

En una columna de purificación (como la de la figura) del argón recuperado del gas de purga del bucle de síntesis de una planta de amoníaco que trabaja a 400psia se alimenta una mezcla del 15% m de nitrógeno y resto argón, obteniéndose por cabeza y cola argón y nitrógeno casi puros (concentraciones del 99.8% ambos)

Si la relación de reflujo externo es de 18 determinar:

- El número de platos de la columna y el plato en el que se introduce la alimentación.
- La temperatura de la alimentación en el punto 2 (T2) de la figura.
- El calor que se debe disipar en el intercambiador E1.
- ¿Se puede utilizar la corriente de destilado para enfriar la alimentación desde T2 a -230°F en el cambiador E1?

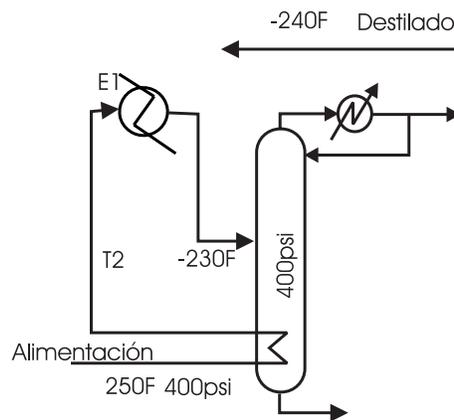


Figura 1:

DATOS:

- Calor específico medio de la alimentación en estado líquido, $8.6\text{kcal/kmol}^{\circ}\text{F}$
- Calor específico medio de la alimentación en estado vapor, $4\text{kcal/kmol}^{\circ}\text{F}$
- Temperatura de condensación de la alimentación a 400psi, -218°F
- Calor de vaporización de la alimentación 880kcal/kmol
- Temperatura del plato de alimentación -217°F
- Calor de vaporización en las condiciones del plato en el que se introduce la alimentación, 870kcal/kmol .
- Calor de vaporización de la mezcla nitrógeno-argón en el rehervidor 890kcal/kmol .

- Temperatura de la alimentación a la entrada a la columna, -230F
- Temperatura del destilado, -240F
- Calor específico medio del destilado en estado vapor, 3.8kcal/kmolF
- Calor de vaporización del destilado, 770kcal/kmol
- Diagrama de equilibrio x-y del nitrógeno a 400psia.

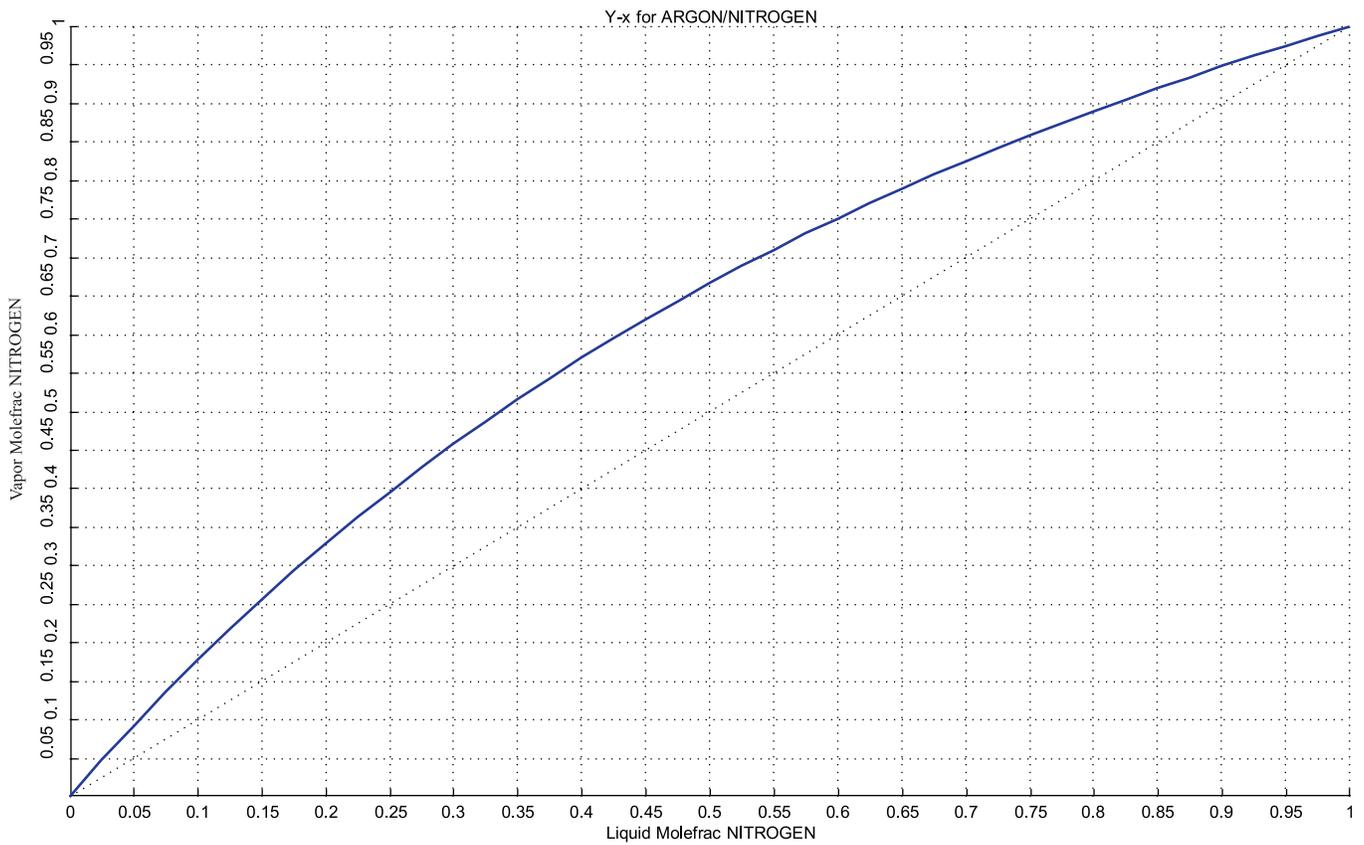


Figura 2:

Solución

La alimentación entra subenfriada, luego al entrar condensará vapores del plato hasta llegar a la temperatura del plato de alimentación. Haciendo un balance tomando como base de cálculo un caudal molar de alimentación de 100kmol/h:

$$F_{\text{alim}} C_{p,\text{alim}} \Delta T = \lambda_{\text{vap,plato-alim}} V$$

$$100 * 8.6 * (-217 - (-230)) = 870 * V \Rightarrow V = 12.85 \text{ kmol/h}$$

Luego la pendiente de la recta de alimentación será $L/V = 100/(12.85) = 7.78$. La recta queda: $y = 0.25 + 7.78(x - 0.15)$.

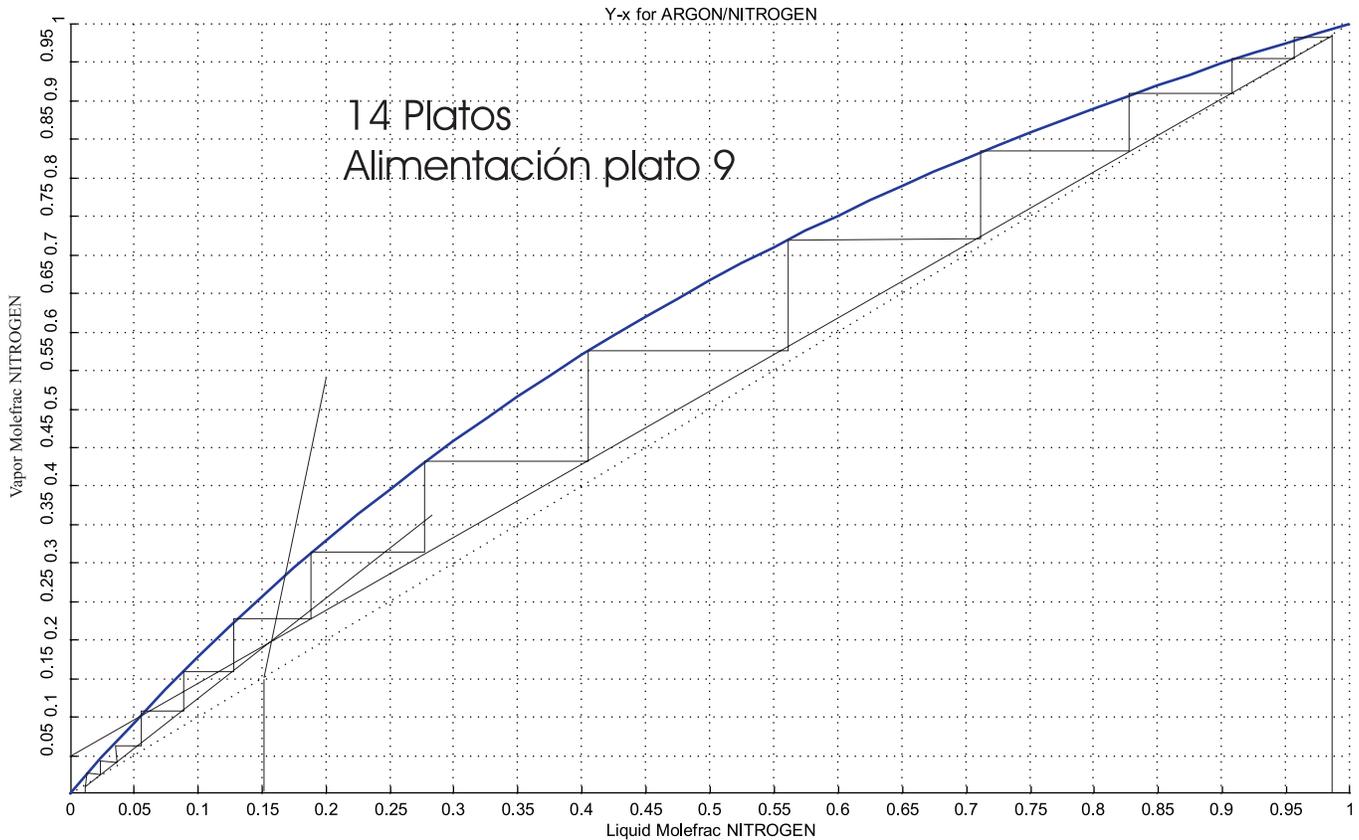


Figura 3:

Para calcular la temperatura T2 hay que calcular previamente el calor del rehervidor (que es aportado por la alimentación). Para ello del diagrama obtenemos la pendiente de la recta de agotamiento, relación L/V en el fondo de la columna. Se calculan los vapores del fondo y con el calor de vaporización del fondo de la columna se obtiene el calor del rehervidor.

Cálculo de los vapores, se establecen las siguientes ecuaciones:

$$pdte = L/V$$

$$L = V + B \text{ Balance global al fondo de la columna}$$

$$F = D + B \text{ Balance global a la columna}$$

$$x_{N,F}F = x_{N,B}B + x_{N,D}D \text{ Balance nitrógeno}$$

De las dos última ecuaciones:

$100 = D + B$ y $0.15F = 0.02B + 0.98D$ se obtiene

$D = 14.86 \text{ kmol/h}$ y $B = 85.14 \text{ kmol/h}$.

Del diagrama se obtiene una pendiente L/V de la recta de agotamiento igual a 1.35, luego:

$$1.35 = \frac{V+B}{V} \Rightarrow V = 240.4 \text{ kmol/h}$$

El calor del rehervidor: $Q_h = V * \lambda = 240.4 * 890 = 213960 \text{ kcal/h}$.

Luego la temperatura T_2 haciendo un bala ce será:

$F * C_{p,alim}(250 - T_2) = 213960 \Rightarrow T_2 = -284.9$ Como esta temperatura está por debajo de la de condensación se corrige: $F * C_{p,vap,alim}(250 - (-218)) + \lambda F_{vap} = 213960 \Rightarrow F_{vap} = 30.4 \text{ kmol/h}$ Luego $T_2 = -218 \text{ F}$.

Para enfriar la alimentación de T_2 a -230 F se necesitan:

$$Q_c = \lambda(F - F_{vap}) + F * C_{pI,alim} * (-218 - (-230)) \Rightarrow Q_c = 71568 \text{ kcal/h}$$

El destilado sale a su temperatura de burbuja, luego primero se evaporará y luego se calentará, haciendo el balance:

$D * \lambda_D + D * 3.8 * (-240 - T) = Q_c \Rightarrow T = 824 \text{ F}$ Luego no se puede utilizar por haber cruce de temperaturas entre las corrientes.