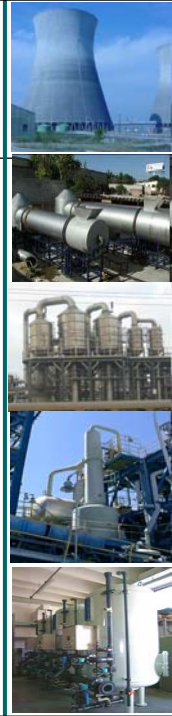




Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química
Dpto. de Operaciones Unitarias y Proyectos



EQUIPOS UTILIZADOS EN HUMIDIFICACIÓN

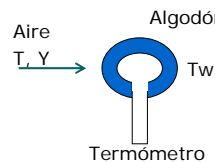
Prof. Yoana Castillo
yoanacastillo@ula.ve

CONTENIDO

- Medición de la Humedad.
- Equipos utilizados en Humidificación.
- Equipos utilizados en la Deshumidificación.

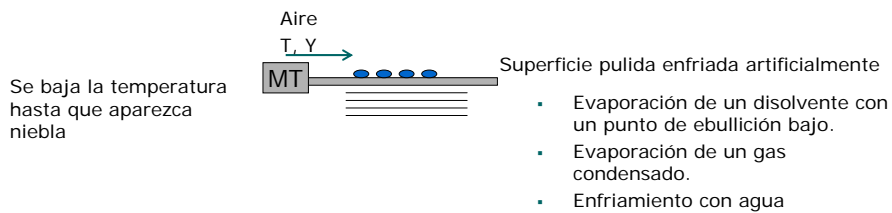
MÉDICIÓN DE LA HUMEDAD

▪ Método del Bulbo Húmedo



- Escala Laboratorio.
- Errores experimental

▪ Método del Punto de Rocío



▪ Para medir humedades atmosféricas



Psicrómetro de Assmann:

- Se compone de un termómetro de bulbo húmedo y seco.
- Ventilador de motor
- Es importante para su correcto funcionamiento que el psicrómetro se instale aislado de vientos fuertes y de la luz solar directa.

▪ Higrómetros

▪ Mecánicos:

Usan cabellos humanos, fibras de madera y plásticos
El órgano sensible lo constituye un haz de cabellos.
Cuando la humedad aumenta los cabellos absorben el vapor de agua y aumentan de longitud y viceversa.
Los cambios de longitud se amplifican mediante un sistema de palancas que mueven un índice sobre una escala graduada previamente mediante un higróstato.



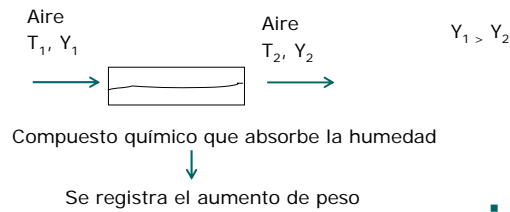
▪ Higrómetros

▪ Eléctricos: Miden la resistencia eléctrica de una capa de materiales que absorben humedad expuestos al gas, emplean sensores

▪ Ópticos.



▪ Método Gravimétrico [1-2]



Absorbentes adecuados para determinar vapor de agua:

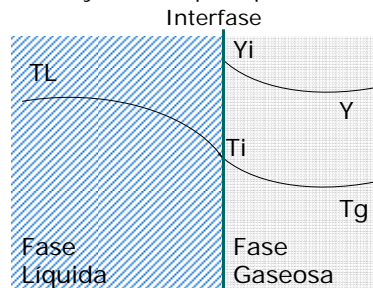
- Pentóxido de Fósforo dispersado en piedra pómez
- Ácido Sulfúrico concentrado.

▪ Escala Laboratorio.

▪ Método trabajoso, se realiza por duplicado.

HUMIDIFICACIÓN

- Implica la transferencia de masa y energía de una fase líquida a una mezcla gaseosa de aire y vapor.
- Cuando un líquido relativamente caliente se pone en contacto directo con un gas que no esté saturado, parte del líquido se vaporiza. La temperatura del líquido disminuye debido principalmente al calor latente de evaporación.



▪ **Evaporación superficial del líquido sin fuente externa de calor.**

Aplicaciones:

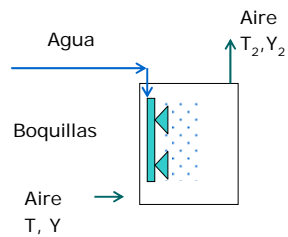
▪ **Enfriamiento de aguas de proceso.**

▪ **Acondicionamiento de aire**

- Transferencia de masa
- Transferencia de calor sensible
- Transferencia de calor latente

EQUIPOS Y APLICACIONES DE LA HUMIDIFICACIÓN

▪ Cámara de Aspersión



- Mantener velocidad del gas baja.
- Tiempo de contacto alto

Aplicaciones:

- Operaciones a pequeña escala.
- Control de humedad de un cuarto.



▪ Torres de Enfriamiento

Objetivo:

- Enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de esta con el intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frío que circula en el mismo equipo.

Materiales de Construcción:

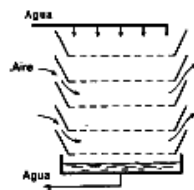
- Frecuentemente son construidos de Armazón y empaque interno de Madera, impregnación de la madera con fungicida.
- Entablados de los costados es de pino, cemento de asbesto, poliéster reforzado con vidrio, plásticos.
- Existen empaques plásticos: Polipropileno.
- Tienen altos espacios vacíos (90%) para evitar grandes caídas de presión.

Tipos de Arreglos Torres de Enfriamiento [1,3-4]

- Torres de Circulación Natural:
 - Atmosféricas.
 - Tiro natural
- Torres de Tiro Mecánico
 - Tiro Inducido
 - Tiro Forzado
- Otros: Flujo Cruzado

▪ Torres de Circulación Natural:

- Atmosféricas.

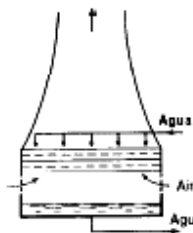


- Se depende de los vientos predominantes para el movimiento del aire
- Se utilizan en pequeñas instalaciones



▪ Torres de Circulación Natural:

▪ Tiro Natural

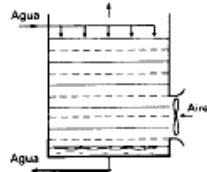


- El flujo de aire necesario se obtiene como resultado de la diferencia de densidades entre el aire más frío en el exterior y húmedo del interior de la torre.
- Utilizan chimeneas de gran altura para lograr el tiro deseado, construidas de cemento reforzado de forma hiperbólica.
- El aire que sale está tibio y húmedo y al tener contacto con el aire ambiental que está más frío, una parte de la humedad se condensa, formando una nube de vapor que el viento arrastra.

▪ Son muy usadas en las centrales térmicas

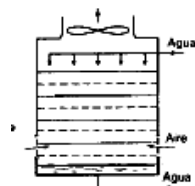
▪ Torres de Tiro Mecánico:

▪ Tiro Forzado

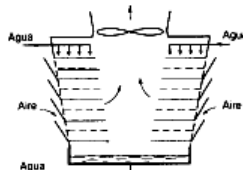


- El aire se fuerza por un ventilador situado en el fondo de la torre y se descarga por la parte superior.
- Presentan problemas de recirculación de aire caliente y húmedo que es descargado, lo que reduce la efectividad de la torre.

▪ Tiro Inducido



Tiro inducido a contracorriente



Tiro inducido a flujo transversal

- El aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre

▪ Son las usadas más utilizadas.

■ Torres de Tiro Mecánico:

■ Tiro Inducido



Industrial cooling tower



... En resumen: Componentes de TE

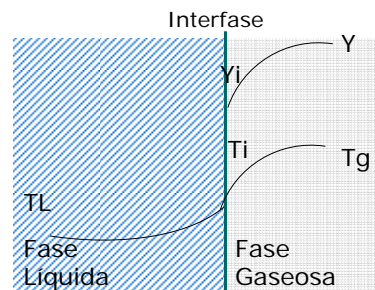
1. Equipo Mecánico:
 - Ventiladores.
 - Motores.
2. Sistema de distribución de agua del agua
 - En contracorriente se emplea un sistema de distribución de spray a baja presión a lo largo de la torre.
 - En flujo cruzado se emplea distribución por gravedad a través del empaque.
3. Cabezal de presión a vencer: Bomba.
4. Sistema de distribución de aire:
 - En contracorriente la resistencia al flujo ascendente del aire por parte de las gotas que caen resulta en una elevada pérdida de presión estática y una mayor potencia del ventilador que en flujo cruzado.
 - Las torres a flujo cruzado contienen una configuración del relleno a través de la cual el aire se mueve horizontalmente a través del agua que cae.
5. Relleno
6. Eliminadores de desviación.
7. Base recolectora del agua fría.

Otros equipos para humidificación

- Torres de Platos.
- Tanques de Rocío.
- Estanques de enfriamiento.

DESHUMIDIFICACIÓN

- Implica la transferencia de masa y energía de un vapor que se transfiere desde la fase gaseosa a la fase líquida.
- Transferencia inversa de la humidificación.



• Condensación del vapor sin fuente externa de calor

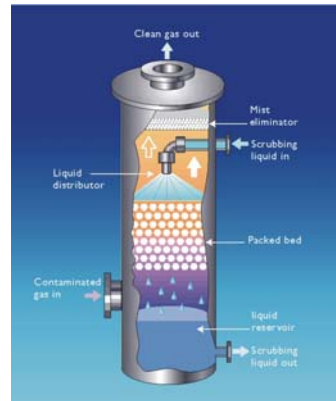
Aplicaciones:

- Deshumidificación del aire

- ← Transferencia de masa
- ← Transferencia de calor sensible
- ← Transferencia de calor latente

EQUIPOS Y APLICACIONES DE LA DESHUMIDIFICACIÓN

- Torres empacadas.
- Columnas de Lavado.



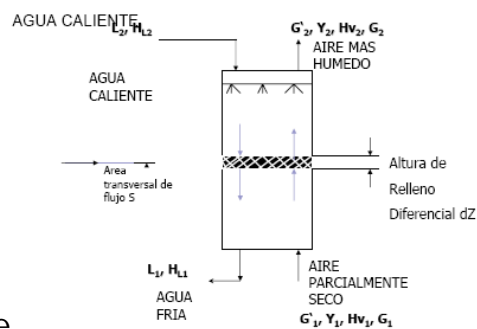
DISEÑO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

Dimensiones de la torre:

- Altura (Z)
- Diámetro (D)

¿Qué hacer?

1. Balance de Materia y Energía para obtener Ecuación de Diseño de la Torre.
2. Balance de Materia y Energía para obtener la Línea de Operación.



Desarrollo paso a paso en clases.



Referencias

- [1] PERRY. "Manual del Ingeniero Químico". Tomo III. Mc Graw Hill. México. 1992.
- [2] COULSON, J; RICHARDSON. "Chemical Engineering". Capítulo 11. Volumen 1. 1983.
- [3] TREYBAL, R. "Operaciones de Transferencia de Masa". Capítulo 7. Mc Graw Hill. Capítulo 7. México. 1988.
- [4] FOUST, A. "Principios de Operaciones Unitarias". Capítulo 17. Continental S.A. México. 1997.

Palabras claves: Torres de enfriamiento/Cooling Tower