

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN
REACTOR CATALITICO CONTINUO AGITADO
POR MEDIO DEL METODO DE
ESTIMULO - RESPUESTA

711

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

GUSTAVO ARIEL FUENTES ZURITA

MEXICO, D. F.

1974



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS: Tesi

ADQ. (27)

FECHA

PROC. M.T. V. 110

JURADO ASIGNADO

Presidente: Prof. ENRIQUE GARCIA LOPEZ
Vocal: Prof. MARTIN HERNANDEZ LUNA
Secretario: Prof. ENRICO MARTINEZ SAENZ
Primer Suplente: Prof. LEOPOLDO RODRIGUEZ
Segundo Suplente: Prof. JAIME NORIEGA BERNECHEA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

FACULTAD DE QUIMICA

SUSTENTANTE

GUSTAVO ARIEL FUENTES ZURITA

ASESOR DEL TEMA

DR. ENRICO MARTINEZ SAENZ

A MIS PADRES
CON CARÍNO

A MIS HERMANOS

A MARIA EUGENIA

A MIS AMIGOS

A LOS DOCTORES ENRICO MARTINEZ SAENZ
Y MARTIN HERNANDEZ LUNA
POR ADENTRARME EN EL FASCINANTE -
CAMPO DE LA INVESTIGACION.

CON AGRADECIMIENTO A LA DIVISION DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE ESTA FACULTAD POR LAS FACILI-
DADES PRESTADAS PARA LA COMPRA Y MANTENI - - -
MIENTO DEL EQUIPO USADO. AL I.Q. URIEL ARECHIGA
POR LAS ATENCIONES QUE ME BRINDO DURANTE EL
DESARROLLO DE ESTE TRABAJO. A MI HERMANA - -
ELSA POR SU INAPRECIABLE AYUDA EN LA LECTURA
DE LOS DATOS. A LA SRITA. MA. DEL SOCORRO RIVE-
RA POR SU PACIENCIA Y BUENA VOLUNTAD DURANTE
LA ESCRITURA DEFINITIVA DE ESTA TESIS.

R E S U M E N

Durante el desarrollo de este trabajo se encontró una nueva ecuación para la evaluación de la diferencia de temperatura entre la superficie del catalizador y la masa de gas, la cual es:

$$\Delta T = \frac{\left(\frac{-\Delta H_r}{A_p}\right) \frac{dr'}{dw} (P_r)^{2/3} \omega}{C_p G J_n \beta}$$

Se efectuaron estudios de mezclado homogéneo por medio del método de estímulo - respuesta, para lo cual se utilizó un estímulo tipo pulso y se recomienda el trabajar este reactor con velocidad de agitación mayor que 1,400 RPM a gastos volumétricos mayores que 5 cm³/seg.

Se hizo un estudio de transferencia de masa, para lo cual se utilizó la evaporación de pastillas de naftaleno, habiéndose encontrado que no es posible dar una correlación que comprenda todos los datos de RPM y gasto volumétrico. Para un gasto de 8 cm³/seg. se determinó que la forma de la correlación es:

$$J_m = 0.27 Re^{-0.64}$$

I N D I C E

	<u>Pag.</u>
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE TABLAS	iv
NOMENCLATURA	vi
SECCION I	
INTRODUCCION	1
SECCION II	
OBJETIVOS	7
SECCION III	
REVISION BIBLIOGRAFICA	8
SECCION IV	
ASPECTOS TEORICOS	14
IV. a) Reactor Catalítico Continuo Agitado	14
IV. b) Mezclado Homogéneo	15
IV. c) Transferencia de Masa y Energía	19
IV. c1) Método Físico	20
IV. c2) Método Químico	22
SECCION V	
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	28
V. a) Mezclado Homogéneo	28
V. a. 1) Material Empleado	28

V.a.2) Procedimiento	29
V.b) Transferencia de Masa	33
V.b.1) Material Empleado	33
V.b.2) Procedimiento	33
SECCION VI	
PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.	35
VI.a.) Mezclado Homogéneo	35
VI.b.) Transferencia de Masa	37
SECCION VII	
CONCLUSIONES	42
APENDICE A	44
APENDICE B	48
APENDICE C	50
BIBLIOGRAFIA	78

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura Núm.</u>		<u>Pág.</u>
IV. 1	Estímulo tipo pulso	16
IV. 2	Respuesta del RHCA a un estímulo tipo pulso	16
IV. 3	$\ln C/C_0$ vs. $t/\bar{\theta}$	18
IV. 4	Variación esperada de r con w	25
V. 1	Diagrama del equipo usado en las pruebas de mezclado	30
V. 2	Diagrama del RCCA	31
V. 3	Diagrama del sistema de agitación del RCCA	32
V. 4	Diagrama mostrando las conexiones del RCCA con el cromatógrafo	30
VI. 1	Gráfica mostrando una respuesta típica del RCCA a un pulso de nitrógeno	36
VI. 2	Gráfica mostrando las zonas de mezclado encontradas durante la operación del RCCA	39
VI. 3	k'_g vs. RPM	40
VI. 4	$\log J_m$ vs. $\log Re$	41

INDICE DE TABLAS

Las tablas 1 a 25 comprenden datos obtenidos durante las -
pruebas de mezclado e incluye pruebas estadísticas sobre -
dichos datos.

TABLA NUM.	RPM	GASTO VOL. (ml/ seg)	<u>Pág.</u>
1	0	3	51
2	0	4	52
3	0	5	53
4	0	7	54
5	0	10	55
6	700	3	56
7	700	5	57
8	700	5.7	58
9	700	7	59
10	700	10	60
11	1,400	3	61
12	1,400	4	62
13	1,400	5	63
14	1,400	5	64
15	1,400	7	65
16	1,400	7	66
17	1,400	10	67
18	2,100	3	68
19	2,100	4	69
20	2,100	5	70
21	2,100	5	71
22	2,100	7	72

23	2,100	7	73
24	2,100	10	74
25	2,100	10	75
26	Número equivalente de tanques agitados en serie para las corridas 1 a 25		76
27	Pérdida en peso promedio , k_g y J_m (8ml/seg)		77

NOMENCLATURA

- a_p - Area de la pastilla de naftaleno - Cm^2 .
 A_p - Area del catalizador / u. de masa - Cm^2 /gramos.
 C - Concentración molar g-mol/cm^3 .
 C_p - Calor específico $\text{cal/g-mol}^\circ\text{K}$.
 d_p - Diámetro de las pastillas de naftaleno cm .
 d_1 - Radio de la canastilla cm .
 F - Gasto molar g-mol/seg .
 G - Masa - velocidad $\text{g-mol/cm}^2 \cdot \text{seg}$.
 h - Constante transferencia de energía $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{K}$.
 h' - Número equivalente de tanques agitados en serie.
 ΔH_r - Calor de reacción cal/g-mol .
 J_h - Factor adimensional de transferencia de energía.
 J_m - Factor adimensional de transferencia de masa.
 k - Conductividad térmica $\text{cal/cm} \cdot \text{seg} \cdot ^\circ\text{K}$.
 k_g - Constante de transferencia de masa en la interfase - cm/seg .
 k'_g - Constante de transferencia de masa en la interfase - $\text{g-mol/cm}^2 \cdot \text{seg} \cdot \text{atm}$.
 k''_g - Constante de transferencia de masa en la interfase - $\text{g-mol/seg} \cdot \text{atm}$.
 l - Altura de la pastilla de naftaleno cm .
 n_t - Gasto molar total de N_2 y naftaleno g-mol/seg .

P'	-	Presión en mm Hg.
P_n	-	Presión parcial de naftaleno atm.
P_t	-	Presión absoluta del sistema atm.
q	-	Gasto volumétrico cm^3/seg .
q'_g	-	Calor generado $\text{cal}/\text{seg} \cdot ^\circ\text{K}$
q'_t	-	Calor transmitido $\text{cal}/\text{seg} \cdot ^\circ\text{K}$
r	-	Radio cm.
r	-	Velocidad de reacción $\text{g-mol}/\text{seg}$.
r'	-	Velocidad de reacción por unidad de masa de catalizador $\text{g-mol}/\text{seg} \cdot \text{g}$.
r_g	-	Velocidad de transferencia de masa $\text{g-mol}/\text{seg}$.
R	-	Constante general del estado gaseoso (ap. B) $\text{cm}^3 \cdot \text{atm}/\text{g-mol} \cdot ^\circ\text{K}$.
R	-	Generación de masa $\text{g-mol}/\text{cm}^3 \cdot \text{seg}$.
t	-	Tiempo seg.
T	-	Temperatura absoluta $^\circ\text{K}$.
T'	-	Tiempo adimensional ($t/\bar{\theta}$)
T_b	-	Temperatura en la masa de gas $^\circ\text{K}$
T_s	-	Temperatura en la superficie del catalizador $^\circ\text{K}$
v	-	Velocidad cm/seg .
V	-	Volúmen del reactor cm^3
w	-	Parámetro de agitación.
W	-	Masa del catalizador gramos.
X	-	Conversión

- y_n - Fracción mol de naftaleno
 z - Longitud cm.

Otros Símbolos . -

- β - Exponente en la correlación de transferencia de masa y de energía.
 D - Difusividad cm^2 / seg .
 θ - Angulo (coordenadas cilíndricas)
 $\bar{\theta}$ - Tiempo de residencia promedio seg.
 π - 3.1416
 ρ - Densidad molar $\text{g}\cdot\text{mol}/\text{cm}^3$
 ρ' - Densidad g/cm^3 .
 μ - Viscosidad poises.

Abreviaturas . -

- DTR - Distribución de tiempos de residencia
 $\overline{\text{DIF}}$ - Pérdida promedio en peso de las pastillas de naftaleno. gramos
 \ln - Logaritmo natural.
 \log - Logaritmo decimal.
 Pr - Número de Prandtl.
 RCCA- Reactor Catalítico Continuo Agitado.
 Re - Número de Reynolds
 RHCA - Reactor Homogéneo Continuo Agitado.
 RPM - Revoluciones por minuto min^{-1}

RPS - Revoluciones por segundo seg.^{-1}

Sch - Número de Schmidt

Sub Indices -

A - Compuesto A

B - Compuesto B

f - Alimentación

o - Inicial

r - Componente radial

s - Salida

z - Componente longitudinal

θ - Componente angular

I. INTRODUCCION

En el campo de la catálisis heterogénea, es de gran importancia obtener datos cinéticos confiables para su posterior utilización en el diseño de reactores y en el estudio de los mecanismos de reacción. El problema básico con el que se tropiezan generalmente los químicos e ingenieros químicos, es la complejidad de los procesos que intervienen en una reacción, ya que no sólo se tiene el mecanismo de reacción química, sino que es necesario considerar también el efecto de las resistencias a la transferencia de masa y de energía sobre la velocidad de reacción.

Existe una gran variedad de reactores a nivel laboratorio, con los cuales se trabaja actualmente para obtener información sobre diversas reacciones. Los más utilizados son el reactor integral y el reactor diferencial, aunque últimamente han surgido nuevos diseños que tratan de evitar los problemas inherentes a dichos reactores (1).

Si expresamos la ecuación de conservación de masa para un sistema en coordenadas cilíndricas tenemos:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_A}{\partial t} + \left(v_r \frac{\partial C_A}{\partial r} + v_\theta \frac{1}{r} \frac{\partial C_A}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial C_A}{\partial z} \right) \\ = \mathcal{D}_{AB} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C_A}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 C_A}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right) + R_A \end{aligned}$$

Es obvio que si logramos evitar que haya gradientes de concentración a nivel macroscópico ó interpartícula, obtenemos una ecuación fácilmente integrable, a partir de la cual podemos determinar el valor de la velocidad de reacción global.

En forma similar se puede trabajar con la ecuación de conservación de energía, para obtener la expresión para calcular la entalpia de reacción.

El planteamiento anterior, fué el que llevó a J. J. Carberry al desarrollo de un nuevo tipo de reactor, que desde muchos puntos de vista es superior a los demás reactores. Se le denomina Reactor Catalítico Continuo Agitado (RCCA) y en la actualidad, comprende gran variedad de diseños (2, 3, 4), creados con el objeto de mejorar algunas deficiencias que pudiera tener el reactor original (2, 3).

El fundamento práctico del RCCA, se encuentra en el principio del Reactor Homogéneo Continuo Agitado (RHCA), puesto que una de las premisas fundamentales de que se parte, es la constancia de la concentración y de la temperatura en todo el volumen del reactor. Con el objeto de extender este concepto al caso de reacciones heterogéneas, fué necesario colocar el catalizador en una canasta giratoria dentro de

la cámara de reacción y tomar providencias para lograr un buen mezclado dentro de la misma. Los detalles de éste diseño se encuentran en la literatura (4).

Para lograr encontrar la zona de operación donde se puede considerar que tenemos comportamiento de tanque agitado ideal, es necesario recurrir a las pruebas de respuesta dinámica (5, 6, 7, 8, 9). De éstas se prefiere la prueba de estímulo tipo pulso, debido a la facilidad que representa desde el punto de vista experimental.

Los parámetros que es necesario manejar, son el gasto volumétrico de alimentación y la velocidad de agitación (RPM), ya que de ellos dependerá el comportamiento real del reactor (2, 9).

El procedimiento experimental consiste en lo siguiente:

Se pasa una corriente continua de He a través del reactor; el He que entra al reactor circula primero por una de las dos celdas de conductividad térmica de un cromatógrafo de gases, mientras que la salida del reactor está conectada con la celda restante, en esta forma se establece un equilibrio en el puente del detector y no hay fluctuaciones en la señal que va al registrador. En un momento dado, por medio de

una válvula muestreadora, se inyecta una cantidad conocida de N_2 en el reactor; debido a la gran diferencia en conductividad térmica entre el N_2 y el He se obtiene una diferencia de potencial que causa una deflexión en la aguja del registrador, siendo esta señal directamente proporcional a la concentración de N_2 a la salida del reactor. El gasto volumétrico de gas acarreador se calcula por medio de un medidor de burbuja; para asegurar su constancia es necesario efectuar mediciones antes y después de la prueba.

Posteriormente se analizan estadísticamente los datos, para verificar si coinciden con los resultados que obtendríamos en un tanque agitado ideal.

En diversas publicaciones (10, 11) se ha hecho hincapié en el efecto que tiene el gradiente de temperatura a través de la interfase que rodea la pastilla de catalizador sobre la velocidad intrínseca de reacción. Esto se ha demostrado para reactores de lecho fijo, sin embargo, podemos considerar que se tiene el mismo problema en el RCCA, por lo que es necesario, llevar a cabo una evaluación previa de la constante de transferencia de calor de la partícula a la masa de gas.

Hasta la fecha se ha evaluado la transferen

cia de masa y calor a partir de modificaciones de las correlaciones para reactores de lecho fijo, pero esto es objetable, ya que debido a la diferencia de mecanismos convectivos causados por la distinta forma de agitación, pueden cometerse errores apreciables al tratar de evaluar la transferencia de calor.

Recientemente se ha publicado una correlación para éste tipo de reactores (3), sin embargo, trabajos posteriores han sugerido que no es muy confiable (12).

Debido a lo anterior, es conveniente efectuar estudios de transferencia de calor. Experimentalmente esto es muy complejo debido a las características del reactor, sin embargo, es posible evaluar fácilmente la transferencia de masa y tomando en cuenta la analogía en los mecanismos de transporte (11, 13) se logra calcular la diferencia esperada de temperaturas con una exactitud aceptable. Para estas determinaciones se recurre al igual que en las pruebas de mezclado a una prueba física.

Para llevar a cabo este experimento, se colocan aleatoriamente pastillas de naftaleno, en las canastillas del RCCA y se pasa una corriente de N_2 , con un flujo volumétrico y una velocidad de agitación constantes.

Posteriormente, a través de la - - -

determinación de la masa de naftaleno transferida, se determina la constante de transferencia de masa. Esto se repite para diferentes flujos volumétricos y diferentes velocidades de agitación. Ya con estos datos es posible calcular el J_m , quedando en la forma clásica:

$$J_m = \alpha Re^\beta$$

En esta forma podemos evaluar posteriormente la constante de transferencia de calor y la diferencia de temperaturas entre la pastilla y el fluido, siendo esto fundamental para lograr obtener datos cinéticos aceptables.

II. OBJETIVOS

- 1). - Determinar la zona de valores, -
velocidad de agitación y flujo volu-
métrico dentro de la cual el RCCA
se comporta como un tanque agitado
ideal.
- 2). - Obtener una correlación del tipo -
 $J_m = f (Re)$ que permita determi-
nar el J_h y de aquí el coeficiente de
transporte de calor en la interfase -
partícula - gas para evaluar la im-
portancia de los gradientes de tempe-
ratura en esta zona dentro de un - -
RCCA.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

A través de una revisión cuidadosa de la literatura disponible en el campo de obtención de datos cinéticos para reacciones heterogéneas, nos encontramos con una gran variedad de diseños de reactores experimentales, los cuales en cada caso, influyen en mayor ó menor grado sobre la generalidad de los datos obtenidos.

Es evidente que para efectuar el escalamiento de un proceso catalítico desde el laboratorio hasta su aplicación industrial, es necesario contar con información cada vez más precisa con respecto al mecanismo de reacción química y a los mecanismos de transporte separadamente.

En vista de lo anterior, en los últimos años los esfuerzos de una gran cantidad de investigadores en todo el mundo, se han concentrado en el desarrollo de reactores experimentales de laboratorio, que permitan trabajar sin la interferencia de los fenómenos físicos de transporte (1).

Uno de los reactores de laboratorio que más aceptación ha tenido últimamente, es el Reactor Catalítico Continuo Agitado (RCCA). Este reactor aplica a la catálisis heterogénea el principio del reactor homogéneo de tanque

agitado.

El primer diseño fue debido a Trotter y - - Wilhelm (15) y consistía en un reactor con una zona anular donde se agitaba violentamente un catalizador fácilmente fluidizable. Posteriormente Ford y Perlmutter (16) estudiaron la deshidrogenación de alcohol secbutílico sobre bronce por medio de un reactor cuya pared servía como catalizador. Sin embargo, estos diseños no permitían el uso de catalizadores comerciales o extruídos, por lo que no tenían aplicación en el estudio de la mayoría de las reacciones de interés actual.

En 1964 J. J. Carberry sugirió un reactor - continuo agitado que podría acomodar catalizadores comerciales, y fue llevado a la práctica bajo su dirección por Tajbl y Simons - (4). La idea básica consiste en la colocación de las pastillas de catalizador dentro de 4 canastillas de malla de acero, las cuales se fijan en el eje central giratorio junto con dos propelas; para lograr una agitación aún más violenta se colocaron 4 baffles en la - pared del reactor. Se considera que cada movimiento de la canastilla causa una conversión diferencial (1), obteniéndose como - resultado final una conversión integral, lo cual incorpora las ventajas del reactor diferencial junto con la facilidad del análisis de datos de conversión integral.

Uno de los inconvenientes de este reactor, es la imposibilidad de medir la temperatura del catalizador, por lo que es necesario efectuar estudios de transferencia de calor para lograr evaluar ésa incógnita; además su uso es poco recomendable en el caso de reacciones en las cuales la contribución por reacción homogénea sea apreciable, ya que el volúmen libre dentro del reactor es considerable. Tratando de remediar estas fallas han surgido nuevos diseños, entre los actuales tenemos los debidos a Choudary y Doraiswamy (3).

Uno de estos reactores tiene una sección central donde se coloca el catalizador, distribuyéndose la alimentación por medio de un agitador especial. En otro diseño se coloca en la misma forma el catalizador, pero el mezclado se logra por medio de rotación de la pared del reactor.

La ventaja de estos reactores, está en la posibilidad de medir directamente la temperatura del catalizador, por lo que no es fundamental efectuar estudios de transferencia de masa y energía, sin embargo, en el segundo caso el diseño mecánico es bastante complicado, además, es posible que se logre mezclado perfecto en el volúmen libre del reactor, pero no se logre en la zona adyacente al catalizador, por lo que quizá es preferible usar un reactor donde el catalizador esté en movimiento.

El diseño de Brisk et al (2) incluye un rotor

con acoplamiento magnético, con lo cuál se reducen los problemas de contaminación y sellado del reactor; además presenta una canastilla cilíndrica tendiente a reducir el espacio libre dentro del reactor, disminuyendo las posibilidades de reacción homogénea. En este caso el problema básico se encuentra en la complejidad del diseño mecánico así como en el costo del equipo.

El efecto del mezclado sobre la conducta de un reactor, es de suma importancia, ya que afecta directamente la conversión y la selectividad (7, 8, 17, 18). La teoría del mezclado en reactores, se debe principalmente a Danckwerts (5).

A partir del análisis de la respuesta del reactor a un estímulo se puede saber en que forma se está comportando, por lo que es posible efectuar arreglos para controlar los aspectos que pueden afectar el buen funcionamiento del reactor.

Los tipos de estímulo más utilizados, son los de escalón, pulso y sinusoidal.

En el caso de reacciones de primer orden, es suficiente la información que podemos recabar del análisis de la respuesta a estos estímulos, distribución de tiempos de residencia, para poder predecir la conversión y selectividad, sin embargo, en el caso de reacciones con orden diferente a uno se

debe recurrir a otros parámetros para lograr calcularlos (7, 8, 19, 20, 21).

En el caso de RCCA se ha recurrido generalmente a estudios de este tipo para determinar la zona donde el comportamiento del reactor se puede considerar como tanque agitado ideal (2, 3, 4, 9), algunos utilizan estímulos de tipo escalón (3) y otros pulso (2, 9).

Es interesante hacer notar el método desarrollado por Ford y Perlmutter (22), el cual consiste en la utilización de pruebas con reacción química, considerando que se está en la zona de mezclado perfecto cuando el parámetro de agitación deja de influir sobre la velocidad de reacción.

Brisk et al (2) trabajaron con una prueba normal de pulso a bajos flujos, pero llegó un momento en que ya no fue detectable por sus aparatos, por lo que utilizaron entonces una prueba a partir de un modelo modificado de recirculación usando datos de evaporación de naftaleno.

En el caso del RCCA con catalizador en canastillas rotatorias es necesario efectuar un estudio de transferencia de calor; puesto que a nivel partícula - interfase es de primordial importancia el efecto del gradiente de temperatura (10, 11). Sin embargo, la misma colocación del catalizador nos imposibilita la determinación directa de su temperatura, por lo que es necesario recurrir a la similitud de mecanismos de transferencia y efectuar estudios de transferencia de masa. Las correlaciones usadas en algunos casos (12) son simples modificaciones de las correlaciones de Yang y Hougen. Sin embargo, esto no es confiable, puesto que la diferencia en mecanismos de transferencia entre el reactor tubular y el RCCA es apreciable.

Choundhary y Doraiswamy (3) realizaron estudios de transferencia de masa utilizando para ello datos de evaporación de naftaleno, sin embargo los datos obtenidos parecen ser poco confiables (12).

Brisk et al (2) realizaron estudios similares en su reactor, pero no lo reportaron en forma de correlación, sino como gráfica. Haciendo un cálculo sencillo se observa que los resultados obtenidos en estos estudios difieren entre sí por un factor mayor de 10^3 .

IV. ASPECTOS TEORICOS

a) Reactor Continuo Catalitico Agitado.

La idea del RCCA surge como un paralelo del reactor homogéneo tanque agitado. Es obvio que si eliminamos completamente los gradientes de concentración y temperatura dentro del reactor podemos obtener una expresión muy sencilla para evaluar la velocidad de reacción.

El balance de masa para un reactivo es el RCCA es el siguiente:

$$F X_{A_F} - F X_{A_S} + r'_A W = 0 \quad \text{IV. a - 1}$$

Simplificando y sustituyendo términos obtenemos:

$$r'_A = \frac{X_{A_S} - X_{A_F}}{\frac{W}{F}} \quad \text{IV. a - 2}$$

La característica de esta expresión es el que se evalúa la velocidad de reacción a partir de datos fácilmente obtenibles experimentalmente, además de que la velocidad de reacción es constante para unas condiciones de operación dadas.

Las premisas básicas de este modelo son el que la concentración de productos y reactivos es constante dentro del reactor, así como la temperatura. Aquí surge una complicación con respecto al reactor homogéneo, ya que el hecho de mantener

constantes los valores de la temperatura y la concentración en la zona homogénea del reactor no nos garantiza que esos sean los valores en la superficie del catalizador.

Debido a lo anterior es necesario dividir el estudio de mezclado en dos partes, mezclado homogéneo y transferencia de masa y energía.

b) Mezclado Homogéneo.

La teoría del mezclado ha sido desarrollada básicamente por Dankwerts (5). Consiste en la interpretación de la respuesta dada por el sistema a un estímulo dado. Dependiendo del tipo de perturbación introducida se puede establecer con bastante exactitud el comportamiento del sistema. Para estos estudios se recurre a la introducción de trazadores inertes en la corriente que entra al sistema.

Los estímulos típicos son el de escalón, pulso (5) y el sinusoidal (6). De éstos, el que representa mayor facilidad experimental es el tipo pulso, además de que se obtiene directamente la distribución de tiempos de residencia (DTR) en el reactor (5, 7, 8). La representación gráfica de este tipo de estímulo se puede ver en la figura IV. 1.

$$q C_f dt = C dt + d (CV) \quad \text{IV. b - 1}$$

Rearreglando tenemos:

$$C_f = C + \frac{V}{q} \frac{dC}{dt} \quad \text{IV. b - 2}$$

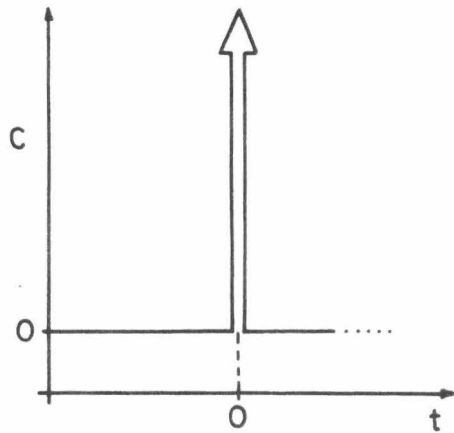


FIGURA IV.1
estímulo tipo pulso

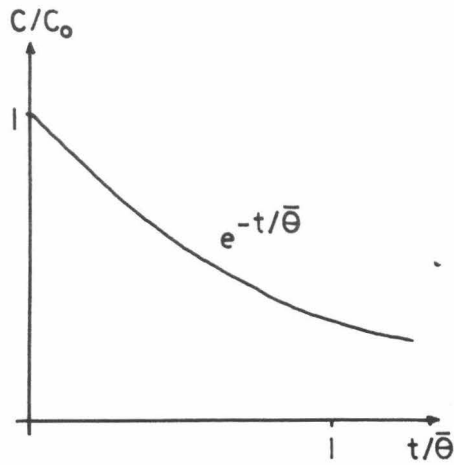


FIGURA IV.2
respuesta del RCCA
a un estímulo tipo pulso

Como la composición a la entrada vuelve inmediatamente al valor cero obtenemos:

$$\frac{dC}{dt} = - \frac{CV}{\bar{\theta}} \quad \text{IV. b - 3}$$

Las condiciones para la integración son:

$$\begin{aligned} t = 0 \quad C &= C_0 & \text{IV. b - 4} \\ t = t \quad C &= C \end{aligned}$$

Efectuando la integración y tomando en cuenta que

$$\begin{aligned} \frac{q}{V} &= \frac{1}{\bar{\theta}} \text{ obtenemos:} \\ \frac{C}{C_0} &= e^{-\frac{t}{\bar{\theta}}} & \text{IV. b. - 5} \end{aligned}$$

Esta ecuación representa la respuesta de un reactor homogéneo de tanque agitado a un estímulo tipo pulso. Al graficarla se obtiene la figura IV. 2.

En el caso de mezclado no ideal, la respuesta que se tiene es de la forma:

$$\frac{C}{C_0} = \alpha e^{-\frac{q}{\bar{\theta}} t} \quad \text{IV. b - 6}$$

La gráfica de la $\frac{C}{C_0}$ contra $\frac{t}{\bar{\theta}}$ se muestra en la figura IV. 3.

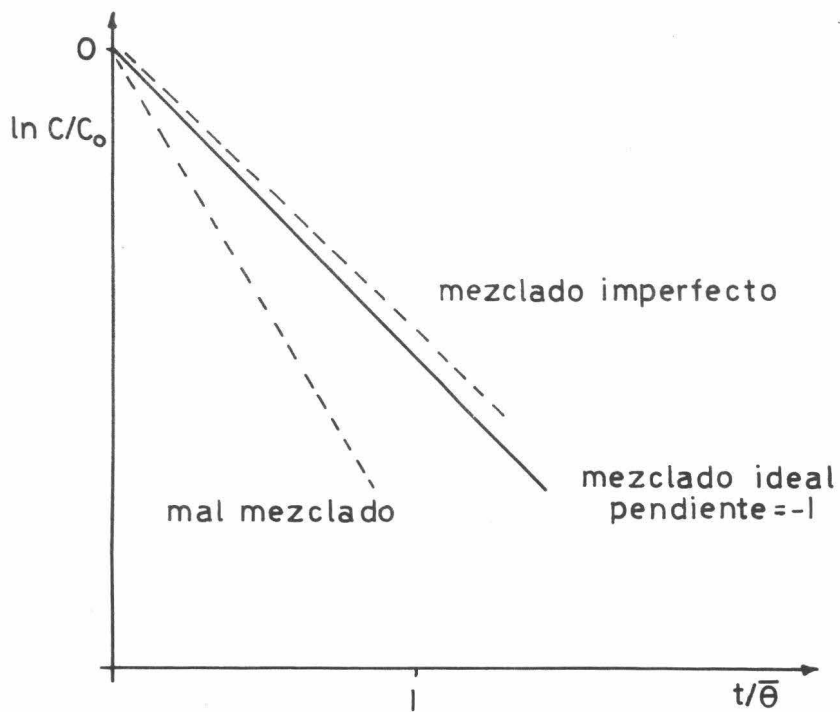


FIGURA IV.3

$\ln C/C$ vs. $t/\bar{\theta}$

Podemos entonces utilizar esta divergencia en las pendientes como prueba de tipo de mezclado en el sistema.

Además de este criterio podemos utilizar el método rápido propuesto por Buffham y Gibilaro (19), el cual consiste en la determinación del equivalente de tanques en serie que corresponde a una respuesta dada. Para hacerlo únicamente se necesita conocer el tiempo adimensional en que se encuentra el máximo de la curva de respuesta, pudiéndose entonces aplicar la fórmula:

$$h^1 = \frac{1}{(1 - T)} \quad h^1 \geq 1 \quad \text{IV. b - 7}$$

Si el número de tanque en serie es notablemente mayor que 1 podemos decir con seguridad que no hay mezclado perfecto, habiendo entonces una tendencia del sistema hacia el flujo pistón (by - pass).

c) Transferencia de Masa y Energía.

En el estudio de estos fenómenos podemos utilizar los resultados de Carberry (11) y de Smith (10), los cuales encontraron que los gradientes de concentración son de mucha importancia a nivel intrapartícula y el gradiente de temperatura tiene un efecto notable sobre la velocidad de reacción cuando se trata de gradientes a nivel interfase. Desde este punto de vista

podríamos despreciar el efecto del gradiente de concentración (si el catalizador no es poroso) y tratar de evaluar el gradiente de temperatura. Aquí surge un problema de tipo experimental, ya que en el RCCA no es posible medir directamente la temperatura del catalizador, salvo en diseños donde el catalizador se encuentra estacionario (3).

Para tratar de resolver este problema existen básicamente dos métodos :

- 1) Método Físico.
- 2) Método Químico.

- 1) Método Físico.

Consiste en la determinación directa de la constante de transferencia de masa.

El problema esbozado anteriormente puede ser resuelto a partir de la analogía en los mecanismos de transferencia de masa y energía (11, 13, 14). Debido a esta similitud es posible determinar la constante de transferencia de energía a partir de estudios de transferencia de masa (3).

Para dichos estudios se utiliza generalmente la medición de la velocidad de sublimación de esferas ó cilindros de naftaleno colocados aleatoriamente en la cámara de reacción.

Todos los estudios sobre este método coinciden en la obtención de una correlación a partir de la cual es posible determinar valores k_g y h en sistemas similares al sistema en el cual se realizó originalmente la investigación. Estas correlaciones se presentan en la forma

$$J_m = J_m (\text{Sch.}) = J_m (\text{Re}) \quad \text{IV. c - 1}$$

$$J_h = J_h (\text{Pr.}) = J_h (\text{Re}) \quad \text{IV. c - 2}$$

Aquí se presenta un problema ya que todos los estudios a los que nos hemos referido se han efectuado en reactores de lecho fijo, debido a lo cual no podemos utilizar directamente las correlaciones obtenidas, aunque sí podemos suponer que la relación entre el J_m y el J_h se conserva.

Para el cálculo de J_m utilizaremos la ecuación

$$J_m = \frac{k_g \rho}{G} \left(\frac{\mu}{\rho D} \right)^{2/3} \quad \text{IV. c - 3}$$

El número de Reynolds modificado es (3)

$$Re = \frac{\pi d_i (RPS) \rho d_p}{\mu} \quad \text{IV. c - 4}$$

y la relación entre el J_m y el J_h (11)

$$J_m = J_h \quad \text{IV. c - 5}$$

donde el J_h está definido por

$$J_h = \frac{h}{C_p G} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{2/3} \quad \text{IV. c - 6}$$

Es claro que si logramos encontrar una correlación del tipo $J_m = \alpha Re^\beta$ podremos calcular el J_h y de ahí despejar la constante de transferencia de calor en la película, con la cual se evalúa la diferencia de temperatura entre la superficie del catalizador y la masa del gas.

La expresión para el ΔT es

$$\Delta T = \frac{(-\Delta H_r) r' (P_r)^{2/3}}{A_p J_h C_p G} \quad \text{IV. c - 7}$$

2) Método Químico.

Se aplica directamente a los datos de la reacción que se estudia. El fundamento de éste método consiste en suponer que todos los sistemas llegan a ser controlados por la velocidad de reacción en la superficie del catalizador si la velocidad de agitación es suficientemente alta (catalizadores no porosos). Antiguamente no era posible estimar cuantitativamente el efecto de la transferencia de masa a partir de éste análisis, sin embargo, Ford y Perlmutter (22) desarrollaron un método que permite calcular el gradiente máximo de presiones para una determinada relación entre la velocidad de agitación y la velocidad de reacción.

Bajo condiciones estacionarias la velocidad de

reacción en un reactor catalítico es igual a la velocidad de transferencia de masa, por lo que podemos escribir

$$r = k_g'' (P - P_s) \quad \text{IV c - 8}$$

si derivamos ésta ecuación con respecto a un parámetro de agitación w tenemos

$$\frac{dr}{dw} = -k_g'' \left(\frac{dP_s}{dw} \right) + (P - P_s) \frac{dk_g''}{dw} \quad \text{IV c - 9}$$

de donde

$$\Delta P = \frac{\frac{dr}{dw} + k_g'' \frac{dP_s}{dw}}{\frac{dk_g''}{dw}} \quad \text{IV c - 10}$$

Basándose en los datos experimentales, se puede determinar la zona donde $\frac{dr}{dw} = 0$, además en esa misma zona $\frac{dP_s}{dw} = 0$, ya que de no hacerlo así habría variación en la velocidad de reacción, por lo que $\Delta P = 0$.

Para ser un poco más precisos se debe considerar que $\frac{dr}{dw} = \epsilon$, donde ϵ se puede relacionar con la exactitud analítica. En el caso que tengamos una reacción de primer orden

$$r = k_1 P_s \quad \text{IV. c - 11}$$

se encuentra que

$$\Delta P = \frac{\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_g''} \right) \frac{dr}{dw} w}{\frac{d \ln k_g''}{d \ln w}} \quad \text{IV. c - 12}$$

ahora bien, k_g'' puede ser encontrada a partir de una correlación del tipo

$$k_g'' = \chi (\text{Sch})^\delta (\text{Re})^\beta = \psi (\text{Sch})^\delta w^\beta \quad \text{IV. c - 13}$$

donde ψ incluye los términos que factorizamos del Re para aislar w como variable en la ecuación. Vemos entonces que

$\frac{dk_g''}{d \ln w}$ sería igual a β , por lo que tenemos:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\frac{d \ln r}{d \ln w}}{\beta} \quad \text{IV. c - 14}$$

Experimentalmente obtendríamos una curva como la mostrada en la figura IV. 4. Como $\frac{\Delta \ln r}{\Delta \ln w} \geq \frac{d \ln r}{d \ln w}$ tenemos que

$$\frac{\Delta P}{P} \leq \frac{\frac{\Delta \ln r}{\Delta \ln w}}{\beta} \quad \text{IV. c - 15}$$

En el caso en que dentro de un rango w_1 a w_2 no haya cambio en la velocidad de reacción $\Delta \ln r$ puede ser igual, pero no mayor que el error probable de análisis expresado en término de velocidad equivalente, por lo que obtenemos

$$\frac{\Delta \ln r}{\Delta \ln w} = \frac{\ln \left(\frac{r_1 + \Delta r}{r_1} \right)}{\ln \left(\frac{w_2}{w_1} \right)} \quad \text{IV. c - 16}$$

donde Δr es igual al error debido al análisis.

De la gráfica es obvio concluir que es necesario trabajar en la zona C - B para tener mayor exactitud en los

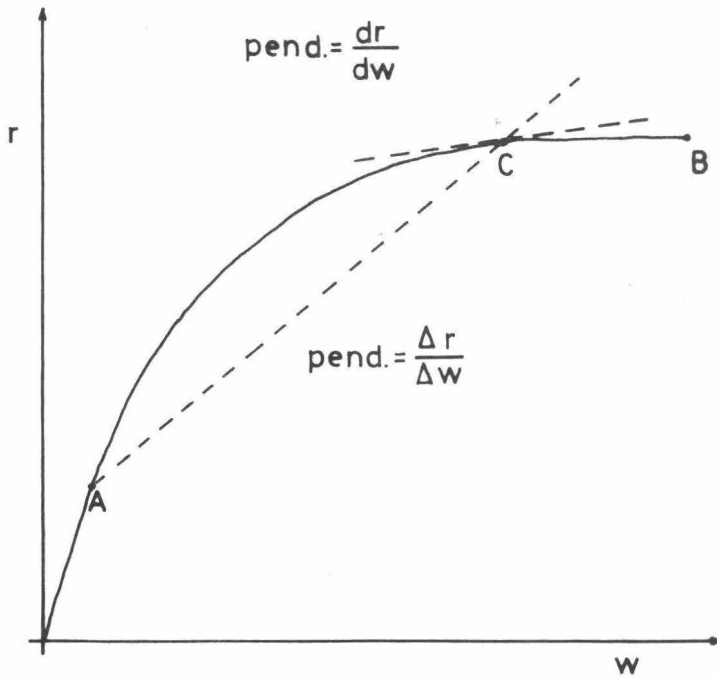


FIGURA IV.4
variación esperada de r con w

datos cinéticos.

Como vemos, para aplicar éste método es necesario conocer la correlación obtenida por el método físico. La ventaja es que el exponente del Re no varía mucho en sistemas semejantes a pesar de que haya cambios en la geometría (22), por lo que no es necesario efectuar este análisis sino obtener los datos para un sistema parecido.

Para la transferencia de energía podemos efectuar un balance a partir de las siguientes ecuaciones

$$q_g = r'(-\Delta H_r) \quad \text{IV. c - 17}$$

$$q_t = h A_p (T_s - T_b) \quad \text{IV. c - 18}$$

de donde

$$r' = \frac{h(T_s - T_b) A_p}{(-\Delta H_r)} \quad \text{IV. c - 19}$$

derivando con respecto a w obtenemos

$$\frac{dr'}{dw} = \frac{A_p}{(-\Delta H_r)} \left((T_s - T_b) \frac{dh}{dw} + h \frac{dT_s}{dw} \right) \quad \text{IV. c - 20}$$

y por lo tanto

$$\Delta T = \frac{\left(\frac{-\Delta H_r}{A_p} \right) \frac{dr'}{dw} - h \frac{dT_s}{dw}}{\frac{dh}{dw}} \quad \text{IV. c - 21}$$

Podríamos establecer igualmente que cuando $\frac{dr'}{dw} = 0$ entonces -

$\Delta T = 0$, sin embargo debemos ser más cuidadosos, ya que $\frac{dr'}{dw}$ no es exactamente 0 a pesar de que la pendiente de la curva r vs. w lo sea. En realidad, debido al error experimental $\frac{dr'}{dw} = \epsilon$, por lo que, suponiendo que ΔH_r tenga un valor apreciable, esto causa que el término $(-\frac{\Delta H_r}{A_p})\epsilon$ sea importante y ΔT no necesariamente será 0 a pesar de que podamos determinar que $\frac{\Delta P}{P} \cong 0$. Esto corrobora lo dicho anteriormente sobre el efecto del gradiente de temperatura en la película sobre la velocidad de reacción.

Podemos suponer que el término $\left| \frac{(-\Delta H_r)}{A_p} \frac{dr'}{dw} \right| \gg \left| -h \frac{dT_s}{dw} \right|$ por lo que

$$\Delta T \cong \frac{\left(\frac{-\Delta H_r}{A_p} \right) \frac{dr'}{dw}}{\frac{dh}{dw}} \quad \text{IV. c - 22}$$

a partir de la correlación J_h podemos encontrar que

$$\frac{dh}{dw} = \frac{C_p G J_h \beta}{(Pr)^{2/3} w} \quad \text{IV. c - 23}$$

por lo que

$$\Delta T = \frac{\left(\frac{-\Delta H_r}{A_p} \right) \frac{dr'}{dw} (Pr)^{2/3} w}{C_p G J_h \beta} \quad \text{IV. c - 24}$$

Desgraciadamente no tenemos datos que corroboren esta expresión, pero sería interesante verificar si proporciona datos cercanos a la realidad.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Está dividido en dos secciones:

- a) Mezclado Homogéneo.
- b) Transferencia de Masa.

a) MEZCLADO. -

1) Material Empleado.

1. - Reactor Continuo Catalítico Agitado fabricado -
por Maquinaria y Servicios, S. A. en lámina de acero inoxidable
tipo 304 (dimensiones en la figura V. 2), accionado por un motor
eléctrico marca A.S.E.A. de 0.5 H.P., 3 F., 4 P., 220 V, 50/60
ciclos. La velocidad es controlada y accionada por volante por -
medio de una polea de expansión y banda escalonada para veloci--
dad variable efectiva en la flecha de agitación de 700 a 2,100 -
R.P.M. (ver figura V. 3).

2. - Cromatógrafo con detector de conductividad -
térmica marca Aerograph - Autoprep modelo A - 700 fabricado
por Wilkens Instrument & Research.

3. - Registrador marca Speedomax H fabricado por
Leeds Northrup Co. con tiempo de respuesta de 1.2 segundos -
a carta total y con velocidad del papel de 30 pulgadas / hora.

4. - Cilindro de Helio marca Newtown vendido por
AGA, S. A.,

5. - Controlador de Presión para Helio marca - -
AGA, S. A., con rango 0 - 210 Kg/- Cm². y con control efectivo
de 0 - 28 Kg/- Cm².

6. - Cilindro de nitrógeno vendido por AGA, S. A.

7. - Controlador de presión para nitrógeno con las
mismas características que el de Helio.

8. - Mangueras Flo - Vent.

2) Procedimiento.

El diagrama del sistema se muestra en la figura -
V.1. Con el objeto de utilizar la celda de conductividad del --
cromatógrafo se quitó la columna y por medio de uniones - -
Swagelock y manguera Flo - Vent se conectó la corriente de Helio
a la alimentación del reactor, y la salida de éste a la entrada de
la segunda celda de conductividad (figura V.4). En esta forma
se establece el equilibrio en el puente del detector y la señal -
al registrador es constante. En un momento dado, por medio -
de la válvula muestreadora del cromatógrafo se inyecta un pulso
de N₂ en la corriente de He que entra al reactor, causando esto
una variación continua en la concentración de N₂ a la salida del -
reactor. La variación de concentración trae aparejada una - -

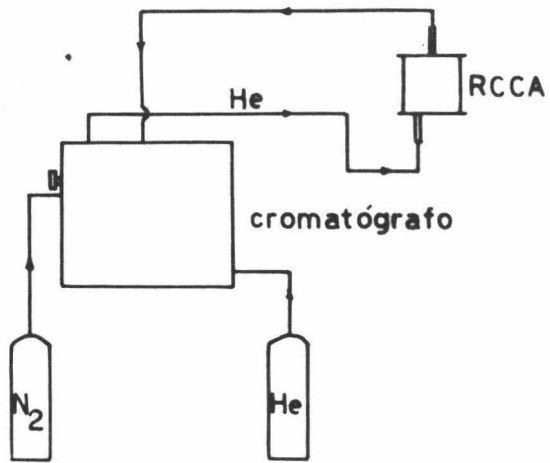


FIGURA V.1
 equipo usado en las pruebas de mezclado

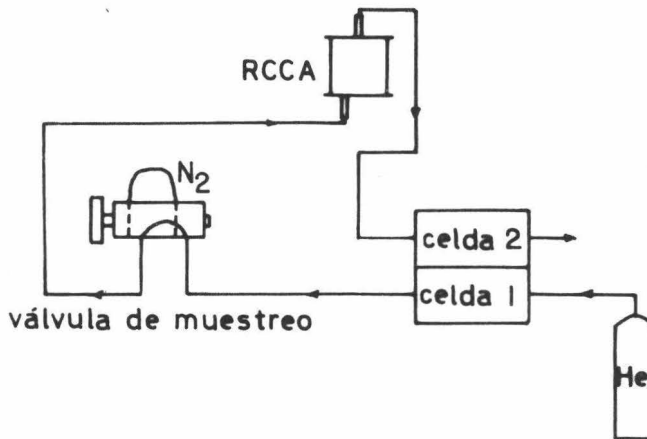


FIGURA V.4
 conexiones del RCCA con el cromatógrafo

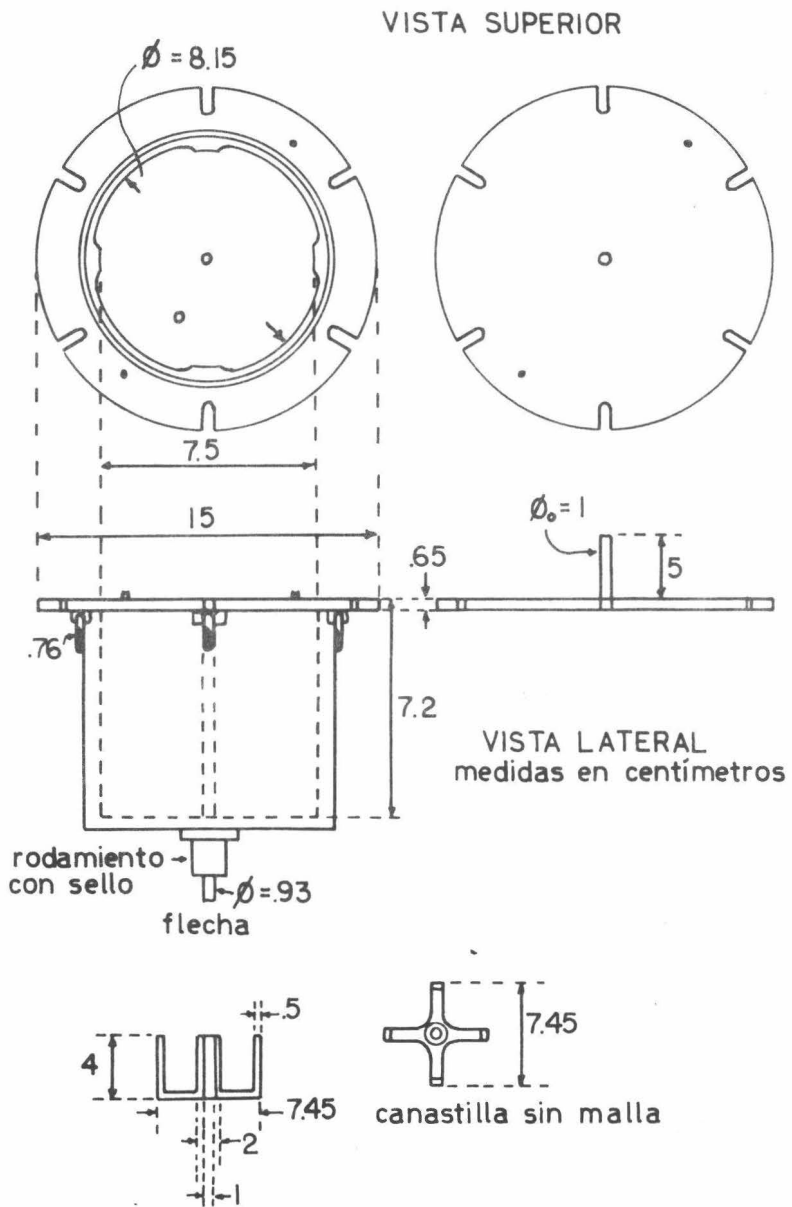


FIGURA V.2

RCCA

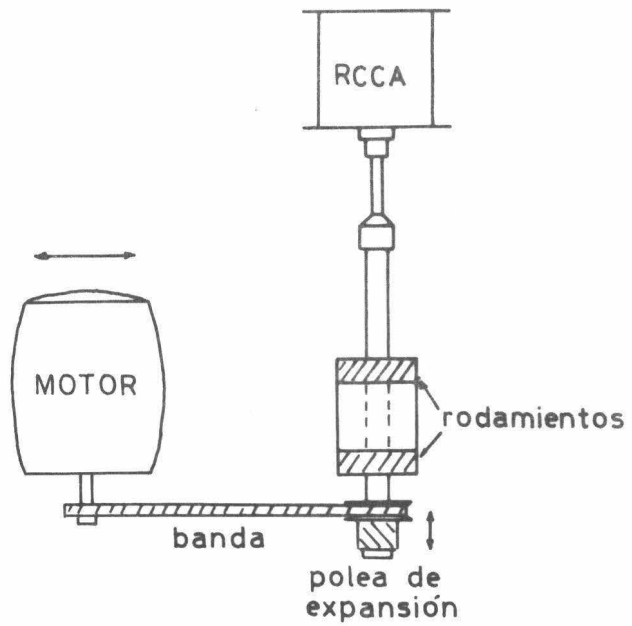


FIGURA V.3

sistema de agitación del RCCA

variación en la conductividad térmica de la corriente gaseosa, la cual es registrada.

Para lograr mayor reproducibilidad fue necesario medir el flujo volumétrico de Helio antes y después de cada prueba para asegurar su constancia, para ello se utilizó un medidor de burbuja. La presión absoluta del sistema fue de 587 mm. Hg. Todas las corridas se repitieron cuando menos una vez para tener mayor seguridad en los datos.

b) TRANSFERENCIA DE MASA.

1) Material Empleado.

1. - Reactor Continuo Catalítico Agitado ya descrito.
2. - Balanza Analítica marca Sartorius con exactitud de 10^{-4} gramos.
3. - Cilindro de nitrógeno marca AGA, S. A.
4. - Controlador de presión para nitrógeno.
5. - Naftaleno grado reactivo.

2) Procedimiento.

Se hicieron pastillas cilíndricas de naftaleno de 6 mm. de diámetro por 5.5 mm. de altura. Se pesaron y se colocaron aleatoriamente en las canastillas (una pastilla en cada canastilla). Posteriormente se pasó una corriente de nitrógeno -

y se puso en marcha el motor del RCCA, tomándose en ése momen-
to el tiempo. Después de un tiempo pre - determinado (algunas
corridas fueron hechas en una hora y otras en 30 minutos se -
para la agitación y se sacan las pastillas, pesándose de nuevo -
cada una y encontrando por diferencia la cantidad total de masa -
transferida. Ya con estos datos es posible calcular k_g y pos--
teriormente el valor de J_m . Los valores obtenidos para la masa
transferida se promedian antes de obtener el valor de k_g .

VI PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

a). Mezclado Homogéneo.

Una gráfica típica que muestra la respuesta del -
RCCA a un pulso de nitrógeno se presenta en la figura VI. 1.

Para el análisis de los datos se empleó el método
usado por Simons (9), el cual consiste en la determinación
de la altura máxima en la gráfica, la cual es proporcional a -
 C_0 . A partir de éste dato es posible encontrar las alturas --
que corresponden a distintos valores de C / C_0 . Posteriormente
se determina la distancia de cada punto al origen, y por me-
dio de la velocidad del registrador se calcula el tiempo a que
corresponde, así como el tiempo adimensional (t / \bar{t}). Con
estos datos se procede a evaluar una recta por regresión --
logarítmica (ver apéndice A).

En el caso de la segunda prueba de mezclado sólo -
es necesario evaluar el tiempo adimensional a que corresponde
el punto máximo de la curva, tomando como valor cero el co--
rrespondiente al momento en que empieza a llegar nitrógeno al
detector.

Se efectuaron una serie de pruebas de mezclado - -

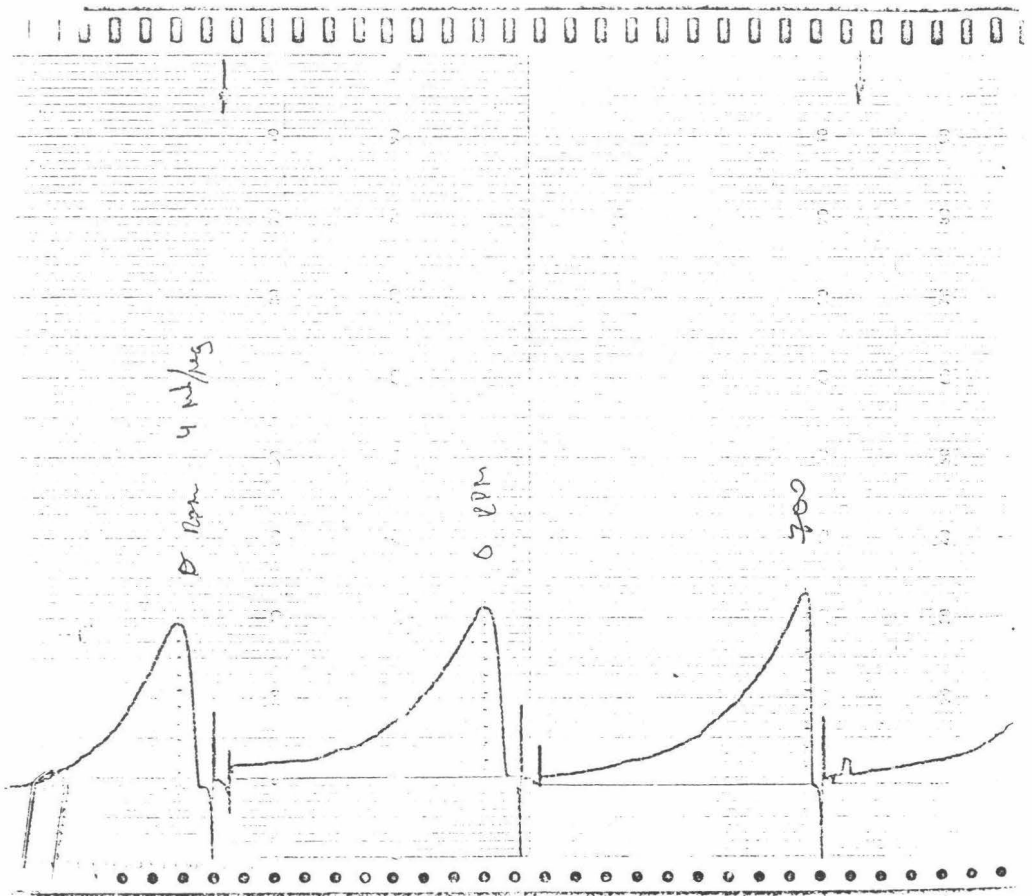


Figura VI. 1

Respuesta del RCCA a un estímulo tipo pulso.

utilizando alimentación por la parte superior del reactor, pero los resultados fueron malos, debido a lo cual se optó por utilizar alimentación por la parte inferior del reactor.

Los datos obtenidos, así como los resultados del análisis estadístico, se muestran en las tablas 1 a 25. (Apéndice C).

En la tabla 26 del Apéndice C se proporciona el número equivalente de tanques agitados en serie a que corresponde cada corrida mostrada en las tablas 1 a 25.

A partir de estos datos se construyó la figura VI. 2 en la cual se muestran los distintos modos de mezclado que se encontraron para el reactor. La zona de mezclado ideal se subdividió en dos partes, recomendándose la utilización de la zona B para tener seguridad completa en el tipo de mezclado. Si es necesario trabajar en la zona A se debe efectuar un mayor número de experimentos dentro de esa zona para asegurar los límites correctos.

b) Transferencia de Masa.

La tabla 27 (Apéndice C) muestra los valores de pérdida en peso promedio para las pastillas de naftaleno, así como los valores calculados de k_g y J_m (ver Apéndice B). Estos datos se obtuvieron a distintas velocidades de agitación para un flujo

volumétrico constante de nitrógeno (8 ml/ seg.).

A partir de dichos datos podemos construir las figuras VI. 3 y VI. 4, en las que se muestra la variación de k'_g con la velocidad de agitación y la correlación del factor J_m como función del Re respectivamente.

Aquí es conveniente aclarar que no fue posible encontrar una correlación que comprenda datos para distintos valores del flujo volumétrico, a pesar de que la pérdida en peso es semejante para una misma velocidad de agitación, ya que se maneja independientemente dos parámetros de agitación (RPM y gasto volumétrico) debido a la misma naturaleza del reactor.

Los valores obtenidos para k'_g demuestran que los datos dados por Choundhary y Doraiswamy (3) definitivamente son erróneos, ya que a pesar de la diferencia en la geometría de sus reactores con respecto al usado por nosotros no es posible que exista una diferencia de 10^4 . Además, el orden de nuestros resultados es similar al de los datos de Brisk et al (2).

Se encontró también que la variación en las dimensiones de las pastillas durante el experimento es despreciable, lo cual está de acuerdo con las conclusiones de Froessling (23).

Zonas de mezclado durante la operación del RCCA

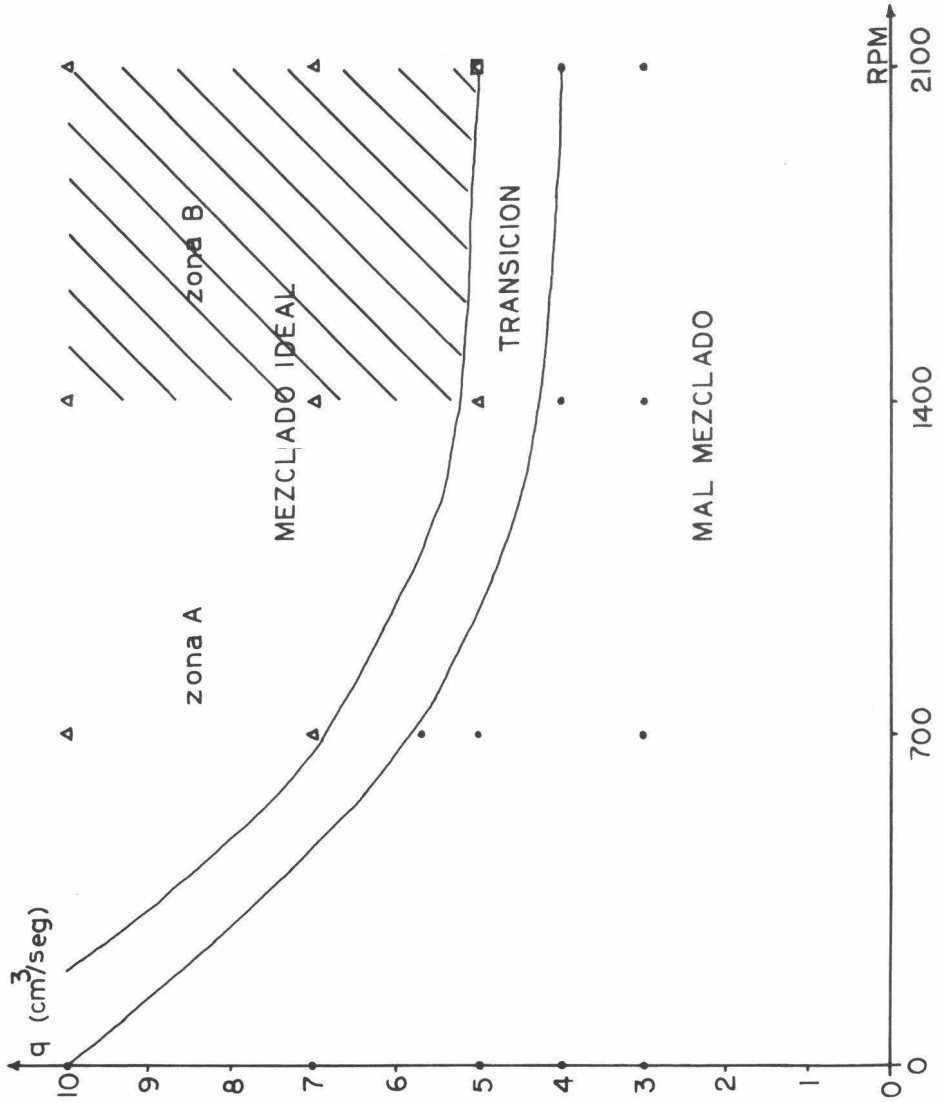


FIGURA VI.2

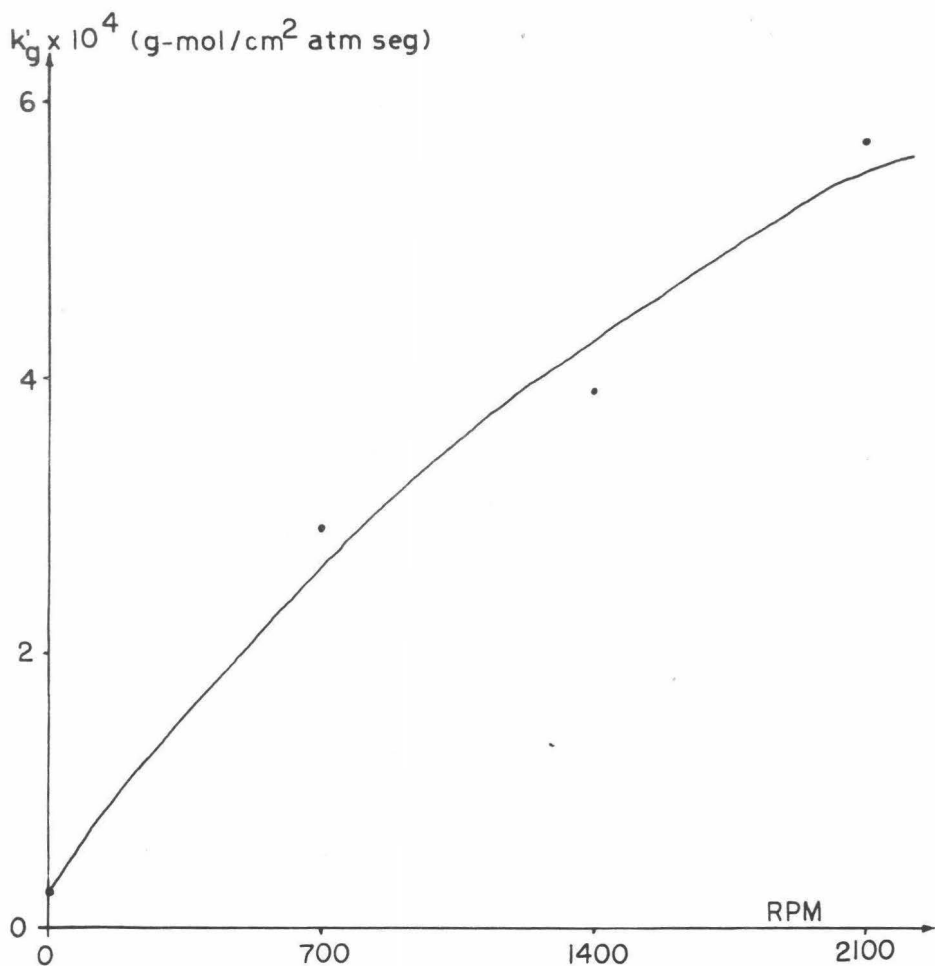


FIGURA VI.3

k'_g vs. RPM

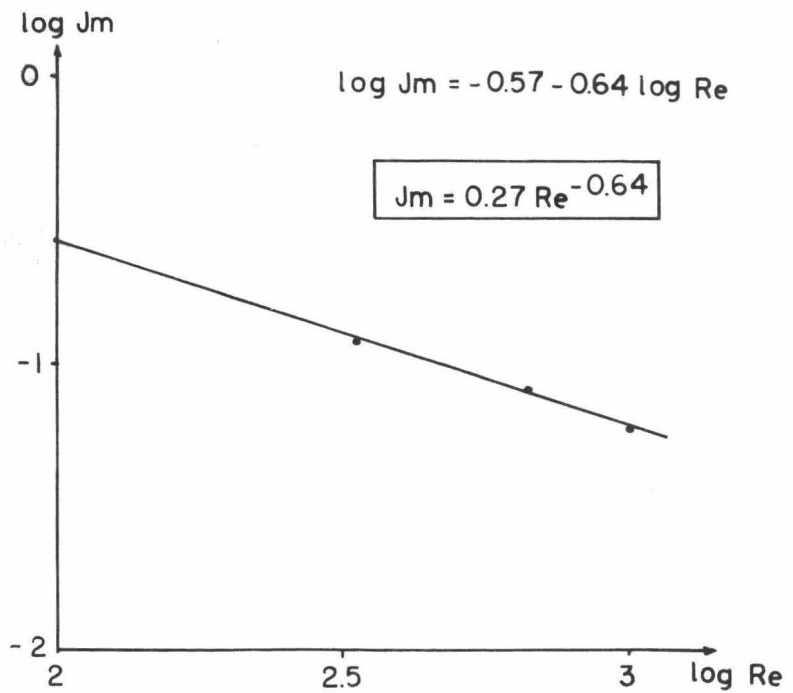


FIGURA VI.4
log Jm vs. log Re

VII CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:

a). - Se propone el empleo de una nueva ecuación para efectuar el cálculo de la diferencia de temperaturas entre la superficie del catalizador y la masa del gas. Esta ecuación es:

Cabe aclarar que no tenemos datos que la confirmen en este momento.

b). - Se obtuvo una gráfica indicando las distintas zonas de mezclado durante la operación del RCCA (figura VI. 2). Se recomienda trabajar en la zona comprendida entre 1,400 y 2,100 RPM a gastos volumétricos mayores que 5 ml/seg.

Se encontró que la modificación en el diseño de los baffles no tuvo efecto apreciable sobre el mejoramiento del mezclado.

c). - Se obtuvieron valores para la constante de transferencia de masa a distintos valores de agitación para un gasto volumétrico constante de 8 ml/seg. Se encontró que los valores de k'_g difieren aproximadamente en 10^4 con los reportados por Choundhary y Doraiswamy (3) y son similares a los encontrados por Brisk et al (2). Además se encontró -

que no es posible dar una correlación que comprenda valores de k_g a distintos gastos volumétricos, ya que varían independientemente el gasto volumétrico y las RPM.

En la zona estudiada se encontró que el valor de la correlación es:

$$J_m = 0.27 Re^{-0.64}$$

d) Es conveniente hacer notar que el diseño mecánico para la variación de la velocidad de agitación mostró ser poco apropiado, ya que durante la experimentación hubo necesidad de cambiar los baleros debido a la ruptura de los baleros originales. Además, durante los experimentos de transferencia de masa hubo bastantes problemas debidos al calentamiento de las paredes del reactor causado por la fuerte conducción del calor a través de las barras que lo sostienen. Esto puede causar problemas en sentido inverso cuando se trabaje con calentamiento intenso en las paredes del reactor, ya que podría inutilizar los rodamientos y aun afectar al motor. Para controlar ése problema es necesario poner un buen sistema de enfriamiento en los postes sostenedores y en las chumaceras.

APENDICE A

En éste apéndice se muestra el programa utilizado para efectuar la regresión logarítmica, así como las pruebas estadísticas sobre los datos obtenidos en las pruebas de mezcla do.

D A T O S / T E S I S
= = = = =

SEGUN

COMMENT = EL OBJETO DE ESTE PROGRAMA ES OBTENER, A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES, LAS RECTAS QUE DESCRIBEN EL COMPORTAMIENTO DE UN REACTOR CONTINUO AGITADO A DIFERENTES FLUJOS VOLUMETRICOS Y RPM. LAS RECTAS QUE TENGAN UNA PENDIENTE IGUAL A -1 NOS DARAN LAS CONDICIONES DE MEZCLADO PERFECTO ;

COMMENT : *****;

COMMENT : ESTE PROGRAMA ESTA DISEÑADO PARA ENCONTRAR LA RECTA DE REGRESION POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS, ASI COMO LA RECTA DE REGRESION POR UN METODO MODIFICADO EN EL CUAL UNICAMENTE SE UTILIZA COMO PARAMETRO LA PENDIENTE, YA QUE SE FIJA LA ORDENADA AL ORIGEN. EN ESTE CASO NUESTRO MODELO IDEAL NOS ESPECIFICA QUE LA RECTA DEBE PASAR POR EL ORIGEN ;

COMMENT : *****;
 FILL ENTRA (KIND=READER) ;

FILL ESRI (KIND= PRINTER) ;

COMMENT : LAS PRUEBAS ESTADISTICAS QUE SE UTILIZAN SON EL COEFICIENTE DE CORRELACION, LA DESVIACION ESTANDAR DEL ESTIMADO, UNA PRUEBA DEL TIPO "T" DE STUDENT PARA VERIFICAR SI LA PENDIENTE CALCULADA ESTA CERCA DE LA PENDIENTE IDEAL, Y UNA PRUEBA DEL TIPO "F" DE FISHER PARA VERIFICAR SI HAY PROBLEMAS DEBIDOS AL EMPLEO DEL SEGUNDO METODO EN LUGAR DEL METODO TRADICIONAL ;

COMMENT : EL SIGNIFICADO DE LAS VARIABLES DE ENTRADA ES :
N = NUMERO DE CORRIDAS ALIMENTADAS
M = NUMERO DE DATOS POR CORRIDA

DISTE[1,J] = DISTANCIA DE CADA PUNTO EN LA GRAFICA

TETA[1,J] = TIEMPO DE RESIDENCIA PARA CADA CORRIDA

FLUX[1] = GASTO VOLUMETRICO DE CADA CORRIDA

CONC[1] = DATOS DE CONCENTRACION ADIMENSIONAL A PARTIR DE LOS CUALES SE LLEVAN A CABO LAS LECTURAS

RPM[1] = REVOLUCIONES POR MINUTO DEL MOTOR EN CADA CORRIDA

*****;

REAL VELR,SUM1,SUM2,SUM3,SUM4,SUM5,XMED,YMED,BETA1,BETA2,ALFA,

VARES,VARPE,RHO11,RHOCLR,VAR2PE,VARES2,NDATOS,ERRS1,ERRPE,

ERRS2,ERRPE2,TCALC1,TCALC2,FCALC,DISRES ;

INTEGER I,J,N,M ;

REAL ARRAY DISTE[1:40,1:9],TIEM[1:40,1:9],TETA[1:40],CONC[1:9],

FLUX[1:40],TIEHA[1:40,1:9],CON2[1:9],CONCA[1:9],RPM[1:40],

CONCA2[1:9]

```

LABEL A2 ;
DEFINE PARA1 = FOR I:=1 STEP 1 UNTIL N DD # ;
DEFINE PARA2 = FOR J:=1 STEP 1 UNTIL M DD # ;
READ (ENTRA,<2I3>,<H,H>) ;
PARA1 BEGIN
READ (ENTRA,<9F6.2>,<PARAJ DIST(I,J)>) ;
END ;
READ (ENTRA,<6F8.3>,<PARAJ TETA(I)>) ;
READ (ENTRA,<6F5.2>,<PARAJ FLUX(I)>) ;
READ (ENTRA,<9F3.1>,<PARAJ CONC(J)>) ;
READ (ENTRA,<6F7.1>,<PARAJ RPH(I)>) ;
VELR := 0.021 ;
PARA1 PARA2 BEGIN
TIEM[I,J] := DIST[I,J] / VELR ;
TIEM2[I,J] := TIEM[I,J] / TETA[I] ;
CON2[J] := LN (CONC[J]) ;
END ;
COMMENT : ES NECESARIO CAMBIAR DATOS SI SE TRABAJA CON N DISTINTO
DE NUEVE DATOS (CONCENTRACION ADIMENSIONAL) ;
PARA1 BEGIN
SUMA1 :=0.0 ; SUMA2 :=0.0 ; SUMA3 :=0.0 ; SUMA4 :=0.0 ; DATOS := 9. ;
SUMA5 :=0.0 ;
PARA2 BEGIN
SUMA1 := SUMA1 + TIEM2[I,J] * CON2[J] ;
SUMA2 := SUMA2 + TIEM[I,J] ;
SUMA3 := SUMA3 + CON2[J] ;
SUMA4 := SUMA4 + (TIEM2[I,J])**2 ;
SUMA5 := SUMA5 + (CON2[J])**2 ;
END ;
A2 : XNED := SUMA2/DATOS ;
YMED := SUMA3/DATOS ;
BETA1 := (SUMA1-(SUMA2)*(SUMA3)/DATOS)/(SUMA4 -(SUMA2 **2)/DATOS ) ;
ALFA := YMED - BETA1 * XNED ;
VARES1:=(SUMA5-(SUMA3 **2)/DATOS - BETA1 *(SUMA1 -(SUMA2 *SUMA3/DATOS
)))/(DATOS - 2.) ;
VARPE := VARES1/(SUMA4 - (SUMA2 **2)/DATOS ) ;
RHOH1 := -(BETA1 *(SQRT((SUMA4 -(SUMA2 **2)/DATOS)/(SUMA5 -(SUMA3 **2)
/DATOS )))) ;
BETA2 := SUMA1/SUMA4 ;
VARES2:=(SUMA5 - BETA2 * SUMA1)/(DATOS - 1.) ;
VAR2PE := VARES2/SUMA4 ;
RHOCE1 := -(SQRT((BETA2 * SUMA1 - YMED * SUMA3)/(SUMA5 - YMED*SUMA3))) ;
ERRES1 := SQRT(VARES1) ;
ERRES2 := SQRT(VARES2) ;
ERRPE1 := SQRT(VARPE) ;
ERRPE2 := SQRT(VAR2PE) ;
TCALC1 := (BETA1 + 1.)/ERRPE1 ;
TCALC2 := (BETA2 + 1.)/ERRPE2 ;
DISRES := VARES2 *(DATOS - 1.) - VARES*(DATOS - 2.) ;
FCALC := DISRES/VARES ;
PARA1 PARA2 BEGIN
CONCA1[J] := ALFA + BETA1 * TIEM2[I,J] ;
CONCA2[J] := BETA2 * TIEM2[I,J] ;
END ;
COMMENT : *****
LA EXPLICACION DE LOS RESULTADOS PRINCIPALES ES
ALFA = ORDENADA AL ORIGEN
BETA = PENDIENTE DE LA RECTA
LN C/CO = DATOS ALIMENTADOS

```

```

LN C/CO* = DATOS CALCULADOS
EL RESTO DE LOS DATOS CORRESPONDE A RESULTADOS ESTADISTICOS
*****
WRITE (ESCR1,<///,"EL CASO ES",X2,F7.3,X2,"ML/SEG",X10,"LA VEL DE RO",
"TAION ES",X2,F7.1,X2,"RLV/MIH",X5,"NO. DE DATOS USADOS",X2,F5.1>
FLUX(I),RPN(I),NDATOS ) ;
WRITE (ESCR1,<///,"LN C/CO",X4,"T/TETA",X7,"LN C/CO",X10,"CON EL MOD.",
"MODIFICADO LN C/CO* ES"> ) ;
PARAJ BEGIN
WRITE (ESCR1,<F7.3,X3,F8.5,X6,F7.3,X43,F7.3>,CON2(I),TIENA(I),I,
CONCA(J),CONCA2(J) ) ;
END ;
WRITE (ESCR1,<///,X20,"LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO",
" CLASICO DE MINIOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS"> ) ;
WRITE (ESCR1,<///,"Y MEDIA",X3,"X MEDIA",X3,"ALFA",X3,"BETA MIN CUAD",
X2,"COEF CORREL MIN",X2,"ERROR EST ESTIMADO",X2,"ERROR EST PEND",X2,
"TCALC",X2,"FCALC"> ) ;
WRITE (ESCR1,<F7.3,X2,F8.5,X2,F6.3,X5,F7.3,X5,F8.6,X10,F9.6,X12,F9.6,X3,
F7.3,X1,F7.3>,YMED,XMED,ALFA,BETA1,RHUMIN,ERRES1,ERRPE,TCALC1,FCALC) ;
WRITE (ESCR1,<///,X20,"LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO",
" MODIFICADO DE MINIOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO"> ) ;
WRITE (ESCR1,<///,"Y MEDIA",X3,"X MEDIA",X3,"BETA MIN MODI",X2,
"COEF CORREL MOD",X2,"ERROR EST ESTIMADO",X2,"ERROR EST PEND",X2,
"TCALC",X2,"FCALC"> ) ;
WRITE (ESCR1,<F7.3,X2,F8.5,X6,F7.3,X5,F8.6,X10,F9.6,X12,F9.6,X3,F7.3>
X2,F7.3>,YMED,XMED,BETA2,KHOCER,ERRES2,ERRPE2,TCALC2,FCALC) ;
COMMENT : *****B
COMMENT : EN ESTA PARTE DEL PROGRAMA SE ORDENA REALIZAR TODOS LOS
CALCULOS ELIMINANDO LA ULTIMA LECTURA,EN ESTA FORMA SE PUEDE REDUCIR
EL ERROR YA QUE EN LA MAYORIA DE LOS CASOS HAY INCERTIDUMBRE SOBRE
ESE VALOR ;
COMMENT : ***** ;
IF_NDATOS EQL 9. THEN BEGIN
NDATOS := 6. ;
N := 8 ;
SUMA1 := SUMA1 - TIENA(I-9) * CON2(I) ;
SUMA2 := SUMA2 - TIENA(I-9) ;
SUMA3 := SUMA3 - CON2(I) ;
SUMA4 := SUMA4 - (TIENA(I-9))**2 ;
SUMA5 := SUMA5 - (CON2(I))**2 ;
GO TO A2 ;
END ;
COMMENT : *****
EN ESTE PUNTO SE CAMBIA DE CONJUNTO DE DATOS Y SE INICIAN TODOS LOS
CALCULOS PARA LA NUEVA CORRIJA
*****
M := 9 ;
WRITE (ESCR1,<"*****"
"*****"> ) ;
END ;
END ;

```

APENDICE B

En éste apéndice se muestra la secuencia de cálculo utilizada para obtener los valores de k_g y J_m durante los experimentos de transferencia de masa.

1. - Gasto en masa de naftaleno

$$g = 4 \overline{Dif}/t \quad g/\text{seg}$$

2. - Gasto en moles de naftaleno

$$4r_g = g/P.M.\text{naftaleno} \quad g - \text{mol}/\text{seg}$$

3. - Gasto total en moles

$$n_t = P_t \overline{q}/RT \quad g - \text{mol}/\text{seg}$$

4. - Presión parcial de naftaleno en el reactor

$$P_n = y_n P_t; \quad P_t = (4r_g / n_t) \text{ atm}$$

5. - Presión parcial de naftaleno en la superficie

$$\log P' = - 0.05223 A/T + B$$

P' en mm. Hg (23, 24)

Válida entre 0 y 80° C

$$A = 71,401 \quad B = 11.45$$

$$P_s = P'/760$$

6. - Area de la pastilla

$$a_p = d_p^2 \pi / 4 + \pi d_p l = \pi d_p (d_p/4 + l) \text{ Cm}^2.$$

7. - Constante de transferencia de masa

$$k'_g = r_g / (a_p (P_s - P_n)) \text{ g - mol / (atm Cm}^2 \text{ seg)}$$

8. - Constante de transferencia de masa en unidades consistentes.

$$k_g = RT k'_g \text{ Cm. / seg.}$$

9. - Correlación

$$J_m = (\text{Sch})^{2/3} k_g \rho / G \text{ adimensional}$$

donde

$$G = \rho \pi d_1 \text{ RPM/60 g - mol / Cm}^2 \text{ seg.}$$

por lo que

$$J_m = (\text{Sch})^{2/3} k_g / (\pi d_1 \text{ RPM/60})$$

10. - Número de Reynolds

$$Re = d_p \rho \pi d_1 \text{ RPM/60 adimensional}$$

A P E N D I C E C

En este Apéndice se proporcionan los datos obtenidos - así como los datos calculados durante las pruebas de mezclado y de transferencia de masa.

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.15463	-0.073	-0.181
-0.223	0.25780	-0.205	-0.301
-0.357	0.35662	-0.331	-0.417
-0.511	0.50700	-0.523	-0.593
-0.693	0.64019	-0.674	-0.748
-0.916	0.82924	-0.935	-0.969
-1.204	1.09563	-1.275	-1.281
-1.609	1.42217	-1.693	-1.662
-2.303	1.81316	-2.192	-2.119

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76627	0.125	-1.278	0.990765	0.061803	0.038944	-7.132	11.383

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76627	-1.169	-0.991401	0.093685	0.032953	-5.121	11.383

TABLA 1

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN NO. DE DATOS USAJOS 8.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.15468	-0.107	-0.170
-0.223	0.25780	-0.229	-0.283
-0.357	0.35662	-0.340	-0.392
-0.511	0.50700	-0.524	-0.557
-0.693	0.64019	-0.661	-0.704
-0.916	0.82924	-0.905	-0.912
-1.204	1.09563	-1.220	-1.205
-1.609	1.42217	-1.606	-1.564

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.65791	0.075	-1.182	0.999770	0.011950	0.010354	-17.588	88.404

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.65791	-1.099	-0.998374	0.043886	0.020042	-4.959	88.404

ELGASTO ES	4.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	0.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USAUDS	9.0
LN C/CO	T/IEFA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.16041	-0.051				-0.230	
-0.223	0.23489	-0.175				-0.336	
-0.357	0.34947	-0.366				-0.500	
-0.511	0.45832	-0.546				-0.656	
-0.693	0.57862	-0.742				-0.828	
-0.916	0.69320	-0.941				-0.992	
-1.204	0.85934	-1.216				-1.230	
-1.609	1.09996	-1.620				-1.574	
-2.303	1.47007	-2.252				-2.115	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.65692	0.217	-1.671	0.998374	0.043830	0.036057	-18.606	61.068

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.65692	-1.431	-0.984076	0.127848	0.055214	-7.807	61.068

TABLA 2

- 52 -

ELGASTO ES	4.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	0.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USAUDS	8.0
LN C/CO	T/IEFA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.16041	-0.070				-0.216	
-0.223	0.23489	-0.169				-0.316	
-0.357	0.34947	-0.373				-0.470	
-0.511	0.45832	-0.548				-0.616	
-0.693	0.57862	-0.741				-0.778	
-0.916	0.69320	-0.925				-0.932	
-1.204	0.85934	-1.192				-1.155	
-1.609	1.09996	-1.579				-1.478	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.55428	0.188	-1.666	0.997963	0.035545	0.041918	-14.461	50.601

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.55428	-1.344	-0.988614	0.161074	0.056708	-6.064	50.601

.....

ELGASTO ES 5.700 PL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.15538	-0.030	-0.104
-0.223	0.25351	-0.169	-0.299
-0.357	0.40071	-0.365	-0.473
-0.511	0.52436	-0.579	-0.618
-0.693	0.65422	-0.703	-0.773
-0.916	0.83413	-0.943	-0.985
-1.204	1.15306	-1.369	-1.302
-1.609	1.39840	-1.696	-1.652
-2.303	1.70915	-2.111	-2.019

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76688	0.170	-1.434	0.990256	0.107079	0.070910	-4.711	6.557

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76688	-1.101	-0.981041	0.139392	0.049742	-3.641	6.557

TABLA 3

ELGASTO ES 5.700 PL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.15533	-0.091	-0.168
-0.223	0.25351	-0.206	-0.274
-0.357	0.40071	-0.332	-0.434
-0.511	0.52333	-0.527	-0.567
-0.693	0.65422	-0.662	-0.708
-0.916	0.83413	-0.895	-0.903
-1.204	1.15306	-1.272	-1.248
-1.609	1.39840	-1.563	-1.514

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.67169	0.092	-1.154	0.997642	0.030239	0.033240	-5.521	12.561

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.67169	-1.083	-0.992667	0.062267	0.028039	-2.952	12.561

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG			LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USADOS 9.0	
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES			
-0.105	0.15038	-0.094				-0.164
-0.223	0.28070	-0.244				-0.306
-0.357	0.40100	-0.363				-0.438
-0.511	0.52130	-0.522				-0.569
-0.693	0.67168	-0.696				-0.733
-0.916	0.85213	-0.905				-0.930
-1.204	1.09273	-1.103				-1.192
-1.609	1.40351	-1.542				-1.532
-2.303	2.10526	-2.353				-2.297

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.939	0.83097	0.080	-1.156	0.99398	0.036084	0.020519	-7.580	14.718

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.83097	-1.091	-0.996576	0.059454	0.019488	-4.600	14.718

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG			LA VLL DE ROTACION ES 0.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USADOS 8.0	
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES			
-0.105	0.15038	-0.070				-0.164
-0.223	0.28070	-0.226				-0.306
-0.357	0.40100	-0.374				-0.437
-0.511	0.52130	-0.520				-0.568
-0.693	0.67168	-0.702				-0.731
-0.916	0.85213	-0.921				-0.928
-1.204	1.09273	-1.213				-1.190
-1.609	1.40351	-1.590				-1.528

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.67168	0.112	-1.212	0.999402	0.019258	0.017116	-12.399	70.103

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.67168	-1.089	-0.992394	0.063496	0.026759	-3.092	70.103

ELGASTO ES	10.000	ML/SEG	LA VEL DE ROTACION ES	0.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	9.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.15754	-0.066				-0.170	
-0.223	0.28643	-0.289				-0.309	
-0.357	0.42965	-0.375				-0.463	
-0.511	0.57286	-0.547				-0.617	
-0.693	0.71608	-0.716				-0.771	
-0.916	0.87361	-0.903				-0.941	
-1.204	1.16004	-1.241				-1.250	
-1.609	1.44647	-1.530				-1.558	
-2.303	2.04798	-2.291				-2.206	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.85452	0.130	-1.182	0.999090	0.032796	0.019075	-9.551	43.900

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.85452	-1.077	-0.99304	0.082723	0.026800	-2.881	43.900

ELGASTO ES	10.000	ML/SEG	LA VEL DE ROTACION ES	0.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	8.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.15754	-0.061				-0.164	
-0.223	0.28643	-0.212				-0.298	
-0.357	0.42965	-0.360				-0.447	
-0.511	0.57286	-0.547				-0.576	
-0.693	0.71608	-0.715				-0.745	
-0.916	0.87361	-0.899				-0.909	
-1.204	1.16004	-1.235				-1.207	
-1.609	1.44647	-1.570				-1.505	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.70533	0.123	-1.171	0.998065	0.034646	0.029779	-5.734	25.761

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.70533	-1.040	-0.989713	0.073798	0.031955	-1.257	25.761

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.09452	-0.093	-0.109
-0.223	0.21483	-0.213	-0.248
-0.357	0.30935	-0.343	-0.357
-0.511	0.45973	-0.523	-0.531
-0.693	0.58434	-0.663	-0.674
-0.916	0.81635	-0.939	-0.942
-1.204	1.02259	-1.179	-1.180
-1.609	1.41358	-1.634	-1.632
-2.303	1.98073	-2.294	-2.286

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76622	0.012	-1.164	0.999647	0.020429	0.011691	-14.014	1.064

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.76622	-1.154	-0.99593	0.020511	0.007103	-21.714	1.064

TABLA 6

55

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.09452	-0.102	-0.108
-0.223	0.21483	-0.241	-0.246
-0.357	0.30935	-0.359	-0.355
-0.511	0.45973	-0.524	-0.527
-0.693	0.58434	-0.668	-0.670
-0.916	0.81635	-0.936	-0.936
-1.204	1.02259	-1.174	-1.173
-1.609	1.41358	-1.625	-1.621

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61441	0.007	-1.155	0.999268	0.021310	0.018050	-8.592	0.300

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61441	-1.147	-0.99252	0.020217	0.009623	-15.267	0.300

ELGASTO ES 5.000 RL/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/1ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.12173	-0.966	-0.153
-0.223	0.20766	-0.181	-0.261
-0.357	0.29359	-0.297	-0.363
-0.511	0.43681	-0.490	-0.548
-0.693	0.60866	-0.732	-0.764
-0.916	0.84497	-1.040	-1.060
-1.204	1.06695	-1.339	-1.339
-1.609	1.31042	-1.607	-1.645
-2.303	1.64697	-2.120	-2.067

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.72642	0.098	-1.347	0.990515	0.105653	0.070619	-4.912	2.493

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.72642	-1.255	-0.987115	0.115089	0.043539	-5.856	2.493

TABLA 7

- 57 -

ELGASTO ES 5.000 RL/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/1ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.12173	-0.115	-0.142
-0.223	0.20766	-0.218	-0.242
-0.357	0.29359	-0.321	-0.342
-0.511	0.43681	-0.393	-0.509
-0.693	0.60866	-0.699	-0.709
-0.916	0.84497	-0.903	-0.984
-1.204	1.06695	-1.269	-1.242
-1.609	1.31042	-1.541	-1.526

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61135	0.031	-1.200	0.996547	0.046258	0.040807	-4.895	1.088

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61135	-1.164	-0.995920	0.046649	0.022514	-7.292	1.088

ELGASTO ES 5.700 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.09813	-0.093	-0.125
-0.223	0.17991	-0.200	-0.230
-0.357	0.31893	-0.302	-0.407
-0.511	0.42524	-0.501	-0.543
-0.693	0.57244	-0.714	-0.730
-0.916	0.73600	-0.928	-0.939
-1.204	0.94044	-1.195	-1.200
-1.609	1.22666	-1.579	-1.565
-2.303	1.79911	-2.319	-2.296

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.69965	0.035	-1.309	0.999529	0.023593	0.015184	-20.330	7.202

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.69965	-1.276	-0.999645	0.031435	0.012037	-22.924	7.202

TABLA 8

58

ELGASTO ES 5.700 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.09813	-0.096	-0.125
-0.223	0.17991	-0.195	-0.229
-0.357	0.31893	-0.378	-0.406
-0.511	0.42524	-0.529	-0.541
-0.693	0.57244	-0.716	-0.728
-0.916	0.73600	-0.933	-0.936
-1.204	0.94044	-1.205	-1.197
-1.609	1.22666	-1.585	-1.561

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.50222	0.041	-1.320	0.999149	0.023099	0.022495	-14.579	8.639

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.50222	-1.272	-0.997901	0.033405	0.017648	-15.436	8.639

ELGASTO ES 7.000 HL/SEG			LA VLL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USADOS 9.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES		
-0.105	0.14035	-0.121			-0.136
-0.223	0.26065	-0.240			-0.253
-0.357	0.38095	-0.358			-0.370
-0.511	0.53133	-0.505			-0.515
-0.693	0.72180	-0.692			-0.700
-0.916	0.90226	-0.869			-0.875
-1.204	1.25313	-1.214			-1.216
-1.609	1.65414	-1.607			-1.605
-2.303	2.37594	-2.316			-2.305

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.91339	0.016	-0.981	0.999632	0.020849	0.010062	1.640	2.008

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.91339	-0.970	-0.999527	0.022123	0.006440	4.640	2.008

TABLA 59

ELGASTO ES 7.000 HL/SEG			LA VLL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USADOS 8.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES		
-0.105	0.14035	-0.116			-0.136
-0.223	0.26065	-0.236			-0.253
-0.357	0.38095	-0.355			-0.370
-0.511	0.53133	-0.505			-0.516
-0.693	0.72180	-0.694			-0.701
-0.916	0.90226	-0.873			-0.876
-1.204	1.25313	-1.221			-1.217
-1.609	1.65414	-1.619			-1.606

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.73058	0.023	-0.993	0.999300	0.020844	0.015175	0.470	2.987

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.73058	-0.971	-0.996951	0.023618	0.009519	3.044	2.987

ELGASTO ES 10.000 HL/SEG			LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USADOS 9.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES		
-0.105	0.15754	-0.113			-0.137
-0.223	0.27211	-0.214			-0.237
-0.357	0.42965	-0.354			-0.374
-0.511	0.57286	-0.461			-0.498
-0.693	0.74472	-0.633			-0.648
-0.916	1.10276	-0.951			-0.959
-1.204	1.44647	-1.255			-1.258
-1.609	2.01933	-1.763			-1.756
-2.303	2.46330	-2.157			-2.142

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	1.02319	0.027	-0.687	0.993534	0.087298	0.038291	2.963	0.305

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	1.02319	-0.670	-0.993252	0.083420	0.021817	5.978	0.305

ELGASTO ES 10.000 HL/SEG			LA VEL DE ROTACION ES 700.0 REV/MIN		NO. DE DATOS USAUOS 8.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES		
-0.105	0.15754	-0.151			-0.130
-0.223	0.27211	-0.243			-0.224
-0.357	0.42965	-0.370			-0.354
-0.511	0.57286	-0.485			-0.472
-0.693	0.74472	-0.623			-0.613
-0.916	1.10276	-0.911			-0.908
-1.204	1.44647	-1.187			-1.191
-1.609	2.01933	-1.648			-1.663

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.84318	-0.024	-0.304	0.997307	0.040358	0.024140	8.113	0.949

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.84318	-0.623	-0.996801	0.040708	0.013920	12.692	0.949

ELGASTO FS	3.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	9.0
LN C/CO	T/ILTA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.12030	-0.102				-0.144	
-0.223	0.21483	-0.219				-0.257	
-0.357	0.30935	-0.336				-0.370	
-0.511	0.46833	-0.532				-0.560	
-0.693	0.59723	-0.691				-0.714	
-0.916	0.60776	-0.952				-0.965	
-1.204	1.01829	-1.212				-1.217	
-1.609	1.30187	-1.502				-1.556	
-2.303	1.91198	-2.315				-2.285	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CORR	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.74999	0.046	-1.235	0.999438	0.025771	0.015655	-15.020	10.079

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.74999	-1.195	-0.998629	0.037654	0.013506	-14.440	10.079

TABLA 11

ELGASTO FS	3.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	8.0
LN C/CO	T/ILTA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.12030	-0.097				-0.143	
-0.223	0.21483	-0.215				-0.255	
-0.357	0.30935	-0.333				-0.367	
-0.511	0.46833	-0.532				-0.556	
-0.693	0.59723	-0.693				-0.709	
-0.916	0.60776	-0.956				-0.959	
-1.204	1.01829	-1.219				-1.209	
-1.609	1.30187	-1.573				-1.545	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CORR	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.60474	0.053	-1.249	0.996664	0.026552	0.024331	-10.241	9.248

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.60474	-1.187	-0.997110	0.039188	0.019315	-9.671	9.248

ELGASTO ES 4.000 NL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/1ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.12031	-0.009	-0.143
-0.223	0.22343	-0.217	-0.265
-0.357	0.33001	-0.359	-0.402
-0.511	0.46805	-0.516	-0.551
-0.693	0.59008	-0.672	-0.701
-0.916	0.61351	-0.949	-0.966
-1.204	1.03121	-1.219	-1.225
-1.609	1.35776	-1.624	-1.613
-2.303	1.68483	-2.277	-2.239

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.75813	0.060	-1.249	0.999649	0.020365	0.012415	-19.316	26.537		

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.75813	-1.188	-0.998318	0.041696	0.014869	-12.640	26.537		

TABLA 12

- 62 -

ELGASTO ES 4.000 NL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/1ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.12031	-0.099	-0.140
-0.223	0.22343	-0.224	-0.259
-0.357	0.33001	-0.363	-0.392
-0.511	0.46805	-0.516	-0.538
-0.693	0.59008	-0.669	-0.685
-0.916	0.61351	-0.941	-0.944
-1.204	1.03121	-1.205	-1.196
-1.609	1.35776	-1.601	-1.575

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61729	0.047	-1.214	0.999640	0.014942	0.013290	-16.106	23.326		

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61729	-1.160	-0.990241	0.030583	0.014730	-16.874	23.326		

ELGASTO ES	5.000 ML/SEG	LA VEL DE ROTACION ES	1400.0 REV/MIN	NO. DE DATOS USAADOS	9.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* LS		
-0.105	0.14322	-0.091			-0.138
-0.223	0.33656	-0.204			-0.323
-0.357	0.40016	-0.355			-0.392
-0.511	0.51557	-0.462			-0.495
-0.693	0.71008	-0.662			-0.668
-0.916	1.01683	-0.962			-0.977
-1.204	1.23165	-1.174			-1.181
-1.609	1.70426	-1.607			-1.637
-2.303	2.34157	-2.263			-2.249

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.93488	0.052	-0.997	0.990562	0.041227	0.020234	0.146	4.937

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.93488	-0.961	-0.997546	0.050358	0.014527	2.700	4.937

TABLA 13
- 68 -

ELGASTO ES	5.000 ML/SEG	LA VEL DE ROTACION ES	1400.0 REV/MIN	NO. DE DATOS USAADOS	8.0
LN C/CO	T/TETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* LS		
-0.105	0.14322	-0.098			-0.135
-0.223	0.33656	-0.200			-0.317
-0.357	0.40016	-0.358			-0.384
-0.511	0.51557	-0.464			-0.485
-0.693	0.71008	-0.660			-0.674
-0.916	1.01683	-0.955			-0.957
-1.204	1.23165	-1.166			-1.160
-1.609	1.70426	-1.629			-1.605

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.75904	0.042	-0.981	0.997069	0.042694	0.030770	0.628	2.283

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.75904	-0.942	-0.995936	0.046443	0.018168	3.213	2.283

ELGASTO ES 5.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/TLTA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14322	-0.154	-0.157
-0.223	0.23631	-0.255	-0.258
-0.357	0.36520	-0.377	-0.399
-0.511	0.49409	-0.510	-0.540
-0.693	0.65163	-0.692	-0.712
-0.916	0.85213	-0.912	-0.931
-1.204	0.98818	-1.072	-1.030
-1.609	1.56105	-1.715	-1.706
-2.303	2.06230	-2.276	-2.254

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.81712	0.037	-1.122	0.996387	0.065302	0.036157	3.304	1.013

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.81712	-1.093	-0.99803	0.065356	0.021464	-4.335	1.013

TABLA 14

- 64 -

ELGASTO ES 5.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/TLTA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14322	-0.153	-0.154
-0.223	0.23631	-0.255	-0.254
-0.357	0.36520	-0.377	-0.392
-0.511	0.49409	-0.510	-0.530
-0.693	0.65163	-0.692	-0.699
-0.916	0.85213	-0.912	-0.914
-1.204	0.98818	-1.072	-1.060
-1.609	1.56105	-1.091	-1.675

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.66148	0.025	-1.099	0.992360	0.066740	0.055800	-1.781	0.316

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.66148	-1.073	-0.991956	0.065296	0.029149	-2.510	0.316

ELGASTO ES	7.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/HIN	NO. DE DATOS USAUDS	9.0
LN C/CO	T/TEFA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.15038	-0.099				-0.149	
-0.223	0.27068	-0.223				-0.269	
-0.357	0.37093	-0.327				-0.368	
-0.511	0.53133	-0.492				-0.527	
-0.693	0.70175	-0.608				-0.696	
-0.916	0.95238	-0.927				-0.945	
-1.204	1.31328	-1.300				-1.303	
-1.609	1.08421	-1.603				-1.671	
-2.303	2.18546	-2.201				-2.168	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	HIN CUAD	COEF CORREL HIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.90671	0.056	-1.033	0.996731	0.062127	0.031646	-1.041	2.541	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA HIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.90671	-0.992	-0.99541	0.067848	0.020226	0.394	2.541

TABLA 15

ELGASTO ES	7.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/HIN	NO. DE DATOS USAUDS	8.0
LN C/CO	T/TEFA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.15038	-0.129				-0.142	
-0.223	0.27068	-0.245				-0.256	
-0.357	0.37093	-0.341				-0.351	
-0.511	0.53133	-0.495				-0.503	
-0.693	0.70175	-0.659				-0.664	
-0.916	0.95238	-0.900				-0.902	
-1.204	1.31328	-1.246				-1.243	
-1.609	1.08421	-1.603				-1.594	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	HIN CUAD	COEF CORREL HIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.74687	0.015	-0.960	0.998706	0.027701	0.019965	1.984	0.691	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA HIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.74687	-0.947	-0.99857	0.027701	0.010885	4.904	0.691

ELGASTO ES 7.000 PL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USAJDS 9.0

LN C/CO	T/IEIA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14035	-0.061	-0.137
-0.223	0.27960	-0.196	-0.264
-0.357	0.42105	-0.352	-0.411
-0.511	0.58145	-0.519	-0.568
-0.693	0.78195	-0.726	-0.763
-0.916	1.01253	-0.966	-0.989
-1.204	1.23309	-1.194	-1.204
-1.609	1.71429	-1.694	-1.674
-2.303	2.21554	-2.213	-2.163

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN COAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.93010	0.085	-1.037	0.997407	0.055333	0.028284	-1.316	6.927

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.93010	-0.976	-0.994835	0.073008	0.021242	1.108	6.927

ELGASTO ES 7.000 PL/SEG LA VLL DE ROTACION ES 1400.0 REV/MIN NO. DE DATOS USAJDS 8.0

LN C/CO	T/IEIA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14035	-0.091	-0.131
-0.223	0.27968	-0.216	-0.252
-0.357	0.42105	-0.394	-0.392
-0.511	0.58145	-0.520	-0.541
-0.693	0.78195	-0.715	-0.727
-0.916	1.01253	-0.932	-0.942
-1.204	1.23308	-1.153	-1.147
-1.609	1.71429	-1.621	-1.594

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN COAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.76942	0.045	-0.972	0.998913	0.025977	0.018516	1.527	7.146

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.76942	-0.930	-0.997616	0.035590	0.013748	5.083	7.146

ELGASTO ES	10.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	9.0
LN C/CO	T/FFTA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.14618	-0.049					-0.196
-0.223	0.30075	-0.106					-0.316
-0.357	0.42955	-0.339					-0.452
-0.511	0.58718	-0.526					-0.617
-0.693	0.74472	-0.714					-0.783
-0.916	0.99818	-1.003					-1.039
-1.204	1.20894	-1.361					-1.355
-1.609	1.41783	-1.514					-1.491
-2.303	2.01933	-2.229					-2.123

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.86475	0.172	-1.189	0.993686	0.086271	0.030749	-3.728	10.401

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.86475	-1.051	-0.94429	0.127235	0.040367	-1.272	10.401

TABLA 17 67

ELGASTO FS	10.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	1400.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	8.0
LN C/CO	T/FFTA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.14618	-0.076					-0.184
-0.223	0.30075	-0.205					-0.298
-0.357	0.42955	-0.350					-0.425
-0.511	0.58718	-0.527					-0.581
-0.693	0.74472	-0.704					-0.737
-0.916	0.99818	-0.978					-0.978
-1.204	1.20894	-1.316					-1.275
-1.609	1.41783	-1.461					-1.403

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.74293	0.133	-1.124	0.939201	0.081661	0.068011	-1.028	5.220

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.74293	-0.969	-0.979709	0.103383	0.042717	0.247	5.220

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.13749	-0.045	-0.156
-0.223	0.25350	-0.100	-0.287
-0.357	0.38669	-0.353	-0.437
-0.511	0.51989	-0.516	-0.588
-0.693	0.68745	-0.723	-0.778
-0.916	0.88080	-0.965	-0.936
-1.204	1.11711	-1.257	-1.264
-1.609	1.46514	-1.660	-1.657
-2.303	1.86472	-2.102	-2.109

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN COAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	0.81253	0.125	-1.238	0.990156	0.067353	0.041131	-5.777	9.709

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	0.81253	-1.131	-0.990800	0.097340	0.033148	-3.959	9.709

TABLA 18

68

ELGASTO ES 3.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.13749	-0.084	-0.146
-0.223	0.25350	-0.216	-0.269
-0.357	0.38669	-0.367	-0.410
-0.511	0.51989	-0.519	-0.552
-0.693	0.68745	-0.710	-0.730
-0.916	0.88080	-0.930	-0.935
-1.204	1.11711	-1.199	-1.186
-1.609	1.46514	-1.595	-1.555

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN COAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.68101	0.073	-1.139	0.999625	0.015267	0.012741	-10.673	51.022

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.68101	-1.061	-0.996426	0.043573	0.019208	-3.189	51.022

ELGASTO ES	4.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USAUDS	9.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.11458	-0.079	-0.139				
-0.223	0.21770	-0.209	-0.263				
-0.357	0.30363	-0.318	-0.367				
-0.511	0.45832	-0.514	-0.554				
-0.693	0.61873	-0.718	-0.748				
-0.916	0.80205	-0.950	-0.970				
-1.204	1.03121	-1.241	-1.247				
-1.609	1.37495	-1.677	-1.662				
-2.303	1.79889	-2.215	-2.175				

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.74667	0.067	-1.268	0.997642	0.050490	0.031550	-8.510	5.352

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.74667	-1.209	-0.996109	0.062738	0.022789	-9.175	5.352

TABLA 19

- 69 -

ELGASTO ES	4.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USAUDS	8.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.11458	-0.107	-0.132				
-0.223	0.21770	-0.230	-0.252				
-0.357	0.30363	-0.332	-0.351				
-0.511	0.45832	-0.516	-0.530				
-0.693	0.61873	-0.707	-0.715				
-0.916	0.80205	-0.925	-0.927				
-1.204	1.03121	-1.197	-1.192				
-1.609	1.37495	-1.606	-1.590				

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61515	0.029	-1.190	0.999733	0.012875	0.011226	-16.885	12.627

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.61515	-1.156	-0.999171	0.021003	0.010079	-15.502	12.627

ELGASTO ES	5.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	9.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.14322	-0.120				-0.156	
-0.223	0.23631	-0.225				-0.258	
-0.357	0.36520	-0.370				-0.399	
-0.511	0.50125	-0.523				-0.547	
-0.693	0.65163	-0.692				-0.711	
-0.916	0.85213	-0.917				-0.930	
-1.204	1.07411	-1.166				-1.172	
-1.609	1.42499	-1.560				-1.555	
-2.303	2.12675	-2.349				-2.321	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.81951	0.040	-1.123	0.999213	0.030492	0.016850	-7.319	5.554

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.81951	-1.091	-0.998509	0.038198	0.012513	-7.299	5.554

ELGASTO ES	5.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	8.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD. MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.14322	-0.101				-0.157	
-0.223	0.23631	-0.210				-0.260	
-0.357	0.36520	-0.361				-0.402	
-0.511	0.50125	-0.521				-0.551	
-0.693	0.65163	-0.692				-0.716	
-0.916	0.85213	-0.932				-0.937	
-1.204	1.07411	-1.193				-1.181	
-1.609	1.42499	-1.605				-1.567	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.65610	0.067	-1.173	0.999801	0.011102	0.009547	-18.159	83.367

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.65610	-1.099	-0.997039	0.039667	0.018113	-5.493	83.367

ELGASTO ES	5.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	9.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.13605	-0.137				-0.142	
-0.223	0.22198	-0.227				-0.232	
-0.357	0.36520	-0.377				-0.381	
-0.511	0.50841	-0.527				-0.530	
-0.693	0.64447	-0.669				-0.672	
-0.916	0.85929	-0.894				-0.896	
-1.204	1.13140	-1.177				-1.180	
-1.609	1.48944	-1.555				-1.554	
-2.303	2.25564	-2.357				-2.353	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	0.84577	0.006	-1.048		0.998876		0.036454	0.018795	-2.538	0.089

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	0.84577	-1.043		-0.998861		0.034314	0.010744	-4.027	0.089

ELGASTO ES	5.000	ML/SEG	LA VLL DE ROTACION ES	2100.0	REV/MIN	NO. DE DATOS USADOS	8.0
LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES				
-0.105	0.13605	-0.113				-0.145	
-0.223	0.22198	-0.226				-0.237	
-0.357	0.36520	-0.366				-0.389	
-0.511	0.50841	-0.524				-0.542	
-0.693	0.64447	-0.675				-0.687	
-0.916	0.85929	-0.912				-0.916	
-1.204	1.13140	-1.213				-1.206	
-1.609	1.48944	-1.608				-1.587	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.66953	0.037	-1.105		0.999732		0.012903	0.010446	-10.012	19.846

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.66953	-1.066		-0.998844		0.021792	0.010966	-5.983	19.846

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.17043	-0.106	-0.164
-0.223	0.30975	-0.222	-0.290
-0.357	0.40100	-0.370	-0.387
-0.511	0.55138	-0.510	-0.532
-0.693	0.72159	-0.695	-0.696
-0.916	0.90226	-0.802	-0.870
-1.204	1.18296	-1.147	-1.141
-1.609	1.60401	-1.549	-1.547
-2.303	2.45614	-2.304	-2.368

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.92119	0.023	-0.900	0.997332	0.056134	0.027112	0.740	0.522

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	0.92119	-0.964	-0.97132	0.054432	0.015763	2.267	0.522

TABLA 22

- 72 -

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.17043	-0.106	-0.169
-0.223	0.30975	-0.225	-0.298
-0.357	0.40100	-0.352	-0.398
-0.511	0.55138	-0.513	-0.547
-0.693	0.72159	-0.694	-0.716
-0.916	0.90226	-0.837	-0.895
-1.204	1.18296	-1.106	-1.173
-1.609	1.60401	-1.635	-1.591

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.72937	0.075	-1.006	0.999364	0.019864	0.015529	-4.263	31.883

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MOD	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.72937	-0.992	-0.995979	0.046210	0.019038	0.437	31.883

.....

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG

LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN

NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.13033	-0.235	-0.108
-0.223	0.23058	-0.311	-0.191
-0.357	0.36090	-0.408	-0.298
-0.511	0.50125	-0.514	-0.414
-0.693	0.68170	-0.649	-0.563
-0.916	0.81203	-0.747	-0.671
-1.204	1.27318	-1.092	-1.052
-1.609	1.86466	-1.536	-1.541
-2.303	3.05764	-2.430	-2.527

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.99025	-0.138	-0.750	0.908798	0.114770	0.042780	5.848	5.816	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.880	0.99025	-0.826	-0.97392	0.145267	0.036291	4.784	5.816	

TABLA 23

73

ELGASTO ES 7.000 ML/SEG

LA VLL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN

NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/ETA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.13033	-0.177	-0.121
-0.223	0.23058	-0.264	-0.214
-0.357	0.36090	-0.373	-0.335
-0.511	0.50125	-0.501	-0.466
-0.693	0.68170	-0.659	-0.633
-0.916	0.81203	-0.772	-0.754
-1.204	1.27318	-1.176	-1.183
-1.609	1.86466	-1.693	-1.732

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL	MIN ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.73183	-0.063	-0.374	0.990038	0.078446	0.050751	2.480	1.826	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL	MOD ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.73183	-0.929	-0.98697	0.082941	0.032107	2.209	1.826	

ELGASTO ES 10.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/FLTA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.18322	-0.096	-0.126
-0.223	0.25779	-0.196	-0.227
-0.357	0.41532	-0.340	-0.366
-0.511	0.57286	-0.483	-0.505
-0.693	0.66497	-0.729	-0.745
-0.916	1.01643	-0.884	-0.897
-1.204	1.54672	-1.364	-1.364
-1.609	1.63315	-1.623	-1.617
-2.303	2.47762	-2.290	-2.185

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	1.01205	0.035	-0.705	0.995254	0.074024	0.033433	2.650	0.711

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.800	1.01205	-0.682	-0.994771	0.073460	0.019476	6.058	0.711

TABLA 24 - 74 -

ELGASTO ES 10.000 ML/SEG LA VEL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/FLTA	LN C/CO*	CON EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.18322	-0.124	-0.121
-0.223	0.25779	-0.221	-0.218
-0.357	0.41532	-0.354	-0.351
-0.511	0.57286	-0.480	-0.465
-0.693	0.66497	-0.710	-0.715
-0.916	1.01643	-0.861	-0.860
-1.204	1.54672	-1.303	-1.309
-1.609	1.63315	-1.549	-1.551

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.82886	0.003	-0.843	0.994903	0.050120	0.034893	4.491	0.009

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.82886	-0.846	-0.994995	0.052053	0.018303	8.410	0.009

.....

ELGASTO ES 10.000 ML/SEG LA VCL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 9.0

LN C/CO	T/DETA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14322	-0.146	-0.122
-0.223	0.27211	-0.224	-0.233
-0.357	0.41532	-0.374	-0.355
-0.511	0.56622	-0.462	-0.465
-0.693	0.69929	-0.747	-0.734
-0.916	0.98818	-0.855	-0.844
-1.204	1.40351	-1.205	-1.199
-1.609	1.71858	-1.467	-1.468
-2.303	2.62134	-2.393	-2.411

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	1.01842	-0.926	-0.839	0.995324	0.074274	0.030770	5.238	0.420	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.860	1.01842	-0.854	-0.995043	0.071529	0.018370	7.922	0.420	

TABLA 25

ELGASTO ES 10.000 ML/SEG LA VCL DE ROTACION ES 2100.0 REV/MIN NO. DE DATOS USADOS 8.0

LN C/CO	T/DETA	LN C/CO*	CUN EL MOD.MODIFICADO LN C/CO* ES
-0.105	0.14322	-0.143	-0.128
-0.223	0.27211	-0.222	-0.244
-0.357	0.41532	-0.354	-0.372
-0.511	0.56622	-0.473	-0.488
-0.693	0.69929	-0.763	-0.771
-0.916	0.98818	-0.862	-0.886
-1.204	1.40351	-1.266	-1.259
-1.609	1.71858	-1.557	-1.541

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO CLASICO DE MINIMOS CUADRADOS CON DOS PARAMETROS

Y MEDIA	X MEDIA	ALFA	BETA	MIN CUAD	COEF CORREL MIN	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.79305	0.030	-0.923	0.995616	0.046615	0.033002	2.336	0.891	

LOS DATOS SIGUIENTES SON PARA UN MODELO MODIFICADO DE MINIMOS CUADRADOS CON UN SOLO PARAMETRO

Y MEDIA	X MEDIA	BETA	MIN MODI	COEF CORREL MOD	ERROR EST ESTIMADO	ERROR EST PEND	T CALC	F CALC
-0.702	0.79305	-0.897	-0.995616	0.048256	0.017975	5.738	0.891	

Tabla número 26

Número equivalente de tanques agitados en serie

<u>Corrida</u>	<u>h</u>
1	1.270
2	1.347
3	1.442
4	1.820
5	2.005
6	1.094
7	1.138
8	1.148
9	1.177
10	1.167
11	1.068
12	1.094
13	1.138
14	1.138
15	1.111
16	1.111
17	1.111
18	1.060
19	1.094
20	1.120
21	1.120
22	1.111
23	1.111
24	1.167
25	1.167

TABLA 27

Los valores siguientes fueron obtenidos con un gasto volumétrico de $8 \text{ Cm}^3/\text{Seg}$.

<u>RPM</u>	<u>DIF</u>	<u>$k'_g \times 10^4$</u>	<u>k_g</u>	<u>Jm</u>	<u>Re</u>
0	0.0006	0.287	0.7003		
700	0.0018	2.921	7.1272	0.1218	335
1,400	0.0019	3.928	9.5843	0.0819	670
2,100	0.0020	5.694	13.8933	0.0792	1,005

BIBLIOGRAFIA

- (1) Carberry, J. J., "Designing Laboratory Catalytic Reactors", Ind. & Eng. Chem., 56 (11), 39 - 46 (1964).
- (2) Brisk, M. L. et al., "Development Of a Stirred Gas Solid Reactor for the Measurement of Catalyst Kinetics", Trans. Instn. Chem. Engrs., 46, T3 - T10 (1968).
- (3) Choundhary, V. R. y Doraiswamy, L.K., National Chemical Laboratory, Poona 8, India, Comunicación Personal.
- (4) Tajbl, D.G., Simons, J.B. y Carberry, J. J., "Heterogeneous Catalysis in a Continuous Stirred Tank Reactor", Ind & Eng. Chem. Fund., 5 (2), 171 - 175 (1966).
- (5) Danckwerts, P. V., "Continuous Flow Systems: Distribution of Residence Times", Chem. Eng. Sci., 2 (1), 1 - 13 (1953).
- (6) Kramers, H. y Alberda, G. "Frecuency - Response Analysis of Continuous Flow Systems", Chem. Eng. Sci., 2, 173 - 181 (1953).
- (7) Levenspiel, O. "Chemical Reaction Engineering", 2a. Ed., Cap. 9, John Wiley & Sons, Nueva York (1972).
- (8) Smith, J. M., "Chemical Engineering Kinetics", 2a. Ed., Cap. 7, McGraw - Hill, Nueva York (1970).
- (9) Simons, J., "Mixing Studies in a Well - Stirred Gas - Solid Catalytic Reactor", Tesis de Maestría, Universidad de Notre Dame, Notre Dame, Indiana (1963).
- (10) Smith, J. M., "Chemical Kinetics and Transport Rates in Fluid - Solid Catalytic Reactors", J. of Chem. Eng. of Japan, 6 (2), 191 - 196 (1973).
- (11) Carberry, J. J. y White, Donald, "On the Role of Transport Phenomena in Catalytic Reactor Behavior", Ind. Eng. Chem. 61 (7), 27 - 35 (1969).
- (12) Martínez, Enrico, "Effects of Ionizing Radiation Upon Catalytic Selectivity During Oxidation of Ethylene over Supported Silver", Tesis Doctoral, Universidad de

Notre Dame, Notre Dame, Indiana (1972).

- (13) Smith, J. M. Op. Cit., Cap. 11
- (14) Levenspiel, O., Op. Cit., Cap. 14.
- (15) Trotter, I. P., "Thoroughly Stirred, Mechanically Fluidized Catalytic Reactor", Tesis Doctoral, - - Universidad de Princeton, Princeton, N. J. (1960).
- (16) Ford, F. E. y Perlmutter, D. D. "The Kinetics of the Brass - Catalysed Dehydrogenation of Sec -Butyl Alcohol", Chem, Eng. Sci., 19, 371 - 378 (1964).
- (17) Douglas, J. M. "The Effect of Mixing on Reactor - Design", Chem. Eng. Prog. Symp. Ser., 60 (48), 1 - 14.
- (18) Mac Mullin, R. B. y Weber, M. "The Theory of - Short Circuiting in Continuous - Flow Mixing Vessels in Series and the Kinetics of Chemical Reactions in Such Systems", Trans. of Am. Inst. of Chem. Eng., 31, 409 - 458 (1935).
- (19) Buffham, B. A. y Gibilaro, L. G. "A Generalization of the Tanks - in - Series Mixing Model", AIChEJ, - 14 (5), 805 - 806 (1968).
- (20) Corrigan, T. et al., "A Two - Parameter Model For a nonideal flow Reactor", AIChEJ, 13 (5), 1,029 a 1,030 (1967).
- (21) Danckwerts, P. V. "Local Residence - Times in - - Continuous - Flow Systems", Chem, Eng. Sci., 9, - 78 - 79 (1958).
- (22) Ford, F. E. y Perlmutter, D. D., "Mass Transfer - Effects in Surface Catalysis", AIChEJ, 9 (3), - - 371 - 374 (1963).
- (23) Froessling , N., "Uber Die Verdunstung Fallender - Tropfen", Gerlands Beiträge zur Geophysik, 52, -- 170 - 216 (1938).
- (24) International Critical Tables, 3 , Pag. 208.