

**Ejemplo 8 del Barderas. UNAM. Página 39.**

A un tanque de destilación instantánea se alimenta una disolución con la siguiente composición en mol: etano, 8%; propano, 22%; *n*-butano, 53%; *n*-pentano, 17%. Si la disolución entra a 13.6 atm y 82°C, ¿Cuál es la cantidad de vapores que puede esperarse y cuál será su composición, si se alimentan 100 kgmol/h?

Solución.

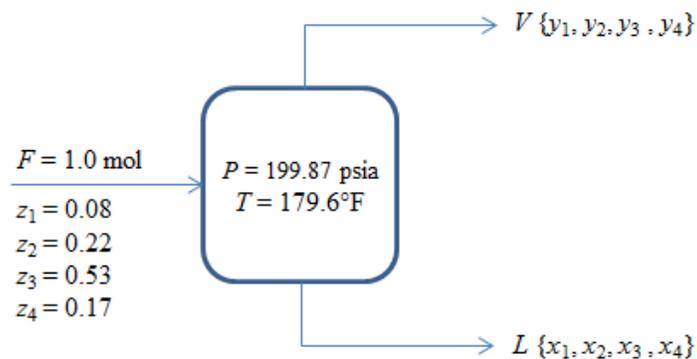
Componentes: Etano (1); Propano (2); *n*-Butano (3); *n*-Pentano (4)

Temperatura:  $T = 82^\circ\text{C} = 179.6^\circ\text{F}$

Presión:  $P = 13.6 \text{ atm} = 199.87 \text{ psia}$

$L = ?$ ;  $x_i = ?$ ;  $y_i = ?$

Composición de la alimentación:  $z_1 = 0.08$ ,  $z_2 = 0.22$ ,  $z_3 = 0.53$ ,  $z_4 = 0.17$



Para averiguar el estado termodinámico de la mezcla se aplica el siguiente criterio:

Utilizar  $f(V)$  como indicador preciso.

$$f(V) = \sum \frac{z_i(K_i - 1)}{1 + V(K_i - 1)}$$

Si  $f(0) < 0 \rightarrow$  Líquido sub-enfriado.

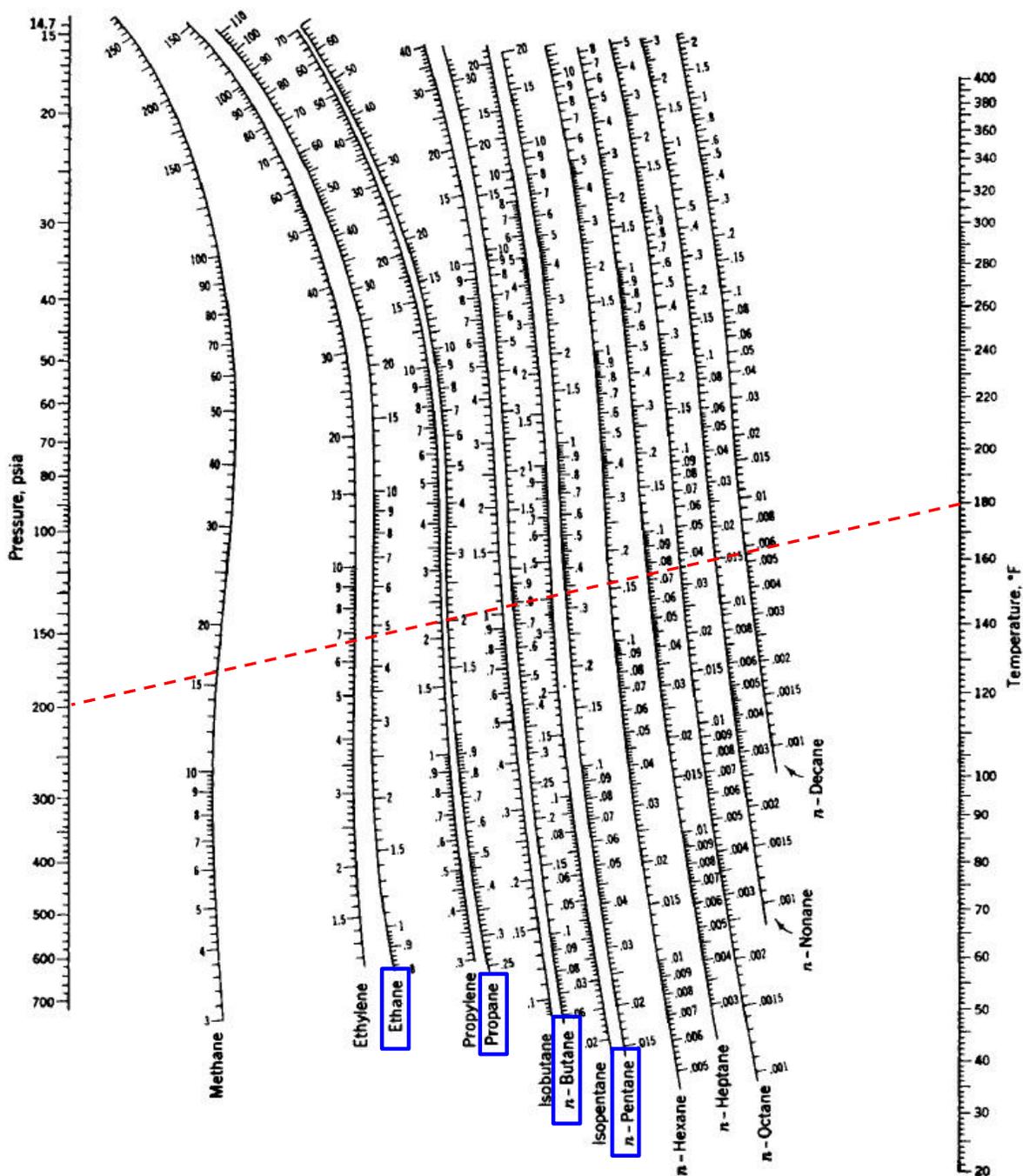
Si  $f(0) = 0 \rightarrow$  Líquido en su Punto de Burbuja.

Si  $f(1) = 0 \rightarrow$  Vapor en su Punto de Rocío.

Si  $f(1) > 0 \rightarrow$  Vapor sobrecalentado.

Si no se cumple alguna de estas condiciones, la corriente será una mezcla de líquido saturado + vapor saturado (Coexistencia de ambas fases en equilibrio).

A  $P = 199.85 \text{ psia}$  y  $T = 179.6^\circ\text{F}$ , de los diagramas de DePriester:



$$K_1 = 4.7; K_2 = 2.0; K_3 = 0.79; K_4 = 0.335$$

$$f(V) = \sum \frac{z_i(K_i - 1)}{1 + V(K_i - 1)}$$

Para una mezcla de cuatro componentes:

$$f(V) = \frac{z_1(K_1 - 1)}{1 + V(K_1 - 1)} + \frac{z_2(K_2 - 1)}{1 + V(K_2 - 1)} + \frac{z_3(K_3 - 1)}{1 + V(K_3 - 1)} + \frac{z_4(K_4 - 1)}{1 + V(K_4 - 1)}$$

$$f(V) = \frac{0.08(4.7 - 1)}{1 + V(4.7 - 1)} + \frac{0.22(2.0 - 1)}{1 + V(2.0 - 1)} + \frac{0.53(0.79 - 1)}{1 + V(0.79 - 1)} + \frac{0.17(0.335 - 1)}{1 + V(0.335 - 1)}$$

$$f(V) = \frac{0.296}{1 + 3.7V} + \frac{0.22}{1 + V} - \frac{0.1113}{1 - 0.21V} - \frac{0.11305}{1 - 0.665V}$$

Evaluación de las condiciones límite:

$$f(0) = 0.296 + 0.22 - 0.1113 - 0.11305 = 0.29165 > 0 \quad \rightarrow \quad \text{Criterio} \quad \text{no} \\ \text{concluyente.}$$

$$f(1) = \frac{0.296}{1 + 3.7} + \frac{0.22}{1 + 1} - \frac{0.1113}{1 - 0.21} - \frac{0.11305}{1 - 0.665}$$

$$f(1) = \frac{0.296}{4.7} + \frac{0.22}{2} - \frac{0.1113}{0.79} - \frac{0.11305}{0.335}$$

$$f(1) = 0.062979 + 0.11 - 0.140886 - 0.337463 = 0.30537 < 0 \quad \rightarrow \quad \text{Criterio} \quad \text{no} \\ \text{concluyente.}$$

Se trata de una mezcla saturada de líquido + vapor en equilibrio.

Cálculo de la fracción de vapor.

$$f(V) = 0$$

$$\frac{0.296}{1 + 3.7V} + \frac{0.22}{1 + V} - \frac{0.1113}{1 - 0.21V} - \frac{0.11305}{1 - 0.665V} = 0$$

Al resolver la ecuación anterior se obtiene:  $V = 0.4021$ , por lo tanto, la cantidad relativa de líquido que sale del separador es:

$$L = 1 - V$$

$$L = 1 - 0.4021$$

$$L = 0.5979$$

Cálculo de las composiciones del líquido y el vapor.

$$\text{Líquido: } x_i = \frac{z_i}{1 + V(K_i - 1)}$$

$$x_1 = \frac{z_1}{1+V(K_1-1)} = \frac{0.08}{1+0.4021(4.7-1)} = 0.032157$$

$$x_2 = \frac{z_2}{1+V(K_2-1)} = \frac{0.22}{1+0.4021(2.0-1)} = 0.156907$$

$$x_3 = \frac{z_3}{1+V(K_3-1)} = \frac{0.53}{1+0.4021(0.79-1)} = 0.578881$$

$$x_4 = \frac{z_4}{1+V(K_4-1)} = \frac{0.17}{1+0.4021(0.335-1)} = 0.232049$$

Vapor:  $y_i = K_i x_i$

$$y_1 = K_1 x_1 = 4.7 \times 0.032157 = 0.151138$$

$$y_2 = K_2 x_2 = 2.0 \times 0.156907 = 0.313814$$

$$y_3 = K_3 x_3 = 0.79 \times 0.578881 = 0.457316$$

$$y_4 = K_4 x_4 = 0.335 \times 0.232049 = 0.077736$$

Resumen:

Fracción de líquido:  $L = 0.4021$  (40.21%).

Composición de las fases en equilibrio:

Líquido:  $x_1 = 0.032157$ ;  $x_2 = 0.156907$ ;  $x_3 = 0.578881$ ;  $x_4 = 0.232049$ .

Vapor:  $y_1 = 0.151138$ ;  $y_2 = 0.313814$ ;  $y_3 = 0.457316$ ;  $y_4 = 0.077736$ .

Se producirán 40.21 kgmol de vapores por cada 100 kgmol alimentados. La composición de los vapores, expresada en porcentajes, será: 15.11% de etano, 31.38% de propano, 45.73% de butano y 7.77% de pentano.

Aplicación del Método de Newton para el cálculo de la fracción de vapor.

a)  $V_1 = 0.5$

b)  $f(V_1) = \sum \frac{z_i(K_i-1)}{1+V_1(K_i-1)}$

$$f(0.5) = \frac{0.08(4.7-1)}{1+0.5(4.7-1)} + \frac{0.22(2.0-1)}{1+0.5(2.0-1)} + \frac{0.53(0.79-1)}{1+0.5(0.79-1)} + \frac{0.17(0.335-1)}{1+0.5(0.335-1)}$$

$$f(0.5) = 0.103860 + 0.146667 + (-0.124358) + (-0.169363)$$

$$f(0.5) = -0.043194$$

$$c) f'(V_1) = -\sum \frac{z_i(K_i - 1)^2}{[1 + V_1(K_i - 1)]^2}$$

$$f'(0.5) = -\frac{(0.103860)^2}{0.08} - \frac{(0.146667)^2}{0.22} - \frac{(-0.124358)^2}{0.53} - \frac{(-0.169363)^2}{0.17}$$

$$f'(0.5) = -0.134835 - 0.097778 - 0.029179 - 0.168729$$

$$f'(0.5) = -0.430521$$

$$d) V_2 = V_1 - \frac{f(V_1)}{f'(V_1)}$$

$$V_2 = 0.5 - \frac{-0.043194}{-0.430521}$$

$$V_2 = 0.5 + (-0.100330)$$

$$V_2 = 0.3997$$

Las iteraciones siguientes se resumen en la tabla mostrada a continuación:

Iteración	$f(V_1) = \sum \frac{z_i(K_i - 1)}{1 + V_1(K_i - 1)}$	$f'(V_1) = -\sum \frac{z_i(K_i - 1)^2}{[1 + V_1(K_i - 1)]^2}$	$V_2 = V_1 - \frac{f(V_1)}{f'(V_1)}$
1	-0.043194	-0.430521	0.3997
2	0.001110	-0.457839	0.4021
3	0.000011	-0.456824	0.4021

Solución:  $V = 0.4021$  moles.

Este ejercicio forma parte de una serie de ejercicios resueltos paso a paso acerca del tema **Equilibrio Líquido - Vapor, Diagramas de DePriester**, perteneciente a la asignatura **Termodinámica Química**. El acceso a estos archivos está disponible a través de:

<http://www.tutoruniversitario.com/>

Si Usted requiere la resolución de ejercicios adicionales acerca de ésta u otras asignaturas, contáctenos a través de los siguientes medios:

- WhatsApp: +58-4249744352 (En forma directa o desde nuestra página web).

- E-mail: [medinawj@gmail.com](mailto:medinawj@gmail.com)

Lista de asignaturas en las cuales podemos ayudarle:

Cálculo Diferencial.	Cálculo Integral.	Cálculo Vectorial.
Ecuaciones Diferenciales.	Trigonometría.	Matemáticas Aplicadas.
Matemáticas Financieras.	Álgebra Lineal.	Métodos Numéricos.
Estadística.	Física (Mecánica).	Física (Electricidad).
Mecánica Vectorial (Estática).	Química Inorgánica.	Fisicoquímica.
Termodinámica.	Termodinámica Química.	Mecánica de Fluidos.
Fenómenos de Transporte.	Transferencia de Calor.	Ingeniería Económica.