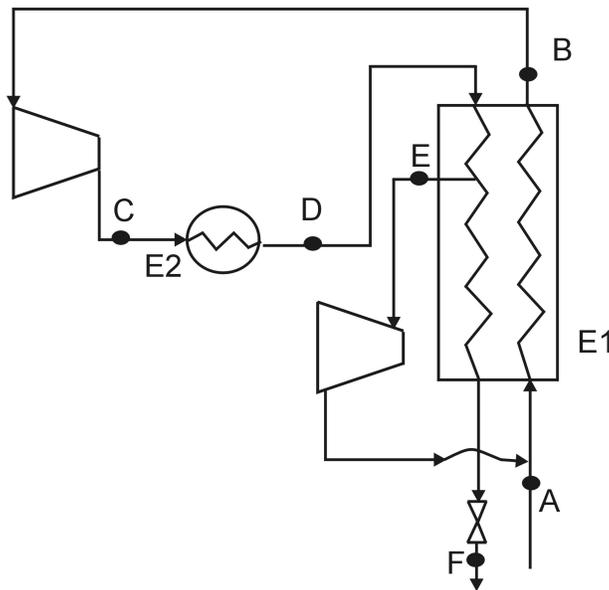


En una planta de fraccionamiento de aire, se extrae por cabeza de la columna del alta presión (5ata) una corriente de nitrógeno gas que entra en el sistema de reciclo (punto A) representado en la figura. En este sistema la corriente se calienta hasta  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$  (punto B) en el cambiador E1, posteriormente se comprime hasta 40 ata (punto C), en esta compresión se incrementa la temperatura hasta  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente se enfría hasta una temperatura  $T_d$  en el cambiador E2 (punto D) y entra de nuevo en el cambiador E1. El cambiador E2 elimina 66Btu por kg de corriente que enfría. De este cambiador (E1) se extrae una parte de la corriente (punto E) que se expande de forma isoentrópica en una turbina hasta la temperatura de la corriente de entrada al cambiador E1. Una vez expandida se une a dicha corriente de entrada al reciclo. El resto no extraído continúa su enfriamiento y tras una laminación hasta 5 ata se devuelve a la columna de alta presión como un reflujo complementario, a la temperatura de  $-179\text{ }^{\circ}\text{C}$  (punto F).



Se pide:

1. Calcular la temperatura del punto D,  $T_d$ .
2. Calcular el porcentaje a extraer de la corriente que entra de vuelta en el cambiador E1. (punto E)
3. Dibujar la evolución del gas en el diagrama Presión-Entalpía del nitrógeno.

Datos: Diagrama Presión-Entalpía del nitrógeno.

## Solución

Con los datos del enunciado se pueden situar los siguientes puntos:

Punto A. Vapor saturado (salida de la cabeza de la columna) y presión de 5 ata, que equivalen a 73.5psi

Punto B. Situado a 5 ata y  $-65^{\circ}\text{C}$ , es decir, 73.5psi y  $-85^{\circ}\text{F}$

Punto C. Presión de 40 ata y temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , es decir, 588 psi y  $68^{\circ}\text{F}$ .

Punto D. Sólo conocemos su presión, 40 ata.

Punto E. Conocemos su presión y conocemos que se expansiona isentrópicamente hasta las condiciones de entrada al cambiador (punto A). Luego se traza una isentrópica por el punto A y donde corte a la recta de presión 40ata (588psi) tenemos el punto E.

Punto F. Conocemos su presión 5 ata y temperatura  $-179^{\circ}\text{C}$ , es decir,  $-290.2^{\circ}\text{F}$ . Además sabemos que es líquido pues el propósito de esta instalación es devolver un reflujo a la columna, luego lo tenemos situado en el diagrama.

Para completar la evolución se traza una vertical por el punto F hasta que corte a la presión de 40 ata pues la laminación que sufre es isoentálpica (correspondiente a la vertical del diagrama)

### *Temperatura del punto D*

Balance de entalpía al cambiador E2.

Sea F el caudal que entra por A y R el caudal segregado en el punto E.

$$(F + R)[h_C - h_D] = Q_{E_2}$$

$$h_D = h_C - Q_{E_2}/(F + R)$$

$h_C$  según el diagrama de entalpía es 130Btu/lb

Como nos dan el calor por kg de corriente tenemos:  $Q_{E_2}/(F + R) = 66\text{Btu/kg} = 66 * 0,454\text{Btu/lb} = 30\text{Btu/lb}$

$$h_D = 130 - 30 = 100\text{Btu/lb}$$

Con esta entalpía y conociendo la presión del punto D, se puede situar en el diagrama. **La temperatura de este punto (D) es:  $-30^{\circ}\text{F}$  o  $-34.5^{\circ}\text{C}$ .**

### *Porcentaje a extraer*

Balance de entalpía al cambiador E1:

$$(F + R)h_D + Fh_A = (F + R)h_B + Rh_E + Fh_F$$

Tomando como base de cálculo  $F=100\text{lb}$ :

$$(100 + R)100 + 100 * 42 = (100 + R) * 95 + R * 70 + 100 * (-40) \Rightarrow R = 133,8\text{lb}$$

**Luego se segrega:  $R/(F+R)=133.8/(133.8+100)=0.572$ , un  $57.2\%$**

# NITROGEN PRESSURE - ENTHALPY DIAGRAM

$S = \text{Specific Entropy, Btu/lb.}^\circ\text{R}$      $T = \text{Temperature, }^\circ\text{F}$   
 $V = \text{Specific Volume, cu. ft./lb.}$   
**DATUM:  $\text{N}_2$  (gas) at  $0^\circ\text{R}$  and  $0$  psia**  
 $H = 0, S = R \ln P = 0$

