

**Laboratorio de Operaciones Unitarias**  
**Experiencia: Puesta a régimen – Torre de Destilación**

1.- Marco Teórico

Una forma de llevar a cabo un proceso de destilación es usando una columna de destilación. La ventaja de usar este equipamiento es que permite tratar mezclas líquidas con componentes de volatilidad comparable entre ellos, esto debido a los platos de la columna, cada plato representa una etapa de equilibrio. En un plato, por definición, el líquido y el vapor que salen de ellos se encuentran en equilibrio, permitiendo tener diferentes composiciones de líquido y vapor en cada uno de ellos y por ende una operación un tanto más controlada, dependiendo solo de la temperatura a la que se encuentre la columna de destilación.

Existen diferentes tipos de platos, los más comunes son los platos perforados (Figura 1) y los platos con campanas (Figura 2).



Figura 1: Plato perforado

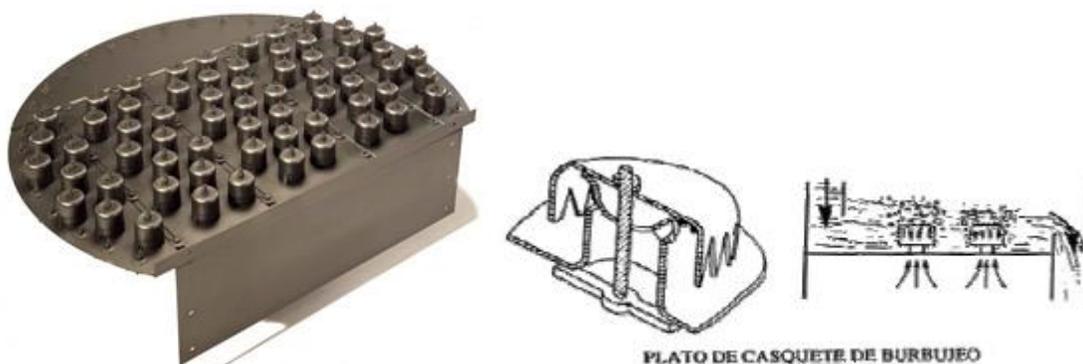


Figura 2: Plato con campanas

Como sabemos, el objetivo de la destilación es la recuperación de un producto valioso aprovechándose de la diferencia de volatilidades entre ellos por lo que la temperatura juega un rol importante durante la operación. Si el producto valioso es el más volátil, se obtendrá por el tope de la columna, si dicha operación se lleva a cabo a temperaturas relativamente altas (más cercana al punto de ebullición del menos volátil) el producto de tope no será de la mejor calidad debido al arrastre del componente más pesado (menos volátil). Se dice entonces que una columna de destilación está en régimen cuando todos los platos se encuentran por sobre la temperatura de ebullición del componente clave. Una forma más sencilla de decir esto es que la columna está en régimen cuando el plato 1 (tope de la columna) está un poco por encima de la temperatura de ebullición del componente clave, ya que todos los platos inferiores estarán a mayor temperatura, como se muestra en la Figura 3.

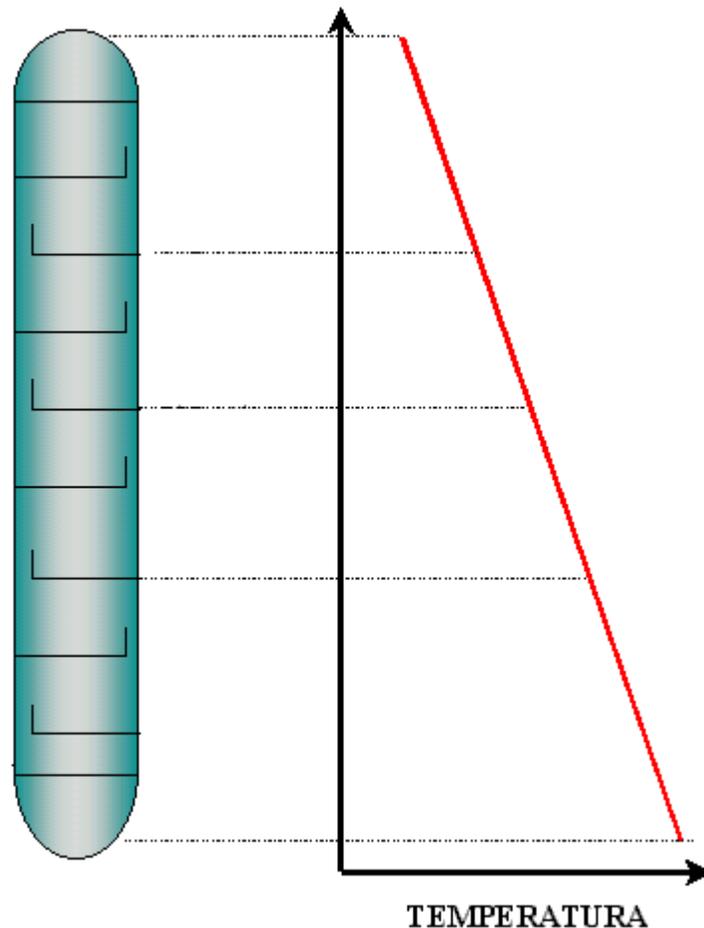


Figura 3: Perfil de Temperatura - Torre de Destilación

Respecto de la presión de vapor, es recomendable que sea suficiente para no generar una ebullición violenta en el rehervidor que podría elevar de golpe la temperatura de la columna, haciendo más difícil luego bajarla.

Respecto de la temperatura del producto a recircular, la forma de manipular esta es mediante el flujo de agua que se alimenta a los condensadores, un mayor flujo de agua condensará un producto más frío, ideal para controlar la temperatura de la columna.

## 2.- Objetivos

- 2.1.- Poner a régimen una operación de destilación en una torre de destilación.
- 2.2.- Graficar el perfil de temperatura de los platos de la torre de destilación una vez alcanzado el régimen de operación.

## 3.- Procedimiento

Procedimiento:

1. Identificar las distintas líneas presentes en el sistema, diferenciando claramente los ductos por los que circula vapor, agua de enfriamiento, producto y reflujo.
2. Línea de vapor:  
Abrir las válvulas V02, V04 y V06. Cerrar las válvulas V01, V03 y V05.
3. Ubicar baldes pesados previamente en la línea de descarga de la trampa de vapor TV1 frente al rehervidor.
4. Línea de producto:  
Manipular la válvula V08 de tres vías ubicada en el tercer piso de la estructura, de tal forma que se conecten la torre de destilación con el tren de condensadores. Abrir la válvula V07 ubicada en la salida superior del rehervidor.  
  
Cerrar la válvula V11 en la línea de producto para que este circule completamente por el rotámetro R2. Revisar la configuración de las válvulas V15 y V16 de modo que el destilado llegue a un solo estanque de recepción. Las válvulas V13, V22, V23 y V24 deben estar inicialmente cerradas, las válvulas V09, V10, V12 y V14 deben estar abiertas.
5. Línea de agua de enfriamiento:  
La válvula V18 debe estar abierta. Se debe regular el flujo de agua de enfriamiento hasta que el rotámetro R1 indique un flujo de 20 [l/min] utilizando la válvula V17 ubicada en el segundo piso de la estructura.

6. Colocar termocuplas en los termopozos T1, T2 y T3 ubicados en la entrada y salida del tren de condensadores en la línea de agua de enfriamiento y en el codo superior que se encuentra antes del tren de condensadores, en la línea de producto.  
Además, se deben ubicar termocuplas en cada uno de los termopozos que se encuentran en los platos de la torre (La disposición de las termocuplas puede variar dependiendo de la cantidad que se disponga).
7. Línea de reflujo:  
En el tercer piso de la estructura, abrir las válvulas V25 y V27, y cerrar la válvula V26.
8. Abrir ligeramente la válvula V22 o la V23, dependiendo del estanque al cual se haga llegar el producto, y luego, abrir ligeramente la válvula V24, que da el paso al reflujo, ya que el rotámetro se podría atascar en el tope.
9. Una vez realizados los pasos anteriores, dar aviso al supervisor para abrir el paso de vapor hacia el rehervidor.
10. Regular la presión del vapor a 4 [psi] mediante la válvula V04.
11. Revisar la temperatura de la línea de producto, esto servirá de indicador para saber cuándo el vapor emanado del rehervidor está por llegar a los condensadores.
12. El producto llegará al estanque acumulador cuando el rotámetro R2 comience a marcar, en este momento se debe encender la bomba BC1 y manipular la válvula de reflujo V24 hasta que el rotámetro R3 indique el valor deseado (es importante que el caudal de reflujo no sea mayor al de producto que llega al estanque). Al mismo tiempo, se debe comenzar a manipular la válvula V17 para controlar la diferencia de temperaturas en el tren de condensadores. Si deja de caer producto a lo largo de la operación, deberán modificarse, o la presión de vapor mediante la válvula V04 o el reflujo de producto mediante la válvula V24.
13. Esperar a que las temperaturas del sistema se mantengan constantes, una vez llegado a este punto, la torre se encontrará en régimen. Anotar el perfil de temperaturas a lo largo de la torre.

14. Con la torre en régimen, estudiar el efecto de manipular distintas variables del sistema sobre el perfil de temperaturas y el flujo de producto. (IMPORTANTE: La presión de vapor no debe superar los 7 [psi]).
  
15. Una vez terminadas las pruebas, dar aviso al supervisor para cerrar el paso del flujo de vapor, abrir la válvula V04, apagar la bomba BC1 y aumentar el flujo de agua fría en los condensadores. Retirar las termocuplas.

Durante la operación, es importante tener en cuenta el tiempo que demora el producto en trasladarse desde el rehervidor hasta los estanques de recepción, el cual es de aproximadamente 12 minutos. Si el producto llegase a demorar mucho más tiempo del estimado en llegar, podría deberse a un error en la operación, una opción para este caso, es la de aumentar el flujo de agua de enfriamiento, para acelerar la condensación del producto.

#### 4.- Referencias

- Warren L. McCabe, Julian C. Smith and Peter Harriot. 1993. *Unit Operations in Chemical Engineering*. McGraw-Hill, Fifth Edition.
- C. Judson King. 1980. *Separation Process*. McGraw-Hill. Second Edition.
- J. D. Seader and Ernest J. Henley. 1998. *Separation Process Principles*. John Wiley and sons Inc. First Edition.

**Apéndice A: Factores de ensuciamiento permitidos para ciertos procesos**

**TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION \***

Temperatura del medio calefactor . . . . .	Hasta 240°F		240-400°F †	
	125°F o menos		Más de 125°F	
Temperatura del agua . . . . .	Velocidad del agua, pps		Velocidad del agua, pps	
	3 pies o menos	Más de 3 pies	3 pies o menos	Más de 3 pies
<b>Agua</b>				
Agua de mar . . . . .	0.0005	0.0005	0.001	0.001
<b>Salmuera</b> natural . . . . .	0.002	0.001	0.003	0.002
Torre de enfriamiento y tanque con rocío artificial :				
Agua de compensación tratada . . . . .	0.001	0.001	0.002	0.002
Sin tratar . . . . .	0.003	0.003	0.005	0.004
Agua de la ciudad o de pozo (como Grandes Lagos) . . . . .	0.001	0.001	0.002	0.002
Grandes Lagos . . . . .	0.001	0.001	0.002	0.002
Agua de río:				
Mínimo . . . . .	0.002	0.001	0.003	0.002
Mississippi . . . . .	0.003	0.002	0.004	0.003
Delaware, Schylkill . . . . .	0.003	0.002	0.004	0.003
East River y New York Bay . . . . .	0.003	0.002	0.004	0.003
Canal sanitario de Chicago . . . . .	0.008	0.006	0.010	0.008
Lodosa o turbia . . . . .	0.003	0.002	0.004	0.003
Dura (más de 15 granos/gal) . . . . .	0.003	0.003	0.005	0.005
Enfriamiento de máquinas . . . . .	0.001	0.001	0.001	0.001
Destilada . . . . .	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Alimentación tratada para calderas . . . . .	0.001	0.0005	0.001	0.001
Purga de calderas . . . . .	0.002	0.002	0.002	0.002

† Las cifras de las últimas dos columnas se basan en una temperatura del medio calefactor de 240 a 400°F. Si la temperatura de este medio es mayor de 400°F. y si se sabe que el medio enfriador forma depósitos, estas cifras deben modificarse convenientemente.

Apéndice B: Coeficiente de película – Agua

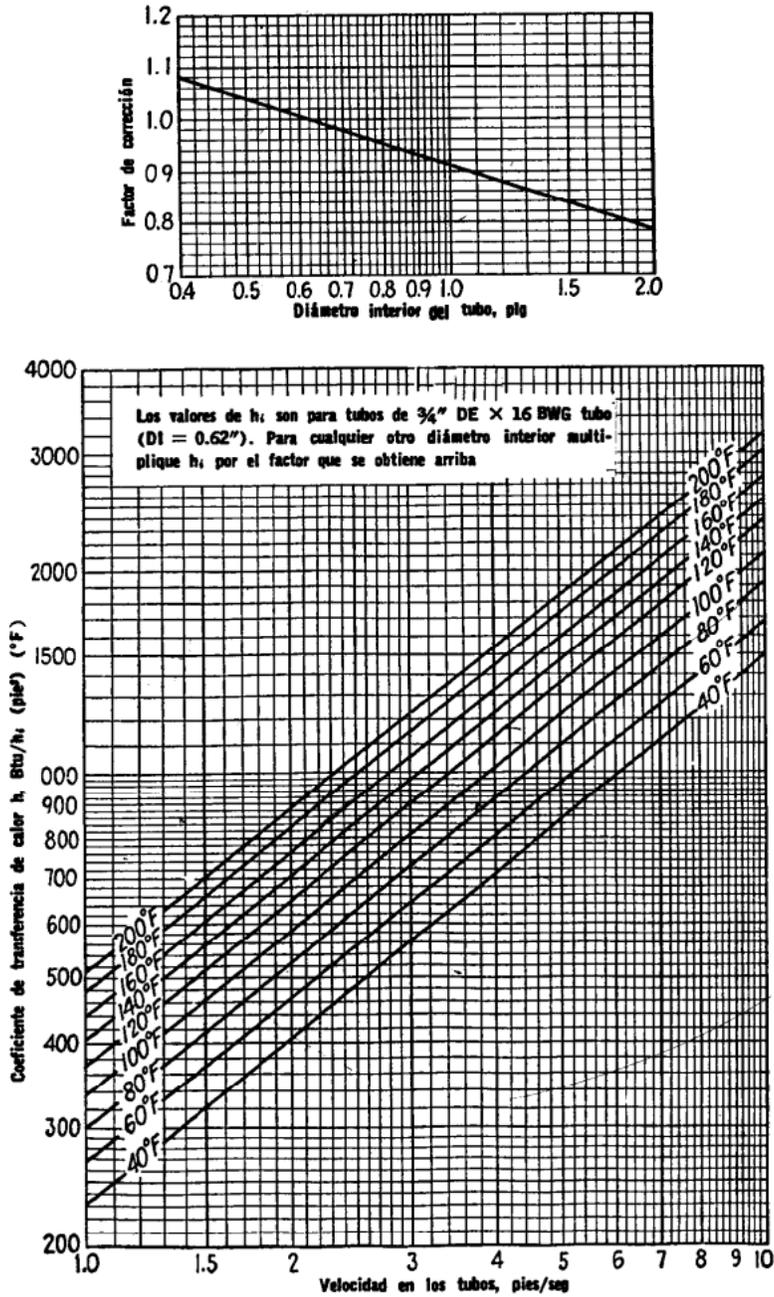


FIG. 25. Curva de transferencia de calor, agua en los tubos. [Adaptada de Eagle y Ferguson, Proc Roy., Soc. A127, 540 (1930)]

NOTA: Evaluar a temperatura media entre entrada y salida.