

## 6 PRÁCTICAS DE BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA (CLAVE 8987)

Este capítulo trata conceptos fundamentales para el estudio de Balances de Materia y Energía, como:

- Balances de masa y diagramas de flujo en procesos químicos.
- Utilización de entalpía y calores específicos en los balances de energía.

### 6.1 Balance de masa en estado estacionario

#### Objetivo

Demostrar el efecto de recirculación en el flujo de masa total en un sistema.

#### Introducción

Un sistema con recirculación puede ser modelado como un sistema general, con una entrada (de la fuente de agua) y una salida (al drenaje).

$$\text{Entrada} \rightarrow \text{Sistema} \rightarrow \text{Salida} \\ \text{(IV)}$$

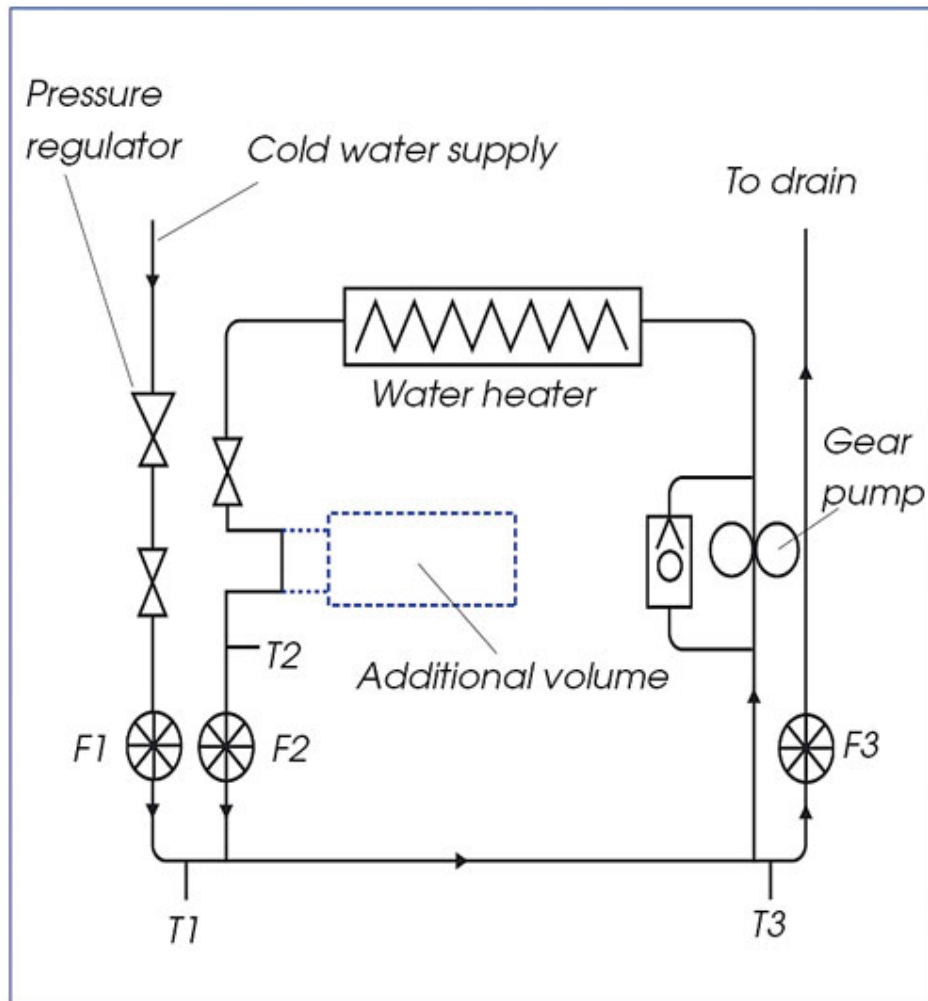
Bajo condiciones de estado estacionario, en equilibrio, la velocidad de flujo de masa que entra al sistema tiene que ser igual al flujo de masa que sale del sistema. El flujo de masa,  $Q_m$ , es la masa del fluido que pasa por un punto en un tiempo dado. Puede ser calculada como sigue,  $Q_m = (\rho V)/\theta$ , donde:  $\rho$  es la densidad del fluido en  $\text{kg/m}^3$ ,  $V$  el volumen del fluido en  $\text{m}^3$ ,  $\theta$  el tiempo en que el volumen  $V$  del fluido pasa por un punto dado.  $V/\theta$  es el flujo volumétrico,  $Q_v$ , el cual puede ser medido usando los medidores de flujo incluidos en el aparato a usar (TH4 Recycle Loops). Los medidores de flujo de este aparato reportan el flujo en litros por minuto (l/min). El flujo de masa (kg/s), puede ser calculado con la ecuación  $Q_m = \rho Q_v$ . El sistema a utilizar incluye elementos contenidos dentro del sistema de modelo simple, esto es dentro del sistema existe una salida del fluido de la línea principal, pero tiene

un retorno a este. Entonces el balance de masa en todo el sistema de acuerdo a la teoría tiene que permanecer sin cambio alguno [17,18].

### **Procedimiento**

Variar el flujo de recirculación, y observar los flujos de entrada y salida del sistema.

1. Para completar la unidad de recirculación es necesario usar la tubería de 10 cm de longitud proporcionada con el equipo.
2. Verificar que el suministro de agua esté conectado al equipo.
3. Energizar el equipo y abrir la válvula de alimentación al sistema.
4. Seleccionar el medidor de flujo F1.
5. Abrir la alimentación de agua hasta alcanzar un flujo de 3.2 l/min.
6. Energizar la bomba y esperar 5 minutos para remover las burbujas de aire. Para ayudar a este proceso abrir y cerrar la válvula de recirculación.
7. Apagar la bomba y cerrar la válvula de recirculación.
8. Después de eliminar el aire del sistema, ajuste la válvula de alimentación para dar un flujo de alrededor 1 l/min.
9. Anote los flujos registrados en F1, F3 y la temperatura de entrada T1 (de acuerdo a esta temperatura buscar el correspondiente valor de la densidad del fluido agua).
10. Vea el medidor de Flujo F2, encienda la bomba y abra la válvula de recirculación hasta que de un flujo de 1 l/min. Espere a que los flujos se estabilicen.
11. Anotar los flujos de entrada, salida y de reciclaje.
12. Continué abriendo la válvula de recirculación para dar incrementos en el flujo de recirculado de aproximadamente 0.5 l/min, anote los flujos estables obtenidos después de cada incremento. No pasar de 3 l/min.
13. Repetir el experimento usando diferentes flujos de entrada (1.5, 2, y 2.5 l/min) -repetir los pasos 8 a 12-. No pasar de 3 l/min en los flujos de recirculación.



TH4: schematic diagram of the loop

**Figura 6-1: Diagrama del equipo TH4**

### Resultados, cálculos y análisis

1. Temperatura del flujo de entrada ( $^{\circ}\text{C}$ , K).
2. Densidad del agua en la alimentación ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
  
3. Tabular los resultados usando el siguiente formato

Flujo de entrada	Flujo de recirculación	Flujo de salida	Flujo de entrada	Flujo de recirculación	Flujo de salida	Flujo de masa de entrada	Flujo de masa de recirculación	Flujo de masa de salida
F1 l/min	F2 l/min	F3 l/min	$Q_{v1}$ $m^3/s$	$Q_{v2}$ $m^3/s$	$Q_{v3}$ $m^3/s$	$Q_{m1}$ Kg/s	$Q_{m2}$ Kg/s	$Q_{m3}$ Kg/s

4. Describir el efecto en el flujo de masa de la entrada y la salida cuando el flujo de recirculación se varía. ¿Este experimento está de acuerdo con el resultado teórico para el balance de masa en estado estacionario?

### 6.1.1 Análisis de resultados y conclusiones

Paso 1. A continuación se muestra la Tabla 6-I que contiene los flujos registrados en el experimento a una determinada temperatura de entrada y las densidades que corresponden a estas temperaturas.

**Tabla 6-I: Temperaturas y flujos del equipo TH4**

Temperatura	Temperatura	Densidad	F1	F2	F3
-------------	-------------	----------	----	----	----

(°C)	(K)	(kg/m <sup>3</sup> )	(L/min)	(L/min)	(L/min)
22.9	296.05	997.54	1.07	0.001	1.12
22.4	295.55	997.773	1.08	1.03	1.11
23.3	296.45	997.536	1.07	1.45	1.11
23.9	297.05	997.299	1.06	2.03	1.12
25	298.15	997.0479	1.05	2.49	1.11
25.6	298.75	996.9173	1.06	2.68	1.1
27.8	300.95	996.2365	2.01	0.99	1.98
27.9	301.05	996.2365	2.01	1.68	1.97
28	301.15	996.237	2.01	2.09	1.97
28.1	301.25	996.092	2.01	2.49	1.97
28.3	301.45	996.21	2.01	2.68	1.97
28.9	302.05	996.502	3	1.09	3
28.9	302.05	995.6502	3	1.48	3
28.9	302.05	995.6502	3	2.03	2.98
29	302.15	995.9478	3	2.47	2.97
29.1	302.25	999.9478	3	2.69	2.98

Paso 2. En la Tabla 6-II se muestran los flujos volumétricos y flujos másicos de entrada, recirculación y salida del Equipo TH4.

**Tabla 6-II: Flujos volumétricos y flujos másicos del equipo TH4**

Qv1(m <sup>3</sup> /s )	Qv2(m <sup>3</sup> /s )	Qv3(m <sup>3</sup> /s )	Qm1(kg/s )	Qm2(kg/s )	Qm3(kg/s )

1.7833E-05	1.66667E-08	1.8667E-05	0.01778946	1.66257E-05	0.01862075
0.000018	1.71667E-05	0.0000185	0.01795991	0.017128437	0.0184588
1.7833E-05	2.41667E-05	0.0000185	0.01778939	0.02410712	0.01845442
1.7667E-05	3.38333E-05	1.8667E-05	0.01761895	0.03374195	0.01861625
0.0000175	0.0000415	0.0000185	0.01744834	0.041377488	0.01844539
1.7667E-05	4.46667E-05	1.8333E-05	0.01761221	0.044528973	0.01827682
0.0000335	0.0000165	0.000033	0.03337392	0.016437902	0.0328758
0.0000335	0.000028	3.2833E-05	0.03337392	0.027894622	0.03270977
0.0000335	3.48333E-05	3.2833E-05	33.3739395	34.7022555	32.7097815
0.0000335	0.0000415	3.2833E-05	0.03336908	0.041337818	0.03270502
0.0000335	4.46667E-05	3.2833E-05	0.03337304	0.04449738	0.0327089
0.00005	1.81667E-05	0.00005	0.0498251	0.01810312	0.0498251
0.00005	2.46667E-05	0.00005	0.04978251	0.024559372	0.04978251
0.00005	3.38333E-05	4.9667E-05	0.04978251	0.033686165	0.04945063
0.00005	4.11667E-05	0.0000495	0.04979739	0.040999851	0.04929942
0.00005	4.48333E-05	4.9667E-05	0.04999739	0.044830993	0.04966407

## 6.2 Modelación y monitoreo del mezclado de soluciones: caso I

### Objetivo

1. Modelar y monitorear el proceso de mezclado de dos soluciones de la misma sustancia pero de diferentes concentraciones como una función del tiempo.
2. Comparar los valores de concentración de la mezcla determinados experimentalmente con los valores reportados por el modelo a desarrollar en la presente práctica.

## **Introducción**

El proceso de mezclado de dos soluciones de concentraciones diferentes es modelado matemáticamente por una ecuación diferencial de primer orden. La ecuación diferencial puede ser planteada con el objetivo de conocer la cantidad total del soluto en un tanque de mezclado o su concentración. Para el caso de modelación de la cantidad total del soluto en el tanque de agitación se pueden encontrar los siguientes casos.

1. El tanque de agitación está al 100% de su volumen y tiene una concentración inicial cero del soluto en cuestión. Se le agrega una corriente de solución de concentración conocida y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
2. El tanque de agitación tiene cierta cantidad de agua y soluto (Concentración $>0$ ), se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
3. Mezclado de dos tanques en serie; en el cual el tanque 1 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_1$  y el tanque 2 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_2$ . Al inicio del experimento al tanque 1 se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación. El tanque 2 recibe la salida del tanque 1 como alimentación y el flujo de salida de la mezcla es a una rapidez igual a la rapidez de alimentación [17,18].

## **Procedimiento**

1. Llenar el tanque de mezclado a su máximo volumen con agua demonizada (735 ml).
2. Encender el agitador al 100% de su capacidad.

3. Agregar una corriente de alimentación de 80 ml/min de concentración 0.05M NaOH.
4. Leer los valores de conductividad del tanque de mezclado de forma periodica y anotar el tiempo.
5. Tomando como referencia que a 25°C la conductividad de una solución 0.05M NaOH es 10.2 mS (mili Siemens) obtenga las concentraciones respectivas a cada tiempo.

### **Materiales y sustancias**

Reactor tipo tanque agitado en serie

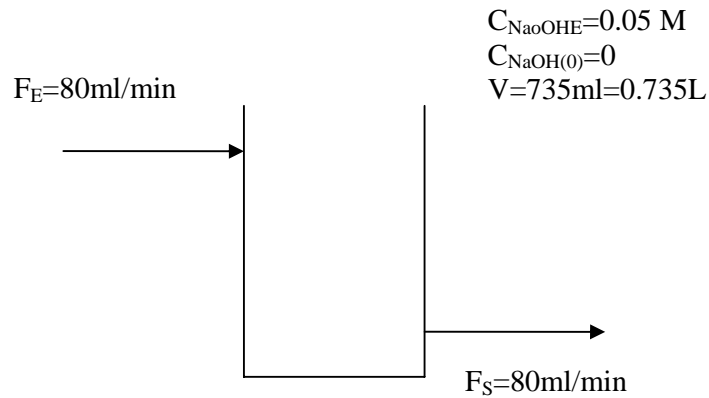
4 litros de NaOH 0.05 M

### **Resultados, cálculos y análisis**

1. Por medio de un balance de masa obtenga la ecuación que describe el proceso de mezclado en términos de la cantidad en moles de NaOH en el recipiente de mezclado.
2. Como habrá descubierto el punto (1) es una ecuación diferencial, ¿cual es su valor inicial?
3. Resolver la ecuación obtenida en (1) con el valor inicial obtenido (2)  
Compare los valores teóricos de la cantidad de NaOH dentro del recipiente de mezclado obtenidos en (3) con los valores experimentales.
4. La ecuación obtenida en (3), ¿Cómo describe el resultado teórico, la solución de la ecuación, lo que se midió experimentalmente (los resultados experimentales)?
5. ¿Cuándo se logra la concentración máxima de NaOH en el Tanque?
6. Grafique los resultados experimentales y teóricos como una función de tiempo. El eje de las "X" será el tiempo en minutos, y las "Y" la masa de NaOH dentro del recipiente en gramos



## 6.2.1 Análisis de resultados y conclusiones



Paso 1. A continuación se presenta el balance que describe el proceso de mezclado en términos de la cantidad de moles de NaOH obteniendo la ecuación.

Acumulación = Entrada - Salida

$$F_E = F_S = 80 \text{ ml/min} = 0.08 \text{ L/min}$$

$$\text{Acumulación} = \frac{dn_{\text{NaOH}}}{d\theta}$$

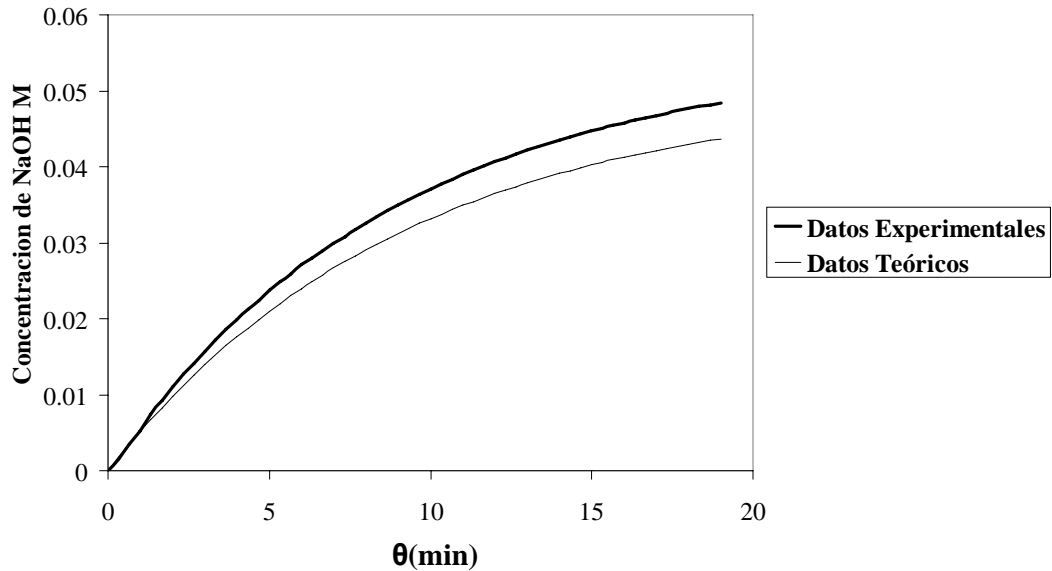
$$\frac{dn_{\text{NaOH}}}{d\theta} = \left(0.08 \frac{\text{L}}{\text{min}}\right) \left(0.05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) - \left(0.08 \frac{\text{L}}{\text{min}}\right) \left(\frac{n_{\text{NaOH}}}{0.735 \text{ L}}\right)$$

Paso 2. Para obtener este valor sólo se multiplica la concentración inicial de NaOH en el reactor por el volumen del mismo y se obtiene que:

$$n_{\text{NaOH}(0)} = 0$$

Paso 3. Al resolver la ecuación obtenida en el Paso 1 usando el valor inicial y dividiendo entre el volumen se obtiene:

$$C_{\text{NaOH}} = 0.05 (1 - e^{-0.108844\theta})$$



**Figura 6-2:  $C_{\text{NaOH}}$  en función del tiempo cuando  $C_{\text{NaOH}(0)}=0$**

Los datos experimentales mostrados en la figura fueron obtenidos durante la realización de la práctica y graficados junto a los datos obtenidos al evaluar la ecuación mostrada en Paso 3 de 0 a 18 min.

### 6.3 Modelación y monitoreo del mezclado de soluciones: caso II

#### Objetivo

1. Modelar y monitorear el proceso de mezclado de dos soluciones de la misma sustancia pero de diferentes concentraciones como una función del tiempo.
2. Comparar los valores de concentración de la mezcla determinados experimentalmente con los valores reportados por el modelo a desarrollar en la presente práctica.

#### Introducción

El proceso de mezclado de dos soluciones de concentraciones diferentes es modelado matemáticamente por una ecuación diferencial de primer orden. La

ecuación diferencial puede ser planteada con el objetivo de conocer la cantidad total del soluto en un tanque de mezclado ó su concentración. Para el caso de modelación de la cantidad total del soluto en el tanque de agitación se pueden encontrar los siguientes casos.

1. El tanque de agitación esta al 100% de su volumen y tiene una concentración inicial cero del soluto en cuestión. Se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
2. El tanque de agitación tiene cierta cantidad de agua y soluto (concentración $>0$ ), se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
3. Mezclado de dos tanques en serie; en el cual el tanque 1 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_1$  y el tanque 2 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_2$ . Al inicio del experimento al tanque 1 se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación. El tanque 2 recibe la salida del tanque 1 como alimentación; y el flujo de salida de la mezcla es a una rapidez igual a la rapidez de alimentación [17,18].

### **Procedimiento**

1. Llenar el tanque de mezclado a su máximo volumen con una solución de concentración 0.01M de NaOH (735 ml).
2. Encender el agitador al 100% de su capacidad.
3. Agregar una corriente de alimentación de 80 ml/min de concentración 0.05M NaOH.
4. Leer los valores de conductividad del tanque de mezclado de forma periodica y anotar el tiempo.
5. Tomando como referencia que a 25°C la conductividad de una solución 0.05M NaOH es 10.2 mS (mili Siemens) obtenga las concentraciones respectivas a cada tiempo.

### **Materiales y sustancias**

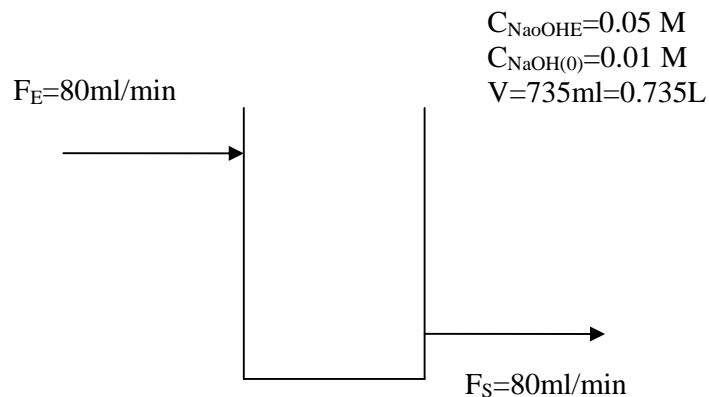
Reactor tipo tanque agitado en series

4 litros de NaOH 0.05 M

### Resultados, cálculos y análisis

1. Por medio de un balance de masa obtenga la ecuación que describe el proceso de mezclado en términos de la cantidad en moles de NaOH en el recipiente de mezclado.
2. Como habrá descubierto el punto (1) es una ecuación diferencial, ¿cual es su valor inicial?
3. Resolver la ecuación obtenida en (1) con el valor inicial obtenido (2)  
Compare los valores teóricos de la cantidad de NaOH dentro del recipiente de mezclado obtenidos en (3) con los valores experimentales.
4. La ecuación obtenida en (3), ¿Cómo describe el resultado teórico, la solución de la ecuación, lo que se midió experimentalmente (los resultados experimentales)?
5. ¿Cuándo se logra la concentración máxima de NaOH en el Tanque
6. Grafique los resultados experimentales y teóricos como una función de tiempo. El eje de las "X" será el tiempo en minutos, y las "Y" la masa de NaOH dentro del recipiente en gramos

#### 6.3.1 Análisis de resultados y conclusiones



Paso 1. A continuación se presenta el balance que describe el proceso de mezclado en términos de la cantidad de moles de NaOH obteniendo la ecuación.

Acumulación=Entrada-Salida

$F_E = F_S = 80 \text{ ml/min} = 0.08 \text{ L/min}$

Acumulación =  $\frac{dn_{NaOH}}{d\theta}$

$$\frac{dn_{NaOH}}{d\theta} = \left(0.08 \frac{L}{\text{min}}\right) \left(0.05 \frac{\text{mol}}{L}\right) - \left(0.08 \frac{L}{\text{min}}\right) \left(\frac{n_{NaOH}}{0.735 L}\right)$$

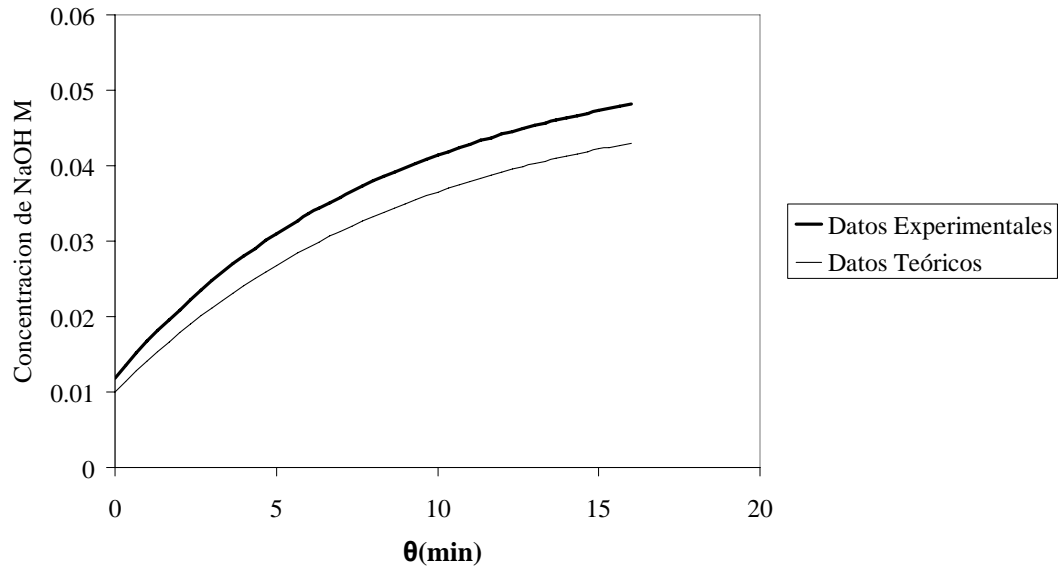
Paso 2. Para obtener este valor sólo se multiplica la concentración inicial de NaOH en el reactor por el volumen del mismo y se obtiene que:

$$n_{NaOH(0)} = 0.00735 \text{ mol}$$

Paso 3. Al resolver la ecuación obtenida en el Paso 1 usando el valor inicial se obtiene la expresión del número de moles como función del tiempo. Al dividir esta expresión se obtiene la concentración en el tanque como función del tiempo.

$$n_{NaOH} = 0.735 [0.05 - 0.04e^{-0.108844\theta}]$$

$$C_{NaOH} = 0.05 - 0.04e^{-0.108844\theta}$$



**Figura 6-3:  $C_{\text{NaOH}}$  en función del tiempo cuando  $C_{\text{NaOH}(0)}=0.01 \text{ M}$**

Los datos experimentales mostrados en la figura fueron obtenidos durante la realización de la práctica y graficados junto a los datos obtenidos al evaluar la ecuación mostrada en Paso 3 de 0 a 16 min.

#### **6.4 Modelación y monitoreo del mezclado de soluciones: caso III**

##### **Objetivo**

1. Modelar y monitorear el proceso de mezclado de dos soluciones de la misma sustancia pero de diferentes concentraciones como una función del tiempo.
2. Comparar los valores de concentración de la mezcla determinados experimentalmente con los valores reportados por el modelo a desarrollar en la presente práctica.

##### **Introducción**

El proceso de mezclado de dos soluciones de concentraciones diferentes es modelado matemáticamente por una ecuación diferencial de primer orden. La ecuación diferencial puede ser planteada con el objetivo de conocer la cantidad total del soluto en un tanque de mezclado ó su concentración. Para

el caso de modelación de la cantidad total del soluto en el tanque de agitación se pueden encontrar los siguientes casos.

1. El tanque de agitación esta al 100% de su volumen y tiene una concentración inicial cero del soluto en cuestión. Se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
2. El tanque de agitación tiene cierta cantidad de agua y soluto (concentración $>0$ ), se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación.
3. Mezclado de dos tanques en serie; en el cual el tanque 1 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_1$  y el tanque 2 tiene una concentración inicial de soluto de valor  $C_2$ . Al inicio del experimento al tanque 1 se le agrega una corriente de solución de concentración conocida, y se extrae la mezcla a una rapidez igual a la rapidez de alimentación. El tanque 2 recibe la salida del tanque 1 como alimentación; y el flujo de salida de la mezcla es a una rapidez igual a la rapidez de alimentación [17,18].

### **Procedimiento**

1. Llenar el tanque de mezclado 1 a su máximo volumen con una solución de concentración 0.02M de NaOH (735 ml) y el tanque de mezclado 2 a su máxima capacidad con una solución de concentración 0.01M de NaOH.
2. Encender el agitador al 100% de su capacidad.
3. Agregar una corriente de alimentación de 80 ml/min de concentración 0.05M NaOH al Tanque 1,2.
4. Leer los valores de conductividad del tanque de mezclado de forma periódica y anotar el tiempo.
5. Tomando como referencia que a 25°C la conductividad de una solución 0.05M NaOH es 10.2 mS (mili Siemens) obtenga las concentraciones respectivas a cada tiempo.

### **Materiales y sustancias**

Reactor tipo tanque agitado en series

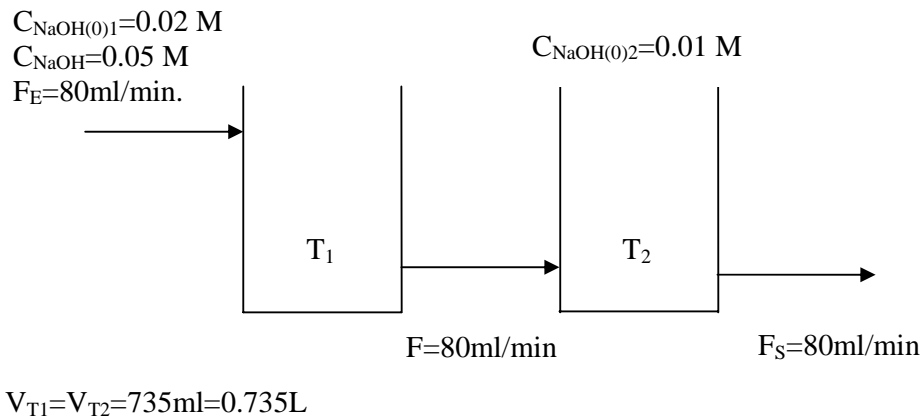
4 litros de NaOH 0.05 M

### **Resultados, cálculos y análisis**

1. Por medio de un balance de masa obtenga la ecuación que describe el proceso de mezclado en términos de la cantidad en moles de NaOH en el recipiente de mezclado.
2. Como habrá descubierto el punto (1) es una ecuación diferencial, ¿cual es su valor inicial?
3. Resolver la ecuación obtenida en (1) con el valor inicial obtenido (2)  
Compare los valores teóricos de la cantidad de NaOH dentro del recipiente de mezclado obtenidos en (3) con los valores experimentales.
4. La ecuación obtenida en (3), ¿Cómo describe el resultado teórico, la solución de la ecuación, lo que se midió experimentalmente (los resultados experimentales)?
5. ¿Cuándo se logra la concentración máxima de NaOH en el Tanque
6. Grafique los resultados experimentales y teóricos como una función de tiempo. El eje de las "X" será el tiempo en minutos, y las "Y" la masa de NaOH dentro del recipiente en gramos.

#### **6.4.1 Análisis de resultados y conclusiones**





Paso 1. A continuación se presenta el balance que describe el proceso de mezclado de tanques en serie en términos de la cantidad de moles de NaOH para el Tanque 1 ( $T_1$ ).

Acumulación=Entrada-Salida

$$F_E=F=80\text{ml/min}=0.08\text{L/min}$$

$$\text{Acumulación}=\frac{dn_{\text{NaOH}}}{d\theta}$$

$$\frac{dn_{\text{NaOH}}}{d\theta}=\left(0.08\frac{\text{L}}{\text{min}}\right)\left(0.05\frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)-\left(0.08\frac{\text{L}}{\text{min}}\right)\left(\frac{n_{\text{NaOH}}}{0.735\text{L}}\right)$$

Paso2. Para obtener este valor sólo se multiplica la concentración inicial de NaOH en  $T_1$  por el volumen del mismo y se obtiene que:

$$n_{\text{NaOH}(0)}=0.0147\text{mol}$$

Paso3. Al resolver la ecuación obtenida en el Paso 1 usando el valor inicial y dividiendo entre el volumen se obtiene que:

$$n_{\text{NaOH}}(T_1)=0.735[0.05-0.03e^{-0.108844\theta}]$$

$$C_{\text{NaOH}}(T_1)=0.05-0.03e^{-0.108844\theta}$$

Paso 4. A continuación se presenta el balance que describe el proceso de mezclado de tanques en serie en términos de la cantidad de moles de NaOH para el Tanque 2 ( $T_2$ ).

Acumulación=Entrada-Salida

$F = F_S = 80 \text{ ml/min} = 0.08 \text{ L/min}$

Acumulación =  $\frac{dn_{NaOH}}{d\theta}$

$$\frac{dn_{NaOH}}{d\theta} = \left(0.08 \frac{L}{\text{min}}\right) \left( (0.05 - 0.03e^{-0.108844\theta}) \frac{\text{mol}}{L} \right) - \left(0.08 \frac{L}{\text{min}}\right) \left( \frac{n_{NaOH}}{0.735L} \right)$$

Paso 5. Para obtener este valor sólo se multiplica la concentración inicial de NaOH en  $T_2$  por el volumen del mismo y se obtiene que:

$$n_{NaOH(0)} = 0.00735 \text{ mol}$$

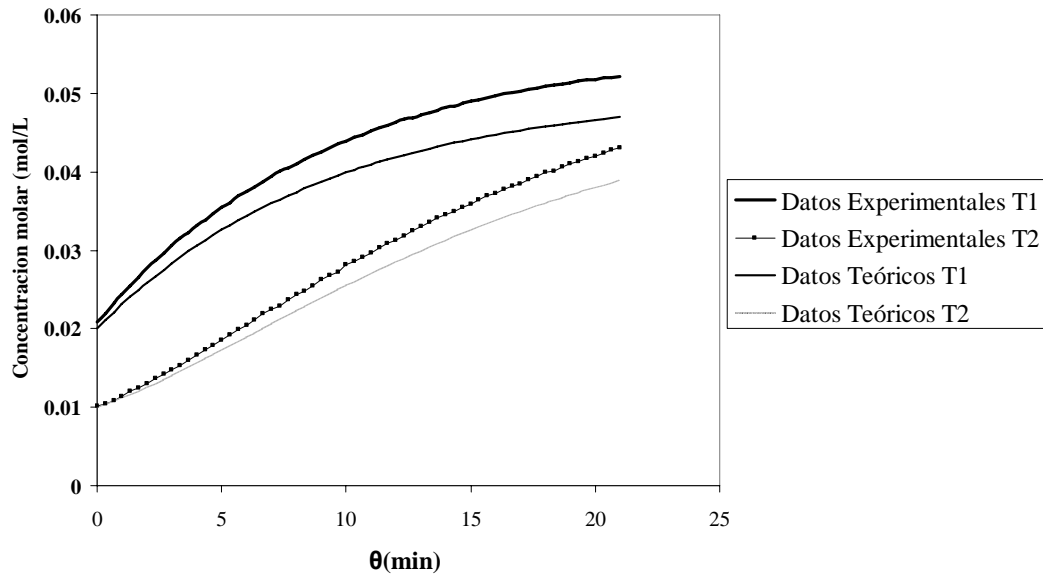
Paso 6. Al resolver la ecuación obtenida en el Paso 4 y el valor obtenido en el Paso 5 se obtiene que:

$$n_{NaOH}(T_2) = 0.735 [0.05 - 1.36054e^{-0.108844\theta} (0.0024\theta + 0.0294)]$$

Dividiendo entre 0.735L se obtiene:

$$C_{NaOH}(T_2) = 0.05 - 1.36054e^{-0.108844\theta} (0.0024\theta + 0.0294)$$

Que muestra la concentración de NaOH en el tanque 2.



**Figura 6-4: Perfiles experimentales y teóricos de NaOH para T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>**

Los datos experimentales mostrados en la figura fueron obtenidos durante la realización de la práctica y graficados junto a los datos obtenidos al evaluar la ecuación mostrada en Paso 3 de 0 a 20 min.

## 6.5 Balance de materia con reacción en estado estacionario

### Objetivo

Estudiar el balance de materia con reacción en estado estacionario para el proceso de saponificación de acetato de etilo con NaOH a 30°C.

### Introducción

El balance de materia en esta práctica se estudiará en estado estacionario, cuando no hay cambios con respecto al tiempo. El equipo para realizar esta práctica es un reactor tubular con control de temperatura y de flujo. Usando concentraciones equimolares de Acetato de Etilo e NaOH, después de cierto tiempo se llegará al estado estacionario. En este estado las concentraciones de salida de NaOH y Acetato de Etilo permanecerán constantes; permaneciendo también constantes las concentraciones de los productos (Acetato de Sodio y Etanol) [17,18].

### **Procedimiento**

1. Estabilizar la temperatura del reactor tubular al valor deseado de experimentación (30°C).
2. Modular el flujo de las soluciones de NaOH y acetato de etilo a 80 ml/min respectivamente.
3. Guiar los flujos de acetato de etilo e NaOH al reactor tubular.
4. Anotar los valores de concentración de NaOH periódicamente hasta alcanzar el estado estacionario.

### **Materiales y sustancias**

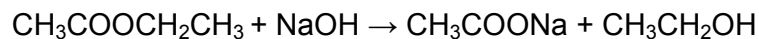
- Reactor tubular con control de temperatura y flujo
- 4 litros de NaOH 0.1M
- 4 litros de Acetato de Etilo 0.1M

### **Resultados, cálculos y análisis**

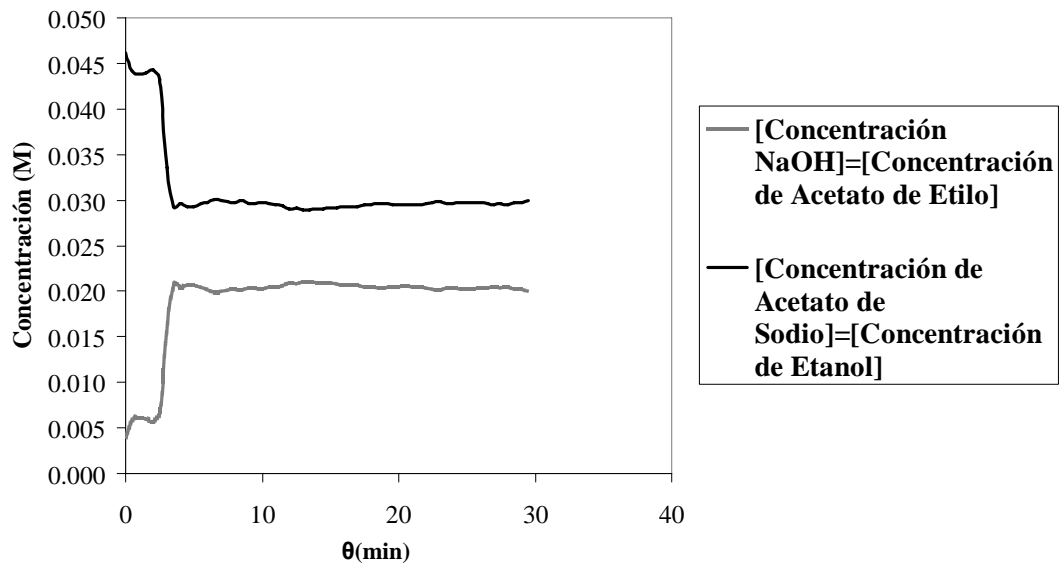
1. Escribir la ecuación balanceada del proceso de saponificación de Acetato de Etilo con NaOH.
2. Graficar las concentraciones como función del tiempo de los reactivos y de los productos de esta reacción.
3. Utilizando el flujo total de alimentación y las concentraciones de entrada y salida, estime la masa que entra y sale del reactor (considere sólo los reactivos y productos).

#### **6.5.1 Análisis de resultados y conclusiones**

Paso 1. La ecuación balanceada para este proceso se plantea a continuación.



Paso 2. La Figura 6-5 nos muestra la concentración para el Hidróxido de Sodio [NaOH] y Acetato de Etilo [CH<sub>3</sub>COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>] y para el Acetato de Sodio [CH<sub>3</sub>COONa] y Etanol [CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH] respectivamente con respecto al tiempo.



**Figura 6-5: Concentración en función del tiempo**

Paso 3. Para calcular la masa de entrada y salida del reactor es necesario conocer el flujo total de alimentación y las concentraciones de entrada (se sabe que son equimolares) y de salida (tomadas en el estado estacionario).

$$[\text{NaOH}]_E = [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3]_E = 0.05\text{M}$$

$$[\text{NaOH}]_S = 0.02\text{M} = [\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3]_S$$

$$[\text{CH}_3\text{COONa}]_S = 0.03\text{M} = [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]_S$$

$$F_E = (80\text{ml/min})_{\text{NaOH}} + (80\text{ml/min})_{\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3} = 160\text{ml/min}$$

$$F_E = 160\text{ml/min} = 0.160\text{L/min} = F_S$$

$$\left[ \left( 0.05 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 88 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_E = 0.704 \frac{\text{g}_{\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3}}{\text{min}}$$

$$\left[ \left( 0.05 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_E = 0.32 \frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{min}}$$

$$M_{iE} = 0.704 + 0.32 = 1.024 \text{ g/min}$$

$$\left[ \left( 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 88 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_s = 0.2816 \frac{\text{g}_{\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3}}{\text{min}}$$

$$\left[ \left( 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_s = 0.128 \frac{\text{g}_{\text{NaOH}}}{\text{min}}$$

$$\left[ \left( 0.03 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 82 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_s = 0.3936 \frac{\text{g}_{\text{CH}_3\text{COONa}}}{\text{min}}$$

$$\left[ \left( 0.03 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \left( 0.160 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left( 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \right]_s = 0.2208 \frac{\text{g}_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}}}{\text{min}}$$

$$M_{iS} = 0.2816 + 0.128 + 0.3936 + 0.2208 = 1.024 \text{ g/min}$$

Por lo tanto, la masa que entra es 1.024g/min, la masa que sale 1.024g/min.