

**PROBLEMAS TEMA 2:
BALANCES MACROSCÓPICOS DE MATERIA****BALANCES MACROSCÓPICOS DE MATERIA SIN REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO****1. Balance de materia a un equipo (I)**

En una planta de desalinización por ósmosis inversa se tratan $4.000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de una disolución salina con un 4% en peso de sal, obteniéndose dos corrientes: i) $1.200 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de agua desalinizada con un 0,3% en peso de sales; ii) una corriente de salmuera de rechazo. Calcular el porcentaje de sal y el caudal másico de esta salmuera de rechazo.

Solución: 5,55% y $2.800 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$

2. Balance de materia a un equipo (II)

Para concentrar zumo de naranja, el zumo recién extraído y tamizado que contiene 7,08 % en peso en sólidos, se alimenta a un evaporador al vacío. En el evaporador se extrae agua y el contenido en sólidos aumenta hasta 58 % en peso. Para una entrada de $1.000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, calcular las cantidades de salida de las corrientes de zumo concentrado y agua.

Solución: $122 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (zumo concentrado) y $878 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (agua)

3. Balance de materia a un equipo (III)

Una columna de destilación se alimenta con una mezcla líquida que contiene 45% de benceno y 55% de tolueno (% en masa). La corriente de producto que abandona la parte superior de la columna (“corriente de cabeza”) contiene 95% de benceno (en moles), mientras que otra corriente que sale de la columna por la parte inferior (“corriente de cola”) contiene el 8% del benceno (en masa) que se alimenta a la columna (lo que significa que el 92% del benceno sale con la corriente de cabeza). El caudal volumétrico de la corriente de alimentación es $2.000 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, teniendo un valor de temperatura y presión de 293 K y 1 bar, respectivamente. Determinar:

- a) La densidad de la corriente de alimentación.
- b) El flujo másico de la corriente de cabeza.
- c) El flujo másico y la composición (en fracciones másicas) de la corriente de cola.

Solución: (a) $0,872 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$, (b) $767 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, y (c) $977 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, 93,57 % (tolueno), 6,43 % (benceno)

4. Balance de materia a un equipo (IV)

Un evaporador tiene una velocidad de evaporación de $500 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de agua. Calcular la velocidad de producción de zumo de manzana concentrado con un 45% en sólidos partiendo de un zumo con un 12% en sólidos?

Solución: $182 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$

5. Balance de materia a un equipo (V)

En un proceso de captura de CO_2 basado en absorción/desorción con disoluciones de MEA, entra una corriente de gases de combustión de $11.000 \text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ con un 12,57% de CO_2 (porcentaje en moles). Se quiere lograr que la concentración de CO_2 en los gases que finalmente se expulsan por chimenea no sea superior a $1,39\cdot 10^{-2}$ en fracción molar. Calcular el flujo molar de la corriente de CO_2 que se obtiene como producto, suponiendo que su pureza es del 91% en moles.

Solución: $1.248 \text{ kmol}\cdot\text{h}^{-1}$ (caudal molar de CO_2 en la corriente de producto)

6. Balance de materia a varios equipos

En un proceso para producir hidróxido de sodio (NaOH) se usan $4.000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de una solución que contiene 10% de NaOH en peso para concentrarla en el primer evaporador, obteniéndose una solución de 18% de NaOH en peso. Ésta se alimenta a un segundo evaporador, del cual sale un producto que contiene 50% de NaOH en peso. Calcular el agua extraída en cada evaporador, la alimentación al segundo evaporador y la cantidad de producto.

Solución: $1.778 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (agua extraída evaporador 1), $1.422 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (agua extraída evaporador 2), $2.222 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (alimentación segundo evaporador) y $800 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (cantidad de producto)

7. Balance de materia con recirculación

En un proceso que produce nitrato de potasio (KNO_3), el evaporador se alimenta con $1.000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de una solución que contienen 20% de KNO_3 en peso y se concentra a 422 K para obtener una solución de KNO_3 al 50% en peso. Esta solución se alimenta a un cristizador a 311 K, donde se obtienen cristales de KNO_3 de 96 % en peso. La solución saturada que contiene 37,5 % de KNO_3 en peso se recircula al evaporador. Calcular los caudales máxicos ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$) de la corriente de recirculación y la corriente de salida de cristales.

Solución: $765 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente de recirculación) y $208 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente de salida de cristales)

8. Balance de materia con bypass (I)

El zumo de naranja natural (1, ver figura 1) tiene un 12 % en peso de sólidos y el resto es agua. En cambio, el zumo de naranja concentrado tiene un 42 % en peso de sólidos (5). Para fabricar zumo de naranja concentrado (5), se utiliza el zumo de naranja natural (1) a 25 °C, el cual se somete a un proceso de evaporación en el que lamentablemente algunos componentes volátiles que dan sabor al zumo se pierden con el agua evaporada (6). Para resolver esta situación se propone utilizar un bypass de parte del zumo fresco, y a la vez, concentrar el zumo hasta un 58 % en el evaporador (4). Esta corriente, que sale a la misma temperatura que el agua evaporada, se reúne con la de bypass y da lugar al zumo concentrado final (5), con un 42 % en sólidos, que se destina al consumo y que sale a la temperatura de 60 °C. Partiendo de $100 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de zumo de naranja natural (1), determinar los caudales y composiciones de todas las corrientes del sistema.

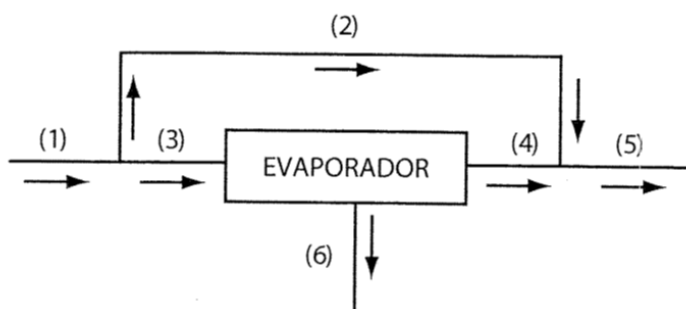


Figura 1. Diagrama del proceso.

Solución: $10 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente 2), $90 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente 3), $19 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente 4), $29 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente 5), y $71 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ (corriente 6)

9. Balance de materia con bypass (II)

Se desea obtener hidróxido de sodio (NaOH) al 4% en peso. Para ello, se utilizan dos corrientes: una de NaOH sólido puro y otra de agua para disolver el NaOH. Parte de la corriente de agua se divide, de forma que sólo una parte de ella se introduce en el reactor donde se disuelve el NaOH. La corriente de salida del reactor contiene un 17 % en peso de NaOH; esta corriente se junta con la corriente de agua de bypass para producir la disolución de NaOH al 4%. Se pide:

- Calcular cuántos $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de agua en total es necesario utilizar si se quieren producir 2 toneladas por hora de disolución de NaOH al 4%.
- Calcular qué porcentaje de esos $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de agua totales constituye la corriente de bypass.

Solución: (a) $1.920 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, (b) 79,7%

10. Balance de materia a la Tierra

La atmósfera de la Tierra tiene un volumen de $4,0\cdot 10^{18} \text{ m}^3$ STP y en 1850 la concentración de CO_2 era 0,028 %vol. Durante el periodo de 1850 a 1990, se generó CO_2 debido a que se quemaron combustibles fósiles que contenían el equivalente a $220\cdot 10^{12} \text{ kg C}$, se emitieron $440\cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 por volcanes y por la descomposición de biomasa, $350\cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 se consumieron por fotosíntesis y los océanos absorbieron $370\cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 . Asumiendo que todo el CO_2 gas está bien mezclado en la atmósfera, y que el volumen total de la atmósfera de la Tierra se mantiene constante en $4,0\cdot 10^{18} \text{ m}^3$ STP, calcular la concentración atmosférica de CO_2 (ppm vol.) en 1990.

Solución: 347 ppm

BALANCES MACROSCÓPICOS DE MATERIA SIN REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO NO ESTACIONARIO

11. Balance de materia sin reacción química en estado no estacionario (I)

Se tiene un tanque agitado de 500 m^3 de capacidad. Dicho tanque sirve como almacenamiento intermedio a un reactor dentro de una planta y conseguir así evitar fluctuaciones en la concentración de entrada al citado reactor. La corriente acuosa de entrada al tanque ($45.000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$) tiene normalmente una concentración de acetona de 100 ppm. Sin embargo, un problema en la planta hace que la concentración de entrada al tanque suba súbitamente a 1.000 ppm. Si la concentración máxima de acetona permitida en el reactor es de 200 ppm, ¿se superará ese valor si la reparación lleva un tiempo de 30 minutos? La corriente de salida tiene el mismo caudal másico que la de entrada.

Solución: $139,60 \text{ ppm} < 200 \text{ ppm}$ (no se superará el valor)

12. Balance de materia sin reacción química en estado no estacionario (II)

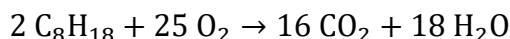
Un tanque agitado de capacidad 100 L contiene en su interior una disolución acuosa, para un total de 5 kg de NaCl. Si en un instante de tiempo determinado, se abren las válvulas de las corrientes de entrada (agua pura) y salida ($5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$), ¿cuál será la masa de NaCl restante tras un periodo de 10 minutos?

Solución: 3,03 kg de NaCl

BALANCES MACROSCÓPICOS DE MATERIA CON REACCIÓN QUÍMICA EN ESTADO ESTACIONARIO

13. Balance de materia con reacción química (I)

Un automóvil con un motor de combustión interna quema completamente 10 kmol de gasolina, que está compuesta en su totalidad por octano (C_8H_{18}), con una corriente de aire en una proporción tal que se aporta oxígeno (O_2) en cantidades estequiométricas. Como resultado, la gasolina se convierte completamente a dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O) de acuerdo a una reacción de combustión, cuya ecuación estequiométrica es la siguiente:

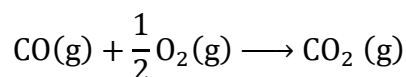


Todo el CO_2 y H_2O producidos en la reacción se emiten a la atmósfera a través del tubo de escape del motor. Asumiendo que el contenido de CO_2 en el aire de entrada para la combustión es nulo, ¿qué cantidad de CO_2 (en kg de CO_2) se emiten a la atmósfera a partir de 1 kmol de gasolina (que son aproximadamente 158 (0,72 kg/L), unos 3 tanques de gasolina de un coche familiar)?

Solución: 352 kg de CO_2

14. Balance de materia con reacción química (II)

Una corriente de $1 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ de monóxido de carbono (CO) a 25°C se quema completamente en un horno a 1 atm de presión utilizando una corriente de $3,57 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ de aire que se encuentra a 540°C , en estado estacionario:

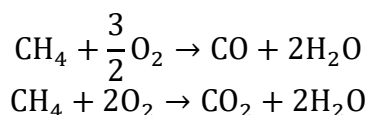


Calcular el caudal molar total (en $\text{kmol} \cdot \text{h}^{-1}$) y la composición (en % en moles) de la corriente de gases de combustión que salen del horno.

Solución: (a) $4,07 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$, y (b) 69,28 % (composición de N_2), 24,57 % (composición de CO_2) y 6,14 % (composición de O_2)

15. Balance de materia con reacción química (III)

Se quema metano (CH_4) con aire en un reactor de combustión continuo en estado estacionario, obteniéndose una mezcla de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Las reacciones que tienen lugar son:

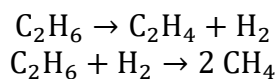


La alimentación al reactor contiene 7,80 % CH_4 , 19,4 % O_2 y 72,8 % N_2 (% en moles). La conversión del metano es del 90 %, y el gas que abandona el reactor contiene 8 mol de CO_2 por cada mol de CO . Calcular la composición molar de la corriente de salida del reactor.

Solución: 0,78 % (composición de CH₄), 72,51% (composición de N₂), 6,14 % (composición de CO₂), 0,78 % (composición de CO), 5,74 % (composición de O₂), y 14,03 % (composición de H₂O)

16. Balance de materia con reacción química (IV)

Las siguientes reacciones tienen lugar en un reactor continuo en estado estacionario:



La alimentación contiene 85,0 % moles de etano (C₂H₆) y el resto inertes (I). Se sabe que se convierten el 50,1 % de los moles de C₂H₆ alimentados (es decir, la conversión fraccional del C₂H₆ es 0,501) y que el rendimiento en etileno (C₂H₄) es del 47,1% (rendimiento expresado como % del máximo C₂H₄ posible que se formaría si no hubiera reacción paralela y el reactivo limitante reaccionase completamente). Calcular la composición molar de la corriente gaseosa obtenida como producto y la relación entre moles producidos de C₂H₄ y de metano (CH₄).

Solución: 30,3 % (composición de C₂H₆), 10,7 % (composición de inertes), 28,6 % (composición de C₂H₄), 3,64 % (composición de CH₄) y 26,8 % (composición de H₂)