

Resolución

Ejercicio Adicional de Parcial

1° Cuatrimestre - 2023

Enunciado

En una torre de absorción de 6 m de altura y 2,4 m de diámetro, rellena con anillos Raschig de cerámica de 1", se tratan 1500 m³/h de una mezcla benceno-aire, con composición 10% en volumen de benceno a 40°C y 1 atm. En contracorriente con el gas, entran 3100 kg/h de líquido absorbente de PM = 50, densidad 0,85 g/cm³ y viscosidad de 1,4 cP, con el objetivo de obtener un gas de salida con una composición de 1% en volumen de benceno. Se pide:

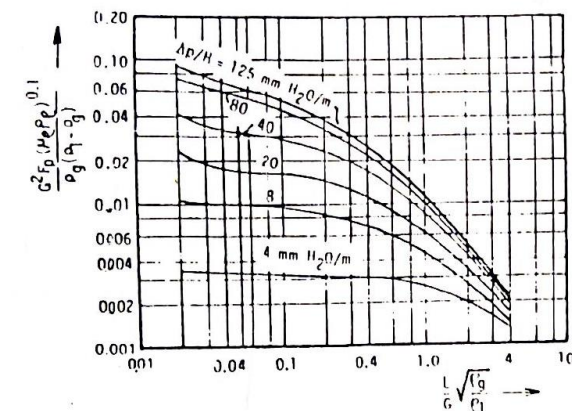
Datos

- a) Calcular el caudal mínimo de líquido
- b) Calcular la composición de salida del líquido
- c) Verificar si la torre es operable para estas condiciones.
- d) ¿Qué pasa si por problemas operativos la torre operara a una presión de 1,2 atm? Explicar cualitativamente, indicando qué variables se mantienen y cuáles se modifican (y en qué sentido).

Equilibrio (en relaciones molares) es: $Y^* = 0,95 \cdot X$

FP (anillos Raschig de cerámica de 1") = 155

HETP = 1 m/plato teórico



Resolución

Primero puedo pasar los caudales a base molar:

$$G = \frac{G_v \cdot P}{R \cdot T} \quad L = \frac{Lm}{PM}$$

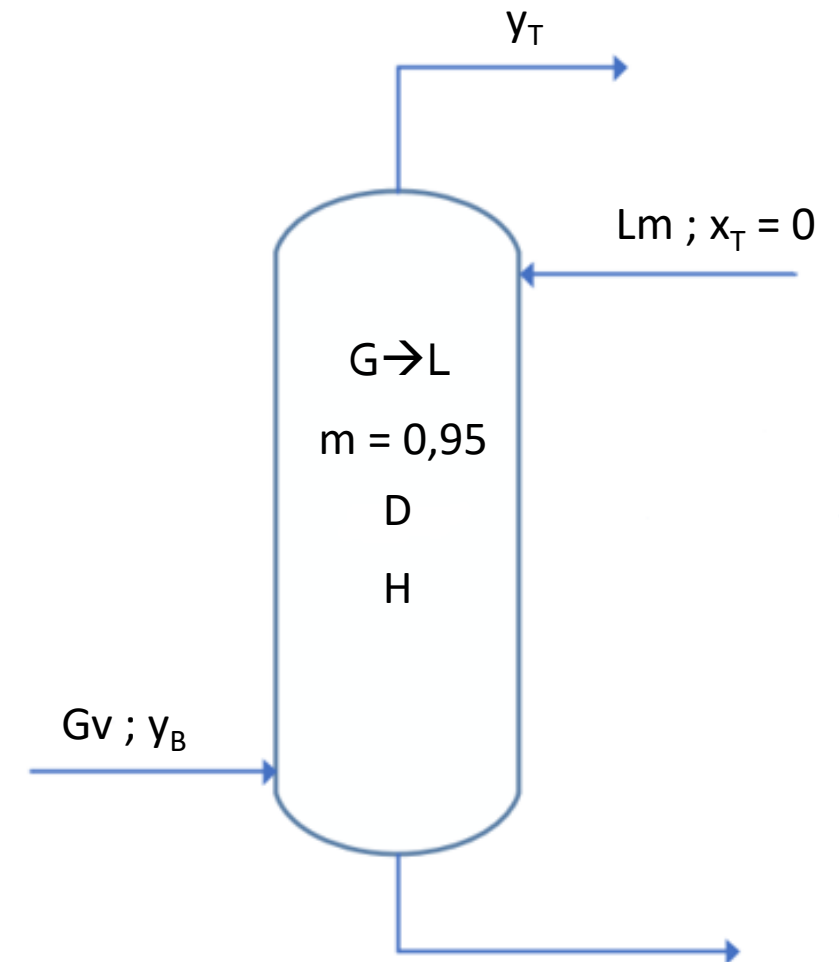
Como el equilibrio me lo dan en relaciones molares, puedo pasar todo a relaciones

Obtengo G_S, L_S, X_T, Y_B, Y_T

Planteo balance de masa

$$L_S \cdot X_T + G_S \cdot Y_B = L_S \cdot X_B + G_S \cdot Y_T$$

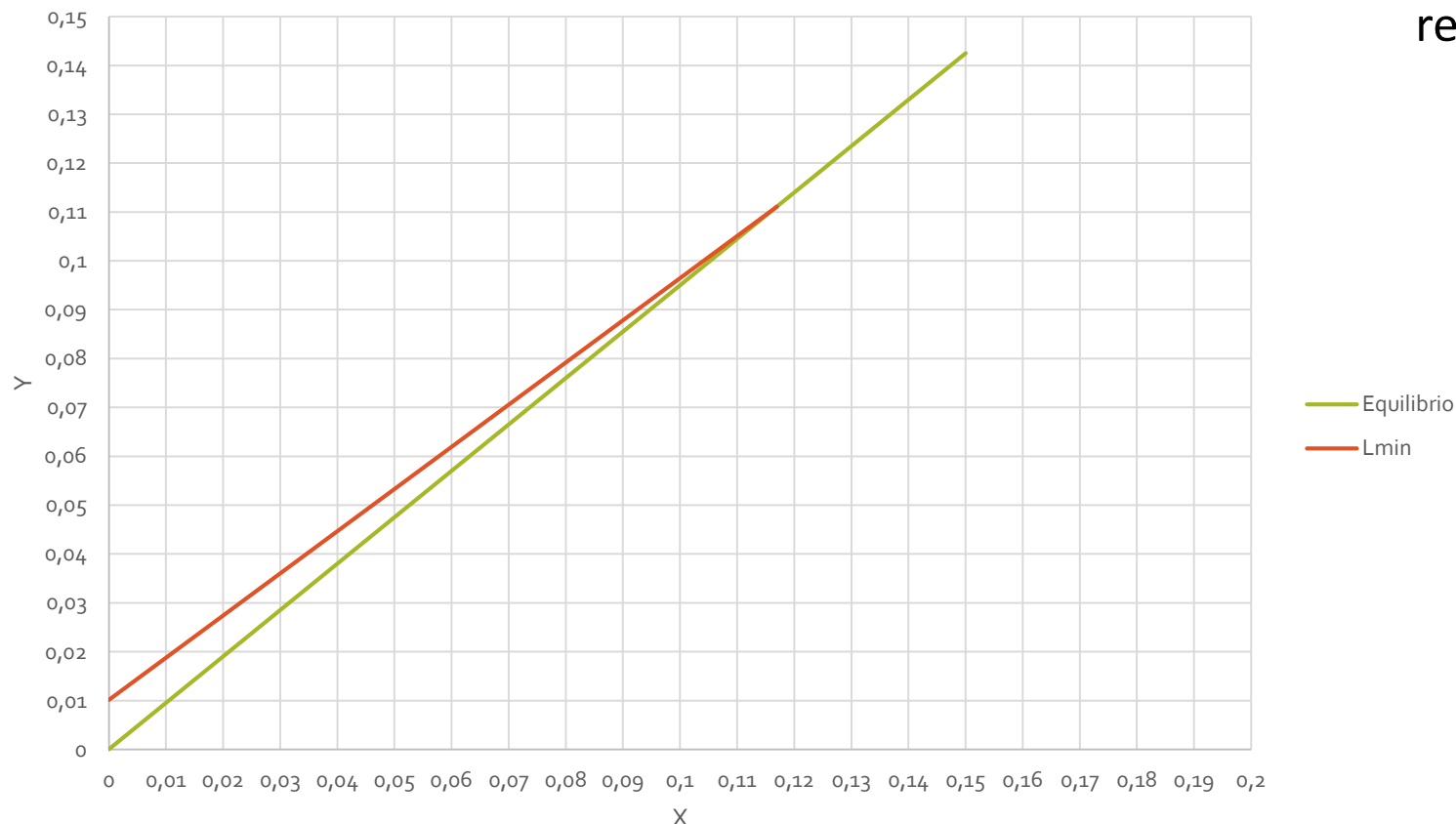
$$\frac{L_S}{G_S} = \frac{Y_T - Y_B}{X_T - X_B} \quad \longrightarrow \quad \text{Puedo obtener } X_B \text{ (ítem b))}$$



Resolución – Ítem a) - Caudal mínimo

$$\frac{L_S}{G_S} = \frac{Y_T - Y_B}{X_T - X_B}$$

Puedo obtener el L_s min **gráficamente**:



O **analíticamente**, sabiendo que tanto equilibrio como recta de operación son rectas:

$$X_{Bmin} = \frac{Y_B}{m}$$

$$\frac{L_{Smin}}{G_S} = \frac{Y_T - Y_B}{X_T - X_{Bmin}}$$

Resolución - *Ítem c)* - Operabilidad

¿Qué significa que la torre sea operable? ➡ Transferencia de masa
 ➡ Hidráulica

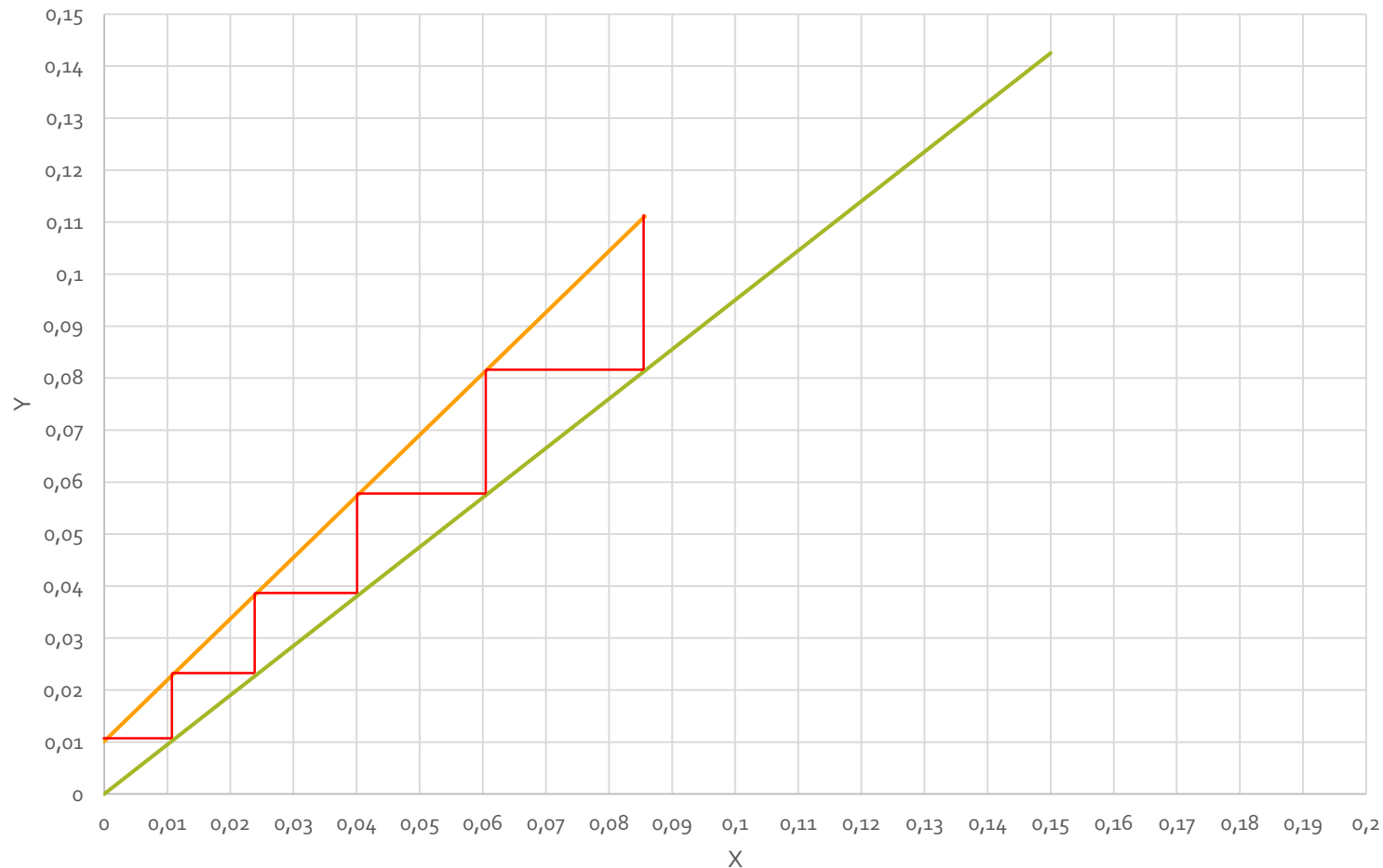
Para verificar que se cumpla la **transferencia de masa** hay dos caminos:

1. Con la altura definida y el HETP puedo sacar cuántos 'platos' tiene mi torre. Con ese valor y liberando las composiciones de salida (Y_T, X_B), itero hasta encontrar las composiciones de salida correctas. Luego comparo el Y_T obtenido con la especificación: ¿estoy cumpliendo o no?
2. Diseño la torre y veo cuántos platos necesita mi torre para poder cumplir con la operación (McCabe común y corriente). Con el dato obtenido obtengo la altura de relleno equivalente mediante el HETP y la comparo con la altura que tiene mi torre: ¿me alcanza?

¿Son válidas las respuestas de ambos métodos? ¿Qué método es más corto?

Resolución - Ítem c) - Operabilidad

Transferencia de masa



$$N_P = 5$$

$$H_{necesaria} = 5 m$$

$$H_{disponible} = 6 m$$

Resolución - Ítem c) - Operabilidad

Hidráulica

La manera más rápida para chequear es calcular ambos factores del gráfico de Eckert y ver dónde cae mi punto operativo:

$$x = \frac{L}{G} \sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}}$$

$$y = \frac{G^2 \cdot F_P \cdot (\mu_L \cdot \rho_L)^{0.1}}{\rho_G (\rho_L - \rho_G)}$$

¿Se inunda o no?

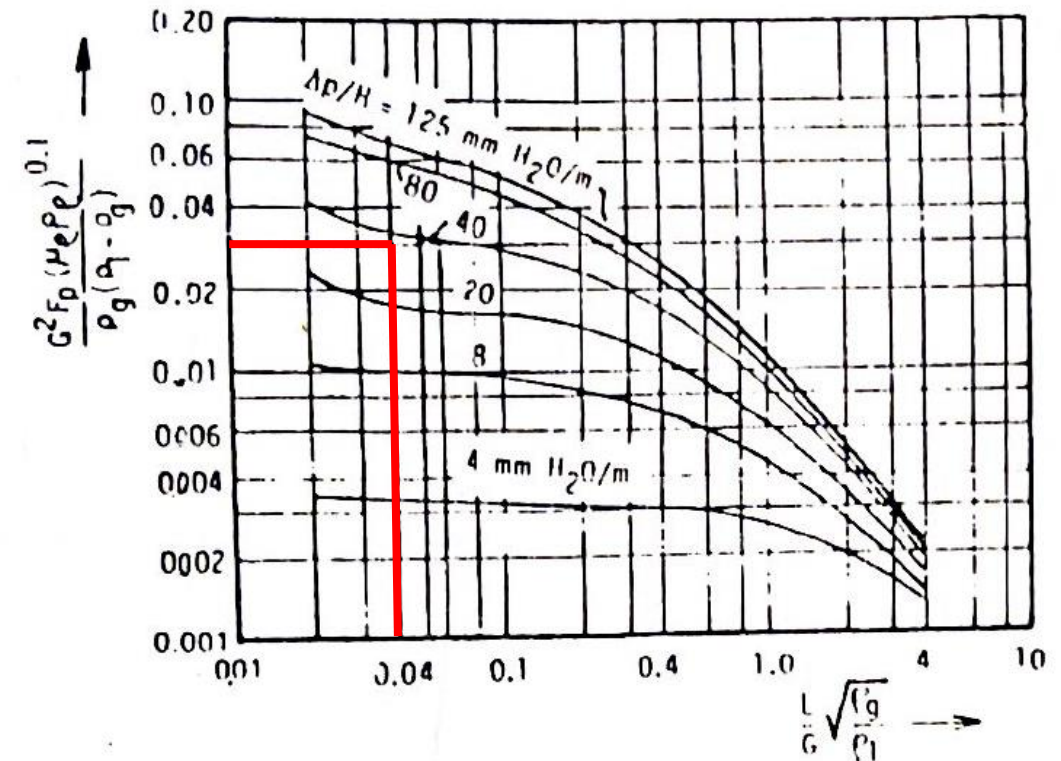


Figure 2.56 Generalized pressure drop correlation for packed columns.⁴⁴ Packing factor F_P in Table 2.6. Here, G and L are mass flow rate of vapour and liquid referred to the total cross-section, $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s})$, ρ_v and ρ_l vapour and liquid density, kg/m^3 , and μ the liquid viscosity, $\text{N s}/\text{m}^2$.

Resolución - *Ítem d)* – Cambio de P

¿Qué pasa cuando cambio la presión?



Transferencia de masa



Hidráulica

- Transferencia de masa: cambia el equilibrio. Si subo P baja m, mi recta de operación se encuentra más lejos del equilibrio. Se favorece la absorción
- Hidráulica: A mayor presión, mayor densidad del gas. A misma sección de torre, menor velocidad del gas, debería jugar a favor. Puedo ver cómo cambian los ejes en el gráfico directamente y comprobarlo

¿Y por qué no opero entonces a una presión $P = 7426128734 \text{ atm}$?

¿Preguntas?