



# Technical Bulletin

Por Bruce I. Nelson, P.E., Presidente, Colmac Coil Manufacturing, Inc.

## **COMPARANDO LAS CALIFICACIONES DEL ENFRIAMIENTO DE AIRE**

### **Antecedentes**

Los fabricantes en el rubro de enfriamiento de aire, publican datos sobre la base de diferentes hipótesis y los métodos de calificación de enfriamiento. Es importante que los profesionales de diseño de sistemas de evaporación entiendan la diferencia entre estos métodos de calificación y aplicarlos adecuadamente. En casos extremos, los evaporadores de aire pueden ser extremadamente insuficientes a pesar de que valores nominales de la calificación de catálogo parecen que puedan satisfacer la carga de enfriamiento calculado. El tamaño más pequeño y el costo más barato que fue pronosticado en el principio de los evaporadores de aire que están inadvertidamente inferior debido a los grados de mal entendimiento o mal aplicación de calificaciones de catalogo son muy seductores y atractivos para los contratistas y usuarios finales, sin embargo, la diferencia de precio en última instancia, será más que pagado por el desprevenido usuario final cuya talla inferior de los evaporadores de aire provocan temperaturas de funcionamiento más bajas de lo esperado de succión con un aumento asociado con el consumo de energía y una pérdida de la capacidad de enfriamiento.

### **Diferencia de Temperatura**

En una sala que se enfría por evaporadores de aire, el cambio en la temperatura del aire (reducción) a su paso por los serpentines del evaporador será igual a la variación de la temperatura del aire (aumento) a medida que circula por toda la sala.

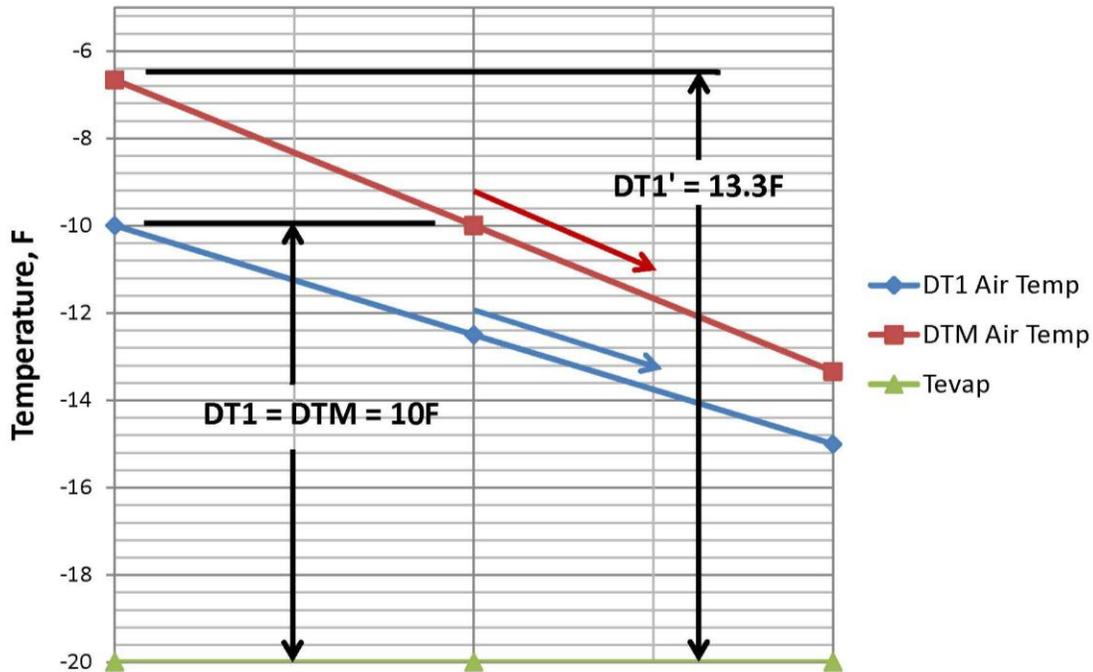
Esto significa que en una sala que está bien diseñada para el frío, el gradiente de temperatura del aire que se encuentran en la sala será más o menos igual, y será determinada en gran parte por el cambio de temperatura del aire en los serpentines del evaporador.

La diferencia de temperatura inicial (temperatura del aire que entra menos la temperatura de evaporación) se conoce como "DT1" (o "DT") en la industria de la refrigeración. La capacidad de enfriamiento sensible se puede considerar que sea proporcional a DT1. Por lo tanto, si la capacidad del serpentín del evaporador es conocido por un determinado DT1, entonces la capacidad en una nueva diferencia de temperatura inicial, DT1', se puede encontrar simplemente cuando se multiplica la capacidad original de la relación de DT1'/DT1. Por ejemplo, un evaporador que tiene una calificación de 10 TR en un DT1 de 10°F. La capacidad del mismo evaporador de funcionando con un nuevo DT1 de 12°F será casi igual al  $10 \times 12/10 = 10 \times 1.2 = 12$  TR.

### **El Promedio de Temperatura del Ambiente y Calificaciones del DTM (promedio de temperatura del ambiente)**

Para el caso concreto de que: 1) los evaporadores están montados en el cielo raso (es decir, funcionan en el lugar más caliente de la sala), y 2) el sensor de temperatura en el control del sistema se monta en un lugar donde se va a sentir la temperatura ambiente promedio (es decir, a la altura del punto medio de la sala), algunos fabricantes en el rubro de la refrigeración de aire publicamos calificaciones de catalogo basadas en la diferencia de la temperatura media (promedio de la sala). "DTM" significa diferencia de temperatura promedia. Las calificaciones del DTM para el mismo evaporador siempre serán más altas que las calificaciones del DT1 por el hecho de que la diferencia de temperatura inicial efectivo visto por el serpentín del evaporador es superior en aproximadamente 1/2 de la variación de la temperatura del aire. Abajo en la Figura 1 demuestra el funcionamiento del mismo evaporador con  $DT1 = DTM = 10F$ . Es fácil ver en la figura que la calificación de la capacidad de DTM será mayor que la calificación del DT1 ya que la definición DTM de los resultados de diferencia de temperatura en una diferencia de mayor temperatura inicial (véase DT1 en la figura). Es interesante cómo el mismo evaporador puede producir una mayor capacidad de refrigeración simplemente a través de la redefinición de "diferencia de las temperaturas"!

**FIGURE 1**  
**DT1 vs DTM Air Temperatures**



Calificaciones DT1 que se utiliza con una temperatura actual de aire en funcionamiento anticipado siempre dará como resultado una calificación acertada y una selección correcta en enfriamiento de aire. Este método para selección del equipo de enfriamiento de aire es conservador y se recomienda que cuando la temperatura del aire (en proceso de funcionamiento) al serpentín es menor que el máximo que se encuentra en la habitación o el proceso.

**Conversión del DT1 a DTM Clasificaciones del evaporador**

La calculación que se encuentra abajo se puede utilizar para convertir sabiendo el grado de la calificación DT1 que califica a un nuevo grado DTM para el mismo evaporador.

$$\dot{q}_{DTM} = \frac{\dot{q}_{DT1} \cdot \frac{DTM}{DT1}}{\left(1 - \frac{\dot{q}_{DT1}}{2 \cdot 60 \cdot C_p \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot DT1}\right)} \quad (IP)$$

Donde:

$\dot{q}_{DTM}$  = capacity at mean (room)temperature difference, Btu/h

$\dot{q}_{DT1}$  = capacity at initial (air on) temperature difference, Btu/h

DT1 = initial temperature difference = Air On Temp - Evap Temp, F

DTM = mean (room) temperature difference = Ave Room Temp - Evap Temp, F

$C_p$  = air specific heat, Btu/lbm F

$\rho$  = air density, lbm/ft<sup>3</sup>

$\dot{V}$  = actual volumetric air flow rate, ft<sup>3</sup>/min

**Ejemplo:**

Un evaporador que tiene una calificación DT1 de 120.000 Btu/h en DT1 = 10F y -10F con una temperatura del aire (en proceso de funcionamiento). El evaporador tiene una calificación de flujo de aire publicado de 18.850 CFM (Pies cúbicos por minuto). Supongamos que el serpentín está funcionando con una densidad promedio de aire = 0,0883 lbm/pie3, y un calor de aire especificado promedio = 0.24 Btu/lbm F. Toma en cuenta: este es el mismo evaporador que se ve en la Figura 1 arriba. Encuentra la calificación DTM para el mismo evaporador con DTM = 10°F.

**De la calulación anterior:**

$$\dot{q}_{DTM} = \frac{120,000 \cdot \frac{10}{10}}{\left(1 - \frac{120,000}{2 \cdot 60 \cdot 0.24 \cdot 0.0883 \cdot 18,850 \cdot 10}\right)} = 160,050 \text{ Btu/h}$$

Las calificaciones DTM son significativamente mayores que las calificaciones DT1 para el mismo evaporador que opera bajo las mismas condiciones. En el caso del ejemplo, la calificación DTM es +33% mayor que la calificación DT1. Dicho de otra manera, un evaporador seleccionado con un 10F calificación DTM de 160.050 Btu/h en realidad debe funcionar con un DT1 ("TD") de 13.3F para entregar la capacidad "calificado" de 160,050 Btu/h!

**Impacto de la carga latente (SHR) en las calificaciones de los evaporadores**

La proporción de la carga de enfriamiento sensible dividido por la carga de enfriamiento total se denomina Relación de Calor Sensible (SHR).

$$SHR = \frac{\text{Sensible Cooling Load}}{\text{Sensible Cooling Load} + \text{Latent Cooling Load}}$$

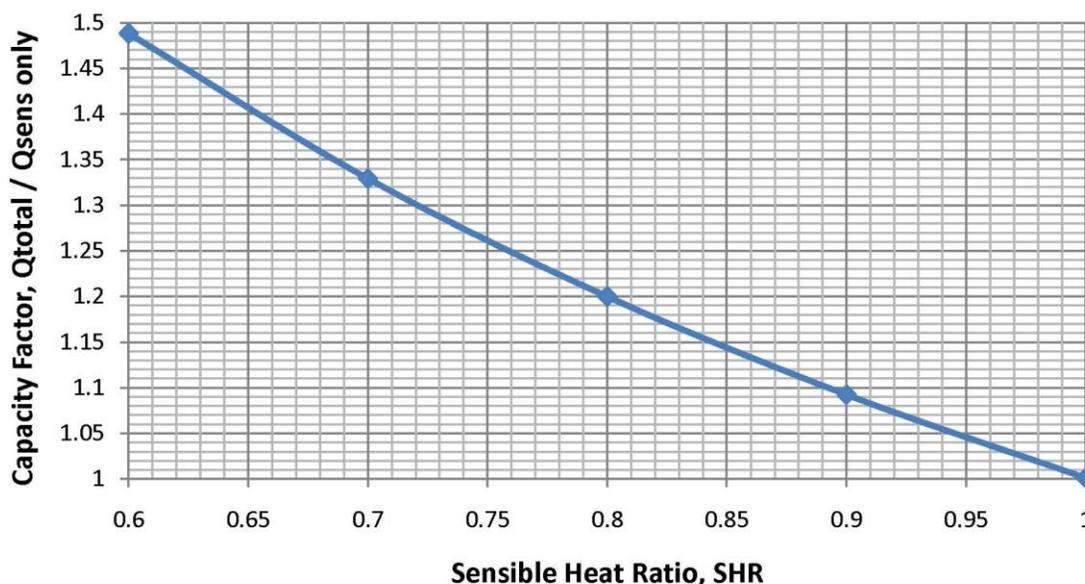
La humedad relativa del espacio enfriado se puede predecir mediante el trazado de la línea del aire en proceso en un diagrama psicrométrico con una pendiente igual a la calculada SHR. La Tabla 1 abajo muestra unas típicas SHR para una variedad temperaturas de aire en una humedad relativa de 95% de aire.

**TABLA 1  
SHR PARA 95% RH AIR EN Y DT1 = 10F EN VARIOS TEMPERATURAS**

Room Temperatura, F (C)	SHR
45 (7.2)	0.55
32 (0)	0.66
10 (-12.2)	0.83
0 (-17.8)	0.89
-10 (-23.3)	0.93
-30 (-34.4)	0.97

Las calculaciones que rigen la capacidad de enfriamiento total (sensible + latente) de un evaporador son complejos y están fuera del alcance del envergadura de este boletín. Baste decir, la capacidad total de enfriamiento es una función de la eficacia de la superficie de la aleta y el SHR. El aumento de la capacidad debido a la adición de enfriamiento latente como una función de SHR de un serpentín evaporador de enfriamiento al amoniaco que tiene distancias típicas de la aleta y la geometría con DT1 = 10F se puede calcular usando la Figura 2 abajo.

**FIGURE 2**  
**Total Cooling Capacity Factor vs SHR**



Algunos fabricantes de evaporadores tradicionalmente publican las calificaciones de un evaporador en operación y la humedad relativa de hasta el 95%. Las calificaciones que se publican en esta base incluyen tanto el enfriamiento sensible y latente de con un SHR resultante como se muestra en la Tabla 1.

Calificaciones de los evaporadores que incluyen enfriamiento latente siempre aparecerán más altos (en algunos casos significativamente más altos) que todas las calificaciones sensible como se evidente en la Figura 2. Por lo tanto, se debe tener cuidado, para poder predecir correctamente la carga de enfriamiento SHR y la humedad relativa que resulta en el espacio refrigerado. Cabe señalar que la incorrecta aplicación de las calificaciones del evaporador basados en una alta humedad relativa de ambiente (es decir, 95% de humedad relativa) a una habitación con un SHR actual igual o cercano a 1.0 resultaran en evaporadores de tamaño inferior!

### Conclusiones

Los Fabricantes de evaporadores en los Estado Unidos tradicionalmente han publicado calificaciones de capacidad basada en SHR = 1.0 (todo sensible) y DT1. Los fabricantes Europeos suelen incluir enfriamiento latente en sus calificaciones de evaporadores (es decir, "total" de enfriamiento), que es indicado por una humedad relativa aire en operación de una cantidad por lo general entre 85% y 95%. Los fabricantes europeos también publican calificaciones basadas en DT1 o DTM, o ambos. La discusión escrita arriba ilustra las diferencias en los métodos de calificación y destaca la importancia de la selección de evaporadores usando las calificaciones adecuadas para las condiciones de funcionamiento. Aplicación errónea del DTM y/o calificaciones de enfriamiento total puede resultar en que los evaporadores sean de tamaño gravemente insuficiente, pues el fracaso consecuente que el sistema de enfriamiento no puede llevar a cabo las expectativas de la capacidad de enfriamiento con la eficiencia energética.

Para obtener más información, póngase en contacto con Colmac Coil Manufacturing, Inc.  
teléfono (509) 684-2595  
PO Box 571, Colville, WA 99114-0571;  
Sitio Web [www.colmaccoil.com](http://www.colmaccoil.com)  
Copyright © 2009 Fabricación de Serpentes Colmac, Inc.