

GUÍA DE EJERCICIOS PROPUESTOS

TEMA 1: MAGNITUDES, UNIDADES Y DIMENSIONES

1. Estás tratando de decidir cual de los dos automóviles comprar. El primero cuesta \$ 9500 y tiene un consumo de gasolina de 28 millas/galón. El segundo automóvil, es de fabricación europea, cuesta \$ 12700 y tiene un consumo de gasolina de 19 km/litro. Si el costo de la gasolina es de \$ 1.1/galón y si los automóviles tienen realmente este consumo de gasolina, ¿cuántas millas tendrías que recorrer para recuperar la diferencia de precio entre los dos automóviles? (Si es posible, utiliza una sola ecuación dimensional para hacer los cálculos).
2. Un transporte supersónico (TSS) consume 5320 galones imperiales de queroseno por hora de vuelo y vuela un promedio de 14 h/día. Para producir 1 tonelada de queroseno se gastan aproximadamente 7 toneladas de petróleo crudo. El queroseno tiene una densidad de 0.965 g/cm³. ¿Cuántos TSS consumirían la producción completa mundial de queroseno en un año si la producción de crudo es de 4.02 x 10⁹ toneladas métricas?. (Una tonelada métrica = 1000 Kg.)
3. Un fern se define como la unidad de fuerza requerida para acelerar una masa unitaria, llamada bung, con la aceleración gravitacional sobre la superficie de la luna (en m/s²), que es un sexto de la aceleración gravitacional sobre la tierra.
 - a) ¿Qué es g_c en este sistema? (Proporciona un valor numérico y sus unidades).
 - b) ¿Cuál es el peso en ferns de un objeto de tres bungs en la luna? ¿Cuál es el peso del mismo objeto en Pittsburgh?
4. El **número de Prandtl** es un grupo adimensional importante en los cálculos de transferencia de calor. Se define como $C_p \mu / k$, donde C_p es la capacidad calorífica del fluido, μ es su viscosidad y k es su conductividad térmica. Para un fluido en particular, $C_p = 0.583 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$, $k = 0.286 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ y $\mu = 1936 \text{ lb}_m/\text{ft} \cdot \text{h}$. Calcula el número de Prandtl. (Recuerda que es adimensional)
5. Después de realizar un amplio estudio experimental y un análisis de los datos obtenido, se propuso la siguiente ecuación empírica para la caída de presión a través de un tipo particular de columna de empacado.

$$\Delta P = 3.61 \frac{\mu^{0.15} N \rho^{0.85} v^{1.85}}{D^{1.15}}$$

donde ΔP = caída de presión, N/ m²

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 1

μ = viscosidad del fluido, Kg/ m.s

N = profundidad de empacado, m

ρ = densidad del fluido, kg/m³

v = velocidad del fluido, m/s

D = diámetro del empacado, m

- a) ¿Cuáles son las unidades de 3.61?
- b) Supongamos que se proporcionan los datos para μ , N, ρ , v y D en unidades del Sistema Americano de Ingeniería (masa en lb_m y longitud en ft), y prefieres utilizarlas en vez de convertirlas al sistema SI para sustituirlas en la fórmula. Modifica la fórmula, de manera que la caída de presión se siga calculando en N/m² conservando los otros términos en unidades del Sistema Americano de Ingeniería.
6. Una semilla de cristales de diámetro D (mm) se coloca en una solución de una sal disuelta, y se observa que nuclean (se forman) cristales nuevos a una velocidad constante r (cristales/min.). Los experimentos que se efectuaron con semillas de cristales de diferente tamaño muestran que la velocidad de nucleación varía con el diámetro de la semilla de cristal como

$$r \text{ (cristales/min.)} = 200D - 10D^2 \text{ (D en mm).}$$

- a) ¿Cuáles son las unidades de las constantes 200 y 10? (Suponer que esta es una ecuación válida y por lo tanto, dimensionalmente homogénea).
- b) Encontrar una fórmula para r (cristales/s) en términos de D (pulgadas).
7. La densidad de un fluido está dada por la ecuación empírica

$$\rho = 1.13 \exp(1.2 \times 10^{-10} P)$$

donde ρ = densidad (g/cm³) y P = presión (N/m²).

- a) ¿Cuáles son las unidades de 1.13 y 1.2×10^{-10} ?
- b) Encuentre la fórmula para ρ (lb_m/ft³) como función de P (lb_f/in²).
8. Se observa que el volumen de un cultivo microbiano aumenta de acuerdo con la ecuación

$$V(\text{cm}^3) = e^t$$

Donde t es el tiempo en segundos.

- a) Calcule la expresión para V(in³) en términos de t(h).
- b) En clase se mostró que la función exponencial y su argumento deben ser adimensionales. La ecuación dada parece violar ambas reglas, sin embargo, la

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 1

ecuación es válida. Explica esta paradoja. (Sugerencia: analiza el resultado de la parte a.)

TEMA 2: VARIABLES DE PROCESO.

1. El peso específico del nitrobenceno es de 1.20
 - a) Calcula la masa en kg. de 250 litros de nitrobenceno
 - b) Calcula la velocidad de flujo volumétrico en ml/min que corresponde a una velocidad de flujo másico de 30 lb_m/h.
 - c) Calcula la densidad de una mezcla formada por 20.0 litros de nitrobenceno y 3.00 ft³ de benceno (peso específico = 0.879), suponiendo que el volumen de la mezcla es la suma de los volúmenes de los componentes que la constituyen.

2. A 10° C, el ácido nítrico puro tiene un peso específico de 1.531, y una disolución acuosa que contenga 40.0% en peso de HNO₃ tiene un peso específico de 1.256. Necesitas una cantidad de la disolución al 40%, que contiene exactamente 31.5 g de HNO₃.
 - a) Calcula el volumen requerido (en litros) de la disolución al 40% usando el peso específico que se te proporcionó.
 - b) Supongamos que no tienes los datos de peso específico para el ácido nítrico acuoso. Calcula el volumen requerido a partir de los pesos específicos de los componentes puros, suponiendo que el volumen es aditivo. ¿Qué porcentaje de error se comente con esta suposición?

3. Un bloque rectangular de carbono sólido (Carbono grafito), flota en la interfase de dos líquidos inmiscibles. El líquido inferior es un aceite lubricante relativamente pesado, y el líquido superior es agua. 54.3% del volumen total del bloque está sumergido en el aceite y el resto en el agua. ¿Cuál es el peso específico del aceite? (Sugerencia: recuerda el principio de Arquímedes y realiza un balance de fuerzas para el bloque).

4. La alimentación de un reactor para síntesis de amoníaco contiene 25% en mol de nitrógeno y el resto en hidrógeno. La velocidad de flujo de corriente es de 3000 kg/h. Calcula la velocidad de flujo de nitrógeno que entra al reactor en kg/h. (Sugerencia: primero calcula la masa molar promedio de la mezcla).

5. Una suspensión de partículas de carbonato de calcio en agua, fluye a través de un tubo. Tu trabajo es determinar tanto la velocidad de flujo como la composición en peso de este lodo. Procedes a recolectar el flujo en una probeta graduada cada 1.00 min.; después pesas la probeta, evaporas el agua recolectada y vuelves a pesar la probeta. Se obtienen los siguientes resultados:

Masa de la probeta vacía: 65.0 g.

Masa de la probeta + lodo colectado: 565g.

Volumen colectado: 455ml.

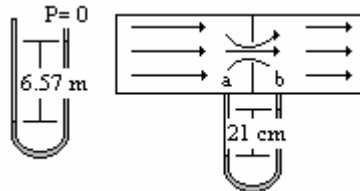
Masa de la probeta después de la evaporación: 215g.

Calcula:

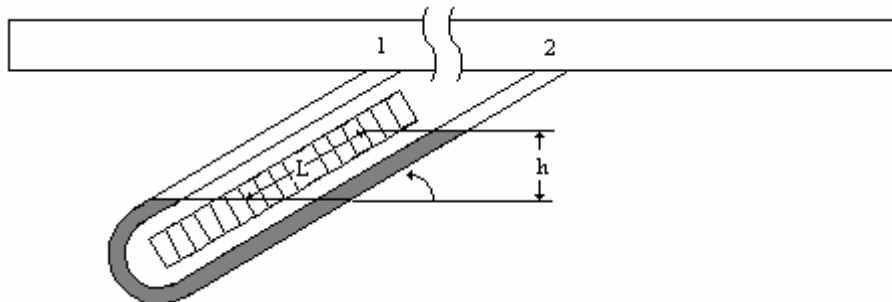
- a) La velocidad de flujo volumétrico y la velocidad de flujo másico de la suspensión
 - b) La densidad de la suspensión
 - c) La fracción másica de CaCO_3 en la suspensión.
6. Una mezcla de gases contiene cantidades equimolares de etileno, etano y propano. Calcula las fracciones en masa de los componentes en la mezcla y la masa molar promedio.
7. Una disolución 0.01 molar de benzoína ($M = 212$) en metacrilato de metilo ($\rho = 950 \text{ kg/m}^3$) fluye a través de un tubo a una velocidad de flujo másico de 100 Kg/min.
- a) Calcula la velocidad de flujo volumétrico de la disolución y la velocidad de flujo másico de la benzoína. Suponer que $\rho_{\text{sol}} = \rho_{\text{MM}}$.
 - b) ¿Cuánto tiempo tomaría llenar un tanque de 2 m de diámetro interno por 4 m de altura a esta velocidad de flujo?
8. Efectúa las siguientes conversiones de presión, suponiendo, cuando sea necesario que la presión atmosférica es de una atm. A menos que se diga lo contrario, las presiones que se proporcionan son absolutas:
- a) 1250 mm de Hg en psi.
 - b) 25.0 ft de H_2O en kPa.
 - c) 3.00 atm en N/cm^2
 - d) 100.0 cm de Hg en dinas/ m^2
 - e) 30.0 cm de Hg vacío en atm
 - f) 10.0 psig en mm de Hg (manométrica)
 - g) 10.0 psig en mm de Hg (absoluta)
 - h) 650 mm de Hg en mm de Hg (manométrica)
 - i) 10 in de Hg de vacío en in de Hg (manométrica)
 - j) 20.0 psi en cm de tetracloruro de carbono (CCl_4).
9. Un tanque de acetona se llena a una profundidad de 5.0 m, un día en que la presión atmosférica es de 752 mm de Hg.
- a) Calcula la presión manométrica en el fondo del tanque en metros de acetona
 - b) Calcula la presión absoluta en el fondo del tanque en kilopascales.
10. Un fluido de densidad desconocida se utiliza en dos manómetros, uno cerrado y el otro a través de un orificio en una tubería de agua. Las lecturas

que se muestran se obtuvieron un día en que la presión barométrica era de 763 mm Hg.

¿Cuál es la caída de presión (en mm de Hg) del punto “a” al punto “b”?



11. Un manómetro inclinado es un aparato útil para medir diferencias de presiones pequeñas
- Encuentre una fórmula para h en términos de L y un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal (que lo puede llamar θ).
 - Supongamos que el fluido de manómetro es mercurio, el fluido del proceso es un gas, la inclinación del manómetro es $\theta = 15^\circ$, se obtiene una lectura $L = 8.7$ cm. ¿Cuál es la diferencia de presión entre los puntos 1 y 2?



12. Convierte las siguientes temperaturas (partes a y b) y los siguientes intervalos de temperatura (partes c y d)
- $T = 20^\circ \text{C}$ en $^\circ\text{F}$, K , $^\circ\text{R}$
 - $T = -15^\circ \text{F}$ en $^\circ\text{C}$, $^\circ\text{R}$, K
 - $T = 20^\circ \text{C}$ en $^\circ\text{F}$, K , $^\circ\text{R}$
 - $T = 100^\circ \text{R}$ en $^\circ\text{F}$, $^\circ\text{C}$, K
13. El volumen de una barra de hierro varía con la temperatura de acuerdo con la ecuación:

$$V(\text{cm}^3) = 100 + 3.55 \times 10^{-3}T(^\circ\text{C})$$

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 1

- a) ¿Cuáles son las unidades de las constantes 100 y 3.55×10^{-3} ?
- b) Calcula el volumen de la barra en pulgadas cúbicas a una temperatura de $T = 212^\circ\text{F}$
- c) Encuentra una ecuación para $V(\text{in}^3)$ como una función de $T(^{\circ}\text{F})$. Utilízala para comprobar la pregunta de la parte b
14. El químico austriaco Johann Sebastián Farblunget formuló una escala de temperatura que nunca se popularizó. Los puntos de referencia en esta escala eran 0°FB (4°C), la temperatura por debajo de la cual la nariz de Farblunget comenzaba a gotear y molestarle, y 1000°FB (98°C), el punto de ebullición de la cerveza.
- a) Encuentra una ecuación para $T(^{\circ}\text{C})$ en términos de $T(^{\circ}\text{FB})$ (véase el ejemplo 3.5-1).
- b) Encuentra una ecuación para $T(^{\circ}\text{FB})$ en función de $T(^{\circ}\text{R})$.
- c) ¿Cuál es la equivalencia de un intervalo de temperatura de 10.0°FB en $^{\circ}\text{C}$, K , $^{\circ}\text{F}$ y $^{\circ}\text{R}$?
15. Un gas contiene 40% en peso de oxígeno y el resto de CO_2 . Un manómetro de Bourdon en un tanque de 400 ft^3 de este gas indica una lectura de 784 psi, un día en que la presión barométrica es de 760 mm de Hg, y la temperatura 37°C . El número de moles de gas en el tanque puede calcularse a partir de la ecuación de gas ideal:

$$n(\text{Kmol}) = PV / 0.08206T$$

donde P = presión absoluta en atmósferas, V = volumen en m^3 y T = temperatura en grados kelvin.

- a) Convierta la fórmula en una ecuación para $n(\text{lb-mol})$ en función de $P(\text{psig})$, $V(\text{ft}^3)$ y $T(^{\circ}\text{F})$.
- b) ¿Cuántas libras de oxígeno hay en el tanque?
15. Se combina una corriente de metano y una de aire (79% en mol de N_2 y resto de O_2) a la entrada de un precalentador de un horno de combustión. Los valores de las presiones de cada corriente se miden en con un manómetro abierto de mercurio, las temperaturas con termómetros de resistencia, y las velocidades de flujo volumétrico con medidores de orificio.

Datos:

Medidor de flujo 1: $V_1 = 947 \text{ m}^3/\text{h}$

Medidor de flujo 2: $V_2 = 195 \text{ m}^3/\text{h}$

Manómetro 1: $h_1 = 232 \text{ mm}$

Manómetro 2: $h_2 = 156 \text{ mm}$

Manómetro 3: $h_3 = 74 \text{ mm}$

Termómetro de resistencia 1: $r_1 = 26.159 \text{ ohm}$

Termómetro de resistencia 2: $r_2 = 26.157 \text{ ohm}$

Termómetro de resistencia 3: $r_3 = 44.789 \text{ ohm}$

Presión atmosférica: un manómetro de mercurio cerrado indica una lectura $h = 29.76 \text{ in.}$

Los termómetros de resistencia fueron calibrados midiendo sus resistencias en los puntos de congelación y ebullición del agua, con los siguientes resultados:

$$T = 0^\circ\text{C}: \quad r = 23.624 \text{ ohm}$$

$$T = 100^\circ\text{C}: \quad r = 33.028 \text{ ohm}$$

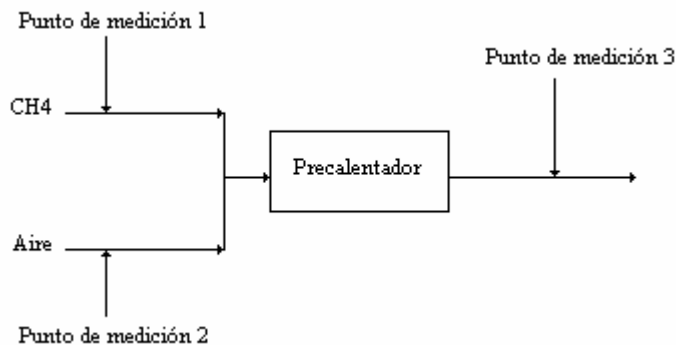
Debe suponer que la relación entre T y r es lineal.

La relación entre la velocidad de flujo molar total de un gas y su velocidad de flujo volumétrico está dada, como una buena aproximación, por medio de una forma de la ley de gas ideal.

$$Q \left(\frac{\text{Kmol}}{\text{s}} \right) = \frac{12.186 P(\text{atm}) V(\text{m}^3 / \text{s})}{T(\text{K})}$$

donde P es la presión absoluta del gas.

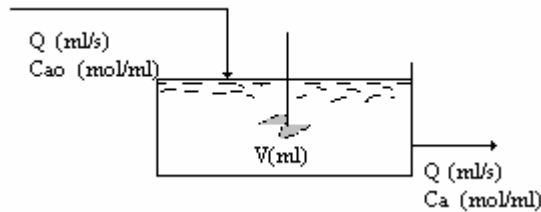
- Encuentra una fórmula de calibración del termómetro de resistencia para $T(^{\circ}\text{C})$ en función de $r(\text{ohm})$.
- Convierte la expresión de gas ideal en una expresión para $Q(\text{kmol}/\text{min})$ en función de $P(\text{mm de Hg})$, $T(^{\circ}\text{C})$ y $V(\text{m}^3/\text{min})$.
- Calcula las temperaturas y presiones en los puntos 1, 2 y 3.
- Calcula la velocidad de flujo molar de la corriente combinada de los gases
- Calcula la lectura del medidor de flujo 3 en m^3/min .
- Calcula la velocidad de flujo másico total y la fracción en masa del metano en el punto 3.



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 1

TEMA 3: FUNDAMENTOS DE LOS BALANCES DE MASA.

1.- Una reacción química en fase líquida $A \rightarrow B$ se lleva a cabo en un tanque con buena agitación. La concentración de A en la alimentación es C_{AO} (mol/cm³) y la del tanque y del flujo de salida es C_A (mol/cm³). Ninguna concentración varía con el tiempo. El volumen del contenido del tanque es V (cm³) y la velocidad del flujo volumétrico de los flujos de entrada y salida es Q (cm³/s).



La velocidad de reacción (la velocidad con la que A desaparece por la reacción en el tanque) está dada por la expresión

$$r(\text{mol/s}) = kVC_A$$

donde k es una constante

- a) ¿Este procedimiento es continuo, intermitente o semiintermitente? ¿Es transitorio o en régimen permanente?
- b) Escribe un balance diferencial de A para encontrar la siguiente relación entre las concentraciones de reactivo a la entrada y a la salida:

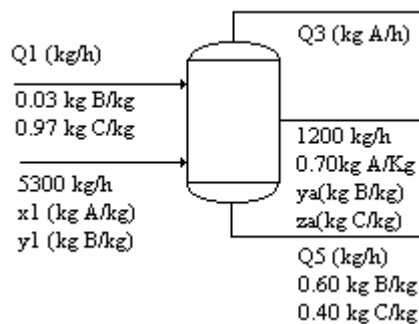
$$C_A = \frac{C_{AO}}{1 + kV/Q}$$

2.- Una mezcla de benceno y tolueno contiene 50% en masa de benceno. Una porción de la mezcla se vaporiza para dar un vapor que contiene 85% de benceno y un líquido residual que contiene 10.6% en masa de benceno.

- a) Supongamos que el proceso es continuo y en régimen permanente, y que la velocidad de alimentación de la mezcla es de 100.0 kg/h. Sean Q_v (kg/h) y que Q_l (kg/h) las velocidades de flujos de producto en el vapor y en el líquido. Dibuja y etiqueta un diagrama de flujo del proceso, después escribe y resuelve los balances diferenciales de masa total y de benceno, de manera que determines Q_v y Q_l .
- b) Ahora pongamos que el proceso se lleva a cabo en un recipiente que contiene inicialmente 100.0 kg de la mezcla líquida. Sean Q_v y Q_l los flujos finales de las fases gaseosa y líquida. Dibuja y etiqueta un diagrama de flujo, después

escribe y resuelve el balance integral de la masa total y el de benceno, y determina así Q_v y Q_l .

3.- Supongamos una columna de destilación que opera como se muestra en el siguiente diagrama de flujo de proceso:



- ¿Cuántos balances independientes se pueden escribir en el sistema?
- ¿Cuántas incógnitas de las velocidades de flujo y / o de las fracciones molares deben especificarse antes de calcular las demás? Explica brevemente tu respuesta
- Supongamos que se te proporcionan los valores de Q_1 y x_1 . Establece una serie de ecuaciones, cada una de una incógnita, para las variables restantes.

4.- Las fresas contienen alrededor de 15% de sólidos y 85% de agua. Para preparar la mermelada de fresa, se mezclan las fresas trituradas con azúcar en un relación de 45:55, y la mezcla se calienta para evaporar el agua, hasta que el residuo contiene una tercera parte de agua en masa. Dibuja y etiqueta el diagrama de flujo de este proceso y utilízalo para calcular cuantas libras de fresas se necesitan para producir una libra de mermelada.

5.- Se destilan cien kilogramos por hora de una mezcla que contiene partes iguales en masa de tolueno y benceno. La velocidad de flujo de producto en la cabeza de la columna es de 48.8 kg/h, y el residuo de la destilación contiene 7.11% en peso de benceno. Dibuja y etiqueta un diagrama de flujo de proceso. Después calcula las fracciones en masa y las fracciones molares del benceno y las velocidades de flujo molar del benceno y del tolueno (mol/h) en el flujo de productos en la cabeza de la destilación.

6.- Una mezcla de pintura que contiene 25% de un pigmento y el resto de agua se vende a \$ 12.00/kg, y una mezcla que contiene 10% de pigmento se vende a \$

7.00/kg. Si un fabricante de pinturas produce una mezcla que contiene 15% de pigmento, ¿en cuánto debe venderla (en \$/kg) para tener una ganancia de 10%?

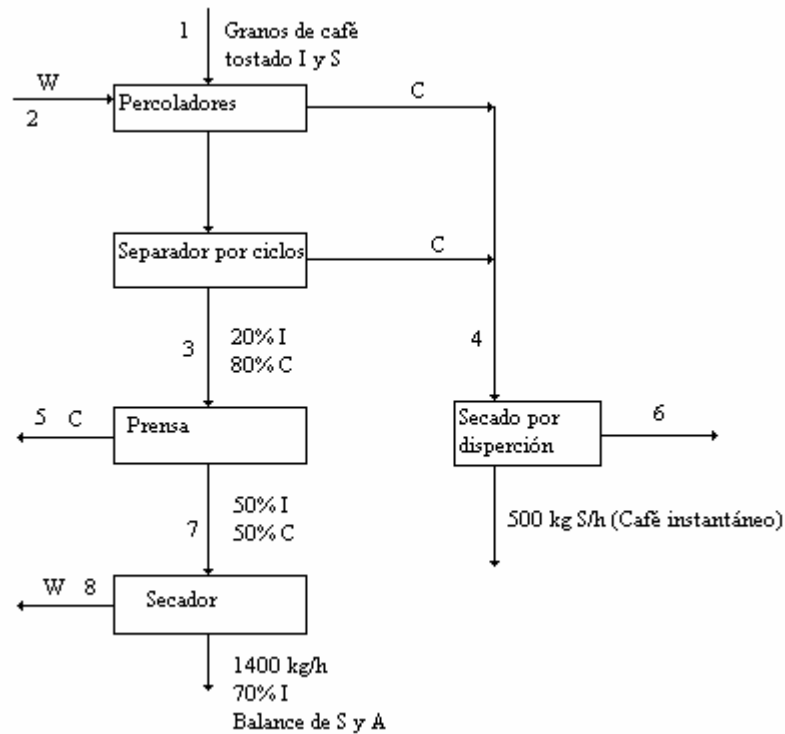
7.- La bebida especial en el oasis de Osvaldo es una mezcla que contiene 75% en masa de C_2H_5OH y el resto de agua. El costo del alcohol se ha incrementado y Osvaldo ha decidido que quizás un 60% de la mezcla sería igualmente efectiva. Tiene a mano un recipiente que contiene 300 galones de la mezcla al 75% (PE = 0.877) y puede pagar cualquier cantidad de una mezcla al 40% (PE = 0.952) ¿Cuántos galones de la última mezcla debe comprar?

8.- En una tenería se extrae la corteza de mangles tratando con agua caliente la madera finamente molida. La corteza original contiene 4% de humedad, 37% de taninos y 23% de sustancias solubles que no son taninos. El residuo (la corteza utilizada) retirado del tanque de extracción contiene 62% de humedad, 2.8% de taninos y 0.9% de sustancias solubles que no son taninos. ¿Qué porcentaje del tanino en la corteza original permanece sin extracción en el residuo?

9.- Los granos de café contienen sustancias solubles en agua y otras que no lo son. Para producir café instantáneo, se disuelve la porción soluble en agua hirviendo (es decir, preparando café) en percoladores grandes, y se alimenta después con el café un secador en el que se evapora el agua, dejando el café soluble como un polvo seco. La porción insoluble de los granos de café (el sedimento) pasa a través de varias operaciones de secado, y los sedimentos secos se queman o se utiliza como material de rehabilitación de tierras. Con la disolución extraída en la primera etapa de secado, se alimenta un secador para juntarlo con el flujo de salida de los percoladores. Aquí se muestra el diagrama de flujo de este proceso. Los símbolos S e I representan los componentes solubles e insolubles de los granos de café, A es el agua y C la disolución que contiene 35% en masa de S y 65% en masa de A.

- a) Calcula las velocidades de flujo (kg/h) de los flujos 1 a 8
- b) Si el líquido de la salida de la prensa puede alimentar un secador sin afectar el sabor del producto, ¿en qué porcentaje se puede aumentar la velocidad de producción del café instantáneo?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 2

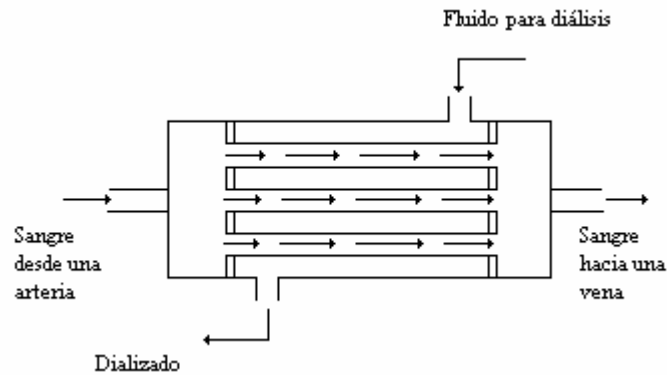


10.- Un riñón artificial es un dispositivo que extrae el agua y los metabolitos tóxicos de la sangre. En uno de estos dispositivos, el hemodializador de fibra porosa, la sangre fluye de una arteria a través de un manojito de fibras de acetato de celulosa porosas y el fluido dializado, que consiste en agua y varias sales disueltas, fluye hacia fuera de las fibras. El agua y los metabolitos tóxicos (principalmente urea, creatinina, ácido úrico e iones de fosfato) pasan a través de las paredes de las fibras al fluido dializado y la sangre purificada regresa a una vena. Supongamos que en determinado momento durante la diálisis, las condiciones de la sangre arterial y venosa son las siguientes:

	Sangre arterial (entrada)	Sangre venosa (salida)
Velocidad de flujo	200.0 ml/min	195.0 ml/min
Concentración de urea (H₂NCONH₂)	1.90 mg/ml	1.75 mg/ml

- Calcula las velocidades a las que la urea y el agua se extraen de la sangre.
- Si el fluido de diálisis entra a una velocidad de 1500 ml/min, calcula la concentración de urea en el dializado de salida.
- Supongamos que queremos reducir el nivel de urea del paciente de un valor inicial de 2.7 mg/ml a un valor final de 1.1 mg/ml. Si el volumen total de sangre es de 5 litros y la velocidad promedio de extracción de la urea es la que

se calculó en la parte a ¿cuánto tiempo dializarse al paciente? (Desprecia la pérdida de volumen total de sangre debido a la extracción de agua en el dializador).



11.-El disulfuro de carbono se prepara de un gas que contiene 15.0% en mol de CS_2 , 17.8% de O_2 y 67.2% de N_2 . El gas alimenta una torre de absorción continua donde se pone en contacto con benceno, que absorbe el CS_2 pero no el O_2 ni el N_2 . El benceno alimenta a la columna en una relación de moles 2:1 con respecto al gas de alimentación. El gas que sale de la torre de absorción contiene 2% de CS_2 y 2% de benceno.

- a) Calcula la fracción del CS_2 con que se alimentó la columna que se separa en el líquido del flujo de salida, la fracción mol de CS_2 en este flujo y la fracción de benceno con que se alimentó la columna que se pierde en el producto en forma de vapor
- b) ¿A qué tipo de procesos se puede alimentar con los flujos de salida de líquido y de vapor después de que salen de la torre de absorción?

12.- La alunita es un compuesto que contiene aluminio con la fórmula $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Un análisis de un mineral que contiene alunita muestra que contiene 23% en peso de alúmina (Al_2O_3). El mineral se trata químicamente para precipitar la mayor parte del aluminio como $\text{Al}(\text{OH})_3$. El precipitado se separa y tuesta para producir alúmina, que se disuelve después en un baño de sal fundida, y se efectúa una electrólisis para obtener aluminio puro. Se recupera alrededor del 88% del aluminio en el mineral como metal. Calcula las toneladas métricas del mineral requeridas para producir una tonelada métrica de aluminio.

13.- Una unidad de destilación que consiste en dos columnas se alimenta con una mezcla líquida que contiene 30% en mol de benceno (B), 25% de Tolueno (T) y 45% de xileno (X), a una velocidad de 1275 kmol/h. El producto inferior de la primera columna contiene 99% en mol de X y nada de B; en este flujo se recupera el 98% de X de la alimentación. El producto superior de la primera columna alimenta a la

segunda columna. El producto superior de la segunda columna contiene 99% en mol de B y nada de X. El B recuperado en este flujo representa el 96% del B en la alimentación de esta columna. Calcula las velocidades de flujo molar (kmol/h) y las fracciones molares de los componentes en cada flujo de producto de ambas columnas.

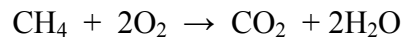
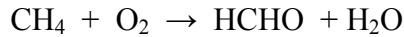
14.- El jugo de naranja fresco contiene 12.0% en peso de sólidos y el resto de agua; mientras el jugo de naranja concentrado contiene 42% en peso de sólidos. Se utilizó inicialmente un solo proceso de evaporación para concentrar el jugo, pero los componentes volátiles escaparon con el agua dejando al jugo sin sabor. El siguiente proceso resuelve este problema: se realiza una desviación del evaporador con una fracción del jugo fresco; el jugo que entra al evaporador se concentra hasta que tiene 58% de sólidos, y el producto se mezcla con el jugo fresco desviado para alcanzar la concentración final de sólidos deseada.

- a) Calcula la cantidad de jugo concentrado producido por cada 100 kg del jugo fresco que alimenta el proceso y la fracción de la alimentación que se desvía del evaporador.
- b) Los ingredientes volátiles que proporcionan el sabor están contenidos en jugo fresco que se desvía del evaporador. Podrías tener más de estos ingredientes en el producto final, evaporando hasta conseguir (por ejemplo) un 90% de sólidos en lugar de 58%; entonces podrías desviar una fracción mayor del jugo fresco y por lo tanto obtendrías un producto de mejor sabor. Sugiere las posibles desventajas de esta proposición.

15.- Un proceso de evaporación-cristalización se utiliza para obtener sulfato de potasio sólido a partir de una disolución acuosa de esta sal. La alimentación fresca de este proceso contiene 18.6% en peso de K_2SO_4 . El precipitado húmedo consiste en cristales sólidos de K_2SO_4 y una disolución al 40% en peso de K_2SO_4 , en una relación de 10kg de cristales/kg de disolución. El filtrado, una disolución también al 40%, se hace recircular para unirla a la alimentación fresca. De la alimentación de agua del evaporador se evapora 42.66%. El evaporador tiene una capacidad máxima de 155 kg de agua evaporada/min.

- a) Calcular la velocidad máxima de producción del K_2SO_4 sólido, la velocidad a la que debe suministrar la alimentación fresca para alcanzar el valor de la velocidad de producción, y el cociente kg de recirculación/kg de alimentación fresca.
- b) Calcular la composición y la velocidad de alimentación del flujo que entra al cristizador, si el proceso se reduce a la escala que corresponde al 75% de su capacidad máxima.
- c) El precipitado húmedo se trata después de dejar el filtro. Sugiere cómo se puede hacer esto. ¿Cuáles crees que sean los costos de operación para este proceso?

16.- El metano y el oxígeno reaccionan en presencia de un catalizador para producir formaldehído. En una reacción paralela secundaria, una porción del metano se oxida para formar dióxido de carbono y agua.



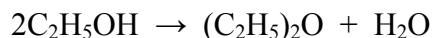
La alimentación del reactor contiene cantidades equimolares de metano y oxígeno.

- a) La conversión fraccionaria del metano es de 95%, y el rendimiento fraccionario del formaldehído es de 90%. Calcula la composición molar del flujo a la salida del reactor y la selectividad de la producción de formaldehído con respecto a la producción de dióxido de carbono.
- b) El flujo de salida del reactor contiene 45% en mol de formaldehído, 1% de dióxido de carbono, 4% de metano y el resto de oxígeno y agua. Calcula la conversión fraccionaria del metano, el rendimiento fraccionario del formaldehído y la selectividad de producción del formaldehído con respecto a la producción de dióxido de carbono.

17.- El etano se produce comercialmente mediante la hidratación del etileno:

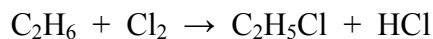


Una parte del producto se convierte en dietil éter en la reacción secundaria:

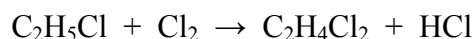


La alimentación de un reactor contiene etileno y vapor en una relación molar 3:2 y 10% en mol de sustancias inertes. La conversión fraccionaria del etileno es de 5% y la selectividad de la producción de etanol con respecto a la producción de éter es de 18.0 mol/mol. Calcula la composición molar del flujo de salida del reactor.

18.- El etano reacciona con cloro en un reactor continuo



Una porción del monocloroetano reacciona con cloro en una reacción secundaria no deseada:



- a) Supongamos que tu principal trabajo es optimizar la selectividad de la producción del monocloroetano con respecto a la producción de dicloroetano. ¿Diseñarías el reactor para una conversión alta o baja de etano? ¿Cuál de los dos reactivos proveerías en exceso? Explica brevemente tu respuesta.
- b) Supongamos que la conversión de etano es del 13%; la selectividad es de 13.3 (moles de C_2H_5Cl) / (moles de $C_2H_4Cl_2$), y que el producto contiene una cantidad despreciable de cloro. Calcula los moles de todas las especies en el flujo de productos por cada 100 moles de monocloroetano producido.

19.- El propano se quema con aire. Determina la composición molar del producto gaseoso si no se forma CO, suponiendo:

- a) El aire teórico suministrado, 100% de conversión de combustible
- b) 20% de aire en exceso, 100% de conversión
- c) 20% de aire en exceso, 90% de conversión. Calcula la composición molar del gas de emisión sobre una base seca.

20.- Se te ha asignado el trabajo de analizar una mezcla de gases combustible que contiene propano y butano. Cuando descubres que el cromatógrafo de gases se ha descompuesto otra vez, tienes que planear un experimento de combustión para realizar las mediciones. Cargas una cantidad del gas en una cámara evacuada y añades aire a la misma. Enciendes la mezcla, permites que la combustión se complete y realizas un análisis de Orsat sobre una muestra de producto gaseoso. La composición que determinas sobre una base seca es 84.8% en mol de N_2 , 11.4% de CO_2 y 3.8% de O_2 .

- a) ¿Cuál es la fracción molar de propano en el gas combustible?

Supongamos que te han dicho que la mezcla contiene una mezcla de hidrocarburos, pero no sabes cuáles de ellos. ¿Qué podrías haber determinado acerca del gas combustible a partir de los datos?

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE PROCESOS Y SISTEMAS
Procesos Industriales Químicos
CAPÍTULO 2

TEMA 4 Y 5: SISTEMAS DE UNA Y VARIAS FASES:

1.- Un gas consta de 20% en mol de CH_4 , 30% de C_2H_6 y 50% de C_2H_4 . Veinte kilogramos de este gas se comprime a una presión de 200 bars a 90°C . Usando la regla de Kay, calcula el volumen final del gas.

2.- Un tanque de 120 litros se evacua y se llena con 20kg de un gas que contiene 10% en mol de N_2O y el resto de N_2 . La temperatura del gas es de 24°C . Utiliza la gráfica de compresibilidad para resolver los siguientes problemas:

- a) ¿Cuál es la presión manométrica (atm) del tanque de gas después de que se llenó?
- b) Se produce un incendio en la planta donde se encuentra el tanque, y su válvula se rompe cuando la presión manométrica del gas es de 273 atm. ¿Cuál es la temperatura del gas en $^\circ\text{C}$ en el momento previo a la temperatura?

3.- Veinticuatro kilogramos por minuto de pulpa de madera húmeda que contiene 0.5 kg de H_2O / kg de pulpa seca pasan a través de un secador de aire caliente. Aire que contiene 0.1% de agua en volumen que entra al secador a 95°C y 52 cm de Hg (manométrica) a una velocidad de flujo medida de $162 \text{ m}^3/\text{min.}$, y sale del secador a 83°C y 5.2 cm de Hg (manométrica). Una muestra del gas de salida se introduce a una cámara que contiene un espejo, y la cámara se enfría lentamente manteniendo la presión manométrica a 5.2 cm de Hg. Se observa que el espejo se empaña a una temperatura de 30.6°C . Calcula la masa (Kg) de agua que se extrae de la pulpa cada minuto, la velocidad de flujo volumétrico del aire de salida y el porcentaje en peso del agua en la pulpa que sale.

4.- Piel mojada entra a un secador de túnel continuo con una humedad de 61% y sale con una humedad de 6%, a una velocidad de $485 \text{ lb}_m/\text{h}$. Aire seco a 140°F y a una atmósfera de presión entra al secador, y salen del secador aire junto con agua evaporada a 130°F y 1 atm. Calcula la velocidad a la que entra la piel mojada al secador y la velocidad de flujo volumétrico del aire de entrada, si el aire de salida tiene una humedad relativa de 50%.

5.- Granos de soya de los que se extra aceite en hexano, salen de una unidad de extracción que contiene 0.80 kg de hexano/kg de granos de soya sólidos, los que deben secarse en contacto con nitrógeno, que entra al secador a 90°C . Los sólidos que salen del secador deben contener 0.05 kg de hexano/kg de sólidos. El gas que emite el secador sale a 80°C y 1 atm, con saturación relativa de 60% y entra a un condensador donde se enfría a 25°C y se comprime a 4 atm; al condensarse, se recupera parte del hexano evaporado. Calcula la recuperación fraccionaria de hexano (kg de condensado/kg que entra con los granos de soya).

6.- Se quema n-hexano con aire en exceso. Un análisis de producto gaseoso proporciona las siguientes composiciones en una base seca: 82.1% de N_2 , 6.9% de CO_2 , 2.1% de CO , 8.6% de O_2 y 0.265% de C_6H_{14} . El gas de emisión sale a $500^\circ C$ y una atmósfera. Calcula el porcentaje de conversión de hexano, el porcentaje de exceso de aire con que se alimentó el reactor y el punto de rocío del gas de emisión.