

GUÍA 4 - Absorción/Desorción

Problema 9

1° Cuatrimestre - 2025



Enunciado

Se desea diseñar una torre de platos para absorber un compuesto orgánico *A* que se encuentra en una composición del 30% molar y a una temperatura de 16°C en una corriente gaseosa con un caudal de 0,1 kmol/s, con aceite en contracorriente puro a una temperatura de 38°C, con un caudal de 30 kg/s. Se quiere eliminar el 98% del compuesto orgánico presente en el gas de entrada. La operación será adiabática, y se considera que el compuesto *A* forma soluciones ideales con el aceite pesado y se puede desestimar el calor de disolución.

Calcular:

1. el número de platos
2. la temperatura de salida de la corriente gaseosa
3. la concentración del aceite y del gas a la salida

Enunciado

Datos:

$$Cp_{aceite} = 1,675 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$Mr_{aceite} = 180 \frac{kg}{kmol}$$

$$Cp_{aire} = 1 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$Mr_{aire} = 28,96 \frac{kg}{kmol}$$

$$Cp_{A-liq} = 167,5 \frac{kJ}{kmol \cdot ^\circ C}$$

$$Cp_{A-vap} = 125,6 \frac{kJ}{kmol \cdot ^\circ C}$$

$$\lambda_{0^\circ C} = 27100 \frac{kJ}{kmol}$$

T [°C]	32	38	43	52
P _{vapor} [mmHg]	722	760	798	836
m	0,95	1	1,05	1,1

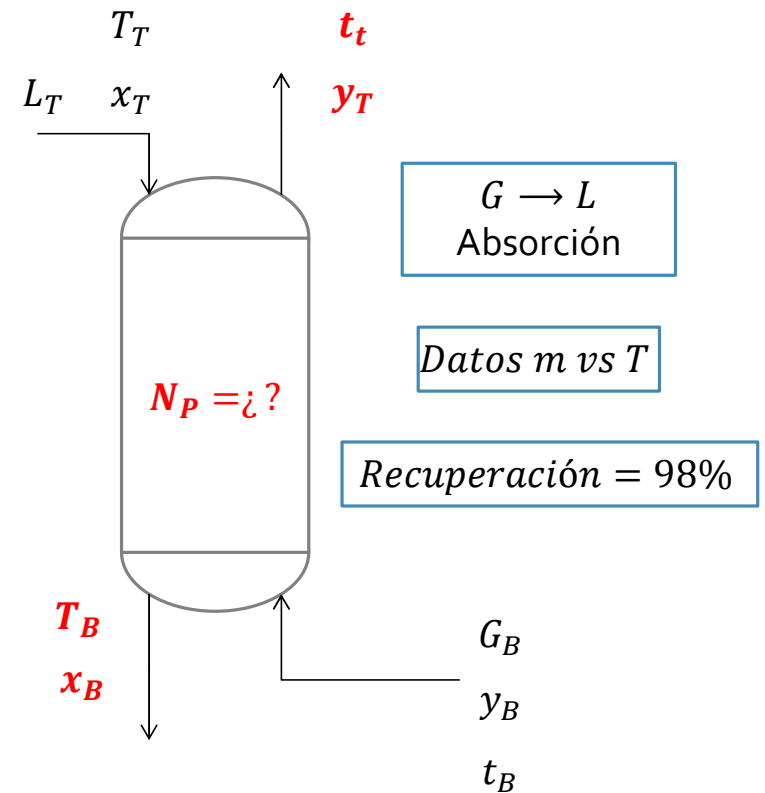
Planteo – Balance de Masa

$y_B = 30\%$ \longrightarrow Solución concentrada

$$Y_B = \frac{y_B}{1 - y_B} = 0,428$$

$$G_S = G_B \cdot (1 - y_B) = 0,07 \frac{\text{kmol}}{\text{s}}$$

$$L_S = \frac{L_T}{Mr} \cdot (1 - x_T) = 0,167 \frac{\text{kmol}}{\text{s}}$$

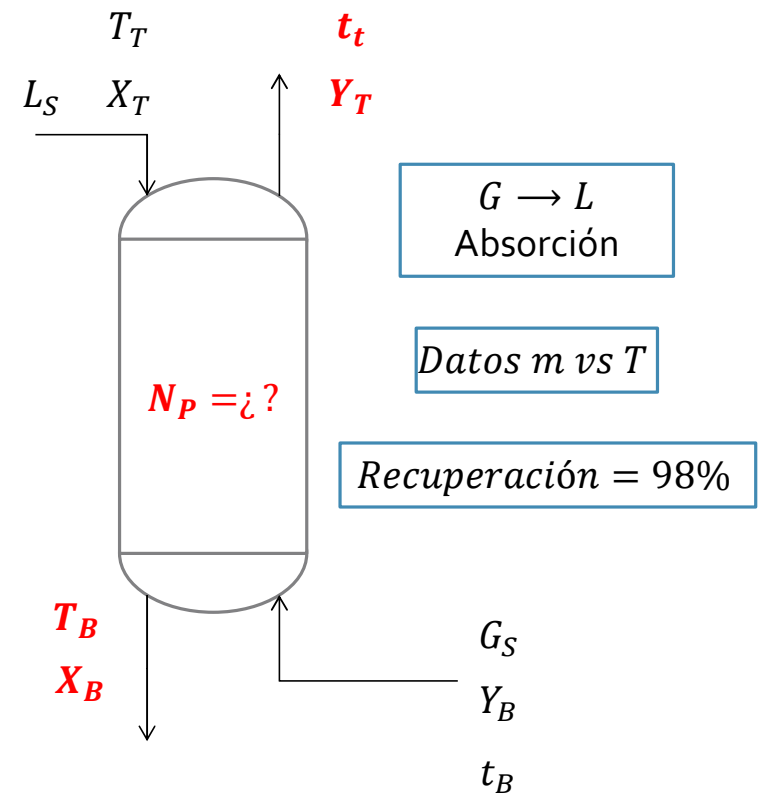


Planteo – Balance de Masa

$$\text{Recuperación} = \frac{G_B \cdot y_b - G_T \cdot y_T}{G_B \cdot y_B}$$

$$\text{Recuperación} = \frac{G_S \cdot (Y_B - Y_T)}{G_S \cdot Y_B} = \frac{Y_B - Y_T}{Y_B}$$

$$Y_T = 0,009$$



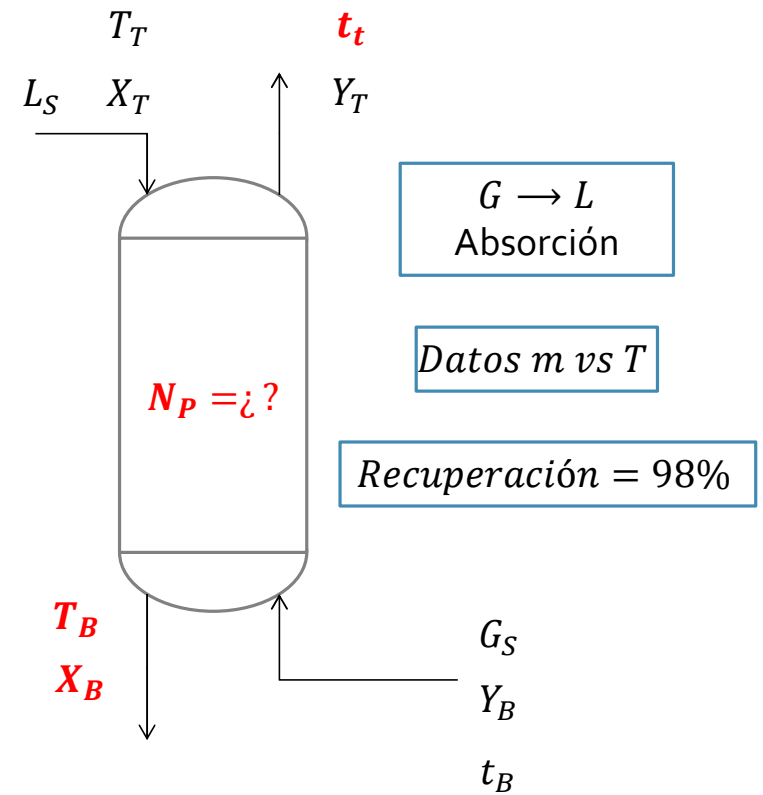
Planteo – Balance de Masa

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



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

$$X_B = 0,176$$



Planteo – Balance de Energía

$$BE) \quad H_T^L + H_B^G - H_B^L - H_T^G + Q = 0$$

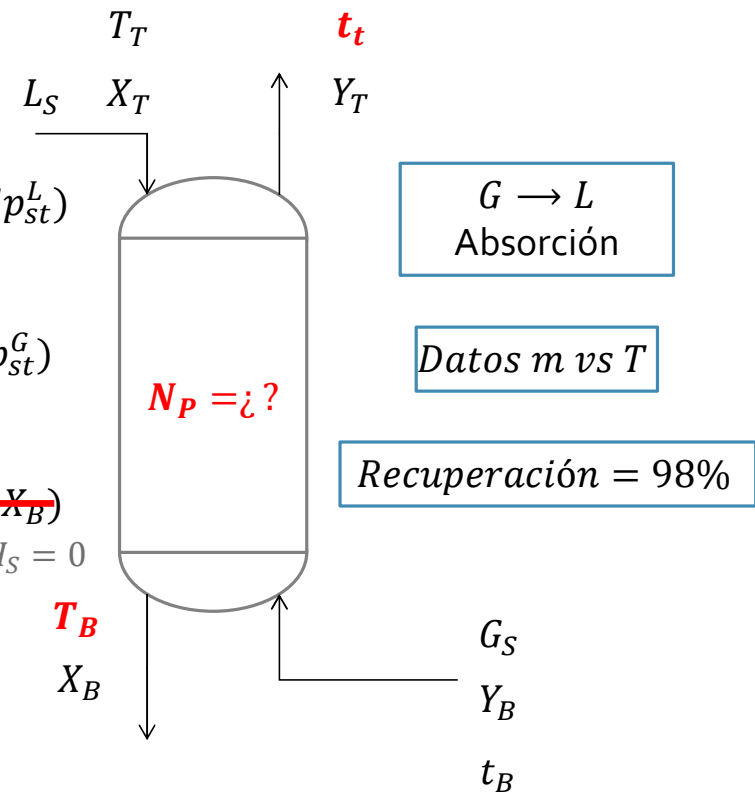
$$H^L = H_{sv}^L + H_{st}^L = L_{sv} \cdot Cp_{sv}^L \cdot T + L_{st} \cdot Cp_{st}^L \cdot T = L_S \cdot T \cdot (Cp_{sv}^L + X \cdot Cp_{st}^L)$$

$$H^G = H_{sv}^G + H_{st}^G = G_{sv} \cdot Cp_{sv}^G \cdot t + G_{st} \cdot Cp_{st}^G \cdot t = G_S \cdot t \cdot (Cp_{sv}^G + Y \cdot Cp_{st}^G)$$

$$Q = Q \text{ absorción} + Q \text{ disolución} = G_S \cdot \lambda \cdot (Y_B - Y_T) + \cancel{L_S \cdot \Delta H_S \cdot (X_T - X_B)}$$

Soluciones ideales $\rightarrow \Delta H_S = 0$

por enunciado



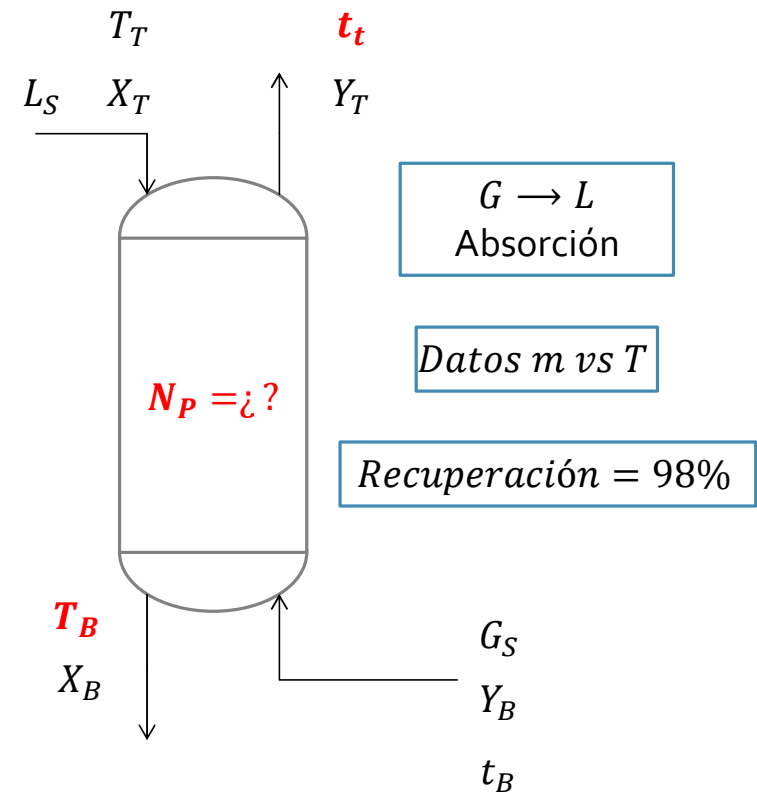
Planteo – Balance de Energía

$$BE) H_T^L + H_B^G - H_B^L - H_T^G + Q = 0$$

$$L_S \cdot T_T \cdot (Cp_{sv}^L + X_T \cdot Cp_{st}^L) + G_S \cdot t_B \cdot (Cp_{sv}^G + Y_B \cdot Cp_{st}^G) -$$

$$-L_S \cdot T_B \cdot (Cp_{sv}^L + X_B \cdot Cp_{st}^L) - G_S \cdot t_T \cdot (Cp_{sv}^G + Y_T \cdot Cp_{st}^G) +$$

$$+G_S \cdot \lambda \cdot (Y_B - Y_T) = 0$$



Planteo – Método de Lewis

¡Etapas de equilibrio!



- Equilibrio químico

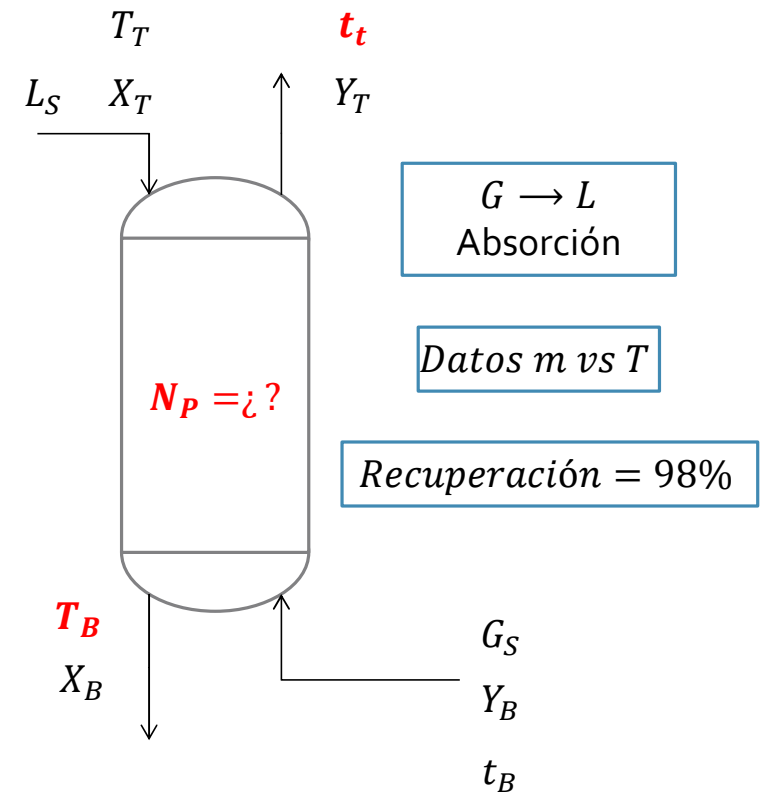
$$Y_j = \frac{m \cdot X_j}{1 - X_j \cdot (1 - m)}$$

- Equilibrio térmico

$$T_j = t_j$$

- Equilibrio mecánico

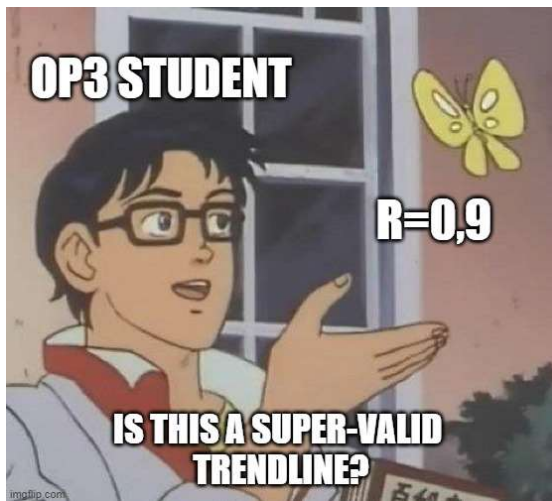
$$P_j = p_j$$



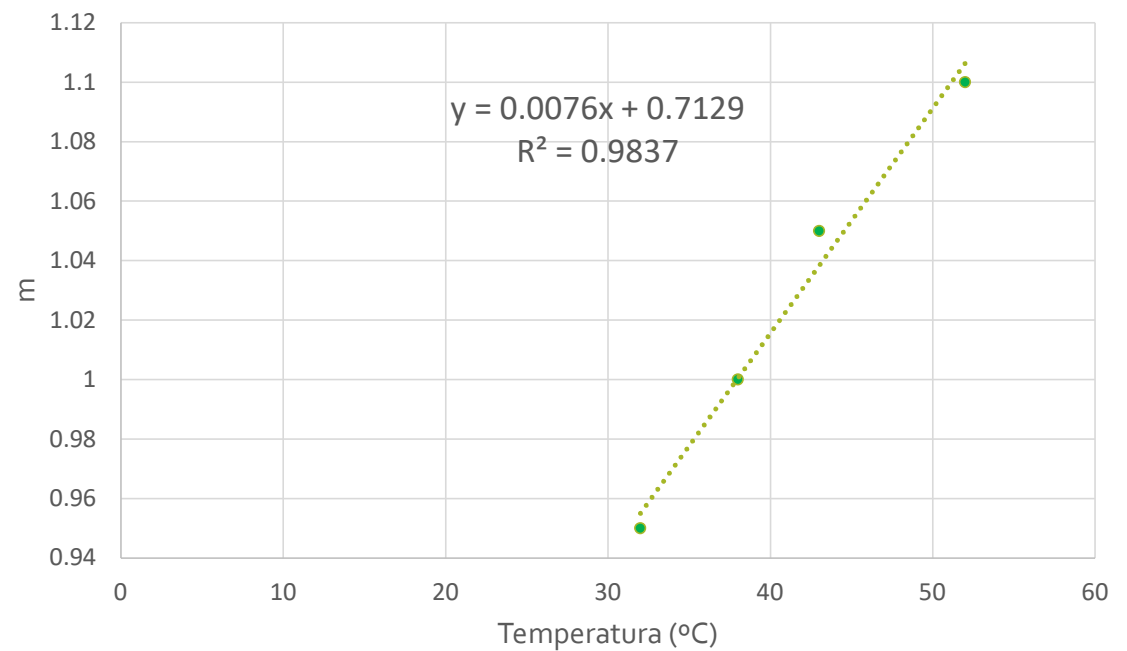
Paréntesis

¿Y qué hago con el m?

T [°C]	32	38	43	52
P _{vapor} [mmHg]	722	760	798	836
m	0,95	1	1,05	1,1



Correlación $m=f(T)$



Planteo – Método de Lewis

Resumiendo

- Balance de masa

$$\frac{L_S}{G_S} = \frac{Y_j - Y_{j+1}}{X_{j-1} - X_j}$$

- Balance de energía

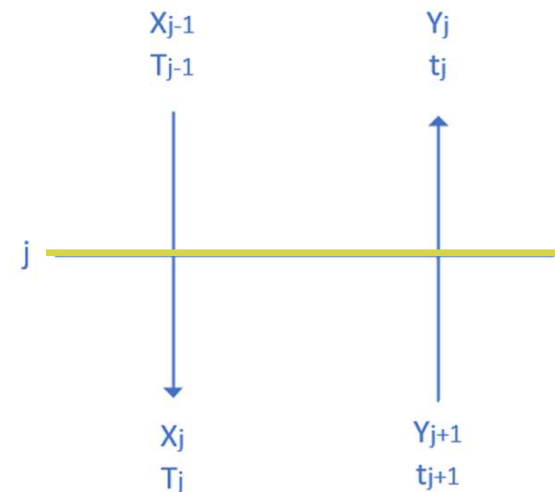
$$H_{j-1}^L(T_{j-1}) + H_{j+1}^G(t_{j+1}) - H_j^L(T_j) - H_j^G(t_j) + G_S \cdot \lambda \cdot (Y_B - Y_T) = 0$$

- Equilibrio químico

$$Y_j = \frac{m \cdot X_j}{1 - X_j \cdot (1 - m)}$$

- Equilibrio térmico

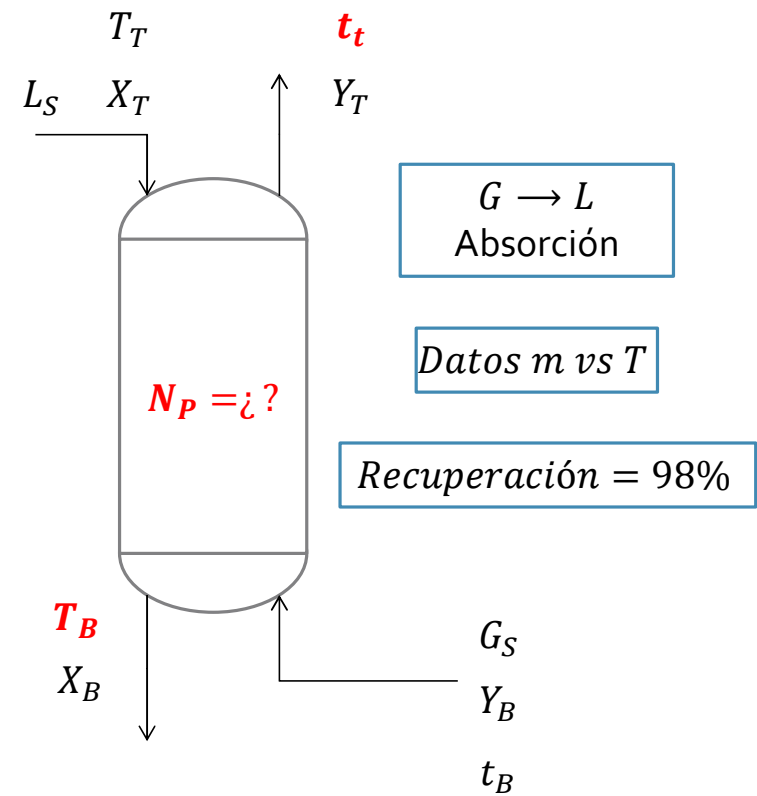
$$T_j = t_j$$



Planteo – Método de Lewis

Otra no queda...

Me armo un ciclo iterativo



Planteo – Iteración

¿Por dónde arranco?

Propongo una de las incógnitas del problema (*ver disclaimer al final*)

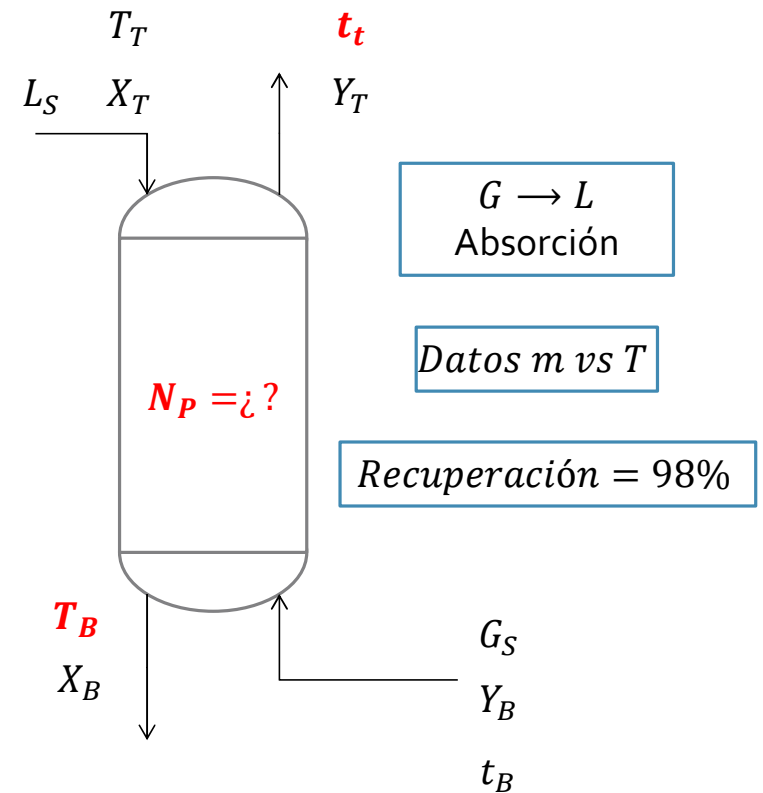


Propongo t_T → Cierro el balance de energía global.

$$L_S \cdot T_T \cdot (Cp_{sv} + X_T \cdot Cp_{st}^L) + G_S \cdot t_B \cdot (Cp_{sv} + Y_B \cdot Cp_{st}^G) - \\ - L_S \cdot T_B \cdot (Cp_{sv} + X_B \cdot Cp_{st}^L) - G_S \cdot t_T \cdot (Cp_{sv} + Y_T \cdot Cp_{st}^G) + \\ + G_S \cdot \lambda \cdot (Y_B - Y_T) = 0$$

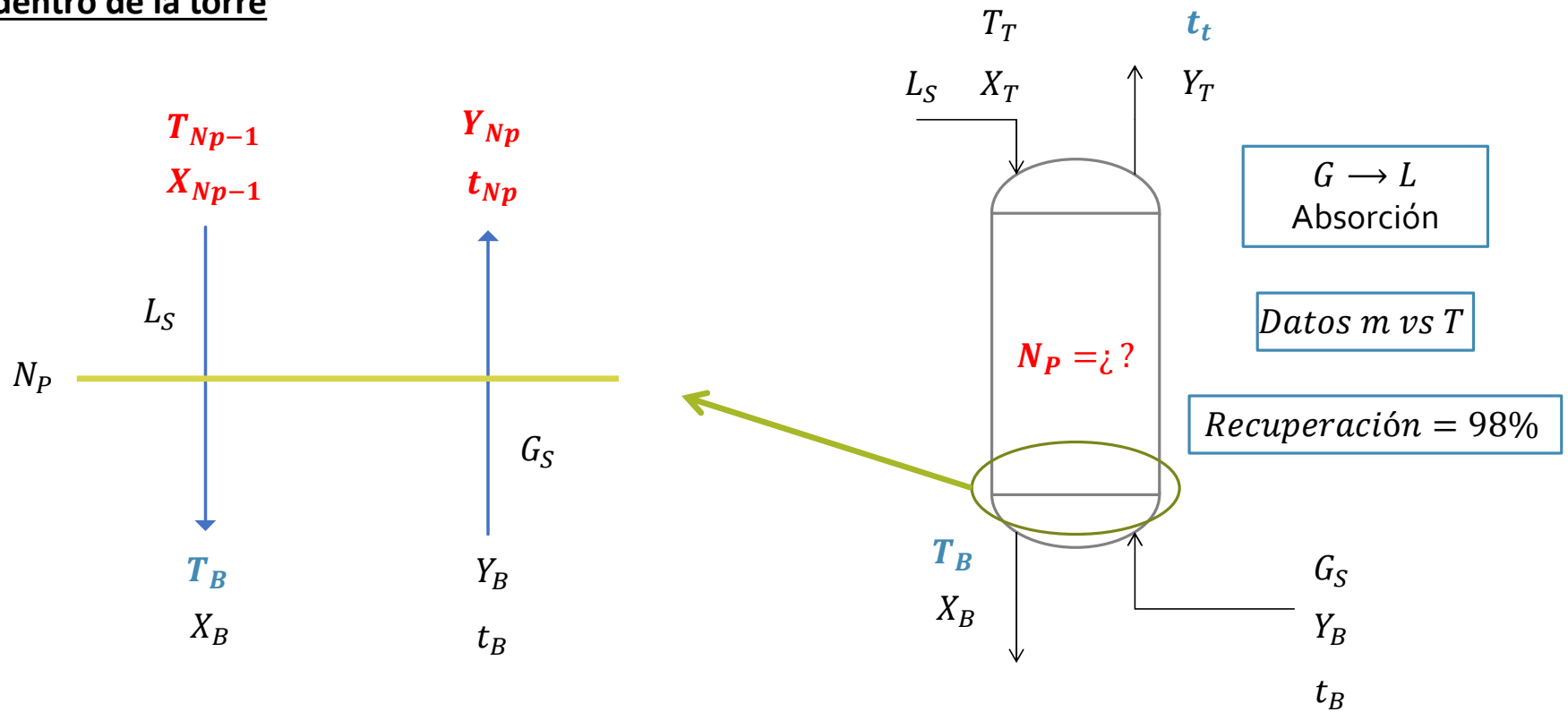


Obtengo T_B



Planteo – Iteración

Me meto adentro de la torre



Planteo – Iteración

Me meto adentro de la torre

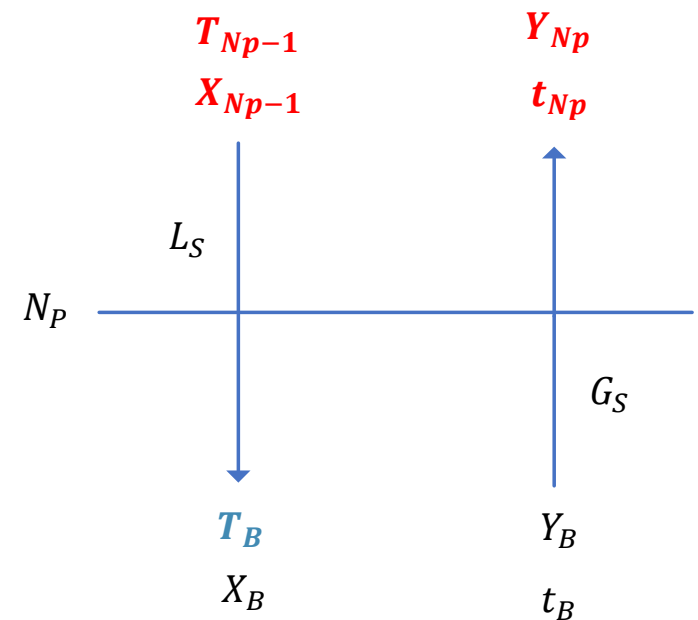
- Equilibrio térmico
- Equilibrio químico
- Balance de masa
- Balance de energía

$$T_B = t_{Np} \longrightarrow \text{Calculo } m$$

$$Y_{Np} = \frac{m \cdot X_B}{1 - X_B \cdot (1 - m(T_B))}$$

$$\frac{L_S}{G_S} = \frac{Y_{Np} - Y_B}{X_{Np-1} - X_B}$$

$$H_T^L(T_{Np-1}) + H_B^G(t_B) - H_B^L(T_B) - H_T^G(t_{Np}) + G_S \cdot \lambda \cdot (Y_B - Y_T) = 0$$



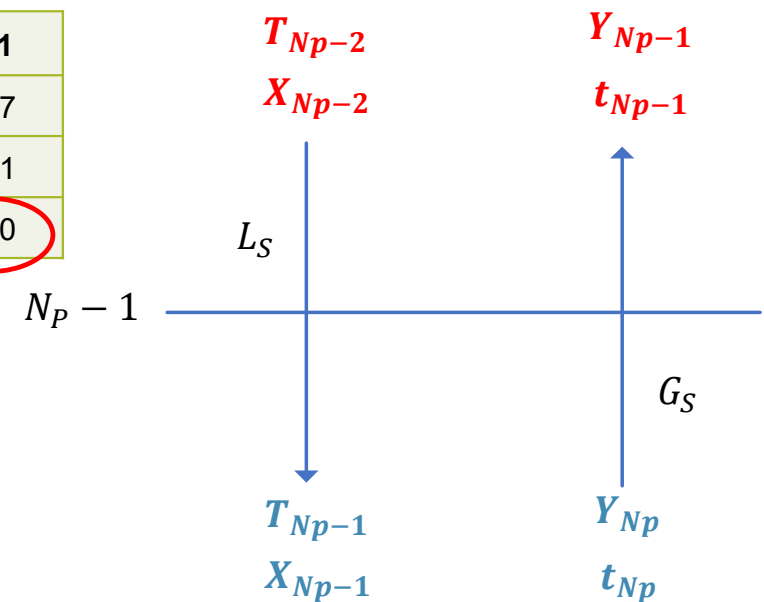
Resultados

Avanzo cerrando balances plato a plato

j	Xj	Tj	Yj+1	tj+1	tj	Yj	Xj-1	Tj-1
Np	0,176	49,2	0,429	16	49,2	0,127	0,050	42,7
Np-1	0,050	42,7	0,127	49,2	42,7	0,037	0,012	39,1
Np-2	0,012	39,1	0,037	42,7	39,2	0,009	0,000	38,0

Valor semilla propuesto \longrightarrow $t_T = 39,1 \text{ } ^\circ\text{C}$

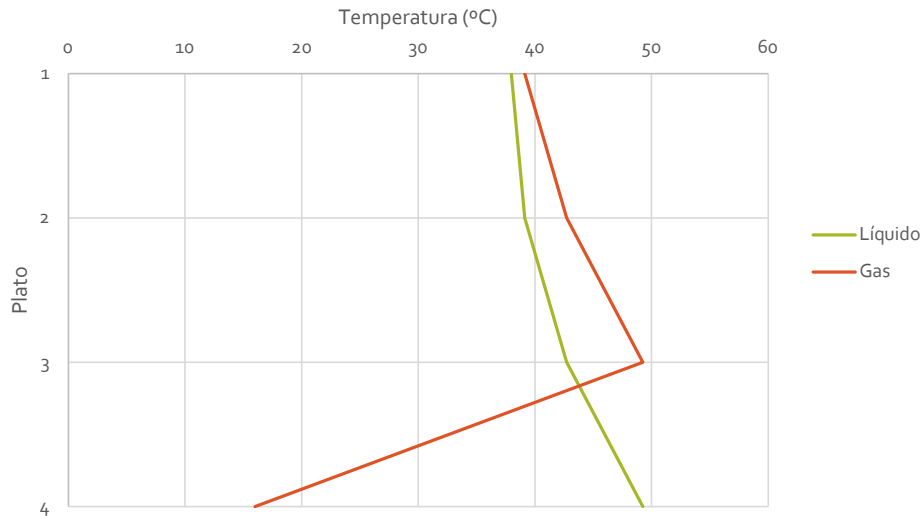
¿¿Cuándo se cierra el ciclo??



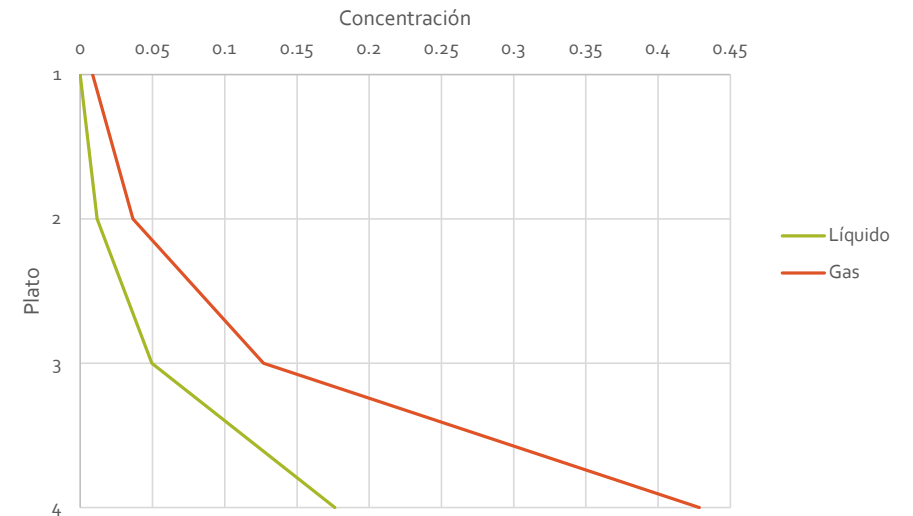
Resultados

Perfiles de temperatura y composiciones

Perfiles de temperatura



Perfiles de concentración



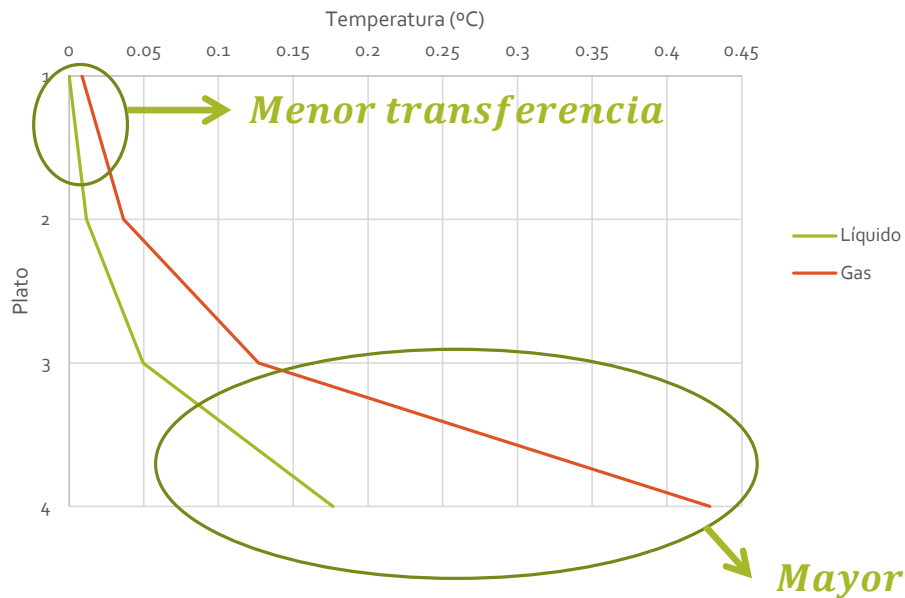
Disclaimer

¿Por qué propuse t_T en vez de T_B ?



- Teóricamente, el sistema debería cerrar a los mismos valores independientemente de qué valor suponga
- Va a cambiar de qué lado comienzo a 'barrer' a la torre: Si propongo t_T , se va de abajo para arriba; si propongo T_B se calcula de arriba para abajo
- Conviene arrancar el cálculo de Lewis por donde haya más transferencia, así los valores no se disparan hacia el final del método.
- Viendo el perfil, sabemos que la semilla a proponer como temperatura de gas en el tope, estará relativamente cerca de la temperatura del líquido de entrada, ya que es la zona con menor transferencia.

Perfiles de concentración





¿PREGUNTAS?