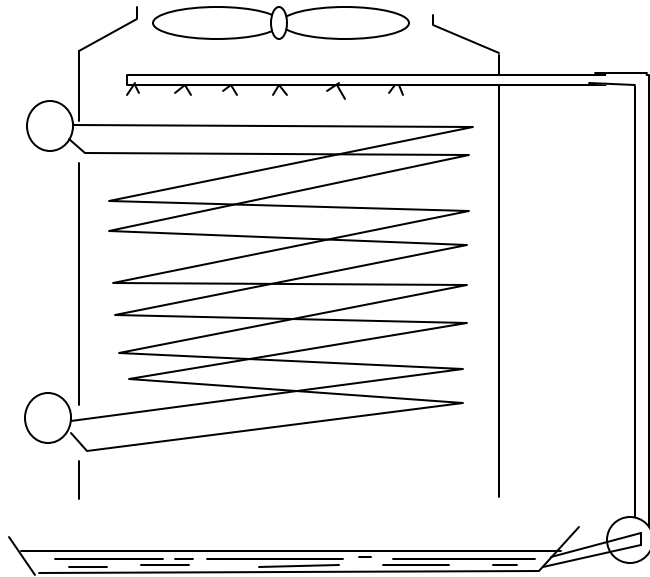


## Condensador

El condensador es del tipo evaporativo, para el cual haremos el siguiente análisis

1. Por el interior de los tubos circula el gas que ingresa sobrecalentado al colector que lo distribuye en dos ramales descendentes, hasta un colector inferior, donde prácticamente llegaría líquido.
2. Por el exterior circula agua a favor de corriente o sea ingresa por la parte superior y cae por gravedad entre los paneles hasta la pileta. El agua se impulsa por bombas centrífugas.
3. En contracorriente al agua, circula aire, aspirado por los ventiladores superiores.



Teóricamente el aire utilizado es mas que nada para enfriar el agua que se utiliza para condensar el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y mantener constante la temperatura del agua en la pileta.

El enfriamiento del agua se realiza por evaporación, al entrar en contacto con el aire y estando pulverizado en finas gotas facilita el intercambio de calor entre el aire y el agua y la absorción del agua evaporada por parte del aire. El aire debe reunir ciertas condiciones para que el enfriamiento sea eficiente, y el principal es que esté lo mas seco (bajo porcentaje de humedad) posible, ya que debe absorber el agua evaporada para que esta se enfríe. Es decir que la temperatura de bulbo húmedo ( $t_{bh}$ ) esté lo mas alejada posible de la temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ ) para que la humedad relativa ambiente sea baja. En estas condiciones, absorbe parte del calor latente de vaporización del agua. Cuando las temperaturas de bulbo seco y húmedo se acercan, la humedad relativa, aumenta.

Si la temperatura de bulbo húmedo llega a la de rocío, el aire está totalmente saturado, es decir la humedad relativa es del 100 %. En este caso el aire no puede absorber humedad y por lo tanto enfría el agua, si está mas frío que ésta, solo por absorción de calor sensible el cual es muy poco comparado con la capacidad de absorción por calor latente.

Cuanto mas frío este el aire tendrá mayor capacidad de absorber calor sensible. Con estas consideraciones, podemos decir que el aire absorbe mayor cantidad de agua cuando tiene mayor temperatura y está seco.

Podemos decir entonces que aún a temperaturas altas, si el aire está seco, el enfriamiento es posible que se haga eficientemente, esto se puede comprobar en horas de la siesta en verano. Cuando el aire está caliente y húmedo, es imposible enfriar el agua por debajo de la temperatura del aire (cuesta acercarse incluso a esta temperatura), esto se puede comprobar en horas de la noche cuando la temperatura es alta y hay de rocío.

*Ejemplo:*

*Un kilogramo de aire a  $40^\circ\text{C}$  ( $t_{bs}$ ) y de humedad relativa de 30%, lo cual significa que tiene 14gr de agua (sacado de tablas). Cuando pasa a contracorriente del agua que cae enfriando el aire y el agua, absorbiendo agua hasta saturarse (humedad del 100%), llega el aire húmedo a*

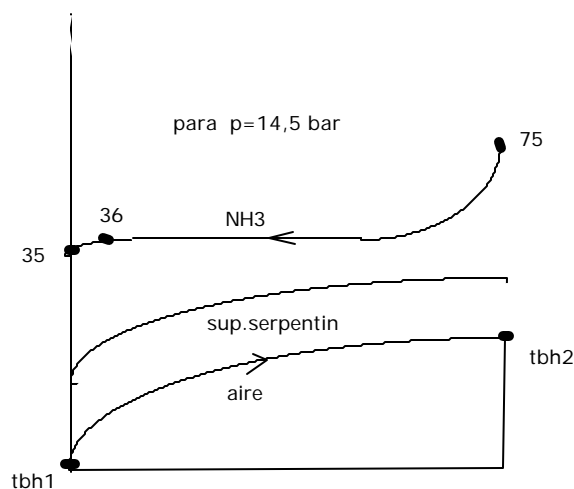
una temperatura de 25°C (  $t_{bh}$  ) con un contenido de agua de 20gr. El calor absorbido es el de vaporización de los 6gr de agua por cada kilogramo de aire que circuló.

Si ahora el aire tiene la misma temperatura de 40°C pero con una humedad relativa mayor, de 60%, lo cual significa que tiene un contenido de 28gr de agua /kg aire , que al saturarse de humedad llegamos a su temperatura de bulbo húmedo que es de 32,5°C con 31,5 gr de agua/kg.aire es decir que absorbe 3,5 gr de agua en este caso.

Es decir con esto se demuestra que llegamos a la saturación con una temperatura mas alta por menor absorción de agua, lo que hace que el equipo pierda eficiencia.

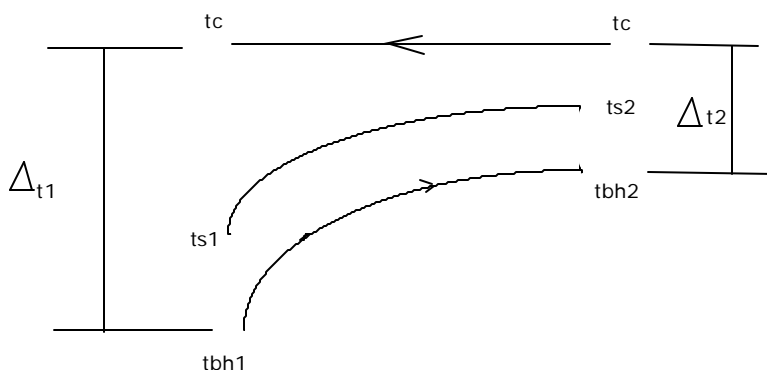
En el caso particular de nuestra planta, el fabricante garantiza la capacidad del condensador para una temperatura de bulbo húmedo de 27°C, con una temperatura de condensado de 35°C. Es evidente que si tenemos condiciones atmosféricas con temperaturas de saturación (  $t_{bh}$  ) superiores a 27°C, entonces la capacidad del condensador se verá reducido respecto a la de garantía.

Analicemos ahora desde el punto de vista del intercambio de calor.



Acá vemos que el amoníaco entra sobrecalentado y se enfría hasta la temperatura de condensación para esa presión. Este era el calor sensible que traía el vapor. Luego se condensa a presión y temperatura constante. Dependiendo de las condiciones de enfriamiento, puede tener además un subenfriamiento, donde el líquido cede calor sensible .

Para hacer los cálculos de intercambio de calor, y siendo que la cantidad de calor intercambiado por calor sensible es muchísimo menor que el intercambiado por calor latente ( que es el 92%), para sacar el  $\Delta t_m$  se toma como si el gas entrara a la temperatura de condensación quedando el gráfico:



Como ya vimos antes:

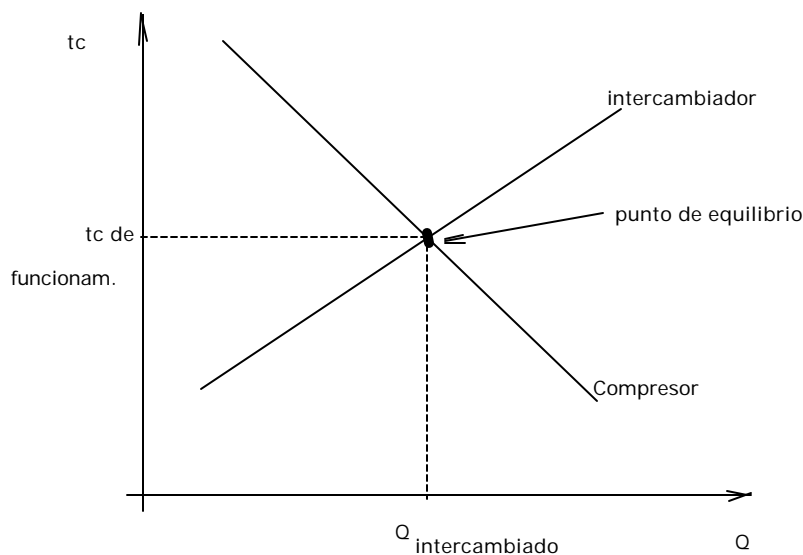
$$Q = k.S.\Delta t_m$$

$$y \quad \Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \left( \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)}$$

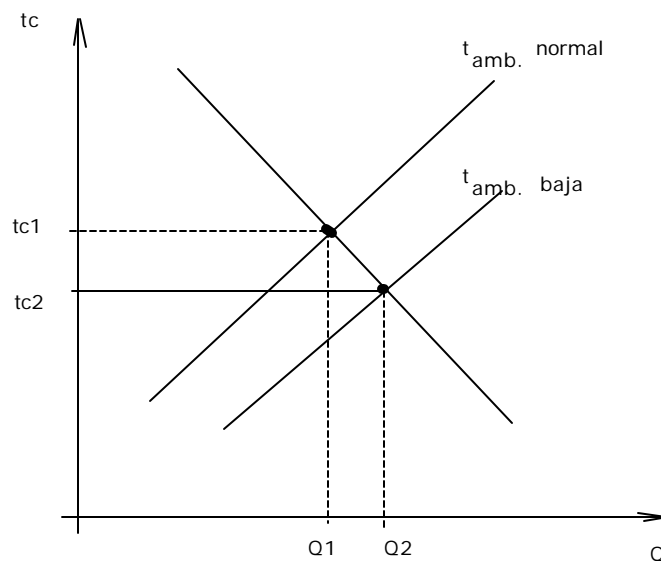
Vemos que si el aire tiene mucha humedad, será alta la  $t_{bhe}$  y por lo tanto baja  $\Delta t_m$  y entonces el calor  $Q$  intercambiado será menor que el que necesito extraerle al vapor para condensarlo:

$$Q = G_{NH_3} \cdot (h_{vapor} - h_{liq.})$$

por lo tanto no se podrá condensar todo el vapor y se acumulará en el condensador y por lo tanto subirá la presión en el mismo. Así a una presión  $p$  mayor, la temperatura de condensación  $t_c$  será mayor también subiendo así  $\Delta t_m$  y aumentará también el  $Q$  intercambiado. Además, si sube la presión de descarga del compresor (o sea la presión en el condensador) bajará la capacidad frigorífica de éste, y así se restituirá el equilibrio entre el calor intercambiado y la presión del condensador. En un gráfico este punto de equilibrio se ve:



Cuando las temperaturas ambientes bajan ( $t_{bh}$  baja) el  $\Delta t_m$  aumenta, por lo que aumenta el  $Q$  intercambiado por el condensador para igual  $t_c$ , o sea se corre la curva del intercambiador hacia la derecha:



que como se ve el resultado es un nuevo punto de equilibrio con mayor  $Q$  intercambiado y a menor  $t_c$ .