



Boletín 40

CORRECCIÓN DE CAPACIDAD CALORIFICA EN EVAPORADORES DE EXPANSIÓN DIRECTA



Boletín 40

CORRECCIÓN DE CAPACIDAD CALORÍFICA EN EVAPORADORES DE EXPANSIÓN DIRECTA.

INTRODUCCIÓN

Dado a la falta de información sobre el tema de corrección de la capacidad de evaporadores y a que los fabricantes de equipos de refrigeración en sus catálogos técnicos de capacidades caloríficas de sus evaporadores solo publican la capacidad en un solo punto de operación se hace necesario en algunas aplicaciones conocer sus capacidades para el correcto balance térmico con su unidad condensadora. El presente boletín tiene como finalidad proporcionar el procedimiento sencillo de corrección de la capacidad de los evaporadores de expansión directa a otras condiciones no publicadas en catálogos.

Tipo de Deshielos en Evaporadores de Expansión Directa

En el diseño de evaporadores de expansión directa existen tres tipos de deshielo para eliminar la escarcha formada durante el funcionamiento normal de los evaporadores los cuales, son:

- a) Deshielo por aire forzado
- b) Deshielo por resistencias eléctricas
- c) Deshielo por gas caliente

Uno de las principales criterios para seleccionar el tipo de deshielo de un

evaporador es conocer en primera la aplicación para poder determinar así la temperatura de evaporación de saturación del evaporador. Esta temperatura de evaporación de saturación la podemos determinar por la siguiente ecuación:

$$\text{Temp. Evap.} = \text{Temp. Int. Cámara} - DT$$

Donde:

DT = es el diferencial de temperatura de evaporación.

El diseño estándar de todo evaporador de expansión directa es bajo un diferencial de temperatura constante de 5.55 °C (10.0 °F). Es bien claro que este diferencial no es el único usado en un sistema de refrigeración debido a que este dependerá del requerimiento de humedad que necesitamos mantener en el interior de la cámara fría. Es por esto, que se tienen otros diferenciales de temperatura de acuerdo a lo siguiente:

DT = 3.9 °C a 5.0 °C (7.0 °F a 9.0 °F), para humedades relativas del 90.0 %.

DT = 5.55 °C a 6.66.0 °C (10.0 °F a 12.0 °F), para humedades relativas del 80.0 % a 85.0 %.
DT = 6.66 °C a 8.88.0 °C (12.0 °F a 16.0 °F),



para humedades relativas del 65.0% a 80.0 %.

$DT = 9.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $12.22.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($17.0\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $22.0\text{ }^{\circ}\text{F}$),
para humedades relativas del 50.0 % a 65.0 %.

Selección de Evaporadores

Ahora aremos unos ejercicios de selección de evaporadores usando la fórmula de la temperatura de evaporación y con su DT correspondiente al requerimiento de humedad deseado.

Ejemplo No. 1:

Se desea mantener la temperatura en el interior de una cámara fría de conservación de verduras a una temperatura interior de $+2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del 85.0 % al 90.0 % con una carga térmica de 3, 778 kcal/hr (15, 000.00 BTUH capacidad calorífica de la unidad condensadora). Usando la fórmula de la temperatura de evaporación se tiene:

$$\text{Temp. Evap.} = +2.0\text{ }^{\circ}\text{C} - 5.55\text{ }^{\circ}\text{C} = -3.55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

De acuerdo a la temperatura de evaporación antes obtenida, la mejor recomendación es usar un evaporador con el tipo de deshielo por aire ya que este tipo de deshielo es recomendable para temperaturas de evaporación de hasta -5.0°C . Suponiendo que el evaporador se instalará en una pequeña cámara fría de dimensiones 5.0 m x 3.0 m x 3.0 m (9.8 ft x 9.8 ft x 9.8 ft) en donde, un evaporador de bajo perfil es más que suficiente ya que estos se recomiendan para alturas máxima de cámara de 3.0 m y menores y presentan

un tiro de aire promedio de 6.0 m a 8.0 m (19.7 ft a 26.3 ft). Consultando el catálogo técnico BCT-005 de estos evaporadores, se observa que un solo evaporador puede cumplir con los requerimientos el cual, es el modelo siguiente:

ADT156, este evaporador proporciona la siguiente capacidad calorífica (ver tabla a continuación)

Tabla No.1:

MODELOS ADT	CAPACIDAD BTUH/kcal/Hr 10 °F DT/ 6 °C DT +25 °F TSS/-4°C TSS	
ADT 040	4,000	1,008
ADT 052	5,200	1,310
ADT 065	6,500	1,637
ADT 070	7,000	1,763
ADT 090	9,000	2,267
ADT 104	10,400	2,620
ADT 120	12,000	3,023
ADT 130	13,000	3,275
ADT 140	14,000	3,528
ADT 156	15,600	3,929
ADT 180	18,000	4,534
ADT 208	20,800	5,239
ADT 260	26,000	6,549
ADT 312	31,200	7,859
ADT 370	37,000	9,320

De acuerdo a la tabla anterior el evaporador ADT156 proporciona 15,600.0 BTUH (3,929.0 kcal/hr funcionando a una temperatura de evaporación de -4.0 (25.0 °F) y con un diferencial de temperatura (DT) de 6.0 °C (10.0 °F)

“Recuerde que la capacidad del evaporador debe estar dentro del porcentaje +/- 10.0 % respecto a la capacidad de la unidad condensadora:

% capacidad = BTUH U. condensadora / BTUH Evaporador

$$\% \text{ Capacidad} = 15,000.0 / 15,600.0 = 0.96$$

Lo anterior equivale a decir que el evaporador proporciona - 4.0 % menos capacidad en referencia a la capacidad de la unidad condensadora lo cual, está dentro del rango recomendado del +/- 10.0 %.

El proceso de selección antes descrito es considerando los parámetros de diseño normales a DT de 5.55 °C (10.0 °F) y una temperatura de evaporación de -4.0 °C (25.0 °F).

Ejemplo No. 2:

Ahora bien, si tenemos el caso de una aplicación de una sala de proceso en donde se desea una humedad relativa interior en el rango del 60.0 % al 65.0 % el DT de diseño normal de 5.55 °C (10.0 °F) ya no es aplicable ya que para humedades del 65.0% se recomienda seleccionar el evaporador o evaporadores con un DT del

orden de 6.66 °C a 8.88 °C (12.0 °F a 16.0 °F). Para esta condición de humedad lo recomendable es usar un DT promedio de 8.33 °C (15.0 °F).

“Los distribuidores de refrigerante de los evaporadores son de diseño estándar y solo se garantizan para máximo 8.33 °C (15.0 °F) de diferencial de temperatura de evaporación. Para DT mayores, posiblemente se requerirá de un nuevo rediseño del distribuidor de refrigerante”.

Para este caso de ejemplo vamos a considerar los mismos requerimientos de capacidad calorífica, mismas dimensiones de la cámara y ahora una temperatura interior ideal para salas de proceso de +10.0 °C (50.0 °F)

De acuerdo a lo anterior, la mayoría de las personas pensarían en seleccionar el mismo evaporador seleccionado en el ejemplo No.1; pero esto sería un error ya que se debe hacer la corrección de capacidad por el nuevo diferencial de temperatura de evaporación (DT) y por la temperatura de evaporación. Por lo cual, debemos determinar la nueva temperatura de evaporación de acuerdo a lo siguiente:

$$\text{Temp. Evap.} = +10.0 \text{ °C} - 8.33 \text{ °C} = +1.67 \text{ °C}$$

De acuerdo a la temperatura de evaporación antes calculada, el evaporador requerido es nuevamente un evaporador con deshielo por aire debido a que la temperatura de evaporación se encuentra por arriba de -5.0 °C.



Ahora bien, si nosotros ya tenemos una unidad condensadora que nos proporciona 15,000.0 BTUH a la nueva temperatura de evaporación de +1.67 °C lo que nos falta es seleccionar el evaporador correspondiente de acuerdo a lo siguiente:

Corrección de capacidad del evaporador por DT, se tiene:

Por ejemplo de la tabla No. 1 y con el modelo ADT104, este proporciona 10,400.0 BTUH pero a DT de 5.55 °C (10.0 °F) por lo cual debemos hacer la corrección de capacidad por DT como sigue:

$$\frac{\text{BTUH Diseño evaporador}}{\text{DT de Diseño}} \times \text{DT Actual}$$

$$10,400 \text{ BTUH} \times 15.0 \text{ °F} = 15,600.0 \text{ BTUH} \\ 10 \text{ °F}$$

Con lo anterior, el evaporador correctamente seleccionado es el modelo ADT104 y no el ADT156 como muchos pensarían.

“La corrección de capacidad por temperatura de evaporación en evaporadores de deshielo por aire no aplica ya que se considera despreciable”.

Ejemplo No. 3:

Ahora vamos a realizar un ejemplo en donde involucremos ambas correcciones de capacidad de evaporadores por DT y por temperatura de evaporación. Para esto, vamos a considerar el siguiente caso.

Supóngase que se tiene una cámara con

dimensiones interiores de 12.0 m x 4.0 m x 4.0 m en la cual, se requiere de una carga térmica de 80,000.0 BTUH y además, se requiere mantener una temperatura interior de +4.5 °C pero a su vez se requiere mantener una humedad relativa de entre 50.0 % y el 55.0 %. Temperatura ambiente del lugar de instalación de 32.2 °C (90.0 °F); y se desea refrigerante R-404A/507.

De acuerdo al requerimiento de la humedad relativa, se debe seleccionar el evaporador con el siguiente rango de DT promedio:

$$DT = 9.44 \text{ °C a } 12.22.0 \text{ °C (17.0 °F a } 22.0 \text{ °F)}$$

Para este caso usaremos un DT de 11.11 °C (20.0 °F) y con esto determinaremos la temperatura de evaporación:

$$\text{Temp. Evap.} = +4.5 \text{ °C} - 11.11 \text{ °C} = -6.61 \text{ °C}$$

Vamos a seleccionar primero la unidad condensadora y usaremos el catálogo técnico Bohn BCT-012 con los datos de entrada de: temperatura de evaporación, temperatura ambiente y refrigerante para lo cual, se tiene:

Que la unidad condensadora con compresor Scroll modelo BZT0860M6 proporciona 90,220.0 BTUH a -6.7 °C de temperatura de evaporación y con ambiente del aire exterior de 32.0 °C.

$$\% \text{ Capacidad} = \frac{\text{BTUH U. Condensadora}}{\text{BTUH calculado}}$$

$$\% \text{ Capacidad} = \frac{90,220.0 \text{ BTUH}}{80,000.0 \text{ BTUH}} = 1.127 \%$$

Con lo anterior se demuestra que la unidad

condensadora seleccionada proporciona 12.7 % más capacidad que la requerida (calculada).

Ahora seleccionaremos el evaporador para la capacidad que proporciona la unidad condensadora.

Ojo!!! Como se ha mencionado los evaporadores de deshielo por aire solo se recomiendan para temperaturas de - 5.0 °C y mayores por lo que, el evaporador adecuado es un evaporador de deshielo por resistencias eléctricas.

Con la ayuda de la tabla No. 2, se tiene que el evaporador de perfil medio modelo BME430 a las nuevas condiciones proporciona:

Corrección de capacidad por DT:

$$\frac{BTUH \text{ Diseño evaporador}}{DT \text{ de Diseño}} \times DT \text{ Actual}$$

$$\frac{43,000 \text{ BTUH}}{10 \text{ }^\circ\text{F}} \times 20.0 \text{ }^\circ\text{F} = 86,000.0 \text{ BTUH}$$

Ahora bien, como este evaporador estará trabajando a una temperatura de evaporación de -6.61 °C; la tabla No.3 nos indica que para una temperatura de evaporación de -7.0 °C, este evaporador se debe corregir su capacidad también por un 1.15 de lo cual, se tiene:

Corrección de capacidad por temperatura de evaporación:

$$86,000.0 \times 1.15 = 98,900.0 \text{ BTUH}$$

Con lo anterior nuestro sistema queda térmicamente balanceado:

$$\% \text{ Capacidad} = \frac{BTUH \text{ Evaporador}}{BTUH \text{ U. Condensadora}}$$

$$\% \text{ Capacidad} = \frac{98,900.0 \text{ BTUH}}{90,220.0 \text{ BTUH}} = 1.096 \%$$

Lo anterior no indica que el evaporador proporciona 9.6 % más capacidad que la unidad condensadora lo cual, se encuentra dentro del +/- 10.0 %.

“Recuerde!!! Como se ha mencionado en párrafos anteriores; es probable que el evaporador requiera del cálculo de un nuevo distribuidor de refrigerante y de una esprea nueva”.

Otro punto muy importante es que la válvula de expansión termostática de igual forma debe ser seleccionada para la nueva capacidad calorífica del evaporador BME430 de 98,900.0 BTUH y no como muchos suponen al ver el modelo del evaporador, inmediatamente pensarían en seleccionar una válvula de expansión para 43,000.0 BTUH.



Tabla No.2

	Model	Capacity	
		10°F TD -20°F SST	6°C TD -29°C SST
		BTUH	Watts
6 Fins Per Inch	BME101	10,100	2,960
	BME140	14,000	4,100
	BME190	19,000	5,570
	BME260	26,000	7,620
	BME310	31,000	9,080
	BME390	39,000	11,420
	BME430	43,000	12,590
	BME520	52,000	15,230
	BME620	62,000	18,160
4 Fins Per Inch	BML100	10,000	2,930
	BML165	16,500	4,830
	BML220	22,000	6,440
	BML250	25,000	7,320
	BML330	33,000	9,670
	BML370	37,000	10,840
	BML440	44,000	12,890
	BML530	53,000	15,520

Esperamos que estas recomendaciones sean de su interés y que aporten a la mejora continua de sus actividades.

Bohn de México, S.A. de C.V.
La Línea Más Completa en Refrigeración

Tabla No. 3: Factores de corrección por temperatura de evaporación en evaporadores de deshielo por resistencias eléctricas y de gas caliente

Saturated Suction Temperature °F	+20	-10	-20	-30	-40
Saturated Suction Temperature °C	-7	-23	-29	-34	-40
Multiply Capacity By	1.15	1.02	1.00	0.90	0.80



Oficinas Corporativas

Bosques de Alisos No. 47-A, Piso 5
Col. Bosques de las Lomas
México, DF. C.P. 05120
Tel: (01 55) 5000 5100
Fax: (01 55) 5259 5521
Tel. sin costo 01 800 228 20 46

Planta Querétaro

Acceso II, Calle 2 No. 48
Parque Industrial Benito Juárez
Querétaro, Qro. C.P. 76120
Tel: (01 422) 296 4500
Fax: (01 422) 217 0616
Tel sin costo 01 800 926 20 46

Planta Mérida

Calle 19 No. 418
Ampliación Ciudad. Industrial
C.P. 97930,
Umán, Yucatán,
Tel: (999) 946 3483

Mazatlán, Sinaloa

Av. Marina Mazatlán
No 229 Apartamento 109
Fracc. La Marina
C.P. 82102 Mazatlán Sin.
Tel: (01 667) 752 0700
Cel: (01 667) 781 5336

Guadalajara

Av. Moctezuma 3515
Esq. López Mateos Sur
Local Mezanine
C.P. 45050
Guadalajara, Jal.
Tel: (01 33) 388 01214
Fax: (01 33) 3678 9123

Monterrey

Torre Alestra, Piso 3 HQ
Av. Lázaro Cárdenas 2321 Poniente
Col. Residencial San Agustín
C.P. 66260 San Pedro Garza García,
Nuevo León
Tel: (01 81) 1001 7032
Fax: (01 81) 1001 7001

Tijuana

Camino del Rey Oeste # 5459-2
Privada Capri # 2
Residencial Colinas del Rey
Tijuana BC, C.P. 22170
Tel: (01 664) 900 3830
Fax: (01 664) 900 3845
Cel: (01 664) 674 1677
Nextel 152*1315271*1

Call Center:

5000 5105 Ciudad de México

01 800 228 2046 Resto del país

Visita www.bohn.com.mx

enlacebohn@cft.com.mx