

Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay Tech

Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería

Modelaje y Simulación de Procesos

Henry Byran Romero López

15 de noviembre del 2019

Ejercicio Evaluado #1 – Separación Azeotrópica

Descripción del problema

El isobutanol va ser separado del ácido acético (Ac.A) en un columna de destilación. El producto isobutanol es retirado en tope y el ácido acético es retirado en el fondo. Para mejorar la separación, agua ingresará en el plato del tope que se distribuye entre los dos componentes principales. Un incremento en la salida de la columna ha sido propuesto y se debe determinar si es factible. Se necesita establecer el calor disponible para los calores necesarios en el condensador y rehervidor y si la columna puede incrementar el flujo. Los datos de flujo y las presiones de la columna son mostrados en la figura 1. La columna tiene 10 etapas teóricas incluyendo un rehervidor y condensador de punto de burbuja. Hay un reflujo convencional de la columna al condensador, y el agua a la entrada es agregada en el plato del tope. Los datos de entrada son mostrados en la tabla 1.

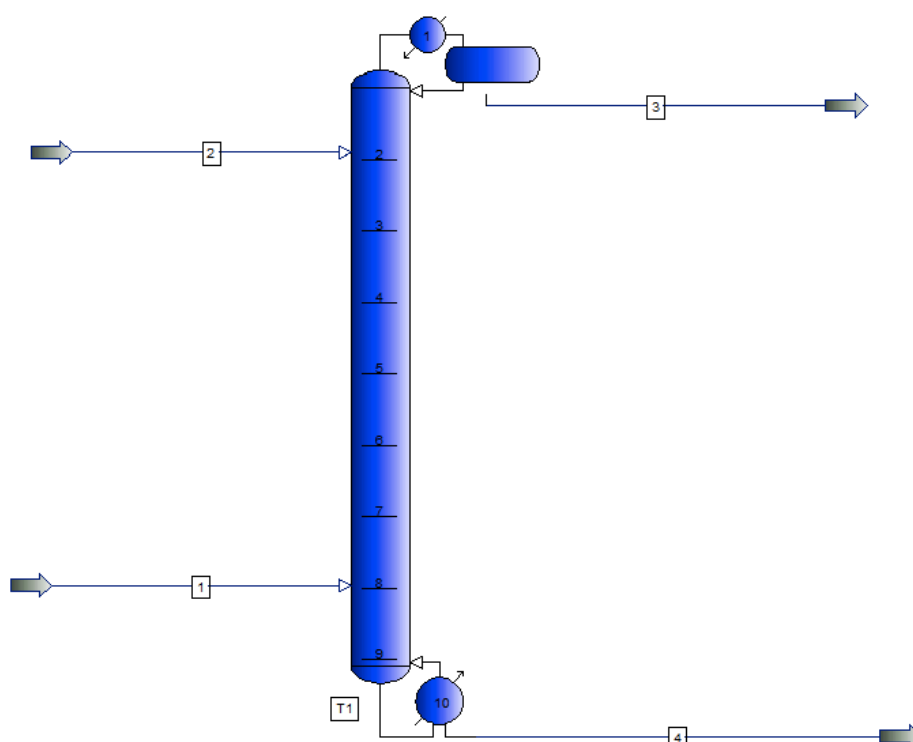


Figura 1. Diagrama de proceso

Tabla 1. Información de las corrientes de entrada

Componente	Alimentación de entrada (lb/hr)	Reflujo de agua (lb/hr)
Isobutanol	525	-
Ácido Acético	2095	-
Agua	-	900
Temperatura (°F)	292	120
Presión (psia)	26.1	24.3

Método

Los datos de presión de vapor y entalpía son tomados de librería del Pro/II. Los coeficientes han sido considerados del método de actividad líquida van laar para representar la fase no ideal líquida.

Modelo de simulación

El radio de reflujo a ser mantenido es 10:1. El radio en peso del tope es especificado como 894 lb/hr. Los calores son calculados para llegar a esas especificaciones.

Datos de entrada

La simulación usa por defecto el sistema de unidades inglés. La opción PRINT se requiere para los flujos en peso a la salida porque la alimentación y la velocidad de los productos están en lb/hr.

Procedimiento:

Paso 1. Abrir el simulador Pro II

Paso 2. Agregar las corrientes y la columna de destilación

Paso 3. Establecer el sistema inglés de unidades como predeterminado

Paso 4. Agregar los componentes a usar en el proceso y verificar sus propiedades

Paso 5. Seleccionar como método termodinámico para una única fase líquida: Van Laar

Paso 6. Agregar los datos de las corrientes de entrada

Paso 7. Agregar los datos de la columna de destilación

Paso 8. Correr la simulación

Paso 9. Analizar los resultados del proceso

Paso 10. Fin

Discusión de resultados

Para la discusión y análisis de proceso se debe considerar los siguientes datos:

- Especificaciones de comercialización de ácido acético: pureza: 80 ± 5 wt. %
- Presentación ácido acético: Botellas de vidrio de capacidad 5 litros.
- Disponibilidad anual de la planta: 300 días/año
- Costo del ácido acético: 50 €/botella
- Costo de procesamiento (incluyendo compras de materia prima): 5 USD/litro de ácido acético
- Conversión 1 USD = 0,91 €

1. Alimentación (#1)

- Composición de la corriente (wt.):
 - wt. ($IC_4 - OH$) : 0,20
 - wt. (Ácido acético) : 0,80
 - wt. ($IC_4 - OH$)/wt. (Ácido Acético) : 0.25
- Fase de la corriente de entrada de la torre:
 - Vapor

2. Columna (T-1)

- Calor requerido para alcanzar especificaciones (MMBTU/hr):
 - Condensador: -8,126
 - Rehervidor: 7,7068

Los valores son los correctos ya que el condensador libera energía en forma de calor y su cantidad es un valor negativo, por otro lado, un rehervidor necesita la suministración de calor por lo que da un valor positivo.

- Definir perfiles a lo largo de la columna (etapas):
 - Presión (psia) y Temperatura (°F)
 - Flujos (lbm/h) de líquido y vapor
 - Composición iC_4-OH y Ac. Acético (wt% base seca) en vapor y líquido
 - Pesos moleculares (base seca) en vapor y líquido

En la figura 2 se observa un comportamiento esperado, en los platos del tope la temperatura y presión son menores que en los platos del fondo, esto se debe a que en el fondo el flujo de vapor y líquido es alto por lo que aumenta la presión y además están cerca del rehervidor lo que aumenta la temperatura.

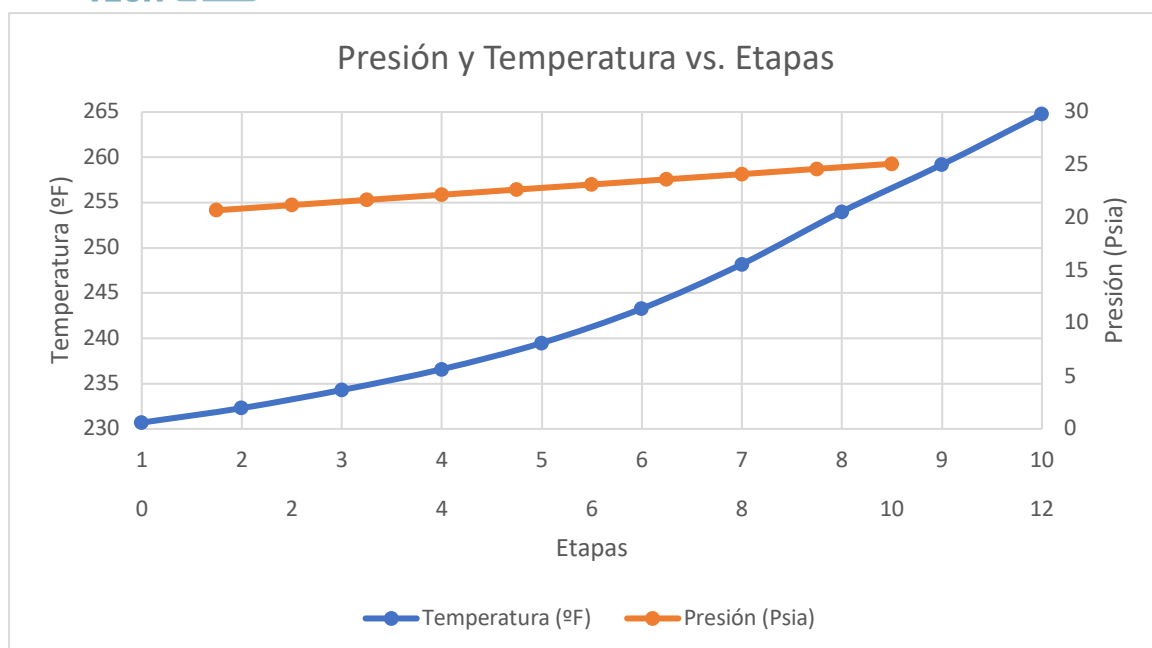


Figura 2. Curvas de Presión y Temperatura vs Etapas en la columna T-1

En la figura 3 se observa que en los platos del tope el flujo es menor que en los platos del fondo, esto se debe a que en el fondo hay mayor presión y temperatura, por lo que es recomendable diseñar torres de destilación que se adecue al flujo alto en el fondo.

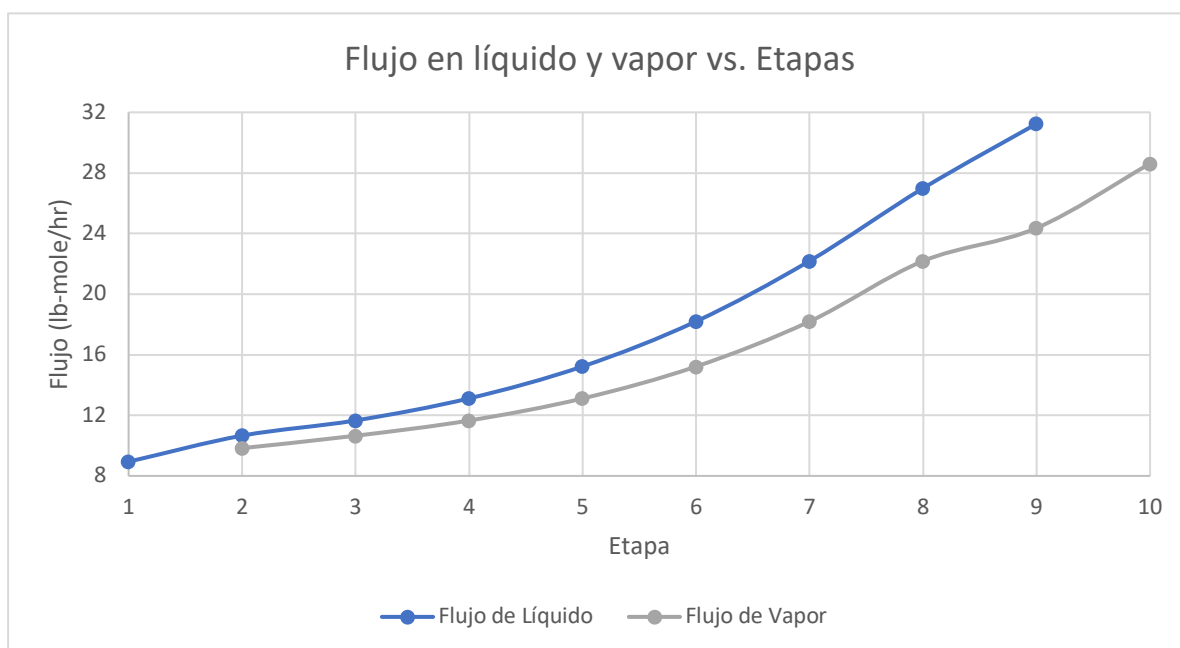


Figura 3. Curvas de flujo líquido y vapor vs Etapas en la columna T-1

En la figura 4 se observa que en las etapas del tope la composición en wt.% es baja comparado con las etapas del fondo, esto se debe a que en el tope deberíamos encontrar en mayor proporción el producto de destilación más ligero. Otra consideración es que la única entrada sería en el fondo por lo que hay mayor interacción de los flujos en el fondo de la columna de destilación.

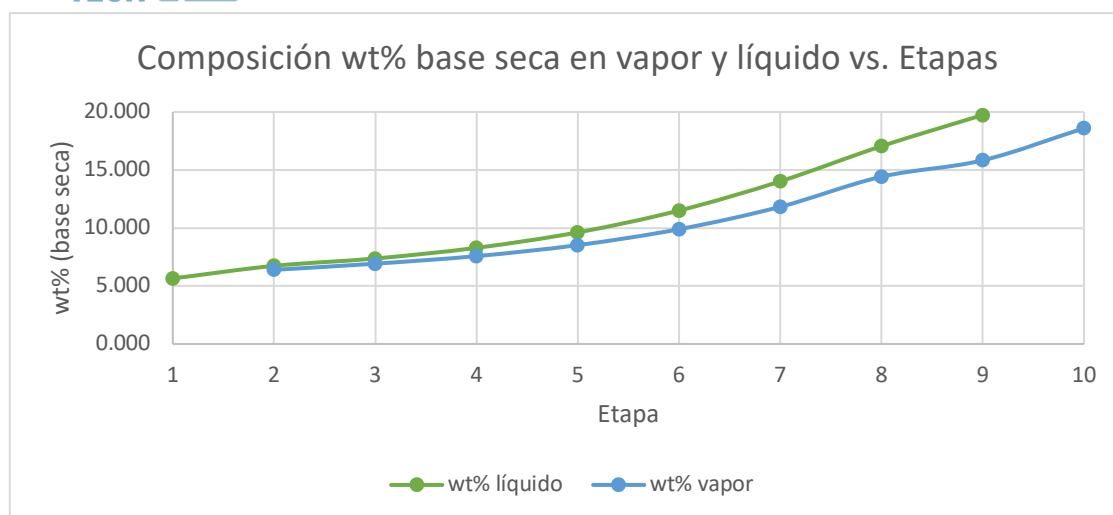


Figura 4. Curvas de wt.% base seca en líquido y vapor vs Etapas en la columna T-1

En la figura 5 se observa que los pesos moleculares en el tope son mayores que en el fondo de la columna de destilación, esto se debe a que la única corriente de entrada ingresa en por el fondo. Además, se debe considerar que existe un radio de reflujo de 10:1 por lo que el reflujo es alto, por lo tanto, los pesos moleculares en las etapas del tope deberían ser altas.

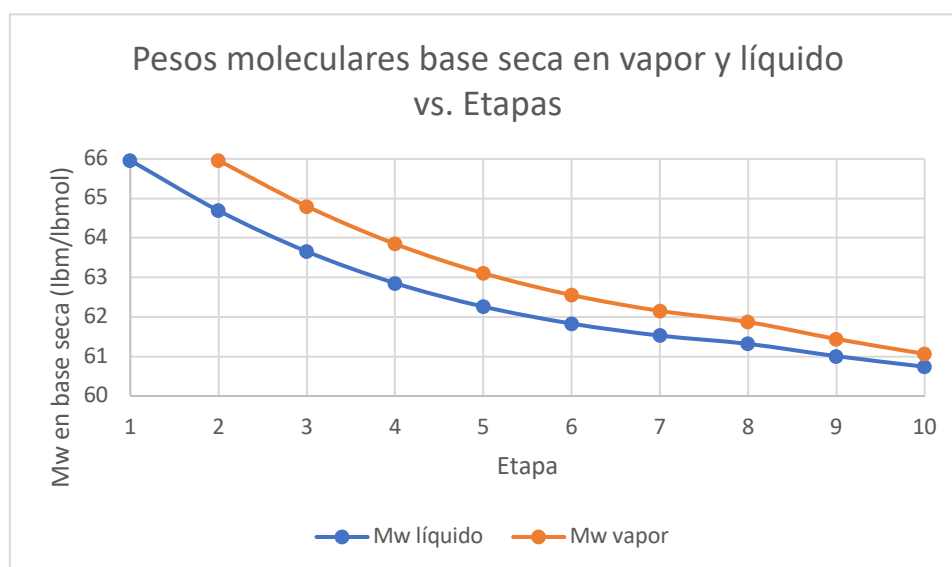


Figura 5. Curvas de pesos moleculares en líquido y vapor vs Etapas en la columna T-1

3. Productos (#3, #4)

- Especificaciones de los productos:

En la Tabla 2 se especifican los productos, como es de esperarse el flujo total es mayor en la corriente de salida del fondo, la composición del agua es alta en el tope, este es debido a que la corriente de agua ingresa en el tope por lo que es más fácil que condense. Se recupera ácido acético en mayor proporción en el fondo esto debido a que tiende a la fase líquido en la torre de destilación.

Tabla 2. Composición wt% de los productos con agua

Composición (wt. %)				Flujo
Producto	$iC_4 - OH$	Ac. Acético	Agua	(lbm/h)
Tope	14,927	3,614	81,459	893,989
Fondo	14,911	78,549	6,540	2626,011

- Especificaciones de los productos (base seca):

Para los cálculos de las composiciones de los productos en base seca como se ve en la Tabla 3, se considera las composiciones de flujo másico para el desarrollo de la tabla 2 pero sin tomar los valores del agua, y se obtiene los siguientes valores.

Tabla 3. Composición wt% de los productos sin agua

Composición (wt. %)			Relación másica	Flujo
Producto	$iC_4 - OH$	Ac. Acético	-OH/-COOH	(lbm/h)
Tope	80,708	19,492	4,1303	165,75215
Fondo	15,954	84,046	0,1898	2454,2612

4. Comercialización de productos:

- Considere que la planta posee una unidad de envasado para el ácido acético para su comercialización en el mercado europeo. Determine;
 - ¿El ácido acético cumple con las especificaciones para comercialización? Justifique su respuesta

El ácido acético cumple con las especificaciones de comercialización, por debajo del margen de error que establece un valor de 80 ± 5 wt.%. Para determinar usamos la composición del fondo de la tabla 2 y realizamos el siguiente cálculo:

$$Pureza = \frac{wt\% iC_4 - OH}{wt\% iC_4 - OH + wt\% Ac. Acético + wt\% agua} * 100 = 78.55 \%$$

Por lo tanto, cumple con las especificaciones, a pesar que no esté por encima del 80%

- La cantidad de botellas producidas:
 - Diaria: 5704
 - Anual: 1711051

Estos cálculos se realizan considerando el flujo a la salida (V_s) en la corriente #4 tal que:

$$V_s = 41,962 \frac{ft^3}{h} = \frac{1188L}{h}$$

$$B_{día} = Botellas \text{ de } 5L \text{ al día} = V_s * \frac{24h}{5L} = 5704 \text{ botellas/día}$$

$$B_{\text{año}} = \text{Botellas de 5L al año} = B_{\text{día}} * 300 \text{ días/año} = 1711051 \text{ botellas/año}$$

- **Ingresos (MMUSD/año) por concepto de ventas de ácido acético.**
 - 94 MMUSD

Esto se calcula considerando los ingresos por la venta en euros al año, luego se realiza una conversión a dólares mediante a siguiente ecuación:

$$\text{Ingresos}_{\text{anual en euros}} = 50€ * B_{\text{año}} = 85552528 \text{ millones de €}$$

$$\text{Ingresos}_{\text{anual en USD}} = 0,91€ * \text{Ingresos}_{\text{anual en euros}} = 94013768 \text{ USD}$$

- **Se desea adquirir una nueva unidad de envasado para el ácido acético, cuyo costo es 20 MMUSD. En el equipo técnico de evaluaciones económicas, existen tres propuestas en relación al tiempo que se requiere para recuperar la inversión.**

Se considera las ganancias, es decir la resta entre el ingreso por ventas menos el costo por procesamiento:

$$\text{Ganancias al año} = \frac{\text{Ingresos por ventas al año}}{\text{costo por procesamiento al año}} = \frac{94013768}{42776264} = 51237503$$

$$\text{Ganancias al mes (30 días)} = \frac{\text{Ganancias al año}}{10} = 5123750$$

$$\text{Mes de recuperación de inversión} = \frac{\text{costo por unidad nueva} * 1 \text{ mes}}{\text{ganancia al mes}}$$

$$\text{Mes de recuperación de inversión} = \frac{20000000 * 1}{5123750} = 3.9$$

Por lo tanto, se recupera la inversión a días finales del tercer mes, entonces el ingeniero B tiene la razón ya que se recupera la inversión antes de 4 meses.