

**Ejemplo 8-4 del Smith – Van Ness. Tercera Edición. Página 352. Ejemplo 14.4 del Smith – Van Ness. Cuarta Edición. Página 501. Ejemplo 13.4 del Smith – Van Ness. Quinta Edición. Página 568. Ejemplo 10.6 del Smith – Van Ness. Sexta Edición. Página 390. Ejemplo 10.6 del Smith – Van Ness - Abbott. Séptima Edición. Página 369. Example 10.6 from Smith – Van Ness – Abbott. Seventh Edition. Page 369.**

Una mezcla líquida de los hidrocarburos: metano (1), etano (2) y propano (3) se envía a un separador a 50°F y 200 lb/plg<sup>2</sup> a través de una válvula reguladora, donde sufre una vaporización instantánea. ¿Cuál es la fracción de la corriente alimentada que sale del separador en fase líquida y cuáles son las composiciones de las fases de equilibrio? Las composiciones de la alimentación son:  $z_1 = 0.10$ ,  $z_2 = 0.20$ ,  $z_3 = 0.70$  y los valores de  $K$  están dados por las figuras de DePriester.

For a mixture of 10 mol-% methane, 20 mol-% ethane and 70 mol-% propane at 50(°F), what fraction of the system is vapor when the pressure is 200 (psia) and what are the compositions of the equilibrium vapor and liquid phases?

Solución.

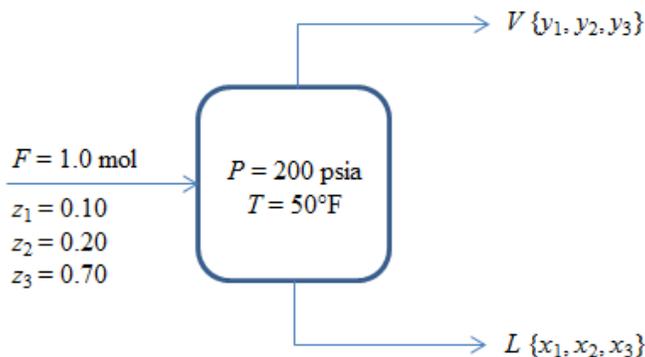
Componentes: Metano (1); Etano (2); Propano (3)

Temperatura:  $T = 50^\circ\text{F}$

Presión:  $P = 200 \text{ lbs/plg}^2\text{abs}$

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

Composición de la alimentación:  $z_1 = 0.10$ ,  $z_2 = 0.20$ ,  $z_3 = 0.70$



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.

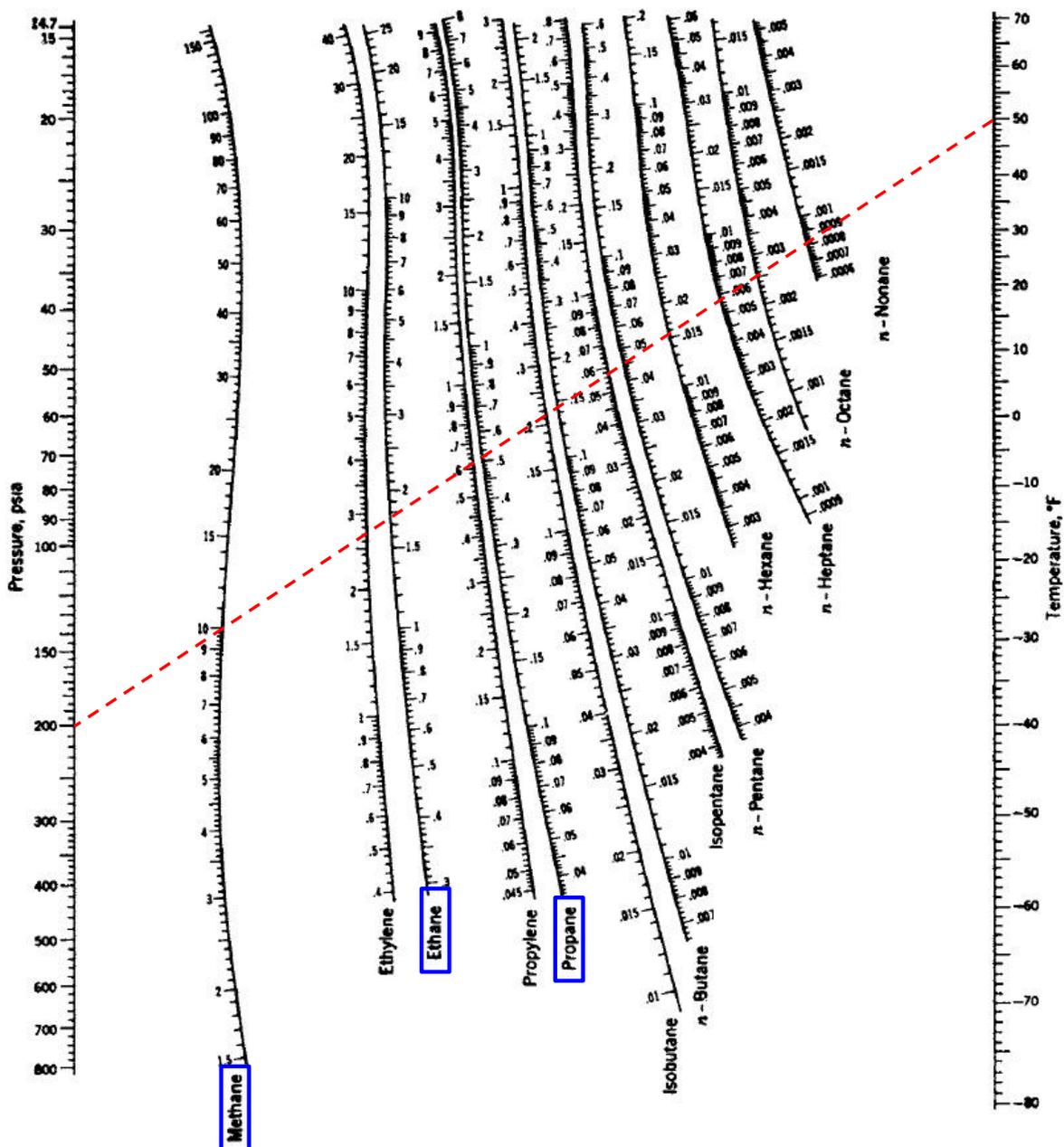
Si  $f(0) = 0 \rightarrow$  Líquido en su Punto de Burbuja.

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  $P = 200$  psia y  $T = 50^\circ\text{F}$ , de los diagramas de DePriester:



$K_1 = 10; K_2 = 1.76; K_3 = 0.52.$

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

Para una mezcla de tres componentes:

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

$$f(V) = \frac{0.10(10-1)}{1+V(10-1)} + \frac{0.20(1.76-1)}{1+V(1.76-1)} + \frac{0.70(0.52-1)}{1+V(0.52-1)}$$

$$f(V) = \frac{0.9}{1+9V} + \frac{0.152}{1+0.76V} - \frac{0.336}{1-0.48V}$$

Evaluación de las condiciones límite:

$$f(0) = 0.9 + 0.152 - 0.336 = 0.716 > 0 \quad \rightarrow \quad \text{Criterio no concluyente.}$$

$$f(1) = \frac{0.9}{1+9} + \frac{0.152}{1+0.76} - \frac{0.336}{1-0.48}$$

$$f(1) = \frac{0.9}{10} + \frac{0.152}{1.76} - \frac{0.336}{0.52}$$

$$f(1) = 0.09 + 0.0864 - 0.6462 = -0.4698 < 0 \quad \rightarrow \quad \text{Criterio no concluyente.}$$

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

Cálculo de la fracción de vapor.

$$f(V) = 0$$

$$\frac{0.9}{1+9V} + \frac{0.152}{1+0.76V} - \frac{0.336}{1-0.48V} = 0$$

Al resolver la ecuación anterior se obtiene:  $V = 0.2725$ , por lo tanto, la cantidad relativa de líquido que sale del separador es:

$$L = 1 - V$$

$$L = 1 - 0.2725$$

$$L = 0.7275$$

Cálculo de las composiciones del líquido y el vapor.

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

$$x_1 = \frac{z_1}{1+V(K_1-1)} = \frac{0.10}{1+0.2725(10-1)} = 0.028965$$

$$x_2 = \frac{z_2}{1+V(K_2-1)} = \frac{0.20}{1+0.2725(1.76-1)} = 0.165686$$

$$x_3 = \frac{z_3}{1 + V(K_3 - 1)} = \frac{0.70}{1 + 0.2725(0.52 - 1)} = 0.805338$$

$$\text{Vapor: } y_i = K_i x_i$$

$$y_1 = K_1 x_1 = 10 \times 0.028965 = 0.289650$$

$$y_2 = K_2 x_2 = 1.76 \times 0.165686 = 0.291607$$

$$y_3 = K_3 x_3 = 0.52 \times 0.805338 = 0.418776$$

**Resumen:**

Fracción de líquido:  $L = 0.7275$  (72.75%).

Composición de las fases en equilibrio:

Líquido:  $x_1 = 0.028965$ ;  $x_2 = 0.165686$ ;  $x_3 = 0.805338$ .

Vapor:  $y_1 = 0.289650$ ;  $y_2 = 0.291607$ ;  $y_3 = 0.418776$ .

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

a)  $V_1 = 0.5$

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

$$f(0.5) = \frac{0.10(10 - 1)}{1 + 0.5(10 - 1)} + \frac{0.20(1.76 - 1)}{1 + 0.5(1.76 - 1)} + \frac{0.70(0.52 - 1)}{1 + 0.5(0.52 - 1)}$$

$$f(0.5) = 0.163636 + 0.110145 + (-0.442105)$$

$$f(0.5) = -0.168324$$

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

$$f'(0.5) = -\frac{(0.163636)^2}{0.10} - \frac{(0.110145)^2}{0.20} - \frac{(-0.442105)^2}{0.70}$$

$$f'(0.5) = -0.267769 - 0.060660 - 0.279224$$

$$f'(0.5) = -0.607653$$

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

$$V_2 = 0.5 - \frac{-0.168324}{-0.607653}$$

$$V_2 = 0.5 - 0.2770$$

$$V_2 = 0.2230$$

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	0.168324	-0.607651	0.2230
2	0.052997	-1.182542	0.2678
3	0.004647	-0.988628	0.2725
4	0.000041	-0.972297	0.2725

Solución:  $V = 0.2725$  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.