

Pauta Ejercicio 8
IQ46B – Operaciones de Transferencia I

P1) Una planta fabrica hielo seco (CO_2) a partir de la quema de coque con aire, en que se produce una gas que, después de ser limpiado y enfriado, contiene fracciones molares de 15% de CO_2 , 6% de O_2 y un 79% de N_2 . Este gas se introduce a una torre de absorción que opera a 1,2 atm y 25°C , en donde se extrae el CO_2 mediante contacto con una solución de lavado con 30% (en peso) de etanolamina, que contiene 0,058 moles de CO_2 / moles de solución. El gas que abandona el equipo de absorción contiene sólo 2% de CO_2 en fracción molar (el oxígeno y el nitrógeno prácticamente no se absorben en la solución). Los datos para el equilibrio del CO_2 entre el gas y la solución de etanolamina están en la Tabla 1.

A partir de la información anterior calcule:

- a) La relación mínima líquido/gas, (Ls/Gs)min.
- b) Los kilos de solución alimentados a la torre de absorción por m^3 de gas entrante para una relación líquido/gas (Ls/Gs) igual a 1,2 veces el mínimo.
- c) El número de etapas requeridas para conseguir la extracción de CO_2 indicada si la eficiencia de cada etapa es de un 100%.
- d) El número de etapas requeridas para conseguir la extracción de CO_2 indicada si la eficiencia de cada etapa es de un 50%.

DATOS; Las presiones parciales del dióxido de carbono sobre soluciones acuosas de etanolamina (30% en peso) a 25°C son la indicadas en la tabla N°1.

mol CO_2 /mol solución	Presión parcial CO_2 [mmHg]
0,058	5,6
0,06	12,8
0,062	29
0,064	56
0,066	100
0,068	140
0,07	155
0,072	160

$R = 0,082 \text{ l-atm/mol-K}$

$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

$\text{PM}(\text{etanolamina}) = 61 \text{ g/mol}$

$\text{PM}(\text{agua}) = 18 \text{ g/mol}$

$\text{PM}(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$

Solución

a)

Primero debemos convertir las fracciones de CO₂ sobre solución "x", en CO₂ sobre inertes "X" (agua y etanol amina).

$$X = \frac{x}{1 - x}$$

Además se deben convertir las presiones parciales de CO₂ a fracciones de CO₂ sobre el total de gases "y".

$$y = \frac{P \text{ parcial } CO_2}{P \text{ total}}$$

Luego convertir la fracción a base inerte "Y".

$$Y = \frac{y}{1 - y}$$

Así la tabla de los datos de equilibrio queda:

x molCO ₂ /mol solucion	X molCO ₂ /mol inerte	pp CO ₂ [mmHg]	y molCO ₂ /mol gas	Y mol CO ₂ / mol inerte
0,058	0,0616	5,6	0,006	0,006
0,06	0,0638	12,8	0,014	0,014
0,062	0,0661	29	0,032	0,033
0,064	0,0684	56	0,061	0,065
0,066	0,0707	100	0,110	0,123
0,068	0,0730	140	0,154	0,181
0,07	0,0753	155	0,170	0,205
0,072	0,0776	160	0,175	0,213

Las coordenadas de las alimentaciones y salidas son (todas en base inerte):

Gas:

$$Y_e = 0,1765$$

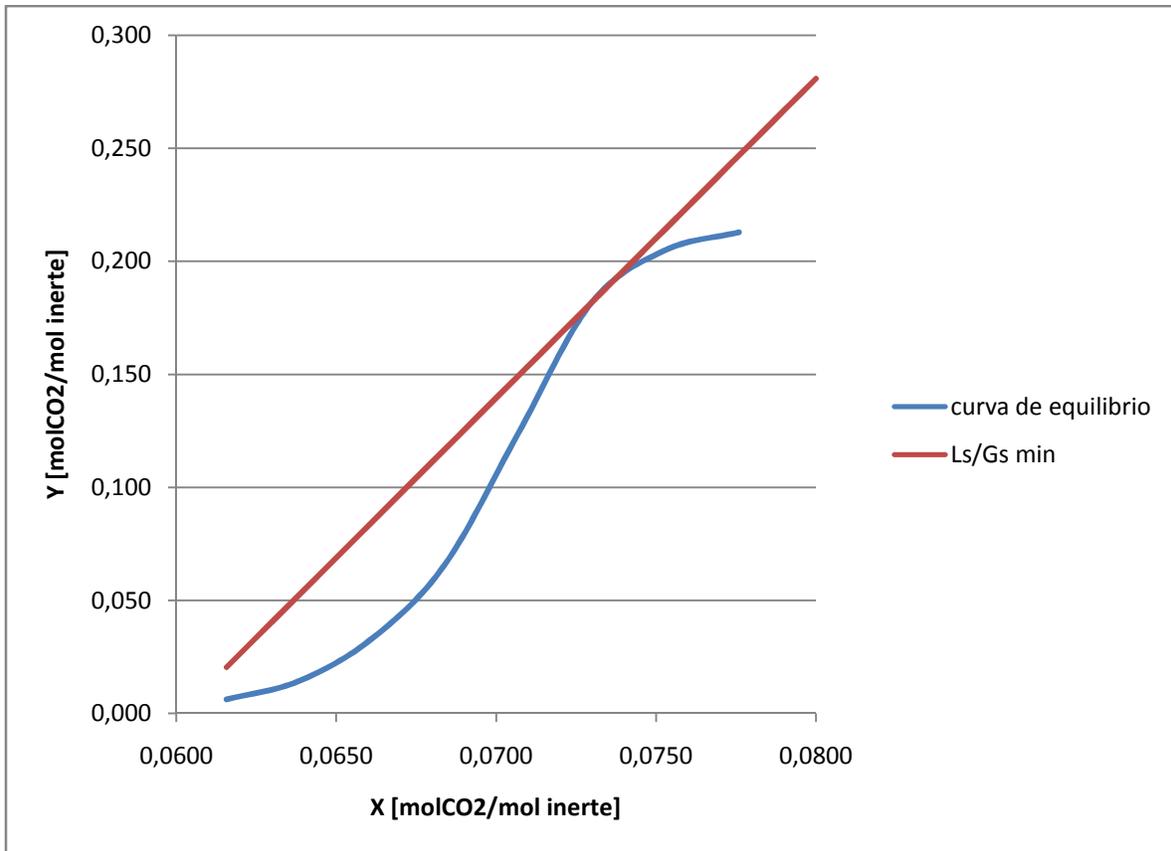
$$Y_s = 0,0204$$

Líquido:

$$X_e = 0,0616$$

$$X_s = \text{¿?}$$

Para encontrar la razón (Ls/Gs)_{min} trazamos la recta tangente a la curva de equilibrio desde el punto inicial. Como el proceso es contracorriente la coordenada que podemos graficar es: X_e, Y_s.



El punto donde la curva de operación es tangente a la de equilibrio es:

$$X_t = 0,0730$$

$$Y_t = 0,1813$$

Por lo tanto la pendiente de esta recta es:

$$\left(\frac{L_s}{G_s}\right)_{min} = \frac{Y_t - Y_s}{X_t - X_e} = 14,13$$

b)

Al usar una 1,2 veces la razón determinada anteriormente, se tiene que $L_s/G_s = 16,96$.

Si tomamos como base 1m^3 de gas en la alimentación, por gases ideales este volumen corresponde a 49,11 moles. Los inertes corresponden al 85% del total de los moles (15% de CO_2 en la alimentación), es decir:

$$G_s = 0,85 \cdot 49,11 \text{ moles} = 41,74 \text{ moles.}$$

$$\text{El valor de } L_s = 16,96 \cdot 41,74 \text{ moles} = 707,75 \text{ moles.}$$

Los moles de CO_2 que entran con la solución son $0,0616 \text{ mol CO}_2 / \text{mol inerte}$, o sea:

$$707,75 \text{ moles inerte} \cdot 0,0616 \text{ mol CO}_2 / \text{mol inerte} = 43,58 \text{ moles.}$$

Se tienen tres incógnitas:

- Moles etanolamina: m_e
- Moles de agua: m_{agua}
- Masa de solución: M

Y se tienen tres ecuaciones:

- Moles de inerte:

$$m_e + m_{\text{agua}} = 707,75 \text{ moles}$$

- Masa total:

$$PM_e * m_e + PM_{\text{agua}} * m_{\text{agua}} + PM_{\text{CO}_2} * m_{\text{CO}_2} = M$$

- Solución 30% en peso de etanolamina

$$PM_e * m_e = 0,3 * M$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones se encuentra que:

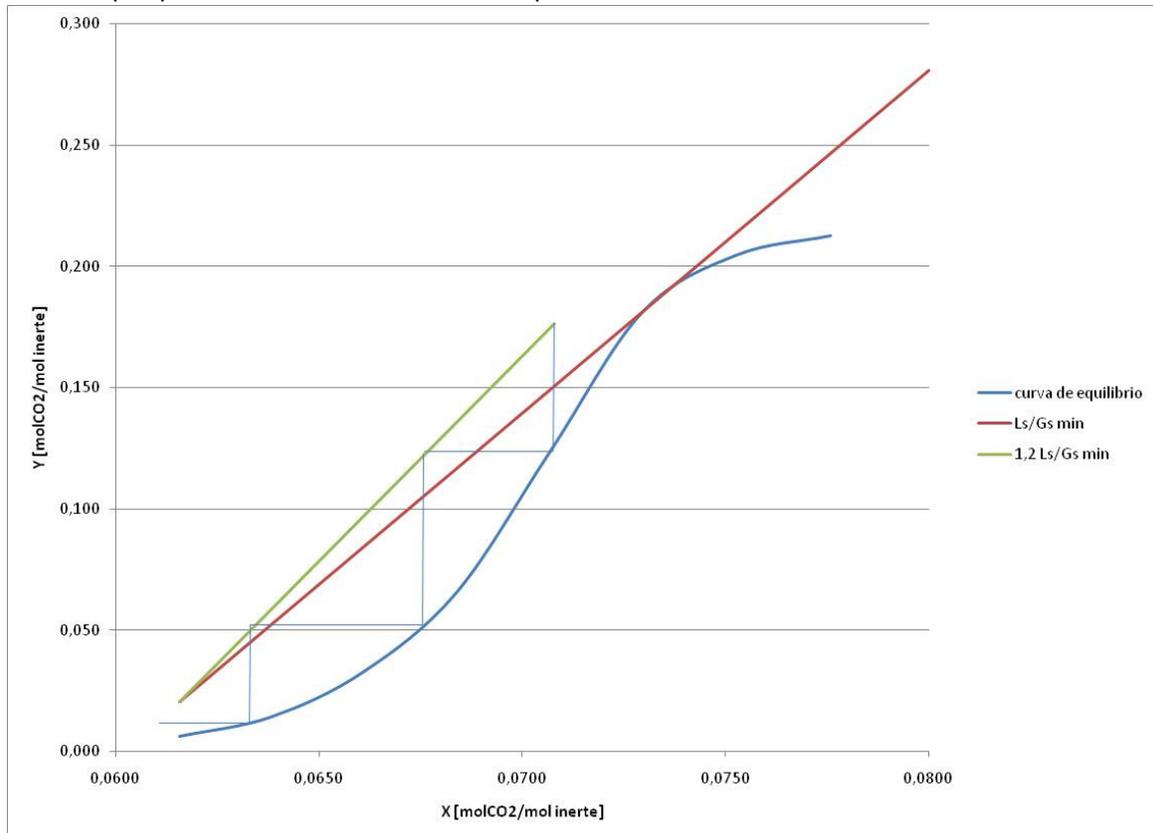
$m_e = 91,42$ moles

$m_{\text{agua}} = 616,34$ moles

Y la masa total de solución es de : 18,6 Kg de solución para 1m^3 de gas a tratar.

c)

N° de etapas para eficiencia del 100% = 3 etapas.



d)
Número de etapas para eficiencia del 50% = 6 aprox.

