

Práctica No. 3

REACTORES CSTR

Objetivos:

Analizar el comportamiento de los reactores CSTR y verificar los resultados prácticos con los teóricos.

La relación entre la conversión y la velocidad de flujo en un reactor agitado de flujo continuo es del tipo algebraico. Si el volumen (Densidad) es constante se tiene:

Donde:

= tiempo promedio de residencia

CAS = Concentración de la corriente de salida

CAE = Concentración de la corriente de entrada

rAS = Velocidad de reacción

VR = Volumen del reactor

Q = Gasto volumétrico.

En algunos casos, se utilizan reactores CSTR en serie, donde la corriente de salida del primer reactor sirve de alimentación al segundo y así sucesivamente. Para densidad constante, la conversión a la salida puede obtenerse utilizando la ecuación anterior en cada reactor.

Los métodos gráficos pueden utilizarse para obtener la conversión en reactores en serie y tienen la ventaja de mostrar la concentración en cada reactor. Además, el método no se complica cuando la ecuación no es de primer orden.

PROCEDIMIENTO:

- REACTOR CSTR SENCILLO (VR1)

Para el CSTR sencillo montar el aparato que se muestra en la figura, utilizando un kitazato de 500 mL. Medir los gastos de la bomba para cada corriente utilizando agua destilada. Los gastos deben ser de 5 mL / min tanto para el violeta cristal, como para la sosa.

Las mangueras de las bombas deben llegar al fondo del kitazato, el cual debe estar perfectamente agitado, y la manguera de salida debe drenar a un recipiente. El kitazato se llena con las soluciones alimentadas simultáneamente. Se pone en marcha el sistema tomando el tiempo. Cuando empiece a drenar por la manguera de salida, marcar el nivel al cual llega el líquido dentro del matraz. Con esta medida se determinará el volumen real del reactor. Se toman muestras de la corriente de salida del reactor cada 3 minutos. Hacer la lectura de transmitancia en el espectrofotómetro a 590 nm. Tomar lecturas hasta que el reactor se estabilice. Tomar la temperatura de reacción.

• REACTORES CSTR EN SERIE (VR1 + VR2):

Para el CSTR en serie, se monta el aparato de la figura con las recomendaciones del aparato anterior. Se tomarán muestras cada 3 minutos a la salida de cada reactor hasta que se estabilicen. Determinar el volumen de cada reactor y la temperatura de la reacción.

REACTOR 2			REACTOR 2'		
t (minutos)	ABSORB.	CA * 103 (mol/L)	t (minutos)	ABSORB.	CA * 103 (mol/L)
5.23	.512	–	5	.453	6.3
7.26	.511	–	6.8	.442	6.14
14	.510	–	8.5	.428	5.92
16	.48	–	10.7	.418	5.79
20	.47	7.0	12.8	.412	5.7
22	.443	6.73	14.8	.411	5.7
26.12	.419	6.14	16.8	.391	5.28
28.13	.415	5.79	21	.387	5.18
34.11	.412	5.73	23	.353	4.73
36.43	.410	5.7	25	.338	4.58
38.33	.406	5.68	27	.333	4.51
42.4	.386	5.6	29	.320	4.41
45.4	.384	5.18	31	.313	4.35
48.4	.354	5.16	33	.310	4.32
52.2	.35	4.73	40	.303	4.26

CALCULOS Y RESULTADOS

- Reportar los datos experimentales y elaborar la curva de calibración del violeta cristal.

C25H30CIN3 + NaOH C25H31N3O + NaCl

TIEMPO (MINUTOS)	ABSORBANCIA	CONCENTRACION DE A
6.65	0.332	4.5224*10 ⁻⁶
9.97	0.263	3.6465*10 ⁻⁶
13.65	0.240	3.2487*10 ⁻⁶
16.37	0.205	2.6704*10 ⁻⁶
19.63	0.192	2.5019*10 ⁻⁶
22.98	0.177	2.1778*10 ⁻⁶
25.40	0.165	2.20*10 ⁻⁶
28.17	0.152	1.9984*10 ⁻⁶
31.68	0.150	1.9758*10 ⁻⁶
35.30	0.133	1.7839*10 ⁻⁶
38.17	0.130	1.750*10 ⁻⁶
41.67	0.120	1.6371*10 ⁻⁶
44.72	0.110	1.5242*10 ⁻⁶

47.55	0.102	1.4339*10 ⁻⁶
50.88	0.096	1.3661*10 ⁻⁶
56.60	0.088	1.1979*10 ⁻⁶

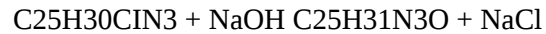
$$CA0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$CB0 = 0.02 \text{ M}$$

$$QA = QB = 5 \text{ mL/min} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ L/min}$$

$$VR = 270 \text{ mL} = 0.27 \text{ L}$$

$$QT = QA + QB = 10 \text{ mL/min} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ L/min}$$



(A) (B) (C) (D)

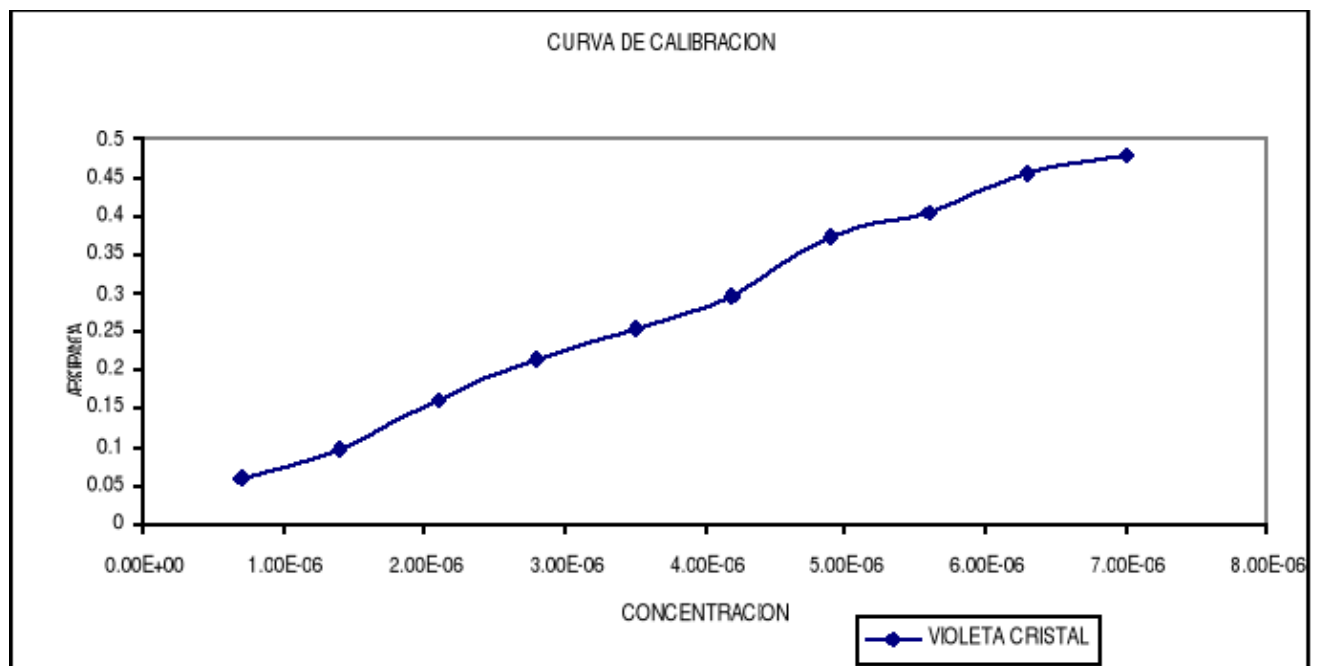
$$\theta = \frac{V_R}{Q} = \frac{C_{AE} - C_{AS}}{r_{AS}}$$

Donde:

$$r_{AS} = k_2 C_{AS} C_{BS} = k_2 C_{AS}^2$$

Con lo cual:

$$\theta = \frac{V_R}{Q} = \frac{C_{AE} - C_{AS}}{k_2 C_{AS}^2}$$



- Calcular la conversión experimental en cada caso a partir de los datos obtenidos en el laboratorio con respecto al tiempo. Construir una gráfica de conversión, % de conversión vs. Tiempo para cada reactor. Elaborar las conclusiones correspondientes y determinar el tiempo y la concentración de estabilización para cada reactor.

DATOS EXPERIMENTALES:

TIEMPO (MINUTOS)	CONVERSION ZA	% DE CONVERSION ZA
6.65	0.77388	77.388
9.97	0.81768	81.768
13.65	0.83757	83.757
16.37	0.86648	86.648
19.63	0.87491	87.491
22.98	0.89111	89.111
25.40	0.89000	89.000
28.17	0.90008	90.008
31.68	0.90121	90.121
35.30	0.91081	91.081
38.17	0.91250	91.250
41.67	0.91815	91.815
44.72	0.92379	92.379
47.55	0.92831	92.831
50.88	0.93170	93.170
56.60	0.94011	94.011

- A partir de la ecuación inicial, en función de la conversión del violeta cristal, determinar la conversión a la salida de cada uno de los reactores, para cada uno de los sistemas considerados, cuando ya se haya estabilizado el reactor.

METODO ANALITICO:

Sea ZA = conversión fraccional de A:

$$C_{AS} = C_{A0} (1 - Z_{AS})$$

$$C_{BS} = C_{B0} - Z_{AS} C_{A0}$$

$$\frac{V_R}{Q} = \frac{C_{A0} - C_{A0}(1 - Z_{AS})}{k_2 C_{A0}(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})} = \frac{C_{A0} - C_{A0} + Z_{AS} C_{A0}}{k_2 C_{A0}(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$\frac{V_R}{Q} = \frac{Z_{AS}}{k_2(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$\frac{(V_R)/(k_2)}{Q_T} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$\frac{(0.27)(0.1916)}{10 \cdot 10^{-3}} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})\left(\frac{0.020}{2} - Z_{AS} \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2}\right)}$$

$$10.3464 = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})\left(\frac{0.020}{2} - Z_{AS} \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2}\right)}$$

Resolviendo la ecuación anterior:

$$Z_{A1} = 10666 \cdot 10^4 \text{ X}$$

$$Z_{A2} = 0.0938 \text{ "}$$

Suponiendo un pseudo-orden:

Debido a que:

$$C_{B0} \gg C_{A0}$$

$$\therefore C_B > C_{B0}$$

$$r_A = -C_A = -C_{A0}(1 - Z_{AS})$$

$$\theta = \frac{V_R}{Q} = \frac{C_{A0} - C_{AS}}{r_A}$$

$$\theta = \frac{V_R}{Q_f} = \frac{C_{A0} - C_A(1 - Z_{AS})}{kC_{A0}(1 - Z_{AS})}$$

$$\frac{V_R}{Q_f} = \frac{Z_{AS}}{k(1 - Z_{AS})}$$

$$\frac{(V_R)(k)}{Q_f} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})}$$

$$\frac{(0.27)(0.1916)}{10 \cdot 10^{-3}} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})}$$

$$10.3464 = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})}$$

$$10.3464(1 - Z_{AS}) = Z_{AS}$$

$$10.3464 = Z_{AS}(1 + 10.3464)$$

$$Z_{AS} = \frac{10.3464}{11.3464} = 0.9119$$

Para el reactor 2:

$$\theta = \frac{V_R}{Q} = \frac{C_{AE} - C_{AS}}{r_{AS}}$$

Donde:

ZA = conversión fraccional de A.

$$r_{AS} = C_{AS} C_{BS}$$

$$Q_T = Q_A + Q_B = 0.044 \text{ L/min} + 0.045 \text{ L/min}$$

$$Q_T = 0.089 \text{ L/min}$$

$$C_{AS} = C_{A0} (1 - Z_{AS})$$

$$C_{BS} = C_{B0} - Z_{AS} C_{A0}$$

$$\theta = \frac{V_R}{Q_f} = \frac{C_{A0} - C_{A0}(1 - Z_{AS})}{k_2 [C_{A0}(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})]}$$

$$\theta = \frac{V_R}{Q_f} = \frac{C_{A0} - C_{A0} + C_{A0} Z_{AS}}{k_2 C_{A0} [(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})]}$$

$$\theta = \frac{V_R}{Q_f} = \frac{Z_{AS}}{k_2 (1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$\frac{(V_R)(k_2)}{Q_f} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$\frac{(0.29)(0.1916)}{0.089} = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})(C_{B0} - Z_{AS} C_{A0})}$$

$$0.6243 = \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})(0.020 - Z_{AS} 2 \times 10^{-3})}$$

Resolviendo la ecuación se obtiene:

$$Z_{AS1} = 0.01024$$

$$Z_{AS2} = 81088.81$$

Donde:

$$Z_{AS} = 0.01024$$

NOTA: Como se observa, ZAS es muy pequeña realizando los cálculos reales, ya que la CB0 no varía durante el transcurso de la reacción, por lo tanto:

CB >> CB0 , ahora se calculará ZAS suponiendo un pseudo orden:

$$\theta = \frac{V_R}{Q} = \frac{C_{AE} - C_{AS}}{r_{AS}}$$

$$r_{AS} = C_A = C_{A0} (1 - Z_{AS})$$

$$\begin{aligned}\frac{V_R}{Q_f} &= \frac{C_{A0} - C_{AS}(1 - Z_{AS})}{kC_{AS}(1 - Z_{AS})} \\ \frac{V_R}{Q_f} &= \frac{Z_{AS}}{k(1 - Z_{AS})} \\ \frac{(V_R)(k)}{Q_f} &= \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})} \\ \frac{(0.29)(0.1916)}{0.089} &= \frac{Z_{AS}}{(1 - Z_{AS})} \\ 0.6243 &= \frac{Z_{AS}}{1 + Z_{AS}} \\ Z_{AS} &= \frac{0.6243}{1 + 0.6243} \\ Z_{AS} &= 0.3843\end{aligned}$$

De forma experimental se obtiene que:

$$Z_{AS} = 1 - \frac{C_A}{C_{A0}}$$

NOTA: Lo que se observa es que aquí no coincide la ZA experimental con la teórica real y la de pseudo orden, se le puede atribuir el error a la constante variación del flujo.

Para el reactor 2':

$$\begin{aligned}\frac{V_R}{Q} &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{r_{AS}} \\ \frac{V_R}{Q} &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{kC_{AS}} \\ \frac{V_R}{Q} &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{kC_{A0}(1 - Z_{AS})} \\ \frac{(V_R)(k)(C_{A0})}{Q} &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{1 - Z_{AS}} \\ \frac{(0.29)(0.1916)(0.020)}{0.089} &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{1 - Z_{AS}} \\ 0.0125 &= \frac{C_{AE} - C_{AS}}{1 - Z_{AS}} \\ Z_{AS} &= \frac{0.0125 - C_{AE} + C_{AS}}{0.0125} \\ Z_{AS} &= 0.9999\end{aligned}$$

De forma experimental:

$$Z_{AS} = 1 - \frac{C_A}{C_{A0}}$$

CONCLUSION.

NOTA: Como CAE y CAS varían respecto al tiempo, se obtendrá una ZAS conjugada a estas concentraciones, pero como en la tabla de resultados, se obtuvo una ZAS general, la cual es de 0.9999

L