

CAPÍTULO

5

PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EXPERIMENTAL EXISTENTE

El motivo de la presente sección es mostrar el equipo con el cual se trabaja para la elaboración de los experimentos tanto de fluidinámica como los de secado, en condiciones de vacío utilizando aire. Dicho equipo se encuentra ubicado en la planta piloto del departamento de Ingeniería Química y Alimentos de la Universidad de las Américas Puebla, fue construido por O. Rodríguez y E. Casal (Rodríguez y Casal, 1999).

En general se puede decir que el funcionamiento de la columna es sencillo y no representa peligro para el operador, aunque es recomendable que se utilice el equipo de seguridad pertinente para prevenir accidentes. Dicho equipo de seguridad consiste en lo siguiente:

- Lentes de seguridad
- Tapones para los oídos
- Bata
- Zapatos cerrados
- Al manipular objetos a temperaturas altas se recomienda usar guantes de asbesto para evitar quemaduras.

5.1 Descripción detallada del equipo

Desde que fue diseñado, el equipo experimental se ha modificado con el fin de poder mantener un control experimental favorable que se vea reflejado en los resultados de las distintas pruebas.

A continuación se muestra el equipo experimental con el cual se trabajó en este proyecto (figura 5.1):

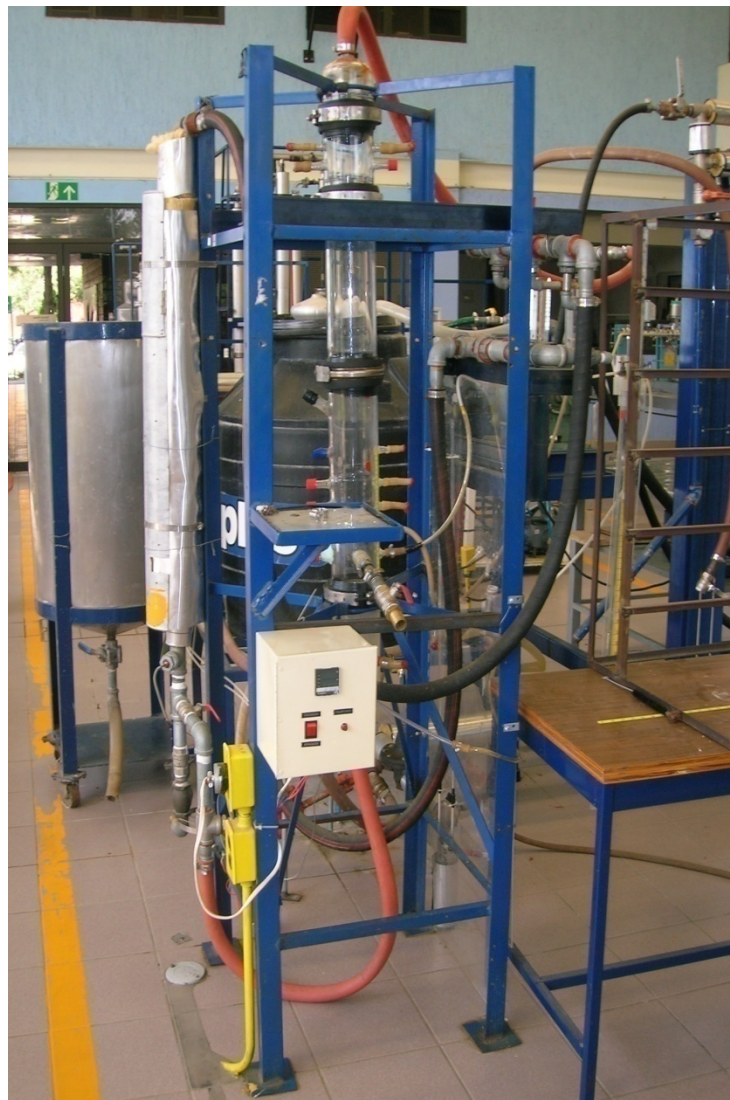


Figura 5.1 Equipo de Fluidización a base de aire (vista frontal).



Figura 5.2 Equipo de fluidización a base de aire (lateral izquierda).

De manera general, se enumeran los componentes del equipo (Figura 5.2)

1. Columna de fluidización
2. Sistema de calefacción (termostato y resistencias eléctricas)
3. Sistema de vacío (motor, bomba, tinaco)
4. Herramientas de medición (rotámetro, termómetro, manómetro, vacuómetro)
5. Sistema de conexión (mangueras de diferentes medidas, tuberías de cobre)
6. Sistema regulador de aire (válvulas de globo, de estrangulamiento, de compuerta, filtros de aire)
7. Sistema de fluidización.

A continuación se describe de manera detallada cada parte del sistema, para poder obtener una visión más amplia de su funcionamiento.

5.2 Columna de fluidización



Figura 5.3 Columna de vidrio (vista frontal)

La columna de fluidización consiste en un tubo de vidrio de 800 mm de longitud y 100 mm de diámetro interno. Está conformada por tres secciones que se unen por medio de abrazaderas para poder construir la columna en su totalidad. La columna cuenta con un distribuidor de acero inoxidable perforado, con orificios de 1mm de diámetro, con el 33% de área libre, así como una sección llena de anillos Rasching localizados en la parte inferior (Kozanoglu, 2004). La columna cuenta con varias salidas laterales para poder controlar la temperatura, presión y velocidad.

Existe una manguera que está conectada en la parte superior de la columna a la bomba de vacío. Se encuentra otra manguera en una de las pequeñas entradas de la columna que a su vez se conecta al manómetro en U.

5.3 Termostato y resistencias eléctricas.

El termostato es un componente de control que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura. El termostato es utilizado para controlar la temperatura del aire. Funciona al estar conectado a resistencias eléctricas que suministran la energía.



Figura 5.4 Termostato (vista frontal).



Figura 5.5 Resistencias eléctricas

5.4 Sistema de vacío

El equipo que se tiene para poder generar el vacío está constituido por un motor, bomba y un tinaco, cuyas especificaciones se muestran a continuación:

Bomba (serie 2048 modelo 2T-05)

Marca	ESIVAR
Vacío máx.	740 mmHg
Vel. de bomba	1800 rpm
Potencia del motor	5 HP

Motor trifásico

Marca	Eiemens
Vel. del motor	1715 rpm
Núm. de polos	4 polos
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220/400 Volts



Figura 5.6 A la izquierda motor trifásico y a la derecha bomba.

La manera por la cual se genera el vacío es mediante la rotación de un rotor con aspas fijas al interior de la bomba. Después de la bomba se encuentra una válvula que regula el nivel de vacío. Debido a que se necesita de un flujo de agua a través de la bomba para poder generar el vacío, se hace uso de un tinaco, con las siguientes características:

Tinaco

Marca	Aquaplus
Diámetro/Altura	1m/1m



Figura 5.7 Tinaco.



Figura 5.8 Motor, fusibles y tinaco.

5.5 Herramientas de medición

Se requieren indicadores para mostrar el comportamiento de las partículas en sus diversas etapas. Por lo tanto, se recurrió a mecanismos especializados de medición que son rotámetro, manómetro, termómetro y vacuómetro. Se presenta su descripción a continuación:

Rotámetro: instrumento utilizado para medir el caudal del fluido. Al contabilizar la variación del caudal mostrada en la columna de vidrio, se puede establecer la velocidad del aire necesaria para realizar los experimentos.

Dentro de este proyecto de tesis, y como se explicará en el capítulo seis, se realizaron las pruebas de fluidinámica donde se utilizaron tres rotámetros de diferente caudal, como resultado se obtuvo la velocidad mínima de fluidización a la que se expanden las partículas. Al encontrar la velocidad mínima de fluidización se determinó el caudal que se debe de utilizar en los experimentos de secado, el cual debe ser más alto que la U_{mf} ; por lo tanto se decidió utilizar el rotámetro con la mayor capacidad de flujo en dichos experimentos.

Manómetro: tubo doblado en forma de U que contiene un líquido con un peso específico, en este caso es mercurio, cuya superficie se desplaza proporcionalmente a los cambios de presión. Este dispositivo determina la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local, en este caso la columna. Se utilizó en los experimentos de fluidinámica.

Termómetro: instrumento que sirve para medir la temperatura de la columna.

Vacuómetro: instrumento medidor de presión fabricado para medir presiones inferiores a la atmosférica. Se empleó en las pruebas de secado y de fluidinámica a 10 y 20 mm de Hg de vacío (67kPa y 53kPa de la presión absoluta, respectivamente).

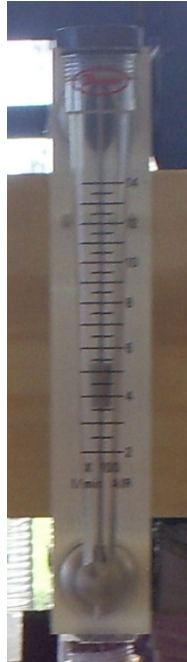


Figura 5.9 Rotámetro.



Figura 5.10 Manómetro.

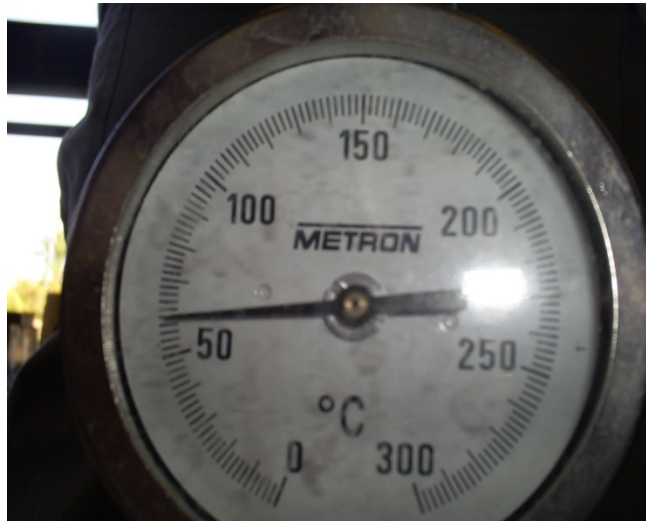


Figura 5.11 Termómetro.



Figura 5.12 Vacuómetro.

5.6 Sistema de conexión

La columna se encuentra conectada por medio de dispositivos de conexión, que son: mangueras de látex, tubos de cobre, válvula check, válvulas de globo, llaves de esfera, coples y codos. El objetivo de las mangueras es transportar el aire hacia la columna. Algunas mangueras están conectadas a la bomba para generar vacío. Los coples, codos y tubos permiten transportar el fluido a través de todo el sistema. El equipo se regula con las válvulas de presión y válvulas de globo, también con las llaves de paso y estrangulamiento. El sistema está estandarizado con medidas de una pulgada de diámetro.

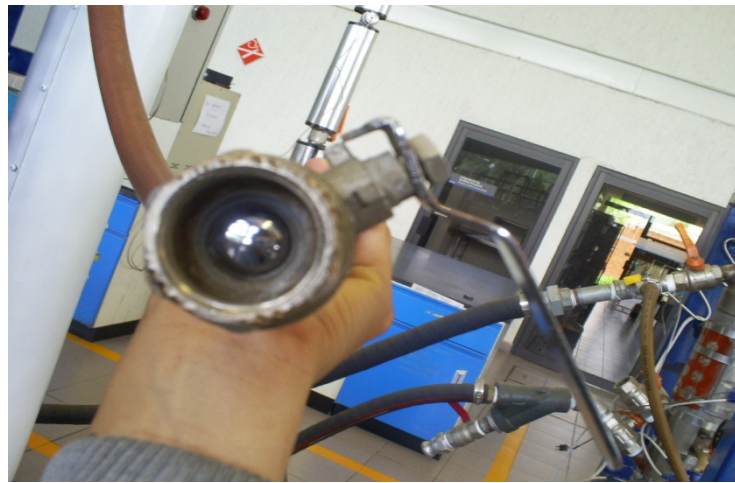


Figura 5.13 Válvula de bola.

5.7 Sistema regulador de aire

El aire es suministrado por medio de un compresor y se hace pasar por un rotámetro, el cual se conecta a una válvula de globo y una válvula reguladora de presión para poder controlar el flujo de aire. Posteriormente pasa por un calentador eléctrico que es controlado por un termostato.

Se utilizan dos filtros de aire con una capacidad de resistir una presión de 1000kPa y una temperatura de 80°C. Para evitar que se tape, se purga la bomba con agua antes del

paso del aire. De igual manera, este sistema se regula por las válvulas de presión y válvulas de globo, también con las llaves de paso y estrangulamiento.



Figura 5.14 Sistema de filtración de aire.

5.8 Sistema de fluidización

En esta investigación para fluidizar las partículas sólidas se utilizó el equipo de fluidización que consta de una columna de fluidización, sección uniformadora, distribuidor, sistema de suministro de fluido, sistema de medición de presión y sistema de medición de temperatura.

El equipo consta de columnas cilíndricas de sección transversal circular unidas entre sí, por las cuales el fluido pasa provocando el movimiento y/o la suspensión de partículas (columna de fluidización). La sección uniformadora de entrada en forma de cono produce la velocidad de flujo uniforme que pasa a través de la sección transversal de la columna, definiendo así el perfil de velocidad deseado. El distribuidor consta de una placa perforada ubicada en la parte baja de la columna que soporta las partículas sólidas. Su diseño es clave ya que debe ser permeable al flujo vertical y debe evitar modificar la velocidad producida por la sección uniformadora también conocida como sección de homogenización. Cuando se tiene fluidización con gases, el distribuidor generalmente no

se utiliza, para obtener una mezcla total entre los gases. Para que un distribuidor funcione de manera óptima debe de cumplir con las siguientes características (Romero, 2006):

- a. Generar una fluidización uniforme y estable.
- b. Minimizar la atracción entre las partículas del lecho.
- c. Ser diseñado para reducir el daño provocado por la erosión.
- d. Prevenir el contra flujo del material del lecho en condiciones de operación normales.

5.9 Funcionamiento en conjunto

A continuación se presentan los pasos del funcionamiento de la máquina en las pruebas de fluidinámica y en las pruebas de secado:

1. Se prende el termostato y se abre la válvula de aire. Se comprueba en el termómetro que se alcance la temperatura deseada. Después se purga la columna y se abre la válvula de vacío. Se prende el motor de la bomba. En este momento se tiene vacío en la bomba.
2. Se introducen las partículas en la columna. Se elige la presión a trabajar en el vacuómetro y se determina el caudal en el rotámetro. Para las pruebas de fluidinámica se deja que las partículas fluidicen para determinar la velocidad mínima de fluidización.

Para las pruebas de secado se trabaja utilizando una velocidad anteriormente determinada. Después de que las partículas fluidizan, se van tomando muestras cada 10 minutos, por un tiempo de 60 a 80 minutos.

3. En el proceso de fluidización cuando las partículas se comienzan a levantar se determina su velocidad mínima de fluidización a las condiciones establecidas. En el caso de las pruebas de secado, al tomar la última muestra se termina el experimento, normalmente esto sucede a los 80 minutos.

4. Para apagar efectivamente el sistema es necesario bajar el aire a discreción. Abrir lentamente un tapón de la columna. Después se apaga la bomba, inmediatamente se apaga la válvula de vacío. En este momento se puede cerrar la válvula del aire por completo y se apaga el termostato.

