
45	0.5632	22.0	31.0	0.4949	0.5086	0.5936	0.5751	0.5674	0.5682
46	0.5928	32.5	31.5	0.4601	0.5017	0.5319	0.5673	0.5596	0.5528
47	0.6204	25.0	32.5	0.4559	0.4281	0.5195	0.5518	0.5337	0.5377
48	0.6480	35.5	33.5	0.4377	0.4750	0.4949	0.5371	0.5160	0.5231
49	0.6735	37.0	34.5	0.4318	0.4622	0.4682	0.5226	0.5054	0.5089
50	0.7307	39.0	36.5	0.4089	0.4377	0.4623	0.4949	0.4796	0.4818
51	0.7858	41.5	39.5	0.3820	0.4034	0.4319	0.4561	0.4440	0.4538
52	0.8410	48.0	40.5	0.3768	0.3925	0.4261	0.4438	0.4350	0.4313
53	0.8961	44.1	43.5	0.3556	0.3615	0.4021	0.4088	0.4055	0.4082
54	0.9513	47.0	44.5	0.3279	0.3516	0.3708	0.3976	0.3842	0.3862
55	1.0064	47.8	45.3	0.3206	0.3344	0.3625	0.3781	0.3703	0.3653
56	1.0615	49.0	48.5	0.3098	0.3143	0.3503	0.3554	0.3529	0.3459
57	1.1167	52.0	51.0	0.2940	0.2924	0.3211	0.3306	0.3299	0.3274
58	1.1718	54.8	52.5	0.2836	0.2798	0.2981	0.3164	0.3071	0.3098
59	1.2270	54.3	54.3	0.2632	0.2632	0.2999	0.2999	0.2999	0.2932
60	1.2821	57.5	57.0	0.2403	0.2441	0.2717	0.2760	0.2739	0.2775
61	1.3373	58.5	58.5	0.2208	0.2208	0.2638	0.2638	0.2638	0.2626
62	1.3924	60.9	61.0	0.2094	0.2147	0.2436	0.2428	0.2432	0.2485
63	1.4475	62.0	62.0	0.2076	0.2076	0.2347	0.2347	0.2347	0.2351
64	1.5026	70.5	68.9	0.1918	0.1956	0.1716	0.1798	0.1737	0.1785
65	1.5577	76.0	76.5	0.1192	0.1163	0.1348	0.1315	0.1332	0.1355
66	2.2747	82.5	82.0	0.0825	0.0862	0.0944	0.0975	0.0960	0.1028
67	2.3505	86.9	86.0	0.0610	0.0655	0.0690	0.0741	0.0716	0.0780
68	2.8262	89.0	89.8	0.0506	0.0467	0.0572	0.0528	0.0550	0.0592
69	3.1019	91.3	91.9	0.0395	0.0367	0.0447	0.0415	0.0431	0.0450
70	3.3776	93.1	94.1	0.0311	0.0264	0.0282	0.0299	0.0286	0.0341
71	3.6534	95.0	95.3	0.0223	0.0209	0.0252	0.0236	0.0244	0.0259
72	3.9291	96.1	96.1	0.0173	0.0173	0.0196	0.0196	0.0196	0.0197
73	4.2048	97.0	97.1	0.0132	0.0128	0.0149	0.0145	0.0147	0.0149
74	4.4805	98.0	98.0	0.0088	0.0088	0.0100	0.0100	0.0100	0.0113
75	4.7563	98.0	98.2	0.0088	0.0079	0.0100	0.0089	0.0095	0.0086
76	5.0320	98.5	99.0	0.0066	0.0044	0.0075	0.0050	0.0062	0.0065

TABLA 4 - 6

DATOS OBTENIDOS CON UN ÁNGULO DE 225 GRADOS DEL LA ALIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA DESCARGA

VOLUMEN 15.16 l Vw 0.836 l/min Tcom 18.1340 min Rm. pr. 0.8844

N.	tota	TR	TR'	AB	AB'	E(tota)	E(tota)'	E(tota)E(tota)'	E(tota)E(tota)'
1	0.0000	100.0	99.0	0.0000	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.2	13.0	0.9126	0.8861	1.0330	1.0019	1.0175	0.9818
3	0.0230	12.5	13.0	0.9031	0.8861	1.0211	1.0019	1.0118	0.9773
4	0.0275	12.5	13.5	0.9031	0.8697	1.0211	0.9834	1.0023	0.9728
5	0.0322	12.6	13.5	0.8996	0.8697	1.0172	0.9834	1.0003	0.9683
6	0.0368	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9639
7	0.0414	13.2	13.5	0.8794	0.8697	0.9943	0.9834	0.9809	0.9594
8	0.0460	13.5	13.5	0.8697	0.8697	0.9834	0.9834	0.9834	0.9590
9	0.0506	13.5	13.9	0.8697	0.8570	0.9834	0.9690	0.9762	0.9307
10	0.0551	14.0	14.0	0.8539	0.8539	0.9655	0.9655	0.9655	0.9464
11	0.0597	14.0	14.1	0.8539	0.8508	0.9655	0.9620	0.9638	0.9420
12	0.0643	14.0	14.0	0.8539	0.8539	0.9655	0.9655	0.9655	0.9377
13	0.0689	14.5	14.5	0.8386	0.8386	0.9482	0.9482	0.9482	0.9334
14	0.0781	15.0	14.5	0.8239	0.8386	0.9316	0.9482	0.9399	0.9049
15	0.0873	14.5	15.0	0.8386	0.8239	0.9482	0.9316	0.9399	0.9164
16	0.0965	15.0	15.5	0.8239	0.8097	0.9316	0.9155	0.9236	0.9080
17	0.1057	15.0	15.5	0.8239	0.8097	0.9316	0.9155	0.9236	0.8997
18	0.1149	15.1	16.0	0.8210	0.7959	0.9283	0.8999	0.9141	0.8915
19	0.1241	15.5	16.1	0.8097	0.7932	0.9155	0.8969	0.9062	0.8833
20	0.1333	15.5	16.1	0.8097	0.7932	0.9155	0.8969	0.9062	0.8782
21	0.1425	16.1	16.5	0.7932	0.7825	0.8988	0.8848	0.8909	0.8692
22	0.1516	16.5	17.1	0.7825	0.7670	0.8848	0.8573	0.8761	0.8593
23	0.1608	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8509	0.8631	0.8515
24	0.1700	17.0	17.9	0.7696	0.7471	0.8702	0.8448	0.8575	0.8437
25	0.1792	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8399	0.8531	0.8399
26	0.1930	18.0	18.0	0.7447	0.7447	0.8420	0.8420	0.8420	0.8245
27	0.2068	18.1	18.9	0.7423	0.7235	0.8393	0.8181	0.8287	0.8132
28	0.2206	19.0	19.1	0.7212	0.7190	0.8155	0.8130	0.8143	0.8020
29	0.2344	18.5	19.5	0.7328	0.7100	0.8286	0.8028	0.8157	0.7910
30	0.2482	18.5	20.0	0.7328	0.6990	0.8286	0.7904	0.8095	0.7802
31	0.2619	20.0	20.5	0.6990	0.6982	0.7904	0.7782	0.7843	0.7696
32	0.2757	20.1	22.0	0.6968	0.6576	0.7879	0.7436	0.7658	0.7390
33	0.2895	20.5	22.0	0.6882	0.6576	0.7782	0.7436	0.7609	0.7486
34	0.3033	21.5	22.2	0.6676	0.6536	0.7549	0.7390	0.7470	0.7384
35	0.3171	21.1	23.0	0.6757	0.6383	0.7640	0.7217	0.7429	0.7283
36	0.3309	22.5	23.0	0.6478	0.6383	0.7325	0.7217	0.7271	0.7183
37	0.3447	22.8	24.0	0.6421	0.6198	0.7260	0.7008	0.7134	0.7084
38	0.3722	23.0	23.5	0.6383	0.6299	0.7217	0.7111	0.7164	0.6992
39	0.3998	24.0	26.0	0.6198	0.5950	0.7008	0.6615	0.6812	0.6705

TABLA 4 - 6
(CONTINUACIÓN)

N	tota	TR	TR'	RD	RD'	E(tota)	E(tota)'	E(tota)	E(tota)'
40	0.4274	24.3	26.5	0.6108	0.5768	0.6906	0.6322	0.6714	0.6322
41	0.4549	25.9	27.5	0.5867	0.5607	0.6634	0.6340	0.6487	0.6345
42	0.4825	26.5	28.5	0.5768	0.5452	0.6322	0.6165	0.6344	0.6172
43	0.5101	28.0	29.5	0.5528	0.5302	0.6251	0.5995	0.6123	0.6004
44	0.5377	28.5	31.1	0.5452	0.5072	0.6165	0.5735	0.5950	0.5841
45	0.5652	29.5	32.5	0.5302	0.4881	0.5995	0.5519	0.5757	0.5682
46	0.5928	31.1	33.5	0.5072	0.4750	0.5735	0.5371	0.5553	0.5528
47	0.6204	32.0	34.0	0.4949	0.4605	0.5596	0.5297	0.5447	0.5377
48	0.6480	32.1	35.9	0.4825	0.4449	0.5500	0.5031	0.5306	0.5231
49	0.6755	33.5	36.1	0.4730	0.4425	0.5371	0.5003	0.5187	0.5089
50	0.7031	35.8	37.0	0.4461	0.4318	0.5044	0.4682	0.4963	0.4816
51	0.7306	37.0	40.5	0.4318	0.3925	0.4882	0.4438	0.4688	0.4589
52	0.8410	39.2	41.9	0.4067	0.3778	0.4699	0.4272	0.4436	0.4313
53	0.8961	42.3	44.5	0.3716	0.3516	0.4202	0.3976	0.4088	0.4082
54	0.9513	44.0	46.9	0.3563	0.3288	0.4031	0.3718	0.3875	0.3862
55	1.0064	46.0	48.0	0.3372	0.3188	0.3813	0.3605	0.3709	0.3655
56	1.0615	48.1	50.1	0.3179	0.3002	0.3595	0.3394	0.3495	0.3459
57	1.1167	49.5	52.0	0.3054	0.2840	0.3453	0.3211	0.3332	0.3274
58	1.1718	51.5	54.0	0.2882	0.2676	0.3259	0.3025	0.3143	0.3098
59	1.2270	53.5	54.9	0.2716	0.2604	0.3071	0.2944	0.3028	0.2922
60	1.2821	56.5	57.5	0.2480	0.2403	0.2804	0.2717	0.2761	0.2775
61	1.3373	57.0	58.0	0.2441	0.2364	0.2760	0.2675	0.2718	0.2625
62	1.3924	59.0	62.0	0.2291	0.2076	0.2590	0.2347	0.2469	0.2485
63	1.4476	60.0	64.5	0.2218	0.1908	0.2508	0.2157	0.2233	0.2251
64	1.7233	67.5	72.0	0.1707	0.1427	0.1930	0.1614	0.1772	0.1785
65	1.9890	74.5	77.0	0.1278	0.1135	0.1445	0.1283	0.1364	0.1385
66	2.2747	80.0	82.3	0.0969	0.0846	0.1096	0.0957	0.1027	0.1028
67	2.3505	85.0	85.5	0.0706	0.0680	0.0798	0.0769	0.0784	0.0780
68	2.4262	88.5	89.0	0.0531	0.0506	0.0600	0.0572	0.0586	0.0592
69	3.1019	91.0	92.0	0.0410	0.0362	0.0464	0.0409	0.0437	0.0450
70	3.3776	93.5	94.0	0.0292	0.0269	0.0330	0.0304	0.0317	0.0341
71	3.6534	95.0	95.0	0.0223	0.0223	0.0292	0.0292	0.0292	0.0299
72	3.9291	96.5	96.7	0.0153	0.0146	0.0175	0.0165	0.0170	0.0157
73	4.2048	97.0	97.5	0.0132	0.0110	0.0149	0.0124	0.0137	0.0149
74	4.4805	98.0	98.0	0.0088	0.0088	0.0100	0.0100	0.0100	0.0113
75	4.7563	98.5	98.5	0.0066	0.0066	0.0075	0.0075	0.0075	0.0086
76	5.0320	99.0	98.9	0.0044	0.0048	0.0050	0.0054	0.0052	0.0065

TABLA 4 - 7

DATOS OBTENIDOS CON UN ÁNGULO DE 270 GRADOS DEL LA ALIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA DESCARRA

VOLUMEN 15.16.1 Wm 0.636 l/min Tpo 18.1340 min Abs. pr. 0.8044									
N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)E(teta)'	E(teta)E(teta)'
1	0.0000	100.0	93.0	0.0000	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.5	11.5	0.9031	0.9353	1.0211	1.0621	1.0416	0.9818
3	0.0230	12.5	11.5	0.9031	0.9353	1.0211	1.0621	1.0416	0.9723
4	0.0276	12.5	11.5	0.9031	0.9353	1.0211	1.0621	1.0416	0.9728
5	0.0322	12.5	12.0	0.9031	0.9208	1.0211	1.0412	1.0312	0.9683
6	0.0368	13.0	12.0	0.8861	0.9208	1.0019	1.0412	1.0216	0.9639
7	0.0414	12.9	12.3	0.8894	0.9101	1.0657	1.0891	1.0174	0.9894
8	0.0460	13.5	12.1	0.8697	0.9172	0.9834	1.0371	1.0103	0.9880
9	0.0506	13.1	12.1	0.8827	0.9172	0.9881	1.0371	1.0176	0.9802
10	0.0551	13.1	12.3	0.8827	0.9101	0.9981	1.0291	1.0136	0.9464
11	0.0597	13.5	12.5	0.8637	0.9031	0.9834	1.0211	1.0023	0.9420
12	0.0643	14.0	12.5	0.8539	0.9031	0.9639	1.0211	0.9933	0.9377
13	0.0689	13.5	13.0	0.8597	0.8861	0.9834	1.0019	0.9927	0.9334
14	0.0781	14.5	13.1	0.8386	0.8827	0.9482	0.9981	0.9732	0.9249
15	0.0872	15.0	13.5	0.8239	0.8697	0.9316	0.9834	0.9575	0.9164
16	0.0963	15.0	13.5	0.8239	0.8697	0.9316	0.9834	0.9575	0.9080
17	0.1057	15.1	14.1	0.8210	0.8508	0.9283	0.9620	0.9452	0.8977
18	0.1149	15.5	14.3	0.8097	0.8447	0.9153	0.9501	0.9353	0.8913
19	0.1241	15.9	14.5	0.7906	0.8386	0.9030	0.9482	0.9236	0.8833
20	0.1333	16.0	14.5	0.7909	0.8386	0.8999	0.9482	0.9241	0.8792
21	0.1425	16.5	15.5	0.7825	0.8097	0.8848	0.9199	0.9002	0.8672
22	0.1516	17.1	15.9	0.7670	0.7996	0.8573	0.9030	0.8852	0.8593
23	0.1608	17.1	16.0	0.7670	0.7909	0.8573	0.8999	0.8836	0.8513
24	0.1700	18.0	16.5	0.7447	0.7825	0.8420	0.8848	0.8634	0.8437
25	0.1792	18.0	16.9	0.7447	0.7721	0.8420	0.8730	0.8575	0.8379
26	0.1930	18.1	17.0	0.7423	0.7698	0.8393	0.8702	0.8548	0.8245
27	0.2068	19.1	17.5	0.7190	0.7578	0.8136	0.8530	0.8345	0.8138
28	0.2206	19.5	18.0	0.7100	0.7447	0.8028	0.8420	0.8224	0.8020
29	0.2344	20.1	18.1	0.6968	0.7423	0.7879	0.8353	0.8136	0.7910
30	0.2482	20.1	18.5	0.6968	0.7328	0.7879	0.8295	0.8063	0.7802
31	0.2619	20.9	23.5	0.6799	0.6902	0.7688	0.7995	0.6842	0.7696
32	0.2757	21.5	19.5	0.6676	0.7180	0.7549	0.8028	0.7789	0.7590
33	0.2895	22.1	20.0	0.6536	0.6998	0.7412	0.7904	0.7559	0.7466
34	0.3033	22.1	21.0	0.6556	0.6778	0.7413	0.7664	0.7539	0.7384
35	0.3171	23.0	21.0	0.6383	0.6778	0.7217	0.7664	0.7441	0.7283
36	0.3309	23.3	21.9	0.6326	0.6596	0.7153	0.7458	0.7306	0.7183
37	0.3447	24.1	22.5	0.6180	0.6478	0.6928	0.7325	0.7157	0.7084
38	0.3722	25.1	23.1	0.6003	0.6354	0.6788	0.7195	0.6992	0.6892
39	0.3998	26.1	24.0	0.5834	0.6198	0.6597	0.7004	0.6803	0.6705

TABLA 4 - 7
(CONTINUACIÓN)

N	leta	TR	TR'	AB	AB' E(leta)	E(leta)	E(leta)'	E(leta)E	
40	0.4274	27.0	25.5	0.5686	0.5935	0.6429	0.6711	0.6570	0.6522
41	0.4549	28.0	26.0	0.5328	0.5050	0.6251	0.6615	0.6433	0.6345
42	0.4825	30.0	26.5	0.5229	0.5768	0.5712	0.6522	0.6217	0.6172
43	0.5101	30.5	27.0	0.5157	0.5686	0.5831	0.6429	0.6130	0.6004
44	0.5377	31.1	28.5	0.5072	0.5432	0.5735	0.6165	0.5950	0.5841
45	0.5652	32.5	29.1	0.4881	0.5161	0.5519	0.6060	0.5791	0.5682
46	0.5928	34.0	30.0	0.4685	0.5229	0.5297	0.5912	0.5605	0.5528
47	0.6204	34.0	31.0	0.4685	0.5086	0.5297	0.5751	0.5524	0.5377
48	0.6480	35.9	33.0	0.4449	0.4815	0.5031	0.5444	0.5238	0.5231
49	0.6755	37.5	33.5	0.4260	0.4750	0.4817	0.5371	0.5094	0.5069
50	0.7307	37.1	35.0	0.4306	0.4437	0.4869	0.5017	0.4943	0.4816
51	0.7858	40.5	38.0	0.3925	0.4802	0.4438	0.4751	0.4898	0.4958
52	0.8410	42.5	40.0	0.3716	0.3979	0.4802	0.4499	0.4351	0.4313
53	0.8961	46.0	41.5	0.3372	0.3820	0.3813	0.4319	0.4064	0.4082
54	0.9513	48.0	45.0	0.3188	0.3468	0.3605	0.3921	0.3763	0.3862
55	1.0064	48.3	47.0	0.3161	0.3279	0.3574	0.3708	0.3541	0.3655
56	1.0615	41.3	48.0	0.3040	0.3188	0.4342	0.3605	0.3971	0.3459
57	1.1167	52.9	49.9	0.2785	0.3019	0.3126	0.3414	0.3270	0.3274
58	1.1718	56.0	52.0	0.2518	0.2840	0.2847	0.3211	0.3029	0.3098
59	1.2270	57.3	55.0	0.2418	0.2936	0.2738	0.2935	0.2875	0.2920
60	1.2821	58.5	56.5	0.2328	0.2480	0.2632	0.2804	0.2718	0.2775
61	1.3373	60.1	57.0	0.2211	0.2441	0.2500	0.2760	0.2630	0.2625
62	1.3924	62.5	59.9	0.2041	0.2226	0.2308	0.2517	0.2413	0.2485
63	1.4476	63.0	61.0	0.2007	0.2147	0.2269	0.2428	0.2349	0.2351
64	1.5028	72.0	69.5	0.1427	0.1580	0.1614	0.1787	0.1701	0.1785
65	1.5580	77.0	74.5	0.1135	0.1278	0.1283	0.1445	0.1364	0.1355
66	2.2747	82.3	80.5	0.0846	0.0942	0.0957	0.1065	0.1011	0.1028
67	2.3505	86.0	85.0	0.0655	0.0706	0.0741	0.0798	0.0770	0.0780
68	2.8262	88.9	88.5	0.0511	0.0531	0.0578	0.0600	0.0589	0.0592
69	3.1019	91.0	91.0	0.0410	0.0410	0.0464	0.0464	0.0464	0.0450
70	3.3776	93.0	94.0	0.0319	0.0269	0.0356	0.0304	0.0330	0.0341
71	3.6534	94.0	94.2	0.0269	0.0279	0.0304	0.0293	0.0299	0.0299
72	3.9291	96.0	95.9	0.0177	0.0182	0.0200	0.0206	0.0203	0.0197
73	4.2048	96.1	96.8	0.0173	0.0141	0.0136	0.0159	0.0178	0.0149
74	4.4805	97.0	97.0	0.0132	0.0132	0.0149	0.0149	0.0149	0.0113
75	4.7563	97.0	97.5	0.0132	0.0110	0.0149	0.0124	0.0137	0.0086
76	5.0320	98.3	99.0	0.0074	0.0044	0.0084	0.0050	0.0067	0.0065

TABLA 4 - 8

DATOS OBTENIDOS CON UN ANGLULO DE 315 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA DESCARGA

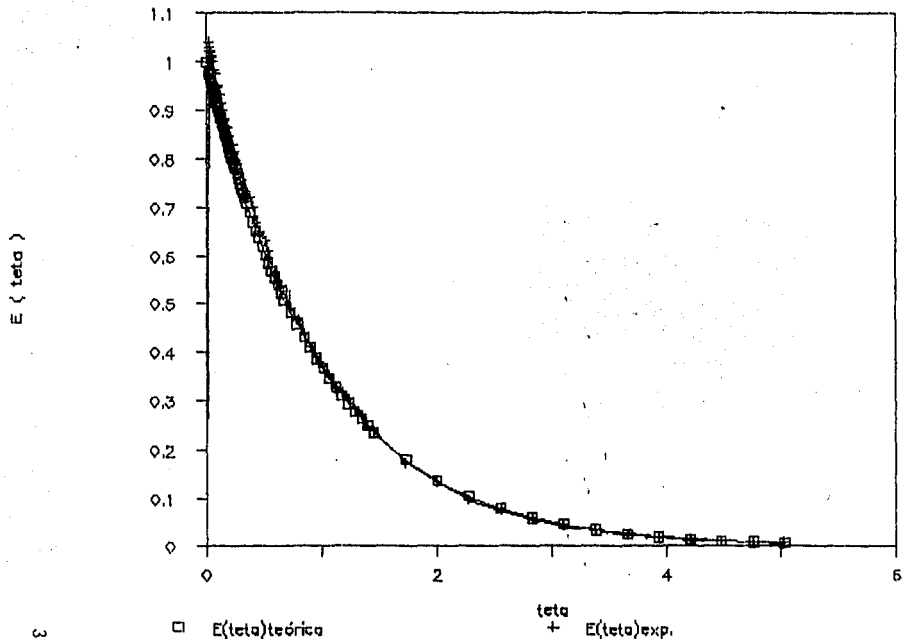
VOLU MEN 15.16 l Wm 0.836 1/min Tcm 18.1340 min Rm pr. 0.8044

N	tota	TR	TR'	AB	AB' E(tota)	E(tota)	E'(tota)	E(tota)	E'(tota)
1	0.0000	100.0	93.5	.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	0.0184	12.0	12.9	0.9208	0.8894	1.0412	1.0057	1.0235	0.9818
3	0.0230	12.0	12.5	0.9208	0.9031	1.0412	1.0211	1.0312	0.9773
4	0.0276	12.5	12.5	0.9031	0.9031	1.0211	1.0211	1.0211	0.9728
5	0.0322	12.5	13.0	0.9031	0.8861	1.0211	1.0019	1.0115	0.9683
6	0.0368	12.5	13.0	0.9031	0.8861	1.0211	1.0019	1.0115	0.9639
7	0.0414	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9594
8	0.0460	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9550
9	0.0506	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9507
10	0.0551	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.9464
11	0.0597	13.5	14.0	0.8697	0.8539	0.9834	0.9635	0.9743	0.9420
12	0.0643	13.5	14.1	0.8697	0.8508	0.9834	0.9620	0.9727	0.9377
13	0.0689	13.5	14.5	0.8508	0.8386	0.9906	0.9482	0.9694	0.9334
14	0.0781	14.0	14.0	0.8339	0.8339	0.9635	0.9635	0.9635	0.9249
15	0.0873	14.1	14.9	0.8508	0.8258	0.9620	0.9348	0.9485	0.9164
16	0.0965	15.0	15.5	0.8239	0.8097	0.9316	0.9155	0.9236	0.9080
17	0.1057	15.1	15.5	0.8210	0.8097	0.9283	0.9155	0.9219	0.8997
18	0.1149	15.2	15.5	0.8182	0.8097	0.9251	0.9155	0.9203	0.8915
19	0.1241	16.0	16.0	0.7959	0.7959	0.8999	0.8959	0.8959	0.8833
20	0.1333	16.0	16.5	0.7959	0.7823	0.8999	0.8848	0.8924	0.8732
21	0.1425	16.5	16.5	0.7823	0.7823	0.8848	0.8848	0.8848	0.8672
22	0.1516	16.5	17.0	0.7823	0.7696	0.8848	0.8702	0.8775	0.8593
23	0.1608	16.9	17.0	0.7721	0.7696	0.8730	0.8702	0.8716	0.8515
24	0.1700	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8559	0.8631	0.8437
25	0.1792	17.1	17.5	0.7676	0.7570	0.8673	0.8559	0.8616	0.8359
26	0.1930	18.0	18.0	0.7447	0.7447	0.8420	0.8420	0.8420	0.8243
27	0.2068	18.5	18.5	0.7228	0.7228	0.8286	0.8286	0.8286	0.8132
28	0.2206	19.0	19.1	0.7212	0.7190	0.8155	0.8130	0.8143	0.8020
29	0.2344	20.0	19.5	0.6990	0.7100	0.7904	0.8028	0.7966	0.7910
30	0.2482	19.9	19.9	0.7011	0.7011	0.7927	0.7927	0.7927	0.7802
31	0.2619	20.5	20.5	0.6882	0.6882	0.7782	0.7782	0.7782	0.7698
32	0.2757	21.5	21.0	0.6676	0.6778	0.7549	0.7664	0.7607	0.7590
33	0.2895	21.5	21.5	0.6676	0.6676	0.7549	0.7549	0.7549	0.7486
34	0.3033	22.0	22.5	0.6576	0.6478	0.7436	0.7325	0.7381	0.7384
35	0.3171	22.3	22.5	0.6517	0.6478	0.7369	0.7325	0.7347	0.7283
36	0.3309	22.9	23.0	0.6402	0.6383	0.7239	0.7217	0.7228	0.7183
37	0.3447	24.0	23.5	0.6198	0.6289	0.7008	0.7111	0.7060	0.7084
38	0.3722	25.1	24.5	0.6003	0.6108	0.6788	0.6906	0.6847	0.6892
39	0.3998	26.0	26.0	0.5820	0.5850	0.6615	0.6615	0.6615	0.6708

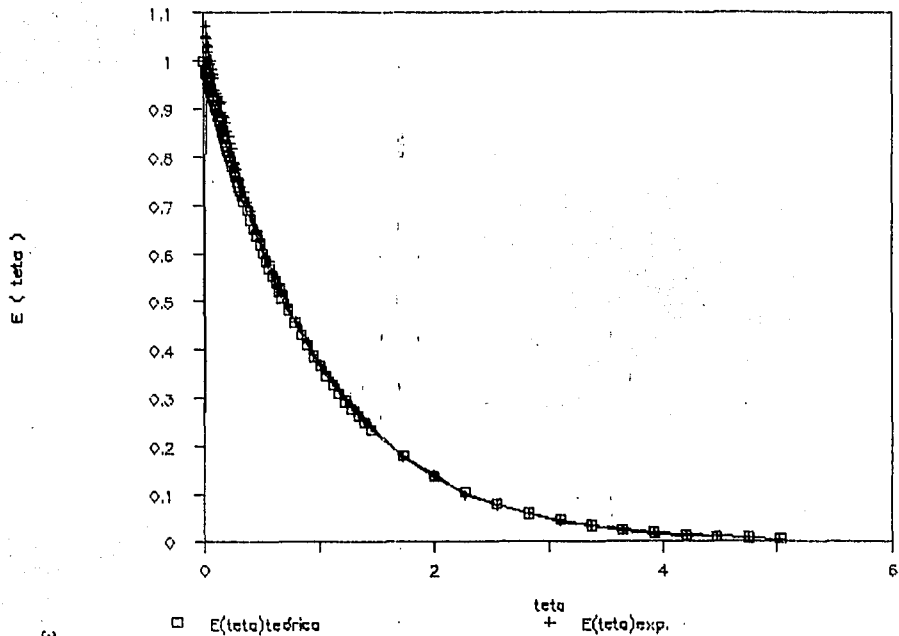
TABLA 4 - 8
(CONTINUACIÓN)

TR	TR'	AB	AB'	E(tota)	E(tota)'	E(tota)w	E(tota)w'
40	0.4274	28.1	26.0	0.5913	0.5850	0.6234	0.6615
41	0.4549	28.9	27.1	0.5391	0.5670	0.6096	0.6411
42	0.4825	30.0	28.0	0.5229	0.5328	0.5912	0.6251
43	0.5101	30.9	29.1	0.5109	0.5361	0.5767	0.6062
44	0.5377	32.0	30.0	0.4949	0.5229	0.5996	0.5912
45	0.5652	32.8	31.0	0.4881	0.5086	0.5819	0.5751
46	0.5928	34.0	32.5	0.4685	0.4881	0.5297	0.5319
47	0.6204	35.1	34.0	0.4547	0.4685	0.5141	0.5297
48	0.6480	35.9	35.5	0.4449	0.4488	0.5031	0.5086
49	0.6755	36.3	35.9	0.4401	0.4449	0.4976	0.5031
50	0.7037	39.0	36.0	0.4089	0.4202	0.4623	0.4751
51	0.7898	43.0	40.5	0.3663	0.3923	0.4144	0.4438
52	0.8410	45.0	43.0	0.3468	0.3663	0.3521	0.4144
53	0.8961	46.5	42.5	0.3480	0.3615	0.3967	0.4068
54	0.9513	47.1	45.5	0.3270	0.3420	0.3697	0.3867
55	1.0064	50.0	47.5	0.3010	0.3233	0.3403	0.3656
56	1.0615	51.8	48.9	0.2857	0.3019	0.3230	0.3414
57	1.1167	52.3	51.5	0.2815	0.2982	0.3183	0.3299
58	1.1718	53.1	54.0	0.2580	0.2576	0.2965	0.2976
59	1.2270	57.3	57.0	0.2418	0.2441	0.2734	0.2768
60	1.2821	58.9	57.1	0.2299	0.2434	0.2600	0.2752
61	1.3373	60.5	58.5	0.2182	0.2328	0.2467	0.2632
62	1.3924	62.6	61.0	0.2041	0.2147	0.2308	0.2428
63	1.4475	63.5	62.9	0.1972	0.2013	0.2230	0.2276
64	1.5026	71.9	70.1	0.1433	0.1543	0.1680	0.1743
65	1.5577	77.2	77.1	0.1118	0.1189	0.1264	0.1277
66	2.2747	83.5	81.3	0.0783	0.0899	0.0885	0.1017
67	2.3505	87.5	85.0	0.0580	0.0706	0.0656	0.0798
68	2.4262	89.5	89.8	0.0482	0.0462	0.0543	0.0522
69	3.1019	92.0	92.0	0.0362	0.0362	0.0409	0.0409
70	3.3776	93.4	94.0	0.0297	0.0259	0.0336	0.0304
71	3.6534	94.9	95.0	0.0227	0.0223	0.0257	0.0252
72	3.9291	96.5	96.1	0.0155	0.0173	0.0173	0.0196
73	4.2048	97.0	97.0	0.0132	0.0132	0.0149	0.0149
74	4.4805	98.0	97.9	0.0088	0.0092	0.0100	0.0104
75	4.7563	98.0	98.4	0.0088	0.0070	0.0100	0.0079
76	5.0320	98.5	99.3	0.0066	0.0031	0.0075	0.0035

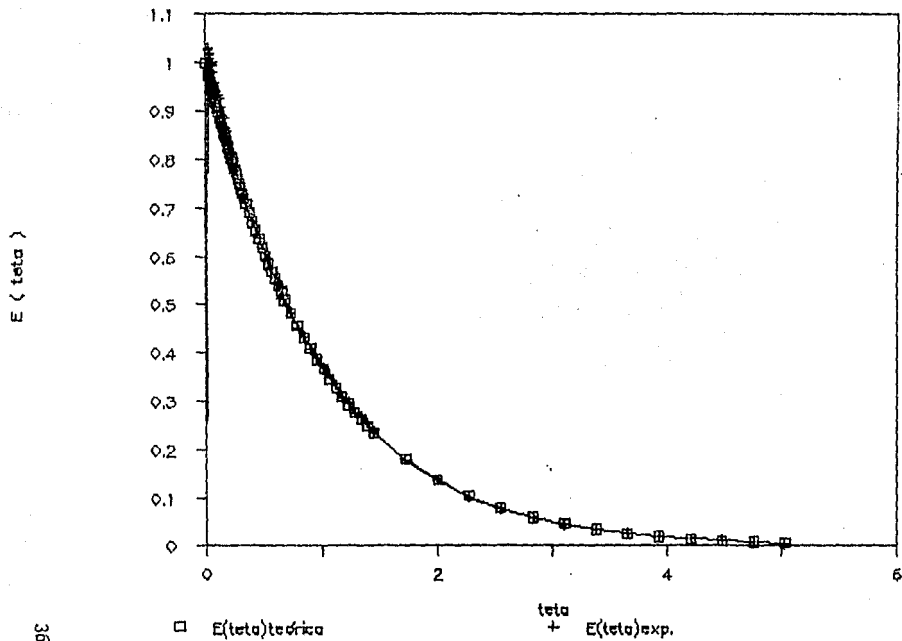
ALIMENTACIÓN A 0 GRADOS



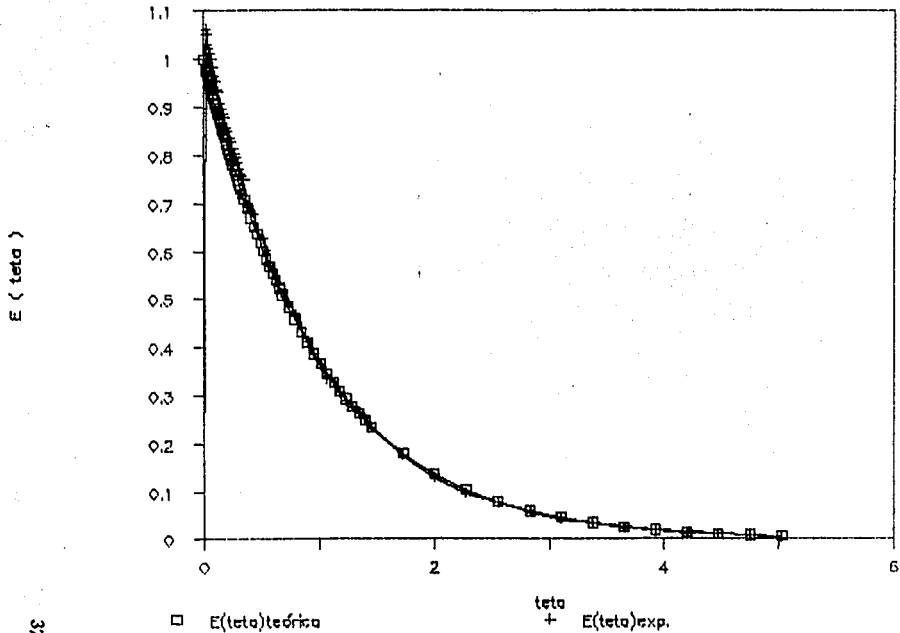
ALIMENTACIÓN A 45 GRADOS



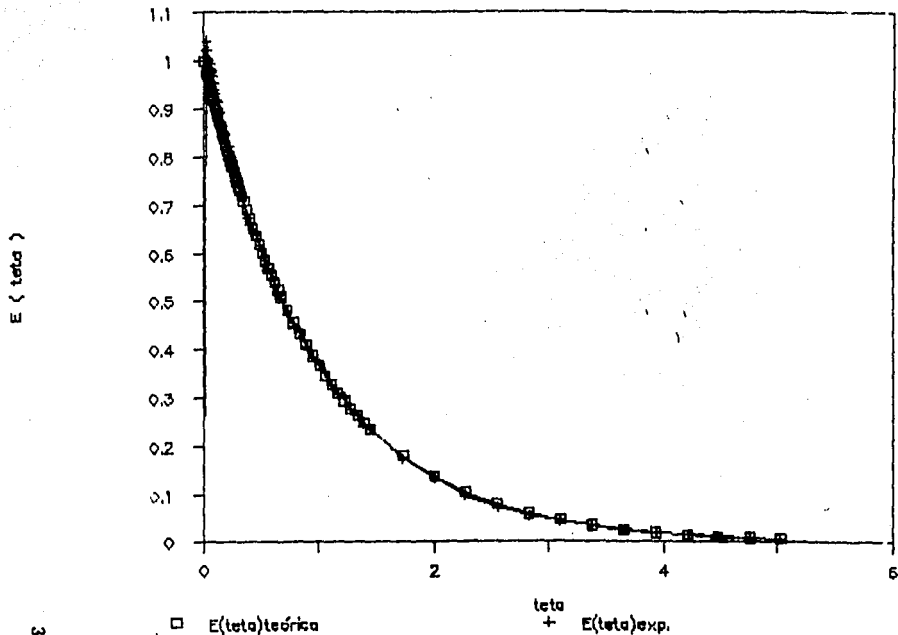
ALIMENTACIÓN A 90 GRADOS



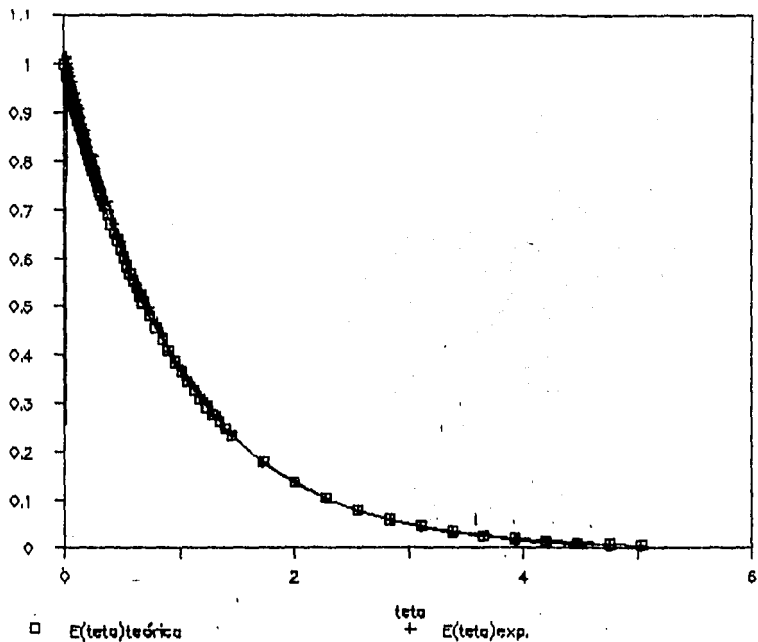
ALIMENTACIÓN A 135 GRADOS



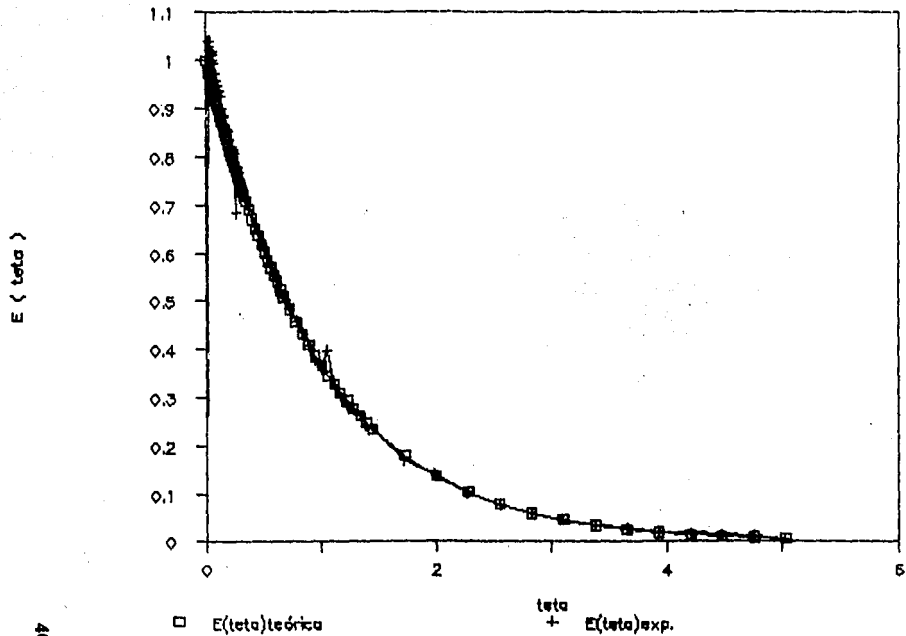
ALIMENTACIÓN A 180 GRADOS



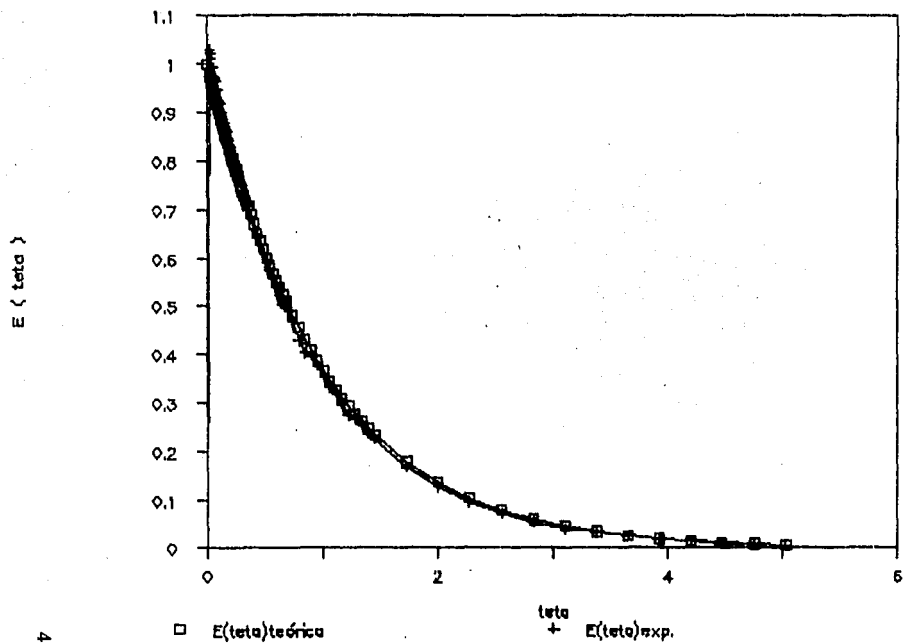
ALIMENTACIÓN A 225 GRADOS



ALIMENTACIÓN A 270 GRADOS



ALIMENTACIÓN A 315 GRADOS



CAPÍTULO 5

COMPARACIÓN CON EL MODELO
IDEAL

COMPARACIÓN CON EL MODELO TEÓRICO.

Se utilizó la prueba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov para probar estadísticamente la confiabilidad de los datos experimentales de las dos réplicas de cada prueba.

También se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para funciones de distribución de frecuencia (Bondad de Ajuste), para comparar el promedio de las curvas experimentales con la curva teórica del modelo de mezcla completa.

En la tabla 5-1 se presentan los valores máximos de desviación que se obtuvieron de la frecuencia acumulada experimental promedio y la de cada réplica para la prueba de consistencia de datos.

En la tabla 5-2 se presentan los valores máximos de desviación que se obtuvieron en la prueba de comparación con el modelo teórico y la promedio experimental.

En el apéndice IV se presenta un ejemplo completo de cálculos realizados para una de las corridas, la de 180 grados.

TABLA 5 - 1

TABLA DE CONSISTENCIA DE DATOS.

<u>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</u>	<u>CF</u>
20 %	0.1736
10 %	0.1979
5 %	0.2206
2 %	0.2466
1 %	0.2644

<u>CORRIDA</u>	<u>AGMAX</u>	<u>AG*MAX</u>
0°	0.0144	0.0144
45°	0.0218	0.0218
90°	0.0104	0.0108
135°	0.0083	0.0093
180°	0.0073	0.0065
225°	0.0308	0.0313
270°	0.0292	0.0285
315°	0.0138	0.0138

Hipótesis nula : Las curvas son iguales.

$AGMAX \text{ o } AG*MAX \leq CF$, se acepta la hipótesis.

$AGMAX \text{ o } AG*MAX > CF$, se rechaza la hipótesis.

Como se puede observar, aún a un nivel de significancia del 20 %, no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, los datos obtenidos experimentalmente de las 8 corridas son consistentes.

TABLA 5 - 2

TABLA DE VALORES QUE COMPARA EL PROMEDIO EXPERIMENTAL DE LAS
DOS RÉPLICAS CON EL MODELO TEÓRICO DE MEZCLA COMPLETA.

<u>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</u>	<u>CF^o MÁXIMO PERMITIDO</u>
20 %	0.0868
10 %	0.0990
5 %	0.1103
2 %	0.1233
1 %	0.1322

<u>CORRIDA</u>	<u>ALIMENTACIÓN</u>	<u>AMAX</u>
1	0°	0.0457
2	45°	0.0417
3	90°	0.0551
4	135°	0.0447
5	180°	0.0599
6	225°	0.0514
7	270°	0.0512
8	315°	0.0726

Hipótesis nula : Las curvas son iguales.

$AMAX \leq CF^o$, se acepta la hipótesis.

$AMAX > CF^o$, se rechaza la hipótesis.

Como se puede observar, el valor de AMAX es menor que el valor de CF^o a cualquier nivel de significancia y, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, las curvas son iguales.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS.

Observando la tabla 5-1 de consistencia de datos, se concluye que aún a un nivel de significancia del 20% no hay diferencia significativa entre las réplicas de cada corrida.

En la tabla 5-2 se hizo una comparación con el modelo teórico de mezcla completa con el promedio experimental a diferentes grados de alimentación radial con respecto a la descarga que, hasta a un nivel de significancia del 20%, no se rechazan las hipótesis nula de ninguna prueba experimental.

Estos resultados son congruentes con las gráficas 4-1 a 4-8, donde se observa claramente la gran similitud que hay con las del modelo teórico.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Al observar los resultados obtenidos se puede decir - lo siguiente:

1).- Estadísticamente las réplicas de cada corrida - son consistentes hasta un nivel de significancia del 20% de - la prueba de Kolmogorov-Smirnov para consistencia de datos.

2).- Al comparar los resultados de las pruebas experi - mentales con las del modelo teórico, no se rechaza la hipóte - sis de que las curvas son iguales hasta un nivel de signifi - cancia del 20% en la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Bondad de - Ajuste), por lo tanto, se acepta que ambas curvas sean igua - les y no afecta la posición radial de la alimentación con las condiciones de operación a las que se trabajó. Y ésto también se puede observar viendo la gran similitud que existe entre - las curvas experimentales y la del modelo teórico.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

Con la realización de esta investigación se alcanzó el objetivo fijado, se analizó la influencia de la posición radial de la alimentación en un reactor continuo agitado de mezcla completa con deflectores, por medio de la distribución de tiempos de residencia de un trazador que se introduce al sistema.

Al analizar los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1).- Estadísticamente las dos réplicas de cada corrida son consistentes hasta un nivel de significancia del 20%, y, por lo tanto, cada prueba que se realice bajo las mismas condiciones de operación nos dará resultados similares a los obtenidos.

2).- Al comparar las curvas experimentales del sistema adoptado, en las condiciones de operación en las que se trabajó, con las del modelo teórico, el sistema se ajusta al modelo de mezcla completa y la influencia en la posición radial de la alimentación no es significativa.

3).- El trazador utilizado (violeta de metilo) es consistente.

Se sugiere hacer estudios similares a éste, variando la estructura de los deflectores por una de forma corrida, y hacerlo usando equipos más exactos para evitar errores experimentales que nos hacen perder mucha información.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- 1).- CHAO, Lincoln L., Estadística para Ciencias Administrativas., 2a. Ed. MC GRAW-HILL, 1975.
- 2).- CHOU, Ya-Lun, Análisis Estadístico., 2a. Ed., INTERAMERICANA, México, 1977.
- 3).- COOPER, A. R., JEFFREYS G. V., Chemical Kinetics and Reactor Design., PRENTICE-HALL, Inc., 1971.
- 4).- DENBIGH, Kenneth, Teoría del Reactor Químico., 1a. Ed. - ALHAMBRA, Madrid, 1968.
- 5).- GODOY, 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.
- 6).- HARTER, H. L., OWEN, D. B. Tables Mathematical Statistics., 2a. Ed., MARKHAM PUBLISHING COMPANY, U.S.A., 1970.
- 7).- KREYSZIG, Erwin, Introducción a la Estadística Matemática., 1a. Ed., LIMUSA, México, 1978.
- 8).- LEVENSPIEL, Octave, Ingeniería de las Reacciones Químicas., 2a. Ed., REVERTE, España, 1979.
- 9).- MILLER, Irwin, FREUND, John E., Probabilidad y Estadística

ca para Ingenieros., REVERTE, México, 1984.

- 10).- MORENO ROBLES, Eduardo, Tesis Inédita., U.A.G .
- 11).- ROSCOE, John T., Fundamental Research Statistics for -
the Behavior Sciences., RINEHART AND WINSTON, -
Inc., New York, 1975.
- 12).- SMITH, J. M., Ingeniería de la Cinética Química., 2a. -
Ed., CECSA, México, 1977.
- 13).- WALAS STANLEY, M., Cinética de Reacciones Químicas.

APÉNDICE I

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO.

El reactor es un cilindro de lámina galvanizada cuyo fondo es un casquete esférico de 2 cm de profundidad, de 0.1588 cm de espesor, hecho a mano. Tiene 40 cm de sección recta y un diámetro de 25 cm, como se observa en la figura 1-1. Dicho tanque tiene 6 perforaciones colocadas a cada lado en las cuales van soldados casquillos de 5.6 cm de largo, de 0.59 cm de diámetro externo y un espesor de 0.11 cm.

Además, posee otra serie de perforaciones que se encuentran a la altura del segundo casquillo, a 12.41 cm de la parte superior del reactor hacia abajo. Esta serie de casquillos están distribuidos en forma radial con una separación de 45° , con respecto a la descarga.

Esta serie de perforaciones se utilizaron como entradas al reactor.

Se utilizó una salida que se encuentra colocada en el tercer casquillo a 18.41 cm de la parte superior del reactor hacia abajo.

Para cerrar la lámina del reactor fué necesario un engargolado que remata en un cordón en la parte superior del reactor, a todo lo largo de la circunferencia.

Además, para crear turbulencias en el reactor, se le colocó en el interior un conjunto de deflectores.

La estructura de estos deflectores consta de dos arcos de lámina galvanizada, que están unidos por tres soportes verticales separados a 115.5° , 123.5° , 121° , respectivamente.

De cada uno de estos soportes salen aletas de 4x4 cm y están espaciadas entre si 4 cm. Son 5 el número de aletas -

que contiene cada soporte.

Dos soportes son iguales (A y B), ya que sus aletas - están distribuidas de la misma manera; de la parte superior - de la estructura hacia la primera aleta hay una distancia de separación de 4 cm.

El tercer soporte (C), la primera aleta se encuen - tra al nivel de la parte superior de la estructura. Las ale - tas de los soportes (A y B) se encuentran alternadas con las aletas del soporte (C).

En la figura 1-2, se muestran como están distribuidos los deflectores con respecto a las entradas de la alimenta - ción ya que ésta es la variable en este estudio. También se - muestra la distancia que existe entre las entradas de la ali - mentación con respecto a los deflectores.

El reactor cuenta con un indicador de nivel que está - colocado a 34.41 cm, de arriba hacia abajo del reactor, que - es un tubo de vidrio hueco con una longitud de 35 cm y un diá - metro de 1 cm.

El reactor en la parte inferior cuenta con un orifi - cio de descarga.

El volumen del reactor es de 20.4 l, pero nuestra ca - pacidad de operación fué de 15.160 l.

Se utilizó un agitador marca Caframo, tipo RZR1, de - 70 W, 115 V, 60 HZ, el cual trabajó a una velocidad constante de 481-485 rpm, con carga.

Se le acopló una flecha de acero inoxidable de 0.79 - cm de diámetro y 40 cm de longitud, con una aspa de 7.59 cm - de longitud, 2.6 cm de ancho y 0.1 cm de espesor.

Esta flecha se colocó en el centro del reactor a una profundidad de 32.1 cm.

Se usó como depósito de alimentación un bote de lámina de 15 l, que se alimentó por medio de una manguera.

Este tanque fué colocado a una altura de 2.30 m, sobre una estructura de fierro en la cual se colocó todo el equipo. El depósito de alimentación, para mantener el nivel constante, estaba auxiliado por un orificio de descarga para eliminar el excedente del fluido, y un indicador de nivel igual al que contiene el reactor, para mantener la presión hidrostática constante.

La corriente de salida del depósito de alimentación llega a una llave de paso y después a un medidor de flujo.

Esta llave nos permite controlar el flujo de operación y de allí pasa al reactor.

Se utilizaron tres llaves de paso de bronce: 1a) Regulaba el agua hacia el depósito de alimentación.

2a) Regulaba el flujo de entrada hacia el reactor.

3a) Regulaba la salida del fluido del reactor.

Para medir las revoluciones a las que estaba trabando el agitador se empleó un tacómetro digital.

Para la inyección del trazador se colocó un tubo T de vidrio en la corriente principal, después del medidor de flujo.

El fluido que se utilizó en este estudio fué el agua, por su accesibilidad, bajo costo y fácil manejo.

La sustancia empleada como trazador fué el violeta - de metilo.

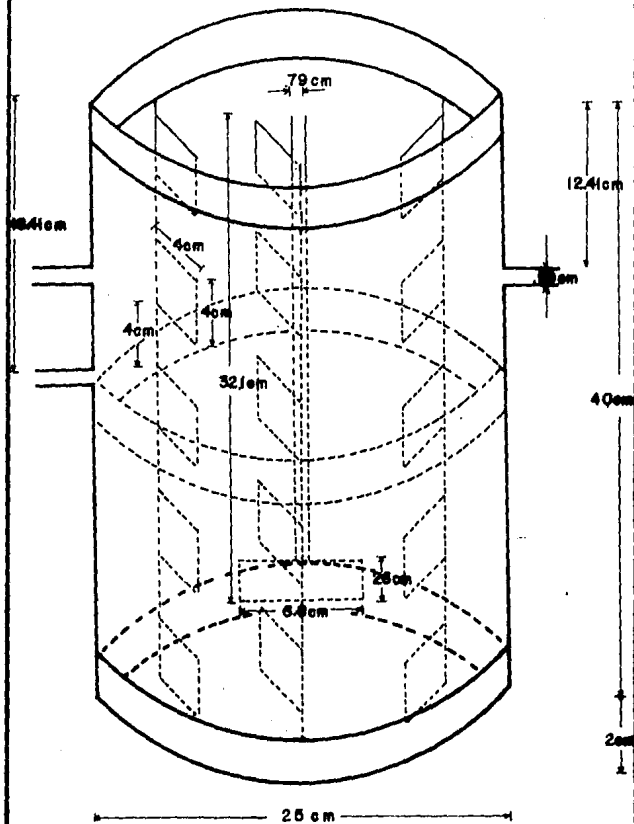
La inyección del trazador se aplicó utilizando una jeringa hipodérmica marca Mad Sheila de 35 ml, con una aguja - No. 16.

Para la medición de los tiempos de recolecta se utilizó un cronómetro.

Para la recolección de muestras se utilizaron 85 tubos de ensayo. Los primeros 10 tubos en los cuales se recolectó rápidamente la solución son de 1.5 X 10 cm y se llenaron a un volumen de 14.8 ml. Los 75 restantes son de 1.5 X 15 cm y se tomaron 13.6 ml de solución.

Para la medición de muestras se empleo el espectofotómetro de Bausch & Lomb # 20.

FIG. 1-1 ESQUEMA DEL REACTOR AGITADO
CON ALETAS DEFLECTORAS.



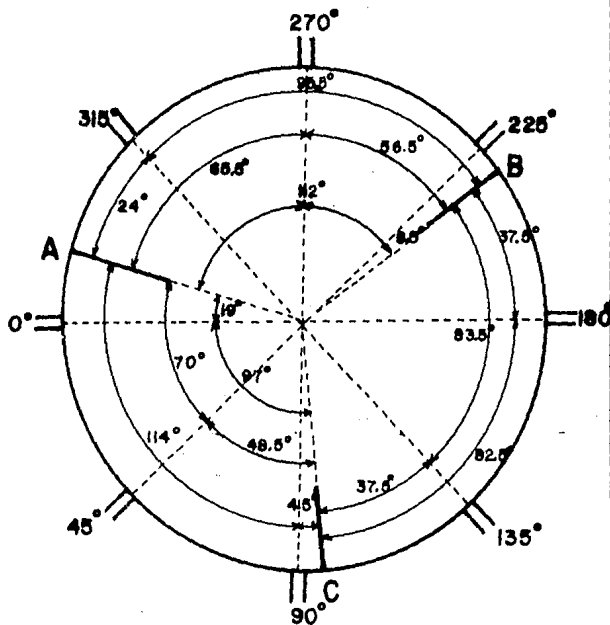


FIG. 1-2 DISTRIBUCIÓN DE LAS ALETAS DEFLECTORAS CON RESPECTO A LAS ENTRADAS DE ALIMENTACIÓN.

APÉNDICE II

DESARROLLO EXPERIMENTAL

60
6

DESARROLLO EXPERIMENTAL

PASOS PRELIMINARES.

a).- Se encontró, por medio de un espectógrafo infrarrojo, la zona de longitud de máxima absorbancia (λ) del colorante utilizado (violeta de metilo).

b).- Se preparó una solución patrón de la siguiente manera: En un matraz erlenmeyer de 1 l se agregó 0.05 g de violeta de metilo y se aforó con agua. De esta solución se prepararon estándares de 20 ml, 18 ml, 16 ml, 14 ml, 12 ml, 10 ml, 8 ml, 6 ml, 4 ml, 2 ml, los cuales se aforaron a 100 ml.

c).- Se tomaron lecturas de transmitancia a diferentes longitudes de onda y encontramos que la máxima absorbancia del colorante utilizado, tiene una longitud de onda de 590 \AA . Para la medición de muestras se utilizó el espectrofotómetro de Bausch & Lomb # 20.

d).- Se midió la absorbancia de los estándares y se comprobó la linealidad de absorbancia contra la concentración.

e).- Se preparó la solución del trazador de la siguiente manera: Se disolvieron aproximadamente 5 g de violeta de metilo en 1 l de agua, en un matraz.

f).- Se calculó la cantidad de trazador que se va a inyectar, dependiendo de la concentración que hayamos elegido en el reactor, con el fin de que las muestras tomadas estuvieran en el rango de lectura del espectrofotómetro.

g).- Se calibró el medidor de flujo, Rotámetro.

Ver apéndice III.

h).- Se estableció el flujo de operación del sistema y el volumen del reactor, que fué de 15.160 l.

i).- Se calibraron los tubos de ensayo.

RUTINA DE TRABAJO.

a).- Montaje del aparato.

b).- Se elige la posición de entrada de la alimentación radial, a la que se va a trabajar (0° , 45° , 90° , 135° - 180° , 225° , 270° , 315°), mientras que la salida permanece constante.

c).- Se llena a su nivel de operación el reactor y el depósito de alimentación.

d).- Se preparan los tubos de ensayo para la recolección de muestras. Deben estar secos y limpios.

e).- Se consigue el estado estacionario en el depósito de alimentación, con la ayuda de un orificio de descarga que se encuentra en la parte superior del depósito, el cual ayuda a mantener el nivel constante de agua.

f).- Se inicia la agitación (481 - 485 rpm) y se procede a establecer el estado estacionario en el reactor. Para esto, es preciso abrir y regular las llaves: 1) De entrada de agua al reactor que está conectado a un rotámetro, el que nos indica el flujo al que estamos trabajando (0.836 l/min).

2) De salida del reactor, tratando de mantener el nivel del reactor constante.

g).- A un tiempo cero, se inyectan 18.2 ml de solución de trazador (violeta de metilo), lo más rápido posible, tratando de que la inyección del trazador sea instantánea y

se toman 10 muestras rápidamente, una tras otra. A los 20 s después de haber inyectado el trazador se empiezan a recolectar las 75 muestras restantes a diferentes tiempos. Teniendo en cuenta que el tiempo total de muestreo es de 91 min, se distribuyeron en los siguientes intervalos de tiempo:

<u>No. DE MUESTRAS</u>	<u>INTERVALO DE TIEMPO</u>
12	5 s
12	10 s
12	15 s
12	30 s
14	1 min
13	5 min

h).- Se toman las muestras a la salida del reactor y se mide la absorbancia de las muestras en el espectrofotómetro.

i).- Se lava cuidadosamente el reactor, ya que el colorante utilizado es muy fuerte.

j).- Se realiza un duplicado de cada corrida.

k).- Se determina la concentración promedio en el reactor de la siguiente manera: 1) Se llena el reactor a su nivel de operación, manteniéndose la entrada y salida cerradas.

2) Se inicia la agitación.

3) Se inyecta la misma cantidad de trazador (18.2 ml) que se utiliza en las corridas y se deja agitando el tiempo necesario para que se homogenice la solución (1 hr).

4) Se toman varias - -
muestras a diferentes niveles del reactor, se mide su absor-
bancia y se calcula un promedio de ellas.

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

Volumen de operación del reactor, $V = 15.160$ l.

Caudal, $v_0 = 0.836$ l/min.

$\tau_0, \tau = 18.1340$ min.

Velocidad de agitación = 481 - 485 rpm.

La concentración promedio que se utilizó para este es
tudio fué la siguiente: Absorbancia Promedio = 0.8844 .

Para mayor información sobre la concentración prome -
dio ver apéndice V.

APÉNDICE III

CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR
DE FLUJO

CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO.

Sirve para determinar el caudal en ml/s para cual - -
quier lectura que hagamos en el rotámetro.

El procedimiento que se siguió para la calibración, -
fué el siguiente:

a).- Se monta el equipo como se muestra en -
la figura III-1.

b).- Se varfa el flujo que entra al rotáme -
tro, desde la lectura más alta con la que se puede trabajar -
que es 83, hasta la más baja, 0, y se hace una medición del -
líquido recolectado en una probeta en un tiempo fijado. Se hi -
cieron dos réplicas de cada lectura.

Los datos obtenidos se muestran en la tabla III-1.

FIGURA III-1

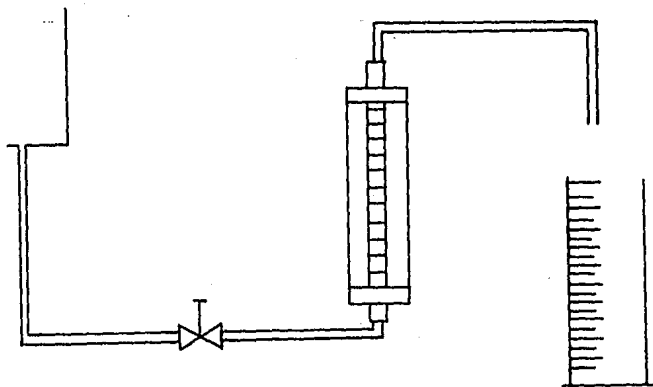


TABLA III - 1.

<u>LECTURA DEL ROTÁMETRO</u>	<u>VOLUMEN (ml)</u>	<u>TIEMPO (s)</u>	<u>PROMEDIO (VOLUMEN)</u>	<u>FLUJO (ml/s)</u>
83	880 - 888	30	884.0	29.47
70	850 - 850	35	850.0	24.29
60	830 - 830	40	830.0	20.47
50	850 - 850	50	850.0	17.00
40	810 - 810	60	810.0	13.50
30	610 - 611	60	610.5	10.18
20	415 - 411	60	413.0	6.88
10	208 - 207	60	207.5	3.46
0	0 - 0		0.0	0.0

Partiendo de la tabla III-1, se obtiene la figura - III-2 de caudal ($Q = \text{ml/s}$) contra lectura de rotámetro y en la cual con una simple lectura que hagamos en la gráfica podremos obtener el flujo de agua al que estamos trabajando.

Para mayor exactitud, se encontró la ecuación que rige esta recta, cuya forma es: $y = mx + b$

Utilizando la tabla III-1, obtenemos los siguientes - datos:

Intersección = $b = 0.0$

Pendiente = $m = 0.3467$

Correlación = 0.9998

Nuestra ecuación de flujo en función de la lectura - del rotámetro es la siguiente:

$$Q = 0.3467 \cdot (R)$$

(III-1)

Donde:

Q = Flujo de agua en ml/s .

R = Lectura del Rotámetro .

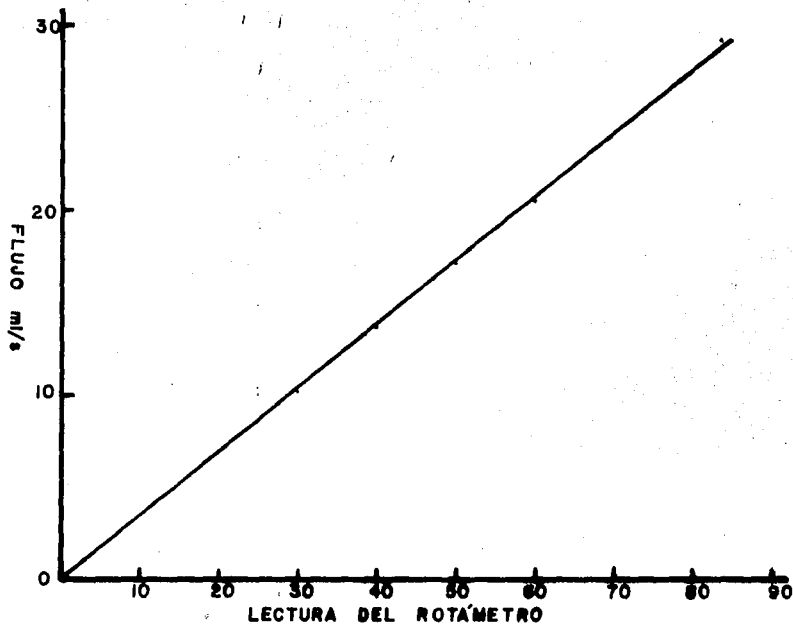


FIG. III-2 CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA

APÉNDICE IV

PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV

Y

EJEMPLO DE CÁLCULOS REALIZADOS
PARA EL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV.

En nuestro caso, esta prueba persigue dos objetivos:

a).- Saber si los datos obtenidos son consistentes, - esto quiere decir que un experimento que se trabaje bajo las mismas condiciones, nos dará los mismos resultados en cada réplica (Prueba Bimuestral).

b).- Comparación con el modelo teórico (Prueba para - Funciones de Distribución de Frecuencia (Bondad de Ajuste)).

Esta prueba se utiliza para distribuciones continuas. La hipótesis a probar es que cierta función $F(X)$ es la función de distribución de una población de la que se tomaron como muestras: X_1, \dots, X_n valores.

La hipótesis nula es que $F(X)_m = F(X)$.

donde: $F(X) = \int E_{\theta} d\theta = \sum_{\theta} E_{\theta} \Delta\theta$, para el modelo teórico -

(IV-1)

$F(X)_m = \sum_{\theta} E_{\theta} \Delta\theta$, promedio experimental para el modelo experimental

(IV-2)

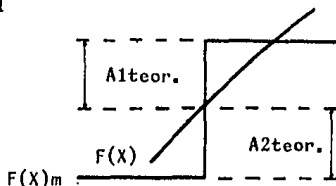
Para rechazar ó no la hipótesis, se tiene que conocer qué tanto varía $F(X)_m$ de $F(X)$. Se busca una medida de desviación de $F(X)_m$ respecto a $F(X)$.

Se determina un número CF° , si aparece una desviación mayor de CF° se rechaza la hipótesis nula y si aparece una desviación menor de CF° , no se rechaza.

Este número CF° es encontrado en tablas estadísticas para la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

$F(X)_m$ es una función escalonada, $A1_{teor.}$ y $A2_{teor.}$ - son las diferencias en el punto de discontinuidad entre $F(X)_m$ y $F(X)$. Ver figura IV-1

FIGURA IV - 1



Donde $A1teor.$ y $A2teor.$ se calculan de la siguiente manera: $A1teor. = F(X)_m - F(X)$ (IV-3)

$$A2teor. = F(X)_m - F(X) (t - 1) \quad (IV-4)$$

El valor máximo de $A1teor.$ y $A2teor.$ se compara con el valor del número CF^0 .

PROCEDIMIENTO:

1).- Calcular los valores de $F(X)_m$ de $t = t_1, \dots, t_n$, de la siguiente forma:

$$F(X)_m = \sum_{\theta} E_{\theta} \Delta \theta, \text{ promedio experimental.}$$

2).- Calcular los valores de $F(X)$, que es la función de distribución del modelo teórico de mezcla completa, de la forma: $F(X) = \int_0^{\theta} E_{\theta} d\theta.$

3).- Determinar las desviaciones $A1teor.$ y $A2teor.$.

4).- Determinar la desviación máxima de $A1teor.$ y $A2teor.$: $AMAX = \text{Valor máximo } (A1teor. \text{ y } A2teor.)$

5).- Determinar el valor máximo permisible CF^0 para un tamaño de muestra y un nivel de significancia elegido (20%, 10%, 5%, 2%, 1%).

6).- Comparar con CF^0 , de tal forma que:

$AMAX < CF^0$, se acepta la hipótesis.

$AMAX > CF^0$, se rechaza la hipótesis.

Esta prueba también se utilizó para comparar dos distribuciones experimentales. A esta prueba se le conoce como Prueba Bimuestral de Kolmogorov-Smirnov o simplemente Prueba de Smirnov. Las dos poblaciones deben ser continuas, pero se han tomado por intervalos para generar distribuciones escalonadas, sin que por ello pierdan su característica de continuidad.

La hipótesis nula es que $F(X)_m = F(X)_i$, donde $F(X)_m$ es la distribución de frecuencia acumulada, promedio de las dos réplicas y se calcula como ya se dijo anteriormente con la ecuación (IV-2).

$F(X)_i$ es la distribución de frecuencia acumulada de cualesquiera de las dos réplicas. Y se calcula de la forma:

$$F(X)_i = \sum_0^{\theta} E_{\theta} \Delta \theta, \text{ experimental para cada réplica.} \quad (IV-5)$$

Se hace el mismo procedimiento anterior, pero solo se calcula un valor que corresponde a A_{1teor} , y el valor máximo permisible CF para un nivel de significancia del 20% se calcula de la siguiente manera:

$$CF = 1,07 \sqrt{N/m \cdot n} \quad (IV-6)$$

Donde: n = Número total de muestras de la réplica 1.

m = Número total de muestras de la réplica 2.

$N = n + m$

EJEMPLO DE CÁLCULOS REALIZADOS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO
PARA CONSISTENCIA DE DATOS Y COMPARACIÓN CON EL MODELO
TEÓRICO

SIMBOLOGIA:

N	: Número de muestra.
teta	: Medida adimensional (θ).
TR	: Lectura de la trasmittancia de la réplica 1.
TR'	: Lectura de la trasmittancia de la réplica 2.
AB	: Absorbancia de la réplica 1.
AB'	: Absorbancia de la réplica 2.
E(teta)	: Ee experimental de la réplica 1.
E(teta)'	: Ee experimental de la réplica 2.
E(teta)m	: Ee promedio experimental de las dos réplicas.
E(teta)t	: Ee teórico del modelo de mezcla completa.
F(teta)	: Frecuencia acumulada experimental de la réplica 1.
F(teta)'	: Frecuencia acumulada experimental de la réplica 2.
F(teta)m	: Frecuencia acumulada promedio experimental de las dos réplicas.
F(teta)teo	: Frecuencia acumulada teórica del modelo de mezcla completa.
Alcons	: Diferencia entre F(teta) y F(teta)m.
Al'cons	: Diferencia entre F(teta)' y F(teta)m.
Alteor.	: Desviación para la prueba estadística de comparación con el modelo teórico. F(teta)teo - F(teta)m.

- A2teor. : Desviación para la prueba estadística de Comparación con el modelo teórico.
 $F(\text{teta})_m - F(\text{teta})_{\text{teo}} (t - 1)$
- AGMAX : Desviación máxima entre $F(\text{teta})_m$ y $F(\text{teta})$.
- AG'MAX : Desviación máxima entre $F(\text{teta})_m$ y $F(\text{teta})'$.
- AMAX : Desviación máxima de A1teor. y A2teor. .
- ∞ : Nivel de significancia.
- CF : Valor estadístico máximo permisible para la - prueba de Consistencia de Datos.
- CF^o : Valor estadístico máximo permisible para la - prueba de Comparación con el Modelo Teórico.

En la tabla IV-1 se muestran los cálculos correspondientes para la prueba de Consistencia de Datos.

En la tabla IV-2 se muestran los cálculos realizados para la prueba de Bondad de Ajuste de Comparación con el Modelo Teórico.

Todos los cálculos fueron realizados en un programa llamado "Hoja Electronica de Trabajo" que es muy utilizado en contabilidad. La computadora donde se realizaron dichos cálculos, es un teclado y un procesador IBM PC, la pantalla es una PRINCETON GRAPHIC SYSTEMS (HX-12 PGS), y el impresor es un OKIDATA M93 MICROLINE.

Este programa trabaja como si fuera una calculadora.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA IV - I

DATOS OBTENIDOS CON UN ANULO DE 180 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA DESCARGA

VOLUMEN= 15.16 l Vo=0.836 l/min T _{ac} = 18.1340 min Abs. pr. 0.8844													
N	teta	TR	TR'	AB	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta) _m	F(teta)	F(teta)'	F(teta) _m	Alcoms	Al'coms
1	0.0000	100.0	100.0	.0000	.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0184	11.5	12.5	0.9393	0.9031	1.0621	1.0211	1.0416	0.0098	0.0094	0.0098	0.0098	0.0098
3	0.0230	12.0	12.9	0.9208	0.8894	1.0412	1.0057	1.0235	0.0146	0.0141	0.0143	0.0003	0.0002
4	0.0276	12.0	13.0	0.9208	0.8861	1.0412	1.0019	1.0216	0.0194	0.0187	0.0190	0.0004	0.0003
5	0.0322	12.0	13.0	0.9208	0.8861	1.0412	1.0019	1.0216	0.0242	0.0233	0.0237	0.0005	0.0004
6	0.0368	12.5	13.3	0.9031	0.8761	1.0211	0.9906	1.0059	0.0289	0.0279	0.0284	0.0005	0.0008
7	0.0414	12.5	13.5	0.9031	0.8697	1.0211	0.9834	1.0023	0.0336	0.0324	0.0330	0.0006	0.0008
8	0.0460	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.0383	0.0369	0.0378	0.0007	0.0007
9	0.0506	13.0	13.5	0.8861	0.8697	1.0019	0.9834	0.9927	0.0429	0.0414	0.0422	0.0007	0.0008
10	0.0551	12.5	14.0	0.9031	0.8539	1.0211	0.9635	0.9933	0.0475	0.0458	0.0467	0.0008	0.0009
11	0.0597	13.1	14.0	0.8827	0.8539	0.9981	0.9635	0.9818	0.0521	0.0502	0.0512	0.0009	0.0010
12	0.0643	13.1	14.3	0.8827	0.8447	0.9981	0.9551	0.9766	0.0567	0.0546	0.0557	0.0010	0.0011
13	0.0689	13.3	14.0	0.8761	0.8339	0.9906	0.9635	0.9781	0.0613	0.0590	0.0602	0.0011	0.0012
14	0.0735	13.5	14.3	0.8697	0.8447	0.9834	0.9551	0.9693	0.0704	0.0678	0.0692	0.0012	0.0014
15	0.0873	14.1	14.5	0.8500	0.8386	0.9620	0.9482	0.9551	0.0793	0.0766	0.0781	0.0012	0.0015
16	0.0965	14.5	15.0	0.8386	0.8239	0.9482	0.9316	0.9399	0.0881	0.0852	0.0868	0.0013	0.0016
17	0.1057	15.0	15.0	0.8239	0.8239	0.9316	0.9316	0.9316	0.0967	0.0938	0.0954	0.0013	0.0016
18	0.1149	15.3	15.5	0.8153	0.8097	0.9219	0.9135	0.9187	0.1052	0.1023	0.1039	0.0013	0.0016
19	0.1241	15.5	15.5	0.8097	0.8097	0.9135	0.9135	0.9135	0.1137	0.1107	0.1123	0.0014	0.0016
20	0.1333	16.0	16.0	0.7999	0.7999	0.8999	0.8999	0.8999	0.1221	0.1191	0.1207	0.0014	0.0016
21	0.1425	16.0	16.5	0.7999	0.7825	0.8999	0.8848	0.8924	0.1304	0.1273	0.1289	0.0015	0.0016
22	0.1516	16.5	17.5	0.7825	0.7570	0.8848	0.8599	0.8704	0.1385	0.1352	0.1369	0.0016	0.0017
23	0.1608	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8599	0.8631	0.1466	0.1431	0.1449	0.0017	0.0018
24	0.1700	17.0	17.5	0.7696	0.7570	0.8702	0.8599	0.8631	0.1546	0.1510	0.1528	0.0018	0.0018
25	0.1792	17.5	17.9	0.7570	0.7471	0.8599	0.8448	0.8504	0.1625	0.1588	0.1607	0.0018	0.0019
26	0.1930	17.5	18.2	0.7570	0.7399	0.8599	0.8366	0.8463	0.1743	0.1704	0.1724	0.0019	0.0020
27	0.2068	18.0	19.5	0.7447	0.7100	0.8480	0.8028	0.8224	0.1860	0.1817	0.1839	0.0021	0.0022
28	0.2206	18.5	19.0	0.7328	0.7212	0.8286	0.8135	0.8221	0.1975	0.1929	0.1952	0.0023	0.0023
29	0.2344	19.3	20.0	0.7144	0.6990	0.8078	0.7904	0.7991	0.2088	0.2040	0.2064	0.0024	0.0024
30	0.2482	19.3	20.5	0.7144	0.6882	0.8078	0.7782	0.7930	0.2199	0.2148	0.2174	0.0025	0.0025
31	0.2619	20.1	21.0	0.6968	0.6778	0.7879	0.7664	0.7772	0.2308	0.2254	0.2282	0.0026	0.0026
32	0.2757	20.9	21.0	0.6799	0.6778	0.7888	0.7664	0.7676	0.2415	0.2360	0.2389	0.0026	0.0026
33	0.2895	21.0	22.0	0.6778	0.6576	0.7664	0.7436	0.7590	0.2521	0.2464	0.2494	0.0027	0.0030
34	0.3033	21.5	22.5	0.6676	0.6478	0.7549	0.7325	0.7437	0.2626	0.2566	0.2597	0.0029	0.0031
35	0.3171	22.5	23.0	0.6478	0.6383	0.7325	0.7217	0.7271	0.2729	0.2666	0.2698	0.0031	0.0032
36	0.3309	23.0	23.1	0.6383	0.6364	0.7217	0.7196	0.7207	0.2829	0.2769	0.2798	0.0031	0.0033
37	0.3447	23.0	23.5	0.6383	0.6289	0.7217	0.7111	0.7164	0.2929	0.2864	0.2897	0.0032	0.0033
38	0.3782	25.8	25.0	0.5884	0.6021	0.6553	0.6898	0.6731	0.3120	0.3055	0.3088	0.0032	0.0033
39	0.3998	26.3	26.0	0.5880	0.5850	0.6558	0.6615	0.6587	0.3302	0.3240	0.3272	0.0030	0.0032

TABLA IV - 1
(CONTINUACIÓN)

N	teta	TR	TR'	AB'	AB'	E(teta)	E(teta)'	E(teta)''	F(teta)	F(teta)'	F(teta)''	Alcons	Al'cons
49	0.4274	27.0	27.3	0.3606	0.3638	0.6429	0.6375	0.6402	0.3481	0.3419	0.3451	0.0030	0.0032
51	0.4542	28.0	28.5	0.3528	0.3768	0.6251	0.6222	0.6387	0.3635	0.3596	0.3627	0.0020	0.0031
52	0.4825	28.1	27.0	0.3214	0.3606	0.5896	0.6429	0.6183	0.3823	0.3775	0.3800	0.0023	0.0025
53	0.5191	29.9	28.0	0.3243	0.3528	0.5928	0.6251	0.6090	0.3966	0.3980	0.3989	0.0017	0.0019
54	0.5577	32.0	29.0	0.4942	0.5376	0.5296	0.6079	0.5838	0.4145	0.4120	0.4124	0.0011	0.0014
55	0.5832	32.0	31.0	0.4949	0.5006	0.5296	0.5751	0.5674	0.4299	0.4283	0.4292	0.0007	0.0009
56	0.5928	32.5	31.5	0.4081	0.5017	0.5019	0.5673	0.5296	0.4452	0.4441	0.4448	0.0004	0.0007
57	0.6204	35.0	32.5	0.4599	0.4681	0.5125	0.5319	0.5337	0.4299	0.4296	0.4299	0.0000	0.0004
58	0.6480	36.8	33.5	0.4377	0.4790	0.4949	0.5371	0.5160	0.4738	0.4745	0.4744	0.0006	0.0001
59	0.6728	37.0	34.5	0.4318	0.4622	0.4882	0.5225	0.5054	0.4873	0.4891	0.4884	0.0011	0.0007
60	0.7007	39.0	36.8	0.4082	0.4377	0.4623	0.4949	0.4786	0.5125	0.5172	0.5156	0.0021	0.0016
61	0.7288	41.5	39.5	0.3820	0.4034	0.4319	0.4851	0.4440	0.5381	0.5434	0.5418	0.0029	0.0024
62	0.8110	42.0	40.5	0.3768	0.3825	0.4251	0.4430	0.4350	0.5618	0.5682	0.5653	0.0025	0.0029
63	0.8961	44.1	43.5	0.3556	0.3615	0.4021	0.4088	0.4055	0.5846	0.5917	0.5885	0.0039	0.0032
64	0.9513	47.0	44.5	0.3279	0.3516	0.3708	0.3976	0.3842	0.6059	0.6140	0.6103	0.0044	0.0037
65	1.0054	47.8	46.3	0.3206	0.3344	0.3625	0.3781	0.3703	0.6261	0.6354	0.6311	0.0050	0.0043
66	1.0615	49.0	48.5	0.3098	0.3143	0.3503	0.3654	0.3529	0.6457	0.6536	0.6510	0.0053	0.0046
67	1.1167	52.0	51.0	0.2940	0.2984	0.3211	0.3306	0.3229	0.6642	0.6748	0.6697	0.0085	0.0048
68	1.1718	54.5	52.8	0.2826	0.2798	0.2981	0.3164	0.3073	0.6813	0.6883	0.6871	0.0088	0.0052
69	1.2270	54.3	54.3	0.2632	0.2632	0.2999	0.2999	0.2999	0.6978	0.7093	0.7039	0.0061	0.0054
60	1.2821	57.5	57.0	0.2403	0.2441	0.2717	0.2760	0.2739	0.7135	0.7252	0.7197	0.0062	0.0053
61	1.3373	58.5	58.5	0.2228	0.2228	0.2632	0.2632	0.2632	0.7283	0.7401	0.7345	0.0062	0.0056
62	1.3924	60.9	61.0	0.2154	0.2147	0.2436	0.2428	0.2432	0.7423	0.7540	0.7485	0.0062	0.0053
63	1.4476	62.0	62.0	0.2076	0.2076	0.2347	0.2347	0.2347	0.7585	0.7672	0.7617	0.0062	0.0055
64	1.5028	70.5	69.9	0.1918	0.1929	0.1716	0.1738	0.1737	0.8115	0.8238	0.8180	0.0065	0.0058
65	1.9990	76.0	76.5	0.1192	0.1163	0.1346	0.1315	0.1332	0.8537	0.8662	0.8603	0.0066	0.0059
66	2.2747	82.5	82.0	0.0835	0.0862	0.0944	0.0973	0.0960	0.8853	0.8978	0.8919	0.0066	0.0059
67	2.5505	86.9	86.0	0.0610	0.0653	0.0690	0.0741	0.0716	0.9078	0.9215	0.9150	0.0072	0.0065
68	2.8262	89.0	89.8	0.0506	0.0467	0.0572	0.0528	0.0530	0.9252	0.9390	0.9325	0.0073	0.0065
69	3.1019	91.3	91.9	0.0395	0.0367	0.0447	0.0415	0.0431	0.9392	0.9520	0.9460	0.0068	0.0060
70	3.3776	93.1	94.1	0.0311	0.0264	0.0352	0.0299	0.0326	0.9502	0.9618	0.9564	0.0062	0.0054
71	3.6534	95.0	95.3	0.0223	0.0209	0.0252	0.0236	0.0244	0.9585	0.9692	0.9643	0.0058	0.0049
72	3.9291	96.1	96.1	0.0173	0.0173	0.0196	0.0196	0.0196	0.9647	0.9752	0.9704	0.0057	0.0048
73	4.2048	97.0	97.1	0.0132	0.0128	0.0149	0.0145	0.0147	0.9695	0.9799	0.9751	0.0056	0.0048
74	4.4805	98.0	98.0	0.0088	0.0088	0.0100	0.0100	0.0100	0.9729	0.9833	0.9785	0.0056	0.0048
75	4.7563	98.0	98.2	0.0088	0.0079	0.0100	0.0089	0.0095	0.9757	0.9859	0.9812	0.0053	0.0047
76	5.0320	98.5	99.0	0.0056	0.0044	0.0075	0.0050	0.0063	0.9781	0.9878	0.9834	0.0053	0.0044

VALORES MÁXIMOS 0.0073 0.0065

A continuación se mostrarán las fórmulas utilizadas para la prueba de Consistencia de Datos de la tabla IV-1.

$$AB = 2 - \log(TR) \quad (IV-7)$$

$$AB' = 2 - \log (TR') \quad (IV-8)$$

$$E(\text{teta}) = AB/\text{Abs.pr.} \quad (IV-9)$$

$$E(\text{teta})' = AB'/\text{Abs.pr.} \quad (IV-10)$$

$$E(\text{teta})_m = E(\text{teta}) + E(\text{teta})'/2 \quad (IV-11)$$

$$F(\text{teta}) = \sum_{\theta} E_{\theta} \Delta \theta, \text{ réplica 1} \quad (IV-12)$$

$$F(\text{teta})' = \sum_{\theta} E'_{\theta} \Delta \theta, \text{ réplica 2} \quad (IV-13)$$

$$F(\text{teta})_m = \sum_{\theta} E_{\theta} \Delta \theta, \text{ promedio de las dos réplicas} \quad (IV-14)$$

Observando las tablas IV-1 los valores máximos para esta prueba estadística son los siguientes:

$$AGMAX = 0.0073$$

$$AG'MAX = 0.0065$$

De la ecuación IV-6

$$CF = 0.1736, \alpha = 20 \%$$

$$0.0073, 0.0065 < 0.1736$$

Por lo tanto se concluye: La hipótesis nula no se rechaza, las curvas son iguales y los datos obtenidos experimentalmente son consistentes.

TABLA IV - 2

DATOS OBTENIDOS CON UN ANULO DE 180 GRADOS DEL LA ALIMENTACION CON RESPECTO A LA DECORACION

VOLUMEN= 15.16 l Vo=0.836 l/min Tac= 18.1340 min Abs. pr. 0.8844

N	E(totale)	E(totale)	F(totale)	F(totale)	Aiteor.	A2teor.
1	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
2	1.0416	0.9818	0.0096	0.0182	0.0086	0.0182
3	1.0235	0.9773	0.0143	0.0227	0.0084	0.0131
4	1.0216	0.9728	0.0190	0.0272	0.0082	0.0129
5	1.0216	0.9683	0.0237	0.0317	0.0080	0.0127
6	1.0059	0.9639	0.0284	0.0361	0.0077	0.0124
7	1.0023	0.9594	0.0330	0.0405	0.0075	0.0121
8	0.9927	0.9550	0.0376	0.0449	0.0073	0.0119
9	0.9927	0.9507	0.0422	0.0493	0.0071	0.0117
10	0.9933	0.9464	0.0467	0.0536	0.0069	0.0114
11	0.9818	0.9420	0.0512	0.0579	0.0067	0.0112
12	0.9766	0.9377	0.0557	0.0622	0.0065	0.0110
13	0.9781	0.9334	0.0602	0.0665	0.0063	0.0108
14	0.9693	0.9249	0.0648	0.0709	0.0060	0.0106
15	0.9691	0.9164	0.0701	0.0753	0.0058	0.0103
16	0.9399	0.9080	0.0668	0.0719	0.0051	0.0138
17	0.9316	0.8997	0.0754	0.1002	0.0048	0.0134
18	0.9187	0.8915	0.1039	0.1084	0.0045	0.0130
19	0.9128	0.8833	0.1123	0.1166	0.0043	0.0127
20	0.8999	0.8752	0.1207	0.1247	0.0040	0.0124
21	0.8924	0.8672	0.1289	0.1287	0.0038	0.0120
22	0.8704	0.8593	0.1369	0.1406	0.0037	0.0117
23	0.8631	0.8515	0.1449	0.1485	0.0036	0.0116
24	0.8631	0.8437	0.1528	0.1563	0.0035	0.0114
25	0.8504	0.8359	0.1607	0.1640	0.0033	0.0112
26	0.8463	0.8245	0.1724	0.1735	0.0031	0.0108
27	0.8224	0.8132	0.1839	0.1868	0.0029	0.0104
28	0.8221	0.8020	0.1952	0.1979	0.0027	0.0100
29	0.7991	0.7910	0.2064	0.2089	0.0025	0.0137
30	0.7930	0.7802	0.2174	0.2197	0.0023	0.0133
31	0.7772	0.7696	0.2282	0.2303	0.0021	0.0129
32	0.7676	0.7590	0.2389	0.2408	0.0019	0.0126
33	0.7590	0.7486	0.2494	0.2512	0.0018	0.0123
34	0.7437	0.7384	0.2597	0.2615	0.0018	0.0121
35	0.7271	0.7283	0.2698	0.2716	0.0018	0.0119
36	0.7207	0.7183	0.2798	0.2816	0.0018	0.0118
37	0.7164	0.7084	0.2897	0.2914	0.0017	0.0116
38	0.6731	0.6892	0.3088	0.3106	0.0018	0.0209
39	0.6587	0.6705	0.3272	0.3294	0.0022	0.0206

TABLA IV - 2
 (CONTINUACIÓN)

N	Etotal	Etotal	Ftotal	Ftotal	Alteor.	Alteor.
40	0.6402	0.6522	0.3451	0.3477	0.0026	0.0205
41	0.6387	0.6345	0.3627	0.3654	0.0027	0.0203
42	0.6163	0.6172	0.3800	0.3827	0.0027	0.0200
43	0.6090	0.6004	0.3989	0.3995	0.0006	0.0198
44	0.5838	0.5841	0.4134	0.4158	0.0024	0.0189
45	0.5679	0.5682	0.4292	0.4316	0.0024	0.0182
46	0.5596	0.5528	0.4448	0.4471	0.0023	0.0179
47	0.5337	0.5377	0.4599	0.4621	0.0022	0.0173
48	0.5160	0.5231	0.4744	0.4767	0.0023	0.0168
49	0.5054	0.5089	0.4884	0.4909	0.0025	0.0163
50	0.4786	0.4816	0.5136	0.5182	0.0046	0.0298
51	0.4440	0.4238	0.5410	0.5446	0.0036	0.0284
52	0.4380	0.4313	0.5553	0.5605	0.0052	0.0275
53	0.4095	0.4082	0.5805	0.5916	0.0111	0.0263
54	0.3842	0.3862	0.6103	0.6135	0.0032	0.0250
55	0.3703	0.3655	0.6311	0.6342	0.0031	0.0239
56	0.3529	0.3459	0.6510	0.6536	0.0028	0.0227
57	0.3288	0.3274	0.6697	0.6724	0.0027	0.0214
58	0.3073	0.3098	0.6871	0.6900	0.0029	0.0203
59	0.2999	0.2932	0.7039	0.7066	0.0027	0.0195
60	0.2739	0.2775	0.7197	0.7223	0.0025	0.0184
61	0.2632	0.2626	0.7345	0.7372	0.0027	0.0175
62	0.2432	0.2485	0.7485	0.7513	0.0028	0.0168
63	0.2347	0.2351	0.7617	0.7646	0.0029	0.0161
64	0.1737	0.1785	0.8180	0.8216	0.0036	0.0299
65	0.1332	0.1259	0.8603	0.8649	0.0046	0.0469
66	0.0960	0.1028	0.8919	0.8977	0.0058	0.0374
67	0.0716	0.0780	0.9130	0.9225	0.0076	0.0307
68	0.0550	0.0592	0.9325	0.9415	0.0090	0.0263
69	0.0431	0.0480	0.9460	0.9509	0.0059	0.0234
70	0.0328	0.0341	0.9564	0.9668	0.0104	0.0208
71	0.0244	0.0279	0.9643	0.9751	0.0108	0.0187
72	0.0196	0.0197	0.9704	0.9814	0.0110	0.0171
73	0.0147	0.0149	0.9751	0.9862	0.0111	0.0158
74	0.0100	0.0113	0.9785	0.9898	0.0113	0.0147
75	0.0093	0.0086	0.9812	0.9925	0.0113	0.0140
76	0.0063	0.0065	0.9834	0.9946	0.0112	0.0134

VALORES MÁXIMOS 0.0113 0.0599

A continuación se mostrarán los números que corresponden a las fórmulas utilizadas para la prueba de Bondad de Ajuste de la tabla IV-2:

$$E(\text{teta})_m \quad (IV-11)$$

$$E(\text{teta})_t = e^{-(\text{teta})} \quad (IV-15)$$

$$F(\text{teta})_{\text{teo}} \quad (IV-1)$$

$$F(\text{teta})_m \quad (IV-2)$$

$$A1_{\text{teor.}} \quad (IV-3)$$

$$A2_{\text{teor.}} \quad (IV-4)$$

De la tabla IV-2, los valores máximos de $A1_{\text{teor.}}$ y $A2_{\text{teor.}}$ son los siguientes:

$$A1_{\text{teor.}} = 0.0113 \quad A_{\text{MAX}} = 0.0599$$

$$A2_{\text{teor.}} = 0.0599$$

El valor CF^0 , a diferentes niveles de significancia, se obtuvo de las tablas estadísticas para la prueba de Kolmogorov. Para una $N = 152$ son los siguientes:

<u>NIVEL DE SIGNIFICANCIA</u>	<u>CF^0</u>
20 %	0.0868
10 %	0.0990
5 %	0.1103
2 %	0.1233
1 %	0.1322

Por lo tanto:

$$A_{\text{MAX}} < CF^0$$

Se acepta la hipótesis nula y las curvas son iguales para cualquier α menor o igual al 20%.

APÉNDICE V

PRUEBA DE INTERVALO DE
CONFIANZA PARA LA MEDIA

PRUEBA DE INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA MEDIA

Esta prueba persigue dos objetivos:

a).- Encontrar los límites de confiabilidad para la concentración promedio, ya que ésta es una representación de las obtenidas experimentalmente.

b).- Probar la consistencia del colorante al envejecimiento.

El procedimiento de determinar un intervalo que comprenda un parámetro de población (μ) con cierta probabilidad $1-\alpha$, se llama Estimación por Intervalos. Con estos intervalos se puede asegurar con un grado de certeza razonable que contienen el parámetro considerado.

α es la probabilidad de que el intervalo no incluya el verdadero valor del parámetro.

Los valores de las medias X_1, \dots, X_n , deben ser extraídas de una población que se distribuye normalmente.

Se hace la afirmación $P(a < \mu < b) = 1 - \alpha$, donde a y b se llaman respectivamente, límite inferior y límite superior del intervalo. El intervalo (a, b) se llama Intervalo de Confianza; $b-a$ es una medida de la precisión de la estimación y $1-\alpha$ es una medida de su fiabilidad.

La expresión general para el Intervalo de Confianza para la Media de una población μ es la siguiente:

$$P(\bar{X} - t' \cdot S/\sqrt{n'} \leq \mu < \bar{X} + t' \cdot S/\sqrt{n'}) = 1 - \alpha \quad (V-1)$$

Donde:

$$\bar{X} - t' \cdot S/\sqrt{n'} = \text{Límite inferior, } a.$$

$$\bar{X} + t' \cdot S/\sqrt{n'} = \text{Límite superior, } b.$$

\bar{X} = Media muestral.

S = Desviación tónica.

n' = Tamaño de la muestra.

t' = Es un valor de una variable aleatoria que sigue la Distribución t de Student, con $n-1$ grados de libertad y se encuentra en tablas estadísticas a diferentes niveles de confianza (99%, 98%, 95%, etc.).

PROCEDIMIENTO:

1).- Calcular la media \bar{X} de la muestra X_1, \dots, X_n , de la siguiente manera:

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n' \quad (V-2)$$

2).- Calcular la desviación tónica S de la muestra de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n' - 1)} \quad (V-3)$$

3).- Determinar el valor t' a un nivel de confianza es cogido, con $n-1$ grados de libertad, usando la tabla correspondiente.

4).- Calcular el valor de los límites superior e inferior de la siguiente forma:

$$a = \bar{X} - t' \cdot S / \sqrt{n'} \quad (V-4)$$

$$b = \bar{X} + t' \cdot S / \sqrt{n'} \quad (V-5)$$

5).- Determinar el intervalo de confianza:

$$a \leq \mu \leq b$$

6).- Comparar las concentraciones promedio obtenidas experimentalmente con el intervalo de confianza.

EJEMPLO DE CÁLCULOS REALIZADOS PARA LA PRUEBA DE
CONSISTENCIA DEL VALOR PROMEDIO.

DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE:

<u>ALIMENTACIÓN</u>	<u>CONC. PROMEDIO (ABSORBANCIA)</u>
0°	0.8852
45°	0.9314
90°	0.8596
135°	0.8852
180°	0.8724
225°	0.9042
270°	0.8852
315°	0.8991

$$\bar{x} = 0.8903$$

$$S = 0.0217$$

$$t'(99.8\%), \text{ con } 7 \text{ grados de libertad} = 4.79$$

$$a = 0.8536$$

$$b = 0.9270$$

$$\text{INTERVALO DE CONFIANZA: } 0.8536 \leq \mu \leq 0.9270$$

Se puede observar que un valor de las concentraciones promedio, queda fuera del rango del intervalo de confianza. El valor que sale de este intervalo es 0.9314, que corresponde a la alimentación de 45° con un error mínimo respecto al límite superior y esto se debe a un error experimental al inyectar el colorante, por eso hay variación en las concentraciones promedio.

Se anula este valor y se encuentra un nuevo intervalo

lo de confianza con los siguientes valores:

$$\bar{x} = 0.8844$$

$$S = 0.0151$$

$$t'(99.8\%), \text{ con } 6 \text{ grados de libertad} = 5.21$$

$$a = 0.8547$$

$$b = 0.9141$$

$$\text{INTERVALO DE CONFIANZA: } 0.8547 \leq \mu \leq 0.9141$$

Con este nuevo intervalo los valores obtenidos experimentalmente se encuentran dentro del rango establecido y la concentración promedio que se utilizó para este estudio es una representación de todas ellas.

Se puede afirmar que este intervalo es confiable un 99.8%; esto es, tenemos una probabilidad de 0.998, de que las muestras obtenidas experimentalmente bajo las mismas condiciones de operación caigan en este intervalo y la solución del trazador es consistente.

Ya que estas determinaciones de absorbancia promedio fueron hechas en diversas fechas y no muestran una tendencia definida al cambio, sino simplemente errores aleatorios, se confirma que el trazador no envejeció.