

**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.m<sup>2</sup>) y el de agua 0,65 kg/(s.m<sup>2</sup>). 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.m<sup>3</sup>)(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 <sub>AMONÍACO</sub> (kPa)	1,6	2,4	3,3	4,2	6,7	9,3	15,2

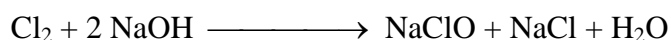
**2.-** Un gas combustible procedente de un gasificador de carbón contiene amoníaco, con una fracción molar de 0,03, la cual se desea reducir a un valor de 0,001. Para ello se trata el gas, en una columna de absorción de relleno, con agua en contracorriente. El caudal de gas tratado es de 4,26 m<sup>3</sup>/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 ( $K_{G,a}.P_T$ ) puede tomarse un valor de 0,03 kmoles/(m<sup>3</sup>.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 SO<sub>2</sub> en una corriente de aire es del 5%. La corriente se somete a absorción en una columna de 1,5 m<sup>2</sup> de sección transversal y 3 m de altura a una presión de 1 atm. El flujo de gas es de 0,062 kmol/(m<sup>2</sup>.s) y el de líquido de 2,2 kmol/(m<sup>2</sup>.s). La fracción de SO<sub>2</sub> 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 Cl<sub>2</sub> 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 m<sup>3</sup>N/(m<sup>2</sup>.h) y el de la fase líquida 72 kmol/(m<sup>2</sup>.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 Cl<sub>2</sub> 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  $K_{L,a}.C_T$ =0,09 kmol/(s.m<sup>3</sup>)

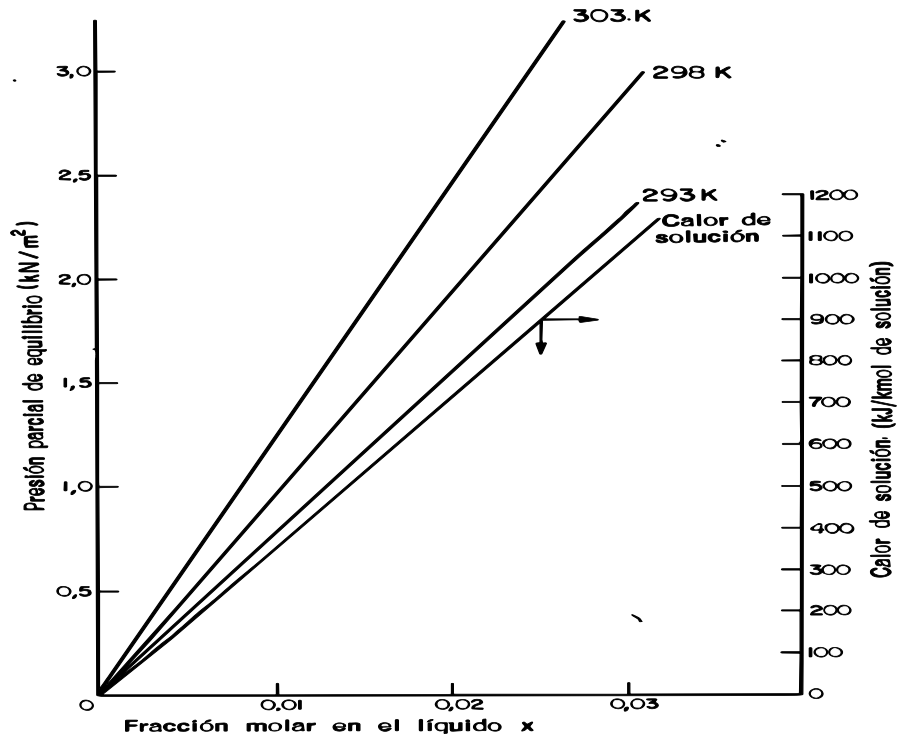
**6.-** Se desea recuperar amoníaco de una corriente de aire en la que se encuentra en una concentración del 5% mediante absorción con agua en una torre de relleno. El flujo de gas es de 1,25 m<sup>3</sup>N/(s.m<sup>2</sup>) y el del líquido de 1,95 kg/(s.m<sup>2</sup>). La temperatura de entrada del 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  $1 \text{ m}$  de diámetro y la transferencia de calor entre fases despreciable.

Calores de disolución

$Q_{\text{Disolución}} = -36,2 \text{ kJ/mol NH}_3$	
$\Delta x$ (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  $490 \text{ kg}$  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
$P_{\text{BENCENO}}$ (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  $20^\circ\text{C}$  y  $101 \text{ kPa}$ . 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
$P_{\text{ACETONA}}$ (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  $\text{SO}_2$  por  $\text{kmol}$  de agua. El proceso tiene lugar a  $293 \text{ K}$ , 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  $\text{SO}_2$ -agua a  $293 \text{ K}$  (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