

Operaciones de separación por transferencia de materia
Hoja Ejercicios 1.- Absorción (2013-2014).

1.- Se necesita separar el 99% del amoníaco de una corriente de aire en la cual su concentración es del 10%. Se empleará una columna de absorción de relleno que operará a 293 K y 101,3 kPa. El flujo de gas es de 0,95 kg/(s.m²) y el de agua 0,65 kg/(s.m²). Calcular la altura de la columna necesaria para lograr la separación si se dispone de la siguiente información experimental:

- a) Coeficiente global de transferencia de materia ($K_{G,a}$)= 0,001 kmol/(s.m³)(kPa).
 b) Altura equivalente por piso teórico (AEPT)= 0,31 m.

Datos de equilibrio

X (razón molar)	0,021	0,031	0,042	0,053	0,079	0,106	0,159
P _{AMONÍACO} (kPa)	1,6	2,4	3,3	4,2	6,7	9,3	15,2

2.- Un gas combustible procedente de un gasificador de carbón contiene amoníaco, con una fracción molar de 0,03, la cual se desea reducir a un valor de 0,001. Para ello se trata el gas, en una columna de absorción de relleno, con agua en contracorriente. El caudal de gas tratado es de 4,26 m³/s medidos en condiciones normales y la fracción molar de amoníaco en la corriente acuosa que abandona la columna es 0,025. La columna tiene un diámetro de 2,5 m y para el coeficiente volumétrico global de transferencia de materia referido al gas ($K_{G,a} \cdot P_T$) puede tomarse un valor de 0,03 kmoles/(m³.s). La relación de equilibrio para el sistema considerado viene dada por $y = 0,6 x$. Calcular:

- a) Caudal de agua alimentado a la columna.
 b) La altura de la columna.
 c) El número de unidades de transferencia referidas al gas.
 d) El valor del coeficiente volumétrico global de transferencia de materia referido al líquido ($K_{L,a}$).

3.- El porcentaje en volumen de SO₂ en una corriente de aire es del 5%. La corriente se somete a absorción en una columna de 1,5 m² de sección transversal y 3 m de altura a una presión de 1 atm. El flujo de gas es de 0,062 kmol/(m².s) y el de líquido de 2,2 kmol/(m².s). La fracción de SO₂ que se pretende alcanzar en el gas a la salida es de 0,01. En las condiciones de operación de la columna la relación de equilibrio viene dada por $y = 40 x$. Calcular:

- a) Valor del caudal de agua mínimo.
 b) Número de unidades de transferencia necesarias (N_G).
 c) Altura de la unidad de transferencia.

4.- En una fábrica de pasta de papel se emplea una columna de absorción de relleno de 7 m de altura para tratar una corriente de gas con una concentración de Cl₂ de 680 ppm procedente de una unidad de blanqueo. La absorción se realiza con una disolución de hidróxido sódico al 10%, por lo que el cloro reacciona cuantitativamente con el hidróxido para formar las sales correspondientes según el siguiente esquema de reacción:



El flujo de gas es 1000 m³N/(m².h) y el de la fase líquida 72 kmol/(m².h). La fracción molar de hipoclorito sódico en la corriente de líquido a la entrada de la columna es de 0,0004 y a la salida de 0,000815. Calcular:

- a) Concentración de Cl₂ en el gas tratado en ppm.
 b) Valor del coeficiente global de transferencia de materia $K_{G,a}$.
 c) Número de unidades de transferencia requeridas.

5.- Un aceite que contiene 2,55% en moles de un hidrocarburo volátil se somete a stripping con vapor de agua. Se desea reducir el contenido de hidrocarburo hasta el 0,05%. Se emplean 4 kmol de vapor por cada 100 kmol de aceite tratado. El aceite no es volátil y la columna tiene un sistema interno de calefacción que mantiene constante la temperatura e impide la condensación del vapor de agua. La relación vapor-líquido del hidrocarburo viene dada por la expresión: $y = 33 x$, donde y es la fracción molar en el vapor y x la fracción molar en el líquido. Calcular la altura de la columna necesaria para las siguientes opciones técnicas:

- a) Columna de platos con eficacia de plato del 70% y altura de separación entre platos de 0,5m.
 b) Columna de relleno con AEPT=0,6m y $K_{L,a} \cdot C_T=0,09$ kmol/(s.m³)

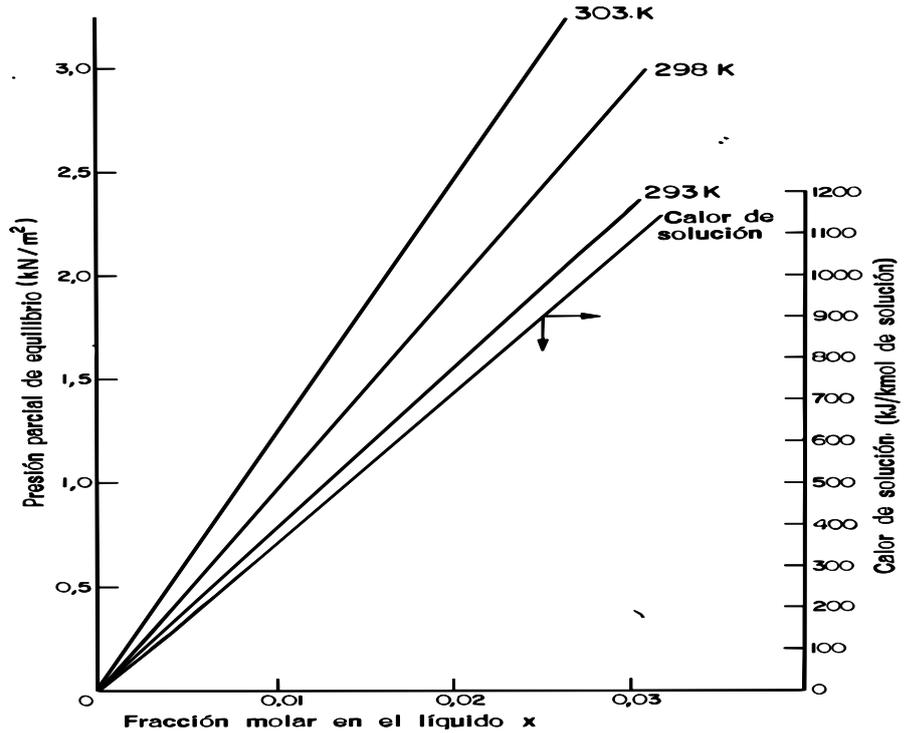
6.- Se desea recuperar amoníaco de una corriente de aire en la que se encuentra en una concentración del 5% mediante absorción con agua en una torre de relleno. El flujo de gas es de 1,25 m³N/(s.m²) y el del líquido de 1,95 kg/(s.m²). La temperatura de entrada del gas es de 295 K y la del agua de 293 K. El coeficiente global de

transferencia de materia ($K_{G,a.P_T}$) tiene un valor de $0,113 \text{ kmol}/(\text{s.m}^3)$ y la presión total es de $101,3 \text{ kPa}$. Determinar la altura de la columna requerida para separar el 95% del amoníaco. La columna es adiabática, con 1 m de diámetro y la transferencia de calor entre fases despreciable.

Calores de disolución

$Q_{\text{Disolución}} = -36,2 \text{ kJ/mol NH}_3$	
Δx (frac. molar)	Calor de disolución (kJ/kmol disolución)
0,005	-181

Datos de equilibrio:



7.- Un gas de hulla de hulla contiene un 3% de benceno. Se quiere realizar un lavado del gas con aceite para reducir su contenido al 0,02%. Se pretende utilizar 490 kg de aceite por cada $100 \text{ m}^3 \text{ N}$ de gas. El aceite entra a la columna libre de benceno. La altura de una unidad de transferencia (H_G) puede estimarse en $1,4 \text{ m}$. Calcular la altura que debe tener la columna.

Datos de equilibrio

% en peso de benceno en el aceite	0,05	0,10	0,50	1,0	2,0	3,0
P_{BENCENO} (mmHg)	0,1	0,25	1,5	4,0	10,0	25,0

8.- Una corriente de aire con un 15% en moles de acetona se trata mediante absorción con agua en una torre de platos para separar el 95% de la acetona. La columna opera a 20°C y 101 kPa . La eficacia global de los platos es del 30%. Calcular:

- Valor mínimo de la relación L/G .
 - Número de platos necesarios si se trabaja con una relación L/G que es 1,25 veces la mínima.
- Datos: equilibrio acetona-agua en las condiciones de trabajo.

x (fracción molar)	0,0151	0,033	0,0517	0,072	0,0924	0,117	0,143	0,171
P_{ACETONA} (mm Hg)	16	30	42	55	70	82	92	103

9.- Se recupera dióxido de azufre de un gas de fundición que contiene un 3,5% en volumen de este compuesto mediante lavado en una torre de absorción de relleno. A la salida de la columna la presión parcial del dióxido de azufre es de $1,14 \text{ kN/m}^2$. El agua, cuyo caudal es de $0,43 \text{ kmol/s}$, entra en la columna libre de dióxido de azufre y la abandona con una concentración de $0,001145 \text{ kmol}$ de SO_2 por kmol de agua. El proceso tiene lugar a 293 K , siendo la presión de vapor de agua a esa temperatura de $2,3 \text{ kN/m}^2$. La sección de la torre es de $1,35 \text{ m}^2$. El coeficiente global de transferencia de materia ($K_{L,a.C_T}$) tiene un valor de $0,19 \text{ kmol}/(\text{s.m}^3)$. La presión total es de $101,3 \text{ kPa}$. Calcular la altura que debe tener la torre.

Datos: equilibrio SO_2 -agua a 293 K (razones molares)

X	0,000056	0,00014	0,00028	0,00042	0,00056	0,00084	0,001405
Y	0,0007	0,0016	0,0043	0,0079	0,0116	0,0194	0,0363