

# **CAPÍTULO 7**

## **PRESENTACIÓN DEL EQUIPO EXPERIMENTAL**

### ***Introducción***

En esta sección presentaré el equipo que se ocupará para el desarrollo de las pruebas experimentales, a su vez, se presentará el esquema y disposición del equipo para un mayor entendimiento de su puesta en marcha, operación y mantenimiento.

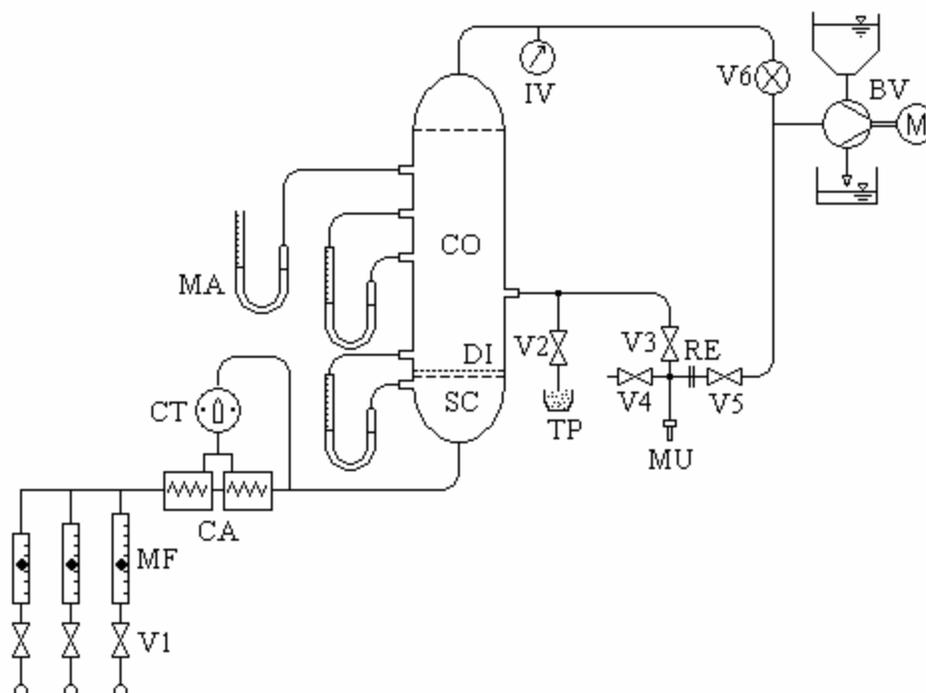
Aunque el equipo es fácil de utilizar y no existe un gran peligro potencial debido a que se utilizaran partículas no tóxicas, las medidas de seguridad son básicas como: el uso de cubre boca en caso de partículas irritantes, lentes de protección, guantes de protección por fugas de fluido caliente, una bata para evitar manchas y calzado que cubra todo el pie.

### ***Disposición del Equipo***

El equipo de trabajo en la Universidad de las Américas Puebla ha sido modificado para el uso de vapor sobrecalentado y aire como fluido fluidizante.

Con los cambios actuales se cuenta con tubería de acero inoxidable, entre los cambios ahora hay dos modalidades de trabajo una es aire inyectado a la columna y la segunda es vapor inyectado a la columna con aire caliente circulando por la camisa de la columna.

En la figura 7.1 se muestra sólo el sistema de inyección y calentamiento de aire, control de temperatura, toma de muestras y alimentación de partículas, en otras palabras, sólo el sistema de fluidización con aire como fluido fluidizante.



**Figura 7.1 Diagrama de la columna de fluidización**

En la figura 7.1 se muestra el esquema de la columna de fluidización. Los símbolos serán explicados a continuación.

- ▶ V#. La letra V + (número) indica que en ese lugar se encuentra una válvula que abre y cierra el flujo de aire.
- ▶ MF. Indica medidor de flujo también conocido como rotámetro, este instrumento nos indica cuanto flujo pasa hacia la columna.
- ▶ CA. Es el calentador de aire que esta regulado por el control de temperatura (CT) que censa la temperatura interna de la columna de fluidización.
- ▶ MA. Es el manómetro que mide la presión o el vacío en la columna.
- ▶ TP. Es la toma de partículas. Esto ocurre cuando la columna experimenta vacío y las partículas pueden ser aspiradas al interior de la columna.

- ▶ SC. Es la sección de calmado donde el aire al salir de la tubería es reunido y distribuido hacia el interior de la columna por el distribuidor (DI).
- ▶ IV. Es el indicador de vacío que la bomba de vacío registra (vacuometro).
- ▶ RE. Es una rejilla o filtro protector que evita que las partículas entren a la bomba cuando se toman muestras (MU).
- ▶ BV. Es la bomba de vacío conectada junto al motor (M).
- ▶ CO. Es la columna de fluidización.

A continuación se muestra una fotografía del equipo



**Figura 7.2 Equipo Experimental**

### ***Puesta en Marcha***

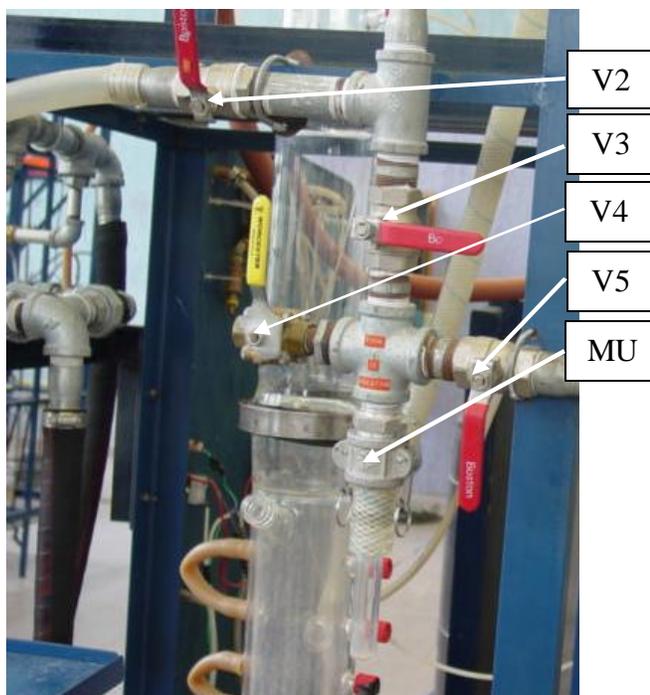
La puesta en marcha es un procedimiento sencillo el cual requiere de nuestra atención.

1. Se debe de conectar la bomba y el regulador de temperatura a la corriente eléctrica.
2. Se debe girar manualmente la flecha de la bomba para evitar tener el rotor trabado.
3. Se abre la columna al ambiente esto es abriendo las válvulas V4 y V5 así podemos evitar cualquier accidente por inyectar o succionar aire de la columna.
4. Se abre la válvula del aire (V1) y se regula con los medidores de flujo (MF) la cantidad de aire.
5. Se abre la válvula de vacío (V6) y se prende la bomba de vacío (BV).
6. Ahora se puede cerrar las válvulas V4 y V5.
7. Se prende el calentador de aire (CA) y se establece la temperatura de operación.
8. Se espera a que la columna adquiera las condiciones de temperatura a las cuales se desea trabajar.

### **Alimentación**

La alimentación debe de hacerse de partículas previamente preparadas de las cuales se conozca el peso y humedad.

9. Debido a que la columna de fluidización trabaja con vacío puede succionar las partículas esto es abriendo la válvula V2. Debe hacerse notar que las válvulas V3, V4 y V5 se encuentran cerradas.
10. Después de la succión de las partículas se cierra nuevamente la válvula V2.



**Figura 7.3 Arreglo de válvulas de alimentación y toma de muestras**

### **Toma de Muestras**

11. Se deben de abrir las válvulas V3 y finalmente con cuidado la válvula V5 evitando que se llene el tubo de ensayo. La válvula V5 abre la succión y puede succionar las partículas de la columna. No hay que preocuparse que las partículas se vayan a la bomba debido a la rejilla (RE) que filtra el aire que succiona la bomba. Adicionalmente cabe decir que el orden de apertura de las válvulas es indistinta.

En caso de que las partículas no salgan al tubo de ensayo puede irse cerrando la válvula V6 o inyectarse más aire de la válvula V1. Hay una forma extrema por la cual pueden tomarse muestras, debe de ser utilizada como opción final la cual es abrir el tapón en la base de la columna de fluidización e inyectar más aire de la válvula V1.

12. Finalmente se cierran las válvulas V3 y V5.

### ***Paro del Sistema***

Para detener el funcionamiento del sistema debe de vaciarse la columna de partículas. Esto significa la finalización del experimento.

13. Las partículas pueden vaciarse con el tapón en el fondo de la columna (ver paso 11).
14. Después puede abrir se al ambiente con las válvulas V4 y V5.
15. Se cierra el flujo del aire y se apaga la bomba de vacío.
16. Se desconecta la bomba y el calentador de aire de la corriente eléctrica.

### ***Mantenimiento de la Columna de Fluidización***

El mantenimiento es asegurar el buen funcionamiento del equipo de trabajo manteniendo las condiciones de diseño para cumplir su objetivo. El mantenimiento tiene cinco principios: operación, planeación, dirección, control y ejecución. Estos principios deben de usarse adecuadamente.

El mantenimiento no sólo debe de hacerse cuando por el uso de partículas la columna se encuentre sucia por dentro y esta suciedad provoque toma de datos erróneos o cuando se noten fugas de aire, sino también cuando los sistemas externos que proveen el buen funcionamiento empiecen a fallar. El tipo de mantenimiento debe ser *preventivo* tratando de apartarse del mantenimiento *correctivo* el cual surge generalmente por desconocimiento del sistema y una mala planeación.

### **Desmontado y Limpieza de la Columna de Fluidización**

El desarme de la columna debe de hacerse con mucho cuidado debido a que las piezas son costosas y pueden demorar en su entrega.

1. Debe apagarse y desconectarse las mangueras que inyectan y succionan aire.

2. Con una llave inglesa o perico # 12 deben de aflojarse las abrazaderas y retirar el empaque, la cinta de aislar y el teflón.
3. Deben de retirarse las piezas tratando de que sea de arriba hacia abajo. Las piezas deben de colocarse en una superficie de la cual no se rueden y puedan caer.
4. Se deben limpiar con mucho cuidado y con jabón espumoso.
5. Se deja secar y se revisan las rejillas, filtros, mangueras y empaques.
6. Se ensambla nuevamente sustituyendo la cinta teflón, y cinta negra que pudiese usarse.
7. Se prueba la columna en busca de fugas. En el caso de encontrarse con fugas debe de desmontarse y seguir el procedimiento 6 y 7 nuevamente.

Los empaques deben ser revisados y cambiados según sea necesario.

### **El Sistema de Calefacción**

El sistema de calefacción consta de un termostato y resistencias eléctricas que proveen de calor al aire suministrado a la columna que eleva la temperatura de la misma.

El termostato es un aparato que censa la temperatura y recibe a señal por medio de un termopar. Cuando el termostato recibe la temperatura por medio del termopar este decide sí suministrar energía a las resistencias o es suficiente dependiendo de cómo se fije la perilla de temperatura.

Debido al uso el termopar tiende a degradarse por lo cual hay que cambiarlo cuando su eficiencia empiece a mermar.

Las resistencias son del tipo abrazaderas las cuales tienden a degradarse. Una vez que una falla, las demás reciben la carga directa, el amperaje pasa por las resistencias restantes provocándoles una falla prematura, por lo que una vez que una resistencia falle ésta debe de

reemplazarse lo antes posible; a su vez, el cable de asbesto que comunica las resistencias en paralelo se hace añicos debido a la alta temperatura. El recubrimiento se hace polvo provocando cortos. Por lo tanto se debe estar conciente en el cambio periódico del cable de asbesto o de alta temperatura.

### **Tubería**

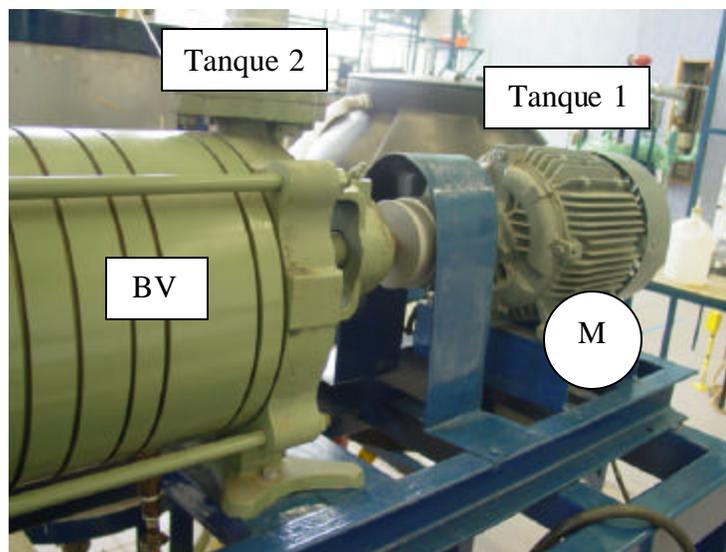
La tubería son las venas del sistema por las cuales pasa el fluido fluidizante. Por la tubería puede pasar aire, agua y vapor. Debido a la naturaleza del sistema este puede presentar corrosión por picaduras en las válvulas o cavitación también en las aspas de la bomba de vacío puede presentarse un desgaste por lo que es conveniente un chequeo paulatino del sistema. Lo que puede ocurrir es una falla súbita o repentina del sistema o puede ser anunciada, en otras palabras, puede picarse una tubería y salir el fluido súbitamente o en las válvulas de cierre pueden empezar a fallar los sellos y dejar escapar el fluido, por lo que se recomienda estrictamente no usar válvulas de agua o aire para el uso del vapor.

### **Sistema de Vacío**

He aquí en el sistema de vacío donde las partículas arrancadas del sistema por la elutriación y el transporte de masa son depositadas. Esta deposición se hará notoria cuando el agua de los tanques (ver Figura 7.4) empieza a ensuciarse, por ejemplo: en el caso del carbón activado el agua se torna de color negro, en el caso de lenteja el agua empieza a expedir un olor fétido por la contaminación bacteriana y así dependiendo de cada partícula.

El mantenimiento de la bomba de vacío debe de realizarse por lo menos una vez al año, sin embargo ésta no se ha realizado durante todo el tiempo que el equipo se ha encontrado en la

planta piloto, por lo que respecta al agua en los toneles, debe de reemplazarse cuando sea pertinente



**Figura 7.4 Sistema de vacío**

### ***Herramientas de Medición***

Las herramientas de medición actuales son:

El termómetro: Con este instrumento podemos observar en tiempo real la temperatura actual de la columna de fluidización. Existe otro instrumento de medición de temperatura. El termómetro bimetálico de carátula, este instrumento funciona con el uso de un pozo térmico el cual mide la temperatura del fluido a través de la tubería.

La balanza de precisión: es una herramienta de trabajo con la cual se pueden medir el peso de una muestra con gran precisión. Para esto se usan charolas de muestra que deben ser de peso conocido y registrado antes de realizar las pruebas. La balanza debe estar apoyada sobre una base perfectamente horizontal y calibrada.

El secador: Es un recipiente el cual puede ser conectado a una bomba de vacío y con esto se puede medir la porosidad basado en el método de imbibición descrito en el capítulo 6.4 (c) y 6.7.

Entre los indicadores de vacío están: el indicador de vacío (vacuometro) y el manómetro. Estos instrumentos nos indican el vacío actual de la bomba y el vacío en la columna de fluidización.

Entre los reguladores de parámetros encontramos: el medidor de flujo (rotámetro) el cual establece el flujo de fluido inyectado a la columna, el termostato el cual regula la temperatura de aire o vapor según sea el caso y las válvulas de globo las cuales abren y cierran el flujo según sea necesario.

### ***El Rediseño de la Columna de Fluidización***

La columna presento muchos retos tanto esperados como inesperados, la columna de fluidización presentaba un arduo trabajo el cual tuvo que ser dividido entre los miembros del equipo. La columna es una máquina delicada la cual debe de contar de mantenimiento. Implementando un principio de calidad siempre debe buscarse la mejora continua, pero primero debe tenerse control absoluto sobre todos los parámetros.

La mejora consta de pensar y diseñar nuevos arreglos para una mejor eficiencia, minimizar las pérdidas de calor, buscar soluciones a largo plazo al menor costo esto es eligiendo válvulas que soporten alta temperatura, tubería inoxidable, la disposición debe ser más adecuada.

Una de las cosas que hay que implementar es un sistema de prevención y cuidado de la columna de fluidización. Esto es colocando una válvula de alivio para presiones altas o una membrana de sacrificio para evitar una alta presión de vacío. Ambos son sistemas de apertura al ambiente por presión.

Otra de las cosas es colocar un aislante térmico para evitar choque térmico durante o después del experimento.

Filtros de aire debido al suministro inadecuado, esto se debe a que a veces tienden a mandar el aire con grasa o con agua y esto puede afectar los datos de las muestras experimentales.

Una mejor disposición de un extractor de partículas.

Finalmente este trabajo de rediseño debe hacerse con la colaboración y confianza entre un equipo de trabajo, que este dispuesto a dar soluciones. El equipo de trabajo debe constar de por lo menos un líder, colaboradores, ganas de trabajar y optimismo.

### ***Estado actual del Equipo***

El equipo ha sufrido de muchos cambios en la figura 7.2 se muestra el estado de la columna antes de utilizarla, sin embargo en el semestre PRIM 2004 se empezó la construcción de una nueva columna de fluidización para el empleo de vapor como fluido fluidizante, por lo que se estableció una nueva disposición el arreglo del calentador, además, el toma muestras es temporalmente utilizado por la nueva columna de fluidización.

### **Mejoras**

La columna fue mejorada con fondos principalmente del Dr. Jorge Welti Chanes del departamento de química y alimentos y el Dr. Bülent Umur Kozanoglu Diblan del departamento de ingeniería mecánica.

- Se compraron nuevas resistencias para el calentador y se mejoró el diseño de estas.
- Se reacomodó el calentador.
- Se colocaron nuevas mangueras de aire.
- Se colocó un filtro de aire.

- Se colocaron válvulas y mangueras para emplear las dos columnas de fluidización con aire.

### **Tareas por Realizar**

- Un mejor toma muestras
- Mejorar la capacidad de enfriamiento de los tanques de agua para la bomba debido al uso del vapor.
- Se deberán revisar las resistencias y si es el caso de falla reemplazarlas inmediatamente.
- Mejorar los rotámetros.
- Poner una válvula de alivio por vacío y alta presión.