

Guía de ejercicios complementarios de equilibrio líquido-vapor y propiedades coligativas

Universidad de Santiago de Chile
Departamento de Ingeniería Química

Profesor: Dr. Julio Romero

1) En su calidad de jefe de laboratorio en una empresa farmacéutica, se le entrega una muestra de un compuesto químico de naturaleza desconocida, lo único que se ha podido determinar de este compuesto (o tal vez mezcla de compuestos) es que su peso molecular es de 145 g/mol y se sabe que al mezclarse con agua su comportamiento es cercano al de una solución ideal. Se le solicita calcular la temperatura de fusión y ebullición así como la presión osmótica de una solución acuosa de este compuesto cuando su concentración es de 2 g/L.

Realice todos los supuestos que considere necesarios, justificando cada uno de ellos.

2) Como asesor de una empresa multinacional que realiza estudios para una concesionaria de autopistas, se le solicita evaluar la siguiente propuesta:

Actualmente, se esparce sal común (NaCl) sobre las carreteras para evitar la formación de hielo. El costo de la sal es 1.92 dólares/100 kg. Se descubrió cerca de la carretera una nueva fuente rica en CaCl_2 , la cual puede ser explotada a un costo de 1.49 dólares/100 kg.

¿Se desea saber si es acertada la decisión de reemplazar la sal común por el CaCl_2 disponible? ¿Cual sal resulta más rentable? Realice todos los supuestos que considere necesarios.

Dato: Suponga que las disoluciones se comportan idealmente.

3) Determine el calor de fusión molar de naftaleno (en J mol^{-1}) a partir de la siguiente tabla de datos de solubilidad (en molalidad) en benceno a diferentes temperaturas

T (°C)	$m_{\text{naftaleno}}$ (mol kg ⁻¹)
-0.71	0.1298
9.00	0.2610
15.00	0.3955
19.42	0.5336
22.94	0.6737
25.88	0.8172
28.41	0.9635
30.64	1.1131

Dato: La temperatura de fusión del naftaleno es 80°C.

4) En la figura adjunta (**Figura A**) se presenta el diagrama x-y del sistema dietil amina-cloroformo a una presión constante de 1 atm. Las presiones de vapor de los componentes puros están dadas por la ecuación de Antoine:

$$\ln P_i^{\text{sat}} (\text{mm Hg}) = A - \frac{B}{\{(T(^{\circ}\text{C}) + 273.16) + C\}}$$

Para los componentes que forman este sistema binario, las constantes de Antoine están dadas en la siguiente tabla:

Constante	Dietil amina (1)	Cloroformo (2)
A	16.27	15.97
B	2358.77	2696.79
C	-35.15	-46.16

Con los datos suministrados indique:

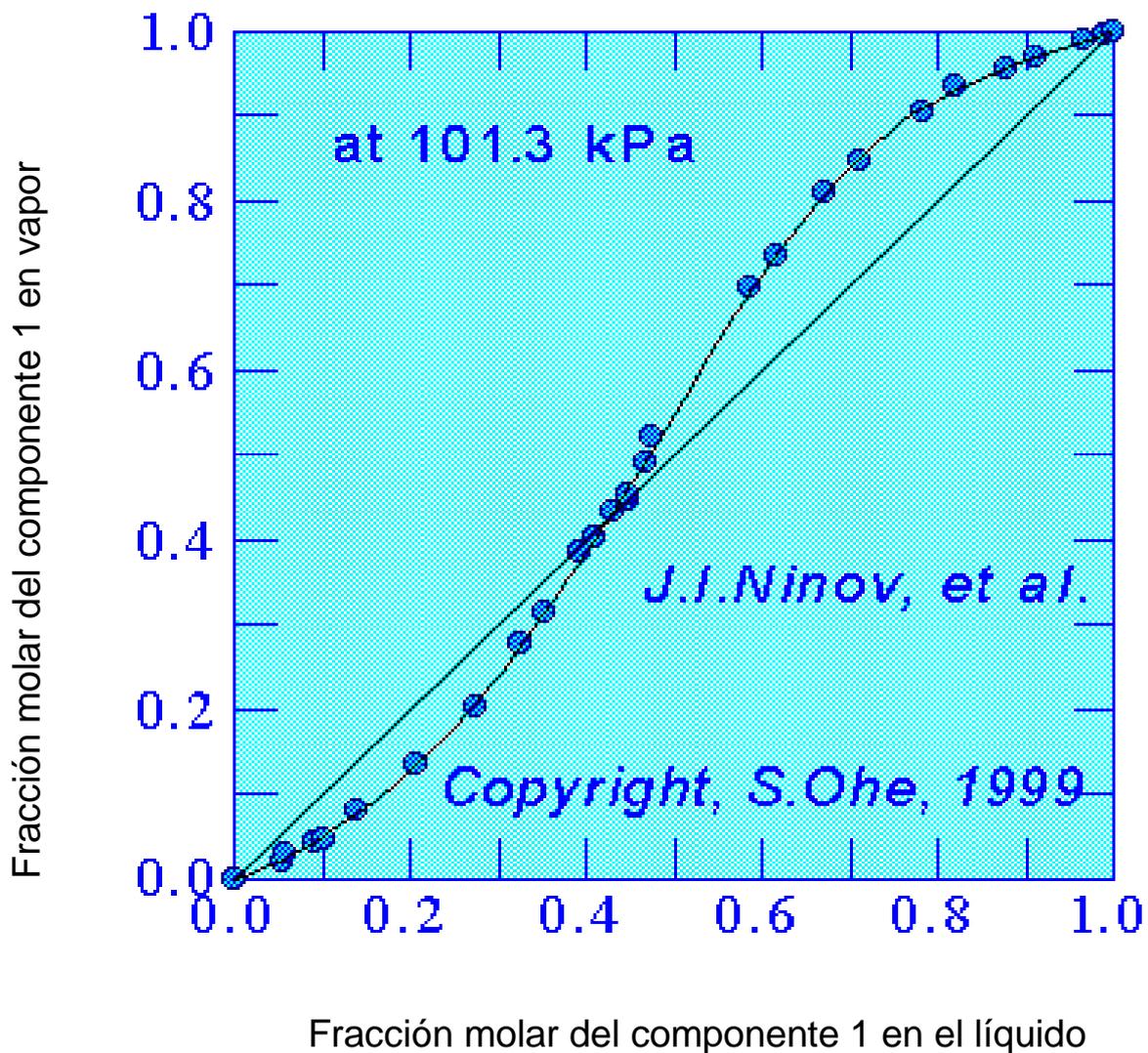
- la temperatura de equilibrio
- la actividad de cada componente
- el coeficiente de actividad de cada componente
- la presión de vapor de cada componente

Cuando se tiene una mezcla líquida de composición $x_1 = 0.2; 0.4; 0.6$ y 0.8 .

Señale finalmente la temperatura del azeótropo indicando si este es de temperatura de ebullición máxima o mínima.

FIGURA A

Sistema Dietil amina (1) - Cloroformo (2)



5) En la **figura 1** se presenta el diagrama P-x de equilibrio líquido-vapor de una mezcla de 1-Propanol (1) y 2,2,4-Trimetil pentano (2). A partir de la figura, se le solicita entregar la siguiente información:

- ¿Cuál es el componente más volátil?
- ¿Cuál es el valor de las presiones de vapor de los componentes 1 y 2 puros a 75.4°C?
- ¿Cuáles son los valores de actividad y coeficientes de actividad de ambos componentes (en relación a la ley de Raoult) cuando $X_1 = 0.1, 0.4, 0.6, 0.8$ y 1.0.
- Una mezcla líquida compuesta por 10% de 2,2,4-Trimetil pentano ebulle a 75.4°C ¿Cuál es la presión del sistema?
- Una mezcla gaseosa compuesta por 35% de 1-Propanol condensa a 75.4°C ¿Cuál es la presión del sistema?
- ¿Cuál es la proporción de moles (gas/líquido) en una mezcla que contiene 20% del componente 1, si la presión del sistema es 475 mm Hg?

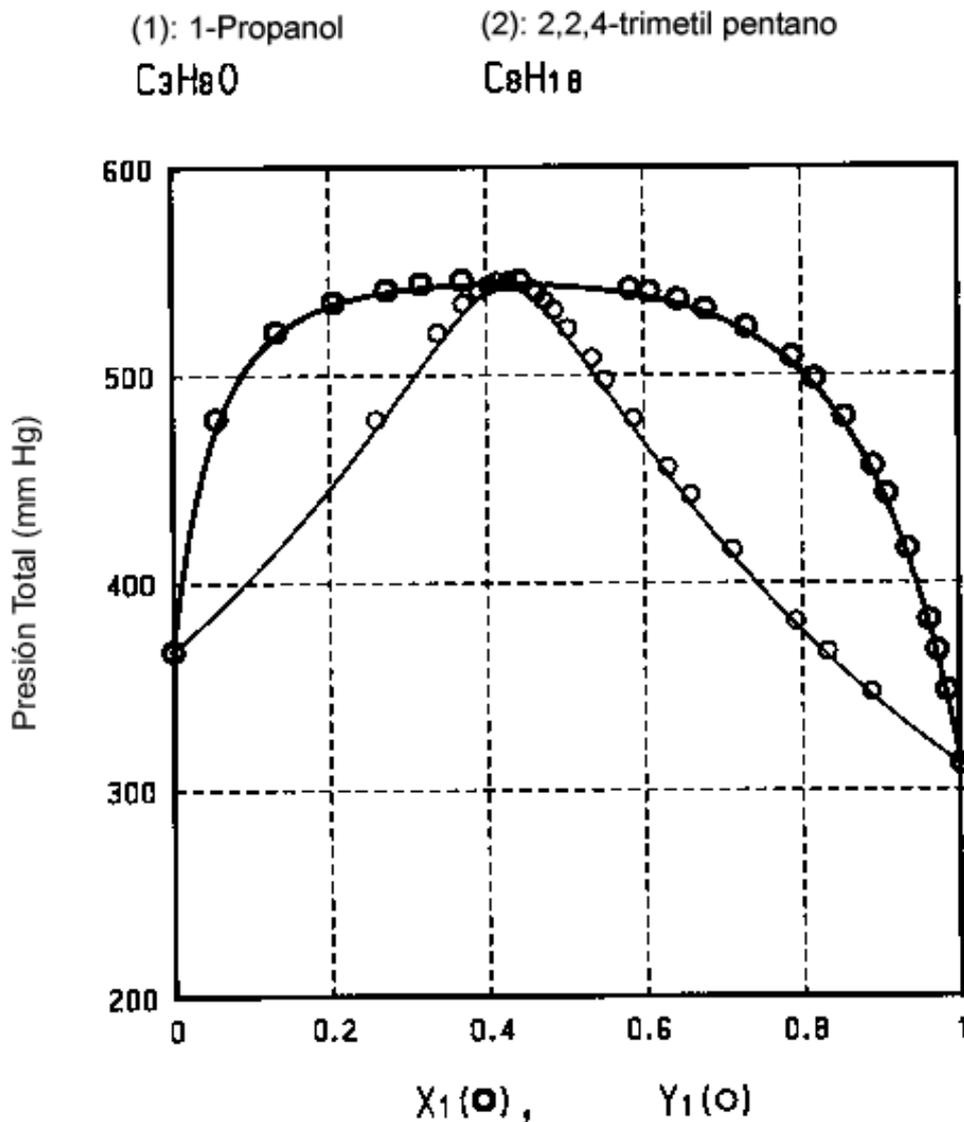


Figura 1: Diagrama de equilibrio líquido-vapor isotérmico a 75.4 °C

6) Se le solicita realizar una experiencia de laboratorio utilizando una mezcla de benceno y tolueno, la cual presenta un comportamiento muy cercano al de una disolución ideal.

Se le indica mezclar un mol de tolueno y un mol de benceno en un recipiente hermético. Si el recipiente es mantenido a 300 K:

- ¿Cuál es el componente más volátil?
- ¿Cuál es la presión a la cual se forma la primera burbuja de vapor?
- ¿Cuál es la composición de la primera burbuja de vapor formada?
- Si la presión es reducida aun más ¿a qué presión se observa la última traza de líquido?
- ¿Cuál será la presión, la composición de líquido y la composición del vapor cuando un molde la mezcla que realizó inicialmente se haya evaporado?

Datos: A 300 K, $P_{\text{tolueno}}^* = 32.06 \text{ mm Hg}$; $P_{\text{benceno}}^* = 103.01 \text{ mm Hg}$.

7) Un revolucionario, pero no muy práctico diseñador, propone la construcción de un “ascensor osmótico”, el cual funciona aprovechando la presión osmótica de un sistema para elevar carga. El sistema de basa en un ascensor que debe elevar permanentemente una carga de 5000 kg, representada por un ascensor cilíndrico de 1.2 metros de diámetro a una altura de 10 metros. El sistema es descrito en la **figura 2**.

El ascensor está perfectamente ajustado sobre un sistema flotante en una solución salina y se desplaza prácticamente sin fricción. El sistema cuenta con un dispositivo que permite adición de sal en la solución salina con el fin de incrementar la presión osmótica y elevar el ascensor. Realizando todos los supuestos que considere necesarios ¿Cuál debería ser la concentración de la solución salina (mol L^{-1}) requerida para elevar el ascensor 10 m? ¿Considera confiable su cálculo? Justifique su respuesta.

Datos: Suponga la densidad de la solución salina constante e igual a 1100 kg m^{-3} y el sistema opera a 298 K.

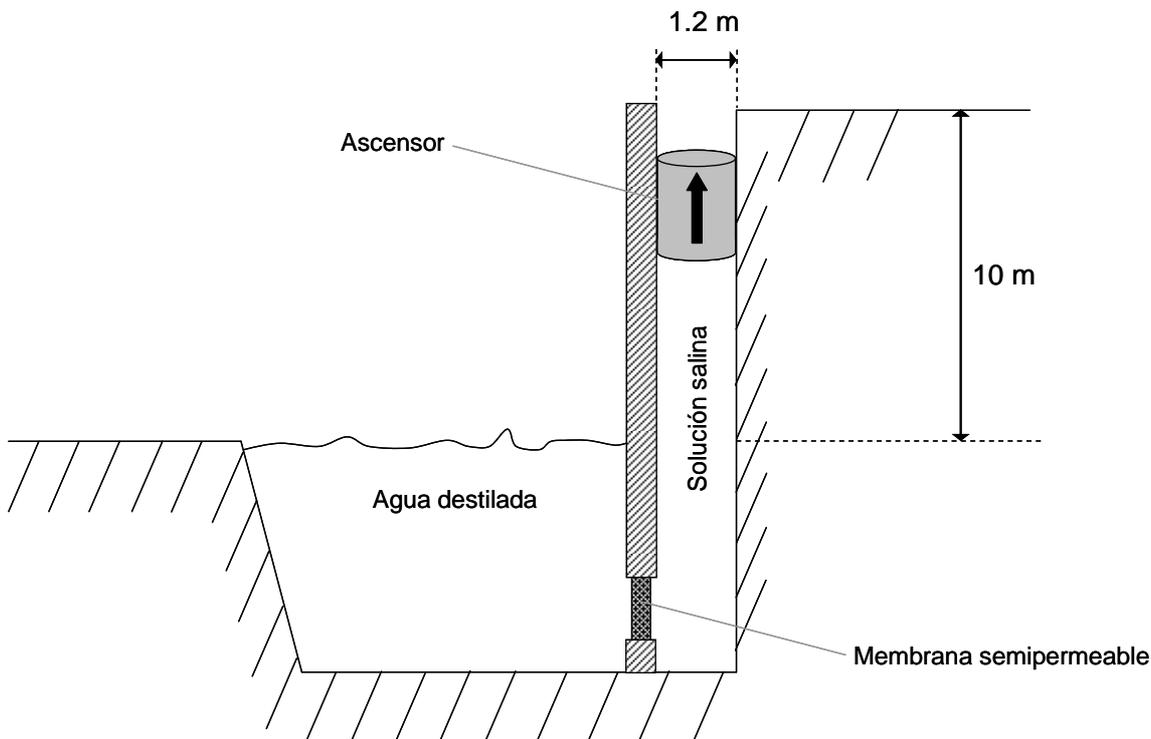


Figura 2: Esquema de ascensor osmótico (Problema 7).

8) Un proceso industrial produjo una mezcla de xileno (X) y hexano (H), investigándose la presión de vapor de la mezcla con el fin de diseñar una planta de separación que funcionará a 760 mmHg. Para estas condiciones, se obtuvieron los siguientes datos de temperatura-composición de xileno:

T (°C)	x_x	y_x
110,6	1	1
110,9	0,908	0,923
112	0,795	0,836
114	0,615	0,698
115,8	0,527	0,624
117,3	0,408	0,527
119	0,3	0,41
120	0,203	0,297
123	0,097	0,164
125,6	0	0

Donde x es la fracción molar en el líquido e y la fracción molar en el vapor en el equilibrio.

Se solicita:

- Los valores de actividad del hexano (H) y de coeficientes de actividad en función de la ley de Raoult
- ¿Cuál es el componente más volátil?, indique la temperatura de ebullición para cada uno
- Si la mezcla obtenida del proceso ebulle a 120°C ¿Cuál es el contenido de hexano en el líquido y en el vapor?
- Indique el punto de burbuja y el punto de rocío de una mezcla que posee una fracción molar de hexano igual a 0.473

9) Para el sistema de metanol(1)/metil acetato(2), las ecuaciones siguientes dan una correlación razonable para los coeficientes de actividad:

$$\ln \gamma_1 = A \cdot x_2^2 \quad ; \quad \ln \gamma_2 = A \cdot x_1^2 \quad \text{donde} \quad A = 2.771 - 0.00523 \cdot T$$

Además, las ecuaciones de Antoine proporcionan las presiones de vapor siguientes:

$$\ln P_1^* = 16.59158 - \frac{3643.31}{T - 33.424} \quad ; \quad \ln P_2^* = 14.25326 - \frac{2665.54}{T - 53.424}$$

donde T se expresa en Kelvin en todas las ecuaciones y las presiones de vapor están en kPa.

Calcule:

- La presión y las composiciones de equilibrio de la fase gaseosa (y_i) cuando la temperatura es T=318 K y $x_1=0.25$.
- La presión y las composiciones de equilibrio de la fase líquida (x_i) cuando la temperatura es T=318 K y $y_2=0.40$.
- La temperatura y las composiciones de equilibrio de la fase gaseosa (y_i) cuando la presión es P=101.325 kPa y $x_2=0.15$.
- La temperatura y las composiciones de equilibrio de la fase líquida (x_i) cuando la presión es P=101.325 kPa y $x_1=0.40$.
- La presión azeotrópica y la composición del azeótropo para T=318K.

10) En la disolución acuosa de una sal, se observa que el volumen molar total de la mezcla está dado por la siguiente expresión:

$$V_m \left(\frac{m^3}{mol} \right) = 1,8 \cdot 10^{-5} + 10^{-7} \cdot \sqrt{x} + 10^{-7} \cdot \ln(x + 10^{-3})$$

donde x es la fracción molar de la sal en solución.

- Calcule el volumen molar parcial para cada componente a las concentraciones de 10, 30 y 80 por ciento molar en sal.
- ¿Pueden mezclarse 1,4 moles de la sal con 40 gramos de agua en un recipiente de 60 ml?, justifique su respuesta.

Realice todos los cálculos y estimaciones de manera numérica (no resuelva este problema gráficamente en el diagrama adjunto).

Datos: Suponga que la función dada para el volumen molar total es válida para todo el intervalo de concentraciones.

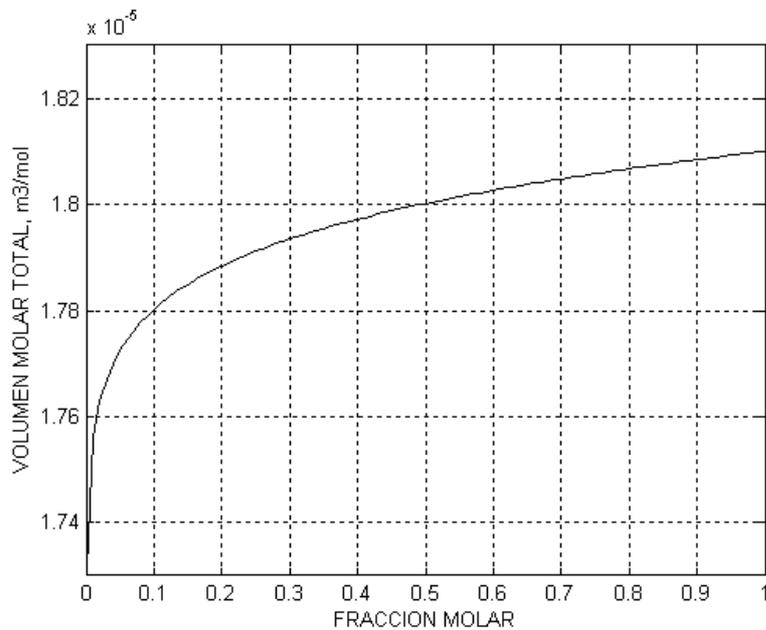


Figura 3: Gráfica del volumen molar total en función de la fracción molar de sal (problema 10).