

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

# MANUAL OPERACIONES UNITARIAS

---

## PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS II

**MSc. Mario Santizo**  
**COORDINADOR**

La ingeniería Química es una rama de las ciencias de ingeniería que requiere la aplicación creativa de principios científicos tales como los conceptos de masa, energía, cantidad de movimiento, calor, masa, cinética química, cambio físico y químico de la materia y análisis numérico y de procesos. Para comprender lo que significan estos principios aplicados a la ingeniería química, es necesario considerar el tipo de problemas que los ingenieros químicos han resuelto en las últimas décadas, aunque se han dedicado exclusivamente a la química de los procesos. Como resultado, tradicionalmente se ha considerado que la ingeniería química es una carrera para capacitar científicos que se dedicarán a la investigación, desarrollo, diseño y a las operaciones de las industrias químicas, petroquímicas y afines. La experiencia ha demostrado que los principios que se requieren para satisfacer las necesidades de las industrias de proceso, también se pueden aplicar a una gran variedad de problemas, y el ingeniero químico está utilizando estos principios también para las ciencias ecológicas. Durante finales de este siglo la ingeniería química se había desarrollado como una disciplina aparte, a fin de resolver las necesidades de una industria química en la que resultaban inoperantes los procesos de fabricación. Luego, la ingeniería química dio mayor importancia a la forma de utilizar los resultados de experimentos del laboratorio para diseñar equipos de proceso que satisficieran el ritmo industrial de producción. Esto ocasionó de forma natural a definir los procesos de diseño en función de las operaciones unitarias, o sea aquellos elementos que son comunes a muchos procesos diferentes.

## ÍNDICE

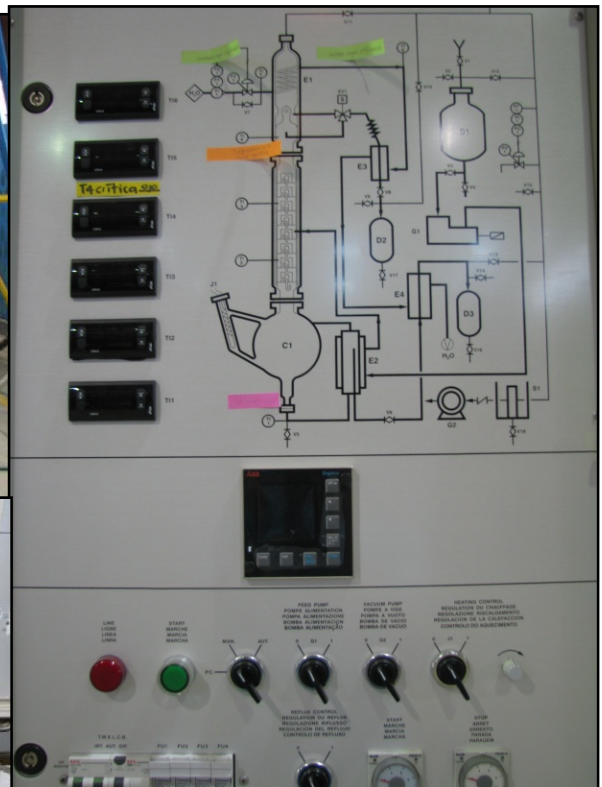
1. DESTILACIÓN CONTINUA .....	3
2. UNIDAD DE REACCIÓN CONTINUA .....	6
3. SECADOR ROTATORIO .....	9
4. TORRE DE ENFRIAMIENTO .....	12
5. TRITURACIÓN Y TAMIZADO .....	15
6. TORRE DE ABSORCIÓN .....	18
7. FILTRACIÓN .....	21
8. DESTILACIÓN BATCH .....	24

# 1. DESTILACIÓN CONTINUA

La destilación continua o fraccionamiento es una operación de destilación de múltiples etapas y en contracorriente. La alimentación se introduce de manera continua en algún punto intermedio de la columna. El calor que se introduce al rehedidor por la parte baja de la columna vaporiza una parte del líquido. Este vapor asciende por la columna debido a que su densidad es menor que la del líquido que desciende. Se proporcionan platos en la columna para permitir el contacto íntimo del vapor y del líquido. Estos platos pueden tener varias configuraciones, pero lo que interesa es que permiten al líquido fluir hacia abajo, a través de la columna, y al vapor ascender por la misma, realizando de este modo un mezclado y una separación en cada plato.

## A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

UNIDAD DE DESTILACIÓN CONTINUA  
MOD. UDCA/EV  
ELETTRONICAVENETA



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

### SISTEMA: 5 LITROS DE ETANOL AL 30% EN VOLUMEN

- 1) Elaborar una solución de etanol-agua al 30% en volumen (aproximadamente 5L)
- 2) Transferir la solución al Tanque D1 del equipo utilizando el embudo acoplado al mismo.
- 3) Revisar que todos los controles del panel se encuentren en la posición 0.
- 4) Conectar el equipo de destilación continua al tomacorriente.
- 5) Situar la perilla (P.C/MAN/AUT.) al lado del botón START en el panel de control en manual (MAN).
- 6) Mover el interruptor T.M.E.L.C.B en el panel de control, hacia arriba lo que lo ubicará en la posición ON.
- 7) Encender la unidad presionando el botón verde START.
- 8) Regular el agua de enfriamiento del condensador, abriendo o cerrando la llave del chorro que alimenta la misma a manera de tener un flujo aproximadamente a 250l/h. (El flujo podrá verse en la pantalla del panel FT1, ubicado arriba del tanque D1)
- 9) Mover la perilla G1 que activa la bomba a la posición 1.
- 10) Abrir la cubierta protectora del panel G1 y configurar la Bomba en modo manual presionando el botón P por 5 segundos hasta que la información en la pantalla empiece a titilar. Presionar las flechas ubicadas al lado del botón P, hasta ubicar la función manual.
- 11) Regular la velocidad de bombeo aproximadamente a una frecuencia de 45-50 utilizando las flechas ubicadas en el panel de la bomba, controlando que no se rebalsen los platos de la columna (**La bomba deberá pararse en el momento que ya no se cuente con solución en el tanque D1**)
- 12) Luego de haber cubierto la resistencia ubicada en el tanque C1 casi por completo con la solución de alimentación, situar la perilla (HEATING CONTROL J1) y la perilla del control de reflujo (REFLUX CONTROL) a 1.
- 13) Situar la relación de reflujo a un valor predeterminado (1,2 o3), esto se logrará manipulando las perillas ubicadas al lado de la perilla del control de reflujo (REFLUX CONTROL), marcadas como START y STOP.
  - Para un reflujo de uno colocar la perilla START en 2 y la perilla STOP en 2.
  - Para un reflujo de dos colocar la perilla START en 2 y la perilla STOP en 4.**(Se deberán utilizar 3 relaciones de reflujo diferentes para operar el equipo)**
- 14) Variar la intensidad de la resistencia del tanque C1, cuidando que la temperatura T4 cuyo valor aparecerá en el panel de control central en la pantalla TI4, no rebase los 73° C (por el azéotropeo que puede formar la solución) La resistencia del tanque C1, podrá variarse moviendo hacia la derecha o hacia la izquierda, la perilla ubicada al lado derecho de la perilla J1 (HEATING CONTROL).

- 15) El destilado obtenido con cada relación de reflujo utilizada, se obtendrá en el tanque D2. Deberá obtenerse el volumen de destilado y la composición del mismo, utilizando un alcoholímetro.
- 16) Los fondos podrán obtener en el tanque D3, y deberá determinarse igualmente el volumen obtenido y la composición del mismo, utilizando un alcoholímetro.

#### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Luego de realizada la destilación deberá detenerse el calentamiento de la resistencia del tanque C1 y colocar los controles G1, G2 y J1 en la posición 0 (esto apagará la bomba y la resistencia)
- 2) Los tanques D1, D2 y D3 podrán vaciarse utilizando las válvulas V4, V17 y V16 respectivamente. El tanque C1, deberá dejarse enfriar previo a ser vaciado.
- 3) Deberá detenerse la alimentación del agua de enfriamiento, cerrando la llave del chorro de alimentación.
- 4) Por último podrá apagarse la unidad moviendo el interruptor T.M.E.L.C.B hacia abajo, colocándolo en la posición OFF.

### C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el número mínimo de platos para una destilación del sistema etanol-agua.
- Determinar la relación de reflujo mínimo para cada uno de los destilados obtenidos.
- Determinar la ecuación de la línea de alimentación para la destilación realizada así como el número de platos con cada una de las relaciones de reflujo utilizadas.
- Determinar el efecto del reflujo en el número de platos teóricos requeridos para la operación del destilador continuo utilizando el método de McCabe – Thiele.

## 2. UNIDAD DE REACCIÓN CONTINUA

Un reactor químico es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas. Dicha unidad procesadora está constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada y salida para sustancias químicas.

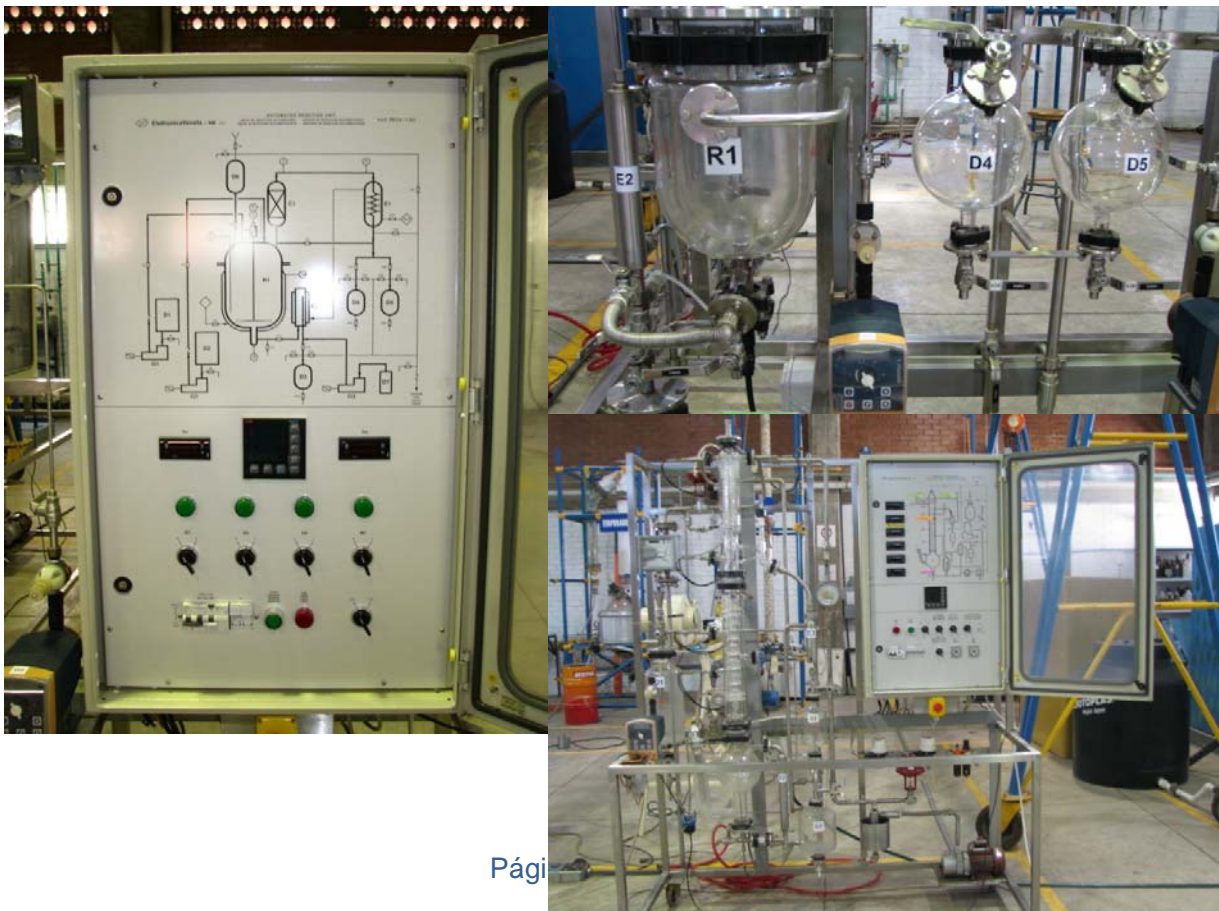
Los reactores químicos pueden dividirse según el modo de operación en continuos y discontinuos y según las fases que albergan en homogéneos y heterogéneos.

Los reactores discontinuos como su nombre lo indica trabajarán por cargas mientras que los continuos lo harán con una alimentación ininterrumpida.

En los reactores homogéneos existirá solamente una fase a lo largo de la reacción y en los reactores heterogéneos estarán presentes dos o incluso tres fases.

### A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

UNIDAD DE DESTILACIÓN CONTINUA  
MOD. UDCA/EV  
ELETTRONICAVENETA



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

### SISTEMA: 2 LITROS DE LAS SIGUIENTES SOLUCIONES

- NaOH=0.1 MOLAR/ ACETATO DE ETILO=0.1 MOLAR
- NaOH=0.1 MOLAR/ ACETATO DE ETILO=0.2 MOLAR
- NaOH=0.075 MOLAR/ ACETATO DE ETILO=0.1 MOLAR
- NaOH=0.075 MOLAR/ ACETATO DE ETILO=0.2 MOLAR

- 1) Enchufar la unidad al tomacorriente.
- 2) Revisar que las perillas **G1, G2, G3 y M1** se encuentren en la posición cero.
- 3) Encender la unidad moviendo el interruptor **T.M.E.L.C.B** a la posición "ON" (Moverlo hacia arriba)
- 4) Oprimir el Botón verde **START** ubicado en el panel de control, para poner a funcionar la unidad
- 5) Esperar unos segundos hasta que aparezca la palabra **SIC1** en la esquina superior izquierda de la pantalla central.
- 6) Verificar que la perilla **AUT. P.C** ubicada en la parte inferior derecha del panel de control, se encuentre en la posición **AUT**
- 7) Preparar una solución de NaOH 0.1 molar (8 gramos de NaOH por 2 litros de agua destilada)
- 8) Agregar la solución preparada al reactor **R1**, utilizando el embudo acoplado a este. (Para alimentar la solución, la válvula **V28** deberá abrirse haciendo que la manija de esta, quede alineada con el embudo)
- 9) Presionar el botón M/A/C ubicado al lado de la pantalla central, hasta que el led rojo (que marca la posición manual) se encienda. (Puede ser que el led encendido sea verde. Este marcará la posición automático por lo que deberá cambiarse a manual)
- 10) Mover la perilla M1 a la posición 1 para encender el agitador dentro del reactor R1
  - Para regular las revoluciones por minuto del agitador verificar que en la pantalla central en la esquina inferior izquierda aparezca el número uno. (Si este número no aparece presionar el botón LOOP hasta que aparezca)
  - Presionar el botón "IND" lo que hará que la tercera línea de la pantalla empiece a cambiar. Seguirlo presionando hasta que en la misma aparezca el parámetro "OUT %"
  - Una vez ubicado el parámetro "OUT%", utilizar las flechas colocadas al lado de la pantalla para aumentar o disminuir este porcentaje. El porcentaje irá de 0-100 lo que será proporcional a 0-400rpm en el agitador.
- 11) Variar la velocidad del agitador a 300rpm (Llevar el valor "OUT%" a 75%)
- 12) Verificar que en la pantalla en la esquina inferior izquierda aparezca un uno. En esa posición oprimir el botón IND hasta que aparezca en la tercera línea de la pantalla el parámetro CE1. (En esta pantalla se medirá la variación de la conductividad)
- 13) Disolver 17.6 gramos de acetato de etilo en un poco de agua y agregarlos al reactor R1 en la misma forma que se alimentó la solución de NaOH.

- 14) EMPEZAR A TOMAR EL TIEMPO AL MOMENTO DE AGREGAR EL ACETATO DE ETILO AL REACTOR utilizando un cronómetro.
- 15) A medida que el tiempo transcurre el porcentaje en la segunda línea de la pantalla irá variando, lo que corresponderá a una variación de la conductividad de la solución. (El margen 0-100% será proporcional a 0-50 mS/cm)
- 16) Tomar los datos de conductividad a diferentes tiempos. Con estos datos podrá analizarse la velocidad de reacción.

#### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Mover la perilla **M1** a la posición **0**. Esto detendrá el agitador del reactor.
- 2) Apagar la unidad moviendo el interruptor **T.M.E.L.C.B** a la posición "OFF" (Moverlo hacia abajo) esto cortará la energía a la unidad.
- 3) Desconectar la unidad del enchufe.
- 4) Vaciar la solución del tanque R1 utilizando una cubeta para recolectar la solución. Colocar la cubeta bajo la válvula ubicada justo abajo del tanque R1. La válvula debe abrirse haciendo que esta quede totalmente vertical.
- 5) La solución drenada del tanque deberá neutralizarse si así fuera necesario, previo a desecharse.
- 6) Cerrar el panel de control con la cubierta protectora.

### C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar la velocidad de reacción para la hidrólisis del acetato de etilo.
- Determinar los órdenes de reacción para cada una de las reacciones llevadas a cabo.
- Identificar la dependencia de la velocidad de reacción con la concentración de los reactivos.
- Calcular la energía de activación de la reacción a la temperatura utilizada.



## 3. SECADOR ROTATORIO

El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua de un material sólido con el fin de reducir el contenido de humedad hasta un valor determinado. Durante el secado se elimina, como regla, sólo la humedad enlazada con el material en forma físico-química y mecánica y no aquella enlazada en forma química.

Las operaciones de secado pueden clasificarse según el método de transmisión de calor, según la consistencia o estado del material a secar, o según la forma de alimentación del material, ya sea por lotes o continua.

### A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

SECADOR DE RESISTENCIA

TEMPERATURA PROMEDIO: 66° C

VELOCIDAD DEL AIRE DEL SOPLADOR: 66 m/min



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: 10 LIBRAS DE MAÍZ O CONCENTRADO PARA PERROS

### CONSIDERACIONES:

- a. Preparar el material a secar, remojándolo en agua durante un período corto. Si se utiliza concentrado para perros remojar únicamente durante 15-20 minutos con un volumen pequeño de agua, ya que este absorberá bastante humedad, si se utilizar maíz, remojarlo durante unas horas.
  - b. Luego de realizado el remojo, determinar la humedad del material utilizando una balanza de humedad y proceder a realizar el secado.
- 
- 1) Enchufar la unidad al tomacorriente.
  - 2) En el panel de control del equipo, ubicar el interruptor principal (flipón) en la posición ON.
  - 3) Revisar que la canasta giratoria, se encuentre libre de material. (En caso esta contuviera aún algún tipo de material limpiarla previo a realizar el secado)
  - 4) Para hacer girar la canasta y volcar el material que se encuentre dentro de la misma al momento de limpiarla, presionar el botón verde **START**, ubicado al lado derecho en el panel de control, abajo del dibujo del tambor del secador, y presionar el botón rojo **STOP**, para detenerla.
  - 5) Luego de limpia la canasta, encender la resistencia y el soplador del secador.
  - 6) Para realizar la operación anterior presionar el botón verde **START**, ubicado al lado izquierdo en el panel de control, abajo del dibujo del soplador del secador.
  - 7) Luego de encendida la resistencia, esperar a que la temperatura se estabilice.
  - 8) Cargar el material dentro del tambor giratorio del secador, cerrar las rejillas del mismo y encender el tambor giratorio en el panel de control.
  - 9) Dejar secar el material durante al menos 2 horas, midiendo cada cierto tiempo la humedad del mismo.

### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Presionar los botones de **STOP**, tanto de la resistencia y soplador así como de la canasta giratoria en el panel de control.
- 2) Vaciar el material seco de la canasta giratoria y dejar esta limpia.
- 3) Desconectar la unidad del enchufe.

## C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Trazar la curva de secado para la operación del sistema y determinar la humedad en el equilibrio, la humedad crítica, la humedad libre, y la humedad total eliminada.
- Determinar la velocidad antecrítica, la velocidad postcrítica, y determinar un modelo integral-matemático en el periodo antecrítico y en el periodo postcrítico.
- Realizar un balance de materia para el sistema y determinar un modelo para la velocidad de secado.
- Establecer la eficiencia térmica del sistema.

## 4. TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las operaciones de humidificación se utilizan para controlar la humedad de un proceso, pero más frecuentemente, para enfriar y recuperar el agua utilizada como medio de enfriamiento en un proceso. Esto se logra mediante el contacto directo con aire, el cual se encuentra a una temperatura menor que el agua. El equipo en el que se realiza esta operación es conocido como Torre de Enfriamiento.

Las torres de enfriamiento se clasifican de acuerdo al medio utilizado para suministrar aire a la torre: tiro forzado, tiro inducido y tiro natural.

### A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

DIÁMETRO DE LAS ASPAS DEL VENTILADOR: APROX. 90 cm  
VELOCIDAD DEL AIRE DEL VENTILADOR: APROX. 2.44 m/s



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

### CONSIDERACIONES:

- a. Presentarse una hora antes a realizar la práctica, al laboratorio, con el fin de encender la caldera para tener vapor para operar la torre de enfriamiento.

- 1) Calibrar el rotámetro de la unidad.

- Cerrar la llave de paso de agua hacia la torre de enfriamiento y abrir la llave de paso, de la toma de agua ubicada enfrente del rotámetro, colocando un recipiente para coleccionar el agua debajo de esta.
- Utilizando una probeta y un cronómetro, medir el flujo de agua en una posición específica del rotámetro. Realizar este procedimiento, en diversas posiciones del rotámetro para elaborar una curva de calibración.

(Para realizar una correcta medición, recordar dejar correr el agua y colocar la probeta en posición al momento de iniciar a tomar el tiempo con el cronómetro. **EVITAR CERRAR Y ABRIR LA LLAVE DE PASO ENTRE CADA MEDICIÓN**, ya que esto ocasionará errores en la medición)

RECORDAR NO UTILIZAR EL ROTÁMETRO SI TANTO LA LLAVE DE PASO HACIA LA TORRE Y LA LLAVE DE PASO DE LA TOMA DE AGUA ESTÁN CERRADAS, YA QUE ESTO PODRÍA ACCIONAR EL MECANISMO DE ALIVIO DE PRESIÓN DEL ROTÁMETRO Y DAÑAR EL MISMO!

- 2) Al momento de comenzar el proceso de enfriamiento, cerrar la llave de paso de la toma de agua y abrir la llave de paso hacia la torre de enfriamiento.
- 3) Abrir la llave de paso de descarga de la bomba de la torre de enfriamiento, ubicada en la línea, al lado derecho del intercambiador de calor.
- 4) Colocar el **FLIPON** de la bomba, ubicado en la pared al lado derecho del intercambiador de calor, en la posición **ON**.
- 5) Presionar el botón verde ubicado al lado del FLIPON de la bomba, para accionar esta.
- 6) Con la llave de paso de la toma de descarga, regular el flujo de salida de manera que este sea igual al flujo de entrada para evitar acumulaciones de agua en el sistema.
  - Para determinar el flujo de salida, utilizar una probeta y un cronómetro.
  - Luego de determinado el flujo, utilizando la curva de calibración del rotámetro, determinar la posición en la que deberá ubicarse el rotámetro para obtener el mismo flujo de entrada que el de salida.
- 7) Ubicar el rotámetro en la posición calculada y dejar entrar el agua a la torre de enfriamiento.
- 8) Luego de haber confirmado que la caldera ha producido vapor, abrir la línea que alimenta de vapor a la unidad, en el Manifold Principal.
- 9) Enchufar el ventilador al tomacorriente, lo que activará el mismo.

- 10) Empezar a abrir la llave de vapor del intercambiador, ubicada al lado izquierdo del rotámetro, poco a poco.
- 11) Esperar que la temperatura de la entrada de agua se estabilice en un valor determinado, abriendo o cerrando la llave de entrada de vapor (**Recordar utilizar guantes térmicos al manipular la llave**)
- 12) Luego de estabilizada la temperatura de entrada, comenzar a realizar las mediciones.
- 13) Variar el flujo al menos tres veces y realizar las correspondientes mediciones con cada uno de los flujos. **RECORDAR QUE EL FLUJO DE ENTRADA DE AGUA DEBE SER IGUAL AL FLUJO DE SALIDA.**

#### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Cerrar la llave de vapor.
- 2) Presionar botón blanco, ubicado al lado del FLIPON de la bomba para detenerla.
- 3) Desconectar el enchufe del ventilador.
- 4) Cerrar la llave de paso de entrada de agua.
- 5) Recordar dejar abierta la llave de paso, del drenado, ya que aún habrá agua en el empaque de la torre.

### C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinación del número de unidades de transferencia y la curva de equilibrio para cada régimen de flujo de agua
- Determinación de  $K_y a$  para cada régimen de flujo de agua.
- Determinación de la eficiencia de la torre de enfriamiento para cada flujo de agua utilizado en la operación de la misma.
- Determinar la economía y consumo de vapor de la torre de enfriamiento.

## 5. TRITURACIÓN Y TAMIZADO

El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Se lleva a cabo por diferentes métodos: 1) compresión, 2) impacto, 3) frotación o rozamiento y 4) corte.

El tamizado por otra parte es un proceso mecánico empleado para separar mezclas de sólidos, cuyas partículas tienen distinto tamaño. Se utiliza un tamiz, aparato que consta de tres partes: el cedazo, el recipiente y la tapa; al agitar el tamiz las partículas van atravesando, según su tamaño, los orificios del cedazo.

### A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

#### MOLINO DE MARTILLOS

SERIE DE 7 TAMICES: #1, #4, #10, #16, #20, #40, #50



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: 10 LIBRAS DE MAÍZ O 10 LIBRAS DE CORTEZA PARA CUBRESUELOS

### MOLINO

- 1) Revisar que el molino de martillos se encuentre limpio de cualquier material utilizado previamente.
  - Retirar la tolva de alimentación y la cubierta del molino, removiendo las tuercas aseguradoras, ubicadas en la parte frontal y posterior de la tolva de alimentación.
  - Retirar la criba del molino y eliminar los restos de material que se encuentren dentro del mismo.
- 2) Colocar la Criba con la cual se molerá (Se recomienda utilizar las 3 cribas, empezando con la más grande y terminando con la más pequeña)
- 3) Colocar la cubierta protectora del molino y la tolva de alimentación y asegurar las tuercas que sujetan las mismas.
- 4) Sellar cualquier ranura abierta en la carcasa del molino, por el cual pueda perderse material, o causarse demasiado polvo. (Para esta operación podrá utilizarse Masking Tape)
- 5) Enchufar el molino al tomacorriente.
- 6) Colocar un recipiente recolector en la parte de abajo del molino. (Procurar que la boca del recipiente, cubra totalmente la salida del producto para evitar salidas de polvo o pérdidas del material)
- 7) Presionar el botón de encendido ubicado en el panel de control del motor.
- 8) Moler durante 4-5 minutos, o hasta que se escuche que el material ha pasado totalmente.
- 9) Mientras el molino esté funcionando, utilizar el amperímetro de gancho para determinar, el amperaje y la resistencia, colocando este alrededor de uno de los cables que salen del panel de control, hacia el motor.
- 10) Detener el molino presionando el botón de apagado en el panel de control del motor.

### TAMICES VIBRATORIOS

- 1) Desmontar los tamices de la base vibratoria, levantando el brazo estabilizador colocado sobre ellos.
- 2) Revisar que los tamices se encuentren limpios (de lo contrario limpiarlos utilizando aire comprimido) y pesarlos.
- 3) Colocar los tamices nuevamente sobre la base vibratoria, y agregar el material molido al último tamiz, agitar un poco el juego de tamices para hacer bajar el nivel del material molido en el dicho tamiz y dar más espacio para mas material.
- 4) Colocar la tapadera sobre el último tamiz (esta se coloca a presión) y colocar el brazo estabilizador sobre ellos.
- 5) Revisar que el temporizador ubicado en la base vibratoria se encuentre en la posición "cero", de lo contrario llevarlo a esta posición, girando la perilla.



- 6) Conectar el enchufe del tamizador al tomacorriente y luego ajustar el temporizador a 15 minutos. (Esto permitirá tamizar durante 15 minutos)
- 7) Luego de pasado el tiempo de tamizado, desmontar los tamices y determinar el peso del material retenido en cada tamiz.
- 8) Repetir el proceso de tamizado, para cada criba utilizada en el molino.

#### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Desconectar el molino de martillos del tomacorriente.
- 2) Remover todo el masking tape colocado en la carcasa del molino y proceder a limpiar el molino:
  - Retirar la tolva de alimentación y la cubierta del molino, removiendo las tuercas aseguradoras, ubicadas en la parte frontal y posterior de la tolva de alimentación.
  - Retirar la criba del molino y eliminar los restos de material que se encuentren dentro del mismo.
- 3) Dejar todas las cribas fuera del molino y volver a colocar la tolva de alimentación y la cubierta del molino, asegurándolas con las tuercas.
- 4) Desconectar los tamices vibratorios del tomacorriente.
- 5) Limpiar cada uno de los tamices utilizando aire comprimido.
- 6) Volver a apilar los tamices y colocarlos sobre la base vibratoria, dejándolos tapados.

### C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el tamaño de partícula en el cual se obtuvo la mayor fracción másica por medio de un análisis de diferencial para cada uno de los materiales utilizados.
- Estimar la reducción de partícula máxima alcanzada por el molino.
- Determinar el rendimiento del proceso de molienda para cada una de las cribas.
- Determinar el consumo energético durante el proceso de molienda para cada una de las cribas.

## 6. TORRE DE ABSORCIÓN

La torre empacada o de absorción, es un aparato que se utiliza con frecuencia en la absorción de gases. Consiste en una columna cilíndrica, equipada con una entrada de gas y un espacio de distribución en la parte inferior; una entrada de líquido y un distribuidor en la parte superior; salidas para el gas y el líquido en la parte superior e inferior respectivamente; y una masa soportada de cuerpos sólidos inertes.

El flujo de líquido cae hacia abajo en la columna sobre el área de empaque y el gas o vapor, asciende en contracorriente, en la columna, permitiendo un íntimo contacto entre ambas corrientes, en donde ocurre una transferencia de masa.

### A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

ALTURA DE LA TORRE: 2.91 m

TIPO DE EMPAQUE: ANILLO RASCHIG DE PVC



## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

### SISTEMA: AIRE-AGUA

- 1) Revisar que la llave de drenado de líquido de la torre de absorción se encuentre cerrada (**ubicada** en la **parte inferior** de la torre, conectada al tanque de almacenamiento de agua). De lo contrario cerrarla.
- 2) Revisar que el tanque de almacenamiento de agua se encuentre limpio, de lo contrario limpiarlo con agua para evitar que a la torre de absorción ingresen impurezas o elementos que puedan quedarse atrapados en el empaque. Para drenar el agua de limpieza, abrir la llave de drenado del mismo.
- 3) Llenar el tanque de almacenamiento de agua utilizando una manguera conectada a una llave surtidora. (**Cuidar que el nivel de agua no se acerque demasiado al motor de la bomba, ya que podría dañarla**)
- 4) Luego de lleno el tanque de almacenamiento, calibrar el rotámetro del ingreso de agua a la torre:
  - Cerrar la llave de paso de agua hacia la torre de absorción y abrir la llave de paso, de la toma de agua ubicada al lado del rotámetro, colocando un recipiente para coleccionar el agua debajo de esta.
  - Utilizando una probeta y un cronómetro, medir el flujo de agua en una posición específica del rotámetro. Realizar este procedimiento, en diversas posiciones del rotámetro para elaborar una curva de calibración.

(Para realizar una correcta medición, recordar dejar correr el agua y colocar la probeta en posición al momento de iniciar a tomar el tiempo con el cronómetro.

**EVITAR CERRAR Y ABRIR LA LLAVE DE PASO ENTRE CADA MEDICIÓN**, ya que esto ocasionará errores en la medición)

RECORDAR NO UTILIZAR EL ROTÁMETRO SI TANTO LA LLAVE DE PASO HACIA LA TORRE Y LA LLAVE DE PASO DE LA TOMA DE AGUA ESTÁN CERRADAS, YA QUE ESTO PODRÍA ACCIONAR EL MECANISMO DE ALIVIO DE PRESIÓN DEL ROTÁMETRO Y DAÑAR EL MISMO!

- 5) Por medio de la curva de calibración del rotámetro, establecer un flujo de alimentación a la torre de absorción y comenzar a alimentar el líquido, cerrando la llave de paso de la toma de agua, abriendo la llave de paso hacia la torre y conectando la bomba al tomacorriente. (esto activará la bomba)
- 6) Luego de ingresado el líquido a la torre, abrir la llave de drenado de la torre de manera que el líquido ingresado en la misma pueda reciclarse y no se inunde la misma.
- 7) Para comenzar el proceso de absorción, activar el soplador de la unidad, conectando este al tomacorriente.
- 8) Regular el flujo de aire introducido por medio de la válvula colocada en la línea de alimentación a la torre.

- 9) Para determinar la velocidad y humedad del aire ingresado, utilizar un rotámetro y un psicrómetro respectivamente, colocándolos a la salida de la línea de medición. Para esto cerrar la llave de paso hacia la torre de absorción y abrir la llave de paso de la línea de medición, esto redirigirá el flujo de aire para que pueda ser medida su velocidad y humedad.
- 10) El proceso anterior deberá realizarse también en la parte alta de la torre, es decir a la salida del flujo gaseoso, utilizando la escalera colocada al lado de la unidad.
- 11) Los datos deberán tomarse a 3 diferentes flujos de agua y de aire respectivamente.

#### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Desconectar tanto la bomba como el soplador del tomacorriente.
- 2) Revisar que el tanque de almacenamiento de agua se encuentre limpio, de lo contrario limpiarlo con agua para evitar que en la siguiente práctica, ingresen impurezas o elementos que puedan quedarse atrapados en el empaque a la torre de absorción.
- 3) Abrir la llave de drenado de la torre de manera que el líquido ingresado en la misma pueda eliminarse.

### C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el valor del factor de capacidad de la columna empacada en un sistema agua-aire.
- Determinar el valor del factor de empaque para una columna empacada con un sistema agua-aire.
- Comparar gráficamente la relación entre el flujo de gas ( $G'$ ) y la caída de presión por unidad de longitud de empaque ( $Cp/Z$ ).
- Calcular el porcentaje máximo de humedad ganada por la corriente de aire para cada una de las corridas realizadas.

## 7. FILTRACIÓN

La filtración es un proceso de separación de fases de un sistema heterogéneo, que consiste en pasar una mezcla a través de un medio poroso o filtro, donde se retiene de la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla. Dicha mezcla son fluidos, que pueden contener sólidos y líquidos (como también gases).

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general.

### A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

FILTRO: 5 PLACAS

CABALLAJE DE LA BOMBA: 1 HP



Pá

## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: SUSPENSIÓN DE CARBONATO DE CALICO (6 KG DE CARBONATO DE CALCIO EN 30 GALONES DE AGUA)

- 1) Revisar que la marmita se encuentre limpia, de lo contrario limpiarla utilizando una manguera conectada a una toma de agua y drenar el agua por medio de la válvula de drenado, ubicada debajo de esta y abrir la llave de paso hacia el drenaje.
- 2) Luego de limpia la marmita, cerrar la llave de drenado.
- 3) Adicionar 30 galones de agua a la marmita mientras se agregan los 6 kg de carbonato de calcio. **Agitar vigorosamente** para evitar que el carbonato de calcio se sedimente y forme tapones al momento de transportarse al filtro.
- 4) Luego de realizada la suspensión abrir la llave de drenado (revisar que la llave de paso hacia el drenaje se encuentre cerrada, de lo contrario se perderá parte de la suspensión).
- 5) Abrir la válvula de la línea que conecta a la bomba con el filtro prensa.
- 6) Cerrar la llave de paso de retorno del líquido hacia la marmita (para evitar una recirculación)
- 7) Colocar las telas filtrantes en cada una de las placas del filtro.

VERIFICAR QUE ESTAS CUBRAN LA PLACA COMPLETAMENTE DE LO CONTRARIO SE TENDRÁN FILTRACIONES
---

- 8) Luego de colocadas las telas filtrantes, procurar que las placas queden lo más apretadas posible.
- 9) Abrir la válvula de paso de la línea de salida del filtro prensa, y colocar debajo de dicha línea un recipiente recolector.
- 10) Colocar el flipón de la bomba, ubicado en la pared, en la posición ON
- 11) Presionar el botón verde, ubicado debajo del flipón, para activar la bomba. (**IMPORTANTE: NO DEJAR QUE LA BOMBA SIGA TRABAJANDO SIN FLUIDO**)
- 12) Determinar la densidad de los volúmenes recolectados saliendo del filtro prensa, por medio de la masa de los mismos.
- 13) Filtrar los 30 galones de suspensión.

### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Limpiar la marmita y la unidad, dejando pasar agua por las líneas y por el filtro prensa.
- 2) Apagar la bomba, presionando el botón rojo, ubicado debajo del flipón de la misma.
- 3) Limpiar cualquier derrame que pudiera haber ocurrido durante el proceso de filtración.
- 4) Luego remover las telas filtrantes y limpiar las placas y las telas filtrantes, utilizando agua.

- 5) Dejar abierta la llave de drenado, para que pueda correr el agua que quede en la marmita.

## C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar la cantidad de masa retenida en el filtro prensa durante la operación realizada
- Determinar la eficiencia del filtro prensa
- Indicar la variación de la densidad durante la operación para generar una curva de retención en las capas.
- Determinar la caída de presión a través del filtro prensa.

## 8. DESTILACIÓN BATCH

La destilación es una de las principales técnicas para purificar líquidos volátiles. En su forma más simple, permite separar un líquido de sus impurezas no volátiles. Con una destilación sencilla también se puede conseguir una separación aceptable de dos líquidos si tienen puntos de ebullición muy diferentes.

En la destilación se calienta la mezcla líquida, de tal manera que se produce la ebullición (en el matraz de destilación) y los vapores producidos se conducen a una zona fría (el refrigerante) donde condensan constituyendo el destilado (el cual se deja caer en el colector).

### A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO





## B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: 16 LITROS DE UNA SOLUCIÓN AL 20% DE ETANOL

- 1) Preparar la solución y agregarla a través de una de las boquillas de alimentación, al tanque de ebullición.
- 2) Abrir la llave de alimentación de agua del condensador y regular el flujo de este.
- 3) Colocar un recipiente recolector en la línea saliendo del condensador (En este se recolectará el destilado)
- 4) Colocar un recipiente metálico, bajo la línea de condensado.

Recordar agregar al recolector una cantidad de agua para recolectar el condensado y evitar la evaporación del mismo.
--

- 5) Acoplar un termómetro al tanque de ebullición, para controlar la temperatura en el mismo, a lo largo de la destilación.
- 6) Luego de haber confirmado que la caldera ha producido vapor, abrir la línea que alimenta de vapor a la unidad, en el Manifold Principal.
- 7) Empezar a abrir la llave de vapor que alimenta el serpentín, ubicado en la parte inferior del tanque de ebullición, poco a poco.
- 8) Controlar por medio del termómetro que la temperatura en el tanque de ebullición **no sobrepase los 76° C**, para evitar la formación de azeótropo.
- 9) En el momento en que el nivel de solución en el tanque de ebullición, alcance el serpentín, cerrar la llave de vapor y detener la destilación.

### PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Tomar el producto recolectado y determinar, el volumen y grado alcohólico, utilizando un alcoholímetro.
- 2) Reservar el destilado para que sea utilizado en la elaboración de la solución de etanol en la siguiente sesión.
- 3) Determinar la cantidad de condensado recolectado y eliminar luego el condensado.
- 4) Detener la alimentación del agua de enfriamiento.
- 5) Dejar enfriar el tanque de ebullición (si es necesario hasta la siguiente sesión) previo a vaciarlo. (Para vaciar el tanque, abrir la válvula de drenado ubicado en la parte inferior del mismo)

## C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el rendimiento de la destilación por cada batch utilizado en el proceso.
- Determinar la cantidad de vapor utilizada por batch durante el proceso.
- Calcular el calor necesario para promover la destilación por batch.
- Determinar la economía de vapor y la eficiencia del destilador.