

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR

MANUAL OPERACIONES UNITARIAS

PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS I

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. MEDIDORES DE FLUJO	3
2. SECADOR DE BANDEJAS	5
3. EVAPORADOR	7
4. INTERCAMBIADORES DE BAYONETA/ CONCHA Y TUBOS	10
5. CALDERA	13
6. BOMBA CENTRÍFUGA	16

1. MEDIDORES DE FLUJO

Algunos tipos de medidores de flujo miden la velocidad volumétrica másica de flujo directamente, pero la mayoría mide esta velocidad o la velocidad media de fluido, a partir de la cual puede calcularse la velocidad volumétrica de flujo.

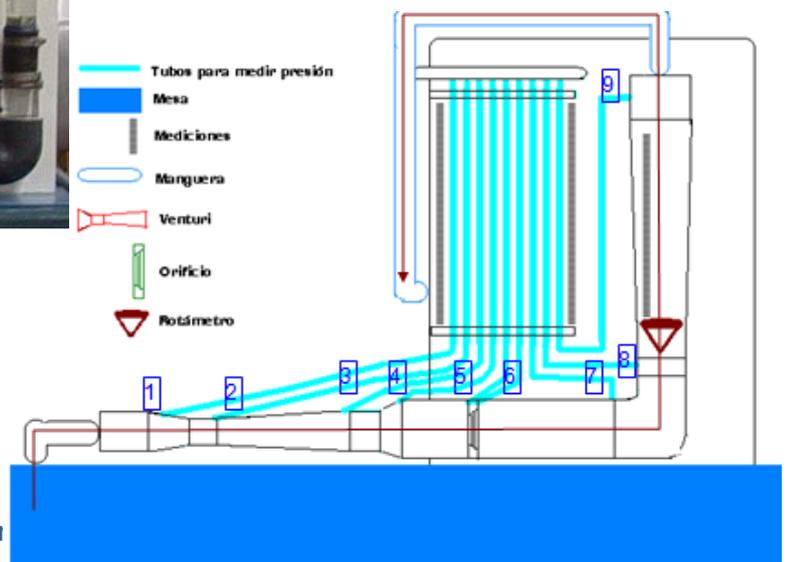
Muchos medidores operan sobre todo el fluido dentro del conducto y se conocen como: medidores de perforación total. Otros llamados medidores de inserción, miden la velocidad de flujo o más común la velocidad del fluido en un solo punto. Sin embargo, la velocidad total del flujo a menudo se infiere con exactitud considerable a partir de un solo punto de medición.

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

CONSIDERACIONES:

- a. Calibrar los medidores de presión. (Para esto oprimir la válvula liberadora de aire ubicada en la parte superior izquierda de la hilera de mangueras, tratando de obtener el mismo nivel de agua en todas las mangueras)
- 1) Conectar la unidad (la banca de fluidos al tomacorriente)
 - 2) Abrir la válvula de agua.
 - 3) Encender la bomba de la banca de fluidos, presionando el botón de encendido ubicado en una de las caras de la banca y dejar pasar el agua por los medidores de flujo.
 - 4) Regular con la válvula un flujo y llenar un volumen determinado en la banca, tomando el tiempo y anotando los datos de las columnas de agua en las mangueras, así como la medición del rotámetro.
 - 5) Realizar el procedimiento anterior al menos 3 veces para tener una medición confiable.
 - 6) Variar el flujo ingresado al sistema, regulando este con la válvula y volver a tomar todos los datos antes mencionados.
 - 7) Utilizar al menos 5 flujos diferentes.

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Apagar la bomba de la banca.
- 2) Cerrar la válvula de alimentación de agua.
- 3) Desconectar la unidad.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar una relación empírica para la calibración del rotámetro.
- Encontrar relaciones gráficas que describan la recuperación de presión de los medidores de flujo en función del número de Reynolds.
- Relacionar la variación del Coeficiente de Venturi con el número de Reynolds.
- Determinar la variación del Coeficiente de Orificio con el número de Reynolds.

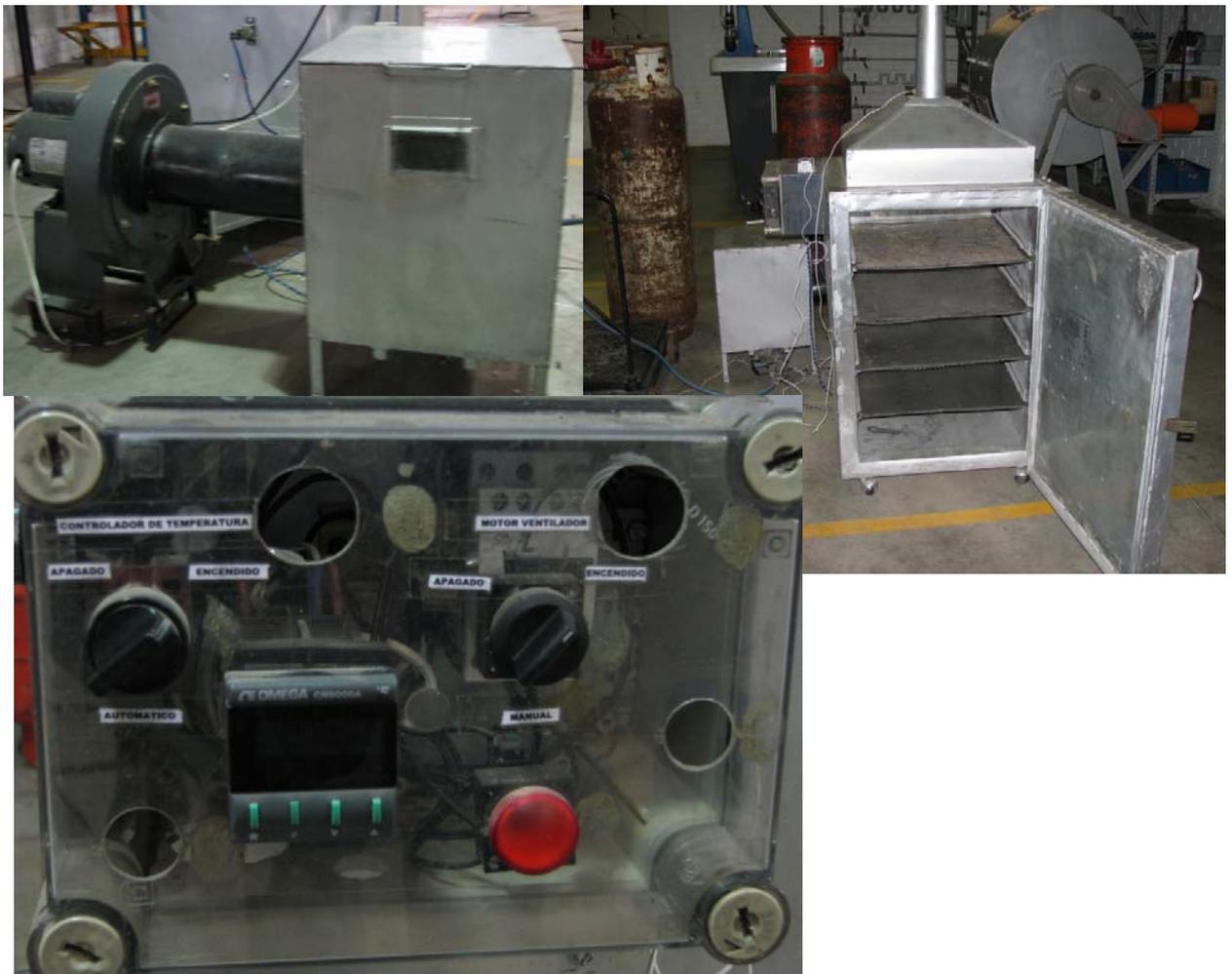
2. SECADOR DE BANDEJAS

El secado es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de alimentos. El secado de sólidos se refiere generalmente a la separación de un líquido de un sólido por evaporación del líquido.

Los secadores de bandeja son los secadores más antiguos y aún los más utilizados. Consisten de una cabina en el que el material a secar se esparce en bandejas sobre las cuales aire caliente es forzado a circular.

A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

CAPACIDAD: 15 BANDEJAS DE (55.6 cm X58.3 cm X2cm)
VENTILADOR: 3.6AMP



B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: HOJUELAS DE PAPA O DE BANANO

- 1) Pesar el cilindro de gas a utilizar, en la balanza romana.
- 2) Colocar un termómetro sobre una de las bandejas para monitorear la temperatura del secador y comprar esta con el "Display" de temperatura del secador.
- 3) Encender la llama en la cámara de combustión y luego el ventilador para comenzar el secado.
- 4) Preparar el material a secar, rebanando estos en láminas muy delgadas para acelerar el secado.
- 5) Luego de haberse estabilizado la temperatura dentro del horno de secado, volver a pesar el cilindro de gas y tomar esta medición, como el valor inicial de la masa de combustible.
- 6) Determinar la humedad y temperatura en la alimentación y salida de aire caliente al secador. (Para esto utilizar un psicrómetro digital)
- 7) Pesar las bandejas vacías y luego con el producto.
- 8) Introducir las bandejas en el secador e iniciar la toma de tiempo para el secado.

Se recomienda colocar un termómetro en cada bandeja para determinar a qué temperatura se estará secando en cada una de las bandejas.

- 9) En períodos de 5 minutos, sacar las bandejas, anotar la temperatura de cada una de ellas y el peso de las mismas.
- 10) Introducir nuevamente las bandejas en el secador y repetir la operación hasta no obtener una variación en la masa.
- 11) Pesar el cilindro de gas para determinar luego la cantidad de combustible consumido.

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Cerrar la llave del cilindro de gas.
- 2) Apagar el ventilador y el controlador de temperatura, colocando ambos en la posición apagado en el panel de control.
- 3) Limpiar, lavar y secar las bandejas.
- 4) Secar las bandejas con aire comprimido para evitar corrosión.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Graficar la curva de rapidez de secado para el material utilizado.
- Determinar la eficiencia del secador
- Calcular la eficiencia energética.

3. EVAPORADOR

El objetivo de la evaporación es concentrar una disolución consistente en un soluto no volátil y un disolvente volátil. Un evaporador consiste básicamente de un intercambiador de calor capaz de hervir la solución y un dispositivo para separar la fase vapor del líquido en ebullición.

El modo más sencillo en que puede llevarse a cabo la evaporación es empelando una sola etapa, o evaporación de "efecto simple". Este modo de operación se emplea cuando la cantidad de disolución a tratar es relativamente pequeña y/o el coste del vapor es barato. Cuando la capacidad requerida es grande, se utilizan evaporadores de "múltiple efecto".

A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

CAPACIDAD DEL EVAPORADOR: 50 LITROS

CALENTAMIENTO: POR VAPOR

ÁREA DE TRANSFERENCIA DEL SERPENTÍN: 0.1540 m^2 (DIÁMETRO EXTERIOR: $10 \frac{1}{2} \text{ pul}$)



B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: 40 LITROS DE UNA SOLUCIÓN DE SACAROSA AL 4-5%

- 1) Preparar la solución de sacarosa, agitando vigorosamente y cuidando obtener una solución lo más homogénea posible.
- 2) Luego de preparada la solución, utilizar un refractómetro para determinar los grados BRIX de la misma.
- 3) Revisar el evaporador y comprobar que este esté vacío y limpio. De lo contrario vaciarlo y limpiarlo con agua, eliminando esta, por la parte inferior, abriendo la válvula de drenado.
- 4) Verter la solución en el evaporador, utilizando un embudo colocado en la boquilla de alimentación.
(CUIDAR NO PERDER SOLUCIÓN AL MOMENTO DE LA MISMA AL EVAPORADOR)
- 5) Luego de ingresada la solución colocar sobre la boquilla de alimentación un tapón de caucho, horadado para poder colocar en este un termómetro y monitorear así la temperatura en el mismo.
- 6) Abrir la llave de alimentación del agua de enfriamiento y la llave de paso del drenaje.
- 7) Colocar un recipiente metálico con agua bajo la toma de salida de condensado, para ahogar el mismo y cuantificar luego la cantidad de vapor utilizado.
- 8) Colocar un recipiente de recolección para el agua evaporada, y determinar al finalizar el volumen total de agua evaporada.
- 9) Chequear que la alimentación de vapor este habilitada en el manifold de distribución de vapor, de lo contrario abrir la llave principal y luego la llave de la línea que alimenta al evaporador.
RECORDAR UTILIZAR GUANTES AL MOMENTO DE MANIPULAR EL MANIFOLD
- 10) Luego de alimentado el vapor a la línea del intercambiador, abrir la válvula de vapor, poco a poco, tratando de mantener una temperatura y presión estable en el vapor.
- 11) Realizar mediciones cada 10 minutos, del volumen de condensado, del agua removida y de los grados brix de la solución durante 2 horas o al momento de haber aumentado los grados brix en al menos 10 grados. (para medir los grados brix de la solución tomar una alícuota utilizando la válvula de drenado del evaporador y el refractómetro)

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Cerrar la llave de la alimentación de vapor.
- 2) Eliminar el condensado y el agua evaporada.
- 3) Cerrar la llave de alimentación de vapor de la línea del evaporador en el manifold.
- 4) Cerrar el agua de enfriamiento del condensador del evaporador.
- 5) Dejar enfriar la solución dentro del evaporador previo a vaciar y limpiar el mismo o esperar hasta la siguiente sesión para realizar este procedimiento.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el coeficiente total de transferencia de calor en el evaporador.
- Determinar la economía del evaporador.
- Determinar la relación libras de agua evaporada por libras de vapor.
- Determinar la capacidad de evaporación en libras de agua por hora.
- Determinar la relación de combustible consumido contra agua evaporada.
- Graficar la relación entre las variables anteriormente mencionadas.
- Obtener un modelo matemático de la concentración en °Brix en función del tiempo de evaporación.

4. INTERCAMBIADORES DE BAYONETA/ CONCHA Y TUBOS

Los intercambiadores de calor, son equipos cuyo objetivo es llevar una corriente de fluido a una temperatura determinada, calentándola o refrigerándola mediante otra corriente de fluido calentador o refrigerante. Los fluidos circulan separados por una superficie, a través de la cual intercambian el calor.

Se emplean muchísimo en la industria química y petroquímica para situar las distintas corrientes de fluido a su nivel térmico adecuado y además para conseguir el máximo ahorro de energía posible.

A. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

INTERCAMBIADORES DE ACERO INOXIDABLE SS 316

Concha y tubos: 116 tubos/DI = 9.5 mm/DE = 10 mm/Largo de tubos 36 pulg/Arreglo triangular

Espesor de la carcasa ¼ de pulg

Bayoneta: Presión máxima de operación=150 psi a 375° F



Partes del sistema

1. Intercambiador de bayoneta
2. Intercambiador de concha y tubos
3. Tubería de vapor
4. Termómetro
5. Tubería de agua fría
6. Trampa de vapor
7. Salida de flujo de calentamiento (Intercambiador de bayoneta)
8. Entrada de flujo de calentamiento (Intercambiador de Concha y tubos)
9. Salida de flujo de calentamiento (Intercambiador de Concha y tubos)
10. Entrada de flujo de agua fría (Intercambiador de Concha y tubos)
11. Salida de flujo calentado (Intercambiador de Concha y tubos)

B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: AIRE-AGUA

- 1) Tomar las mangueras de desagüe (La salida del drenaje y del agua caliente del intercambiador de concha y tubos) y colocarlos en los desagües más cercanos.
- 2) Tomar un recipiente metálico y agregarle una cantidad determinada de agua para ahogar el condensado del intercambiador de bayoneta y colocarlo bajo la línea de recepción de condensado.
- 3) Cerrar la válvula de retorno de condensado, para poder recibir este en el recipiente de recolección.
- 4) Chequear que la alimentación de vapor este habilitada en el manifold de distribución de vapor, de lo contrario abrir la llave principal y luego la llave de la línea que alimenta los intercambiadores.

RECORDAR UTILIZAR GANTES AL MOMENTO DE MANIPULAR EL MANIFOLD

- 5) Luego de alimentado el vapor a la línea del intercambiador, abrir la válvula de agua fría para alimentar los intercambiadores y luego abrir la válvula de vapor, poco a poco, tratando de mantener una temperatura y presión estable en el vapor.
 - 6) Al momento de estabilizarse las condiciones, anotar dicha presión y temperatura y empezar las mediciones:
 - Medir el tiempo de llenado del condensado, realizando al menos 5 mediciones, anotando la temperatura del mismo.
 - Medir luego el tiempo de llenado del drenaje del intercambiador de concha y tubos, al menos 5 veces, anotando la temperatura de salida del mismo.
 - Medir luego el tiempo de llenado del líquido caliente del intercambiador de concha y tubos, al menos 5 veces, anotando la temperatura de salida del mismo.
- IMPORTANTE:** UTILIZAR GANTES Y LENTES AL REALIZAR ESTAS MEDICIONES.
- 7) Anotar periódicamente los valores de temperaturas y presiones de los instrumentos de los intercambiadores.
 - 8) Utilizando un pirómetro, determinar la temperatura de la carcasa de ambos intercambiadores, realizando al menos 5 mediciones.

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Cerrar la alimentación de vapor a la unidad.
- 2) Cerrar la alimentación de vapor a la línea de los intercambiadores, en el manifold de distribución de vapor.
- 3) Descartar el condensado.
- 4) Cerrar la llave de agua fresca que alimenta el sistema de intercambiadores.
- 5) Colocar las mangueras de drenaje cerca del intercambiador, dejando libre los desagües.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar el coeficiente total de transferencia de calor (U) para el intercambiador de bayoneta
- Determinar el coeficiente total de transferencia de calor (U) para el intercambiador de carcasa y tubos.
- Determinar un modelo matemático para relacionar el coeficiente total de transferencia de calor (U), el número de Reynolds (N_{RE}) y el número de Prandtl (N_{PR}).
- Determinar la eficiencia de transferencia de calor en el intercambiador de bayoneta y el intercambiador de carcasa y tubos.

5. CALDERA

Una caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.

Las calderas son un caso particular de intercambiadores de calor, en el que la temperatura se llevará a valores elevados con el fin de producir un cambio de fase. Además son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

CALDERA: CLEAVER BROOKS

PRESIÓN MÁXIMA: 200psi

CAPACIDAD: 15-800HP



B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

- 1) Chequear el nivel de combustible en el tanque de diesel, en caso este fuera muy bajo, agregar diesel al tanque. (El nivel inicial de Diesel deberá anotarse, para estimar luego el consumo de combustible de la caldera)
- 2) Chequear que la válvula del combustible que alimenta a la caldera este abierta, de lo contrario abrirla.
- 3) Colocar los flipones de la caldera, ubicados en la esquina contraria y opuesta al ingreso a la casa de calderas, en la posición **ON**.
- 4) Abrir las válvulas de paso ubicadas a ambos lados de la caldera, en la parte superior de la misma, lo que liberará la presión.
- 5) Chequear el nivel de agua dentro de la caldera, revisando el cilindro de cristal (mirilla) ubicado en uno de los laterales de la caldera. En caso de encontrarse llena la caldera, proceder a abrir las 2 válvulas amarillas, ubicadas en la parte inferior de la caldera, para purgar la misma. (Abrir la válvula para permitir descargar el agua en el drenaje)

ES IMPORTANTE RESETEAR LOS 2 CONTROLADORES UBICADOS A AMBOS LADOS DE LA CALDERA, PRESIONANDO UN BOTÓN UBICADO EN LA BASE DE LOS MISMOS.

- 6) Chequear que el Damper se encuentre totalmente abierto, de lo contrario abrirlo completamente.
- 7) Colocar la caldera en automático (IMPORTANTE COLOCARLA EN AUTOMÁTICO Y NO EN MANUAL)
- 8) Encender la caldera. (En caso se escuchara una alarma y la caldera no encendiera, repetir todo el procedimiento anterior paso a paso)
- 9) Esperar a que la caldera empiece a producir vapor y a que los equipos empiecen a utilizar vapor.
- 10) Determinar la temperatura de la carcasa de la caldera utilizando un pirómetro. Dirigir el pirómetro a varios puntos de la superficie de la caldera y anotar las temperaturas.
- 11) Medir el porcentaje de CO₂ o de O₂ en los gases de chimenea, utilizando un Bacharach con la solución adecuada:
 - Calibrar el Bacharach para realizar una medición adecuada.
 - Colocar el lado libre del bacharach en la chimenea en el momento en el que se estén produciendo gases de combustión.
 - Leer la temperatura de los gases de chimenea en el termómetro de la caldera acoplado a la chimenea.
 - Bombear al bacharach al menos 20 veces
 - Mezclar la solución dentro del bacharach invirtiendo el mismo.
 - Colocar el bacharach en una posición estable y realizar la lectura.
 - Realizar 3 corridas apuntando temperatura y % CO₂ o % O₂.

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Apagar la caldera.
- 2) Abrir las válvulas liberadoras de presión.
- 3) Colocar los flipones de la caldera en la posición OFF.
- 4) Colocar la caldera en MANUAL.
- 5) Apuntar el nivel de combustible final.
- 6) Recordar obtener el consumo de vapor de todos los equipos que hayan utilizado vapor.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Determinar la eficiencia de Caldera.
- Determinar las pérdidas por radiación y convección.
- Calcular el consumo de combustible.
- Calcular los BHP de la caldera en base al consumo de Vapor.
- Determinar el CEC y la CEA

6. BOMBA CENTRÍFUGA

Las bombas son ampliamente utilizadas en cualquier proceso que requiera el transporte de fluidos. Los principios básicos que se emplean para comunicar energía al fluido consisten en: gravedad, desplazamiento, fuerza centrífuga, fuerza electromagnética, transmisión de cantidad de movimiento, impulso mecánico y las combinaciones correspondientes de estos mecanismos de transferencia de energía. Los medios de transferencia de energía más utilizados son: la gravedad y la fuerza centrífuga.

Las bombas pueden clasificarse en 4 grupos generales:

1. Bombas de desplazamiento positivo
2. Bombas dinámicas (cinéticas)
3. Bombas elevadoras, y
4. Bombas electromagnéticas.

A. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

CABALLAJE DE LA BOMBA: 1 HP
LONGITUD DE LA LÍNEA: 3.48m



B. PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO

SISTEMA: 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 limpiar la marmita, cerrar la llave de drenado.
- 3) Adicionar aprox. 30 galones de agua.
- 4) Luego de llenar la marmita (revisar que la llave de paso hacia el drenaje se encuentre cerrada) abrir la válvula de la línea de succión de la bomba..
- 5) Abrir la llave de paso de recirculación hacia la marmita y cerrar la llave de paso de la línea saliendo del filtro prensa.
- 6) Abrir igualmente las válvulas de la línea de descarga, para dejar pasar el agua a través de la tubería y de vuelta a la marmita.
- 7) Colocar el flipón de la bomba, ubicado en la pared, en la posición ON
- 8) Presionar el botón verde, ubicado debajo del flipón, para activar la bomba. (**IMPORTANTE: NO DEJAR QUE LA BOMBA SIGA TRABAJANDO SIN FLUIDO**)
- 9) Determinar el flujo volumétrico entregado por la bomba a la marmita.
 - Utilizando un recipiente y un cronómetro, determinar el tiempo requerido para llenar un volumen determinado. (REALIZAR ESTE PROCEDIMIENTO AL MENOS 3 VECES)

(IMPORTANTE: LA BOMBA NO DEBERÁ ESTARSE ENCENDIENDO Y APAGANDO, YA QUE ESTO PODRÍA QUEMAR EL MOTOR)

- 10) Identificar las diferencias de presiones entre la línea de succión y de descarga.
- 11) Realizar lo anterior para al menos 5 flujos diferentes.
 - Para variar el flujo, regular este con la válvula ubicada en la línea de descarga hacia la marmita.
- 12) Determinar la longitud y diámetro de la tubería, así como la presencia de todos los accesorios, codos y uniones para cálculos subsecuentes.

PARADA DE LA UNIDAD

- 1) Limpiar la marmita y la unidad.
- 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.
- 4) Drenar la marmita, abriendo la válvula de paso hacia el drenaje.
- 5) Dejar abierta la llave de drenado, para que pueda correr el agua que quede en la marmita.

C. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Encontrar La eficiencia en función de la presión del manómetro de salida y el caballaje del motor.
- Evaluar gráficamente la relación ΔH , presión de salida y eficiencia vrs. el flujo volumétrico.
- Relacionar NPSH en función de las variables del sistema
- Determinar las pérdidas en la tubería ocasionado por accesorios y por fricción en la superficie.